

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA PODNIKOVÉHO MANAŽMENTU**

Evidenčné číslo: 104005/I/2020/36097107838265860

**INTELIGENTNÉ TECHNOLOGIE AKO IMPULZ ROZVOJA SMART
INDUSTRY**

Diplomová práca

2020

Bc. Krisztina Bede

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA PODNIKOVÉHO MANAŽMENTU**

**INTELIGENTNÉ TECHNOLOGIE AKO IMPULZ
ROZVOJA SMART INDUSTRY**

Diplomová práca

Študijný program: manažment výroby a logistika

Študijný odbor: ekonómia a manažment

Školiace pracovisko: Katedra manažmentu výroby a logistiky

Vedúci záverečnej práce: doc. Ing. Klaudia Gubová, PhD.

Bratislava 2020

Bc. Krisztina Bede

PodĎakovanie

Týmto by som sa chcela poďakovať všetkým, ktorí prispeli k vypracovaniu záverečnej práce. Za odbornú pomoc, nápady a cenné rady ďakujem vedúcej záverečnej práce doc. Ing. Klaudie Gubovej, PhD. PodĎakovanie patrí aj zamestnancom analyzovaného podniku, ktorí mi pomohli a poskytli potrebné informácie.

ABSTRAKT

BEDE, Krisztina: *Inteligentné technológie ako impulz rozvoja smart industry*. – Ekonomická univerzita v Bratislave. Fakulta podnikového manažmentu; Katedra manažmentu výroby a logistiky. – doc. Ing. Klaudia Gubová, PhD.– Bratislava: FPM EU, 2020, 70s.

Hlavným cieľom záverečnej práce je na základe získaných teoretických poznatkov analyzovať aditívnu výrobu presnejšie trojrozmernú tlač a jej ekonomický dopad na vybraný podnik v oblasti stomatológie 3D Medicalprint KG, a následne poukázať na procesné a iné zmeny vyplývajúce z využívania modernej inteligentnej technológie aditívnej výroby. Práca je rozdelená do päť kapitol. Obsahuje 22 grafov a 7 tabuliek. Prvá kapitola je venovaná súčasnému stavu riešenej problematiky doma a v zahraničí, kde sme vymedzili čiastkové ciele pomocou základných pojmov v oblasti inteligentných technológií a priemyslu 4.0. Ďalej sme zadefinovali pojem priemysel 4.0, základné prvky priemyslu 4.0, aditívnu výrobu a výhody aditívnej výroby nad tradičnými výrobnými postupmi. Naďalej sme objasnili ekonomické prínosy pri navrhovaní, dizajnu výrobkov a účinnosti komponentov. V druhej časti sme zadefinovali čo je cieľom záverečnej práce. V ďalšej časti sa charakterizuje metodika práce a metódy skúmania. V tejto časti sme používali rôzne metódy skúmania s cieľom nájdania príležitostí na ich vylepšenie. Tieto metódy, ktoré boli v práci použité, boli nápomocné k zostaveniu záverov. V nasledujúcej časti sme analyzovali výsledky práce. Po stručnej charakteristike skúmanej spoločnosti 3D Medicalprint KG sme uplatnili rôzne metódy pre tvorbu technologického foresightu spoločnosti 3D Medicalprint KG. Ekonomické ukazovatele, benchmarkingová analýza a swot analýza boli nápomocné pri zostavovaní foresightu spoločnosti. Výsledkom riešenia je metóda scenára. Tieto návrhy budú prínosom pre mnohé iné podnikateľské subjekty, ktoré využívajú podobné alebo tie isté technológie v rámci zubného lekárstva.

Kľúčové slová:

priemysel 4.0, aditívna výroba, doplnková výroba, 3D tlač, stomatológia,

ABSTRACT

BEDE, Krisztina: *Intelligent technologies as an impulse for the development of smart industry*– University of economics in Bratislava. Faculty of business management; Department of logistics and management. – Supervisor of the thesis:– doc. Ing. Klaudia Gubová, PhD. Bratislava: EU FPM, 2020, pages 70.

The aim of the thesis is to analyze additive production, more precisely three-dimensional printing and its economic impact on a selected company in the field of dentistry 3D Medicalprint KG in Austria. The thesis is divided into five chapters. The thesis contains 22 graphs & seven tables. The first chapter is devoted to the current state of the issues at home and abroad, where we defined basic terms in the field of intelligent technologies and industry 4.0. Furthermore, we defined the concept of industry 4.0, the basic elements of industry 4.0, additive manufacturing and the benefits of additive manufacturing over traditional manufacturing processes. We explained the economical benefits in the design, product design and component efficiency. In the second part we defined what was the aim of final work. The next part describes the methodology of work and methods of research. In this section, we used different methods of investigation to identify opportunities for improvement. These methods, which were used in the work, were helpful in drawing conclusions. In the next section we analyzed the results of the work. After a description of the investigated company 3D Medicalprint KG, we applied various methods for creating technological foresight for company 3D Medicalprint KG. Economic indicators, benchmarking analysis and swot analysis were helpful in compiling the company's foresight.

The result of work is the scenario method. These will benefit many other businesses using similar or the same innovation technologies in the dentistry.

Key words:

industry 4.0, additive manufacturing, three-dimensional printing, 3D, dentistry

Obsah

Úvod.....	8
1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí.....	9
Základné výrobné koncepcie Priemyslu 4.0	10
Kľúčové technológie súvisiace s Priemyslom 4.0	13
1.2.1 Virtuálna a rozšírená realita	17
1.2.2 Aditívna výroba a 3D tlač vo svete	19
1.3 Aplikácia AM a 3D technológie v rôznych priemyselných odvetviach	25
1.3.1 Novodobá 3D technológia v stomatológii	27
2 Cieľ práce.....	33
3 Metodika práce a metódy skúmania	34
3.1 Charakteristika objektu skúmania.....	34
3.2 Pracovné postupy	34
3.3 Spôsob získavania údajov a ich zdroje	34
3.4 Použité metódy vyhodnotenia a interpretácie výsledkov	35
4 Výsledky práce	36
4.1 Investícia do softvéru 3 Shape Trios.....	41
4.2 Uplatnenie metód pre tvorbu technologického foresightu spoločnosti 3D Medicalprint KG	44
4.2.1 Ekonomické ukazovatele spoločnosti 3D Medicalprint KG	44
4.2.2 Benchmarkingová korekcia	47
4.2.3 SWOT analýza	55
4.2.4 Pestel analýza - analýza vonkajšieho prostredia	58
5 Diskusia	62

Úvod

Digitálna transformácia sa týka každého z nás. Za posledných desať rokov technológie sa exponenciálne vylepšili, a vznikli nové, doposiaľ neznáme inovatívne riešenia ako napr. 3D-tlač, aditívna výroba, roboty, rádiový frekvenčný identifikácia (RFID), Big Data a Cloud Computing. Tento novodobý vývoj sa práve nazýva Priemysel 4.0. Spoločnosti musia prijať túto rýchlu zmenu vo svojich výrobných procesoch, ak chcú naďalej súperiť a ostať na trhu. Cieľom úsilia automatizácie je individuálne prispôsobenie produktov a služieb, ktoré zvýšia pridanú hodnotu a konkurencieschopnosť pre organizácie a takisto účinnosť pre konečných zákazníkov.

Očakáva sa, že aditívna výroba bude mať pozitívny dopad v ekonomických prínosoch, ktoré sa odrážajú skôr pri zlepšení efektívnosti dizajnu a výroby, navrhovania a distribúcie výrobkov. Táto technológia prinesie pridanú hodnotu v mnohých oblastiach, ako napr. zníženie dodacej lehoty, hmotnosti a počtu dielov, s vyššou účinnosťou komponentov, nižšou spotrebou odpadu a nižšou spotrebou emisií.

Hlavným cieľom záverečnej práce je na základe získaných teoretických poznatkov analyzovať aditívnu výrobu presnejšie trojrozmernú tlač a jej ekonomický dopad na vybraný podnik v oblasti stomatológie 3Dmedicalprint KG, a následne poukázať na procesné a iné zmeny vyplývajúce z využívania modernej inteligentnej technológie aditívnej výroby. Používanie doplnkovej výroby je však stále v počiatočnom štádiu, síce predaj 3D komponentov vzrástol vo výške viac ako 25% ročne od roku 1989, ale stále tvoria malú časť z globálneho hľadiska výrobnej produkcie.

Na rozdiel od iných významných inovácií vo výrobnej histórii, aditívna výroba v Európe pravdepodobne nenahradí existujúcu výrobu. Problém spočíva práve v materiáloch, ktoré robia doplnkovú výrobu nekonkurenčnou. Z dlhodobého hľadiska vedci vidia perspektívu v tejto technológii, ktorá by mohla viesť k širšiemu prerozdeleniu výroby, presun mnohých príkladov výroby ku konečným spotrebiteľom, čo by viedlo k zmenám aj na nízkokvalifikovanom trhu práce.

Pri výbere záverečnej práce som hľadala vzrušujúcu a zaujímavú tému, ktorá pomôže sledovať rozvoj celého odvetvia. Myslím si, že koncepcie Priemyslu 4.0 hrajú dôležitú rolu v našich životoch, ktoré sú mnohostranné a pokrývajú množstvo nových neobjavených vecí. V budúcnosti sa očakávajú radikálne zmeny v dôsledku využívania smart technológií, najmä 3D tlače. 3D tlač je rýchlo sa rozvíjajúca technológia, ktorá má budúci potenciál zmeniť výrobnú štruktúru odvetvia zubných laboratórií.

1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí

Fenomén Priemyslu 4.0 bol prvýkrát spomenutý v roku 2011 v Nemecku ako návrh na vypracovanie novej koncepcie nemeckej hospodárskej politiky založenej na stratégiách špičkových technológií.¹ Koncepcia spustila štvrtú technologickú revolúciu, ktorá je založená na moderných koncepciách a technológiách, ktoré zahŕňajú kybernetické fyzické systémy, Internet vecí (IoT) a Internet služieb (IoS) na základe nepretržitej komunikácie cez internet, ktorá umožňuje pevnú interakciu a výmenu informácií nielen medzi ľuďmi (C2C) a ľuďmi a strojom (C2M), ale aj medzi samotnými strojmi.(M2M)² Táto komunikačná interakcia ovplyvňuje zriadenie znalostného manažmentu 4.0.

V inteligentnom Priemysle 4.0, výrobné systémy sú schopné sledovať fyzické procesy, vytvoriť takzvané "Digitálne Dvojča“ fyzického sveta, a robiť inteligentné rozhodnutia prostredníctvom komunikácie v reálnom čase a spoluprácu s ľuďmi, strojmi a senzormi.³ Tento trend vedie k vytvoreniu komunikačného kanála pre nepretržitú výmenu informácií o potrebách a individuálnych situáciách v reálnom čase pre elektronických obchodov, zdravotníckych pracovníkov, výrobcov, spolupracovníkov, zákazníkov a dodávateľov energie, avšak vo väčšine prípadov bude výmena informácií medzi samotnými strojmi. Účelom takejto automatizácie je individuálne prispôsobenie produktov a služieb, ktoré zvýšia pridanú hodnotu pre organizácie a konečných zákazníkov.⁴ Výsledky budú preukázané s trvalou kontrolou nad osobným životom, ktorá umožňuje poskytnúť personalizované služby a ponuku produktov v reálnom čase, ktorá zvýši lojalitu zákazníkov, ak zákazník je spokojný s ich produktami a službami.⁵

¹ MOSCONI, Franco. The new European industrial policy: Global competitiveness and the manufacturing renaissance. [elektronický zdroj] 1.vydanie. London, England: Routledge 2015. 246 s.[cit. 2019-11-11]. ISBN 9781138792821 Dostupné na:

https://www.researchgate.net/publication/283228573_The_new_European_industrial_policy_Global_competitiveness_and_the_manufacturing_renaissance

² COOPER, Joshua, – JAMES, E. Anne. Challenges for database management in the Internet of things.[elektronický zdroj]. In: IETE Technical Review: London, 2009 č. 5 sept-okt. s. 289, [cit. 2019-11-11]. DOI: 10.4103/0256-4602.55275. Dostupné na:

https://www.researchgate.net/publication/26845114_Challenges_for_Database_Management_in_the_Internet_of_Things

³ WANG,Shiyong,–WAN, Jiafu, – ZHANG, Daqiang, – LI, Di, – ZHANG,Chunhua. Towards smart factory for Industry 4.0: A self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. Computer Networks. In: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking.[elektronický zdroj] Volume 101 Issue C, 06.2016. s. 158-168, [cit. 2019-10-23]. ISSN 1389-1286 Dostupné na: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2939040>

⁴ KAGERMANN, Henning. Change through digitization—Value creation in the age of Industry 4.0. [elektronický zdroj]. Springer Fachmedien Wiesbaden. 2015, s. 23-45, [cit. 2019-11-11]. ISBN 978-3-658-05014-6. Dostupné na: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-658-05014-6_2

⁵ ANDERSSON, Per. – MATTSSON, Gunnar, Lars. Service innovations enabled by the "Internet of things." [elektronický zdroj]. IMP Journal, 9, 2015, s.85-106. doi:10.1108/IMP-01-2015-0002 , [cit. 2019-11-11] ISSN 0809-7259 Dostupné na:

Obdobie štvrtej priemyselnej revolúcie bude poznačené úplnou automatizáciou a digitalizáciou, ako aj využívaním elektroniky a informačných technológií (IT) vo výrobe, v službách i v súkromnom prostredí. Dôsledky vývoja technológií, ako je 3D tlač, vývoj online predajných služieb, ako napr. lekárske prehliadky z domova, objednávanie potravín z obchodu do chladničky, atď., bude mať významný vplyv na zmeny v malých a stredných podnikoch.⁶

Správanie spotrebiteľov sa zmenilo prostredníctvom používania kybernetických systémov. Spoločnosti musia pochopiť, ako môžu prepojené spotrebiteľské produkty alebo služby slúžiť ako kritický základ pre organizáciu na identifikáciu názorov a rôznych psychologických faktorov zákazníkov, ktoré ovplyvňujú ich spotrebiteľské správanie. Spoločnosti, ktoré ešte nepresunuli svoju marketingovú stratégiu na vyššiu úroveň, teraz majú obrovskú príležitosť k zmene, a viesť ich marketingové stratégie do súladu s konkurenciou trhu a technologickými schopnosťami podniku.⁷

Základné výrobné koncepcie Priemyslu 4.0

Priemysel 4.0 pozostáva z transformácie priemyselnej výroby poháňaného technologickým pokrokom a riadi sa deviatimi hlavnými technológiami. Internet vecí, Big Data, Cloud Computing, simulácia, rozšírená realita, robotizácia, AM-doplňková výroba, kybernetická bezpečnosť a integrácia horizontálnych a vertikálnych systémov sú kľúčovými pojmami Priemyslu 4.0.

Francisco Almada- Lobo uvádza, že Priemysel 4.0- bude mať významný vplyv na úplnú transformáciu priemyslu, pretože predstavuje pokrok v troch bodoch:

- **Digitalizácia výroby** – informačné systémy pre riadenie a plánovanie výroby;
- **Automatizácia** – systémy na získavanie údajov z výrobných liniek a používanie strojov;

[https://center.hj.se/download/18.7d241c5015334a41afb1f27/1520583414052/Andersson%20&%20Mattsson%20\(2015\).pdf](https://center.hj.se/download/18.7d241c5015334a41afb1f27/1520583414052/Andersson%20&%20Mattsson%20(2015).pdf)

⁶ SOMMER, Lutz. Industrial revolution-Industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution? [elektronický zdroj]. In: Journal of Industrial Engineering and Management, Vol 8, č.5 1512-1532. [cit. 2019.11.11] ISSN: 2013-0953 Dostupné na: <http://www.jiem.org/index.php/jiem/article/view/1470/730>

⁷ ROCCO, Richard – BUSH, Alan. J. Exploring buyer-seller dyadic perceptions of technology and relationships: [elektronický zdroj]. In: Implications for Sales 2.0. Journal of Research in Interactive Marketing, 10, 2016. s. 17-32. [cit. 2019.10.23] ISSN 2040-7122 Dostupné na: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JRIM-04-2015-0027/full/html>

- **Prepojenie výrobných závodov v komplexnom dodávateľskom reťazci** – automatická výmena údajov.

Charakteristika Priemyslu 4.0 zvyšuje konkurencieschopnosť prostredníctvom inteligentných zariadení, pričom využíva informácie o demografických zmenách, zdrojoch, energetickej účinnosti, výrobe, atď.⁸

Kybernetické-fyzikálne systémy (spojenie medzi skutočným a virtuálnym svetom), IoT, IoS a Smart Factory sú hlavnými pojmami v Smart industry. Strojové komunikácie (M2M) a inteligentné produkty sú podložkou kyberneticko-fyzikálnych systémov. Pokiaľ ide o kybernetické fyzikálne systémy, IoT je opísaný ako koncept zhromažďovania informácií z fyzických objektov pomocou počítačových sietí alebo zrýchleného bezdrôtového pripojenia. Extrahované informácie z výrobkov, strojov alebo výrobných liniek predstavujú podstatné množstvo štatistických údajov, ktoré sa majú vymieňať a analyzovať. Veľké množstvo údajov ako objednávky zákazníkov, dodávky dodávateľov, zásoby a informácie súvisiace s logistikou je zadefinované ako celok Big Data-veľké údaje, čo je ďalší hlavný pojem v Priemysle 4.0. Okrem toho, Cloud Computing, ktorý súvisí so spracovaním všetkých dostupných informácií a zdrojov, možno tiež považovať za jeden z najvýznamnejších pojmov vo virtuálnom priemyselnom svete. Napriek tomu fyzická časť inteligentných tovární je obmedzená schopnosťou existujúcich výrobných systémov.

Doplňková výroba je ďalšou dôležitou zložkou Priemyslu 4.0. Vzhľadom na nevyhnutnosť hromadného prispôsobenia v priemysle je potrebné vypracovať netradičné výrobné metódy. Doplňková výroba sa môže stať kľúčovou technológiou pre výrobu prispôbovaných produktov vďaka svojej schopnosti vytvárať nové materiály a tvary. V súčasnosti sa AM (Doplňková výroba) vďaka zvýšenej kvalite sa používa v rôznych odvetviach, ako sú letectvo, zdravotníctvo alebo automobilový priemysel.⁹

Výrobný priemysel je základom národného hospodárstva a mocne ovplyvňuje životy ľudí.

⁸ ALMADA-LOBO, Francisco. The Industry 4.0 revolution and the future of manufacturing execution systems (MES). [elektronický zdroj]. In: Journal of Innovation Management, 3, 2015 s.16-21.[cit. 2019-11-13] ISSN 2183-0606 Dostupné na:

https://www.researchgate.net/publication/306150248_The_Industry_40_revolution_and_the_future_of_Manufacturing_Execution_Systems_MES

⁹ WANG, Lidong – WANG, Guanghui. Big Data in cyber-physical systems, digital manufacturing and Industry 4.0. [elektronický zdroj]. I.J. Engineering and Manufacturing, 2016, 4, 1-8.[cit. 2019.11.11] ISSN 2306-5982 Dostupné na:

<https://pdfs.semanticscholar.org/20a2/1cdc85d140d021b4b37d35d328f217334e1d.pdf>

V nasledujúcej časti sú uvedené tri hlavné pokročilé výrobné technológie: Inteligentná digitálna výroba, Výroba s podporou IoT a Cloudová výroba.

- **Inteligentná digitálna výroba** – je široká koncepcia výroby s cieľom optimalizovať výrobné a produktové transakcie tým, že naplno využíva pokročilé informačné a výrobné technológie. Je považovaný za nový výrobný model založený na inteligentnej vede a technológii, ktorá výrazne inovuje dizajn, výrobu, riadenie a integráciu celého životného cyklu typického produktu. Celý životný cyklus produktov je možné uľahčiť pomocou rôznych inteligentných senzorov, adaptívnych rozhodovacích modelov, pokročilých materiálov a inteligentných zariadení.¹⁰
- **Výroba s podporou IoT** – sa vzťahuje na pokročilú zásadu, v ktorej sa typické produkčné zdroje premieňajú na inteligentné výrobné objekty (SMOs), ktoré sú schopné vnímať, prepojiť a vzájomne komunikovať. Výroba s podporou IoT ponúka zhromažďovanie a zdieľanie údajov v reálnom čase medzi rôznymi výrobnými zdrojmi, ako sú stroje, pracovníci, materiály a pracovné miesta. Zhromažďovanie a zdieľanie údajov v reálnom čase je založené na kľúčových technológiách, ako je rádiová frekvencia identifikácia (RFID) a normy bezdrôtovej komunikácie. Používaním technológie RFID môžu byť fyzické výrobné toky, ako sú pohyby materiálov a súvisiace informačné toky, ako je viditeľnosť a sledovateľnosť rôznych výrobných operácií, ľahko integrované.¹¹
- **Cloudová výroba** – sa vzťahuje na pokročilý model výroby v rámci podpory cloud computingu, IoT, virtualizácie a technológií orientovaných na služby, ktoré transformujú výrobné zdroje na služby a pritom môžu byť komplexne zdieľané. Pokrýva rozšírený celý životný cyklus výrobku, od jeho konštrukcie, simulácie, výroby, testovania a údržby, a preto sa zvyčajne považuje za paralelný, sieťový a inteligentný výrobný systém.¹² Nemecké združenia, ako napríklad nemecké

¹⁰ LI, Bo-hu, – HOU, Bao Cun, – YU Wen Tao, – LU, Xiao-bing – YANG, Chun-wei. Applications of artificial intelligence in intelligent manufacturing: A review. [elektronický zdroj]. In: Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering. 2017;18(1) s. 86–96.[cit. 2019-11-10] ISSN 2095-9230 Dostupné na: <https://link.springer.com/article/10.1631%2FFITEE.1601885>

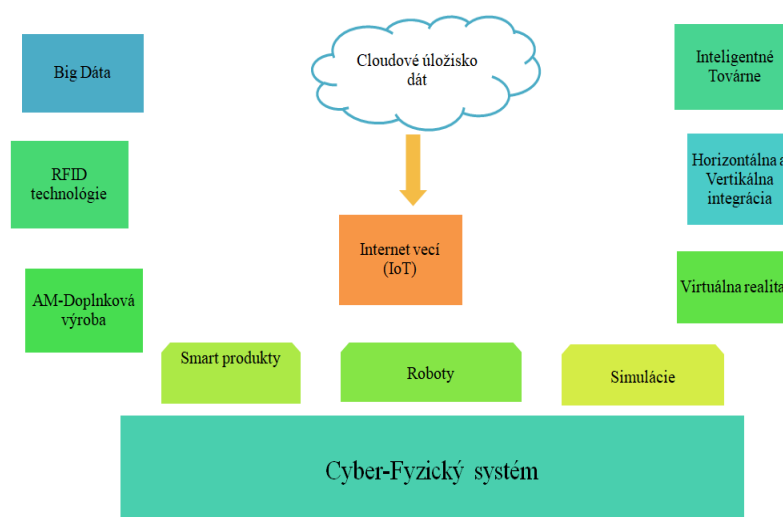
¹¹ ZHONG, Ray –LI Z, –PANG L.Y, –PAN,Y– HUANG, George, Q. RFID-enabled real-time advanced planning and scheduling shell for production decision making. [elektronický zdroj]. In: International Journal of Computer Integrated Manufacturing. 2013. Volume 26, issue 7. s. 649- 662.[cit. 2019-10-27] ISSN:0951-192X Dostupné na: <https://www.scribd.com/document/402055371/Intelligent-Manufacturing>

¹² LI, Bo-hu – ZHANG, Lin – WANG, Shi-long –TAO, Fei, –CAO, Jun-wei – JIANG, Xiao-dan –SONG Xiao – CHA, I Xu-dong. Cloud manufacturing: A new service-oriented networked manufacturing model. [elektronický zdroj]. In: Computer Integrated Manufacturing. 2010; volume 16(1) s. 1–7. [cit. 2019.10.20]. ISSN: 2543-912X. Dostupné na: <http://www.cims-journal.cn/EN/abstract/abstract2516.shtml>

združenie elektrických a elektronických výrobcov (ZVEI), už vyvinuli pokročilý prístup; vytvorili referenčnú architektúru na Priemysel 4.0 produkty a služby (referenčný model architektonického modelu priemysel (RAMI)).¹³

Kľúčové technológie súvisiace s Priemyslom 4.0

V tejto podkapitole sme uvádzali niektoré kľúčové technológie používané v inteligentnej výrobe. Internet vecí, Big Data, Cloud Computing, simulácia, rozšírená realita, robotizácia, 3D tlač, AM-doplnková výroba, kybernetická bezpečnosť a integrácia horizontálnych a vertikálnych systémov sú kľúčovými pojmami Priemyslu 4.0.



Obrázok 1 Technológie súvisiace s Priemyslom 4.0

Zdroj: vlastné spracovanie

Internet vecí (IoT)¹⁴ – Vo všeobecnosti je schopný ponúkať pokročilé možnosti možnosti pripojenia fyzických objektov, systémov a služieb, čo umožňuje komunikáciu medzi objektmi a zdieľanie údajov. Podporuje automatizáciu pre osvetlenie, vykurovanie, obrábanie a diaľkové monitorovanie. Jednou z kľúčových technológií v IoT je automatická

¹³ HEIDEL, Roland, – HANKEL, Martin, – DOBRICH, Udo, – HOFFMESITER, Michael. Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0). [elektronický zdroj]. Berlin, Beuth Verlag GmbH. 2017[cit. 2019-11-20]. ISBN 10: 3410264825 Dostupné na: <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91345/250940128>

¹⁴ XIA, Feng – YANG, Laurence T. – VANG, Lizhe – VINEL, Alexey. Internet of Things. [elektronický zdroj]. In: International Journal of Communication Systems. 2012.September. Volume 25 1101-1102 [cit. 2019.10.27]. Dostupné na: <https://www.deepdyve.com/lp/wiley/internet-of-things-vC9ott2CDk>

identifikácia (auto-ID) technológia, ktorá môže byť použitá na vytvorenie inteligentných objektov.

Kybernetický fyzický systém (CPS) – je mechanizmus, prostredníctvom ktorého sú fyzické objekty a softvér úzko previazané, čo umožňuje rôznym komponentom vzájomne komunikovať v nespočetných spôsoboch výmeny údajov.¹⁵

Big Data – Vďaka agresívnemu tlačeniu smerom k internetu a IKT sa údaje stávajú čoraz prístupnejším a všadeprítomným v mnohých odvetviach.¹⁶ Spoločnosti zachytia miliardy informácií o svojich zákazníkoch, dodávateľov a operácií. Miliardy snímačov sú zakotvené vo fyzickom svete v zariadeniach, ako sú mobilné telefóny, inteligentné merače energie, automobily a priemyselné stroje. Sociálne siete, smartfóny a iné spotrebiteľské zariadenia vrátane počítačov a notebookov umožnili miliardám jednotlivcov na celom svete prispievať k veľkému počtu dostupných údajov. A rastúci objem multimediálneho obsahu zohrával významnú úlohu v exponenciálnom raste vo výške veľkých dát. Každá sekunda videa s vysokým rozlíšením napríklad generuje viac ako 2 000 krát toľko bajtov, koľko je potrebné na uloženie jednej strany textu.¹⁷

AM – Doplnková výroba – Spoločnosti práve začali prijímať doplnkové výroby, ako je 3D tlač, ktoré používajú prevažne prototypy a vyrábajú jednotlivé komponenty.

Aditívna výroba (AM) sa považuje za jednu z najslubnejších výrobných technológií na celom svete. Keďže technológia je necitlivá na kvantitu a zložitosť, prináša výhody z hľadiska času a nákladov. Doplnkové procesy tiež umožňujú väčšiu slobodu dizajnu, bez ohľadu na obmedzenia predchádzajúcich výrobných techník. Je to dizajn, ktorý bude určovať produkciu, a nie naopak. Okrem toho umožňuje skrátiť cyklus vývoja výrobkov až do jeho uvedenia na trh a znížiť odpad, čo vedie k efektívnejším procesom.¹⁸

¹⁵ BAHETI, Radhakisan, – GILL, Helen. Cyber-physical systems. [elektronický zdroj]. In: New York: IEEE Control Systems Society; 2011. p. 161–169. [cit. 2019-10-27] ISSN 1049-8923. Dostupné na: <http://ieeecss.org/sites/ieeecss/files/2019-07/IoCT-Part3-02CyberphysicalSystems.pdf>

¹⁶ MANYIKA, James – CHUI Michael – BROWN Brad – BUGHIN, Jacquess – DOBBS, Richard, et al. Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity. [elektronický zdroj]. In New York: McKinsey Global Institute; 2011. s.156[cit. 2019.10.28] ISBN 10: 0983179697 Dostupné na: https://bigdatawg.nist.gov/pdf/MGI_big_data_full_report.pdf

¹⁷ MANYIKA, James – CHUI, Michael – BROWN, Brad – BUGHIN, Jacquess – DOBBS, Richard, et al. . Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity. . [elektronický zdroj]. In New York: McKinsey Global Institute; 2011. s.156[cit. 2019.10.28] ISBN 10: 0983179697 Dostupné na: https://bigdatawg.nist.gov/pdf/MGI_big_data_full_report.pdf

¹⁸ COTTELEER, Mark, – HOLDOWSKY, Jonathan – MAHTO, Monika. The 3D opportunity primer: the basics of additive manufacturing. [elektronický zdroj]. In : Deloitte University Press, 2014, March. [cit. 2019.10.28] Dostupné na: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/3d-opportunity/the-3d-opportunity-primer-the-basics-of-additive-manufacturing.html>

Prijatie tejto technológie môže tiež umožniť konkurencieschopnú a udržateľnú miestnu výrobu. Avšak, AM nie je určený úplne nahradiť tradičné procesy, ale skôr dopĺňať existujúce procesy, ktoré pomôžu prekonať ich problémy napr. multifunkčnosť.

Smart Factory – je špičkové riešenie na dosiahnutie flexibilných výrobných cieľov, ako sú požiadavky na trhu, ciele objemu výroby a stratégia úspory nákladov. Prostredníctvom spolupráce vyššie uvedených technológií bude možné prejsť z centralizovaného modelu výroby na decentralizovaný model, kde materiály a strojové zariadenia môžu navzájom komunikovať a vykonávať autonómne rozhodnutia. Výsledkom bude "Smart " vytvorenie hodnoty siete schopné reagovať takmer automaticky na zmeny na trhu. Prostredníctvom snímania v celej továrni bude možné využiť údaje v reálnom čase na vybudovanie fyzického sveta do virtuálneho modelu, ktorý by mohol zahŕňať stroje, produkty a ľudí. To umožní prevádzkovateľom testovať a optimalizovať konfigurácie strojov pre ďalší produkt in-line vo virtuálnom svete pred ich fyzickým prechodom, čím sa zníži doba konfigurácie stroja a zvyšuje sa kvalita okrem bezpečnosti výroby v podmienky času a nákladov.¹⁹

Na dosiahnutie vízie navrhutej Priemyslom 4.0 je však potrebné integrovať rôzne etapy výroby. Autori Wang, Wan, Li a Zhang klasifikujú tri typy integrácií, ktoré sú nasledovné:²⁰

1. **Vertikálna integrácia** – nastane v rámci inteligentnej továrne, kde spolupráca medzi rôznymi hierarchiami informačných subsystémov tvorí seba-organizovaný systém, ktorý môže dynamicky prekonfigurovať a prispôbiť sa rôznym typom produktov.

Vertikálna integrácia nastane vtedy, keď v továrni zamestnanci, počítače, výrobné zariadenia sú navzájom prepojené a automaticky medzi sebou komunikujú a tieto interakcie existujú nielen v reálnom svete, ale aj vo virtuálnej realite v modeli celého systému.

2. **Horizontálna integrácia** – dochádza prostredníctvom hodnotových sietí, bude využívať nové technológie na výmenu a správu informácií medzi zainteresovanými

¹⁹ BAHRIN,Kamaril– OTHMAN Fauzi –NOR.AZLI,Nor Hayati– TALIB, Muhamad Farihin.,Industry 4.0: a review on industrial automation and robotic. . [elektronický zdroj]. In : Jurnal Teknologi, 2016. vol. 78, no.6-13, s.137–143. [cit. 2019.11.2] ISSN 2180–3722. Dostupné na: <https://jurnalteknologi.utm.my/index.php/jurnalteknologi/article/view/9285>

²⁰ WANG, Shijong –WAN Jiafu –LI Di –ZHANG, Chunhua. Implementing smart factory of Industrie 4.0: an outlook.[elektronický zdroj]. In: Int. Journal of Distributed Sensor Networks, vol. 12, no.1,2016 s. 1-10, [cit. 2019.11.8] ISSN: 1550-1477. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/291385881_Implementing_Smart_Factory_of_Industrie_40_An_Outlook

stranami, čo umožní užšiu spoluprácu medzi zákazníkmi, dodávateľmi a obchodnými partnermi s cieľom vytvoriť efektívny ekosystém.

Horizontálna integrácia bude znamenať novú generáciu globálneho hodnotového reťazca vytvárajúcich pridanú hodnotu, čo bude náznakom toho, že rôzne súčiastky, tovary a služby budú meniť svojich majiteľov oveľa efektívnejšie vďaka spoločnej platforme.

Horizontálna integrácia sa odráža najmä v sieťovej spolupráci, najmä od integrácie podnikov po integráciu medzi podnikmi, až po integráciu podnikových systémov riadenia podnikov, ako sú priemyselné reťazce, skupiny podnikov a dokonca aj nadnárodné spoločnosti, s cieľom vytvoriť nové hodnotové reťazce a inovácie v obchodných modeloch.

3. End to end integrácia – digitálna integrácia povolená vertikálnymi a horizontálnymi integráciami. Prispieva tak k zúženiu rozdielov medzi jednotlivými fázami výroby, pretože zhromažďovanie informácií o produktoch počas jeho životného cyklu je nevyhnutné na podporu personalizácie a požiadavky zákazníkov.

Úplná integrácia sa týka integrácie inžinierskych informačných systémov v celom hodnotovom reťazci, aby sa zabezpečila implementácia rozsiahleho personalizovaného prispôsobenia. Integrácia medzi koncovými bodmi spočíva v skúmaní inteligentnej výroby z hľadiska toku procesov, najmä v paralelnej výrobe. Jadrom celého procesu sú samotné údaje: ako sú spracované, ako sú zdieľané počas celého životného cyklu rôznych zariadení a ako sa nakoniec stanú virtuálnym prototypom a potom konečným produktom.

Väčšina súčasných priemyselných IT systémov však nie je digitálne integrovaná horizontálne, tj. mimo závodu (dodávateľia, veľkoobchod a maloobchod, zákazníci), ani vertikálne (dizajn, výroba, nákup, skladovanie). Dôsledkom toho sú prvé kroky integrovanej digitálnej transformácie veľmi nákladné. Náklady ďalej zhoršuje skutočnosť, že v súčasnosti dnes fungujú paralelne rôzne normy. Úspešná digitálna zmena vyžaduje zručnosti v oblasti riadenia zmien vysokej kvality a riadenia projektov.

Vzhľadom na to, že v praktickej časti sa budeme venovať aditívnej výrobe – 3D tlači v stomatológii, je dôležité, aby sme vymedzili základné poznatky o aditívnej výrobe, aplikáciu technológií v rôznych priemyselných odvetviach a uviedli výhody a nevýhody technológie rýchleho prototypovania.

Niet pochýb o tom, že technológie 3D vedú k ďalšej významnej priemyselnej revolúcii. Vďaka svojej univerzálnosti hrá aditívna výroba kľúčovú úlohu v Priemysle 4.0,

šetrí čas a náklady, je rozhodujúca pre efektívnosť procesu a znižuje jeho zložitosť, čo umožňuje rýchle prototypovanie a vysoko decentralizované výrobné procesy. V súčasnosti stále viac a viac priemyselných segmentov prijíma AM. Inteligentné továrne budúcnosti majú všetky procesy prepojené internetom vecí, ktoré zahŕňajú väčšiu flexibilitu a individualizáciu výrobných procesov.

Základné piliere Priemyslu 4.0	Charakteristika
Robotizácia	Autonómne, spolupracujúce priemyselné roboty Početné integrované senzory
AM- Aditívna výroba	3D tlač, najmä na náhradné diely a prototypy Decentralizované 3D zariadenia na zníženie prepravných vzdialeností a zásob
Simulácie	Simulácia hodnotových sietí Optimalizácia v reálnom čase
Horizontálna a vertikálna integrácia	Integrácia údajov medzi spoločnosťami Plne automatizovaný hodnotový reťazec
Internet	Prepájanie strojov, ľudí a zariadení Komunikácia
Cloud	Obrovské objemy dát v otvorených systémoch Komunikácia v reálnom čase pre výrobné systémy
Cybersecurity	Prevádzka v otvorených systémoch Vysoká úroveň prepojenia medzi inteligentnými strojmi
Big Data	Optimalizácia rozhodovania v reálnom čase

Obrázok 2 Základné piliere Priemyslu 4.0

Zdroj: vlastné spracovanie

1.2.1 Virtuálna a rozšírená realita

Virtuálna realita a rozšírená realita – Augmented Reality (AR) – sú kľúčovým technológiám Priemyslu 4.0. Prognózy hovoria, že v najbližších piatich rokoch zaznamenáme v priemyselných podnikoch jej 25-percentný nárast. Virtuálna realita a rozšírená realita môžu hrať rolu v počiatočných fázach výroby, kde optimalizácia a zvýšená produktivita je dôležitejšia ako neskoršie fázy inovácie podniku. Rozšírená realita zlepši spôsob riadenia a rozdeľovania úloh medzi zamestnancov. Vytvorením centralizovanej platformy asistentov AR, ktorá dokáže rozpoznať jednotlivých zamestnancov už pri ich príchode do práce, bude inteligentná továreň schopná informovať zamestnanca o úlohách, či o nadväznosti na prácu ďalších pracovníkov. Je automatizovaným sekretárom, ktorý je aplikovaný v množstve zariadení (vrátane

smartfónov a displejov), ktoré pomáhajú zjednodušiť komunikáciu medzi pracovníkmi a zlepšujú presnosť a produktivitu na pracovisku.

Súčasný trendy v Priemysle 4.0 ukazujú, že ľudská interakcia v kybernetickom fyzickom systéme (CPS) nemôže byť odstránená, ale naopak, je nenahraditeľná. Zdá sa, že ľudia nemôžu byť nahradení robotmi v niektorých špecializovaných spracovateľských úlohách, takže spolupráca medzi ľuďmi a robotmi musí byť podporovaná.²¹

Za posledných dvadsať rokov boli zaznamenané veľké pokroky vo výskume a v inováciách v prostrediach virtuálnej reality (VR) a Augmented Reality (AR). Virtuálna realita a rozšírená realita uľahčujú spoluprácu a vytvárajú spoločné pracovné prostredie pre návrhové zariadenie, ktoré je umiestnené samostatne. Výsledky tohto výskumu o virtuálnej realite sa uplatnili najmä v automobilovom a leteckom priemysle, kde sa v súčasnosti VR úspešne používa na úlohy spojené s preskúmaním návrhu a montáže²².

Pri uvažovaní o virtuálnej realite, častokrát si predstavujeme počítačové hry a konzolové hry. Aj keď pre mnohých sú to vzrušujúce aplikácie, virtuálna realita nadobúda v priemysle úplne nový rozmer. Na rozdiel od virtuálnej reality (VR) Augmented Reality (AR) umožňuje pridávať informácie do zorného poľa. Tieto vizuály, ktoré sú umiestnené v reálnom svete, sú umiestnené do viditeľného prostredia. Zoberme si príklad údržbových operácií: polohovacie zariadenie s nástrojom s rozšírenou realitou, príslušné postupy sa objavujú v zornom poli operátora, preto môže rýchlo zasiahnuť sledovaním zobrazených informácií.

Priemyselné aplikácie Augmented Reality menia spôsob navrhovania nových výrobkov a prinášajú nové možnosti. Počítačové simulácie poskytujú lepší prehľad o správaní sa materiálov a zariadení v reálnom svete.

Priamymi výhodami sú:

- optimalizácia manipulačných a prevádzkových časov
- správne používanie materiálov a vykonanie správnej úlohy v správnom čase
- vyhýba určitým manuálnym operáciám lokalizácie alebo identifikácie prvkov, ktoré sú niekedy časovo náročné.

²¹ KRUGER, James – LIEN Terje. K. – VERL, Alexander Wilhelm. Cooperation of human and machines in assembly lines, [elektronický zdroj]. In: CIRP Annals-Manufacturing Technology, vol. 58, no. 2, 2009, s. 628–646. [cit. 2019.11.8] doi:10.1016/j.cirp.2009.09.009 Dostupné na: <https://kundoc.com/pdf-cooperation-of-human-and-machines-in-assembly-lines-.html>

²² ERRO, Alfonso Martín, – DOMINGUEZ, Manuel – ESPINOZA, M.. Industrial application of virtual reality environments and augmented reality. [elektronický zdroj]. In: RG Journal Impact. 2014, July. s. 382–386 [cit. 2019.11.8] doi: 10.6036/6989 Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/264416619_Industrial_applications_of_virtual_reality_environment_s_and_augmented_reality

Augmented Reality jemne spája realitu a virtuálne informácie, čo umožňuje vysvetliť zložité javy a zároveň ich spojiť s mierou reálneho prostredia.

Zaujímavosťou je, že napr. VR pomáha školiť nových študentov medicíny a umožňuje im vstúpiť do operačného sálu, aby videli všetky triky a metódy, ktoré sa používajú počas operácie. Možnosť interakcie s veľkým srdcom v plných farbách vytlačenou 3D technológiou na simuláciu chirurgického zákroku je teraz realitou.

Neurologické zotavenie u paraplegického pacienta - VR pomáha u chorobe nervového systému pacienta znovu získať kontrolu nad ich svalmi. Prostredníctvom kombinácie simulácie VR a high-tech mozgu riadeného robotického obleku môžu pacienti s ťažko poškodenými miechami získať čiastočnú neurologickú kontrolu nad svojimi dolnými telami.²³

1.2.2 Aditívna výroba a 3D tlač vo svete

Vďaka rýchlemu zavádzaniu moderných technológií sa výroba neustále prispôsobuje a mení tak, aby zahŕňala nové, nákladovo efektívnejšie a inovatívnejšie metódy výroby a dizajnu. Aditívna výroba (AM) alebo trojrozmerná (3D) tlač poskytuje veľkú voľnosť v dizajne pre vytváranie komplexných komponentov, vysoko prispôsobiteľné produkty a efektívnu minimalizáciu odpadu. Aditívna výroba zohráva hlavnú úlohu v Priemysle 4.0 vďaka svojim mnohým prínosom, ako je úspora času a materiálu, rýchle prototypovanie, vysoká efektivita a decentralizované výrobné metódy.

V dôsledku toho AM technológia dáva príležitosť integrovať mnoho strojov do továrne a ovládať ich online. Výsledkom tejto kombinácie je, že produkt špecifický pre používateľa možno vyrobiť v rámci každého stroja.²⁴ Aditívna výroba sa týka výroby súčiastok vytváraním po sebe nasledujúcich vrstiev materiálu v rozsiahlom automatizovanom procese založenom na digitálnych modeloch. Prvé pokroky v laserovej technológií a IKT boli v 90. rokoch – s názvom Rapid Prototyping, kde sa vyrábali vizualizačné pomôcky, napr. pre dizajnérov a chirurgov s obmedzenou funkčnosťou.

²³ Tech Vire Asia .How VR technology helps medical students and practitioners. [elektronický zdroj]. 2018. September 7 [cit. 2019.11.8] Dostupné na: <https://techwireasia.com/2018/09/can-vr-technology-help-medical-students-and-practitioners/>

²⁴ KANG Hyoung, –Seok.LEE, –Ju.Yeon, –CHOI Sangsu., –KIM, Hyun. –PARK Jun Hee–SON, Ji.Yeon. –KIM Bo Hyun –NOH, Sang Do. Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. [elektronický zdroj]. In: Int. Journal of precision engineering and manufacturing green technology. Vol. 3, No. 1, s. 111-128., [cit. 2019.11.5] ISSN: 2198-0810 Dostupné na: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40684-016-0015-5>

Prednosťou Rapid Prototypingu je, že eliminuje potrebu časovo náročných krokov procesu, ako je výroba foriem alebo montáž jednotlivých komponentov.

Sila a trvanlivosť výrobkov sa postupne zlepšovali, až kým sa nástroj Rapid Tooling - výroba foriem a nástrojov - konečne nezrealizoval. Po prelome tisícročia bolo možné vyrábať hotové výrobky stále nákladovo efektívnejšie, najmä malé diely a jednorazové výrobky, napr. pre lekárske a stomatologické technológie. Proces sa označoval ako rýchla alebo priama výroba- Rapid Manufacturing. Tento proces otvoril úplne nové možnosti konštrukčného inžinierstva, ako je výroba geometricky zložitých častí z vysokopevných materiálov. V roku 2010 sa vedúce spoločnosti v tomto odvetví dohodli, že nahradia rôzne nejasné a zavádzajúce výrazy novým zastrešujúcim výrazom „aditívna výroba“. Technológie aditívnej výroby majú obrovský potenciál, ak sa ich špecifické vlastnosti berú do úvahy v každej fáze vývoja výrobkov a tieto sa systematicky využívajú.²⁵ Rôzne techniky doplnkovej výroby boli vyvinuté, aby nahradili všetky tradičné výrobné metódy, a rozšírili výber rôznych procesov pre výrobcov a zákazníkov. Existujú tri dôležité kľúčové vlastnosti, t. j. čas, náklady a flexibilita, na základe ktorých možno vyhodnotiť výhody doplnkovej výroby. Jedným z hlavných účelov použitia AM je zachrániť výrobný čas a zvýšiť rýchlosť výroby. Tým sa urýchli prototypovanie a skracuje sa čas výroby náhradných dielov.²⁶ Výhody distribuovanej výroby súvisiace s náhradnými dielmi zahŕňajú nižšie prestoje, nižšie celkové náklady, nižšie využitie kapacity, zníženie potreby riadenia zásob, vyššiu robustnosť a vyššiu flexibilitu pri variáciách dodávateľského reťazca.²⁷ Prípadové štúdie ukázali, že hmotné odpady v AM sa znižujú o 40% v porovnaní s tradičnými metódami a 95-98% zvyškov materiálov možno znovu

²⁵ WOHLER, Terry. Wohlers Report 2016 – 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry Annual Worldwide Progress Report. , [elektronický zdroj]. Wohlers Associates Inc. 2016, 335. [cit. 2019-11-13] ISBN 0991333225 9780991333226

Dostupné na: <https://www.worldcat.org/title/wohlers-report-2016-3d-printing-and-additive-manufacturing-state-of-the-industry-annual-worldwide-progress-report/oclc/948549886>

²⁶ HOLMSTROM, Jan –PARTANEN, Joumi– TUOMI, Jukka –WALTER Manfred. Rapid manufacturing in the spare parts supply chain: Alternative approaches to capacity deployment. [elektronický zdroj]. In Journal of Manufacturing Technology Management 21, January 2010. s.687-697 ·[cit. 2019.11.05] DOI:10.1108/17410381011063996 Dostupné na:

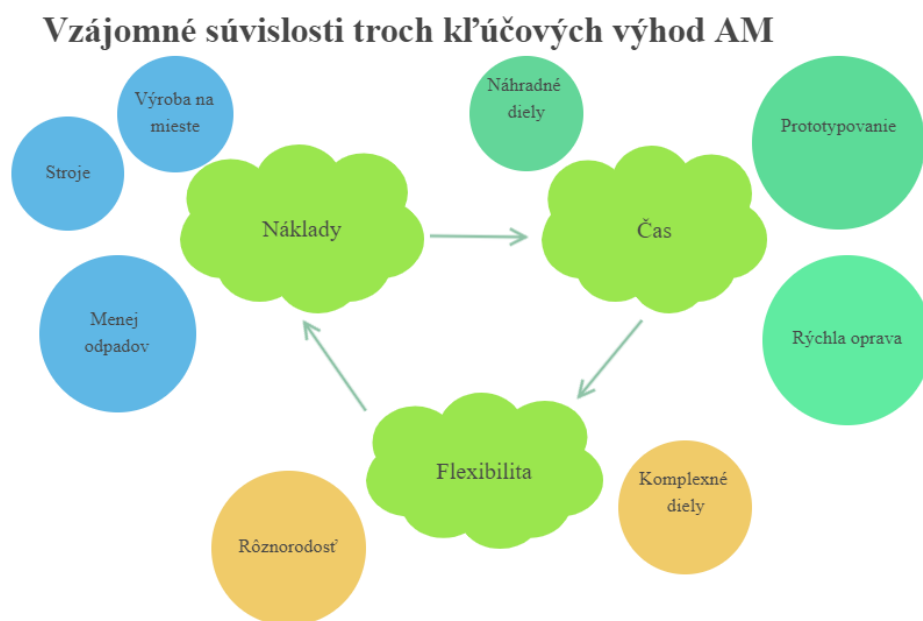
https://www.researchgate.net/profile/Jan_Holmstroem/publication/233663433_Rapid_manufacturing_in_the_spare_parts_supply_chain_Alternative_approaches_to_capacity_deployment/links/00b495339d008adeb000000/Rapid-manufacturing-in-the-spare-parts-supply-chain-Alternative-approaches-to-capacity-deployment.pdf

²⁷ SUTHERLAND, William– AVELING, Rosalind –BROOKS, Thomas–CLOUT, Mick–DICKS, Lynn–FELMANN, Lizz.et al. A horizon scan of global conservation issues for 2014.[elektronický zdroj]. In: Trends in Ecology and Evolution 2014, 29, s.15–22.[cit. 2019.11.05] ISSN: 0169-5347.Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/259853097_A_horizon_scan_of_global_conservation_issues_for_2014

zrecyklovať. Doplnková výroba nevyžaduje ďalšie zdroje, ako sú rezacie nástroje a chladiace látky. Výhodou je, že výroba na objednávku znižuje riziko zásob.

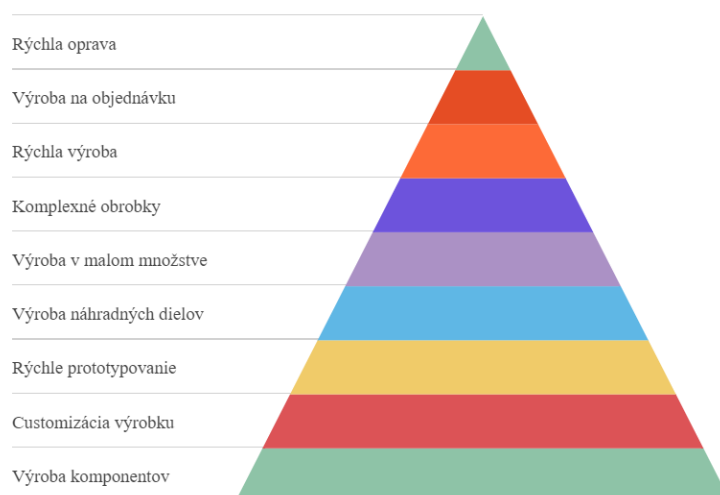
Flexibilitu možno pochopiť ako súčasť procesu. To znamená, že dizajnéri chcú flexibilnejšie navrhovať zložité časti a majú slobodu ľahko meniť parametre procesu na základe ich potrieb. Aditívna výroba je skutočne inovatívna, pretože otvára nové príležitosti a poskytuje mnohé možnosti spoločnostiam, ktoré sa snažia zlepšiť výrobnú efektívnosť.

Nasledujúci obrázok ilustruje vzájomnú súvislosť troch vyššie uvedených kľúčových výhod AM. Všetky výhody sú spojené s jedným alebo dvoma kľúčovými prvkami, tak, že každá z výhod bude znížiť čas a/alebo náklady na proces.



Obrázok 3 Vzájomné súvislosti troch kľúčových výhod AM
Zdroj: vlastné spracovanie

Výhody AM doplnkovej výroby



Obrázok 4 Výhody AM doplnkovej výroby

Zdroj: vlastné spracovanie

3D tlač je výrobný proces, ktorý vytvára vrstvy po vrstvách. Na rozdiel od klasickej výroby, ktorá sa spolieha na elimináciu materiálov, 3D tlač sa odlišuje tým, že používa celý rad možných „atramentov“. Plasty, polymérne živice, keramika, titán alebo dokonca niektoré živé materiály (napríklad bunky) sa môžu použiť na vytvorenie komplexnejších živých tkanív, ako je koža alebo chrupavka.

Existujú rôzne typy 3D tlače, napríklad tie, ktoré využívajú termoplastické alebo polymérne materiály. Tri hlavné technológie 3D tlače pre polymérne materiály sú stereolitografia (SLA), výroba taveného vlákna (FFF) a selektívne laserové spekanie (SLS). Tlačiarne SLA a SLS používajú lasery na spevnenie alebo roztavenie fotopolymérnej živice a prášku na vytvorenie predmetu. Na druhej strane FFF vytvára predmety extrudovaním roztavených termoplastov, ktoré potom okamžite stvrdnú. 3D tlač mala najväčší vplyv na biomedicínu. Niekoľko lekárskech fakúlt a stredísk prijalo 3D tlačiarne vo svojich vzdelávacích a školiacich programoch.

Trojrozmerné tlačové systémy – technológia 3DP používaná v medicíne sa môže klasifikovať podľa použitej techniky, materiálu alebo cieleného procesu depozície. Na 3DP sa používa sedem technológií, z ktorých päť sa používa v medicíne najčastejšie. Zahrňujú

fotopolymerizáciu, tryskanie materiálov, tryskanie spojív, vytlačanie materiálu a fúziu práškového lôžka.²⁸

Bioprinting – Aplikácia doplnkovej výroby v lekárstve je v súčasnosti špičkou 3D tlače. Bioplotre (3D tlačiarne schopné tlačiť bunkami) sa stávajú cenovo dostupnejšími. V posledných rokoch boli vo svete predstavené mnohé 3D tlačené tkanivá a časti orgánov, ktoré sa dnes využívajú napríklad aj pre testovanie nových liečiv.

Výhoda čerstvej globálnej inovácie je, že aspoň na minimálnu dobu postaví všetkých na spoločnú štartovaciu čiaru. Potom už záleží na mnohých ďalších premenných, kam sa daný tím s jej aplikáciami dostane. Iba v posledných rokoch začali byť cenovo dostupné 3D tlačiarne, ktoré dokážu tlačiť rôznymi materiálmi pomerne presne.²⁹

4D tlač je pokrok v 3D tlači, kde štvrtou dimenziou je „čas“. V prítomnosti podnetu (napr. teplo, ultrafialové svetlo alebo voda) je tlačený tvar časovo závislý, a teda nastaviteľný, čo z neho robí dynamickú štruktúru s prispôsobiteľnými vlastnosťami a funkčnosťou.³⁰ Tento pokrok rozšíril uplatniteľnosť digitálnej výroby, vyžaduje si však multidisciplinárne znalosti a zručnosti (napríklad matematiku, mechatroniku, mechanické a chemické inžinierstvo). Odvtedy sa preukázalo a preskúmalo množstvo nových inteligentných inžinierskych materiálov, napríklad inteligentné ventily na reguláciu horúceho a studeného toku alebo kyslého a základného toku, adaptívne potrubia, senzory a mäkké roboty.³¹

Výhody 3D technológií:³²

I. **Hromadné prispôsobenie a customizácia** – 3D tlač ponúka skvelú príležitosť na prispôsobenie výrobkov podľa potrieb jednotlivých zákazníkov.

²⁸ MITSOURAS, Dimitris – LIACORUAS, Peter – IMANZADEH, Amir – GIANNPOULOS, Andreas, et al. Medical 3D printing for the radiologist.[elektronický zdroj]. In: Radio Graphics. 2015;35(7):19 s.65-88. [cit. 2019.11.12] Dostupné na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4671424/>

²⁹ THURZO, Andrej, Mudr. Thurzo, PhD. 3D tlač v medicíne. [elektronický zdroj]. [cit. 2019.11.12] Dostupné na: <https://lekar.pluska.sk/clanky/3d-tlac-v-medicine>

³⁰ MOMENI Farhang – LIU, Xun – NI, Jun. A review of 4d printing.[elektronický zdroj]. In: Material and Design. 2017, 122, s. 42–79[cit. 2019.11.12] ISSN : 0264-1275 Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264127517302034?via%3Dihub>

³¹ KUKSENOK, Olga – BALÁZS, Anna.C. Stimuli-responsive behavior of composites integrating thermo-responsive gels with photo-responsive fibers. [elektronický zdroj]. In: Materials Horizons 2016, 3, s. 53–62 [cit. 2019.11.12] 10.1039/C5MH00212E Dostupné na: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/MH/C5MH00212E#!divAbstract>

³² CAMPBELL, Thomas – WILLIAMS, Christopher – IVANOVA, Olga – GARRETT, Banning. Could 3D Printing Change the World? Technologies, Potential and Implications of Additive Manufacturing. [elektronický zdroj]. In: A Strategic Foresight Report from the Atlantic Council, Washington. 2011. [cit. 2019.11.12] Dostupné na: <https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/report/could-3d-printing-change-the-world/>

Tvar, vzhľad a funkčnosť môžu vyladiť výrobok podľa vkusu jednotlivých zákazníkov. To zaisťuje možnosť predaja veľmi rozmanitých výrobkov.

II. **Znížené zásoby** – pomocou 3D technológie by sa vyrábalo iba to, čo je potrebné na požiadanie.

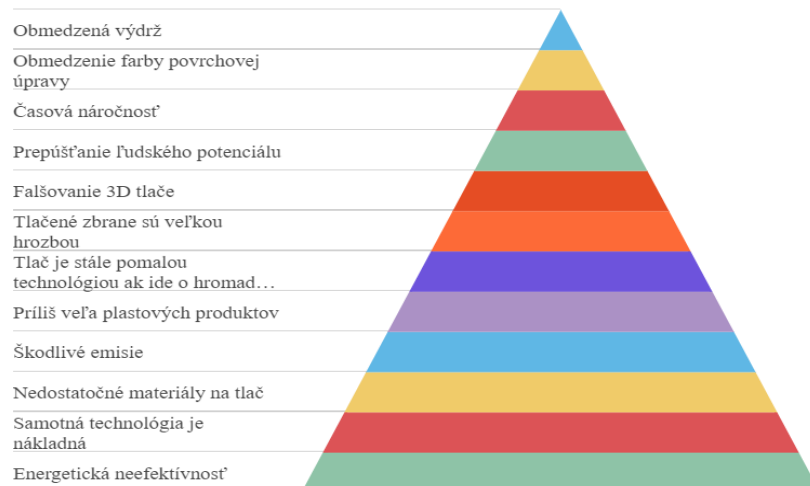
III. **Znížené kapitálové náklady** – 3D tlačiarne znížia v zásade výrobcov fixné kapitálové náklady znížením potreby veľkých investícií do tovární a strojov. Výrobcovia zjavne zohľadňujú súvisiace náklady na 3D tlačiarne, montážne linky a dodávateľské reťazce sa však výrazne znížia. To zase znižuje súvisiace náklady na tovar.

IV. **Znížené náklady na prepravu** – Technológia eliminuje potrebu prepravy medziproduktov a hotových výrobkov z jedného výrobného miesta na druhé. Aj keď budú náklady na dopravu spojené s materiálmi, je pravdepodobné, že tieto náklady budú menšie a ľahšie dosiahnuteľné.

V. **Konečný produkt v rámci jedného procesu** – Dodávateľské reťazce, montážne linky a preprava sa tým v konečnom dôsledku výrazne znížia. Nové dizajny a funkcie sú tiež uskutočniteľné a ľahko dosiahnuteľné.

VI. **Menej odpadov** – 3D tlačiarne vytvárajú menej odpadu ako tradičné technológie výroby kovov, čím znižujú straty na výrobnéj linke a zvyšujú celkovú efektívnosť systému.

Nevýhody 3D tlače



Obrázok 5 Nevýhody 3D tlače
Zdroj: vlastné spracovanie

1.3 Aplikácia AM a 3D technológie v rôznych priemyselných odvetviach

Priemyselné odvetvia využívajúce AM doplnkovú výrobu sú najmä odvetvia, ktoré potrebujú rýchle prototypovanie a/alebo výrobu súčiastok, ktoré si vyžadujú, aby sa v určitých špecifikáciách vyrobili malé množstvá súčiastok. Jednu pätinu z doplnkovej výroby tvorí letecký a automobilový priemysel. Vo výrobnom procese najviac tieto odvetvia aplikujú aditívnu výrobu:³³

Letecký priemysel – Rachael King uvádza, že AM techniky sú ideálne pre výrobu leteckých komponentov, pretože potrebujú malé šarže komponentov, ktoré majú zložité geometrie, čo je potrebné pre prúdenie vzduchu. NASA testuje aditívnu výrobu práve v nulovej gravite, aby založila výrobu na požiadavky astronautov. To by umožnilo vyrábať komponenty vo vesmíre na údržbu a opravu medzinárodnej vesmírnej stanice. Tým by sa znížila potreba, aby NASA uskutočňovala výlety na medzinárodnú vesmírnu stanicu s cieľom doručiť súčiastky, čím by sa výrazne skrátil čas potrebný na výmenu náhradných dielov. Skrátenie dodacej lehoty by znamenalo zníženie zásob a zníženie nákladov. Preprava jedného kilogramu materiálu do vesmíru predstavuje približne 10 000 amerických dolárov (USD)³⁴. Podľa americkej spoločnosti NASA pomocou aditívnej výroby by sa znížila množstvo nákladného priestoru a potreba náhradných dielov, čím sa obchádzajú obmedzenia hmotnosti kozmickej lode.³⁵

Automobilový priemysel – Podľa Erica Fisha prvá aplikácia 3D tlače bola identifikovaná v automobilovom priemysle. Spoločnosť General Motors používa aditívnu výrobu na výrobu prototypov už viac ako 20 rokov, aby sa urýchlil čas potrebný na uvedenie na trh a znížili sa náklady spojené s vývojom produktu.³⁶ Prototypovanie nie je jedinou aplikáciou aditívnej výroby v automobilovom priemysle. V roku 2011 spoločnosť Kor Ecologic odhalila prvé auto Urbee, ktorý mal úplne všetky komponenty vytlačené 3D

³³ KUMAR, Lyothish – NAIR, Krishnadas. Current trends of additive manufacturing in the aerospace industry. [elektronický zdroj]. In: Advances in 3D Printing & Additive Manufacturing Technologies; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2017; s. 39–54. [cit. 2019.11.06] ISBN 978-981-10-0812-2 Dostupné na: <https://www.springer.com/gp/book/9789811008115>

³⁴ KING, Rachael. 3D printing coming to the manufacturing space [elektronický zdroj]. In: Bloomberg business. 2012, January. [cit. 2019.11.06] Dostupné na: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2012-01-09/3d-printing-coming-to-the-manufacturing-space-and-outer-space>

³⁵ National Aeronautics and Space Administration [elektronický zdroj] 2019. [cit. 2019-11-13] Dostupné na: https://www.nasa.gov/sites/default/files/files/3D_Printing-v3.pdf

³⁶ FISH, Erik. Rapid Prototyping: How It's Done at GM. [elektronický zdroj]. In: AD&P media. 2011. [cit. 2019-11-13] Dostupné na: <https://www.adandp.media/articles/rapid-prototyping-how-its-done-at-gm>

tlačou. 3D tlačený exteriér a interiér auta pomohlo eliminovať prebytočné časti, ktoré zvyšovali váhu auta. Spoločnosť dúfa, že v budúcnosti vydá Urbee 2 pre spotrebiteľské použitie. Aditívna výroba by mohla účinne zmeniť celú funkčnosť, dizajn celého automobilového vozidla.³⁷

Lekárstvo – príznaky AM objavili v lekárstve pri výrobe zdravotníckych implantátov. Okrem vysokej zložitosti v dizajne majú zdravotnícke implantáty špecifickú potrebu pre pacienta. Výroba implantátov špecifických pre pacienta znižuje náklady a čas chirurgov a znižujú riziko pooperačných komplikácií.

Protetika bola len prvým krokom vo výrobe komponentov pre ľudské telo. Odborníci už sú schopní tlačiť orgány, ktoré môžu správne fungovať v ľudskom tele. Zaujímavosťou je, že odborný tím pod vedením Anthonyho Ataly vytlačil ľudský močový mechúr pomocou 3D tlače prostredníctvom biokompatibilných materiálov. Vrstvy živých buniek sa ukladajú na gélovú vrstvu a pomaly sa tvoria, aby vytvorili trojrozmerné štruktúry. Novodobý 3D biotlač sa používa na generovanie a transplantáciu niekoľkých druhov tkanív vrátane kože, kostí, cievnych štepov, srdcových tkanív a iných životne dôležitých tkanív a orgánov.³⁸

Architektúra – stavebný priemysel má prospech z AM dvoma spôsobmi: modelovanie a konštrukcia. AM modelov je ideálnym nástrojom pre architektov, pretože im umožňuje zlepšiť svojich návrhov v menšom meradle a zdokonaľiť svoje plány. Znižuje sa výrobný čas a náklady, a umožňuje zvýšiť flexibilitu.

Zaujímavosťou je, že skupina holandských vedcov postavila model KramerMaker, ktorý má 6 metrov. Táto tlačiareň je schopná tlačiť plastové časti s rozmermi 2,2 x 2,2 x 3,5 meter. Výskumná skupina vo Veľkej Británii pracuje na tlači betónových súčastí podobnej veľkosti.³⁹

Maloobchod – ťaží z 3D tlače mnohými rôznymi spôsobmi a určite ich bude ešte viac. Zrýchľuje výrobu, znižuje náklady a plytvanie zásobami, a umožňuje dizajn produktu šité na mieru. Prototypovanie je ďalšou výhodou, pretože urýchli proces navrhovania, a

³⁷ BARGMAN, Joe. Urbee 2, the 3D-Printed Car That Will Drive Across the Country. [elektronický zdroj] In: PopularMechanics, 2013.November .[cit. 2019.11.9]Dostupné na: <https://www.popularmechanics.com/cars/a9645/urbee-2-the-3d-printed-car-that-will-drive-across-the-country-16119485/>

³⁸ MURPHY, Sean –ATALA, Anthony. 3D bioprinting of tissues and organs. [elektronický zdroj] In: Nature Biotechnology 2014 32, s. 773–785.[cit. 2019.11.9] ISBN-10: 3-7643-7231-1 Dostupné na: <https://www.nature.com/articles/nbt.2958>

³⁹ BOGUE, Robert . 3Dprinting: The dawn of a new era in manufacturing? . [elektronický zdroj] In: Assembly Automation 33(4) September 2013, .[cit. 2019-11-13] ISBN 978-1-4939-2112-6 Dostupné na:https://www.researchgate.net/publication/263059946_3D_printing_The_dawn_of_a_new_era_in_manufacturing

tým aj celú výrobu, a tým dodáva vysoko detailné prototypy pripravené na vykonanie testov.

3D tlač umožňuje úpravu súčasného systému dodávateľského reťazca. Vďaka inovatívnej technológii môžu maloobchodníci preskočiť linku, ak investujú do 3D tlačiarň priamo v obchode alebo v sklade. Toto riešenie šetrí veľa času a peňazí.⁴⁰

Ekonomické vplyvy existujú v rôznych formách ktoré súvisia s udržateľnosťou s cieľom znížiť výrobné náklady. Ekonomické prínosy sa odrážajú skôr pri zlepšení efektívnosti dizajnu a výroby. Okrem toho zníženie času nečinnosti medzi fázou návrhu a samotnou výrobou povedie k zníženiu nákladov. Na základe literatúry do roku 2025 sa dosiahne výrazná úspora v spotrebe energií v doprave vo výške 56-219 miliárd amerických dolárov.⁴¹ Technológia doplnkovej výroby vytvára minimálny odpad, pretože sa spotrebúvajú iba potrebné materiály. Caffrey uvádza, že trh AM vzrástol v roku 2013 na 3,07 miliárd dolárov a predpokladá sa, že v roku 2021 vzrastie na približne 10,8 miliárd dolárov.⁴² V ďalšej správe Kellensovej sa odhaduje, že zníženie nákladov sa bude pohybovať od \$170 až 593 miliárd dolárov do roku 2025 pre trhy s veľkým potenciálom procesov AM, ako je lekárske, dopravný a letecký priemysel.⁴³

1.3.1 Novodobá 3D technológia v stomatológii

3D tlač sa v posledných desaťročiach stala dôležitejšou. V medicíne má táto technológia okrem iných disciplín uplatnenie aj v ortopédií, chirurgii chrbtice, neurochirurgii, srdcovej chirurgii a v neposlednom rade v zubnom lekárstve.

Lekári väčšinou pracujú s dvojrozmernými röntgenovými snímkami alebo dvojrozmernými obrázkami získanými z počítačovej tomografie (CT) alebo magnetickej

⁴⁰ PLEWA, Katarina. Improve your production and customer experience the best 3D printing projects in the retail industry. [elektronický zdroj]. In: Discover the best projects of 3D printing in the retail industry. 2018 [cit. 2019.11.17] Dostupné na: <https://www.sculpteo.com/blog/2018/08/29/improve-your-production-and-customer-experience-the-best-3d-printing-projects-in-the-retail-industry/>

⁴¹ DESPEISSE, Melanie. – FORD, Simon. The Role of Additive Manufacturing in Improving Resource Efficiency and Sustainability. [elektronický zdroj]. In: Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2015; s. 129–136. [cit. 2019-11-9] Issn: 1868-4238 Dostupné na: <https://hal.inria.fr/hal-01431086/document>

⁴² CAFFREY, Tim. Additive manufacturing and 3d printing state of the industry annual worldwide progress report. . [elektronický zdroj]. Wohlers Associates, 2018. s.343 [cit. 2019.9.29] ISBN 0991333241 Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/297933997_Additive_manufacturing_state_of_the_industry

⁴³ KELLENS, Karel – BAUMERS Martin – GUTOWSKI Timothy.G. – FLANAGAN Wiliam. Environmental dimensions of additive manufacturing: Mapping application domains and their environmental implications. [elektronický zdroj]. In: Journal of Industrial Ecology. 2017, 21, s.49–68. [cit. 2019.11.12] ISSN 1530-9290 Dostupné na: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jiec.12629>

rezonancie (MR), aby získali presný prehľad o pacienta. Vyžaduje si to vynikajúce vizualizačné zručnosti chirurga.⁴⁴

Medzi technológie 3D tlače používané v stomatológii patria okrem iného selektívne laserové tavenie, stereolitografia, modelovanie a depozície poistiek.

Selektívne tavenie laserom (SLM) – Výroba kovových štruktúr pomocou technológie selektívneho tavenia laserom je jedným z najsľubnejších smerov riešenia rôznych problémov, s ktorými sa stretávame pri odlievaní zliatin.⁴⁵ Selektívne laserové tavenie je technika pridávania vrstvy po vrstve, ktorá vytvára 3D kúsky zosilnením selektívnych a následných vrstiev práškoveho materiálu, jedna nad druhou, pomocou tepla generovaného počítačom riadeným laserovým žiarením.⁴⁶

Stereolitografia – Gregory Jacobs uvádza, že najobľúbenejšou technológiou rýchleho prototypovania je stereolitografia, zariadenie, ktoré vymyslel Charles Hull v 80. rokoch 20. storočia. Zariadenie bolo prvou tlačiarňou dostupná pre širokú verejnosť. Princíp je založený na fotocitlivej monomérskej živici, ktorá pri vystavení ultrafialovému (UV) žiareniu stuhne. Reakcia vytvorená UV svetlom prebieha iba na povrchu materiálu.⁴⁷

Modelovanie poistiek – 3D tlačiareň používa počítačom podporovaný model alebo skenovacie informácie, z ktorých extruduje a ukladá roztavený termoplastický polykarbonát vrstveným spôsobom na vytváranie predmetov zdola nahor. Vrstvy roztaveného plastu sa okamžite navzájom kombinujú, čím sa vytvárajú veľmi zložité časti,

⁴⁴ WURM, Gabrielle – TOMANCOK, Berndt – LEHNER, Michael et al. Cerebrovascular Biomodeling for Aneurysm Surgery: Simulation-Based Training by Means of Rapid Prototyping Technologies. [elektronický zdroj]. In: Surgical Innovation. 18(3) 294–306. Pennsylvania, 2016. [cit. 2019.11.12] Dostupné na: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.832.9235&rep=rep1&type=pdf>

⁴⁵ KRUTH, Jean Pierr – VANDENBROUCKE, Ben – VAERENBERGH, Jonas – NAERT, Ignace. Digital manufacturing of biocompatible metal frameworks for complex dental prostheses by means of SLS/SLM. [elektronický zdroj]. In: Da Silva Bartolo PJ: Virtual modeling and rapid manufacturing. London/Taylor & Francis Group; 2005. [cit. 2019.11.12] Dostupné na: <https://www.semanticscholar.org/paper/Digital-manufacturing-of-biocompatible-metal-for-by-Kruth-Vandenbroucke/8355a5b92ac25630f40a762e66b160156be92337>

⁴⁶ XU, Fangqian – WONG, Y.S. – LOH, Ton Hang. Toward generic models for comparative evaluation and process selection in rapid prototyping and manufacturing. . [elektronický zdroj] In: Journal Manufacturing System 2001;19 s. 292-298. . [cit. 2019.10.29] Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/238176496_Toward_generic_models_for_comparative_evaluation_and_process_selection_in_rapid_prototyping_and_manufacturing

⁴⁷ GREGORY, S. Jacob. Three-Dimensional Printing of Dentures Using Fused Deposition Modeling. [elektronický zdroj]. In: Inside Dental Technology. 2013; Vol.4 Issue8 . [cit. 2019.10.22] Dostupné na: <https://www.aegisdentalnetwork.com/idt/2013/08/three-dimensional-printing-of-dentures-using-fused-deposition-modeling>

ktoré sa ľahko vyrábajú. Výsledný aspekt hotového predmetu sa môže použiť v kombinácii s niekoľkými materiálmi, ako sú akrylát alebo vosk.⁴⁸

Využitie v oblastiach:

1. **Ústna chirurgia** – Anatomické modely vyrobené pomocou metód rýchleho prototypovania sú novým prístupom k plánovaniu a simulácii chirurgických zákrokov. Takéto metódy umožňujú replikáciu anatomických prvkov, vrátane trojrozmerných fyzikálnych modelov lebky alebo iných štruktúr, ktoré umožňujú chirurgovi získať prehľad o zložitých štruktúrach pred chirurgickým zákrokom.⁴⁹

2. **Implantológia** – Využitie zubných implantátov sa za posledných 20 rokov rýchlo vyvíjalo. Štúdie v oblasti orálnej implantológie viedli k predvídateľným restoratívnym možnostiam u pacientov. Využitie technológie 3D tlače získalo v zubnej implantológii popularitu vďaka zavedeniu pokynov pre chirurgický postup pri zavádzaní zubného implantátu. Techniky rýchleho prototypovania umožňujú priemyselnú alebo prispôbenú výrobu 3D objektov pomocou údajov získaných z počítača.⁵⁰

3. **Protézy** – môžu byť vyrobené z počítačového skenovania odtlačkov alebo môžu byť vytvorené pomocou ľahko dostupných materiálov.

V súčasnosti sa zubné protézy robia tradičnými metódami. Zubný technik vyrába implantovateľnú vložku (zvyčajne pomocou inlay, onlay, overlay, čiastočnej korunky alebo úplnej korunky) na základe odliatkov jednoducho ručne, pomocou nástrojov. Nevýhodou tohto procesu je, že operácia je zdĺhavá, vyžaduje niekoľko návštev od pacienta a výsledok nie je vždy dokonalý, pretože závisí od zručností zubného technika. V dnešnej dobe sa čoraz častejšie stretávame s modernou technológiou CAD/CAM, pomocou ktorého sa vložky vyrábajú čoraz častejšie. Pri moderných zubných ambulanciách využívajúc 3D tlače je výmena zubov úplne iná. Aj v tomto prípade je

⁴⁸ DAWOOD, Andrew – MARTI, Begoña – SAURET-JACKSON Veronique – DARWOOD Alastair. 3D printing in dentistry. [elektronický zdroj]. In: British Dental Journal. 2015;219 s. 521-529. [cit. 2019.10.29] Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/286612886_3D_printing_in_dentistry

⁴⁹ WINDER, John – BIBB, Richard. Medical rapid prototyping technologies: state of the art and current limitations for application in oral and maxillofacial surgery. [elektronický zdroj]. In: Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 2005;63 s.1006-1015. [cit. 2019.10.29] Dostupné na: <https://core.ac.uk/download/pdf/20027017.pdf>

⁵⁰ BRUNELLO, Giulia – SIVOLELLA, Stefano – MENEGHELLO, Roberto, et al. Powder-based 3D printing for bone tissue engineering. [elektronický zdroj]. In: Biotechnology Advances. 2016;34 s. 740-753 [cit. 2019.10.29] Dostupné na: <http://iranarze.ir/wp-content/uploads/2016/10/E473.pdf>

poškodený zub potlačený, ale nejde o fyzický zub vyrobeného z tzv. alginátu, ale o digitálneho obrazu zuba, ktorý sa vytvorí pomocou 3D skenera.

Počítač pripojený k skeneru okamžite zobrazí 3D model ošetrovaného zuba a pomocou návrhového softvéru vytvorí perfektnú digitálnu korunu. Virtuálny plán sa potom odošle na 3D tlačiareň (tiež umiestnená v zubnej ordinácii), kde sa nový zub skutočne narodí. Zubné tlačiarne sú omnoho presnejšie a môžu tlačiť vrstvy až do hrúbky 16 mikrometrov (jedna tretina veľkosti ľudských vlasov), čo umožňuje výrobu veľmi presných, zložitých a jedinečných tvarov (napríklad koruniek). Inak tlačený proces vytvára iba pomerne „drsný“ model, ktorý získava svoje presné rozmery a tvar zubnými frézami podobnými väčšími CNC strojmi. Hotová korunka sa potom vysadí podobným spôsobom ako pri bežných spôsoboch.

Štandardné zubné 3D tlačiarne sú mimoriadne kompaktné, takže zubári môžu umiestniť tlačiareň vo vlastnej ambulancii. Väčšie, vyspelejšie modely sa nehodia do tak malého priestoru, ale majú veľkú výhodu v tom, že dokážu produkovať viac obrobkov naraz. Výhoda 3D tlače je tu zrejmá, pretože pacient trávi v kresle oveľa menej času a dokonca aj jeden implantát sa dá vykonať na viacerých zuboch.

Výhoda 3D implantátu: V októbri v roku 2015 publikovali vedci z University of Groningen v Holandsku svoju štúdiu „3D-tlačiteľné antimikrobiálne kompozitné živice“, v ktorej vedci diskutovali o zube, ktorý vylučuje baktérie kontaktom. Vedci najprv navrhli implantát, ktorý dokonale dopĺňa protézu pacienta. Odborníci potom použili vzorku na vytlačenie zo živice vyrobenej z bezpečných materiálov kombinovanej so špeciálnou soľou a potom vložili „umelý zub“ do ústnej dutiny pacienta. Pozitívny náboj obsiahnutý v soliach zmiešaných so živicom rozkladá negatívne nabité membrány baktérií a účinne ničí mikroorganizmy.⁵¹

Najväčšou nevýhodou pri 3D technológií sú náklady tejto technológie. 3D technológia v tomto segmente je obrovskou investíciou pre pacientov aj zubárov. Tento typ zubnej chirurgie sa zvyčajne začína pri 500 - 1 000Eur, ale možno ho nájsť až do výšky 2200 - 2500 Eur. Existujú tiež obrovské rozdiely v cene medzi tlačiarňami, ktoré môžu vytvárať protézy. Zatiaľ čo najlacnejšie sú k dispozícii len za pár tisíc eur, najdrahšie a najpokročilejšie stroje môžu stáť až 200 000 eur alebo 5 - 6 miliónov Eur. Pri týchto

⁵¹ ATHERTON, Kelsey. 3-D Printed Artificial Teeth Could Stop Bacteria.[elektronický zdroj]. [cit. 2019.10.29].Dostupné na: <https://www.popsci.com/3-d-printed-tooth-fights-bacteria/>

cenách sa 3D stomatológia môže doposiaľ zapojiť iba do prémiových kancelárií zubných lekárov v najvyspelejších krajinách.

Na základe získaných teoretických poznatkov môžeme konštatovať, že v súčasnosti technológia 3D tlače siahne ďaleko za prototypovanie a dosiahne novú úroveň efektívnosti, ktorá každému odvetviu umožňuje životaschopne vytvárať vysokokvalitné diely pri nízkoobjemovej výrobe. Momentálne prebieha štvrtá priemyselná revolúcia, a je jednou z najtransformatívnejších síl v našom živote. V dôsledku inovačnej transformácie sa objavujú nové modely partnerstva a vznikajú nové spôsoby podnikania.

Technológia ako aditívna manufaktúra sa rozlišuje od klasických metód výroby tým, že pridáva materiál (pri 3D tlači vrstvenie), a tak vznikajú nové objekty čo je dôsledkom odstraňovania nadbytočných materiálov, pričom zvýši tvorivú slobodu a takto zefektívni výrobu. Vďaka tejto technológii dokážeme materializovať akýkoľvek trojrozmerný nápad do hmatateľných trojrozmerných objektov. V súčasnosti zubné protézy sa väčšinou vyrábajú u nás tradičnými metódami. Zubný technik vyrába implantovateľnú vložku (zvyčajne pomocou inlay, onlay, overlay, čiastočnej korunky alebo úplnej korunky) na základe odliatkov, zvyčajne jednoducho ručne, pomocou nástrojov. Táto operácia je zdĺhavá, vyžaduje niekoľko návštev od pacienta a výsledok nie je vždy dokonalý.

Môžeme vyvodiť záver, že aditívna výroba poskytuje veľkú voľnosť v spôsobe navrhovania, výroby a distribúcie výrobkov. Táto technológia prinesie pridanú hodnotu v mnohých oblastiach, ako napr. zníženie dodacej lehoty, hmotnosti a počtu dielov, s vyššou účinnosťou komponentov, nižšou spotrebou odpadu a nižšou spotrebou emisií. Normalizácia v doplnkovej výrobe zohráva tiež veľmi dôležitú úlohu pri podpore inovácií a hospodárskeho rozvoja v Európe. Podľa prieskumu nedostatok noriem brzdí šírenie aditívnej technológie v kľúčových odvetviach, ako je letectvo, medicína a zubné lekárstvo.

Zavedenie novej technológie ako aj samotný inovačný proces rôznych spoločností môže mať hlboký dopad na globálnu ekonomiku. Používanie doplnkovej výroby je však stále v počiatočnom štádiu, síce predaj 3D komponentov vzrástol vo výške viac ako 25% ročne od roku 1989, ale stále tvoria malú časť z globálneho hľadiska výrobnnej produkcie.

Na rozdiel od iných významných inovácií vo výrobnej histórii, aditívna výroba v Európe pravdepodobne nenahradí existujúcu výrobu. Problém spočíva práve v materiáloch, ktoré robia doplnkovú výrobu nekonkurenčnou. Z dlhodobého hľadiska vedci vidia perspektívu v tejto technológii, ktorá by mohla viesť k širšiemu prerozdeleniu výroby, presun mnohých príkladov výroby ku konečným spotrebiteľom, čo by viedlo

k zmenám aj na nízkokvalifikovanom trhu práce. V kombinácii s umelou inteligenciou výroba môže byť v hodnotových reťazcoch konkrétnych výrobkov mimoriadne decentralizovaná a spotrebitelia môžu sami navrhovať a vyrábať veľa výrobkov z pohodlia domova.

2 Cieľ práce

Hlavným cieľom záverečnej práce je na základe získaných teoretických poznatkov analyzovať aditívnu výrobu presnejšie trojrozmernú tlač a jej ekonomický dopad na vybraný podnik v oblasti stomatológie 3Dmedicalprint KG, a následne poukázať na procesné a iné zmeny vyplývajúce z využívania modernej inteligentnej technológie aditívnej výroby. Hlavný cieľ sa snažíme naplniť pomocou podporných cieľov, ktorými sú:

- zhrnutie teoretických poznatkov rôznych zahraničných autorov z vedeckých článkov a od odborníkov stomatológie zo zahraničia v oblasti riešenej problematiky;
- analýza poznatkov o Priemysle 4.0 a kategorizácia výrobných koncepcií Priemyslu 4.0 ;
- identifikovanie odlišností aditívnej výroby nad tradičnými výrobnými postupmi, využívanie aditívnej výroby v oblasti stomatológie;
- objasnenie ekonomických prínosov aditívnej výroby pri navrhovaní, dizajnu výrobkov a účinnosti komponentov;
- zadefinovanie využitých metód a ich stručná charakteristika;
- vypracovanie charakteristiky a opis činností spoločnosti;
- vypracovanie návratnosti investície tlačiarne a aplikácie 3Shape;
- uplatnenie metódy komparácie pri ekonomických ukazovateľoch z účtovných výkazov pre tvorbu technologického foresightu spoločnosti 3Dmedicalprint KG;
- identifikovanie konkurencie pomocou spracovania benchmarkingovej korekcie;
- vymedzenie vplyvu faktorov makroprostredia na podnik za pomoci PESTLE analýzy;
- analýza interného a externého prostredia podniku pomocou využitia analýzy SWOT;
- znázornenie modelu matice scenára na základe dvoch vybraných navzájom sa ovplyvňujúcich faktorov;
- zhrnutia postrehov, odporúčaní, a riešení pre rozvoj umelej inteligencie v oblasti stomatológie.

3 Metodika práce a metody skúmania

Kapitolu Metodika práce a metody skúmania sme rozdelili na štyri hlavné podkapitoly. V podkapitole charakteristika objektu skúmania popisujeme inteligentnú technológiu. Ďalšia časť kapitoly je venovaná pracovným postupom, v ktorej sme popisovali kroky smerujúce k dosiahnutiu stanoveného cieľa. Tretia časť kapitoly je venovaná spôsobom získavania údajov a ich zdrojov, ktoré boli potrebné pre záverečnú prácu. Posledná podkapitola zahŕňa použité metódy vyhodnotenia a interpretáciu výsledkov.

3.1 Charakteristika objektu skúmania

Objektom skúmania pre naplnenie cieľa záverečnej práce je stomatologická spoločnosť 3D Medicalprint KG, ktorá využíva aditívnu výrobu presnejšie trojrozmernú tlač pre priehľadné vyrovnávače a ďalšie zubné výrobky. Rakúska spoločnosť 3D Medicalprint KG sa špecializuje na trojrozmernú digitálnu tlač v oblasti zubného lekárstva pri rýchlom prototypovaní. 3DMedicalprint KG je jediným poskytovateľom 3D tlačových služieb nezávislých od výrobcov pre lekársku techniku v celom Rakúsku.

3.2 Pracovné postupy

Pre vypracovanie záverečnej práce sme venovali pozornosť získavaniu údajov a následne syntéze získaných údajov z preštudovaných zahraničných vedeckých článkov a od odborníkov stomatológie zo zahraničia. Získané vedomosti sme zhrnuli v kapitole s názvom Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí. Prvoradým zámerom záverečnej práce bolo zadefinovať hlavný cieľ. Následne sme si hlavný cieľ snažili naplniť pomocou podporných cieľov.

3.3 Spôsob získavania údajov a ich zdroje

Na analýzu získaných údajov, a ich zoskupenie do rovnorodých celkov, sme použili výhradne primárne údaje a informácie od analyzovanej spoločnosti 3DMedicalprint KG. Vzhľadom na charakter témy sú primárne informácie z vedeckých článkov a od medzinárodných odborníkov stomatológie. Táto fáza bola zameraná na spracovanie, analyzovanie získaných údajov, a ich zoskupenie do rovnorodých celkov. Argumentáciu výsledkov a medzivýsledkov skúmania sme zakladali na syntéze a analýze, či dedukcií a indukcií pri závere diplomovej práce.

3.4 Použité metódy vyhodnotenia a interpretácie výsledkov

Pri vyhodnotení záverečnej práce sme sa dopracovali k vyvodu záverov. Je zrejmé, že tento proces vyžadoval použitie rôznych metód skúmania. Metódy, ktoré boli v záverečnej práci využité, boli nápomocné k zostaveniu odporúčaní, riešení a záverov. Tieto návrhy budú prínosom pre mnohé iné podnikateľské subjekty, ktoré využívajú podobné alebo tie isté technológie v rámci zubného lekárstva. V záverečnej práci boli použité nasledovné metódy. Ako prvé sme vykonali rešerš zahraničnej literatúry. Následne sme spravili stručnú analýzu a syntézu poznatkov o Priemysle 4.0. Na dosiahnutie stanoveného cieľa sme vypracovali návratnosť investície aplikácie 3Shape, uplatnili metódu komparácie pri ekonomických ukazovateľoch z účtovných výkazov pre tvorbu technologického foresightu spoločnosti 3Dmedicalprint KG. Ďalej sme identifikovali konkurencie pomocou spracovania benchmarkingovej korekcie, a znázornili sme metódu párového porovnania pri zistení dôležitosti jednotlivých parametrov. Následne sme vymedzili vplyvy faktorov makroprostredia na podnik za pomoci PESTLE analýzy a analyzovali sme interné a externé prostredia podniku pomocou využitia analýzy SWOT. V poslednej časti kapitoly Výsledky práce sme znázornili model matice scenára na základe dvoch vybraných navzájom sa ovplyvňujúcich faktorov. Na záver sme zhrnuli postrehy a odporúčania pre rozvoj umelej inteligencie v oblasti stomatológie.



Obrázok 6 Použité metódy v záverečnej práci

Zdroj: vlastné spracovanie

4 Výsledky práce

V tejto kapitole sme sa ďalej zaoberali charakteristikou vybraného podniku, analýzou a následnou syntézou informácií prostredníctvom metód uvedených v predošlej kapitole, ktoré boli uplatnené pri nástroji návratnosti 3Shape aplikácií, benchmarkingovej korekcií a technologickom foresighte.

3D Medicalprint KG je rakúskou spoločnosťou špecializujúca sa na trojrozmernú digitálnu tlač v oblasti zubného lekárstva pri rýchlom prototypovaní. Spoločnosť bola založená v roku 2012 majstrom zubného technika Stefana Remplbauera. V roku 2014 sa spoločnosť presťahovala do mesta Lenzing v severnom Rakúsku. 3D Medicalprint KG je naďalej jediným poskytovateľom 3D tlačových služieb nezávislých od výrobcov pre lekársku techniku v celom Rakúsku. Vďaka svojim spoľahlivým technickým partnerom a veľkých kapitálových investícií, spoločnosť pracuje so všetkými aditívnymi výrobnými technikami: DLP, SLA a Polyjet. Moderné technológie a široký sortiment 3D tlačených výrobkov pre stomatologický sektor tvorí túto spoločnosť jedinečným, ktorí neustále rozširuje a zdokonaľuje svoje produktové portfólio. Zubní lekári, zubní technici a maxilofaciálni chirurgovia môžu nahrávať svoje chirurgické modely a chirurgické plánovanie pre objednávky online na www.3dmedicalprint.com. Pomocou webovej stránky a eshopu spoločnosť získala množstvo zahraničných zákazníkov. Vzhľadom k tomu, že 3D Medicalprint KG bol rýchlo úspešný s jeho výrobkami od roku 2012 v nemecky hovoriacej oblasti bolo zrejmé, že sa rozšíri a osloví aj pacientov zo zahraničia. Na začiatku nikto neočakával, že spoločnosť tak otvorene privítajú medzinárodné spoločenstvá a že ich výrobky budú tak dobre prijaté. Najväčší úspech majú najmä v severnej Európe- kde chodia pravidelne každoročne predstaviť svoje výrobky širšej odbornej verejnosti, udržiavať existujúce kontakty a byť v kontakte najnovším vývojom v priemysle a na trhoch.

Výrobky 3D Medicalprint KG sa vyznačujú vysokou presnosťou a perfektne slúžia pre všetkých a v neposlednom rade zaručujú vysokú kvalitu.

Spoločnosť sa vidí ako riešiteľ problémov a neustále hľadá inovatívne a sľubné procesy, ktoré zákazníkom dodávajú vylepšené a novo vyvinuté produkty a riešenia na mieru.

V úzkej spolupráci s lekármi, zubármi a medzinárodnými lekármi vedci navrhli nové produkty, ktoré zlepšujú liečebné procesy tým, že budú viac pohodlné pre pacientov.

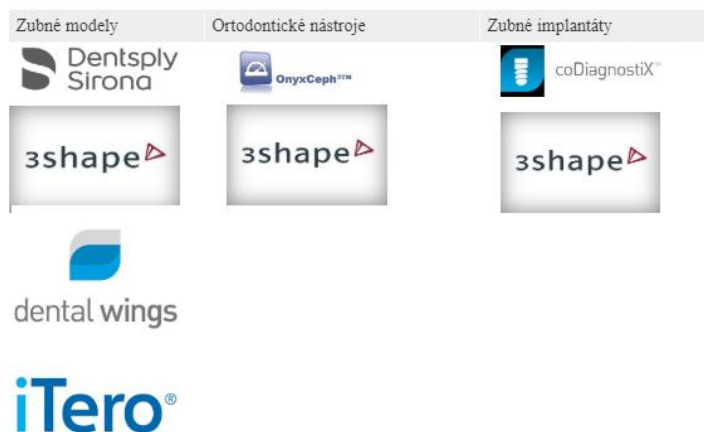
Technológia Polyjet spracuje rôznymi materiálmi, ktoré sa majú spracovať v jednej tlači, za predpokladu presného a extrémne realistického modelu.

3D tlač má obrovský potenciál, aby sa etablovala ako popredná výrobná technológia pre množstvo medicínskych prípadov. Pokrok v tomto vývoji a otváranie nových oblastí medicíny a ich aplikácia- to je misiou spoločnosti 3Dmedicalprint KG.

Ako sa vytvárajú z údajov reálne trojrozmerné modely?

Ak zákazník sa rozhodne využívať platformu online shopu, a chce zubní technik vytvoriť z údajov 3D modely, musí ich odoslať spoločnosti s konkrétnymi požiadavkami.

Takto sa vytvára medzinárodný „e-zub“. V praxi to funguje tak, že zubný technik alebo zubný lekár sa zaregistruje na webstránke a pri objednávaní odošle spoločnosti všetky údaje spolu s vloženou šablónou CT. Nezáleží na tom, z ktorého softvéru (aplikácie) alebo z ktorého zariadenia sa údaje pochádzajú. Všetky informácie o objednávke sú zhromaždené v systéme 3Shape Trios, a to umožňuje zákazníkovi sledovať spracovanie objednávok a sledovať postupy na webstránke. Spoločnosť neustále pracuje na zdokonaľovaní svojej logistiky, aby objednávky boli dorazené v určenom čase, a aby bol zákazník informovaný čo najrýchlejšie v prípade meškania. Alternatívne možnosti na prenos údajov sú nasledovné:



Obrázok 7 Softvéry používané v spoločnosti 3D Medicalprint KG
Zdroj: www.3dmedicalprint.com



Obrázok 8 Služby s cenníkom

Zdroj: interný dokument spoločnosti 3DMedicalprint KG

Spoločnosť 3DMedicalprint KG poskytuje svojim zákazníkom rôzne služby.

Dentálny implantát – poskytuje pre pacientov, ktorí z nejakého dôvodu či úrazu alebo silného zápalu prišli o svoj zub. Implantáty môžu byť tiež navrhnuté s odnímateľnou úpravou. Základný model je kompletný model s plnou hrúbkou steny 2 mm s vnútorným nosným materiálom.

Farba: béžová, ivory, sivá, d'asnová maska, ružová

Režim tlače: Model, HQ 0,016 mm (Polyjet); matrice, 0,010 mm (SLA);

Ďasnová maska, 0,030 mm (Polyjet)

Čas výroby: 1–3 pracovné dni

Zavedenie implantátu je z pohľadu pacienta relatívne jednoduchý a bezbolestný zákrok realizovaný v lokálnej anestézii.

Traky na zuby – Od roku 2013 spoločnosť intenzívne pracuje so softvérom Orthoanalyzer od spoločnosti 3Shape Trios. Cena jednej 3D čeluste je 108€. Potrebujúce údaje od lekára sú nasledovné:

Skenovanie maxily a čelnej dutiny

Súbor údajov DICOM na presné stanovenie bodu rotácie

Master modely pre ortodonticiu – Model je konštruovaný s tzv. Hinzovou základňou. Analogicky je možné dokončiť všetky ortodontické práce s modelmi.

Na rozdiel od sadrových odliatkov sú tieto modely veľmi odolné voči mechanickému namáhaniu, teda zlomené zuby budú minulosťou. Vytlačený model sa ľahko izoluje proti

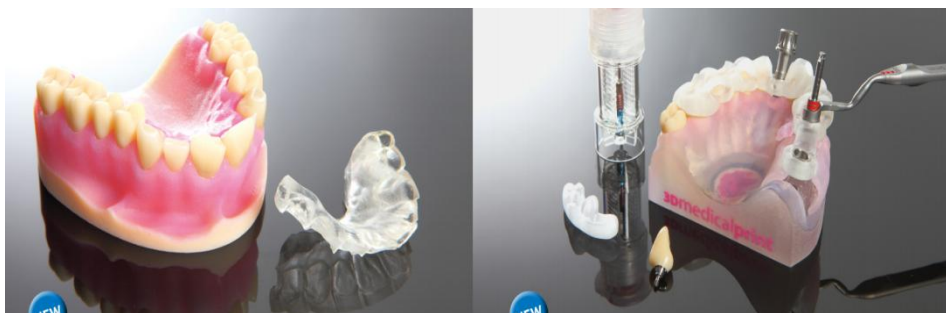
metylmetakrylátu s agarom. Ortodontické zariadenie môže mať dobrú izoláciu po vytvrdnutí živice, a sú ľahko odstrániteľné. Nemožno používať pre horúce polyméry pod tlakom alebo pri teplotách vyšších ako 60 ° C. Základným modelom je plný model s plnou hrúbkou steny 2 mm s vnútorným nosným materiálom.

Farba: béžová

Režim tlače: 0,016 mm (Polyjet)

Čas výroby: 1–3 pracovné dni

Spoločnosť ďalej vyrába pre chirurgické oddelenia digitálne šablóny, magnetické skrutky, 3Kľbové artikulátory, prezentačné modely pre informovanie pacientov- ktoré ilustrujú všetky indikácie korunovej a mostnej protetiky. Tieto modely možno prispôbiť logom objednávajúcich spoločností, nemocníc. Spoločnosť vyrába v neposlednom rade rôzne tréningové modely pre zubných technikov.



Obrázok 9 Prezentačné modely pre zubných technikov, chirurgov

Zdroj: www.3dmedicalprint.com

Technológie, s ktorými vytvára spoločnosť trojrozmerné modely , sú nasledovné:

- **Tlačiareň OBJET EDEN 500V**– Eden500V je založený na inovatívnej technológii PolyJet™ spoločnosti Objet a poskytuje ľahko použiteľné, rýchle a čisté riešenie pre presnú tvorbu akejkoľvek geometrie. To drasticky skracuje cykly vývoja produktov a výrazne skracuje čas na uvedenie nových výrobkov na trh. Modely vyrobené na Eden500V majú hladké a odolné povrchy, s mimoriadne jemnými detailami a vynikajúcou povrchovou úpravou. Eden500V ponúka vysoké rozlíšenie v osi y až do 600 dpi - bez rozdielu v rýchlosti tlače. Výber režimov tlače High Speed (HS) alebo High Quality (HQ) vám poskytuje maximálnu flexibilitu na dosiahnutie kvality, ktorú potrebujete v rôznych časových rámcoch. Cena tejto tlačiarne je 200 000€

- **Tlačiareň StratasysJ750** – Digitálna anatómia 3D tlačiarne J750 vám umožňuje vytvárať anatómie, ktoré sa cítia a správajú ako skutočná vec, a preto znižuje potrebu použitia syntetických modelov a laboratórií mŕtvych zvierat, čo vám umožňuje testovať a trénovať kdekoľvek. To znamená zníženie nákladov na školenie a obstarávanie. Znamená to tiež zlepšenú etickú prax, pretože vylučuje potrebu testovania chirurgických zákrokov a zariadení na zvieratách. Cena tejto tlačiarne je 250 000€. Materiál, ktorý sa používa pri tejto tlačiarne stojí 130€/kg.
- **Stratasys objet260** –Tlačiareň Stratasys objet 260 tlačí akýkoľvek typ modelu, ktorý potrebujete: od tuhého po flexibilnú, transparentnú až nepriehľadnú, neutrálnu až žiarivú, štandardnú, biologicky kompatibilnú a odolnú voči vysokej teplote. Presnosť podpisu PolyJet plus umožňuje nám byť všestrannejšími pri vytváraní prototypov. Zaostruje komunikáciu medzi návrhárskymi a inžinierskymi tímami, podnecuje spoluprácu medzi nimi a skracuje cykly vývoja produktov. Cena tlačiarne sa pohybuje okolo 120 000€. Materiál, ktorý sa použije pri trojrozmernej tlači je tzv. VERO Dent plus, ktorá je dostupná za 150€/kg.
- **5100Nextdent** – Revolučná vysokorýchlostná 3D tlačová technológia v kombinácii s najširším portfóliom dentálnych materiálov v priemysle, ktoré sa zameriavajú na viaceré aplikácie, čo vedie k jedinečnej presnosti, opakovateľnosti, produktivite a celkovým nákladom na prevádzku. Túto tlačiareň používa spoločnosť pre ortodontické modely, tlačení dlahov, pre modely korún a mostov. Ponúka kompletné riešenie pre stomatológov v rozsahu 30 materiálov. Cena tlačiarne je bezkonkurenčných 10 000 €, avšak materiál je tu drahší okolo 250 €/kg.
- **Digitalwax 020 dws** – 3D tlačiareň využíva stereolitografickú technológiu na výrobu realistických modelov, konceptových modelov, funkčných prototypov a zmenšených prototypov spotrebiteľských výrobkov. Je určený pre malé a stredné podniky, ktoré vyžadujú vysokú presnosť a rýchlu výrobu s minimálnou úpravou. DW 020X je stolový počítač ponúkajúci efektívnu 3D tlač s nízkymi investíciami a prevádzkovými nákladmi. Je to ideálna 3D tlačiareň pre strojárstvo a ďalšie odvetvia vyžadujúce rýchlosť a presnosť vo fáze navrhovania nových výrobkov. Je tichý, spoľahlivý, presný- vhodný pre väčšinu priemyselných aplikácií vďaka širokej škále dostupných materiálov: ABS, polypropylén, guma a priehľadné materiály, nanokeramické živice, materiály pre modely investičných odliatkov a

silikónové formovacie pásy. Cena tlačiarne je okolo 30 000 €, materiál stojí okolo 300€/kg.



Obrázok 10 5100 Nextdent- bol zvolený najlepšou technológiou v roku 2018 v oblasti dentálnej tlače

Zdroj: www.3dmedicalprint.com

4.1 Investícia do softvéru 3 Shape Trios

V teoretickej časti sme spomínali výhody dostupnej a spoľahlivej trojrozmernej technológie. Zubné výtlačky vo vlastnej réžii sú vytlačené pomocou digitálnych dát. Lokálna digitálna výroba spoločnosti uľahčuje prácu zubného lekára. Zaujímala nás návratnosť investície do aplikácie 3Shape Trios, ktorú používa spoločnosť od roku 2013. Pri návratnosti investícií bolo potrebné vypočítať mesačné alebo ročné náklady, aby sme získali v konečnom dôsledku odhadované úspory. Zámerom bola výroba priehľadného vyrovnávača, za predpokladu, že budeme vyrábať 20ks/mesačne pri jednotnej cene 2500 Eur, keďže v roku 2019 bol najpredávanejším výrobkom spoločnosti 3D Medicalprint KG.

Na vypočítanie nákladov softvér ponúkal bezplatný ROI kalkulátor, ktorý sme použili na vypočítanie odhadovaných úsporov. Pri úspore softvér 3Shape Trios porovnával analógový a digitálny pracovný postup. Pri analógovom pracovnom postupe bola zahrnutá 30 minútová konzultácia, alginátová a silikónová skúška - 8 a 18 minútová, ďalej 30 minútové čistenie a manipulácia s priehľadným vyrovnávačom a hodinové vyšetrenie pri jedného pacienta. Analógový pracovný postup pre zubného lekára by trval 180 minút na jedného pacienta.

Inovatívne zubné ošetrovanie pomocou CAD/CAM systému je počítačom podporované navrhovanie, čo predstavuje použitie počítačových systémov pri vytváraní, modifikácií, analýze a dizajne. Pri tomto procese, kde konzultácia s pacientom trvala tiež

30 minút, avšak intraorálne skenovanie, čistenie a liečba pacienta sa skrátila pomocou automatického projektovania. Celkový pracovný postup trval 126 minút, čiže úspora sa ukázala v 55 minútach na jedného pacienta.



Obrázok 11 Analógový a digitálny pracovný postup zubára
Zdroj: <https://www.3shape.com>

Predbežnou kalkuláciou sme špecifikovali ročné náklady spoločnosti pri výrobe priehľadných vyrovnávačov. Pri ročných nákladoch sme počítali náklady na 3 zamestnancov spolu s rakúskymi odvodmi ročne $72864 \cdot 3 = 218\,592\text{€}$ / rok, ďalej nájomné 12000€/ rok, náklady na energiu 36000€/rok, cenu tlačiarne 250 000€ a 4285€ na materiál pri ročnej spotrebe.

Náklady na 3 zubárov ročne	218 592
Nájomné	12000
Náklady na energiu	31000
Tlačiareň Stratasys J750	250000
Náklady na materiál pri 240 ks	4285
Softvér	5000
	520 877

Obrázok 12 Ročné náklady pri výrobe priehľadných vyrovnávačov
Zdroj: *vlastné spracovanie*

Odhadované tržby sme vypočítali na jeden rok za predpokladu, že vyrábame len priehľadné vyrovnávače pomocou 3D tlačiarne. Mesačné tržby by boli tým pádom 47 665€/ za mesiac. Ročné tržby by boli 571 981€. Pri odpočítaní ročných nákladov 520 877€, vidíme, že náš zisk by bol 51 104€, za predpokladu, že sme vyrobili 240ks priehľadných vyrovnávačov. Zisk na jednom výrobku by bol 212,93€.

Pri odpočítaní ročných nákladov 520 877€, môžeme zaevidovať ročný zisk vo výške 51 104€, za predpokladu, že sme vyrobili 240ks priehľadných vyrovnávačov za jeden rok. Zisk na jednom výrobku by bol 212,93€. Je samozrejmou, že tieto údaje oscilujú pretože náklady na tlačiareň sú rátané len v prvom roku, a v nasledujúcom roku náklady na tlačiareň by boli oveľa nižšie. Ročné náklady na servis a údržbu tlačiarne môžu stáť až 20 % z počiatočných nákladov.

Návratnosť investície možno vypočítať jednoduchým vzorcom. Návratnosť investície za týchto predpokladov, by bol nasledovný. $ROI = (\text{výnosy z investície} - \text{náklady na investíciu}) / \text{náklady na investíciu} = (571\,981 - 520\,877) / 520\,877 = 0,098$. Návratnosť investícií v našom prípade bola 9,8 %. Táto hodnota nám vypovedá o tom, že pri nákladoch 1000 Eur máme 98Eur zisk.

Rezultát kalkulácie bol bod zvratu, pri ktorej tržby sa práve rovnajú nákladom, tj zisk je nulový. V prípade scenára, za predpokladu, že tesne v prvom roku sme investovali do tlačiarne aj do softvéru 3Shape Trios, bod zvratu by bol po 5,5 rokoch. Tento scenár je pravdepodobný, pri ročnom objeme 245ks a pri vyššie uvedených nákladoch. Samozrejme, spoločnosť 3D Medicalprint KG má rozšírené produktové portfólio a používa hore uvedených 6 rôznych druhov softvérov.

Nepochybne čím rýchlejšie a ľahšie je možné kontrolovať výrobu, tým menej materiálu a času strácame vývojom. 3D výtlačky sú preto časovými víťazmi vo výrobnom procese. Priehľadné vyrovnávače možno vyrobiť do 3 pracovných dní, a nasledujúci deň sa výrobok odosiela kuriérom pre zákazníkov. Optimalizáciou celého výrobného procesu teda rozumieme najúčinnšie využívanie času, energie a nákladov. Ďalšou výhodou 3D tlači je, že nemusíme monitorovať celý proces pomocou ľudských zdrojov. Bez ohľadu na priemysel alebo aplikáciu tlačiareň Stratasys J750 sa prispôsobí potrebám tlače pre rôznych používateľov.

4.2 Uplatnenie metód pre tvorbu technologického foresightu spoločnosti 3D Medicalprint KG

Technologický foresight používa rôzne metódy a metodológie. Sú to konkrétne metódy ako finančná analýza spoločnosti, benchmarkingová korekcia, metóda párového porovnania, metóda Pestle a analýza SWOT. Najskôr sme aplikovali metódu komparácie pri finančných ukazovateľov, kde sme porovnávali rôzne ekonomické ukazovatele a ich vývoj.

Následne sme identifikovali konkurencie pomocou spracovania benchmarkingovej korekcie, kde sme využili metódu párového porovnania.

Pre prognostiku v ekonomickej, sociálnej, ekologickej, právnej, politickej a technologickej sfére pre trojrozmernú tlač sme používali PESTLE analýzu a na analýzu interného a externého prostredia spoločnosti sme využili analýzu SWOT. Výsledný scenár technologického foresightu bola matica scenára, kde sme znázornili možný vývoj sledovanej spoločnosti.

4.2.1 Ekonomické ukazovatele spoločnosti 3D Medicalprint KG

Pred benchmarkingovou korekciou je nevyhnutné aby sme vymedzili určité ekonomické ukazovatele spoločnosti, ktoré sme čerpali z účtovnej závierky spoločnosti z roku 2019 a z predchádzajúceho obdobia za rok 2018. Tieto ekonomické ukazovatele boli nasledovné: pridaná hodnota, novovytvorená hodnota, čistý zisk, doba splatnosti záväzkov, tržby, zásoby, pohľadávky, doba inkasa pohľadávok, obrat zásob.

Tabuľka 1 Ekonomické ukazovatele spoločnosti 3D Medicalprint KG za rok 2018 a 2019.

	2019	2018
Tržby	8 168 712	8 463 041
Pridaná hodnota	3 020 781	2 889 720
Pohľadávky	1 408 837	992 520
Obrat zásob	7,346	7,6
DIP	56,93	34,512
Osobné náklady	2 337 007	2 289 947
Závazky+ čas rozlíšenie	2 094 269	2 506 593
Závazky	2 092 633	2 506 593
Zásoby	1 112 053	808 102
Novovytvorená hodnota	556 646	447 934
Čistý zisk	539 170	447 934
Odpisy	127 128	152 699
DSZ	89	111

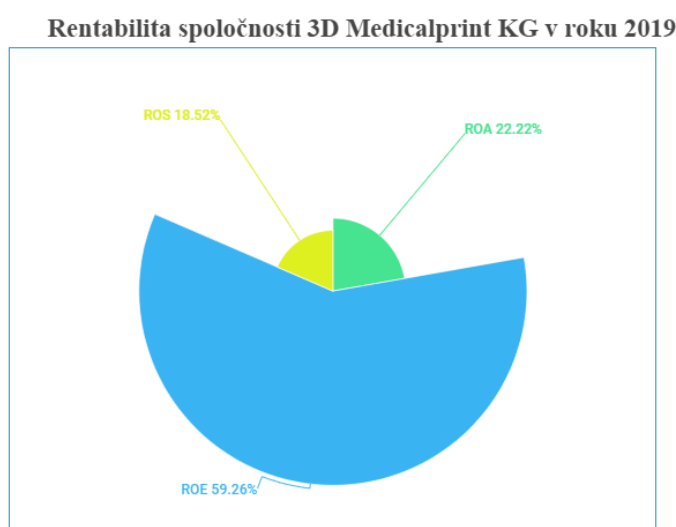
Zdroj: vlastné spracovanie podľa účtovnej závierky spoločnosti 3Dmedicalprint KG

Pridaná hodnota pozostáva zo zaplatených miezd, dosiahnutého zisku, odpisov a daní z produkcie. Novovytvorená hodnota sa vyvíjala oveľa väčším tempom ako pridaná hodnota (24% a pridaná hodnota len 4,5%). Nárast novovytvorenej hodnoty najviac ovplyvnili nárast pridanej hodnoty a pokles odpisov. Tento trend je pozitívny, a odporúča sa podniku naďalej udržať osobné náklady na úrovni predchádzajúceho obdobia (rok 2019), čím by sa vytvoril priestor na ďalší nárast oblasti novovytvorenej hodnoty. Celkové výnosy /tržby sa znížili, napriek tomu pridaná hodnota sa zvýšila pod vplyvom vyššieho zisku a pod vplyvom nižších odpisov. Spotreba materiálu sa ušetrila. Najvýraznejším vplyvom na nižšie náklady mali náklady na spotrebu materiálu a energie (501,502,503), a tým pádom spoločnosti sa zvýšil zisk, čo mal pozitívny dopad na rast pridanej hodnoty.

Čistý zisk sa vyvíjal pozitívnym smerom, pod vplyvom nákladov a odpisov, aj vďaka tomu že vyrábali výrobky s vyššou pridanou hodnotou.

Doba inkasa pohľadávok - DIP je 57 dní. To znamená, že podnik inkasuje pomalšie o 22 dní, oproti predošlému obdobiu oproti predchádzajúcemu roku. Doba splatnosti záväzkov- 3D Medicalprint KG platí svoje záväzky apo 89 dňoch. Spoločnosť vedela rýchlejšie splácať svoje záväzky v roku 2019, z toho dôvodu že okrem bežných krátkodobých úverov, pribudli do firmy finančné výpomoci, čím sa zlepšila platobná disciplína na strane firmy. Obrat zásob sa znížil v roku 2019, z dôvodu nižších tržieb oproti predošlému roku 2018.

Pre potreby ekonomických zistení sme určili nasledovnú rentabilitu spoločnosti:



Obrázok 13 Rentabilita spoločnosti 3D Medicalprint KG

Zdroj: vlastné spracovanie

Rentabilita celkových aktív (ROA) bola vypočítaná pomocou čistého zisku spoločnosti po zdanení v pomere s celkovou aktívou spoločnosti. Hodnota ROA je výsledkom podnikateľskej činnosti s objemom vloženého kapitálu. V analyzovanom období v roku 2018 získal kladnú hodnotu, 6,30%, avšak v roku 2019 bol zachytený pozitívny vývoj, pretože hodnota ROA bola 9,37%. Spoločnosť by mal naďalej udržať tento pozitívny trend, avšak mohol by zvýšiť úroveň nad 10%.

Rentabilita vlastného kapitálu nám vypovedá o výške zhodnotenia práve vlastného kapitálu. Dynamika zhodnotenia vlastného kapitálu by mala byť vyššia ako dynamika zhodnotenia celkového kapitálu. Naša spoločnosť v roku 2018 sa dostala na úroveň 16,42%. Index vývoja v roku 2019 je rastúci, pretože hodnota bola 29,46%. Je to takmer dvojnásobný skok oproti minulému roku, čo bolo príčinené tým, že vlastný kapitál sa znížil o milión v roku 2019.

Rentabilita vlastného imania (ROS) - vypovedá o výške čistého zisku, ktorý pripadá na 1 EUR tržieb. Meria tak vlastne zhodnotenie spotrebovaných výrobných činiteľov. V roku 2018 spoločnosť dosiahla úroveň 5,44%, a v roku 2019 produkovala spoločnosť lepší výsledok 7,16%.

Celkovú zadlženosť spoločnosti sme vypočítali pomerom cudzích zdrojov, záväzkov časového rozlíšenia k celkovým aktívam spoločnosti. 3D Medicalprint KG v roku 2018 dostal sa na úroveň 36,69%. V roku 2019 táto hodnota bola skoro rovnaká 36,40%, ktorá vypovedá o rozsahu použitia cudzieho kapitálu na financovanie potrieb podniku. Úverová zadlženosť spoločnosti v roku 2018 bolo 8,78% a v roku 2019 8,69% čo je vynikajúcou hodnotou. Táto skutočnosť bola spôsobená tým, že 3D Medicalprint KG má len bežné bankové úvery vo výške 500 000,-€ a nemá žiadne dlhodobé úvery, čo je v tomto prípade pozitívne. Tokové zadlženie sme vypočítali pomocou záväzkov a bilančného Cash Flow (ďalej len „CF“). V roku 2018 3Dmedicalprint dosiahol úroveň 4,29 rokov. Nasledujúci rok táto hodnota mala pozitívny vývoj, pretože sa znížila na 3,14 roky. Táto skutočnosť reprezentuje roky, za ktorých je schopný zaplatiť svoje záväzky cez bilančný CF.

Ukazovatele likvidity: Pohotovú, bežnú a celkovú likviditu spoločnosti sme vypočítali pomocou účtovnej závierky. Pohotovú likviditu sme vypočítali pomocou finančného účtu a krátkodobých záväzkov. Pohotová likvidita v roku 2018 je na úrovni 0,49, a v roku 2019 0,21 čo je optimálne, pretože požadovaná úroveň pohotovej likvidity je medzi intervalom (0,2-0,6) Táto hodnota nám vypovedá o tom, že 0,21€ finančných

prostriedkov pripadá na 1€ záväzkov. Bežná likvidita (L2) dáva do pomeru finančné účty s krátkodobými pohľadávkami voči krátkodobým záväzkom. Pohotovú likviditu spoločnosti v roku 2018 bolo na úrovni 1,06, a sa hodnota mala rastúci trend v roku 2019, kde dosiahla 1,43. Táto hodnota je tiež optimálna, pretože požadované hodnoty sú medzi intervalmi (1-1,5). Táto hodnota nám vypovedie o tom, že je podnik schopný splácať svoje záväzky.

Ukazovateľ celkovej likvidity sleduje pomer obežného majetku a krátkodobých záväzkov. V spoločnosti 2,38€ finančných prostriedkov, pohľadávok a speňažených zásob pripadá na 1 Eur záväzkov. Požadovaný interval je medzi (2-2,5). Naša spoločnosť v roku 2018 bola pod týmto intervalom, kde dosiahla hodnota 1,52€ čo bolo spôsobené tým, že nemala dostatok obežného majetku. V budúcnosti by mohla spoločnosť zvýšiť hodnotu obežného majetku.

4.2.2 Benchmarkingová korekcia

Benchmarkingová korekcia je systematické porovnávanie s najvýkonnejšími podnikmi, s cieľom zistiť operácie, ktoré vedú k zvýšeniu konkurencieschopnosti spoločnosti. Objektom skúmania bola samotná trojrozmerná tlač v stomatológii. Do benchmarkingovej aktivity vstúpili aj ostatné rakúske firmy, ktoré sú konkurentmi spoločnosti 3D Medicalprint KG. Potencionálnymi konkurentmi boli spoločnosti: DentalOase a CAM4DENT GmbH. Ďalej sme ich nazvali v tabuľkách CAM4DENT ako Konkurencia1 a DentalOase ako Konkurencia 2.

Pri našej spoločnosti sme klasifikovali nasledovných primárnych parametrov:

- trhovú úspešnosť technológie,
- časovú návratnosť investície,
- ekonomické ukazovatele,
- súlad technológie a stratégie podniku.

Súlad technológie a stratégie podniku

Prvou čiastkovou tabuľkou sme zvolili súlad technológie a stratégie podniku. V súlade technológií sme pomocou metódy párového porovnania porovnávali čiastkové parametre, ktoré boli nasledovné: pokrytie strategických cieľov podniku v %, súlad s požiadavkami zákazníkov, akcionárov a súlad s požiadavkami dodávateľov. Pomocou metódy párového porovnávania sme si porovnávali všetky parametre, priradili sme k nim

koeficienty a v konečnom dôsledku sme zistili poradie dôležitosti jednotlivého parametra. Pokrytie strategických cieľov pre spoločnosť 3D Medicalprint KG bol najdôležitejším parametrom.

Metóda párového porovnania

Por.č	Parametre	1	2	3	4	Koef.	Poradie	Por.č
1	Pokrytie strategických cieľov podniku	1	1	1	1	4	1.	1
3	Súlad s požiadavkami akcionárov	1	2	3	3	2	3.	3
4	Súlad s požiadavkami dodávateľov	1	2	3	4	1	4.	4
2	Súlad s požiadavkami zákazníkov	1	2	2	2	3	2.	2

Obrázok 14 Metóda párového porovnania pri súlade technológií

Zdroj: vlastné spracovanie

Následne po klasifikácii poradí parametrov sme nepravidelným spôsobom priradili tendencie k jednotlivým parametrom, ktoré boli pomocné pri hlavnej tabuľke s výpočtom kvantifikácie kvality parametra. Pri plusovej tendencii $a_{ij} = x_{ij}/x_{ijmax}$, pri mínusovej tendencii $a_{ij} = x_{min}/x_{ij}$. x_{ijmax} je najväčšia hodnota jednotlivého parametra, x_{ijmin} je najnižšia hodnota, pričom x_{ij} je hodnota spoločnosti, ktorého porovnávame s konkurentmi. Po určení tendencií nasledovala váha w_i a významnosť parametrov, kde súčet celkovej významnosti vypovedá hodnote 100 bodov. Postup je znázornený v nasledujúcej tabuľke:

Nepravidelný spôsob

Por.č	Parameter	Tendencia	Váha	Význam
1	Pokrytie strategických cieľov podniku	+	44	29,33
2	Súlad s požiadavkami zákazníkov	+	42	28
3	Súlad s požiadavkami akcionárov	+	37	24,66
4	Súlad s požiadavkami dodávateľov	+	27	18

Obrázok 15 Nepravidelný spôsob získavania významnosti

Zdroj: vlastné spracovanie

Následne po nepravidelnom spôsobe sme aplikovali parametrov do hlavnej tabuľky, kde všetky parametre boli zoradené podľa dôležitosti. Táto dôležitosť je zohľadnená aj pri významnosti. Najväčšiu významnosť reprezentuje pokrytie strategických cieľov pre našu spoločnosť 3D Medicalprint KG.

V hlavnej tabuľke sme klasifikovali všetky konkurenčné spoločnosti. Bodovo sme kvalifikovali jednotlivé parametre (od 1 -10), kde 10bodov znamenalo úplný súlad. Zelený stĺpec je v našom prípade a_{ij} , čo znamená kvantifikáciu kvality daného parametra. Napr. pri súlade s požiadavkami zákazníkov pri plusovej tendencii $a_{ij} = x_{ij}/x_{ijmax}$, čiže $7/7 = 1$.

Nasledujúci žltý riadok nám vypovedá o hodnote b_{ij} , čo je kvantifikáciou kvality celého výrobku. Kvantifikáciu kvality celého výrobku získame vynásobením kvantifikáciou kvality daného parametra s významnosťou ($b_{ij} = w_i * a_{ij}$), v našom prípade $b_{ij} = 28 * 1 = 28$. Postupne sme vypočítali všetky a_{ij} a b_{ij} v každom podniku.

B_{ij} je súčtom malých b_{ij} v každej spoločnosti, ktorý je východiskovým bodom pri klasifikácii úspešnosti spoločností. Cieľom týchto čiastkových hodnôt je získavanie inovačného zámeru. Nasledujúcim obrázkom je znázornená hlavná tabuľka súladu technológií.

Tabuľka 2 Benchmarking súladu technológie a stratégie spoločnosti 3Dmedicalprint KG

Parameter	Váha	Význam	3dmedicalprint	CAM4DENT	DentalOase	Najlepšia	Inovačný zámer
Pokrytie strategických cieľov podniku	44	29,33	9	7	6	9	9
			1	0,778	0,667	1	1
			29,33	22,81	19,56	29,33	29,33
Súlad s požiadavkami zákazníkov	42	28	7	7	6	7	7
			1	1	0,86	1	1
			28	28	24	28	28
Súlad s požiadavkami akcionárov	37	24,67	7	5	4	7	7
			1	0,71	0,57	1	1
			24,67	17,62	14,10	24,67	24,67
Súlad s požiadavkami dodávateľov	27	18	5	6	4	6	5,8
			0,83	1	0,67	1	0,97
			15	18	12	18	17,4
		BIJ spolu:	97	86,43	69,65	100	99,4
	150	100					
1% 1,5							

Zdroj: vlastné spracovanie

Z hlavnej tabuľky môžeme posúdiť aktuálny stav podnikov, a vyvodiť inovačný zámer. Môžeme zhodnotiť, že parameter pokrytie strategických cieľov získal najväčšiu významnosť pri 3D Medicalprint KG, a spĺňal požiadavku na kvalitu tohto parametra v porovnaní s konkurenciou najlepšie.

Záverom môžeme konštatovať, že 3D Medicalprint KG dosiahol najlepšie hodnoty čo sa týka pokrytia strategických cieľov podniku, súladu s požiadavkami zákazníkov a súladu s požiadavkami akcionárov. Parameter ***Súlad s požiadavkami dodávateľov*** by sme odporúčali zlepšiť, keďže dodávatelia nedodávajú v čase a tým pádom sa zvyšuje doba čakania a taktiež celková flexibilita podniku.

Trhová úspešnosť investície

Následnou tabuľkou bola trhová úspešnosť investície, kde sme opakovane využili metódu párového porovnania, avšak pri nových parametroch. Špecifikované parametre boli nasledovné: trhová cena technológie, množstvo nových zákazníkov, počet reklamácií a bariéry pre substitúciu technológie. Nepravidelným spôsobom sme získali váhy a významnosti jednotlivých parametrov.

Po demonštrácií nepravidelného spôsobu sme špecifikovali významnosti parametrov. Najdôležitejším parametrom sme určili trhovú cenu technológie pre 3D Medicalprint KG. Najpriaznivejšiu hodnotu dosiahla spoločnosť Dental Oase, čo môže byť spôsobené tým, že Dental Oase tlačí iba priehľadné vyrovnávače, preto investovala do svojich tlačiarň v priemere 460 000 eur. V inovačnom zámere sme navrhli 450 000 eur na novú technológiu, pri očakávaní, že návratnosť pri tejto investícii bude rýchla a priaznivá.

Ďalej sme koncentrovali na zníženie reklamácií vo výrobe, kde najlepšiu hodnotu opätovne dosiahla spoločnosť Dental Oase. To môže byť spôsobené tým, že spoločnosť, ktorý pôsobí v Sterne je najmenšou firmou spomedzi troch spoločností. Naša spoločnosť 3D Medicalprint KG mal najväčší počet reklamácií v roku 2019.

To bolo zapríčinené najmä tým, že len 3D Medicalprint KG je medzinárodnou a poskytuje zubné výrobky celosvetovo v spolupráci s ostatnými zubnými lekármi. Konkurenčné spoločnosti pôsobia v Rakúsku a nefunguje u nich zatiaľ elektronické podnikanie. V inovačnom zámere sme navrhli optimistický počet reklamácií - 5x do roka.

V inovačnom zámere sme navrhli 1100 počet nových zákazníkov počas jedného roka. Bariéry pre substitúciu technológie pri trojrozmernej tlači sme plánovali tak, aby neboli žiadne bariéry, keďže neustále sa vyvíjajú nové materiály, prášky a zrecyklovateľné termoplasty. V súčasnosti existuje až 11 technológií, z ktorých 7 je štandardizovaných podľa normy ISO/ASTM 52900. Pre každú technológiu sú špecifické iné materiály. Naša spoločnosť sa sústreďuje na tie materiály, ktoré sú kompatibilné s takmer všetkými tlačiarňami, ktoré sa nachádzajú v spoločnosti.

Môžeme konštatovať, že spoločnosť 3D Medicalprint KG pri porovnávaní s ostatnými spoločnosťami sa umiestňuje na 2.mieste. Hodnota 81,62 % demonštruje o tom, že spoločnosť o 24% predbehne konkurenciu CAM4DENT pri komparácii predošlých parametrov. Spoločnosť Dental Oase pri týchto ukazovateľoch dosiahla výslednú hodnotu 84,61 %. Táto hodnota nám vypovedá o tom, že vzhľadom na veľkosť podniku Dental Oase pri predošlých ukazovateľoch je o 3 % lepší ako spoločnosť 3D Medicalprint KG.

Tabuľka 3 Trhová úspešnosť trojrozmernej tlačovej technológie 3D

Parameter	Váha	Význam	3dmedicalprint	CAM4DENT	DentalOase	Najlepšia	Inovačný zámer
Trhová cena technológie	26	33,77	500000	650000	460000	460000	450000
a _{ij}			0,92	0,707692308	1	1	0,978261
b _{ij}			31,06	23,90	33,77	33,77	33,03
Počet reklamácií	23	29,87	7	12	5	5	5
a _{ij}			0,71	0,42	1	1	1
b _{ij}			21,34	12,45	29,87	29,87	29,87
Množstvo nových zákazníkov	17	22,08	1000	780	950	1000	1100
a _{ij}			1	0,78	0,95	1	1,1
b _{ij}			22,08	17,22	20,97	22,08	24,29
Bariéry pre substitúciu techn	11	14,29	2	4	1	1	0
a _{ij}			0,5	0,25	1	1	0
b _{ij}			7,14	3,57	14,29	14,29	0
		BIJ spolu	81,62	57,13	84,61	100	87,19

Zdroj: vlastné spracovanie

Časová návratnosť technologickej inovácie

Pri časovej návratnosti technologickej inovácie sme klasifikovali nasledujúce parametre: potrebný čas na zavedenie novej technológie, doba návratnosti technológie, doba splatnosti pohľadávok a potrebný čas na prípravu zamestnancov. Metódou párového porovnania sme dospeli k záveru, že najdôležitejší parameter pre spoločnosť 3D Medicalprint KG je - *potrebný čas na zavedenie novej technológie*. Po vyčíslení všetkých parametrov, môžeme konštatovať že spoločnosť zaostáva v dobe splatnosti pohľadávok. Odporúčanie pre spoločnosť 3D Medicalprint je *úprava zmlúv s odberateľmi*, aby splácali záväzky rýchlejšie a v kratších časových intervaloch.

Tabuľka 4 Časová návratnosť investície

Por.č	Parameter	Váha	Význam	3dmedicalprint KG	CAM4DENT	DentalOase	Najlepšia	Inovačný zámer
1	Potrebný čas na zavedenie novej technológie	35	31,82	17	19	20	17	10
	aij			1	0,89	0,85	1	1,7
	bij			31,82	28,47	27,05	31,82	54,09
2	Doba návratnosti technologickej inovácie	32	29,09	6	12	14	6	6
	aij			1	0,50	0,43	1	1
	bij			29,09	14,55	12,47	29,09	29,09
3	Doba splatnosti pohľadávok	24	21,82	68	55	78	55	70
	aij			0,81	1	0,71	1	0,79
	bij			17,65	21,82	15,38	21,82	17,14
4	Potrebný čas na prípravu zamestnancov	19	17,27	23	33	58	23	23
	aij			1	0,70	0,40	1	1
	bij			17,27	12,04	6,85	17,27	17,27
			BIJ	95,83	76,87	61,75	100	117,60

Zdroj: vlastné spracovanie

Ekonomické ukazovatele

Môžeme zhodnotiť, že spoločnosť 3D Medicalprint KG dosiahol excelentnú hodnotu čo sa týka pridanej hodnoty. Z pridanej hodnoty môže spoločnosť generovať zdroje použiteľné na ďalší rozvoj. Pri vyčíslení doby obratu zásob, odporúčali by sme rýchlejší pohyb zrealizovateľný pomocou prísnejších zmlúv s dodávateľmi (dodávky materiálu). Námet pre obrat zásob v inovačnom zámeri bol 18x krát za rok.

Pri kvantifikácii parametrov dobu inkasy pohľadávok a dobu splatnosti záväzkov sme dospeli k záveru, že spoločnosť 3D Medicalprint KG inkasuje skôr ako platí záväzky, čo je veľmi pozitívne. Tokové zadlženie trvá spoločnosti 4,29 rokov, kým splatí cudzie zdroje pomocou zisku a odpisov.

Môžeme zhodnotiť, že pri kvantifikácii kvality konkurenčných spoločností 3D Medicalprint KG dosiahol najväčšiu výslednú hodnotu (Bij= 74). 3D Medicalprint KG v roku 2019 bol o 40% výkonnejší v týchto ukazovateľoch ako spoločnosť Dental Oase. Kvalitatívne nevyhovujúce hodnoty získal spoločnosť CAM4DENT, čo bolo zapríčinené nulovým obratom zásob.

Tabuľka 5 Benchmarking ekonomických ukazovateľov

Parameter	Váha	Význam	3dmedicalprint KG	CAM4DENT	DentalOase	Najlepšia	Inovačný zámer
Pridaná hodnota	44	21,67	3020781	1490782	1 288 591	3020781	3020781
a _{ij}			1	0,05	0,04	1	1
b _{ij}			21,67	0,98	0,85	21,67	21,67
Doba splatnosti záväzkov	42	20,69	89	43	17	17	62
a _{ij}			0,19	0,40	1	1	0,27
b _{ij}			3,95	8,18	20,69	20,69	5,67
Tokové zadĺženie	35	17,24	4,29	6,3	14,32	4,29	4,29
a _{ij}			1	0,41	0,18	1	1
b _{ij}			17,24	7,14	3,14	17,24	17,24
Novovytvorená hodnota	30	14,78	556646	229 189	1288591	556646	556646
a _{ij}			1	0,02	0,10	1	1
b _{ij}			14,78	0,27	1,51	14,78	14,78
Doba inkasa pohľadávok	27	13,30	57	55	74	55	55
a _{ij}			0,96	1	0,74	1	1
b _{ij}			12,83	13,30	9,89	13,30	13,30
Obrat zásob	25	12,32	8	0	28	28	18
a _{ij}			0,29	0	1	1	0,5
b _{ij}			3,52	0	12,32	12,32	6,16
	203	BLJ	74,00	29,87	48,39	100	78,83
1%	2,03	100					

Zdroj: vlastné spracovanie

Benchmarking technológie

Rozhodujúcou výslednou tabuľkou bola benchmarkingová korekcia samotnej technológie. Pred vytvorením finálnej tabuľky sme museli vytvárať znova poradie podľa významnosti jednotlivých parametrov.

Po špecifikovaní významnosti všetkých parametrov sme zistili, že najdôležitejším parametrom sú ekonomické ukazovatele. Po rozboře parametrov sme zistili, že ostatné parametre nadobudli jednotný koeficient, ktoré bolo treba znovu zhodnotiť pomocou párového porovnania. Druhú najväčšiu významnosť po ekonomických ukazovateľoch získala časová návratnosť investície, nasledoval parameter súlad technológie a stratégie podniku, a nakoniec trhová úspešnosť technologickej inovácie. Postup dvoch porovnaní je znázornený na nasledujúcom obrázku.

Metóda párového porovnanie parametrov spoločnosti 3DMedicalprint KG

		1	2	3	4	Koef.	Poradie			
1	Súlad technológie a stratégie podniku	1	2	3	1	2				
2	Ekonomické ukazovatele aplikovanej technológie	2	2	3	2	3	1.			
3	Časová návratnosť investície	3	2	3	4	2				
4	Trhová úspešnosť technologickej inovácie	4	2	3	4	2				
					1	2	3	Koef.	Poradie	
1	Súlad technológie a stratégie podniku				1	1	3	2	3.	
2	Časová návratnosť investície				2	2	2	3	2.	
3	Trhová úspešnosť technologickej inovácie				1	2	3	1	4.	

Obrázok 16 Metóda párového porovnanie parametrov spoločnosti 3DMedicalprint KG
Zdroj: vlastné spracovanie

Tabuľka 6 Výsledný benchmarking spoločnosti 3D Medicalprint KG

Por.č	Parameter	Váha	Význam	3Dmedicalprint	CAM4DENT	DentalOase	Najlepšia	Inovačný zámer
1	Ekonomické ukazovatele technológie	33	31,73	67,48	29,88	48,39	67,48	78,82
	a _{ij}			1	0,44	0,72	1	1,17
	b _{ij}			31,73	14,05	22,76	31,73	37,06
2	Časová návratnosť investície	27	25,96	95,82	76,87	61,74	61,74	74,62
	a _{ij}			0,64	0,80	1	1	0,83
	b _{ij}			16,73	20,85	25,96	25,96	21,48
3	Súlad technológie a stratégie podniku	25	24,04	97	86,43	69,65	97	97
	a _{ij}			1	0,89	0,72	1	1
	b _{ij}			24,04	21,42	17,26	24,04	24,04
4	Trhová úspešnosť technologickej inovácie	19	18,27	81,62	57,13	84,61	84,61	99,4
	a _{ij}			0,96	0,68	1	1	1,17
	b _{ij}			17,62	12,34	18,27	18,27	21,46
			BIJ spolu	90,12	68,65	84,25	100	104,05

Zdroj: vlastné spracovanie

Po metóde párového porovnania, sme nepravidelným spôsobom získali váhy a špecifikovali významnosti jednotlivých parametrov. Po kvantifikácii hodnôt a_{ij}, b_{ij} a výslednej B_{ij} sme dospeli k záveru, že spoločnosť 3D Medicalprint KG pri porovnávaní s ostatnými spoločnosťami sa umiestňuje na 1.mieste. Hodnota 90,12% demonštruje o tom, že spoločnosť o 5,87% predbehne potencionálnu konkurenciu Dental Oase pri komparácii primárnych parametrov. Spoločnosť Dental Oase dosiahla hodnotu 84,25%. Na poslednom mieste sa umiestnila spoločnosť CAM4DENT, ktorá dosiahla hodnotu 68,65%.

Nevyhovujúcu hodnotu bola zapríčinená tým, že spoločnosť CAM4DENT získal minimálne bodové hodnotenie 14,05 bodov pri ekonomických ukazovateľoch. Nasledujúcim ukazovateľom, v ktorom zaostávala spoločnosť bola trhovú úspešnosť technologickej inovácie. Minimálne bodové hodnotenie bolo zapríčinené tým, že CAM4DENT mal pri porovnávaní výsledkoch najviac počtov reklamácií a priemerná cena technológie bola najvyššia (650 000 €).

V inovačnom zámeri sme odporúčali pre spoločnosť 3D Medicalprint KG zlepšiť pozíciu z hľadiska časovej návratnosti a čo sa týka ukazovateľa trhovej úspešnosti. Keďže 3Dmedicalprint KG prevádzkuje elektronický obchod, má veľkú výhodu oproti konkurenčným spoločnostiam. Spolupráca s medzinárodnými zubnými technikmi je podporná v obrane a v posilnení súčasnej a budúcej konkurencieschopnosti spoločnosti 3D Medicalprint KG.

4.2.3 SWOT analýza

Swot analýza pomôže kompletizovať a systematizovať vnútorné silné a slabé stránky podniku, naďalej príležitosti a hrozby vyplývajúce z vonkajšieho prostredia, ktoré sme analyzovali metódou PESTEL. Swot analýza je ľahko použiteľným nástrojom na posúdenie strategickej situácie podniku z hľadiska využívania a úrovne technológie. Výsledkom analýzy je určité bodové hodnotenie, čo je reálnou úrovňou pôsobenia faktorov v daných podmienkach spoločnosti 3D Medicalprint KG.

Pre potreby zistení maticu modelových stratégií spoločnosti 3D Medicalprint KG, bolo nevyhnutné špecifikovať silné a slabé stránky, následne príležitosti a hrozby z vonkajšieho prostredia.

Silné stránky:

- Jedinečná technológia
- Kvalita výrobkov
- Certifikáty ISO
- Široký sortiment
- Vysoká úroveň zaškolených zamestnancov
- Spoločnosť bola najinovatívnejšou spoločnosťou v roku 2018
- Know how
- Dostupnosť e-zubov

	Váha (súč.1)	Hodnotenie	Výsledok
Jedinečná technológia	0,3	5	1,5
Kvalita výrobkov	0,2	5	1
Certifikáty ISO	0,1	4	0,4
Široký sortiment	0,1	5	0,5
Vysoká úroveň zaškolených zamestnancov	0,1	5	0,5
Ocenenie "Spoločnosť bola najinovatívnejšou v roku 2018"	0,05	4	0,2
Know how	0,05	5	0,25
Dostupnosť e-zubov	0,1	5	0,5
Výsledok:			4,85

Obrázok 17 Silné stránky spoločnosti

Zdroj: vlastné spracovanie

Slabé stránky:

- Náklady na výrobu
- Energetická neefektívnosť
- Cena výrobku
- Potreba kvalifikovaných pracovníkov
- Náklady na zamestnancov
- Škodlivé emisie

	Váha (súč.1)	Hodnotenie	Výsledok
Náklady na výrobu	0,2	3	0,6
Energetická neefektívnosť	0,1	5	0,5
Cena výrobku	0,3	3	0,9
Potreba kvalifikovaných pracovníkov	0,1	3	0,3
Náklady na zamestnancov	0,05	3	0,15
Škodlivé emisie	0,25	3	0,75
Výsledok			3,2

Obrázok 18 Slabé stránky spoločnosti

Zdroj: vlastné spracovanie

Príležitosti:

- Technologický rozvoj
- Nové trhy
- Novodobým trendom je byť eko – menej odpadov
- Customizácia
- Spolupráca s novými dodávateľmi
- Eshop celosvetovo

	Váha	Hodnotenie	Výsledok
Technologický rozvoj	0,3	5	1,5
Nové trhy	0,2	5	1
Novodobým trendom je byť eko – menej odpadov	0,2	4	0,8
Customizácia	0,2	5	1
Spolupráca s novými dodávateľmi	0,05	3	0,15
Eshop celosvetovo	0,05	2	0,1
Výsledok:			4,55

Obrázok 19 Príležitosti spoločnosti

Zdroj: vlastné spracovanie

Hrozba:

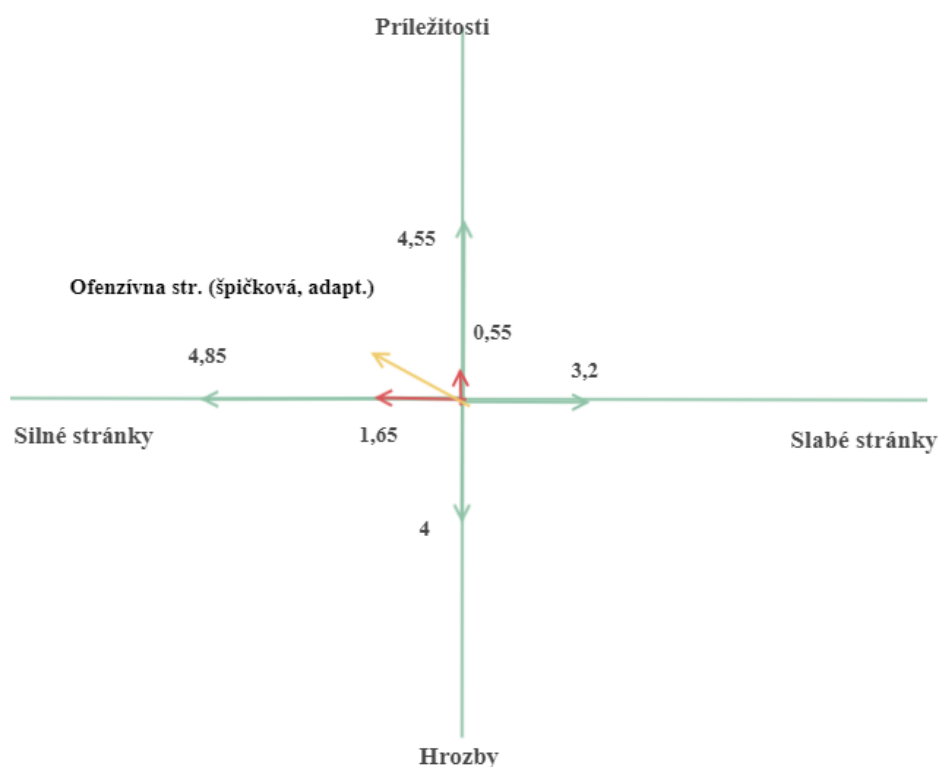
- Cena energie
- Ceny materiálov
- Ekonomická kríza
- Kopírovanie technológií
- Kúpyschopnosť odberateľa
- Vládne nariadenia

	Váha	Hodnotenie	Výsledok
Cena energie	0,4	4	1,6
Ceny materiálov	0,3	5	1,5
Ekonomická kríza	0,1	3	0,3
Kopírovanie technológií	0,05	5	0,25
Kúpyschopnosť odberateľa	0,05	3	0,15
Vládne nariadenia	0,1	2	0,2
Výsledok :			4

Obrázok 20 Hrozby spoločnosti 3DMedicalprint KG

Zdroj: vlastné spracovanie

Matica modelových stratégií spoločnosti 3DMedicalprint KG



Obrázok 21 Matica modelových stratégií spoločnosti 3D Medicalprint KG

Zdroj: vlastné spracovanie

Odporúčanie pre spoločnosť 3D Medicalprint KG je voľba ofenzívnej stratégie. Keďže spoločnosť produkuje technický pokrok, mala by sa sústrediť na využívanie silných stránok vnútorného prostredia a príležitostí z vonkajšieho prostredia. Spoločnosť si môže zvoliť z dvoch významných stratégií. Buď si zvolí špičkovú stratégiu, ktorá je významná výrobkami a technológiami najvyššej kvality, čiže je nositeľom technického pokroku. Druhá stratégia v ofenzíve je adaptačná stratégia, kde spoločnosti preberajú, rozvíjajú, zdokonaľujú výsledky špičkového podniku. Spoločnosť môže získať lepšiu pozíciu v rámci svojej adaptačnej stratégie. Adaptívny prístup funguje práve vtedy, keď je ťažké predvídať podnikateľské prostredie a keď môže byť výhoda- v danom prípade 3D tlač mostov a vyrovnávačov- krátkodobá. Prebiehajúce podstatné zmeny v technológiách, potreby zákazníkov, konkurenčné ponuky môžu signalizovať potrebu adaptívneho prístupu.

4.2.4 Pestel analýza - analýza vonkajšieho prostredia

Analýzou vonkajšieho prostredia analyzujeme sociálnu, politickú, ekonomickú, ekologickú, právnu a technologickú sféru spoločnosti 3Dmedicalprint. Medzi tieto faktory

zaradujeme aj hodnoty, ktoré spoločnosť uznáva. Prehľad týchto faktorov je zohľadnený v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 7 Pestel faktory vplývajúce na spoločnosť

Hodnoty	Ekologické faktory	Ekonomické faktory
Kvalitné služby a produkty	Výhlášky na ochranu ŽP	HDP
Dostupnosť	Zníži sa odpad	Inflácia
Customizácia	Zvýši sa environmentálne povedomie	Vývoj zamestnanosti Minimálna mzda
Spoľahlivosť	Vplyv podniku na okolie	Cena energie
Profesionalita	Nakladanie s odpadmi	Ceny materiálov
Zodpovednosť	Cirkulárna ekonomika	Konkurencia
Neustály vývoj	Sankcie za nedodržanie zákonov	Cirkulárna ekonomika
Starostlivosť o zákazníka-zákazník je náš pán	Ekologický transport	Zdravotníctvo, Letecký priemysel, Architektúra
Serióznosť	Škodlivé emisie	Ekonomická kríza- pandémia COVID -19
Právne	Sociálne	Technologické
Zákony	Prepúšťane ľudského kapitálu	Obmedzuje sa nadbytočná výroba
Legislativa	Zdravotníctvo – dentálna revolúcia	Celý proces sa urýchlil
Výhlášky	Customizácia	Rýchlosť zmien
Obmedzenia	Média	Investície
Ochrana spotrebiteľa	Správanie zákazníkov	Inovácie rodu
Ochrana ŽP		Know how
Protimonopolné opatrenia		Podpora zo strany štátu

Zdroj: vlastné spracovanie

4.2.5 Metóda scenára- ako výsledok foresightu

Ekologický transport sa zvýši	
Konvencionálna, zaseknutá spoločnosť Naša spoločnosť stráca svoju konkurencioschopnosť Ľudia sú ekovedomý ale v inováciách sme zaostalý Zníži sa plytvanie Efektívne využívame suroviny S inovačným procesom sa spomaľuje výroba Zastaralá technológia	Industry 5.0 Podpora kvalifikovaných pracovníkov v oblasti biotechnológie, IT sektora Efektívne využívanie surovín- 4Re-renew, redizajn Zvýšená produktivita Zníženie znečistenia ovzdušia- využívanie obnoviteľnej energie Vysoká kompatibilita biomateriálov s kosťou a dŕasami Zvýši sa životnosť 3D zubov a protéz Zníži sa plytvanie 100% recyklovateľný plast, bioprodukty Snaha trvalo ekologicky hospodáriť
Pomalý inovačný proces Zhnitý svet Zafažovanie životného prostredia Podnik stráca svoju konkurencioschopnosť Anti green spoločnosť Zastaralá technológia Znečistenie ovzdušia Spoločnosť neinovuje- zastaralá technológia Stagnácia inovácií Pokles efektivity zdrojov	Rýchly inovačný proces Inovácia bez ekovedomia Zvýši sa odpad 3d produkcie Zvýši sa využívanie energie Čas transakcií sa skráti Veľké zmeny v podniku bez eko zodpovednosti Vznik nových materiálov
Ekologický transport sa zníži	

Obrázok 22 Metóda scenára

Zdroj: vlastné spracovanie

Faktory, ktoré ovplyvňujú spoločnosť 3D Medicalprint KG sú **Inovačný proces a zmeny v podniku a Ekologický transport**. Pri tomto expertnom metóde bolo potrebné rôznorodé vplyvy a informácie usporiadať do alternatívnych vízií budúceho možného vývoja. V vplyvoch, ktoré sme znázornili sa prezentuje súčasná realita a dynamika skúmaného javu. Možné alternatívy budúceho vývoja sme vytvorili na základe faktorov z Pestle analýzy. Finálnu víziu a riešenie sme načrtli v závere diplomovej práce.

1.) Konvencionálna, zaseknutá spoločnosť: Prvú alternatívnu víziu budúceho vývoja pri týchto dvoch faktorov sme nazvali Zaseknutou spoločnosťou. Pri porovnávaní dvoch faktorov sme zistili, že inovačný proces spoločnosti sa spomalil, zmeny v podniku sú minimálne, ale ekologizácia spoločnosti sa vyvíjala protikladne. V tomto kvadrante

spoločnosť stráca svoju konkurencieschopnosť, síce zníži sa plytvanie a suroviny sa využívajú efektívne, inovačný proces podniku je zaseknutý a zastaralou technológiou sa spomaľuje výroba stomatologických produktov.

2.) Industry 5.0: Je najpriaznivejším kvadrantom, síce je to skôr fikciou. Spoločnosť podporuje kvalifikovaných pracovníkov v oblasti biotechnológie a IT sektora. V tomto kvadrante sú rýchle zmeny v podniku, inovačný proces sa zrýchli. Druhý faktor, ktorý ovplyvňuje spoločnosť je ekologický transport. Následne sa zvýši efektívne využívanie surovín- renew, redesign, redo, recycle, a 3D Medicalprint KG opätovne používa plastový odpad. Spoločnosť využíva obnoviteľnú energiu, a vznikajú nové, neznáme bioprodukty alebo živice potrebné pre výrobu. Snahou v tomto kvadrante je trvalo ekologicky hospodáriť.

3.) Inovácia bez ekovedomia: Ďalšia alternatívna vízia spoločnosti, kde sa zrýchlil celý inovačný proces podniku, ale faktor ekologizácia spôsobil náprotivne. Spoločnosť mala vysoké vynaloženie financií na zavedenie technológie, ale pritom ľudia vôbec nie sú ekovedomý a zvyšuje sa plytvanie. Zvýši sa využívanie energií, čas transakcií sa skráti vďaka inováciám. Vznikajú veľké zmeny v podniku bez eko zodpovednosti. Vznikajú nové materiály a nové technológie. V tomto kvadrante vznikajú odpady z materiálu pri 3D aditívnej výrobe, ktoré nemožno opätovne využiť.

4.) Zhnitý svet: Najpesimistickejšia alternatívna vízia spočíva v tom, že spoločnosť neimplementuje žiadnu technológiu, má zastaralú výrobu. Pandémia COVID-19 mala obrovský negatívny dopad na ekonomiku, a nie len v krajinách, kde bolo veľký počet nakazených. Ekonomický útlm sa ukáže naďalej v budúcnosti, spoločnosti zabezpečia len základné prevádzkové procesy, vyhnú sa veľkým investíciám. Spoločnosti sledujú prioritne zaistenie svojich príjmov. V tomto kvadrante sa situácia zhoršila tým, že spoločnosť bola medzi poslednými, ktorá reagovala včasne na pandémiu. Pri tejto alternatíve sa zubári nielenže nevyhnú prepúšťaniu, ale mnohým spoločnostiam dokonca hrozí krach a strácajú svoju konkurencieschopnosť. Toto hrozí aj firmám, ktoré v prvej vlně (počas začiatku vypätej situácie) neboli ovplyvnené vôbec.

5 Diskusia

Záverečná práca bola zameraná na inteligentnú technológiu aditívnu výrobu ako impulz rozvoja Priemyslu 4.0. Hlavným cieľom záverečnej práce bolo na základe získaných teoretických poznatkov analyzovať aditívnu výrobu presnejšie trojrozmernú tlač a jej ekonomický dopad na vybraný podnik v oblasti stomatológie 3D Medicalprint KG, a následne poukázať na procesné a iné zmeny vyplývajúce z využívania modernej inteligentnej technológie.

Aby sme zistili postavenie podniku na trhu, uplatnili sme metódu komparácie pri ekonomických ukazovateľoch z účtovných výkazov pre tvorbu technologického foresightu spoločnosti 3D Medicalprint KG. Ďalej sme identifikovali konkurencie pomocou spracovania benchmarkingovej korekcie, a znázornili sme metódu párového porovnania pri zistení dôležitosti jednotlivých parametrov.

Pri benchmarkingovej korekcií sme klasifikovali primárnych parametrov ako trhovú úspešnosť 3D technológie, časová návratnosť investície, ekonomické ukazovatele a súlad technológie a stratégie podniku. Cieľom benchmarkingu bolo zhodnotiť aktuálny stav konkurenčných podnikov a vyvodiť inovačný zámer spoločnosti 3D Medicalprint KG. Vo výslednej tabuľke sme dospeli k záveru, že spoločnosť 3D Medicalprint KG pri porovnávaní s ostatnými spoločnosťami sa umiestňuje na 1.mieste. Hodnota 90,12% demonštrovala o tom, že spoločnosť o 5,87% predbehla potencionálnu konkurenciu Dental Oase pri komparácii primárnych parametrov. Spoločnosť Dental Oase dosiahla hodnotu 84,25%. Na poslednom mieste sa umiestnila spoločnosť CAM4DENT, ktorá dosiahla hodnotu 68,65%. Nevyhovujúca hodnota bola zapríčinená tým, že spoločnosť CAM4DENT získal minimálne bodové hodnotenie 14,05 bodov pri ekonomických ukazovateľoch. V inovačnom zámeri sme odporúčali pre spoločnosť 3D Medicalprint KG zlepšiť pozíciu z hľadiska časovej návratnosti a čo sa týka ukazovateľa trhovej úspešnosti. Keďže 3D Medicalprint KG prevádzkuje elektronický obchod, má veľkú výhodu oproti konkurenčným spoločnostiam. Spolupráca s medzinárodnými zubnými technikmi je podporná v obrane a v posilnení súčasnej a budúcej konkurencieschopnosti spoločnosti 3D Medicalprint KG.

Následne sme vymedzili vplyvy faktorov makroprostredia na podnik za pomoci PESTLE analýzy a analyzovali sme interné a externé prostredia podniku pomocou využitia analýzy SWOT. Priaznivým faktorom je pre spoločnosť 3D Medicalprint KG, že jeho silné stránky prevyšujú slabé stránky. Ako najdôležitejšie sily podniku by sme spomenuli

kvalitu výrobkov, elektronický obchod zubných výtlačkov, inovatívne 3D technológie, dobré meno spoločnosti a certifikáty ISO, široký sortiment aditívnych výrobkov od priehľadných vyrovnávačov až po zubné implantáty a master modely pre ortodonciu. Z nedostatkov považujeme za najväčšie náklady na materiál, ceny výrobkov a energetickú neefektívnosť tlačiarň. Z externých faktorov dominujú príležitosti nad hrozbami. Najdôležitejšou príležitosťou je technologický rozvoj a rýchlosť inovačných procesov spoločnosti. Spoločnosť získala ocenenie v roku 2018, keď bola najinovatívnejšou spoločnosťou v celom Rakúsku. V súčasnosti však spoločnosť pri 3D tlačení používa čerstvý materiál – termoplasty a živice. Po vytlačení 3D výrobku, vznikne plastový odpad, ktoré už nemožno opätovne použiť na výrobu. Bolo by vhodné spoločnosti nájsť riešenie, ako opätovne použiť plastový odpad a znovu vytvoriť ekologické produkty vytlačené pomocou technológie 3D. Z hrozby musí podnik dbať najviac na vývoj nákladov, taktiež na cenu energií a na cenu materiálov. Najväčšiu hrozbu však v dnešnej situácii predstavuje ekonomická kríza vyvolaná pandémiou koronavírusu COVID- 19. Ekonomický útlm sa ukáže v budúcnosti, keď spoločnosti zabezpečia len základné prevádzkové procesy, a budú sa snažiť vyhnúť veľkým investíciám. Dôsledky pandémie sa ukážu jednoznačne v spomalení výrobných a inovačných procesov. Na základe vyššie uvedených skutočností by bolo vhodné, keby podnik zvolil ofenzívnu stratégiu- čo vlastne zodpovedá súčasnej stratégii podniku. Spoločnosť môže získať lepšiu pozíciu v rámci svojej adaptačnej stratégie. Adaptívny prístup funguje práve vtedy, keď je ťažké predvídať podnikateľské prostredie a keď môže byť výhoda- v danom prípade 3D tlač zubných mostov a vyrovnávačov- krátkodobá. Prebiehajúce podstatné zmeny v technológiách, potreby zákazníkov, konkurenčné ponuky môžu signalizovať potrebu adaptívneho prístupu.

Na záver sme využili expertnú metódu maticu scenára na možné alternatívny budúceho vývoja spoločnosti. Faktory, ktoré ovplyvňujú spoločnosť 3D Medicalprint KG boli **Inovačný proces a zmeny v podniku** a **Ekologický transport**. Pri tomto expertnom metóde bolo potrebné rôznorodé vplyvy a informácie usporiadať do alternatívnych vízií budúceho možného vývoja. **1.) Konvencionálna, zaseknutá spoločnosť:** V tomto kvadrante spoločnosť stráca svoju konkurencieschopnosť, síce zníži sa plytvanie a suroviny sa využívajú efektívne, inovačný proces podniku je zaseknutý a zastaralou technológiou sa spomaľuje výroba stomatologických produktov.

2.) Industry 5.0: Je najpriaznivejším kvadrantom, síce je to skôr fikciou. Spoločnosť podporuje kvalifikovaných pracovníkov v oblasti biotechnológie a IT sektora.

V tomto kvadrante sú rýchle zmeny v podniku, inovačný proces sa zrýchli. Druhý faktor, ktorý ovplyvňuje spoločnosť je ekologický transport. Následne sa zvýši efektívne využívanie surovín- renew, redesign, redo, recycle, a 3D Medicalprint KG opätovne používa plastový odpad. Spoločnosť využíva obnoviteľnú energiu, a vznikajú nové, neznáme bioprodukty alebo živice potrebné pre výrobu. Snahou v tomto kvadrante je trvalo ekologicky hospodáriť.

3.) Inovácia bez ekovedomia: Ďalšia alternatívna vízia spoločnosti, kde sa zrýchli celý inovačný proces podniku, ale faktor ekologizácia spôsobil náprotivne. Spoločnosť mala vysoké vynaloženie financií na zavedenie technológie, ale pritom ľudia vôbec nie sú ekovedomý a zvyšuje sa plytvanie. Zvýši sa využívanie energií, čas transakcií sa skráti vďaka inováciám. Vznikajú veľké zmeny v podniku bez eko zodpovednosti. Vznikajú nové materiály a nové technológie. V tomto kvadrante vznikajú odpady z materiálu pri 3D aditívnej výrobe, ktoré nemožno opätovne využiť.

4.) Zhnitý svet: Najpesimistickejšia alternatívna vízia spočíva v tom, že spoločnosť neimplementuje žiadnu technológiu, má zastaralú výrobu. Pandémia COVID-19 mala obrovský negatívny dopad na ekonomiku, a nie len v krajinách, kde bolo veľký počet nakazených. Ekonomický útlm sa ukáže naďalej v budúcnosti, spoločnosti zabezpečia len základné prevádzkové procesy, vyhnú sa veľkým investíciám. Spoločnosti sledujú prioritne zaistenie svojich príjmov. V tomto kvadrante sa situácia zhoršila tým, že spoločnosť bola medzi poslednými, ktorá reagovala včasne na pandémiu. Pri tejto alternatíve sa zubári nielenže nevyhnú prepúšťaniu, ale mnohým spoločnostiam dokonca hrozí krach a strácajú svoju konkurenciuschopnosť. Toto hrozí aj firmám, ktoré v prvej vlnе (počas začiatku vypätej situácie) neboli ovplyvnené vôbec.

Na základe získaných informácií a využitých metód analýz vyplýva z našej strany uznanie, že podnik urobil správny krok, keď si zvolil ofenzívnu stratégiu. Vyhodnotenie špecifikovaných informácií v záverečnej práci vyúsťuje do návrhu rôznych postrehov a odporúčaní pre rozvoj umelej inteligencie v oblasti stomatológie.

- podporovať kvalifikovaných pracovníkov v oblasti biotechnológie a IT sektora.
- zrýchľovať inovačný proces
- prijať environmentálne požiadavky surovín- renew, redesign, redo, recycle
- trvalo ekologicky hospodáriť
- znížiť plytvanie a znovu použiť termoplast pri tlači na ten istý účel

Tento scenár je platný vtedy, ak predpokladáme 3D tlačenie pri laboratórnych podmienkach a pri spracovaní objednávok pomocou zubného technika. Profesionálne zubné 3D tlačiarne musia byť schopné trvalo poskytovať vysoko kvalitné výtlačky, najmä v prostredí zubných laboratórií, kde sú kontroly kvality časté a očakáva sa vysoký výkon výroby. Preto sú niektoré zubné 3D tlačiarne drahšie ako iné, pretože ponúkajú túto spoľahlivosť. Tým sa predpokladá naďalej medzinárodná spolupráca s ostatnými zubnými technikmi zo celého sveta.

Neočakávaná situácia – pandémie koronavírusu COVID-19 sa nastala v marci tohto roku. Súčasná situácia skomplikovala život nielen obyčajného človeka, ale takmer celému podnikateľskému sektoru. Musíme si dnes riešiť veci, na ktoré predtým nikto ani nepomyslel. Nemožno predvídať dopad pandémie koronavírusu vopred, kým sa celá táto situácia neskončí. Súčasná epidemiologická núdzová situácia prevrátila život každého z nás. Nie je to inak, ani v stomatologickom priemysle. Hlavnou zásadou každej lekárskej profesie je prevencia chorôb. V tomto ťažkom období je cieľom lekárov zabezpečiť, aby epidémia vyžadovala čo najmenej vážnych chorôb a ľudských životov a aby sme mohli čo najskôr pokračovať v každodennej činnosti. V súčasnej situácii spoločnosti zaviedli oveľa prísnejší dezinfekčný protokol a ďalšie hygienické opatrenia. Zubní lekári a zubní asistenti sa snažia minimalizovať riziko infekcie v kancelárii. Epidémia koronavírusu úplne zmenila život súkromných stomatológii. V Rakúsku postihuje koronavírus približne 6000 zubných lekárov, 3000 zubných technikov a 10 000 ďalších dentálnych hygienistov.

Koronavírus tiež úplne zmrazil súkromnú stomatológiu. Zubný cestovný ruch, ktorý sa stará aj o zahraničných hostí, je v mimoriadne ťažkej situácii, pretože okrem miezd a nájomného by museli tiež riadiť náklady na cestovné a ubytovanie zahraničných hostí. Očakáva sa, že stomatologický sektor dostane štátnu pomoc pri mzdových nákladoch, pri platbe nájomného a pri udržiavaní tímu. Daňové odklady, úverové moratóriá nie sú samotným riešením pre každého zubného lekára, pretože je ťažké pokračovať v podnikaní po niekoľkomesačných stratách.

Koronavírus má v súčasnosti pozitívny dopad na ostatné e-commerce obchody. Spoločnosti v dôsledku epidémie si zlepšia a rozšíria platobné možnosti za objednávky. E-commerce obchody týmito opatreniami zlepšia svoje služby, zvýšia pravdepodobnosť predaja a budú pripravení aj do budúcnosti. Na druhej strane zase nakupujúci zistia, že platby vopred sú pohodlnejšími možnosťami, než dobierka hotovosťou, ale samozrejme nie pre každého. Investícia do automatizácie procesov môže byť vhodným riešením, ako týmto

situáciám čeliť. Náklady z dlhodobého hľadiska sú výrazne nižšie s porovnaním so stratami počas krízových období.

Spoločnosť 3D Medicalprint KG vzhľadom na danú situáciu je tiež zatvorená až do odvolania, avšak má výhodu v tom, že pomocou 3D tlačiarne môže vyrábať mimoriadne výrobky počas epidémie. Diverzifikáciou výrobkov môže spoločnosť rozšíriť svoju výrobu a vyrábať trojrozmerný dýchací ventil, Copper 3D rúška a ochranný štítok, ktoré môžu zachrániť životy v boji proti nákaze koronavírusu. Spoločnosť 3D Medicalprint KG preto spolupracuje s rakúskymi nemocnicami pri výrobe potrebných pomôcok.

Rovnako ako v každom priemyselnom odvetví, nepredvídateľná situácia pandémie koronavírusu nepochybne zníži tržby spoločností na celom svete. Výrobcovia dentálneho spotrebného materiálu ako aj výrobcovia 3D technológie pocítia následok vírusu, pretože si sami museli obmedziť až zastaviť výrobu. Po skončení koronavírusu, však spoločnosti by mali byť pripravení ihneď, ako to len bude možné opätovne naštartovať podnikanie a najmä nastaviť efektívnejší cash flow.

Priemysel otvára neustále nové príležitosti, ktoré 3D technológia ponúka pre spotrebiteľov. Zákaznícke výhody spočívajú aj v tom, že namiesto viacerých zubných ošetrovaní stačí len jediná návšteva u zubného lekára v danej krajine, ktorí potom pošle v danom prípade údaje cez online objednávku priamo do rakúskej firmy, nezáleží v akom systéme boli údaje spracované. 3D tlačiareň následne spracuje objednávku a vytlačí sa realistický implantát, ktorý sa odošle kuriérom do danej krajiny. Rýchle prototypovanie umožňuje množstvo výhod. Na jednej strane sa zákazníkovi ušetril čas, vyrobil sa presný, prispôsobený diel a na druhej strane sa šetrili náklady na zásoby spoločnosti.

Najväčšou nevýhodou pri 3D technológii sú náklady na materiál a obmedzenosť materiálu na výrobu stomatologických modelov. 3D technológia v tomto segmente je veľkou investíciou pre pacientov aj pre zubárov. V priemere pacient pre priehľadných vyrovnávačov musí platiť zvyčajne 2500- 4000 eur. Výhoda týchto vyrovnávačov spočíva v tom, že sa dajú jednoducho vyberať a zakladať, a pacienti nemusia stále chodiť na zubné vyšetrenie. Tým, že je v popredí customizácia výrobku, priamo sa vyrába hotový komponent so zlepšenou kvalitou a so skrátením dodávateľským reťazcom. Tým, že sa výroba tlačí domov, spoločnosti vyrábajú náhradné diely, tým pádom skracujú čas na opravu. Smerovanie tohto priemyslu na Slovensku je otázkou minimálne desaťročia.

Podľa môjho názoru, alternatívna vízia domácej aditívnej výroby by bola prospešná pre tých spoločností, ktorí by poskytli 3D tlačiareň a licencovaný softvér k tomu. Na jednej

strane, samotný spotrebiteľ by vytlačil svoj potrebný vkus doma, a na druhej strane spoločnosť by tým šetrila náklady na energiu, a profitovala by z poskytnutej licencie. Všetko je však otázne, ako sa ďalej bude vyvíjať inovačný cyklus zubov.

Od roku 1845 inováciou bol tvrdý čierny amalgám, ktorý slúžil v stomatológii pri vyvrtanom zube. Polovicu amalgánu však tvorí ortuť, ktorý je škodlivý zdraviu, a vedci preto od roku 1985 zakázali používanie amalgánu v zubárstve. Nový variant amalgánu- biely amalgám- I3 vo Valentovom inovačnom spektre je síce esteticky lepším riešením, ale takisto obsahuje toxické látky. Novým druhom (I6) je inovatívny inlay a overlay zubov. Inlay a overlay je vložkou, ktorá je vyrobená zubným technikom, ktorú si lekár vyberie, keď je v zube rozsiahly zubný kaz (veľa zubnej korunky chýba) a zub už nemôže byť vyplnený tradičnou výplňou. Výhoda je v tom, že nie je potrebné odstraňovať (obrusiť) ešte neporušené časti koruny, ako by sme to robili pri výrobe koruny. Inlay a overlay sa vyrába pomocou 3D tlače, a jej presnosť presahuje presnosť náplní. Nový rod (I7) je úplnou zmenou základného výrobku. Novým rodom by mohol byť inlay a overlay vložkov bioprinting, čiže tlač živými bunkami, ktorý by bol použiteľný v oblasti regeneratívnej medicíny. Stupeň I8 je novým kmeňom, tzv. originálne riešenie produktov. Novým kmeňom by mohol byť v budúcnosti tzv „liek“, ktorý by umožnil kmeňovým bunkám v zubnej dreni, ktorý je plný nervov a krvných ciev- na dorastenie dostatočného množstva kostného tkaniva (Dentínu) na vyplnenie dutiny. Ďalšou revolučnou technikou by mohla byť použitie laserového svetla s nízkou spotrebou na stimuláciu regenerácie zubov.

Vplyvy na vývoj nových inovácií v trojrozmernej tlači sú vývoj samotnej technológie, preferencie spotrebiteľov, spoločenský význam a v neposlednom rade inovačné procesy vo väzbe na environmentálne požiadavky. 4R, reduce, reuse, recycling a recover je založený na princípe znížiť množstvo odpadov a opätovne použitie odpadu. Veľkou otázkou budúcnosti je, ako opätovne použiť plastový odpad a znovu vytvoriť ekologické produkty aditívnej výroby. V súčasnosti spoločnosti používajú čerstvý materiál, aby dosiahli konzistentné výsledky s tlačením. Termoplasty sú spracovateľné po zahriatí na teplotu topenia.

Môžeme konštatovať, že aby sa trojrozmerná tlač stala ekologickou a udržateľnou technológiou, je nevyhnutné formulovať vzdelávanie a osvetu spoločnosti. Okrem používania recyklovateľných materiálov nemožno zanedbávať na emisie zo spotreby strojov. Technológia 3D tlače sa vyvíja rýchlym tempom, a v budúcnosti môžeme očakávať ďalšie alternatívne materiály pre tlačenie. Vedci zaoberajúci sa 3D tlačovou

technológiou uvažujú aj o použití plastu PLS-Bio, ktorý vyžaduje na roztavenie menej tepla a môže výrazne znížiť energetickú spotrebu 3D tlače.

3D tlač je rýchlo sa rozvíjajúca technológia, ktorá má budúci potenciál zmeniť výrobnú štruktúru odvetvia zubných laboratórií. Aj keď táto technológia je stále v plienkach, rýchly pokrok v nových materiáloch a 3D tlačiarenských zariadeniach je už na vzdialenom obzore. Ako pri každej novej technológii, prekážkou vstupu sú náklady a rýchlosť výroby. Automatizované systémy budú mať vždy vyšší výkon a budú vždy precízny, popritom budú vyžadovať menej práce. Nové technológie dostupné v zubnej technike, najmä 3D tlač, umožňujú laboratóriám dramaticky zvýšiť ich výkon pri súčasnom zachovaní alebo dokonca znížení pracovnej sily.

Záver

Zámerom záverečnej práce bolo skúmanie vonkajších a vnútorných prejavov konkurenčnej výhody spoločnosti, ktorá využíva aditívnu výrobu. Aby sme odhalili vznik a tvorbu konkurenčnej výhody v analyzovanom podniku, využili sme rôzne metódy. Následne sme využili expertnú metódu maticu scenára na možné alternatívny budúceho vývoja spoločnosti. Foresight slúžil na predvídanie do budúcnosti, ako sa budú vyvíjať stomatologické služby vplyvom rôznych faktorov.

Uvedený hlavný cieľ sme naplnili v poslednej kapitole práce. Hlavný cieľ sme sa snažili naplniť pomocou podporných cieľov. Pre vypracovanie záverečnej práce sme venovali pozornosť získavaniu údajov a následne syntéze získaných údajov z preštudovaných zahraničných vedeckých článkov a od odborníkov stomatológie zo zahraničia.

Aby sme mohli vybranú spoločnosť 3D Medicalprint KG analyzovať, museli sme identifikovať konkurencie pomocou spracovania benchmarkingovej korekcie, a znázornili sme metódu párového porovnania pri zistení dôležitosti jednotlivých parametrov. Následne sme vymedzili vplyvy faktorov makroprostredia na podnik za pomoci PESTLE analýzy a analyzovali sme interné a externé prostredia podniku pomocou využitia analýzy SWOT.

V poslednej časti kapitoly Výsledky práce sme znázornili model matice scenára na základe dvoch vybraných navzájom sa ovplyvňujúcich faktorov. Na záver sme zhrnuli postrehy a odporúčania pre rozvoj umelej inteligencie v oblasti stomatológie, čím sme vlastne splnili posledný podporný cieľ, ktoré sme si stanovili.

Zistili sme pomocou expertnej metódy predvídanie do budúcnosti, ako sa bude vyvíjať spoločnosť 3D Medicalprint KG pod vplyvom ekologického transportu a inovačného procesu. Najpriaznivejším kvadrantom pre spoločnosť je Industry 5.0, kde sú rýchle inovačné zmeny a spoločnosť efektívne využíva suroviny. Snahou v tomto kvadrante je trvalo ekologicky hospodáriť pri predpoklade, že 3D materiály sa opätovne používajú na rôzne účely. Najpesimistickejšia alternatívna vízia spočíva v tom, že spoločnosť neimplementuje žiadnu technológiu, má zastaralú výrobu. Pandémia COVID-19 mala obrovský negatívny dopad na ekonomiku, a nie len v krajinách, kde bolo veľký počet nakazených. Ekonomický útlm sa ukáže naďalej v budúcnosti, spoločnosti zabezpečia len základné prevádzkové procesy, vyhnú sa veľkým investíciám. Spoločnosti sledujú prioritne zaistenie svojich príjmov. V tomto kvadrante sa situácia zhoršila tým, že spoločnosť bola medzi poslednými, ktorá reagovala včasne na pandémiu. Pri tejto

alternatíve sa zubári nielenže nevyhnú prepúšťaniu, ale mnohým spoločnostiam dokonca hrozí krach a strácajú svoju konkurencieschopnosť. Toto hrozí aj firmám, ktoré v prvej vlnе (počas začiatku vypätej situácie) neboli ovplyvnené vôbec.

Použitá literatura

1. ALMADA-LOBO, Francisco. The Industry 4.0 revolution and the future of manufacturing execution systems (MES). [elektronický zdroj]. In: Journal of Innovation Management, 3, 2015 s.16-21.[cit. 2019-11-13] ISSN 2183-0606.Dostupné:https://www.researchgate.net/publication/306150248_The_Industry_40_revolution_and_the_future_of_Manufacturing_Execution_Systems_MES
2. ANDERSSON, Per. – MATTSSON, Gunnar. Lars. Service innovations enabled by the “Internet of things.” [elektronický zdroj]. IMP Journal, 9, 2015, s.85-106. doi:10.1108/IMP-01-2015-0002 , [cit. 2019-11-11] ISSN 0809-7259 Dostupné na: [https://center.hj.se/download/18.7d241c5015334a41afb1f27/1520583414052/Andersson%20&%20Mattsson%20\(2015\).pdf](https://center.hj.se/download/18.7d241c5015334a41afb1f27/1520583414052/Andersson%20&%20Mattsson%20(2015).pdf)
3. ATHERTON, Kelsey. 3-D Printed Artificial Teeth Could Stop Bacteria. [elektronický zdroj].[cit. 2019.10.29]. Dostupné na: <https://www.popsoci.com/3-d-printed-tooth-fights-bacteria/>
4. BAHETI,Radhakisan, – GILL,Helen. Cyber-physical systems. [elektronický zdroj]. In: New York: IEEE Control Systems Society; 2011. p. 161–169. [cit. 2019-10-27] ISSN 1049-8923.Dostupné na: <http://ieeecss.org/sites/ieeecss/files/2019-07/IoCT-Part3-02CyberphysicalSystems.pdf>
5. BAHIRIN,Kamaril– OTHMAN Fauzi –NOR.AZLI,Nor Hayati–TALIB, Muhamad Farihin.,Industry 4.0: a review on industrial automation and robotic.[elektronický zdroj]. In : Jurnal Teknologi, 2016. vol. 78, no.6-13, s.137–143. [cit. 2019.11.2] . ISSN 2180–3722.Dostupné na: <https://jurnalteknologi.utm.my/index.php/jurnalteknologi/article/view/9285>
6. BARGMAN, Joe. Urbee 2, the 3D-Printed Car That Will Drive Across the Country. [elektronický zdroj] In: PopularMechanics,2013. November.[cit. 2019.11.9]Dostupné na: <https://www.popularmechanics.com/cars/a9645/urbee-2-the-3d-printed-car-that-will-drive-across-the-country-16119485/>
7. BOGUE, Robert. 3Dprinting: The dawn of a new era in manufacturing? . [elektronický zdroj] In: Assembly Automation 33(4) September 2013, .[cit. 2019-11-13]ISBN 978-1-4939-2112-6.Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/263059946_3D_printing_The_dawn_of_a_new_era_in_manufacturing
8. BRUNELLO,Giulia –SIVOLELLA, Stefano – MENEGHELLO,Roberto, et al. Powder-based 3D printing for bone tissue engineering.[elektronický zdroj]. In: Biotechnology Advances. 2016;34 s. 740-753 [cit. 2019.10.29] Dostupné na: <http://iranarze.ir/wp-content/uploads/2016/10/E473.pdf>
9. CAFFREY, Tim. Additive manufacturing and 3d printing state of the industry annual worldwide progress report. . [elektronický zdroj]. Wohlers Associates, 2018. s.343[cit. 2019.10.29] ISBN: 0991333241. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/297933997_Additive_manufacturing_state_of_the_industry

10. CAMPBELL, Thomas – WILLIAMS, Christopher – IVANOVA, Olga – GARRETT, Banning. Could 3D Printing Change the World? Technologies, Potential and Implications of Additive Manufacturing. [elektronický zdroj]. In: A Strategic Foresight Report from the Atlantic Council, Washington. 2011. [cit. 2019.11.12] Dostupné na: <https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/report/could-3d-printing-change-the-world/>
11. COOPER, Joshua., – JAMES, E. Anne. Challenges for database management in the Internet of things. [elektronický zdroj] . In: IETE Technical Review: London, 2009 č. 5 sept-okt. s. 289, [cit. 2019-11-11]. DOI: 10.4103/0256-4602.55275. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/26845114_Challenges_for_Database_Management_in_the_Internet_of_Things
12. COTTELEER, Mark, – HOLDOWSKY, Jonathan – MAHTO, Monika. The 3D opportunity primer: the basics of additive manufacturing. [elektronický zdroj]. In : Deloitte University Press, 2014, March. [cit. 2019.10.28] Dostupné na: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/3d-opportunity/the-3d-opportunity-primer-the-basics-of-additive-manufacturing.html>
13. DAWOOD, Andrew – MARTI, Begoña – SAURET-JACKSON Veronique – DARWOOD Alastair. 3D printing in dentistry. [elektronický zdroj]. In: British Dental Journal. 2015;219 s. 521-529. [cit. 2019.10.29] Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/286612886_3D_printing_in_dentistry
14. DESPEISSE, Melanie. – FORD, Simon. The Role of Additive Manufacturing in Improving Resource Efficiency and Sustainability. [elektronický zdroj]. In: Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2015; s. 129–136. [cit. 2019-11-9] Issn: 1868-4238 Dostupné na: <https://kundoc.com/pdf-cooperation-of-human-and-machines-in-assembly-lines-.html>
15. ERRO, Alfonso Martín, – DOMINGUEZ, Manuel – ESPINOZA, M.. Industrial application of virtual reality environments and augmented reality. [elektronický zdroj]. In: RG Journal Impact. 2014, July. s, 382-386 [cit. 2019.11.8] DOI: 10.6036/6989. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/264416619_Industrial_applications_of_virtual_reality_environments_and_augmented_reality
16. FISH, Erik. Rapid Prototyping: How It's Done at GM. [elektronický zdroj]. In: AD&P media 2011. . [cit. 2019.11.13] Dostupné na: <https://www.adandp.media/articles/rapid-prototyping-how-its-done-at-gm>
17. GREGORY, S. Jacob. Three-Dimensional Printing of Dentures Using Fused Deposition Modeling. [elektronický zdroj]. In: Inside Dental Technology. 2013; Vol.4 Issue8 . [cit. 2019.10.22] Dostupné na: <https://www.aegisdentalnetwork.com/idt/2013/08/three-dimensional-printing-of-dentures-using-fused-deposition-modeling>
18. HEIDEL, Roland, – HANKEL, Martin, – DOBRICH, Udo, – HOFFMESITER, Michael. Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0) [elektronický zdroj].

Berlin, Beuth Verlag GmbH. 2017[cit. 2019-11-20]. ISBN 10: 3410264825 Dostupné na: <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91345/250940128>

19. HOLMSTROM, Jan –PARTANEN, Joumi– TUOMI, Jukka –WALTER Manfred. Rapid manufacturing in the spare parts supply chain: Alternative approaches to capacity deployment. [elektronický zdroj]. In Journal of Manufacturing Technology Management 21. January 2010. s. 687- 695[cit. 2019.11.05] DOI:10.1108/17410381011063996.
Dostupné na:
https://www.researchgate.net/profile/Jan_Holmstroem/publication/233663433_Rapid_manufacturing_in_the_spare_parts_supply_chain_Alternative_approaches_to_capacity_deployment/links/00b495339d008adeb0000000/Rapid-manufacturing-in-the-spare-parts-supply-chain-Alternative-approaches-to-capacity-deployment.pdf
20. KAGERMANN, Henning. Change through digitization—Value creation in the age of Industry 4.0. [elektronický zdroj]. Springer Fachmedien Wiesbaden. 2015, s. 23-45, In H. Albach, H. Meffert, A. Pinkwart, & R. Reichwald (Eds.), Management of permanent change (pp. 23-45). [cit. 2019-11-11]. ISBN 978-3-658-05013-9. Dostupné na: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-658-05014-6_2
21. KANG Hyung, –Seok.LEE, –Ju.Yeon, –CHOI Sangsu., –KIM, Hyun. –PARK Jun Hee–SON, Ji.Yeon. – KIM Bo Hyun –NOH, Sang Do. Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. [elektronický zdroj]. In: Int. Journal of precision engineering and manufacturing green technology. Vol. 3, No. 1, s. 111-128., [cit. 2019.11.5] ISSN: 2198-0810 Dostupné na: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40684-016-0015-5>
22. KELLENS, Karel – BAUMERS Martin –GUTOWSKI Timothy.G. –FLANAGAN William. Environmental dimensions of additive manufacturing: Mapping application domains and their environmental implications. [elektronický zdroj]. In: Journal of Industrial Ecology. 2017, 21, s.49–68. [cit. 2019.11.12] ISSN 1530-9290 Dostupné na: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jiec.12629>
23. KING, Rachael.3D printing coming to the manufacturing space [elektronický zdroj]. In: Bloomberg business. 2012, January. [cit. 2019.11.06] Dostupné na: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2012-01-09/3d-printing-coming-to-the-manufacturing-space-and-outer-space>
24. KRUGER, James –LIEN Terje. K. – VERL, Alexander Wilhelm.Cooperation of human and machines in assembly lines, [elektronický zdroj]. In:CIRP Annals-Manufacturing Technology, vol. 58, no. 2,2009, s. 628–646. [cit. 2019.11.8] doi:10.1016/j.cirp.2009.09.009
25. KRUTH, Jean Pierr –VANDENBROUCKE, Ben – VAERENBERGH, Jonas –NAERT, Ignace. Digital manufacturing of biocompatible metal frameworks for complex dental prostheses by means of SLS/SLM. [elektronický zdroj]. In: Da Silva Bartolo PJ: Virtual modeling and rapid manufacturing. London/Taylor & Francis Group; 2005.[cit. 2019.11.12]

Dostupné na: <https://www.semanticscholar.org/paper/Digital-manufacturing-of-biocompatible-metal-for-by-Kruth-Vandenbroucke/8355a5b92ac25630f40a762e66b160156be92337>

26. KUKSENOK, Olga – BALÁZS, Anna.C. Stimuli-responsive behavior of composites integrating thermo-responsive gels with photo-responsive fibers. [elektronický zdroj]. In: *Materials Horizons* 2016, 3, s. 53–62 [cit. 2019.11.12] 10.1039/C5MH00212E. Dostupné na: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/MH/C5MH00212E#!divAbstract>
27. KUMAR, Lyothish – NAIR, Krishnadas. Current trends of additive manufacturing in the aerospace industry. [elektronický zdroj]. In: *Advances in 3D Printing & Additive Manufacturing Technologies*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2017; s. 39–54. [cit. 2019.11.06] ISBN 978-981-10-0812-2 Dostupné na: <https://www.springer.com/gp/book/9789811008115>
28. LI, Bo-hu – ZHANG, Lin – WANG, Shi-long – TAO, Fei – CAO, Jun-wei – JIANG, Xiao-dan – SONG, Xiao – CHAI, Xu-dong. Cloud manufacturing: A new service-oriented networked manufacturing model. [elektronický zdroj]. In: *Computer Integrated Manufacturing*. 2010; volume 16(1) s. 1–7. [cit. 2019.10.20]. ISSN: 2543-912X. Dostupné na: <http://www.cims-journal.cn/EN/abstract/abstract2516.shtml>
29. LI, Bo-hu, – HOU, Bao Cun, – YU Wen Tao, – LU, Xiao-bing – YANG, Chun-wei. Applications of artificial intelligence in intelligent manufacturing: A review. [elektronický zdroj]. In: *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*. 2017; 18(1) s. 86–96. [cit. 2019-11-10] ISSN 2095-9230 Dostupné na: <https://link.springer.com/article/10.1631%2FFITEE.1601885>
30. MANYIKA, James – CHUI, Michael – BROWN, Brad – BUGHIN, Jacques – DOBBS, Richard, et al. . Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity. . [elektronický zdroj]. In: New York: McKinsey Global Institute; 2011. s. 156 [cit. 2019.10.28] ISBN 10: 0983179697 Dostupné na: https://bigdatawg.nist.gov/pdf/MGI_big_data_full_report.pdf
31. MANYIKA, James – CHUI, Michael – BROWN, Brad – BUGHIN, Jacques – DOBBS, Richard, et al. . Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity. [elektronický zdroj]. In: New York: McKinsey Global Institute; 2011. s. 156 [cit. 2019.10.28] ISBN 10: 0983179697 Dostupné na: https://bigdatawg.nist.gov/pdf/MGI_big_data_full_report.pdf
32. MITSOURAS, Dimitris – LIACORUAS, Peter – IMANZADEH, Amir – GIANNOPOULOS, Andreas, et al. Medical 3D printing for the radiologist. [elektronický zdroj]. In: *Radio Graphics*. 2015; 35(7):19 s. 65–88. [cit. 2019.11.12] Dostupné na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4671424/>

33. MOMENI Farhang – LIU, Xun –NI, Jun. A review of 4d printing.[elektronický zdroj]. In: Material and Design. 2017, 122, s. 42–79[cit. 2019.11.12] ISSN : 0264-1275. Dostupné na:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264127517302034?via%3Dihub>
34. MOSCONI, Franco. The new European industrial policy: Global competitiveness and the manufacturing renaissance. [elektronický zdroj] 1.vydanie. London, England: Routledge 2015. 246 s.[cit. 2019-11-11]. ISBN 9781138792821 Dostupné na:https://www.researchgate.net/publication/283228573_The_new_European_industrial_policy_Global_competitiveness_and_the_manufacturing_renaissance
35. MURPHY, Sean –ATALA, Anthony. 3D bioprinting of tissues and organs. [elektronický zdroj] In: Nature Biotechnology 2014 32, s. 773–785.[cit. 2019.11.9] ISBN-10: 3-7643-7231-1
Dostupné na: <https://www.nature.com/articles/nbt.2958>
36. National Aeronautics and Space Administration [elektronický zdroj] 2019 .[cit. 2019-11-17]
Dostupné na: https://www.nasa.gov/sites/default/files/files/3D_Printing-v3.pdf
37. PLEWA,Katarina .Improve your production and customer experience the best 3D printing projects in the retail industry. [elektronický zdroj]. In: Discover the best projects of 3D printing in the retail industry.2018 [cit. 2019.11.17] Dostupné na:<https://www.sculpteo.com/blog/2018/08/29/improve-your-production-and-customer-experience-the-best-3d-printing-projects-in-the-retail-industry/>
38. ROCCO, Richard – BUSH, Alan. J. Exploring buyer-seller dyadic perceptions of technology and relationships: [elektronický zdroj]. In: Implications for Sales 2.0. Journal of Research in Interactive Marketing, 10, 2016. s. 17-32. [cit. 2019.10.23] ISSN 2040-7122
Dostupné na:<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JRIM-04-2015-0027/full/html>
39. SOMMER, Lutz. Industrial revolution—Industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution? [elektronický zdroj]. In: Journal of Industrial Engineering and Management, Vol 8, č.5 1512-1532. [cit. 2019.11.11] ISSN: 2013-0953
Dostupné na:<http://www.jiem.org/index.php/jiem/article/view/1470/730>
40. SUTHERLAND, William– AVELING, Rosalind –BROOKS,Thomas–CLOUT ,Mick–DICKS, Lynn–FELMANN, Lizz.et al. A horizon scan of global conservation issues for 2014.[elektronický zdroj]. In: Trends in Ecology and Evolution 2014, 29, s.15–22.[cit. 2019.11.05] ISSN: 0169-5347.Dostupné na:https://www.researchgate.net/publication/259853097_A_horizon_scan_of_global_conservation_issues_for_2014
41. Tech Vire Asia .How VR technology helps medical students and practitioners. [elektronický zdroj].2018.September7[cit. 2019.11.8].

Dostupné na: <https://techwireasia.com/2018/09/can-vr-technology-helpmedical-students-and-practitioners/>

42. THURZO, Andrej, Mudr. Thurzo, PhD. 3D tlač v medicíne. [elektronický zdroj]. [cit. 2019.11.12] Dostupné na: <https://lekar.pluska.sk/clanky/3d-tlac-v-medicine>
43. WANG, Lidong – WANG, Guanghui. Big Data in cyber-physical systems, digital manufacturing and Industry 4.0. [elektronický zdroj]. I.J.Engineering and Manufacturing, 2016, 4, 1-8.[cit. 2019.11.11] ISSN 2306-5982 Dostupné na: <https://pdfs.semanticscholar.org/20a2/1cdc85d140d021b4b37d35d328f217334e1d.pdf>
44. WANG, Shijong – WAN Jiafu – LI Di – ZHANG, Chunhua. Implementing smart factory of Industrie 4.0: an outlook.[elektronický zdroj]. In: Int. Journal of Distributed Sensor Networks, vol. 12, no.1, 2016 s. 1-10, [cit. 2019.11.8] ISSN: 1550-1477. Dostupné: https://www.researchgate.net/publication/291385881_Implementing_Smart_Factory_of_Industrie_40_An_Outlook
45. WANG, Shiyong – WAN, Jiafu. – ZHANG, Daqiang, – LI, Di, – ZHANG, Chunhua. Towards smart factory for Industry 4.0: A self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. Computer Networks . The International Journal of Computer and Telecommunications Networking [elektronický zdroj] Volume 101 Issue C, 06.2016. s. 158-168, [cit. 2019-10-23]. ISSN 1389-1286 Dostupné na: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2939040>
46. WINDER, John – BIBB, Richard. Medical rapid prototyping technologies: state of the art and current limitations for application in oral and maxillofacial surgery. [elektronický zdroj]. In: Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 2005;63 s.1006-1015. [cit. 2019.10.29] Dostupné na: <https://core.ac.uk/download/pdf/20027017.pdf>
47. WOHLER, Terry. Wohlers Report 2016 – 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry Annual Worldwide Progress Report. , [elektronický zdroj]. Wohlers Associates Inc. 2016, 335. [cit. 2019-11-13] ISBN 0991333225 9780991333226 Dostupné na: <https://www.worldcat.org/title/wohlers-report-2016-3d-printing-and-additive-manufacturing-state-of-the-industry-annual-worldwide-progress-report/oclc/948549886>
48. WURM, Gabrielle – TOMANCOK, Berndt – LEHNER, Michael et al. Cerebrovascular Biomodeling for Aneurysm Surgery: Simulation-Based Training by Means of Rapid Prototyping Technologies. [elektronický zdroj]. In: Surgical Innovation. 18(3) 294–306. Pennsylvania, 2016. [cit. 2019.11.12] Dostupné na: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.832.9235&rep=rep1&type=pdf>
49. XIA, Feng – YANG, Laurence T. – VANG, Lizhe – VINEL, Alexey. Internet of Things. [elektronický zdroj]. In: International Journal of Communication Systems. 2012. September. Volume 25 1101-1102 [cit. 2019.10.27]. doi>10.1002/dac.2417 Dostupné na: <https://www.deepdyve.com/lp/wiley/internet-of-things-vC9ott2CDk>

50. XU, Fangqian –WONG ,Y.S– LOH, Ton Hang. Toward generic models for comparative evaluation and process selection in rapid prototyping and manufacturing. . [elektronický zdroj] In: Journal Manufacturing System 2001;19 s. 292-298. .[cit. 2019.10.29] Dostupné na:
https://www.researchgate.net/publication/238176496_Toward_generic_models_for_comparative_evaluation_and_process_selection_in_rapid_prototyping_and_manufacturing
51. ZHONG, Ray –LI Z, –PANG L.Y, –PAN,Y– HUANG, George, Q. RFID-enabled real-time advanced planning and scheduling shell for production decision making. [elektronický zdroj]. In: International Journal of Computer Integrated Manufacturing. 2013. Volume 26, issue 7. s. 649- 662.[cit. 2019-10-27] ISSN:0951-192X Dostupné na:
<https://www.scribd.com/document/402055371/Intelligent-Manufacturing>

