

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

## **Stav 3D tisku a jeho využití v České republice**

Use of 3D Printing in the Czech Republic

Student:

Ing. Jan Bezděk

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Marek Pagáč, Ph.D.

## Zadání bakalářské práce

Student: **Ing. Jan Bezděk**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: Stav 3D tisku a jeho využití v České republice  
Use of 3D Printing in the Czech Republic  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Současný stav 3D tisku v ČR (obecně).
3. Současný stav 3D tisku v ČR ve vztahu k průmyslovým odvětvím.
4. Porovnání současného stavu se zahraničím.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

Marketing research. *The State of 3D Printing*. Sculpteo. Edition 2017. dostupné on-line  
<[www.sculpteo.com](http://www.sculpteo.com)>.

Internetové zdroje [www.3d-tisk.cz](http://www.3d-tisk.cz), [www.3dhubs.com](http://www.3dhubs.com), [www.thingiverse.com](http://www.thingiverse.com), [www.sculpteo.com](http://www.sculpteo.com) aj.

Pagáč, M. *Siemens vyrábí 3D tiskem lopatky do plynových turbín*. dostupné on-line

<<https://www.konstrukter.cz/2017/07/10/siemens-vyrabi-3d-tiskem-lopatky-do-plynovych-turbin-video/>>.


Kozlov, Nikita. *Technologie 3D tisku v procesní technice*. Bakalářská práce. Praha 2017. ČVUT. Vedoucí bakalářské práce: Jiří Moravec.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Marek Pagáč, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018

  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing.et Ing.Mgr. Jana Petřů, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21. května 2018

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Berdiš', written over a horizontal dotted line.

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že se na moji bakalářskou práci plně vztahuje zákon č.121/2000Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická universita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO , která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21. května 2018



Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Ing. Jan Bezděk

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Fibichova 25, Olomouc

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

BEZDĚK, J. *Stav 3D tisku a jeho využití v České republice: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2018, 44 s. Vedoucí práce: Pagáč, M.

Bakalářské práce je rešerší současného stavu 3D tisku a jeho využití v České republice. Úvod práce je zaměřen na přehled technologií 3D tisku dle kategorizace ISO. Následující kapitola popisuje zastoupení 3D tisku v univerzitním prostředí, hlavní webové stránky zabývající se 3D tiskem a další hlavní podporovatelé rozvoje 3D tisku v České republice. Hlavní část bakalářské práce se zabývá využitím 3D tisku v jednotlivých průmyslových odvětvích v České republice – automobilový průmysl, energetika, letectví, strojírenství, stavebnictví a zdravotnictví. Závěr práce se věnuje porovnání stavu 3D tisku v zahraničí a České republice.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

BEZDĚK, J. *Use of 3D Printing in the Czech Republic: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering Metrology, 2018, 44 p. Thesis head: Pagáč, M.

The bachelor thesis focus on the use of 3D printing in the Czech Republic. At the beginning of the thesis the overview of the additive manufacturing technologies was made based on ISO categorization. The following chapter describes the presence of 3D printing in the universities, the main 3D printing web sites and other major participants on the 3D market in the Czech Republic. The main part of the bachelor thesis describes the use of 3D printing in individual industries in the Czech Republic - automotive, energy, aviation, engineering, construction and health. At the end of thesis there was performed the comparison of the current situation in 3D printing in Czech Republic and abroad.

# Obsah

Úvod.....	- 7 -
1. Základní technologie 3D tisku .....	- 8 -
2. Současný stav 3D tisku v České republice .....	- 12 -
2.1. Studie EY.....	- 12 -
2.2. 3D tisk v univerzitním prostředí .....	- 14 -
2.3. Další hlavní činitelé 3D tisku v ČR.....	- 15 -
3. Současný stav 3D tisku v ČR ve vztahu k průmyslovým odvětvím .....	- 17 -
3.1. Automobilový průmysl .....	- 19 -
3.2. Energetika .....	- 25 -
3.3. Letectví.....	- 27 -
3.4. Strojírenství .....	- 30 -
3.5. Stavebnictví .....	- 32 -
3.6. Zdravotnictví .....	- 33 -
4. Porovnání současného stavu se zahraničím .....	- 36 -
Závěr.....	- 40 -
Bibliografie .....	- 41 -

## Úvod

Stále častěji se v posledních letech setkáváme s články o 3D tisku. Zatímco ještě na počátku tohoto desetiletí s prvními zmínkami o 3D tisku byla představa konkrétního využití této technologie poměrně nejasná, v posledních letech se již setkáváme s konkrétními návrhy či jeho realizací v jednotlivých průmyslových odvětvích. Využití 3D tisku se velmi rozšiřuje a přesah jeho možného využití zdaleka přesahuje oblast prototypů v automobilovém průmyslu.

Lze najít poměrně mnoho odborných článků zabývajících se detailně jednotlivými metodami 3D tisku. Taktéž lze dohledat spoustu článků popisujících jeho možné využití k danému účelu, avšak téměř výhradně se jedná o popis dané „novinky“ jako 3D tisk.

Vzhledem k téměř úplné absenci tištěné literatury či online studií jsem si ve své bakalářské práci vytyčil za cíl právě zpracovat komplexně a přehledně využití 3D tisku ve vztahu ke konkrétním průmyslovým odvětvím. Cílem práce není popis „novinek 3D tisku z celého světa“, ale naopak zaměření na využití technologie 3D tisku v České republice. Práce by měla odpovědět na otázky, zda české firmy a společnosti působící v ČR využívají aktivně 3D tisku, k jakým účelům je využíván a jaký se dá očekávat jeho budoucí vývoj a využití technologie.

V práci bych také chtěl analyzovat, jaké důvody mají společnosti pro využití 3D tisku, a zda jej považují v budoucnu za strategický prvek ve svém budoucím vývoji. Stručně bych se chtěl také zaměřit na to, zdali je 3D tisk přítomen také na akademické půdě či jinak podporován, ať již státními či nestátními institucemi.

3D tisk představuje naprosto novou technologii, a tak na ni je nutné i pohlížet. Není pouze novou možností, jak udělat již známý výrobek. 3D tisk má možnost přinášet naprosto nové výrobky. Avšak aby k tomuto mohlo docházet, je nutné si uvědomit všechny přednosti i zápory této technologie oproti konvenčním metodám. Jistě se také nabízí otázka, zdali některé konvenční metody nemohou být v jistých případech nahrazeny metodami 3D tisku.

# 1. Základní technologie 3D tisku

Mezinárodní organizace pro standardizaci (ISO) vydala v roce 2015 směrnici ISO/ASTM 52900:2015 (1), která mimo definování základních pojmů v aditivní výrobě definuje také 7 základních výrobních procesů („proces categories“) aditivní výroby. V následujících odstavcích budou stručně tyto jednotlivé technologie aditivní výroby popsány (2).

- Tryskání pojiva (Binder jetting)

Dochází k nanášení prášku na pracovní stůl a jeho následné vytvrzování chemicky pomocí pojiva vstříkovaného z plastové hlavy. Materiálem pro tisk mohou být kovy, keramika či písek. Výhodou je možnost výroby velkých dílů, možnost výroby barevných modulů a rychlost tisku. Negativem jsou horší mechanické vlastnosti než při užití metod DMLS/SLM, a proto jsou často nutné povrchové úpravy. Tato technologie není v České republice vůbec zastoupena, a tedy ji nebudeme více rozebírat.

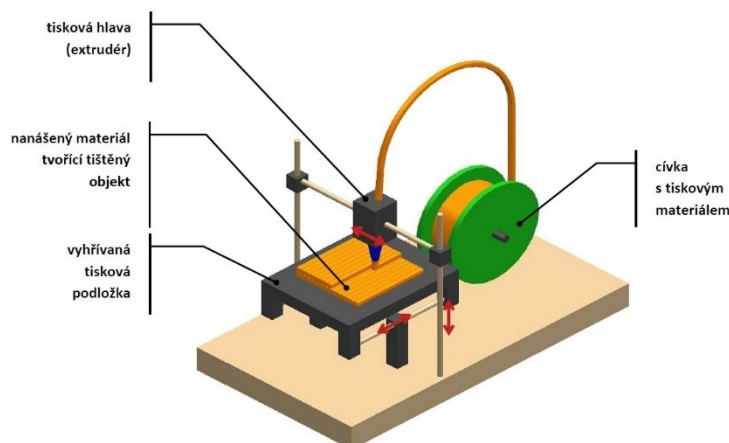
- Přímé energetické nanášení (Direct energy deposition)

Materiál je natavován soustředěnou tepelnou energií i při změně polohy (3). Tato technologie není v České republice rozšířena, a proto se jí nebudeme v této práci zabývat.

- Vytlačování materiálu (Material extrusion)

Vytlačování materiálu je nejjednodušší a nejrozšířenější metodou 3D tisku. Nejčastěji se setkáváme s názvem FDM (Fused Deposition Modelling). Roztavený materiál ve formě vlákna (filament) je nanášen vytlačovací hlavou vrstvu po vrstvě do nanesení celého modelu. Pro tisk složitějších součástí se musí navíc použít podpurný materiál. Druhy materiálu jsou PLA, ABS, PC, PC-ABS, PET, XT, ASA, FDM Nylon 12 a mnoho dalších. Dále se mohou využívat filamenty s příměsí bronzu, uhlíkového vlákna, nebo například dřeva. Jednoznačnou výhodou této technologie je nízká cena 3D tiskárny i základních materiálů. Modely dosahují poměrně dobré pevnosti. Nevýhodou je nižší přesnost, hrubá struktura povrchu a nutnost odstranění podpurného materiálu (4).





Obrázek 1: Schéma FDM technologie (4)

- Nanášení tryskáním (Material jetting)

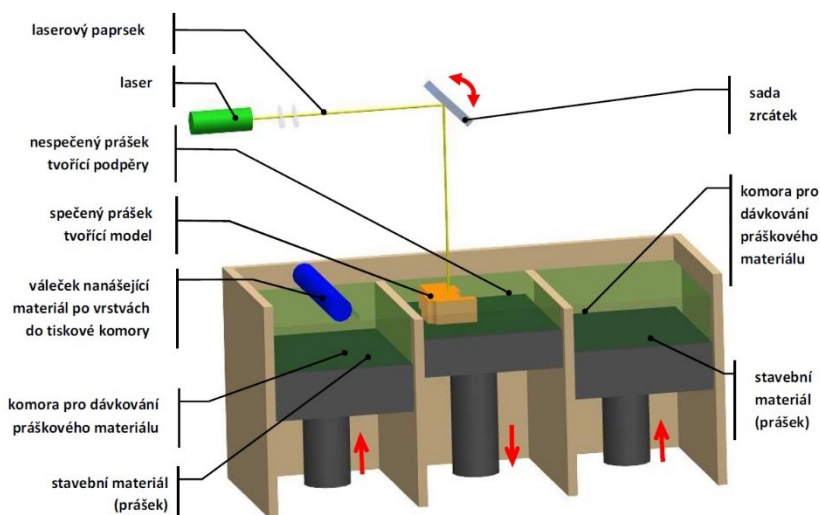
Jedná se o metodu, kdy jsou nanášeny jednotlivé kapičky materiálu, které jsou následně vytvrzovány UV zářením. Tisknout lze polymery a vosky. Jedná se o technologii velmi přesnou s velmi dobrými povrchy. Je také možné tisknout z více materiálů během tisku jednoho modelu, čehož se využívá k výstavbě podpor z lehce odstranitelných materiálů. Nevýhodou je křehkost výrobků a vysoké pořizovací ceny 3D tiskárny.

- Spékání práškové vrstvy (Powder bed fusion)

Spékání práškové hmoty je technologie, která pomocí přivedené energie vyvolává spékáním nebo tavením sloučení plastového či kovového prášku s předchozí vrstvou. Zdrojem energie je laserový nebo elektronový paprsek. Nejčastěji používanými technologiemi jsou SLS (selective laser sintering – laserové spékání) a SLM (selective laser melting – laserové tavení) / DMLS (Direct Metal Laser Sintering- přímé spékání kovu laserem). Zatímco SLS technologie pracuje pouze s plastovým práškem, technologie SLM/DMLS se používá pro kovové prášky. SLM/DMLS technologie je založena na stejném principu jako SLS technologie. Aby laser přetavil kovový prášek, musí však vyvinout podstatně větší teplotu než u SLS, kde se taví pouze plastové materiály nebo keramika. Proto je jedním z rozdílů mezi DMLS a SLS výkon laseru. Využívá se zde ochranná atmosféra plynu argon. Materiál je v tomto případě kov, a to například nerezová ocel, titan, bronz nebo inconel, který má díky své žáruvzdornosti využití v letectví a podobně. Tiskařská komora musí být po celou dobu tisku zcela utěsněna a musí v ní být uchována přesná teplota odpovídající bodu tání daného materiálu. Jedním z problémů procesu je požadavek na výkonné chlazení,

příkon až 5 kW a dobrá volba materiálu pro požadovanou kvalitu modelu. Při SLS je vytvářený model neustále obklopen zbytkovým práškovým materiálem. Výhodou postupu je eliminace potřeby dočasných podpor. Toto však neplatí SML/DMLS kde jsou podpěry nutné, aby nedošlo k poškození či deformaci modelu. Pořizovací náklady SLS tiskáren se pohybují okolo pěti milionů Kč, u DMLS tiskáren cca deseti milionů Kč.

S novinkou v oblasti spékání práškových vrstev přišla společnost HP se svojí 3D tiskárnou HP Jet Fusion 3D. Jedná se o kombinaci technologií SLS a nanášení tryskáním, pojmenovanou MJF (Multi Jet Fusion) (2). Hlavní výhodou je však její schopnost vyrábět plastové díly až desetkrát rychleji při polovičních nákladech než dosavadní aditivní technologie. Tato vlastnost z ní činí první 3D tiskárnu, která by mohla konkurovat i sériové výrobě plastových dílů (5).



Obrázek 2: Schéma SLS/DMLS technologie (4)

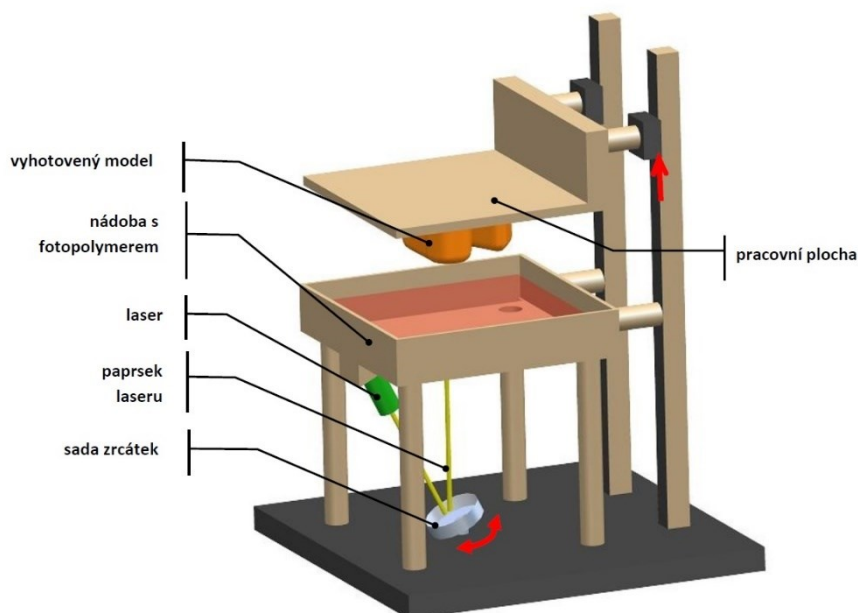
- Laminace plastů (Sheet lamination)

Tato technologie, často také označována jako LOM (laminated object manufacturing), funguje na principu vyřezávání celých jednotlivých vrstev z papíru či plastu a jejich lepení na předchozí vrstvu. Výhodou je levný materiál, možnost barevného tisku a vysoce kvalitní povrch, nevýhodou je vysoká míra odpadu a nižší možnost komplexity vytisknutého modelu. Pořizovací cena této tiskárny je cca 250 tisíc Kč (4).

- Fotopolymerace (Vat photo-polymerization)

Tato technologie je založena na principu fotopolymerace, což je světlem aktivovaná polymerizace. Používaným materiálem je pryskyřice, kdy při expozici specifických vlnových délek jsou aktivovány odpovídající látky obsažené v kompozitní výplňové hmotě a jejich rozpadem je nastartována polymerizační reakce a „vytvrdnutí“ pryskyřice. K vytvrzování dochází v nádobě s polymerem, kde je na počátku pracovní plocha zcela ponořena a laser vytvrzuje fotopolymery ze spodu, či je postupně zanořována a laser působí shora (6).

Nejznámější ze skupiny těchto technologií je SLA (Stereolithography). Jedná se o první 3D technologii patentovanou v roce 1986 (7). Jde o velmi přesnou technologii v řádech mikronu s velmi dobrým povrchem 3D dílů. Je to jedna z cenově nejefektivnějších metod. Nevýhodou je omezený výběr užitých materiálů na fotopolymery. Pro zlepšení mechanických vlastností je nutné model po vytištění dále vytvrdit.



Obrázek 3: Schéma SLA technologie (4)

## 2. Současný stav 3D tisku v České republice

### 2.1. Studie EY

Vzhledem ke krátké historii 3D tisku nelze najít žádnou komplexní literaturu, která by celistvě popisovala situaci přímo v České republice. Připočteme-li k tomu rychlost vývoje 3D tisku, bylo by zřejmé, že by informace, v ní obsažené, byly velmi rychle zastaralé.

Dá se tedy pouze vycházet ze studií jednotlivých firem, ať již firem poradenských či přímo zabývajících se 3D tiskem. Jednou z rozsáhlejších studií je studie „3D tisk v českém výrobním prostředí“ od poradenské společnosti EY (8). Tato studie z konce roku 2016 byla založena na dotazníkovém šetření mezi 71 významnými českými výrobními společnostmi.

Ze studie vyplývá, že 3D tisk využívá 39 % společností a dalších 17 % společností jej plánuje začít využívat během následujících 5 let. Aktuálně 73 % společností využívá 3D tisku k výrobě prototypů či pro účely výzkumu a vývoje, avšak 64 % firem má v plánu během následujících 5 let začít s využíváním 3D tisku k výrobě finálních produktů.

České výrobní společnosti vnímají 3D tisk jako významný faktor přispívající ke konkurenceschopnosti. Za hlavní přínos je považováno snižování výrobních nákladů (49 %), rychlost zajištění nízkoobrátkových položek (46 %), přizpůsobení výrobků zákazníkům či zvýšení efektivity výroby. Naopak za hlavní překážku je považována absence know-how (38 %), technologické překážky či nevhodný materiál (35 %) a vysoké investice spolu s vysokými provozními náklady.

Nedostatek know-how je spojen s nedostatečnou nabídkou relevantních studijních oborů, avšak i tato situace se začíná měnit. Na mnoha vysokých školách vznikají samostatné útvary/laboratoře zaměřující se na tuto činnost. Více v kapitole „Instituce a vysoké školy zabývající se 3D tiskem“.

Z průzkumu vyplývá, že nejvíce je 3D tisk používán v automobilovém průmyslu (75 %), což není ničím překvapivým. V následujících 5 letech se 3D tisk chystají zavádět především společnosti orientující se na výrobu strojů a zařízení. Využití v jednotlivých odvětvích bude přesněji popsáno v následujících kapitolách. 80 % společností využívajících 3D tisk jej používá k výrobě produktů z polymeru a pouze 20 % společností využívá 3D tisk kovů. Avšak v následujících pěti letech 74 % respondentů naznačilo zájem tisknout i díly z kovu. Vzhledem k nižšímu počtu zastoupených firem je nutné brát toto číslo s rezervou. Přesto to naznačuje jeden z hlavních trendů, kterým se bude 3D tisk v České republice ubírat.

Neposledním zajímavým údajem, který studie přináší je informace, že 65 % společností využívajících 3D tisk tyto 3D tiskárny vlastní. Vzhledem k rychlosti vývoje 3D tisku a vysokým pořizovacím a provozním nákladům osobně předpokládám naopak outsourcing samotné výroby 3D produktů a taktéž outsourcing části poradenských služeb v tomto oboru. Více o specializovaných společnostech působících na českém trhu v kapitole „Specializované společnosti na 3D tisk působící v České republice“.

Vzhledem k silnému zaměření České republiky na strojírenský průmysl, je velmi relevantní otázka, zda, a případně jak moc, ovlivní přicházející technologie 3D tisku stávající strojírenské firmy. Dle profesora Jiřího Marka z VUT je možné, že by se rozšiřující 3D tisk mohl uzmout stávajícímu strojařskému trhu až 20 %. A zároveň dodává, že si není jist, zda jsou na to české firmy připraveny. Taktéž uvádí, že spousta tradičních výrobců obráběcích strojů *„zatím úspěšně spí a neumí si připustit, že by je mohl 3D tisk kovů ohrozit. 3D kovový tisk nevytlačí obráběcí stroje z trhu, nicméně je bude ohrožovat. Podobně se toto projeví i v ostatních částech strojírenského průmyslu (9).“*

V současné době se na území Česka a Slovenska nachází přibližně 20 strojů pro 3D tisk kovových prototypů. Z důvodu vysokých pořizovacích a provozních nákladů se v mnoha případech jedná o univerzitní prostředí. Nově zprovozněný stroj najdete také na Vysoké škole báňské – Technické univerzitě Ostrava, která navázala spolupráci s firmou Renishaw (3).

## 2.2. 3D tisk v univerzitním prostředí

V rámci mezinárodního projektu FabLab v roce 2017 otevřelo NETME Centre ve spolupráci s Odborem reverzního inženýrství a aditivních technologií Ústavu konstruování FSI VUT „otevřenou dílnu“ strojLAB, která mimo elektrodílnu (pracoviště s pájkami, osciloskopy a elektrickým nářadím), mechanickou dílnu (CNC frézka, pila, bruska, vrtačka) nabízí také 3D tiskárny, 3D scanner, laserovou řezačku a řezací plotter. Dílna má k dispozici tyto 3D tiskárny:

- Flashforge Dreamer – dvou -trysková 3D tiskárna umožňující tisk z nejrůznějších materiálů jako je ABS, PLA, ASA, HIPS. Základní deska 230 mm × 150 mm × 140 mm.
- Stratasys Dimension SST 1200 – tisk vysoce kvalitních dílů. Základní deska 250 mm × 250 mm × 300 mm.
- Stratasys Elite – umožňuje stavbu s tloušťkou vrstvy 0,178 mm. Základní deska 203 mm x 203 mm x 305 mm. Data je možné připravovat v programu Catalyst nebo GrabCAD (10).

Na VSB-TUO byla nově vybudovaná laboratoř aditivní výroby ve spolupráci s britskou společností Renishaw. Laboratoř se zaměřuje na 3D tisk kovů při využívání stroje Renishaw AM400 využívající technologii SLM za použití QuantAM softwaru. Maximální rozměry vyrobené součásti jsou 250 mm x 250 mm x 300 mm, rychlost výroby 5-20cm<sup>3</sup>/hod s tloušťkou vrstvy 20-100μm. Hlavní zaměření laboratoře je

- vědecko-výzkumná činnost a vzdělávání,
- testování a měření mechanických vlastností vytištěných dílů,
- technologie, vývoj a testování práškových kovů,
- metodika navrhování součástí (topologická optimalizace a bionické konstrukce),
- zakázková výroba kovových prototypů (11).

Také Univerzita Palackého v Olomouci otevřela na počátku roku 2016 centrum aditivních technologií Uprint 3D ve svém Vědeckotechnickém parku. Tato laboratoř má k dispozici technologii pro spékání kovových prášků laserem (tiskárna Concept Laser M2 cusing), nanášení roztaveného termoplastu FDM (tiskárny Stratasys Fortus 250mc, MakerBot Replicator 2X), technologii nanášení vytvrditelného kapalného polymeru Polyjet (tiskárna Stratasys Objet30) a selektivní laminace potiskovaného papíru (SDL) na tiskárně Mcor IRIS (12).

Mimo výše jmenované univerzity je 3D tisk zastoupen také na těchto univerzitách: České vysoké učení technické v Praze, Vysoké učení technické v Brně, Západočeská univerzita v Plzni, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně a Česká zemědělská univerzita v Praze.

## 2.3. Další hlavní činitelé 3D tisku v ČR

Iniciativa, která se snaží usnadnit nástup technologie 3D tisku v České republice, je Klastř aditivní výroby, z.s. (KAV). Členy tohoto klastru jsou vysoké školy, globální i lokální výrobci 3D tiskáren. Klastř „podporuje vyšší inovativnost a konkurenceschopnost svých členů, popularizuje jejich činnost v oblastech aditivní výroby, stejně jako schopnost řešit i velmi komplexní projekty s využitím nejmodernějších technologií 3D tisku. V rámci své činnosti KAV vytváří společnou identitu právnických a fyzických osob, členů, čímž přispívá k propagaci využití aditivní výroby i její popularizaci coby suverénní součásti výrobních procesů Průmyslu 4.0 (13).“

Mezi další „populátory“ 3D tisku jistě patří i podzimní brněnský „Mezinárodní strojírenský veletrh“, který je nejvýznamnějším průmyslovým veletrhem ve střední Evropě (14). Oddělení 3D tisku patří k hojně navštěvovaným a lze se zde setkat se zástupci největších distributorů 3D tisku i s poskytovateli 3D tiskových služeb. Kromě samotných tiskáren lze vidět také širokou škálu produktů, které je možné za pomoci 3D tisku zhotovit. Během veletrhu se již několik let uskutečňuje největší česká konference zaměřená na 3D tisk „Fórum aditivní výroby“, při níž jsou prezentovány „nejzajímavější témata a trendy ve využívání profesionálních 3D tiskáren při vývoji výrobků, od kreativního designu po efektivní výrobu prototypů i koncových dílů napříč technickými obory (15).“ V roce 2017 byla součástí fóra také výstava 3D produktů těchto společností: EOS, 3Dees Industries, MCAE Systems, Misan, SLM Solutions, Renishaw, DGM Mori, Trumpf, ABC3D, 3Dwiser, Trilab, Setos, Solidify3D, Böhler Uddeholm, AnyoneGo, UPrint3D a Protolab z VŠB-TU Ostrava.

Ačkoliv na českém trhu není k dispozici téměř žádná tištěná literatura, která by se detailně zabývala 3D tiskem, mnoho informací lze mimo webové stránky jednotlivých společností či veřejných institucí získat z webů [www.3d-tisk.cz](http://www.3d-tisk.cz), [www.mmspektrum.com](http://www.mmspektrum.com), [www.vedavyzkum.cz/](http://www.vedavyzkum.cz/) a <https://www.konstrukter.cz>, kde jsou pravidelně uveřejňovány články s nejnovějšími poznatky 3D tisku ve světě i v České republice. Tyto články jsou zdarma k dispozici na webových stránkách nebo také vychází v tištěné podobě v časopisu „Konstrukter“ a „MM Průmyslové spektrum“.

Přestože je tato práce zaměřena především na průmyslové využití aditivních technologií, nelze stručně nezmínit český 3D „hobby tisk“. Domácí uživatelé mají v České republice poměrně široké zastoupení, a to i díky poměrně příznivé cenové hladině základních 3D tiskáren, které lze zakoupit. K jejímu rozšíření velmi přispěl Josef Průša, který v současnosti patří mezi největší výrobce domácích 3D tiskáren. Jeho společnost Průša Research s. r. o. , je dle poradenské společnosti Deloitte jedna z nejrychleji rostoucích technologických společností v EMEA region a v současnosti prodává více než 6 000 tiskáren měsíčně (16).

Jedním z hlavních „průkopníků“ 3D tisku v České republice je Daniel Adam. Je spoluzakladatelem společnosti MCAE, která doposud patří mezi největší poskytovatele služeb 3D tisku a 3D tiskáren. V roce 2017 opustil MCAE a spoluzaložil společnost 3Dees Industries s. r. o (17). V lednu 2018 uskutečnili první instalaci 3D tiskárny HP Multi Jet Fusion v prostorách pražského Centra 3D tisku 3Dees. Jak již bylo popsáno v úvodní kapitole zabývající se přehledem technologií aditivní výroby, jedná se o novou technologii MJF (multijet fusion) v rámci spékání práškových vrstev (powder bed fusion). Společnost HP si s touto novou technologií klade za cíl konkurovat nejen současným technologiím 3D tisku, ale také částečně i sériové výrobě plastů (vzhledem k vysoké rychlosti a nižším nákladům).



### **3. Současný stav 3D tisku v ČR ve vztahu k průmyslovým odvětvím**

Následující kapitola je zaměřena na praktické využití 3D tisku ve společnostech působících v České republice. Cílem rešerše je zjistit, jak je rozšířený 3D tisk v české praxi, nezabývá se tedy aplikací konkrétních materiálů, či konkrétních technologií.

Na úvod této kapitoly jsem zpracoval tabulku společností, které využívají 3D tisk rozřazených do jednotlivých průmyslových odvětví. Je nutné zdůraznit, že se nejedná o výčet kompletní, ale pouze ilustrativní. Taktéž rozřazení do jednotlivých průmyslových odvětví není vždy jednoznačné. Při zpracování tohoto stručného přehledu jsem vycházel z webových stránek jednotlivých společností, webových článků o 3D tisku a z webových stránek poskytovatelů služeb 3D tisku.

V následujících podkapitolách bude rozebráno užití 3D tisku v jednotlivých průmyslových odvětvích, což bude ilustrováno na konkrétních společnostech v daném odvětví.

<b>Automobilový průmysl</b>	ŠKODA AUTO, Hella Mototechnik Nova, s. r. o., Varroc Lighting Systems, s. r. o., ZETOR TRACTORS, RECTICEL Interiors CZ, s. r. o. (interiérové prvky), SCS-Engineering, a. s., EDAG Production Solutions CZ, s. r. o., Senior Flexonics Czech, s. r. o. , F & B COMPANY, s. r. o. , Maxion Wheels Czech, s. r. o.
<b>Plastikářský průmysl</b>	ITW PRONOVIA, s. r. o., Letoplast, s. r. o.
<b>Letecký průmysl</b>	EVEKTOR, Honeywell, GE Aviation
<b>Energetický průmysl</b>	ABB, s. r. o., Siemens
<b>Strojírenství, Elektrotechnika</b>	3 Tooling, ABB, s. r. o., ALW INDUSTRY, Eden Europe, Meopta, MINERVA BOSKOVICE, a. s., MSR Engines, s. r. o. (výroba spalovacích motorů), RayService, Miele, spol. s r. o., VÚB, a. s., URC Systems, spol. s r. o., KSK Precise Motion, a. s., TRYSTOM, spol. s r. o., DPK Morava, s. r. o. ,ZEBR, s. r. o. , Innomia, a. s. , Magma, a. s. , ISH PUMPS OLOMOUC, a. s.
<b>Stavebnictví</b>	Saint-Gobain Construction Products CZ, a. s.
<b>Zdravotnictví</b>	ProSpon, spol. s r. o., BEZNOSKA, s. r. o., LINET, spol. s r. o., Kardiocentrum Nemocnice Podlesí v Třinci, ART4LEG, Invent Medical Group, ING corporation, spol. s r. o.
<b>Spotřební průmysl</b>	Tescoma, SEV Litovel, s. r. o, BANG & OLUFSEN, s. r. o.
<b>Ostatní</b>	Gumárny Zubří, KAVALIERGLASS, a. s., SKLÁRNY MORAVIA, SkyMaps, s. r. o., SANELA, spol. s r. o., Národní technické muzeum (NTM) v Praze, Slévárna Heunisch Brno, s. r. o.

*Tabulka 1: Přehled firem využívajících 3D tisk v jednotlivých odvětvích*

### 3.1. Automobilový průmysl

Pravděpodobně největší zastoupení našel 3D tisk v automobilovém průmyslu. Ten v posledních letech zažívá růst spolu s rostoucí ekonomikou, která po letech úpadku a stagnace po finanční krizi v roce 2008 nyní výrazně roste.

Příkladem využití 3D tisku ve vývoji a v automobilovém průmyslu může být vývojové centrum společnosti Hella v Mohelnici, která s více než pěti sty zaměstnanci patří k největším vývojovým centrům nejen na Moravě. V průběhu vývoje světlometu, který trvá přibližně dva roky, je využito 3D tisku hned v několika fázích projektu.

Moderní „LEDkové“ světlometry mohou obsahovat 30 až 50 plastových dílů v jednu typů světlometu pro konkrétní model auta. Vzhledem k neustále se zvyšující složitosti světlometů nabízí 3D tisk jedinečnou možnost „zhmotnit“ návrhy všech dílů a i celého světlometu již ve fázi „předvývoje“.

V první fázi vývoje umožňuje 3D tisk vytisknout jednotlivé plastové díly a pomoci konstruktérům s nejasným oblastmi, zkontrolovat prvotní design světlometu nebo si potvrdit koncept montáže. V případě montáže, kde je nejvhodnější způsob uchycení jednotlivých dílů k sobě nejasný, si mohou konstruktéři vytisknout více navržených konceptů a na základě vyzkoušení montáže na 3D vytisknutých dílech se rozhodnout pro nejlepší návrh. Samozřejmě je vždy nutné mít na paměti rozdíly vlastností plastových dílů z vstřikovací formy a dílů z 3D tiskárny (pružnost „zácvaků“, pevnost dílů apod.).



Obrázek 4: 3D tisk dílů pro světlomet - ověření designu a funkčnosti dílů

Výroba vstřikolisových forem trvá 3-6 měsíců. Nejdříve je však nutné mít design, funkčnost i montáž plastových dílů ve finální podobě, protože jakékoli pozdější úpravy dílů ve 3D datech

automaticky znamenají úpravu forem. To je nejen velmi finančně náročné, ale také čas nutný pro úpravu může ohrožovat následující milníky náběhu světloometu do sériové výroby.

V průběhu vývoje světloometu je potřeba zákazníkovi představit prototypový světlomet.<sup>1</sup> Jeho díly je proto nutné podstoupit různým povrchovým úpravám, aby se vzhled jednotlivých dílů a posléze i celého světloometu co nejvíce podobal budoucí sériové podobě. Mezi povrchové úpravy prováděné na prototypové dílně patří zejména lakování, broušení nebo pokovení vytisknutých 3D dílů.



*Obrázek 5: 3D tisk dílů pro světlomet - ověření designu montáže*

V předsériové výrobě, kdy probíhá výroba světlometů pro testování v laboratořích společnosti Hella, zákaznické testování nebo zástavbové testy do automobilu, je ve výjimečných případech možné uplatnit 3D tisk při výpadku dodávky dílů, pakliže to povaha tohoto dílu umožňuje (například nepohledové díly, které nejsou funkčně namáhány). Vždy je však nutné zvažovat, k jakému účelu je tento konkrétní kus světloometu určen (vibrační testy, optické testy, zákaznické crash testy s prvními prototypy celých automobilů atd.).

Vzhledem k vysoko objemové výrobě samotný 3D tisk není využíván v sériové výrobě.

---

<sup>1</sup> Na rozdíl od potřeby jednotlivých konstruktérů, kterým stačí neupravené 3D díly.

Největší zástupce automobilového průmyslu v ČR Škoda Auto využívá také 3D tisku, mimo oblasti vývoje, také v sériových podmínkách, avšak nikoli k výrobě samotných dílů vstupujících do automobilu, ale k výrobě přípravků. Odborníci 3D tisku ve Škoda Auto mají na starosti následující oblasti:

- Návrh a optimalizace 3D tištěných dílů metalurgického nářadí
- Zajištění a podpora výroby 3D tištěných dílů u externích partnerů
- Sledování životnosti 3D tištěných dílů při užití ve ŠKODA AUTO
- Vypracování statistiky životnosti nástrojů a porovnání s konvenční výrobou
- Realizace a vyhodnocení mechanických zkoušek 3D tištěných dílů a porovnání s konvenční výrobou“ (18)

Zařazení 3D tisku pro výrobu dílů vstupujících přímo do výroby automobilu se dá očekávat pouze velmi pozvolně a jen u konstrukčně velmi náročných dílů. Předpokládanými oblastmi použití kovových dílů vyrobených 3D tiskem jsou motory, chladicí systémy, převodovky, nápravy a rámy podvozků. Zejména pro komponenty složitějších tvarů a konstrukcí, kterých je potřeba pouze malé množství, je tento způsob výroby efektivní z pohledu nákladů. U výroby běžných dílů, které lze vyrábět násobně levněji konvenčními způsoby, nelze očekávat brzké užití 3D tisku.

3D tisk se však již začíná uplatňovat při výrobě náhradních dílů. Takto je například možné produkovat náhradní díly do historických automobilů, pro které zatím neexistují. Společnost Mercedes-Benz Truck oznámila, že nabízí k výrobě již 30 náhradních dílů pro své starší nákladní automobily (19). Největší výhody jsou zřejmé - lze snadno vyrábět komponenty, na které již neexistují výrobní linky, nebo formy nebo by je bylo velmi nákladné udržovat „při životě“ při produkci několika desítek či stovek kusů ročně. Dá se očekávat, že v této oblasti najde 3D tisk větší uplatnění, a to nejen ve vztahu k automobilovému průmyslu.

O rozsahu využívání 3D tisku svědčí také informace v tiskové zprávě společnosti Daimler, že ročně vyrobí více než 100 000 prototypů technologií 3D tisku (20).



Obrázek 6: Mercedes-Benz Truck náhradní díl (20)

Společnost Bugatti vzhledem k nízkým počtům vyrobených kusů využívá 3D tisk k výrobě brzdového třmenu pro model Chiron. Jedná se o největší brzdový třmen pro osobní automobil. Díky technologii 3D tisku má o 40 % nižší hmotnost (dva kilogramy) než kdyby byl vyroben konvenčními metodami z hliníkové slitiny. Dle společnosti se jedná o největší funkční díl vyrobený z titanu technologií 3D tisku (21). Vzhledem k tomu, že v České republice není žádný výrobce luxusních prémiových vozů, tak užití dílů v sériové produkci ještě nějaký čas potrvá.



Obrázek 7: Brzdový třmen společnosti Bugatti (21)

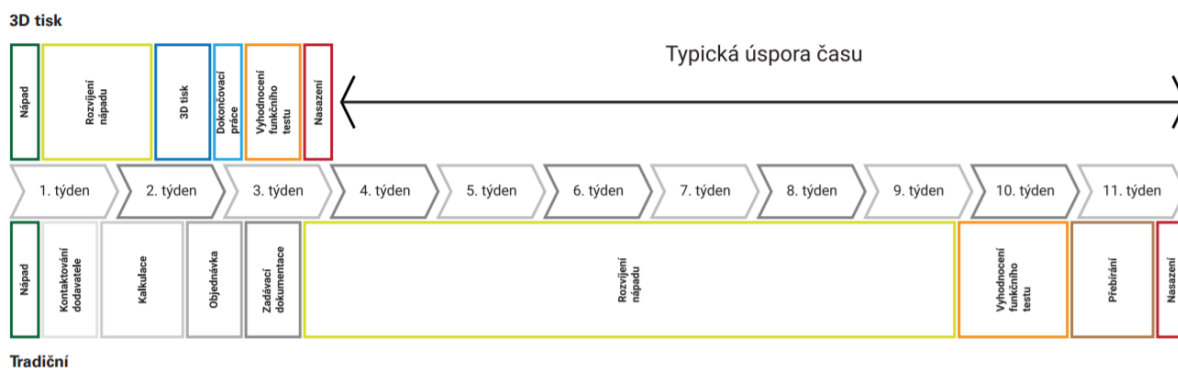
Zajímavou studií představující využití 3D tisku v automobilovém průmyslu včetně vyčíslení úspor je studie společnosti Ultimaker a WV (22). Ta se zaměřuje na oblasti 3D tištěných nástrojů, přípravků, upínačů a dalších pomůcek. Studie se zabývá možnostmi využití 3D tisku a následně jejich zavedením do výroby. Společnost v roce 2014 využívala pouze externích dodavatelů nástrojů. „V roce 2016 vlastnila sedm kusů 3D tiskáren Ultimaker a 93 % všech dříve externě vyráběných nástrojů je nyní realizováno interně. Externí součásti zahrnují pouze 7 % z celkové výroby nástrojů a investice se vrátila už po vytištění několika málo nástrojů. Celkově společnost

odhaduje, že v roce 2016 ušetřila 160 000 eur a v roce 2017 200 000 eur (22).“ Zavedení 3D tisku neznamenal pouze snížení nákladů a výrazné zkrácení času výroby, ale také umožnilo zlepšení ergonomie a kvality výrobků.

Mezi hlavní přínosy zavedení 3D tisku bylo:

- „Tradiční výrobní pravidla neplatí, protože s technologií 3D tisku lze vyrábět složité tvary s dutinami, přemostěními a převisy. Dříve nepraktické návrhy přípravků a upínačů jsou nyní proveditelné. Hlavními tahouny navrhování se stávají funkce a výkonnost, necena a čas.
- Obrábění výrobního nástroje zabere i několik týdnů. Zejména, existuje-li více variant nebo sestav. Interní 3D tisk dílů na vyžádání zrychluje procesy montáže a dodávek. Výrobci využívající 3D tiskárny Ultimaker často zaznamenávají 40% až 90% zkrácení dodacích lhůt.
- K výrobě modelu není potřeba žádných forem či obrábění. Je-li u existujícího nástroje nalezen problém nebo je-li navrženo jeho vylepšení, výroba náhrady spočívá v prosté revizi CAD modelu a tisku aktualizované součásti. Cena je mnohem nižší než u tradičních výrobních postupů a výsledky mohou být přizpůsobeny tak, aby přesně odpovídaly požadavkům. Funkce i návrh mohou být ověřeny na skutečném dílu a nová postupná vylepšení lze realizovat během několika hodin bez finančních sankcí (22).“

Časovou úsporu při využití 3D tisku lze názorně vidět na následujícím obrázku, kde je porovnána časová náročnost při návrhu nástrojů konvenční metodou a 3D tiskem. Výroba nástrojů pomocí 3D tisku je přibližně třetinová oproti předchozím konvenčním metodám a úspora sedmi týdnů v automobilovém průmyslu je velmi výrazná. Samozřejmě nelze opomenout také finanční úspory.



Obrázek 8: Časová osa výroby přípravků ve společnosti WV (22)

**Ochrana kol:**

Používá se v průběhu polohování a roubování sestavy pro zabránění poškrábání/poškození kol. Bez této ochrany by mohly být náklady na zmetky obrovské.

Snížení nákladů z 800 EUR na 21 EUR za díl.

Zkrácení délky návrhu a výroby z 56 dní na 10 dnů.

**Sharan 2.0 – emblém zadních výklopných dveří:**

Zajišťuje správné polohování emblému.

Snížení nákladů z 400 EUR na 10 EUR za díl.

Zkrácení délky návrhu a výroby z 35 dní na 4 dny.



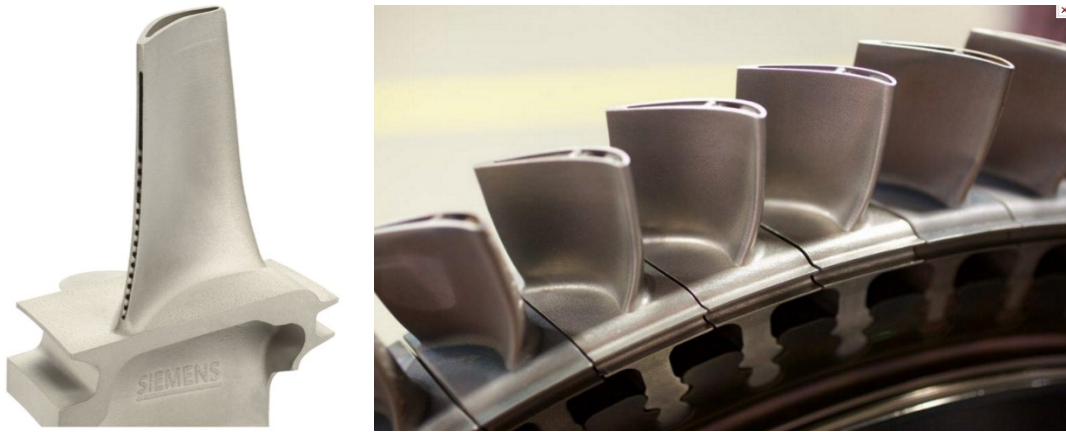
## 3.2. Energetika

Jedním z největších „průkopníků“ využívání aditivní výroby je německá společnost Siemens. Příkladem toho, jak tato společnost využila 3D tisku v České republice, byla generální oprava spalovací turbíny brněnské teplárny Červený mlýn. Při této generální opravě vysoce exponovaných částí stroje byly také vyměněny a optimalizovány tři hlavice směšovacích plynů. *„Jedná se o tvarově složitou součást zařízení, a pokud by se vyráběla klasickým obráběním, proces by trval téměř jeden rok. Z 3D tiskárny součástka vyjede za čtyřicet hodin, a její výroba tak představuje zajímavou finanční a časovou úsporu. V současnosti má Siemens několik svých 3D tiskařských center po celém světě, v případě požadavku na vybrané nové součástky se reakce pohybuje pouze v řádech dnů (23).“*



Obrázek 9: Směšovací hořák ve spalovací turbíně (23)

Obdobný případ je také využití 3D tisku při výrobě lopatek spalovacích turbín. *„Až dosud se lopatky pro spalovací turbíny buď odlévaly, nebo kovaly. Odlévání však komplikuje fakt, že je k němu třeba zkonstruovat formu, což je složitý, časově náročný a nákladný postup. Při aditivní výrobě se laserovým paprskem ozařují a žhají tenké vrstvy kovového prášku, který se tak spéká do požadovaného tvaru. Díky tomuto postupu se podařilo zkrátit dobu od návrhu nové lopatky až po její výrobu ze dvou let na dva měsíce (24).“*



Obrázek 10: Lopatky spalovací turbíny vyrobené technologií laserového navařování (SLM), stránky Siemens (24)

Společnost Siemens je taktéž průkopníkem užívání aditivní výroby pro výrobu náhradních částí na objednávku pro velké spalovací turbíny. Za tímto účelem také společnost Siemens v srpnu 2016 získala 85% podíl ve společnosti Material Solution Ltd., jež je specialistou v SLM technologii, čímž posílila svoji pozici lídra v aplikaci 3D technologií do průmyslové praxe (25). Díky tomu je společnost schopna vyrábět lopatky do spalovacích turbín touto technologií. Lopatky jsou extrémně namáhanou součástí turbín, protože dosahují rychlosti 13 000 otáček za minutu při teplotách 1250 °C a působící zátěži přibližně 11 tun při plném výkonu turbín. Vzhledem k novým možnostem, které 3D tisk nabízí, lze také upravovat geometrie vnitřního chlazení turbín.

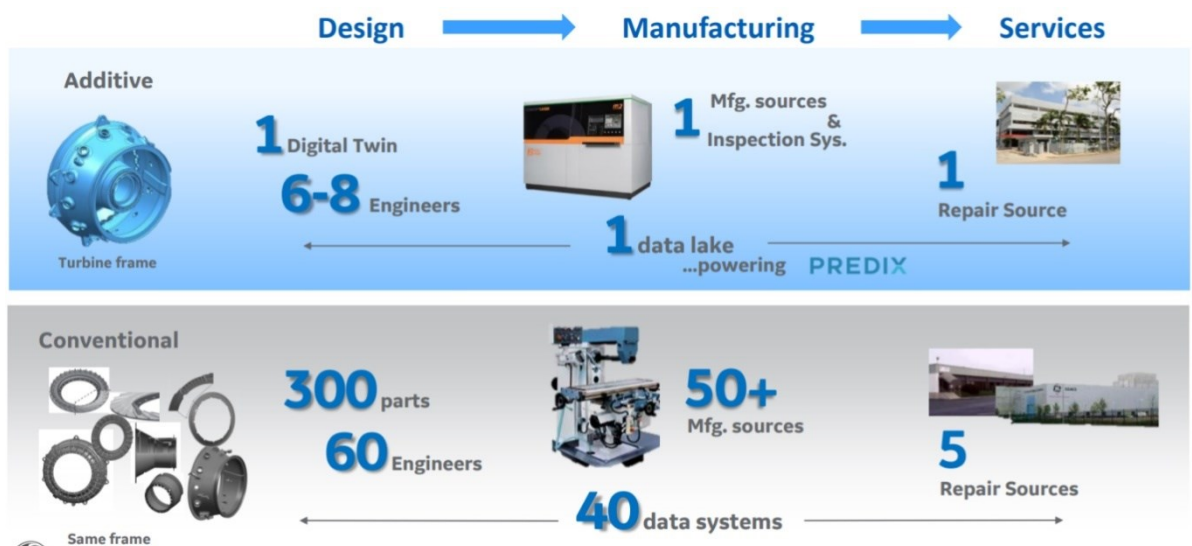
Za hlavní výhody využití 3D tisku v energetickém průmyslu považuje Siemens

- Snížení materiálových zdrojů o 63 %
- Snížení času na vývoj produktů o 75 %
- Flexibilita navrhovaných dílů
- Opravy rychlejší o 60 %
- Snížení emise CO<sub>2</sub> o 30 % (26)

### 3.3. Letectví

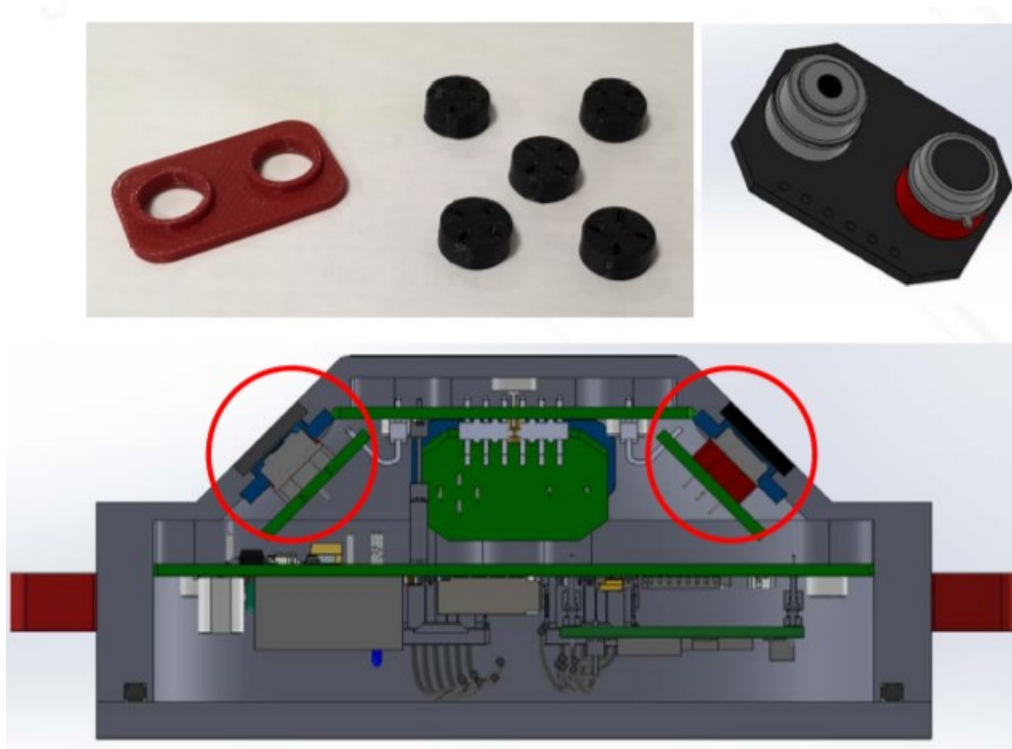
Letectví je jedním z oborů, ve kterém 3D tisk jednoznačně nalézá své uplatnění. Jednak složitost vývoje většiny leteckých součástí více než vybízí k používání 3D prototypů, jež mohou razantně urychlit vývoj a dále také v samotné výrobě. Příkladem můžou být následující studie, kdy díky nové technologii dochází k razantní redukci použitých dílů nebo použití 3D tisku pro malosériovou výrobu, kdy by například výroba forem pro plastové díly či klasické obrábění kovových dílů byla časově i finančně náročnější.

Konkrétním příkladem v České republice je česká pobočka společnosti GE Aviation. Ta začala studiem možností 3D tisku v leteckém průmyslu již před 6 lety. Společnost dokonce vyčlenila samostatnou divizi aditivního tisku „GE additive“. Při vývoji nového ATP motoru, který probíhá v pražských Letňanech, je použito 3D tisku nejen ke zkrácení doby vývoje z 6 let na 4,5 roku, ale i pro výrobu samotných dílů v sériově vyráběném motoru. 12 dílů vyrobených aditivní technologií nahrazuje 855 dílů, které by musely být vyrobeny konvenčními technologiemi. Některé tyto díly mohou mít při výrobě 3D tiskem také tenčí stěny, což vede k váhové úspoře 3-5 % (27). Jak podotýká vedoucí projektu ATP, je nutné již při konstrukci uvažovat odlišně, protože díly vyráběné 3D tiskem musí být navrženy dle jiné „filozofie“.



Obrázek 11: Rám turbíny - porovnání konvenční metody a 3D tisku (28)

Ne každé využití 3D tisku v podnikové sféře musí být na takové high-tech úrovni jako ve společnosti GE Aviation. Příkladem může být společnost RayService ze Starého Města u Uherského Hradiště zabývající se vývojem a výrobou kabelových svazků a elektromechanických sestav pro letectví a pozemní bojovou techniku. Společnost používá tiskárnu Original Prusa I3 MK2S při použití PLA Fillamentum, a to zejména pro výrobu přípravků – tisk maskovací šablony pro ochranu před lakem, centrování štítků na výrobcích, tisk maskovacích šablon proti poškození nebo zašpinění, přídavek pro montáž a vyvazování kabeláže (27). Společnost také tiskne díly pro podložení a středění dvou infračervených senzorů na desce plošných spojů pro protipožární jednotku do bojového vozidla. Toto zařízení má již za sebou i vibrační zkoušky a potvrdilo se, že i díl vytisknutý na této „jednoduché“ tiskárně lze využít v sériové výrobě. Vzhledem k malosériovému charakteru výroby tohoto zařízení je jednoznačné, že se jedná o výrazně výhodnější technologii než například výroba vstřikolísové formy.



Obrázek 12: RayService - středění infračervených senzorů na desce plošných spojů (29)

Dalším zástupcem v českém leteckém průmyslu využívajícím 3D tisk je společnost Evector, která působí v leteckém a automobilovém průmyslu. Ta využívá technologie FDM tisku, jak pro vlastní účely, tak nabízí kapacity na svých 3D tiskárnách třetím stranám. Společnost zdůrazňuje především výhodu této technologie „pro výrobu funkčních prototypů plastových částí s mechanickými vlastnostmi, které se blíží reálnému výlisku a pro díly, které se uplatní při výrobě maket a pohledových vzorků (30).“ Materiály, kterými společnost disponuje, jsou ABS plus, ABS-M30, termoplastický polykarbonát a Termoplast ULTEM 9085. Poslední zmiňovaný materiál, Termoplast ULTEM 9085, je certifikovaný termoplast třídy ST (flame, smoke, toxicity). Jedná se o chemicky rezistentní a odolný materiál proti vysokým teplotám, což z něj dělá materiál vhodný pro automobilový a letecký průmysl.

Společnost využila technologie FDM pro funkční prototypový držák pitostatické trubice nainstalovaný na letoun za účelem ověření funkčnosti a designu při letových zkouškách. Jedná se o kritický díl s ohledem na tuhost a přesnost. Dalším využitím byla výstupní mřížka o rozměrech 350 × 250 mm vyrobená FDM technologií a použitá během letových zkoušek systému chlazení motoru. Posledním příkladem je funkční prototyp rotorové hlavy, který byl sestaven za účelem ověření konstrukčního systému ze součástek vyrobených jak konvenční technologií, tak aditivní výrobou.



Obrázek 13: Evector - příklady využití 3D tisku - držák pitostatické trubice, výstupní mřížka, funkční prototyp rotorové hlavy (30)

### 3.4. Strojírenství

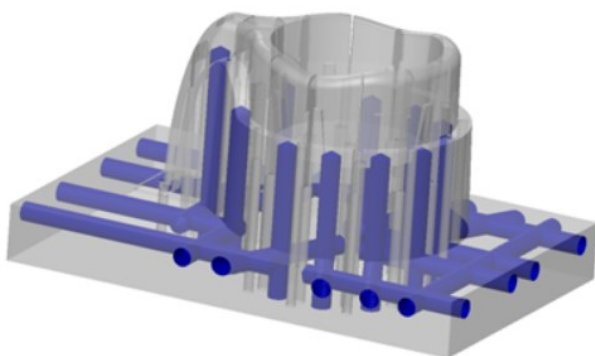
Využití 3D tisku ve strojírenství se velmi překrývá s využitím v automotive, leteckém průmyslu a v energetice. Nebudu tedy již opakovat jeho využití pro výrobu funkčních prototypových modelů použitých při návrhu výrobků, využití k tisku přípravků či náhradních dílů.

Společnost Innomia, a. s. sídlící v Brně se zaměřila na využití 3D tisku v oblasti vstřikolisovacích forem na plasty a slévárenských forem. Společnost využívá technologie DMLS (Direct Metal Laser Sintering) k výrobě konformního chlazení, opravě forem a výrobě prototypových forem.

U forem pro vstřikolisování plastu a lití kovu jsou dnes běžně používány vrtané chladicí kanály. Zajištění optimálního chlazení dutiny formy je mnohdy velmi obtížné nejen s ohledem na tvarovou složitost dutiny formy, ale často se v prostoru potřebném pro jejich vedení nachází též vyhazovače a výsuvné vložky, kterým se musí dráha chladicích kanálů vyhnout. Chladicí soustava je tedy kombinací přímých vrtaných kanálů, kde často není možno sledovat tvarovou zakřivenost dutiny formy. To znamená, že výsledné řešení často není zcela ideální a je omezeno konvenčními výrobními technologiemi. 3D tisk umožňuje vytisknout i dříve nevyrobitelné návrhy chladicího systému a chladicí kanály mohou přesně sledovat tvar vstřikolisové dutiny (hovoříme o tzv. "konformním chlazení".)

Společnost používá 3D tiskárnu EOSINT M270/M290, jejíž pracovní prostor je obvykle 250 x 250 x 320 mm, tento rozsah umožňuje výrobu vložek malé až střední velikosti. Výrobní materiál je v tomto případě nástrojová ocel 1.2709. Vložky vyrobené technologií DMLS z práškového materiálu 1.2709 dosahují stejných mechanických parametrů jako při standardním způsobu obrábění klasického hutního materiálu. Vložky je samozřejmě dále možno tepelně a povrchově upravovat.

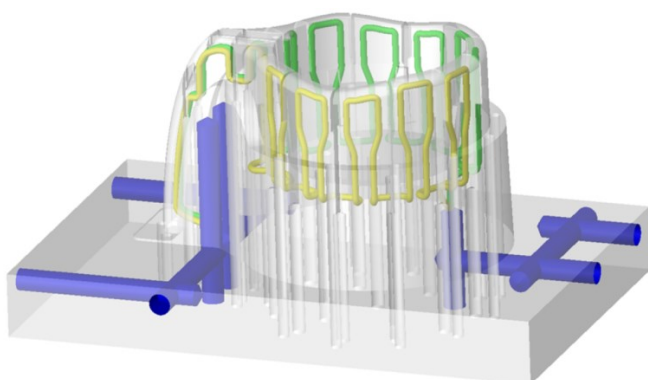
Přínosy tohoto systému chlazení mohou být názorně vidět na následující studii, kde je provedeno porovnání standardního a konformního chlazení u formy na držák plastového pultitru (31).



#### Technická specifikace vložky s vrtaným chlazením

- Materiál ocel 1.2343
- Čas chlazení 28,5 s
- Čas výrobního cyklu 38,9 s
- Čas výroby vložky 23 dní

Obrázek 14: Studie společnosti Innomia – standardní vrtané chlazení vstřikolisové formy (31)



#### Technická specifikace 3D tisknuté vložky

- Materiál ocel 1.2709
- Čas chlazení 16 s
- Čas výrobního cyklu 26,5 s
- Čas výroby vložky 13 dní

Obrázek 15: Obrázek 15: Studie společnosti Innomia – konformní chlazení 3D tiskem vstřikolisové formy (31)

Konformní chlazení bylo optimalizováno tak, aby odvod tepla z dutiny byl maximalizovaný a homogenizovaný. Byly navrženy dvě symetrické chladicí větve, které mají průměr chladicího kanálu 3 mm. Díky optimalizaci chladicího okruhu a homogennímu odvodu tepla došlo ke zkrácení chladicího cyklu a snížení deformací.

Innomia také vyrábí prototypové vstřikolisovací formy vyráběné DMLS technologií. Tyto formy jsou vhodné jako prototypy pro zákazníky, kteří na ně mají požadavek již ze sériových podmínek. To umožňuje ověřit vstřikovací proces, funkčnost a mechanické vlastnosti výlisků ze sériových materiálů. Těchto forem je také možno využít u malosériových objemů v řádu tisíců, kdy jejich výroba aditivní technologií je výrazně kratší<sup>2</sup> a také levnější.

---

<sup>2</sup> Zkrácení výroby z řádu měsíců na týdny.

### 3.5. Stavebnictví

V posledních letech jsme i v oblasti stavebnictví mohli zaznamenat experimenty s 3D tiskem, při nichž byly tisknuty dokonce celé domy. Jedná se o velké venkovní 3D tiskárny (i desítky metrů), kdy „materiálem pro tisk je směs cementu, oceli, skelných vláken, a především recyklované odpadní stavební suti (32).“



Obrázek 16: 3D tisk budovy (32)

Už i v českém stavebnictví se začíná hovořit o alternativě Průmyslu 4.0, tedy Stavebnictví 4.0. Jedná se o digitalizovaný a autonomní stavební průmysl a Smart (chytré) stavebnictví (jehož kontextem bude Smart společnost), v němž se bude více času věnovat preciznímu plánování staveb, sběru a vyhodnocení souvisejících dat a méně času pak samotné výstavbě. Avšak samotná technologie 3D tisku se v České republice vůbec nevyužívá a momentálně se o jejím zavedení neuvažuje (33).



### 3.6. Zdravotnictví

V souvislosti 3D tisku a zdravotnictví se často setkávám s pojmem „biomimetika“. Jedná se o vědní obor zkoumající konstrukční řešení u živých organismů v přírodě. Snaží se je napodobit a poznatky využít k vývoji nových vynálezů a technických řešení.

Velmi široké uplatnění má 3D tisk v protetice. Zatímco velké množství myšlenek, jak využít 3D tisk ve zdravotnictví, je v raných fázích a spíše ve stádiu výzkumu, reprodukce kloubních náhrad patří k nejstaršímu použití 3D tisku ve zdravotnictví. V dnešní době začíná být také stále běžnější využití v obličejové a čelistní chirurgii. Ačkoliv se o využití 3D tisku v medicíně dlouho hovoří, jeho zavádění je složité zejména k vysokým požadavkům na vytisknuté díly, jelikož ty se stávají součástí lidského těla. Musí být použity bio kompaktní materiály, přičemž nesmí dojít k ovlivnění polotovaru (práškového kovu), ani nesmí být výrazně jiné mechanické vlastnosti výsledného výrobku oproti stejnému vyrobenému běžnými technologiemi.

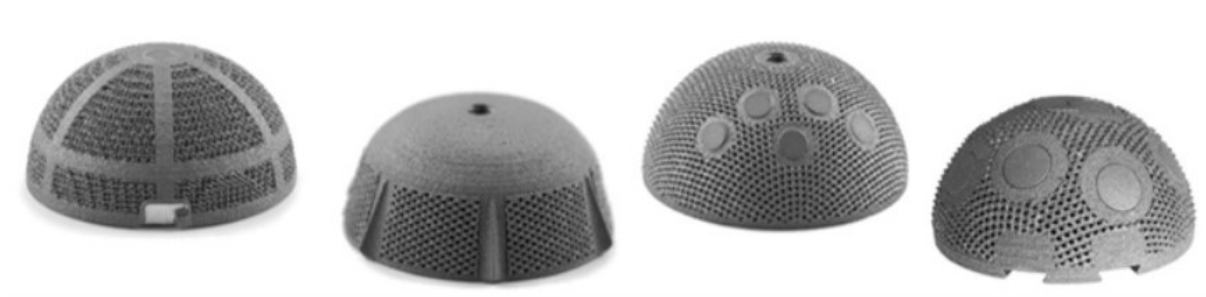
Naprostou jednoznačnou výhodou, kterou 3D tisk přináší, je customizace, tedy výroba přesných modelů na základě CT snímků konkrétního pacienta. Již při samotném návrhu se také stanovuje, kde bude trabekulární (trámčitá) povrchová úprava včetně pórovitosti na jednotlivých místech dílů tak, aby co nejlépe umožňovala prorůstání 3D dílu do tkání pacienta. Mezi nesporné výhody, mimo customizaci a optimální pórovitost povrchu, patří také snížená hmotnost implantátu. Vzhledem k výrobě „na míru“ je operace rychlejší, protože například není třeba upravovat kost pro unifikovaný implantát. Velikost zákroku není tak velká, a tedy i pooperační rekonvalescence pacienta probíhá rychleji. Customizace implantátu dává také předpoklad k jeho zvýšené životnosti (34).



Obrázek 17: Porovnání kolenního kloubu customizací 3D tisku se standardní metodou (34)

Kloubní implantáty touto metodou vyrábí například kladenská společnost ProSpon, která využívá tiskárny Concept Laser M2 Cusingtisknouce z titanového prášku. Ačkoli se jedná o českou společnost, tak jejími největšími zákazníky jsou kliniky v Rusku. Například na moskevské klinice již voperovali přes 2500 individuálních implantátů od této společnosti. Pro polské kliniky zas společnost vyrobila 3D tiskem několik unikátních náhrad, jako například implantát křížové kosti nebo kompletní náhradu kostí nohy od kotníku přes koleno až po kyčelní kloub.

Společnost také vyvinula nový typ kloubní jamky. Ta je výjimečná svou strukturou, kterou není možné vyrobit konvenčními metodami. Díky této struktuře dochází k lepšímu prorůstání tkání. Na běžné výrobky se kvůli lepšímu prorůstání nanášejí porézní vrstvy z jiných materiálů, u kterých je ale určité riziko odtržení. Při 3D tisku přechází porézní struktura titanu plynule do plného materiálu, a proto tu riziko odtržení nehrozí.



Obrázek 18: Kyčelní jamka společnosti ProSpon - titanová slitina (34)

Také jedna z největších společností na českém trhu zabývající se výrobou kloubních náhrad firma Beznoska využívá 3D tisku při výrobě některých ortopedických implantátů. V ČR je Beznoska unikátním výrobcem náhrad částí pánve, které například zasáhla rakovina. Na základě rentgenů a CT snímků lze takovou náhradu kosti vyrobit do 14 dnů, a to nejdříve prototyp ve 3D tiskárně. Po konzultaci s lékařem se pak přesně na míru vyrobená náhrada připraví v Německu 3D tiskem z titanového prášku technologií EBM (35).



Obrázek 19: Částečná náhrada pánve - implantát společnosti Beznoska (36)

Frýdecko-míšecká společnost ING corporation je průkopníkem ve vývoji a výrobě zakázkových ortotických a protetických zdravotnických pomůcek. V Moravskoslezském inovačním centru Ostrava firma ING corporation společně s firmou Invent Medical Group vyvíjí unikátní kraniální ortézy, které pomáhají správnému vývoji dětských hlaviček.

Další společností zaměřující na zakázkové ortotické a protetické pomůcky je společnost Invent Medical. Tento start-up si dává za cíl uplatnit se v oblasti 3D scanování a 3D tisku protetických pomůcek, protože věří, že tento trh bude v následujících letech velmi rychle růst. Poprvé se zviditelnili kraniálními ortézami pro čtyřměsíční holčičky. Tyto ortézy, které budou holčičky nosit tři až šest měsíců, mají umožnit, aby jim hlavičky správně dorostly (37).



Obrázek 20: Invent Medical, Kraniální ortézy pro správný růst hlavičky (37)

Pojišťovna VZP má ve svém úhradovém katalogu, kde jsou sumarizovány zákroky hrazené pojišťovnou, již zahrnutý například individuálně vyráběné kraniální implantáty (pro rekonstrukci kostních defektů lebky), v některých případech konstrukční části ortéz, protéz, kyčelní jamky, ušní tvarovky ke sluchadlům či vložky a dřív při operaci ramenního kloubu, které jsou vyrobeny 3D tiskem (38).

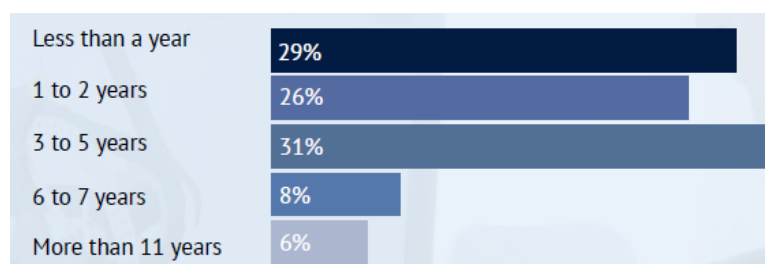
Čeští lékaři doposud provedli přibližně 1 800 náhrad kyčelního kloubu a 1 260 náhrad kolenního kloubu. Totální endoprotézu kyčlí vyrobenou na 3D tiskárně přitom na 1. ortopedické klinice 1. LF UK ve FN Motol dostane zhruba každý druhý pacient, který podstoupí reoperaci. Moderní kloubní náhrady využívají také například v Krajské nemocnici v Liberci. Společně s Ústavem pro pokročilé technologie nyní vyvíjejí implantáty, které by dokázaly nahradit část lebky pacienta třeba po těžké autonehodě (39).

## 4. Porovnání současného stavu se zahraničím

V následující kapitole jsem se zaměřil na výsledky dvou globálních studií zabývajících se komplexně aktuálním stavem 3D tisku ve světě. Bohužel neexistují žádné podobné studie, které by takto komplexně zpracovaly problematiku 3D tisku v České republice. Zatím nejpodrobnější prací je pravděpodobně studie české pobočky poradenské společnosti EY, popsaná v kapitole „Současný stav 3D tisku v České republice“. Z tohoto důvodu není možné provést přímé srovnání využití 3D tisku v jednotlivých odvětvích, používání jednotlivých technologií a materiálů apod. Z mého dosavadního zjištění vyplývá, že 3D tisk je v českém univerzitním i firemním prostředí poměrně rozšířen a poznatky a technologie jsou ze zahraničí aktivně přebírány. Vzhledem k absenci dat komplexně zaměřených na 3D tisk v České republice slouží následující kapitola k obecnému přehledu 3D tisku ve světě. Je velmi pravděpodobné, že situace v České republice je podobná.

Společnost Sculpto zveřejnila v roce 2017 studii „The state of 3D printing“ (40). Tato velmi detailní studie aktuálního stavu 3D tisku ve světě je založena na průzkumu mezi téměř tisíci společnostmi z 62 zemí světa napříč všemi odvětvími průmyslu.

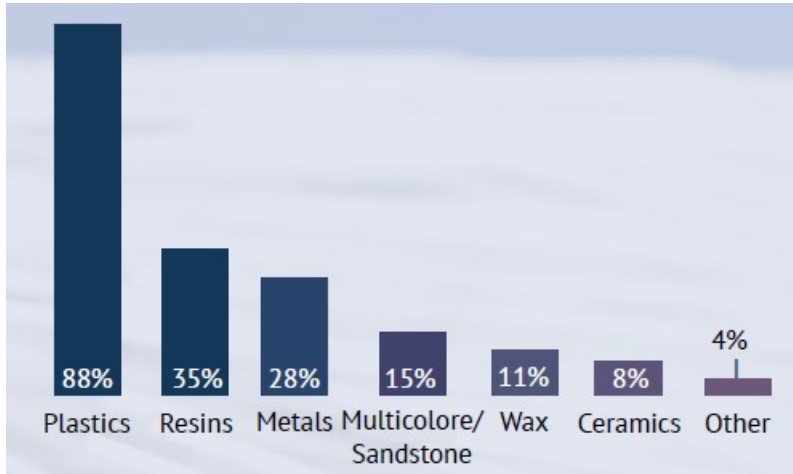
Rostoucí zájem firem o technologii 3D tisku dosvědčuje meziroční nárůst rozpočtu dotázaných firem z průměrných 6 132 \$ na 9 504 \$ v roce 2017. Rychlý trend rozšiřování 3D tisku potvrzuje také přehled, jak dlouho společnosti využívají 3D tisk. 45 % společností využívá 3D tisk méně než 2 roky a pouze 14 % společností využívá technologie 3D tisku déle než 6 let. 90 % společností považuje 3D tisk za kompetitivní výhodu oproti konkurentům. Nejvíce se snaží využít společnosti 3D tisku k urychlení vývoje produktu (26 %), nabídce customizovaného produktu (16 %) a nárůstu flexibility produktu (13 %).



Obrázek 21: Délka užívání technologie 3D tisku ve společnosti (40)

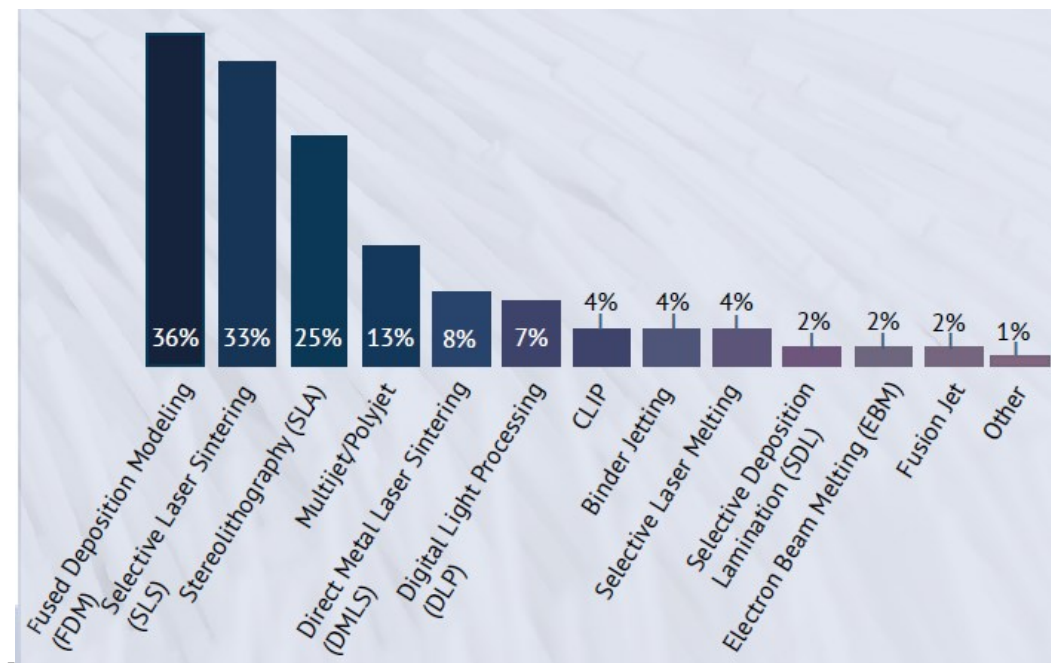
Samotné 3D výtisky jsou nejčastěji prototypy (34 %), potvrzení konceptu (23 %) a pouze v 22 % samotná produkce finálních výrobků, což potvrzuje přibližně stejný trend jako v České republice - hlavní využití 3D tisku v oblasti vývoje.

V následující tabulce je přehled nejpoužívanějších materiálů při 3D tisku. Ačkoliv nyní převažuje jednoznačně výroba plastových dílů, dá se předpokládat, že kovový 3D tisk bude v budoucnu více využíván. Důvodem je, že technologie 3D tisku kovu je mladší než plastový 3D tisk a také přístroje pro 3D tisk kovů jsou násobně dražší.



Obrázek 22: Přehled materiálů používaných pro 3D tisk (40)

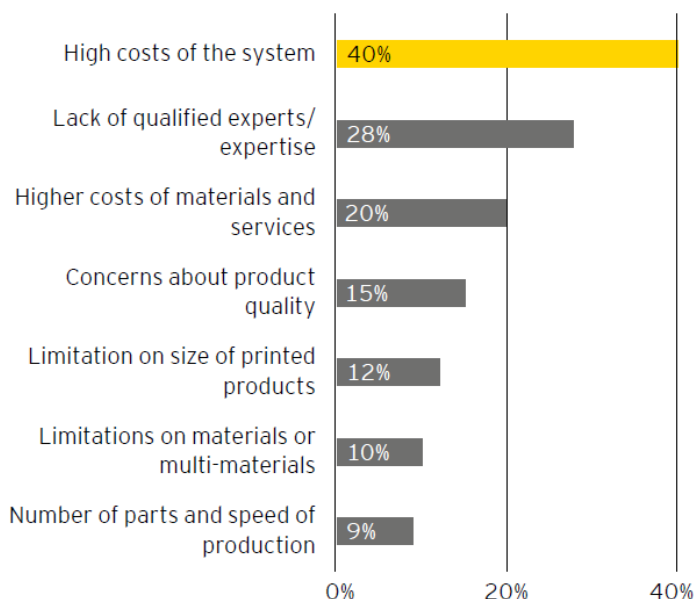
Z pohledu použité technologie 3D tisku jsou nejčastější Fused Deposit Modeling (FDM), Selective Laser Sintering (SLS) a Stereolithography (SLA).



Obrázek 23: Přehled nejpoužívanějších technologií 3D tisku (40)

Velký průzkum společnosti EY Global (41), jehož se zúčastnilo 900 společností ze 12 zemí světa, přináší podobné závěry jako průzkum společnosti Sculpteo. Za zmínku stojí několik grafů, které „dokreslují“ aktuální vývoj 3D tisku ve světě.

Z následujícího grafu je zřejmé, co firmy považují za největší překážky při zavádění 3D tisku do podnikových procesů. Těmito překážkami jsou hlavně vysoké náklady a nedostatek know-how, respektive zaměstnanců, již tyto znalosti mají.

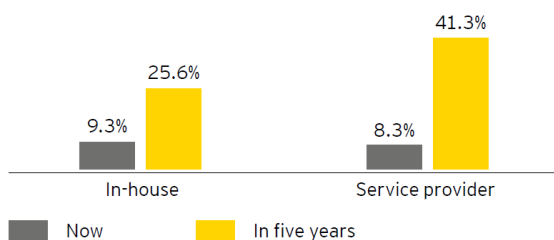


Obrázek 24: Největší překážky při implementaci 3D tisku do firemních procesů (41)

S výše jmenovanými překážkami zavádění 3D tisku ve společnostech také souvisí rozhodnutí, zda vyvíjet znalosti 3D tisku interně s využitím vlastních 3D tiskáren<sup>3</sup>, nebo naopak samotný 3D tisk spolu s poradenstvím outsourcovat. Z průzkumu vyplývá, že z oslovených společností pouze jedna z deseti si osvojuje technologie interně a 25 % tuto technologii outsourcuje. Tento trend outsourcování 3D tisku by se měl v následujících 5 letech ještě prohloubit.

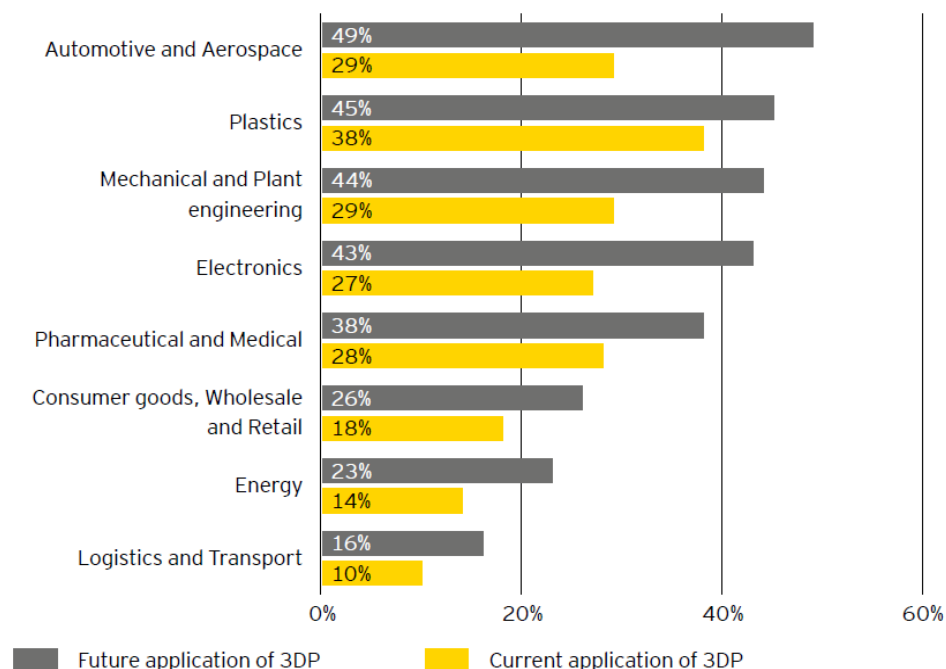
---

<sup>3</sup> V případě nadnárodních firem se můžeme setkat se zakládáním vlastních 3D center (např. společnost Siemens).



Obrázek 25: 3D tisk interně vyvíjený vs. jeho outsourcing (41)

Velmi zajímavé je také srovnání jednotlivých odvětví průmyslu, kde je 3D tisk nejvíce využíván. Z výpovědí firem, zda plánují zavádět 3D tisk, také vyplývá, které odvětví se chystá v blízké budoucnosti si technologie 3D tisku osvojit a využívat. Nejvíce je využíván 3D tisk v automobilovém a leteckém průmyslu, u výrobců plastových dílů, strojírenství, elektronice a zdravotnictví. V blízké budoucnosti plánuje 10-20 % společností začít využívat 3D tisk, přičemž nejvyšší nárůst užívání 3D tisku se předpokládá v automobilovém průmyslu a letectví (navýšení užití 3D tisku z 29 % firem na 49 % v automobilovém a leteckém průmyslu).



Obrázek 26: Užití 3D tisku v průmyslu nyní a předpoklad v blízké budoucnosti (41)

## Závěr

Cílem bakalářské práce je rešerše současného stavu 3D tisku a jeho využití v České republice. V úvodu práce byl proveden přehled technologií 3D tisku dle kategorizace ISO – bylo zjištěno, že dvě ze sedmi základních technologií 3D tisku nejsou v České republice vůbec zastoupeny. V následující kapitole bylo popsáno zastoupení 3D tisku v univerzitním prostředí, hlavní webové stránky zabývající se 3D tiskem a další hlavní podporovatelé rozvoje 3D tisku v České republice.

Hlavní část bakalářské práce popisovala využití 3D tisku v jednotlivých průmyslových odvětvích v České republice – automobilový průmysl, energetika, letectví, strojírenství, stavebnictví a zdravotnictví. S výjimkou stavebnictví je 3D tisk zastoupen ve všech jmenovaných odvětvích. Ačkoli byl potvrzen předpoklad, že nejvíce je 3D tisk využíván v leteckém a automobilovém průmyslu, zastoupení v ostatních oborech začíná nabývat stále většího významu. Většina společností považuje 3D tisk za konkurenční výhodu a v následujících letech plánují jeho zavedení do podnikových procesů či jeho zintenzivnění.

V závěru práce jsem provedl stručné porovnání vývoje 3D tisku v zahraničí a v České republice. Zde jsem využil především dvou komplexních studií společností EY a Sculpto. Ty zpracovaly velmi detailně oblast 3D tisku na velkém vzorku oslovených společností z celého světa. Bohužel podobná data neexistují pro český trh, a nebylo tedy možné provést přímé porovnání konkrétních hodnot. Zde jsem tedy vycházel z poznatků o českém trhu získaných při zpracování předchozích kapitol. Z porovnání vyplývá, že Česká republika je na poměrně vyspělé úrovni a patří mezi státy, které s 3D tiskem pracují ať již v univerzitním prostředí, tak ve výrobní sféře.

Možný další potenciál pro pokračování práce v magisterském studiu je její rozšíření o dotazníkový průzkum mezi společnostmi. Průzkum by se zabýval oblastmi užívaných materiálů, kritérii výběru 3D tiskáren, aplikací postprocessingu na prototypy, zda společnosti mají své tiskárny, či služby outsorcují.

Z dosažených poznatků při psaní bakalářské práce vyplývá, že 3D tisk bude v budoucnu v České republice i zahraničí stále více využíván. Ačkoli osobně nepředpokládám raketový nárůst využití 3D tisku během následujících pár let, jedná se o dlouhodobý trend, který z dlouhodobého hlediska ovlivní většinu průmyslových sektorů. 3D tisk představuje naprosto novou technologii, a tak na ni je nutné i pohlížet. 3D tisk není pouze novou možností, jak udělat již známý výrobek. 3D tisk má schopnost přinášet naprosto nové výrobky.



## Bibliografie

1. ISO/ASTM 52900:2015. *ISO (the International Organization for Standardization)*. [Online] 2015. [Citace: 5. Prosinec 2017.] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-astm:52900:ed-1:v1:en>.
2. Redwood, Ben. Additive Manufacturing Technologies: An Overview. *3D HUBS*. [Online] [Citace: 7. 12 2017.] <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/additive-manufacturing-technologies-overview>.
3. Pagáč, Marek. Klasifikace aditivních technologií. *Konstrukter.cz*. [Online] [Citace: 20. 12 2017.] <https://www.konstrukter.cz/2016/11/23/zaciname-s-3d-tiskem-kovu-2-technologie-3d-tisku-kovu-slm/>.
4. Přehled technologií 3D tisku. *dk metal prominent s.r.o.* [Online] 2018. [Citace: 22. 12 2017.] <http://www.dkmp.cz/o-nas/detail/Prehled-technologie-3D-tisku>.
5. 3D tisk vstupuje do sériové výroby s HP multi jet fusion . *3DEES*. [Online] 2017. [Citace: 15. 3 2018.] <http://www.3dees.cz/3d-tisk-vstupuje-do-seriove-vyroby-s-hp-multi-jet-fusion>.
6. Selective Deposition Lamination (SDL). *3D Printing Industry*. [Online] [Citace: 01. 03 2018.] <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide#04-processes>.
7. Varotsis, Alkaios Bournias. Introduction to SLA 3D Printing. *3D HUBS*. [Online] [Citace: 01. 03 2018.] <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-sla-3d-printing#work>.
8. 3D tisk v českém výrobním prostředí. *EY*. [Online] 2017. [Citace: 15. 11 2017.] [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/3D\\_print\\_infosheet/\\$FILE/16679\\_EYcr%20Brozura%203D%20tisk%2004\\_17%2004.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/3D_print_infosheet/$FILE/16679_EYcr%20Brozura%203D%20tisk%2004_17%2004.pdf).
9. Skutečný potenciál 3D tisku využijí mladší. *Visions (zima 2016), Siemens*. [Online] 2016. [Citace: 15. 11 2017.] [https://issuu.com/siemenscz/docs/visions\\_zima\\_2016\\_jednostr\\_nky?e=9246966/43503872](https://issuu.com/siemenscz/docs/visions_zima_2016_jednostr_nky?e=9246966/43503872).
10. Vybavení laboratoře strojLAB. *StrojLAB*. [Online] [Citace: 15. 01 2018.] <https://www.strojlab.cz/stroje>.
11. Laboratoř aditivní výroby VŠB-TUO. [Online] VŠB-TUO. [Citace: 05. 12 2017.] <http://3d-tisk-kovu.cz/>.
12. UPrint 3D. [Online] UP Olomouc. [Citace: 05. 12 2017.] <http://www.uprint3d.cz/materialy-a-technologie/>.

13. Klastř aditivní výroby z. s. (KAV), . [Online] [Citace: 08. 12 2017.] <http://www.3dklastr.cz/o-klastru/> .
14. Mezinárodní strojířenský veletrh. [Online] [Citace: 14. 10 2017.] <https://www.bvv.cz/msv/>.
15. 3D tisk - trendy, zkušenosti a obchodní příležitosti roku 2017. [Online] [Citace: 13. 10 2017.] <https://www.odborne-konference.cz/3d/>.
16. Průša, Josef. *Prusa research*. [Online] [Citace: 28. 10 2017.] <https://www.prusa3d.cz>.
17. 3D tisk vstupuje do sériové výroby s HP Multi JET Fusion. *3D IDEES*. [Online] [Citace: 05. 12 2017.] <http://www.3dees.cz/3d-tisk-vstupuje-do-seriove-vyroby-s-hp-multi-jet-fusion> .
18. Pracovní pozice ŠKODA AUTO. [Online] [Citace: 28. 11 2017.] <https://www.proudly.cz/pracovni-nabidky/9999/3d-tisk-ve-vyrobe-metalurgickeho-naradi-mlada-boleslav-skoda-auto#company-name>.
19. Trucks, Mercedes-Benz. New from the 3D printer: the first spare part for trucks made of metal. [Online] [Citace: 28. 12 2017.] <http://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Premiere-at-Mercedes-Benz-Trucks-New-from-the-3D-printer-the-first-spare-part-for-trucks-made-of-metal.xhtml?oid=23666435>.
20. 3D printing: truck spare parts on demand. [Online] Mercedes-Benz Trucks. [Citace: 28. 12 2017.] <http://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Mercedes-Benz-Trucks-uses-pioneering-future-technology-3D-printing-truck-spare-parts-available-on-demand.xhtml?oid=12788778>.
21. Bugatti. Brake caliper from 3D printer. [Online] [Citace: 28. 12 2017.] <https://www.bugatti.com/media/news/2018/world-premiere-brake-caliper-from-3-d-printer/>.
22. Ultimaker, VW. Zvyšujeme efektivitu výroby. [Online] [Citace: 24. 02 2018.] [https://3dwiser.com/wp-content/uploads/2017/08/Volkswagen\\_Ultimaker\\_CZ.pdf](https://3dwiser.com/wp-content/uploads/2017/08/Volkswagen_Ultimaker_CZ.pdf) .
23. SIEMENS. Technologie Červeného mlýna po generálce. *Energo*. [Online] [Citace: 14. 01 2018.] <http://www.siemens.cz/energo/upload/energo-2-2016.pdf>.
24. —. Turbíny z 3D tiskárny obstojí. *Visions jaro 2017*. [Online] [Citace: 18. 01 2018.] <http://www.siemens.cz/visions/upload/visions-jaro-2017.pdf>.
25. —. Siemens strengthens footprint in Additive. [Online] [Citace: 05. 02 2018.] <http://materialssolutions.co.uk/wp-content/uploads/2016/08/Siemens.pdf>.

26. —. Additive manufacturing. [Online] [Citace: 15. 01 2018.] <https://www.energy.siemens.com/hq/pool/hq/services/industrial-applications/additive-manufacturing/additive-manufacturing-industrial-gas-turbines.pdf>.
27. Panelová diskuze SČLP 29.11.2017. *youtube.com*. [Online] [Citace: 26. 03 2018.] <https://www.youtube.com/watch?v=K8lnEWYyz6Y> .
28. Slapak, Milan. 3D Print. The GE story. *GE Aviation*. [Online] [Citace: 14. 03 2018.] <http://materialssolutions.co.uk/wp-content/uploads/2016/08/Siemens.pdf>.
29. RayService. 3D tisk - cesta od myšlenky k výrobku. [Online] [Citace: 26. 02 2018.] [http://www.sclp.cz/wp-content/uploads/2013/08/Litame\\_3D\\_Ray\\_Service.pdf](http://www.sclp.cz/wp-content/uploads/2013/08/Litame_3D_Ray_Service.pdf).
30. Evector. *Rapid prototyping*. [Online] [Citace: 10. 03 2018.] <https://www.evektor.cz/cz/rapid-prototyping> .
31. INNOMIA. Konformní chlazení. [Online] [Citace: 29. 03 2018.] <http://www.konformni-chlazení.cz/pripadove-studie-seznam/pripadova-studie-innomia>.
32. iDNES.cz. V Číně postavili z 3D tiskárny luxusní vilu a už i pětipodlažní dům. [Online] <http://www.konformni-chlazení.cz/pripadove-studie-seznam/pripadova-studie-innomia>.
33. METROSTAV. Stavebnictví 4.0 je na obzoru. [Online] [Citace: 05. 04 2018.] <https://www.metrostav.cz/cs/pro-media/818-stavebnictvi-4-0-je-na-obzoru>.
34. ProSpon. 3D tisk. [Online] [Citace: 15. 03 2018.] <http://www.prospon.cz/3d-tisk> .
35. deník, Zdravotnický. Výrobce kloubních náhrad Beznoska meziročně roste o deset procent. [Online] [Citace: 15. 03 2018.] <http://www.zdravotnickydenik.cz/2015/08/vyrobce-kloubnich-nahrad-beznoska-mezirocne-roste-o-deset-procent/>.
36. Beznoska. Buletin společnosti Beznoska. [Online] <http://www.beznoska.cz/wp-content/uploads/2013/11/001723.pdf>.
37. denik.cz. V Porubě vyvinuli unikátní dětské ortézy na hlavičky. [Online] [Citace: 17. 03 2018.] <https://www.denik.cz/zdravi/v-porube-vyvinuli-unikatni-detske-ortezy-na-hlavicky-20160909-llc9.html> .
38. 3D tisk ve zdravotnictví. [Online] Všeobecná zdravotní pojišťovna. [Citace: 13. 03 2018.] <https://www.vzp.cz/tiskove-centrum/otazky-tydne/vyuziti-3d-tisku-ve-zdravotnictvi>.
39. iDNES.cz. Převrat v medicíně: pacienti dostávají klouby a kosti z 3D tiskáren. [Online] [Citace: 01. 04 2018.] [https://zpravy.idnes.cz/medicina-kloub-implantat-trojrozmerny-tisk-3d-f43-/domaci.aspx?c=A171129\\_091641\\_domaci\\_vitm](https://zpravy.idnes.cz/medicina-kloub-implantat-trojrozmerny-tisk-3d-f43-/domaci.aspx?c=A171129_091641_domaci_vitm).

40. Sculpteo. The state of 3D printing 2017. [Online] [Citace: 17. 10 2017.]  
[https://www.sculpteo.com/media/ebook/State%20of%203DP%202017\\_1.pdf](https://www.sculpteo.com/media/ebook/State%20of%203DP%202017_1.pdf).

41. EY. EY's Global 3D printing Report 2016. [Online] [Citace: 15. 10 2017.]  
[http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-global-3d-printing-report-2016-full-report/\\$FILE/ey-global-3d-printing-report-2016-full-report.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-global-3d-printing-report-2016-full-report/$FILE/ey-global-3d-printing-report-2016-full-report.pdf).