

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav řízení a ekonomiky podniku



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Mapování podmínek a míry uplatnění plastového 3D
tisku v českém průmyslu**

**Mapping Conditions and Application Rate of Plastic 3D Printing within
the Czech Industry**

Praha 2022

Autor: Bc. Michal Stanek

Vedoucí: prof. Ing. František Freiberg, CSc.

Druhý vedoucí: Ing. Pavel Scholz

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Stanek** Jméno: **Michal** Osobní číslo: **467307**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav řízení a ekonomiky podniku**
Studijní program: **Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Řízení a ekonomika podniku**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Mapování podmínek a míry uplatnění plastového 3D tisku v českém průmyslu

Název diplomové práce anglicky:

Mapping Conditions and Application Rate of Plastic 3D Printing within the Czech Industry

Pokyny pro vypracování:

1. Úvod – zdůvodnění zadání, definice cílů a úkolů práce.
2. Teoretická část – popis technologie plastového 3D tisku, využití plastového 3D tisku v průmyslu ve světě a v České republice. Postupy, metody a nástroje pro získávání a vyhodnocení dat.
3. Praktická část – definice ověřovaných hypotéz, mapování českého trhu plastového 3D tisku, realizace vlastního výzkumu, analýza a interpretace získaných dat.
4. Závěr – potvrzení či vyvrácení hypotéz, diskuse nad zjištěnými informacemi, formulace doporučení.

Seznam doporučené literatury:

1. CHUA, Chee a Kah LEONG. 3D printing and additive manufacturing: principles and applications. 4th edition of Rapid prototyping. Singapore: World Scientific, 2015. ISBN 978-9814571401.
2. KHORRAM NIAKI, Mojtaba a Fabio NONINO. The Management of Additive Manufacturing: Enhancing Business Value. 1st ed. 2018. Imprint: Springer, 2018. Springer Series in Advanced Manufacturing. ISBN 9783319563091.
3. Wohlers Report 2021: 3D Printing and Additive Manufacturing - Global State of Industry. 1st ed. Colorado, USA: Wohlers Associates, 2021. ISBN 978-0-9913332-7-1.
4. MOLNÁR, Zdeněk. Pokročilé metody vědecké práce. 1. vydání. [Zeleneč]: Profess Consulting, 2012. Věda pro praxi (Profess Consulting). ISBN 978-80-7259-064-3.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

prof. Ing. František Freiberg, CSc., ústav řízení a ekonomiky podniku FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Ing. Pavel Scholz, ústav řízení a ekonomiky podniku FS

Datum zadání diplomové práce: **25.10.2021** Termín odevzdání diplomové práce: **03.01.2022**

Platnost zadání diplomové práce: **18.09.2022**

prof. Ing. František Freiberg, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Miroslav Žilka, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a v seznamu jsem uvedl veškerou použitou literaturu.

V Praze dne:

.....
podpis

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval panu prof. Ing. Františku Freibergovi, CSc. za odborné vedení diplomové práce. Mé obrovské díky patří také panu Ing. Pavlu Scholzovi, a to nejen za jeho cenné rady a připomínky, ale zejména za jeho trpělivost a ochotu, s jakou se mi po celou dobu psaní diplomové práce věnoval.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou využívání plastového 3D tisku ve výrobních podnicích v České republice. V praktické části práce je nejdříve zmapován český trh plastového 3D tisku s cílem identifikovat a popsat subjekty, které na něm působí. Stěžejní částí je realizace vlastního výzkumu, který má podobu dotazníkového šetření, jehož respondenty tvoří především uživatelé 3D tisku z podniků. Dotazník se kromě běžných témat, jako jsou účely použití či benefity 3D tisku, věnuje také problematice jeho zavádění do výrobní praxe nebo vzdělávání uživatelů v podnicích. Zmapování trhu a důkladná analýza dat získaných vlastním výzkumem poskytuje ucelený pohled na aktuální situaci u nás. V závěru práce je navržen další postup, který povede ke zvýšení míry a kvality využívání plastového 3D tisku v českém průmyslu.

Abstract

The diploma thesis addresses the issue of the usage of plastic 3D printing in production companies in the Czech Republic. In the practical part of the thesis, the Czech market of plastic 3D printing is firstly mapped in order to identify and describe the entities operating on it. The most important part is the conducting of the own research, which takes the form of a questionnaire survey, whose respondents are mainly users of 3D printing from companies. In addition to the typical topics such as the purposes of use or benefits of 3D printing, the questionnaire also addresses the issue of its implementation in production practice or the training of users in companies. The market mapping and thorough analysis of data obtained by the own research provides a comprehensive view of the current situation in our country. In the conclusion of the thesis, a further action is proposed, which will lead to an increase in the level and quality of the use of plastic 3D printing in the Czech industry.

Klíčová slova

3D tisk, aditivní výroba, mapování trhu, dotazníkové šetření

Keywords

3D printing, additive manufacturing, market mapping, questionnaire survey

Obsah

Obsah	6
Seznam symbolů a zkratk.....	10
Úvod	11
Teoretická část	13
1 Charakteristika a využití technologie 3D tisku	13
1.1 Výrobní procesy 3D tisku	14
1.1.1 Material extrusion.....	15
1.1.2 Vat photopolymerization	15
1.1.3 Powder bed fusion	15
1.1.4 Material jetting	16
1.1.5 Sheet lamination	16
1.1.6 Shrnutí výrobních procesů	16
1.2 Materiály	17
1.3 Využití 3D tisku.....	19
1.4 Přednosti a výhody 3D tisku.....	20
1.4.1 Snížení nákladů.....	20
1.4.2 Zrychlení výroby	21
1.4.3 Zvýšení kvality	22
1.4.4 Možnost individualizace.....	23
1.4.5 Ostatní výhody	23
1.5 Nevýhody a překážky v adopci 3D tisku	24
1.5.1 Technologické problémy	25
1.5.2 Ekonomické problémy.....	26
1.5.3 Systémové problémy.....	27
1.5.4 Ostatní nevýhody	28
1.6 Podoba trhu plastového 3D tisku.....	28

1.7	Využívání plastového 3D tisku ve světě	30
1.8	Výchozí stav českého trhu plastového 3D tisku	33
1.9	Předpoklad budoucího vývoje technologie a trhu	37
2	Postupy, metody a nástroje pro získávání a vyhodnocení dat.....	38
2.1	Výzkumné otázky a hypotézy	38
2.2	Data a informace.....	39
2.3	Typ poznávacího cíle	40
2.4	Sběr dat	40
2.5	Statistická analýza dat.....	42
2.5.1	Základní metody analýzy dat.....	42
2.5.2	Korelační analýza.....	44
2.5.3	Test závislosti kategoriálních proměnných	44
	Praktická část	46
3	Definice výzkumných otázek a hypotéz	47
4	Mapování a analýza českého trhu plastového 3D tisku.....	48
4.1	Mapování a analýza zákazníků a uživatelů.....	49
4.1.1	Nepodnikající soukromé osoby (hobby uživatelé)	50
4.1.2	Podnikající soukromé osoby (OSVČ)	52
4.1.3	Malé a střední výrobní podniky	53
4.1.4	Velké výrobní podniky.....	56
4.2	Mapování a analýza distributorů a prodejců 3D tiskáren plastů	56
4.2.1	Mapování prodejců 3D tiskáren plastů zaměřujících se na 3D tisk.....	56
4.2.2	Mapování prodejců 3D tiskáren plastů vlastní výroby.....	60
4.2.3	Mapování prodejců nabízejících 3D tiskárny plastů ve svém portfoliu	61
4.3	Mapování a analýza výrobců 3D tiskáren	63
4.4	Mapování a analýza výrobců materiálů pro plastový 3D tisk	68
4.5	Mapování a analýza využívaných SW	70
4.6	Interpretace výsledků mapování.....	71

5	Dotazníkové šetření	73
5.1	Charakteristika respondenta.....	74
5.2	Účely použití plastového 3D tisku.....	75
5.3	Benefity 3D tisku	76
5.4	Bariéry bránící zavádění 3D tisku	77
5.5	Iniciátoři zavedení 3D tisku ve výrobním podniku	77
5.6	Uživatelé 3D tisku ve výrobním podniku.....	78
5.7	Vzdělávání v oblasti 3D tisku.....	78
5.8	Další otevřené otázky.....	79
5.9	Sběr dat	79
6	Statistická analýza dat a interpretace výsledků.....	80
6.1	Vyhodnocení četností a aplikace χ^2 testu.....	80
6.1.1	Charakteristika respondenta.....	81
6.1.2	Účely použití plastového 3D tisku	82
6.1.3	Benefity 3D tisku	84
6.1.4	Bariéry bránící zavádění 3D tisku	86
6.1.5	Iniciátoři zavedení 3D tisku ve výrobním podniku	88
6.1.6	Uživatelé 3D tisku ve výrobním podniku.....	89
6.1.7	Vzdělávání v oblasti 3D tisku.....	90
6.1.8	Otevřené otázky.....	91
6.2	Analýza vzájemných vztahů mezi odpověďmi	92
7	Celková analýza poznatků a doporučení dalšího postupu	94
	Závěr.....	98
	Seznam obrázků	101
	Seznam tabulek.....	102
	Bibliografie	103
	Příloha 1	107
	Příloha 2	109

Příloha 3	112
Příloha 4	115
Příloha 5	116
Příloha 6	123

Seznam symbolů a zkratk

Zkratka	Anglický význam	Český význam
3D	Three-Dimensional	Trojrozměrné
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren	Akrylonitrilbutadienstyren
B2B	Business-to-Business	Business-to-business
B2C	Business-to-Consumer	Business-to-Consumer
BI	Business Intelligence	Business Intelligence
BJ	Binder Jetting	Tryskání pojiva
CAD	Computer Aided Design	Počítačem podporované projektování
CAM	Computer Aided Manufacturing	Počítačová podpora výroby
CNC	Computer Numerical Control	Počítačové číslicové řízení
ČR	-	Česká republika
ČSSZ	-	České správy sociálního zabezpečení
ČSÚ	-	Český statistický úřad
DfAM	Design for Additive Manufacturing	Design pro aditivní výroby
DED	Direct Energy Deposition	Přímé energetické nanášení
EU	European Union	Evropská unie
EY	Ernst & Young	Ernst & Young
FDM	Fused Deposition Modelling	Modelování nanesením taveniny
HIPS	High Impact Polystyrene	vysokopevnostní polystyren
HW	Hardware	Hardware
IT	Information Technology	Informační technologie
MEX	Material Extrusion	Materiálová extruze (vytlačování materiálu)
MJT	Material Jetting	Tryskání materiálu
MPO	-	Ministerstva průmyslu a obchodu
MS	Microsoft	Microsoft
MSP	-	Malé a střední podniky
OPPIK	-	Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost
OPTAK	-	Operační program Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost
OSVČ	-	Osoba samostatně výdělečně činná
PBF	Powder Bed Fusion	Tavení v práškovém loži
PC	Polycarbonate	Polykarbonát
PEAK	Polyaryletherketone	Polyaryletherketon
PET-G	Polyethylene Terephthalate Glycol	Polyetyléntereftalát – glykol
PLA	Polylactic Acid	Kyselina polymléčná
PVA	Polyvinyl Alcohol	Polyvinyl alkohol
SHL	Sheet Lamination	Laminování plátů
SLA	Stereolithography	Stereolitografie
SMEs	Small and Medium-Sized Enterprises	-
SW	Software	Software
TPE	Thermoplastic Elastomer	Termoplastický elastomer
TPU	Thermoplastic Polyurethane	Termoplastický polyuretan
VPP	Vat Photopolymerization	Fotopolymerizace

Úvod

Aditivní výroba, respektive 3D tisk je vnímána jako poměrně nová a revoluční technologie, avšak její začátky sahají až do 80. let 20. století. Díky řadě výhod, které 3D tisk oproti konvenčním technologiím přináší, se mu predikoval rychlý rozvoj. Dokonale navíc zapadá do aktuálních trendů, které rezonují ve výrobním světě, jako například individualizace výrobků, automatizace a robotizace výroby či její přesun blíže ke koncovému zákazníkovi. I přes všechny tyto přednosti se však původní predikce nenaplnila a 3D tisk se ve výrobě koncových dílů využívá jen zřídka.

Velkou pozornost si ale tato technologie vysloužila během pandemie covidu-19 na jaře roku 2020, kdy umožnila pohotově reagovat na nedostatek ochranných a dalších zdravotních pomůcek jak firmám, tak jednotlivcům vlastnícím 3D tiskárny plastů. Mimo těchto pomůcek se tiskly také náhradní či dočasné díly, které nebyly kvůli výpadkům v dodavatelských řetězcích na trhu k dispozici. Ačkoli byly používány zejména levné (tzv. hobby) tiskárny, dá se předpokládat, že popularizace technologie může mít pozitivní vliv také na její adopci v průmyslových podnicích. Zde je již často řeč o profesionálních strojích, které kvalitou výroby konkurují zavedeným konvenčním technologiím. Pandemie navíc rozšířila povědomí jak hobby uživatelů, tak podniků o benefitech a možnostech využití 3D tisku. Stále více lidí se také o tuto technologii zajímá nebo si pořídilo vlastní 3D tiskárnu pro soukromé účely.

Díky rozvoji povědomí, příp. také znalostí, o 3D tisku a demonstraci jeho nesporných výhod (např. v podobě rychlé, byť dočasné náhrady chybějících dílů), se zdá, že nyní již opravdu nastal ideální čas pro významnější a rychlejší adopci této technologie v praxi tak, jak se jí v minulosti předpovídalo. Je však nutné si uvědomit, že větší zapojení 3D tisku do výrobní praxe s sebou stále nese řadu překážek a problémů, které je třeba překonat.

Cílem diplomové práce je proto tyto překážky a problémy nejdříve nalézt a zanalyzovat a následně navrhnout doporučení, jak míru využívání 3D tisku v českém průmyslu zvýšit. Práce je z důvodu rozsáhlosti oblasti zaměřena pouze na plastový 3D tisk, který navíc z popularizace způsobené pandemií těží nejvíce, a to s důrazem na jeho využívání ve strojírenském průmyslu.

K naplnění cíle je nutné postupně splnit několik dílčích cílů. Nejdříve bude zmapován a zanalyzován český trh plastového 3D tisku za účelem zjištění podmínek, které na něm panují. Následně bude popsáno využívání 3D tisku ve výrobních podnicích, přičemž bude kladen důraz nejen na bariéry, které brání širšímu zavádění a využívání technologie, ale také na další témata, která umožní situaci lépe vyhodnotit. Mezi tyto oblasti patří definice klíčových uživatelů a

iniciátorů zavádění technologie v podnicích nebo výběr stěžejních témat vzdělávání. Tato část bude založena na realizaci vlastního dotazníkového šetření mezi uživateli 3D tisku.

Data získaná vlastním výzkumem budou vyhodnocena nejen izolovaně za pomoci grafů, ale také s využitím vhodných statistických metod. Důraz bude kladen na nalezení korelací napříč dotazníkem a ověření, zda se názory jednotlivých skupin respondentů průzkumu nějak liší. Získané výstupy budou analyzovány a diskutovány za účelem jejich správné interpretace.

Mapování trhu a realizace dotazníkového šetření poskytne ucelený pohled na používání plastového 3D tisku v České republice. Na jeho základě proto bude v závěru možné navrhnout doporučení pro podporu adopce technologie v českém průmyslu a splnit tak stanovený cíl práce.

Jednotlivé dílčí cíle práce je proto možné definovat jako:

- (I) zmapovat a zanalyzovat situaci na českém trhu plastového 3D tisku,
- (II) popsat využívání plastového 3D tisku ve výrobních podnicích v České republice,
- (III) identifikovat překážky a problémy, které brání zavedení a využívání plastového 3D tisku ve výrobních podnicích na českém trhu, a
- (IV) navrhnout konkrétní kroky, jak přispět k lepší implementaci a adopci plastového 3D tisku v českém průmyslu.

Formálně je práce rozdělena na dvě části – teoretickou a praktickou. V první kapitole teoretické části je nejdříve charakterizována technologie plastového 3D tisku, a to s důrazem na její výhody, nevýhody a účely využití. Následně je popsána situace využívání 3D tisku ve světě a výchozí stav českého trhu plastového 3D tisku, přičemž je čerpáno z odborné literatury a také z dostupných výzkumů. Druhá kapitola se věnuje postupům a metodám pro získávání a analýzu dat, ve které je kladen důraz na realizaci a vyhodnocení dotazníkového šetření.

Obsahem úvodní kapitoly praktické části je formulace výzkumných otázek a hypotéz, které umožní lepší orientaci v práci tak, aby byly splněny všechny definované cíle. Poté je realizováno mapování českého trhu plastového 3D tisku s návaznou analýzou zjištěných informací. Následně je prezentována podoba a vyhodnocení vlastního dotazníkového šetření, a to jak v reakci na definované hypotézy, tak za účelem nalezení vazeb či závislostí napříč výsledky dotazování. V závěru praktické části je provedena celková analýza všech získaných poznatků a navržen další postup, jak zvýšit míru využívání plastového 3D tisku v českém průmyslu.

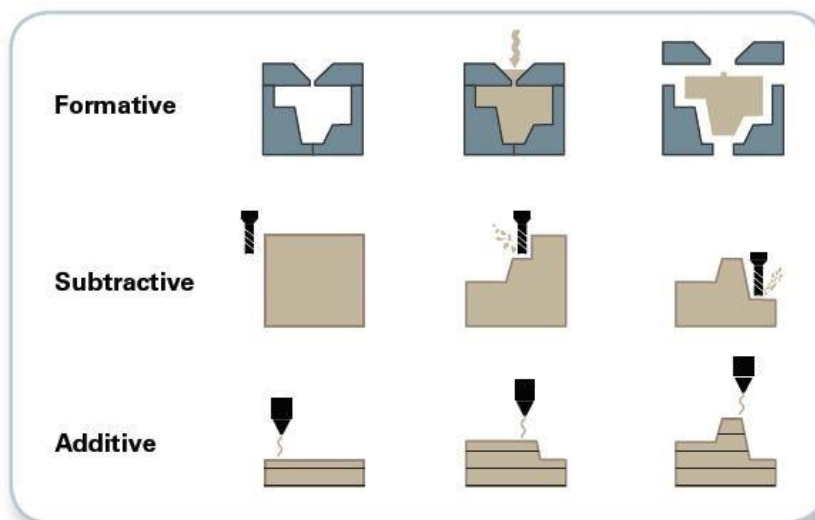
V samotném závěru práce jsou shrnuty stěžejní poznatky a uvedeny odpovědi na výzkumné otázky, nechybí ani diskuze nad splněním definovaných cílů diplomové práce.

Teoretická část

1 Charakteristika a využití technologie 3D tisku

3D tisk neboli aditivní výroba spolu s formativní (*formative*) a subtraktivní (*subtractive*) tvoří základní rozdělení metod výroby dílů. Postup výroby pomocí uvedených metod je graficky znázorněn na Obr. 1. Pojem 3D tisk (*3D printing*, nebo *3-D printing*) je dle normy ISO/ASTM 52900 vyhrazen technologii, kdy výsledný díl vzniká postupným protlačováním materiálu skrz trysku. Aditivní výroba (*Additive Manufacturing*) představuje obecnější pojem, který značí, že výsledný díl s postupem výroby roste, tedy vzniká vrstvu po vrstvě. V současné době se tyto pojmy však velice často používají zaměnitelně a stejně tomu je i v této práci. [1]

Kromě výše uvedených pojmů se můžeme setkat také s označením rychlé prototypování (*Rapid Prototyping*), které charakterizuje jednu z hlavních předností této technologie, tedy vyrábět prototypové díly rychle a flexibilně.



Obr. 1 Metody výroby – formativní, subtraktivní a aditivní [2]

Při formativních metodách výroby je výsledného tvaru výrobku dosaženo za pomoci formy. Konkrétními technologiemi je například lití nebo vstřikování plastů. Formativní metody jsou spojeny s velkou počáteční investicí do formy či nástroje, ale poskytují vysokou rychlost výroby. Nalézají proto využití při hromadné výrobě, kde dochází k výraznému snížení jednicových nákladů.

Při subtraktivních metodách je materiál ubírán nástrojem, konkrétními příklady je soustružení, frézování, vrtání atd. Tyto technologie mohou dosahovat vysoké přesnosti, ovšem rychlost výroby je zpravidla nižší než v případě formativních metod.

Cílem kapitoly je postupně představit technologie 3D tisku, ukázat její možnosti, přiblížit výhody a nevýhody, popsat využívání plastového 3D tisku ve světě a v České republice a nastínit možný budoucí vývoj technologie.

1.1 Výrobní procesy 3D tisku

Technologie 3D tisku se dále dělí na několik konkrétních metod, ovšem celý proces od návrhu po vyrobení finálního dílu se při použití jednotlivých metod liší jen nepatrně. Před samotným tiskem dílu je vždy nutné vytvořit jeho 3D model, podle kterého následně výroba probíhá. K tvorbě 3D modelu se používají různé CAD SW (*Computer Aided Design Software*), jako příklady můžeme uvést programy CATIA, CREO, Autodesk Inventor atd. Problémem však je, že většina existujících CAD SW je vytvořena pro design dílů vyráběných konvenčními technologiemi¹. Pro plné využití potenciálu 3D tisku je však nutné přizpůsobit také konstrukci dílu, více k této problematice je uvedeno v podkapitolách 1.4 a 1.5. [1] [3]

Jakmile konstruktér vytvoří 3D model dílu, je nutné jej rozdělit na jednotlivé vrstvy, tedy provést tzv. vrstvení (častěji se používá označení *slicing* přejaté z angličtiny). Při tomto procesu je definována podoba každé vrstvy spolu s charakteristikou výroby dílu na konkrétním stroji. Každý výrobce 3D tiskáren obvykle nabízí také vlastní slicer SW, který slouží k přípravě dílů pro tisk na jeho zařízeních. [1] [3]

Technologie 3D tisku se dělí dle dvou základních kritérií, a to podle použitého procesu výroby a materiálu. Norma ISO/ASTM 52900 definuje sedm základních kategorií², do kterých je možné 3D tiskárny rozdělit. V originálním anglickém znění se jedná o:

- Material extrusion (MEX)
- Vat photopolymerization (VPP)
- Powder bed fusion (PBF)
- Material jetting (MJT)
- Binder jetting (BJ)
- Direct energy deposition (DED)
- Sheet lamination (SHL) [1]

Jako vstupní materiál slouží většinou polymery nebo kov. Jelikož se tato diplomová práce zaměřuje na využití plastového 3D tisku v podnicích, metalický 3D tisk zde nebude blíže

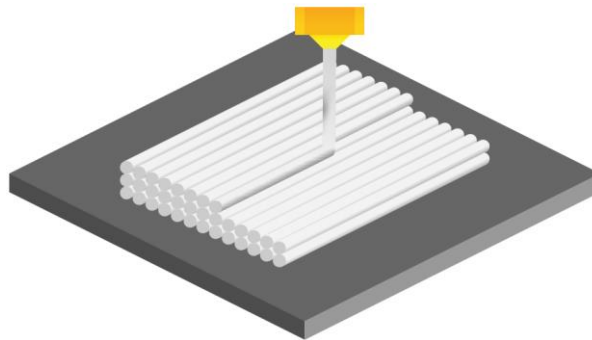
¹ Pod pojmem konvenční technologie se rozumí technologie formativní a subtraktivní. Díly vyráběné těmito metodami jsou charakteristické pevně danými konstrukčními pravidly, jako je například využití rovných ploch, pravidelných geometrických tvarů atd.

² Grafický přehled jednotlivých technologií 3D tisku rozdělených do uvedených sedmi kategorií je k dispozici na stránkách 3D Hubs: <https://www.hubs.com/knowledge-base/additive-manufacturing-technologies-overview/>

rozebrán. V následujících podkapitolách jsou popsány jednotlivé kategorie dle normy ISO/ASTM 52900 s výjimkou *Binder jetting* a *Direct energy deposition* technologií, které se používají téměř výhradně pro výrobu kovových dílů.

1.1.1 Material extrusion

Při tomto typu 3D tisku je díl tvořen postupným vytlačováním nataveného materiálu přes trysku, která se zpravidla pohybuje v osách x a y (ne vždy tomu však tak musí být), na tiskové lože, které se pohybuje v ose z vždy o vzdálenost jedné vrstvy, viz Obr. 2. Vstupní materiál může mít formu granulátu nebo častěji struny (tzv. filament). [1] [4] [3]



Obr. 2 Schéma principu technologie vytlačování materiálu (MEX) [5]

Technologie byla v začátcích propagována zejména společností Stratasys, která si ji v roce 1991 nechala patentovat pod názvem *Fused Deposition Modelling* (FDM). Jelikož patentu vypršela platnost v roce 2009, technologie MEX / FDM se staly velice dostupnými. V současné době je FDM nejpoužívanější technologií zejména v levných kancelářských 3D tiskárnách. [6]

1.1.2 Vat photopolymerization

Při této technologii je vstupním materiálem tekutý fotopolymer, který je postupně vytvrzován pomocí UV záření či laseru. VPP byla komerčně představena již v roce 1988 společností 3D Systems, a to pod názvem Stereolitografie (SLA). Obrovskou výhodou je vysoká přesnost výtisků, jelikož tloušťka vrstvy může být snížena až na 10 μm , což je podstatně méně v porovnání s technologií FDM. [1] [4] [3]

1.1.3 Powder bed fusion

Vstupním materiálem u této technologie je prášek, který se následně taví a při ochlazování tvrdne, čímž vzniká výsledný díl. Pro výrobu plastových dílů se využívá technologie s názvem *laser sintering* (laserové spékání). Modernější a rychlejší je například technologie *Multi Jet Fusion* vyvinutá společností HP, která vrstvu vytvrzuje ve dvou krocích. Nejdříve je v místech, která se

mají vytvrdit, aplikováno tavidlo (*fusing agent*), následně je celá komora ozářena infračervenou lampou. K vytvrzení dojde pouze u částí s aplikovaným tavidlem. [1] [3] [4]

1.1.4 Material jetting

Při této technologii jsou fotopolymery nebo látky podobné vosku po kapkách aplikovány tryskou na stavební plochu a následně vytvrzovány pomocí UV záření. Výhodou je, že tiskárna může obsahovat více trysek, což umožňuje tisk více materiálů najednou nebo urychlení procesu. Výrobci tiskáren pracujících na principu MJT jsou například společnosti Stratasys, ExOne, 3D Systems nebo XJet. [1] [4] [3]

1.1.5 Sheet lamination

Vstupní materiál má v tomto případě podobu listu či plátu, které se postupně vrství, řezou na požadovaný tvar a spékají působením tepelného záření. Tato technologie je poměrně jednoduchá, levná a rychlá, nicméně výrobky nedosahují přesnosti předchozích aditivních technologií, jelikož rozlišení je vždy limitováno tloušťkou plátu, ze kterého díl vzniká. [3] [7]

1.1.6 Shrnutí výrobních procesů

Uvedené typy výrobních procesů se odlišují nejen ve výše popsanych parametrech, liší se také co do počtu nabízených 3D tiskáren v dané kategorii a cenového rozpětí, v jakém se modely dané kategorie pohybují.

V Tab. 1 jsou uvedeny přibližné cenové relace modelů 3D tiskáren plastů pro jednotlivé výrobní procesy. Data jsou získána z katalogu společnosti Aniwaa, která mimo jiného vede databázi 3D tiskáren. Uvedené ceny jsou orientační. Z Tab. 1 je patrné, že velice levné 3D tiskárny jsou k dostání pouze pro typy MEX a VPP. Horní cenová hranice všech typů technologií se však pohybuje v řádech několika milionů Kč. Ačkoli je možné například MEX 3D tiskárnu koupit za několik tisíc Kč, ale také až za 500násobek, stroje na obou stranách tohoto spektra se velice zásadně liší.

Tab. 1 Přibližné ceny 3D tiskáren plastů dle typu výrobního procesu, vypracováno dle [8]

Typ výrobního procesu	Přibližné cenové rozpětí 3D tiskáren plastů
MEX	2 000 – 10 000 000 Kč
VPP	3 000 – 15 000 000 Kč
PBF	130 000 – 10 000 000 Kč
MJT	550 000 – 2 500 000 Kč
SHL	není k dispozici

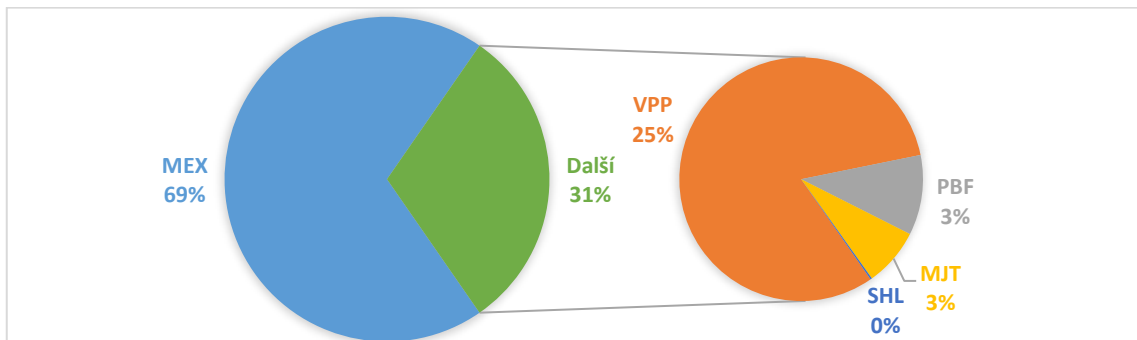
Rozdíly jsou patrné napříč všemi parametry, může se například jednat o:

- rozdíl v kvalitě nebo přesnosti tisku,

- množství materiálů, ze kterých je možné tisknout,
- velikost tiskového prostoru nebo
- objem produkce. [9]

Podobně je možné pozorovat rozdíly také u jiných typů výrobního procesu, nicméně v případě MEX je rozdíl nejvýznamnější.

Graf na Obr. 3 ukazuje počet modelů 3D tiskáren plastů v jednotlivých typech výrobního procesu. Zdrojem je opět databáze společnosti Aniwaa, data proto nemusí být kompletní, nicméně procentuální vyjádření by mělo přibližně odpovídat nabídce všech existujících výrobců. Z grafu je patrné, že největší počet 3D tiskáren využívá technologie MEX (69 %) a VPP (25 %), a to zejména z důvodu, že v těchto kategoriích existuje velké množství levných hobby 3D tiskáren. Nejméně je v databázi Aniwaa zastoupena technologie SHL, která čítá jen několik jednotek kusů.



Obr. 3 Graf rozdělení počtu modelů 3D tiskáren plastů dle typu výrobní technologie, vypracováno dle [8]

1.2 Materiály

Řada materiálů vhodných pro tisk na 3D tiskárnách plastů je shodná s materiály pro konvenční technologie. Ani zdaleka však nabídka materiálů pro plastový 3D tisk není tak široká jako nabídka pro konvenční technologie. Materiály pro plastový 3D tisk se souhrnně nazývají polymery, které je dále možné dělit na termoplasty a termosety. [1]

Hlavní rozdíl mezi těmito kategoriemi je, že termoplasty je možné opakovaně tavit a ochlazovat, čímž tvrdnou. Opakováním tohoto cyklu (tj. tavením a chladnutím) samozřejmě materiál ztrácí část ze svých původních vlastností a degraduje. Termosety naproti tomu nelze použít vícekrát, jakmile jsou jednou vytvrzeny, nelze z nich vytvořit zpět původní formu. Termosety tak tuhnou například vlivem záření, v tom případě se nazývají fotopolymery. [1] [10]

Při výběru vhodného materiálu pro tisk je možné zvážit například tyto parametry:

- pevnost v tahu,
- tvrdost či flexibilitu,
- teplotní a chemickou odolnost,

- odolnost vůči vlhkosti,
- recyklovatelnost atd. [1] [11]

Pro technologii MEX existuje na trhu velice široké spektrum materiálů, mezi nejznámější patří kyselina polymlečná (PLA), polyethyltereftalát – glykol (PET-G), akrylonitrilbutadienstyren (ABS), polykarbonát (PC) a další. Mimo těchto běžných materiálů výrobci nabízejí také materiály se speciálními vlastnostmi. Mezi ně patří například vysokopevnostní polystyren (HIPS), polyvinyl alkohol (PVA) či flexibilní materiály jako termoplastický polyuretan (TPU) a termoplastický elastomer (TPE). Materiály použitelné pro technologii MEX jsou téměř výhradně termoplasty. [1] [12] [13]

Při technologii PBF se nejčastěji používají polyamidy, též nazývány nylony. Prášek, který se při výrobě dílu nevyužije, je možné znovu použít, avšak kvůli degradaci materiálu je nutné jej smíchat s čerstvým materiálem. Pro tuto technologii se využívají také polystyren a polypropylen, známý je například polyaryletherketon (PAEK). [1]

Materiály používané v technologiích VPP a MJT jsou naopak téměř výhradně termosety, mezi které patří akryláty a pryskyřice. Velice často výrobce tiskáren fungujících na principu VPP či MJT nabízí materiály vlastní značky, které jsou vhodné pro konkrétní 3D tiskárny. [1]

Moderní kategorií materiálů jsou kompozity, které se skládají zpravidla z termoplastů a dalších příměsí. Nejpoužívanějším zástupcem jsou karbonové filamenty využívané v technologii MEX. Tyto materiály zaručují lepší vlastnosti, a to elektrické, tepelné i mechanické. Karbon je ve filamentu nejčastěji přítomen ve formě drti, nicméně existuje také varianta, kdy je nekonečné karbonové vlákno do dílu vkládáno postupně pomocí druhé trysky. Takto vzniklý díl se vyznačuje lepšími vlastnostmi oproti výrobě z filamentu s karbonovou drtí, avšak použít tuto metodu lze pouze na tomu uzpůsobených strojích. [1] [14]

Kvůli poměrně malé poptávce po materiálech pro aditivní technologii ve srovnání s materiály pro konvenční technologie je jejich nabídka nejen výrazně menší, ale také jsou výrazně dražší. Vyšší ceně nahrává také fakt, že materiály je nutné pro využití pro 3D tisk upravit (například vytvořit filament). V Tab. 2 jsou uvedeny přibližné ceny vybraných typů materiálů.

Tab. 2 Ceny vybraných materiálů pro plastový 3D tisk, vypracováno dle [1]

Typ materiálu	Přibližná cena za 1 kg
Práškové PA materiály	600 – 1 500 Kč
ABS filamenty	400 – 5 500 Kč
PLA filamenty	400 – 5 500 Kč
Speciální filament ULTEM	3 000 – 10 000 Kč
Obyčejné fotopolymery	2 200 – 3 300 Kč
Flexibilní fotopolymery	4 400 – 8 800 Kč
Teplozně odolné fotopolymery	3 300 – 8 800 Kč

1.3 Využití 3D tisku

Díky povaze aditivní výroby (tj. možnosti vyrábět díl jednoduše z definovaného 3D modelu) je 3D tisk spojován zejména s pojmem rychlé prototypování (*Rapid prototyping*). Právě při tvorbě prototypů je důležitá rychlost a možnost výroby bez dalších nákladů. Je ale možné jej výhodně použít také pro výrobu finálních produktů, jelikož umožňuje vysokou míru customizace a komplexity dílu. Výroba finálních produktů pomocí aditivní technologie je označována jako *Rapid manufacturing*. Své využití nalézá také při výrobě nástrojů, pro tento účel se užívá označení *Rapid tooling*. Nejčastěji díl vyrobený pomocí plastového 3D tisku slouží k výrobě formy pro technologie lití nebo vstřikování. [1] [15] [16]



Obr. 4 Montážní přípravek (šablona) vyrobená pomocí 3D tisku (vlevo) a výroba sedadla na míru s využitím plastového 3D tisku (vpravo) [15] [17]

3D tisk se využívá napříč odvětvími, avšak největší zastoupení má aktuálně v automobilovém, leteckém a zdravotnickém průmyslu. V automobilovém průmyslu nachází své místo zejména při výrobě prototypů, funkčním testování, výrobě nástrojů nebo náhradních dílů. Velice časté je využití plastového 3D tisku k výrobě šablon, montážních přípravků, tvarových dílů do strojů nebo upínek. Na Obr. 4 vlevo je příklad montážního přípravku či šablony, který se používá ve společnosti Volkswagen pro přesné umístění názvu modelu vozu na jeho zadní část. [1] [15] [16]

Začínají se však objevovat také tištěné díly instalované přímo do finálního modelu automobilu, nicméně to je prozatím případ zejména supersportovních automobilů či jiných speciálních vozů. Příkladem může být výroba sedadla na míru, jak ukazuje Obr. 4 vpravo. Finální díly vyrobené 3D tiskem vynikají především nižší hmotností oproti dílům vyrobeným konvenční technologií, nicméně přináší také možnost customizace. [1] [17]

Právě úspora hmotnosti je hlavní příčinou využití 3D tisku v leteckém průmyslu, který byl jedním z *early adopters*³ této technologie. Při výrobě letadel, vrtulníků a dalších strojů umožní úspora i

³ *Early adopter* je ustálený anglický výraz pro toho, kdo přijme novou technologii mezi prvními.

malé hmotnosti poměrně velké snížení nákladů na letecké palivo za dobu životnosti stroje. Jako ilustrativní příklad využití 3D tisku může být uvedena společnost Boeing, jejíž letadla aktuálně obsahují více než 70 000 součástí vyrobených pomocí plastového nebo metalického 3D tisku. Ve zdravotnickém průmyslu se 3D tisk využívá k výrobě specializovaných nástrojů nebo modelů různých částí lidského těla například při složitých operacích. [1] [18]

Výčet použití aditivní technologie takto určitě není kompletní, výše zmíněné odvětví jsou pouze ty s největším zastoupením 3D tisku. Důležitými oblastmi jsou také například vzdělávací a výzkumné instituce nebo stavební průmysl. Pro další využití v praktické části je tedy možné definovat hlavní oblasti využití plastového 3D tisku ve výrobních podnicích. Kategorie spolu se stručným popisem jsou uvedeny v Tab. 3.

Tab. 3 Kategorie využití plastového 3D tisku ve výrobních podnicích, vlastní tvorba jako shrnutí kapitoly 1.3

Kategorie využití technologie	Stručný popis kategorie
Prototypování	Výroba prototypů finálních dílů za účelem testování a validace designu.
Výroba nástrojů nebo forem pro jiné technologie	V tomto případě slouží plastový 3D tisk jako mezikrok, například k výrobě vstřikolísavé formy.
Výroba pomocných funkčních přípravků	Do této kategorie spadají pomocné díly, které jsou přímo využity ve výrobě produktů. Může se jednat například o tvarové díly pro upínání svařenců, speciálně tvarované čelisti robota nebo držáky čidel.
Výroba kontrolních přípravků	Kontrolními přípravky mohou být měrky, šablony či jiné nástroje, které slouží pro kontrolu nebo zajištění kvality vyráběných produktů.
Výroba náhradních dílů	Do této kategorie spadají díly, které jsou přímo instalovány jako náhradní do strojů. Může se jednat o trvalé i dočasné díly.
Výroba finálních produktů	Finální produkty jsou díly, které společnost prodává zákazníkům či které jsou součástí produktu nabízeného zákazníkům.

1.4 Přednosti a výhody 3D tisku

Řada výhod 3D tisku vyplývá z již zmíněných vlastností této technologie. Mezi základní benefity, které získáme implementací této technologie do výrobního procesu, patří:

- snížení nákladů,
- zrychlení výroby,
- zvýšení kvality a
- možnost customizace.

Všechny uvedené benefity vedou ke zvýšení konkurenceschopnosti podniku. V následujících podkapitolách jsou jednotlivé benefity blíže rozebrány.

1.4.1 Snížení nákladů

Náklady spojené s výrobou dílu je možné použitím 3D tisku snížit díky:

- snížení počtu operací potřebných k výrobě dílu,
- snížení množství materiálu potřebného na výrobu dílu (tj. objemu materiálu na výsledném dílu a množství odpadu),

- eliminaci potřeby výroby či nákupu speciálních nástrojů, které jsou nutné při výrobě konvenční technologií a
- snížení závislosti na dodavatelích díky vlastní výrobě dílu.

Jelikož 3D tisk umožňuje tisknout komplexní tvary, je možné s jeho použitím snížit množství součástí, ze kterých se výsledný výrobek skládá. Jedna z případových studií společnosti MCAE uvádí, že díky využití plastového 3D tisku pro výrobu nástrojů na robotická ramena došlo ke snížení počtu součástí dílu z původních 20 na dva. Tím se sníží náklady jak na výrobu součástí, tak na montáž dílu. Díky tomu je celá výroba nejen rychlejší, ale také jednodušší a vyžaduje menší množství pracovníků. [19]

3D tisk také produkuje výrazně menší množství odpadu, než je tomu například u subtraktivních technologií. Mimo to je jeho obrovskou předností fakt, že design není téměř nijak omezen charakteristikou technologie. 3D tiskem je totiž, jak již bylo zmíněno, možné vyrábět i velice komplexní díly se složitými tvary, a to včetně různých vnitřních struktur. Díly tudíž nemusejí být plné (tj. se 100% výplní), díky čemuž je tisk rychlejší, spotřebuje méně materiálu a výsledný produkt je lehčí při zachování stejných mechanických vlastností. [1] [4]

Při 3D tisku také není potřeba vlastnit speciální nástroje, které při konvenčních technologiích obvykle generují vysoké náklady. V případě, že se společnost rozhodne vyrábět díl s použitím konvenční technologie a tomu přizpůsobí vybavení své továrny, je následně velice složité vyráběný díl jakkoli měnit. S případnou změnou by totiž byly opět spojeny obrovské náklady na nástroje. Tento problém při použití 3D tisku odpadá. [1] [4]

Některé dosud nakupované díly je navíc možné s využitím 3D tisku vyrobit přímo na místě, kde je díl používán. Jak bylo zmíněno v kapitole 1.3, může se jednat například o pomocné přípravky potřebné v průběhu výroby vozů v automotive. Jak uvádí studie společnosti Ultimaker, při výrobě dílu zobrazeného na Obr. 4 vlevo došlo při vlastní výrobě jednak ke zrychlení dodávky z 35 na čtyři dny, jednak také ke snížení nákladů ze 400 € na 10 € na jednu součást. [15]

1.4.2 Zrychlení výroby

Využití 3D tisku má pozitivní vliv na dobu výroby, jelikož:

- umožňuje snížit počet operací,
- umožňuje pružně reagovat na změnu vyráběného dílu a
- klade nižší časové nároky na konstrukční činnost.

Snížení počtu operací a pružná reakce na změnu výroby korespondují s důvody popsány v kapitole 1.4.1. Je nutné zdůraznit, že se zvyšující se komplexitou dílu se nezvyšuje čas potřebný k jeho výrobě. Při využití 3D tisku čas k výrobě dílu závisí téměř výhradně na množství materiálu

či množství vrstev (dle zvolené technologie). Na druhou stranu se ale nedá říct, že by komplexita byla úplně zdarma, jelikož složitější konstrukce zvyšuje nároky na tvorbu 3D modelu konstruktéry, a to jak z hlediska času, tak znalostí. [1] [3]

Mimo těchto důvodů je možné zkrátit dobu od počátku modelování dílu po dokončení jeho výroby, jelikož k realizaci 3D tisku stačí 3D model a definice vrstev dílu, odpadá nutnost tvořit výkres. Tvorba výkresu je však u většiny konvenčních metod nutností a, jelikož výkres obsahuje velké množství informací o dílu, jedná se také o časově náročnou činnost konstruktéra. [1]

1.4.3 Zvýšení kvality

V otázce kvality výroby lze rozlišit několik typů kvality – od rozměrové přesnosti, přes kvalitu povrchu, až po tvar výrobku, kterého můžeme za pomoci konkrétní technologie dosáhnout. Hlavní předností 3D tisku je zejména možnost vyrobit velice komplexní tvary, kterých nelze dosáhnout jinou technologií (nebo by to bylo extrémně složité).

Vyšší kvalita výrobku pro zákazníka může být dána například nižší hmotností dílu při zachování jeho mechanických vlastností nebo použitím více materiálů na jednom dílu. Při výrobě pomocí 3D tisku je možné vyprodukovat díly velice komplexních tvarů, k jejichž designu lze využít jak odlehčení (tj. použít například místo kompletní výplně nějakou formu vnitřní struktury), tak topologickou optimalizací⁴. Pro plnohodnotné využití 3D tisku je proto nutné aplikovat jiný přístup k tvorbě dílu než v případě výroby pomocí konvenčních technologií, pro tento konstrukční přístup se používá označení *Design for Additive Manufacturing (DfAM)*. [1] [4]



Obr. 5 Příklad topologické optimalizace dílu [20]

⁴ Topologickou optimalizací se rozumí metoda odstranění materiálu v místech, kde nepřispívá ke zvýšení pevnosti dílu. V praxi se využívá matematických metod k výpočtu namáhání dílu a k určení, ve kterých místech je materiál nadbytečný. [6]

Na Obr. 5 je zobrazen postup topologické optimalizace, a to od původního obráběného dílu po topologicky optimalizovaný díl vyrobený pomocí 3D tisku. I z tohoto srovnání jsou výhody 3D tisku jasně patrné, jelikož výsledný díl (vpravo) obsahuje znatelně méně materiálu než díl původní (vlevo). [1] [4] [20]

1.4.4 Možnost individualizace

S aditivní výrobou jsou velmi úzce spojeny také pojmy jako individualizace, personalizace či customizace, které označují stav, kdy jsou výrobky individuálně upravovány podle přání či potřeb zákazníka. Jinými slovy, zákazník má možnost si v definovaných mezích určit, jak bude produkt vypadat.

Individualizace obvykle označuje takovou změnu designu výrobku, která reaguje na požadavky určité skupiny zákazníků. Personalizace pak označuje stav, kdy je každý jeden výrobek vyroben na míru každému zákazníkovi. Jako příklad personalizace může být uvedena výroba naslouchátek, bot nebo zubních protéz na míru, kdy zákazník poskytne výrobcovi potřebná biometrická data, na základě kterých je možné provést personalizaci výrobku. [21]

Charakteristikou aditivní výroby také je, že jak tvorba designu výrobku, tak jeho samotná výroba může probíhat plně v režii výrobce (tj. v jeho prostorech, jeho lidmi a na jeho strojích), ale také plně v režii zákazníka. Případně samozřejmě kdekoli mezi těmito extrémními případy. Tento fakt jednak ještě více podporuje individualizaci výrobků, jednak umožňuje vznik nových obchodních modelů, kdy ani samotná výroba nemusí být vázaná na konkrétní místo. Ta naopak může být přesunuta až přímo k zákazníkům (tj. zákazník si například může vyrobit náhradní díl stroje dle 3D modelu od výrobce zařízení, což značně zkrátí reakční dobu nebo eliminuje potřebu držet významné skladové zásoby těchto dílů). [21]

Individualizace má v případě využití konvenčních technologií velmi negativní vliv na výhodnost celé výroby, jelikož s sebou každá nová varianta výrobku nese další náklady (např. náklady na speciální nástroje, formy atd.). U technologie 3D tisku má individualizace výrobků výrazně menší vliv na její ekonomičnost. Faktorem určujícím nákladovost výroby produktu na 3D tiskárně je tak zejména míra vytížení její kapacity. [21]

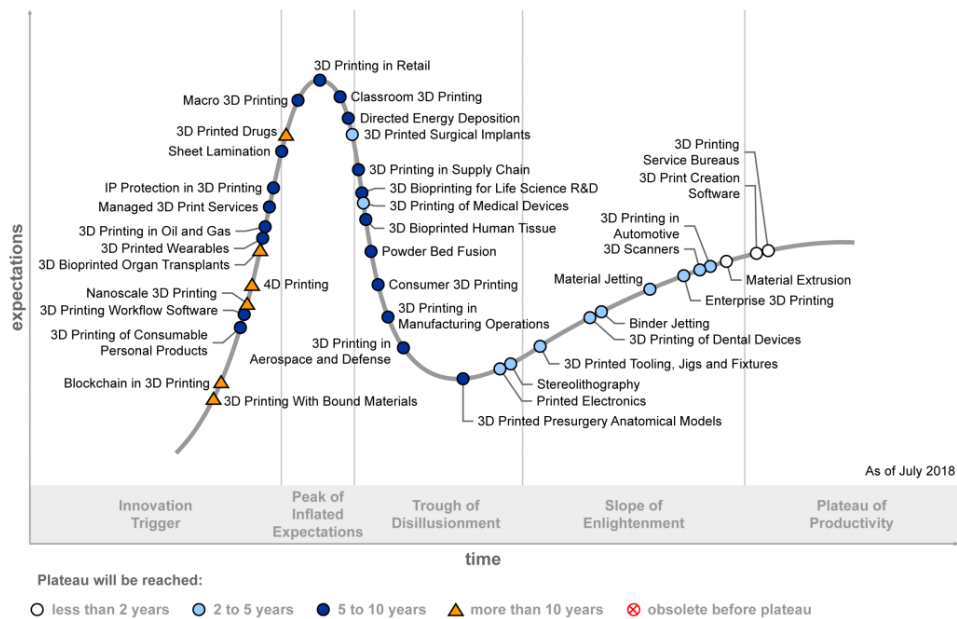
1.4.5 Ostatní výhody

S technologií 3D tisku jsou spojeny také další výhody. Ty nejsou zařazeny v předešlých podkapitolách, protože se nejedná o stěžejní přínosy, ale spíše o odvozené možnosti, které technologie přináší. Mezi další výhody tak patří:

- snížení rizika výroby nevhodných výrobků díky možnosti ověření designu před samotnou sériovou výrobou,
- udržitelnost díky snížení odpadu nebo eliminaci logistiky a dalších nevýrobních procesů,
- možnost změnit design výrobku i po zahájení jeho výroby,
- minimalizace vzniku lidských pochybení nebo
- použití stejného výrobního procesu i materiálu pro prototypování i finální výrobu. [1] [22] [23]

1.5 Nevýhody a překážky v adopci 3D tisku

3D tisk, stejně jako každá jiná technologie, má také své nevýhody a úskalí použití. Je nutné si navíc uvědomit, že se stále jedná o poměrně novou technologii, alespoň co do jejího využívání v průmyslu. Na Obr. 6 je znázorněn aktuální stav vývoje aditivní technologie na tzv. *Gartner curve* nebo *Hype cycle*⁵, ze které je patrné, že ačkoli některé části technologie 3D tisku, jako například technologie FDM či SLA, v dohledné době dosáhnou vrcholu produktivity, pro jiné je tento stav ještě stále velice vzdálený. [24]



Obr. 6 Hype cycle křivka pro 3D tisk [24]

Problémy, se kterými je nutné v současné době při implementaci 3D tisku počítat, je možné rozdělit na:

- technologické,
- ekonomické a
- systémové.

Každá z výše uvedených kategorií je podrobněji rozebrána v následujících podkapitolách.

⁵ Jedná se o unifikovanou křivku vyvinutou společností Gartner, která jednotlivým technologiím přiřazuje stádium zralosti, adopce a komerční aplikace. [73]

1.5.1 Technologické problémy

Do kategorie technologických problémů jsou zařazeny ty, které se týkají technologie 3D tisku obecně nebo jsou jakkoli spojeny s technologickými limity tiskáren a materiálů.

Úskalím technologie 3D tisku je poměrně nízká rychlost výroby, a to zejména v porovnání s technologiemi vstřikování a lití. Nižší rychlost je dána procesem výroby dílu, který vzniká po jednotlivých vrstvách. Z tohoto důvodu samozřejmě nejsou 3D tiskárny vhodnou volbou pro sériovou či hromadnou výrobu, kde nedokážou konkurovat konvenčním technologiím co do efektivity procesu. [1] [4]

Při 3D tisku můžeme zaznamenat také problémy s kvalitou způsobené zejména nehomogenitou výtisku. Výtisk nemá ve všech směrech stejné vlastnosti právě kvůli faktu, že je tvořen po vrstvách. S tímto je nutné počítat již při samotné konstrukci a plánování orientace výtisku. Na rozdíl od mnoha konvenčních technologií, při 3D tisku obsluha navíc nemá k dispozici zpětnou vazbu od stroje během činnosti, vyvstávají proto pochyby o integritě dílu. [4] [25]

Velice častým mýtem je tvrzení, že 3D tisk je technologií, u které stačí stisknout tlačítko a stroj vyrobí finální díl. To však určitě není pravda. Technologie totiž vyžaduje značnou přípravu před tiskem a velice často je nutné věnovat velké množství času také dokončovacím operacím (tzv. *post-processingu*). Post-processing může obnášet odstranění podpor dílu, dokončovací operace povrchu nebo dodatečné obrábění dílu (například frézování závitu atd.). S tímto faktem je nutné počítat, jelikož ovlivňuje jak čas výroby, tak nároky na personál, což má v konečném důsledku vliv na ekonomičnost procesu. [1]

Výroba pomocí aditivní technologie je velice často limitována poměrně malou velikostí tiskové komory. Velké díly proto buď nelze pomocí 3D tisku vyrobit, nebo je nutné vyrobit více částí a ty následně spojit. Pravdou však je, že i v tomto směru se technologie vyvíjí a několik tiskáren s velkou tiskovou komorou (1 000 – 10 000 l) je již dostupných⁶. Otázkou zůstává, jaké kvality takové tiskárny v současné době dosahují. [25]

U materiálů vhodných pro plastový 3D tisk existují v současné době dvě hlavní nevýhody, a sice jejich omezený výběr a vyšší cena oproti ekvivalentům určeným pro konvenční technologie (ekonomické problémy materiálů jsou blíže rozebrány v podkapitole 1.5.2). Paleta materiálů vhodných pro 3D tisk se stále rozšiřuje, avšak naprosto pochopitelně zatím nedosahuje rozsahu materiálů pro konvenční technologie. Na druhou stranu je nutné zmínit, že vznikají speciální druhy určené pouze pro aditivní výrobu. Pro efektivní využití 3D tisku je proto nutné mu

⁶ Výčet plastových 3D tiskáren s velkým objemem tiskové komory viz <https://www.aniwaa.com/buyers-guide/3d-printers/largest-3d-printers/>

přizpůsobit nejen design dílu, ale také zvolit správný materiál, který ovšem pro konvenční technologie nemusí být vůbec v nabídce. [1]

Jedním z problémů spojených s technologií 3D tisku je možnost snadné výroby téměř jakéhokoli dílu v případě dostupnosti 3D modelu. Navíc s použitím různých technik reverzního inženýrství⁷, jako je například 3D skenování, je možné se k 3D datům dostat velice jednoduše. Důsledkem však může být porušování práv duševního vlastnictví kvůli výrobě takto chráněných dílů. [26]

1.5.2 Ekonomické problémy

Při implementaci 3D tisku do výroby je nutné počítat se změnou skladby nákladů oproti konvenčním technologiím. Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, proces 3D tisku je v mnoha ohledech velice odlišný. Problémem z ekonomického hlediska může být nejen vysoká vstupní investice nebo cena materiálu, ale také například potřeba personálu s jinými znalostmi či nevhodnost 3D tisku pro sériovou nebo hromadnou výrobu. V této podkapitole jsou všechny zmíněné překážky postupně rozebrány.

Co se týká vstupní investice, cenové rozpětí tiskáren je velice široké, v případě plastových 3D tiskáren se bavíme o intervalu od několika tisíc Kč v případě kancelářských FDM tiskáren po částky přesahující 10 mil. Kč v případě průmyslových 3D tiskáren. Je tak patrné, že profesionální 3D tiskárny, které dokážou kvalitou konkurovat konvenčním technologiím, s sebou mohou nést vysoké pořizovací náklady. [1] [8]

Cena materiálů pak je až několikanásobně vyšší oproti ekvivalentu pro konvenční technologii. Dle Wohlers se cena termoplastů pro 3D tisk pohybuje mezi 40 a 250 \$ za kg, naproti tomu stejný materiál pro technologii vstřikování plastů stojí mezi 2 a 10 \$ za kg. Důvodem pro takto vysoké ceny materiálů je kromě složitějšího procesu jejich výroby také relativně malá velikost trhu. Podrobněji byla problematika materiálů pro plastový 3D tisk rozebrána v kapitole 1.2. [1]

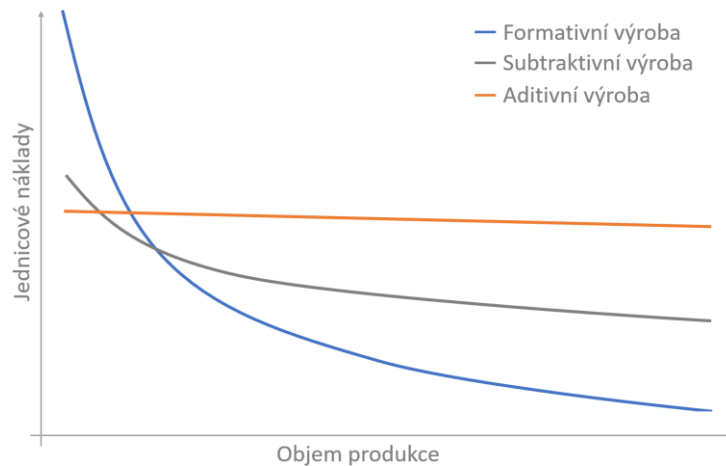
3D tisk navíc často vyžaduje určité formy post-processingu, k němuž je potřeba kvalifikovaný personál, případně další technické vybavení. Velice pravděpodobně proto bude nutné stávající zaměstnance při přechodu na aditivní technologii přeškolenit. Přeškolení i samotná přítomnost lidských pracovníků v procesu 3D tisku samozřejmě zvyšuje jeho nákladovost. [1] [4]

Kvůli nízké rychlosti výroby a dalším dříve uvedeným faktorům tato technologie není vhodná pro výrobu větších sérií. Naopak, její přednost je právě v možnosti obrovské variability. Důsledkem

⁷ Reverzní inženýrství je proces, jehož cílem je získat podobu a princip fungování originální součásti většinou za účelem vytvoření kopie. [74]

ale je, že společnost nemůže jednoduše aplikovat tzv. úspory z rozsahu tak, jak je tomu při výrobě velkého množství totožných dílů na konvenčních strojích. [1] [4]

Obecně je nutné si uvědomit, že skladba nákladů se u 3D tisku liší oproti konvenčním technologiím. Na Obr. 7 je znázorněn přibližný vývoj jednotkových nákladů v závislosti na objemu produkce pro aditivní, formativní a subtraktivní výrobu. Ač ve všech případech jednotkové náklady se zvyšujícím se objemem klesají, tento pokles je u 3D tisku zdaleka nejmenší. [1] [4] [27]



Obr. 7 Srovnání jednotkových nákladů v závislosti na objemu produkce pro aditivní, formativní a subtraktivní výrobu, vypracováno dle [28]

Nevýhodnost 3D tisku pro výrobu větších sérií je dána tím, že je tato technologie spojená s velkým množstvím variabilních nákladů a s poměrně malým množstvím nákladů fixních. Tudíž s objemem produkce je z velkých nákladových položek možné rozpouštět pouze cenu stroje, ostatní velké náklady mají variabilní povahu (zejména pak materiál). Opačným extrémem je formativní výroba (reprezentovaná například vstřikováním plastů), která je spojena s velkou úvodní investicí do stroje a nástroje, ale s velice malými variabilními náklady. Proto je možné jednotkové náklady se zvyšující se produkcí razantně snižovat. Z Obr. 7 je patrné, že pro velmi malé objemy produkce může být 3D tisk nejvýhodnější volbou i z ekonomického pohledu. [4]

1.5.3 Systémové problémy

Systémové problémy nejsou způsobeny přímo technologií samotnou, ale spíše nedostatečnou připraveností podpůrných oblastí. Překážkou v implementaci 3D tisku může být nedostatečné vzdělávání v této oblasti, chybějící softwarová podpora nebo neexistence norem.

Pro úspěšnou adopci 3D tisku ve společnosti je nutné mít nejen kvalifikované odborníky a operátory výroby, ale také vedoucí pracovníky, kteří technologii znají z manažerského hlediska. V současné době společnosti trpí nedostatkem obojího, nicméně chybějící kvalifikovaná

pracovní síla zřejmě představuje významnější problém. Nejedná se však pouze o neznalost aditivní technologie, ale spíše o nesprávné myšlení při konstrukci dílu. Jak již bylo zmíněno, aditivní technologii nelze plně využít, pokud daný díl není už od začátku konstruován právě pro 3D tisk. [4]

Se vzděláním v oblasti konstrukce dílů pro 3D tisk velice úzce souvisí také softwarová podpora. Pokud je konstruktér zvyklý navrhovat díly pro konvenční technologie a ke konstrukci využívá CAD SW vhodný pro výrobu konvenční technologií, není možné plně využít potenciálu 3D tisku. Je proto nutné, aby společnost poskytla svým zaměstnancům vhodné školení a vybavení, tedy i vhodný CAD SW. [1] [3]

Chybějící nebo nedostatečné normy v oblasti materiálů, procesů, vybavení, kvalifikace, modelování a simulace jsou jednou z překážek v rychlejší adopci 3D tisku. Tento stav způsobuje nejistou situaci pro podniky. [4]

1.5.4 Ostatní nevýhody

Kromě uvedených nevýhod s sebou technologie nese i některé další překážky. Mezi ně patří:

- snížení počtu pracovních míst na dělnických pozicích,
- toxicita některých technologií plastového 3D tisku,
- obavy týkající se udržitelnosti nebo
- vyšší spotřeba elektrické energie oproti konvenčním technologiím. [25] [26] [29] [30]

1.6 Podoba trhu plastového 3D tisku

Trh s jakýmkoli zbožím či službou tvoří dodavatelský neboli dodavatelsko-odběratelský řetězec (v angličtině se používá pojem *supply chain*). Jedná se o řetězec za sebou jdoucích dodavatelů a zákazníků, mezi nimiž může být třetí subjekt, který například zprostředkovává logistické služby. Tento řetězec pak končí u cílového zákazníka. [31]

Pro popis trhu plastového 3D tisku se však omezíme pouze na prostor mezi výrobcí HW a SW a zákazníky, nebudeme proto dále rozvíjet dodavatele výrobců tiskáren, tj. dodavatele vstupních materiálů, komponent atd. Zároveň pro praktickou část není nutné na trh zahrnout logistické kanály, jelikož ty z pohledu produktů a služeb v oblasti plastového 3D tisku trh nijak zásadně neovlivňují.

Na trhu plastového 3D tisku tak působí tyto tři hlavní kategorie subjektů:

- výrobci a vývojáři,
- distributoři a prodejci,
- zákazníci a uživatelé.

Výrobci jsou na trhu těmi, kteří vyrábějí (produkují) výrobky, jež jsou předmětem prodeje na trhu. Vývojáři patří do stejné kategorie, avšak tento pojem se využívá v případě, kdy produktem je nějaký typ SW. Distributoři naopak žádné výrobky nevyrábějí, nýbrž pouze distribuují (šíří) předmět prodeje k zákazníkům, jelikož mají s výrobcem uzavřené smlouvy na odběr jejich produktů. Distributoři mohou prodávat přímo zákazníkům (většinou v případě B2B⁸ prodeje), nebo prostřednictvím prodejců (většinou v případě B2C⁹ prodeje). Prodejci tedy nakupují zboží od různých distributorů a sami jej dodávají koncovým zákazníkům. [32] [33]

Prodej je samozřejmě možný také od výrobců přímo koncovým zákazníkům, nicméně v praxi tímto způsobem prodávají spíše jen výrobci levnějších tiskáren určených pro masový trh. Nejčastěji k přímému prodeji využívají vlastní e-shop. Důvodem pro využívání distributorů je zejména možnost plně se soustředit na vlastní podnikání, kterým je vývoj a výroba. Prodej a distribuce s sebou rovněž nese dodatečné náklady.

Zákazníky mohou být na trhu jak firmy, které produkty využívají ve svém výrobním procesu, tak fyzické osoby, které si kupují produkty pro svou osobní potřebu. Zákazník je ten subjekt, který za produkty či služby platí. Uživatel je naopak ten, kdo produkty či služby využívá. Může, ale nemusí, se jednat o tu samou osobu.

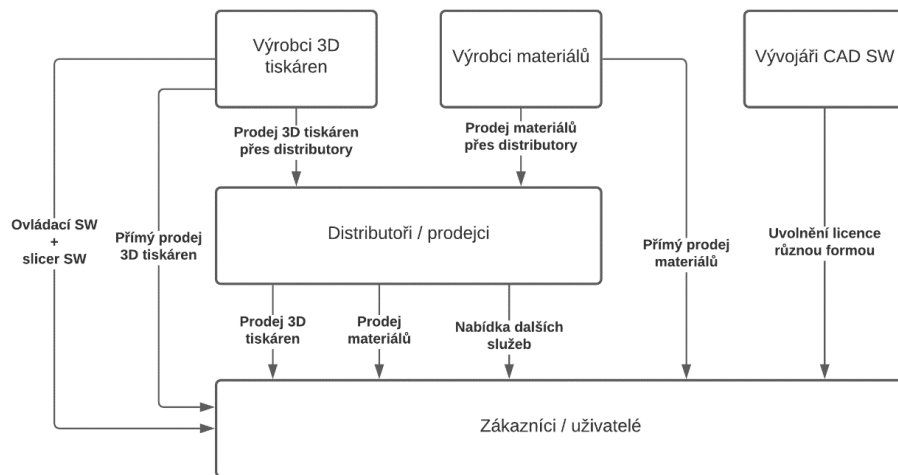
Na trhu plastového 3D tisku jsou předmětem prodeje zejména tyto produkty:

- 3D tiskárny plastů (často dodávané spolu s ovládacím či slicer SW),
- materiály pro plastový 3D tisk a
- SW vybavení potřebné pro využívání technologie.

Mimo uvedených produktů jednotliví hráči na trhu nabízejí další služby či vedlejší produkty, kterými se snaží zvyšovat svou konkurenceschopnost. Tyto budou blíže rozebrány v kapitole 4 praktické části na konkrétních společnostech působících na českém trhu. Na Obr. 8 je schematicky znázorněna podoba trhu plastového 3D tisku. V blocích jsou jednotlivé subjekty, šipky znázorňují tok produktů, služeb nebo zboží ve směru k zákazníkovi.

⁸ Vychází z anglického *business-to-business*, kdy mezi sebou obchodují dvě společnosti. [77]

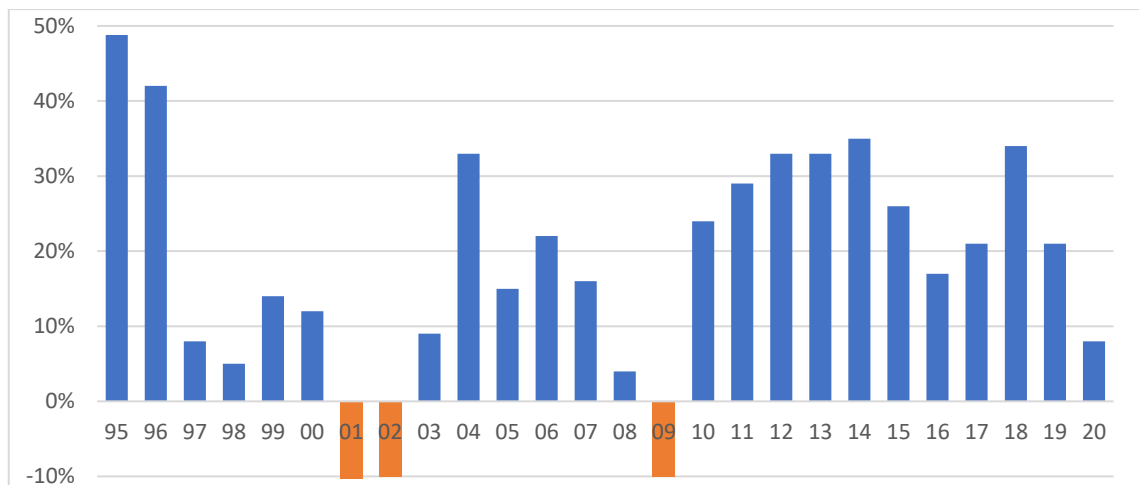
⁹ Vychází z anglického *business-to-customer*, kdy společnost prodává zboží přímo zákazníkovi, který je fyzickou osobou. [76]



Obr. 8 Schéma dodavatelsko-odběratelského řetězce na trhu plastového 3D tisku, vlastní tvorba

1.7 Využívání plastového 3D tisku ve světě

Světový trh s 3D tiskem dlouhodobě roste, a to průměrně o 26 % ročně. Na Obr. 9 je zobrazen graf meziročního vývoje tržeb za produkty a služby související s 3D tiskem, ze kterého je patrné, že trh rostl téměř každý rok během sledovaného období. Růst vykazoval také v roce 2020, kdy jej zasáhla protipandemická opatření spojená s covidem-19. V tomto období však bylo možné pozorovat, že zákazníci se poohlížejí po levnějších 3D tiskárnách, tržby proto výrazně rostly zejména méně známým výrobcům. [1]



Obr. 9 Celkový meziroční růst nebo pokles tržeb za produkty i služby související s 3D tiskem, vypracováno dle [1]

Nejen že trh roste co do tržeb, růst vyazuje také množství výrobců, kteří na trhu působí. Dle Wohlers se počet výrobců průmyslových 3D tiskáren zvýšil z 33 v roce 2012 na 228 v roce 2020. To znamená téměř sedminásobný růst za pouhých osm let. Ačkoli jsou uvedená data platná pro

3D tisk všech materiálů, kdy cena tiskárny je vyšší než 5 000 \$, dá se předpokládat, že podobný růst zažívá také trh s průmyslovými 3D tiskárnami plastů¹⁰. [1]

Významný růst zažívá celosvětově také trh se stolními 3D tiskárnami plastů¹¹. Předpokládá se, že v roce 2020 bylo prodáno přes 750 000 hobby 3D tiskáren plastů, vyšší zájem o levnější 3D tiskárny plastů byl způsoben také vlivem pandemie covidu-19, kdy jednak získaly popularitu velice levné 3D tiskárny, jednak ale firmy preferovaly nákup levnějších strojů kvůli nutnosti snížení nákladů. [1]

Růst eviduje také sektor služeb v oblasti 3D tisku, kdy v řadě případů je pro společnosti výhodnější si nechat díl vytisknout na zakázku, než navyšovat nebo vytvářet in-house kapacitu 3D tiskáren. Na trhu existuje velké množství firem, které se zabývají 3D tiskem na zakázku či poskytují jiné návazné služby. Wohlers Report odhaduje, že nezávislí poskytovatelé služeb¹² vygenerovali za rok 2020 prodejem tištěných dílů tržby přesahující 5 mld. \$. [1]

Dotazováním 124 společností z celého světa bylo dle Wohlers zjištěno, že dotazovaní dodavatelé služeb v oblasti 3D tisku operují celkem s přibližně 1 800 3D tiskárnami, v průměru tedy připadá zhruba 14,5 tiskárny na jednu společnost. Dotazované společnosti využívají zejména technologie plastového 3D tisku (83,5 %), z nichž nejpočetněji zastoupené jsou tiskárny fungující na principu VPP následované technologií PBF. [1]

Dle reportu společnosti MakerBot¹³ je plastový 3D tisk stále nejčastěji využíván v raných fázích výroby výrobku, tj. při výrobě koncepčních modelů (70 %), funkčních prototypů (66 %) a při výzkumných činnostech (44 %). Poměrně velké zastoupení ve využívání technologie má také výroba pomocných přípravků a nástrojů (40 %) a šablon a měrek (37 %). Naopak pro sériovou výrobu využívá 3D tisk pouze 8 % dotazovaných. [30]

Data z výzkumu¹⁴ realizovaného společností Hubs jsou optimističtější, ukazují totiž, že 3D tisk v roce 2020 využívalo k výrobě finálních dílů až 29 % dotazovaných firem. Podrobněji jsou výsledky prezentovány na Obr. 10.

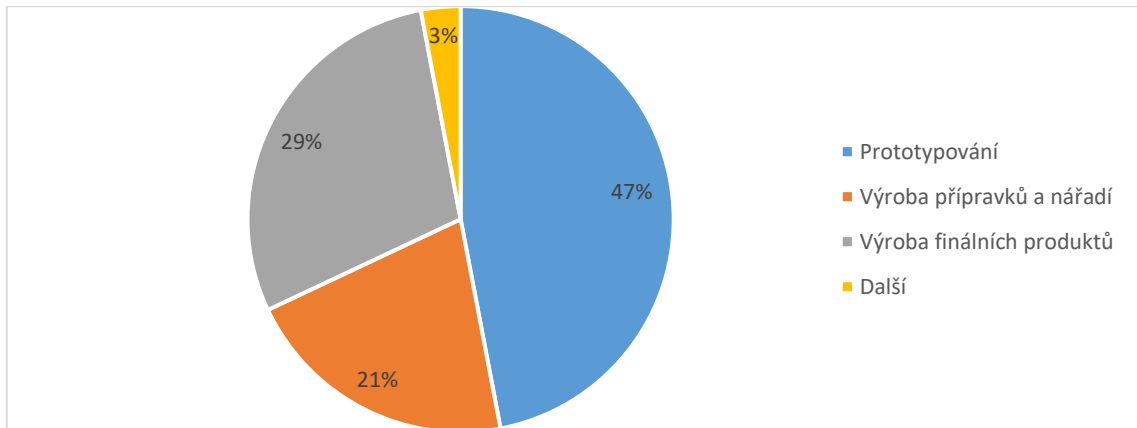
¹⁰ Podíl 3D tiskáren plastů na celkovém počtu prodaných průmyslových 3D tiskáren je významný, jelikož v roce 2020 bylo prodáno 8,5 krát více 3D tiskáren plastů než kovů. Díky tomu je možné odhadovat, že uvedená data jsou přibližně platná také pro segment průmyslového plastového 3D tisku. [1]

¹¹ Pojem stolní 3D tiskárna vychází z anglického *desktop 3D printers*, velice často je tato kategorie označována jako hobby 3D tiskárny. Wohlers Report tuto kategorii definuje jako 3D tiskárny plastů, jejichž cena je nižší než 5 000 \$.

¹² Jedná se o ty společnosti, které nabízejí služby v oblasti 3D tisku, avšak nevyrábí tiskárny nebo materiály.

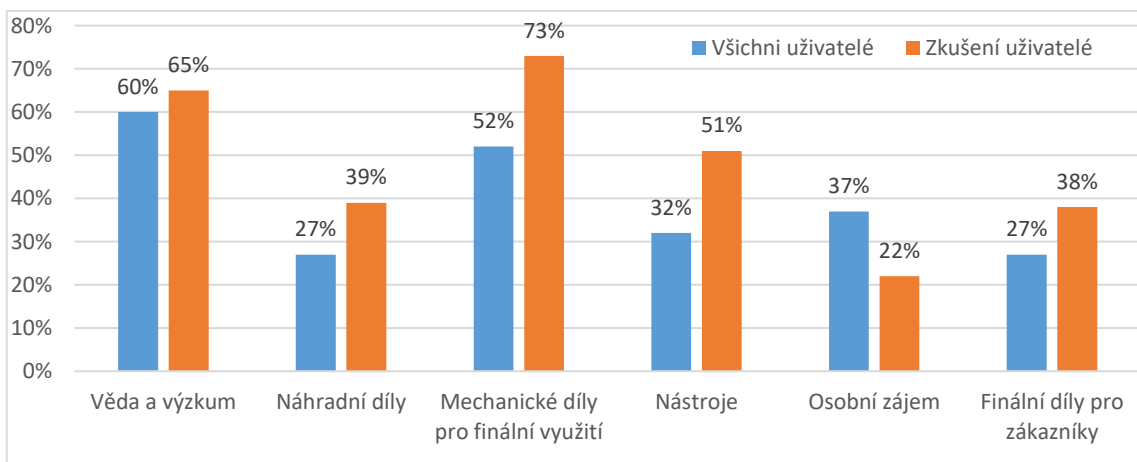
¹³ Report je výsledkem dotazování 1 200 respondentů z celého světa během roku 2020. Report se zaměřuje na plastový 3D tisk, jelikož 93 % respondentů uvedlo, že využívá právě plastové materiály.

¹⁴ Výzkum byl realizován v únoru 2021, vzorek tvořilo 1 504 respondentů. Nabízí se však otázka, zda nemohl být výzkum částečně zkreslen výrobou zdravotních pomůcek.



Obr. 10 Aplikace 3D tisku v roce 2020, vypracováno dle [34]

Společnost Sculpteo se ve svém výzkumu dívá na využití 3D tisku nejen z pohledu celého trhu a všech uživatelů, ale také z pohledu zkušených uživatelů, za které považuje experty na danou technologii. Všimá si tak rozdílu ve využívání technologie, tj. vlivu úrovně vzdělání v dané oblasti na konkrétní využití. Výsledky studie z pohledu využívání technologie jsou prezentovány na Obr. 11. [35]



Obr. 11 Využití 3D tisku podle typu uživatelů v roce 2020, vypracováno dle [35]

Tito zkušení uživatelé také dle dat prezentovaných v reportu od společnosti Sculpteo mnohem častěji využívají 3D tisk k výrobě finálních dílů nejen v malých, ale také ve velkých sériích. [35]

Společnost MakerBot ve svém reportu uvádí také hlavní výhody a bariéry 3D tisku, které respondenti vnímají. Ze zmíněných výhod či důvodů, proč společnosti 3D tisk využívají, je možné uvést například:

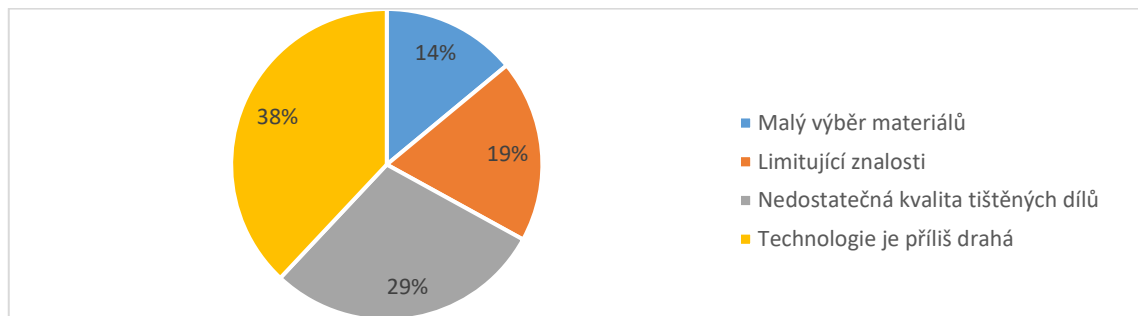
- schopnost výroby customizovaných dílů v malých sériích (68 %),
- designová svoboda a schopnost tisknout komplexní tvary (57 %),
- snížení závislosti na externích dodavatelích (41 %),
- snížení nákladů (38 %) nebo
- zvýšení efektivity (26 %). [30]

Respondenti pak uvedly jako bariéry, které jim brání v implementaci technologie, zejména:

- chybějící školení (29 %),
- výši potřebné investice (27 %) a vysoké náklady (26 %),
- malou nabídku materiálů (9 %),
- omezující pravidla (6 %) nebo
- obavy o bezpečnost (4 %) či udržitelnost (2 %). [30]

Mimo výše uvedených bariér stojí za zmínku také nedostatečný zájem ze strany vedení společnosti (9 %) nebo fakt, že 18 % dotazovaných firem dosud nad implementací 3D tisku vůbec neuvažovalo. [30]

Z dat společnosti Hubs, je patrné, že největšími omezeními je vysoká cena a strach z nedostatečné kvality vytištěných dílů. Na Obr. 12 je v grafu zobrazeno zastoupení stěžejních bariér. [36]

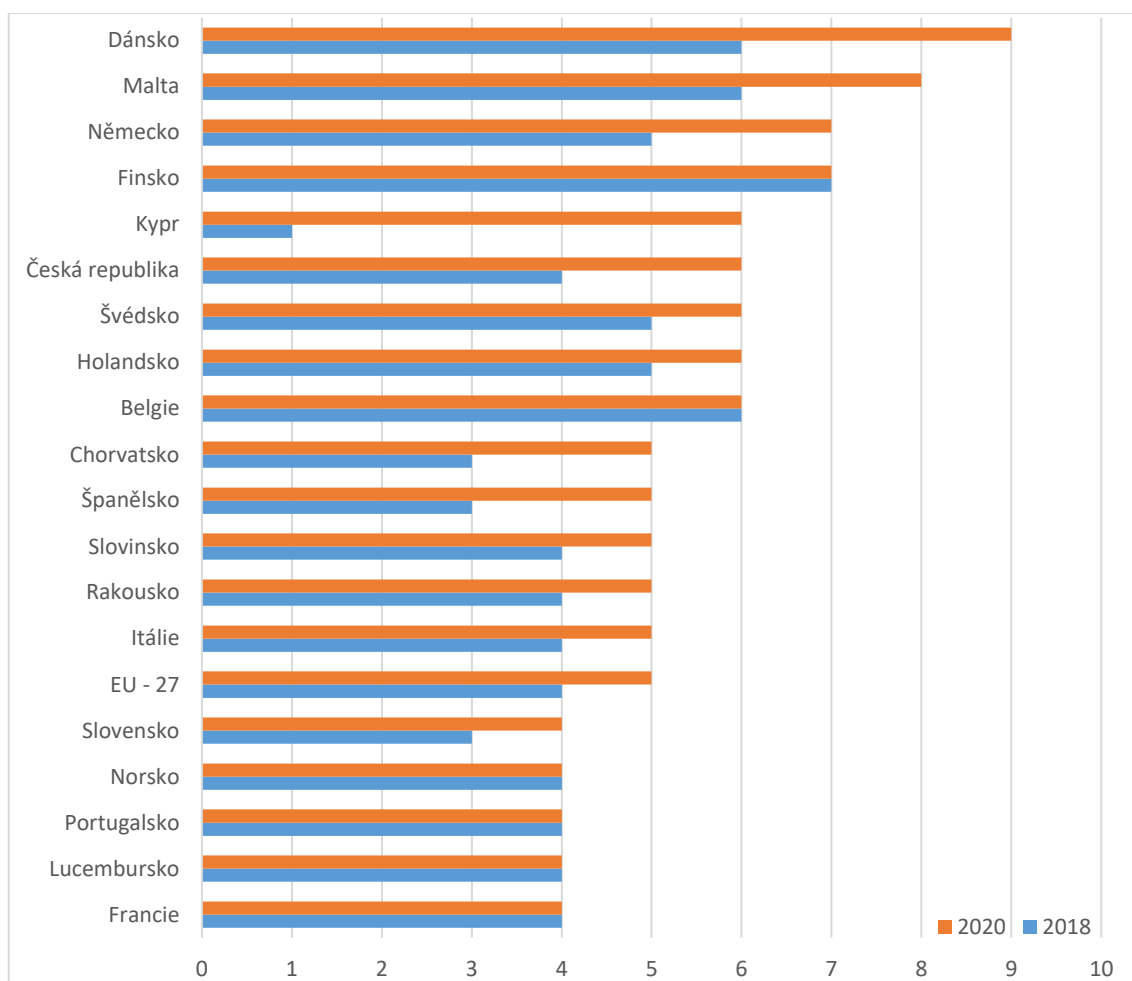


Obr. 12 Graf zastoupení bariér bránících širšímu využívání 3D tisku ve světě, vypracováno dle [36]

Hlavní poznatky jsou uvedeny v tabulkách na konci kapitoly 1.8, kde je k dispozici také jejich srovnání s výzkumy zaměřujícími se na české prostředí.

1.8 Výchozí stav českého trhu plastového 3D tisku

Uvádí se, že 3D tisk je v České republice výsadou spíše hobby uživatelů, což do velké míry potvrzují také dostupné výzkumy. Například dle dat společnosti Eurostat za rok 2017 využívaly v ČR 3D tisk pouze 4 % firem s více než 10 zaměstnanci. Ačkoli je tento údaj shodný s průměrem v celé EU, za prvním Finskem Česká republika zaostávala přibližně o tři procentní body. Určité zlepšení je však možné pozorovat v průzkumu Eurostatu z roku 2020, kdy 3D tisk v České republice využívalo již 6 % firem, což je lehce nad průměrem EU (viz Obr. 13). [37]



Obr. 13 Graf míry využívání 3D tisku v podnicích s více než 10 zaměstnanci v evropských zemích v % z celkového počtu firem (vybrány státy s největší mírou využívání 3D tisku v podnicích), zpracováno dle dat z [37]

Studii týkající se 3D tisku v českém výrobním prostředí realizovala v roce 2017 také poradenská společnost EY. Ačkoli se zaměřuje na 3D tisk všech materiálů, její výsledky je možné vztáhnout také na plastový 3D tisk, jelikož 64 % oslovených firem používá právě plastový 3D tisk (ve srovnání se 17 % těch, kteří využívají metalický 3D tisk). 39 % firem ve výzkumu uvedlo, že 3D tisk využívá, dalších 17 % však tvrdí, že jej plánuje začít využívat do pěti let. Existují však i odvětví, ve kterých je 3D tisk využíván častěji, mezi ně patří např. automobilový nebo letecký průmysl, kde technologii dle průzkumu využívá až 75 % firem. [38] [39]

Průzkum EY mimo jiného potvrzuje, že 3D tisk je nejčastěji používán pro výrobu prototypů (73 %). K výrobě finálních výrobků jej využívá pouze 22 % firem, nicméně až 53 % dotázaných firem plánuje k tomuto účelu technologii využít do 5 let. Jako největší bariéry bránící širšímu používání technologie vidí společnosti zejména nedostatek know-how (38 %), technologické překážky související se stroji či materiály (35 %) a vysoké investice (28 %) a náklady (20 %). [38] [39]

Jako hlavní přínosy 3D tisku studie od EY uvádí snížení výrobních nákladů (49 %), zrychlení zajištění nízkoobrátkových položek (tj. malosériová výroba; 46 %), customizaci výrobků (38 %) nebo zvýšení efektivity výroby (24 %). [38] [39]

Český statistický úřad (ČSÚ) uvádí také podrobnější informace o využívání 3D tisku v českých podnicích. Dle dat za rok 2019 využívaly 3D tisk firmy podle velikosti v následující míře:

- pouze 4,3 % malých podniků do 50 zaměstnanců,
- 10,4 % středních podniků do 250 zaměstnanců a
- téměř 26 % velkých podniků nad 250 zaměstnanců. [40]

Ačkoli dle ČSÚ stále převažuje využití 3D tisku k prototypování (87 %), velice časté je také využití k výrobě polotovárů, součástek a náradí (68 %). Z uvedených dat je tudíž patrné, že 3D tisk začínají firmy využívat i jinak než k prototypování. [40]

Nejčastějšími odvětvími, ve kterých se technologie využívá, jsou:

- oblast IT (15,5 % firem),
- zpracovatelský průmysl (12,9 % firem) a
- telekomunikační činnosti (10 % firem). [40]

Nejaktuálnější výzkum, který se zaměřuje na využívání 3D tisku¹⁵ v České republice, realizovala v roce 2021 česká společnost 3Dwiser ve spolupráci s mateřskou společností Admasys International. Report předpovídá, že český trh 3D tisku vyrostе do roku 2024 o 70 %. Ve srovnání s Maďarskem (50 %) a Rumunskem (30 %) se jedná o podstatný nárůst. [41]

Dle průzkumu je 3D tisk používán nejčastěji k výzkumným činnostem, testování a prototypování (76 %) a k výrobě pomocných přípravků a náhradních dílů (74 %). Report uvádí, že 57 % dotazovaných firem využívá 3D tisk pro malosériovou výrobu a 46 % pro sériovou výrobu¹⁶. 14 % dotazovaných, kteří 3D tisk využívají, vnímá jako jednu z bariér vysokou ekonomickou zátěž. Stejný problém pak uvádí až 33 % dotazovaných, kteří technologii v současnosti nevyužívají. [41]

Jako hlavní benefity respondenti průzkumu vnímají možnost pružně reagovat na poptávku po produktech (65 %), možnost výroby dílů komplexních tvarů (56 %), úsporu času (49 %) nebo úsporu nákladů (41 %). [41]

¹⁵ Výzkum se opět zaměřuje jak na plastový, tak na kovový 3D tisk, avšak podíl respondentů, kteří využívají kovový 3D tisk, je pouze 28 %. Vzorek tvoří 223 respondentů ze společností v České republice, na Slovensku, v Maďarsku a Rumunsku (počty společností v jednotlivých státech bohužel report neuvádí).

¹⁶ V reportu není uvedeno, zda data o malosériové a sériové výrobě jsou platná pouze pro výrobu finálních výrobků, nebo jestli se do těchto kategorií počítají všechny vyráběné díly (tj. výrobky vč. pomocných dílů atd.).

Český trh je bezpochyby specifický také rozšířením levných (hobby) tiskáren, které je dáno mimo jiné působením společnosti Prusa Research u nás. Zdá se ale, že ve využívání průmyslových strojů české firmy zaostávají za vyspělými zeměmi, jak také uvádí Ondřej Štefek ze společnosti 3Dees v rozhovoru pro BusinessINFO. Zmiňuje také, že lidé technologii 3D tisku příliš nevěří, mají ji spojenou s levnými tiskárnami, proto se drží konvenčních technologií. Tvrdí však, že se doba začíná měnit a že designéři i konstruktéři začínají vnímat výhody, které 3D tisk nabízí. Výzvou však podle něj je přesvědčit podniky, aby začaly technologii používat nejen pro prototypování, ale také k výrobě finálních produktů. [42]

Vývoj ve využívání technologie plastového 3D tisku v českých podnicích může významně ovlivnit také existence dotačních programů. Jelikož se vláda ČR snaží nastartovat český průmysl po problémech kvůli pandemii covidu-19, dotačních programů se nabízí či bude nabízet velké množství. Z relevantních programů je možné jmenovat:

- Plán národní obnovy¹⁷ s alokací přibližně 190 mld. Kč,
- Operační program Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost¹⁸ (OPTAK) s alokací 80 mld. Kč nebo
- Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost¹⁹ (OPPIK). [43]

Uvedené programy samozřejmě nejsou zaměřeny pouze na 3D tisk, ale součástí všech je pilíř, do kterého 3D tisk zapadá. Programy totiž mimo jiného cílí na podporu aplikace Průmyslu 4.0 nebo inovací, kdy je možné dotovat například výzkum a vývoj, vzdělávání či nákup technologií. Dotace tudíž mohou značně minimalizovat některé z aktuálních bariér. [43]

V tabulkách uvedených níže jsou shrnuty hlavní poznatky prezentované v této kapitole a v kapitole 1.7. Poznatky jsou takto shrnuty zejména za účelem jednoduššího srovnání výsledků prezentovaných studií. Jedná se o výčet účelů využití 3D tisku (Tab. 4), bariér 3D tisku (Tab. 5) a benefitů 3D tisku (Tab. 6).

Tab. 4 Shrnutí údajů o účelech využití 3D tisku v České republice, vypracováno dle [30] [34] [35] [38] [40] [41]

ÚČELY VYUŽITÍ	Svět			Česká republika		
	MakerBot (2020)	Hubs (2020)	Sculpteo (2020)	EY (2017)	ČSÚ (2019)	3Dwiser (2021)
Prototypování	66 %	47 %	60 – 65 %	73 %	87 %*	76 %
Výroba finálních produktů	8 %	29 %	27 – 38 %	22 % (53 % plánuje používat do 5 let)	Neuvádí	Neuvádí
Výroba pomocných přípravků, nástrojů a náhradních dílů	40 %	21 %	52 – 73 %	Neuvádí	68 %*	74 %

* podíl z počtu firem, které uvedly, že 3D tisk využívají

¹⁷ <https://www.planobnovycr.cz/>

¹⁸ <https://www.dotace-optak.cz/>

¹⁹ <https://www.oppiik.cz/>

Tab. 5 Shrnutí údajů o bariérách 3D tisku, vypracováno dle [30] [34] [35] [38] [40] [41]

BARIÉRY	Svět			Česká republika	
	MakerBot (2020)	Hubs (2020)	Sculpteo (2020)	EY (2017)	3Dwiser (2021)
Nedostatek know-how	29 %	19 %	13 %	38 %	Neuvádí
Technologické překážky	Do 10 %	29 %	Neuvádí	35 %	Neuvádí
Potřeba vysoké investice	27 %	38 %	55 %	28 %	14 % (33 %)
Vysoké provozní náklady	26 %	Neuvádí	Neuvádí	20 %	

Tab. 6 Shrnutí údajů o benefitech 3D tisku, vypracováno dle [30] [34] [35] [38] [40] [41]

BENEFITY	Svět		Česká republika	
	MakerBot (2020)	Sculpteo (2020)	EY (2017)	3Dwiser (2021)
Snížení výrobních nákladů	38 %	30 %	49 %	41 %
Malosériová výroba (customizace)	68 %	41 %	46 % (38 %)	65 %
Výroba komplexních dílů	57 %	69 %	Neuvádí	56 %
Úspora času	Neuvádí	40 %	Neuvádí	49 %
Zvýšení efektivity výroby	26 %	Neuvádí	24 %	Neuvádí

Z Tab. 4 je patrné, že údaje prezentované ve studiích zaměřujících se na ČR jsou pozitivnější (tj. uvádí, že 3D tisk je u nás pro sledované účely používán ve větší míře). Zároveň z ní vyplývá, že 3D tisk je u nás používán přibližně stejně často k prototypování a pro výrobu pomocných přípravků, nástrojů a náhradních dílů, to však neplatí pro celý svět, jelikož z ostatních studií vychází, že prototypování je stále nejčastějším využitím 3D tisku.

Z Tab. 5 vyplývá, že v ČR jsou nedostatečné know-how a technologické překážky vnímány jako větší bariéry než potřeba vysoké investice a vysoké provozní náklady. Údaje uvedené v Tab. 6 se pro sledované studie liší jen poměrně málo, lze však pozorovat rozdíl ve vnímání benefitu customizace mezi průzkumy v ČR z roku 2017 (EY) a 2021 (3Dwiser).

1.9 Předpoklad budoucího vývoje technologie a trhu

Dá se předpokládat, že s postupem času bude docházet k eliminaci bariér, které aktuálně stojí v cestě širší difuzi technologie 3D tisku, a to zejména těch zmíněných v kapitole 1.5.3. Jakmile totiž bude okolo aditivní výroby vystavěna dostatečná infrastruktura obsahující vzdělávání, softwarovou podporu i legislativní rámec, pro výrobní firmy se implementace 3D tisku do výrobního procesu stane jednodušší.

Podle již zmíněného průzkumu společnosti MakerBot velká část dotazovaných očekává minimalizaci aktuálně existujících překážek v nejbližších třech až pěti letech. Pro příklad, 91 % respondentů očekává větší nabídku materiálů, 58 % snížení nákladů a 49 % předpokládá, že 3D tisk bude hrát významnější roli v dodavatelském řetězci. Dle společnosti Inkwood globální trh 3D tisku poroste v letech 2019 – 2027 přibližně o 17 % ročně, v roce 2027 by tak měl dosáhnout

celkové hodnoty přes 44 mld. \$²⁰. Podle společnosti Hubs dokonce můžeme očekávat průměrný růst 24 % v nadcházejících 5 letech²¹. [30] [23] [44]

Dle průzkumu společnosti Jabil se například četnost využití 3D tisku pro produkci pomocných přípravků a nástrojů zvýšila z 30 % v roce 2017 na 37 % v roce 2019 a následně na 57 % v roce 2021. Z těchto údajů je jasně vidět, že technologie už není pouze výsadou prototypování, nýbrž přispívá také výrobě koncových produktů. [45]

3D tisk navíc velice dobře zapadá do konceptu Průmyslu 4.0 a zdá se být vhodnou technologií pro aplikaci myšlenky tzv. *Coproduction*. Tento termín označuje stav, kdy je stroj připojen k internetu a tiskové úlohy jsou zadávány vzdáleně. Dochází tak k přesunu výroby blíže k zákazníkům, a to za pomoci vytvoření produkční sítě navzájem propojených tiskáren. [21]

2 Postupy, metody a nástroje pro získávání a vyhodnocení dat

Vědecká práce se obecně skládá ze čtyř po sobě jdoucích kroků, a sice z:

- definice výzkumných otázek, na které aplikací vědeckých metod hledáme odpovědi,
- definice hypotéz, které odráží výzkumníkem předpokládané odpovědi na výzkumné otázky,
- aplikace vědeckých metod k potvrzení či vyvrácení definovaných hypotéz a
- zobecnění získaných poznatků. [46]

V této kapitole bude postupně popsána metodika definice výzkumné otázky, definice hypotéz a pojmy související s vědeckými metodami. Jedná se o pojmy:

- data a informace,
- typ poznávacího cíle,
- sběr dat a
- analýza dat. [47]

2.1 Výzkumné otázky a hypotézy

Výzkumné otázky je vždy nutné definovat tak, aby jejich zodpovězení vedlo k naplnění cíle výzkumu. Velice často se jedná o otázky typu „Co?“, „Proč?“ nebo „Jak?“, většinou přesně v tomto pořadí. Výzkumná otázka musí být jednoznačná a je vhodné již při její definici myslet také na návazný krok, kterým je definice hypotéz. [46] [47]

²⁰ Odhad z doby před pandemií covidu-19.

²¹ Odhad z doby před pandemií covidu-19.

Hypotéza vychází z poznání výzkumníka – z jeho zkušeností, vzdělání atd. Po definici výzkumné otázky máme představu o možné odpovědi a zároveň dle známých informací určitou odpověď předpokládáme. Tato možná odpověď je právě hypotézou, kterou pomocí výzkumu ověřujeme. Definovaná hypotéza musí být:

- stručně, jednoduše a logicky formulovaná,
- ověřitelná a
- zbavena soudů či osobních preferencí. [46]

2.2 Data a informace

K potvrzení či vyvrácení definovaných hypotéz je nutné získat nové informace, které výzkumník do chvíle realizace výzkumu neměl k dispozici. Je však nutné rozlišovat pojmy data a informace. Data označují jakékoli záznamy čísel, slov, zvuků atd., které jsou v průběhu výzkumu získány. V případě dotazníkového šetření se jedná o záznamy odpovědí respondentů na uvedené otázky. Informace jsou naproti tomu již interpretací zaznamenaných dat, a proto vznikají po jejich analýze. Informace jsou pak hlavním výstupem výzkumu, jelikož umožní potvrzení či vyvrácení hypotéz. [46] [47]

Data se dále dělí podle několika kritérií, a to na:

- tvrdá a měkká,
- kvalitativní a kvantitativní,
- interní a externí či
- primární a sekundární. [47]

Pokud je data možné přímo měřit, jedná se o tvrdá data. K jejich sběru často dochází automaticky a jsou považována za přesná a spolehlivá, bez možnosti subjektivního ovlivnění. Měkká data jsou většinou výsledkem dotazování či sledování vzorku populace²² a, jelikož mohou být ovlivněna subjektivními názory, není je možné považovat za naprosto přesná. [47]

Kvalitativní výzkum generující kvalitativní typ dat se zaměřuje na hledání motivů a příčin, často se proto snaží získat odpověď na otázku „proč“. Kvantitativní výzkum často hledá odpověď na otázku „kolik“, jeho cílem je tak zjistit, kolik jednotek se chová nějakým způsobem, má nějaký názor atd. Tato data je následně možné statisticky vyhodnotit. [46] [47]

Interní data vznikají uvnitř entity, například firmy realizující výzkum. Externí data jsou pak generována výzkumem samotným a vznikají při zkoumání prostředí mimo firmu. Primární data

²² Populace ve statistice označuje celý základní soubor, tj. všechny prvky, které v rámci výzkumu zkoumáme. V případě této práce to mohou být například všechny strojírenské firmy. Velice často však výzkum probíhá pouze na části populace, tedy na tzv. vzorku či výběru. [75]

jsou obecně ta, která vznikla až díky realizaci výzkumu. Sekundární data však výzkumník zná, nebo může znát, ještě před zahájením šetření, proto je vhodné je nalézt, analyzovat a získat z nich informace, které přispějí k definici relevantní výzkumné otázky a hypotéz. Sekundární data jsou i všechna data dostupná na internetu, v knihách či ta, která vzešla z dříve realizovaného výzkumu. [47]

2.3 Typ poznávacího cíle

Existují tři typy poznávacích cílů, které je možné chápat také jako míru či hloubku porozumění dané problematice. Jedná se o:

- explorativní,
- deskriptivní a
- korelační či kauzální výzkum. [47]

Explorativní výzkum slouží k poznání dané problematiky, a proto může být využit k formulaci hypotéz. Často se využívá výzkumu sekundárních dat nebo rozhovoru s experty. Cílem deskriptivního výzkumu je pak známé jevy či charakteristiky popsat nebo kvantifikovat. Kauzální a korelační výzkum hledá vztahy mezi jednotlivými proměnnými. [47]

2.4 Sběr dat

Princip sběru dat závisí na tom, jaký typ výzkumu se výzkumník rozhodne realizovat – kvalitativní či kvantitativní. Jelikož obsahem praktické části bude dotazníkové šetření, které patří mezi kvantitativní výzkum, oblasti kvalitativního výzkumu se nebudu dále věnovat.

Jak již bylo uvedeno v kapitole 2.2, kvantitativní výzkum se zpravidla snaží nalézt odpověď na otázku „kolik“. Cílem je zjistit, s jakou četností se sledovaný jev v populaci objevuje. Kvantitativní data je možné získat pozorováním, experimentem nebo dotazováním. [47]

Výzkum může být jak jednorázový, tak kontinuální. V této práci se bude jednat o jednorázový výzkum, jelikož není plánováno, že by se stejný dotazník posílal v budoucnu znovu. V případě, že výzkum probíhá na celé populaci, hovoříme o úplném šetření. Častější však je, že probíhá tzv. výběrové šetření, které je realizováno na vybraných subjektech populace, na tzv. výběrovém souboru. Pokud je výběrový soubor zvolen správně, je možné výsledky šetření extrapolovat na celou populaci, avšak vždy je nutné počítat s určitou mírou nejistoty, tedy s chybou. [47]

Respondenty do výběrového souboru je možné vybrat několika základními způsoby, a sice:

- prostým náhodným výběrem,
- kvótním výběrem,

- systematickým výběrem,
- stratifikovaným výběrem a
- případně dalšími méně častými metodami (např. metodou sněhové koule nebo úsudkovým výběrem). [47]

Prostý náhodný výběr je z pohledu statistiky ideální volbou, jelikož představuje pouze zmenšeninu populace, protože prvky výběrového souboru jsou vybírány náhodně bez možnosti subjektivního ovlivnění. Omezující podmínkou je fakt, že k využití prostého náhodného výběru je nutné mít k dispozici seznam celé populace, což velmi často není možné. [47]

Při kvótním výběru vybíráme respondenty tak, aby byly jednotlivé kvótní znaky zastoupeny v předem definovaném poměru. Kvótní znaky reprezentují vlastnost člena populace, podle které je možné jej zařadit do určité kategorie. Může se jednat například o pohlaví, věk, vzdělání atd. Jak kvótní znaky, tak jejich zastoupení ve výběrovém souboru, určuje výzkumník. V tomto případě již není nutné mít k dispozici celou populaci. [47]

Pokud nemáme informace o velikosti populace ani o jejím složení, často se využívá systematický výběr. Nejdříve se náhodně zvolí první člen, následně se každý další zvolí podle předem definovaného klíče (např. každý desátý člen). Stratifikovaný výběr je vhodný v případě, kdy je nutné rozdělit respondenty do několika skupin, které se však nijak neprolínají. Tyto skupiny se nazývají strata. Výběr konkrétních respondentů probíhá jednou z výše popsaných metod. [47]

Metoda sněhové koule označuje situaci, kdy je každý další člen osloven na základě doporučení předchozího respondenta. Při úsudkovém výběru o složení vzorku respondentů rozhoduje výzkumník, tudíž se jedná o subjektivně ovlivněný přístup. Posledním typem je oslovení panelu respondentů, kdy panel označuje množinu subjektů, na které má výzkumník kontakt. [47]

Při tvorbě samotného dotazníku je vhodné postupovat podle určitých pravidel, kdy cílem každého pravidla je zejména zvýšit úspěšnost šetření, tedy zvýšit počet vyplněných dotazníků. Dotazník by neměl být přehnaně dlouhý, měl by obsahovat jasně definované otázky. Je vhodné jej rozdělit na úvod, kde bude respondent osloven a bude mu v krátkosti popsán účel dotazování, samotnou dotazníkovou část a závěr s poděkováním případně dalšími informacemi. [47]

Otázky mohou mít několik podob, kdy základní dělení je na otevřené a uzavřené otázky. Při kvantitativním výzkumu je snaha využívat uzavřené otázky, které je možné následně statisticky vyhodnocovat. Pro každou uzavřenou otázku je nutné definovat odpovědi, ze kterých může respondent vybírat. K tomuto účelu je možné využít škálu, výběr z variant, polootevřenou otázku, kde má respondent možnost volby odpovědi „jiné“ nebo jiný typ (např. sémantický diferenciál či řazení podle důležitosti). [47]

Sběr dat lze realizovat v zásadě dvěma způsoby – manuálně a automaticky. V současné době je nejčastějším způsobem tvorby dotazníku a jeho následné distribuce a sběru dat využití některých z online nástrojů. Tyto nástroje umožňují vytvořit dotazník v naprogramované šabloně, a to velice rychle, jednoduše a poměrně levně²³. Distribuce následně probíhá odesláním zvacího odkazu respondentům, kteří se po kliknutí na něj ihned dostávají k vyplnění dotazníku. Příklady takových online nástrojů jsou Survio, Google Forms, Survey Monkey a nespočet dalších.

2.5 Statistická analýza dat

Pro analýzu dat je možné využít základní metody, které data popisují či vizualizují, ale také pokročilejší statistické metody (např. korelační analýzu nebo test závislosti kategoriálních proměnných). Oba typy metod jsou v této kapitole blíže popsány, jelikož budou využity v praktické části.

2.5.1 Základní metody analýzy dat

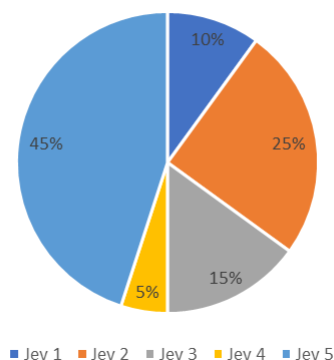
Proces vyhodnocení dat se liší u kvalitativního a kvantitativního typu proměnných. Proměnné kvalitativního typu lze rozdělit na nominální, kde respondent vybírá z rovnocenných variant, ordinální, kde je možné varianty seřadit, a dichotomickou, kde má respondent na výběr pouze ze dvou možností. Kvalitativní proměnné nelze přesně měřit, je však možné vyhodnocovat například míru zastoupení v jednotlivých kategoriích. [46] [47] [48] [49]

U kvantitativních proměnných je již možné určit, o kolik se od sebe jednotlivé varianty liší. Proměnné mohou mít podobu intervalů, nebo poměrů. Navíc je možné je rozdělit podle hodnot, kterých mohou nabývat, a to na diskrétní a spojitě.

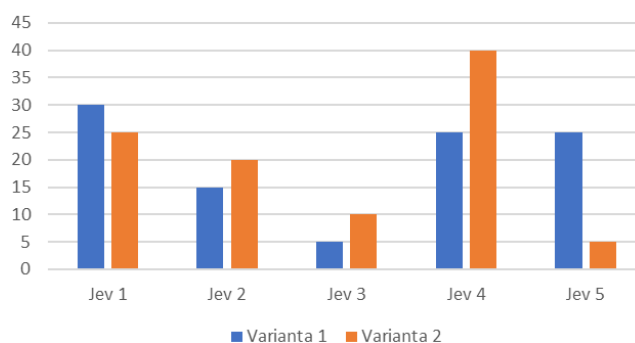
U nominální proměnné k vyhodnocení nejčastěji používáme četnost, která se dále dělí na absolutní a relativní. Absolutní četnost udává množství členů, kteří vybrali danou odpověď, relativní pak jejich procentuální zastoupení vůči výběrovému souboru. U nominálních proměnných je možné určit také modus, který odpovídá proměnné s největší četností. Výsledky, respektive četnosti jednotlivých odpovědí, lze vizualizovat, nejčastěji se používá sloupcový, sloupcový skládaný nebo koláčový graf (viz ukázky zmíněných variant grafů na Obr. 14). [46] [47]

²³ Většina online nástrojů pro tvorbu dotazníků nabízí několik stupňů předplatného, které se od sebe liší dostupností funkcionalit. Běžně je k dispozici také verze zdarma, která může být pro určité využití dostatečná.

Koláčový graf - graf relativní četnosti jevů



Sloupcový graf - graf absolutních četností jevů pro sledované varianty



Obr. 14 Příklad podoby koláčového grafu (vlevo) a sloupcového grafu (vpravo), vlastní tvorba

U ordinální proměnné je možné využít všechny charakteristiky vhodné pro nominální proměnnou. Díky možnosti uspořádat proměnné lze definovat také kumulativní četnosti. Kumulativní četnost vznikne postupným načítáním četností jednotlivých proměnných seřazených dle stanoveného klíče, v případě relativní četnosti se tak po načtení všech proměnných dostáváme na 100 %. [46] [47]

U kvantitativních proměnných lze využít všechny dosud zmíněné charakteristiky, díky jejich povaze je však možné určit ještě aritmetický průměr, medián, kvantil, rozptyl a směrodatnou odchylku a další statistické charakteristiky. Z grafických charakteristik se využívá histogram, který vyjadřuje četnost proměnné v určitých intervalech, nebo krabicový diagram, který vizualizuje hodnotu mediánu, kvartilů a extrémů. [46] [47]

Analýzu získaných dat je možné v současné době realizovat jak svépomocí, tak s využitím řady nástrojů či programů. Při vlastní analýze je nutné data kódovat tak, aby bylo možné je následně vyhodnotit ve vhodném programu. Kódování obsahuje zejména tyto kroky:

- tvorbu názvů jednotlivých proměnných,
- přiřazení kódů jednotlivým odpovědím a
- vytvoření kódu pro případ, že respondent na danou otázku neodpověděl. [46]

Velice časté je však využití dostupných nástrojů, které analýzu dat značně usnadní. Nástroje automaticky nabídnou výzkumníkovi výstupy v podobě, ve které je možné přejít k interpretaci výsledků. Jedná se například o vynesení vhodných grafů. V těchto nástrojích probíhá kódování a analýza na pozadí a uživateli nástroje je doručen výstup ve formě reportu. Příklady těchto nástrojů jsou uvedeny na konci kap. 2.4. Z těchto nástrojů je však možné exportovat také surová data a analýzu si provést svépomocí, například v kancelářských programech balíčku MS Office – MS Excel či Power BI.

Dle typu výzkumu následně může dojít k aplikaci metod statistické analýzy, mezi které patří např. korelační analýza, test závislosti kategoriálních proměnných, testování hypotéz, analýza rozptylu či regresní analýza. [40]

2.5.2 Korelační analýza

Korelační analýza slouží k hledání vazeb mezi dvěma znaky a jejím základním výstupem je korelační koeficient, který určuje, jak silná je mezi sledovanými prvky vazba. Korelační koeficient může nabývat hodnot od -1 do +1, v případě, že je korelační koeficient roven 0, mezi znaky neexistuje žádná závislost. Kladné hodnoty koeficientu značí pozitivní závislost (tj. při zvýšení hodnoty znaku A se zvýší hodnota znaku B), při záporné je tomu naopak. Hodnota 1 (resp. -1) značí dokonalou závislost. [46] [47] [48] [49]

Sílu závislosti dle hodnoty korelačního koeficientu lze rozdělit na několik skupin, a sice na:

- velice slabou (do hodnoty 0,19),
- slabou (0,2 – 0,39),
- středně silnou (0,4 – 0,59),
- silnou (0,6 – 0,79) a
- velice silnou (0,8 – 1). [50]

Mimo výpočtu korelačního koeficientu je možné využít T-testu k určení významnosti vypočítaného koeficientu. Stěžejním výstupem testu je p-hodnota, která vyjadřuje, s jakou pravděpodobností se pozorovaná korelace mezi vybranými prvky souboru objevila pouze náhodou. Pokud je p-hodnota nižší než úroveň významnosti α (většinou se volí $\alpha = 5\%$), je možné zamítnout nulovou hypotézu, která říká, že mezi sledovanými znaky není žádná vazba. [47] [49] [48] [51]

Výpočet všech charakteristik je možné provést jak ručně (s využitím tabulek), tak ve statistickém SW. Dostatečný může být také MS Excel, který bude využit v praktické části práce. Pro výpočet korelačního koeficientu v Excelu slouží funkce CORREL. K výpočtu p-hodnoty je nutné nejdříve určit či spočítat počet prvků, hodnotu T-testu a počet stupňů volnosti. Tyto hodnoty jsou vstupy pro funkci T.DIST, která vrátí p-hodnotu pro sledovaný soubor dat. [47] [49] [48] [51]

2.5.3 Test závislosti kategoriálních proměnných

Při testu závislosti zjišťujeme, zda hodnoty znaku závisí na kategorii, pomocí které je možné data filtrovat (tj. například zda názor závisí na tom, jestli byl respondentem muž, nebo žena). V tomto případě tedy porovnáme skutečně pozorované četnosti znaků pro definované kategorie (vždy

srovnání dvou kategorií) s očekávanými četnostmi znaků. Četnosti znaků jsou vyneseny v kontingenční tabulce. [47] [49] [48]

K ověření závislosti se využívá X^2 test („chí kvadrát“ test), jehož výstupem je opět p-hodnota, kterou porovnááme s hladinou významnosti. Stejně jako v případě T-testu platí, že, je-li p-hodnota menší než hladina významnosti α , zamítáme nulovou hypotézu. Nulová hypotéza říká, že hodnota znaku nezávisí na volbě kategorie. [47] [49] [48]

Opět je možné p-hodnotu počítat manuálně (s využitím tabulek) či použít statistický SW, případně Excel. V Excelu existuje funkce CHISQ.TEST, která po zadání pozorovaných a očekávaných četností z kontingenční tabulky rovnou vrátí p-hodnotu. [49]

Praktická část

Hlavními cíli praktické části, jak již bylo zmíněno v úvodu práce, jsou:

- (I) zmapovat a zanalyzovat situaci na českém trhu plastového 3D tisku,
- (II) popsat využívání plastového 3D tisku ve výrobních podnicích v České republice,
- (III) identifikovat překážky a problémy, které brání zavedení a využívání plastového 3D tisku ve výrobních podnicích na českém trhu, a
- (IV) navrhnout konkrétní kroky, jak přispět k lepší implementaci a adopci plastového 3D tisku v českém průmyslu.

Za účelem splnění cíle (I) bude provedeno mapování trhu plastového 3D tisku. V něm budou definováni klíčoví hráči, a to jak na straně nabídky (tj. výrobci, prodejci atd.), tak na straně poptávky (tj. zákazníci a uživatelé). Získané informace budou následně vyhodnoceny. Teoretický základ pro mapování tvoří informace prezentované v kapitole 1.6.

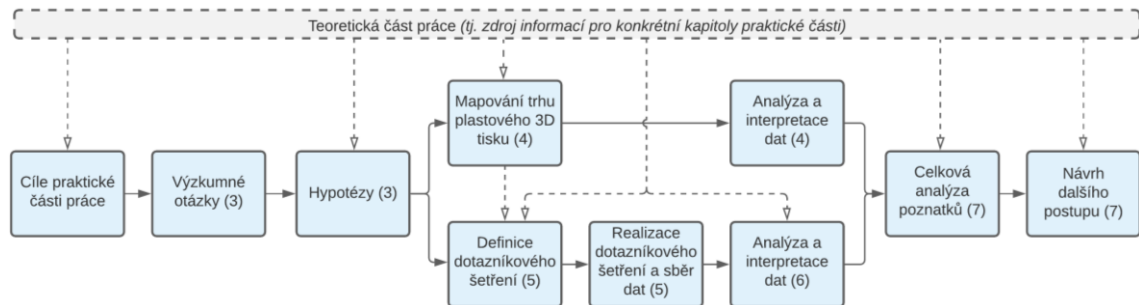
Pro splnění cílů (II) a (III) bude realizováno dotazníkové šetření zaměřené na konkrétní aspekty použití plastového 3D tisku. Respondenty budou tvořit primárně uživatelé 3D tisku, a to zejména z řad průmyslových podniků. Velký důraz bude při vyhodnocování dotazníkového šetření kladen na hledání vazeb a korelací v odpovědích napříč celým dotazníkem. Dílčím vstupem pro tvorbu dotazníku a následnou interpretaci výsledků (tj. porovnání výsledků s existujícími průzkumy atd.) jsou informace prezentované v kapitolách 1.7, 1.8 a 1.9.

Z pohledu typů poznávacího cíle, jak je popsáno v kapitole 2.3, se v případě mapování jedná o kombinaci explorativního výzkumu (tj. dochází ke zkoumání situace na trhu a pochopení vztahu mezi jednotlivými subjekty) a deskriptivního výzkumu (tj. subjekty jsou blíže popsány). Dotazníkové šetření pak kombinuje deskriptivní výzkum (tj. popisuje a kvantifikuje názory respondentů na danou problematiku) a korelační či kauzální výzkum (tj. snahou je nalézt vztahy či závislosti mezi jednotlivými odpověďmi).

Splnění cílů (I), (II) a (III) poskytne ucelený pohled na používání technologie plastového 3D tisku v českém průmyslu. Po analýze těchto výstupů (tj. jak izolovaně, tak v širším kontextu s využitím vhodných statistických metod) bude možné navrhnout konkrétní kroky, jak přispět k lepší implementaci a adopci plastového 3D tisku v českém průmyslu, čímž dojde ke splnění cíle (IV).

Možným výstupem práce je také návrh témat dalšího výzkumu, který by bylo možné realizovat za účelem zpřesnění získaných informací či ověření pozorovaných jevů a korelací. Jelikož je praktická část zaměřena na primární či sekundární výzkum, budou v jejím úvodu definovány výzkumné otázky, které reagují na cíle práce, a hypotézy.

Pro lepší orientaci v jednotlivých kapitolách praktické části a její provázanosti s částí teoretickou je vytvořen diagram prezentovaný na Obr. 15, který znázorňuje návaznosti jednotlivých kapitol diplomové práce. Čárkovaně jsou znázorněny vazby na teoretickou část, která je zdrojem vstupních informací pro konkrétní kapitolu praktické části. Čísla v závorkách odkazují na číslo kapitoly, ve které je daná problematika řešena.



Obr. 15 Diagram postupu řešení praktické části, vlastní tvorba

V některých kapitolách praktické části není možné se vyhnout subjektivnímu pohledu na zkoumanou problematiku, a to například při tvorbě dotazníkového šetření nebo interpretaci získaných dat. Můj názor je ovlivněn zejména tím, že se s plastovým 3D tiskem pravidelně setkávám v rámci mé práce ve ŠKODA AUTO. Zde přicházím do kontaktu jak s konkrétními uživateli 3D tisku, tak s prodejci či distributory 3D tiskáren plastů. Mimo to znám pohled řady hobby uživatelů 3D tisku, ale také zástupců z akademické sféry.

3 Definice výzkumných otázek a hypotéz

Pro splnění cílů praktické části (I) až (IV) jsou definovány níže uvedené výzkumné otázky.

- (1) Jaké konkrétní subjekty (tj. zákazníci, prodejci, výrobci atd.) působí na českém trhu plastového 3D tisku?
- (2) Jaké 3D tiskárny plastů jsou na českém trhu nabízeny?
- (3) Je nabídka 3D tiskáren plastů na českém trhu dostatečně široká?
- (4) K jakým účelům je plastový 3D tisk ve výrobních podnicích na českém trhu využíván?
- (5) Jaké překážky brání širší implementaci plastového 3D tisku do výrobního procesu podniků v ČR?
- (6) Jaká skupina zaměstnanců se nejlépe adaptuje na využívání technologie plastového 3D tisku?
- (7) Je vzdělávání v oblasti 3D tisku důležitým aspektem podporujícím míru jeho využívání ve výrobních podnicích?

Výzkumné otázky (1), (2) a (3) bude možné zodpovědět po realizaci mapování trhu. Otázky (4) až (7) bude potom možné zodpovědět na základě dotazníkového šetření, které je stěžejním bodem praktické části. Pro potřeby dotazníkového šetření jsou pro výzkumné otázky (4) až (7) stanoveny hypotézy (a) až (d) uvedené níže. Hypotézy reflektují očekávaný stav či

předpokládanou odpověď na výzkumnou otázku a přímo vycházejí z informací prezentovaných v teoretické části práce.

- (a) Plastový 3D tisk se v současnosti ve výrobních podnicích využívá nejčastěji pro prototypování.
- (b) Vysoká cena průmyslových 3D tiskáren plastů je významnou překážkou v implementaci plastového 3D tisku ve výrobních podnicích.
- (c) Konstrukteři jsou významnými early adopters technologie plastového 3D tisku ve výrobních podnicích.
- (d) Vzdělávání zaměstnanců v oblasti plastového 3D tisku významně ovlivňuje míru jeho využití v podniku.

4 Mapování a analýza českého trhu plastového 3D tisku

Cílem této kapitoly je zmapovat český trh plastového 3D tisku. Informace získané z mapování umožní splnění cíle (I), budou jedním ze vstupů pro definici dotazníkové šetření a pomohou ke splnění cíle (IV). Zároveň bude na základě získaných informací snahou odpovědět na výzkumné otázky (1) až (3).

V jednotlivých podkapitolách jsou postupně charakterizováni klíčoví hráči, kteří ovlivňují využívání technologie u nás. Jsou jimi:

- zákazníci a koncoví uživatelé plastového 3D tisku,
- distributoři a prodejci 3D tiskáren a potřebných materiálů,
- výrobci 3D tiskáren plastů a
- výrobci materiálů pro plastový 3D tisk.

Jelikož důležitým aspektem pro efektivní využití technologie je také správná volba a způsob použití dostupných CAD SW, jak bylo zmíněno v kapitole 1.5.3, do mapování bude zahrnuta také podkapitola týkající se této problematiky.

Trh plastového 3D tisku, respektive dodavatelsko-odběratelský řetězec, je graficky znázorněn na Obr. 8 v kapitole 1.6. Z něj jsou patrné vztahy mezi hlavními aktéry trhu a možné distribuční kanály.

Při mapování subjektů bude ve vhodných případech využito srovnání formou tabulky v definovaných parametrech. Ostatní aktéři budou v podkapitolách popsáni formou volného textu. Veškerá data uvedená v kapitole jsou získána z volně dostupných zdrojů, a to zejména z internetových stránek, proto se z hlediska metod a technik výzkumné práce jedná o sekundární výzkum. Odkazy na webové stránky analyzovaných subjektů obsahuje Příloha 1.

4.1 Mapování a analýza zákazníků a uživatelů

Primární skupinou na každém trhu jsou zákazníci, kteří výrobky nabízené prodejci či výrobcí nakupují, a uživatelé, kteří tyto výrobky následně používají. V některých případech se samozřejmě může jednat o tu samou osobu, nicméně v průmyslové praxi jsou tyto subjekty vždy oddělené.

Zákazníky a uživatele lze rozdělit podle typu právního subjektu, a sice na fyzické a právnické osoby. V případě fyzických osob se může jednat o osoby nepodnikající a podnikající. Podnikat je možné jako fyzická osoba na základě splnění podmínek pro získání živnostenského listu, pro takové osoby se používá název „osoba samostatně výdělečně činná“, neboli zkráceně OSVČ. Nepodnikající fyzické osoby (tj. běžní obyvatelé) jsou v práci nazývány „hobby uživateli“, jelikož využívají technologii pro svou vlastní potřebu. [52] [53]

Právnickými osobami jsou podniky, které je možné dělit dle jejich velikosti nebo dle odvětví, ve kterém působí. S ohledem na velikost podniku rozlišujeme tři skupiny, a sice:

- mikropodniky a malé podniky (podniky do 50 zaměstnanců, resp. do ročního obrátu 10 mil. €),
- střední podniky (podniky do 250 zaměstnanců, resp. do ročního obrátu 50 mil. €) a
- velké podniky. [54] [55]

Velice často dochází ke sloučení první a druhé skupiny pod souhrnným názvem malé a střední podniky (zkráceně MSP), pro které se používá také anglické označení SMEs vycházející z názvu *Small and medium-sized enterprises*.

Pro stanovení odvětví slouží nejčastěji rozdělení dle klasifikace CZ-NACE. Ta definuje 21 skupin (např. zemědělství, těžba, zpracovatelský průmysl atd.), jež jsou dále rozděleny na dílčí kategorie, kterých je celkem 99. [56]

Je však velice obtížné vybrat ty kategorie v rámci CZ-NACE, ve kterých se plastový 3D tisk využívá.

Dle dat ČSÚ se 3D tisk u nás využívá zejména v těchto odvětvích:

- 15: Výroba usní a souvisejících výrobků
- 23: Výroba ostatních nekovových minerálních výrobků
- 26: Výroba počítačů, elektronických a optických přístrojů a zařízení
- 29: Výroba motorových vozidel (kromě motocyklů), přívěsů a návěsů
- 30: Výroba ostatních dopravních prostředků a zařízení
- 32: Ostatní zpracovatelský průmysl
- 72: Výzkum a vývoj
- 75: Veterinární činnosti [40] [56]

Podle mého názoru jej však mohou využívat také průmyslové podniky patřící do odvětví:

- 24: Výroba základních kovů, hutní zpracování kovů; slévárenství
- 27: Výroba elektrických zařízení
- 28: Výroba strojů a zařízení j. n. [56]

Výše uvedené kategorie s výjimkou 72 a 75 patří do skupiny C: Zpracovatelský průmysl. Jelikož se práce zaměřuje právě na průmyslové podniky, pro další popis typů zákazníků nebudou podniky podrobněji děleny dle konkrétních odvětví. Toto dělení však bude využito při realizaci vlastního dotazníkového šetření později v praktické části.

Pro mapování trhu jsou proto definovány následující skupiny zákazníků či uživatelů:

- nepodnikající soukromé osoby (hobby uživatelé),
- podnikající soukromé osoby (OSVČ),
- malé výrobní podniky,
- střední výrobní podniky a
- velké výrobní podniky.

Každá skupina bude v následujících podkapitolách charakterizována, a to na základě objektivních i subjektivních parametrů. Mezi objektivní parametry spadají zejména:

- velikost skupiny či další podobné informace (pokud jsou pro segment k dispozici) nebo
- informace o tom, zda se jedná o zákazníky, uživatele nebo o zákazníky a uživatele zároveň.

Mezi subjektivní parametry, které se opírají o informace prezentované v teoretické části, patří:

- určení, kdo v rámci subjektu může iniciovat zavedení 3D tisku do výrobních procesů (jedná-li se o podnik),
- další dělení uživatelů v rámci kategorie (pokud je subjekt pouze zákazníkem),
- popis ovlivnění trhu subjektem,
- definice kategorií 3D tiskáren plastů, které pravděpodobně daný subjekt využívá,
- definice kategorií materiálů pro plastový 3D tisk, které pravděpodobně daný subjekt využívá,
- popis informačních kanálů, kterými je možné subjekt oslovit,
- výčet služeb, které pravděpodobně subjekt vyžaduje, a
- popis předpokládaného využití plastového 3D tisku subjektem.

4.1.1 Nepodnikající soukromé osoby (hobby uživatelé)

Informace o segmentu hobby uživatelů jsou shrnuty níže pro jednotlivé definované oblasti.

Velikost segmentu: Z dostupných informací bohužel není možné říct, jak velký je v České republice segment hobby uživatelů 3D tisku. Pro hrubou představu je však možné vycházet z povahy Čechů, o kterých se velice často říká, že jsou „národem kutilů“. Právě domácí kutil či

naděšenec do nových technologií bude s největší pravděpodobností hobby uživatelem 3D tiskáren plastů. Pro další postup je proto možné předpokládat, že hobby uživatelů je v České republice poměrně velké množství. [57]

Typ subjektu: Subjekty segmentu hobby jsou zároveň zákazníci i uživateli. Kupují si totiž tiskárny sami a pro svou vlastní potřebu.

Popis ovlivnění trhu subjektem: Dle mého názoru trh ovlivňují velice silně, protože mohou zasahovat i do jiných kategorií zákazníků, a to do podniků jako uživatelé technologie. Více k této problematice bude uvedeno v kapitolách 4.1.3 a 4.1.4 týkajících se využívání technologie ve výrobních podnicích.

Kategorie 3D tiskáren plastů, které subjekt pravděpodobně využívá: Jelikož hobby uživatelé využívají 3D tisk k vlastní potřebě a spíše jako zálibu či koníček, dá se předpokládat, že preferují levnější modely tiskáren. S ohledem na teoretickou část (viz Tab. 1 v kapitole 1.1.6) je možné říct, že nejčastěji využívaným typem technologie bude MEX následovaná technologií VPP.

Kategorie materiálů pro plastový 3D tisk, které subjekt pravděpodobně využívá: V případě materiálů bude kromě ceny hrát roli také obtížnost tisku. Dá se předpokládat, že hobby uživatelé budou upřednostňovat klasické materiály, ze kterých se tiskne pohodlněji, a to také s ohledem na požadované vlastnosti vytištěných dílů.²⁴

Popis informačních kanálů, kterými je možné subjekt oslovit: Hobby uživatele je vhodné oslovovat jako masu B2C zákazníků, z toho důvodu jsou vhodnými kanály například:

- Facebook, Instagram a jiné sociální sítě,
- specializované webové stránky a blogy nebo
- specializované magazíny a časopisy.

Hobby uživatele je možné oslovit také při veletrzích a podobných akcích. V tomto případě je subjekt přesněji zacílen, je však možné oslovit pouze omezené množství potenciálních zákazníků.

Výčet služeb, které subjekt pravděpodobně vyžaduje: Protože se ve většině případů nejedná o experty na danou technologii, stěžejními službami pro hobby uživatele bude existence srozumitelných návodů a podpůrných materiálů, zákaznická podpora ze strany výrobce či prodejce 3D tiskárny nebo existence silné komunity (např. formou internetového fóra).

²⁴ Velice zajímavou pomůckou pro výběr vhodného materiálu zejména pro hobby uživatele nabízí na svém blogu společnost Prusa Research. V přehledné tabulce srovnává nejoblíbenější druhy materiálů přes velké množství parametrů. Tabulka je dostupná na <https://help.prusa3d.com/cs/materials>

Popis předpokládaného využití plastového 3D tisku subjektem: Hobby uživatelé si vyrábějí zejména díly pro vlastní potřebu.

4.1.2 Podnikající soukromé osoby (OSVČ)

Informace o segmentu podnikatelů formou OSVČ jsou shrnuty níže pro jednotlivé definované oblasti.

Velikost segmentu: Dle dat České správy sociálního zabezpečení (ČSSZ) bylo v České republice k červnu 2021 přes 1 070 000 osob podnikajících formou OSVČ. Tomuto počtu osob dle dat Ministerstva průmyslu a obchodu (MPO) odpovídají téměř 4 mil. živností²⁵. MPO navíc uvádí počty živností jak po krajích, tak podle oborů. Obor, kde by bylo jisté, že živnostník využívá 3D tisk, však neexistuje. Dle mého názoru by ale 3D tiskárna mohla být využívána v oborech:

- obráběčství,
- zámečnictví a nástrojářství a
- slévárenství a modelářství.

Počet živností v těchto oborech je přes 115 000. Dále však bohužel není možné určit, jaká část 3D tisk opravdu využívá. Předpokládám však, že například v modelářství (celkem 1 300 živností) bude podíl 3D tiskáren značný. [58] [59]

Typ subjektu: Subjekty segmentu podnikatelů formou OSVČ jsou zároveň zákazníci i uživateli. Kupují si totiž tiskárny sami pro svou podnikatelskou činnost.

Popis ovlivnění trhu subjektem: V případě OSVČ je možné, že se při růstu podnikání rozhodne podnikatel změnit právní formu a stane se tak malým výrobním podnikem. Může mít však vliv také na podniky, jak tomu je v případě hobby uživatelů, jelikož svou živnost může vykonávat pouze jako vedlejší činnost při plnohodnotném zaměstnání (dle dat ČSSZ na vedlejší činnost podniká přes 40 % OSVČ). [58]

Kategorie 3D tiskáren plastů, které subjekt pravděpodobně využívá: Pokud byla OSVČ nejdříve hobby uživatelem, je pravděpodobné, že zpočátku používala levnější tiskárny, jak bylo popsáno v kapitole 4.1.1. S postupem času je možné, že se přesouvá k pokročilejším technologiím, a to jak v rámci technologií MEX a VPP, tak směrem k jiným typům. Pokud však zařadila 3D tisk do již fungujícího podnikání, je možné, že ihned volila pokročilejší tiskárnu. I přesto je však pravděpodobné, že podnikající osoba investuje spíše do levnějších průmyslových tiskáren.

²⁵ Čísla se různí, jelikož jedna osoba (OSVČ) může mít zřízeno více živností. Živnost se totiž vždy váže na konkrétní činnost.

Kategorie materiálů pro plastový 3D tisk, které subjekt pravděpodobně využívá: Kromě úplně běžných materiálů, které jsou oblíbeny hobby uživateli, se dá předpokládat, že podnikatel využívá také mírně pokročilejší materiály.

Popis informačních kanálů, kterými je možné subjekt oslovit: Subjekty je možné oslovit stejnými kanály jako hobby uživatele, případně přímým oslovováním, například formou e-mailových kampaní.

Výčet služeb, které subjekt pravděpodobně vyžaduje: OSVČ mohou nad rámec hobby uživatelů vyžadovat instalaci a ukázkou zařízení na místě nebo pokročilejší zákaznickou podporu.

Popis předpokládaného využití plastového 3D tisku subjektem: Předpokládá se, že OSVČ bude vyrábět díly na zakázku, může se tudíž jednat o jakýkoli typ od prototypů přes pomocné přípravky a nástroje až po součásti finálních dílů. Mimo to může využívat 3D tisk k výrobě vlastních produktů, které následně prodává koncovým zákazníkům.

4.1.3 Malé a střední výrobní podniky

Velikost segmentu: Dle dat ČSÚ bylo na konci roku 2020 v České republice přes 527 000 obchodních společností, kdy více jak 250 zaměstnanců má pouze 2 300 subjektů. Jelikož zbylé společnosti mají méně než 250 zaměstnanců, lze z těchto informací tvrdit, že počet MSP u nás je přibližně 525 000 subjektů. Z další statistiky vyplývá, že z celkového počtu téměř 3 mil. ekonomických subjektů v roce 2020 jich v průmyslu působí přes 355 000, což je přibližně 12 % z celkového počtu. [60] [61]

Dle uvedených dat se dá velice hrubě předpokládat, že v České republice je aktuálně okolo 63 000 MSP působících v průmyslu (tj. 12 % z 525 000 MSP).

Typ subjektu: Podniky jako právnické osoby jsou zákazníci, nikoli uživatelé.

Popis možných iniciátorů zavedení 3D tisku do výrobního procesu: Technologie 3D tisku se může do výrobního procesu společnosti dostávat buď tzv. shora, nebo zdola. Shora její zavedení prosazují majitelé podniku, management podniku, případně vedoucí pracovníci ve výrobě. Dá se říct, že tato cesta vede od zákazníků (těch, kteří za technologii platí nebo se podílejí na rozhodování o jejím pořízení) po uživatele v rámci podniku.

Druhá cesta je přesně opačná, a sice od jednotlivých uživatelů, kteří se snaží přesvědčit své nadřízené o výhodnosti a potřebě investice do technologie. Uživatelé spolu s přiřazením k jednotlivým využitím jsou uvedeni v Tab. 7 v následujícím bodě.

Popis uživatelů v rámci subjektu: Konkrétní skupina uživatelů závisí na plánovaném využití technologie v podniku, proto je možné následovat logiku způsobů využívání plastového 3D tisku tak, jak je prezentována v kapitole 1.3. Tabulka je však rozšířena o pole „Výzkum“ a využití pro „Výrobu nástrojů“ a „Výroba forem pro jiné technologie“ jsou odděleny. Dle této logiky jsou definováni uživatelé 3D tisku, kteří jsou přiřazeni k využitím formou tabulky (viz Tab. 7). V tabulce jsou pomocí „x“ znázorněny přímé vazby mezi uživateli a kategoriemi využití technologie, symbolem „?“ pak vazby, které podle mého názoru nemusí být vždy nutné, nicméně je možné, že uvedené skupiny uživatelů budou ovlivňovat dané využití. Tyto vazby nemusí být pouze přímé (tj. že uživatel používá 3D tiskárnu přímo k uvedenému účelu), nýbrž se může jednat o vazbu nepřímého charakteru (tj. že uživatel např. přichází do kontaktu s procesem, ve kterém je 3D tisk využíván). Například průmysloví inženýři se mohou s 3D tiskem potkat při analýze nebo návrhu výrobního procesu, nebo výrobky navržené za účasti pracovníků kvality mohou sloužit při kontrole finálních výrobků). Prázdná jsou pak ponechána pole, ve kterých existuje pouze malá nebo žádná vazba mezi uživatelem a využitím.

Tab. 7 Vztah mezi uživateli 3D tisku ve výrobních podnicích a využitím technologie v podniku, vlastní tvorba

Uživatelé Využití	Prům. inženýři	Technologové výroby	Produktoví designéři	Konstruktéři	Pracovníci údržby	Pracovníci kvality	Operátoři
Výzkum a vývoj		x	?	x			x
Prototypování	?	x	x	x			x
Výroba finálních produktů	x	x	x	x		?	x
Výroba nástrojů	x	x		x		?	x
Výroba forem pro jiné technologie	x	x		x		?	x
Výroba pomocných funkčních přípravků	x	x		x	x	?	x
Výroba kontrolních přípravků	x	x	?	x		x	x
Výroba náhradních dílů	x	x	?	x	x	?	x

Uživatele lze vnímat také ve vazbě na segmenty hobby a OSVČ, jelikož konkrétní pracovníci v rámci firmy mohou být zároveň zástupci těchto dvou segmentů. Mohou tedy 3D tisk nejen používat v práci a doma, ale v určitých případech navíc iniciovat jeho zavedení v zaměstnání. Toto je na základě mých zkušeností časté například na pracovištích údržby, kde hobby uživatelé 3D tisku vidí potenciál jeho využití také v práci.

Popis ovlivnění trhu subjektem: Výrobní podniky obecně velice významně ovlivňují trh, jelikož mají oproti fyzickým osobám nesrovnatelně vyšší kupní sílu. Navíc mohou ovlivňovat své zaměstnance, kteří se po zkušenostech s technologií z práce rozhodnou pořídit si 3D tiskárnu také domů, nebo začít podnikat.

Kategorie 3D tiskáren plastů, které subjekt pravděpodobně využívá: Ve výrobních podnicích mohou nalézt své využití všechny kategorie tiskáren, a to i co do pořizovací ceny. Nicméně pro dražší a pokročilejší stroje je nutné, aby byl podnik dostatečně vyspělý a aby byl schopný dosáhnout návratnosti investice (tj. aby měl dostatečné využití pro nákladné stroje). V případě menších výrobních podniků využívajících plastový 3D tisk se proto dá předpokládat, že nejčastěji využívají spíše MEX a VPP tiskárny.

Výjimku však určitě budou tvořit podniky, které jsou specializované na 3D tisk. Takové podniky se můžou věnovat jak zakázkové výrobě, tak malosériové výrobě tištěných dílů pro jiné výrobní podniky. V tom případě se dá očekávat, že disponují profesionálními a drahými stroji. Společnost specializovaná na 3D tisk totiž může na jednom drahém stroji obsluhovat zakázky od více zákazníků – výrobních společností různé velikosti, ale také fyzických osob.

Kategorie materiálů pro plastový 3D tisk, které subjekt pravděpodobně využívá: V případě materiálů je pravděpodobné, že podniky s postupným hlubším poznáním technologie budou mít snahu využívat také pokročilejší materiály. Omezující podmínkou zde však může být 3D tiskárna, kterou vlastní. Dá se předpokládat, že pokud podnik vlastní spíše levnější tiskárny, využívá spíše obyčejných materiálů. V případě, že využívá drahých strojů, s velkou pravděpodobností tiskne zejména z pokročilých materiálů.

Popis informačních kanálů, kterými je možné subjekt oslovit: Jakékoli podniky je vhodné oslovovat zejména prostřednictvím přímého oslovení, nebo na specializovaných akcích. Je zajisté možné využít také inzerce ve vhodných časopisech či magazínech.

Výčet služeb, které subjekt pravděpodobně vyžaduje: Mezi služby či výhody, které mohou podniky požadovat, patří:

- množstevní slevy,
- představení, instalace a zprovoznění tiskárny na místě,
- spolehlivý servis nebo
- poradenství.

U specializovaných společností se dá očekávat, že mají vysoké nároky zejména na kvalitu servisu, podpory a poradenství ze strany distributora, prodejce či výrobce.

Popis předpokládaného využití plastového 3D tisku subjektem: Předpokládané využití jsou již shrnuty v Tab. 7.

4.1.4 Velké výrobní podniky

Velikost segmentu: Dle dat prezentovaných v podkapitole 4.1.3 je patrné, že velkých podniků je v České republice 2 300. Jelikož je ekonomika České republiky velice výrazně orientována na průmysl, dá se předpokládat, že velká část z nich je podniky výrobními.

Další parametry: Velké výrobní podniky se od těch malých a středních mohou zásadněji lišit zejména v pokročilosti využívání technologie, z toho důvodu není tento segment blíže popsán. Větší pokročilost může být dána jednak množstvím a typy používaných 3D tiskáren jednak odborností personálu. Dá se předpokládat, že velké společnosti využívají profesionálnější tiskárny (tj. také jiné technologie než MEX a VPP) a speciální materiály. To však určitě neznamená, že ve nich není možné najít levný model hobby tiskárny, protože i ty jsou ve velkém procentu případů dostatečné. Dle mých zkušeností předpokládám, že zaměstnanci velkých společností mají k dispozici lepší systém firemního vzdělávání, proto mohou disponovat lepšími znalostmi v oblasti 3D tisku.

4.2 Mapování a analýza distributorů a prodejců 3D tiskáren plastů

Tato kapitola je zaměřena na mapování konkrétních distributorů a prodejců, kteří působí na českém trhu. Mapování je rozděleno na tři části, a to na:

- mapování distributorů a prodejců 3D tiskáren plastů, kteří se na 3D tisk zaměřují (Tab. 8),
- mapování společností prodávajících 3D tiskárny plastů vlastní výroby (Tab. 9) a
- mapování prodejců nabízejících 3D tiskárny plastů ve svém portfoliu, jejichž zaměření ale není primárně na prodej 3D tiskáren (Tab. 10).

4.2.1 Mapování prodejců 3D tiskáren plastů zaměřujících se na 3D tisk

V Tab. 8 jsou zmapováni distributoři a prodejci, kteří nabízejí 3D tiskárny plastů a pro něž jsou zároveň 3D tiskárny stěžejní částí nabídky. Uvedené společnosti jsou srovnány v následujících parametrech:

- velikost společnosti, resp. její tržby,
- sídlo společnosti a jejích poboček,
- existence e-shopu,
- koncept společnosti či další nabízené služby,
- typ zákazníků, na které cílí,
- výrobce 3D tiskáren plastů, jehož výrobky nabízí, a

- výrobce materiálů pro plastový 3D tisk, jehož výrobky nabízí.

Ve sloupci „Koncept / další služby“ je ve zkratce popsána podstata společnosti, tedy např. její zaměření, nabídka doplňkových služeb apod. Ve sloupci „Výrobci tiskáren“ jsou pak barevně rozlišeny jednotlivé značky 3D tiskáren v nabídce dle ceny, a to na tiskárny do 150 000 Kč (tj. hobby tiskárny označeny **zeleně**) a nad 150 000 Kč (tj. průmyslové tiskárny označeny **modře**). Přejedem od **zelené k modré** jsou označeni výrobci, kteří vyrábí 3D tiskárny z obou kategorií. Uvedené barevné rozlišení pomáhá snadnější orientaci v tom, na jaké zákazníky distributor svou nabídkou primárně cílí, a je využito napříč celým mapováním (tj. v tabulkách i grafech). Ve sloupci „Typ zákazníka“ je uvedeno, zda distributor prodává primárně podnikům (P) nebo hobby uživatelům (H).

Data prezentovaná v této kapitole jsou rovněž analyzována s využitím nástroje Power BI. V tomto programu byl vytvořen report, z něhož jsou v průběhu kapitoly využity některé vizualizace. Celý report obsahuje Příloha 2.

Tab. 8 Mapování distributorů a prodejců 3D tiskáren plastů na českém trhu, vlastní tvorba

Název spol.	Výše tržeb	Sídlo / pobočky ²⁶	E-shop	Koncept / další služby	Typ zák.	Výrobci tiskáren	Výrobci materiálů
3Dwiser	> 53 mil. Kč (2018)	Praha, Olomouc	ANO	<ul style="list-style-type: none"> - 3D skenování - poradenství - školení a workshopy - technická podpora a servis - zakázkový 3D tisk a skenování - konstrukční podpora (tvorba a optimalizace modelů, reverse engineering) - web radce3D.cz 	P	<ul style="list-style-type: none"> Craftbot Intamsys Ultimaker Formlabs Markforged BigRep MiniFactory EnvisionTEC 	<ul style="list-style-type: none"> 3DXTech AquaSys BASF DSM Fillamentum Kimya Kuraray Owens Corning Polymaker Ultimaker Formlabs
MCAE	> 220 mil. Kč (2019)	Kuřim, Mladá Boleslav, Dubnica nad Váhom (SR)	NE	<ul style="list-style-type: none"> - 3D měření a skenování - zakázkový kovový a plastový 3D tisk - reverse engineering - zakázkové obrábění a vakuové lití - konzultace optimalizace procesů - návrh a dodání robotických pracovišť - školení a semináře (3D tisk, 3D měření a CAD/CAM SW) - realizace vývoje produktů - servis a zaškolení - nabídka SW Materialise a CAD Tebis 	P	<ul style="list-style-type: none"> Stratasys Makerbot 	Stratasys

²⁶ V případě, kdy se sídlo nebo pobočka nachází v malé obci, je v tabulce vyplněno nejbližší větší město.

3Dees	> 44 mil. Kč (2019)	Praha	NE	- 3D tisk na zakázku (vč. 3D skenování a konstrukce) - financování, vyřizování dotací a leasing / pronájem zařízení - implementace SW (Materialise Magics, Polydevs3D) - nabídka zařízení pro post-processing	P	HP Voxeljet UnionTech	HP Voxeljet UnionTech
Sharplayers	*	Praha	ANO	- zakázková výroba 3D tiskem - tvorba prototypů, přípravků - malosériová výroba - CNC obrábění - 3D modelování - prodej vybavení pro hobby 3D tisk	H	Prusa Research Blocks Nova3D	Harz Labs Sharplayers Aurapol Ensinger Evonik Plasty Mladeč
Imanica	*	Praha	NE	- autorizovaný prodejce tiskáren Zortax a filamentu Z-Filament	P	Zortrax	Z-Filament
SolidVision 3d-tiskarna.cz	*	Praha, Brno	NE	- zejména dodavatel SW Solidworks a SolidCAM - nabízí kompletní služby okolo Solid CAD a CAM - na samostatné doméně se zabývají 3D tiskem a skenováním - nabídka podpory, školení a vzdělávání - připravují možnost pronájmu desktopové tiskárny - zakázková konstrukce, skenování a 3D tisk	P	Markforged	Markforged
3RSystems	> 39 mil. Kč (2019)	Jaroměř	NE	- poradenství v oblasti 3D tisku plastů, keramiky a kovů + SW Materialise - oficiální zastoupení firem EOS, Lithoz a Materialise v ČR	P	EOS	nejso dostupné na stránkách společnosti
Materialpro3D	> 12 mil. Kč (2019)	Brno	ANO	- specializace na prodej materiálů, prodej tiskáren jako doplněk - kovový a plastový 3D tisk na zakázku	H	Prusa Research Trilab Photocentric	Aurapol Print With Smile Fiber3D Spectrum ColorFabb Polymaker Verbatim Herz Devil Design Fillamentum Filament PM SMARTFIL Fiberlogy Eko MB Innovatefil 3DXTECH
Abc3D	> 58 mil. Kč (2019)	Praha, Plzeň, Sokolov, Most, Liberec, Hradec Králové, Jihlava, Brno, Ostrava	ANO	- 3D návrh, skenování a tisk na zakázku - 3D analýza - školení a semináře	P	Peopoly FlashForge BCN3D Omni3D 3D Systems	3D Systems BCN3D Fillamentum FiloAlfa MaxFilament Omni3D Magigoo BASF Peopoly

Na3D	> 2 mil. Kč (2018)	Valašské Meziříčí	ANO	- zakázkový 3D tisk, 3D skenování - servis tiskáren - školení	P/H	FlashForge Prusa Research IEMAI BIQU Sintratec Dazz Photocentric Rebel	26 výrobců filamentů
cotu	> 4 mil. Kč (2019)	Praha	ANO	- poradenství - zakázkový 3D tisk	P/H	Asiga iBridger Intamsys Peopoly Phrozen RAISE3D Sinterit Uniz Zortrax	20 výrobců filamentů
Tecnotrade	> 544 mil. Kč (2020)	Kuřim, obchodní zastoupení po celé ČR	NE	- prodej a servis CNC strojů a 3D tiskáren - realizace robotických pracovišť - prodej 3D skenerů	P	Hage3D Anisoprint Sindoh eMotionTech	iSquared
EDM 3D	*	Praha	ANO	- prodejce 3D tiskáren, 3D skenerů a robotických ramen - 3D tisk na zakázku	P/H	Raise 3D Felix printers ATMAT Sinterit iBridger	Devil Design Polymaker Uniz Zortrax Fillamentum Raise3D Verbatim
3D Manufactura	*	Jilemnice	ANO	- zakázkový 3D tisk - poradenství	P/H	Raise3D Anisoprint iBridger	Anisoprint Dima3D Fillamentum iBridger Leon3D Polymaker Raise3D Tree

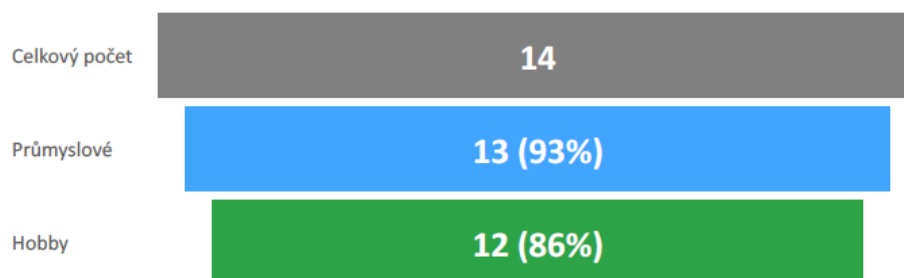
* pro danou společnost nebyly nalezeny žádné informace

Všechny uvedené společnosti jsou původem české a působí pouze či zejména na českém trhu. Dá se proto předpokládat, že jimi prodané tiskárny slouží zejména zákazníkům v České republice, i když řada společností působí také na Slovensku. Většina z nich se zaměřuje na zákazníky z řad podniků, tomu je také přizpůsobena nabídka jak zboží, tak případných služeb, avšak u některých distributorů je možné říct, že jejich zákazníky jsou také hobby uživatelé.

V tabulce je viditelná závislost mezi typem zákazníků a cenovými kategoriemi nabízených tiskáren. Pokud se distributor zaměřuje pouze na **hobby** tiskárny, s největší pravděpodobností cílí spíše na hobby uživatele. Pokud se ale zaměřuje na **průmyslové** tiskárny, nejspíše cílí na podniky. Podniky však samozřejmě mohou kupovat také 3D tiskárny z kategorie **hobby**.

Pokud distributor cílí na hobby zákazníky, s největší pravděpodobností se soustředí na prodej přes e-shop, zaměřuje-li se však na podniky a prodává velice drahé stroje, volí spíše cestu osobního prodeje a disponuje showroomy či pobočkami.

Dle dat uvedených v Tab. 8 je možné graficky znázornit, jaký podíl distributorů nabízí 3D tiskárny kategorie **hobby** a jaký **průmyslové** 3D tiskárny. Z grafu na Obr. 16. je patrné, že nepatrně více distributorů se zabývá **průmyslovými** 3D tiskárnami, což také koreluje se segmenty zákazníků, na které cílí, jak je popsáno výše. Stejný graf je využit také ve zbývajících kategoriích (tj. u prodejců tiskáren vlastních značek a prodejců, kteří se přímo nezaměřují na 3D tisk) tak, aby bylo možné mezi sebou tyto kategorie srovnat.



Obr. 16 Graf rozdělení distributorů dle typu nabízených 3D tiskáren, vlastní tvorba

4.2.2 Mapování prodejců 3D tiskáren plastů vlastní výroby

V Tab. 9 jsou uvedeny společnosti, které prodávají 3D tiskárny plastů vlastní značky. V tomto případě se proto jedná zároveň o prodejce i o výrobce. Společnosti jsou srovnány přes stejné parametry jako distributoři v Tab. 8 (existence e-shopu je zahrnuta z důvodu úspory místa ve třetím sloupci), nechybí ani stejné barevné rozlišení značek tiskáren. Blíže jsou uvedené společnosti rozebrány v kapitole 4.3, kde je na ně pohlíženo jako na výrobce 3D tiskáren.

Tab. 9 Mapování prodejců 3D tiskáren plastů vlastní výroby na českém trhu, vlastní tvorba

Název spol.	Výše tržeb	Sídlo / pobočky ²⁷ / e-shop	Koncept / další služby	Typ zákazníků	Výrobci tiskáren	Výrobci materiálů
2K3D	*	Praha + e-shop	- zakázkový tisk - prodej vl. výtisků	P/H	2K3D	C-Tech Filament PM Gembird
DigiBro	*	Beroun	*	P/H	DigiBro	Aurapol
Prusa Research	> 2 mld. Kč (2020)	Praha + e-shop	- návody - veřejná databáze 3D modelů - kalkulačka nákladů na tisk	P/H	Prusa Research	Prusa Research Fillamentum PrimaSelect ColorFabb Verbatim Filatech Kimya FiberThree 3DM BlueCast Photocentric

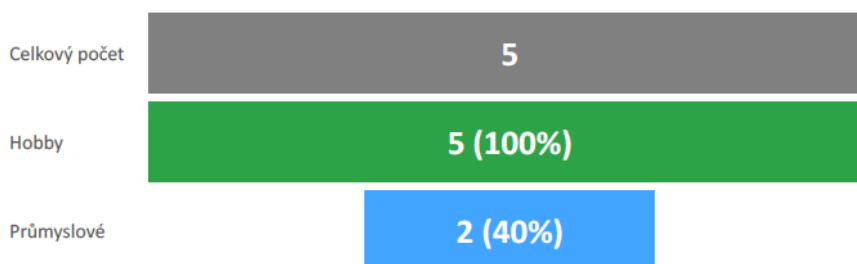
²⁷ V případě, kdy se sídlo nebo pobočka nachází v malé obci, je v tabulce vyplněno nejbližší větší město.

Trilab	> 16 mil. Kč (2019)	Brno + e-shop	- pronájem 3D tiskáren - zakázkový tisk - školení tisku	P/H	Trilab	Devil Design Filament PM Fillamentum Herz Polymaker Smartfil
Uniz	*	Praha + e-shop	- pouze prodej 3D tiskáren, materiálů a SW Uniz	P/H	Uniz	Uniz

* pro danou společnost nebyly nalezeny žádné informace

Také společnosti uvedené v Tab. 9 jsou ryze českými, dá se proto předpokládat, že dodávají primárně na český trh. Výjimku ale určitě tvoří společnost Prusa Research, která prodává své tiskárny velice úspěšně také v zahraničí. Její tržby za prodeje výrobků dosáhly v roce 2020 dvou miliard Kč, což odpovídá více než 100 000 kusů prodaných 3D tiskáren. [62]

Z grafu na Obr. 17 je patrné, že domácí výrobci se specializují zejména na levnější **hobby** tiskárny, a to včetně největšího hráče na českém trhu společnosti Prusa Research. I na jejím příkladu je však jasně patrný posun od **hobby** k **průmyslovým** 3D tiskárnám. Nejen že na podzim 2021 představila společnost Prusa Research v rámci akce EXPO 2020 chystanou automatickou farmu, kterou cílí primárně na podniky, v listopadu 2021 navíc informovala o nákupu 80% podílu společnosti Trilab, která se zaměřuje primárně na **průmyslový** 3D tisk. [63] [64]



Obr. 17 Graf rozdělení prodejců vlastních 3D tiskáren dle jejich typu, vlastní tvorba

4.2.3 Mapování prodejců nabízejících 3D tiskárny plastů ve svém portfoliu

V Tab. 10 jsou uvedeni prodejci, kteří nabízejí 3D tiskárny plastů ve svém portfoliu, avšak jejichž zaměřením není problematika 3D tisku. Může se tedy jednat o prodejce elektroniky, jiných výrobních strojů nebo e-shopy. Zejména v kategorii e-shopů je seznam společností, které nabízejí různé 3D tiskárny plastů, velice obsáhlý, z toho důvodu jsou vybráni pouze dva zástupci největších českých e-shopů.

Jednotlivé společnosti jsou srovnány přes stejné parametry s výjimkou velikosti tržeb, sídla společnosti či poboček a existence e-shopu. Velikost tržeb byla vyřazena, jelikož není možné ani zhruba určit, jak velkou část prodeje společností tvoří 3D tiskárny. Co se týká dalších dvou parametrů, ty byly vynechány, protože tento segment prodejců není pro aplikaci plastového 3D tisku v průmyslu stěžejní.

I v tomto případě však je použito barevné rozlišení nabízených značek 3D tiskáren dle jejich ceny.

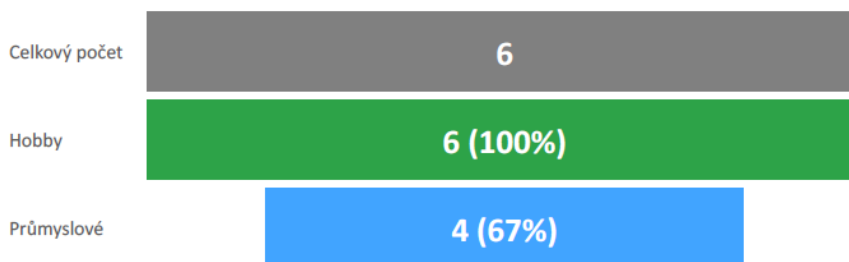
Tab. 10 Mapování prodejců na českém trhu nabízejících 3D tiskárny plastů ve svém portfoliu, vlastní tvorba

Název společnosti	Koncept / další služby	Typ zákazníků	Výrobci tiskáren	Výrobci materiálů
Alza	- prodejce elektroniky a spotřebního zboží	H	Anycubic Artillery BIQU Creality flsun Kywoo 3D Polaroid Prusa Research	13 výrobců filamentů
ASC HB	- specializace na tisk (tj. tisk na papír) - 3D tisk a skenování na zakázku	P/H	Flashforge BCN3D Omni3D 3D Systems Peopoly	nenabízí
Conrad	- výrobce a dodavatel vybavení do výroby (zejména elektroniky) - 3D tisk pouze okrajově	P	Ultimaker Zortrax Raise3D Sindoh BCN3D Dremel XYZ Printing Snapmaker	27 výrobců filamentů
CZC	- prodejce elektroniky a spotřebního zboží	H	Creality Panospace Polaroid	7 výrobců filamentů
NC Computers	- prodejce elektroniky (3D tisk okrajově)	P	3DGENCE Anisoprint Atmat FELIXprinters Flashforge iBridger MakerBot Prusa Research Raise3D Sinterit TierTime	19 výrobců filamentů
RS Components	- prodejce produktů v oblasti elektrotechniky, automatizace a řízení	P	BCN3D CEL MakerBot Raise3D Ultimaker Wasp	nenabízí

V případě uvedených prodejců se jedná o české i zahraniční firmy. Jejich společným jmenovatelem je fakt, že 3D tisk není oblastí jejich primárního zájmu. Tyto společnosti mohou hrát svou roli na trhu s 3D tiskárnami plastů, nicméně kvůli absenci návazných služeb se nedá předpokládat, že by jejich zastoupení tvořilo významnou část. Všechny uvedené společnosti totiž berou 3D tiskárny plastů pouze jako doplněk jejich portfolia.

Také z grafu na Obr. 18 je vidět, že prodejci se zaměřují spíše na levnější 3D tiskárny z řady **hobby**, což souvisí s výše zmíněnou absencí návazných služeb. Opravdu drahé stroje je proto

možné koupit přímo od oficiálního distributora na daném trhu, který nabízí také doprovodné služby a servis.



Obr. 18 Graf rozdělení prodejců dle typu nabízených 3D tiskáren, vlastní tvorba

4.3 Mapování a analýza výrobců 3D tiskáren

V této kapitole jsou podrobněji zmapováni výrobci, jejichž 3D tiskárny plastů nabízejí distributoři či prodejci uvedení v kapitole 4.2. Mapování je rozděleno na tři části, a sice na:

- mapování výrobců 3D tiskáren plastů v ceně do 150 000 Kč (tj. pouze **hobby** tiskáren) - Tab. 13,
- mapování nejvýznamnějších výrobců 3D tiskáren plastů v ceně nad 150 000 Kč (tj. výrobců, kteří nabízejí **průmyslové** tiskárny²⁸) - Tab. 14 a
- mapování výrobců 3D tiskáren plastů v ceně nad 150 000 Kč s menším zastoupením na českém trhu (tj. výrobců, kteří nabízejí **průmyslové** tiskárny²⁹) - Tab. 15.

Výrobci **průmyslových** tiskáren jsou rozděleni na dvě části z toho důvodu, že pro významnější zástupce je v mapování uvedeno více informací. Do kategorie významnějších zástupců byly zařazeny čtyři společnosti s největším podílem na trhu, jak ukazuje Tab. 11. Tento seznam byl rozšířen o společnost HP, a to díky vysoké popularitě jejich MultiJet Fusion technologii tisku, a společnosti Ultimaker a Makerbot, které u nás patří mezi velice známé značky. Všech sedm výrobců navíc nabízejí distributoři s největšími obraty, dá se proto předpokládat, že také na českém trhu se bude jednat o nejrozšířenější **průmyslové** 3D tiskárny plastů.

Tab. 11 Výrobci 3D tiskáren plastů s největším podílem na světovém trhu, vypracováno dle [1]

Výrobce	Podíl na trhu ³⁰
Stratasys	13,5 %
3D Systems	9,6 %
Markforged	7,7 %
Formlabs	7 %
HP	2,9 %

²⁸ Není nutné, aby nabízeli pouze **průmyslové** tiskárny, v jejich portfoliu se proto mohou objevit také **hobby** tiskárny.

²⁹ Není nutné, aby nabízeli pouze **průmyslové** tiskárny, v jejich portfoliu se proto mohou objevit také **hobby** tiskárny.

³⁰ Údaje z Wohlers Report za rok 2020, celosvětově. [1]

Výrobci všech tří kategorií jsou srovnáni přes parametry uvedené v Tab. 12.

Tab. 12 Popis parametrů použitých pro srovnání výrobců 3D tiskáren plastů, vlastní tvorba

Název parametru	Popis / poznámka
Technologie tisku	Pro jednotlivé výrobce jsou uvedeny kategorie technologií dle kapitoly 1.1, které využívají jimi nabízené modely tiskáren. Informace o počtu modelů využívajících konkrétní technologii není sledována.
Cenová relace	Detail o tom, jaký konkrétní model (tj. i ve vazbě na technologii) spadá do jaké cenové kategorie není sledován. Pro mapování bylo definováno pět cenových kategorií, které dále rozšiřují dělení na hobby a průmyslové 3D tiskárny. Jedná se o kategorie: <ul style="list-style-type: none"> - \$ (cena do 50 000 Kč) - \$\$ (50 000 – 150 000 Kč) - \$\$\$ (150 000 – 500 000 Kč) - \$\$\$\$ (500 000 – 2 000 000 Kč) - \$\$\$\$\$ (cena and 2 000 000 Kč)
Vlastní slicer / konkurenční výhoda / poznámka	V tomto poli jsou slovně popsány další informace o výrobci, může se jednat například o nabídku SW či dalších služeb, nebo o specifické vlastnosti 3D tiskáren výrobce.

Nyní za sebou následují všechny tři uvedené tabulky, vyhodnocení je provedeno souhrnně na konci kapitoly.

Tab. 13 Mapování výrobců 3D tiskáren plastů v ceně do 150 000 Kč, vlastní tvorba

Název společnosti	Technologie tisku	Cenová relace	Vlastní slicer / konkurenční výhoda / poznámka
Anycubic	MEX VPP	\$	*
Artillery 3D	MEX	\$	*
BIQU	MEX	\$	*
Blocks	MEX	\$	*
CEL	MEX	\$ - \$\$	- slicer AutoMaker Pro
Craftbot	MEX	\$ - \$\$	- slicer CraftWare
Creality	MEX VPP	\$ - \$\$ ³¹	*
Dazz	VPP	\$\$	*
DigiBro	MEX	\$ - \$\$	*
Dremel	MEX	\$	*
FlashForge	MEX VPP	\$ - \$\$	*
Flsun	MEX VPP	\$	*
Kywoo 3D	MEX	\$	*
Nova3D	VPP	\$	*
Panospace	MEX	\$	*
Phrozen	VPP	\$ - \$\$	- slicer třetí strany CHITUBOX
Polaroid	MEX	\$	
Prusa Research	MEX VPP	\$ - \$\$	- Prusa Slicer - marketing v průběhu pandemie covidu-19 na jaře 2020
Rebel	MEX	\$	*
Snapmaker	MEX	\$\$	- 3 v 1 - 3D tisk, laserování a CNC
Uniz	VPP	\$ - \$\$	- slicer Uniz Maker

* pro daný parametr nebyly nalezeny žádné informace

³¹ Nabízí se i dražší stroje, ty ale nejsou na českém trhu dostupné.

Tab. 14 Mapování nejvýznamnějších výrobců 3D tiskáren plastů v ceně nad 150 000 Kč na českém trhu, vlastní tvorba

Výrobce	Technologie tisku	Cenová relace	Vlastní slicer / konkurenční výhoda / poznámka
Stratasys	MEX MJT PBF	\$\$ - \$\$\$\$\$	- Stratasys GrabCAD (vč. sliceru) - Stratasys Insight - technologii FDM vyvinul Stratasys, takže má nejdelší zkušenosti a jejich zařízení jsou vyspělá - obecně kvalita tisku
3D Systems	VPP PBF MJT	\$\$ - \$\$\$\$\$	- slicer 3D Sprint - Geomatic SW - management SW - pokročilé technologie dané dlouhou tradicí
Markforged	MEX	\$\$ - \$\$\$\$\$	- příprava tisku: Markforged Eiger - kontrola během tisku: Markforged Blasksmith - tisk z pevných kompozitů
Formlabs	VPP PBF	\$\$ - \$\$\$	- slicer Formlabs PreForm
HP	PBF	\$\$\$\$\$	- slicer HP SmartStream 3D Build Manager - velké množství dalších SW ³² - rychlý tisk - možné ovlivňovat vlastnosti po voxelech
Ultimaker	MEX	\$\$ - \$\$\$	- správa tiskové fronty: Ultimaker Essentials, Professional a Excellence - slicer: Ultimaker Cura - optimalizace tisku: SmartSlice for Cura - nabídka webinářů
Makerbot	MEX	\$ - \$\$\$	- tisk z plastů i kompozitů - slicer Makerbot Print - Makerbot Cloudprint (monitoring, spolupráce a vzdálený tisk) - nabídka řady Sketch pro využití ve výuce - součást společnosti Stratasys

Tab. 15 Mapování výrobců 3D tiskáren plastů v ceně nad 150 000 Kč s menším zastoupením na českém trhu, vlastní tvorba

Výrobce	Technologie tisku	Cenová relace	Vlastní slicer / konkurenční výhoda / poznámka
2K3D	MEX	\$\$ - \$\$\$ ³³	- podpora Cura, Slic3r, Simplify3D
3DGence	MEX	\$\$ - \$\$\$\$\$	*
Anisoprint	MEX	\$\$\$ - \$\$\$\$\$	- slicer Aura - tisk dvěma extrudery – polymer + karbonové vlákno
Asiga	VPP	\$\$\$ - \$\$\$\$\$	- slicer Composer
Atmat	MEX	\$\$\$ - \$\$\$\$\$	- slicer Executor 3D
BCN3D	MEX (plasty i kompozity)	\$\$ - \$\$\$	- slicer BCN3D Stratos - vzdálené ovládání tiskárny pomocí BCN3D Cloud - akademie
BigRep	MEX	\$\$\$\$ - \$\$\$\$\$	- slicer BigRep Blade - velká tisková plocha
eMotionTech	MEX	\$\$ - \$\$\$	*
Envisiontec	VPP	\$ - \$\$\$	- slicer Envision One RP
EOS	PBF	\$\$\$\$\$	*
FELIXprinters	MEX	\$ - \$\$\$	- opensource slicer Repetier
Hage3D	MEX	\$\$\$\$	- slicer SW třetích stran – Simplify 3D nebo Siemens NX
iBridger	MEX	\$\$\$ - \$\$\$\$\$	*
IEMAI	MEX	\$\$ - \$\$\$\$\$	- slicer IEMAI 3D EXPERT 1.0 - tisk vysokoteplotních polymerů
Intamsys	MEX	\$\$\$ - \$\$\$\$\$	- slicer Intamsuite

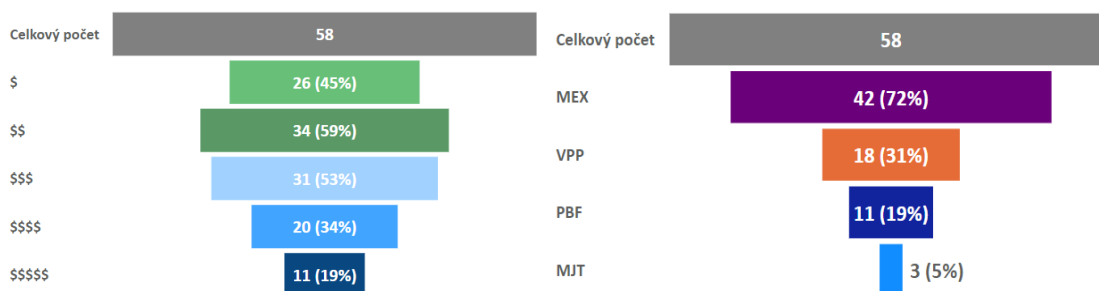
³² <https://h20195.www2.hp.com/v2/GetDocument.aspx?docname=4AA7-8539ENW>

³³ Cena není k dispozici, avšak dle popisu a parametrů odhaduji, že se jedná o tiskárnu v ceně okolo 150 000 Kč.

MiniFactory	MEX	\$\$\$\$ - \$\$\$\$\$	- tisk extrémně odolných polymerů, nutná vysoká teplota
Omni3D	MEX	\$ - \$\$\$\$	*
Peopoly	VPP	\$\$ - \$\$\$	- podpora slicerů třetích stran - velké resinové (SLA) tiskárny
Photocentric	VPP	\$\$ - \$\$\$\$	- slicer Photocentric Studio - funkce detekce míst pro podpory - v nabídce také zařízení na post-processing (vytvzování)
Raise3D	MEX	\$\$ - \$\$\$	- slicer ideaMaker - ideaMaker Library – databáze modelů - RaiseCloud – monitoring 3D tisku
Sindoh	MEX VPP PBF	\$ - \$\$\$\$\$	- slicer Sindoh Desktop - podpora Cury a Simplify3D
Sinterit	PBF	\$\$\$	- slicer Sinterit Studio 2019
Sintratec	PBF	\$\$ - \$\$\$\$	- slicer Sintratec Central Software
TierTime	MEX	\$ - \$\$\$	*
Trilab	MEX	\$\$ - \$\$\$ ³⁴	- podpora KISSlicer, Slic3r a Simplify3D - delta kinematika - vzdálená správa tisku
Uniontech	VPP	\$\$\$ - \$\$\$\$\$	- slicer Polydevs
VoxelJet	PBF	\$\$\$\$\$	*
Wasp	MEX	\$\$ - \$\$\$\$	- delta kinematika - v nabídce tisk keramiky a betonu
XYZprinting	MEX VPP PBF MJT	\$ - \$\$\$\$	- v nabídce velké množství SW
Zortrax	MEX VPP	\$\$ - \$\$\$\$	- slicer Z-Suite

* pro daný parametr nebyly nalezeny žádné informace

Na následujících stránkách jsou graficky znázorněny důležité poznatky z mapování výrobců. V grafu na Obr. 19 vlevo je znázorněno zastoupení výrobců v definovaných cenových kategoriích. Graf na Obr. 19 vpravo pak ukazuje zastoupení výrobců 3D tiskáren v jednotlivých typech technologií. Zde s převahou vede technologie MEX (72 %) následovaná technologií VPP (31 %). Dále jsou zastoupeny také technologie PBF a MJT.



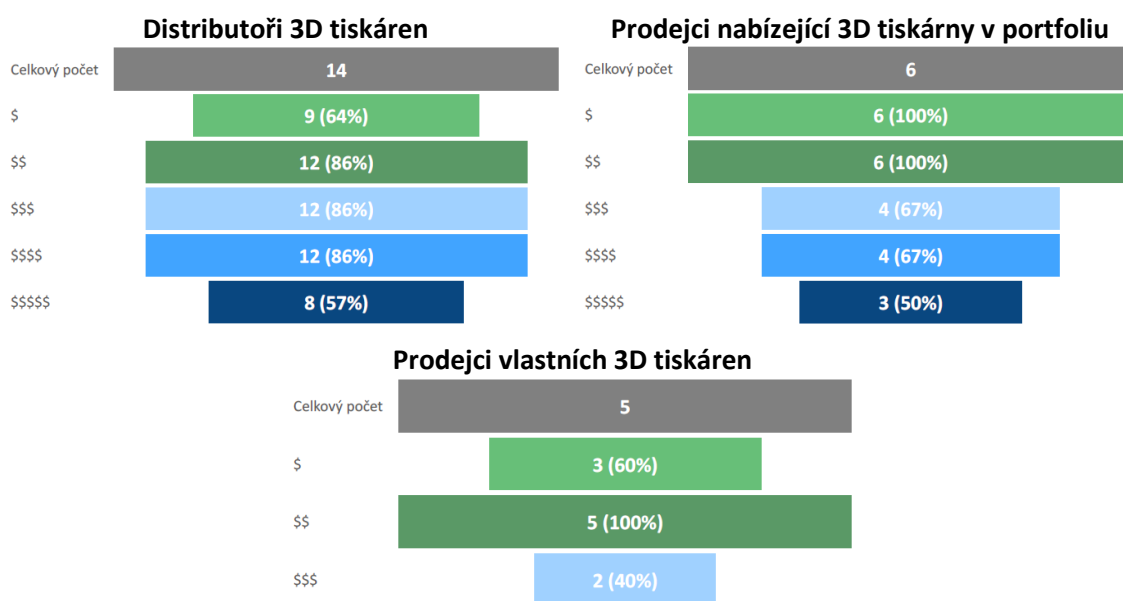
Obr. 19 Grafy rozdělení výrobců 3D tiskáren dle ceny (vlevo) a dle využívané technologie (vpravo), vlastní tvorba

Při porovnání údajů s grafem na Obr. 3 (podkapitola 1.1.6) je vidět, že údaje z databáze společnosti Aniwaa se přibližně shodují s daty platnými pro český trh. V obou případech tvoří

³⁴ V případě řady AzteQ se jedná o průmyslové tiskárny, u kterých není cena dostupná. Dá se předpokládat, že se bude jednat o dražší stroje.

největší podíl technologie MEX a VPP. Na českém trhu je však ve srovnání s celosvětovou databází více zastoupena technologie PBF. Podíl výrobců nabízejících tiskárny technologie MJT je v České republice přibližně shodný s údaji z databáze Aniwaa. Je však nutné si uvědomit, že zatímco data prezentovaná v grafu na Obr. 3 jsou na úrovni jednotlivých modelů, data prezentovaná v grafu na Obr. 19 vpravo odpovídají pouze úrovni výrobců (tj. není zde rozlišeno, kolik modelů s konkrétní technologií daný výrobce nabízí).

Díky spojení informací z kapitol 4.2 a 4.3 lze vizualizovat zastoupení distributorů a prodejců v kategoriích, které jsou definovány pro výrobce. První pohled na distributory a prodejce může být s ohledem na cenovou kategorii nabízených 3D tiskáren. Graf na Obr. 20 vlevo nahoře ukazuje rozdělení distributorů dle jednotlivých cenových kategorií jimi nabízených značek 3D tiskáren. Ve srovnání s grafem na Obr. 16, kde je cena tiskáren rozdělena pouze na **hobby** a **průmyslové** tiskárny, je při vizualizaci přes pět cenových kategorií vidět, že distributoři se nejvíce zaměřují na prodej 3D tiskáren cenových kategorií \$\$ až \$\$\$\$ (tiskárny těchto cenových kategorií nabízí shodně 86 % distributorů).



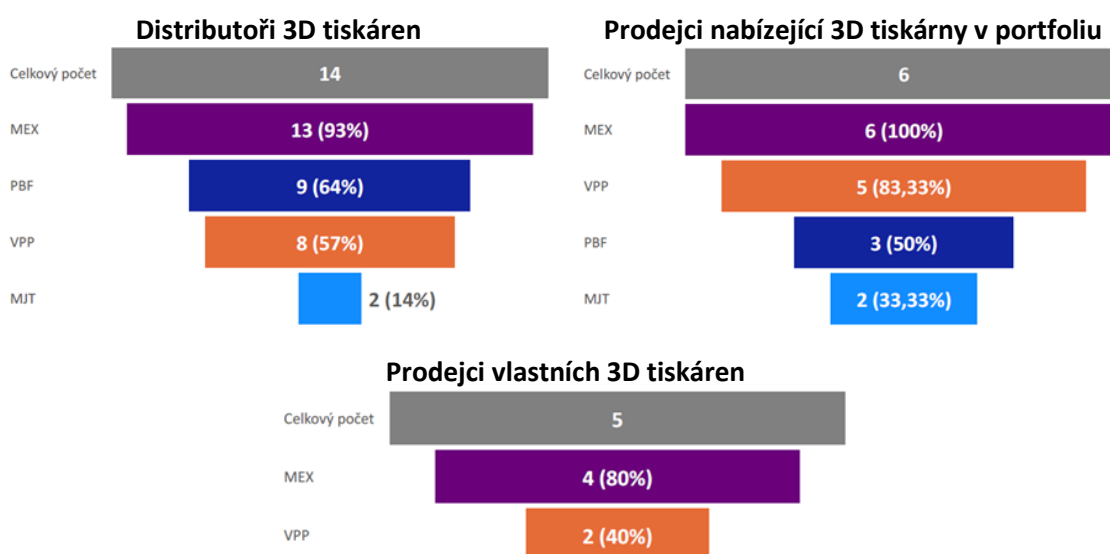
Obr. 20 Grafy rozdělení distributorů 3D tiskáren (vlevo nahoře), prodejců nabízejících 3D tiskárny v portfoliu (vpravo nahoře) a prodejců vlastních 3D tiskáren (dole) dle ceny nabízených 3D tiskáren, vlastní tvorba

Graf na Obr. 20 dole ukazuje stejný typ informace pro prodejce vlastních 3D tiskáren. Zde je při srovnání s grafem na Obr. 17 patrné, že všechny **průmyslové** 3D tiskárny nabízené tuzemskými výrobci spadají do cenové kategorie \$\$\$\$. I tento graf však potvrzuje, že čeští výrobci 3D tiskáren plastů se soustřeďují na levnější stroje, avšak nejčastěji na cenovou kategorii \$\$ (tu nabízí všech 5 tuzemských výrobců). Také pro prodejce je vyneseno stejný graf (viz Obr. 20 vpravo nahoře), který rozšiřuje informace znázorněné v grafu na Obr. 18. Všichni analyzovaní prodejci nabízejí

3D tiskárny cenových kategorií \$ a \$\$, ze čtyř prodejců nabízejících průmyslové 3D tiskárny pak ty z nejvyšší cenové kategorie nabízí tři z nich.

Při srovnání grafů uvedených na Obr. 20 je patrné, jak se liší zaměření jednotlivých kategorií prodejců – distributorů se zaměřují především na průmyslové či mírně dražší hobby 3D tiskárny, prodejci nabízející 3D tiskárny ve svém portfoliu se zaměřují více na hobby 3D tiskárny, u prodejců vlastních 3D tiskáren jsou průmyslové 3D tiskárny zastoupeny jen velmi málo.

Stejně grafy lze vynést také při pohledu přes technologie plastového 3D tisku. Na Obr. 21 vlevo nahoře je zobrazeno zastoupení jednotlivých technologií u distributorů, dole pak u prodejců vlastních 3D tiskáren a vpravo nahoře u prodejců nabízejících 3D tiskárny ve svém portfoliu.



Obr. 21 Grafy rozdělení distributorů (vlevo nahoře), prodejců nabízejících 3D tiskárny v portfoliu (vpravo nahoře) a prodejců vlastních 3D tiskáren (dole) dle typu technologie jimi nabízených 3D tiskáren, vlastní tvorba

Při srovnání grafů uvedených na Obr. 21 je patrné, že zatímco distributorů a prodejci mají v nabídce 3D tiskárny všech technologií dostupných na českém trhu, prodejci vlastních 3D tiskáren se zaměřují na technologie MEX a VPP. To samozřejmě úzce souvisí také s cenou strojů.

K dostání jsou na našem trhu 3D tiskárny plastů všech definovaných kategorií, tj. jak cenových (\$ až \$\$\$\$), tak co do typu technologie (MEX, VPP, PBF i MJT), díky čemuž mají nejen výrobní podniky širokou možnost volby.

4.4 Mapování a analýza výrobců materiálů pro plastový 3D tisk

Nabídka materiálů, jak bylo zmíněno v kapitole 1.2, je obecně relativně široká, avšak výrazně užší v porovnání s nabídkou materiálů pro konvenční technologie. Liší se však nejen podle technologie plastového 3D tisku, ale také podle výrobce. Materiály můžeme rozdělit do tří základních skupin, a to na běžné polymery, průmyslové polymery a kompozity. Do běžných

materiálů patří například PLA, PET-G nebo ABS. Do průmyslových můžeme zařadit HIPS, PVA nebo PAEK. Z kompozitů jsou nejčastěji využívány karbonové materiály.

Dále samozřejmě záleží na technologii 3D tisku, kdy pro každou je vstupní materiál v jiné formě, jak je uvedeno v kapitole 1.1. Záleží však také na tom, zda konkrétní 3D tiskárna může tisknout z materiálu jiného výrobce. U dražších 3D tiskáren je časté, že výrobce dodává také tiskové materiály, které jsou připraveny přímo k použití na jeho tiskárnách. U levnějších 3D tiskáren, zejména pak u technologie MEX, je většinou možné využít materiály jiných výrobců.

Z důvodu, že se materiály buď liší pouze minimálně (zejména v případě **hobby** MEX tiskáren), nebo neexistuje pro uživatele možnost volby mezi více dodavateli (zejména u drahých **průmyslových** tiskáren), bude v této kapitole prezentován pouze seznam výrobců, kteří jsou uvedeni v mapování distributorů a prodejců (kapitola 4.2).

Seznam výrobců materiálů uvedených při mapování distributorů a prodejců (celkem 60 výrobců materiálů) je dostupný v Tab. 16. Zvýrazněny jsou značky Fillamentum a Plasty Mladeč, jelikož se jedná o české výrobce filamentů – materiálů používaných v technologii MEX. Tyto budou blíže popsány.

Tab. 16 Seznam výrobců materiálů uvedených v mapování distributorů a prodejců, vlastní tvorba

3D Systems	Eko MB	Innovatefil	PrintWithSmile
3DM	Ensinger	iSquared	Prusa Research
3DXTech	Evonik	Kimya	Raise3D
3DXTECH	Fiber3D	Kuraray	Sharplayers
Anisoprint	Fiberlogy	Leon3D	Smartfil
AquaSys	FiberThree	Magigoo	SMARTFIL
Aurapol	Filatech	Markforged	Spectrum
BASF	Fillamentum	MaxFilament	Stratasys
BCN3D	FiloAlfa	Omni3D	Tree
BlueCast	Formlabs	Owens Corning	Ultimaker
ColorFabb	Gembird	Peopoly	UnionTech
C-Tech	Harz Labs	Photocentric	Uniz
Devil Design	HP	Plasty Mladeč	Verbatim
Dima3D	iBridger	Polymaker	Voxeljet
DSM	Iglidur	PrimaSelect	Z-Filament

Fillamentum je česká společnost sídlící v Hulíně, která se zabývá vývojem a výrobou filamentu. Filamenty nabízí ve třech řadách – Industrial, Essential a forNature. K výrobě využívá jak běžných materiálů jako PLA, PET-G nebo TPU, tak průmyslových materiálů jako karbon či speciální flexibilní nebo vysokopevnostní materiály. V rámci řady forNature se soustředí na vývoj biodegradabilních materiálů, aktuálně má v nabídce filament NonOilen, který je dle výrobce 100% biodegradabilní. [65]

Plasty Mladeč jsou výrobcem materiálů jak pro konvenční technologie, tak pro plastový 3D tisk. Pro 3D tisk vyrábí pouze filamenty, a to pod značkou Filamenty PM. V jejich nabídce jsou opět

jak obyčejné materiály (PLA, PET-G, ABS atd.), tak průmyslové (nylon, ULTEM, karbon atd.). Mimo to nabízí flexibilní materiály nebo filament imitující vzhled dřeva. [66]

Na českém trhu jsou dle prezentovaných informací k dostání filamenty od velkého množství výrobců. Zejména uživatelé **hobby** MEX 3D tiskáren tak mohou volit z široké nabídky materiálů. Co se však týká tuzemských výrobců, těch u nás působí jen velmi málo (2 výrobci) a zaměřují se výhradně na výrobu filamentů.

4.5 Mapování a analýza využívaných SW

Programy, které se ve spojení s 3D tiskem využívají, je možné rozdělit dle toho, v jaké fázi 3D tisku jsou využity. Jedná se proto o SW, které pomáhají s vytvořením modelu dílu, přípravou tisku a následným monitorováním tisku. [1]

Z uvedených oblastí je pro náplň práce nejdůležitější příprava modelu a tisku. Díl je možné buď modelovat od začátku, nebo lze využít 3D skenování a vytvořit tak digitální kopii existujícího dílu rychleji. Zmapována bude v této kapitole pouze oblast modelování v CAD SW, jelikož problematika skenování je velice komplexní, dalo by se říct, že se jedná o samostatnou disciplínu. Pod přípravou tisku se rozumí zejména slicer SW, ve kterých dochází k rozdělení modelu na jednotlivé vrstvy a k definici pohybů tiskárny. Tyto SW byly zmapovány v kapitole 4.3, kde byly uvedeny spolu s konkrétními výrobci 3D tiskáren. Je totiž velice časté, že výrobce spolu s tiskárnami dodává zákazníkům také slicer SW, případně definuje nastavení pro jiný, běžně užívaný SW. [1]

CAD SW je dostupné obrovské množství, ovšem těch, které jsou speciálně určeny pro aditivní výrobu, je poměrně málo. Klasický CAD SW je určen pro modelování dílů s použitím geometrických tvarů, je tudíž velice obtížné, ne-li nemožné, s použitím klasického CAD SW navrhnout díly tak, aby byly naplno využity možnosti technologie 3D tisku. Jedná se především o problematiku topologické optimalizace, s jejímž využitím jsou v dílu použity naprosto nepravidelné tvary. [1] [67]

I přesto však většina práce konstruktéra probíhá právě v CAD SW. Mezi nejznámější CAD SW patří například AutoCAD, Autodesk Inventor, CATIA, Creo, Fusion 360, Revit, Siemens NX nebo SolidWorks. Veškeré existující CAD SW jsou díky elektronické distribuci dostupné v přibližně stejné míře po celém světě. [68] [69] [70]

Některé z klasických CAD SW nabízejí také doplňky, které přidávají právě funkce jako topologickou optimalizaci nebo generativní design. Například společnost PTC, která vyvíjí výše uvedený CAD SW Creo, nabízí také doplňky Creo Generative Design a Creo Topology

Optimization. Společnost Siemens ve svém CAD SW rovněž nabízí možnost využití nástrojů pro DfAM. Mezi další SW či nástroje, které umožňují DfAM, patří například TopOpt, ELISE nebo nTop Platform. [1] [71] [72]

Z pohledu využití možností, které 3D tisk podnikům nabízí, není až tak důležité, jaký konkrétní nástroj se v podniku používá. Jak totiž bylo popsáno v kapitole 1.5.3, důležitá je zejména změna myšlení designérů a konstruktérů. Je nutné, aby si tito uživatelé 3D tisku byli vědomi faktu, že v klasickém CAD SW bez možnosti topologické optimalizace a dalších nástrojů není možné naplno využít potenciálu 3D tisku. To, jaký konkrétní nástroj se následně rozhodnou použít, již není tak důležité.

4.6 Interpretace výsledků mapování

V této kapitole byl zmapován český trh plastového 3D tisku, kdy největší důraz byl kladen na mapování distributorů, prodejců a výrobců 3D tiskáren plastů, jelikož tyto subjekty mají z mého pohledu na trh největší vliv. Nyní budou prezentovány stěžejní poznatky z mapování a zejména dojde k zodpovězení výzkumných otázek (1), (2) a (3) definovaných v kapitole 3.

Odpovědi na výzkumnou otázku (1) „*Jaké konkrétní subjekty (tj. zákazníci, prodejci, výrobci atd.) působí na českém trhu plastového 3D tisku?*“ jsou postupně uvedeny dále. Zákazníky tvoří zejména nepodnikající uživatelé 3D tisku (tj. hobby uživatelé), podnikající soukromé osoby (tj. OSVČ) a výrobní podniky (malé, střední a velké). Na straně nabídky působí hlavně výrobci a prodejci 3D tiskáren plastů a výrobci materiálů pro plastový 3D tisk. Prodejci 3D tiskáren jsou v práci rozděleni na:

- prodejce či distributory, kteří se zaměřují na plastový 3D tisk (v ČR jich působí 14),
- prodejce 3D tiskáren plastů vlastní výroby (v ČR jich působí 5) a
- prodejce, kteří pouze nabízejí 3D tiskárny plastů ve svém portfoliu (v práci je zmíněno 6 z nich, nicméně jejich celkový počet je jistě vyšší, jelikož do této kategorie spadá mj. velké množství e-shopů s elektronikou).

Výrobců 3D tiskáren plastů, jejichž modely jsou u nás k dostání, je pak celkem 58. Výrobců materiálů pro plastový 3D tisk bylo v práci zmíněno celkem 60, z nichž 2 společnosti jsou české. Tímto je výzkumná otázka (1) zodpovězená.

Výzkumná otázka (2) se již zaměřuje výhradně na nabídku 3D tiskáren plastů na českém trhu a jejím cílem je zjistit, jaké tiskárny jsou u nás k dostání. Na tuto problematiku lze nahlížet z pohledu ceny 3D tiskárny nebo z pohledu technologie, kterou tiskárna využívá. Z grafů na Obr. 20 je patrné, že na českém trhu jsou nabízeny 3D tiskárny všech cenových kategorií, tj. od velice levných **hobby** tiskáren až po profesionální **průmyslové** stroje. V nabídce analyzovaných

prodejců a distributorů se nacházejí **hobby** 3D tiskárny od 45 výrobců a **průmyslové** tiskárny 37 značek. Z 25 zmapovaných prodejců jich 23 nabízí **hobby** tiskárny (z nich nejčastěji 3D tiskárny v cenové kategorii \$\$) a 19 **průmyslové** 3D tiskárny (nejčastěji v cenové kategorii \$\$\$). Naopak nejméně je zastoupena cenová kategorie \$\$\$\$, avšak i tu nabízí 44 % distributorů a prodejců (jedná se celkem o 11 různých značek), rozhodně se proto nedá říct, že by nějaká kategorie byla pro zákazníky u nás jen obtížně dostupná.

Z pohledu technologie nabízených 3D tiskáren plastů (viz Obr. 21) má největší zastoupení MEX, kterou nabízí 23 z analyzovaných prodejců a distributorů, a VPP, kterou nabízí 15 z nich, což je způsobeno zejména existencí levných **hobby** tiskáren v těchto kategoriích. Dále jsou zejména díky distributorům k dostání také tiskárny pracující na principech PBF (12 distributorů a prodejců) a MJT (4 distributoři a prodejci), avšak ve výrazně menším počtu, jelikož se jedná o drahé **průmyslové** stroje. I v tomto případě je však nabídka 3D tiskáren méně obvyklých technologií dostatečně široká, jelikož tiskárny na principu PBF nabízí 48 % distributorů nebo prodejců, tiskárny na principu MJT pak 16 % těchto subjektů. Technologie SHL není na našem trhu k dostání, což ovšem není překvapující, jelikož i databáze společnosti Aniwaa čítá pouze jednotky modelů 3D tiskáren plastů pracujících na principu SHL.

Odpověď na otázku (3) „*Je nabídka 3D tiskáren plastů na českém trhu dostatečně široká?*“ dle mého názoru opírajícího se o informace prezentované v této kapitole zní ano. Pro český trh totiž, jak vyplývá z mapování, platí, že:

- na něm působí velké množství distributorů a prodejců (celkem 25), což vytváří jednak konkurenci, která zákonitě brání zvyšování cen, jednak širší nabídku doplňkových služeb pro zákazníky,
- distributoři a prodejci nabízejí širokou paletu tiskáren (tj. co do jejich ceny, využívané technologie nebo konkrétních výrobců), jak je popsáno výše, a
- velký výběr je také v segmentu levných 3D tiskáren, což dle mého názoru výrazně minimalizuje bariéry bránící firmám v implementaci plastového 3D tisku do výrobního procesu (tj. na **hobby** tiskárnách je možné si technologii vyzkoušet a následně se rozhodnout, zda je výhodné investovat do dražších strojů).

Můj pohled na otázku (3) však bude ověřen dotazníkovým šetřením v další kapitole, jelikož se z podstatné části jedná o subjektivní názor, ač opírající se o realizovaný sekundární výzkum.

5 Dotazníkové šetření

Podstatnou částí diplomové práce, která umožní lépe poznat trh plastového 3D tisku v České republice, je realizace vlastního primárního průzkumu. Dotazníkové šetření umožní splnit zejména cíle (II) „*popsat využívání plastového 3D tisku ve výrobních podnicích v České republice*“ a (III) „*identifikovat překážky a problémy, které brání zavedení a využívání plastového 3D tisku ve výrobních podnicích na českém trhu*“, dojde rovněž k ověření hypotéz definovaných v kapitole 3, tyto hypotézy jsou pro připomenutí uvedeny níže.

- (a) Plastový 3D tisk se v současnosti ve výrobních podnicích využívá nejčastěji pro prototypování.
- (b) Vysoká cena průmyslových 3D tiskáren plastů je významnou překážkou v implementaci plastového 3D tisku ve výrobních podnicích.
- (c) Konstrukteři jsou významnými early adopters technologie plastového 3D tisku ve výrobních podnicích.
- (d) Vzdělávání zaměstnanců v oblasti plastového 3D tisku významně ovlivňuje míru jeho využití v podniku.

Jednotlivé otázky v dotazníku jsou definovány tak, aby bylo možné uvedené hypotézy ověřit. Nad rámec těchto témat však dotazník obsahuje i jiné otázky, které pomohou k lepšímu popisu situace na trhu.

Skladba dotazníku a definice otázek a odpovědí vychází z informací prezentovaných v teoretické části práce. Jako vstupy tak kromě teoretických poznatků z použité literatury poslouží také výsledky již realizovaných průzkumů, a to jak v ČR, tak ve světě. Data získaná tímto dotazováním proto budou v relevantních oblastech srovnána s daty, která prezentují zmiňované studie. Dojde tak nejen ke komparaci či ověření dat, ale v některých případech také k jejich aktualizaci či doplnění.

Ve vazbě na poznatky z kapitoly 4 je možné rozlišit dvě základní skupiny, jejichž názor na problematiku používání plastového 3D tisku v českém průmyslu je pro tuto práci relevantní. Jsou jimi prodejci a výrobci 3D tiskáren plastů, kteří reprezentují nabídkovou stranu trhu, a uživatelé se zákazníky, kteří reprezentují poptávkovou stranu trhu. Primárními respondenty průzkumu jsou uživatelé 3D tisku, jelikož se domnívám, že právě jejich pohled lépe popisuje aktuální situaci.

S ohledem na profil respondentů (tj. uživatelů 3D tisku a zákazníků, a to s primárním zaměřením na výrobní podniky) se jednotlivé části dotazníku týkají:

- charakteristiky respondenta,
- určení, k jakým účelům respondent (resp. firma, ve které pracuje) plastový 3D tisk používá,

- benefitů 3D tisku,
- bariér, které brání zavádění 3D tisku ve výrobních podnicích,
- iniciátorů zavedení 3D tisku ve výrobních podnicích,
- uživatelů 3D tisku ve výrobních podnicích a
- vzdělávání v oblasti 3D tisku.

Dále dotazník obsahuje otevřené otázky na vliv pandemie covidu-19 na používání 3D tisku ve výrobních podnicích a na předpokládaný vývoj technologie v následujících letech. Z těchto oblastí budou v práci prezentovány pouze vybrané odpovědi či stěžejní myšlenky. Součástí této kapitoly je vždy kromě konkrétní podoby otázky také popis jejího účelu, popis vazby na definované cíle, výzkumné otázky či hypotézy a uvedení zdrojů, ze kterých je čerpáno.

5.1 Charakteristika respondenta

Zařazení otázek charakterizujících respondenta do dotazníku umožní jednak určit, kdo jej vyplnil, jednak nalézt, popsat a interpretovat vazby či závislosti mezi charakteristikou respondenta a jeho názory v dalších otázkách. Dotazy definované v této kapitole proto budou nejdříve vyhodnoceny izolovaně (tj. každá zvlášť za účelem zjištění, jací respondenti se průzkumu účastnili), následně však poslouží k filtrování ostatních odpovědí právě za účelem nalezení vazeb či závislostí.

Jak bylo zmíněno v kapitole 4, zainteresované osoby je možné dělit dle několika kritérií. V dotazníku je použito dělení:

- na zákazníky a prodejce (distributory),
- na fyzické a právnické osoby,
- podle odvětví, ve kterém respondent působí a
- dle ceny 3D tiskáren plastů, se kterými pracuje či přichází do kontaktu.

Kategorie „distributorů a prodejců“ je v dotazníku využita pro případ, že by jej vyplnil někdo, kdo takovou činnost provádí. Nepředpokládám však, že by těchto subjektů bylo velké množství. Uvedené dělení je v dotazníku realizováno dvěma otázkami. První z nich se zaměřuje na roli respondenta ve vztahu k 3D tisku, čímž jsou zachyceny první dva body z výše uvedeného dělení. Znění otázky a nabídka odpovědí jsou uvedeny níže, respondent má v tomto případě možnost volby více odpovědí.

Znění otázky 1: Jaká je Vaše role ve vztahu k 3D tisku?

Nabídka odpovědí k otázce 1:

- Distributor / prodejce 3D tiskáren (majitel či zaměstnanec firmy)
- Majitel či zaměstnanec malého výrobního podniku (do 50 zaměstnanců), který používá nebo plánuje používat 3D tisk

- Majitel či zaměstnanec středního výrobního podniku (50 – 250 zaměstnanců), který používá nebo plánuje používat 3D tisk
- Majitel či zaměstnanec velkého výrobního podniku (nad 250 zaměstnanců), který používá nebo plánuje používat 3D tisk
- Podnikající fyzická osoba (OSVČ), která používá nebo plánuje používat 3D tisk
- Student / učitel, který přichází do kontaktu s 3D tiskem při výuce či výzkumu
- Hobby uživatel 3D tisku
- Jiná... (zde má respondent možnost uvést jinou roli, která není obsažena v seznamu)

Druhá otázka dělí respondenty dle odvětví, ve kterém působí. Znění otázky a nabídka odpovědí jsou uvedeny níže, respondent má opět možnost volby více odpovědí.

Znění otázky 2: V jakém odvětví pracujete?

Znění odpovědí k otázce 2:

- Automobilový průmysl
- Elektrotechnický průmysl
- Letecký průmysl
- Strojírenství a výroba
- Umění a design
- Vzdělávání a školství
- Zakázková výroba a služby
- Zdravotnictví
- Používání 3D tisku pro soukromé účely
- Jiné... (zde má respondent možnost uvést jiné odvětví, které není obsaženo v seznamu)

Další aspekt, dle kterého je možné respondenta charakterizovat a který má bezesporu vliv na zbylé odpovědi, je cena 3D tiskáren plastů, se kterými pracuje či přichází do kontaktu. Cenové kategorie uvedené v možnostech odpovědí přímo kopírují rozlišení použité v kapitole 4. Veškeré informace k otázce jsou uvedeny níže, respondent může opět volit více odpovědí.

Znění otázky 3: V jakých cenových kategoriích se nachází Vaše 3D tiskárny plastů?

Znění odpovědí k otázce 3:

- do 50 000 Kč,
- 50 000 – 150 000 Kč,
- 150 000 – 500 000 Kč,
- 500 000 – 2 000 000 Kč a
- nad 2 000 000 Kč.

5.2 Účely použití plastového 3D tisku

Cílem čtvrté otázky je zjistit, pro jaké účely respondent nebo firma, ve které působí, využívá plastový 3D tisk. Otázka tak přímo reaguje na výzkumnou otázku (4) a hypotézu (a). Možnosti kopírují údaje uvedené v Tab. 7, finální produkty jsou však rozděleny na funkční a designové.

Jednotlivé účely využití jsou navíc doplněny o příklady z praxe tak, aby se respondent v kategoriích lépe orientoval. Znění otázek a odpovědí je uvedeno níže, respondent může zvolit více odpovědí.

Znění otázky 4: K jakým účelům používáte plastový 3D tisk?

Znění odpovědí k otázce 4:

- Prototypování (tj. koncepční modely, funkční testování atd.)
- Výroba plně funkčních produktů (tj. 3D tisk za účelem lepších vlastností výrobku)
- Výroba designových produktů (tj. reklamní předměty atd.)
- Výroba nástrojů (tj. speciální nástroje pro konkrétní činnosti atd.)
- Výroba forem či modelů pro jiné technologie (tj. formy pro odlévání atd.)
- Výroba pomocných funkčních přípravků (tj. tvarové díly, držáky atd.)
- Výroba kontrolních přípravků (tj. měrky, šablony atd.)
- Výroba náhradních dílů (tj. náhradní díly do jiných strojů)
- Výzkum a vývoj (tj. testování nových materiálů atd.)
- Jiný... (zde má respondent možnost uvést účel využití, který není obsažen v seznamu)

5.3 Benefity 3D tisku

Otázka týkající se benefitů má maticovou podobu, jelikož jejím cílem je zjistit, zda respondent vnímá konkrétní benefit jako důležitý. Znění otázky, podotázek a nabídka odpovědí reprezentující důležitost benefitu pro respondenta jsou uvedeny níže, respondent vždy volí jednu možnost v každém řádku. Ačkoli toto téma není přímo součástí výzkumných otázek, do kontextu dotazníku dokonale zapadá, jelikož rozšiřuje čtvrtou otázku. Nabízené možnosti vycházejí z informací uvedených v kapitolách teoretické části týkajících se benefitů 3D tisku (kap. 1.4), situace využívání 3D tisku ve světě (kap. 1.7) a výchozího stavu českého trhu plastového 3D tisku (kap. 1.8), jsou však doplněny o benefity, které osobně vnímám jako potenciálně důležité.

Znění otázky 5: Jaké benefity podle Vás přináší používání 3D tisku ve výrobních podnicích?

Znění odpovědí k otázce 5:

	Rozhodně ano	Spíše ano	Spíše ne	Rozhodně ne
Rychlejší uvedení výrobků na trh				
Rychlé prototypování				
Snížení závislosti na dodavatelích				
Tvorba nového business modelu				
Úspora nákladů				
Úspora výrobního času				
Výroba složitých tvarů				
Zakázková výroba / customizace				
Zvýšení efektivity výroby				

5.4 Bariéry bránící zavádění 3D tisku

Otázka týkající se bariér má stejnou podobu jako otázka na benefity 3D tisku a její podoba včetně podotázek a možných odpovědí je uvedena níže. Otázka 6 přímo reaguje na výzkumnou otázku (5) a hypotézu (b) (viz strana 47). Nabízené možnosti vycházejí z informací prezentovaných v kapitole o nevýhodách 3D tisku (kap. 1.5) a v kapitolách 1.7 a 1.8 a opět jsou doplněny o další bariéry, které dle mého názoru také mohou hrát významnou roli.

Znění otázky 6: Jaké faktory podle Vás brání zavádění 3D tisku ve výrobních podnicích?

Znění odpovědí k otázce 6:

	Rozhodně ano	Spíše ano	Spíše ne	Rozhodně ne
Absence vhodných materiálů				
Chybějící povědomí podniku o 3D tisku				
Limitující velikost tiskového prostoru				
Malá SW podpora (např. CAD SW)				
Nedostatečná nabídka 3D tiskáren				
Nedostatečná nabídka materiálů				
Nedostatečné znalosti zaměstnanců				
Neexistující normy				
Nezájem managementu				
Nízká efektivita / rychlost výroby				
Nízká kvalita / přesnost výroby				
Podnik pro 3D tisk nemá využití				
Potřeba časté údržby				
Právní aspekty (copyrights)				
Vysoká cena průmyslových 3D tiskáren				
Vysoké provozní náklady (tj. spotřeba energie, materiálů atd.)				
Zvyšující se ceny vstupních materiálů				

5.5 Iničiátoři zavedení 3D tisku ve výrobním podniku

Další otázka má za cíl identifikovat skupiny zainteresovaných osob, které nejčastěji iniciují zavedení technologie 3D tisku ve výrobních podnicích. Ačkoli není toto téma součástí výzkumných otázek, jedná se podle mého názoru o velice zajímavý pohled na problematiku používání plastového 3D tisku v podnicích. Věřím, že znalost informace o tom, kdo podle respondentů nejčastěji iniciuje zavedení technologie v podniku, přispěje ke kvalitnějšímu návrhu dalšího postupu, tedy ke splnění cíle (IV).

Podoba otázky, podotázek a odpovědí je uvedena níže, respondent opět v každém řádku volí jednu odpověď, možnost „Nedokážu posoudit“ je využita, jelikož se domnívám, že někteří respondenti nemusejí mít dostatečné zkušenosti, aby se k této problematice mohli vyjádřit. Jednotlivé možnosti vycházejí z informací prezentovaných v Tab. 7, jsou však doplněny o majitele podniku a management.

Znění otázky 7: Kdo podle Vás iniciuje zavedení 3D tisku ve výrobních podnicích?

Znění odpovědí k otázce 7:

	Rozhodně souhlasím	Spíše souhlasím	Spíše nesouhlasím	Rozhodně nesouhlasím	Nedokážu posoudit
Majitel/é podniku					
Vyšší management					
Střední management					
Nižší management					
Produktoví designéři					
Konstruktéři					
Průmysloví inženýři					
Technologové výroby					
Pracovníci kvality					
Pracovníci údržby					
Operátoři					

5.6 Uživatelé 3D tisku ve výrobním podniku

Osmá otázka se zaměřuje na identifikaci nejdůležitějších uživatelů 3D tisk uvnitř podniku, nabízené možnosti přesně kopírují uživatele uvedené v Tab. 7. Kompletní znění otázky je opět uvedeno níže. Účelem je získat odpověď na výzkumnou otázku (6) a ověřit tak hypotézu (c).

Znění otázky 8: Kdo jsou podle Vás nejvýznamnější uživatelé 3D tisku ve výrobních podnicích?

Znění odpovědí k otázce 8:

	Rozhodně souhlasím	Spíše souhlasím	Spíše nesouhlasím	Rozhodně nesouhlasím	Nedokážu posoudit
Produktoví designéři					
Konstruktéři					
Průmysloví inženýři (tj. zohlednění použití při návrhu výrobních procesů)					
Technologové výroby (tj. zohlednění použití při definici technologického postupu výroby)					
Pracovníci kvality (tj. výroba kontrolních přípravků)					
Pracovníci údržby (tj. výroba náhradních dílů a pomocných přípravků)					
Operátoři (tj. práce s 3D tiskárnami)					

5.7 Vzdělávání v oblasti 3D tisku

Poslední část uzavřených otázek se zaměřuje na problematiku vzdělávání v oblasti 3D tisku v podnicích. Tato část reaguje jednak na bariéry technologie, jednak na účely a míru používání technologie v podniku. Na základě výsledků bude diskutována výzkumná otázka (7), a tím i ověřena hypotéza (d). Otázka je k dispozici níže.

Znění otázky 9: Na jaká témata by se podle Vás mělo zaměřit vzdělávání v oblasti 3D tisku v podnicích?

Znění odpovědí k otázce 9:

	Rozhodně souhlasím	Spíše souhlasím	Spíše nesouhlasím	Rozhodně nesouhlasím	Nedokážu posoudit
3D skenování (reverzní inženýrství)					
Ekonomické aspekty					
Konstrukce dílů pro 3D tisk (tj. zásady, topologická optimalizace atd.)					
Nabídka a vlastnosti materiálů					
Obsluha 3D tiskárny					
Porozumění digitálnímu zpracování dat (CAD SW)					
Právní aspekty					
Simulace procesu 3D tisku					

5.8 Další otevřené otázky

Jak již bylo zmíněno, otevřené otázky nereagují přímo na hypotézy, jejich cílem je získat názor respondentů na vliv pandemie covidu-19 na využívání 3D tisku a na budoucí vývoj. První otevřená otázka reaguje právě na dopady covidu-19, a to konkrétně na vliv pandemie na využívání 3D tisku ve výrobních podnicích. Cílem je například zjistit, zda respondenti nyní vnímají zvýšení snahy uživatelů v podnicích o využívání 3D tisku, zda podniky kvůli pandemii výrazněji rozšířily účely používání 3D tisku nebo jestli pandemie ovlivnila plánované investice do technologie. Cílem druhé otázky je zjistit, jaký bude podle respondentů vývoj používání 3D tisku ve výrobních podnicích v nejbližších letech. Získané informace mohou posloužit například ke zlepšení nabídky vzdělávání v oblasti 3D tisku. Znění otázek je uvedeno níže.

Znění otázky 10: Jak podle Vás pandemie covidu-19 ovlivnila používání 3D tisku ve výrobních podnicích?

Znění otázky 11: Kam se podle Vás bude vyvíjet použití 3D tisku ve výrobních podnicích do roku 2025?

5.9 Sběr dat

Dotazník popsáný v předchozích kapitolách byl naprogramován ve webové aplikaci Survio, kde byly z typů otázek nabízených v této aplikaci využity následující konkrétní typy otázek:

- otevřené otázky, na které respondent odpovídá pomocí volného textu,
- výběr z více odpovědí, kde má respondent možnost vybrat jednu, případně více odpovědí, a

- maticový typ otázky, která se skládá z dílčích podotázek, kdy ke každé respondent přiřadí jednu z nabízených možností odpovědí.

Sběr dat byl následně realizován ve spolupráci s Národním centrem Průmyslu 4.0 (NCP 4.0), které vytvořený dotazník distribuovalo na kontakty ve své databázi zájemců o workshopy na téma 3D tisku. Z pohledu výběru respondentů se jedná o oslovení panelu respondentů, jak je popsáno v kapitole 2.4. Těmto kontaktům NCP 4.0 rozeslalo email obsahující odkaz na online dotazník s prosbou o jeho vyplnění.

6 Statistická analýza dat a interpretace výsledků

Za dobu dvou týdnů, po kterou měli respondenti možnost dotazník vyplnit, se podařilo získat 122 odpovědí. Jelikož Survio automaticky generuje pouze report výsledků jednotlivých otázek (tj. odpovědi není možné nijak filtrovat), byl pro zkvalitnění vyhodnocení dat vytvořen model v programu Power BI. Zde je možné definovat filtrační otázky (tj. otázky zmíněné v kapitole 5.1), pomocí nichž lze vizualizovat výsledky v závislosti na zvolené kategorii respondentů.

V dalších podkapitolách proto budou uzavřené otázky statisticky vyhodnoceny, a to s využitím:

- vyhodnocení četností odpovědí v jednotlivých otázkách izolovaně (tj. bez aplikace jakýchkoli filtrů) zejména za účelem ověření definovaných hypotéz,
- testu závislosti kategoriálních proměnných (χ^2 test) postupně pro všechny otázky a
- korelační analýzy souhrnně pro celý soubor.

V podkapitole 6.1 je uvedeno izolované vyhodnocení a analýza pomocí χ^2 testu. V podkapitole 6.2 je pak prezentována korelační analýza. Zjištěné výsledky jsou ihned diskutovány a interpretovány.

6.1 Vyhodnocení četností a aplikace χ^2 testu

Cílem této kapitoly je vyhodnotit otázky z dotazníkového šetření (viz kapitola 5). U otázek je v této kapitole vyhodnocena četnost odpovědí a pro jednotlivé otázky je v relevantních případech postupně aplikován χ^2 test. Tímto postupem je možné ověřit hypotézy definované v kapitole 3.

Vyhodnocení četností odpovědí je realizováno s využitím programu Power BI, výstupy pro jednotlivé otázky obsahuje Příloha 3, nicméně důležité výstupy jsou prezentovány také v této kapitole. V případě, že byla v dotazníku použita škála odpovědí od rozhodně souhlasím po rozhodně nesouhlasím, nebo od rozhodně ano po rozhodně ne, jsou jako souhlasné odpovědi

brány vždy obě kladné varianty (tj. jak rozhodně, tak spíše). Z toho důvodu je v závorkách za jednotlivými odpověďmi v textu vždy uveden součet hodnot pro obě kladné varianty odpovědi³⁵.

U některých otázek měli respondenti možnost přidat také svůj pohled na danou problematiku, a to formou volné textové odpovědi. Nejzajímavější komentáře jsou proto vždy zmíněny v podkapitole, které se týkají.

Test závislosti kategoriálních proměnných je proveden pro všechny podotázky otázek 4 až 9. V rámci χ^2 testu je zkoumáno, zda se odpovědi liší podle toho, do jaké skupiny respondenti patří. Pro aplikaci χ^2 testu byli respondenti rozděleni:

- podle cenové kategorie 3D tiskáren plastů, které používají (ve srovnání jsou tyto kategorie označeny jako **HOBBY** a **PROFI**),
- podle jejich role ve vztahu k 3D tisku, kdy jsou definovány kategorie:
 - „Podniky a OSVČ“ reprezentující respondenty, kteří se s 3D tiskem setkávají v malých, středních a velkých podnicích, něco v rámci podnikání
 - „Akademická sféra“ reprezentující respondenty, kteří s 3D tiskem přicházejí do kontaktu v rámci vzdělávání, jsou tedy pedagogy nebo studenty a
 - „Hobby uživatelé“, kam spadají respondenti, kteří používají 3D tisk pro soukromé účely.

U otázek 4 až 9 jsou spočítány p-hodnoty pro čtyři možné dvojice, které je mezi sebou lze srovnat a zkoumat, zda se jejich odpovědi významně liší. Všechny výsledky p-hodnot obsahuje Příloha 4, ve které jsou červeně znázorněny p-hodnoty menší než $\alpha = 0,05$ a žlutě p-hodnoty v intervalu od 0,05 do 0,1. Pro červeně znázorněné můžeme vyvrátit nulovou hypotézu, a tudíž tvrdit, že odpovědi se významně liší dle kategorie respondenta. U žlutě znázorněných nulovou hypotézu na zvolené hladině významnosti $\alpha = 0,05$ vyvrátit nemůžeme, nicméně lze tvrdit, že odpovědi se pro definované kategorie liší, avšak méně významně. Grafické výstupy z dotazování s aplikovanými výše uvedenými filtry obsahuje Příloha 5.

6.1.1 Charakteristika respondenta

Jak již bylo zmíněno, dotazník vyplnilo celkem 122 respondentů, s plastovým 3D tiskem přichází přímo do kontaktu 91 z nich (75 %). Respondenti se s 3D tiskem nejčastěji setkávají v roli majitelů či zaměstnanců podniků (61 %), většinou se pak jedná o velké podniky (40 %). Následuje skupina hobby uživatelů (30 %) a studentů či pedagogů (23 %). Pokud respondent spadá do více kategorií, jedná se v tomto případě vždy buď o kombinaci akademické sféry a podniku, hobby a podniku, nebo všech tří zmíněných.

³⁵ Pokud například 50 % respondentů odpovědělo na otázku „Rozhodně souhlasím“ a 30 % „Spíše souhlasím“, je v textu uvedeno, že s daným tvrzením souhlasí celkem 80 % respondentů.

Z hlediska odvětví, ve kterých respondenti pracují, je nejčastěji zastoupena strojírenská výroba (35 %) a automobilový průmysl (41 %), respondenti v této otázce však měli možnost zvolit více odpovědí. Dá se tedy říct, že drtivá většina respondentů z podniků pracuje právě ve strojírenství, či přímo v automobilovém průmyslu.

Z 91 respondentů, kteří přímo využívají plastový 3D tisk, jich nejvíce používá **hobby** tiskárny, nejčastěji pak ty v nejnižší cenové kategorii (55 respondentů). Zastoupení v ostatních cenových kategoriích, jak ukazuje Tab. 17, je již relativně vyrovnané. Je také patrné, že nemalá část respondentů využívá **průmyslové** 3D tiskárny plastů.

Tab. 17 Dělení respondentů dotazníku dle cenové kategorie 3D tiskáren plastů, které využívají, vlastní výzkum

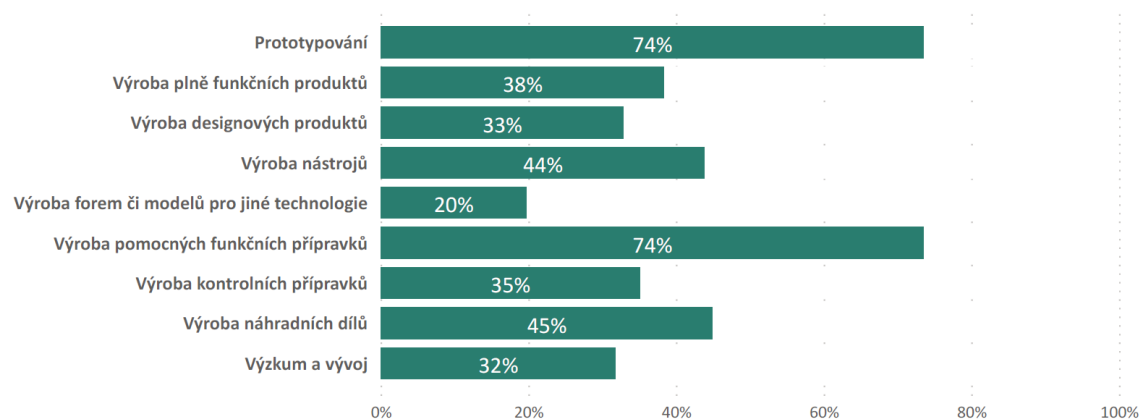
Cenová kategorie 3D tiskárny	Počet respondentů, kteří je využívají	Procento z celkového počtu respondentů používajících plastový 3D tisk
Do 50 000 Kč	55	60 %
50 000 – 150 000 Kč	17	19 %
150 000 – 500 000 Kč	11	12 %
500 000 – 2 000 000 Kč	8	9 %
Nad 2 000 000 Kč	11	12 %

Jelikož otázky 1 až 3 slouží k filtrování dalších otázek, χ^2 test v tomto případě není využit.

6.1.2 Účely použití plastového 3D tisku

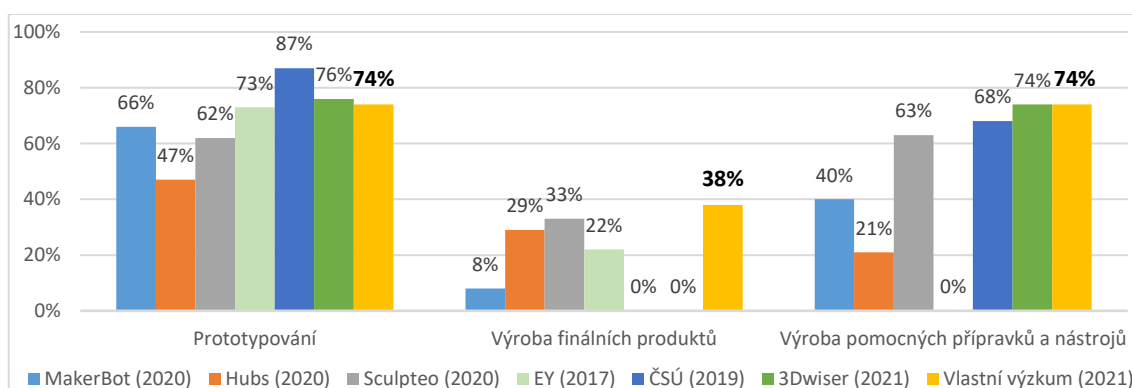
Z dotazníkového šetření vyplynulo, jak ukazuje graf na Obr. 22, že nejčastějšími účely využití plastového 3D tisku respondenty je prototypování a výroba pomocných funkčních přípravků (tyto účely uvádí shodně 74 % respondentů). Vysoké procento je patrné také u výroby nástrojů (44 %) a náhradních dílů (45 %). Velice pozitivním zjištěním je však podíl respondentů využívajících plastový 3D tisk k výrobě finálních funkčních, respektive designových produktů (38 %, respektive 33 %).

4. K jakým účelům používáte plastový 3D tisk?



Obr. 22 Grafické vyhodnocení výsledků otázky 4 (účely použití plastového 3D tisku), vlastní výzkum

Z grafu na Obr. 23 je patrné, že výsledky vlastního výzkumu přibližně odpovídají výzkumům prezentovaným v kapitolách 1.7 a 1.8. Některé hodnoty jsou pro účely grafického znázornění zprůměrovány, v případě, kdy informace v průzkumu chyběla, je v grafu uvedeno 0 %. K prototypování využívá 3D tisk 74 % respondentů vlastního výzkumu, toto procento je přibližně shodné s údaji z průzkumů společností EY (v roce 2017) a 3Dwiser (v roce 2021). Respondenti mého výzkumu používají 3D tisk k prototypování v porovnání s ostatními průzkumy nadprůměrně (průměr je necelých 69 %). K výrobě finálních produktů a výrobě pomocných přípravků a nástrojů využívají 3D tisk respondenti mého průzkumu častěji než respondenti všech ostatních průzkumů. Zejména vyšší procento využití pro výrobu finálních produktů může značit pozitivní trend v rozvoji používání technologie v průmyslu. Velice pozitivní pro validaci výsledků vlastního výzkumu je fakt, že v kategoriích „Prototypování“ a „Výroba pomocných přípravků a nástrojů“ jsou údaje získané vlastním výzkumem téměř nebo úplně shodné s nejnovějším výzkumem realizovaným v ČR, a to společností 3Dwiser.



Obr. 23 Graf srovnání stěžejních výsledků týkajících se účelů používání plastového 3D tisku s daty prezentovanými v kapitolách 1.7 a 1.8, vlastní tvorba

Výstupy z aplikace χ^2 testu jsou uvedeny v Tab. 18, ze které je patrné, že největší rozdíly v odpovědích jsou mezi uživateli **hobby** a **průmyslových** 3D tiskáren plastů. Konkrétně se jedná o podotázky týkající se využití 3D tisku pro výrobu plně funkčních výrobků (4.2), kontrolních přípravků (4.7), náhradních dílů (4.8) a o pohled na využití pro vědu a výzkum (4.9). Rozdíl v účelech využití plastového 3D tisku respondenty je podle mě dán specifiky uvedených kategorií. Z výzkumu vyplývá, že **průmyslové** 3D tiskárny jsou používány ve větší míře pro všechny účely uvedené v této otázce. To je podle mě dáno zejména tím, že, aby se investice do 3D tiskáren vyplatila, je potřeba je využívat co možná nejvíce. Toto však nemusí úplně platit o **hobby** tiskárnách v podnicích. Zejména v případě výroby plně funkčních výrobků, kontrolních přípravků a náhradních dílů je navíc vyžadována vysoká přesnost, kvalita a spolehlivost výrobní technologie, proto není překvapením, že k těmto účelům jsou mnohem častěji využívány dražší tiskárny.

Tab. 18 Výstupy χ^2 testu pro otázku 4, vlastní tvorba

	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9
HOBBY vs. PROFI	0,2997	0,0025	0,5157	0,1536	0,3140	0,2997	0,0069	0,0055	0,0386
Podniky a OSVČ vs. Akademická sféra	0,2677	0,9348	0,0171	0,0756	0,1961	0,2599	0,1230	0,6647	0,6516
Podniky a OSVČ vs. Hobby uživatelé	0,8636	0,1054	0,0076	0,5894	0,1815	0,6731	0,1055	0,6542	0,8460
Akademická sféra vs. Hobby uživatelé	0,3739	0,2597	0,9325	0,2286	0,9070	0,1932	0,8521	0,9617	0,8015

V podotázce 4.3 týkající se využití pro výrobu designových produktů je patrný rozdíl v odpovědích mezi podniky a dalšími dvěma kategoriemi. Uživatelé z podniků souhlasí s tímto účelem využití v mnohem menší míře (28 %) ve srovnání s akademickou sférou (58 %) nebo hobby uživateli (57 %). Tento rozdíl je dle mého názoru dán tím, že respondenti z podniků vnímají 3D tisk jako technologii zařazenou ve výrobním procesu, ne technologii, pomocí níž lze vyrábět designové tvary vhodné spíše pro marketingové účely.

Dle získaných informací je proto možné ověřit hypotézu (a) „*Plastový 3D tisk se v současnosti ve výrobních podnicích využívá nejčastěji pro prototypování*“. Hypotéza je pravdivá, jelikož prototypování je skutečně nejčastějším účelem využití plastového 3D tisku respondenty. Je však nutné dodat, že ve stejné míře je využíván také k výrobě pomocných funkčních přípravků.

Osobně však jako významný vliv na míru a účel používání 3D tisku v podnicích vnímám výpadky dodávek různých dílů od dodavatelů, které v roce 2021 sužovaly většinu výrobních podniků po celém světě. Tento problém ve svých odpovědích (zejména v otázce 10 týkající se vlivu pandemie covidu-19) zmiňují také respondenti průzkumu. V podobných situacích může být totiž 3D tisk rychlým a účinným řešením, a to jak při výrobě dílů samotných (například náhradních dílů, pomocných přípravků atd.), tak při výrobě dočasných dílů, které výpadek sice přímo nevyřeší, ale umožní výrobku pokračovat ve výrobním cyklu s tím, že chybějící díl se do něj nainstaluje později.

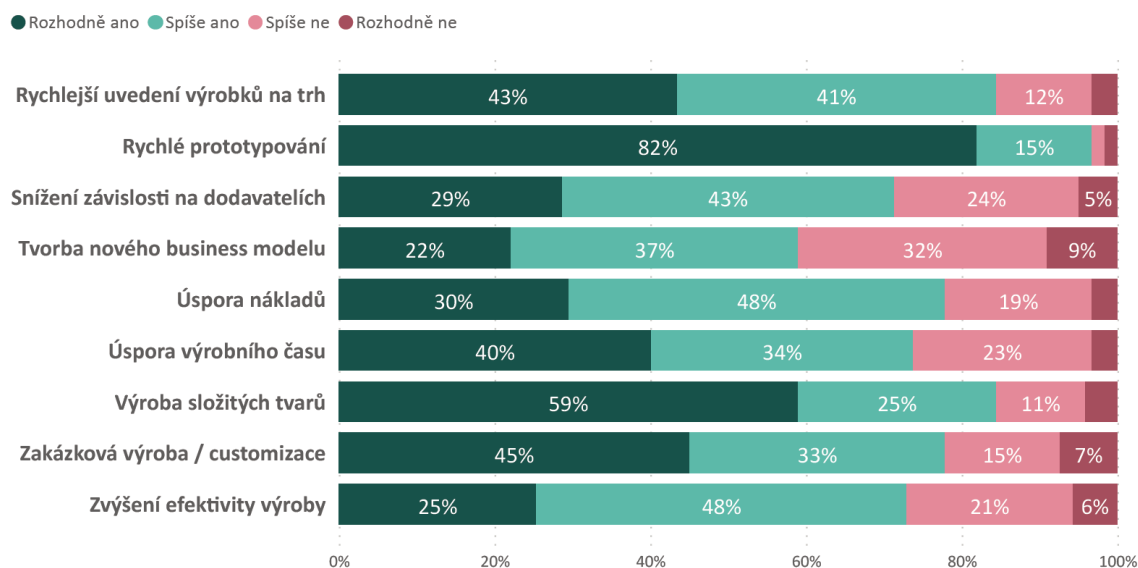
Očekávám proto, že pokud si podniky nyní ověřily, že jsou schopny si určité dosud nakupované díly vyrábět samy, a to flexibilněji i levněji, bude jimi 3D tisk využíván stále častěji. Snížení závislosti na dodavatelích umožní nejen snížení přímých nákladů (tj. úsporu za nakupované zboží), ale také snížení potřeby držet skladové zásoby (tj. vázat neproduktivní kapitál právě v zásobách náhradních dílů).

6.1.3 Benefity 3D tisku

Z realizovaného výzkumu vyplývá, že všechny kategorie benefitů 3D tisku pro výrobní podniky nabízené v dotazníku respondenti vnímají jako důležité (viz graf na Obr. 24). Jako nejzásadnější benefity vycházejí rychlé prototypování (97 %), výroba složitých tvarů (84 %) a rychlejší uvedení

výrobku na trh (84 %). Naopak jako nejméně výrazný benefit vnímají respondenti tvorbu nového business modelu (59 %), což může být dáno jednak charakteristikou respondentů, kdy podstatná část z nich pracuje v automobilovém průmyslu, kde může být změna business modelu kvůli napojení firmy v rámci dodavatelského řetězce jen těžko představitelná, jednak nedostatečným vzděláním či povědomím o možnostech, které 3D tisk přináší.

5. Jaké benefity podle Vás přináší používání 3D tisku ve výrobních podnicích?



Obr. 24 Grafické vyhodnocení výsledků otázky 5 (benefity 3D tisku), vlastní výzkum

Ve volné odpovědi respondenti nejčastěji zmiňovali benefity jako podporu angažovanosti a kreativity zaměstnanců, možnost rychle reagovat na krizové situace či možnost přidat výrobkům nové funkce. V odpovědích se objevil také zajímavý komentář k využívání **hobby** 3D tiskáren v podnicích, který říká, že „používání základních 3D tiskáren přispívá k osvětě u pracovníků, kteří nemají s touto technologií přímý kontakt a nemají k ní vztah.“

Při provedení χ^2 testu je patrné, že signifikantní rozdíl v odpovědích můžeme pozorovat pouze u otázky 5.8 týkající se zakázkové výroby a customizace, a to pro kategorie podniků a hobby uživatelů (viz Tab. 19). Hobby uživatelé přikládají možnosti customizace výrazně vyšší váhu než respondenti z podniků. To může být dle mého názoru dáno zejména nedostatečnou znalostí všech okolností hobby uživatelů, kteří mohou mít problém vnímat 3D tisk v kontextu všech ostatních podnikových procesů. Jejich pohled proto může být zjednodušený a výrazně ovlivněn tím, jaké benefity přináší 3D tisk jim osobně (pokud jej využívají k soukromým účelům).

Poměrně významné jsou však rozdíly u otázek týkajících se tvorby nového business modelu (5.4), úspory nákladů (5.5), úspory výrobního času (5.6) a customizace (5.8) mezi respondenty z podniků a akademické sféry. Ačkoli v těchto případech nebyla závislost prokázána, p-hodnota je vyšší než 0,05 jen o relativně málo. Určitá závislost tudíž existuje, ovšem ne na zvolené hladině

významnosti. Pohled akademické sféry je pozitivnější než pohled podniků. Zde se nabízí několik možných vysvětlení, proč tomu tak je. Rozdíl může být způsoben střetem teorie s praxí, kdy akademická sféra vidí 3D tisk spíše v teoretické rovině, kdežto podniky vnímají 3D tisk v kontextu průmyslové praxe. Je proto možné, že trh nebo výrobní procesy na customizaci či tvorbu nového business modelu zatím nejsou připraveny, proto může být teoretický pohled mnohem optimističtější. Druhým vysvětlením může být nedostatečné vzdělání, či nedostatečná znalost možností, které technologie nabízí. Je možné, že podniky zatím pouze nejsou schopny tyto benefity plně využít nebo o nich ani neví. Je však také možné, že akademická sféra je více orientována na budoucí vývoj technologie, kdežto podniky se velice pravděpodobně soustředí zejména na aktuální stav a situaci, ve které se nachází.

Tab. 19 Výstupy χ^2 testu pro otázku 5, vlastní tvorba

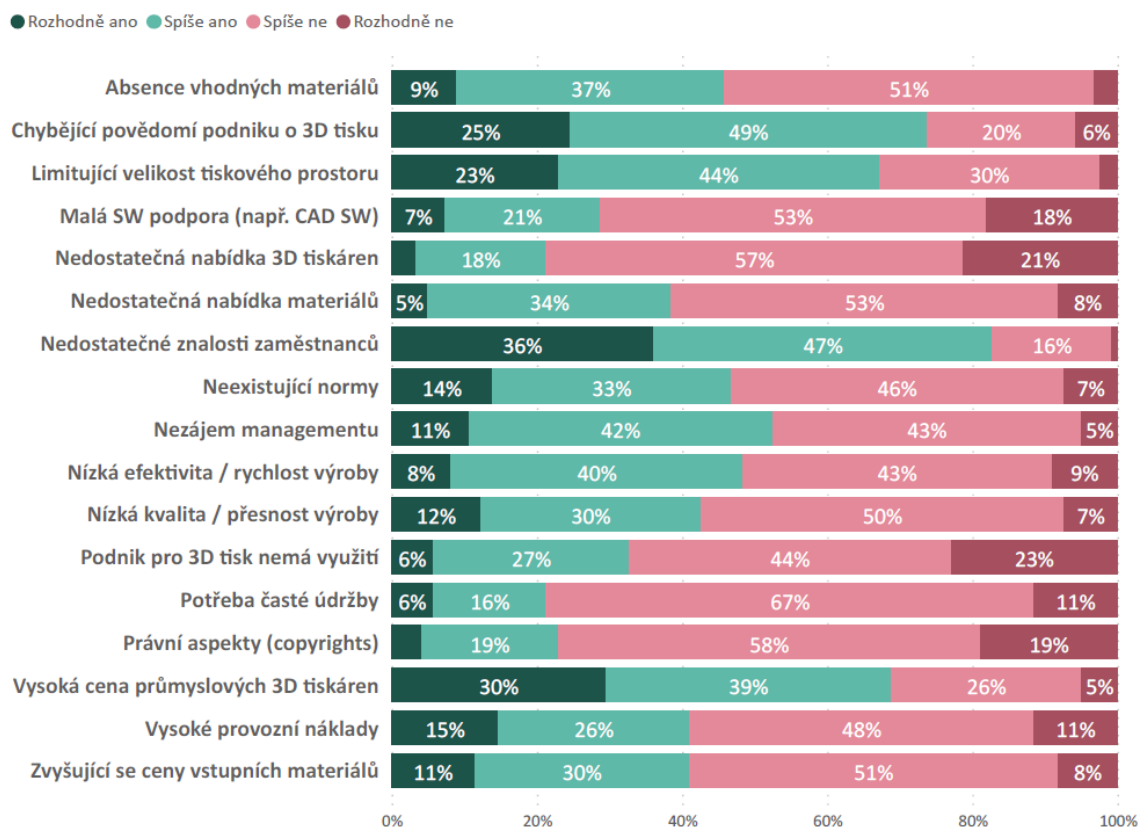
	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9
HOBBY vs. PROFI	0,3085	0,2588	0,1918	0,4085	0,4218	0,2484	0,3951	0,3821	0,7682
Podniky a OSVČ vs. Akademická sféra	0,2872	0,7911	0,2061	0,0585	0,0927	0,0893	0,8626	0,0575	0,6863
Podniky a OSVČ vs. Hobby uživatelé	0,4701	0,3292	0,8919	0,1331	0,7415	0,4966	0,4701	0,0157	0,0952
Akademická sféra vs. Hobby uživatelé	0,1349	0,2531	0,2337	0,6239	0,2531	0,3727	0,4491	0,7458	0,0758

Zajímavým zjištěním však je, že se neliší odpovědi respondentů používajících **hobby** a **průmyslové** tiskárny (resp. liší se jen velmi nevýznamně). Lze proto říct, že obě skupiny vnímají benefity technologie velice podobně, ačkoli předpokládám, že uživatelé **průmyslových** tiskáren jsou schopni díky vyšší kvalitě používaných tiskáren většinu benefitů lépe využít.

6.1.4 Bariéry bránící zavádění 3D tisku

Z grafu na Obr. 25 je patrné, že jako nejvýznamnější bariéry vnímají respondenti průzkumu nedostatečné znalosti zaměstnanců (83 %), chybějící povědomí podniku o 3D tisku (74 %), vysokou cenu průmyslových 3D tiskáren (69 %) a limitující velikost tiskového prostoru (67 %). Respondenti naopak ve velké míře nesouhlasí s tím, že by nabídka 3D tiskáren byla nedostatečná, což reaguje na výzkumnou otázku (3) a potvrzuje mé tvrzení prezentované v kapitole 4.6 o tom, že nabídka 3D tiskáren plastů je na českém trhu dostatečně široká. Za zmínku podle mě stojí také názor respondentů na právní aspekty, o nichž si pouze 23 % myslí, že stojí v cestě zavádění 3D tisku. Dle mého názoru je tento aspekt velice důležitý, otázkou však je, zda jej respondenti jako důležitý nevnímají, zda si pouze nemyslí, že by byl natolik významný, aby stál v cestě zavádění technologie do výrobního procesu, nebo jestli si pod touto bariérou nedokážou představit konkrétní problémy, které do ní patří.

6. Jaké faktory podle Vás brání zavádění 3D tisku ve výrobních podnicích?



Obr. 25 Grafické vyhodnocení výsledků otázky 6 (bariéry bránící zavedení 3D tisku), vlastní výzkum

Mezi další bariéry dle respondentů patří například nebezpečné výpary při využití některých technologií 3D tisku nebo nedůvěra v 3D tisk při porovnání s konvenčními technologiemi.

Výstupy χ^2 testu jsou uvedeny v Tab. 20. Významný rozdíl v názorech uživatelů **hobby** a **průmyslových** 3D tiskáren plastů je patrný v otázce týkající se problematiky právních aspektů (6.14), méně významný pak v otázkách týkajících se malé SW podpory (6.4) a vysokých provozních nákladů (6.16). Problematika právních aspektů uživatelům **hobby** tiskáren nepřipadá téměř vůbec důležitá, což může být dáno například tím, že tiskárny používají pro osobní potřebu, nebo tím, že tisknou jen poměrně jednoduché díly z volně dostupných databází.

Důležitá je dle mého názoru otázka týkající se výše provozních nákladů (6.16), kdy uživatelé **hobby** tiskáren nevnímají vysoké provozní náklady jako příliš velký problém, a to například proto, že většinou používají běžné materiály, jejichž cena je několikanásobně nižší než cena průmyslových materiálů. Běžné materiály jsou levnější nejen z důvodu, že se nejedná o speciální pokročilé materiály, které mohou být náročné jak na vývoj, tak na výrobu, ale také proto, že na trhu s běžnými materiály působí relativně velké množství výrobců (zejména pak výrobců filamentů pro MEX technologii), což vytváří konkurenci, která drží nižší ceny. Stejně tak spotřeba

energie s největší pravděpodobností bude nižší u **hobby** tiskáren, což úzce souvisí s tiskovými materiály, kdy pokročilé materiály často vyžadují vyšší teploty.

Tab. 20 Výstupy χ^2 testu pro otázku 6, vlastní tvorba

	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	6.10	6.11	6.12	6.13	6.14	6.15	6.16	6.17
HOBBY vs. PROFI	0,6635	0,1177	0,6454	0,0921	0,6034	0,9688	0,1520	0,8068	0,7073	0,5715	0,9695	0,5742	0,2397	0,0446	0,7164	0,0769	0,2615
Podniky a OSVČ vs. Akademická sféra	0,3464	0,4642	0,4017	0,3286	0,2473	0,9282	0,2361	0,1052	0,4252	0,1052	0,1440	0,0709	0,0250	0,4004	0,2666	0,0012	0,0154
Podniky a OSVČ vs. Hobby uživatelé	0,0893	0,4764	0,3399	0,8397	0,2452	0,1985	0,6070	0,6901	0,9344	0,4771	0,8737	0,9703	0,1272	0,8696	0,3007	0,0737	0,1691
Akademická sféra vs. Hobby uživatelé	0,5832	0,9393	0,9738	0,4968	0,9442	0,3307	0,4968	0,0831	0,5255	0,3930	0,1625	0,1312	0,4968	0,3925	0,8718	0,1513	0,3135

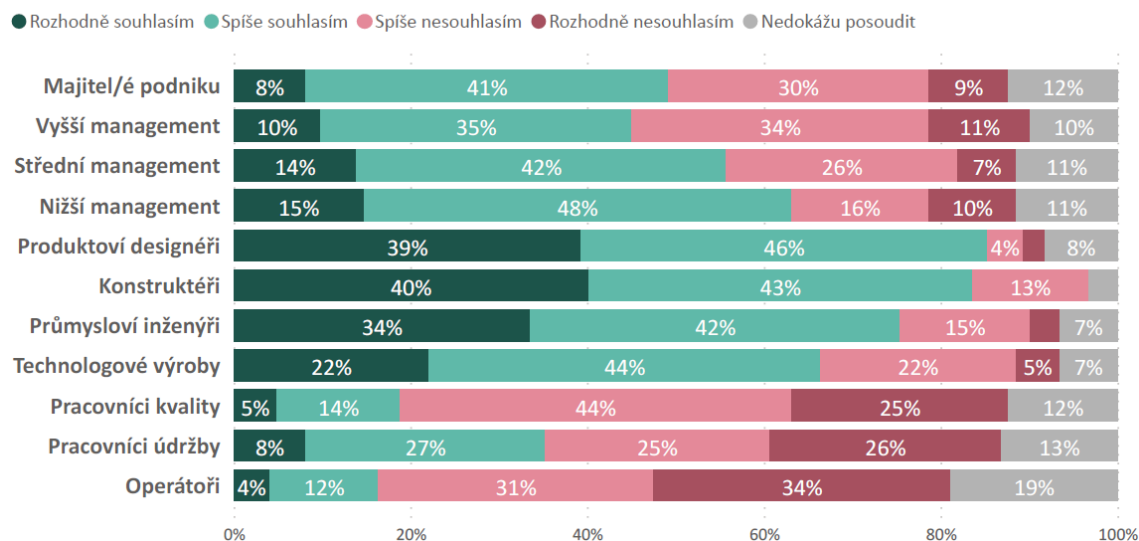
Opět však lze pozorovat významný rozdíl v odpovědích respondentů z podniků a akademické sféry, a to konkrétně v otázkách zabývajících se potřeby časté údržby (6.13), vysokých provozních nákladů (6.16) a zvyšující se ceny materiálů (6.17). Akademická sféra vnímá zejména výši provozních nákladů a zvyšující se cenu materiálů jako výrazně vážnější faktor bránící zavádění 3D tisku v podnicích než podniky samotné. Pokud je tento názor obecně platný, tj. pokud vybraný vzorek reprezentuje názor celé populace, jedná se o zásadní nepochopení mezi akademickou sférou a podniky. Pozitivní však je, že některé bariéry nejsou v reálu až tak významné, jak se může na první pohled zdát.

Dle získaných informací je v návaznosti na hypotézu (b) „Vysoká cena průmyslových 3D tiskáren plastů je významnou překážkou v implementaci plastového 3D tisku ve výrobních podnicích“ možné říct, že vysoká cena je podle respondentů poměrně významnou překážkou v implementaci 3D tisku ve výrobních podnicích, patří totiž mezi čtyři bariéry, které respondenti vnímají jako výrazně důležitější než ostatní zmíněné (souhlasně se pro důležitost této bariéry vyjádřilo 69 % respondentů). Nicméně jako nejvýznamnější bariéru vnímají respondenti nedostatečné znalosti zaměstnanců (84 %).

6.1.5 Iničiátoři zavedení 3D tisku ve výrobním podniku

Z grafu na Obr. 26 je patrné, že dle respondentů se 3D tisk do výrobních podniků dostává častěji zdola, tedy od jednotlivých pracovníků (více viz kapitola 4.1.3). Jako nejčastější iničiátory respondenti uvádějí designéry (85 %) a konstruktéry (83 %). Ačkoli majitelé spolu s managementem mají poměrně velké množství souhlasných odpovědí, majoritu tvoří odpovědi „Spíše souhlasím“.

7. Kdo podle Vás iniciuje zavedení 3D tisku ve výrobních podnicích?



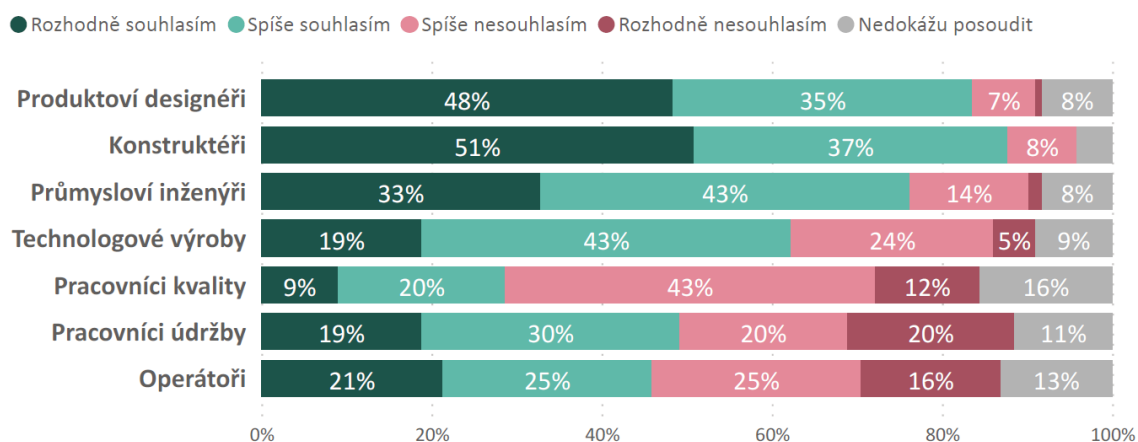
Obr. 26 Grafické vyhodnocení výsledků otázky 7 (iniciátoři zavádění 3D tisku), vlastní výzkum

Z výsledků χ^2 testu (viz Příloha) vyplývá, že významný rozdíl lze pozorovat pouze v otázce týkající se průmyslových inženýrů jakožto iniciátorů zavádění 3D tisku v podnicích (7.7), a to pro respondenty z kategorie **HOBBY** a **PROFI**. **Hobby** uživatelé vnímají průmyslové inženýry jako významnější skupinu iniciátorů. Dle mého názoru je tento rozdíl však způsoben spíše tím, že pro **hobby** uživatele mimo podniky může být poměrně náročné si uvědomit, jakou práci průmysloví inženýři zastávají, a tím i určit, jak důležitými iniciátory mohou být.

6.1.6 Uživatelé 3D tisku ve výrobním podniku

Z grafu na Obr. 27 vyplývá, že skupiny uživatelů do velké míry kopírují skupiny iniciátorů z předchozí kapitoly. Nejdůležitějšími uživateli jsou konstruktéři (88 %) a designéři (83 %), které následují průmysloví inženýři (76 %). Poměrně zajímavým zjištěním podle mě je, že respondenti nevnímají pracovníky kvality jako významné uživatele 3D tisku v podnicích. Souhlasně se vyjádřilo pouze 29 % respondentů, což přibližně odpovídá podílu respondentů, kteří plastový 3D tisk používají k výrobě kontrolních přípravků (35 %, viz Obr. 22). Zdá se tedy, že v dalších účelech využití hrají dle respondentů pracovníci kvality jen velmi malou roli, což přímo reaguje na Tab. 7 v kap. 4.1.3, ve které uvádím, že pracovníci kvality dle mého názoru mohou ovlivňovat také ostatní účely použití 3D tisku v podnicích.

8. Kdo jsou podle Vás nejdůležitější uživatelé 3D tisku ve výrobních podnicích?



Obr. 27 Grafické vyhodnocení výsledků otázky 8 (uživatelé 3D tisku), vlastní výzkum

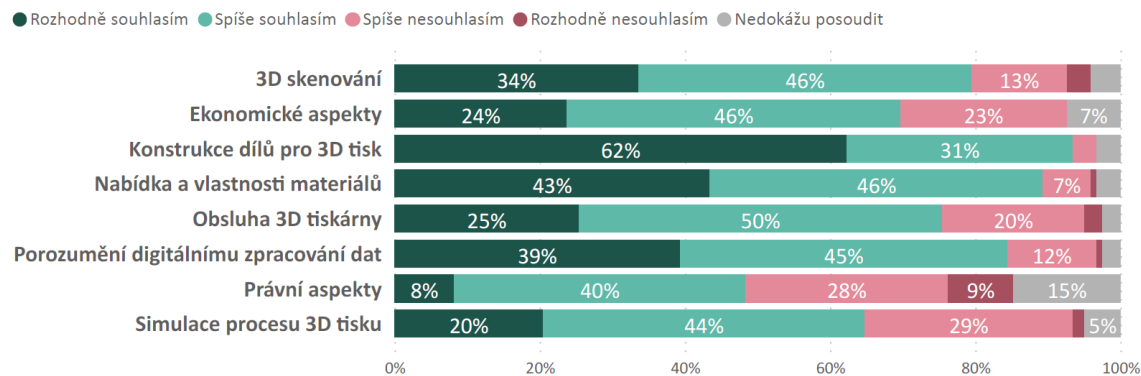
Z χ^2 testu vyplývá, že rozdíly jsou pozorovatelné pouze u možnosti „Operátoři“, a to mezi odpověďmi respondentů z podniků a akademické sféry a podniků a hobby uživatelů. Akademická sféra i hobby uživatelé vnímají operátory jako důležitější uživatele. Tento fakt může být dán tím, že 3D tisk se pro výrobu finálních výrobků, při níž by 3D tiskárny obsluhovali operátoři výroby, stále používá poměrně málo. Naopak pohled akademické sféry a hobby uživatelů může být v tomto ohledu pozitivnější.

Na základě informací prezentovaných v této kapitole a kapitole 6.1.5 je možné ověřit hypotézu (c) *Konstruktéři jsou významnými early adopters technologie plastového 3D tisku ve výrobních podnicích*. Konstruktéři jsou dle průzkumu jednak nejdůležitějšími uživateli 3D tisku v podnicích, jednak téměř nejdůležitějšími iniciátory jeho zavádění. Z toho vyplývá, že konstruktéři se na novou technologii dokážou adaptovat a začít ji využívat významněji než ostatní uživatelé, hypotézu (c) je proto možné potvrdit.

6.1.7 Vzdělávání v oblasti 3D tisku

Posledním sledovaným tématem v dotazníku je otázka vzdělávání v oblasti 3D tisku ve výrobních podnicích. Z grafu na Obr. 28 je patrné, že za nejdůležitější témata respondenti považují konstrukci dílů pro 3D tisk (93 %), nabídku a vlastnosti materiálů (89 %) a porozumění digitálnímu zpracování dat (tj. práce v CAD SW) (84 %). Naopak nejnižší důležitost přikládají právním aspektům (48 %).

9. Na jaká témata by se podle Vás mělo zaměřit vzdělávání v oblasti 3D tisku v podnicích?



Obr. 28 Grafické vyhodnocení výsledků otázky 9 (témata vzdělávání v oblasti 3D tisku), vlastní výzkum

Významný rozdíl v odpovědích lze pozorovat „3D skenování“, které respondenti z akademické sféry vnímají výrazně důležitější než hobby uživatelé a uživatelé z podniků. Rozdíl je dle mého názoru způsoben tím, že uživatelé z akademické sféry pracují s pokročilejšími technologiemi a mohou lépe chápat její možnosti.

Díky informacím prezentovaných v této kapitole a v grafu na Obr. 25, kde nedostatečné znalosti zaměstnanců v oblasti 3D tisku z průzkumu vycházejí jako nejvýznamnější bariéra bránící zavádění technologie, je možné ověřit pravdivost hypotézy (d) „Vzdělávání zaměstnanců v oblasti plastového 3D tisku významně ovlivňuje míru jeho využití v podniku“. Zejména z grafu na Obr. 25 je jasné, že vzdělávání zaměstnanců hraje velice významnou roli, z toho důvodu je možné hypotézu (d) potvrdit.

6.1.8 Otevřené otázky

Otevřené otázky na konci dotazníku jsou zaměřeny na vliv pandemie covidu-19 na používání 3D tisku v podnicích a budoucí vývoj, který respondenti očekávají. Dle respondentů měla pandemie v drtivé většině pozitivní vliv na používání technologie, respondenti zmiňují například urychlení zavádění, výraznější propagaci či využití pro výrobu náhradních dílů. Negativně zasáhla zejména segment **průmyslových** 3D tiskáren, a to kvůli omezení investic. Respondenti rovněž zmiňují výpadky dodávek některých komponent, k jejichž řešení v mnoha případech přispěl právě 3D tisk. Tento jev byl zmíněn také u analýzy otázky 4 v kap. 6.1.2.

V otázce budoucího vývoje respondenti očekávají zlevňování 3D tiskáren i materiálů, větší uplatnění v malosériové výrobě nebo to, že **hobby** tiskárny se stanou naprosto běžnou součástí výrobních podniků. Rozšíření využívání 3D tisku předpokládají zejména ve výrobě nástrojů, forem, pomocných přípravků a náhradních dílů.

6.2 Analýza vzájemných vztahů mezi odpověďmi

Cílem analýzy je nejdříve nalézt vztahy mezi odpověďmi v dotazníku, tj. identifikovat otázky, jejichž odpovědi spolu korelují. Pokud spolu dvě odpovědi korelují, znamená to, že respondent odpovídá shodně či velmi podobně na dvě odlišné otázky. Po identifikaci korelujících otázek je proto nutné tyto korelace diskutovat a interpretovat.

Za účelem nalezení vazeb byla v MS Excel realizována korelační analýzy. S využitím funkce CORREL proto byla sestavena korelační matice (viz Příloha 6), ve které jsou uvedeny korelační koeficienty mezi všemi relevantními otázkami. Analyzovány takto byly otázky 5 až 9, respektive jejich podotázky. Zeleně jsou v matici podbarveny ty hodnoty, které značí silnou či velice silnou korelaci, tedy hodnoty $r_{xy} \geq 0,6$.

Nejsilnější korelace je patrná mezi bariérami „Vysoké provozní náklady“ a „Zvyšující se ceny vstupních materiálů“, korelační koeficient má v tomto případě hodnotu 0,77. Všechny dvojice, u nichž je pozorována silná korelace, jsou uvedeny v Tab. 21.

Tab. 21 Silně korelující otázky z dotazníku, vlastní tvorba

Otázka 1	Otázka 2	r_{xy}
5.5 – Benefity: Úspora nákladů	5.6 – Benefity: Úspora výrobního času	0,63
6.16 – Bariéry: Vysoké provozní náklady	6.17 – Bariéry: Zvyšující se ceny vstupních materiálů	0,77
7.1 – Iniciátoři: Majitelé podniku	7.2 – Iniciátoři: Vyšší management	0,64
7.7 – Iniciátoři: Průmysloví inženýři	8.3 – Uživatelé: Průmysloví inženýři	0,60
7.8 – Iniciátoři: Technologové výroby	8.4 – Uživatelé: Technologové výroby	0,64
7.10 – Iniciátoři: Pracovníci údržby	8.6 – Uživatelé: Pracovníci údržby	0,74

Na dvojici otázek s nejvyšším r_{xy} byl aplikován také T-test pro posouzení významnosti korelace.

Pro dvojici otázek 6.16 a 6.17 dostáváme tyto hodnoty:

- počet hodnot $N = 122$;
- hodnotu $t = 13,26$;
- počet stupňů volnosti $SV = 120$ a
- výslednou p-hodnotu $= 7 \times 10^{-5}$.

Z p-hodnoty je jasné, že je výrazně menší než hladina významnosti $\alpha = 0,05$; z toho důvodu se nulová hypotéza o nevýznamnosti zjištěné vazby zamítá. Jelikož velikost p-hodnoty do velké míry závisí na počtu hodnot ve výběrovém souboru, který je v případě dotazníku pro všechny otázky přibližně stejný³⁶, je možné předpokládat, že p-hodnoty pro ostatní dvojice jsou velice podobné.

Zjištěné korelace mezi odpověďmi prezentovanými v Tab. 21 jsou nyní interpretovány, a to zejména za účelem nalezení kauzality neboli příčiny, která korelaci vysvětluje. Každá dvojice otázek je popsána v samostatné části.

³⁶ Počet hodnot nemusí být úplně shodný, protože se do něj nepočítají odpovědi „Nedokážeme posoudit“.

Vazba mezi úsporou nákladů a úsporou výrobního času: Kauzální vztah mezi těmito znaky dle mého názoru existuje, jelikož, pokud podnik použitím 3D tisku zkrátí čas potřebný k výrobě dílu, může také nepřímo dojít ke snížení nákladů (např. nákladů na zaměstnance připadajících na výrobek, nákladů za jiné výrobní technologie atd.). Pokud naopak respondent nemá pocit, že díky 3D tisku je možné snížit výrobní čas, je logické, že nevidí ani možnost úspory nákladů.

Vazba mezi vysokými provozními náklady a zvyšující se cenou vstupních materiálů: Korelace je způsobena vzájemným vztahem dvou znaků, kdy cena materiálu je jednou z nákladových položek spadajících do kategorie provozních nákladů. Kauzalita tak prokazatelně existuje, a i proto právě tyto dva znaky korelují nejsilněji.

Vazba mezi skupinou iniciátorů – majiteli a vyšším managementem: Dle mého názoru existují dvě možná vysvětlení této korelace. Pro zaměstnance nepůsobící na manažerských pozicích může být velice obtížné rozeznat, zda zavedení technologie iniciují majitelé nebo management. Stejně tak pokud mají pocit, že manažeři a majitelé zavedení 3D tisku nepodporují, s velkou pravděpodobností tyto dvě kategorie příliš nerozlišují – tj. vnímají vyšší management a majitele jako jednu skupinu lidí. Navíc, zejména v malých podnicích, vyšší management může být tvořen právě majiteli podniku. Opět je proto možné tvrdit, že kauzální vztah existuje.

Vazba mezi průmyslovými inženýry jako iniciátory a uživateli 3D tisku v podnicích: Dá se předpokládat, že pokud je, nebo má být, nějaká skupina zaměstnanců primárními uživateli 3D tisku v podniku, snaží se zavedení technologie rovněž iniciovat. Jinými slovy, je-li zavádění 3D tisku iniciováno „zespoda“, s největší pravděpodobností právě těmi zaměstnanci, kteří jej chtějí využívat. Pokud naopak skupina nemá zájem využívat 3D tisk, nejspíše nebude bojovat o jeho zavedení. Opět je proto možné tvrdit, že kauzální vztah existuje.

Vazba mezi technologií výroby jako iniciátory a uživateli 3D tisku v podnicích: U technologií výroby je situace shodná s tím, co platí pro průmyslové inženýry výše. Kauzalita proto existuje.

Vazba mezi pracovníky údržby jako iniciátory a uživateli 3D tisku v podnicích: U pracovníků údržby je situace shodná s tím, co platí pro průmyslové inženýry výše. Kauzalita proto existuje.

7 Celková analýza poznatků a doporučení dalšího postupu

Z výsledků mapování trhu a následného dotazování vyplývá, že nabídka 3D tiskáren plastů je u nás dostatečně široká. Celkem se u nás nabízí 3D tiskárny plastů od 58 výrobců. Zákazníci mohou volit ze široké palety tiskáren jak v jednotlivých cenových kategoriích, tak v typech používané technologie. Z pohledu ceny 3D tiskáren je nejčteněji zastoupena kategorie **\$\$**, do níž spadá alespoň jeden nabízený model od 59 % dostupných značek, naopak nejméně je zastoupena kategorie **\$\$\$\$\$**, v níž nabízí alespoň jeden model 19 % výrobců. Nejčastěji výrobci nabízejí 3D tiskárny plastů využívající technologii MEX (72 % z nich) a VPP (31 %). Technologie PBF (19 %) a MJT (5 %) jsou zastoupeny podstatně méně, což je dáno zejména faktem, že se jedná o opravdu profesionální a drahé stroje.

Na českém trhu se rovněž nabízejí materiály pro plastový 3D tisk od poměrně velkého počtu výrobců (60). Jelikož však většina pokročilejších 3D tiskáren umožňuje použít pouze materiály přímo dodávané výrobcem 3D tiskárny, jedná se ve většině případů o výrobce filamentů pro **hobby** MEX 3D tiskárny. Co se však týká tuzemských výrobců, těch u nás působí jen málo (2), což může představovat potenciální problém, ať už v konkurenceschopnosti České republiky v oblasti 3D tisku, nebo v soběstačnosti v případě nečekaných problémů v dodávkách materiálů.

V ČR navíc působí velké množství prodejců či distributorů zaměřujících se na plastový 3D tisk (14) a prodejců 3D tiskáren plastů vlastní výroby (5). Mimo těchto subjektů je možné zakoupit 3D tiskárnu také od prodejců, kteří se na 3D tisk nespécializují, ale kteří je nabízejí ve svém portfoliu. Takových společností je v práci zmapováno celkem 6, nicméně, jelikož sem patří také velké množství e-shopů s elektronikou, jejich počet je jistě výrazně vyšší.

Ačkoli se však dle vlastního průzkumu většina respondentů s plastovým 3D tiskem potkává v práci (tj. ve výrobním podniku či jako OSVČ, kdy tuto roli uvádí necelých 70 % respondentů), stále převažuje využívání **hobby** tiskáren (60 % respondentů využívá 3D tiskárny cenové kategorie **\$**) nad těmi **průmyslovými** (pouze 12 % respondentů využívá 3D tiskárny plastů za cenu vyšší než 150 000 Kč, tedy v cenové kategorii **\$\$\$ - \$\$\$\$\$**).

Co se týká právě dělení 3D tiskáren podle ceny na **hobby** a **průmyslové**, věřím, že by bylo vhodné si uvědomit, že tiskárny za několik tisíc Kč nemusí nutně být pouze „hračkami“. I tyto stroje totiž mohou v řadě průmyslových aplikací být svou kvalitou dostačující. Navíc se domnívám, že právě levné **hobby** tiskárny dokážou být pro podnik pomyslnou bránou do světa 3D tisku. Zaměstnanci se díky nim naučí s 3D tiskem pracovat, poznají jeho benefity a využití, ale také úskalí, a nakonec dokážou zhodnotit, zda se případný nákup dražšího stroje vyplatí také ekonomicky.

Na druhou stranu je podle mě nutné zdůraznit, že **hobby** tiskárny ve většině aplikací nedokážou konkurovat konvenčním technologiím. Ačkoli si tedy myslím, že segment **hobby** tiskáren by podniky neměl být opomíjen, stále by jej měly vnímat pouze jako první krok. Je proto potřeba zdůrazňovat, jaké další benefity či možnosti nabízejí **průmyslové** 3D tiskárny.

Při srovnání účelů využití 3D tisku respondenty mého průzkumu s daty z již existujících průzkumů je patrné, že pro prototypování využívá 3D tisk přibližně stejné množství respondentů (74 %), pro výrobu pomocných přípravků a nástrojů jej využívá lehce vyšší procento uživatelů (74 %), avšak využití k výrobě finálních produktů uvádí výrazně větší část respondentů (38 % ve srovnání s 8 až 32 % v jiných průzkumech). Toto zjištění může značit pozitivní trend ve využívání 3D tisku, kdy se podniky postupně posouvají od prototypování k výrobě finálních produktů.

Důležitým zjištěním průzkumu je, že majitelé a manažeři podniku jsou iniciátory zavádění technologie jen poměrně málo často. S tvrzením, že majitelé nebo management iniciují zavádění 3D tisku v podniku, dle průzkumu rozhodně souhlasí pouze 8–15 % respondentů. Pro srovnání, nejčastějšími iniciátory jsou dle průzkumu konstruktéři, s čímž rozhodně souhlasí 40 % respondentů a spíše souhlasí dalších 43 % z nich. Domnívám se, že toto zjištění souvisí také s tím, proč jsou častěji využívány levnější **hobby** tiskárny, a to z důvodů popsaných v následujících dvou odstavcích.

Pokud se 3D tisk do podniků dostává „zdola“ (tj. díky iniciativě zaměstnanců), může být pro zaměstnance velice náročné ihned prosadit nákup drahého stroje. Dá se očekávat, že management bude chtít nejdříve po zaměstnancích vykázat návratnost a prokázat benefity technologie na levných strojích před tím, než investuje do pokročilých 3D tiskáren. Domnívám se, že ve většině podniků v ČR jsme nyní v první fázi, tj. ve fázi prokazování, že 3D tisk má ve výrobním procesu své místo.

Dalším vlivem je podle mě pandemie covidu-19, která výrazně zvýšila povědomí o 3D tisku, avšak v největší míře byly propagovány právě **hobby** tiskárny. Pandemie navíc mnoha firmám značně omezila příjmy, proto se dá očekávat, že se některé podniky mohly rozhodnout pro nákup levnější tiskárny, ačkoli plánovaly nákup dražšího modelu.

Dle mého názoru se 3D tisk do podniků dostává spíše „zdola“ zejména proto, že majitelé či management o technologii nemají příliš přehled, neznají její možnosti nebo se z jakéhokoli důvodu brání jejímu zavedení. Z průzkumu vyplývá, že 74 % respondentů souhlasí s tím, že podniku chybí povědomí o technologii. 53 % respondentů pak uvádí, že významnou bariérou je také nezáměr managementu. Neochota majitelů a managementu je samozřejmě velkou překážkou, která brání rychlejší adopci technologie v podnicích, jelikož zaměstnanci musí

management přesvědčovat o přínosech 3D tisku, čímž ztrácí čas, který by případně mohl znamenat i náskok před konkurencí.

Jako obrovský nedostatek proto vidím chybějící či nedostatečné vzdělávání majitelů a managementu výrobních podniků v otázce aditivní technologie. Cílem by mělo být těmto lidem prezentovat 3D tisk z manažerského hlediska, tedy z pohledu celé firmy a celých výrobních procesů. Věřím, že zejména prezentace ukázkových příkladů z konkrétních výrobních podniků by v tomto mohly pomoci. Z nich by bylo vhodné definovat specifika určitých kategorií podniků (tj. popsat, jaká využití 3D tisku většinou volí podniky dle toho, čím se zabývají). Cílem tohoto snažení by bylo ukázat na zcela konkrétních příkladech, proč a jak může 3D tisk firmám pomoci.

Jelikož jsou nejvýznamnějšími iniciátory zavádění 3D tisku do podniků designéři a konstruktéři (s tímto tvrzením souhlasí 85 %, respektive 83 % respondentů), bylo by velice vhodné tyto skupiny zaměstnanců v jejich snahách podporovat. Nejen že jsou dle průzkumu nejvýznamnějšími iniciátory, jsou také nejvýznamnějšími uživateli 3D tisku v podnicích (88 % respondentů si myslí, že nejvýznamnějšími uživateli jsou právě konstruktéři). Z toho je patrné, že konstruktéři a designéři zavedení 3D tisku iniciují zejména proto, že nabízí benefity, které by rádi využívali.

Stěžejním zjištěním dotazníkového šetření jsou však nedostatečné znalosti zaměstnanců, 83 % respondentů si myslí, že tento faktor brání zavádění 3D tisku v podnicích. Z průzkumu navíc vyplývá, že stěžejním tématem vzdělávání v oblasti 3D tisku je konstrukce dílů pro 3D tisk (s tímto souhlasí 93 % respondentů). Primárně při využití **hobby** 3D tiskáren není možné se v podnicích spoléhat pouze na konstruktéry, nýbrž je žádoucí, aby každé oddělení disponující 3D tiskárnou mělo alespoň jednoho uživatele, který v CAD SW umí pracovat. Dalším stupněm je problematika DfAM, jelikož uživatelé by měli díly konstruovat s vědomím, že budou vyráběny pomocí 3D tisku. Věřím, že bojovat s touto bariérou lze ve čtyřech úrovních, a sice:

- na úrovni podniku formou interních nebo externích kurzů a školení,
- na úrovni prodejců a distributorů formou workshopů nebo školení, které by nabízeli podnikům,
- na úrovni nezávislých organizací popularizujících téma 3D tisku formou přednášek nebo workshopů, na které by byli zváni zástupci firem, a
- na úrovni akademické sféry formou vzdělávání studentů v těchto tématech.

Všechny zmíněné úrovně jsou důležité, nicméně stěžejní je podle mě vzdělávání studentů, které může mít nejsilnější dopad, byť samozřejmě ne okamžitý. Vzdělávání pak není pouze o práci v konstrukčních SW, ale také o konstrukci s důrazem na aditivní technologii (tj. DfAM). Mimo těchto dovedností by studenti měli získat také povědomí o možnostech využití 3D tisku v praxi v širším kontextu (tj. z pohledu majitele či managementu podniku).

Posledním důležitým zjištěním, které se ukázalo při realizaci χ^2 testu, jsou nezanedbatelné rozdíly v názorech zástupců z akademické sféry a podniků. Nejvýznamnější rozdíly jsou patrné v otázkách:

- 4.3 týkající se „Výroby nástrojů“ jako účelu využití plastového 3D tisku,
- 6.13 týkající se bariéry „Potřeby časté údržby“,
- 6.16 týkající se bariéry „Vysokých provozních nákladů“ a
- 6.17 týkající se bariéry „Zvyšující se ceny vstupních materiálů“.

Zejména pohled akademické sféry na bariéry bránící zavádění 3D tisku v podnicích je výrazně pesimističtější než pohled respondentů z podniků na stejnou problematiku. Toto tvrzení by samozřejmě bylo vhodné důkladněji ověřit dalším výzkumem. Dle mého názoru je však u nás akademická sféra nedostatečně propojená s podniky, což platí nejen v případě 3D tisku. Ke zlepšení tohoto stavu je podle mě nutné:

- upravit náplně předmětů tak, aby braly do úvahy také aktuální dění v praxi, a to například větším zapojením zástupců z firem, kteří jsou schopni poskytnout pohled praxe na vyučovanou problematiku, do výuky,
- zavést či rozšířit nabídku stáží pro akademické pracovníky v podnicích a
- monitorováním dění v praxi přesněji zacílit také témata vědy a výzkumu tak, aby řešila problémy, které podniky skutečně trápí.

Závěr

Diplomová práce je zaměřena na problematiku využívání technologie plastového 3D tisku v českém průmyslu a jejím cílem bylo zmapovat jednak podmínky, které na českém trhu plastového 3D tisku panují, jednak situaci v českých výrobních podnicích. Toto téma a také technologie 3D tisku obecně je v současné době důležité řešit zejména proto, že:

- 3D tisk je relativně nová výrobní technologie, která nabízí řadu předností, proto se jí predikoval rychlý rozvoj, který však zatím, zdá se, nenastal,
- 3D tisk zažil výrazný mediální zájem během pandemie covidu-19 na jaře 2020, kdy 3D tiskárny plastů sloužily k výrobě zdravotních pomůcek, a
- zejména díky mediální pozornosti se 3D tisk dostal do povědomí obrovského množství lidí, což má za následek zlepšení znalostí, ale i to, že si řada lidí 3D tiskárnu pořídila.

Zdá se proto, že nyní je ideální situace, kdy by také výrobní podniky měly pečlivě zvážit implementaci 3D tisku do svých výrobních procesů. Z toho důvodu byla zmapována situace na českém trhu a ve výrobních podnicích tak, aby bylo možné formulovat doporučení pro rozšíření míry adopce technologie v českém průmyslu.

V teoretické části práce byla nejdříve charakterizována technologie plastového 3D tisku, a to s důrazem na její účely využití, přínosy a nevýhody. Následně byl popsán výchozí stav využívání 3D tisku ve světě i v ČR. Poté byly prezentovány postupy, metody a nástroje pro získávání a vyhodnocení dat, které byly aplikovány v praktické části práce.

V úvodu praktické části byly za účelem splnění cílů práce definovány výzkumné otázky a hypotézy, které byly v průběhu práce zodpovězeny či ověřeny. Prvním krokem bylo mapování a analýza trhu plastového 3D tisku za účelem charakteristiky subjektů, které na něm působí. Tímto byla zmapována a zanalyzována jak strana nabídky (tj. prodejci a distributoři 3D tiskáren plastů, výrobci 3D tiskáren a výrobci materiálů), tak strana poptávky (tj. třídy zákazníků a uživatelů).

Na základě mapování a analýzy českého trhu plastového 3D tisku došlo k zodpovězení výzkumných otázek (1) až (3), kdy stěžejním poznatkem je, že nabídka na českém trhu je dostatečně široká. Působí u nás poměrně vysoký počet distributorů zaměřujících se na plastový 3D tisk (14 subjektů) a prodejců 3D tiskáren vlastní výroby (5 subjektů). Z kategorie společností, které 3D tiskárny plastů pouze nabízí ve svém portfoliu, jich bylo v práci zmapováno celkem 6. Zmapované subjekty dohromady nabízejí 3D tiskárny celkem 58 značek. Nabízené modely pokrývají celé pásmo jak co do své ceny (tj. od levných **hobby** tiskáren pro **průmyslové** 3D tiskárny), tak do využívaného typu technologie (tj. MEX, VPP, PBF a MJT).

Následně došlo na realizaci vlastního dotazníkového šetření s cílem blíže popsat situaci, ve které se ve vztahu k 3D tisku nacházejí výrobní podniky u nás. Respondenty (122 osob) průzkumu tvořili zejména uživatelé plastového 3D tisku, z nichž velká část se s 3D tiskem setkává ve výrobních podnicích. Výsledky dotazování byly analyzovány s využitím vhodných statistických metod. Veškeré získané informace byly vyhodnoceny a interpretovány, což umožnilo také formulaci doporučení pro rozšíření míry adopce technologie v českém průmyslu.

Izolovaným vyhodnocením dotazníku došlo také k ověření hypotéz (a) až (d). Hypotéza (a), která říká, že „*plastový 3D tisk se v současnosti ve výrobních podnicích využívá nejčastěji pro prototypování*“, byla potvrzena, nicméně je nutné dodat, že 3D tisk je dle průzkumu využíván ve stejné míře při prototypování i k výrobě pomocných funkčních přípravků (toto využití uvádí shodně 74 % respondentů). V případě hypotézy (b) lze tvrdit, že „*vysoká cena průmyslových 3D tiskáren plastů je významnou překážkou v implementaci plastového 3D tisku ve výrobních podnicích*“. Tato bariéra se v průzkumu umístila na třetím místě (souhlasí s ní 69 % respondentů) za chybějícím povědomím podniku o 3D tisku (74 %) a nedostatečnými znalostmi zaměstnanců (83 %). Jelikož však s tímto tvrzením souhlasilo 69 % respondentů, zdá se, že tato bariéra je významná, hypotézu je proto možné potvrdit.

Hypotézy (c) „*konstruktéři jsou významnými early adopters technologie plastového 3D tisku ve výrobních podnicích*“ a (d) „*vzdělávání zaměstnanců v oblasti plastového 3D tisku významně ovlivňuje míru jeho využití v podniku*“ lze na základě informací prezentovaných v práci zcela jistě potvrdit. Konstruktéři spolu s designéry jsou dle respondentů zdaleka nejvýznamnějšími iniciátory (souhlasně se vyjádřilo 83 %, respektive 85 % respondentů). Hypotéza (d) je potvrzena zejména proto, že nedostatečné vzdělání zaměstnanců vychází jako nejvýznamnější bariéra v zavádění 3D tisku. V otázce týkající se důležitosti témat vzdělávání navíc respondenti souhlasí se všemi nabízenými možnostmi (tj. myslí si, že vzdělávání ve všech nabízených tématech je důležité).

Na základě všech získaných informací o českém trhu plastového 3D tisku byl v závěru praktické části navržen a diskutován možný postup, jak adopci technologie v českém průmyslu rozšířit. Domnívám se, že je důležité, aby podniky samotné:

- neopomíjely **hobby** 3D tiskárny, které jim mohou usnadnit vstup do světa 3D tisku,
- si byly vědomy rozdílů (v kvalitě a rychlosti tisku, nabídce vhodných materiálů atd.) mezi **hobby** a **průmyslovými** 3D tiskárnami plastů a
- aby se dostatečně věnovaly jak vzdělávání zaměstnanců (tj. zejména v oblasti konstrukce dílů), tak vzdělávání managementu (tj. v obecných tématech týkajících se 3D tisku s důrazem na jeho benefity a účely využití).

Další subjekty ovlivňující trh plastového 3D tisku (tj. prodejci, distributoři, organizace propagující technologii, akademická sféra atd.) mohou širšímu využívání 3D tisku přispět tím, že:

- budou šířit osvětu nejen mezi potenciálními uživateli 3D tisku, ale také mezi majiteli a manažery podniků, protože jejich nezáměr adopci technologie velice výrazně brzdí,
- budou věnovat vysokou pozornost vzdělávání jak zaměstnanců, tak studentů, a to s důrazem na témata týkající se digitálního zpracování dat (tj. hlavně práci v CAD SW) a
- budou se snažit o lepší propojení akademické sféry s průmyslovou praxí.

V průběhu práce byly splněny všechny dílčí cíle (I) až (IV), čímž byl splněn také cíl hlavní, kterým bylo nejdříve nalézt a zanalyzovat překážky bránící širšímu využívání plastového 3D tisku v českém průmyslu a následně navrhnout doporučení, jak míru využívání 3D tisku v českém průmyslu zvýšit.

Věřím, že 3D tisk bude pro podniky vhodnou volbou stále častěji a že se v nejbližších letech dočkáme výrazného rozšíření jeho využívání. Předpokládám, že **hobby** tiskárny se postupně stanou téměř běžnou součástí výrobních podniků, ty se proto budou stále častěji poohlížet po **průmyslových** 3D tiskárnách plastů, případně také po 3D tiskárnách kovů. Vše samozřejmě závisí i na rychlosti vývoje technologie (tj. nejen 3D tiskáren, ale také materiálů, potřebného SW atd.).

Seznam obrázků

Obr. 1 Metody výroby – formativní, subtraktivní a aditivní [2].....	13
Obr. 2 Schéma principu technologie vytlačování materiálu (MEX) [5]	15
Obr. 3 Graf rozdělení počtu modelů 3D tiskáren plastů dle typu výrobní technologie, vypracováno dle [8]	17
Obr. 4 Montážní přípravek (šablona) vyrobená pomocí 3D tisku (vlevo) a výroba sedadla na míru s využitím plastového 3D tisku (vpravo) [15] [17]	19
Obr. 5 Příklad topologické optimalizace dílu [20]	22
Obr. 6 Hype cycle křivka pro 3D tisk [24]	24
Obr. 7 Srovnání jednotkových nákladů v závislosti na objemu produkce pro aditivní, formativní a subtraktivní výrobu, vypracováno dle [28]	27
Obr. 8 Schéma dodavatelsko-odběratelského řetězce na trhu plastového 3D tisku, vlastní tvorba	30
Obr. 9 Celkový meziroční růst nebo pokles tržeb za produkty i služby související s 3D tiskem, vypracováno dle [1] ..	30
Obr. 10 Aplikace 3D tisku v roce 2020, vypracováno dle [34].....	32
Obr. 11 Využití 3D tisku podle typu uživatelů v roce 2020, vypracováno dle [35]	32
Obr. 12 Graf zastoupení bariér bránících širšímu využívání 3D tisku ve světě, vypracováno dle [36]	33
Obr. 13 Graf míry využívání 3D tisku v podnicích s více než 10 zaměstnanci v evropských zemích v % z celkového počtu firem (vybrány státy s největší mírou využívání 3D tisku v podnicích), zpracováno dle dat z [37].....	34
Obr. 14 Příklad podoby koláčového grafu (vlevo) a sloupcového grafu (vpravo), vlastní tvorba.....	43
Obr. 15 Diagram postupu řešení praktické části, vlastní tvorba	47
Obr. 16 Graf rozdělení distributorů dle typu nabízených 3D tiskáren, vlastní tvorba.....	60
Obr. 17 Graf rozdělení prodejců vlastních 3D tiskáren dle jejich typu, vlastní tvorba	61
Obr. 18 Graf rozdělení prodejců dle typu nabízených 3D tiskáren, vlastní tvorba	63
Obr. 19 Grafy rozdělení výrobců 3D tiskáren dle ceny (vlevo) a dle využívané technologie (vpravo), vlastní tvorba ..	66
Obr. 20 Grafy rozdělení distributorů 3D tiskáren (vlevo nahoře), prodejců nabízejících 3D tiskárny v portfoliu (vpravo nahoře) a prodejců vlastních 3D tiskáren (dole) dle ceny nabízených 3D tiskáren, vlastní tvorba	67
Obr. 21 Grafy rozdělení distributorů (vlevo nahoře), prodejců nabízejících 3D tiskárny v portfoliu (vpravo nahoře) a prodejců vlastních 3D tiskáren (dole) dle typu technologie jimi nabízených 3D tiskáren, vlastní tvorba	68
Obr. 22 Grafické vyhodnocení výsledků otázky 4 (účely použití plastového 3D tisku), vlastní výzkum	82
Obr. 23 Graf srovnání stěžejních výsledků týkajících se účelů používání plastového 3D tisku s daty prezentovanými v kapitolách 1.7 a 1.8, vlastní tvorba	83
Obr. 24 Grafické vyhodnocení výsledků otázky 5 (benefity 3D tisku), vlastní výzkum.....	85
Obr. 25 Grafické vyhodnocení výsledků otázky 6 (bariéry bránící zavedení 3D tisku), vlastní výzkum.....	87
Obr. 26 Grafické vyhodnocení výsledků otázky 7 (iniciátoři zavádění 3D tisku), vlastní výzkum.....	89
Obr. 27 Grafické vyhodnocení výsledků otázky 8 (uživatelé 3D tisku), vlastní výzkum	90
Obr. 28 Grafické vyhodnocení výsledků otázky 9 (témata vzdělávání v oblasti 3D tisku), vlastní výzkum	91

Seznam tabulek

Tab. 1 Přibližné ceny 3D tiskáren plastů dle typu výrobního procesu, vypracováno dle [8]	16
Tab. 2 Ceny vybraných materiálů pro plastový 3D tisk, vypracováno dle [1].....	18
Tab. 3 Kategorie využití plastového 3D tisku ve výrobních podnicích, vlastní tvorba jako shrnutí kapitoly 1.3	20
Tab. 4 Shrnutí údajů o účelech využití 3D tisku v České republice, vypracováno dle [30] [34] [35] [38] [40] [41].....	36
Tab. 5 Shrnutí údajů o bariérách 3D tisku, vypracováno dle [30] [34] [35] [38] [40] [41].....	37
Tab. 6 Shrnutí údajů o benefitech 3D tisku, vypracováno dle [30] [34] [35] [38] [40] [41].....	37
Tab. 7 Vztah mezi uživateli 3D tisku ve výrobních podnicích a využitím technologie v podniku, vlastní tvorba.....	54
Tab. 8 Mapování distributorů a prodejců 3D tiskáren plastů na českém trhu, vlastní tvorba	57
Tab. 9 Mapování prodejců 3D tiskáren plastů vlastní výroby na českém trhu, vlastní tvorba	60
Tab. 10 Mapování prodejců na českém trhu nabízejících 3D tiskárny plastů ve svém portfoliu, vlastní tvorba	62
Tab. 11 Výrobci 3D tiskáren plastů s největším podílem na světovém trhu, vypracováno dle [1].....	63
Tab. 12 Popis parametrů použitých pro srovnání výrobců 3D tiskáren plastů, vlastní tvorba	64
Tab. 13 Mapování výrobců 3D tiskáren plastů v ceně do 150 000 Kč, vlastní tvorba	64
Tab. 14 Mapování nejvýznamnějších výrobců 3D tiskáren plastů v ceně nad 150 000 Kč na českém trhu, vlastní tvorba	65
Tab. 15 Mapování výrobců 3D tiskáren plastů v ceně nad 150 000 Kč s menším zastoupením na českém trhu, vlastní tvorba	65
Tab. 16 Seznam výrobců materiálů uvedených v mapování distributorů a prodejců, vlastní tvorba	69
Tab. 17 Dělení respondentů dotazníku dle cenové kategorie 3D tiskáren plastů, které využívají, vlastní výzkum.....	82
Tab. 18 Výstupy χ^2 testu pro otázku 4, vlastní tvorba	84
Tab. 19 Výstupy χ^2 testu pro otázku 5, vlastní tvorba	86
Tab. 20 Výstupy χ^2 testu pro otázku 6, vlastní tvorba	88
Tab. 21 Silně korelující otázky z dotazníku, vlastní tvorba	92

Bibliografie

- [1] *Wohlers Report 2021: 3D Printing and Additive Manufacturing - Global State of Industry* [online]. 1st ed. Colorado, USA: Wohlers Associates, 2021 [cit. 2021-08-14]. ISBN 978-0-9913332-7-1.
- [2] Illustrations of manufacturing principles. In: *AZO Materials* [online]. Manchester, UK: AZO Materials, 2019 [cit. 2021-08-14]. Dostupné z: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=17901>
- [3] GIBSON, Ian, David ROSEN a Brent STUCKER. *ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGIES*. 2nd ed. New York, USA: Springer, 2015. ISBN 978-1-4939-2112-6.
- [4] KHORRAM NIAKI, Mojtaba a Fabio NONINO. *The Management of Additive Manufacturing: Enhancing Business Value*. 1st ed. 2018. Imprint: Springer, 2018. Springer Series in Advanced Manufacturing. ISBN 9783319563091.
- [5] PRUSA RESEARCH. *Basics of 3D printing* [online]. [cit. 2021-09-04]. Dostupné z: <https://www.prusa3d.com/ebook-basics-of-3d-printing-with-josef-prusa/>
- [6] CHUA, Chee a Kah LEONG. *3D printing and additive manufacturing: principles and applications*. 4th edition of Rapid prototyping. Singapore: World Scientific, 2015. ISBN 978-9814571401.
- [7] Sheet lamination. *Engineering Product Design* [online]. Engineering Product Design, b.r. [cit. 2021-08-14]. Dostupné z: <https://engineeringproductdesign.com/knowledge-base/sheet-lamination/>
- [8] 3D printer comparison. *Aniwaa* [online]. [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: <https://www.aniwaa.com/comparison/3d-printers/>
- [9] Industrial FDM vs. desktop FDM. *Hubs* [online]. [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: <https://www.hubs.com/knowledge-base/industrial-fdm-vs-desktop-fdm/>
- [10] Comparison of Thermoset Versus Thermoplastic Materials. *Thomas* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.thomasnet.com/articles/plastics-rubber/thermoset-vs-thermoplastics/>
- [11] Guide to 3D Printing Materials: Types, Applications, and Properties. *Formlabs* [online]. [cit. 2021-10-22]. Dostupné z: <https://formlabs.com/blog/3d-printing-materials/>
- [12] TPE – TERMOPLASTICKÝ ELASTOMER. *Resinex* [online]. [cit. 2021-10-22]. Dostupné z: <https://www.resinex.cz/polymerove-typy/tpe.html>
- [13] Tiskové struny - filamenty. *Materiály pro 3D* [online]. [cit. 2021-10-22]. Dostupné z: https://www.materialpro3d.cz/tiskove-struny-filamenty/?gclid=CjwKCAjwwsmLBhACEiwANq-tXFtG4rYenSReqW2JRznwOg_oXMMIm8aVJQtX29Uc2a3btjErLtpF3RoCLZcQAvD_BwE
- [14] Carbon Fiber - The backbone of aluminum-strength composite parts. *Markforged* [online]. [cit. 2021-10-22]. Dostupné z: <https://markforged.com/materials/continuous-fibers/continuous-carbon-fiber>
- [15] *Volkswagen Autoeuropa: Maximizing production efficiency with 3D printed tools, jigs, and fixtures* [online]. Ultimaker, 2017 [cit. 2021-09-04]. Dostupné z: <https://ultimaker.com/learn/volkswagen-autoeuropa-maximizing-production-efficiency-with-3d-printed>
- [16] How 3D Printing is Transforming the Spare Parts Industry [2021 Update]. *AMFG* [online]. [cit. 2021-10-23]. Dostupné z: <https://amfg.ai/2018/05/29/3d-printing-transforming-spare-parts-industry/>
- [17] Porsche presents innovative 3D-printing technology for bucket seats. *Porsche* [online]. [cit. 2021-10-28]. Dostupné z: <https://newsroom.porsche.com/en/2020/products/porsche-3d-printed-bodyform-full-bucket-seat-concept-study-19996.html>
- [18] Additive manufacturing insight. *Boeing* [online]. b.r. [cit. 2021-08-14]. Dostupné z: https://www.boeing.com/features/innovation-quarterly/2019_q4/btj-additive-manufacturing.page
- [19] *3D tiskárna Stratasys F370 snížila náklady společnosti Form Automation* [online]. MCAE, 2020 [cit. 2021-09-04]. Dostupné z: https://www.mcae.cz/pripadove_studie/3d-tiskarna-stratasys-f370-snizila-naklady-spolecnosti-form-automation/
- [20] Topology optimization. In: *Convercon* [online]. 2020 [cit. 2021-08-14]. Dostupné z: <https://convercon.com/topology-optimization/>

- [21] GEBHARDT, Andreas. *Understanding additive manufacturing: rapid prototyping - rapid tooling - rapid manufacturing*. 1st ed. Munich: Hanser, 2012. ISBN 978-1-56990-507-4.
- [22] 10 ADVANTAGES OF 3D PRINTING. *Makerbot* [online]. [cit. 2021-10-23]. Dostupné z: <https://www.makerbot.com/stories/engineering/advantages-of-3d-printing/>
- [23] GLOBAL 3D PRINTING MARKET FORECAST 2019-2027. *Inkwood Research* [online]. [cit. 2021-10-23]. Dostupné z: <https://inkwoodresearch.com/reports/3d-printing-market/>
- [24] Stages on the Gartner curve. In: *The Importance of 3D Printing in Industry 4.0* [online]. 3D Natives, 2021 [cit. 2021-08-15]. Dostupné z: <https://www.3dnatives.com/en/3d-printing-in-industry-4-0-150220215/#!>
- [25] WHAT ARE THE ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF 3D PRINTING?. *TWI* [online]. [cit. 2021-08-15]. Dostupné z: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-3d-printing/pros-and-cons>
- [26] 10 Disadvantages of 3D Printing Technology. *3D Insider* [online]. 2018 [cit. 2021-08-15]. Dostupné z: <https://3dinsider.com/3d-printing-disadvantages/>
- [27] Economies of Scale. *Managementmania* [online]. [cit. 2021-12-10]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/economies-of-scale-uspory-z-vyroby-ve-velkem>
- [28] The total number of required parts is a key design consideration when selecting a manufacturing technology. In: *Hubs* [online]. Hubs [cit. 2021-08-15]. Dostupné z: <https://www.hubs.com/knowledge-base/3d-printing-vs-cnc-machining/>
- [29] 15 Disadvantages of 3D Printing Technology. *3D Printer GEEKS* [online]. [cit. 2021-10-23]. Dostupné z: <https://3dprintergeeks.com/3d-printing-disadvantages/>
- [30] *3D Printing Trends Report 2020* [online]. MakerBot, 2021 [cit. 2021-10-23]. Dostupné z: <https://pages.makerbot.com/pro3DPrintingTrendReport.html>
- [31] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Řízení výroby a nákupu*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-1479-0.
- [32] Difference between Supplier and Manufacturer. *Difference Between* [online]. [cit. 2021-10-24]. Dostupné z: <http://www.differencebetween.info/difference-between-supplier-and-manufacturer>
- [33] Distributor. *WikiKnihovna* [online]. [cit. 2021-10-24]. Dostupné z: <https://wiki.knihovna.cz/index.php/Distributor>
- [34] ROBERTS, Tess. *Additive manufacturing trend report 2021: 3D printing market growth in the year of the COVID-19* [online]. Hubs, 2021 [cit. 2021-10-28]. Dostupné z: www.hubs.com
- [35] *The State of 3D Printing: 2021 Edition* [online]. Sculpteo [cit. 2021-10-28]. Dostupné z: www.sculpteo.com
- [36] Which factors prevent you from using 3D printing more?. *Statista* [online]. [cit. 2021-10-25]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1268844/barriers-to-implementing-3d-printing-more/>
- [37] 3D printing and robotics. *Eurostat* [online]. [cit. 2021-10-25]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isocEb_p3d/default/table?lang=en
- [38] HRBKOVÁ, Ivana. *Strategický pohled na 3D tisk: příležitost pro další rozvoj firmy* [online]. In: . EY, s. 19 [cit. 2021-10-25]. Dostupné z: <https://www.strojirenskeforum.cz/prezentace/documents/pdf/2017-31-5-14-10-hrbkova.pdf>
- [39] JIRSÁK, Petr a Richard BRUNET-THORNTON. Perspectives of operational additive manufacturing: Case Studies from the Czech aerospace industry. *Journal of Eastern European and Central Asian Research* [online]. 2019, 6(1) [cit. 2021-12-28]. ISSN 23288272. Dostupné z: doi:10.15549/jeecar.v6i1.273
- [40] VYUŽÍVÁNÍ INFORMAČNÍCH A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ V PODNIKATELSKÉM SEKTORU [online]. In: . Český statistický úřad [cit. 2021-10-25]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/vyuzivani-informacnich-a-komunikacnich-technologii-v-podnikatelskem-sektoru-rok-2018-leden-2019>
- [41] *Professional 3D Printing in Central Europe* [online]. In: . 3Dwiser, 2021, s. 49 [cit. 2021-11-17]. Dostupné z: <https://3dwiser.com/3d-tisk-ve-stredni-evrope-unikatni-pruzkum-2021/>
- [42] Místo psacího stolu výrobní haly. 3D tisk konečně nastupuje. *BusinessINFO* [online]. [cit. 2021-10-28]. Dostupné z: <https://www.businessinfo.cz/clanky/misto-psaciho-stolu-vyrobní-haly-3d-tisk-konecne-nastupuje/>

- [43] Dotace pro podporu 3D tisku a 3D skenování. *3Dwiser* [online]. [cit. 2021-10-28]. Dostupné z: <https://3dwiser.com/sluzby/dotace-pro-podporu-3d-tisku-a-3d-skenovani/>
- [44] ROBERTS, Tess a Alkaïos BOURNIAS VAROTSIS. *3D printing trends 2020: Industry highlights and market trends* [online]. Hubs, 2020 [cit. 2021-10-28]. Dostupné z: www.hubs.com
- [45] The Future of 3D Printing: Five Predictions. *Jabil* [online]. [cit. 2021-09-05]. Dostupné z: <https://www.jabil.com/blog/future-of-3d-printing-additive-manufacturing-looks-bright.html>
- [46] MOLNÁR, Zdeněk. *Pokročilé metody vědecké práce*. 1. vydání. [Zeleneč]: Profess Consulting, 2012. Věda pro praxi (Profess Consulting). ISBN 978-80-7259-064-3.
- [47] TAHAL, Radek. *Marketingový výzkum: postupy, metody, trendy*. První vydání. Praha: Grada Publishing, 2017. Expert (Grada). ISBN 978-80-271-0206-8.
- [48] RUGG, Gordon. *Using Statistics*. New York, USA: McGraw-Hill Education, 2007. ISBN 978 0 335 22218.
- [49] NEUBAUER, Jiří. *Základy statistiky: Aplikace v technických a ekonomických oborech - 2., rozšířené vydání*. 2. rozšířené vydání. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-802-7191-987.
- [50] Spearman's correlation. *Statstutor* [online]. [cit. 2021-12-14]. Dostupné z: <http://www.statstutor.ac.uk/resources/uploaded/spearmans.pdf>
- [51] Everything you need to know about interpreting correlations. *Towards Data Science* [online]. 2019 [cit. 2021-12-17]. Dostupné z: <https://towardsdatascience.com/everything-you-need-to-know-about-interpreting-correlations-2c485841c0b8>
- [52] *Zákon č. 89/2012 Sb.: Zákon občanský zákoník*. In: . 2012. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-89>
- [53] Jaký je rozdíl mezi fyzickou a právnickou osobou?. *Radiožurnál* [online]. 2016 [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: <https://radiozurnal.rozhlas.cz/jaky-je-rozdil-mezi-fyzickou-a-pravnickou-osobou-6234063>
- [54] *Definice malého a středního podnikatele* [online]. In: . Ministerstvo průmyslu a obchodu [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/podnikani/zivnostenske-podnikani/2020/3/Definice-maleho-a-stredniho-podnikatele-osetrovneOSVC.pdf>
- [55] COMMISSION RECOMMENDATION of 6 May 2003 concerning the definition of micro, small and medium-sized enterprises. In: *Official Journal of the European Union* [online]. [cit. 2021-11-14]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003H0361&from=EN>
- [56] *VYSVĚTLIVKY (CZ-NACE)* [online]. In: . Český statistický úřad [cit. 2021-11-17]. Dostupné z: https://www.czso.cz/documents/10180/23174387/vysvetlivky_cz_nace.pdf/f530ebef-f949-40c7-a27d-f8888503d791?version=1.1
- [57] Nejsme výjimečný národ zahrádkářů a kutilů. *Akademie věd České republiky* [online]. [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: <https://www.avcr.cz/cs/veda-a-vyzkum/socialne-ekonomicke-vedy/Nejsme-vyjimecny-narod-zahradkaru-a-kutilu/>
- [58] Počet OSVČ v ČR. *Česká správa sociálního zabezpečení* [online]. [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: <https://data.cssz.cz/graf-pocet-osvc-v-cr>
- [59] Počty živností dle oborů v jednotlivých krajích. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/podnikani/zivnostenske-podnikani/statisticke-udaje-o-podnikatelich/pocty-zivnosti-dle-oboru-v-jednotlivych-krajich--222296/>
- [60] Organizační statistika - časové řady. *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/res_cr
- [61] Ekonomické subjekty podle převažující činnosti CZ-NACE. *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=ORG03&z=T&f=TABULKA&skupId=3771&katalog=30831&pvo=ORG03&str=v386&v=v7__null__null__null__null
- [62] Více než 100 tisíc tiskáren a tržby přes 2 miliardy. 3D tiskaři z Prusa Research zažili úspěšný rok a nehodlají zpomalovat. *CzechCrunch* [online]. [cit. 2021-10-17]. Dostupné z: <https://cc.cz/vice-nez-100-tisic-tiskaren-a-trzby-pres-2-miliardy-3d-tiskari-z-prusa-research-zazili-uspesny-rok-a-nehodlaji-zpomalovat/>

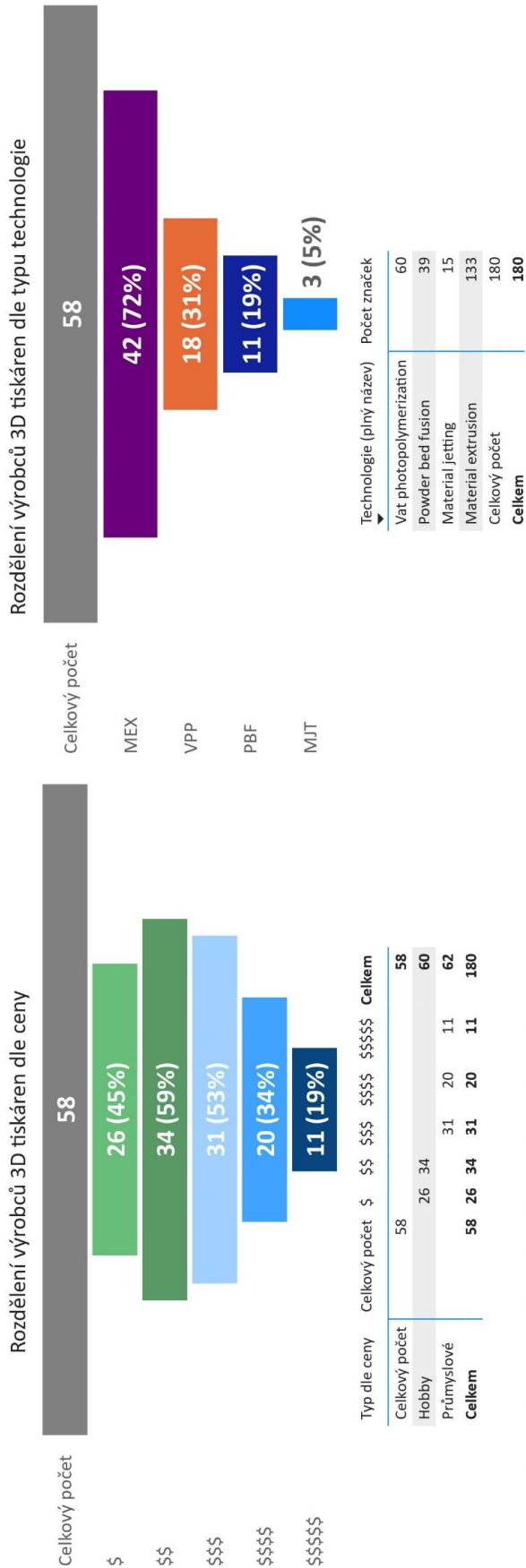
- [63] *Budoucnost výroby je tady: V Dubaji prezentujeme naši automatizovanou tiskovou farmu!* [online]. PrusaPrinters Blog [cit. 2021-11-17]. Dostupné z: https://blog.prusaprinters.org/cs/budoucnost-vyroby-je-tady-v-dubaji-prezentujeme-nasi-automatizovanou-tiskovou-farmu_55993/
- [64] Prusa Research míří do oblasti průmyslového 3D tisku, kupuje českou firmu Trilab. *Prusa Research* [online]. [cit. 2021-11-17]. Dostupné z: https://www.prusa3d.com/cs/clanek/prusa-research-headed-into-industrial-3d-printing-acquires-trilab_228847/
- [65] Úvodní stránka. *Fillamentum* [online]. [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: <https://fillamentum.com/>
- [66] Úvodní stránka. *Plasty Mladeč - Filament PM* [online]. [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: <https://www.filament-pm.cz/>
- [67] AM Software. *3D printing media* [online]. [cit. 2021-12-04]. Dostupné z: <https://www.3dprintingmedia.network/category/software/>
- [68] Best Professional CAD Software in 2021. *All3DP* [online]. [cit. 2021-12-04]. Dostupné z: <https://all3dp.com/1/best-cad-software/>
- [69] Top 10 Best CAD Software For All Levels. *3Dnatives* [online]. [cit. 2021-12-04]. Dostupné z: <https://www.3dnatives.com/en/top10-cad-software-180320194/#!>
- [70] 9 TYPES OF CAD SOFTWARE COMPANIES USE (2021). *Apollo Technical* [online]. [cit. 2021-12-04]. Dostupné z: <https://www.apollotechnical.com/cad-software-companies-use/>
- [71] Innovate Faster With Generative Design and AI. *PTC* [online]. [cit. 2021-12-04]. Dostupné z: <https://www.ptc.com/en/technologies/cad/generative-design#>
- [72] NX. *Siemens* [online]. [cit. 2021-12-04]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/nx/>
- [73] Hype cycle. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2018 [cit. 2021-08-15]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Hype_cycle
- [74] Reverse engineering. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2021-08-15]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Reverse_engineering
- [75] Základní statistické pojmy. *Publi.cz* [online]. [cit. 2021-09-05]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/201/01.html>
- [76] Business-to-Consumer (B2C). *Investopedia* [online]. [cit. 2021-10-24]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/b/btoc.asp>
- [77] Business-to-Business (B2B). *Investopedia* [online]. [cit. 2021-10-24]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/b/btob.asp>

Příloha 1

Společnost	Webová stránka
2K 3D	https://2k3d.cz/
3D Manufatura	https://www.3dmanufaktura.cz/
3Dees	https://www.3dees.cz/
3DGence	https://3dgence.com/
3Dwiser	https://3dwiser.com/
3RSystems	http://www.3rsystems.cz/
Abc3D	https://www.abc3d.cz/
Alza	https://www.alza.cz/
Anisoprint	https://anisoprint.com/
Anycubic	https://www.anycubic.com/
Artillery 3D	https://artillery3d.com/
ASC HB	https://www.multifunkce-tiskarny.cz/
Asiga	https://www.asiga.com/
Atmat	https://www.atmat.pl/home
BCN3D	https://www.bcn3d.com/
BigRep	https://bigrep.com/
BIQU	https://www.biqu.equipment/
Blocks	https://www.blockstec.com/
CEL	https://cel-uk.com/
CONrad	https://www.conrad.cz/
cotu	http://www.cotu.cz/
Craftbot	https://craftbot.com/
Creality	https://www.creality.com/
CZC	https://www.czc.cz/
Dazz	https://www.dazz-3d.com/
DigiBro	https://digibro3d.cz/
Dremel	https://www.dremel.com/cz/cs
EDM 3D	http://www.edm3d.cz/
eMotionTech	https://en.emotion-tech.com/
Envisiontec	https://envisiontec.com/
EOS	https://www.eos.info/en
FELIXprinters	https://www.felixprinters.com/
FlashForge	https://www.flashforge.com/
Flsun	https://flsun3d.com/
Hage3D	https://www.hage3d.com/
iBridger	https://ibridger.eu/
IEMAI	https://www.iemai3d.com/
Imanica	http://www.imanica.cz/
Intamsys	https://www.intamsys.com/
Kywoo 3D	https://www.kywoo3d.com/
Materialpro3D	https://www.materialpro3d.cz/
MCAE	https://www.mcae.cz/
MiniFactory	https://minifactory.fi/
Na3D	https://www.na3d.cz/
NC Computers	https://www.nc.cz/
Nova3D	http://www.nova3dp.com/
Omni3D	https://omni3d.com/
Panospace	http://int.3dpanospace.com/cs/businessx-front-page/
Peopoly	https://peopoly.net/
Photocentric	https://photocentricgroup.com/
Phrozen	https://phrozen3d.com/
Polaroid	https://www.polaroid3d.com/
Prusa Research	https://www.prusa3d.cz/
Raise3D	https://www.raise3d.com/
Rebel	http://www.rebel3d.cz/
RS Components	https://cz.rs-online.com/

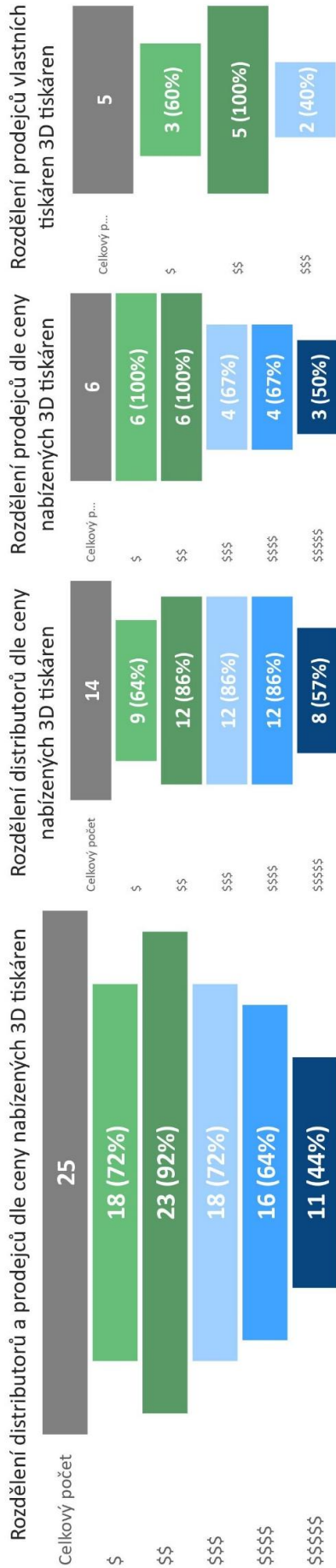
Sharplayers	https://sharplayers.cz/
Sindoh	https://3dprinter.sindoh.com/
Sinterit	https://www.sinterit.com/
Sintratec	https://sintratec.com/
Snapmaker	https://www.snapmaker.com/
SolidVision - 3d-tiskarna.cz	https://www.3d-tiskarna.cz/
Tecnotrade	https://www.objet.cz/
TierTime	https://www.tiertime.com/
Trilab	https://trilab3d.com/cs/
Uniontech	https://www.uniontech3d.com/
Uniz	https://www.uniz.tech/
VoxelJet	https://www.voxeljet.com/
Wasp	https://www.3dwasp.com/en/
XYZprinting	https://www.xyzprinting.com/en-US/home
Zortrax	https://zortrax.com/

Příloha 2

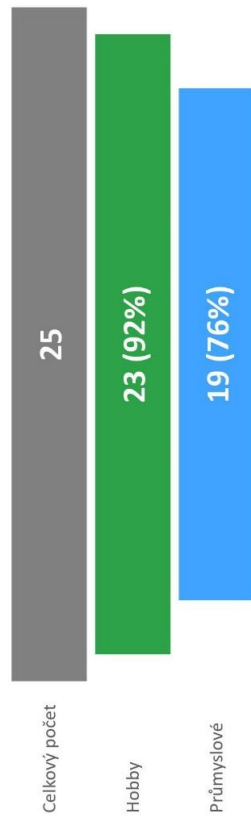


Značky tiskáren dle množství prodejců či distributorů, kteří je nabízí





Rozdělení distributorů a prodejců dle kategorie ceny nabízených 3D tiskáren



Seznam distributorů a prodejců

Distributor	Prodejce	Prodejce vlastních tiskáren
2K3D	Abc3D	MCAE
3D Manufactura	Alza	Na3D
3Dees	ASC HB	NC Computers
3Dwiser	Conrad	Prusa Research
3RSystems	cotu	RS Components
		Technotrade
		Trilab
		Uniz

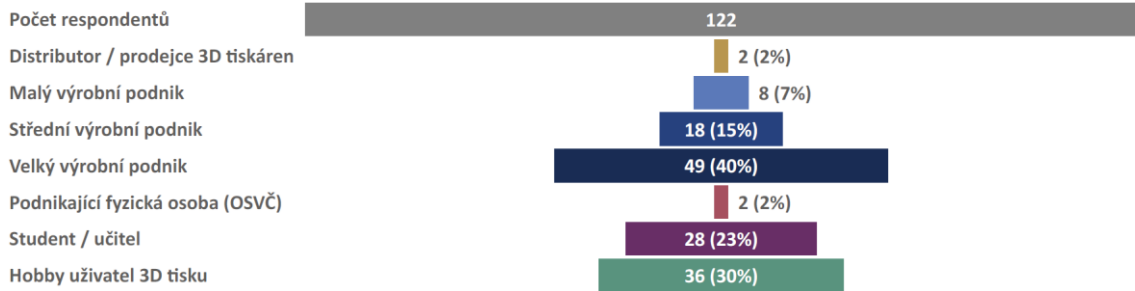
Typ společnosti	Celkový počet	Typ dle ceny	Celkový počet
Distributor	14	12	12
Prodejce	6	6	4
Prodejce vlastních tiskáren	5	3	2
Celkem	25	18	16

	Celkový počet
Hobby	18
Průmyslové	16
Celkem	25

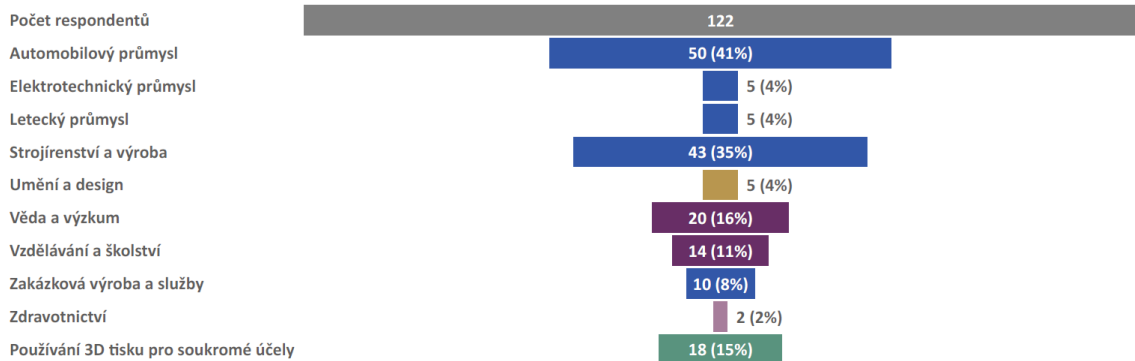


Příloha 3

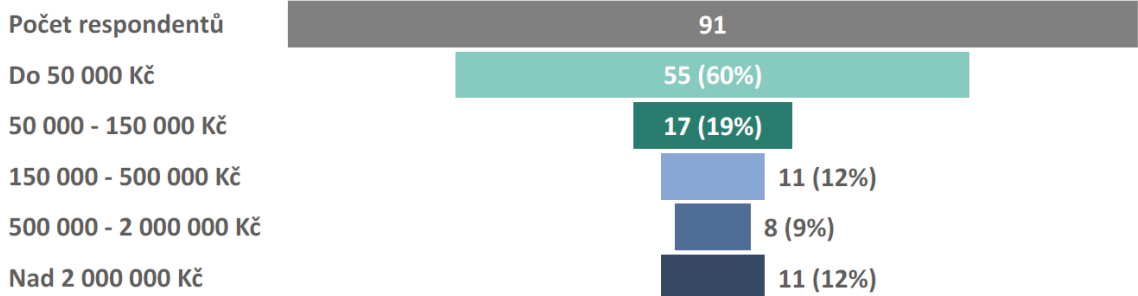
1. Jaká je Vaše role ve vztahu k 3D tisku?



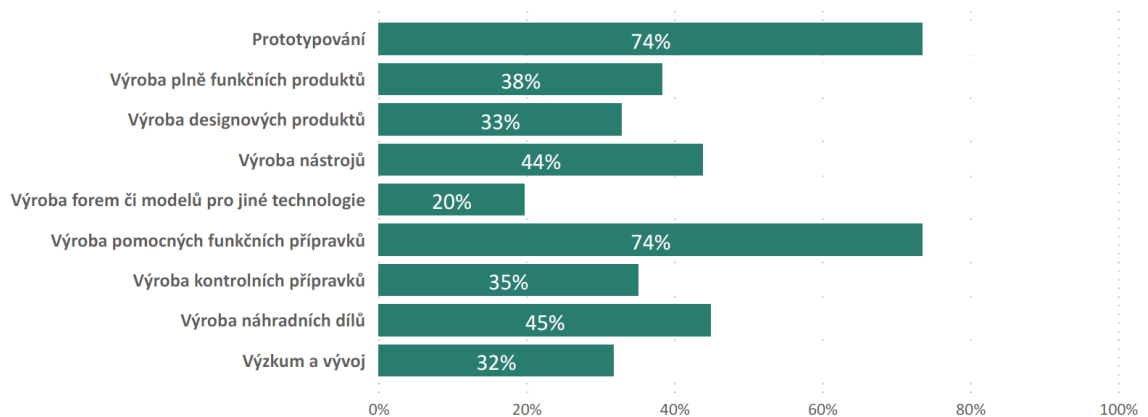
2. V jakém odvětví pracujete?



3. V jakých cenových kategoriích se nachází Vaše 3D tiskárny plastů?

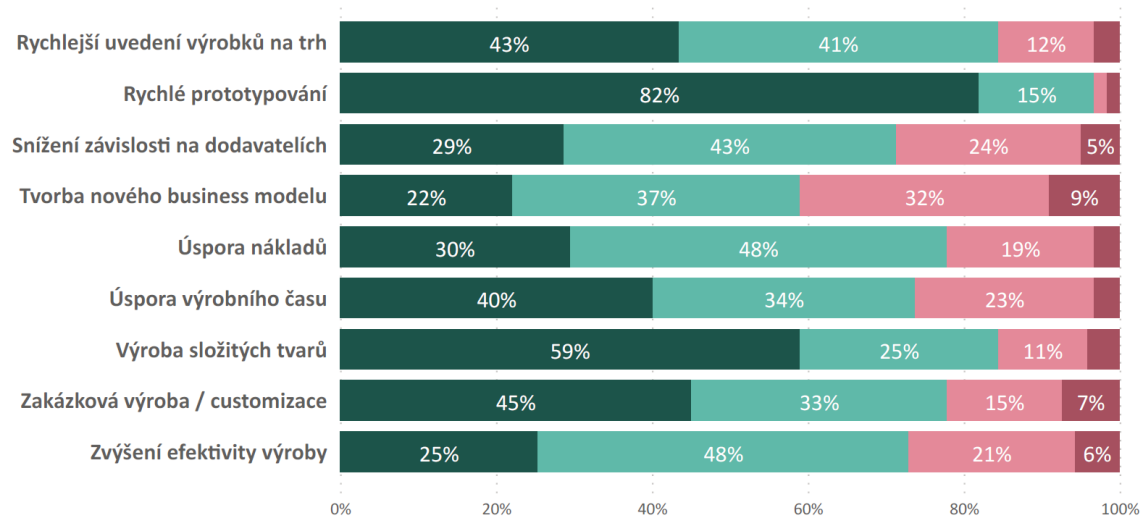


4. K jakým účelům používáte plastový 3D tisk?



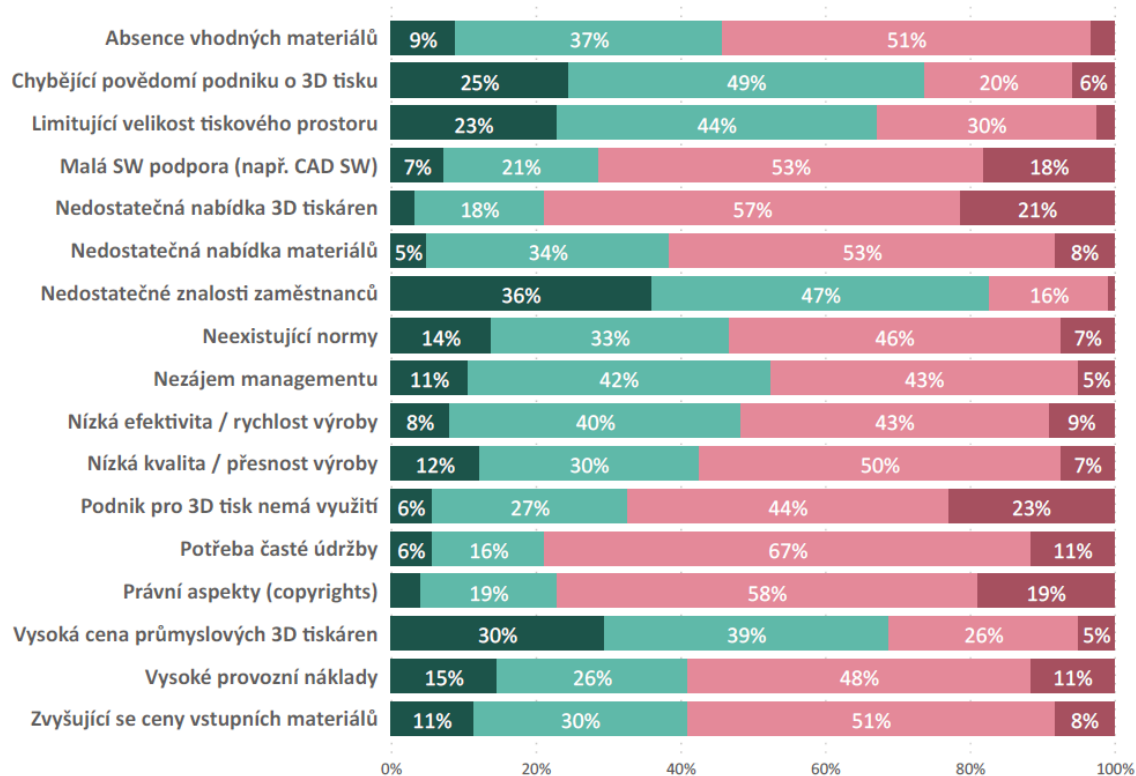
5. Jaké benefity podle Vás přináší používání 3D tisku ve výrobních podnicích?

● Rozhodně ano ● Spíše ano ● Spíše ne ● Rozhodně ne

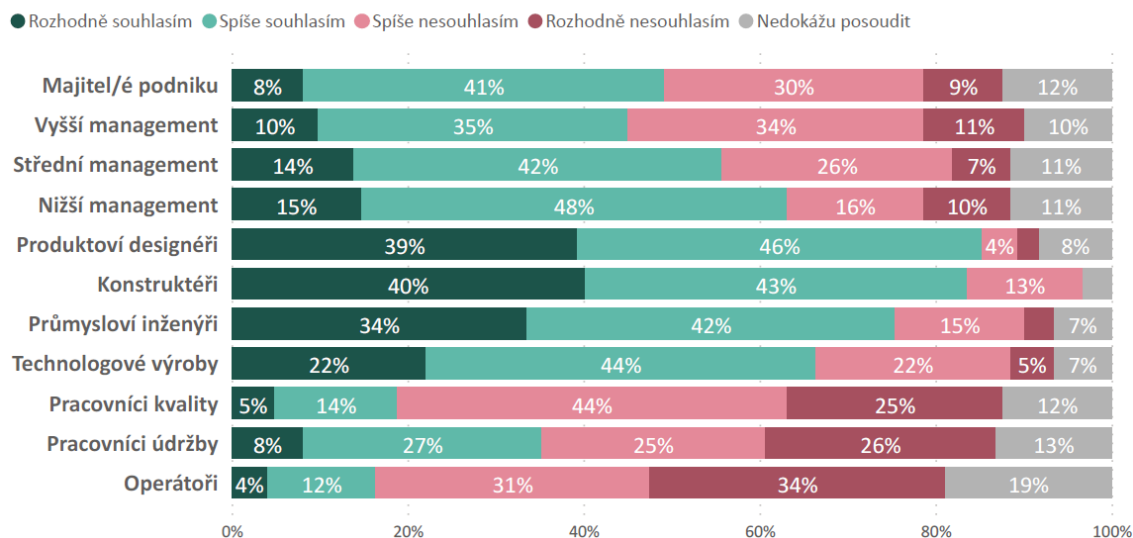


6. Jaké faktory podle Vás brání zavádění 3D tisku ve výrobních podnicích?

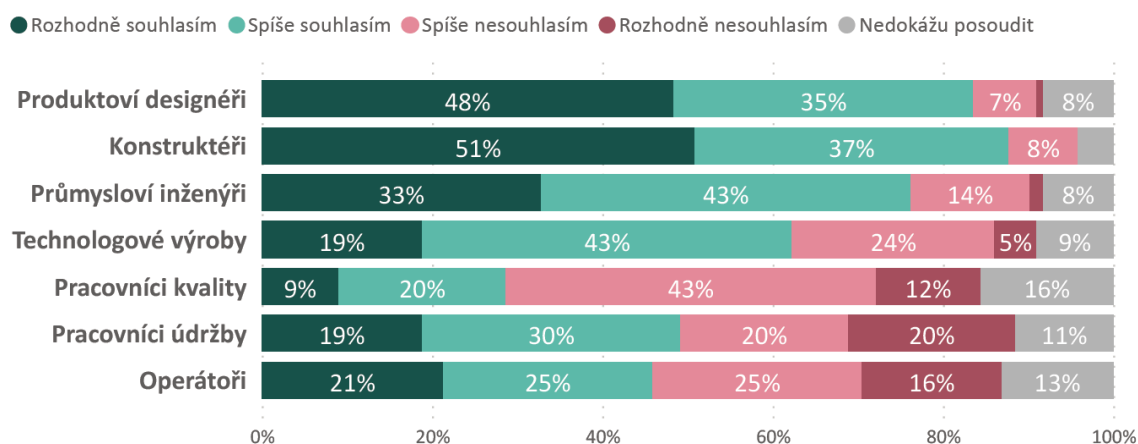
● Rozhodně ano ● Spíše ano ● Spíše ne ● Rozhodně ne



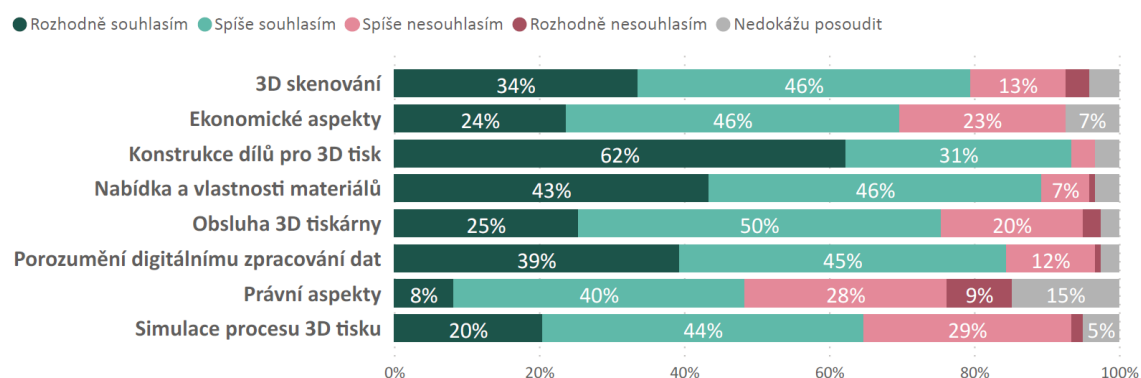
7. Kdo podle Vás iniciuje zavedení 3D tisku ve výrobních podnicích?



8. Kdo jsou podle Vás nejvýznamnější uživatelé 3D tisku ve výrobních podnicích?



9. Na jaká témata by se podle Vás mělo zaměřit vzdělávání v oblasti 3D tisku v podnicích?



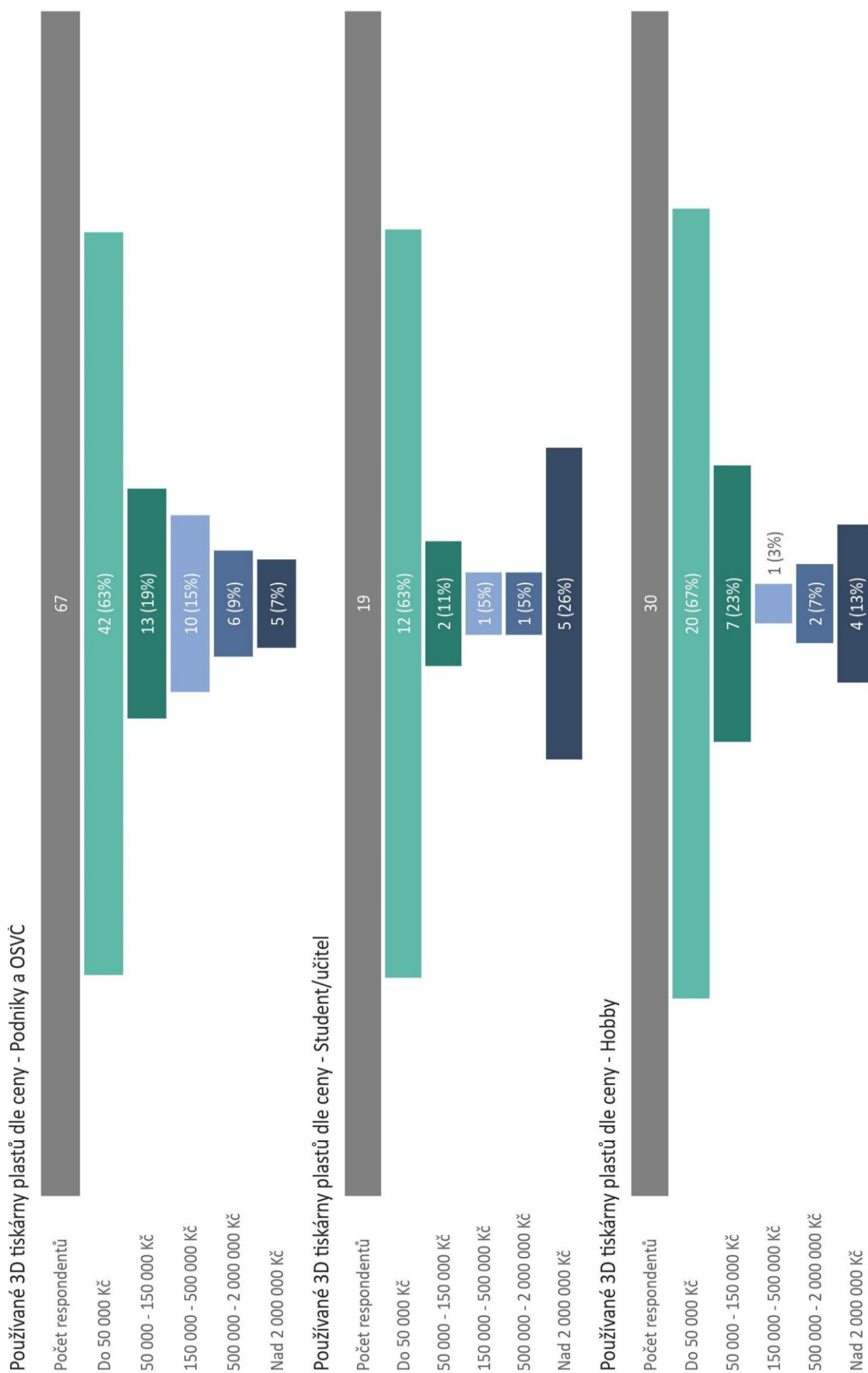
Příloha 4

ÚČELY POUŽITÍ 3D TISKU	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9
HOBBY vs. PROFI	0,2997	0,0025	0,5157	0,1536	0,3140	0,2997	0,0069	0,0055	0,0386
Podniky a OSVČ vs. Akademická sféra	0,2677	0,9348	0,0171	0,0756	0,1961	0,2599	0,1230	0,6647	0,6516
Podniky a OSVČ vs. Hobby uživatelé	0,8636	0,1054	0,0076	0,5894	0,1815	0,6731	0,1055	0,6542	0,8460
Akademická sféra vs. Hobby uživatelé	0,3739	0,2597	0,9325	0,2286	0,9070	0,1932	0,8521	0,9617	0,8015
BENEFITY 3D TISKU	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9
HOBBY vs. PROFI	0,3085	0,2588	0,1918	0,4085	0,4218	0,2484	0,3951	0,3821	0,7682
Podniky a OSVČ vs. Akademická sféra	0,2872	0,7911	0,2061	0,0585	0,0927	0,0893	0,8626	0,0575	0,6863
Podniky a OSVČ vs. Hobby uživatelé	0,4701	0,3292	0,8919	0,1331	0,7415	0,4966	0,4701	0,0157	0,0952
Akademická sféra vs. Hobby uživatelé	0,1349	0,2531	0,2337	0,6239	0,2531	0,3727	0,4491	0,7458	0,0758
BARIÉRY BRÁNÍ ZAVÁDĚNÍ 3D TISKU	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9
HOBBY vs. PROFI	0,6635	0,1177	0,6454	0,0921	0,6034	0,9688	0,1520	0,8068	0,7073
Podniky a OSVČ vs. Akademická sféra	0,3464	0,4642	0,4017	0,3286	0,2473	0,9282	0,2361	0,1052	0,4252
Podniky a OSVČ vs. Hobby uživatelé	0,0893	0,4764	0,3399	0,8397	0,2452	0,1985	0,6070	0,6901	0,9344
Akademická sféra vs. Hobby uživatelé	0,5832	0,9393	0,9738	0,4968	0,9442	0,3307	0,4968	0,0831	0,5255
INICIÁTOŘI ZAVÁDĚNÍ 3D TISKU	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9
HOBBY vs. PROFI	0,6859	0,9174	0,5805	0,5390	0,3770	0,4590	0,0092	0,4411	0,4126
Podniky a OSVČ vs. Akademická sféra	0,7014	0,2438	0,4345	0,6986	0,1056	0,8845	0,9812	0,2733	0,4152
Podniky a OSVČ vs. Hobby uživatelé	0,5560	0,6750	0,4958	0,6642	0,2173	0,4924	0,5527	0,2154	0,9778
Akademická sféra vs. Hobby uživatelé	0,4153	0,5053	0,2248	0,9828	0,3871	0,6622	0,6412	0,9772	0,4973
UŽIVATELÉ 3D TISKU	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9
HOBBY vs. PROFI	0,1004	0,7822	0,2340	0,4791	0,6797	0,1861	0,9447		
Podniky a OSVČ vs. Akademická sféra	0,6276	0,5094	0,4977	0,6054	0,4360	0,4650	0,0676		
Podniky a OSVČ vs. Hobby uživatelé	0,8976	0,3061	0,2684	0,7280	0,7987	0,5198	0,0113		
Akademická sféra vs. Hobby uživatelé	0,7575	0,7879	0,7486	0,4690	0,6383	0,2538	0,6269		
TÉMATA VZDĚLÁVÁNÍ V 3D TISKU	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9
HOBBY vs. PROFI	0,7329	0,2653	0,8411	0,8304	0,2654	0,5768	0,2681	0,6795	
Podniky a OSVČ vs. Akademická sféra	0,0078	0,5670	0,2157	0,2665	0,0908	0,7208	0,8290	0,5205	
Podniky a OSVČ vs. Hobby uživatelé	0,6088	0,9478	0,1610	0,9365	0,7611	0,7408	0,5391	0,8527	
Akademická sféra vs. Hobby uživatelé	0,0213	0,5771	#DIV/0!	0,3933	0,2337	0,9639	0,7607	0,6771	

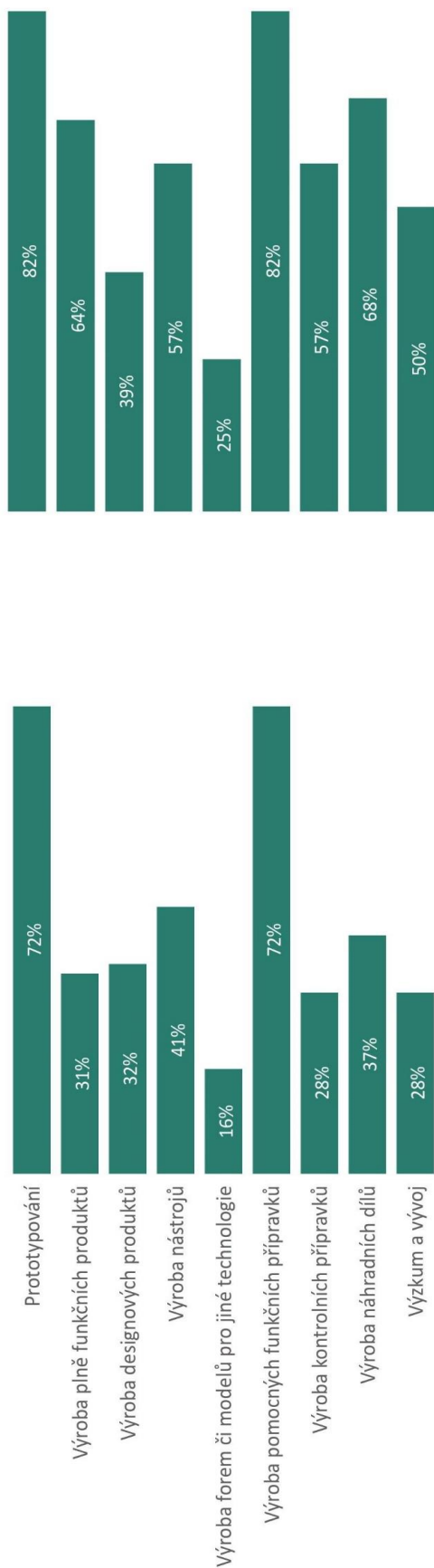
Vysvětlivka:

- P-hodnoty uvedeny **červeně kurzívou** reprezentují stavy, ve kterých byla četnost nějakého znaku v kontingenční tabulce menší než 5 (tj. χ2 test není průkazný)
- P-hodnoty zvýrazněné a podbarvené **červeně** jsou menší než $\alpha = 0,05$ (tj. je možné zamítnout nulovou hypotézu)
- P-hodnoty zvýrazněny a podbarveny **žlutě** leží v intervalu (0,05; 0,1) (tj. nulovou hypotézu nemůžeme zamítnout, nicméně závislost, byť nižší, existuje)

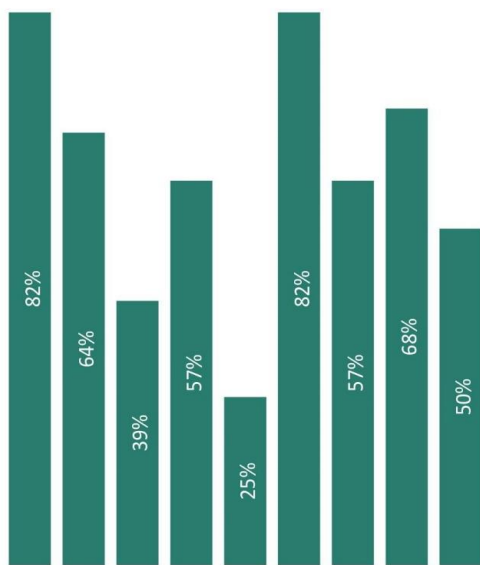
Příloha 5



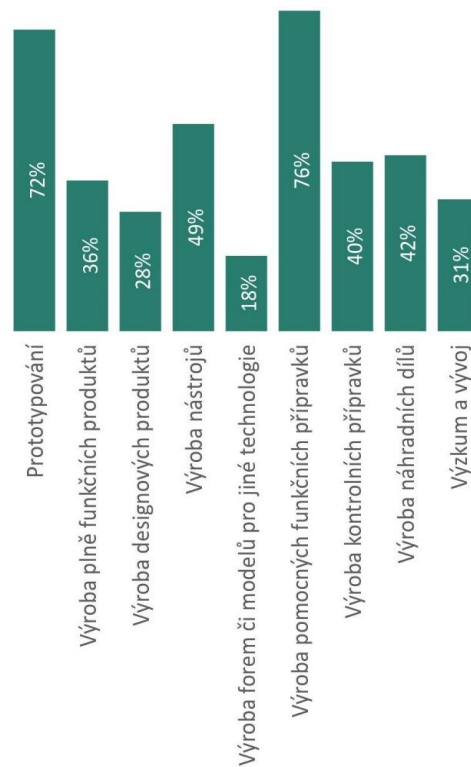
Účely použití plastového 3D tisku - HOBBY



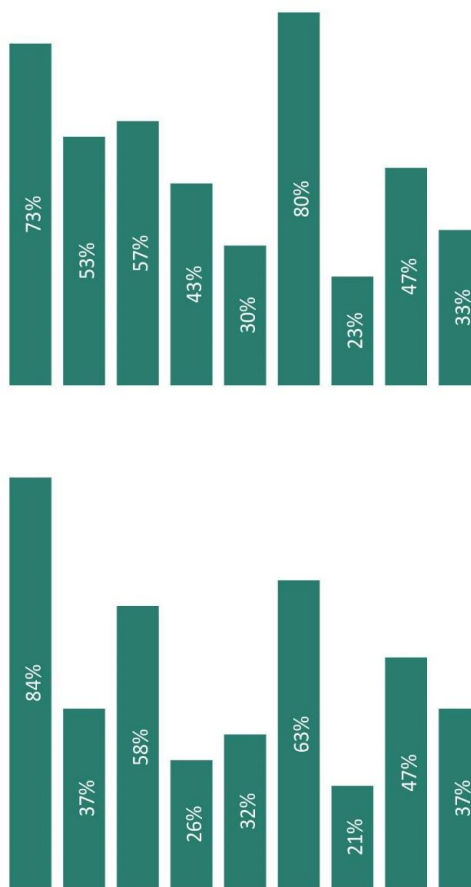
Účely použití plastového 3D tisku - PROFÍ



Účely použití plastového 3D tisku - Podniky a OSVČ

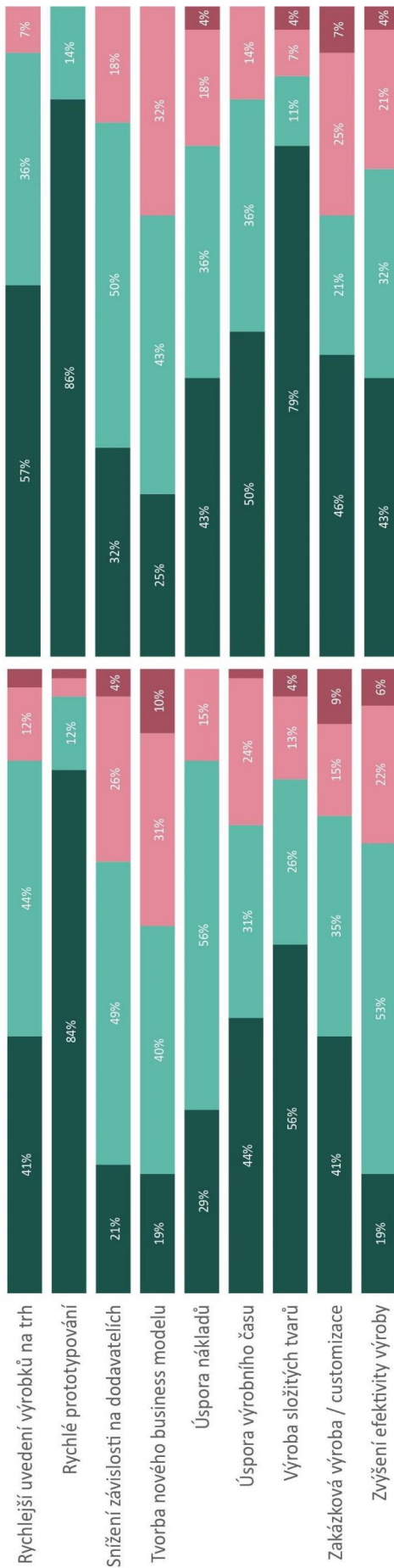


Účely použití plastového 3D tisku - St./učitel Účely použití plastového 3D tisku - Hobby



Benefity - HOBBY

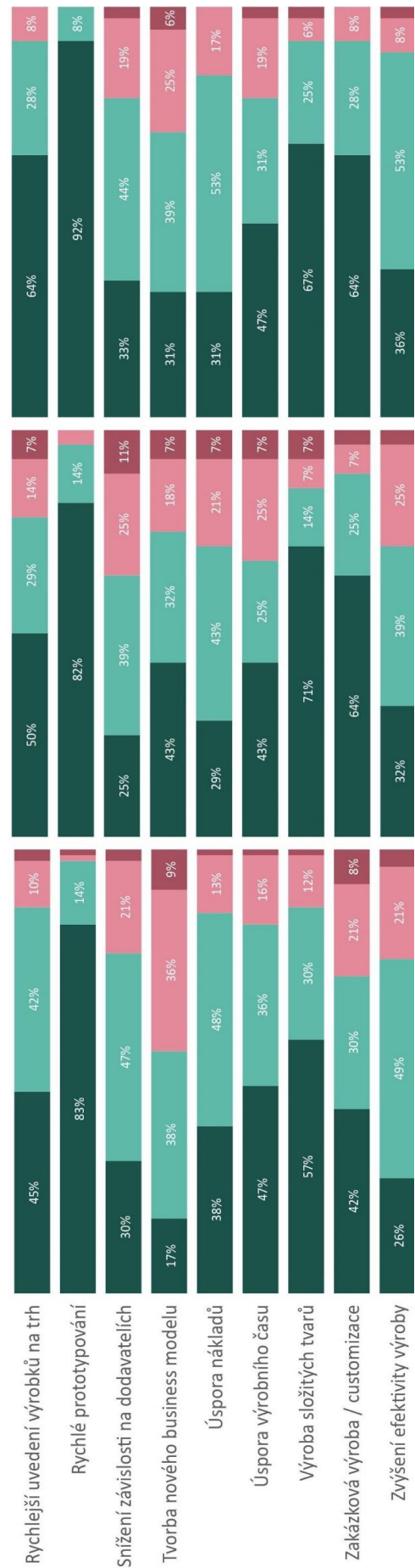
Benefity - PROFI



Benefity - Podniky a OSVČ

Benefity - Student/učitel

Benefity - Hobby



Bariéry - HOBBY



Bariéry - PROFÍ



Bariéry - Podniky a OSVČ



Bariéry - Student/učitel

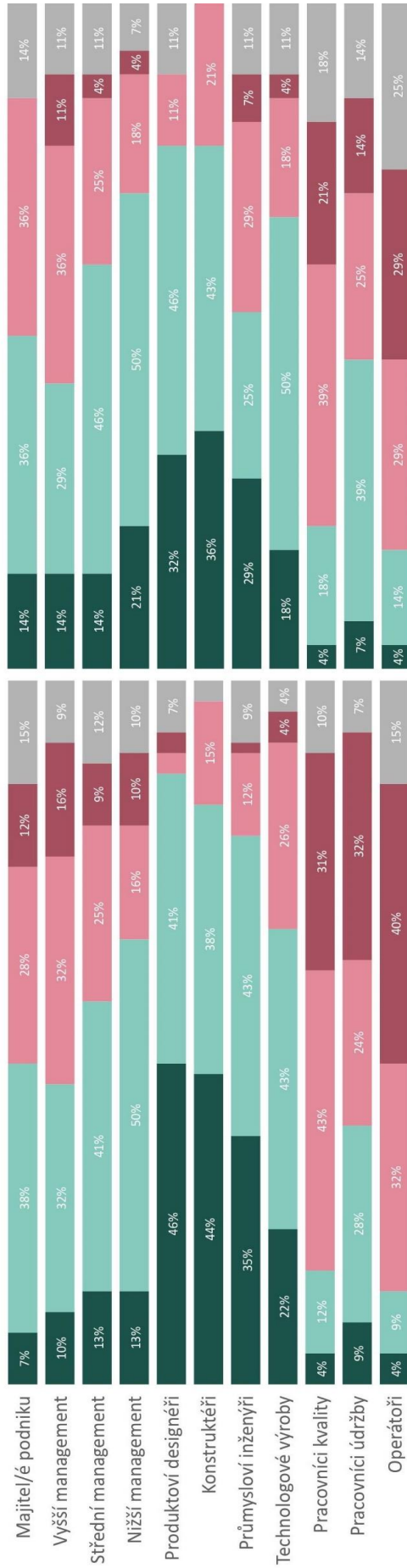


Bariéry - Hobby



Iniciátoři - HOBBY

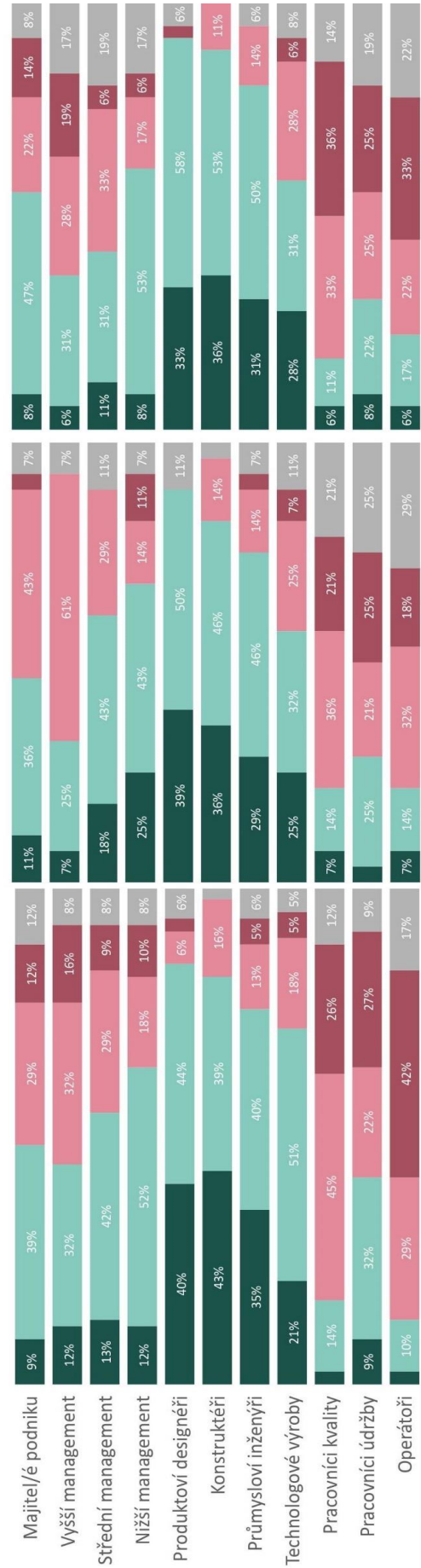
Iniciátoři - PROFÍ



Iniciátoři - Podniky a OSVČ

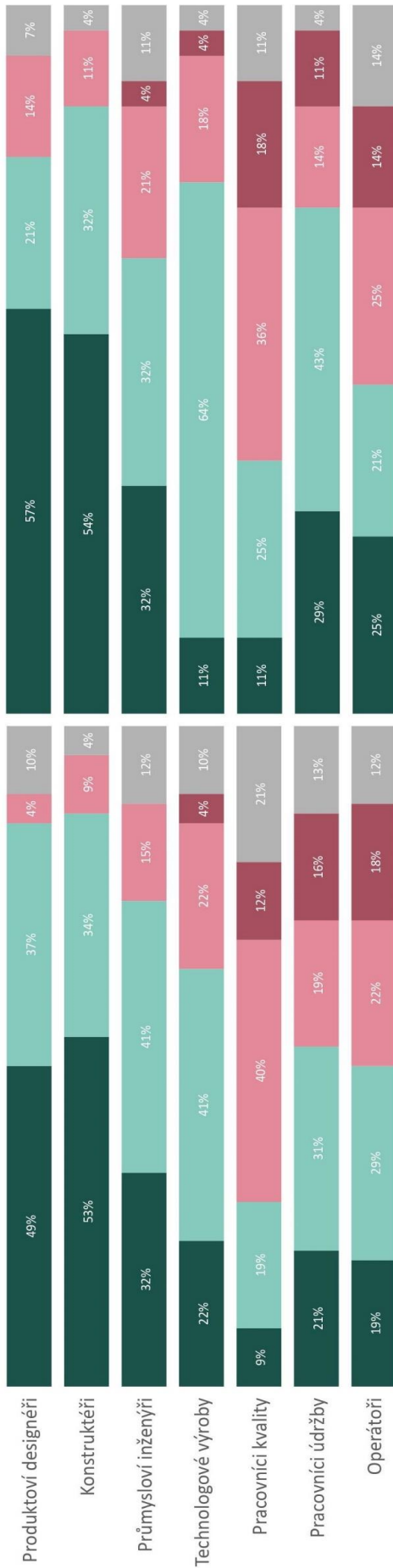
Iniciátoři - Student/učitel

Iniciátoři - Hobby



Uživatelé - HOBBY

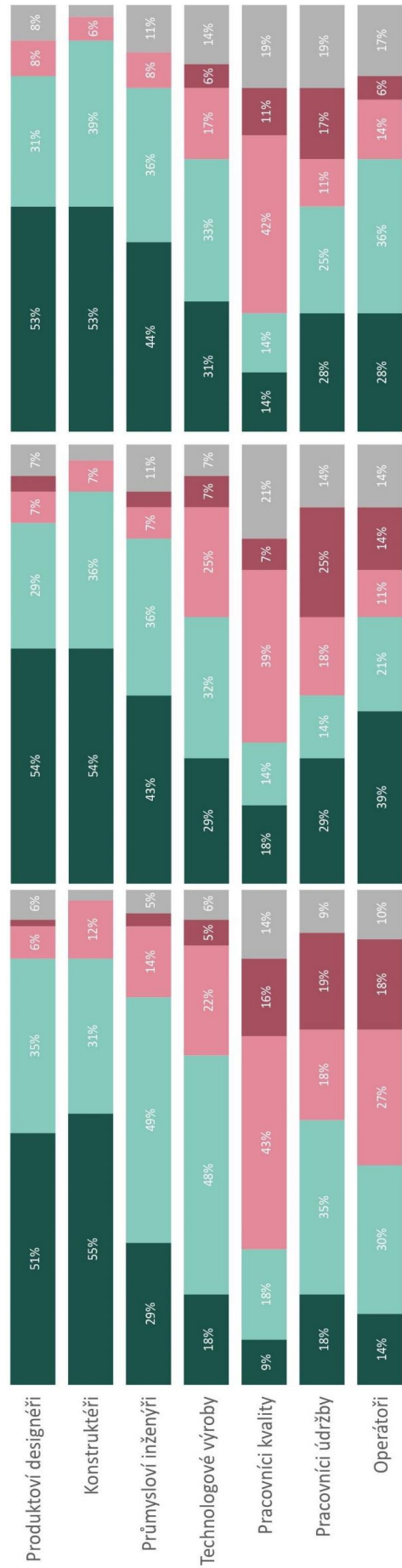
Uživatelé - PROFI



Uživatelé - Podniky a OSVČ

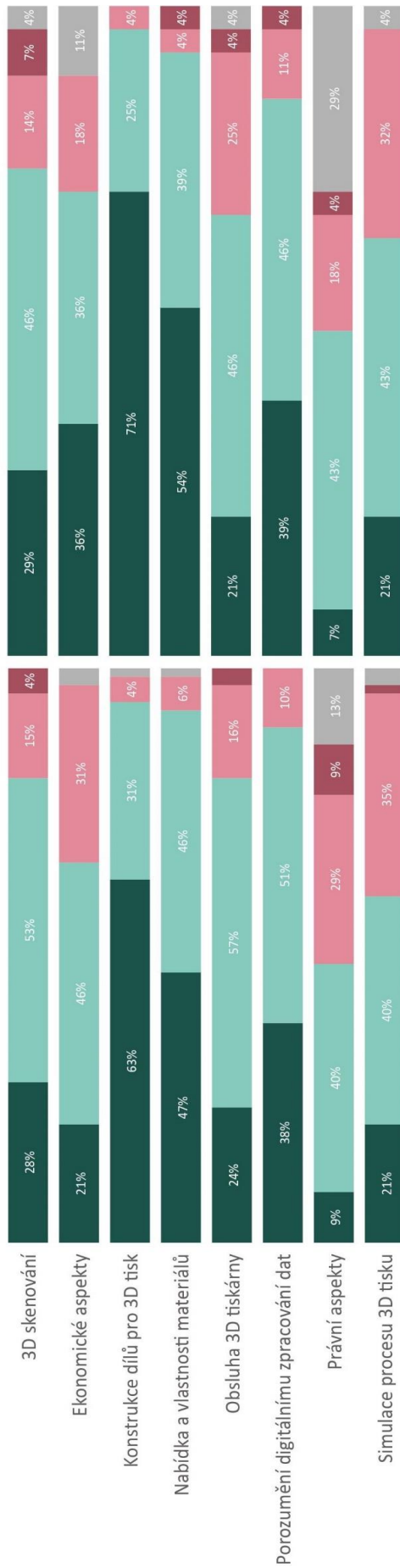
Uživatelé - Student/učitel

Uživatelé - Hobby



Vzdělávání - HOBBY

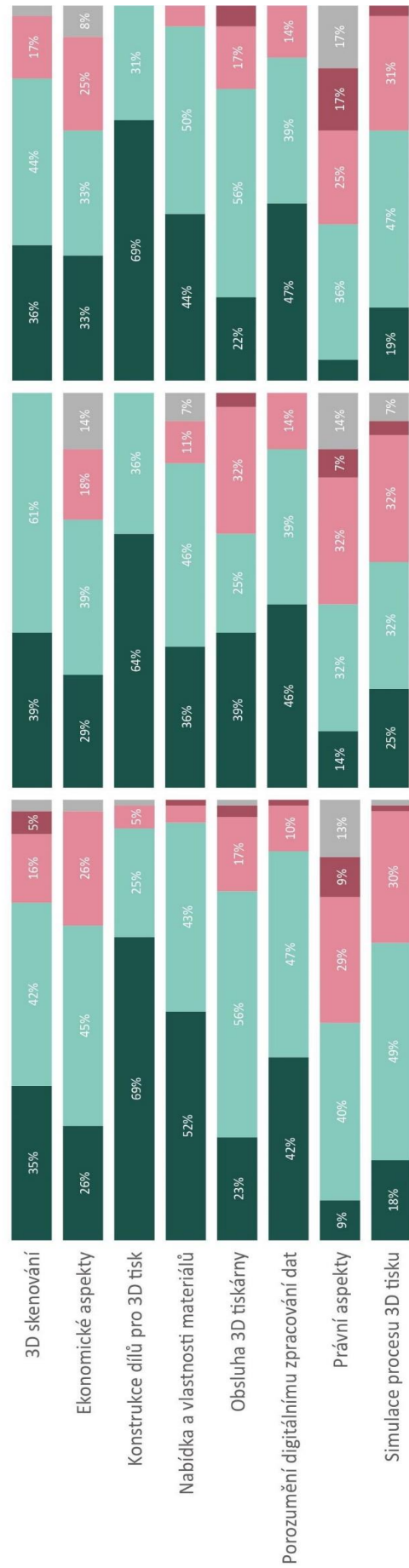
Vzdělávání - PROFÍ



Vzdělávání - Podniky a OSVČ

Vzdělávání - Student/učitel

Vzdělávání - Hobby



Příloha 6

5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	6.10	6.11	6.12	6.13	6.14	6.15	6.16	6.17	6.18	6.19	6.20	6.21	6.22	6.23	6.24	6.25	6.26	6.27	6.28	6.29	6.30	6.31	6.32	6.33	6.34	6.35	6.36	6.37	6.38	6.39	6.40	6.41	6.42	6.43	6.44	6.45	6.46	6.47	6.48	6.49	6.50	6.51	6.52	6.53	6.54	6.55	6.56	6.57	6.58	6.59	6.60	6.61	6.62	6.63	6.64	6.65	6.66	6.67	6.68	6.69	6.70	6.71	6.72	6.73	6.74	6.75	6.76	6.77	6.78	6.79	6.80	6.81	6.82	6.83	6.84	6.85	6.86	6.87	6.88	6.89	6.90	6.91	6.92	6.93	6.94	6.95	6.96	6.97	6.98	6.99	7.00	7.01	7.02	7.03	7.04	7.05	7.06	7.07	7.08	7.09	7.10	7.11	7.12	7.13	7.14	7.15	7.16	7.17	7.18	7.19	7.20	7.21	7.22	7.23	7.24	7.25	7.26	7.27	7.28	7.29	7.30	7.31	7.32	7.33	7.34	7.35	7.36	7.37	7.38	7.39	7.40	7.41	7.42	7.43	7.44	7.45	7.46	7.47	7.48	7.49	7.50	7.51	7.52	7.53	7.54	7.55	7.56	7.57	7.58	7.59	7.60	7.61	7.62	7.63	7.64	7.65	7.66	7.67	7.68	7.69	7.70	7.71	7.72	7.73	7.74	7.75	7.76	7.77	7.78	7.79	7.80	7.81	7.82	7.83	7.84	7.85	7.86	7.87	7.88	7.89	7.90	7.91	7.92	7.93	7.94	7.95	7.96	7.97	7.98	7.99	8.00	8.01	8.02	8.03	8.04	8.05	8.06	8.07	8.08	8.09	8.10	8.11	8.12	8.13	8.14	8.15	8.16	8.17	8.18	8.19	8.20	8.21	8.22	8.23	8.24	8.25	8.26	8.27	8.28	8.29	8.30	8.31	8.32	8.33	8.34	8.35	8.36	8.37	8.38	8.39	8.40	8.41	8.42	8.43	8.44	8.45	8.46	8.47	8.48	8.49	8.50	8.51	8.52	8.53	8.54	8.55	8.56	8.57	8.58	8.59	8.60	8.61	8.62	8.63	8.64	8.65	8.66	8.67	8.68	8.69	8.70	8.71	8.72	8.73	8.74	8.75	8.76	8.77	8.78	8.79	8.80	8.81	8.82	8.83	8.84	8.85	8.86	8.87	8.88	8.89	8.90	8.91	8.92	8.93	8.94	8.95	8.96	8.97	8.98	8.99	9.00
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------