

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Fakulta regionálního rozvoje a mezinárodních studií

3D tlač a zmeny na trhu práce

Bakalárska práca

Vedúci bakalárskej práce:

Mgr. Ondrej Konečný, Ph.D

Vypracovala:

Lucia Štefaňáková

Brno 2016

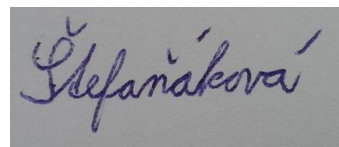
Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že som prácu:

vypracovala samostatne a všetky použité pramene a informácie uvádzam v zozname použitej literatúry. Súhlasím, aby moja práca bola zverejnená v súlade s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách v znení neskorších predpisov a v súlade s platnou Smernicou o zverejňovaní vysokoškolských prác.

Som si vedomá, že sa na moju prácu vzťahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brne má právo na uzavretie licenčnej zmluvy a použitia tejto práce ako školského diela podľa § 60 odst. 1 autorského zákona. Ďalej sa zaväzujem, že pred spísaním licenčnej zmluvy o využití diela inou osobou (subjektom) si vyžiadam písomné stanovisko univerzity, že predmetná licenčná zmluva nie je v rozpore s oprávnenými záujmami univerzity, a zaväzujem sa uhradiť príspevok na úhradu nákladov spojených so vznikom diela, a to až do ich skutočnej výšky.

V Brne dňa 20.5.2016

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature is written in a cursive style and reads "Štefaniáková".

.....
podpis

Pod'akovanie

Rada by som pod'akovala vedúcemu mojej bakalárskej práce Mgr. Ondrejovi Konečnému, Ph.D., za odborné rady, pomoc a trpezlivosť v priebehu vypracovávaní práce.

Abstrakt

ŠTEFAŇÁKOVÁ, Lucia. 3D tlač a zmeny na trhu práce. Bakalárska práca. Brno 2016

Nasledujúca bakalárska práca sa zaoberá analýzou možných dopadov rozšírenia technológie 3D tlače na formovanie novej podoby trhu práce. V prvej časti sú definované základné pojmy súvisiace s 3D tlačou, hlavné technológie, ale i používané materiály, potrebné pre pochopenie danej problematiky. Nevyhnutnou časťou je metodika a ciele práce.

Druhá časť práce je zameraná na rešerš dostupnej literatúry, ale i spracovanie poznatkov a informácií potrebných pre identifikáciu pracovných pozícií, ktoré by mohli vplyvom rozšírenia 3D tlače vzniknúť alebo naopak úplne zaniknúť.

Kľúčové slová:

3D tlač, aditívna výroba, trh práce

Abstract

ŠTEFAŇÁKOVÁ, Lucia. 3D printing and changes in the labor market. Bachelor thesis. Brno 2016

Following bachelor thesis is concentrating on analysis of possible impacts on forming a new model of labour market due 3D printing technology extension. In the first section are defined basic concepts related to 3D printing, core technologies, but also used materials, which are important for understanding this issue.

Essential part of the thesis is to refer methods and the main goal. The next section of the thesis is dealing with the search of available literature, but on the other hand is also talking about processing knowledge and information needed to identify jobs, that might arise or completely disappear because of 3D printing extension.

Keywords:

3D printing, additive manufacturing, labour market

OBSAH

1 Úvod a ciele bakalárskej práce	8
2 Metodika	10
3 Pojem 3D tlač.....	11
3.1 Rapid Prototyping	12
3.2 RepRap.....	12
3.3 Prehľad technológií.....	13
Technológia FDM/ FFF	13
Technológia PolyJet/ Projet	14
SLA – stereolitografia.....	14
Ďalšie technológie 3D tlače	14
3.4 3D ceruzka	14
3.5 Význam 3D tlače	15
3.5.1 Medicína	15
3.5.2 Priemysel	15
3.5.3 Umenie.....	16
3.5.4 Vzdelávanie.....	16
4 Analýza možností a súčasné limity uplatnenia 3D tlače čoby substitúta vybraného spotrebiteľského tovaru	17
4.1 10 princípov 3D tlače.....	18
4.2 Možnosti masového uplatnenia 3D tlače	22
4.3 Limity „masového“ uplatnenia	25
5 Vplyv 3D tlače na formovanie novej podoby trhu práce.....	28
5.1 Potenciálne oblasti ovplyvnené zavedením 3D tlače.....	28
5.1.1 Sféra logistiky	29
5.1.2 Odvetvie inovácií.....	30
5.1.3 Podnikateľské prostredie	33

5.1.4 Start-upy.....	35
5.2 Návrh digitálnych súborov.....	35
5.3 Komunita používateľov	35
5.4 Klaster aditívnej výroby.....	36
5.5 Predpoklad ďalšieho vývoja	36
6 Možné dopady rozšírenia 3D tlače na Juhomoravský kraj	38
6.1 Štruktúra zamestnanosti podľa odvetvia ekonomiky.....	38
6.2 Najväčší zamestnávateľia Juhomoravského kraja.....	39
6.3 Štruktúra zamestnanosti podľa kategórie zamestnania (CZ-ISCO).....	41
7 Záver	43
8 Zoznam použitej literatúry a internetových zdrojov	46
Zoznam skratiek.....	50
Prílohy.....	51

1 Úvod a ciele bakalárskej práce

V súčasnosti sa ľudstvo nachádza v období označovanom ako vek strojov a techniky. Práve technológie značným spôsobom ovplyvňujú svetové hospodárstvo, ale i úroveň zamestnanosti na trhu práce. Každý rok sú predstavované inovácie pomáhajúce ľuďom pri rôznych činnostiach. Zároveň sa tieto technologické novinky podielajú na ekonomickom rozvoji a zlepšovaní kvality života. Význam digitálnych technológií pre spoločnosť a ekonomiku každým rokom narastá. Je potrebné brať v úvahu aj úskalia, ktoré so sebou nové technológie prinášajú. Za najzávažnejšie je možné považovať ekonomické problémy, ktorým budú generácie s najväčšou pravdepodobnosťou vystavené.

Za jednu z mladých, no pomerne rýchlo sa rozvíjajúcich technológií možno pokladať 3D tlač. Jedná sa o aditívny spôsob výroby, pri ktorom sú na základe digitálnej predlohy na seba nanášané vrstvy materiálu. Výsledkom procesu je zhotovený trojrozmerný objekt. Využitie 3D tlače nachádzame najmä v oblasti vytvárania prototypov a vývoja produktov. Avšak s narastajúcim množstvom vytvorených materiálov a druhov tlačiarň sa táto technológia používa v čoraz väčšom počte oblastí. Uplatnenie nachádza v odvetviach ako sú medicína, priemysel, umenie, ale i vzdelávanie, či móda. Za hlavnú prednosť tejto výrobnéj metódy je považovaná schopnosť skvelého prispôbenia produktu náročným požiadavkám zákazníka, vďaka výberu z nekonečného množstva tvarov, veľkostí, ale i farieb. Na druhej strane disponuje i vlastnosťami, ktoré doposiaľ bránili jej „masovejšiemu“ výskytu. V prípade nájdenia alternatívnych riešení je možné uvažovať o rozšírení tejto technológie. Naskytá sa otázka, ako by mohlo hromadnejšie zavádzanie 3D tlače ovplyvniť jednotlivé pracovné pozície. Preto bola zvolená téma práce - 3D tlač a zmeny na trhu práce, ktorá sa venuje vplyvu tejto technológie na vytváranie novej podoby trhu práce.

Cieľom práce je identifikácia profesií a odvetví, ktoré by mohli byť zasiahnuté rozsiahlejším zavádzaním technológie 3D tlače a jej pôsobením si svoje postavenie upevniť alebo naopak oslabiť, či úplne zaniknúť.

Kľúčovým je analýza možností, ale i limitov uplatnenia 3D tlače v roli substituenta spotrebiteľského tovaru. Získané informácie poskytujú predstavenie základných definícií a technológií súvisiacich s aditívnou výrobou.

Dôležitým podkladom sú znalosti a skúsenosti odborníkov, ktorí s touto technológiou pracujú, či prichádzajú do pravidelného kontaktu. Významné sú taktiež princípy technológie, v ktorých sú bližšie špecifikované výhody 3D tlače oproti súčasným výrobným strojom. Cieľom práce je pomocou zistených skutočností zistiť možnú intervenciu 3D tlače na trh s pracovnými príležitosťami. Názory zainteresovaných strán ponúkajú náhľad na konkrétne odvetvia, ktoré by mohli využiť prednosti aditívnej výroby vo svoj prospech, čo smeruje k zámeru identifikácie kľúčových oblastí zasiahnutých touto technológiou. Čiastkovým cieľom je rozbor možných dopadov rozšírenia 3D tlače na Jihomoravský kraj. Súčasťou tejto časti je štruktúra zamestnanosti podľa odvetví ekonomiky, ale i vývoj počtu zamestnancov u najväčších zamestnávateľov v kraji. Štruktúra zamestnanosti podľa klasifikácie CZ-ISCO napomáha pri naplnení cieľa a to konkrétne identifikácií pracovných pozícií, ktorých existencia by mohla byť v budúcnosti vplyvom 3D tlače ohrozená. Na druhej strane sú predstavené profesie, ktoré by eventuálne mohli byť na pracovnom trhu v najbližších rokoch firmami vyhľadávanejšie a žiadanejšie.

2 Metodika

V bakalárskej práci sa autor zaoberá technológiou 3D tlače a jej možným vplyvom na utváranie zmenenej podoby trhu práce, ale i vytvoreníu či naopak zániku určitých pracovných pozícií.

Práca pozostáva zo siedmych kapitol. V prvých dvoch sú popísané ciele a metodika práce. Tretia časť rozoberá relevantné charakteristiky, popis používaných materiálov a technológií k oboznámeníu čitateľa so základnými pojmami súvisiacimi s touto technológiou pre lepšie pochopenie kľúčových vzťahov. Do tejto časti je zahrnutý i popis jej významu v konkrétnych oblastiach. V práci sú používané skratky, ktoré sú uvedené na konci práce.

Štvrtá kapitola sa zameriava na analýzu možností a súčasných limitov uplatnenia 3D tlače v pozícií náhradníka určitého spotrebiteľského tovaru. Jej súčasťou sú prognózy celosvetových tržieb z oblasti predaja, ale i predpoveď počtu predaných 3D tlačiarní. Tieto údaje boli získané z dostupných zdrojov, ktoré vychádzali z uskutočnených analýz a reportov.

Nasledujúca kapitola bola vypracovaná na základe dostupnej literatúry a článkov uverejnených v odborných publikáciách. Kľúčovým boli názory odborníkov pracujúcich v konkrétnych odvetviach, na ktoré by zavádzanie 3D tlačiarní vo väčšom množstve mohlo mať výrazný dopad. Základným postupom bolo vyhľadávanie zdrojov, ktoré obsahovali relevantné informácie. Zdroje rešerše možno rozdeliť na technické a odborné, ktoré sledujú pramene. Spracované poznatky vychádzali najmä z dostupnej literatúry, výskumných a vývojových správ, príručiek, ale i referátových časopisov, či titulov elektronických konferencií.

Záverečná časť analyzuje možné dopady rozšírenia 3D tlače na zamestnanosť Jihomoravského kraja. Pre zodpovedanie výskumných otázok autor v tomto prípade postupoval získaním dôležitých údajov o zamestnanosti v jednotlivých odvetviach, počtu pracovných pozícií a ich následným rozborom. Predikcia bola vypracovaná na základe sekundárnych dát, ktoré tvorili informácie z Prieskumu Jihomoravského kraja k 31.12.2014.

3 Pojem 3D tlač

V súčasnej dobe napredujú technológie závratným tempom. Dôkazom toho je veľké množstvo vynálezov, ktoré človeku nielen pomáhajú, ale i uľahčujú chod mnohých činností. Rýchlosť pokroku technológií neustále narastá. Medzi jeden z významných objavov možno zaradiť aj vynálezenie 3D tlačiarne. Hoskins (2013) sa domnieva, že pôvod 3D tlače možno pripísať jednej z mnohých historických súvislostí a východiskových bodov. Jedná sa o pomerne mladý druh technológie, ktorá má niekoľko nadväzností vzorov rozvoja (Hoskins, 2013). Na začiatku sa 3D tlačiarne používali na výrobu prototypov, a preto sa v ranných štádiách existencie označovali ako Rapid Prototyping, teda rýchla výroba prototypov (Průša, 2014).

Samotný pojem 3D tlač je charakterizovaný ako proces, pri ktorom sa z digitálnej predlohy vytvára fyzický model. Výsledný objekt vzniká vrstvu po vrstve natavovaním tenkého prúžku plastového materiálu (Průša, 2014).

Ďalším spôsobom ako charakterizovať 3D tlač je ten, že sa jedná o proces vytvárania trojrozmerného pevného predmetu, prakticky ľubovoľného tvaru, z digitálneho počítačového modelu (Canessa, Fonda, Zennaro, 2013).

Rozdiel medzi tradičnou technológiou a 3D tlačou spočíva v odlišnosti použitých metód. Zatiaľ čo základom tradičných techník je odstraňovanie materiálu ako napríklad vŕtaním či rezaním, 3D tlač používa aditívny proces, pri ktorom sú na seba nanášané vrstvy materiálu (Canessa, Fonda, Zennaro, 2013).

História 3D tlačiarní siaha do druhej polovice 90 - tých rokov, keď si dal v roku 1983 Chuck Hull patentovať technológiu s názvom stereolitografia. Základom tejto metódy je trojrozmerná laserová tlač s využitím tekutého fotopolymeru a UV laseru. Krátko pred začiatkom 20. storočia prišiel Hull s novým modelom označeným ako stereolitografický aparát SLA- 1, ktorý bol prvým prístrojom tlačiacim v 3D formáte. V týchto rokoch sa ešte nepoužívalo pomenovanie 3D tlačiarne, avšak toto zariadenie bolo základom vývoja súčasného modelu 3D tlačiarní. Chuck Hull neskôr založil prvú spoločnosť zaoberajúcu sa vývojom tejto technológie s názvom *3D Systems, Inc.*, ktorá je aj v súčasnosti hlavným predstaviteľom priemyselných 3D tlačiarní po celom svete (Průša, 2014).

V minulosti existovalo niekoľko rôznych procesov 3D tlače, ktoré boli postupne vynájdené od konca roku 1970. Avšak pôvodne zkonštruované zariadenia boli veľké, drahé a do značnej miery obmedzené v tom, čo mohli vyrábať. Medzi populárne a používané technológie tohto obdobia možno zaradiť modelovanie tavenej depozície (FDM), ktoré bolo vyvinuté a patentované v roku 1989 S.Scottom Crumplom. V dnešnej dobe je táto technológia používaná v značnej miere napríklad pri výrobe šperkov, obuvi, priemyslového dizajnu, ale i architektúry (Canessa, Fonda, Zennaro 2013).

3.1 Rapid Prototyping

Šebková (2015) uvádza jednoduchý príklad na upresnenie pojmu Rapid Prototyping. Predstavme si proces vývoja nového diaľkového ovládania k televízií. Dizajnér navrhne tvar a vytvorí počítačové dáta, ktoré ukážu ako bude zhruba ovládač vyzerat'. Keďže ho nevieme vziať do ruky a vyskúšať, je potrebný ďalší krok a to vytvorenie reálneho prototypu. Ponúka sa možnosť nechať si vyrobiť formu, ktorej výroba bude trvať niekoľko týždňov až mesiacov a navyše bude veľmi nákladná. Následne je možné pomocou formy vytvoriť potrebný prototyp. Avšak po otestovaní sa zistí skutočnosť, že je potrebné tvar upraviť a proces od tvorby formy je potrebné zopakovať. Týmto spôsobom sa vývoj produktu predražuje, a zároveň sa predlžuje doba výroby. Druhou a efektívnejšou možnosťou je využitie 3D tlače. V priebehu niekoľkých minút sa nahrajú počítačové dáta do tlačiarne a na druhý deň vidieť reálny výsledok v podobe hotového prototypu. V prípade úprav sa nahrajú aktualizované dáta a pošlú sa znovu do 3D tlačiarne. Najväčšími rozdielmi sú čas a náklady. Po zapojení 3D tlače sa zefektívni proces vývoja produktov.

3.2 RepRap

Vývoj 3D tlače a jej preniknutie k širšej verejnosti výrazne ovplyvnil projekt z roku 2005 s názvom *RepRap*. Doktorant Adrian Bowyer z University of Bath, prišiel s myšlienkou vytvoriť 3D tlačiareň, ktorá by vytlačila čo najväčšie množstvo vlastných súčastiek. Išlo by teda o 3D tlačiareň, ktorá by vytlačila ďalšiu 3D tlačiareň. Keďže sa jedná o projekt *Open source*, výkresy a zdrojové kódy sú voľne dostupné.

3.3 Prehľad technológií

V rámci samotného procesu 3D tlače sú využívané viaceré rôznorodé technológie. Niektoré z nich používajú pri vytváraní fyzického objektu fotocitlivé polymery, ďalšie pracujú na báze plastového vlákna alebo kovového prášku. (Šebková, 2015)¹.

Technológia FDM/ FFF

Medzi jednu z najrozšírenejších technológií 3D tlače možno považovať FDM/ FFF (fused deposition modelling/ fused filament fabrication). Jedná sa o jednoduchú metódu, ktorá nevyžaduje odborné poznatky, tým pádom ju zvládne používať každý. Základom je plastová cievka, ktorá sa taví v tlačovej hlave a prechádza skrz úzku trysku. Následne sa zahriaty plast nanáša vrstvu po vrstve. Výhodou vyššie popísanej technológie je ľahká manipulácia s 3D tlačiarňou aj materiálom, a zároveň jej dostupnosť a prístupné materiály. Najčastejšie používaný materiál tejto technológie je ABS (acrylonitrile butadien styrene), ktorý má dobré tepelné vlastnosti, a taktiež je vysoko odolný voči mechanickému tlaku. Ďalším materiálom vyrobeným zo zemiakového alebo kukuričného škrobu je PLA (polylactid acid). Jeho veľkou výhodou je jeho mäkkosť. Naopak medzi jeho nevýhody sa zaraďuje nízka odolnosť voči teplu. Stálosť, pevnosť a nízka tepelná rozťažnosť sú charakteristické pre materiál s názvom PET (polyethylene terephthalate). Užitočnou látkou pri tlači zložitejších tvarov je HIPS (high impact polystyrene), ktorý sa rozpúšťa v limonenu a používa na rozpustné podpory. Ďalšou skupinou sú kompozitné materiály Laywood a Timberfill, ktoré okrem PLA obsahujú aj prímiesy drveného dreva. Polyvinil acetát – PVA, je materiál, ktorý má podpornú funkciu a možno ho popísať ako suchú podobu lepidla na drevo. U priemyslových tlačiarní sa používa Ultem, ktorého pevnosť, odolnosť a schopnosť samozhasivosti je veľmi dôležitá v automobilovom priemysle a letectve. Predmety vytlačené z materiálu ASA (acrylonitrile styrene acrylate) sa pôsobením slnečného žiarenia nedegradujú a vďaka schopnosti stabilizovať UV žiarenie sa často využívajú vo vonkajšom prostredí. Medzi prednosti materiálu Nylon patrí pružnosť a pevnosť, avšak kvôli nim je uplatniteľný hlavne pri priemyslových 3D tlačiarňach.

¹ Pozn.: Šebková (2015) ďalej uvádza konkrétne druhy technológií. Grafický prehľad technológií 3D tlače

Technológia PolyJet/ Projet

Uplatnenie technológie PolyJet a Projet je najmä pri tlači v priemyselných 3D tlačiarňach. Jedná sa o proces, pri ktorom sú fotopolyméry na seba vrstvené v tenkých vrstvách (16 mikrónov) a následne vytvrdzované UV žiarením. Medzi hlavné výhody tejto technológie sa zaraďuje kvalita povrchu, detail, možnosť viacfarebnej 3D tlače a kombinácia viacerých materiálov.

SLA – stereolitografia

Technológia stereolitografie pracuje na základe vytvrdzovania fotopolymérov pôsobením ultrafialového laserového paprsku. Prednosťou tejto technológie je rýchly proces tlače, avšak medzi negatívne stránky sa zaraďuje potreba odbornej obsluhy a rýchla degenerácia výtlačku.

Ďalšie technológie 3D tlače

SLS (Selective Laser Sintering) je technológia, ktorá pomocou laseru spečie plastový prášok. DMLS (Direct metal laser) sintering je metóda používaná pri kovových 3D tlačiarňach, ktoré fungujú na báze spečenia častíc kovového prášku, ich spojenia a následného vytvorenia celistvého objektu. Systém SolidScape je výbornou voľbou pri tlači predmetov, pri ktorých je dôležitý detail tlače, nakoľko sa jedná o voskové 3D tlačiarne.

3.4 3D ceruzka

Kratochvílová (2015) poukazuje na nový fenomén, za ktorý považuje 3D ceruzku. Pôvodným účelom tejto ceruzky bolo zlepenie jednotlivých dielov produktov vyrobených na 3D tlačiarňach či dokreslení drobných častí (Kratochvílová, 2015). „Je technologicky založená na extrúzii taveniny, kde je konkrétny materiál natavený a pretlačený tryskou, na vzduchu následne rýchlo tuhne. 3D ceruzka našla využitie nielen ako doplnok 3D tlačiarne, ale aj ako prostriedok pre kresbu v priestore.“ (Kratochvílová, 2015, str. 13) Medzi výhody 3D ceruzky zaraďuje autorka ich finančnú dostupnosť, taktiež pomerne ľahké ovládanie pri práci, ale i prístupnosť náplní. Ceruzka našla doposiaľ najväčšie uplatnenie v umeleckej oblasti, kde vznikajú prvé

kresby umelcov, ale i v školstve, kde pomáha žiakom počas výuky na hodinách výtvarnej výchovy či IT (Kratochvílová, 2015).

3.5 Význam 3D tlače

Vďaka mnohým výhodám, ktoré má 3D tlač v širokej škále rôznych odvetví, rastie jej význam v globálnom meradle. Od využitia vo vzdelávaní, medicíne, archeológii cez strojárstvo majú 3D tlačiarne praktické dopady po celom svete.

3.5.1 Medicína

Jednou z oblastí, v ktorej zastávajú 3D tlačiarne významné postavenie je odbor medicíny. Vďaka skenerom a 3D tlačiarňam sa v dentálnych laboratóriách vytvárajú prototypy zubných náhrad, implantátov, ale i prípravkov na rovnanie zubov. Lipson a Kurman (2013) uvádzajú príklad využitia 3D tlače v dentálnej oblasti pri tlači koruniek, ktoré sú vyhotovené za menej ako hodinu od röntgenu. Vytlačené titánové alebo keramické kolenné náhrady používajú ľudia po celom svete. V súčasnosti sa pracuje na vývoji tlače z keramiky, ktorá by vytvorila zubné náhrady dlhodobo implementovateľné do ústnej dutiny. Uplatnenie nachádza 3D tlač aj pri výrobe protéz či náhrad sadrových protéz. Disciplína, ktorá experimentuje s 3D tlačou ľudských orgánov i kože sa nazýva *Bioprinting* (Šebková, 2015).

3.5.2 Priemysel

Podstatnú úlohu majú 3D tlačiarne pri výrobe prototypov ako napríklad v automobilovom, leteckom priemysle či astronautike. V súčasnosti sa vytlačené diely používajú v bežnej prevádzke. Medzi najväčšie výhody sú považované nízka hmotnosť a taktiež nízke výrobné náklady v prípade menšej produkcie (Šebková, 2015).

„3D tlačené diely a produkty sa vkrádajú do každodenného života. Je pravdepodobné, že prístrojová doska vášho vozidla bola navrhnutá pomocou 3D tlačených prototypov, aby všetky jednotlivé časti držali tesne dohromady. V prípade, ak používate vlastný audiofón, je vysoká šanca, že práve váš prístroj bol vytvorený 3D tlačou pomocou optického skenovania dát, ktoré zachytili presný tvar vášho vnútorného ucha.“ (Lipson, Kurman, 2013, str. 13) „Ak patríte medzi šťastlivcov, ktorí leteli

v novom modeli Boeingu a to 787 Dreamliner, zverili ste svoj život do rúk minimálne tridsiatich dvoch rôznych 3D tlačených častí.“ (Lipson, Kurman, 2013, str. 13)

3.5.3 Umenie

Šebková (2015) uvádza využitie 3D tlače v oblastiach ako sú architektúra či design. Výtlačky sú používané ako demonstračná pomôcka pri prezentovaní projektov. Autorka popisuje príklad veľkých módnych značiek ako sú Adidas či Nike, pre ktoré sú 3D tlačené prototypy nových modelov veľkou pomôckou pri jednaní prostredníctvom online videokonferencií. V týchto prípadoch sa spoločnosti vyhnú problémom s prepravou návrhov jednotlivých modelov. Ako uvádza Šebková (2015, str. 9), ktorá zdôrazňuje „zavedenie 3D tlače do vývoja nového produktu umožní rozvíjať viac kreativity, dizajnér sa nemusí báť skúšať nové tvary a tlačiť jeden kus za druhým“.

Autorka pripisuje nemalý význam postupnému prenikaniu 3D tlače do bežného života a zlacňovaniu technológie vedúce k novým experimentom a nachádzaniu použitia 3D tlače ako finálnej produkcie. Názornou ukážkou využitia v dizajne je príklad stoličky *Alien Chair*, ktorá bola navrhnutá, vytlačená a testovaná v Českej republike. Autorka poukazuje na nový pohľad na malosériovú výrobu, nakoľko bola stolička vytlačená na priemyselnej 3D tlačiarni a to v reálnej veľkosti (Šebková, 2015).

3.5.4 Vzdelávanie

Za pomerne nový trend možno považovať zavedenie 3D tlače na základné a stredné školy v rámci celej Českej republiky, s cieľom použiť počas vyučovania jej prednosti pre vzdelávacie účely (Šebková, 2015). Hlavným prínosom pre žiakov je vzdelávanie sa v oblasti nových technológií, zlepšovanie priestorového vnímania, ale i samotné používanie 3D vytlačených pomôcok učiteľmi počas výuky (Šebková, 2015). Podľa Browna (2015) práca s 3D tlačou, konkrétne návrh a následná výroba predmetov môže v procese učenia pomôcť študentom rozvíjať ich priestorové, ale i mnohé ďalšie schopnosti.

4 Analýza možností a súčasné limity uplatnenia 3D tlače čoby substitúta vybraného spotrebiteľského tovaru

Ako naznačuje predchádzajúca kapitola, existuje veľké množstvo oblastí, v ktorých sa uplatňuje význam 3D tlače. Je možné nastoliť otázku nakoľko vie táto technológia zužitkovať svoj potenciál a využiť dostupné možnosti alebo naopak byť obmedzená svojimi limitmi.

Brynjolfsson a McAfee (2014) zastávajú názor, že súčasná generácia žije v dobe úžasného pokroku v oblasti digitálnych technológií. Brynjolfsson a McAfee sa vo svojej publikácii *Druhý vek strojov* venujú významu digitálnych technológií a zároveň kladú otázky týkajúce sa dôsledkov pokrokov s nimi súvisiacich. Konkrétne názory podkladajú stretnutiami s technológiami, ako napríklad jazde v aute bez šoféra, prácou s priemyselným robotom, ale i testovaním kovovej misky vyrobenej v 3D tlačiarňami. Autori upozorňujú na fakt, že tieto technológie nie sú úplne nové, keďže napríklad počítače sú na trhu uvedené už viac ako pol storočia. Taktiež spomínajú príklad parného stroja, ktorý sa musel niekoľko rokov vyvíjať a zdokonaľovať, aby bol schopný poháňať priemyselnú revolúciu (Brynjolfsson, McAfee, 2014).

„Smerujeme k ére, ktorá nebude iba iná, ale bude lepšia, pretože budeme schopní zvyšovať ako rozmanitosť, tak aj objem našej spotreby.“ (Brynjolfsson, McAfee, 2014, str. 19) Autori zastávajú názor, že práve technológie nám umožnia väčší výber, a dokonca aj väčšiu slobodu. Weitzman (Weitzman, 1998, in Brynjolfsson, McAfee, 2014) vyjadruje názor, že dlhodobý nárast vyspelej ekonomiky úplne závisí na vývoji technického pokroku.

Podľa Lipsona a Kurmana (2013) zdolá práve 3D tlač nové hranice, pretože vďaka nej výroba a obchod, ako ich obvykle poznáme, budú narušené v momente, keď ľudia získajú prístup k elektronickým nástrojom dizajnu a výroby. Lipson a Kurman (2013) za jednu z predností 3D tlače považujú skutočnosť, že vďaka tomuto vynálezu má človek kontrolu nad fyzickým svetom, pretože práve 3D tlač dáva ľuďom nový, a zároveň silný nástroj návrhu a výroby.

„Pri pohľade do budúcnosti môžeme predpokladať masívne rozšírenie týchto technológií ako do oblasti konzumného využitia bežnými spotrebiteľmi, teda domácnosťami, tak do oblasti vedy a techniky. 3D tlač a pridružené technológie sú iba

na začiatku svojho vývoja, ale nemôžeme im odoprieť ich hlavné výhody. Tými sú predovšetkým voľnosť tvaru, ktorý môžeme týmto spôsobom tvoriť, priama materializácia počítačových modelov, možnosť kontroly ergonomie produktu a využiteľnosť v mnohých oboroch.“ (Kratochvílová, 2015, str. 30)

Lipson a Kurman (2013) predpovedajú budúci svet 3D tlačiarňí, v ktorom si ľudia vyrobia to, čo potrebujú, v čase, v ktorom budú daný predmet potrebovať. Avšak zároveň zdôrazňujú fakt, že technológie sú dobré len do takej miery, do akej ich ľudia používajú.

Pri prvom stretnutí s pojmom 3D tlač si väčšina ľudí predstaví starú známu stolovú tlačiareň, ktorá je súčasťou domácností už niekoľko desaťročí. Lipson a Kurman (2013) však popisujú rozdiel, ktorý 3D tlačiareň odlišuje od atramentovej tlačiarne, a tým je jedna dimenzia, pretože 3D tlačiareň zhotoví trojrozmerné objekty, ktoré môže človek držať v ruke. Pri samotnom procese 3D tlače sa nepoužívajú formy, a taktiež sa neporušuje materiál ako je tomu pri tradičných výrobných strojoch. Spôsob tvorby objektov vo vrstvách otvára možnosť vyrábať širšiu škálu výstupov. V prípade návrhov, ktorých dizajn má presne stanovené rozmery vnútorných dutín, či jednotlivých dielov, 3D tlačiareň umožňuje realizovať tieto návrhy výstupov vo fyzickom svete. V súčasnej dobe dokáže priemerná domáca 3D tlačiareň vytvárať plastové predmety veľké ako krabica od topánok (Lipson, Kurman, 2013).

„Tajomstvo 3D tlače možno zhrnúť nasledovne: 3D tlačiarne sú presnejšie a univerzálnejšie než akýkoľvek iný spôsob výroby, či sa jedná o človeka alebo stroj, pri zhotovení zložitej konštrukcie fyzického objektu, technológia 3D tlače spája materiál spôsobom, ktorý kedysi nebol možný.“ (Lipson, Kurman, 2013, str. 13)

4.1 10 princípov 3D tlače

Lipson a Kurman (2013) popisujú na základe rozhovorov s ľuďmi z rôznych odvetví ako im pomohla 3D tlač pri nákladoch, čase ale i zložitých bariérach. Svoje poznatky Lipson a Kurman (2013) zhrnuli do nasledujúcich princípov:

- Počas procesu tradičnej výroby je zložitejší tvar objektu nákladnejší. Avšak výroba zložitého predmetu pomocou 3D tlače stojí rovnako ako jednoduchý model. Vyhotovenie komplikovaného tvaru si nevyžaduje viac nákladov,

zručnosti ani času. Z týchto dôvodov vplyvom 3D tlače možno predpokladať narušenie tradičných cenových modelov a zmenu spôsobu, akým sú náklady na výrobu vypočítané.

- Tak ako ľudský remeselník dokáže zakaždým vyrobiť iný tvar predmetu, tak je tomu aj v prípade 3D tlačiarne. Tradičné výrobné stroje sú menej univerzálnejšie a môžu vykonávať činnosti v obmedzenom spektre tvarov. 3D tlač odstraňuje náklady spojené s preškolením zamestnanca alebo zmenou strojov v továrňach. Pri zmene potrebuje 3D tlačiareň iba iný digitálny koncept a dávku nových surovín.
- Základom masovej produkcie je montážna linka. V moderných továrňach stroje vyrábajú identické objekty, ktoré sú neskôr zostavené pomocou ľudských pracovníkov alebo robotov. Časová náročnosť montáže výrobku je tým väčšia, z čím väčšieho množstva dielov sa výrobok skladá. Schopnosť 3D tlače vytvárať objekty vo vrstvách umožňuje tejto technológií tlačenie dvoch súčiastok súčasne. Kratšia zostava dodávateľov dielov ušetrí financie ako na dopravu, tak i prácu. Zároveň sa skráti dodávateľské reťazce, čo vedie k šetrnejšiemu správaniu voči životnému prostrediu.
- Keďže 3D tlačiarne sú schopné vytlačiť objekty v čase, v ktorom sú potrebné, v prípade tejto technológie možno hovoriť o nulovej dodacej dobe. Výroba na mieste umožňuje znížiť fyzické zásoby inventárov a tým vytvára nové druhy obchodných služieb, v ktorých možno podnikat'. Špecifické objekty tak môžu byť objednané zákazníkom na jeho žiadosť pri jeho osobitej potrebe. Zároveň kratšia doba výroby by umožnila minimalizovať náklady na diaľkovú dopravu, a to vytlačením tovaru v blízkosti miesta, kde je potrebné.
- 3D tlač prináša dizajnu neobmedzený priestor. Ľudský pracovníci a tradičné výrobné technológie majú obmedzený repertoár tvarov, keďže ich schopnosť je ohraničená prístupnými nástrojmi. Napríklad stroje môžu vytvoriť iba tvary podľa určených foriem, drevený sústruh môže vyrobiť iba guľaté objekty. Avšak 3D tlačiareň eliminuje tieto prekážky, a zároveň otvára nové dizajnérske možnosti, keďže je schopná vyrobiť tvary, ktoré bolo doposiaľ možné nájsť len v prírode.

- Od tradičných školených pracovníkov, ktorí svoju zručnosť zdokonaľovali prácou počas niekoľkých rokov, spoločnosť vplyvom objavov a nových technológií prešla k výrobným strojom a moderným pásovým linkám. Pri klasickej výrobe je pri určitých činnostiach potrebné zamestnávať kvalifikovaných expertov, naproti tomu 3D tlačiarne spracujú veľké množstvo informácií z digitálneho návrhu súboru, tým pádom si nevyžadujú obsluhu a zručnosti operátora. Tento nekvalifikovaný spôsob výroby otvára podľa Lipsona a Kurmana možnosti nových obchodných modelov, a taktiež ponúka novoutvorený spôsob výroby pre ľudí žijúcich v odľahlých miestach, či extrémnych podmienkach.
- Za jednu z ďalších výhod technológie 3D tlače možno považovať jej kompaktnosť a presnosť spracovania. 3D tlačiareň prevyšuje tradičné výrobné stroje i vo výrobnej kapacite. Vysoká výrobná kapacita na metre štvorcové predurčuje túto technológiu pre používanie doma alebo v kancelárii. V prípade usporiadania tlačového zariadenia s voľným pohybom, dokáže 3D tlačiareň vyrobiť objekty väčšie ako je ona sama. Bajerová (2014) uvádza príklad 3D tlačiarne z Číny, ktorá je schopná za jeden deň vyrobiť časti pre desať domov a to dokonca s využitím odpadových materiálov (Obr. 1). Bajerová (2014) popisuje proces výroby, ktorého základom je nanášanie tekutej látky na seba v jednotlivých vrstvách. Prednosťou tohto postupu je aj branie v úvahu umiestnenie budúcich rozvodov vody, elektriny, ale aj iných sietí. Hoci boli v porovnaní s inými postupmi pri tejto stavbe vynaložené o polovicu nižšie náklady, nepredpokladá sa jej masové rozšírenie, a to kvôli regulačným bariéram. (Bajerová, 2014)



Obr. 1 : Stavba pozostávajúca z častí vytlačených pomocou 3D tlačiarne
(zdroj: *Designboom*, 2014)

- Počas spracovania kovu 3D tlačiarne pracujúce s týmto materiálom vyprodukujú menej vedľajšieho tovaru ako je tomu pri tradičných výrobných technikách, ktorých práca s kovem je neekonomická nakoľko 90 % obrusovaného kovu skončí v továrňach. Atkinsova štúdia (prevzaté z Lipson, Kurman, 2013) dokonca zistila skutočnosť, že takmer 100 % zvyškov kovového prášku z činnosti 3D tlače je možné opätovne použiť. Aj vďaka tomu je tento spôsob výroby ohľadupľnejší k životnému prostrediu v porovnaní s tradičnou výrobou zahŕňajúcu liatie, brúsenie, sústruženie.
- Pomocou súčasných výrobných techník je náročné skombinovať rôzne suroviny do jedného produktu. Avšak 3D tlačiareň má v tomto smere schopnosť miešať a spájať rôzne materiály. S vývojom prichádzajú nové zmesi predtým neprístupných surovín, ktoré ponúkajú väčšiu paletu materiálov s novými vlastnosťami a typmi správania sa.
- Lipson a Kurman predpovedajú rozšírenie digitálnej presnosti do sveta fyzických objektov za účasti 3D tlače. Ďalej predvídajú presúvanie medzi materiálным a digitálnym svetom pri činnostiach ako skenovanie, duplikovanie hmotných objektov k vytvoreniu presnej repliky, či úpravy originálu.

4.2 Možnosti masového uplatnenia 3D tlače

„V súčasnosti zaznamenávame prudký rozvoj 3D tlače a nárast oblastí, kde sa s využitím týchto technológií počíta.“ (Kratochvílová, 2015, str. 13) Autorka taktiež zdôrazňuje skutočnosť, že sa s informáciami zo sveta 3D tlače bežne stretávame čoraz častejšie, a to napríklad správami o prvom vytlačenom dome, či špeciálnych protézach a implantátoch ľudskej tváre, ale i novinkami z oblasti módy, umeleckej tvorby, či v neposlednom rade experimentoch s tlačou potravín.

„Trh prináša neustále nové výrobky. Pomaly sa upúšťa od lacných *RepRap* skladačiek, pretože im začínajú konkurovať zariadenia orientované na bežného užívateľa, ktoré sa im svojou cenou začínajú približovať. Na americký trh sa dostala 3D tlačiareň *Cube* od *Systems* s intuitívnym ovládaním a dvojfarebnou tlačou, ktorú je možné získať za neuveriteľnú cenu 999 dolárov. Vízie najbližšej budúcnosti sú, že 3D tlačiareň si bude môcť zaobstarat' takmer každá (európska či americká) domácnosť.“ (Kratochvílová, 2015, str. 13)

„Druhá rovina záujmu o 3D technológie je dnes orientovaná do oblasti profesionálneho využitia v priemysle a stavebníctve, medicíne a gastronómii, dizajne, móde a umení. V jednotlivých odvetviach dochádza k rýchlemu vývoju možností využitia týchto technológií. Tie sa tak pomaly dostávajú do všetkých oblastí ľudského záujmu.“ (Kratochvílová, 2015, str. 13) „V priemyselnom meradle môžu 3D tlačiarne vyrobiť objekt veľký ako auto, ale naopak i predmet malý ako špendlíková hlavička.“ (Lipson, Kurman, 2013, str. 13) Kokoř (2015) zastáva predstavu vzniku veľkého množstva decentralizovaných tovární, a s tým súvisiaci presun výroby bližšie ku konečnému spotrebiteľovi.

Podľa Ricca Smith (2011) dosiahla technológia v priebehu rokov zlepšenie a zjednodušenie, ktoré má za následok otvorenie širšieho trhu, zvyšujúce množstvo výrobcov a používateľov 3D tlače, ale i jej rozšírenie do radov širšej verejnosti.

D'Aveni (2015) predstavuje názor, že hoci aditívna výroba neumožňuje úspory z rozsahu, naproti tomu však ponúka flexibilitu vďaka výrobe produktov nezávisle na sebe, a ich jednoduchej úprave špecifickým potrebám či meniacim sa módnym trendom. Ďalšou významnou prednosťou je možnosť kupujúceho vybrať si z nekonečných možností kombinácií tvarov, farieb a veľkostí, pretože toto

prispôsobenie navýši výrobné náklady výrobcu nepatrne, dokonca aj v prípade sériovej výroby (D'Aveni, 2015).

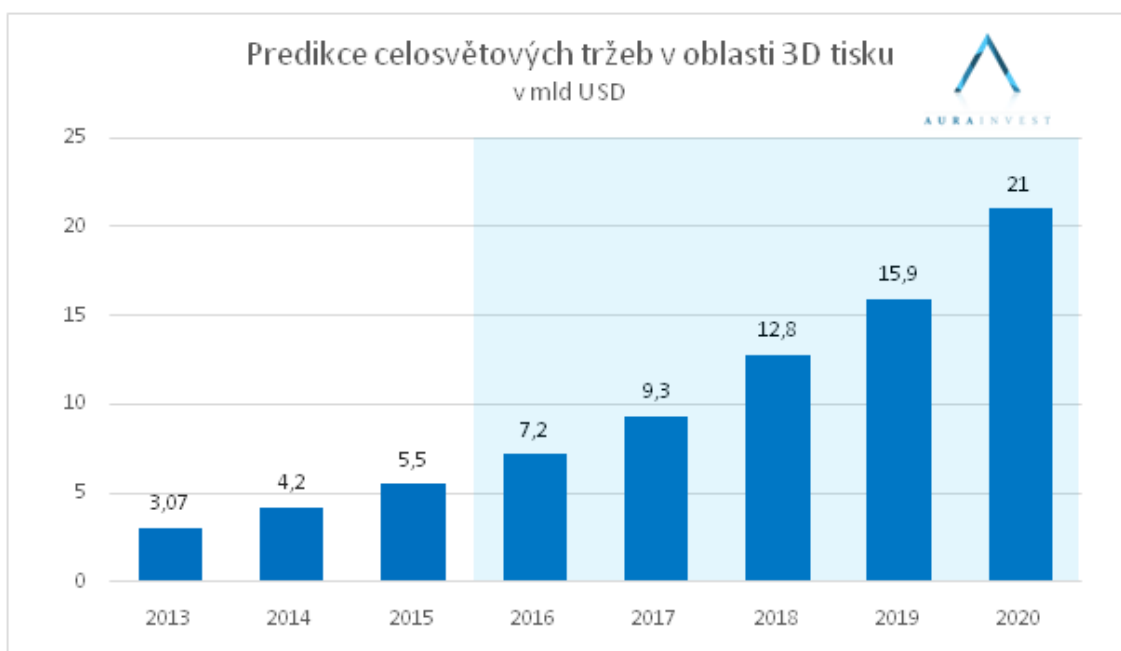
Ricca Smith (2011) uvádza príklad spoločnosti vyrábajúcej tenisky *Converse*, ktorá vďaka prototypom zhotovených pomocou 3D tlače umožnila obuvníckej firme rýchlejšie dodanie jej produktov na trh. Ďalším prípadom je aj spoločnosť *Alessi*, ktorá bola vďaka 3D tlači schopná zlepšiť svoj najpredávanejší kávovar, a zároveň znížiť výrobné náklady (Ricca Smith, 2011).

Podľa D'Aveniho (2015) sa začiatky revolúcie objavili v roku 2014, keď podľa prieskumu spoločnosti *PwC*, do ktorého bolo zapojených 100 výrobných podnikov, prešlo 11 % firiem na výrobu plošných dielov alebo výrobkov pomocou 3D tlače. D'Aveni (2015) uvádza príklady firiem, ktoré využívajú 3D tlač pri výrobe, a konkrétne spomína *GE* (prúdové lietadlá, zdravotnícke pomôcky, domáce spotrebiče), *Lockheed Martin* a *Boeing* (letectvo a obrana), *Aurora Flight Science* (bezpilotné dopravné prostriedky), *Invisalign* (zubné zariadenia), ale i *Google* (spotrebná elektronika). D'Aveni (2015) uvádza stanovisko firmy *McKinsey* a to, že 3D tlač je pripravená vymaniť sa zo stavu „nika“ a stať sa životaschopnou alternatívou ku klasickým výrobným postupom. Podľa D'Aveniho (2015) v roku 2014 tvorili tržby z priemyselnej tlače 3D tlačiarňami v Spojených štátoch amerických jednu tretinu objemu priemyselnej automatizácie a robotického predaja. Niektoré predpovede uvádzajú túto hodnotu na 42 %, ktorá by sa mala objaviť do roku 2020 (D'Aveni, 2015).

D'Aveni (2015) zastáva názor, že so zväčšujúcou sa škálou použiteľných materiálov bude 3D tlač pokračovať v expanzii. Okrem základných plastov pribudnú ďalšie materiály ako keramika, cement, sklo, kovy a kovové zliatiny, ale i termoplastické kompozity. Oneskorenci, ktorí nezavedú nový spôsob výroby, budú neskôr presvedčení ekonomikou. Hoci počiatkové náklady na kúpu 3D tlačiarne a materiálov sú častokrát vyššie, prinášajú so sebou väčšiu flexibilitu, ktorú tento spôsob výroby zabezpečí, a tým pádom môžu byť celkové náklady podstatne nižšie (D'Aveni, 2015). Z dôvodu dobrej schopnosti vytvárať presnejšie detaily prešla spoločnosť *GE Aviation* k tlači trysiek prúdových motorov. Napriek plánovanému objemu 45 000 kusov, pri ktorom by sa mohla zdať konvenčná metóda výroby vhodnejšia, technológia 3D tlače dokáže túto trysku vyrobiť v celku v porovnaní s tradičnou výrobou pri ktorej by bolo potrebných dvadsať oddelene zliatych dielov.

Vďaka uprednostneniu 3D tlače dôjde k zníženiu výrobných nákladov o 75 % (D'Aveni, 2015).

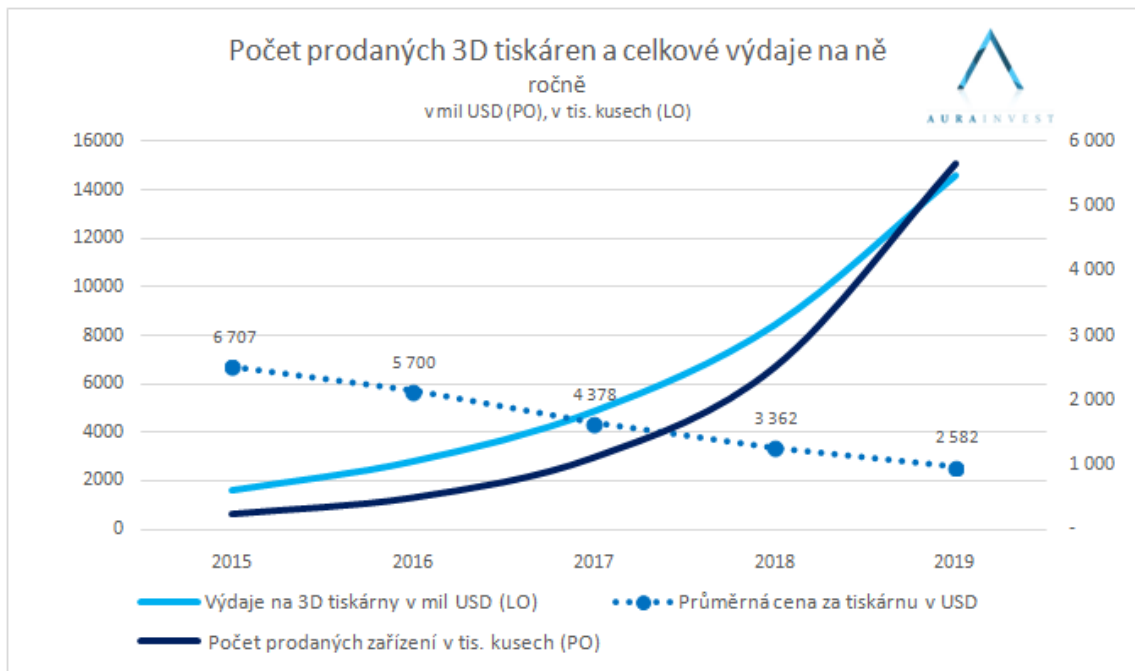
Oproti D'Aveniovi, ktorý prikladá dôležitosť roku 2014, Kokoř (2015) považuje za zlomový rok 2009, v ktorom vypršal jeden z kľúčových patentov súvisiacich s 3D tlačiarňou, čo pomohlo k následnému zrodu veľkého množstva start-upov. Ďalším efektom tohto javu bolo zvýšenie konkurencie, čo malo za následok výskyt lacnejších a predovšetkým dostupnejších 3D tlačiarní (Kokoř, 2015). Kokoř (2015) uvádza výsledky štúdie spoločnosti *Wohlers*, ktorej zistenia hovoria o príjmoch súvisiacich s odvetvím v roku 2013 v hodnote tri miliardy dolárov. Na obr. 2 možno vidieť predpoveď štúdie *Wohlers*, a to vývoj celosvetových tržieb v oblasti 3D tlače až do roku 2020.



Obr. 2 : Prognóza celosvetových tržieb v oblasti 3D tlače

(Zdroj: Aura Invest Group, online)

Kokoř (2015) spomína predpovede spoločnosti *Gartner*, ktoré očakávajú zvýšenie predaja zo súčasných 244 533 kusov, ktoré by sa mali každý rok viac ako zdvojnásobiť. V prípade naplnenia tejto prognózy by v roku 2019 počet predaných kusov mohol dosiahnuť hodnoty 5,6 milióna (Kokoř, 2015). Predpokladaný nárast predaja podľa spoločnosti *Gartner* zobrazuje obr. 3.



Obr. 3 : Predpoveď počtu predaných 3D tlačiarňí a celkové výdaje na ne
(prameň: Aura Invest Group, online)

Hoffman (2015) zdôrazňuje, že hoci sú 3D tlačer pomerne mladou technológiou, možno sledovať explóziu v rozmanitosti, ale i používaní týchto zariadení. Zároveň porovnáva túto situáciu s tou, ktorá bola v neskorších 70-tych rokoch v oblasti osobných počítačov. Hoci je jednoduché pozorovať ako sa 3D tlač rozširuje do rôznych oblastí, nemožno predvídať do akých rozmerov bude tento nárast pokračovať. Hoffman (2015) pripúšťa, že 3D tlač nemusí mať identický dopad ako osobný počítač, avšak má potenciál zmeniť tradičnú výrobnú manufaktúru, a zároveň umožniť vlastnú výrobu priamo spotrebiteľom.

4.3 Limity „masového“ uplatnenia

Ako väčšina technológií, tak aj 3D tlačiarne disponujú určitými nedostatkami, ktoré bránia ich ďalšiemu pôsobeniu v niektorých oblastiach. Napriek veľkému počtu výhod, ktoré táto nová metóda produkcie prináša, sa doposiaľ nerozšírila masovo.

Kokoř (2015) zastáva rovnaký názor ako D' Aveni a za obmedzujúcu skutočnosť súvisiacu s 3D tlačiarňami považuje nevytvorenie úspor z rozsahu. Kokoř (2015) taktiež predpokladá, že v nasledujúcich rokoch nemožno očakávať predaj kvalitných 3D tlačiarňí za nízkej ceny, čo zabráni jej masovejšiemu rozšíreniu medzi bežných spotrebiteľov. Avšak tvrdí: „Je možné očakávať vznik takzvaných komunitných centier,

po vzore počítačových kaviarní, ktoré umožnia širšej verejnosti využívať služby 3D tlače.“ (Kokoř, 2015, Aura Invest Group, online) Príkladom miesta, ktoré sa snaží spoločnosti sprostredkovať informácie a funkcie 3D tlače je brnenská kaviareň s názvom *na3Deci*, ktorej zámerom je približovať ľuďom novú technológiu, poskytovať poradenstvo a samotné služby spojené s 3D tlačou.

Podľa Campbella a kol. (2011) existujú určité prirodzené prekážky, ktoré zabraňujú tomu, aby 3D tlač bola schopná vyriešiť akýkoľvek výrobný problém. Campbell a kol. (2011) vyjadrujú názor, že procesy súčasnej technológie sú obmedzené na zábery masovej výroby. Svoje tvrdenia dokladajú príkladom rozdielnych časov pri výrobe u vstrekovacieho stroja a u 3D tlače, ktorá je schopná vytvoriť malú kocku za približne hodinu. Naproti tomu tradičná technológia má schopnosť vytvoriť niekoľko podobných častí v čase kratšom ako je jedna minúta (Campbell a kol., 2011).

Townsend a kol. (2011) napriek šíreniu technológie 3D tlače, považujú za limitujúci fakt, že doposiaľ skutočne kvalitné tlačiarne sú príliš drahé a zároveň sú k dispozícii menšiemu množstvu organizácií. Autori však zároveň dodávajú, že existujúce komerčné centrá tlače sa snažia objaviť riešenia pre vyplnenie medzery. Uvádza príklad spoločnosti *Shapeways* pomáhajúcej užívateľom posilať digitálne modely pre tlač, ktoré sú po vytlačení zaslané spotrebiteľovi (Townsend a kol., 2011).

Campbell a kol. (2011) považujú za najväčšie limity technológie 3D tlače práve rýchlosť výroby. Predpokladajú zvyšovanie rýchlosti procesov 3D tlače, hoci neočakávajú že táto technológia bude niekedy schopná vytvoriť diely rovnakou rýchlosťou ako je tomu pri technológiách používaných v súčasných továrňach. Ďalším smerom, v ktorom je možné pozorovať bariéry technológie je obmedzené množstvo druhov materiálov pre použitie počas tlače a potreba väčšej kompaktnosti v kvalite produkcie (Campbell a kol., 2011).

Prekážkou používania 3D tlače možno označiť aj získanie znalostí zaobchádzania a nadobudnutie zručností s touto neštandardnou technológiou. V širšom vnímaní možno vidieť chybnú, nízko kvalitnú jednorázovú výrobu pri prvých výsledkoch návrhárov, ktorí sa učia pracovať s 3D tlačou. Podľa autorov sa v týchto prípadoch vytvára nechcený odpad vzniknutý prácou nekvalifikovaných návrhárov (Townsend a kol., 2011).

Lipson a Kurman (2013) zastávajú rovnaké stanovisko ako Kokoř a D'Aveni a za nepriaznivé skutočnosti považujú neprítomné úspory z rozsahu. Avšak na druhej strane túto slabosť považujú z určitého uhla pohľadu za najväčšiu silu (Lipson, Kurman, 2013). Využitie úspor z rozsahu sa uplatňuje najmä v obchodných modeloch založených na predaji veľkého objemu výrobkov, pri ktorých vzniká nízka marža. Na druhej strane model postavený na predaji malých množstiev jedinečných produktov vytvorených na zákazku prináša vysokú maržu. Vďaka tomu podľa Lipsona a Kurmana (2013) predstavujú 3D tlačiarne evolučný krok vpred.

Za jednu z prekážok, ktorá by mohla spomaliť šírenie 3D tlače možno považovať aj samotný nový spôsob vytvárania a zdieľania vecí. V súčasnosti existuje obmedzený počet vstupných materiálov a procesov používaných pri aditívnom spôsobe výroby (Townsend a kol., 2011).

Townsend a kol. (2011) zdôrazňujú skutočnosť, že pre využitie možností 3D tlače je potrebné, aby boli zavedené technológie v jednotlivých oblastiach dostatočne zrelé. Existujú totiž základné obmedzenia, ktoré bránia rozšíreniu 3D tlače a jej využívaniu pri tvorbe komplexných foriem zahrňujúcich rôznorodú škálu materiálov a vlastností (Townsend a kol., 2011).

Kokoř (2015) zdôrazňuje fakt, že hoci prednosti, ktoré technológia 3D tlače ponúka nachádzajú uplatnenie v rozličných oblastiach, je potrebné myslieť na to, že uvedené výhody sú iba predpoveďami a súčasná technológia 3D tlače doposiaľ nedokáže úplne zužitkovať svoj potenciál.

5 Vplyv 3D tlače na formovanie novej podoby trhu práce

Na základe poznatkov prechádzajúcej kapitoly, ale i názorov odborníkov možno predpokladať okrem zmeny spôsobu výroby i formovanie novej podoby trhu práce. Vzhľadom k širokému spektru oblastí uplatnenia technológie 3D tlače, sa otvárajú príležitosti vzniku nových pracovných pozícií. Avšak netreba opomínať skutočnosť, že so zmenou výrobného procesu a zvýšením efektivity sa stávajú niektoré pracovné miesta nepotrebné.

5.1 Potenciálne oblasti ovplyvnené zavedením 3D tlače

Podľa Campbella a kol. (2011) by rozšírenie technológie 3D tlače v globálnom merítku mohlo zahŕňať v oblasti podnikania v nasledujúcich desaťročiach až bilióny dolárov. Do tejto hodnoty by spadali vyrobené produkty, samotné tlačiarne, ale i spotrebný materiál a profesionálne služby, vrátane technických a dizajnerských prác, a taktiež právne poplatky s cieľom ochrany duševného vlastníctva a urovnávania sporov (Campbell a kol., 2011).

Princíp Lipsona a Kurmana (2013) zdôrazňuje nepotrebnosť kvalifikovaného zamestnanca pri výrobe produktu pomocou 3D tlače z dôvodu samostatnosti technológie pri digitálnom spracovaní súboru. Hoci na jednej strane by pri masovom zavedení 3D tlače nebolo potrebné súčasné množstvo výrobných operátorov, na druhej strane sa podľa Lipsona a Kurmana (2013) otvárajú možnosti nových obchodných vzťahov. Zo spomínaných princípov je potrebné taktiež podotknúť, že dispozície 3D tlače vyrábať predmety v celku, ale i tlač vo vrstvách zabezpečujúca produkciu dvoch kusov súbežne, zaisťujú menšie časové požiadavky zostavenia produktu. Po umiestnení 3D tlače do tovární, v ktorých v súčasnosti skladajú zamestnanci objekty z viacerých súčiastok, by bolo mnoho týchto pozícií prebytočných.

Univerzálnosť 3D tlače prevyšuje tradičné spôsoby výroby aj vďaka odstráneniu nákladov súvisiacich s rekvalifikáciou pracovníka, ale i transformáciou strojov, keďže zmena výroby pri tejto technológii si žiada iba odlišný digitálny návrh a nové suroviny (Lipson, Kurman, 2013).

Avšak princíp Lipsona a Kurmana (2013) popisujúci príležitosť vyrábania tvarov, ktoré doteraz človek mohol objaviť len v prírode, vyzdvihuje vznik nových dizajnerských profesií. S týmto tvrdením súhlasí aj Campbell a kol. (2011) ktorí sú presvedčení, že pre 3D tlač by sa produktový dizajn mohol stať novým odvetvím priemyslu, tak ako tomu bolo v prípade vzostupu softvérového odvetvia. Výroba a distribúcia náplní používaných v 3D tlačiarňach, a taktiež rozsiahla škála materiálov budú s najväčšou pravdepodobnosťou ďalšou narastajúcou oblasťou.

5.1.1 Sféra logistiky

Manners-Bell a Lyon (2012) uvádzajú, že výsledkom tovaru vyrobeného na zákazku pomocou 3D tlačiarne by sa znížili požiadavky na skladovanie čo by zasiahlo odvetvie logistiky. To by malo za následok menšie množstvo príležitostí pre logistické podniky zapojené do dodávateľského reťazca (Manners-Bell, Lyon, 2012). Produkčná stratégia výroby na zákazku by ovplyvnila vzťahy medzi výrobcami, veľkoobchodmi a maloobchodníkmi. Maloobchodníci by pravdepodobne v niektorých odvetviach zanikli alebo sa stali „výkladnými skriňami“ pre výrobcov, ktorí by nemuseli držať žiadne vlastné zásoby. Objednávky by mohli byť uskutočnené priamo výrobcom a doručené do domu spotrebiteľa. V tomto prípade by vznikla príležitosť pre nové odvetvie logistiky, ktoré by zameralo svoju činnosť na dodávanie a skladovanie surovín potrebných pre zariadenia 3D tlačiarne. S väčšou dostupnosťou 3D tlačiarňí pre verejnosť by trh s dodávkou materiálov používaných na tlač mohol zaznamenať stúpajúci trend (Manners-Bell, Lyon, 2012).

„Meniaca sa dynamika dodávateľského reťazca povedie k vývoju nového typu logistickej spoločnosti alebo služby vedenia spoločnosti. Podniky budú obsahovať zmes činností ako sú vývoj softvéru, doručovacie služby, manažment partnerských vzťahov, ale i riadenie zmlúv a mozgovej sily.“ (Manners-Bell, Lyon, 2012, str. 4) Manners-Bell a Lyon (2012) sa domnievajú, že nové typy logistických spoločností sa stanú poskytovateľmi služieb riadenia životného cyklu produktu, a to činnosťou zahrňujúcu riešenie plánovania výroby, dopytu, dodávky, ale i monitorovania trhu či servisných dielov a recyklačných služieb. Autori vidia práve v tomto obrovskú príležitosť pre hlavné priemyselné firmy, ktoré disponujú dostatočným množstvom prostriedkov pre vytvorenie organizácií tohoto druhu.

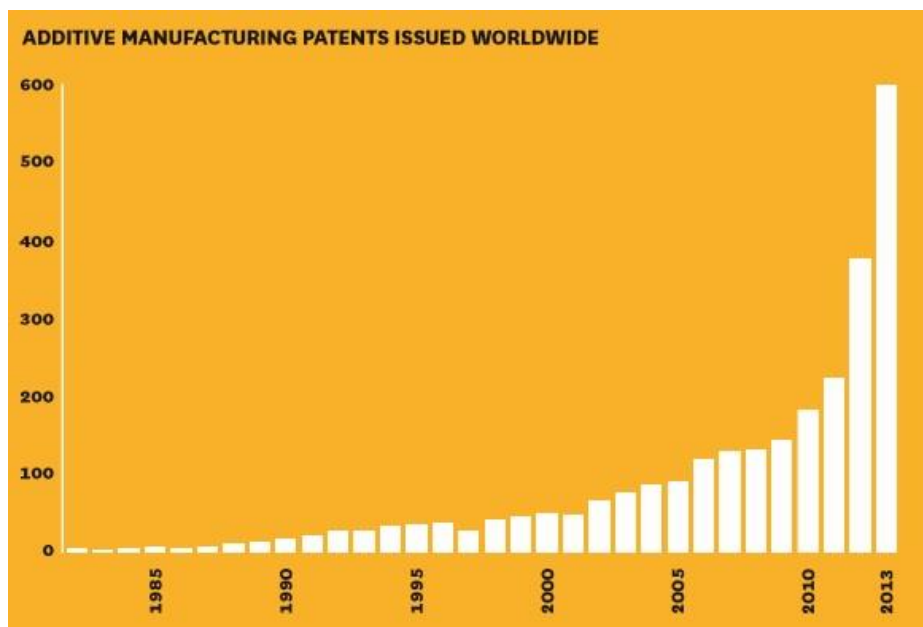
Pre logistické odvetvie pripadajú v úvahu tri možné scenáre- bude buď premenené, zničené alebo oboje. Vďaka malým 3D tlačiarňam by na vytlačenie objektu boli aj vo vzdialenejších miestach potrebné iba vzory v elektronických knižniciach nahrané v lokálnom počítači (Manners-Bell, Lyon, 2012). Pre premenu celého priemyslu zdôrazňujú Manners-Bell a Lyon (2012) nutnosť schopnosti 3D tlače vyrábať výrobky v rovnakých objemoch ako tradičné výrobné technológie. Niektorí predvídajú tlač celých motorov, iní veria v prínosnosť spolupráce 3D tlače a tradičných postupov. Avšak v súčasnosti je ťažké vytvoriť definitívny záver, či sa jedná o uskutočniteľné predstavy. Najväčšiu časť potenciálu 3D tlače, a to schopnosť vytvárať silné a zároveň ľahké diely, doposiaľ využíva hlavne odvetvie letectva, automobilový priemysel, či mobilné telekomunikácie. V kratšom časovom horizonte možno predpokladať preniknutie nových technológií do sektorov ako napríklad v oblasti výroby náhradných dielov. Vďaka zavedeniu nových technológií a investíciám do 3D tlačiarní by mohli logistické firmy poskytovať zariadenia inžinierom, čo by zabezpečilo využitie kapitálu a vlastných technologických schopností (Manners-Bell, Lyon, 2012).

D'Aveni (2015) považuje za jednu z najviac zasiahnutých oblastí automobilové odvetvie. Práve v ňom je zásadná kratšia vzdialenosť dojazdu častí produktov, ale i samotných výrobkov, čo má za následok šetrenie času, ale i finančných prostriedkov. Zároveň zdôrazňuje, že tento fakt je oceníteľný najmä vtedy, ak máte skúsenosť so situáciou, pri ktorej ste boli v opravovni nútení opustiť svoj automobil, zatiaľ čo mechanik musel čakať na potrebnú súčiastku. Svoje tvrdenie o budúcom využívaní novej technológie týmto odvetvím podkladá príkladom automobiliek *BMW* a *Honda*, ktoré zavádzajú aditívnu výrobu pri veľkom počte priemyselných nástrojov a taktiež pri finálnom použití autodiélov. Jedná sa najmä o materiály ako kompozitný plast, nový kov, či uhlíkové vlákna. Aj vďaka tomu sa otvára príležitosť nielen výrobcom materiálov, ale i distribútorom priemyselných oblastí, ktorí môžu pomáhať svojim zákazníkom profitovať z efektívnosti nových technológií (D'Aveni, 2015).

5.1.2 Odvetvie inovácií

D'Aveni (2015) uvádza skutočnosť, že v roku 2005 bolo zaznamenaných 80 patentov aditívnej výroby týkajúcich sa materiálov, zariadení, ale i softvérov. Avšak do roku 2013 narástlo toto číslo na približne 600 patentov po celom svete. Hlavnými predstaviteľmi spoločností vlastniacich patenty sú *Stratasys* a *3D Systems*, ktoré

zastávajú s hodnotami 57 a 49 duplicitných patentov v aditívnej výrobe popredné pozície. Ďalším príkladom je firma *Xerox*, ktorá investuje najmä do aditívnych technológií súvisiacich s produkciou elektroniky. Medzi držiteľov patentov patria aj spoločnosti ako *Panasonic*, *Packard*, *Siemens* i *Hewlett*. Neočakávaným výsledkom bolo zistenie, že za najväčších používateľov 3D tlačí sú považovaní inovátori. Štvrtú pozíciu získal napríklad výrobca zdravotníckych pomôcok, s 35 patentmi, ktorý vidí potenciál aditívnej výroby. Dôležití výrobcovia a držiteľia patentov investujúci do platformy, ktorá sa zaoberá optimalizáciou reťazcov prevádzkovanou inými firmami sú spoločnosti *GE* a *IBM*. Práve firma *IBM* sa venuje vývoju tzv. softvérovo definovaného dodávateľského reťazca a optimalizácie softvéru pre múdre výrobné systémy (D’Aveni, 2015).



Obr. 4 : Vývoj počtu patentov

(zdroj: *Harvard Business Review*, 2015, online)

D’Aveni (2015) nastoľuje otázku: ktoré ďalšie časti priemyslu sa stanú súčasťou komunity, ktorá bude využívať prospech technológie 3D tlače. Zároveň predkladá, že odpoveď bude ovplyvnená skutočnosťou, že nová technológia rozmaže tradičné hranice. Za perspektívne považuje organizácie zameriavajúce sa na odlišné oblasti, ktoré sme doposiaľ poznali. Keďže zavedením 3D tlače by sa firmy vymanili z veľkého množstva logistických nárokov noriem výroby, bude žiadúce prehodnotiť svoje príležitosti a použité stratégie v konkurenčnom prostredí. Týmto sa otvára pracovný trh pre manažérov, ktorí disponujú schopnosťami a znalosťami pre rozhodovanie

o správnom vynaložení investícií. Hoci firmy zvažujú zavedenie technológie 3D tlače, je potrebné vypracovať finančnú analýzu zaoberajúcu sa príležitosťami pri náhrade zariadení práve novou technológiou a to 3D tlačiarňami (D'Aveni, 2015).

Podľa D'Aveniho (2015) technológia 3D tlače by pri masovejšom výskyte nepochybne zasiahla sféru riadenia podnikových procesov. D'Aveni (2015) uvádza názor, že firmy, ktoré v tejto oblasti prevyšujú ostatné spoločnosti, budú utvárať koordinové systémy s cieľom zaistenia konkurenčného náskoku. Na druhej strane ostanú spoločnosti, ktoré sa uspokojia s priemernými balíkmi vytvorenými veľkými softvérovými podnikmi (D'Aveni, 2015).

V rámci práce bol uskutočnený rozhovor s produktovým manažérom spoločnosti *be3D*², ktorá sa zaoberá vývojom a výrobou 3D tlačiarňí. Produktový manažér firmy považuje za najväčšie prednosti tejto technológie uľahčenie procesu výroby zatiaľ malému objemu produkcie a taktiež možnosť rýchlej customizácie a efektívny prototyping. Podľa jeho názoru existuje veľa aspektov, ktoré zabránili „masovejšiemu“ rozšíreniu 3D tlače. Za najväčšie uvádza obstarávaciu cenu strojov, náročnosť obsluhy a chýbajúci obsah, ktorý by bol tlačенý. Tieto dôvody prirovnáva k tým, ktoré bránia rozšíreniu CNC strojov. Za limitujúci pokladá taktiež čas tlače. V prípade „masovejšieho“ rozšírenia 3D tlače vidí produktový manažér nástup väčšieho množstva výrobcov ako je v súčasnosti, ale i rapídne zníženie cien strojov pre súkromné sektory. Ďalej uvádza názor, podľa ktorého si tento budúci vývoj nevie úplne predstaviť, a zároveň zdôrazňuje, že táto situácia najbližšie roky nenastane. Na otázku aké pracovné miesta by mohli v súvislosti s 3D tlačou potencionálne vzniknúť alebo zaniknúť vyjadruje stanovisko, v ktorom nepredpokladá zaniknutie pozícií, nakoľko podľa neho táto technológia nikdy úplne nenahradí iné metódy. Uvádza príklad šitia topánok v továrňach na strojoch vďaka existujúcim tradičným ševcom. S najväčšou pravdepodobnosťou by vznikol vyšší dopyt po ľuďoch schopných 3D modelovať a ľudí zručných obsluhovať a servisovať 3D tlačiarne. Na záver uvádza produktový manažér firmy *be3D* pozície, ktoré súvisia s 3D tlačou a to prakticky každá pozícia ako vývojári, konštruktéri, programátori elektroniky, operátori s tlačou, dizajnéri, montážnici, ale i servisní technici.

² Ústne zdelenie pán Jakub Staniček, dňa 25.4.2016

Dôsledkom masovejšieho zavedenia 3D tlače by boli obmedzenia dodávky výrazne znížené ak nie úplne odstránené, a následne by sa otvárala úloha marketingových a reklamných oddelení, ktoré by riešili otázky ako napríklad aké produkty sa budú predávať, či aké lepšie služby poskytnúť zákazníkovi (D'Aveni, 2015).

5.1.3 Podnikateľské prostredie

Za sľubné odvetvie, ktoré bude súčasťou procesu rozširovania 3D tlače je považované podnikateľské prostredie. Za dôležitých účastníkov používajúcich aditívnu výrobu sú pokladané manažérske tímy firiem ako *eBay*, *Autodesk*, *IBM*, ale i *3D Systems* či *Stratasys*. Veľa z nich si konkuruje vo vývoji platformy, keďže posudzujú rolu poskytovateľa platformy za významný strategický cieľ (D'Aveni, 2015). Práve platformy tvoria dôležitú črtu na vysoko digitalizovaných trhoch 21. storočia, ktorého by podľa D'Aveniho (2015) mala byť aditívna výroba súčasťou. Niektoré firmy vytvorili tzv. *Farmy tlačiarňí*, ktoré zahŕňajú potreby pri zhotovovaní produktov na zákazku. Cenné koncepty vytvorené pre tlač produktov, ktoré budú iba digitálne a ľahko zdieľateľné, bude náročné vlastnícky ochrániť (D'Aveni, 2015). Na základe tohto problému sa naskytá príležitosť pracovného trhu vytvoriť pozície, ktorých úlohou by bolo zabezpečiť hodnotné návrhy výrobkov.

Homola (2013) popisuje priblíženie 3D tlače bežným spotrebiteľom prostredníctvom internetového katalógu spoločnosti *Amazon*, ktorá na svojich webových stránkach do zložky *Industrial & Scientific* okrem samotných 3D tlačiarňí pridala aj obslužný softvér či samotné náplne.

Vít (2016) píše o otvorení inovačného centra *Ysoft Labs* firmy *Y Soft*, ktorej zámerom je zaoberať sa technológiou 3D tlače v podnikateľskom prostredí. Spoločnosť *Y Soft* predstavuje na svojich webových stránkach oblasť v ktorej pôsobí ako sféru softvérov a hardvérov pre správu tlače, ku ktorej sa neskôr pridala aj technológia 3D tlače. Vedenie sa rozhodlo pre vybudovanie inovačného centra, v ktorom bude úlohou výskumných a vývojových expertov testovať nové koncepty produktov a služieb. Konkrétne by sa v novom centre malo jednať o umiestnenie najnovších technológií od platforiem po riadenie obchodných procesov. Prostredníctvom podpory inovačných aktivít má spoločnosť *Y Soft* v pláne otvoriť 40 nových pracovných pozícií pre architektov, hardvérových inžinierov, ale i projektových a produktových manažérov

(Vít, 2016). Vzhľadom k tomu, že aditívna výroba sa v podnikovom prostredí aklimatizuje veľmi rýchlo, ciele projektov sú zamerané na hľadanie spoločných stránok a pracovných postupov s 2D tlačou. Podľa Víta (2016) medzi zámery zaraďuje spoločnosť nájdenie optimálnych postupov implementácie vo výrobných firmách, v medzinárodných podnikoch, ale i vzdelávacích inštitúciách a iných organizáciách, ktoré používajú 3D tlač pre produkciu menších produktov, prototypov, či vzdelávania.

Lipson a Kurman (2013) popisujú skutočnosť, že v minulosti si malé podniky nemohli dovoliť financovať 3D tlačiarne v priemyselnom meradle, a zároveň nemali dostatok prostriedkov pre kúpu potrebných softvérov. V súčasnosti je situácia odlišná, čo popisuje príklad malej firmy poskytujúcej konštrukčné inžinierstvo, prototyping a služby 3D tlače pre regionálne spoločnosti. Kvôli ochrane údajov Lipson a Kurman (2013) uvádzajú tento príklad pod označením *Mikova firma*. Jej majiteľ vyzdvihuje prednosť 3D tlače, ktorá umožňuje poskytnúť jeho spoločnosti pridanú hodnotu pri procese vývoja produktu. Ďalej považuje 3D tlač za efektívny a presný výstupný prístroj, ktorý dáva návrhárom a konštruktérom možnosť testovať koncepty v reálnom živote. Podľa slov majiteľa firmy práve vlastníctvo svojej 3D tlačiarne je jedným z dôvodov, vďaka ktorému môže v pozícii konštruktéra vytvoriť pridanú hodnotu. Úlohou jeho podniku je ponúknuť firmám vysoko kvalifikované a veľmi presné prognózy o tom, ako k sebe jednotlivé diely výrobku pasujú, čo je možné aj vďaka 3D tlačiarňam. Majiteľ firmy pri otázke o tom, či jeho práca konštruktéra bola transformovaná vplyvom počítačových výkonov a 3D tlače, jednoznačne potvrdil tento vplyv a zároveň porovnal dĺžku procesu dizajnu výrobku pre spotrebiteľa, ktorá v minulosti trvala takmer rok, so súčasťou, ktorej dĺžka je približne tri mesiace.

Pre bezproblémové a plynulé fungovanie tržného mechanizmu ktorého súčasťou bude technológia 3D tlače je potrebné zabezpečiť dodávky surovín, ich monitorovanie, ale i vybavenie objednávok zákazníkov. Spolu s týmito činnosťami sa otvárajú možnosti vzniku nových pracovných pozícií. Podľa D'Aveniho (2015) budú tieto profesie v strede digitálneho systému, ktorý bude zahŕňať obrovské množstvo transakcií, zhromažďovanie, ale i obchod s cennými informáciami. D'Aveni (2015) predpokladá vytvorenie priestoru, v ktorom sa bude obchodovať nielen s kapacitami tlačiarňami a rôznymi vzormi po celom svete, ale súčasťou procesov bude aj vyjednávanie o cenách.

5.1.4 Start-upy

S príchodom novej technológie medzi ktoré sa zaraďuje aj 3D tlač prichádzajú zaujímavé možnosti pre ľudí s podnikateľským duchom, ale i pre technicky zamerané osoby, vytvoriť start-up špecializovaný na činnosť aditívnej výroby. Jeden z príkladov uvádza vo svojom článku Kotuliaková (2016), ktorá popisuje novovzniknutú 3D tlačiarňovú dielňu prístupnú verejnosti s názvom *MakersLab*. Okrem zaujímavých workshopov a praktických kurzov, ktoré sprostredkujú ľuďom kontakt s 3D tlačou a učia ich pracovať s novou technológiou, ponúka firma na svojom e-shope konkrétne 3D tlačiarne a zároveň poskytuje služby v oblasti tlače na zákazku (*Makerslab*, online).

5.2 Návrh digitálnych súborov

Medzi jednu z najrozšírenejších webových stránok poskytujúcu digitálne návrhy súborov pre 3D tlač, ktoré sú vytvorené a zdieľané samotnými používateľmi, možno považovať stránku s názvom *Thingiverse*. Stránka je významná najmä ako úložisko technických modelov, zdieľaných inovácií, ale i podkladov pre verejnosť. Veľké množstvo zo zdieľaných konceptov je vytvorených pre zámery opráv. Vít (2016) píše o novom vývojárskom programe vytvorenom pre *Thingiverse*, ktorý umožní tvoriť aplikácie a služby prístupné priamo zo stránok konkrétnych modelov. Zároveň je okrem nového aplikačného rozhrania dostupný aj nový portál pre vývojárov.

5.3 Komunita používateľov

Od svojich začiatkov sa postupne podarilo 3D tlači vytvoriť okolo seba komunitu ľudí tvorenú nielen technickými inžiniermi, ale i priaznivcami, ktorých si táto technológia získala i medzi bežnými ľuďmi majúcimi blízky vzťah k technike a inováciám. Miller (2015) uvádza príklad najväčšej svetovej siete z oblasti 3D tlače s názvom *3D Hubs*, ktorú tvorí takmer desať tisíc prevádzkarov 3D tlačiarňí. Vďaka online platforme služieb je možné po prihlásení do systému nájsť najbližšiu 3D tlačiareň, ktorá vám umožní vytlačiť vami potrebný predmet. Webová stránka *3D Hubs* popisuje svoju platformu ako „trhovisko 3D tlačiarňí“, ktoré vytvára globálnu komunitu 3D tlačiarňí (*3D Hubs*, online). Digitálna výroba pozostávajúca z technológií ako sú napríklad 3D tlačiarne, bude tvoriť továrne budúcnosti. Vďaka výrobe produktov vytvorených podľa

dopytu môžu byť spotrebiteľské výrobky bližšie k miestu nákupu, čím sa následne znížia požiadavky na dopravu a eliminuje sa odpad z nadprodukcie. Prednosťou *3D Hubs* je zrýchľovanie tohto procesu a poskytovanie priameho prístupu k 3D tlačiarňam každému po celom svete (3D Hubs, online).

5.4 Klaster aditívnej výroby

Dôkazom rozširovania aditívnej výroby a snahy poukázať na jej využitie, je vytvorenie klastru aditívnej výroby, ktorý v Českej republike vznikol. Ako uvádza webová stránka klastra aditívnej výroby z. s. (ďalej len KAV), záujmový spolok vznikol s cieľom podpory inovácií, ovplyvnenie a konkurencie schopnosti, ale i sprístupnenia projektov zo sféry aditívnej výroby. „KAV sa v rámci svojej činnosti snaží o vytvorenie spoločnej identity právnických a fyzických osôb v rámci klastrovej organizácie, o propagáciu využitia aditívnej výroby a o jej popularizáciu ako suverénnej súčasti zavedených výrobných procesov v súlade s trendmi Industry 4.0.“ (Klaster aditívnej výroby, online)

5.5 Predpoklad ďalšieho vývoja

Na základe dostupnej literatúry a poznatkov jednotlivých odborníkov možno konštatovať fakt, že rozšírenie 3D tlačiarní by malo z hľadiska zamestnanosti dopady v rôznych odvetviach. Je možné predpokladať prepad výroby v továrňach používajúcich súčasné technológie. Ďalšou variantou je obmena strojov za nové 3D tlačiarne, čo by mohlo znamenať radikálny pokles zamestnancov pracujúcich na pozíciách výrobných operátorov a pracovníkov skladajúcich súčiastky pri výrobných linkách. Výrazný účinok sa dá očakávať aj v odvetví logistiky, ktoré by dôsledkom skrátenia dodávateľských reťazcov mohlo zaznamenať značný pokles dopytu po jeho službách. Vplyvom 3D tlače by sa nevyhli ani malí obchodníci pre ktorých by mohla táto technológia predstavovať nebezpečenstvo zániku. Eventuálne negatívne dopady by sa dali vo všeobecnosti predpokladať v oblastiach, v ktorých by zavedenie 3D tlače v porovnaní s ľudským pracovníkom znížilo výrobné náklady, čím by spôsobilo nepotrebnosť zamestnanca.

Na druhej strane sa otvára mnoho príležitostí pre širokú škálu rôznych odvetví, ktoré by mohli zužitkovať prednosti aditívneho spôsobu výroby. Počnúc firmami

zaoberajúcimi sa samotnou výrobou a následným predajom 3D tlačiarňí, ale i spoločnosti obchodujúce s materiálom či potrebnými softvérmi. Transformáciou by prešlo aj logistické odvetvie, ktoré by pôsobilo na trhu s dodávkou surovín pre tlačiarne. Príležitosti by sa mohli otvoriť aj pozíciám ako sú produktoví i projektoví manažéri, ktorých úlohou by bolo vypracovanie cenových a technických ponúk, analýza podmienok na trhu, podpora predaja produktov a iné činnosti spadajúce pod tieto profesie. Na pracovnom trhu by boli žiadanejší aj vývojári a technickí inžinieri. Možno očakávať nárast dizajnérskeho profesií a architektov používajúcich 3D tlač ako nástroj zefektívnenia pracovného procesu.

D'Aveni (2015) premýšľa o aditívnej výrobe ako o rozvíjajúcej sa revolúcii, pričom zdôrazňuje, že je pomerne náročné nepremýšľať o veľkej transformačnej technológii, ktorá zmenila takmer každú oblasť ľudského života a tou bol internet. Autor upozorňuje na historické súvislosti podľa ktorých je možné konštatovať, že aditívna výroba sa uskutočňuje až od roku 1995. Budúcnosť tohto spôsobu výroby môže priniesť obdobné prekvapenie ako nastalo s príchodom Wi-Fi, umelej inteligencie či smartphonov. Predstava v ktorej nové vysoko schopné tlačiarne nahradia kvalifikovaných pracovníkov nie je podľa D'Aveniho nereálna. V „organizáciách strojov“ by bola ľudská práca potrebná iba kvôli prevádzke samotnej tlačiarne (D'Aveni, 2015).

Na druhej strane Brynjolfsson a McAfee (2014) považujú význam ľudského kapitálu pre ekonomiku v porovnaní s minulosťou za dôležitejší. Podľa ich názoru sa dá predpokladať nárast významu investície do ľudského kapitálu, zatiaľ čo rutinné činnosti budú automatizované a zároveň sa zvýši potreba kreatívnych ľudí. „Technický pokrok, hlavne v oblasti digitálnych technológií poháňa predtým nevídané prerozdelenie majetku a príjmov.“ (Brynjolfsson, McAfee, 2014, str. 127) Tieto digitálne technológie majú vplyv pri reprodukcii poznatkov, inovácií či cenných myšlienok. Výsledkom je prebytok pre spoločnosť a taktiež blahobyť pre inovátorov, avšak za následný efekt sa dá považovať zníženie dopytu pre v minulosti dôležité druhy prác (Brynjolfsson, McAfee, 2014).

6 Možné dopady rozšírenia 3D tlače na Jihomoravský kraj

Jihomoravský kraj sa rozprestiera na rozlohe 719 511 ha a s počtom obyvateľov viac ako 1 170 tisíc sa radí na štvrté miesto v rámci celej republiky. Kraj disponuje významným ekonomickým potenciálom. Hodnota hrubého domáceho produktu v roku 2014 činila 10,9 % hrubého národného produktu Českej republiky, čo takmer zodpovedá podielu obyvateľstva kraja na obyvateľstvo Českej republiky. Významné postavenie v ekonomike kraja patrí priemyslu vzhľadom k tradícii, ktorá sa viaže k mestu Brno. Priemysel sa na celkovej hrubej pridanej hodnote kraja podieľa 30,4 %, zatiaľ čo služby majú na HDP podiel v hodnote 59,9 % (Český štatistický úrad, 2015).

V prípade uplatnenia zistených skutočností predchádzajúcej kapitoly, by mohlo rozšírenie technológie 3D tlače zasiahnuť štruktúru zamestnanosti v jednotlivých odvetviach. Dôsledkom tohto vplyvu by mohol byť prepád zamestnanosti v určitých sektoroch. Na druhej strane existuje možnosť, podľa ktorej by mohlo dôjsť k vytvoreniu nových pracovných pozícií.

Flexibilita pracovného trhu je dôležitým faktorom podieľajúcim sa na schopnosti regiónu uspieť v konkurenčnom boji, a zároveň si zaistiť výhodnú ekonomickú pozíciu (Krajský úrad Jihomoravského kraja, 2014). Pre posúdenie vplyvu rozsiahlejšieho zavedenia 3D tlače je potrebné analyzovať štruktúru zamestnanosti v jednotlivých odvetviach.

6.1 Štruktúra zamestnanosti podľa odvetvia ekonomiky

Novák a kol. (2015) zhrnuli výsledky prieskumu zamestnanosti Jihomoravského kraja, ktoré sú znázornené v Prílohe č. 2. Podľa nich pracovalo v roku 2014 vo všetkých sektoroch hospodárstva Jihomoravského kraja priemerne 555,0 tisíc osôb, čo predstavovalo 11,2 % všetkých pracujúcich v Českej republike. Primárny sektor zaznamenal v roku 2014 oproti roku 2000 výrazný pokles o viac ako 45 %. Najviac zamestnaných osôb pracovalo v roku 2014 v rámci II. sektora v spracovateľskom priemysle, a to približne 145 tisíc. Druhým odvetvím v počte zamestnaných bol s hodnotou takmer 60 tisíc zamestnaných obchod spadajúci do III. sektora. Treťou

v poradí bola oblasť stavebníctva s približne 44 tisíc zamestnanými (Novák a kol., 2015).

Podľa poznatkov predchádzajúcej kapitoly by v prípade masovejšieho rozšírenia 3D tlače, mohla táto technológia značne zasiahnuť osoby pracujúce v spracovateľskom priemysle. Nakoľko dokáže spájať a kombinovať rôzne materiály získava pred dnešnými výrobnými linkami náskok. Navyše medzi prednosti, ktoré ju vyzdvihujú, patrí aj tlač dvoch produktov súčasne, ale i kompaktnosť zhotovených predmetov. Jej umiestnením by bol potrebný menší počet pracovníkov, čo by výrazne ovplyvnilo náklady podnikov súvisiace so zamestnancami. Čiastočným riešením by bolo preškolenie pracovníkov, ktorí by zariadenia 3D tlače doplňovali. Avšak s najväčšou pravdepodobnosťou by množstvo vzniknutých pozícií nebolo dostačujúcich. Otázkou ostáva kam by bolo možné túto pracovnú silu zaradiť. Najviac dotknuté týmito zmenami by s najväčšou pravdepodobnosťou boli strojárstvo, elektrotechnický, ale i spotrebný priemysel.

Na druhej strane by s príchodom 3D tlače a jej potenciálom v sfére obchodných vzťahov mohli v Jihomoravskom kraji vzniknúť nové podniky zamerané na činnosti od predaja samotných 3D tlačiarňí, jej materiálov, ale i firmy ponúkajúce konkrétny finálne vytlačený produkt prispôbený náročným požiadavkám a prániam zákazníka vďaka prednosti technológie vo výbornej personalizácii. S väčším rozšírením 3D tlače by boli na trhu práce žiadanejšie pozície vývojárov softvérov, manažérov majúcich na starosti životný cyklus produktov, ale i projektových manažérov, či návrhárov dizajnu.

V prípade tretieho najsilnejšieho odvetvia a to stavebníctva, sa nepredpokladá výrazný dopad na odvetvie zapríčinený rozšírením 3D tlače. Hoci Bajerová (2014) popísala realizáciu domov, ktorých časti boli vytlačené pomocou 3D tlače, zároveň uviedla bariéry v podobe regulačných prekážok a legislatívy. Aj z týchto dôvodov sa v najbližších rokoch neočakáva radikálny zásah technológie v tejto oblasti.

6.2 Najväčší zamestnávateľia Jihomoravského kraja

Príloha č. 3 zaznamenáva zamestnávateľské subjekty, ktoré k 31.12.2014 poskytovali prácu viac ako tisíc osobám. Z hľadiska počtu zamestnancov sú za dôležitých

zamestnávateľov v Jihomoravskom kraji považované najmä organizácie zdravotnej a sociálnej starostlivosti, vzdelania, verejnej správy, ale i obrany. Subjekty zamestnávajúce aspoň tisíc osôb na území Jihomoravského kraja tvoria štyri priemyselné firmy, z ktorých tri svojou výrobnou činnosťou pôsobia v elektrotechnickom priemysle. Od roku 2010 patrí pozícia najväčšieho zamestnávateľa v celom Jihomoravskom kraji *Fakultnej nemocnici v Brne* s počtom približne 5,5 tisíc pracovníkov. *Masarykova univerzita v Brne* v posledných dvoch rokoch taktiež prekročila hranicu 5 tisíc osôb. Na tretej pozícii sa v počte zamestnancov umiestnilo *Krajské riaditeľstvo polície Jihomoravského kraja*. Je nutné podotknúť, že na zoznam nebola zaradená *Česká pošta, s.p.*, kvôli neposkytnutiu informácií o počte zamestnancov. Spoločnosť *Tyco Electronics Czech s.r.o.* zaoberajúca sa elektropriemyslom so sídlom v Kuřime, je s počtom viac ako 2,3 tisíc osôb najväčším priemyselným podnikom v Jihomoravskom kraji. Prekročiť hranicu 1000 zamestnancov sa podarilo aj ďalším desiatim subjektom, ako napríklad *Honeywell, spol. s.r.o.*, a s najväčšou pravdepodobnosťou aj *České dráhy a.s.*, ktoré dosahujú stabilné hodnoty počtu svojich zamestnancov v posledných zaznamenaných rokoch. V dotazníkovom prieskume spracovaného na základe roku 2014 zaslalo počty zamestnancov *Depo kolajových vozidiel Brno*, žiaľ tak neurobili nádražia v Jihomoravskom kraji. Do rebríčka prvých 20 zamestnávateľov podľa počtu zamestnancov sa zaradila iba jedna stavebná firma, a to *OHL ŽS, a.s.*, ktorá však pôsobením rôznej lokalizácie zákaziek má vysokú fluktuáciu počtu svojich zamestnancov. Prieskum zamestnanosti v Jihomoravskom kraji uvádza, že na konci roku 2014 spolu týchto 20 najväčších zamestnávateľov malo v pracovnom pomere takmer 49 tisíc osôb (Novák a kol., 2015).

Z pohľadu najväčších zamestnávateľov by v prípade rozsiahlejšieho zavádzania 3D tlačiarň mohli byť ohrození zamestnanci pracujúci pre spoločnosti ako sú *Tyco Electronics Czech s.r.o.*, *Kuřim*, *ABB, s.r.o.*, *Brno*, ale i *Honeywell, spol. s.r.o.*, ktorých oblasťou pôsobenia je elektropriemysel. V prípade najväčších zamestnávateľov kraja sa nepredpokladá radikálny úpadok pracovných pozícií, nakoľko ich náplň súvisí najmä s odvetviami ako sú zdravotná a sociálna starostlivosť, vzdelávanie, či verejná sprava a obrana.

6.3 Štruktúra zamestnanosti podľa kategórie zamestnania (CZ-ISCO)

Štruktúru zamestnanosti podľa hlavných tried klasifikácie zamestnania CZ-ISCO zobrazuje Tab. č. 1. Tvoria ju údaje v absolútnom a relatívnom vyjadrení, ktoré boli zistené pri *Prieskume zamestnanosti Jihomoravského kraja k 31.12.2014*. Najsilnejšiu triedu tvoria *technickí a odborní pracovníci*, ktorí tvoria približne jednu pätinu. V poradí druhou skupinou sú pracovníci na pozíciách *obsluhy stojov a zariadení*. Podľa prieskumu pracuje mnoho pracovníkov v priemysle skôr na pozíciách manipulačných robotníkov než kvalifikovaných remeselníkov a to vplyvom vzniku veľkého počtu výrobkov za pomoci obsluhy počítačov a stacionárnych strojov (Novák a kol., 2015).

Prieskum uvádza i rast významu triedy *špecialistov*, čo možno považovať za priaznivú skutočnosť, ktorá svedčí o zameraní sa na výskum a vývoj. Firmy dokážu uplatniť prijatých odborných pracovníkov s vysokoškolským vzdelaním, dokonca aj bez ohľadu na ich predchádzajúce skúsenosti, a tým pádom sa podieľajú na rozvoji regiónu. Osoby pracujúce v službách a predaji sa podieľajú na štruktúre zamestnanosti hodnotou približne 11 %. Najmenej zastúpenou skupinou sú kvalifikovaní pracovníci v poľnohospodárstve, lesníctve a rybárstve tvoriaci podiel okolo 2 % (Novák a kol., 2015).

Tab. č. 1: Štruktúra zamestnanosti v Jihomoravskom kraji podľa hlavných tried klasifikácie zamestnanosti v roku 2014

Kategórie CZ-ISCO	Prieskum 2014	
	abs.	%
1. Zákonnodárci a riadiaci pracovníci	11,2	5
2. Špecialisti	40,1	17,9
3. Techn. odbor. prac.	45,4	20,3
4. Úradníci	20,5	9,2
5. Prac. v službách a predaji	25,2	11,3
6. Kvalif. pracovníci v poľnohos., lesníctve a rybárstve	2,9	1,3
7. Remeselníci a opravári	24,8	11,1
8. Obsluha strojov a zariadení	40,3	18
9. Pomocní a nekvalifikovaní pracovníci	13,1	5,9
Celkom	223,5	100

Zdroj: Prieskum zamestnanosti v Jihomoravskom kraji k 31.12.2014

Na základe poznatkov predchádzajúcej kapitoly, ale i analýze štruktúry zamestnanosti v Jihomoravskom kraji podľa klasifikácie zamestnanosti by vplyvom rozšírenia 3D tlače mohla byť posilnená pozícia technických pracovníkov, ktorí by boli pri procesoch tejto technológie žiadani. Rovnako by boli potrební špecialisti s odbornými znalosťami pre obsluhu 3D tlačiarňami. Naopak ohrozené by mohli byť v prípade nahradenia súčasných stojov 3D tlačiarňami pracovníci obsluhy stojov a zariadení, ktorých by v tomto prípade bolo potrebné menšie množstvo.

7 Záver

Digitálne inovácie, moderné technológie, umelá inteligencia a mnohé ďalšie pojmy, s ktorými sa v súčasnosti stretávame čoraz častejšie, sú neoddeliteľnou časťou dnešnej doby. Veda, výskum i technológie napredujú závratným tempom a prinášajú ľuďstvu novinky, ktoré uľahčujú procesy v rôznych oblastiach. Za nástroje so zvyšujúcou sa popularitou sú považované i 3D tlačiarne. Disponujú veľkým množstvom predností, ktoré napomáhajú jej rozširovaniu do celej rady odvetví. Počnúc vytváraním prototypov, zužitkovaním pozitív technológie v oblasti dizajnu, módy, priemyslu, ale aj jej využitím v mnohých ďalších oblastiach. Na druhej strane existujú určité prekážky, ktoré bránia jej hromadnému rozšíreniu.

Technológia 3D tlače je spájaná s rôznymi pozitívami. Významným je úspora času pri tlači prototypu, ktorého vyhotovenie za použitia tradičnej metódy v minulosti trvalo niekoľko mesiacov. V prípade 3D tlače je možné predmet zhotoviť v priebehu niekoľkých dní, ktorých počet sa odvíja od zložitosti produktu. Zároveň dokáže 3D tlač vyhotoviť komplikované tvary. Navyše táto technológia umožňuje vytváranie súčasne dvoch predmetov. Ďalšou výhodou je fakt, že pri úprave či zmene vytváraného produktu je potrebné iba prispôbenie digitálneho návrhu a nové suroviny. V tomto smere možno badať zásadné rozdiely oproti tradičnej technológii, pri ktorej je potrebná rekvalifikácia zamestnancov pracujúcich s príslušnými strojmi. Za jednu z veľkých výhod je možné považovať presnosť technológie umožňujúcej vytvárať precízne vnútorné štruktúry. Aj vďaka možnosti kombinovať rôzne materiály sa vytvárajú príležitosti tvorby nových produktov.

Vyššie popísané pozitíva by v prípade rozšírenia 3D tlače mohli spôsobiť zmenu súčasného spôsobu výroby a taktiež transformáciu podoby trhu práce. Zasiiahnuté by mohli byť oblasti v priemysle, sféra logistiky, obchodné vzťahy v podnikateľskom prostredí. Dotknúť by sa 3D tlač mohla start-upov a inovácií. V rámci priemyslu je možné predpokladať výrazný dopad na spracovateľské odvetvie, nakoľko by práve v ňom mohli 3D tlačiarne zastúpiť niektoré pozície súčasných operátorov výroby. Ďalšou potenciálne zasiiahnutou oblasťou by mohla byť logistika. V rámci nej by 3D tlačiarne mohli byť umiestnené nielen v domácnostiach, v ktorých by si spotrebiteľ mohol vytlačiť potrebný predmet v čase v ktorom potrebuje, ale taktiež by mohli byť lokalizované i do odľahlejších zemepisných šírok. V prípade rozšírenia 3D tlačiarní je

možné uvažovať o skrátení dodávateľských reťazcov. Následne by bola ohrozená existencia logistických firiem. Avšak pri tomto scenári by sa spoločnosti mohli zamerať na dodávanie materiálov potrebných na 3D tlač, a taktiež samotných 3D tlačiarňí. Je však nutné položiť otázku do akej miery by táto substitúcia bola pre podniky prospešná.

Príležitosť využiť potenciál a prednosti 3D tlače by sa mohla naskytnúť aj subjektom podnikateľského prostredia, v ktorom by mohli vznikáť nové druhy obchodných vzťahov, ktoré by následne mohli vytvoriť nové typy pracovných pozícií. V súčasnosti firmy zaoberajúce sa 3D tlačou zamestnávajú ľudí na pozíciách vývojárov, konštruktérov, programátorov elektroniky, ale i operátorov tlačiarňí, či dizajnérov a servisných technikov. S rozsiahlejším zavádzaním 3D tlačiarňí je možné predpokladať vznik ďalších druhov pracovných miest ako napríklad projektových manažérov zameraných na projekty 3D tlače, ale i manažment majúci na starosti výrobný cyklus produktu, jeho kvalitu a zákaznícky servis. Príležitosti sa otvárajú aj umelcom a dizajnérom, ktorým prináša táto technológia väčšie možnosti týkajúce sa neobmedzeného tvaru a rôznych materiálov. Jednou z budúcich predstáv je vytvorenie e-shopov, ktoré by svojim zákazníkom ponúkali nie hmotné produkty, ale digitálne návrhy predmetov, ktoré by si po zakúpení mohli koneční spotrebitelia vytlačiť sami na vlastnej tlačiarňi. Medzi jednu z ovplyvnených oblastí je možné zaradiť prostredie start-upov. Táto sféra sa snaží využiť potenciál technológie a napreduje pomerne rýchlym tempom. Zvyšujúci sa trend 3D tlačiarňí využil i projekt s názvom *MakersLab*, ktorý vytvoril 3D tlačiarňovú dielňu sprístupnenú verejnosti, pre ktorú sú organizované rôzne workshopy od „Vstupu do sveta 3D tlače“, cez základy modelovania až po kurzy zostavovania vlastného dronu.

Na príklade Jihomoravského kraja a štruktúry jeho zamestnanosti vidieť potenciálne odvetvia, ktoré by mohli byť technológiou 3D tlače zasiahnuté, či už v pozitívnom alebo negatívnom zmysle. Ako ohrozené sa javia spracovateľský priemysel so zamestnancami na pozíciách obsluhy strojov a zariadení. Naopak rozširovať svoje pracovné kapacity by mohli špecialisti a technickí odborní pracovníci, po ktorých možno na pracovnom trhu predpokladať väčší dopyt.

Napriek veľkému množstvu výhod spojených s procesom 3D tlače, existujú prekážky, ktoré bránia jej rozšíreniu. Za tieto limity možno považovať zatiaľ pomerne vysoké ceny tlačiarňí. Z ekonomického uhla pohľadu patrí medzi nevýhody aditívneho

spôsobu výroby nevytvorenie úspor z rozsahu. Limitujúcim je aj hľadisko času výroby, v ktorom súčasné výrobné linky s vysokým počtom vyrobených produktov za minútu jasne predčia výrobu pomocou 3D tlačiarní.

Napriek narastajúcemu počtu vyrobených a následne predaných 3D tlačiarní je ťažké predpokladať, či sa tento spôsob výroby rozšíri „masovejšie“. Faktom však ostáva, že v prípade naplnenia scenára a jej rozšírenia by boli zasiahnuté viaceré odvetvia a trh práce. Možno predpokladať oslabenie postavenia niektorých pracovných pozícií, pri horšej variante dokonca zánik niektorých profesií. Na druhej strane sa otvárajú príležitosti pre vznik nových povolání súvisiacich s novou technológiou.

Technológie a inovácie značným spôsobom ovplyvňujú celosvetovú ekonomiku a taktiež majú dopad i na samotné domácnosti. Zároveň napomáhajú pokroku ľudstva v rôznorodých oblastiach života. Stále populárnejšia technológia 3D tlače je toho názorným príkladom.

Aditívny spôsob výroby, ktorým je možné pomenovať proces produkcie za účasti 3D tlačiarní, v súčasnosti náchádza čoraz väčšie množstvo priaznivcov. Na základe štúdiá a rozboru dostupnej literatúry i publikovaných článkov som došla k záveru, u ktorého je možné predpovedať prenikanie tejto technológie do rozličných sfér. Vo svojej práci som sa snažila zachytiť hlavné prednosti tlače, ktoré by mohli byť prospešné pri jej ďalšom pôsobení ako v hospodárstve, tak i v spoločnosti ako celku.

Odpovedať na kľúčovú otázku, či technologický pokrok v podobe 3D tlače môže viesť k ohrozeniu, či dokonca zániku niektorých pracovných pozícií, si vyžaduje brať v úvahu širší kontext. Existuje reálny predpoklad, ktorý predurčuje uplatnenie aditívneho spôsobu výroby v rozličných odvetviach. Do akej miery sa transformácia trhu práce uskutoční záleží hlavne na vývoji vlastností materiálov a na zdokonalovaní technológií.

8 Zoznam použitej literatúry a internetových zdrojov

3D Hubs [online]. Amsterdam: © 3D Hubs B.V. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <https://www.3dhubs.com/>

Aurainvest [online]. © 2015 Aura Invest Group [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.aurainvest.cz/>

BAJEROVÁ, J. *Jak vypadá 3D tisk v Číně? 10 recyklovaných betonových domů za 24 hodin.* Nalezeno.cz [online]. 2014 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/stavba//stavba/jak-vypada-3d-tisk-v-cine-10-recyklovanych-betonovych-domu-za-24-hodin.aspx>

BROWN, A. *3D Printing in Instructional Settings: Identifying a Curricular Hierarchy of Activities.* TechnTrends [online]. Association for Educational Communications and Technology 2015, 2015, roč. 5, č. 59 [cit. 2016-05-11] Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11528-015-0887-1>

BRYNJOLFSSON, E., MCAFEE A. *Druhý věk strojí: práce, pokrok a prosperita v éře špičkových technologií.* Preklad Filip Drlík. Brno Jan Melvil Publishing, 2015. 295 strán. Pod povrchem. ISBN 978-80-87270-71-4.

CANESSA, E., FONDA C., ZENNARO M. *Low-Cost 3D Printing: for science, education sustainable development.* First edition. ICTP Science Dissemination Unit: Publisher ICTP—The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, 2013. 198 strán. ISBN 92-95003-48-9.

CAMPBELL, T., WILLIAMS, CH., IVANOVA, O., GARRETT., B. *Could 3D printing change the world? Technologies, potential, and implications of additive manufacturing* [online]. Atlantic council, 2011 [cit.2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.atlanticcouncil.org/publications/reports/could-3d-printing-change-the-world>

Český statistický úřad. *Statistická ročenka Jihomoravského kraje 2015* [online]. Český statistický úřad, 2015 ISBN 978-80-250-2650-2 [cit.2016-05-15]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/statisticka-rocenka-jihomoravskeho-kraje-2015>

D'AVENI, R. *The big idea: The 3-D printing revolution* Harvard Business Review [online]. Máj 2015, 40- 48 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <https://hbr.org/archive-toc/BR1505>

Designboom [online]. designboom © 2016 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.designboom.com/>

Harvard Business Review [online]. © 2016 Harvard Business School Publishing [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <https://hbr.org/archive-toc/BR1505>

HOFFMAN, T. *The many dimensions od 3D printing* PC Magazine [online]. November 2015, 91- 100 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: http://tamilanda.tech/mags/load/Computer_and_Gamers_Magazines/Oct_Nov_Dec_2015_Editions/PC%20Magazine%20-%20November%202015%20%20USA.pdf

HOMOLA, J. *Globální e-shop Amazon.com přidal do svojí nabídky položku „3D tisk“*. 3d-tisk.cz [online]. © 2013 [cit. 2016-05-11] Dostupné z: <http://www.3d-tisk.cz/globalni-e-shop-amazon-com-pridal-do-svoji-nabidky-polozku-3d-tisk/>

HOSKINS, S. *3D Printing for artists, designers and makers*. 1st ed. London: Bloomsbury, c2013.143 strán. ISBN 9781408173794.

Klastr aditivní výroby / Additive Manufacturing Alliance [online]. Klastr aditivní výroby, z. s. © 2015 [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.aditivni-vyroba.cz/>

KOKOŘ, M. *3D tisk: Další průmyslová revoluce?* Aurainvest.cz [online]. 2015 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.aurainvest.cz/3d-tisk-dalsi-prumyslova-revoluce/>

KOTULIAKOVA, Z. *Vyzkoušej si 3D tiskárnu na vlastní kůži!*. Startitup.cz [online]. © 2016 [cit. 2016-05-11] Dostupné z: <http://startitup.cz/vyzkousej-si-3d-tiskarnu-na-vlastni-kuzi/>

KRAJSKÝ ÚŘAD JIHOMORAVSKÉHO KRAJE. *Program rozvoje Jihomoravského kraje 2014–2017* [online]. 2014 CZ.1.04/4.1.01/89.00047 [cit. 2016-05-11] Dostupné z: <http://www.kr-jihomoravsky.cz/Default.aspx?ID=212277&TypeID=2>

KRATOCHVÍLOVÁ, Jitka. *3D tisk*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2015. 95 strán. ISBN 978-80-7414-936-8.

LIPSON, H., KURMAN, M. *Fabricated: the new world of 3D printing* [online]. Indianapolis, Ind.: John Wiley and Sons, 2013. 302 strán. [cit. 2016-05-10]. ISBN 978-1-118-35063-8.

Makerslab [online]. MakersLab - Paralelní Polis, 2016 [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.makerslab.cz/>

MANNERS-BELL, J., LYON, K. *The implications of 3D printing for the global logistic industry* [online]. Transport Intelligence, 2012 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: http://johnmannersbell.com/wp-content/uploads/2013/11/The_impact_of_3D_Printing_on_Global_Supply_Chains.pdf

MILLER, K. *3D Hubs Think Globally, 3D Print Locally*. Makerbot.com [online]. © 2015 [cit. 2016-05-11] Dostupné z: <http://www.makerbot.com/blog/2015/04/21/3d-hubs-think-globally-3d-print-locally>

NOVÁK, V., PALCROVÁ, Š., KREJČÍ, T., DŽUGANOVÁ, B. *Průzkum zaměstnanosti v Jihomoravském kraji k 31.12.2014* [online]. Katedra regionálního a lokálního rozvoje, Fakulta sociálně ekonomická Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, 2015 [cit.2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.kr-jihomoravsky.cz/Default.aspx?PubID=248684&TypeID=2>

PRŮŠA, J., PRŮŠA, M. *Základy 3D tisku* [online]. Prusa Research s.r.o., 2014 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.prusa3d.cz/kniha-zaklady-3d-tisku-josefa-prusi/>

RICCA-SMITH, Charlotte. *Could 3D printing end our throwaway culture?*. Theguardian.com [online]. © 2011 [cit. 2016-05-11] Dostupné z: <https://www.theguardian.com/technology/2011/nov/17/3d-printing-throwaway-culture>

STANIČEK, J. Produktový manažér firmy be3D, s.r.o., Pod Hájem 1, 180 00 Praha 8, dňa 25.4.2016 Česká republika.

ŠEBKOVÁ, M. *Jak se neztratit ve světě 3D tisku* [online]. 3Dstation, 2015. 14 strán. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://3dstation.cz/prirucka/>

TOWNSEND, A., JEFFERY, L., FIDLER, D., CRAWFORD, M. *The future of open fabrication* [online]. Institute for the future. 2011. 32 strán. SR-1390B, [cit.2016-05-

15]. Dostupné z: http://www.iftf.org/uploads/media/SR-1390_FutureOfOpenFab.FINAL_sm.pdf

VÍT, T. *Y Soft otvírá inovační centrum Ysoft Labs, ve kterém se bude věnovat 3D tisku ve firemním prostředí.* 3d-disk.cz [online]. © 2016 [cit. 2016-05-11] Dostupné z: <http://www.3d-tisk.cz/y-soft-otvira-inovacni-centrum-ysoft-labs-ve-kterem-se-bude-venovat-3d-tisku-ve-firemnim-prostredi/>

YSoft [online]. © 2015 Y Soft Corporation, 2015 [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://ysoft.jobs.cz/>

Zoznam skratiek

ABS – acrylonitrile butadien stiren

ASA – acrylonitrile styrene acrylate

DMLS – Direct metal laser

FDM – fused deposition modelling

FFF – fused filament fabrication

HIPS – high impact polystyrene

PET – polyethylene terephthalate

PLA – polylactid acid

PVA – Polyvinil acetát

SLA – stereolitografia

SLS – Selective Laser Sintering

Prílohy

Príloha č. 1- Prehľad technológií 3D tlače

Technológia 3D tlače	Podporný materiál	Materiál pre 3D tlač	Proces 3D tlače	Približné cenové rozpätie 3D tlačiarní
FDM	Áno	Plastové vlákno	Nanášanie roztaveného plastového vlákna	12 000 – 10 mil. Kč
Polyjet/Projet	Áno	Fotopolyméry	UV vytvrdzovanie	500 000 – 10 mil. Kč
SLA	Áno	Fotopolyméry	Vytvrdzovanie Laserom	od 80 000 Kč
SLS	Nie	Plastový prášok	Spekanie plastového prášku	od 100 000 Kč
DLMS	Nie	Kovový prášok	Spekanie kovového prášku	okolo 10 mil. Kč
Solid Scape	Áno	Vosk	Nanášanie roztaveného vosku	od 300 000 Kč
MCore	Áno	Kancelársky papier	Nanášanie a lepenie kancelárskeho papiera	Cca 900 000 Kč

Zdroj: Šebková Jak se neztratit ve světě 3D tisku

Príloha č. 2 - Štruktúra zamestnanosti v Jihomoravskom kraji podľa odvetvia ekonomiky v rokoch 2000 a 2014

Sektory a odvetvia (CZ-NACE)	Jihomoravský kraj rok 2000		Jihomoravský kraj rok 2014	
	tis.	relatívne	tis.	relatívne
I. sektor	27,9	5,4	15,3	2,8
II. sektor	202,5	38,9	205,3	37
priemysel	150,4	28,8	160,7	29
ťažba a dobývanie	3,1	0,6	3	0,5
spracovateľský	137,1	26,3	145,5	26,2
výroba a rozvod energií	6	1,2	6,9	1,3
zásobovanie vodou, odpady	4,1	0,8	5,3	0,9
stavebníctvo	52,2	10	44,6	8
III. sektor	290,8	55,8	334,4	60,3
obchod	65,2	12,5	59,9	10,8
doprava a skladovanie	27,2	5,2	34,4	6,2
ubytovanie, stravovanie a pohostinstvo	13,8	2,7	16,8	3
informačné a komunikačné činnosti	11,1	2,1	22	4
finančníctvo a pojišťovníctvo	10,6	2	14,9	2,7
činnosti v oblasti nehnuteľností	2	0,4	4,2	0,7
profesné, vedecké a technické činnosti	19,9	3,8	28,5	5,1
administratívne a podporné činnosti	11,7	2,2	15,9	2,9
verejná správa a obrana, soc. zabezpečenie	38	7,3	38	6,8
vzdelávanie	42,3	8,1	41,2	7,4
zdravotníctvo a sociálna starostlivosť	32,2	6,2	39,9	7,2
kultúrna, zábavná a rekreačná činnosť	6	1,1	8,8	1,6
ostatné činnosti	10,9	2,1	9,9	1,8
celkom	521,3	100	555	100

Zdroj: Prieskum zamestnanosti v Jihomoravskom kraji k 31.12.2014

Príloha č. 3 Vývoj počtu pracovníkov v zamestnávateľských subjektoch, ktoré k 31.12.2014 zamestnávali v Jihomoravskom kraji viac ako tisíc osôb

Poradie	Názov organizácie, sídlo	Odvetvie	2010	2011	2012	2013	2014
1	Fakultní nemocnice Brno	zdravotná a soc. starostlivosť	5 476	5 483	5 532	5 540	5 634
2	Masarykova univerzita, Brno	vzdelávanie	4 576	4 841	4 986	5 156	5 265
3	Krajské ředitelství policie JmK	verejná správa a obrana	4 145	4 106	4 121	4 143	4 195
4	IBM Global Services Delivery Center Czech Republic, s.r.o.	informačné a komunikačné činnosti	2 483	3 412	3 156	3 800	3 563
5	Vysoké učení technické v Brně	vzdelávanie	2 980	3 114	3 296	3 427	3 395
6	Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně	zdravotná a sociálna starostlivosť	2 770	2 923	3 045	3 152	3 101
7	Statutární město Brno	verejná správa a obrana	3 145	3 034	3 098	3 142	3 100
8	Dopravní podnik města Brna, a.s.	doprava a skladovanie	2 575	2 586	2 597	2 579	2 596
9	Tyco Electronics Czech s.r.o., Kuřim	elektrotechnický priemysel	1 998	2 097	2 080	2 270	2 332
10	ABB, s.r.o., Brno	elektrotechnický priemysel	1 507	1 671	1 841	1 944	2 105
11	Honeywell, spol. s r. o.	profesijne, vedecké, technické činnosti	1 420	1 400	956	1 037	2 013
12	České dráhy, a.s., Praha	doprava, skladovanie	2 600	1 927	1 873	1 864	1 870
13	Generální finanční ředitelství, Brno	verejná správa a obrana	1 736	1 698	1 707	1 811	1 800
14	Tesco Stores ČR a.s., Praha	veľkoobchod a maloobchod	1 211	1 435	1 520	1 500	1 368
15	AHOLD Czech Republic, a.s. Brno	veľkoobchod a maloobchod	1 318	1 299	1 253	1 250	1 231
16	European Data Project s.r.o., Komořany	ostatný sprac. priemysel	1 245	1 200	1 194	1 200	1 200
17	Nemocnice Znojmo, p.o.	zdravotná a sociálna starostlivosť	1 066	1 053	1 066	1 078	1 079
18	Mendelova univerzita v Brně	vzdelávanie	1 025	1 011	1 056	1 070	1 060
19	OHL ŽS, a.s.	stavebníctvo	765	640	443	1 012	1 051
20	Gebauer a Griller Kabeltechnik, spol. s r.o., Mikulov	elektrotechnický priemysel	580	895	861	1 022	1 023

Zdroj: Prieskum zamestnanosti v Jihomoravskom kraji k 31.12.2014