



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Ekonomická fakulta



Využití technologie 3D tisku ve výrobním podniku

Bakalářská práce

Studijní program: B6208 – Ekonomika a management

Studijní obor: 6208R085 – Podniková ekonomika

Autor práce: **Vojtěch Holas**

Vedoucí práce: Ing. Eva Šlaichová, Ph.D.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vojtěch Holas**
Osobní číslo: **E12000615**
Studijní program: **B6208 Ekonomika a management**
Studijní obor: **Podniková ekonomika**
Název tématu: **Využití technologie 3D tisku ve výrobním podniku**
Zadávající katedra: **Katedra podnikové ekonomiky a managementu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Teoretická východiska spojená s technologií 3D tisku.
2. Analýza používání 3D technologií ve výrobních podnicích včetně ekonomického zhodnocení.
3. Vyhodnocení používání technologií 3D tisku včetně ekonomického zhodnocení.
4. Shrnutí výsledků.

Rozsah grafických prací: dle potřeby dokumentace
Rozsah pracovní zprávy: 30 normostran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

BARNATT, Christopher. 3D Printing: The next Industrial Revolution.

England: ExplainingTheFuture.com, 2013. ISBN 978-148-4181-768

CANESSA, Enrique, Carlo FONDA and Marco ZENNARO. Low-cost 3D printing for science, education & sustainable. Italy: ICTP, 2013.

ISBN 92-95003-48-9

LIPSON, Hod and Melba KURMAN. Fabricated: the new world of 3D printing.

Indianapolis: John Wiley and Sons, 2013. ISBN 978-1-118-35063-8

RAWSTHORN, Alice. Zdravím, světe: jak design vstupuje do života. Zlín:

Kniha Zlín, 2014. ISBN 978-80-7473-226-3

Elektronická databáze článků ProQuest (knihovna.tul.cz)

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Eva Šlaichová, Ph.D.

Katedra podnikové ekonomiky a managementu

Konzultant bakalářské práce:

Ing. Petr Zelený, Ph.D.

Katedra výrobních systémů a automatizace

Datum zadání bakalářské práce: 30. října 2015

Termín odevzdání bakalářské práce: 31. května 2017



doc. Ing. Miroslav Žižka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Ivan Jás, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 30. října 2015

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

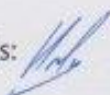
Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 29. 4. 2016

Podpis:



Anotace

Předmětem této bakalářské práce je představení technologie 3D tisku a získání poznatku o tom, jak je tato technologie využívána v českých podmínkách. V rámci této práce byla vytvořena anketa, která vyhodnocuje zájem a zkušenost vybraných českých podniků s touto technologií. Hlavním výsledkem této bakalářské práce jsou závěry získané z provedené ankety a z nich vyplývající přínosy, které tato technologie přináší výrobním podnikům. Mezi zjištěné přínosy patří například zkrácení designerského cyklu, vylepšená estetičnost a ergonomie produktu a v konečném důsledku tak i úspora nákladů na vývoj a výrobu produktu. Jednotlivé přínosy jsou představeny v případových studiích z vybraných podniků.

Klíčová slova

3D tisk, konstrukce, Rapid Prototyping, řízení kvality, technologie

Annotation

The use of technology of 3D printing in the manufacturing plant

The subject of this bachelor thesis is the introduction of 3D printing technology and the acquisition of knowledge about how this technology is used in Czech conditions. In this thesis was created a survey, which evaluates the interest and the experience of selected Czech companies with this technology. The main results of this bachelor thesis are the conclusions obtained from the survey and the benefits, which this technology brings to company. A reduction of the design cycle, improvement of aesthetics and ergonomics of the product and the reduction of the cost of the product in the development and manufacture, these are the most benefits of 3D printing. Individual benefits are presented in the case studies of selected company.

Key Words

3D printing, construction, quality control, technology, Rapid Prototyping

Obsah

Seznam obrázků.....	8
Seznam zkratk.....	9
Úvod	10
1. Teoretická východiska spojená s technologií 3D tisku	11
1.1 Historický vývoj použití technologie 3D tisku v podnicích.....	11
1.2 Technologický postup 3D tisku	12
1.3 Deset základních principů 3D tisku.....	14
1.4 Materiály používané při 3D tisku	16
1.4.1 Metoda Stereolitografie SLA.....	16
1.4.2 Laser Sintering SLS.....	17
1.4.3 Fused Deposition Modelling (FDM)	17
1.4.4 Technologie PolyJet Matrix.....	18
1.4.5 Technologie Laminated Object Manufacturing (LOM)	19
2. Využití 3D tisku z pohledu problematiky řízení jakosti	20
3. Využití Rapid Prototypingu při konstrukci výrobků.....	23
3.1 Vytváření prototypů při inovaci technických výrobků.....	24
4. Vyhodnocení ankety Využití technologie 3D tisku v podnicích ČR.....	25
5. Využití technologie 3D tisku ve vybraných podnicích	29
5.1 Vývoj nového typu osobní větrační jednotky.....	29
5.2 Vývoj masky pro svářeče.....	31
5.3 Výroba modelu pro přípravu kontrolního pracoviště	32
5.4 Případová studie Rambol Group	33
5.5 Případová studie Black and Decker	34
5.6 Opel používá 3D tisk pro výrobu montážních přípravků.....	34
6. Přínosy využití technologie Rapid Prototyping v oblasti řízení kvality	36
Závěr	40
Seznam použité literatury	41
Seznam příloh	46

Seznam obrázků

Obrázek 1 - 3D skener SENSE.....	13
Obrázek 2 – iSense	14
Obrázek 3 - 1 - Tryska nanáší roztavený plast, 2 - nanesený materiál (modelová část), 3 - vyjímatelná deska	18
Obrázek 4 – Proces technologie Polyjet	19
Obrázek 5 - Jak dlouho se firmy věnují 3D tisku	26
Obrázek 6 - Jak přibližně vzrostl zájem o tuto technologii oproti počátku nabízení 3D tisku komerčně	27
Obrázek 7 - Sada vytištěných dílů filtrační jednotky	29
Obrázek 8- Sestavená filtrační jednotka	30
Obrázek 9- Prototyp ochranné masky	31
Obrázek 10- Díl s konektory	32
Obrázek 11- Pouzdro pro bezpečnosti senzor	34
Obrázek 12 - Airbus A350 XWB	38
Obrázek 13 - Velikost světového trhu 3D tisku	39
Obrázek 14 - Güggle Town	59
Obrázek 15 - Choc Creator version 2	62
Obrázek 16 - vytisknutá zbraň LIBERATOR	63
Obrázek 17 - Probíhající tisk auta Strati.....	64
Obrázek 18 - Automobil Strati po vytisknutí	65

Seznam zkratek

FDM	Fused Deposit Model
FMEA	Analýza možného výskytu a vlivu vad
KVS	Katedra výrobních systémů
LOM	Laminated Object Manufacturing
SLA	Stereolitografie
SLS	Laser Sintering
TUL	Technická univerzita Liberec

Úvod

Technologie 3D tisku získává na oblibě. Díky 3D tiskárnám lze vymodelovat trojrozměrný objekt z dat do reálné fyzické podoby. Nejvíce se tato technologie používá v automobilovém, lékařském a leteckém průmyslu. Lze ji použít také i ve strojírenství či v designovém odvětví.

V bakalářské práci je popsána historie vzniku této technologie i samotný proces 3D tisku. Dále je zmíněno deset základních principů 3D tisku. V kapitole 1.4 jsou popsány nejpoužívanější technologie pro vytvoření konkrétního výrobku určeného k 3D tisku. Druhá kapitola se zabývá využitím 3D tisku z pohledu problematiky řízení jakosti. V této kapitole je popsáno též plánování jakosti produktů. Kapitola pátá se zabývá využitím Rapid Prototypingu při konstrukci výrobku.

Kapitola Využití technologie 3D tisku ve vybraných podnicích představuje výsledky případových studií jednotlivých výrobků, či firem, které 3D tisk používají, mimo jiné ke snížení hmotnosti vyráběných součástek a potažmo tak ke snížení výrobních nákladů. Jako další kapitola je vyhodnocení ankety, na kterou odpovídaly firmy, které se zabývají 3D tiskem na zakázku. Záměrem ankety je zejména zmapovat růst zájmu o tuto technologii od počátku komerčního 3D tisku. Tato anketa je rovněž součástí přílohy s prezentací celkových výsledků spolu s kladenými otázkami.

Předmětem této bakalářské práce je seznámení s technologií 3D tisku a ukázka toho, v jakém odvětví se 3D tisk využívá. Hlavním výsledkem této práce jsou závěry získané z provedené ankety a z nich vyplývající přínosy, které tato technologie přináší výrobním podnikům. Ty jsou představeny na případových studiích z vybraných podniků.

1. Teoretická východiska spojená s technologií 3D tisku

V rešeršní části se práce zabývá komplexním popisem o 3D tisku. Nejprve podává historické informace o 3D tisku. V této části práce je popsáno využití 3D tisku z pohledu problematiky řízení jakosti. Následuje výčet deset základních principů této technologie. Kapitola 1.4 představuje technologie, které se používají k vytvoření výrobku a jejich vlastnosti. V závěru této části je popsáno využití Rapid Prototypingu při konstrukci výrobků.

1.1 Historický vývoj použití technologie 3D tisku v podnicích

Technologie 3D tiskáren je známá od druhé poloviny 20. století, ale skutečným fenoménem se stala teprve začátkem tohoto tisíciletí. První osobností, která se vážně zabývala technikami podobnými 3D tisku, byl profesor Nakagawa. Profesor Nakagawa využíval laminátových vrstev, které po spojení tvořily formu pro tvorbu dalších nástrojů. Ovšem teprve Charles Hull je považován za pravého zakladatele 3D tisku a jako první si nechal patentovat 11. března 1986 aditivní technologii nazvanou Stereolitografie. Firma 3D Systems byla první firmou vyrábějící zařízení pracující s touto technologií. Prvním vyrobeným strojem byl Litography Apparatus SLA - 1, ovšem první veřejně dostupným byl Litography Apparatus SLA – 250, který měl ale vysoké pořizovací náklady (ITNETWORK, 2014).

Na konci 80. let se začaly objevovat podobné technologie. Jednou z těchto technologií je FDM (Fused Deposition Modeling), kterou dodnes využívá firma Stratasys, založená zakladatelem této technologie Scott Crump. V roce 1993 začala moderní historie trojrozměrného tisku - v tomto roce si slavná americká vzdělávací a výzkumná instituce MIT (Massachusetts Institute of Technology) nechala patentovat prostorové tiskové technologie pod názvem 3D Dimensional Printing. Koncept této firmy využíval analogii s inkoustovou technologií běžných tiskáren, přičemž materiál předmětů vznikal s pomocí práškového materiálu a lepidla. V roce 2000 přišla izraelská firma Objet Geometries s technologií PolyJet. Právě plasty se staly spouštěčem novodobého zájmu o 3D tisk.

Ovšem vývoj se nezastavil pouze u plastů. Tiskové hlavy lze upravit a nastavit i pro vosk, sklo, písek nebo kov. V českých podmínkách se touto technologií zabývá např. Josef Průša, který se 3D tisku věnuje od roku 2009 (Kříž, 2014).

1.2 Technologický postup 3D tisku

V první fázi 3D tisku se nejprve přenesou designová šablona předmětu do počítače, kde se na ní následně provedou požadované úpravy. Tyto úpravy se týkají barvy a detailů tvaru. Jakmile je vše upraveno, stačí odeslat příkaz do 3D tiskárny, která výrobek vytiskne. Předmět může vznikat několika způsoby - počet těchto způsobů je dán typem tiskárny. Proces Rapid Prototyping se používá pro výrobu velmi kvalitních modelů, například budov a aut pro architekty a designéry. Díky snadným úpravám tvaru v počítači lze předměty snadno upravovat např. tak, aby byly v rámci možností použitelné lidmi s tělesným postižením – např. problémy s udržení lžice či vidličky lze pomocí 3D tisku minimalizovat nebo alespoň částečně kompenzovat. Díky vysoké přesnosti tisku lze také vyrábět i komplikovanější předměty, které snesou např. extrémní teploty, pnutí a povětrnostní podmínky. Takto vyrobené součástky jsou lehčí a snižují spotřebu letadla či vozidla. Pokud se při výrobě použije přesné množství materiálu, nevznikne odpad, což je přínosné nejen pro životní prostředí, ale i po ekonomické stránce (Rawsthornová, 2014).

Možnosti Rapid Prototypingu z hlediska tvaru výrobku jsou takřka neomezené, je možné vyrábět i složité součástky. Cena výrobku není dána složitostí, ale pouze množstvím spotřebovaného materiálu (Baričák, 2013). Vše začíná s výrobou virtuálního návrhu objektu, který chcete vytvořit. Tento virtuální design vzniká v počítačovém programu CAD souboru pomocí 3D modelovacího programu nebo pomocí skeneru, který převede oskenovaný objekt do 3D digitální kopie. Skener využívá mnoho různých technologií, jakými jsou time-of-flight, structured/modulated light, volumetric scanning a mnoho dalších.

Řada IT firem jako je Microsoft a Google umožnilo jejich hardwaru provést 3D skenování. To je jasné znamení, že smartphony a podobná zařízení budou mít v budoucnu integrovaný 3D skener. Digitalizace objektů do trojrozměrných modelů bude stejně snadná jako

fotografování, například pomocí modelu 3D skeneru HDI 109 3D (viz obrázek 1), (3Dprinting.com, 2016).



Obrázek 1 - 3D skener SENSE

Zdroj: Valeš (2013)

Samotný proces skenování probíhá podobným způsobem jako pořízení panoramatických fotografií běžným digitálním fotoaparátem. Tento 3D skener nemá svůj vlastní display, a proto musí být neustále připojen pomocí kabelu k zařízení se systémem Windows. Toto řešení omezuje mobilitu zařízení, ale přímá komunikace s výkonným počítačem zajišťuje možnost plynulého běhu ovládacího softwaru. Tento skener se používá zejména jako doplněk k 3D tiskárnám Cube a CubeX (Valeš, 2013).

Také společnost 3D Systems rozšířila možnosti použití skeneru iSense (viz obrázek 2). Provedení krytu je výsledkem práce uživatelů portálu Cubify. Je vytištěn na 3D tiskárně a lze je nacvaknout na kryt telefonu. Pomocí aplikace iSense je možné upravovat digitální data pro 3D tisk. Aplikace je dostupná pro platformy Iphone a Ipad bezplatně (Pagáč, 2015).



*Obrázek 2 – iSense
Zdroj: Pagáč (2015)*

1.3 Deset základních principů 3D tisku

Princip první: Volná výrobní složitost. V tradiční výrobě představují komplikované tvary objektů větší náklady na vytvoření. Zhotovení komplikovaného tvaru pomocí 3D tisku nevyžaduje více času, dovedností nebo nákladů na tisk.

Princip druhý: Volná rozmanitost. 3D tiskárna může vytvářet mnoho tvarů. Podobně jako řemeslník, tak i 3D tiskárna může vyrobit pokaždé jiný tvar. Tradiční výrobní stroje jsou mnohem méně všestranné a mohou vytvořit pouze věci v limitované škále tvarů. 3D tisk odstraňuje režijní náklady spojené s přeškolením řemeslníků nebo vylepšováním strojů. 3D tiskárna potřebuje pouze digitální plán a novou dávku surovin.

Princip třetí: Montáž není nutná. V principu je technologie 3D tisku tiskem forem zapadajících do sebe. Současná hromadná výroba je postavena na páteři montážní linky. V moderních továrnách stroje vytvářejí stejné objekty, které jsou později sestavovány roboty nebo pracovníky. Čím více dílů výrobek obsahuje, tím déle trvá montáž. Při 3D tisku je objekt tisknut ve vrstvách, 3D tiskárna proto může tisknout např. dveře a panty zároveň ve stejný čas a není nutná montáž. Tím se zkracují dodavatelské řetězce, šetří peníze, práce a doprava. Kratší dodavatelské řetězce pak méně znečišťují životní prostředí.

Princip čtvrtý: Nulový čas. 3D tiskárna může tisknout objekty při nenadálé potřebě okamžitě. Tato trvalá kapacita pro okamžitou výrobu snižuje potřebu společnosti fyzické inventury zásob. Díky nulovému času na výrobu je rovněž možné minimalizovat náklady na dopravu, pokud jsou vytvořené produkty v blízkosti, kde jsou potřeba.

Princip pátý: Neomezený prostor pro design. Tradiční výrobní technologie i řemeslníci mají pouze malý repertoár tvarů. Kapacita tvořit tvary je omezená tím, jaké nástroje máme k dispozici. Například tradiční soustruh na dřevo může vyrobit pouze kulaté předměty. Lis může vytvořit pouze formy, které se pak vylévají. 3D tiskárna odstraňuje tyto překážky a otevírá obrovské prostory pro design. Tiskárna je schopna vyrobit tvary, které až dosud bylo možné vidět pouze v přírodě.

Princip šestý: Nulové výrobní zkušenosti. Tradiční řemeslníci potřebují několik let na získání zkušeností. Počítačem řízené výrobní stroje snižují potřebu kvalifikované výroby. Nicméně tradiční stroje stále potřebují kvalifikované odborníky pro nastavení a kalibraci. Aby se vytvořil objekt stejné složitosti, 3D tiskárna vyžaduje méně operátorských dovedností než například lis. Nekvalifikovaná výroba otevírá nové obchodní modely a může nabídnout nové způsoby výroby pro lidi ve vzdáleném prostředí nebo v extrémních podmínkách.

Princip sedmý: Kompaktní a přenosná výroba. V objemu produkce má 3D tiskárna větší výrobní kapacitu, než tradiční výrobní stroje. Například vstřikovací stroje mohou vyrobit objekty výrazně menší, než jsou oni sami. V kontrastu s nimi je 3D tiskárna uspořádána tak, že se zařízení tiskárny může volně pohybovat a dokáže vyrobit objekty větší, než je sama tiskárna. Pro vysokou výrobní kapacitu na metr čtvereční je 3D tiskárna ideální pro domácí nebo kancelářské použití, protože nabízí malé fyzické rozměry.

Princip osmý: Méně odpadu. 3D tiskárny vytvářejí méně odpadu, než klasické výrobní techniky. Obrábění kovů je velmi nevhodné. Odhaduje se, že 90 procent kovu se nevyužije. 3D tiskárna je téměř bezodpadová. Výroba na 3D tiskárnách by mohla být z tohoto důvodu výrazně ekologičtější.

Princip devátý: Nekonečné odstíny materiálů. Kombinace různých surovin do jednoho produktu je obtížná pomocí dnešních výrobních strojů. Tradiční stroje krájí, řezou nebo

formují věci do tvaru, ale tyto procesy nemohou míchat různé materiály. Díky multi-materiálovému 3D tisku, je možnost kombinovat různé materiály. Nové, dříve nedostupné směsi materiálu nabízí větší, většinou neprozkoumané, palety materiálů s novými vlastnostmi.

Princip desátý: Přesná fyzická tvorba replik. Digitální hudební soubor může být donekonečna kopírován, bez ztráty kvality zvuku. V budoucnu 3D tisk rozšíří tuto digitální přesnost pro svět fyzických objektů. Budou se moci skenovat, upravovat a kopírovat fyzické objekty k vytvoření nových objektů nebo zlepšení původních originálních objektů.

Některé z uvedených principů platí již dnes, jiné se stanou skutečností v příštích deseti či dvaceti letech tím, že odstraníme známá výrobní omezení (Lipson, 2013).

1.4 Materiály používané při 3D tisku

Tato kapitola představuje materiály používané při 3D tisku a nejčastější používané technologie při trojrozměrném tisku. Týká se to technologií stereolitografie (SLA), selective laser sintering (SLS), fused deposition modelling (FDM) a polyjet.

1.4.1 Metoda Stereolitografie SLA

Model při této metodě vzniká působením ultrafialového laserového paprsku na tekutou fotopolymerickou pryskyřici, která je díky laseru ztvrdována ve vrstvách. Po vytvrzení vrstvy se platforma posune směrem nahoru o tloušťku další vrstvy, která je mezi 0,05 až 0,15 mikromilimetrů. Pokud se vytvářejí složitější modely, je při této metodě zapotřebí budovat dočasné opory, které se po vyhotovení odstraňují manuálně (3D-tisk.cz, 2014b). Protože pryskyřice v kontaktu s vodou nebo vysokou vlhkostí absorbuje vlhko lineárně, jsou SLA stroje udržovány v klimatizovaných místnostech. Mezi výhody stereolitografie patří možnost vytvářet velké modely s dobrými fyzikálními vlastnostmi. Tyto výrobky lze dále obrábět nebo využít jako formy pro vstřikování plastů. Dalšími přednostmi jsou vysoká přesnost, hladký povrch, tvarová stabilita a čiré modely. Při této metodě může také

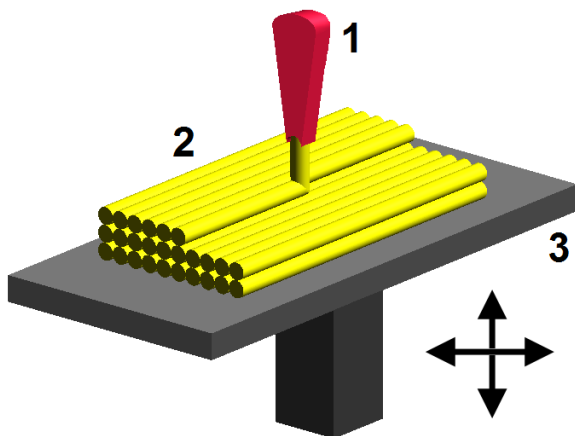
dojít k deformaci dílu, která vzniká zkroucením, objemovým smrštěním, vnitřním pnutím, nabobtnáním nebo změnou vlhkosti a velikosti (Zelený, 2015).

1.4.2 Laser Sintering SLS

Tuto technologii vyvinuli v polovině osmdesátých let na texaské univerzitě v Austinu vědci, kteří založili společnost DTM, zaměřenou právě na výrobu SLS strojů. Výrobek vzniká tavením práškového materiálu. Tím může být plast, kov, keramika nebo sklo, který je po tenkých vrstvách spékán vysoce výkonným laserem. Nejprve se nanese vrstva prášku v celé ploše stavěcí platformy a stroj tento materiál předežře na teplotu blízkou k bodu tání, aby laseru umožnil vyžít veškeré energie ke spečení materiálu. Výhodou tohoto postupu, kdy je model obklopen zbytkovým materiálem je to, že nejsou potřeba dočasné opory. U technologie SLS jsou vyhotoveny výrobky srovnatelných kvalit, jako u konvenční výrobní metody. Na rozdíl od konvenční metody však může vytvářet i velmi složité struktury (3D-tisk.cz, 2014a).

1.4.3 Fused Deposition Modelling (FDM)

Jedná se o velmi moderní technologii výroby prototypových dílů. Díky této technologii je možné vyrobit i nerozebíratelné pohyblivé spojení dvou dílů. Vytisknutí dílů trvá více času a to v závislosti na jejich velikosti a složitosti. Řádově se vytisknutí pohybuje od několika hodin až po desítky hodin. Využitím FDM technologie lze ušetřit až 80 % nákladů na výrobu prototypových dílů. Výroba závisí na velikosti a tvaru dílu (Rapid Prototyping). Tato technologie patří mezi nejčastěji používané při tisknutí trojrozměrného výrobku. Tisk je velmi jednoduchý, protože dokáže vytvářet složitější objekty z roztaveného plastu, který se vytlačuje pomocí trysky (Canessa, 2013). Materiál je navinut na vyměnitelné cívice a dopravován do speciální pohybové hlavy. Zde je nastavován a přes tryšku nanášen v podobě slabého vlákna na vyjímatelnou desku (viz obrázek 3). Tato vlákna se spojují a vytváří tenké vrstvy a staví tak model vrstvu po vrstvě. Pokud to tvar modelu vyžaduje, je v jednotlivých vrstvách nanášen materiál pro stavbu opor (KVS TUL, 2011a).

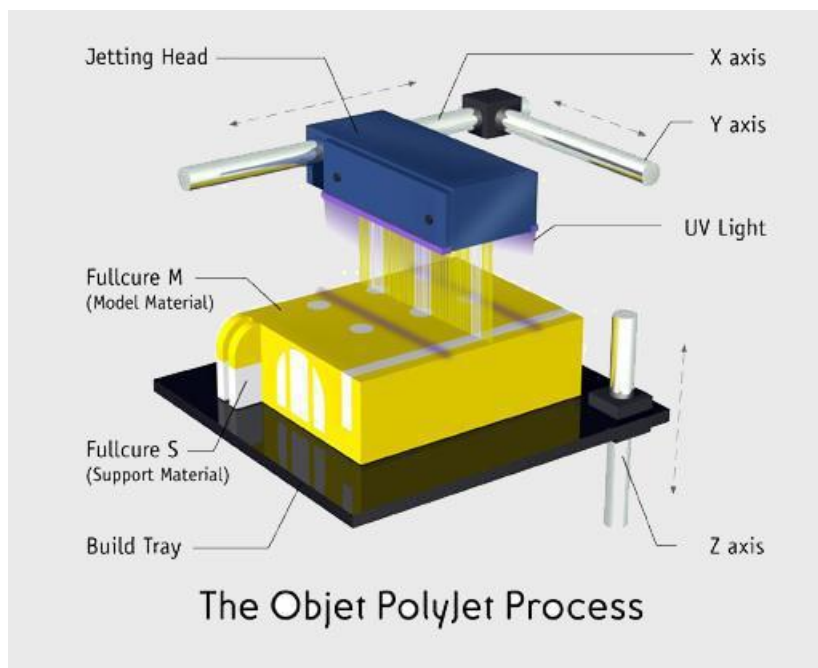


Obrázek 3 - 1 - Tryska nanáší roztavený plast, 2 - nanesený materiál (modelová část), 3 - vyjímatelná deska

Zdroj: 4ISP spol. s.r.o. (2016)

1.4.4 Technologie PolyJet Matrix

PolyJet Matrix je speciální technologie výroby prototypů od firmy Objet, která sídlí v Izraeli. Umožňuje rychlou výrobu vysoce kvalitních a přesných modelů z několika materiálů (materiál podobný pryži nebo čirý pevný materiál, biomateriály). Díky tomuto procesu lze provádět dvoukomponentní tisk, kdy lze tisknout ze dvou materiálů v jednom tiskovém procesu. Výsledkem může být produkt, kde se vyskytuje jak tvrdý či pevný materiál, tak zároveň i pružný materiál podobný pryži. Materiál je v tekuté formě vytlačován přes trysky na pracovní plochu, kde probíhá vytvrzování pod ultrafialovým zářením (viz obrázek 4). Pokud model vyžaduje během tisku oporu, je zároveň nanášen materiál v jednotlivých vrstvách tisku (KS TUL, 2011b).



Obrázek 4 – Proces technologie Polyjet
Zdroj: PROTO3000 Inc. (2013)

1.4.5 Technologie Laminated Object Manufacturing (LOM)

Tato technologie vznikla v Kalifornii v instituci Helisys. Tento proces funguje tak, že každá vrstva je vyříznuta z plastu a plošně přilepena k předchozí vrstvě. Model je po dokončení umístěn v kvádru materiálu o maximálních rozměrech 3D modelu. Velké množství stavebního materiálu je nevyužito. Podpůrný materiál se odstraňuje mechanicky. Výrobky mají velmi kvalitní povrch a jsou velmi přesné (PKmodel, s. r. o., 2016).

2. Využití 3D tisku z pohledu problematiky řízení jakosti

V rámci realizace projektu se předpokládá vytvoření modelů produktů na 3D tiskárně, které budou dále využívány při výuce přednášeného tématu Postup plánování jakosti produktů dle J. M. Jurana. (Nenadál, 2008)

Tento postup lze charakterizovat následující posloupností činností:

1) Určení zákazníků

Cíle jakosti navrhovaného produktu vyplývají z potřeb zákazníků a ze strategických cílů organizace. Pro správné stanovení cílů jakosti produktu je tedy potřeba znát potenciální zákazníky, abychom mohli zjistit jejich skutečné potřeby. V případě využití 3D tisku lze u nabízeného produktu upravit design tak, aby mohlo být vytvořeno několika variant, přičemž každá si najde svého zákazníka.

2) Zjištění potřeb zákazníků

Pro zjištění potřeb zákazníků je vhodné využít, co nejširší spektrum možných zdrojů informací. Významnými zdroji informací mohou být například zprávy z průzkumu trhu, přímá interview se zákazníky, zprávy z návštěv obchodníků, servisní zprávy apod. Vytvoření fyzické podoby 3D modelu umožňuje zákazníkovi přesně vyspecifikovat své požadavky na daný finální produkt.

3) Překlad potřeb zákazníků do řeči výrobce

Zákazník, zejména koncový uživatel, své potřeby často neformuluje v technických specifikacích, ale ve své řeči. Úkolem výrobce je transformovat tyto potřeby do konkrétních technických specifikací. Vhodným nástrojem k této transformaci je metoda QFD nebo právě využití modelů z 3D tiskáren.

4) Stanovení měřitelných parametrů

Technické specifikace produktu jsou nejlépe vyjádřeny hodnotami měřitelných parametrů. Pokud bude model z 3D tiskárny sloužit jako etalon pro přeměřování výrobků, technické specifikace se vyspecifikují rychleji a precizněji, než při tradičních postupech.

5) Zavedení měření

Pokud jsou potřeby zákazníka transformovány do měřitelných parametrů produktu, musí být výrobce schopen tato příslušná měření provádět nebo zajistit. V rámci technologie 3D tisku je možné vytvořit mimo jiné i přípravky na měření, které umožňují výrobcí příslušná měření realizovat, aniž by musel investovat do drahých měřících přípravků.

6) Vývoj produktu

V této fázi plánování jakosti se vyvíjí produkt odpovídající potřebám zákazníků. Kromě potřeb zákazníků je při vývoji produktů nezbytné zohledňovat některé další aspekty jako jsou strategické záměry organizace, zájmy dalších zainteresovaných stran, údaje o úrovni vědy a techniky, informace o potenciálních zdrojích a možnostech organizace, omezující faktory (např. platná legislativa) apod. Využití 3D modelů hraje velkou roli v rámci procesu odhalení a odstraňování chyb přímo na vyvíjeném modelu produktu. Další výhodou v této fázi je, že nemusí být využito např. dynamické simulace či dalších náročnějších postupů.

7) Optimalizace návrhu produktu

Za optimální je obvykle považován návrh, u něhož jsou stejnou měrou uspokojeny potřeby zákazníka i výrobce a minimalizovány jejich kombinované náklady. Důležitými nástroji optimalizace navrhovaného produktu je například přezkoumání návrhu a analýza možností vzniku vad a jejich následků (FMEA návrhu produktu). Reálné vyzkoušení produktů v podobě modelů ze 3D tiskárny umožňuje jejich úpravu po testování ještě předtím, než produkt přejde do sériové výroby. Z praktických zkušeností je znám případ, kdy měli vojáci v terénu možnost vyzkoušet vybavení (ve formě 3D modelu). Toto vybavení se ukázalo být jako nevhodné a mohlo být upraveno dle požadavků ještě předtím, než se

začalo vyrábět sériově. To v rámci této konkrétní zakázky ušetřilo nemalé finanční prostředky.

8) Vývoj procesu

Již vývoj produktu by měl probíhat za účasti technologů. Cílem této účasti je v dostatečném předstihu posoudit možnosti technologie ve vztahu k navrhovanému produktu. Nedílnou součástí vývoje procesu je i návrh systému kontroly a řízení procesu. V tomto ohledu je možné využít 3D modely např. na montážích, kde fyzický model umožňuje vyzkoušet jednotlivé technologické postupy a varianty.

9) Optimalizace a prokázání způsobilosti procesu

Optimalizace návrhu procesu využívá podobných metod jako optimalizace návrhu produktu (přezkoumání návrhu, FMEA procesu apod.). Důležitou součástí ověřování vhodnosti procesu je analýza jeho způsobilosti, jež charakterizuje schopnost procesu trvale poskytovat produkty splňující požadovaná kritéria jakosti. Konkrétně při výuce předmětů spojených s řízením kvality může být velký potenciál spatřován při demonstraci modelů z 3D tiskáren, na kterých si studenti mohou jednotlivé metody hodnocení způsobilosti vyzkoušet.

10) Převod procesu do výrobních instrukcí

Jsou zpracovány výrobní instrukce a optimální návrh výrobního procesu je zaváděn do provozního užívání. V případě montážního procesu lze v průmyslové praxi využívat stavebnice ze 3D modelů, která představuje návrh připravovaného pracoviště, což umožňuje sledování reálných toků ve výrobě a přípravu výrobních návodů jednotlivých operací (Nenadál, 2008).

3. Využití Rapid Prototypingu při konstrukci výrobků

Tvorba prototypů je cesta k modelování či testování nového či upraveného výrobku a nástrojem pro zpětnou vazbu od celého týmu, který na výrobku prototypu pracuje. Prototyp je vzorek či model, který je vytvářen k tomu, aby se mohl otestovat nový koncept a dozvědět se informace pro následné procesy. Prototypy se vytvářejí z následujících důvodů:

- získání informací o funkcionalitě a kompatibilitě dílů,
- snížení rizika pro zvýšení nákladů, díky možnosti otestovat prototyp,
- zlepšení komunikace uvnitř inovačního týmu,
- zlepšení komunikace inovačního týmu s managementem, investory i zákazníky,
- skutečnost, že prototyp vykonává funkce s požadovanými výstupy.

Prototyp je často i podmínkou pro schválení dalšího pokračování projektu. Existují následující typy prototypů:

- Testovací prototyp – jedná se o funkční modely, kterými lze ukázat, jak bude výrobek fungovat. Tento model má ověřit, zda jsou funkční předpoklady správné. Funkční model je často bez měřítka.
- Prototypové řady – jedná se o model v měřítku 1:1 s parametry nového výrobků. Modely slouží k provedení rozměrové a funkční analýzy.
- Reprezentační prototypy – modely používané k tomu, jak bude budoucí výrobek dodáván z výrobního procesu.
- Předvýrobní prototyp – je to nejdražší prototyp, jehož díly jsou vyráběny přímo na výrobních technologiích.

3.1 Vytváření prototypů při inovaci technických výrobků

Fyzické prototypy jsou většinou vyrobeny z náhradního materiálu. Mají význam pro identifikaci nepředvídatelného fenoménu a poskytují informace týmu, který pracuje na výrobku o budoucích rizicích spojených s funkčností výrobků. Díky fyzickým prototypům je větší možnost experimentovat s výrobky v podmínkách, ve kterých působí všechny fyzikální zákony i vlivy okolí, jako je světlo, teplota a vlhkost. Testování je využíváno společně se simulací, která slouží pro kalibrování výsledků. Výroba fyzických prototypů je úzkým místem inovačního procesu a prodlužuje inovační proces. Proto jsou fyzické prototypy nahrazovány prototypy digitálními. Digitální prototypy dávají možnost vizualizovat a simulovat navržené výrobky. Softwarová podpora redukuje náklady a zrychluje uvedení inovovaných výrobků na trh. Digitální prototyping nesmí být zaměňován s 3D konstruováním. Digitální prototyping ve formě 3D-modelů umožňuje:

- simulaci pohybu součástí,
- ověření, zda nedochází k poruše,
- analyzovat interakci součástí s pneumatickým subsystémem.

Nejvyšší formou jsou virtuální prototypy. Tímto prototypem je počítačová simulace fyzického produktu, který může být testován ze všech podstatných aspektů životního cyklu stejně jako fyzický prototyp. Výkres součásti vygenerovaný v CAD nebo načtený scannerem je transformován do daného formátu a nahrán do výrobního zařízení, které tuto součást vyrobí. Díky tomu je celý proces kratší. Mezi hlavní výhody Rapid Prototypingu patří:

- součásti mohou mít libovolnou geometrii,
- výroba prototypu včetně přípravy je převážně automatická,
- výroba prototypů je ve srovnání s konvenčními metodami rychlejší a levnější (Mašín, 2015).

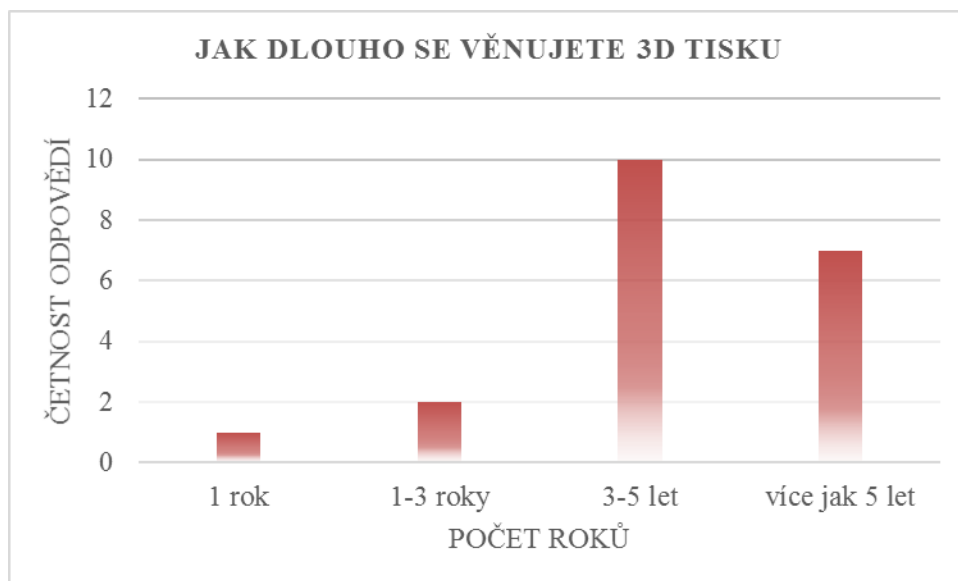
4. Vyhodnocení ankety Využití technologie 3D tisku v podnicích ČR

Cílem této ankety bylo zmapovat situaci v České republice ohledně 3D tisku. Sběr dat byl realizován anketou sestavenou pomocí webové stránky survio.com. Plné znění ankety je doloženo v příloze A.

Zpracovaná anketa byla rozeslána firmám, které se věnují 3D tisku na zakázku. K vyplnění ankety, která obsahovala 14 otázek, bylo zapotřebí 2-5 minut času.

Anketa byla rozeslána do 38 firem pomocí e-mailové komunikace, z nichž vyplnilo dotazník 20 firem. U dílčích otázek se počet respondentů liší, protože byla možnost výběru z více variant.

Otázka číslo 1 zjišťovala, jak dlouho se firmy věnují 3D tisku. Firmy nejčastěji, a to v 50 % odpovídaly, že se 3D tisku věnují 3-5 let. 35 % odpovědělo, že se tisku věnuje již více jak 5 let (viz obrázek 5). Toto zjištění dokazuje, že již dříve, když tato technologie 3D tisku nebyla tolik známá tak jako dnes, se již využívala k tisku na zakázku. 3D tisk v tuto chvíli zažívá největší rozkvět, ale bude ještě dlouho trvat, než se dostane tato technologie do běžného provozu.

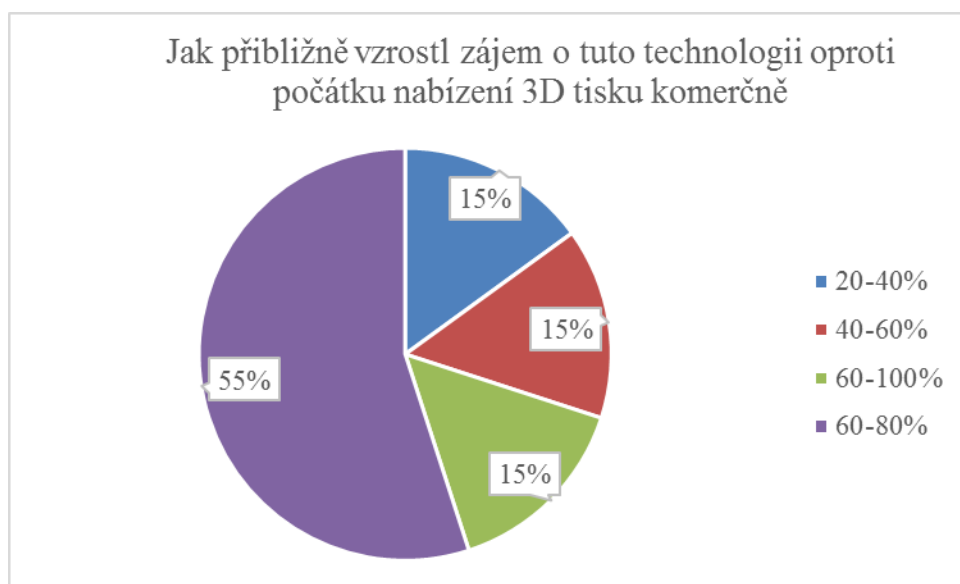


Obrázek 5 - Jak dlouho se firmy věnují 3D tisku
Zdroj: Vlastní

Druhá otázka mapovala výrobce 3D tiskáren, které firmy vlastní. Mezi nejčastější značky tiskáren patří se 40 % značka 3D Systém. Do popředí se také dostala tiskárna Průša. Tato tiskárna je velmi rozšířená i proto, že se jedná o českou tiskárnu od Josefa Průši, který - jak bylo zmíněno v rešeršní části této práce - patří mezi průkopníky 3D tisku v České republice. Tuto tiskárnu lze zakoupit i jako stavebnici, kterou lze podle detailního návodu poté složit. Díky této technologii lze snadno vytisknout 3D objekty i v domácích podmínkách. Cena této tiskárny se pohybuje kolem 17 000 Kč. Firmy dále uváděly značky tiskáren, jako jsou: Stratasys, 3Dfactories, EOS a Ultimaker.

Třetí otázka je spojená s otázkou předchozí. V této otázce se daly jednotlivé odpovědi kombinovat, protože firmy obvykle nevlastní pouze jednu tiskárnu. Tiskárny, které firmy vlastní, tisknou speciálními technologiemi 3D tisku. Nejrozšířenější technologií je FDM. Firmy tuto metodu používají v 95 %. Druhou nejčastější metodou tisku je stereolitografie a to v 50 %. Používají se i další technologie, ovšem spíše výjimečně – tyto technologie jsou popsány v teoretické části této práce, patří mezi ně Selective Laser Sintering, Direct Metal Laser Sintering, Multi Jet Modeling, ColorJet Printing a také Digital Laser Printing. Poslední jmenovaná technologie pracuje na stejném principu jako Stereolitografie.

Čtvrtá otázka byla z pohledu ankety nejdůležitější. Otázka zjišťovala, jak se zvýšil zájem o tuto technologii od počátku komerčního tisku. Předpokládané odhady se pohybovaly okolo 40 %. Odpovědi byly rozděleny nejčastěji do intervalů po 20 %. Díky této otázce bylo zjištěno, že zájem o tuto technologii opravdu roste a bude růst. Nejvíce firmy odpovídaly, že se zájem zvýšil od počátku o 60 - 80 % (viz obrázek 6). 3D tisk si za posledních přibližně 5 let získal na oblibě. Díky konzultaci ve firmě Makerslab, si ale lidé, kteří chtějí zkusit 3D tisk, představují tuto technologii velice zjednodušeně. Příkladem bylo ozubené kolo z motoru, které přinesl zákazník a chtěl toto kolečko vytisknout na zakázku. Představa byla, že si za hodinu a půl přijde pro hotový vytištěný výrobek. Bohužel se mu dostalo odpovědi, že pouze vymodelování této součástky v počítači zabere minimálně hodinu a poté tisk trvá okolo dvou hodin. Technologie opravdu není tak jednoduchá, jak vypadá. Nesložitější je součástku vymodelovat v počítači a ani samotný tisk není nijak závratně rychlý. Tato technologie se však stále vyvíjí a dá se předpokládat, že se tyto „problémy“ se brzy vyřeší a 3D tisk bude jednou z nejvyužívanějších a nejrychlejších metod.



Obrázek 6 - Jak přibližně vzrostl zájem o tuto technologii oproti počátku nabízení 3D tisku komerčně
Zdroj: Vlastní

Za jakým účelem jsou nejčastěji oslovovány firmy, které se zabývají tiskem na zakázku? To byla další otázka, která v anketě zazněla. Nejvíce firem, které si nechávají tisknout objekty na zakázku, žádá tisk prototypu, protože prototypy lze tisknout rychleji, než je vyrábět. Tato odpověď se objevila v 95 % odpovědí. Po konzultaci s firmou Makerslab, bylo jasné, proč firmy takto odpovídají. 3D tisk prototypu není výrazně levnější v porovnání s výrobou prototypu pomocí stroje, ovšem firmy volí 3D tisk kvůli výrazně kratšímu času výroby. Zákazníci využívají 3D tisk i pro marketing a také demonstrativní ukázky na výstavy a veletrhy. Nejčastěji si tisk na zakázku objednávají malé podniky s počtem zaměstnanců do 50 osob v poměru 90 % a také střední podniky s počtem zaměstnanců do 250 osob v poměru 70 %. Tiskne se ale také i pro mikropodniky a velké podniky. Firmy, které odpovídaly na anketu, mají nejčastěji stálé zákazníky a to ve 14 případech z 20. Jak je vidět, tak zákazníci, kteří již vyzkoušeli tuto technologii, se k ní rádi vracejí a mají dobré zkušenosti s výrobky z 3D tiskárny. V šesti případech si lidé pouze jdou vyzkoušet pouze tuto technologii, například v tisku naskenovaného vlastního obličeje, který pak mohou darovat jako dárek. Poté se tito zákazníci už nevrátí.

Další otázka je zaměřena na průmysl, pro který firmy nejvíce tisknou. Největší zájem o 3D tisk je v automobilovém a elektrotechnickém průmyslu a to shodně po 75 %. V těchto průmyslech se nejvíce tisknou právě prototypy, na kterých lze provádět různé pokusy. Mezi další průmyslová odvětví, pro která firmy tisknou, patří také stavební průmysl, dopravní průmysl, letecký průmysl a z větší části také obory zabývající se automatizací a robotizací. Zastoupen je také energetický, sklářský, spotřební a farmaceutický průmysl. Průměrná cena objednávky se nejčastěji pohybuje do 2 500 Kč ve 47,4 %. Druhá nejčastější zakázka se pohybuje v intervalu 2 500 – 7 000 Kč. Ve dvou případech, kdy firmy tisknou pro velké podniky je cena zakázky přes 20 000 Kč.

Firmy jsou někdy omezeny velikostí tiskové plochy nejčastěji 200*200*200 milimetrů. Ostatní odpovědi jsou uvedeny v příloze A. Firmy ale také často uváděly, že lze vytisknout prakticky cokoli. Součástky se vytisknout samostatně a poté se slepí, z čehož vznikne větší výrobek, než který je možno vytisknout najednou. Poslední „povinnou“ otázkou byla otázka na tisk pro zahraniční klientelu. Ve 14 případech firmy pro zahraniční klienty netisknou, ale 5 firem v anketě uvedlo, že mají i zahraniční zakázky.

5. Využití technologie 3D tisku ve vybraných podnicích

Katedra výrobních systémů a automatizace FS TUL má dlouholeté (od roku 2001) zkušenosti se spoluprací s průmyslem v oblasti uplatnění technologií 3D tisku pro vývoj a testování nových produktů. Následující ukázky demonstrují možnosti této technologie pro urychlení vlastního vývoje a odhalení případných konstrukčních chyb dříve než se započne reálná výroba. To umožní zkvalitnit vlastní produkt. Případové studie byly zpracovány z podkladů Ing. Petra Zeleného, Ph.D.

5.1 Vývoj nového typu osobní filtrační jednotky

Pro firmu zabývající se vývojem osobních filtračních jednotek a prostředků (filtrační jednotky, masky, ventilátory) naše pracoviště vyrábělo technologií FDM (stroj Dimension 768sst, firma Stratasys) celou řadu dílů pro nové typy filtračních jednotek. Mezi nimi byla i jednotka využívaná armádou - jejich chemickou jednotkou. Sada vytištěných dílů (viz obrázku 7), ze kterých byla následně jednotka sestavena a doplněna elektronikou a dalšími standardními díly. Vznikl tak prototyp plně funkční filtrační jednotky.



*Obrázek 7 - Sada vytištěných dílů filtrační jednotky
Zdroj: Zelený (2015)*

Samotným sestavením jednotky se ověřila smontovatelnost a vzájemná kompatibilita dílů nově navržených a standardních dílů. To je jeden přínos. Dále se testovala samotná funkčnost zařízení (viz obrázek 8).



*Obrázek 8- Sestavená filtrační jednotka
Zdroj: Zelený (2015)*

Smontovaná a funkční jednotka se následně dodala k reálným testům přímo armádě. Toto testování nelze nahradit žádnou virtuální simulací. Od armády přišlo po otestování několik připomínek. Např. vojákům nešel otevírat kryt baterie pro výměnu zdroje, když měli oblečené speciální rukavice. Dále se jim špatně ovládala tlačítka u displeje pro zobrazování stavu baterie či filtrů. Všechny připomínky se následně promítly do úprav konstrukce a vytiskly se nové díly. Jednotka se sestavila a opět dala k otestování. Testování se provádělo do té doby, než došlo k dokonalému vyladění návrhů a konečný produkt se mohl dát do výroby.

Tímto procesem se urychlil vývoj a odhalením poměrně zásadních chyb v konstrukci se zabránilo případným následným problémům se změnou výroby či ohrožením lidí na životě při užívání.

5.2 Vývoj masky pro svářeče

Dalším sledovaným projektem byla výroba prototypových dílů ochranné masky pro svářeče pracující v uzavřených prostorách. Masku má plnit současně funkci ochranné helmy, zajišťovat přívod čerstvého vzduchu a ochranu zraku před zářením během svařování. Jedná se tedy o poměrně komplikovanou záležitost, která shrnuje několika funkcí do jednoho celku (viz obrázek 9). Během vývoje se odhalily problémy hned na počátku. Bylo zjištěno, že jednotlivé díly nepůjdou smontovat dohromady tak, jak bylo původně zamýšleno. Musela být provedena úprava konstrukce. Po úspěšné úpravě a montáži, byla pak maska-helma podrobena testování na speciální testovací figuríně, kde se testovala těsnost kolem obličeje. Na závěr byla maska-helma testována i rázovou zkouškou pro odolnost vůči padajícím předmětům. A v těchto testech dokonce obstojně obstála, přestože tyto testy nejsou moc relevantní, neboť finální produkt bude vyráběn jinou technologií a z jiného materiálu s odlišnými technickými parametry.



*Obrázek 9- Prototyp ochranné masky
Zdroj: Zelený (2015)*

5.3 Výroba modelu pro přípravu kontrolního pracoviště

Možnosti uplatnění vytištěných 3D dílů jsou široké. Jednou z možností je získat rychle fyzický díl, kde nezáleží, z jakého materiálu bude vyroben, ani na jeho dokonalé přesnosti. Důležité je získat fyzický díl dříve než bude k dispozici skutečný díl z výroby. K tomu stačí pouze mít virtuální 3D data a z nich lze daný díl přímo vytisknout.

Tento postup využití byl uplatněn ve spolupráci s firmou vyrábějící vstřikované výrobky z plastů s plastovými a kovovými základy (viz obrázek 10). Pro firmu bylo důležité získat model vyjadřující obálku skutečného dílu.



*Obrázek 10- Díl s konektory
Zdroj: Zelený (2015)*

Díl byl vytištěn na základě 3D dat včetně kovových konektorů, které byly ovšem ve vytištěném modelu nahrazeny tímž plastem, ze kterého byl vyroben celý díl. Pracovníci kontroly pak použili vytištěný díl pro naprogramování 3D měřicího zařízení. Měřicí zařízení tak bylo připraveno kontrolovat přesnost vyráběných dílů ještě dříve, než byl k dispozici první reálný výrobek. To umožnilo urychlit celý proces kontroly vyráběných dílů. Pracovníci kontroly měli také více času vyladit postup kontroly, tak aby byl co možná nejkratší.

5.4 Případová studie Rambol Group

Firma Rambol Group vyrábí mosty, staví komunikace a poskytuje v této oblasti veřejné služby, včetně konzultací z oboru základní infrastruktury, telekomunikací, výstavby a energií v celosvětovém měřítku. Firma čelila silné konkurenci, přesto bylo nezbytné, aby poskytovala kvalitní služby, které pak na základě nákresů a animací svým klientům prezentovala. Firma byla nucena hledat jiná alternativní a nevšední řešení a našla je v plnobarevném 3D tisku. Po dlouhém rozhodování se firma rozhodla, že svou konkurenční výhodu bude hledat v 3D tiskárně s podmínkou plné barevnosti vytištěných modelů. Společnost pořídila model 3D tiskárny Spectrum Z 510 od společnosti Zcorporation. Tato tiskárna představuje plnobarevnou tiskárnu s vysokým rozlišením, produkuje velmi rychle plnobarevné 3D modely a v mnoha případech, podstatně levněji než umožňuje tradiční manuální výroba. Díky velmi jemným detailům barev, dokázala firma mnohem lépe prezentovat své nákresy a vize. Tato technologie společnosti výrazně pomohla při tvoření náročných inženýrských projektů infrastruktury.

Technologie plnobarevného 3D tisku získala společnosti Ramboll získat nové zakázky. Po zavedení 3D tisku do firmy se Ramboll účastnil výběrového řízení na stavbu mostu v Dánsku. Společnost byla schopna zachytit detailně speciální tvar podpěrného pilíře, který zabere podstatně méně prostoru a materiálu, oproti tradičním vertikálním pilířům. Firma je nyní schopna přesvědčivě prezentovat své vize v plných a živých barvách. Zachycení detailů jednoznačně zvýšilo profesionalitu firmy a její postavení na trhu. Díky 3D tisku společnost naopak snížila své náklady, což dokládá projekt dvanáctipodlažní budovy, pro který bylo potřeba vytvořit model. Pro jeho výrobu byla opět zvolena technologie 3D tisku. Bylo zjištěno, že samostatný 3D výtisk stál o 2/3 méně, než kolik by firma musela zaplatit modelářům pracujícím klasickou technikou. V jiném případě firma potřebovala zachytit krajinu v okolí čtvrti Orestad v Kodani. 3D model poskytl architektovi přesnou představu o krajině v okolí předmětné čtvrti (Digis, spol. s. r. o., 2016b).

5.5 Případová studie Black and Decker

Firma Black and Decker vyrábí kvalitní nářadí, příslušenství, bezpečnostní systémy a technické vybavení pro domácnosti, elektrické sekačky a zahradní techniku. Díky 3D tisku součástí se zvýšila rychlost produkce a také se snížily náklady. Firma byla jedna z prvních, která se začala o technologii 3D tisku zajímat. Po dlouhém hledání se firma rozhodla pro model 3D tiskárny Zprinter 310 Plus od společnosti Zcorporation. Důvody, proč se rozhodly pro tento systém byly vysoká rychlost tisku, příznivá pořizovací cena, nízká nákladovost provozu a snadnost obsluhy. Investice do tohoto systému přinesla firmě zkrácení designerského cyklu, vylepšenou estetičnost a ergonomii produktu. Nyní společnost produkuje více konceptů s menšími náklady, 3D tisk umožňuje designérům optimalizovat proces vývoje produktu, což ve výsledku znamená vyšší kvalitu výrobků. Společnost vytiskla pouzdro pro bezpečnostní senzor (viz obrázek 11), (Digis, spol. s. r. o., 2016a).



*Obrázek 11- Pouzdro pro bezpečností senzor
Zdroj: Digis, spol. s. r. o.*

5.6 Opel používá 3D tisk pro výrobu montážních přípravků

Výrobky z 3D tiskáren jsou používány i jako montážní prvky. Právě automobilka Opel používá 3D tisk pro výrobu přípravků čím dál častěji. Výrobky se tisknou v továrně v Rüsselsheimu a posílají se do všech výrobních závodů automobilky.

V továrně Risenachu se zavádějí tyto pomůcky do výroby speciální edice vozu Adam Rocks. Jedná se o přípravky, s jejichž pomocí se na výrobní lince umísťují jednotlivé části vozu. Celkově je na tomto vozu použito kolem čtyřiceti nástrojů vytisknutých na 3D tiskárnách.

Velkou výhodou je možnost flexibilně reagovat na změny designu vozidla. Návrhy konstruktéři upraví ve 3D CAD modelu velice jednoduše. Opel používá technologii FDM, která v tomto případě produkuje modely z plastu. Díky 3D tisku firma snížila náklady na výrobu těchto přípravků o 90 % a přípravky jsou o více než 70 % lehčí, než dříve. Firma používá tyto přípravky také u modelu Insignia, Cascada a připravuje se také rozšíření do typu Corsa, Vivaro a Mokka. Mírou využití 3D tiskáren Opel vyniká nad ostatními značky ve skupině General Motors (Homola, 2014).

6. Přínosy využití technologie Rapid Prototyping v oblasti řízení kvality

Největším přínosem pro podnik jsou neomezené možnosti tisku. Na 3D tiskárně lze vytisknout prakticky cokoli, přitom podniky stále ještě nemají reálný přehled o tom, jak opravdu 3D tisk funguje. Firmy se musí naučit pracovat s návrhem výrobku tak, aby využily všechny výhody technologie 3D tisku, podstatné je především naučit konstruktéry pracovat jinak se samotným návrhem a teprve poté s tiskem jednotlivé součástky. Při konstrukci výrobku na 3D tiskárně již není potřeba myslet na omezení, která přináší tradiční výrobní technologie, nemusí se řešit upnutí výrobku do stroje či lití do forem. Mezi firmy, které používají tuto technologii jako nedílnou součást svého výrobního procesu, patří největší česká automobilka Škoda Auto. Právě tato firma má využití 3D tisku jako jednu z důležitých strategií do budoucna. Očekává se, že nastane doba, kdy si zákazník bude moci objednat svůj automobil na zakázku se speciálními součástkami, které se přímo na lince vyrobí pomocí 3D tiskárny. Mezi tyto součástky patří na míru vyrobená řadicí páka nebo volant. Použití technologie 3D tisku už není jen součástí vývoje, ale figuruje i přímo ve výrobě. Pro podniky již dnes není revoluční tisk z plastu pomocí metody FDM, ale revolucí je dostupnost 3D tisku z kovového prášku pro výrobu součástek z plnohodnotného kovu.

Mezi firmy, které již v současnosti používají 3D tisk při vývoji každého svého výrobku je TESCO. Tato společnost patří k průkopníkům praktického využití 3D tisku v České republice. První 3D tiskárnu si firma pořídila již před patnácti lety a to tiskárnu Stratasys Prodigy. Díky schopnosti vytvářet modely v kratším čase nahradil 3D tisk tradiční CNC obrábění. V současnosti firma nemá jediný výrobek, který by za sebou neměl vývoj v podobě mnoha testovacích prototypů vyrobených na 3D tiskárně. FDM modely v Tescomě použili i jako matrice pro výrobu forem výrobků z keramiky a porcelánu. Firma v současnosti vlastní zařízení Stratasys Fortus 400mc, Dimension Elite, Uprint Plus a tiskárny Objet Eden a Connex 500 s technologií PolyJet, která umožňuje tisk materiálů od tvrdých po elastické. Tescoma vlastní také tiskárnu Uprint Plus, díky které může tisknout produkty na cestách.

Tento typ tiskárny se díky malým rozměrům stala skvělým pomocníkem při pracovních pobytech zaměstnanců v zahraničí. Celková doba vývoje produktu od nápadu po vyjmutí kusu zabere přibližně 6 měsíců až 1 rok. Díky využití 3D technologií, umožňujících velmi rychlé reakce na jakékoliv změny, je Tescoma schopna produkovat ročně až tři sta novinek (Homola, 2015).

V již zmíněných případových studiích se 3D tisk uchytil právě díky snížení hmotnosti a snížení nákladů. V případové studii, která popisuje vývoj nového typu osobní filtrační jednotky, je zřejmý přínos v urychlení vývoje této filtrační jednotky. V případě výroby modelu pro přípravu kontrolního pracoviště, měli zaměstnanci díky dílu vytištěnému na 3D tiskárně možnost použít rozměrově identický díl pro naprogramování 3D měřicího zařízení ještě předtím, než byl k dispozici první reálný výrobek. V případové studii společnosti Rambol Group potřebovala tato firma vytisknout model dvanácti podlažní budovy. Díky 3D tisku firma ušetřila dvě třetiny nákladů oproti klasickému postupu, kdy model vyrábí modeláři. Firma Black and Decker díky tisku součástek pomocí 3D tiskárny zvýšila rychlost produkce a snížila náklady na výrobu. Investice firmy do 3D tiskárny přinesla této firmě zkrácení designerského cyklu, vylepšenou estetičnost a ergonomii produktu. Další firmou, která využívá 3D tisk, je firma Opel. Tato firma tiskne 3D součástky v továrně v Rüsselsheimu a posílá je do všech svých ostatních závodů. Díly ze 3D tiskárny se používají při výrobě speciální edice vozu Adam Rocks. Firma používá technologii FDM, která produkuje modely z plastu. Díky 3D tisku Opel snížil náklady na výrobu těchto přípravků o 90 % a tyto výrobky jsou o více než 70 % lehčí než originální výrobky.

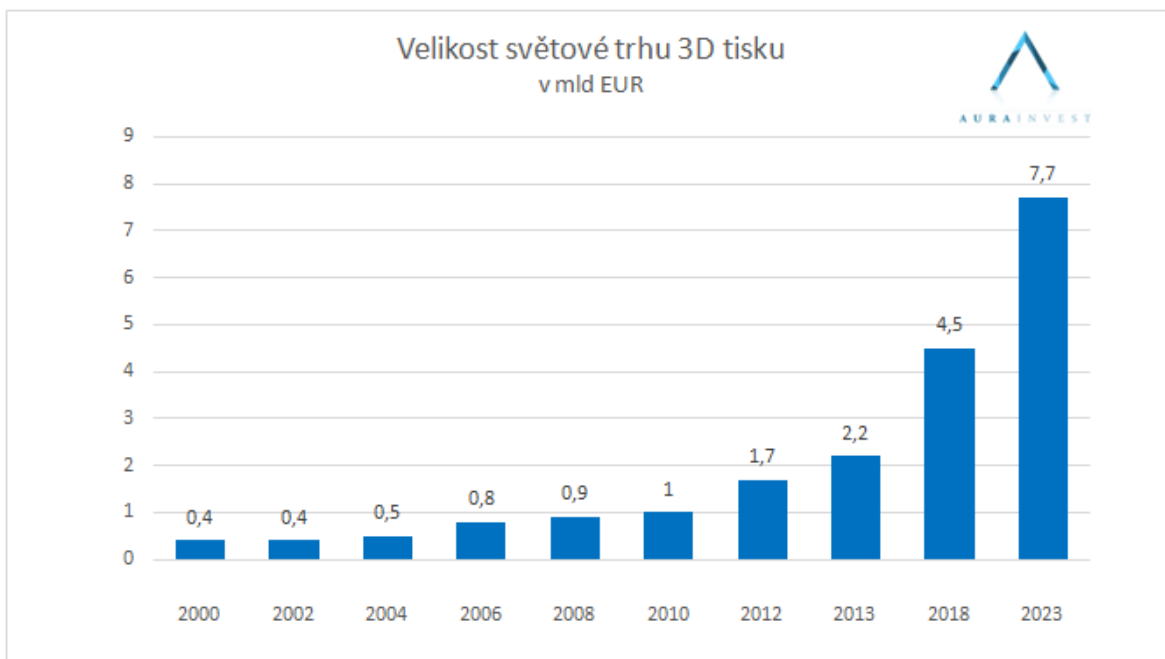
Významným odvětvím průmyslu, které moderní technologii 3D tisku používá, je letecký průmysl, ve kterém díky rozmachu 3D tisku dochází k výrazným úsporám. Vzhledem k tomu, že letecké přepravy využívá čím dál tím více osob, roste konkurence a letecké společnosti hledají způsoby, jak na přepravě ušetřit. Vědci v Notrhwesternské univerzitě prokázali, že součástky do letadla, které se vyrobí právě pomocí 3D tisku, mohou snížit svou hmotnost až o 7 %. Díky tomu také sníží dopad na životní prostředí, protože se uspoří velká část odpadu, kterou jinak představuje hliník, titan či nikl. Aby mohla být vyrobena součástka o hmotnosti 1 kg, musí být použito téměř 10 kg surového materiálu, který se postupně opracuje a generuje odpad. 3D tiskem lze u takovéto součástky dosáhnout

redukce hmotnosti z původního 1 kilogramu na 300 gramů. Takto snížená hmotnost o již dříve zmiňovaných 7 % je na letadle, které váží několik tun, významný úbytek a rozhodně se projeví na spotřebě paliva, na tomto konkrétním příkladu až o 6,4 %. Mezi největší letecké firmy, které využívají 3D tisk k výrobě součástí, patří firma Airbus, která spolupracuje s firmou Stratasys. Airbus A350 je letadlo, které obsahuje na tisícovku dílů vyráběných na 3D tiskárnách (viz obrázek 12), (Naviga 4, 2016).



Obrázek 12 - Airbus A350 XWB
Zdroj: Seatmaestro (2016)

Velikost trhu a jeho prognózu zobrazuje graf níže (viz obrázek 13). Odhaduje se, že 3D tisk dokáže zkrátit dobu vývoje výrobku o více než polovinu a redukuje mzdové náklady až o 80 % (Subotič, 2015).



Obrázek 13 - Velikost světového trhu 3D tisku
Zdroj: Subotič (2015)

Velké firmy, které se zabývají 3D tiskem, vstoupily i na trh s cennými papíry. Tyto firmy v oboru rostou o desítky procent, ale jejich akcie za poslední rok naopak výrazně ztratily:

- Stratasys (SSYS): -69,81 %
- 3D Systems (DDD): -65,23 %
- Voxeljet (VJET): -47,89 %
- Materialise (MTLS): -14,72 %

Důvodem je především zklamání z tempa (ne)dobývání domácností. Očekávání zkrátka byla příliš vysoká a nerealistická. Laici i investoři měli představu, že bude možné jednoduše tisknout cokoliv. To se nepotvrdilo. Výprodej akcií nastal na začátku roku 2015 díky tomu, že firma Stratasys oznámila, že prodej domácích tiskáren MakerBot zůstanou za očekáváním (Černý, 2015).

Závěr

Předmětem této bakalářské práce je představení technologie 3D tisku a získání relevantních poznatků o tom, jak je tato technologie aktuálně využívána v českých podmínkách. V rámci práce byla vytvořena anketa, která vyhodnocuje zájem a zkušenost vybraných českých podniků s touto technologií.

Rešeršní část popisuje historický vývoj 3D tisku a technologický postup při jejím využití. V úvodní části je také uvedeno deset základních principů 3D tisku. Současně jsou představeny materiály, které se dají použít k tisku výrobků. Mezi nejčastěji používané patří metoda Fused Deposition Model. Třetí kapitola popisuje, jak se Rapid Prototyping využívá při konstrukci výrobků.

Analytická část práce se zabývá hlavně případovými studiemi, ve kterých se zcela jednoznačně projevil kladný přínos využití technologie 3D tisku. Patří mezi ně například vývoj nového typu osobní filtrační jednotky a vývoj masky pro svářeče. Čtvrtá kapitola této práce se věnuje vyhodnocení ankety, kterou bylo osloveno 38 českých firem, které nabízejí 3D tisk na zakázku.

Ze získaných odpovědí jasně plyne, že zájem o technologii 3D tisku neustále roste. Tato technologie stále více dostává do popředí zájmu českých podniků, firem a společností a dá se velmi reálně očekávat, že v budoucnu se bude 3D tisk využívat mnohem častěji než v současnosti. Mezi významné zjištěné přínosy Rapid Prototypingu patří zejména zkrácení designerského cyklu, vylepšená estetičnost a ergonomie produktu a v konečném důsledku i úspora nákladů na vývoj a výrobu produktu. Celkový výčet jednotlivých přínosů je představen v závěrečné kapitole.

Seznam použité literatury

3DERS. ORG, 2014. World's first 3D chocolate printer Choc Creator version 2 launches. [online]. 2014, [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.3ders.org/articles/20140626-world-first-3d-chocolate-printer-choc-creator-version-2-launches.html>

3DLABORATORY, 2014. Výroba aurikulární náhrady. *Výroba aurikulární náhrady*. [online]. 2014, [cit. 2015-11-20]. Dostupné z: <http://3dlaboratory.cz/case-study/>.

3DPRINTING.COM, 2016. What is 3D printing? *How does 3D printing work?* [online]. 2016, [cit. 2015-10-28]. Dostupné z: <http://3dprinting.com/what-is-3d-printing/#history>.

3D-tisk.cz, 2014a. Selective Laser Sintering. [online]. 2014a, [cit. 2015-11-04]. Dostupné z: <http://www.3d-tisk.cz/selective-laser-sintering/>.

3D-tisk.cz, 2014b. Stereolitografie. [online]. 2014b, [cit. 2015-11-02]. Dostupné z: <http://www.3d-tisk.cz/stereolitografie/>.

4ISP spol. s.r.o., 2016. FDM – Fused Deposit Model. [online]. 2016, [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <https://www.easycnc.cz/inpage/informace-o-technologiich-3d-tisku>

AIRA GROUP, 2016. První auto z 3D tiskárny vyjelo. [online]. 2016, [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://autosalon.iprima.cz/clanky/prvni-auto-z-3d-tiskarny-vyjelo>

BARIČÁK, M., 2013. Investice do rozvoje vzdělání. *Výhody Rapid Prototypingu*. [online]. 2013, [cit. 2015-11-01]. Dostupné z: http://www.spssvsetin.cz/index_htm_files/dumy/02/VY_32_INOVACE_2_18.pdf.

BARNATT, Ch., 2013. *3D Printing: The next Industrial Revolution*. England: ExplainingTheFuture.com, 2013. ISBN 978-148-4181-768.

CANESSA, E., C. FONDA and M. ZENNARO, 2013. Low-cost 3D printing for science, education & sustainable. Italy: ICTP, 2013. ISBN 92-95003-48-9.

ČERNÝ, A., 2015. Kryty na protézy i díly do letadel. 3D tisk vtrhl do medicíny i letectví. [online]. 2015, [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: http://ekonomika.idnes.cz/trh-3d-tisku-bude-za-pet-let-petinasobny-fcd-/eko-zahranicni.aspx?c=A151008_102905_eko-zahranicni_nio.

DIGIS, spol. s r. o., 2016a. Případová studie Black and Dacker. [online]. 2016a, [cit. 2015-11-18]. Dostupné z: <http://www.digis.cz/3d-tiskarny-vyroba-3d-modelu/pripadove-studie/black/>.

DIGIS, spol. s r. o., 2016b. Případová studie Rambol Group. [online]. 2016b, [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: <http://www.digis.cz/3d-tiskarny-vyroba-3d-modelu/pripadove-studie/ramboll-group/>.

EVEKTOR, spol. s r. o., 2016. Rapid Prototyping. *3D tisk technologií FDM*. [online]. 2016, [cit. 2015-11-07]. Dostupné z: <http://www.evektor.cz/cz/rapid-prototyping>.

HALAMKA, J., 2014. První auto vyrobené na 3D tiskárně je tady. Je to elektrický roadster. [online]. 2014, [cit. 2015-11-12]. Dostupné z: http://auto.idnes.cz/skutečne-auto-z-3d-tiskarny-ddb-/automoto.aspx?c=A141014_180622_automoto_hig.

HIEU, L. C., 2010. Medical rapid prototyping applications and methods. *Assembly Automation* [online]. 2010, ISSN 01445154. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/212592655/DD27DD27BD9B4A7CPQ/1?accountid=17116>

HOMOLA, J., 2014. Opel používá 3D tisk pro výrobu montážních přípravků. [online]. 2014, [cit. 2015-11-22]. Dostupné z: <http://www.3d-tisk.cz/opel-pouziva-3d-tisk-pro-vyrobu-montaznich-pripravku/>.

HOMOLA, J., 2015. Tescoma využívá 3D tisk pro každý svůj výrobek. [online]. 2015, [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://www.konstrukter.cz/2015/02/23/tescoma-vyuziva-3d-tisk-pro-kazdy-svuj-vyrobek/>.

ITBIZ.CZ, 2013. Výběr mýtů o 3D tisku: kyberorgány a zbraně pro všechny? [online]. 2013, [cit. 2015-11-11]. Dostupné z: <http://www.itbiz.cz/clanky/vyber-mytu-o-3d-tisku-kyberorgany-a-zbrane-pro-vsechny>.

ITNETWORK, 2014. Technologie 3D tisku. *Historie* [online]. 2014, [cit. 2015-11-12]. Dostupné z: <http://www.itnetwork.cz/nezarazene/3d-tisk/technologie-3d-tisk/>.

KATEDRA VÝROBNÍCH SYSTÉMŮ, FS TUL, 2011a. Technologie Rapid Prototyping FDM. *Proces FDM*. [online]. 2011a, [cit. 2015-11-07]. Dostupné z: <http://www.kvs.tul.cz/rapid>.

KATEDRA VÝROBNÍCH SYSTÉMŮ, FS TUL, 2011b. Technologie Rapid Prototyping Polyjet Matrix. *Proces PolyJetMatrix*. [online]. 2011, [cit. 2015-11-10]. Dostupné z: <http://www.kvs.tul.cz/objet-connex500>.

KŘÍŽ, L., 2014. Přinese 3D tisk další průmyslovou revoluci? *Jak šel čas* [online]. 2014, [cit. 2015-11-5]. Dostupné z: http://ceskapozice.lidovky.cz/prinese-3d-tisk-dalsi-prumyslovou-revoluci-fk6-/tema.aspx?c=A140611_123950_pozice-tema_kasa.

L.K. Engineering, s. r. o., 2012. Komplexní analýza. *Případová studie Štefánika*. [online]. 2012, [cit. 2015-11-21]. Dostupné z: http://www.lke.cz/pdf/lke_cze_stefanik.pdf.

LIPSON, H. and M. KURMAN, 2013. *Fabricated: the new world of 3D printing*. Indianapolis: John Wiley and Sons, 2013. ISBN 978-1-118-35063-8.

LUETOLF, G., 2013. Guggel – Invasion. [online]. 2013, [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <https://3drucken.ch/2013/02/guggel-invasion.html>

MAŠÍN, I., M. PETRŮ a O. NOVÁK, 2015. *Metody inovačního inženýrství na mikro-úrovni*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-187-0.

NAVIGA 4, 2016. Úspory v leteckém průmyslu díky 3D tisku. [online]. 2016, [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://www.3dees.cz/uspory-v-leteckem-prumyslu-diky-3d-tisku/>.

NENADÁL, J., 2008. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-186-7.

PAGÁČ, M., 2015. Skenujte okolní svět s Iphonem a 3D skenerem iSense. [online]. 2015, [2015-11-02]. Dostupné z: <http://www.konstrukter.cz/2015/06/22/skenujte-okolni-svet-s-iphonem-a-3d-skenerem-isense/>.

PALERMO, E., 2013. What is Laminated Object Manufacturing. [online]. 2013, [cit. 2015-11-10]. Dostupné z: <http://www.livescience.com/40310-laminated-object-manufacturing.html>.

PKMODEL, s. r. o., 2016. Technologie 3D tisku. LOM. [online]. 2016, [cit. 2015-11-10]. Dostupné z: <http://www.pkmodel.cz/3dtisk.html>.

PROTO3000 Inc., 2013. The PolyJet Matrix 3D Printing Services Process. [online]. 2013, [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://proto3000.com/polyjet-matrix-3d-printing-services-process.php>

RAWSTHORN, A., 2014. *Zdravím, světe: jak design vstupuje do života*. Zlín: Kniha Zlín, 2014. ISBN 978-80-7473-226-3.

SEATMAESTRO, 2016. New Airplanes on the Horizon: Boeing 787, Airbus A350, and More. [online]. 2016, [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://www.seatmaestro.com/new-airplanes-on-the-horizon-boeing-787-airbus-a350-and-more/>.

SUBOTIČ, S., 2015. 3D tisk. Dubaj plánuje jako první vytisknout budovu. [online]. 2015, [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://kaska.blog.ihned.cz/c1-64257380-3d-tisk-dubaj-planuje-jako-prvni-vytisknout-budovu>.

VALEŠ, M., 2013. 3D Systems představila příruční 3D skener za vynikající cenu. [online]. 2013, [2015-10-30]. Dostupné z: <http://www.3d-tisk.cz/3d-systems-predstavila-prirucni-3d-skener-za-vynikajici-cenu/>.

VOSKA, M., 2015. Střelná zbraň snadno a rychle? Bohužel, s 3D tiskem realita. [online]. 2015, [cit. 2015-11-11]. Dostupné z: <http://www.policejninoviny.cz/strelna-zbran-snadno-a-rychle3f-bohuzel-s-3d-tiskem-realita-.html>.

WALKER, R., 2013. The Liberator (Defense Distributed). [online]. 2013, [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://designandviolence.moma.org/the-liberator-by-defense-distributed/>

ZELENÝ, P., 2015. Prezentace na téma 3D tisk. 2015.

Seznam příloh

Příloha A - Výsledky ankety a náhled struktury ankety	47
Příloha B - 3D ve školství.....	57
Příloha C - Mýty a zajímavosti o 3D tisku	61
Příloha D – Případové studie.....	66

Příloha A - Výsledky ankety a náhled struktury ankety

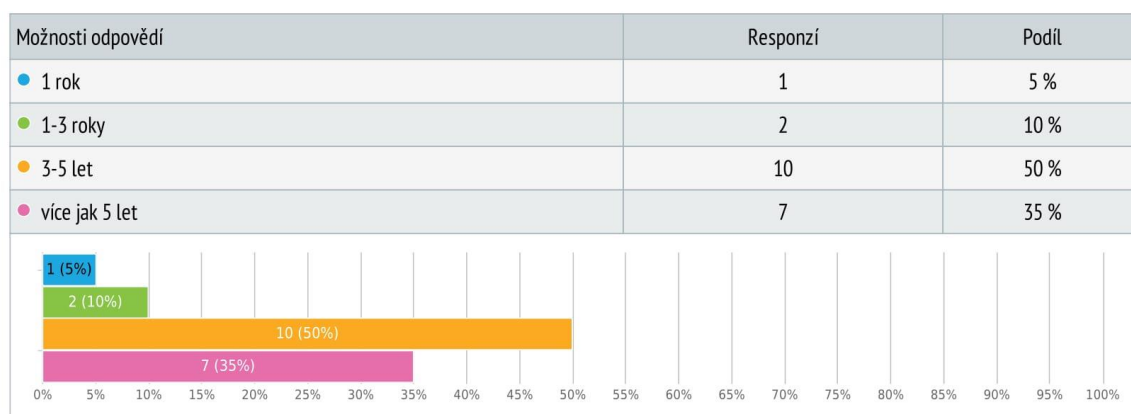


3D tisk

Výsledky

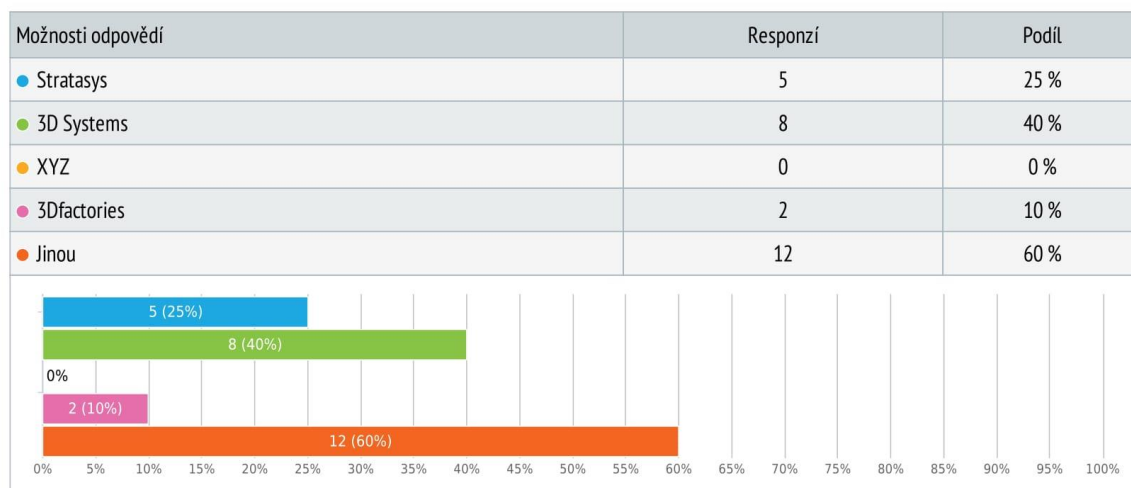
Jak dlouho se věnujete 3D tisku

Výběr z možností, zodpovězeno 20x, nezodpovězeno 0x



Jaké značky 3D tiskáren vlastníte

Výběr z možností, více možných, zodpovězeno 20x, nezodpovězeno 0x



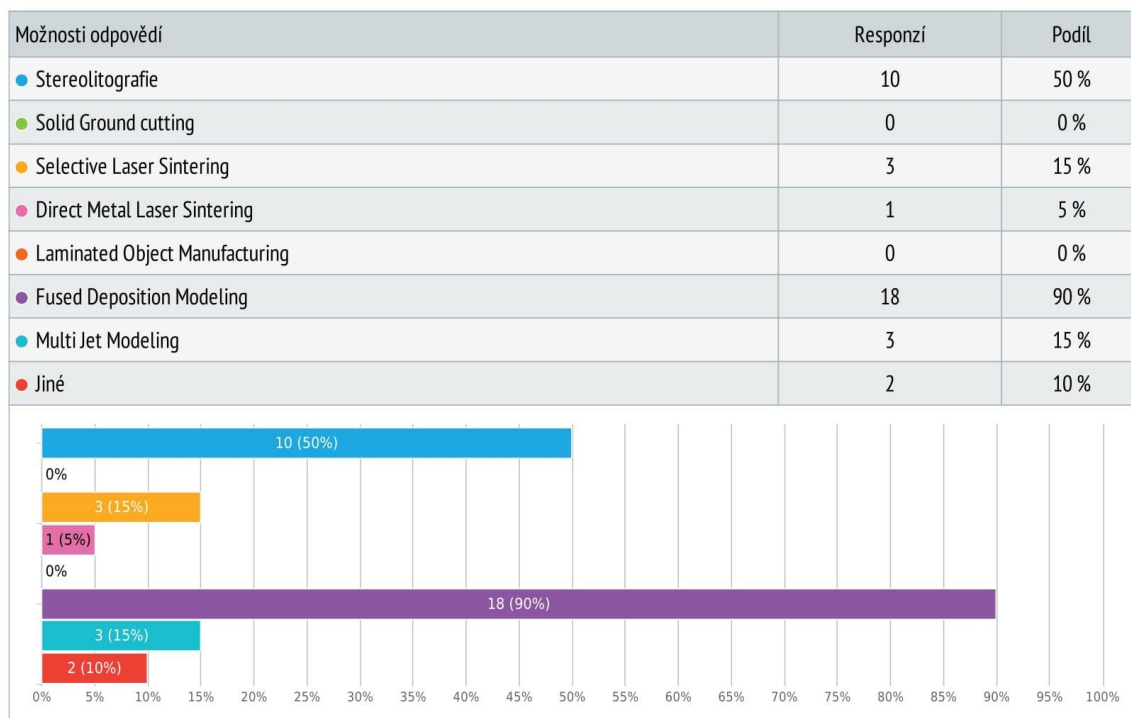
on-line dotazníky zdarma – www.survio.com

4

- (2x) EOS
- (3x) Prusa I3
- Felix 3.1, Felix PRO 1, 3DWARF
- prusa I3, Rebel II, UP!mini, makerbot replikator 2x, kossel mini
- makerbot
- Vlastní konstrukce odvozené od velleman, rebel, Prusa s upraveným fw, sw a vlastní prototyp slá-dlp
- Ultimaker, Prusa
- FF Dreamer
- Prusa

Jaké používáte základní technologie 3D tisku

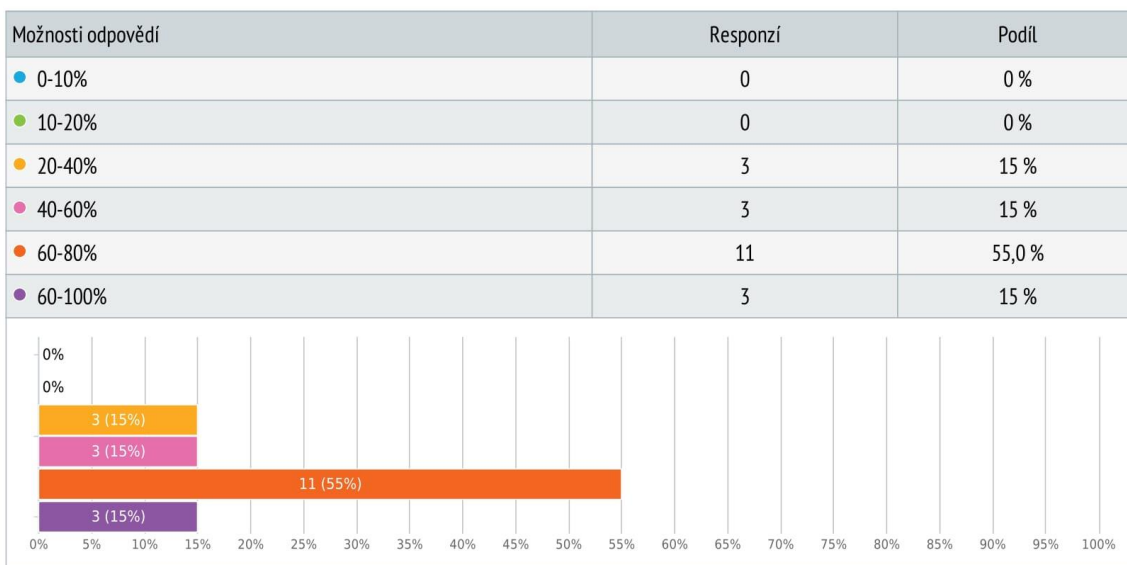
Výběr z možností, více možných, zodpovězeno 20x, nezodpovězeno 0x



- colorJet Printing
- DLP

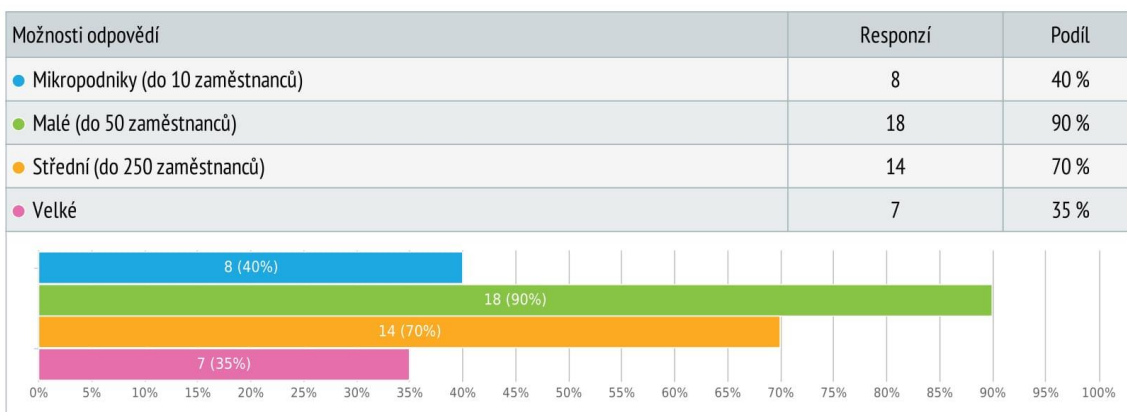
Jak přibližně vzrostl zájem o tuto technologii oproti počátku nabízení 3D tisku komerčně

Výběr z možností, zodpovězeno 20x, nezodpovězeno 0x



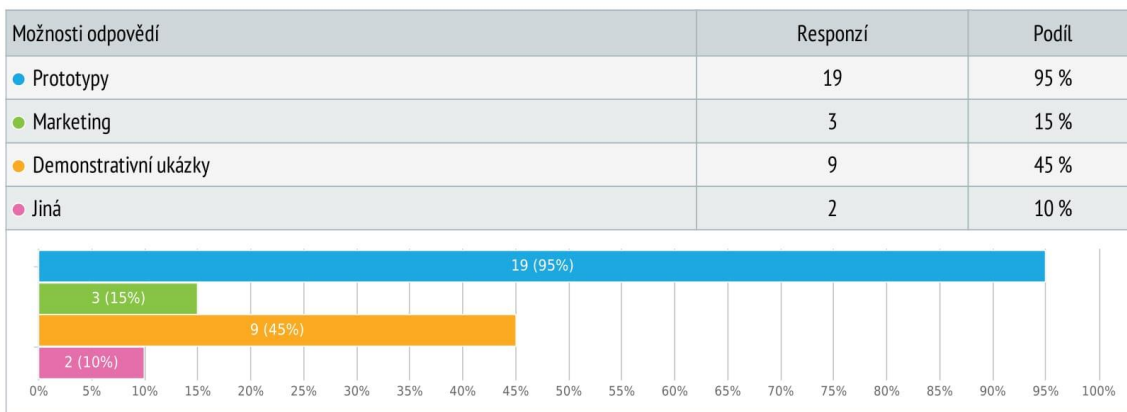
Pro jaké podniky nejvíce tisknete

Výběr z možností, více možných, zodpovězeno 20x, nezodpovězeno 0x



Za jakým účelem Vás firmy nejvíce oslovují

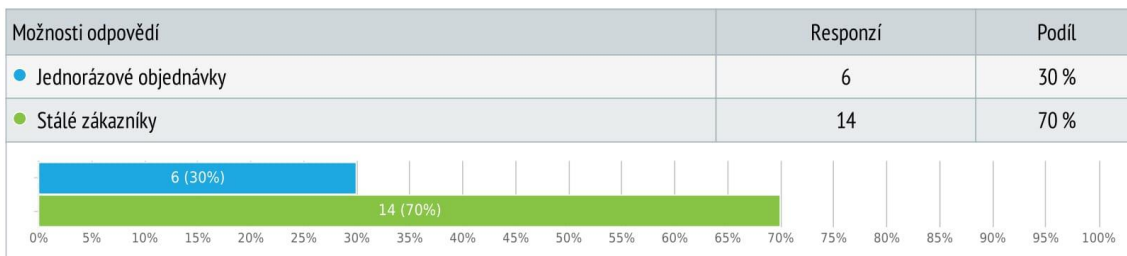
Výběr z možností, více možných, zodpovězeno 20x, nezodpovězeno 0x



- nákup zařízení
- Reverzní inženýrství (prevazne skenování), personalizované produkty

Jaké máte nejčastější zákazníky

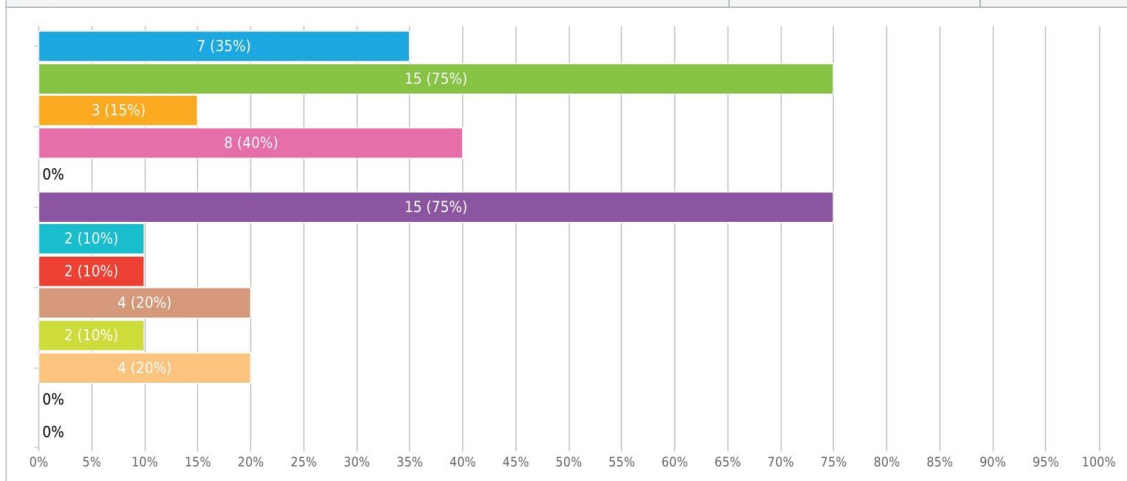
Výběr z možností, zodpovězeno 20x, nezodpovězeno 0x



Pro jaký průmysl nejvíce tisknete

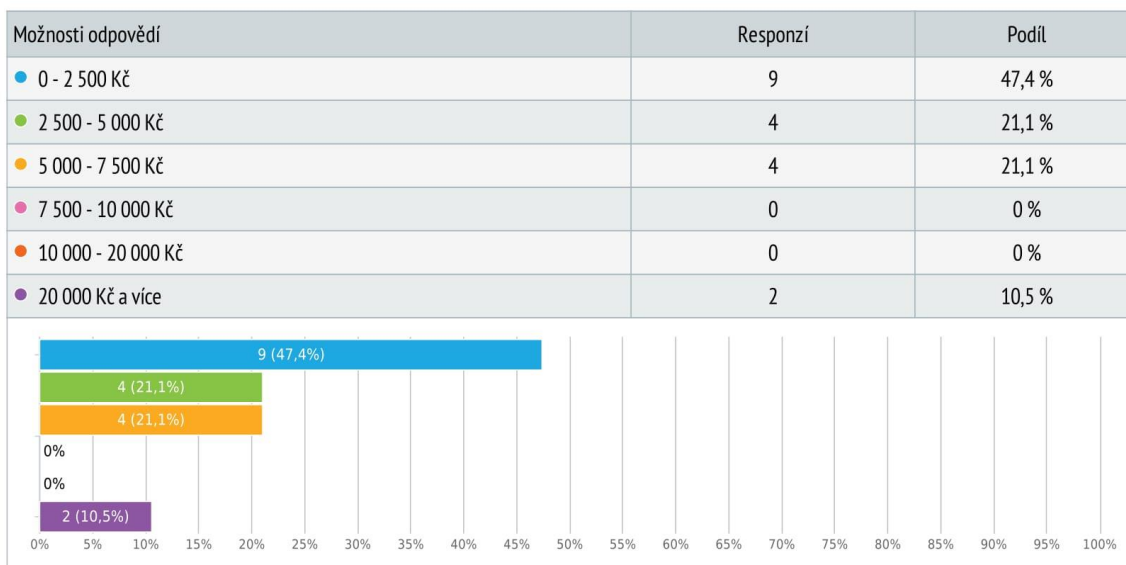
Výběr z možností, více možných, zodpovězeno 20x, nezodpovězeno 0x

Možnosti odpovědi	Responzi	Podíl
● Dopravní průmysl	7	35 %
● Automobilový průmysl	15	75 %
● Letecký průmysl	3	15 %
● Automatizace a robotizace	8	40 %
● Biotechnologický průmysl	0	0 %
● Elektrotechnický průmysl	15	75 %
● Energetický průmysl	2	10 %
● Sklářský průmysl	2	10 %
● Spotřební průmysl	4	20 %
● Farmaceutický průmysl	2	10 %
● Stavební průmysl	4	20 %
● Potravinářský průmysl	0	0 %
● Jiný	0	0 %



Jaká je průměrná cena objednávky

Výběr z možností, zodpovězeno 19x, nezodpovězeno 1x



Jaká je maximální velikost předmětů, které můžete vytisknout

Textová odpověď, zodpovězeno 15x, nezodpovězeno 5x

- neomezeno, možnost složit
- (2x) 250*250
- 298 x 185 x 203 mm (xyz)
- 25x38x20 cm
- Zaklad 20x20 cm ale modely lze rozřezat a pak slepit !
- 255 x 205 x 440 mm
- 200x200x200 (dříve 400x400x400)
- 300x400 mm
- 40cm krychle v kuse (tvarové a materiálové omezení), se svařováním/ lepením neomezeně
- 406 x 355 x 406 mm
- 254x254x305
- Dají se sestavovat, tak že neomezená.
- (2x) 20*20*20

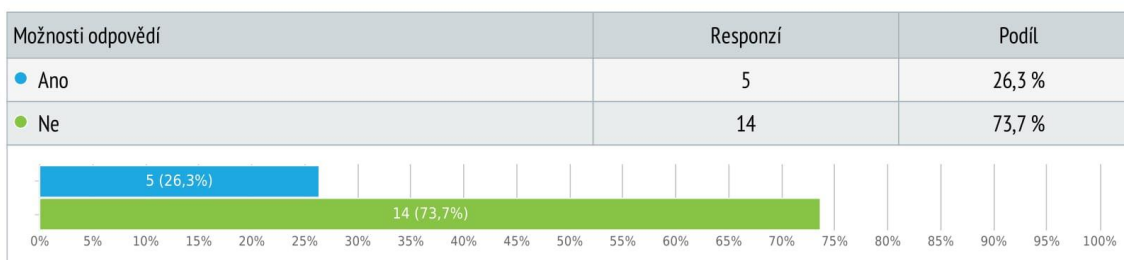
Jaké rozměry měla největší objednávka

Textová odpověď, zodpovězeno 11x, nezodpovězeno 9x

- 1500x500x500
- 250*250
- 200x30x20
- 50x50 cm
- cca 400x400x400 mm (model se tisknul na části a následně slepil)
- 380*310*45
- nepamatuji si
- Cca 50*60*120 cm
- 600x500x400, větší díly se lepí
- 1000x250x250
- 800 x 300 mm

Tisknete pro zahraniční klientelu (nepovinný údaj)

Výběr z možností, zodpovězeno 19x, nezodpovězeno 1x



Název organizace (nepovinný údaj)

Textová odpověď, zodpovězeno 7x, nezodpovězeno 13x

- Abc3D.cz
- 3D-tisk-Praha.cz
- NC Computers s.r.o.
- Prototyping and designworks s.r.o. www.protoworks.cz
- 3D Print Station,s.r.o.
- HM MODEL, s.r.o.
- RapiD3

Příloha: dotazník

3D tisk

Dobrý den,

věnujte prosím několik minut svého času k vyplnění následujícího dotazníku. Informace obsažené v dotazníku budou použity do bakalářské práce. Jméno firmy nebude nikde v závěrečné práci zveřejněno.

Děkuji moc za vyplnění.

Jak dlouho se věnujete 3D tisku

- ☐ 1 rok
- ☐ 1-3 roky
- ☐ 3-5 let
- ☐ více jak 5 let

Jaké značky 3D tiskáren vlastníte

- ☐ Stratasys
- ☐ 3D Systems
- ☐ XYZ
- ☐ 3Dfactories
- ☐ Jinou

Jaké používáte základní technologie 3D tisku

- ☐ Stereolitografie
- ☐ Solid Ground cutting
- ☐ Selective Laser Sintering
- ☐ Direct Metal Laser Sintering
- ☐ Laminated Object Manufacturing
- ☐ Fused Deposition Modeling
- ☐ Multi Jet Modeling
- ☐ Jiné

Jak přibližně vzrostl zájem o tuto technologii oproti počátku nabízení 3D tisku komerčně

- ☐ 0-10%
- ☐ 10-20%
- ☐ 20-40%
- ☐ 40-60%
- ☐ 60-80%
- ☐ 60-100%

Pro jaké podniky nejvíce tisknete

- ☐ Mikropodniky (do 10 zaměstnanců)
- ☐ Malé (do 50 zaměstnanců)
- ☐ Střední (do 250 zaměstnanců)
- ☐ Velké

Za jakým účelem Vás firmy nejvíce oslovují

- ☐ Prototypy
- ☐ Marketing
- ☐ Demonstrativní ukázky
- ☐ Jiná

Jaké máte nejčastější zákazníky

- ☐ Jednorázové objednávky
- ☐ Stálé zákazníky

Pro jaký průmysl nejvíce tisknete

- ☐ Dopravní průmysl
- ☐ Automobilový průmysl
- ☐ Letecký průmysl
- ☐ Automatizace a robotizace
- ☐ Biotechnologický průmysl
- ☐ Elektrotechnický průmysl
- ☐ Energetický průmysl
- ☐ Sklářský průmysl
- ☐ Spotřební průmysl
- ☐ Farmaceutický průmysl
- ☐ Stavební průmysl
- ☐ Potravinářský průmysl
- ☐ Jiný

Jaká je průměrná cena objednávky

- ☐ 0 - 2 500 Kč
☐ 2 500 - 5 000 Kč
☐ 5 000 - 7 500 Kč
☐ 7 500 - 10 000 Kč
☐ 10 000 - 20 000 Kč
☐ 20 000 Kč a více

Jaká je maximální velikost předmětů, které můžete vytisknout

Jaké rozměry měla největší objednávka

Tisknete pro zahraniční klientelu (nepovinný údaj)

- ☐ Ano
☐ Ne

Název organizace (nepovinný údaj)

Pokud byste měli zájem o výsledky této ankety, napište kontaktní e-mail

Příloha B - 3D ve školství

Aby vůbec celý proces mohl začít, je zapotřebí, přijít s vhodným nápadem. Proces končí ve chvíli, kdy je konečný model vytisknutý. Proces je vhodný pro školy, protože náčrty mohou být tisknuty kdykoliv, tudíž může být model vyhotoven krok po kroku. Modely z 3D tiskárny mohou nahrazovat konzervativní „učení čtením a psaním“, či „učení hrou“. Nízkonákladový 3D tisk byl představen ve školním prostředí jako nová vyučovací metoda. Modely, které se vytvářejí na počítači, mohou být vytisknuty v trojrozměrné dimenzi. Teorie je rychle předělána do fyzických objektů, na které si můžeme sáhnout. Studenti jsou schopni pracovat s moderními pomůckami. Aplikace 3D výrobků může být použita v různých předmětech:

- Matematika: Design, tisknutí a výpočty 3D objektů
- Geografie: Tisk reliéfů
- Umění: Designování různých objektů
- Věda: Tisknutí modelů molekul
- Hudba: Tisknutí jednoduchých nástrojů

Příprava projektu

Projekt byl realizován od srpna 2012 do ledna 2013 v rámci šestnácti hodin technického kreslení. Do tohoto projektu byli zapojeni studenti osmé a deváté třídy ve Steffisburgu. Před startem projektu se musely vyhodnotit 3D tiskárny. První volbě byla vybrána tiskárna BFB 3Dtouch. Bohužel tato tiskárna byla limitována několika důležitými faktory. Byla velká, těžká a pracovala pomalu. Díky aktivitě na sociálních sítích, jako je Google+ se rozhodli koupit dva kompletní sety tiskáren Ultimaker. Tato tiskárna byla oceněna jako nejlepší produkt v kategorii nejpřesnější a nejrychlejší tiskárny. Pro 3D tisknutí je CAD software vyžadován. Po vyhodnocení několika produktů, škola vybrala základní software Tinkercad. Program je využíván v kombinaci s nástroji Sketchup.

Spuštění projektu

Studenti byli seznámeni s modelovacím procesem na počítači, kde měli vytvořit loď. Jediná asistence, kterou měli, byl návod od Tinkercad. Od kantorů žádnou pomoc nemohli čekat. Studenti byli seznámeni s kroky, které vyžadovaly práce s 3D tiskárnou. Kroky se týkaly modelování, řezání a tisknutí objektů. Inspirování jiným projektem, každý student načrtnul budovy pro jejich malé město nazvané Güggel Town (viz obrázek 14). Mnoho map tohoto města měla jinou velikost. Objekt města byl limitován několika body:

- Parcely se nesměly překrývat
- Každý rozměr musel mít maximálně 20 cm
- Celý objekt nemohl být větší jak 600 cm³

Nejprve studenti nakreslili objekty na papír. Poté použili jednu z forem prezentovaných nástrojů Tinkercad nebo Sketchup a modelovali jejich budovy krok po kroku. Hotový objekt byl vytisknut. Tisk všech budov trval 120 hodin. Nejvíce budov bylo vytisknuto přes noc.

Prezentace města pro rodiče a ostatní proběhla na poslední hodině. Studenti prezentovali pracovní postup tisku přímo na tiskárně Ultimaker.



Obrázek 14 - Güggletown
Zdroj: Luetolf (2013)

Závěr – co přinesl tento projekt

Učitele, kteří byli u tohoto projektu, překvapila vysoká motivace studentů, kteří nechyběli na žádné hodině. Studenti dostali možnost dát jejich nápady a modely do reálné podoby. Další motivace přišla s jednoduchým používáním volných softwarových nástrojů, možnost použít počítač pouze dvě hodiny za týden nebo fakt, že mohli designovat budovy svých snů. Někteří studenti měli více zkušeností s používáním CAD softwaru, jiní pracovali na svých budovách i doma. Studenti, kteří měli více zkušeností, pomáhali těm méně zkušeným. Na konci, všichni studenti přišli s modelem, který byl schopen tisku.

Výdaje a vynaložený čas

3D tisk na škole zabere velké množství času. Dva dny trvalo sestavení tiskárny Ultimaker. Toto úsilí zabralo kantorům hodně času, ale ukázalo se, že to byla dobrá investice. Kantoři pochopili techniky 3D tisku. Veškeré výdaje byly 3 500 eur. Nejvíce nákladů zaplatila univerzita. Výdaje za každý kompletní set tiskárny byl okolo 1 500 eur. Náklady na

tiskařský materiál byl 200 eur. Škola v Steffisburu zaplatila okolo 150 eur za tisk celého města a financovala konečnou prezentaci (Canessa, 2013).

Příloha C - Mýty a zajímavosti o 3D tisku

Na světě existuje mnoho mýtů o čemkoli, také 3D tisk si vybudoval své mýty. Tato kapitola se zabývá mýty o 3D tisku, které si společnost vytvořila sama. Jedná se o tisk jídla a tisk zbraní. V této kapitole budou popsány i zajímavosti v podobě tisku 3D objektů z čokolády a také o vytisknutém prototypu auta.

Tisk jídla

Informace o tisknutí jídla se rozšířila díky vesmírné americké agentuře NASA, která dala povolení k výzkumnému programu, který má umožnit tisk jídla ve vesmíru. Tato představa je ovšem nepřesná. Program NASA je založen na replikování vlastností jídla. Jde o to umožnit 3D tiskárnám tisk z materiálů, které budou obsahovat dostatek nejpodobnějších kalorií a organických molekul, které jsou obsažené v klasickém jídle. Prohlášení o tom, že by se tímto způsobem dal vyřešit světový hlad, nejsou správné. Důležitým parametrem je totiž i cena zařízení, proto k utišení světového hladu existují mnohem efektivnější projekty.

3D tisk se používá v potravinářském prostředí, ale pouze pro speciální techniky. Je možné tisknout z čokolády, která se působením tepla roztaví a chlazením opět tuhne. V USA tiskne dvojice architektů 3D objekty z cukru, které tisknou na běžné 3D tiskárně s upraveným nastavením a k tvrzení používají alkohol (ITbiz.cz, 2013).

Jednou z nejjednodušších směsí, se kterou se setkáváme v životě, je čokoláda. Tato delikatesní látka je ve skutečnosti pevná látka, která taje při teplotě lidského těla. 3D tisk čokolády by měl být relativně snadno dosažitelný, a je tomu skutečně tak! 3D tisk čokolády funguje téměř stejně jako tisk plastů a kovu. Čokoláda se zahřeje, aby se roztavila, a poté se vytlačuje pomocí tiskové hlavy pod kontrolou počítače. Čokoládové 3D tiskárny (viz obrázek 15) byly vytvořeny na několika vzdělávacích institutech, včetně Massachusetts Institute of Technology a na univerzitě v Exeteru. Společnost Choc Edge prodává 3D tiskárnu na čokoládu asi za 2 500 liber.

Jako přímý důkaz výše uvedeného byly Vánoce v roce 2012, které byly první s vytištěnými poživatinami na 3D tiskárně včetně čokolády, vánočních stromků, zvonků a vloček. Více příkladů, které lze tisknout je k dispozici na stránkách www.chocedge.com. Několik dalších potravin může být tisknuto komerčně, pomocí vytlačování stříkačky řízené počítačem. Mnoho nadšenců již upravilo svou 3D tiskárnu k tomuto účelu. Například v červnu 2012 vynálezce Sean Clanzer postavil 3D tiskárnu, jejíž výstupem je moučkový cukr, který používá k ozdobení dortů. Mezitím vytvořil Marko Manriquez 3D tiskárnu s názvem Burritob0t, která může tisknout fazole, rýže, sýr, smetanu a salsu. K tomu všemu lze celý proces ovládat pomocí smartphonu (Barnat, 2013).



Obrázek 15 - Choc Creator version 2
Zdroj: 3ders. Org (2014)

Tisk zbraní

Tisk zbraní patří k nejčastějším otázkám 3D tisku. Celá tato kauza začala v USA, kde si můžete zakoupit skoro všechny součástky, například na zbraň AR-15 a to bez jakékoliv prověrky, kromě jedné části zvané „lowe receiver“. Tuto součástku si lidé vyrábějí svépomocí, ale nedávno se tato část vytiskla na 3D tiskárně a navodila otázku, zda-li je možné vytisknout celou zbraň.

Tato kapitola není až tak úplně mýtus, protože v Británii se podařilo odhalit při domovní prohlídce pokus o výrobu součástek zbraně. Výroba zabere několik hodin a výsledkem je funkční zbraň s jedinou kovovou součástkou – úderníkem. Pistole LIBERATOR (viz obrázek 16) je určena pro malorážkové náboje 22 LR. Vytisknuté pistole jsou kvůli svému materiálu částečně propašovatelné, protože jedinou kovovou součástkou je právě úderník (Voska, 2015).



Obrázek 16 - Vytisknutá zbraň LIBERATOR
Zdroj: Walker (2013)

První vyrobené auto na 3D tiskárně

První vytisknuté auto je elektrický roadster s názvem Strati. Zatímco nový vůz má průměrně pět tisíc součástek a vyrábí se složitým způsobem, Strati je složeno ze 49 dílů a jeho výroba trvala pár dnů. Na výstavě International Manufacturing Technology Show se objevil malý černý vůz, který se stal plně funkčním vytištěným vozem na světě. Tento vůz je dílem firmy Local Motors z Arizony. Tisk vozu trval dva dny a za šest dnů byl zkompletován do plně funkční verze (viz obrázek 17). Maximální rychlost tohoto vozu dosahuje 60 km/h a s plně nabitou baterií by měl mít dojezd 193 až 241 kilometrů.



*Obrázek 17 - Probíhající tisk auta Strati
Zdroj: Halamka (2014)*

Strati má dvě sedačky, a podobně jako závodní auto, sedí nízko nad silnicí. Některé díly nelze vytisknout. Mezi ně patří pneumatiky, baterie, elektromotor a díly podvozku jsou vyrobeny z tradičních materiálů. O zbytek dílů se postarala 3D tiskárna. Součástky jsou vyrobeny z černého plastu a vyztužené uhlíkovými vlákny. K výrobě autoři použili tiskárnu, která umí vytisknout dva díly až tři metry dlouhé a 1,7 metrů vysoké. Karoserie působí plastově, ale velice pevně. Je poskládaná z 227 vrstev a jediným limitem byla velikost tiskárny. Firma pracuje na tom, aby mohla tisknout větší auta a také zároveň na tom, aby auto dostalo homologaci na silnici. Automobil se vyvíjel čtyři měsíce (viz obrázek 18). Společnost Local Motors ho chce nabízet v přepočtu 380 tisíc korun (Halamka, 2014).



Obrázek 18 - Automobil Strati po vytisknutí
Zdroj: Aira Group (2016)

Příloha D – Případové studie

Výroba aurikulární náhrady – protéza ucha

Trojrozměrný tisk neslouží nejen k digitalizačním technologiím, ale i k výrobě protetických pomůcek. 3D tisk dokáže vyrobit vysoce kvalitní ušní protézu, nepoznatelnou od živého ucha. Ze zdravého ucha se vyrobí sádrový odlitek, který přesně kopíruje ucho. Odlitek je pak digitalizován optickým skenerem. Tloušťka vrstvy se pohybuje kolem 0,08 mm. Tento model je pak zpracován pomocí odlévání do silikonových forem. Model je nakonec odlit materiálem s vhodnými vlastnostmi pro kontakt s lidským tělem (3Dlaboratory, 2012).

Rapid Prototyping v medicíně

Metody Rapid Prototypingu se úspěšně používají nejen k výrobě protéz, ale i v širší medicíně. 3D tisk se začíná používat k výrobě biomodelů, chirurgických nástrojů, implantátů, zdravotnických zařízení a modelů ke školení. Vše muselo být zkoumáno a vyrobeno do posledního detailu. Mnohokrát výrobky byly přezkoumány a opravovány. Lékařský 3D tisk byl aplikován do více oblastí medicíny – zubní chirurgie, neurochirurgie, ortopedie, problematiky ortéz a tkání. Tato technologie umožňuje lékařům tisk jednotlivých přípravků na zakázku. V současné době je možné vytisknout různé implantáty a chirurgické nástroje přesně podle potřeb pacienta. Díky tomu dokáží být lékaři přesnější, operace se stávají bezpečnější, rychlejší a méně složitější (Hieu, 2010).

Komplexní analýza sochy M. R. Štefánika

Tato případová studie se týká komplexní analýzy návrhu sochy M. R. Štefánika. V této analýze bylo zapotřebí navrhnout sílu stěn skutečné sochy, vliv vibrací při transportu a povětrnostní vlivy. Nebyly k dispozici žádné výkresy ani 3D geometrie sochy k dispozici byl pouze model sochy v životní velikosti, tento model bylo potřeba zdigitalizovat. Práce

se ujala firma MCAE Systems a model sochy převedla do 3D formátu. První analýza se týkala tloušťek stěn a celkového pevnostního návrhu odlitku sochy. Také bylo navrženo kotvení sochy do betonového podstavce a vyztužující žebra v její dolní části. Následoval návrh konstrukce transportní klece a její výpočtové ověřování při manipulaci se sochou, transportem a instalací sochy. Bylo také potřeba vyzkoušet působení větru o rychlosti 180 km/h. Díky této analýze se umělecká slévárna ujistila, že je socha dobře navržena a že při výrobě, transportu a instalaci nedojde k jejímu porušení (L.K. Engineering, s. r. o., 2012).