

A FILAMENT SZÁL ÚJRAHASZNOSÍTÁSA A 3D NYOMTATÁSHOZ

Kmetz Barbara

*MSc gépészmérnök hallgató, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: kmetzbarbara@gmail.com*

Takács Ágnes Judit

*egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: takacs.agnes@uni-miskolc.hu*

Absztrakt

A tanulmány első fele bemutatja a 3D nyomtatás és a nyílt forráskódú mozgalom rövid történetét. A szerzők ismertetik az FDM extrudálásos nyomtatási technológiát, valamint a nyomtatás felhasználási területeit. A publikáció részletes leírást ad a Creality Ender 5 nyomtatóról, valamint az ezen nyomtató által nyomtatott tárgyokról. A tanulmány második fele egy nyomtatószal újrahasznosító gép koncepcionális tervezését taglalja. A szükséges piac- és szabadalomkutatás során feltárt funkcionális részegységek variálásával számos megoldásváltozat került kidolgozásra, melyek közül az optimális megoldás értékeléssel került kiválasztásra.

Kulcsszavak: 3D nyomtatás, újrahasznosítás, Creality Ender 5, filament, koncepcionális tervezés

Abstract

In the first part of the study the brief history of 3D printing and the open source movement is introduced. The FDM extrusion technology is reviewed, also the areas where the technology can be used. There is a detailed description about the Creality Ender 5 printer and its printed objects. The study's next main part contains the conceptual design of a filament recycling machine. After market and patent research the functions are established. Varying them, different solutions were determined. Evaluating the variants, the optimal solution was defined.

Keywords: 3D printing, recycling, Creality Ender 5, filament, conceptual design

1. Bevezetés

A 3D nyomtatás napjaink népszerű additív gyártótechnológiáinak egyike. Az utóbbi két évtizedben terjedt el igazán széles körben, manapság már számos fajtája és felhasználási módja létezik. Története nem nyúlik vissza a régmúltba, csupán az 1990-es évekbe. A fizikailag megfogható tárgyak gyártása előtt háromdimenziós tervező programok valamelyikében meg kell azokat tervezni, majd a választott nyomtatási technológia szerint elindítható a nyomtatás.

A 3D nyomtatáshoz különböző speciálisan előállított nyomtatóanyagokat kell használni. Ezek a szálak (filamentek) lehetnek fémtartalmúak, polimerek, kerámiák, kompozitok, úgynevezett okos anyagok, illetve ezek mellett olyan különleges anyagokat is lehet nyomtatni, mint az ételek, például pizzák. Ide sorolható még a textil és a beton is, továbbá ezeken kívül is lehet találkozni különleges nyomtató anyagokkal, számuk napról napra bővül. A felhasznált filamentek túlnyomó részben azonban műanyagok, ami sok környezetvédelmi kérdést vet fel.

A 3D nyomtatás felhasználhatósága meglehetősen széleskörű, többek között a repülőgépgyártásban, az autóiparban, az építészetben, az építőiparban, az elektronikában, az orvoslásban, ezeken kívül pedig még számtalan területen hasznosítják. Mára már hobbygépek ezrei találhatók otthonra az alkotni vágyó emberek barkács műhelyeiben. A hobbynymotatók számára mind árban, mind felhasználásban a legelérhetőbb anyagok a különböző tulajdonságú polimer nyomtatószálok, amelyek közül sok kompozitálható ugyan, de csak adott körülmények között, ezért van szükség filament újrahasznosító gépekre. A tanulmány során egy ilyen újrahasznosító gép koncepcionális tervezése volt a feladat. [1]

1.1. A 3D nyomtatás mozgolódása a világban

Valahol a 2000-es évek közepén rohamosan elkezdődött terjedni a technológia. Az SLS gépek elérhetőek lettek a közönség számára is. 2006-ban már ipari alkatrészek nyomtatására is volt igény. Nem sokkal ezután kezdtek el különböző anyagokat használni a nyomtatáshoz, ami még jobban felkeltette az iparágak érdeklődését. Egy mérnök szemszögéből nagy előre lépésnek számított, hogy sokféle lehetőség volt alkatrészek gyártására. A korszak végére a 3D nyomtatás piaca elérhetővé vált a közönség számára is. A MakerBot megjelenése és a nyílt forráskódú „csináld magad” nyomtatókészleteik csak még tovább fokozták a technológia népszerűségét, mivel a 3D nyomtató készlet egyszerű módja volt a technológia elsajátításának, emellett ezek a gépek már megfizethetőek voltak a hobbyfelhasználók számára is. Azt lehet gondolni, hogy az előző történések után a 3D nyomtatás elérte fejlődésének a csúcspontját, azonban ez nem így van: a technológia szinte határtalan. A hobby felhasználók számára egyre elérhetőbbek lesznek a nyomtatók, mert az árak rohamosan csökken, a nyomtatás pontossága napról napra javul, a gépek felhasználóbarátok, vagyis bárki megtanulhatja használni őket könnyedén, az ingyenes szoftverek pedig könnyen elérhetőek bárki számára, nem is beszélve a 3D nyomtatással kapcsolatos honlapokról, ahova modellek millióit töltik fel a felhasználók természetesen legtöbbjüket letölthető, nyílt forráskóddal. Senki sem tudhatja, hogy ezek után merre tovább, de azt lehet sejteni, hogy még számos nagyszerű dolgot lehet majd hozzáírni a 3D nyomtatás történetéhez [3]. Az egyetlen korlát az emberi képzelőerő lesz, amely egyesek szerint határtalan:

„A képzelet sokkal fontosabb, mint a tudás. A tudás véges. A képzelet felöleli az egész világot.”

/Albert Einstein/

2. A 3D nyomtatás technológiája

A 3D nyomtatók sokféleségének okai hasonlóak a 2D nyomtatók okaihoz. A következő hat pont a legmeghatározóbb, ha arról beszélünk, hogy milyen nyomtatási technológiára van szükség bizonyos tárgyak elkészítéséhez. Ezen tényezők: a nyomtató ára, a nyomtatási minőség, a nyomtatási sebesség, a nyomtató saját korlátai, melyik nyomtató felel meg a gyakorlatban a nyomtatásra, valamint mik a felhasználó elvárásai [8]. A tényezőket tekintve kell kiválasztani a megfelelő technológiát és annak megfelelően végezni a tárgy előállítását [7]. A gyártás folyamatának lépései –kisebb eltérésekkel– megegyeznek a különböző technológiáknál (1. ábra):

- 3D modell megtervezése háromdimenziós tervező szoftverben,
- a modell elmentése valamely CAD formátumban (pl.: *.stl, *.step, *.iges),
- a modell betöltése egy 3D nyomtató szoftverbe (Cura, MakerBot Print, PrusaSlicer, Simplify3D),
- a szoftverbe illesztett háromdimenziós modell szeletelése a programban,

- a program elmenti a nyomtatónak szükséges kódot és adathordozóra másolja, vagy közvetlenül továbbítja a nyomtatónak,
- a nyomtató beolvassa a kódot és elkezd a tárgy szintenkénti kinyomtatását,
- kész a nyomtatott tárgy.



1. ábra. A 3D nyomtatás menete

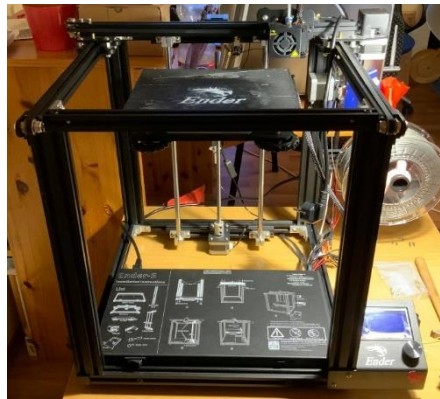
2.1. Szálhúzásos, extrudációs nyomtatás

A szálhúzásos nyomtatás az egyik legelterjedtebb nyomtatási forma, mert a gépek árban megfizethetők és a nyomtatáshoz szükséges szoftverek is könnyen elérhetők bárki számára, emellett a nyomtató anyagok is könnyen beszerezhetők és gazdaságosak. Az FDM nyomtatást a Stratasys Ltd. vezette be az 1980-as években, miután Scott Crump kifejlesztette az eljárást. Legtöbb esetben hőre lágyuló polimer a nyomtatóanyag. A technológiával funkcionális, pontos prototípusokat, koncepcionális modelleket és gyártási alkatrészeket lehet előállítani. Mielőtt a gyártás megkezdődik, a felhasználónak szelektálnia kell a megtervezett 3D modelleket, hogy a nyomtató értelmezni tudja a parancsokat, ezután következik a fűvóka, valamint szükség esetén a tárgyasztal felfűtése. Ezek után történik a szintenkénti nyomtatás. A gép extrudálja a megolvasztott filamentet, ami az asztalon kezd el színteződni. Fontos a jó tapadás biztosítása a tárgyasztalon. Mint a többi technológiánál, itt is a tárgy méretén és bonyolultságán múlik a nyomtatás ideje. Az FDM eljárás utómunkálatai lehetnek a támaszanyagok eltávolítása, vagy homokszemcsés csiszolás, így lehet teljesen sima felületet adni a tárgyaknak. A BMW és a Nestlé gyáraiban is használják ezt az eljárást.

3. Az Ender 5 nyomtató és nyomtatott tárgyak

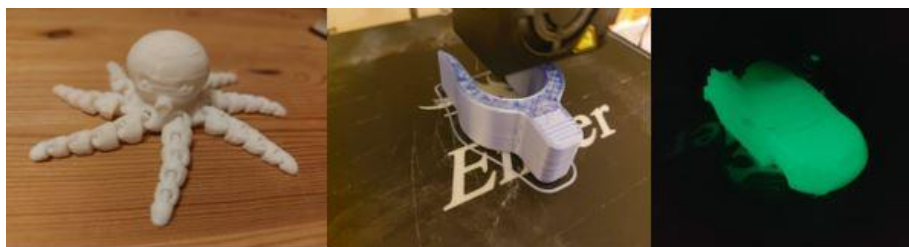
A 2. ábrán is látható Creality Ender-5 amellelt, hogy egy pénztárca barát nyomtató sok értékes funkciót kapott. A nyomtató egy FDM technológia alapján működő nyomtató, ami azt jelenti, hogy felhevíti, megolvasztja és extrudálja a különböző bevezetett filamentet. Extrudálás után a szinteket a tárgyasztalra rakja, így építi fel egymás után a rétegeket, ameddig el nem készül az egész objektum. A nyomtató tárgyasztala 220 x 220 x 300 mm méretű, így maximum ekkora tárgyak kinyomtatására alkalmas. Az Ender-5 ára 2019. júniusában 300 dollár volt, ami 90 ezer forint körüli árat jelent magyar viszonylatban. A Creality cég nagy figyelmet fordít a megfelelő, biztonságos csomagolásra, nagyon fontosnak tartja a vásárlói megelégedettséget. A nyomtatót használat előtt össze kellett rakni a használati utasítás szerinti szerelési útmutató alapján. Az összeállítás egyértelmű volt és körülbelül 1-1,5 órát vett igénybe. Az összerakás és a kapott nyomtatószal befűzése után már csak egy kalibrálás volt hátra használat előtt. A kalibrálás ebben a modellben még manuális, szemre kell a fűvóka magasságát beállítani az asztaltól. A sikeres kalibrálás után lehet próbanyomtatásokat indítani az előre beprogramozott minták közül, vagy lehet saját modelleket feltölteni nyomtatásra. Tanácsos először próbakockákat nyomtatni a megfelelő nyomtatási paraméterek ellenőrzésére. A nyomtató egyik előnye, hogy ár-érték arányhoz viszonyítva nagy pontossággal tud nyomtatni, és viszonylag nagy nyomtató térrel rendelkezik. A nagy tárgyak nyomtatása azonban hosszabb időt vesz igénybe. A hosszú üzemeltetési idő kockázata, hogy

az áramellátás kimaradhat, vagy bármilyen ok miatt le kell állítani a nyomtatást. Ezen problémák következményének elkerülése érdekében kapott a gép egy olyan funkciót, ami például váratlan áramkimaradás esetén képes visszaállítani a nyomtatás menetét az utolsó befejezett réteghez, így nem vész kárba az addig kinyomtatott tárgy. A nyomtatónak idáig egy gyengébb alkatrészével volt probléma, ez pedig a filament adagoló extruder volt. Pár hét nyomtatás után a műanyag alkatrész eltört és nem tudta elég erősen megfogni a nyomtatószálat, emiatt kevés anyag jutott el a fűvókához és az extruder nem adagolt elég anyagot a nyomtatáshoz. Az alkatrészt javasolt egy fém változatra vagy egy még fejlettebb, zárt dobozos megoldású extruderre cserélni, bármelyik alkatrész könnyen beszerezhető pár ezer forintos tétel. A nyomtató egység másik gyengesége a tárgyasztal, amely nincsen megfelelően megtámasztva és beremeg, ezért a hosszú tárgyak nyomtatása rosszabb minőségű lett, mint amelyet egy szilárdabb megtámasztás mellett tudna nyomtatni a nyomtató. Ez a probléma is kiküszöbölhető különböző támasztások felszerelésével. Ezen a pár apróságon kívül egy rendkívül jó ár-érték arányú hobby nyomtatóról beszélünk: egyszerű, felhasználóbarát kialakítása van, a vezérlő képernyő is egyszerűen kezelhető.



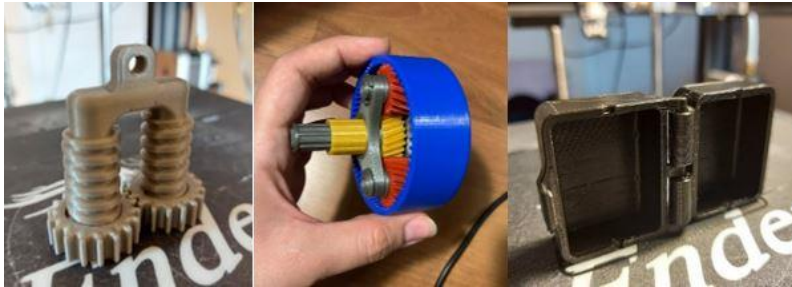
2. ábra. Creality Ender 5

A következő képeken néhány próba nyomtatás látható. Minden egyes nyomtatott darab egyedi, más és más nehézségek merültek fel a nyomtatás során. A kis fehér polip (3. ábra) egy különleges modell, amelynek az egész testét, karjait egyben tudja kinyomtatni a nyomtató, egymásba építi az alkatrészeket, így nincs szükség későbbi szerelésre. A kék csipesz (3. ábra), amit éppen nyomtatás közben lehet látni, a tekercesek tartójának rögzítésére szolgál, a fekete kisdoboz (4. ábra) pedig szivaccsal kitöltve filament tisztítására alkalmas. Ezen tárgyakkól látszik, hogy a hobby nyomtatókkal lehetőség van olyan tárgyakat gyártani, amelyek segítségével a nyomtatások minősége javítható [5].



3. ábra. Nyomtatott használati és dísz tárgyak

A nyomtató anyagok között vannak különleges tulajdonsággal rendelkezők is, mint például hőmérsékletre színt váltó, vagy sötétben világító anyag: a 3. ábra ábrásorában a 3. képen látható, hogy éppen egy ilyen, sötétben világító autó nyomtatása történik. A 4. ábra szerinti képek közül az első egy együtt mozgó csavarpár modelljét, a második pedig egy bolygómű modelljét szemlélteti. Egy-egy darab ki-nyomtatásával sok munka van, de az elvégzett munka során rendkívül sok ismeretre lehet szert tenni nem csak a technológiáról, de az így létrehozott modellek révén más tudományterületek is könnyebben megérthetővé válnak [6].



4. ábra. Nyomtatott és szerelt gépelemek

4. Filament újrahasznosító gép koncepcionális tervezése

Mint tervező és hobby nyomtató mérnök azt kijelenthetem, hogy nincs olyan, hogy egyik nyomtatás közben sem születik selejt. Az amatőr nyomtatók közül sokan otthon, egyedül tanulják meg a nyomtatás rejtelmét, ezért is elkerülhetetlen, hogy hibázzanak. Nekünk, Miskolci Egyetemre járó diákoknak szerencsénk van, hogy diákkörök keretén belül segítséget kaphatunk a technológiával kapcsolatban, azonban nem mindenki ilyen szerencsés. Annak ellenére, hogy nekünk van segítségünk, mi is sokat hibázunk és rengeteget kell tanulnunk. A pazarlás csökkentésének a legjobb módja az, ha újra felhasználjuk a selejt nyomtatószálakat. Egy újrahasznosító gép legyártása is terheli a környezetet, azonban, ha az újrahasznosított filamentek mennyisége elég sok, akkor megéri a gépet legyártani és használni, ki fogja egyensúlyozni a hulladék okozta kárt, valamint csökkenteni fogja a filament vásárlást, ezzel együtt pedig a termékek gyártását is [2].






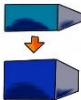
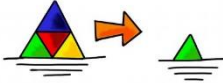
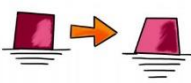







5. ábra. Hulladék filament

4.1. Az újrahasznosító gép funkcionális részegységei

A koncepcionális tervezés többféleképpen történhet. Szemléltetés szempontjából a funkcionális részegységek segítségével felépített ábrák egyszerűbbé teszik a tervezett szerkezet működésének ismerte-

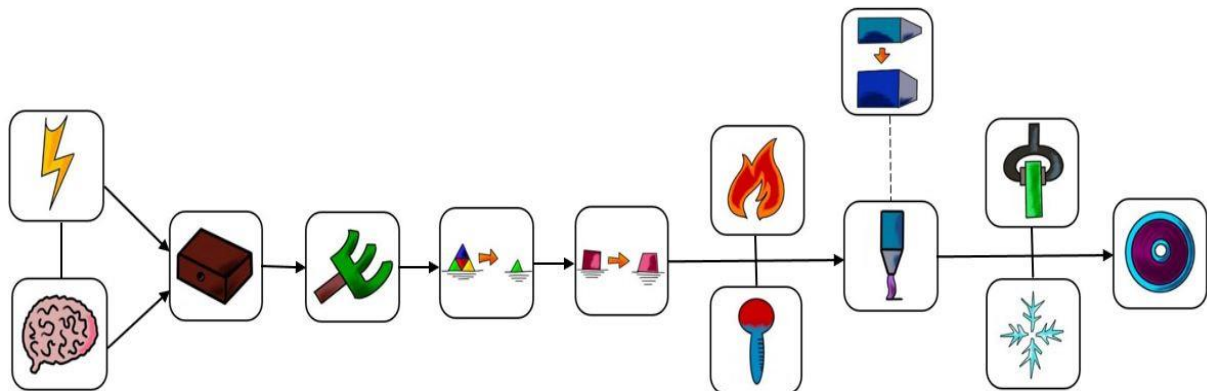
tését, ezért a megoldás ismertetése ezzel a módszerrel történt [4]. Az 1. táblázat összefoglalja azokat a funkcionális részegységeket, amelyek alapján a megoldásváltozatok megfogalmazásra kerültek.

1. táblázat. Funkcionális részegységek

Tároló egység		Tekercselő mechanizmus	
Adagoló egység		Moduláris funkció (extruder méret változtatás)	
Daraboló egység		Továbbító, mozgató egység	
Fűtő egység		Méret ellenőrző egység	
Hőfokszabályzó egység (hőfok ellenőrzés)		Áramforrás	
Hűtőegység		Vezérlő egység (a tervezett gép „agya”)	
Extruder			

4.2. Kidolgozott koncepció

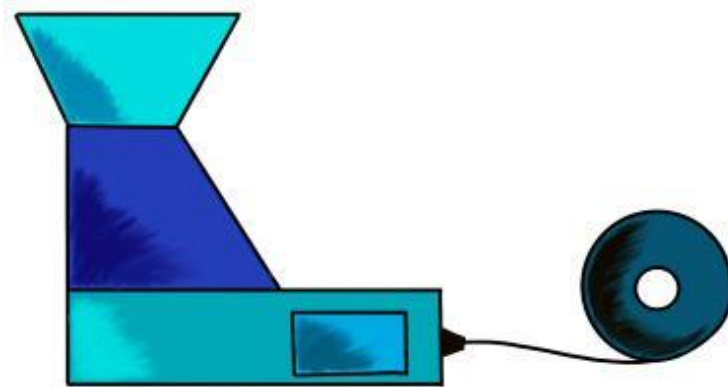
A feladatra több megoldásváltozat került definiálásra, melyek közül az optimális megoldásváltozat (6. ábra) funkcióban nagyon gazdag. A változat bonyolultsága egyben kompakt működést is jelent, hiszen az egész rendszer a betöltéstől kezdődően automatikusan működik. Az áramforrás és a vezérlés indítja el a folyamatokat egy mikrokontroller panel segítségével. A tárolóba helyezett műanyagokat szabályozott adagokban juttatja az adagoló egység a daraboló egységbe. A gép összedarabolja a filamentet az olvasztáshoz megfelelő méretűre. Az összeaprított műanyag darabokat továbbítja a mozgató egység a fűtőegységhez, ahol megolvad az anyag. Az anyag megfelelő hőmérsékletéről a hőmérséklet szabályozó rendszer gondoskodik. Az olvadt anyag az extruderen keresztül távozik, ahol egyszerre megy keresztül méret ellenőrzésen és hűtésen. A lehűlést követően a gép összetekercseli az újrahasznosított filamentet és a belső térben tárolja. A megoldás speciális funkciója, hogy az extruder fej egy moduláris egység, mert kétféle méret cserélhető, a kívánt filament vastagságának megfelelően lehet 1,75 mm-es vagy 2,85 mm-es. Ez a megoldás komplex, mégis egyszerű működésű, mert minden automatikus. Látványtervét a 7. ábra szerinti szabadkézi rajz szemlélteti.



6. ábra. A kiválasztott megoldásváltozat

5. Összefoglalás

A tanulmány a 3D nyomtatás technológiájának megismerésére koncentrált. Ismertetésre került a technológiának a széles körben való elterjedése és sokoldalú felhasználhatósága. Ezután az extrudációs technológia került bemutatásra, valamint a saját tulajdonú Creality Ender-5 nyomtató gépről és az azzal nyomtatott tárgyakról volt szó. A filament újrahasznosító gépek iránti igény megállapítása után a munka hátralevő részében egy filament újrahasznosító berendezés koncepcionális tervezésére került sor. A távlati célok közt az újrahasznosító gép konstrukciós kidolgozása és lehetőség szerint megvalósítása is szerepel.



7. ábra. A filament újrahasznosító gép vázlata

6. Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom

- [1] Kamondi, L., Takács, Á.: *Környezettudatos tervezés – Útmutató és segédlet az előadáshoz és a gyakorlathoz BSc. Szakos Ipari termék- és Formatervező hallgatók részére*, elektronikus jegyzet, készült a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként, frissítve a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 jelű kiemelt projekt keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával, Miskolc, 2014.
- [2] Otto, K., Wood, K.: *Product Design – Techniques in Reverse Engineering and New Product Development*, ISBN 9780130212719, Prentice Hall, 2008.
- [3] Jayatilleka, S., Okogbaa, G.: *Accelerated Life Testing*, 2014 Workshop on Accelerated Stress Testing and Reliability Conference, Saint Paul, Minnesota, Egyesült Államok, pp. 1-21.
- [4] Takács, Á.: *Számítógéppel segített koncepcionális tervezési módszer*, doktori (PhD disszertáció, Miskolc, 2010.
- [5] Redwood, B., Schöffner, F., Garret, B.: *The 3D printing handbook*, ISBN 9789082748505, Hubs B. V., Amsterdam, 2017
- [6] Morgan, B., Ross, S., Beatty, S.: *3D printing projects-Amazing ideas to design and make*, ISBN 9781465464767, DK Publishing, New York, 2017
- [7] Kumar, L.J., Pandey, P.M., Wimpenny, D.I.: *3D printing and additive manufacturing technologies*, ISBN 9789811303043, Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2019.
<https://doi.org/10.1007/978-981-13-0305-0>
- [8] Kaziuna, F.A.: *Make: 3D printing*, ISBN 9781457182938, Maker Media, Canada, 2014.