

Implementace robotického 3D tisku v módním průmyslu

Lukáš Omelka

Bakalářská práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
Ústav automatizace a řídicí techniky

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Lukáš Omelka
Osobní číslo:	A22199
Studijní program:	B0714A150006 Aplikovaná informatika v průmyslové automatizaci
Specializace:	Inteligentní systémy s roboty
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Implementace robotického 3D tisku v módním průmyslu
Téma práce anglicky:	Implementation of robotic 3D printing in the fashion industry

Zásady pro vypracování

- Vypracujte literární rešerši na téma robotický 3D tisk.
- Prozkoumejte současné aplikace 3D tisku v módních kolekcích a ve výrobě oblečení či doplňků.
- Navrhněte vhodnou implementaci robotického 3D tisku do módního průmyslu.
- Ověřte funkčnost navrženého řešení.
- Diskutujte navržené řešení.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. Ian GIBSON, David ROSEN a Brent STUCKER. *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing*. New York: Springer, 2015. ISBN 978-1-4939-2112-6.
2. Andreas GEBHARDT a Jan-Steffen HÖTTER. *Additive Manufacturing: 3D Printing for Prototyping and Manufacturing*. Munich: Carl Hanser Verlag, 2016. ISBN 978-1-56990-582-1.
3. Jadran LENARČIČ a Manfred HUSTY. *Latest Advances in Robot Kinematics*. Dordrecht: Springer, 2012. ISBN 978-94-007-4619-0.
4. John J. CRAIG. *Introduction to Robotics: Mechanics and Control*. Edinburgh: Pearson Education, 2014. ISBN 978-1-292-04004-2.
5. Zdeněk KOLÍBAL a kolektiv. *ROBOTY a robotizované výrobní technologie*. VUT v Brně: Nakladatelství VUTUM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Aleš Mizera, Ph.D.**
Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce: **13. prosince 2024**
Termín odevzdání bakalářské práce: **27. května 2025**

doc. Ing. Jiří Vojtěšek, Ph.D. v.r.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 13. prosince 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení bakalářské práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že

- jsem na bakalářské práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá implementací robotického 3D tisku v módním průmyslu a propojením technologií s kreativní tvorbou. Cílem bylo navrhnout a realizovat funkční systém využívající kolaborativní robotické rameno ABB GoFa CRB 15000 a 3D tiskové zařízení řízené přes Arduino s firmwarem Marlin. Výsledný systém sloužil k výrobě modelu sukně pro panenku Barbie a demonstroval, že průmyslové technologie lze efektivně využít i mimo tradiční výrobu – konkrétně pro estetickou a designérskou práci. Projekt poukázal na význam mezioborového přístupu, kde se spojují elektrotechnika, programování a módní návrhářství, a potvrdil, že běžně dostupné komponenty mohou sloužit jako nástroje pro inovativní návrh v oblasti módy.

Klíčová slova: 3D tisk, robotika, módní průmysl

ABSTRACT

This bachelor thesis explores the implementation of robotic 3D printing in the fashion industry, aiming to connect technology with creative design. The project focused on the design and construction of a functional system utilizing the collaborative robotic arm ABB GoFa CRB 15000 and a 3D printing unit controlled by Arduino and Marlin firmware. The system was used to produce a skirt model for a Barbie doll, demonstrating that industrial technologies can be effectively applied beyond traditional manufacturing – specifically for aesthetic and design-focused tasks. The project highlights the importance of interdisciplinary collaboration, combining electronics, programming, and fashion design, and confirms that widely accessible technologies can serve as powerful tools for innovation in modern fashion creation.

Keywords: 3D printing, robotics, fashion industry

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří mě během zpracování této bakalářské práce podporovali a pomáhali mi. Zvláštní dík patří vedoucímu mé práce, doc. Ing. Aleši Mizerovi, Ph.D., za jeho odborné vedení, trpělivost a cenné rady, které výrazně přispěly k výsledné podobě této práce.

Velmi si vážím také podpory svého kamaráda Lukáše Miškaříka, který mi po celou dobu pomáhal radou, motivací a technickou pomocí, bez které by některé části této práce nevznikly tak hladce. Na závěr bych ještě chtěl poděkovat své přítelkyni Taře, která mně byla cennou rádčinkou v problematice na téma módní průmysl. Taktéž pasáže vhodnosti u jednotlivých 3D tiskových metod pro módní průmyslu vzniknuly za pomoci nástroje ChatGPT.

Motto

*"Robotics is not just a field of science; it's a canvas for art, innovation, and progress."
[Robotika není jen obor vědy; je to plátno pro umění, inovaci a pokrok.]*

--Rodney Brooks--

Prohlášení

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 POČÁTKY A HISTORIE ROBOTIKY	13
2 DEFINICE MÓDY	19
2.1 TRENDY DNEŠNÍ DOBY	20
2.2 HISTORIE MODNÍHO PRŮMYSLU A JAK PRŮMYSLOVÁ REVOLUCE ZMĚNILA MÓDNÍ PRŮMYSL.....	21
2.3 FAKTOR BUDOUCNOSTI	22
2.4 MATERIÁLY POUŽÍVANÉ V MÓDNÍM PRŮMYSLU	23
3 3D TISK.....	29
3.1 MATERIÁLY PRO 3D TISK	30
3.2 VYUŽITÍ 3D TISKU V ROBOTICE.....	36
3.3 VYUŽITÍ 3D TISKU V MODNÍM PRŮMYSLU	37
3.4 METODY 3D TISKU A JEJICH VHODNOST PRO MÓDNÍ PRŮMYSL.....	38
3.4.1 Fused deposition modeling (FDM)	38
3.4.2 Stereolithography (SLA).....	40
3.4.3 Powder Bed Fusion Polymers (SLS).....	43
3.4.4 Material Jetting (DOD, MJ)	45
3.4.5 Binder Jetting	47
3.4.6 Multi Jet Fusion (MJF).....	50
3.4.7 Powder Bed Fusion Metals (SLM a DMLS).....	54
II PRAKTICKÁ ČÁST	58
4 CÍLE PRÁCE	59
5 NÁVRH DRŽÁKU PRO EXTRUDER.....	60
5.1 NÁVRH FUNKČNÍHO VZORKU	60
5.2 FINÁLNÍ NÁVRH DRŽÁKU	62
5.3 NÁVRH SPOJKY PRO SPOJENÍ EXTRUZNÍ JEDNOTKY NA ROBOT	63
5.4 KOMPLETACE EXTRUZNÍ JEDNOTKY	65
6 NAPIROGRAMOVÁNÍ MIKROKONTROLÉRŮ	68
6.1 ARDUINO MEGA S MODULEM RAMPS 1.6.....	68
6.2 DRUHÉ ARDUINO MEGA 2560	71
6.3 VYZKOUŠENÍ OVLÁDÁNÍ EXTRUDERU ZA POMOCÍ SOFTWARE PRONTER FACE	74
6.4 3D SKENOVÁNÍ PANENKY BARBIE PRO NÁVRH SUKNĚ	76
6.5 NÁVRH SUKNĚ PRO PANENKU	79
6.6 VYTVOŘENÍ MODELU SUKNĚ V SOFTWARE BLENDER.....	80
6.7 PŘEVEDENÍ MODELU SUKNĚ NA G-CODE	81

6.8	KOMPLETACE 3D TISKU V ROBOT STUDIU	82
6.9	UVEDENÍ CELÉ SESTAVY DO PROVOZU.....	88
7	DISKUZE NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ.....	93
7.1	SMYSL A RELEVANCE ŘEŠENÍ	93
7.2	OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI.....	93
7.3	VÝHODY ŘEŠENÍ	93
7.4	OMEZENÍ A VÝZVY	93
ZÁVĚR.....		94
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		95
SEZNAM OBRÁZKŮ		99

ÚVOD

Spojení technologií a kreativity otevírá nové možnosti nejen v průmyslu, ale i v oblastech, kde dříve dominovala čistě lidská tvořivost. Jedním z příkladů je implementace robotiky do módního návrhářství, které se v posledních letech začíná digitalizovat a automatizovat. Tato práce se zaměřuje na praktické využití robotického 3D tisku v módním průmyslu a ukazuje, jak lze pomocí běžně dostupných technologií vytvořit funkční nástroj pro kreativní tvorbu.

V rámci projektu bylo na kolaborativní robotické rameno ABB GoFa CRB 15000 integrováno 3D tiskové zařízení založené na extruderu řízeném přes Arduino Mega s deskami RAMPS 1.6 a motor shieldem, vše běžící na firmwaru Marlin. Tento systém byl využit k výrobě modelu sukně pro panenku Barbie, čímž se demonstruje, že průmyslové roboty lze přizpůsobit pro přesnou, detailní a zároveň kreativní práci.

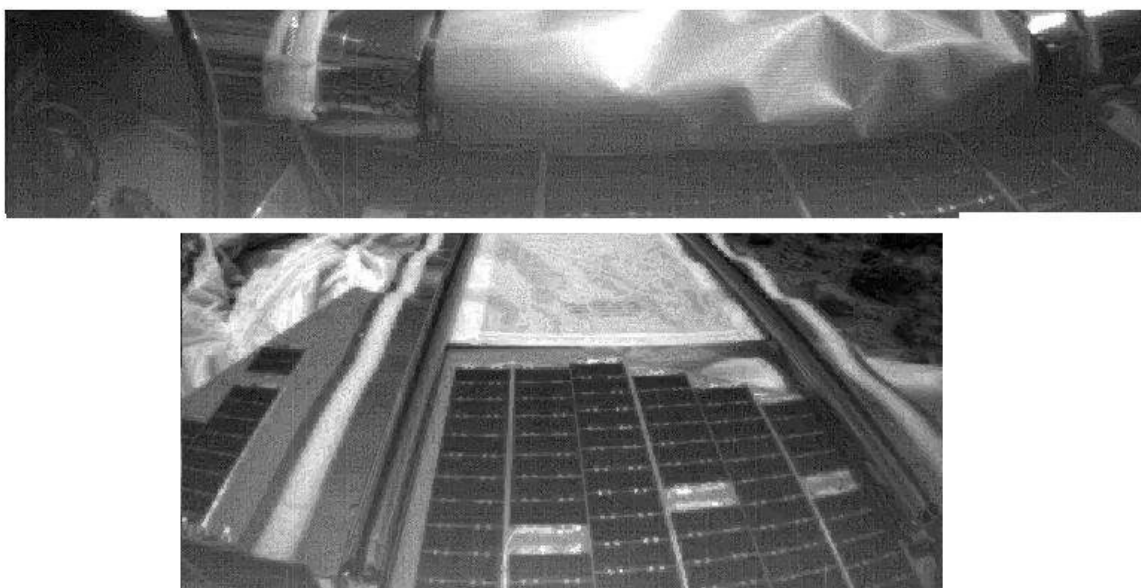
Cílem práce je ukázat, že robotika může být efektivním nástrojem nejen pro automatizaci, ale i jako prostředek pro rozšíření možností návrhářské tvorby. Projekt spojuje technické dovednosti s estetickým uvažováním a ilustruje potenciál interdisciplinárního přístupu, který může inspirovat další vývoj v oblasti módy, designu i technologií.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 POČÁTKY A HISTORIE ROBOTIKY

Robotika se zabývá studiem a konstrukcí robotů a podobných zařízení. Robot je stroj, jež je schopen manipulace s předměty a pohybem.[1] Historický vývoj robotiky započal v 30-tých letech 20. století, když byl vynalezen první stroj s řízením polohy pro stříkání barev. První průmyslový robot byl však vytvořen až na začátku 60. let a jehož název byl Unimate-y a vytvořil jej J.Engelberg, který byl označován jako otec robotiky. První programovatelný robot byl navržen Johnem Hopkinsem v roce 1954. Roboty se objevily jakožto kombinace dvou technik. Teleoperátorů (zařízení které je člověk schopen ovládat dálkově) a počítačového číslicového řízení obráběcích strojů (CNC) [2].Vývoj robotiky se nejvíce rozjel na přelomu 20. a 21.století.

1997- první robotické vozítko na Marsu. Bylo jím vozítko Sojourner Rover sondy Mars pathfinder, který přistál na Marsu čtvrtého července roku 1997. Jednalo se o šesti kolé vozítko, které vážilo patnáct kilogramů a na výšku mělo třicet centimetrů, vozítko bylo ovládáno operátorem z planety Země. Bylo vybaveno kombinacemi kamer umístěných na předu a na bocích vozítka. Mise byla obrovským úspěchem, jelikož vozítko vydrželo komunikovat se Zemí desetkrát déle, než bylo předpokládáno. Vzhledem ke vzdálenosti Země od Marsu, trvalo přibližně deset minut, než se k němu dostaly příkazy. Také informace odeslané zpět na Zemi putovaly deset minut.[3]



Obrázek 1: První fotky z marsu [3]



Obrázek 2: Sojourner Rover [3]

1999- byl uveden na trh první Da Vinci robot firmou Intuitive. Da Vinci je chirurgický robot pro minimálně invazivní zákroky. Má čtyři ramena (která byla postupně přidávána, na počátku robot měl tři a v roce 2003 bylo přidáno čtvrté) vybavena chirurgickými nástroji a kamerami, které ovládá lékař na dálku, délka jeho dosahu je sto dvacet centimetrů které ovládá lékař na dálku.[4] Tyto roboty jsou taktéž průlomové ve vojenském směru, kdy v roce 2016 byl poprvé použit robot Da Vinci Xi ve William Beaumont Army Medical Center v El Paso, kde vykonal úspěšnou operaci.[5]



Obrázek 3: Da Vinci robot [4]

2006- První kompaktní robot. Vyvinula jej firma KUKA ve spolupráci s DLR, Institute of Robotics and Mechatronics, Germany. Robot je vyroben z hliníkové slitiny a má nosnost sedm kilogramů. Díky velkému počtu integrovaných senzorů je vysoce citlivý, proto se skvěle hodí na manipulační a montážní úkoly. Jeho hmotnost byla pouhých šestnáct kilogramů (pro představu první robot vážil dvě tuny). Robot se proto dal jednoduše přenášet a našel široké využití.[6]



Obrázek 4: První kompaktní robot [6]

2008- první prodej kolaborativního robotu firmou Universal Robots. Robot UR5 byl první, jež byl schopen pracovat v blízké přítomnosti lidí a nemusel být nijak zabezpečen klecí nebo bezpečnostně oddělen. cobot (colaborative robot) byl levnější než tehdejší dostupní roboti na trhu, což přivolalo obrovský zájem v podobě menších a středních firem, které neměli finance a dostupné prostory.[7]



Obrázek 5: První kolaborativní robot [6]

2009- první poháněný exoskelet pro podporu chůze. HAL (Hybrid Assistive Limb) byl vyvinut japonskou univerzitou Tsukuba a společností Cyberdyne. Jde o poháněný exoskelet, který byl navržen tak aby rozšiřoval fyzické schopnosti osob, které jej používají (zejména lidé s tělesným postižením). První verze HAL3 poskytovala pouze funkci nohou, jeho nástupce HAL 5 je již celotělový exoskelet pro ruce, nohy a trup [6].



Obrázek 6: Exoskelet [6]

2014 – sociální humanoidní robot Pepper. Pepper byl vyvinut společností Aldebaran Robotics SAS a SoftBank Corp. Jedná se o prvního sociálního robota se schopností pro rozpoznávání tváří a základních lidských emocí prostřednictvím analýzy výrazu obličeje a tónu hlasu. V současné době se používá nejčastěji v obchodech, restauracích a dalších veřejných prostorech.[6]



Obrázek 7: Robot Pepper [6]

2026- předpokládaný start prodeje robota Optimus. Optimus je humanoidní robot kterého vyvíjí firma Tesla a má svůj vlastní „mozek“ podporovaný AI čipem s vytrénovanou neuronovou sítí. Další AI technologie, které robot využívá jsou deep learning a computer vision, navíc zde jsou i kamery a senzory pro rozpoznávání prostředí ve kterém se robot nachází. Optimus dokáže chodit, dělat dřepy, třídit objekty na základě barvy, balancovat na jedné noze, zvedat objekty pomocí jedné ruky a rozpoznávat prostředí ve kterém se nachází. “Při interview se zakladatelem společnosti Elonem Muskem jsme zjistili, že robot by se mohl dát využít jako každodenní robot pro domácí práce, nebo dokonce i jako učitel anebo by mohl chodit na procházky se psem.“ (Biba,2022) [8]



Obrázek 8: Tesla Optimus [8]

2 DEFINICE MÓDY

Móda je dynamické odvětví, které zahrnuje návrh, výrobu, marketing a spotřebu oděvů a doplňků ovlivněnou kulturními, sociálními a ekonomickými faktory a převládajícími styly a trendy v oblečení, doplňcích a celkovém vzhledu určité doby. Ve srovnání s tím jsou módní styly konkrétní způsoby oblékání, které patří k minulým subkulturám a jejich estetickým počátkům. Móda, která pochází z latinského slova "Facere", což znamená "vyrábět", popisuje výrobu, a nošení oblečení zdobeného specifickou kulturní estetikou, vzory, motivy, tvary a střihy. Toto oblečení umožňuje lidem předvést svou skupinovou sounáležitost, hodnoty, přesvědčení a způsob života. [9]



Obrázek 9: Módní kultura [9]

2.1 Trendy dnešní doby

Než se kolekce začne vyrábět, tak je zde několik kritérií a vodítek kterými se designéři inspiroují: hudba, film, kultura, politika. O všech těchto věcech designéři přemýšlejí, tak jako my všichni a říkají si co znamenají pro nás a naši budoucnost. Existují také obchodní agendy na téma: co se prodává, co ne, a co by mohlo. Velká část módy je sice o pocitech, ale tato umělecká stránka jde ruku v ruce s obchodní stránkou. K dispozici jsou věci jako merchandising, obchodní analýza, profily zákazníků a další analytická data, která umožňují designérům, redaktorům a nákupčím pochopit, co zákazníci upřednostňují na základě demografických údajů. Než jsou však trendy oznámeny nebo zakoupeny, tak jsou předpovězeny prognostiky trendů, jako jsou WGSN, Peclers Paris, McKinsey a další. Francesca Muston, viceprezidentka pro módu ve společnosti WGSN na toto téma říká: "Ve WGSN používáme kvantitativní a kvalitativní proces. Využíváme modelování dat pomocí umělé inteligence, ale zapojujeme také náš kreativní prognostický tým produktových odborníků, abychom data uvedli do kontextu a zajistili, že hledáme na správných místech,"¹ Pohled na módu ze všech těchto úhlů umožňuje řádné prozkoumání toho, co je ve skutečnosti trendy, minulé opakování nebo náhody. Tento druh prognóz pomáhá značkám uvádět na trh a navrhovat produkty předem. Ale stejně jako móda, ne všechny trendy jsou vytvářeny stejně a všechny nemají stejnou váhu nebo stejnou životnost. "Trendy se pohybují různým tempem, některé mohou náhle vyskočit a vrátit se zpět dolů, což je spojeno s virálním momentem,"² říká Muston, "jiné jsou pomalé a stabilní a trvají roky, jako je hnutí athleisure "³ [10]

2.2 HISTORIE MODNÍHO PRŮMYSLU A JAK PRŮMYSLOVÁ REVOLUCE ZMĚNILA MÓDNÍ PRŮMYSL

Historici průmyslové revoluce považují za její počátek příchod automatického strojového tkaní ve velké Británii. To se odehrálo mezi léty 1750 a 1800. S průmyslovou revolucí se stala móda součástí systému. Z tohoto módního průmyslu se totiž v té době získávaly obrovské finanční obnosy. Průmyslový věk konce 19. století prospěl textilní sféře. Chemické stroje a hnojiva zvýšily zemědělskou produkci. Kromě toho vynález šicího stroje patentovaného v roce 1851 Isaacem Singerem umožnil velkou produktivitu ve zpracování oděvů. S tím začala tvorba oděvů, osvobozených od pravidel dříve stanovených soudem.[11]



Obrázek 10: Ženy u šicích strojů v textilní továrně [11]

Charles Frederick Worth taktéž přezdívaný „Father of Haute Couture“ vytvořil koncept prezentace nepublikovaných výtvorů před klienty. Tito klienti byli nejčastěji bohaté ženy, které byly unavené obrovskou produkcí stejně vypadajícího oblečení, co přivedla průmyslová revoluce. Mohli si tedy vybírat modely podle svých preferencí, které jim zhotovil na zakázku, taktéž všechno jeho oblečení bylo prezentováno na lidech, což umožnilo lepší prezentaci před publikem, do té doby se všechno oblečení prezentovalo na

figurínách. On sám začal podepisovat své výtvary, což se do té doby nikdy nestalo. Taktéž započal sezónní kolekce, což ještě zvýšilo poptávku po módě.[11]



Obrázek 11: Zkouška outfitu [11]

2.3 Faktor budoucnosti

Všichni lidé, co se pohybují v módním průmyslu se shodnou na jedné věci, a to je že móda se pohybuje v cyklech. Každých 10 nebo 15 let uvidíte, jak se stejné nápady vracejí k životu. Boho styl (přikláněli se k němu všichni umělci co se vyznačovali bohémským životem), který byl hlavně používán v 70. letech návrháři jako jsou Halston nebo Lagerfeld a jeho následné oživení na přelomu 21. století, kdy jej znovu použili návrháři jako Phoebe Philo nebo Chemena Kamali. Tyto produkty již žijí na trhu a na ulici, ale každých pár let přijde designér nebo stylista s jedinečným pohledem na tyto stávající nápady a vdechne jim nový život.[10]



Obrázek 12: Bohémský módní styl [10]

2.4 MATERIÁLY POUŽÍVANÉ V MÓDNÍM PRŮMYSLU

Každý kus oblečení má své jedinečné vlastnosti. A jedním z hlavních charakterů je látka, ze které je vyroben. Úspěch oblečení bude z velké části záviset na typu látky, která bude vybrána, totéž platí pro jeho vlastnosti ať už měkkost, pružnost a další. Mezi nejpoužívanější materiály patří:

Tkanina: Vyrábí se z textilních vláken, na tkalcovském stavu nebo strojově. V poslední době se nejvíce využívají tkaniny na rostlinné bázi, které vznikají extrakcemi různých částí rostlin.

Druhy rostlinných tkanin jsou:

Juta: Díky své délce, měkkosti a odstínu je identifikován jako zlaté vlákno. Je také antistatický, což je ideální k použití při výrobě odolných oděvů.



Obrázek 13: Jutová tkanina [12]

Kokosové vlákno: získává se z obalu kokosu, používá se k výrobě provazů, matrací a dalších věcí.



Obrázek 14: Kokosové vlákno [13]

Bavlna: Projevuje se vysokou absorpční schopností a odolností. Je to jeden z nejpoužívanějších materiálů pro výrobu oděvů.



Obrázek 15: Bavlna [12]

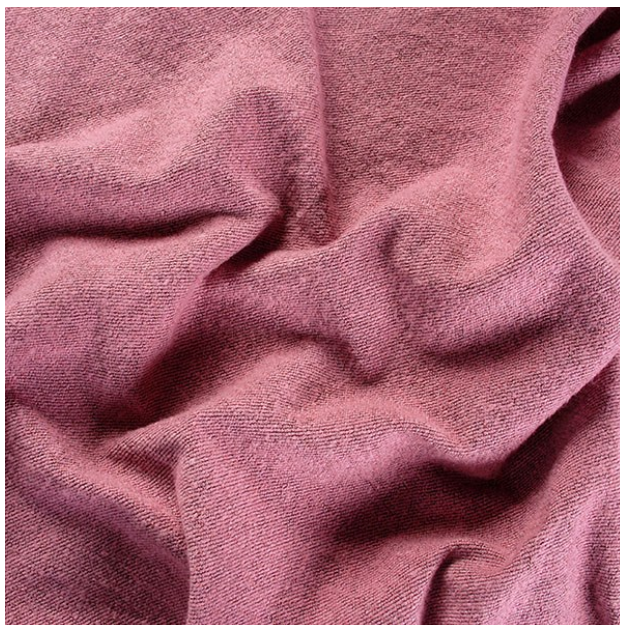
Polyester: Jedná se o syntetické vlákno vyrobené z vody, uhlí a ropných produktů. Je levnější a velice odolný, proto to je velice často používaná alternativa bavlny. Není však moc odolný, co se týče vysokých teplot a je hořlavý.



Obrázek 16: Polyester [12]

Druhy živočišných tkanin:

Mohér: Pochází ze srsti angorských koz, druhu, který se vyskytuje v Turecku. Protože je měkký a lesklý, tak se často používá pro výrobu bund, svetrů, koberců a kabátů.



Obrázek 17: Mohér [14]

Alpaka: Je podobný vlně, neprůhledný a získává se z lamy alpaky v Jižní Americe. Je měkký a jemný, proto se používá hlavně k výrobě elegantních a sportovních oděvů.



Obrázek 18: Alpaka [14]

Kašmír: Díky své měkkosti, lehkosti a jemnému vzhledu to je jedna z neoceňovanějších a nejdražších textilií na světě. Má vyšší izolační vlastnosti než vlna a získává se ze srsti himalájských koz, vyrábí se z ní mnoho druhů oblečení ať už to jsou svetry, kardigany, šály, ponča nebo deky.



Obrázek 19: Kašmír [15]

Angora: Tato látka se vyrábí ze srsti angorských králíků. Za rok se jí vyprodukuje zhruba 2000 až 3000 tun. Je ideální pro výrobu termooděvů díky své schopnosti absorbovat vodu a vlhkost.



Obrázek 20: Angora [14]

Hedvábí: Vyrábí se z vláken, které produkují housenky bource morušového. Před zakuklením si spřádají kokony z jemných, dlouhých vláken. Díky své vysoké kvalitě a jemnosti se používají k výrobě elegantních oděvů.



Obrázek 21: Hedvábí [16]

Kůže: Extrahuje se z vrstvy tkání některých zvířat procesem zvaným činění (dodává kůži měkkost, pružnost a odolnost), při které vzniká useň a z ní se již pak šije. Poslední dobou se ale hodně používá syntetická kůže, která se vyrábí z umělých materiálů jako jsou: Polyuretan, Mylo (vyrobený z mycelia hub), Apple leather (vyrobený z odpadu při zpracování jablek), Kaktusová kůže (z listů kaktusů). Všechny tyto alternativy jsou šetrnější vůči zvířatům.[17]

3 3D TISK

3D tisk funguje na principu, kdy se v první řadě vytvoří nebo stáhne z internetu 3D model ve správném a podporovaném formátu pro slicer.

Následně se model nahraje do specifického 3D software, který se používá pro slicing modelu. Poté si uživatel v tomto softwaru nastaví způsob tisku např. šířka trysky, jaké se použijí podstavy a mnohé další. V poslední řadě se výsledný model ze sliceru pošle do tiskárny ať už přes flash disk nebo přímo z počítače. Výhoda 3D tisku spočívá v jeho jednoduchosti a výroby prototypů pro různé odvětví a aplikace. 3D tisk může provozovat taktéž každý sám doma, stačí mít pouze 3D tiskárnu, filament a software pro slicing. Dají se tak vytvořit různé věci např. spotřební zboží (brýle, obuv, nábytek) nebo průmyslové výrobky, filmové rekvizity a mnoho dalšího. [18]



Obrázek 22: Ukázka 3D tisku [18]

3.1 MATERIÁLY PRO 3D TISK

Nejvíce používané materiály pro 3D tisk zahrnují termoplasty, kovy a kompozity. Každý tento materiál má různé vlastnosti vhodné pro různé aplikace. Například termoplasty jsou ideální pro tisk lehkých předmětů, naopak kovy jsou nejlepší pro použití u pevných a tepelně odolných předmětů.

PLA (Polylactic Acid): Je biologicky odbouratelný plast vyroben z kukuřičného škrobu nebo cukrové třtiny. Je to jeden z neoblíbenějších materiálů na 3D tisk díky své nízké ceně a snadnému použití. Tento materiál je k dispozici v mnoha barvách, dokonce i v průhledné, kovové a fluorescenční (jasná sytá barva, která svítí pod UV světlem). Je to dobrá volba pro aplikace, kde je estetika zásadní, ale není tak pevný a odolný jako jiné materiály. Materiál můžeme tisknout ve vysokém rozlišení, což znamená že je ideální pro složité vzory, ale jelikož není tak odolný, tak není vhodný pro aplikace, kde bude předmět vystaven vysokému namáhání nebo opotřebení.



Obrázek 23: PLA [19]

Výhody PLA: Nízká pořizovací cena, ekologický, jednoduchý na vytisknutí (můžeme tisknout na nižších teplotách a není zapotřebí dokonce i nahřívání podložka).

Nevýhody PLA: Křehkost, Nízká odolnost vůči teplotám.

ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene): Je to termoplast na bázi ropy, jež je oblíbený pro svou pevnost a odolnost. Tento materiál je hojně používán v automobilových dílech, spotřebičích a hračkách. ABS je k dispozici ve široké škále barev. Protože se skládá z materiálů na bázi ropy, není tak ekologický jako PLA. Je vhodný pro aplikace, kde je důležitá síla a odolnost.



Obrázek 24: ABS [19]

Výhody ABS: Odolný, jednoduchý na tisknutí, variace hodně barev.

Nevýhody ABS: není ekologický, toxické emise při tisku, při vystavení chladnému vzduchu se deformuje.

Nylon: Syntetický polymer, který je známý tím, že je pevný a odolný. Lze tisknout při vysokých teplotách což z něho dělá ideální pro aplikace, kde je důležitá pevnost a flexibilita. Nylon je ovšem náročnější na tisk a často vyžaduje vyhřívanou komoru. Je hodně náchylný na vlhkost, proto se musí skladovat na suchém místě.



Obrázek 25: Nylon [20]

Výhody Nylonu: silný a odolný, flexibilní, dostupnost v hodně barevných variantách.

Nevýhody Nylonu: Není biologicky odbouratelný tudíž není moc ekologický, náročný na tisk.

Flex (TPU, TPE): Flexibilní filamenty, jako je TPU (termoplastický polyuretan) nebo TPE (termoplastický elastomer), jsou známé svou vysokou pružností, ohebností a odolností proti opotřebení. Jsou ideální pro aplikace, kde je potřeba materiál s možností deformace a návratu do původního tvaru – například pro výrobu těsnění, obalů, měkkých krytů, podrážek bot nebo ochranných prvků. Lze je tisknout na většině FDM 3D tiskáren, i když vyžadují pomalejší tisk a správně nastavený extruder (ideálně přímý – direct drive).

Díky své pružnosti umožňují výrobu funkčních dílů, které vydrží opakované ohýbání a tlak. Povrch výsledných výtisků je často matnější, ale při správném nastavení může být velmi čistý a rovnoměrný.



Obrázek 26: Flex [20]

Výhody: Vysoce pružný, odolný proti oděru, vhodný pro funkční díly, měkký a bezpečný na dotek.

Nevýhody: Tisk je pomalejší, filament je náchylný ke zkroucení ve struně, citlivý na vlhkost a vyžaduje přesné nastavení tiskárny.

PETG: (Polyethylene terephthalate Glycol-Modified) Modifikovaná verze PET (polyethylene terephthalate). Je solidní a odolný, což z něj dělá populárním při výběru materiálu pro 3D tisk. Jednoduchý na tisknutí a nepotřebuje nahřívanou podložku. Taktéž je méně náchylný na deformaci a má dobrou chemickou odolnost. Tento materiál je běžný pro tisk nádob pro úschovu potravin, zdravotnických prostředků a prototypů.



Obrázek 27:PETG [20]

Výhody: silný a odolný, chemický odolný, bez zápachu, jednoduchý na tisknutí.

Nevýhody: Nákladný, náročný na výrobu (musí být správně nakalibrovaná tiskárna pro dobré výsledky).

Kovové filamenty: Jsou typem 3D tiskového materiálu, který obsahuje kovový prášek nebo kovové třísky. Tyto filamenty zahrnují různé kovy, včetně hliníku, mosazi a bronzu. Kovové filamenty jsou obvykle dražší než jiné typy materiálů a jsou také náročnější na tisk, jelikož vyžadují vyšší teploty tisku. Tyto filamenty jsou velice pevné a používají se k vytvoření funkčních dílů, které odolávají vysokým teplotám, nebo náročnému používání. Vyrábí se z nich estetické díly, jako jsou šperky sochy, ale také funkční díly jako jsou hřídele a další technické výrobky.



Obrázek 28: Kovový filament [20]

Výhody: odolný vůči opotřebení, teplotně odolný, dobře vypadající povrch.

Nevýhody: Nákladný, náročný na tisk, může ucpat trysky tiskárny.

Dřevěné filamenty: jedná se o mix PLA s dřevěnými vlákny. Používané v aplikacích, kde je zapotřebí vzhled dřeva a lehké váhy. Tyto filamenty jsou jednoduché na tisk a nepotřebují žádné speciální nastavení tiskárny, jsou biologicky odbouratelné, takže jsou udržitelnou volbou pro 3D tisk.

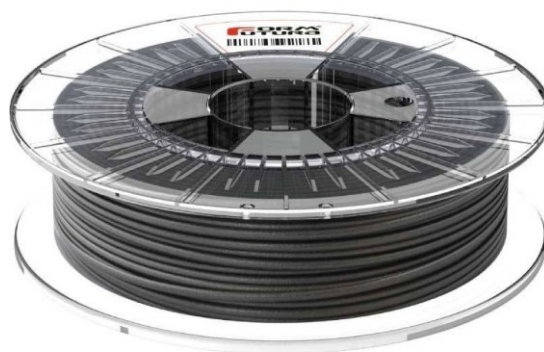


Obrázek 29: Dřevěný filament [20]

Výhody: nízká váha, jednoduchý na tisk, biologicky odbouratelný, vzhled.

Nevýhody: náchylný na vlhkost, může ucpat trysku, může vyvolat alergickou reakci, nákladný.

Filamenty z uhlíkových vláken: Kombinují uhlíková vlákna s pojivým materiálem jako je PLA. Výsledkem je filament se vzhledem uhlíkových vláken, ale s dalšími výhodami v podobě snadnějšího tisku. Často ale jsou zapotřebí vyšší teploty při tisku tohoto filamentu.



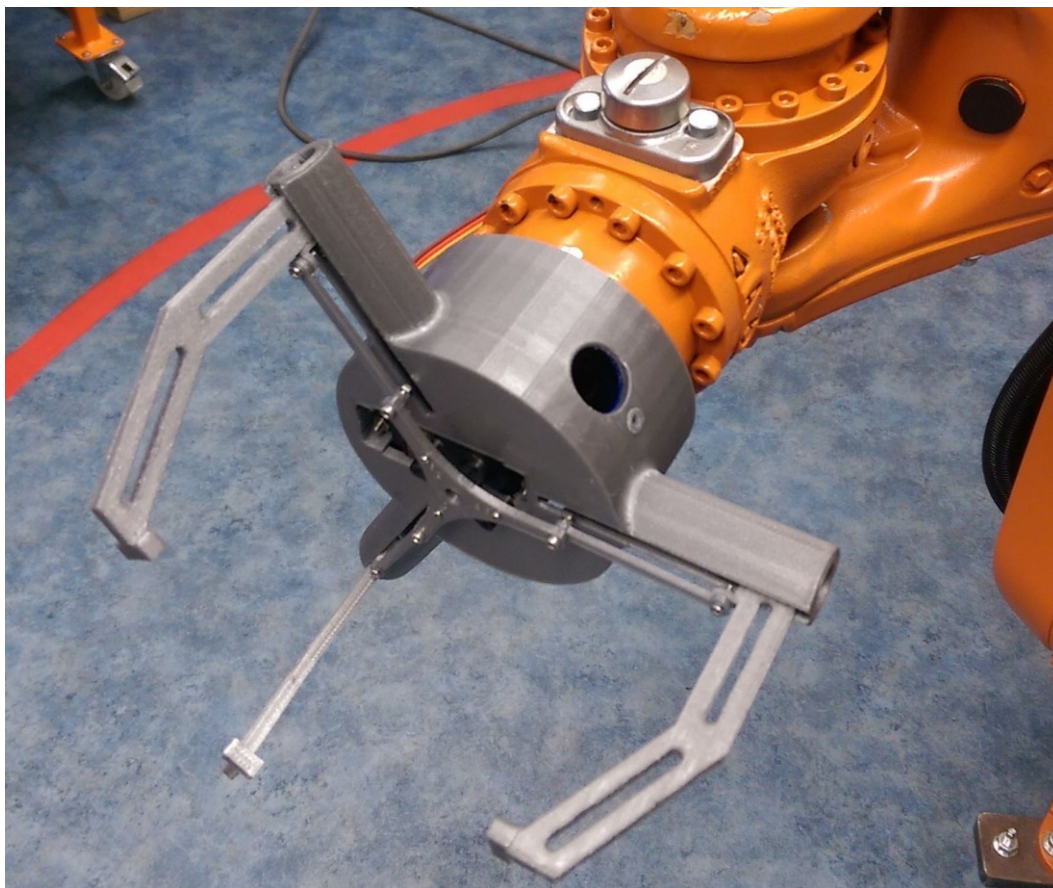
Obrázek 30. Filament s uhlíkovými vlákny [20]

Výhody: silné a odolné, vzhled, odolnost vůči vysokým teplotám (až 300°C), lehká váha.

Nevýhody: Vyšší teplota při tisku filamentu. [21]

3.2 Využití 3D tisku v robotice

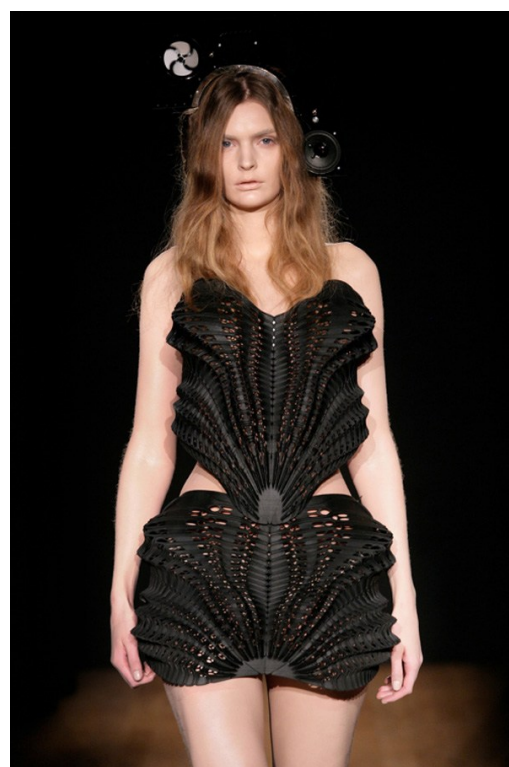
Prototypování je velice důležitá část při vývoji robotických systémů, kde jsou návrhy testovány a vylepšovány před plnohodnotnou výrobou. Prototypování bylo vždy časově náročným a nákladným procesem, který často vyžadoval tvorbu forem na zakázku nebo nákladné obráběcí techniky. 3D tisk však tuto fázi změnil a pomohl urychlit prototypování. Například robotické komponenty se složitou vnitřní strukturou nebo odlehčenou konstrukcí lze prototypovat a vyrobit za zlomek času a peněz při srovnání s tradičními metodami. Taktéž je jednoduché tyto modely modifikovat, a tak připravit více verzí. Díky 3D tisku mohou robotické společnosti snadno přizpůsobit díly, tak aby vyhovovaly potřebám svých klientů. Např. když společnost bude chtít vytvořit specifický koncový efektor pro manipulaci s konkrétním materiálem nebo produktem. Namísto navrhování nové součásti od nuly mohou použít již existující model a jen jej trochu upravit, aby vyhovoval požadavkům.[22]



Obrázek 31: Servo gripper [23]

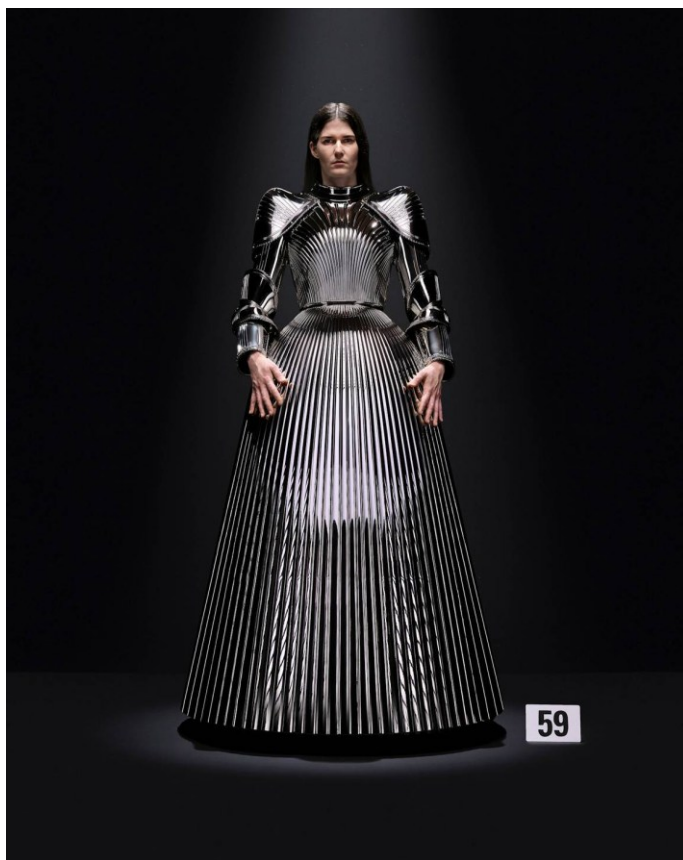
3.3 Využití 3D tisku v modním průmyslu

Modní průmysl se výrazně proměnil po příchodu 3D tisku. Od složitých návrhů a střihů na míru až po udržitelné postupy a rychlé prototypování. Několik významných návrhářů a značek přijalo 3D tisk a ukázalo jeho potenciál na různých přehlídkách. Například nizozemská návrhářka Iris van Herpen je proslulá svými futuristickými oděvy vytvořenými pomocí 3D tisku. Podobně společnosti jako Adidas a Nike začlenily 3D tisk do jejich procesu výroby obuvi.[24]



Obrázek 32: Iris van Harper oblečení [24]

Hodně značek ale taktéž používá 3D tisk jako například podkladní vrstvu nebo doplňky pro své oblečení např. balenciaga využila na své přehlídce Haute Couture podzim/zima 2023/2024 šaty, které simulují brnění, vyrobené za pomoci 3D tisku s pozinkovanou pryskyřicí, která následně byla leštěna v chromu. Tento kousek představoval ne jenom technologický pokrok, ale taktéž prohlášení o tom, jak je možno integrovat technologie do tradice a luxusu. Pro modní profesionály je výzvou ne jenom porozumět této technologii, ale také ji umět strategicky aplikovat.[25]



Obrázek 33: Model brnění Balenciaga [25]

3.4 Metody 3D tisku a jejich vhodnost pro módní průmysl

V posledních letech se 3D tisk stále více uplatňuje i v oblasti módy, kde otevírá nové možnosti pro tvorbu unikátních designů, personalizovaných doplňků a experimentálních struktur. Pro módu je důležitá nejen estetika, ale i flexibilita materiálu, lehkost, pohodlí a možnost přizpůsobení. V této části budou představeny klíčové technologie 3D tisku a zhodnocena jejich vhodnost pro módní aplikace:

3.4.1 Fused deposition modeling (FDM)

Je to nejčastěji používaná technologie 3D tisku, který spadá pod širší oblast extruze materiálu. Stejně jako Selective Laser Sintering, FDM používá k tisku dílů termoplasty. Rozdíl ale mezi těmito dvěma je v tom, že FDM používá vlákna, zatímco SLS používá prášky. Tento proces zahrnuje přivádění termoplastického filamentu do 3D tiskárny. Vlákno se zahřeje na teplotu přibližně 200 °C (záleží na materiálu) pomocí vyhřívané trysky a poté se vytlačí na podložku nebo konstrukční platformu. Po dokončení první vrstvy tisku se

tiskárna posune o jednu vrstvu nahoru, a to pokračuje, dokud není díl dokončen. Pro tisk na FDM 3D tiskárně je zapotřebí 3D soubor. Obvykle s příponou stl. Tyto objekty se můžou stáhnout z internetu nebo navrhnout pomocí 3D softwaru jako je například SolidWorks nebo SelfCAD. Následně se soubor hodí do sliceru a poté se buď pomocí internetu nebo flash disku nahraje 3D slicovaný objekt do tiskárny. Pro optimální kvalitu tisku bude zapotřebí nastavit pár věcí jako je například:

Rychlost tisku: Přílišné zrychlení tiskárny může tvořit tiskové chyby (zapadlé rohy, zhroucené části) a obecně velká rychlost tisku snižuje kvalitu dílů a jejich povrch.



Obrázek 34: FDM tisk [26]

Výška vrstvy: Nižší výška vrstvy bude obecně znamenat hladší povrch, i když mnohem pomalejší tisk. Existují však scénáře, kdy se může využít obrovské výšky vrstev, urychlit tisk a neutrpět žádné nepříznivé účinky. Vše záleží na spoustě faktorů u 3D tisku. Obecným pravidlem je že pokud se tiskne něco velmi složitého, jako například šperky nebo obličej, tak se použije o hodně nižší výška vrstvy než při tisku obyčejné krychle.

Průměr trysky: Technicky se nejedná o parametr, ale o součást sady, ale je velmi důležitý pro správnost tisku. 3D tiskárny používají nejčastěji trysky o průměru 0,4 až do 2 mm. Proto je důležité například při tisku detailního textu využít vhodnou trysku například

0,2 mm jinak bude text netisknutelný. Celkově menší průměr trysek vytváří hladší povrchové oblasti a více detailů, nevýhodou je však délka tisku.

Výplň: Díly FDM se netisknou plně vyplněné ve většině případech, finančně by to bylo velice náročné, a navíc většina výrobků nepotřebuje 100% síly. Normou je 20% výplň, což stále vytváří díly pevnější než ty, které by byly vytvořeny SLA technologií. Pokud je zapotřebí pouze velmi hrubý prototyp tak někdy postačí i 10% výplně a někdy je zase zapotřebí robustní model kde se používá i 80% výplně.

Podpěry při tisku: Pokud je díl s převisy, bude za potřeby využití podpěry jinak se díl značně zdeformuje.[26]



Obrázek 35: FDM tisk joystick [26]

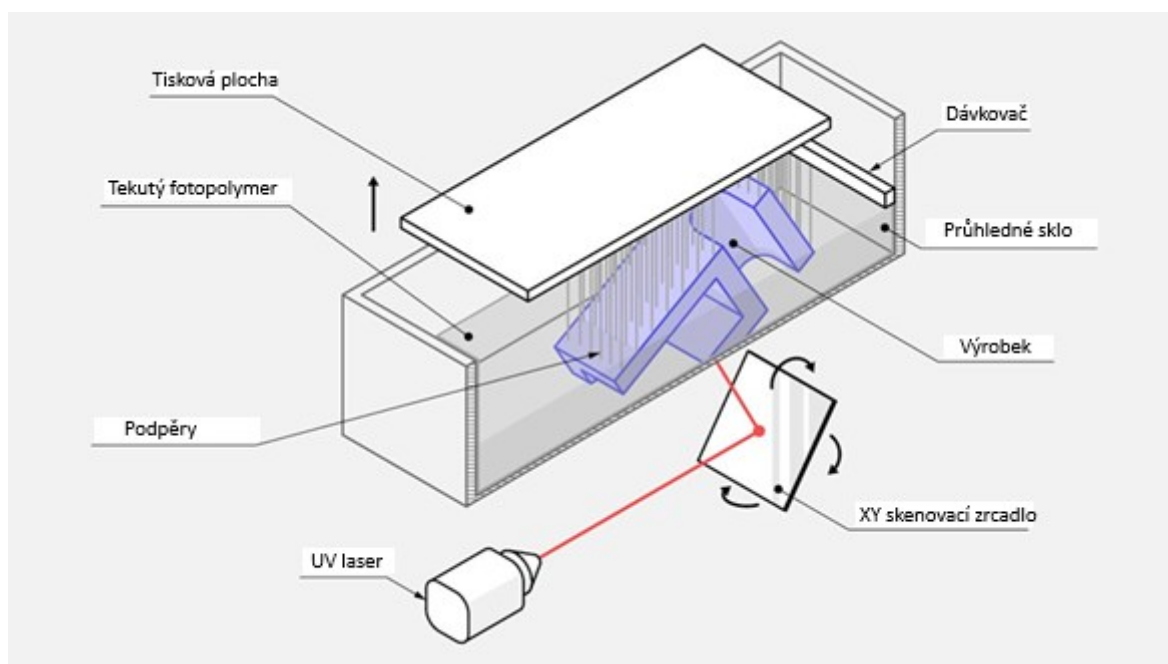
3.4.2 Stereolithography (SLA)

Je to aditivní výrobní proces, který patří do rodiny fotopolymerizací v kádě využívaný u 3D tisku a nejoblíbenější z technologií při tisku pryskyřice. Tento proces je významný pro schopnost vyrábění prototypů, které jsou přesné, izotropní a vodotěsné, stejně jako výrobní díly s působivou hladkostí povrchu. SLA vytváří objekty selektivním vytvrzováním polymerní pryskyřice, vrstvou po vrstvě za pomoci ultrafialového (UV) laserového paprsku. Materiály používané u SLA jsou fotosenzitivní termosetové polymery, dodávané v kapalné formě. Kroky při SLA 3D tisku:

1. Umístění podložky do nádrže s tekutým fotopolymerem ve vzdálenosti výšky jedné vrstvy pro povrch kapaliny.

2. UV laser vytvoří další vrstvu selektivním vytvrzováním a tuhnutím fotopolymerní pryskyřice.
3. Během tuhnoucí části procesu fotopolymerizace jsou monomerní uhlíkové řetězce, které tvoří tekutou pryskyřici, aktivovány světlem UV laseru a stávají se pevnými, čímž mezi sebou vytváří silné vazby.
4. Laserový paprsek je zaostřen na předem určenou dráhu pomocí sady zrcadel, nazývaných galvos. Celá plocha průřezu je naskenována.
5. Po vytištění je díl ne zcela vytvrzen. Vyžaduje se další zpracování pod UV světlem, pokud jsou vyžadovány velmi vysoké mechanické a tepelné vlastnosti

Tento proces je nevratný a neexistuje způsob, jak převést SLA díly zpět do kapalné formy. Zahřívání těchto dílů způsobí hoření místo roztavení. Je to kvůli použití materiálu kde při tomto procesu se využívají termosetové polymery a u FDM se využívají termoplasty, které umožňují tavnou dekompozici materiálu.



Obrázek 36: schéma SLA tisku [27]

Parametry tisku SLA:

1. Výška vrstvy: Pohybuje se mezi 25 a 100 mikrony. Nižší výšky vrstev zachycují geometrie přesněji, ale prodlužují dobu sestavení a zvyšují náklady. Proto je vhodná výška vrstvy 100 mikronů pro většinu běžných aplikací.

2. Tisková plocha: Důležitý parametr zejména pro návrháře. Tisková plocha závisí na velikosti sestavení SLA stroje. Existují dvě základní orientace těchto strojů:

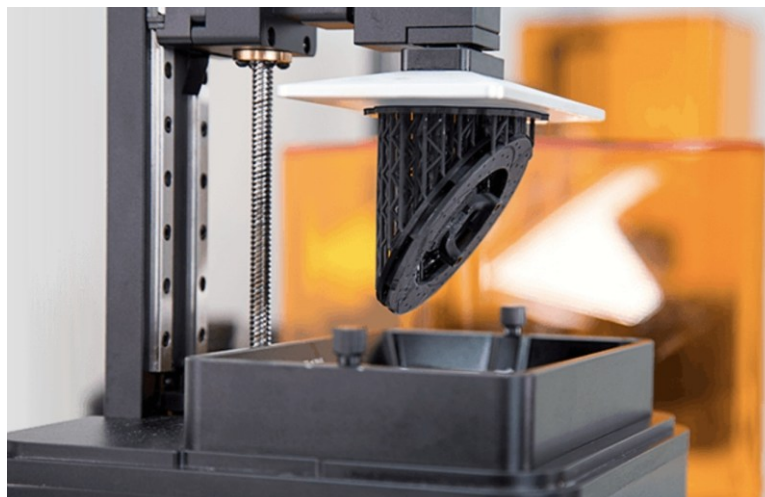
- Tiskárny shora dolů: ty umístí laserový zdroj nad nádrž a díl je vyroben směrem nahoru. Podložka začíná na samém vrcholu vany s pryskyřicí a po každé vrstvě se pohybuje směrem dolů.
- Tiskárny zdola nahoru: ty umístí světelný zdroj pod nádrž s pryskyřicí a díl je postaven vzhůru nohama. Nádrž má průhledné dno se silikonovým povlakem, který umožňuje světla laseru. Po každé vrstvě se vytvrzená pryskyřice oddělí ode dna nádrže, protože podložka se pohybuje směrem nahoru.

Orientace zdola nahoru se používá hlavně ve stolních tiskárnách a má tiskovou plochu maximálně 145x145x175 mm, kdežto orientace shora dolů je obecně používána v průmyslových systémech a má tiskovou plochu maximálně až 1500x750x500 mm. Tiskárny s orientací zdola nahoru se snadněji vyrábějí, ale jejich velikost tisku a sestavy je omezená.

Jedním z největších problémů, které SLA tiskárny mají je zvlnění. Během procesu vytvrzování se pryskyřice při vystavování světelnému zdroji pryskyřice mírně smršťuje. Když je smrštění značné, vznikají mezi novou vrstvou a dříve ztuhlým materiálem velká vnitřní pnutí, což má za následek zvlnění materiálu. Nejlepším způsobem, jak zabránit zvlnění je vyhnout se velkým tenkým oblastem, nebo přidání struktury pro zabránění zvlnění součástí. [27]

Vhodnost SLA pro módní průmysl:

Díky svým komplexním detailům by bylo vhodně SLA použít na výrobu ozdob, šperků anebo módních doplňků. Také je velký výhoda hladkého povrchu bez viditelných vrstev, což je u módních produktů velice důležité. Naopak nevýhody tohoto procesu jsou: Pryskyřice jsou často křehké, což znamená nízkou pružnost a u hodně módních komponentů je tato vlastnost velmi důležitá. Některé pryskyřice nejsou UV-stálé a můžou časem křehnout nebo měnit barvu.



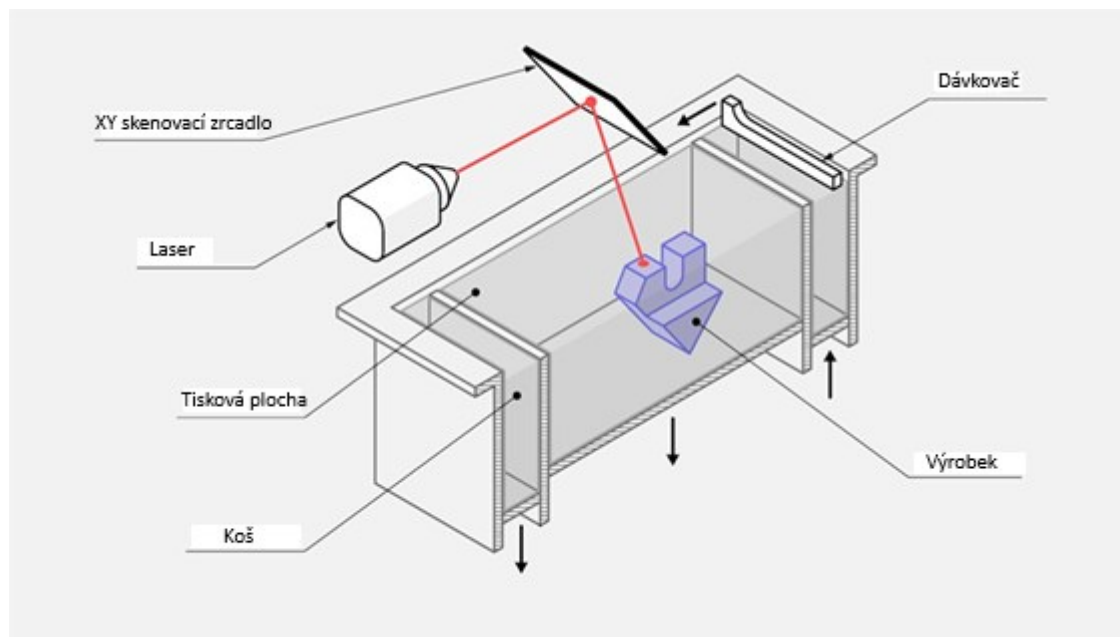
Obrázek 37: Tisk SLA [27]

3.4.3 Powder Bed Fusion Polymers (SLS)

Je to aditivní výrobní proces na principu fúze. Při 3D tisku SLS laser selektivně spéká částice polymerního prášku, spojuje je dohromady a vytváří vrstvu po vrstvě. Materiály používané v SLS jsou termoplastické polymery, které se dodávají v granulované formě.

Proces při výrobě metodou SLS:

1. Zásobník na prášek a výrobní prostor se nejprve zahřejí těsně pod teplotu tání polymeru
2. Čepel pro navrstvení nanese tenkou vrstvu prášku po tiskové ploše.
3. CO₂ laser pak skenuje obrys další vrstvy a selektivně spéká a spojuje částice polymerního prášku
4. Když je vrstva dokončena, stavební platforma se posune dolů a čepel znovu natře povrch. Proces se pak opakuje, dokud není celá část dokončena.
5. Po vytištění jsou díly zcela zapouzdřeny do neslinuté směsi. Před vybalením dílů musí nádoba na prášek vychladnout, což může trvat někdy až 12 hodin.
6. Díly jsou následně očištěny stlačeným vzduchem nebo jiným tryskacím médiem, poté jsou připraveny k použití nebo k dalšímu následnému zpracování.



Obrázek 38: Schéma SLS tisku [28]

Výchozí použitá výška vrstvy je 100-120 mikronů. Klíčovou výhodou 3D tisku SLS je, že nejsou zapotřebí žádné podpurné konstrukce. Nespékaný prášek poskytuje dílu veškerou potřebnou podporu. Z tohoto důvodu lze SLS použít k vytváření geometrií volného tvaru, které nelze vyrobit žádnou jinou metodou. Díly SLS jsou náchylné ke smršťování a deformaci. Když nově vytvořené vrstvy chladnou, tak se zmenšují a hromadí se v nich vnitřní pnutí, která táhnou spodní vrstvu nahoru. Proto je důležité si uvědomit že smrštění bude kusu o 3 až 3,5 %, což je naprosto normální u výroby SLS. Je nutno tedy podle toho upravit velikost návrhu. Velké rovné plochy jsou náchylné k deformaci. Tento problém lze zmírnit orientací dílu ve svislé poloze na tiskové ploše. Další problém, který nastává u SLS je, že zde může docházet k nadměrnému slinování, když sálavé teplo spojí neslinutý prášek kolem prvku. To může mít za následek ztrátu detailů u malých prvků, jako jsou drážky a díry. Proto je pravidlem u SLS že lze tisknout drážky širší než 0,8 mm a otvory s průměry většími než 2 mm bez obav nadměrného slinování.

Odstraňování prášku:

Jelikož SLS nevyžaduje žádný podpurný materiál, lze díly s dutými profily tisknout snadno a přesně. Je ovšem zapotřebí přidat otvory potřebné k odstranění neslinutého prášku z vnitřních částí součástí. Doporučené jsou minimálně dva takové otvory s minimálním průměrem 5 mm. Pokud je vyžadován vysoký stupeň tuhosti musí být díly vytištěny zcela v pevném stavu. Alternativou je vytvořit dutý design s vynecháním otvorů. Tímto způsobem bude jakýkoliv těsně zabalený prášek zachycen v dílu, čímž se zvýší jeho hmotnost a

poskytne se další mechanická podpora proti mechanickému zatížení. Do dutého vnitřku lze také přidat vnitřní voštinovou mřížkovou strukturu (podobnou vzorům výplně používaným v FDM) aby se dále zvýšila tuhost součásti. Vyhroubení dílu tímto způsobem může také snížit deformaci.

Nejčastěji používané materiály:

Nejvíce používaným materiálem je Polyamid 12 známý také jako Nylon 12. Tento prášek může být naplněn různými přísadami pro zlepšení mechanického a tepelného chování vyrobeného dílu. Příklady přísad zahrnují uhlíková vlákna, skleněná vlákna nebo hliník. Materiály plněné aditivy jsou obvykle křehčí a mohou mít vysoce anizotropní chování.[28]



Obrázek 39: Bota vytištěná metodou SLS [29]

Vhodnost SLS pro módní průmysl:

SLS je vhodné pro použití v módním průmyslu hlavně kvůli flexibilitě materiálu, nejčastěji se používá Nylon 12 což je velmi pevný, pružný a zároveň odolný materiál. Výrobky z tohoto procesu jsou velmi odolné a trvanlivé, takže se výrobky mohou nosit bez rizika křehnutí jako tomu je u SLA. SLS se nejvíce hodí na výrobu bot, kdy Adidas již započal testy právě s SLS u výroby jejich podrážek a bot. Dále se tato metoda hodí pro výrobu zakázkové brýle a rámečky nebo pro oblečení s pevnými nebo semi-flexibilními komponenty (např. šaty s 3D tištěnými vložkami nebo ornamenty)

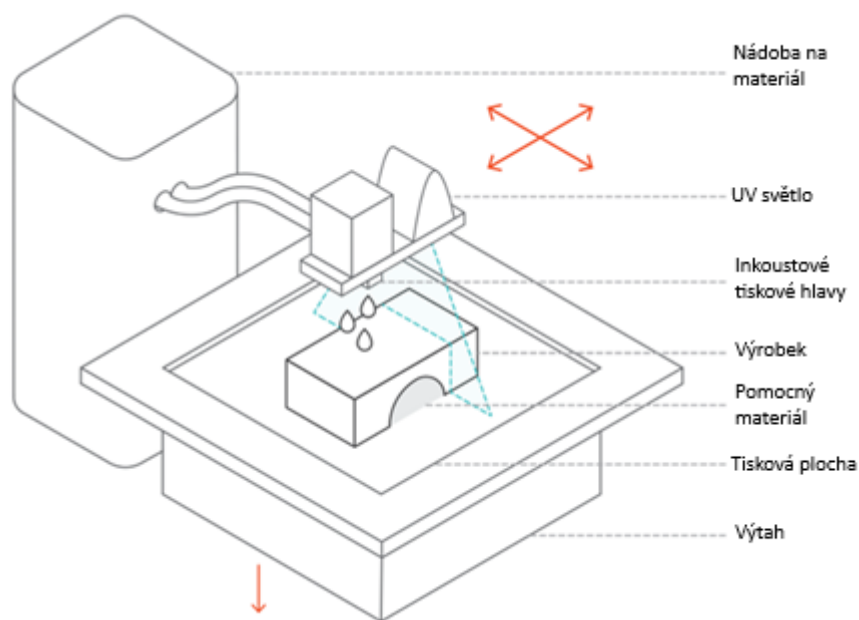
3.4.4 Material Jetting (DOD, MJ)

Je to aditivní výrobní proces, který funguje podobným způsobem jako 2D tiskárny. Při tryskání materiálu dávkuje tisková hlava kapičky fotocitlivého materiálu, který tuhne pod ultrafialovým (UV) světlem a vytváří vrstvu po vrstvě. MJ 3D tisk vytváří díly s vysokou

přesností a velmi hladkou povrchovou úpravou. V tryskání materiálu je k dispozici tisk z více materiálu a široká škála materiálu. Díky těmto vlastnostem je MJ velmi atraktivní volbou jak pro vizuální prototypy, tak pro výrobu nástrojů. Nejčastěji používané materiály jsou termosetové fotopolymerní pryskyřice, které jsou z hlediska vlastností a omezení podobné materiálům využívaných při SLA metodě (jsou křehké, mají nízkou tepelnou výchylnost a jsou náchylné k tečení). Dodávají se v méně viskózní formě podobné inkoustu.

Proces při výrobě metodou MJ:

1. Nejprve se tekutá pryskyřice zahřeje na 30-60 °C, aby se dosáhlo optimální viskozity pro tisk.
2. Následně tisková hlava cestuje přes konstrukční platformu a stovky malých kapiček fotopolymeru jsou vytrysknuty na požadovaná místa.
3. Zdroj UV světla, který je připojen k tiskové hlavě vytvrzuje nanesený materiál
4. Po dokončení vrstvy se stavební platforma posune o jednu vrstvu dolů a proces se opakuje, dokud není dokončený celý výrobek.



Obrázek 40: Schéma tisku MJ [30]

Na rozdíl od většiny ostatních technologií 3D tisku, MJ nanáší materiál liniovým způsobem. Více inkoustových hlav je připevněno ke stejnému nosiči vedle sebe a ukládá materiál na celou tiskovou plochu v jediném průchodu. To umožňuje hlavám dávkovat různý

materiál, čímž je možné tisknout z více materiálů a je možné využít různé kombinace barev. Při tisku dílů pomocí technologie MJ jsou vždy vyžadovány podpory, které je potřeba odstranit ve fázi následného zpracování.

Při tryskání materiálu, kapalný materiál tuhne procesem zvaným fotopolymerizace. Jedná se o stejný mechanismus, který se využívá při procesu SLA. Podobně jako SLA mají díly vytištěné MJ metodou homogenní mechanické a tepelné vlastnosti, ale na rozdíl od SLA nevyžadují žádné dodatečné vytvrzování pro dosažení optimálních vlastností díky velmi malé výšce použité vrstvy.[30]



Obrázek 41: Vytisknutý model metodou MJ [30]

Vhodnost MJ pro módní průmysl:

Tato metoda je vhodná pro více luxusní a dražší módu, kvůli nákladnosti a dlouhému tisku. Jeho vhodnost je kvůli tisku plnobarevných objektů s vysokým rozlišením. To se hodí při výrobě šperků, ozdob nebo do haute culture, kde záleží na vzhledu. Další výhodou je kombinace více materiálů a hladký povrch bez processingu, což působí hodně prémiově.

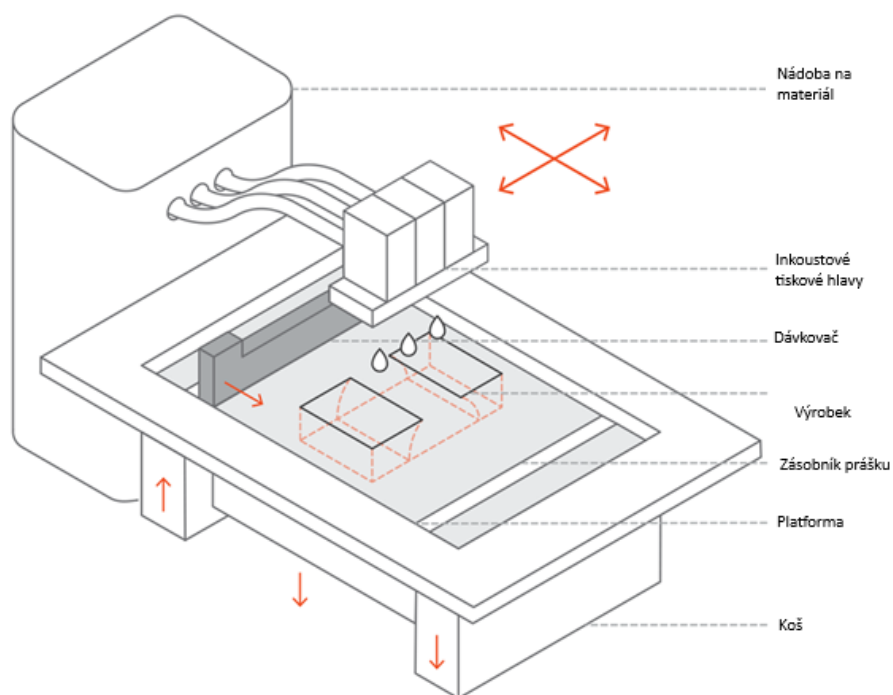
3.4.5 Binder Jetting

Je to skupina aditivních výrobních procesů, kde se pojivo selektivně nanáší na práškové lože a spojuje tyto oblasti dohromady a vytváří pevnou část. Běžně používané materiály při Binder Jetting jsou, kovy, písek, keramika, které se dodávají v granulované formě. Tato metoda se používá v různých aplikacích, včetně výroby plnobarevných prototypů jako jsou figurky nebo při výrobě forem pro lití do písku. Při využití této metody je důležité znát základní mechaniky těchto procesů, aby byla využita tato metoda co nejlépe.

1. Nejprve se pomocí nanášecí čepele rozprostře tenká vrstva prášku na tiskovou plochu.

2. Následně vozík s inkoustovými tryskami přejíždí přes podložku a selektivně ukládá kapičky pojiva (lepidla), které spojují částice prášku dohromady. Plnobarevném tisku se barevný inkoust nanáší také během tohoto kroku.
3. Když je vrstva dokončena, tisková plocha se posune směrem dolů a čepel znovu natře povrch. Proces se opakuje, dokud není zhotovený celý výrobek.
4. Po vytištění se díl zapouzdří do prášku a nechá se vytvrdnout, aby byla získána co největší pevnost. Poté se díl vyjme ze zásobníku na prášek a zbytek nevyužitého prášku se vyčistí.

V závislosti na materiálu je obvykle vyžadováno následné zpracování. Například kovové díly musí být slinovány nebo jinak tepelně zpracovány (například infiltrace kovu kovem s nízkou teplotou tání). Plnobarevné prototypy jsou také infiltrovány akrylem pro zlepšení živosti barev. To je, protože díly jsou při opuštění tiskárny v „zeleném“ stav, mají špatné mechanické vlastnosti, jsou velmi křehké a mají vysokou pórovitost.



Obrázek 42: Schéma tisku Binder Jetting [31]

V Binder Jettingu jsou téměř všechny parametry procesu přednastaveny výrobcem stroje. Klíčovou výhodou Binder Jettingu oproti jiným procesům 3D tisku je, že k vytváření vrstev dochází při pokojové teplotě. To znamená, že rozměrová zkreslení spojená s tepelnými efekty (jako je deformace u FDM, SLS, DMSL/SLM) nejsou v Binder Jettingu problémem.

Výrobní objem strojů Binder Jetting patří k největším ve srovnání se všemi technologiemi 3D tisku, až 2200x1200x600 mm. [31]



Obrázek 43: Model vytisknutý metodou Binder Jetting [31]

Vhodnost Binder Jettingu pro módní průmysl:

Binder Jetting by mohla být zajímavá metoda 3D tisku pro módní průmysl, ale záleží na konkrétním použití.

Možné výhody Binder Jetting pro módu:

1. Vysoká detailnost a přesnost – Binder jetting umí tisknout s vysokým rozlišením, což je výhoda pro složité dekorace, šperky nebo doplňky
2. Barevný tisk – Některé Binder Jetting tiskárny (např. od HP nebo 3D Systems) umožňují plnobarevný tisk, což je skvělé pro kreativní design
3. Rychlost a náklady – Binder Jetting může být rychlejší a levnější při větším množství, hlavně u menších dílů nebo sérií módních doplňků.
4. Možnost použití různých materiálů – Dá se tisknout např. se sádrou, pískem, kovem nebo keramikou (po následném zpracování).

Limitace pro módní aplikace:

1. Křehkost materiálů – Pokud se tiskne třeba se sádrou nebo jinými práškovými materiály, výtisky jsou často křehké a nehodí se na ohebné části oblečení
2. Nutnost post-processingu (následného zpracování) – Výsledné díly často vyžadují infiltraci nebo sintraci, což zvyšuje náročnost a náklady.

3. Nepružné materiály – Binder Jetting zatím není ideální pro elastické, textilní nebo nositelné části oblečení – tam se spíše používá SLS, FDM nebo SLA s flexibilními filamenty.

Kde by Binder Jetting mohl v módě dávat smysl:

Módní doplňky – brýle, přezky, šperky, ozdoby do vlasů, detaily na boty

Konceptuální nebo avantgardní móda – umělecké kusy na přehlídkách, kde se hledá wow-efekt.

Dekorativní komponenty – části, které se připevní k látce, ale nejsou přímo nositelné.

3.4.6 Multi Jet Fusion (MJF)

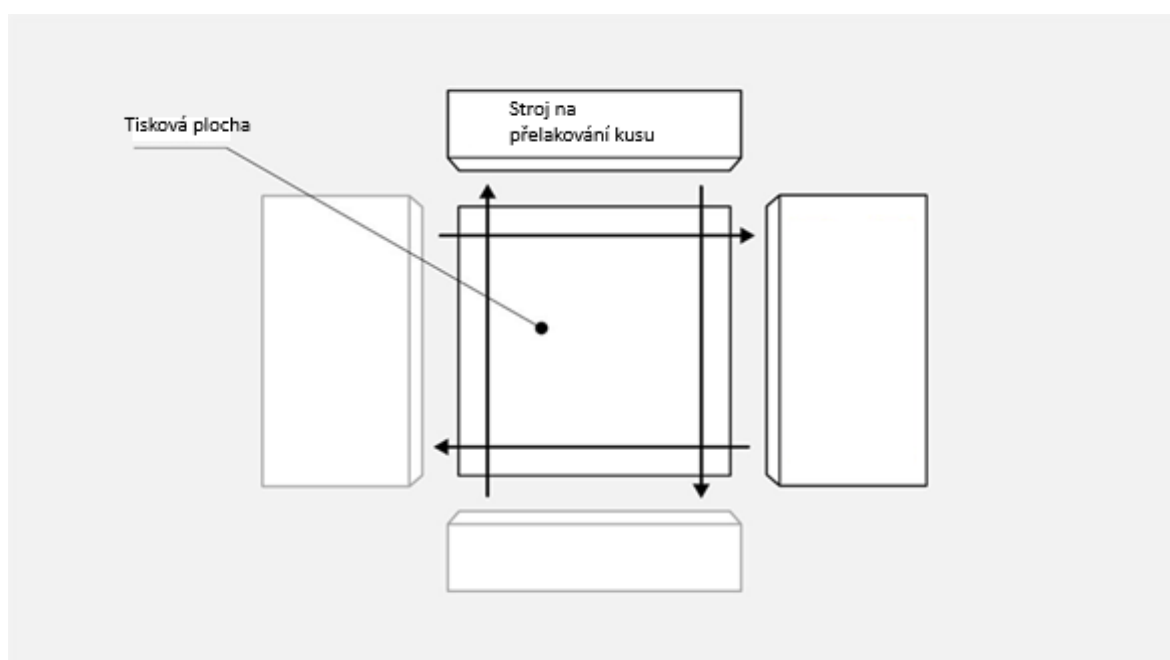
MJF je pokročilý proces 3D tisku, který dokáže rychle vyrábět přesné, složité a detailní díly z práškových termoplastů. Díly MJF mají vysokou pevnost v tahu a jemné rozlišení prvků, díky čemuž jsou ideální pro složité díly. Tato 3D technologie byla vyvinuta společností HP a je ideální pro vytváření funkčních prototypů a výrobních dílů s izotropními mechanickými vlastnostmi, což z ní činí ideální řešení pro jakoukoli aplikaci vyžadující geometrickou složitost a působivé kosmetické a mechanické vlastnosti. Pomocí inkoustového pole funguje MJF tak, že nanáší fixační a detailizační činidla do zásobníku práškového materiálu. Následně tiskárna rozprostře větší množství prášku na tiskovou plochu, čímž se vytvoří vrstva a toto nanášení se dělá pro každou vrstvu.

Proces při výrobě Multi Jet Fusion metodou:

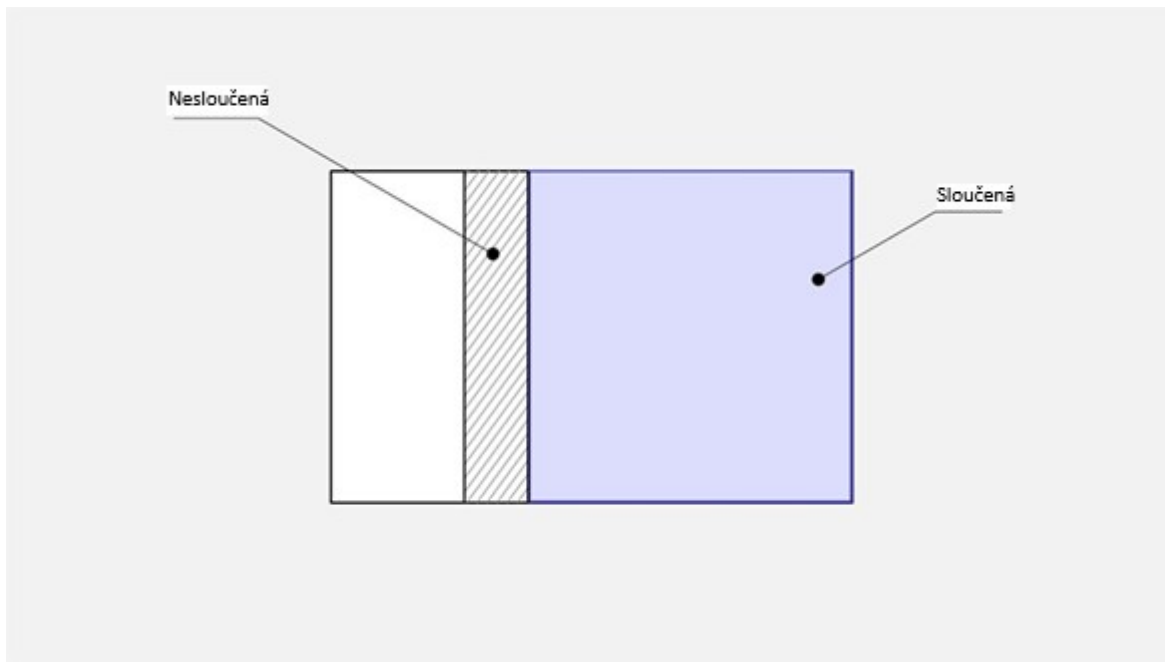
1. Pohyblivá konstrukční jednotka je umístěna do tiskárny.
2. Zásobník pro nanášení materiálu se pohybuje po výrobní ploše a nanáší tenkou vrstvu práškového materiálu.
3. Tiskový a fixační vozík se pohybuje po tiskové ploše a předehrívá prášek na určitou teplotu, aby byla zajištěna konzistence materiálu.
4. Řada inkoustových trysek spojuje činidla na tiskové ploše v oblastech, které odpovídají geometrii a vlastnostem dílu.
5. Po dokončení každé vrstvy se stavební jednotka zasune, aby se vytvořil prostor pro další vrstvu materiálu, která má být uložena.

6. Tento proces se opakuje až do ukončení tisku.

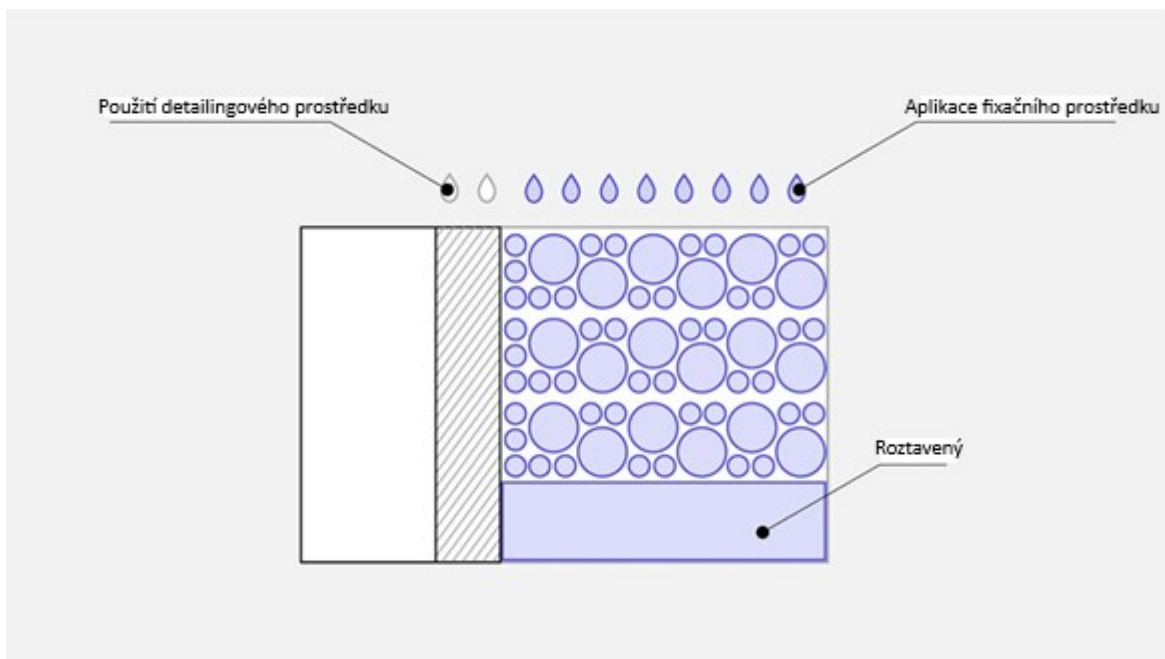
Po dokončení procesu tisknutí obsahuje tisková jednotka vytištěný díl a neroztavený prášek. Samotná zpracovatelská stanice, která je připojena k pohyblivé konstrukční jednotce je využívána pro chlazení a vybalování dílu a pro zachování přebytečného prášku pro pozdější použití.



Obrázek 44: Schéma tisku metodou MJF [32]



Obrázek 45: Schéma oblasti zpracování prášku [32]



Obrázek 46: Schéma vzniku modelu [32]

Materiály používané pro MJF:

Mohou se rozdělit na tuhé a pružné plasty. Mezi tuhé plasty patří Nylon PA11(má podobné vlastnosti jako TPU, ale je méně elastický a jako ABS, ale je pevnější a odolnější), Nylon PA12 a PP, zatímco mezi flexibilní plasty patří Estane 3D TPU M95A (má podobné vlastnosti jako TPU materiál)

Následné zpracování MJF:

Podobně jako u jiných výrobních procesů je vyžadováno další zpracování, než je díl připraven ke konečným aplikacím. Po dokončení tisku zůstane stavební jednotka, ve které je schovaný vytisknutý díl pod neroztaveným práškem.

1. Chlazení, které probíhá v konstrukční jednotce
2. Získávání neroztaveného prášku pro následné použití tisku ve zpracovatelské stanici pomocí vysavače
3. Tryskání kuličkami vzduchem nebo vodou pro odstranění zbývajících prášku.

Po odstranění veškerého zbytkového prášku, bude možná dle potřeby projít dalším následným zpracováním, jako například broušení. To ovšem záleží na dílu a jeho aplikaci. [32]



Obrázek 47: Model vytisknutý metodou MJF [32]

Vhodnost MJF pro módní průmysl:

MJF je skvělá volba pro využití v módním průmyslu, zejména při práci s materiály jako PA11 nebo TPU, které jsou flexibilní, lehké a zároveň pevné.

Proč je MJF vhodný pro módu?

1. Vysoká přesnost a detail – umožňuje složité organické tvary a textury
2. Odolnost a pružnost – ideální pro módní doplňky, obuv nebo ergonomické součásti oděvů

3. Hladší povrch než SLS – méně pórovitý, což usnadňuje barvení a finální úpravy
4. Rychlá výroba a škálovatelnost – efektivní pro malosériovou i větší výrobu
5. Dobrá udržitelnost – PA11 je organického původu, což odpovídá trendu ekologické módy

Kde konkrétně může MJF v módě najít využití?

1. Obuv – mezipodešve, podrážky, flexibilní prvky (PA11 – lehčí, TPU – pružnější)
2. Módní doplňky – brýle, šperky, kabelky s inovativními designy
3. Textilie a oděvy – tištěné vzory, strukturální součásti oděvů
4. Nositelné technologie – lehké a ergonomické části (např. chytré oblečení)

3.4.7 Powder Bed Fusion Metals (SLM a DMLS)

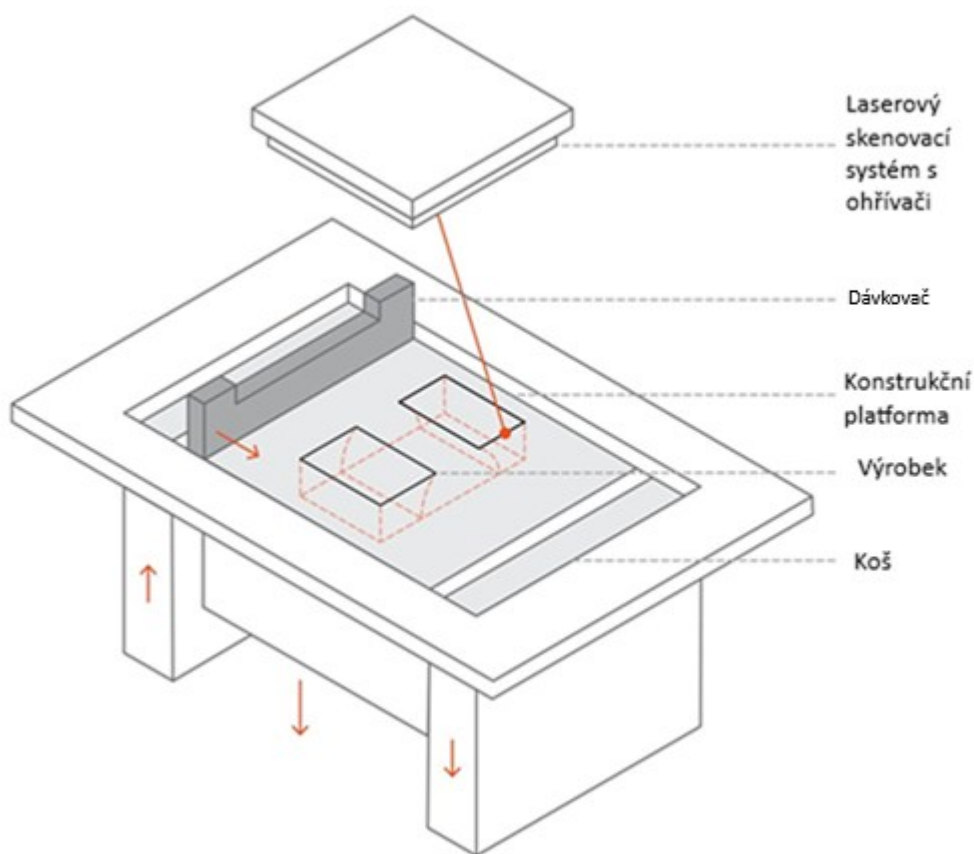
Selektivní laserové tavení (SLM) a přímé laserové spékání kovů (DMLS) jsou dva procesy aditivní výroby kovů. Tyto dvě technologie mají mnoho společného, obě používají laser ke skenování a selektivnímu tavení částic kovového prášku. Materiály používané v obou procesech jsou také kovy, které se dodávají v granulované formě. Rozdíly mezi SLM a DMLS spočívají v jejich základech procesu lepení částic. SLM používá kovové prášky s jedinou teplotou tání a částice se plně roztaví, zatímco u DMLS je prášek složen z materiálů s proměnlivými teplotami tání, které se při zvýšených teplotách spojují na molekulární úrovni. SLM i DMLS se používají v průmyslových aplikacích k vytváření produktů pro konečné použití.

Proces při výrobě Powder Bed Fusion Metals metodou:

1. Konstrukční komora se nejprve naplní inertním plynem (například argonem), aby se minimalizovala oxidace kovového prášku, a poté se zahřeje na optimální teplotu.
2. Tenká vrstva kovového prášku se rozprostře po konstrukční platformě a výkonný laser skenuje průřez součástí a také taví nebo spojuje kovové částice dohromady a vytváří další vrstvu. Celá plocha modelu je naskenována, takže díl je postaven zcela pevně.

3. Po dokončení procesu skenování se stavební platforma posune o jednu vrstvu směrem dolů a natahovací zařízení rozprostře další tenkou vrstvu kovového prášku. Proces se opakuje, dokud není dokončený celý díl.

Po dokončení procesu sestavení jsou díly zcela zapouzdřeny v kovovém prášku. Díly jsou připevněny ke konstrukční platformě pomocí podpůrných konstrukcí. Podpory jsou vytvořeny ze stejného materiálu, jaký byl využit pro tisk součástí. Po ochlazení zásobníku se odstraní přebytečný prášek a díly se následně ještě tepelně zpracují, zatímco jsou stále připojeny ke konstrukční platformě, aby se zmírnilo veškeré zbytkové napětí. Poté se díly řezáním, obráběním nebo jiným způsobem oddělí od konstrukční desky a jsou posláni k následnému zpracování.



Obrázek 48: Schéma tisku metodou Powder Bed Fusion Metals [33]

Díly SLM a DMLS se mohou vyrábět ze široké škály kovů a kovových slitin včetně hliníku, nerezové oceli, titanu, chromu a Inconelu (slitina kovů na bázi niklu a chromu). Volba materiálu záleží na požadavku výroby a použití produktu. Prášek pro 3D tisk kovů je finančně nákladný, například kilogram prášku z nerezové oceli 316L stojí přibližně 9000 Kč. [33]

Vhodnost Powder Bed Fusion Metals pro módní průmysl:

Tato metoda má v módním průmyslu velký potenciál, ale hodí se spíš pro určité segmenty, ne pro všechno.

Výhody PBF (kovů) pro módu:

1. Vysoká mechanická pevnost – Díky tavení kovového prášku laserem nebo elektrony jsou výtisky extrémně pevné a vhodné pro namáhané díly.
2. Velká designová svoboda – Lze vytvářet extrémně složité a organické struktury, které by byly jinak nevyrobitelné tradičními metodami
3. Luxusní materiály – Dá se tisknout z titanu, nerez, ale i drahých kovů (např zlato, stříbro)

Limitace PBF pro módu:

1. Cena – Materiály a provoz tiskáren jsou velmi drahé. Tato technologie se hodí hlavně pro high-end módu.
2. Hmotnost a komfort – Kovové díly jsou často těžší než plastové nebo textilní což není ideální pro běžné oblečení.

Kde PBF dává smysl v módě:

Šperky – prstýnky, náušnice, přívěsky

Módní doplňky – kovové spony, řetízky, brože, knoflíky.



Obrázek 49: Model vytisknutý metodou Powder Bed Fusion [33]

II PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je ukázat že robotika může být využita v jiných odvětví než jen automatizace a to i v takovém odvětví jako je módní průmysl, kde je důležitá kreativita. Tato práce spojuje technické dovednosti s kreativním myšlením a ilustruje potenciál mezioborového přístupu, který může inspirovat další vývoj v oblasti módy, designu a technologií.

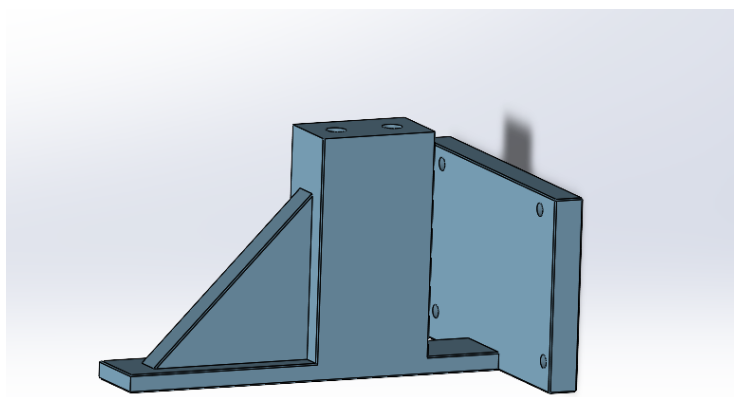
Dílčí cíle práce:

- Návrh držáku a celkové soustavy pro umístění extruderu na robot
- Naprogramování mikrokontrolérů
- Vyzkoušet ovládání extruderu pomocí PronterFace softwaru
- 3D skenování panenky Barbie pro návrh sukně
- Návrh sukně pro panenku
- Vytvoření modelu sukně v softwaru Blender
- Kompletace 3D tisku v Robot studiu
- Vytisknutí finálního produktu za pomoci robotického ramene

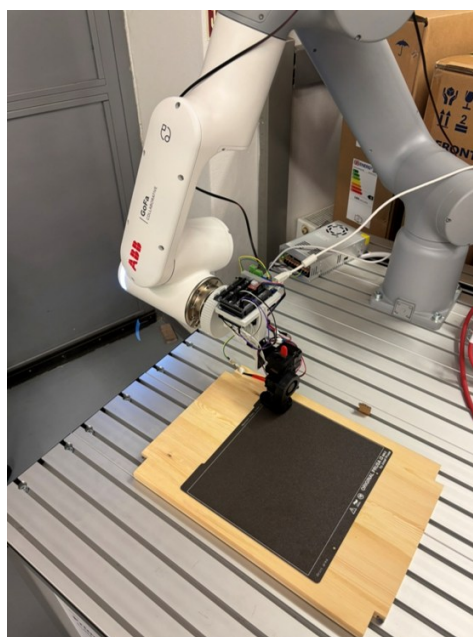
5 NÁVRH DRŽÁKU PRO EXTRUDER

5.1 Návrh funkčního vzorku

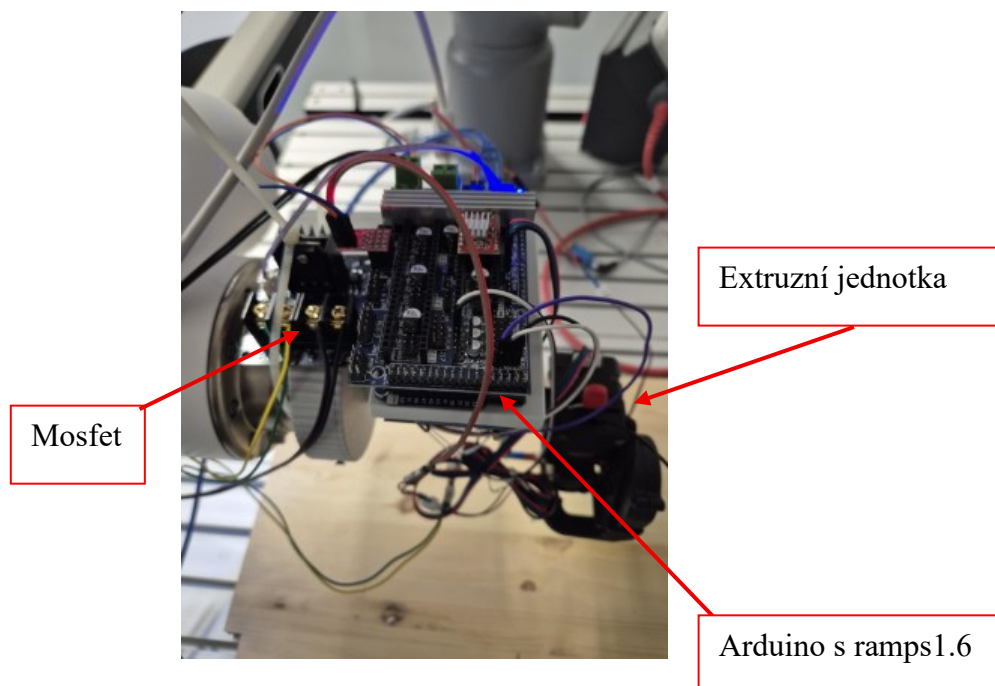
První návrh držáku byl zrealizován a vyzkoušen na robotickém rameni, ale nastal zde problém v podobě cable managementu, jelikož by na robotot bylo vysoké množství kabelů, kvůli umístění ovládacích arduin na samotný držák extruderu, následně zde byl ještě problém v podobě výkyvů držáku při rychlém pohybu robotu, což tuhost držáku je velmi důležitá věc při 3D tisku, protože může dojít k nechtěným deformacím materiálu při tisku.



Obrázek 50: Model prvního držáku



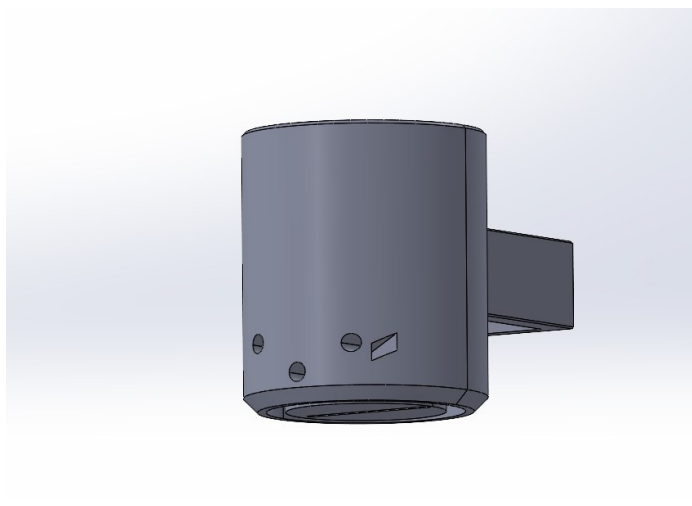
Obrázek 51: první sestava 3D tiskárny



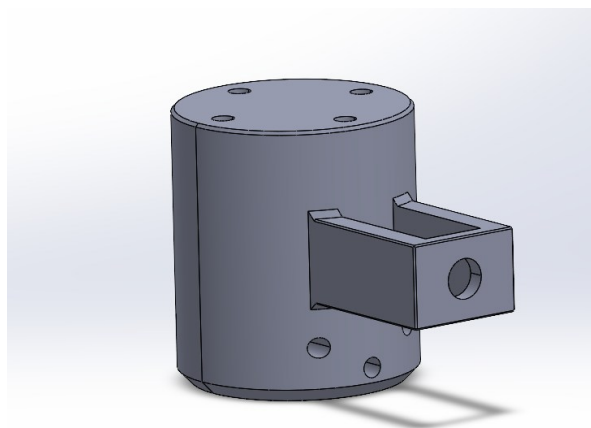
Obrázek 52: zapojení na prvním funkčním vzorku

5.2 Finální návrh držáku

Držák byl upraven tak aby se minimalizoval počet kabelů vedených po robotu, což již nebude mít za následek strhnutí kabele za provozu robotického ramene, následně je držák více tuhý a tvarově lépe odolný vůči výkyvům vzniklým rychlými pohyby robotického ramene a taktéž vypadá esteticky přívětivěji. Na držák je taktéž umístěna menší pomocná konstrukce, která slouží pro umístění indukčního snímače, který je v této práci využit pro kalibraci podložky. Dále zde je zepředu udělaná drážka pro podávání filamentu. Pro umístění extruderu do tohoto držáku bylo zapotřebí upravit držící konzoly do tvaru obdélníkového tvaru, který je možno vložit ze spodní strany do drážky, která byla navržena pro tuto konzoli s extruderem. Držák byl vytisknut z materiálu PET-G.



Obrázek 53: Model finálního návrhu držáku zepředu



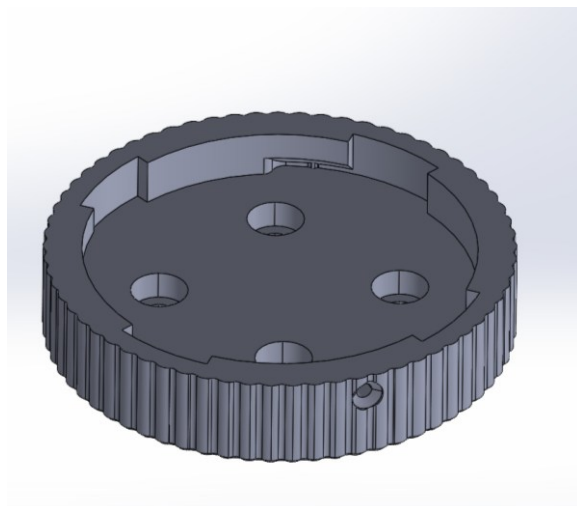
Obrázek 54: Model finálního návrhu držáku zezadu



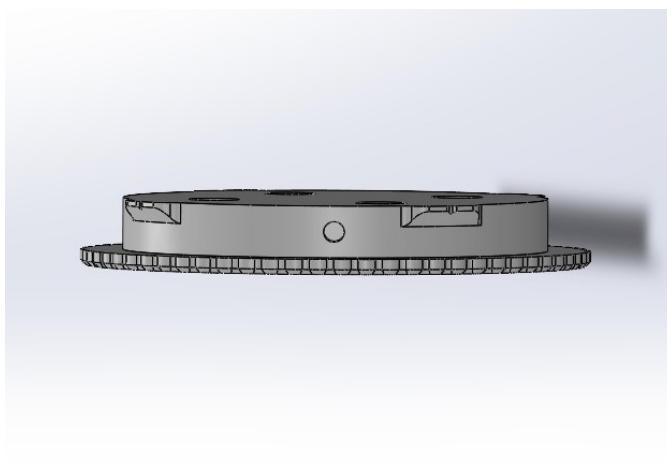
Obrázek 55: Finální extruzní jednotka na robotu

5.3 Návrh spojky pro spojení extruzní jednotky na robot

Následně bylo zapotřebí vytvořit pomocnou spojku mezi robotem a držákem, která byla rozdělena na dvě spojovací části, jedna byla namontována na robot a druhá na držák extruderu. Jedná se o jednoduchý zasouvací mechanismus s postranními drážkami a jednou postranní dírou, který slouží jako ochrana proti nechtěnému pootočení při rotaci robotického ramene. Tyto spojky se za pomoci čtyř děr na spodních stranách spojek umístily na robot a na držák extruderu. Pro vytvoření závitů v jednotlivých dírách byly využity inserty, které se hojně používají jako spojující komponent do 3D tištěných výrobků.



Obrázek 56: Model spojky (část na robot)



Obrázek 57: Model spojky (část na držák)

5.4 Kompletace extruzní jednotky

Na závěr byla vytvořena sestava ze všech použitých komponentů pro lepší vizualizaci na robotu a pro následnou práci v softwaru Robot Studio. Tato sestava se skládá, z již výše zmíněných 3D vytisknutých komponentů a také z:

- Indukčního senzoru LJ12A3-4-Z/BX, který v této práci slouží jako zpětná vazba pro nastavení pozice podložky.



Obrázek 58: Indukční senzor [35]

- PT1000 Platinového teplotního senzoru, pro tuto práci byl vybrán teploměr v rozsahu -50 až 450°C a byl využit pro sledování teploty hotendu.



Obrázek 59: teplotní senzor [35]

- Extruder BONDTECH, který zde byl využit jako jedna z tiskových součástí sestavy



Obrázek 60: Extruder [34]

- Mosquito hotend, využit jako nahřívací a výstupní těleso pro extrudovaný materiál, dosahuje teploty až 500 °C, umožňuje také rychlou výměnu trysky a jednoduchou přístupnost v případě ucpání materiálem.



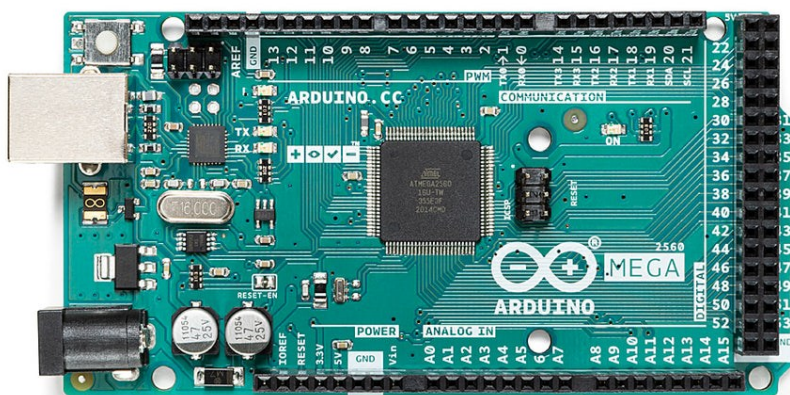
Obrázek 61: Hotend [34]

- Mosquito 12V větrák, pro chlazení a udržení stabilní teploty hotendu.

6 NAPIROGRAMOVÁNÍ MIKROKONTROLÉRŮ

6.1 Arduino mega s modulem Ramps 1.6

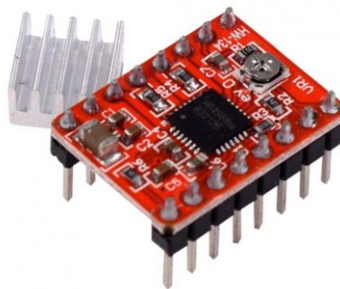
Do prvního arduino Mega byl nahrán kód s firmwarem Marlin, který umožňuje přesnou konfiguraci 3D tiskáren a využívá jej většina 3D tiskáren na světě. Dá se v něm nastavit spousty věcí jako je například prevence, aby tiskárna začala tisknout za studena (tzv. cold extrusion prevention), nebo taktéž se v něm dají vytvořit a nastavit parametry vlastních tiskových materiálů viz kód níže, taktéž zde jde nastavit délku jedné tiskové čáry a mnoho dalších věcí. Toto arduino taktéž slouží jako I2c slave pro druhé komunikační arduino. Na toto arduino je vložen modul Ramps 1.6, které je zde pro řízení krokového motoru za pomoci dodatečného modulu umístěného na Ramps 1.6 A4988 motor driver. Dále ještě modul Ramps 1.6 je zde pro ovládání topení a chlazení extruzní jednotky a také pro připojení teploměru na snímání teploty hotendu.



Obrázek 64: Arduino Mega 2560 [35]



Obrázek 65: Ramps 1.6 [36]



Obrázek 66: Motor driver A4988 [35]

```
#define SERIAL_PORT 0

/**
 * Serial Port Baud Rate
 * This is the default communication speed for all serial ports.
 * Set the baud rate defaults for additional serial ports below.
 *
 * 250000 works in most cases, but you might try a lower speed if
 * you commonly experience drop-outs during host printing.
 * You may try up to 1000000 to speed up SD file transfer.
 *
```

```
* :[2400, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 250000, 500000, 1000000]
*/
#define BAUDRATE 250000

/**
 * Prevent extrusion if the temperature is below EXTRUDE_MINTEMP.
 * Add M302 to set the minimum extrusion temperature and/or turn
 * cold extrusion prevention on and off.
 *
 * *** IT IS HIGHLY RECOMMENDED TO LEAVE THIS OPTION ENABLED! ***
 */
#define PREVENT_COLD_EXTRUSION
#define EXTRUDE_MINTEMP 170

/**
 * Prevent a single extrusion longer than EXTRUDE_MAXLENGTH.
 * Note: For Bowden Extruders make this large enough to allow
 * load/unload.
 */
#define PREVENT_LENGTHY_EXTRUDE
#define EXTRUDE_MAXLENGTH 200


// Below this temperature the heater will be switched off
// because it probably indicates a broken thermistor wire.
#define HEATER_0_MINTEMP 5
#define HEATER_1_MINTEMP 5
#define HEATER_2_MINTEMP 5
#define HEATER_3_MINTEMP 5
#define HEATER_4_MINTEMP 5
#define HEATER_5_MINTEMP 5
#define HEATER_6_MINTEMP 5
#define HEATER_7_MINTEMP 5
#define BED_MINTEMP 5
#define CHAMBER_MINTEMP 5
```

```
// Above this temperature the heater will be switched off.  
// This can protect components from overheating, but NOT from shorts  
// and failures.  
// (Use MINTEMP for thermistor short/failure protection.)  
#define HEATER_0_MAXTEMP 275  
#define HEATER_1_MAXTEMP 275  
#define HEATER_2_MAXTEMP 275  
#define HEATER_3_MAXTEMP 275  
#define HEATER_4_MAXTEMP 275  
#define HEATER_5_MAXTEMP 275  
#define HEATER_6_MAXTEMP 275  
#define HEATER_7_MAXTEMP 275  
#define BED_MAXTEMP      150  
#define CHAMBER_MAXTEMP  60
```

- SERIAL_PORT: Port pro komunikaci s PC
- BAUDRATE: Rychlost datového přenosu
- PREVENT_COLD_EXTRUSION: Blokuje extruzi, když je tryska studená
- EXTRUDE_MINTEMP: Minimální teplota pro extruzi
- PREVENT_LENGTHY_EXTRUDE: Ochrana proti nadměrné extruzi
- EXTRUDE_MAXLENGTH: Limit délky extruze v mm
- HEATER_X_MINTEMP: Zastaví ohřev při podezřele nízké teplotě
- HEATER_X_MAXTEMP: Zastaví ohřev při nebezpečném přehřátí

6.2 Druhé arduino Mega 2560

```
#include <Wire.h>  
  
#define SLAVE_ADDRESS 8 // Adresa slave Arduino  
#define I2C_BUFFER_SIZE 32 // Max I2C buffer size  
  
bool isRunning = true; // Proměnná pro řízení běhu programu  
bool isExtruding = false; // Řízení funkce extrude  
  
float extrusionLength = 0.95; // Výchozí délka extruze  
float feedRate = 5; // Výchozí rychlost posuvu
```

```
void setup() {
    Wire.begin(); // Startuje I2C jako master
    Serial.begin(115200); // Pro komunikaci přes sériový port
    Serial.println("Master startuje...");
    sendGCode("G91"); //Relativní posouvání
}

void loop() {
    if (isExtruding) {
        extrude();
        handleSerialInputDuringExtrude(); // Zpracování vstupu během
        extruze
    } else if (Serial.available() > 0) {
        String input = Serial.readStringUntil('\n'); // Čte až do konce
        řádku
        input.trim(); // Odstraní přebytečné mezery nebo nové řádky
        handleSerialInput(input); // Zpracuje příkaz
    }
}

// Funkce pro odeslání G-code
void sendGCode(String command) {
    Wire.beginTransaction(SLAVE_ADDRESS);
    Wire.write(command.c_str()); // Převede String na pole znaků a pošle
    byte status = Wire.endTransmission();

    if (status == 0) {
        //Serial.println("Příkaz úspěšně odeslán.");
    } else {
        Serial.print("Chyba při odesílání příkazu. Status: ");
        Serial.println(status);
    }
}

// Funkce pro čtení odpovědi od Slave
String readResponse() {
    String response = "";
    Wire.requestFrom(SLAVE_ADDRESS, I2C_BUFFER_SIZE); // Požádá o max.
    32 bajtů

    while (Wire.available()) {
        char c = Wire.read();
    }
}
```

```
        response += c;
    }

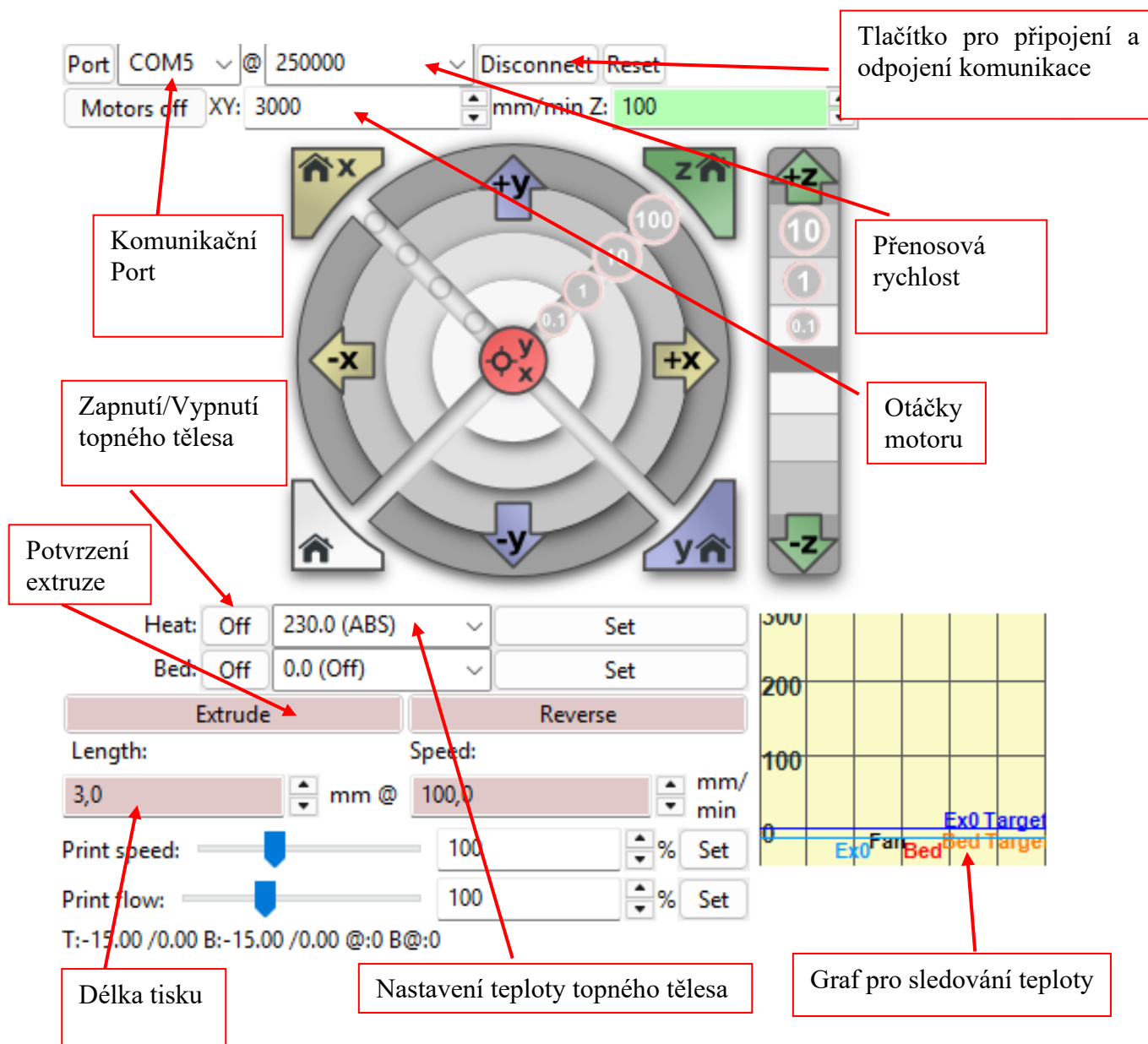
    return response;
}
```

- `#define SLAVE_ADDRESS 8`: Nastavuje adresu slave zařízení na I²C sběrnici (hodnota 8)
- `#define I2C_BUFFER_SIZE 32`: Definuje maximální počet bajtů, které lze přijmout přes I²C
- `bool isRunning`: Řídí běh programu (zatím se v kódu dál nepoužívá)
- `bool isExtruding`: Určuje, zda má probíhat extruze
- `float extrusionLength`: Nastavuje délku extruze v mm
- `float feedRate`: Rychlost extruze (rychlost posuvu)
- `Wire.begin()`: Inicializuje I²C komunikaci jako master
- `Serial.begin(115200)`: Spouští sériovou komunikaci s PC pro ladění
- `sendGCode("G91")`: Pošle příkaz pro **relativní pohyb** v G-kódu
- `sendGCode(String)`: Funkce pro odeslání libovolného G-kódu přes I²C
- `readResponse()`: Funkce pro načtení odpovědi od slave Arduina přes I²C
- `handleSerialInput(...)`: Zpracovává vstup z PC (není v kódu uvedena, ale odkazuje se na ni)
- `handleSerialInputDuringExtrude()`: Zpracovává vstup během extruze (taky jen zmíněná, neimplementovaná)

Toto arduino slouží pro komunikaci s extruderem v reálném čase a dá se za pomoci něj upravovat G-code, který se posílá do extruderu.

6.3 Vyzkoušení ovládání extruderu za pomoci softwaru Pronter Face

Po naprogramování a nastavení komunikace mezi arduino mega, bylo zapotřebí otestovat jednotlivé komponenty extruderu, jestli jsou ovladatelné za pomoci G-kódu. K tomuto otestování posloužil software Pronter Face ve kterém jde otestovat spousty funkcí extruderu pro 3D tisk.

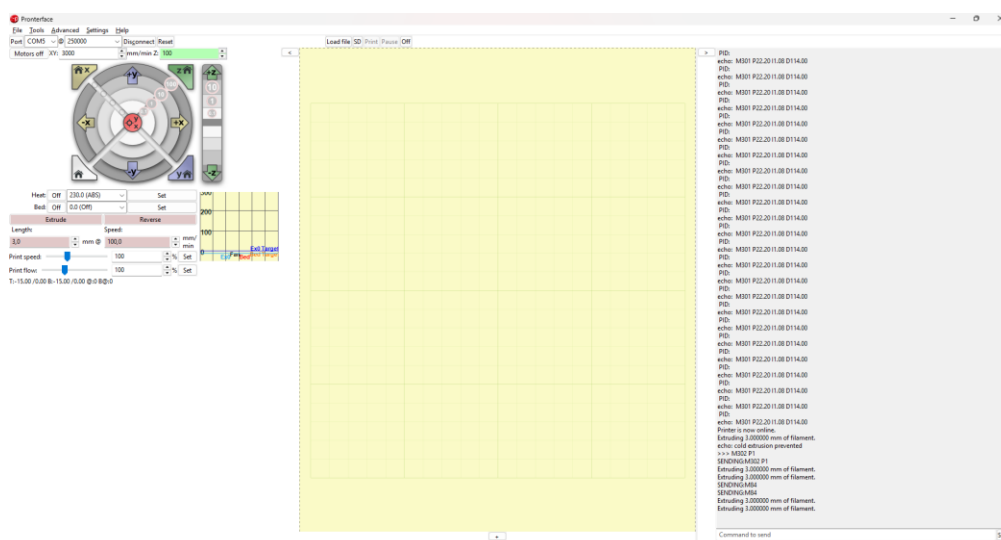


Obrázek 67: Pracovní panel Pronter Face

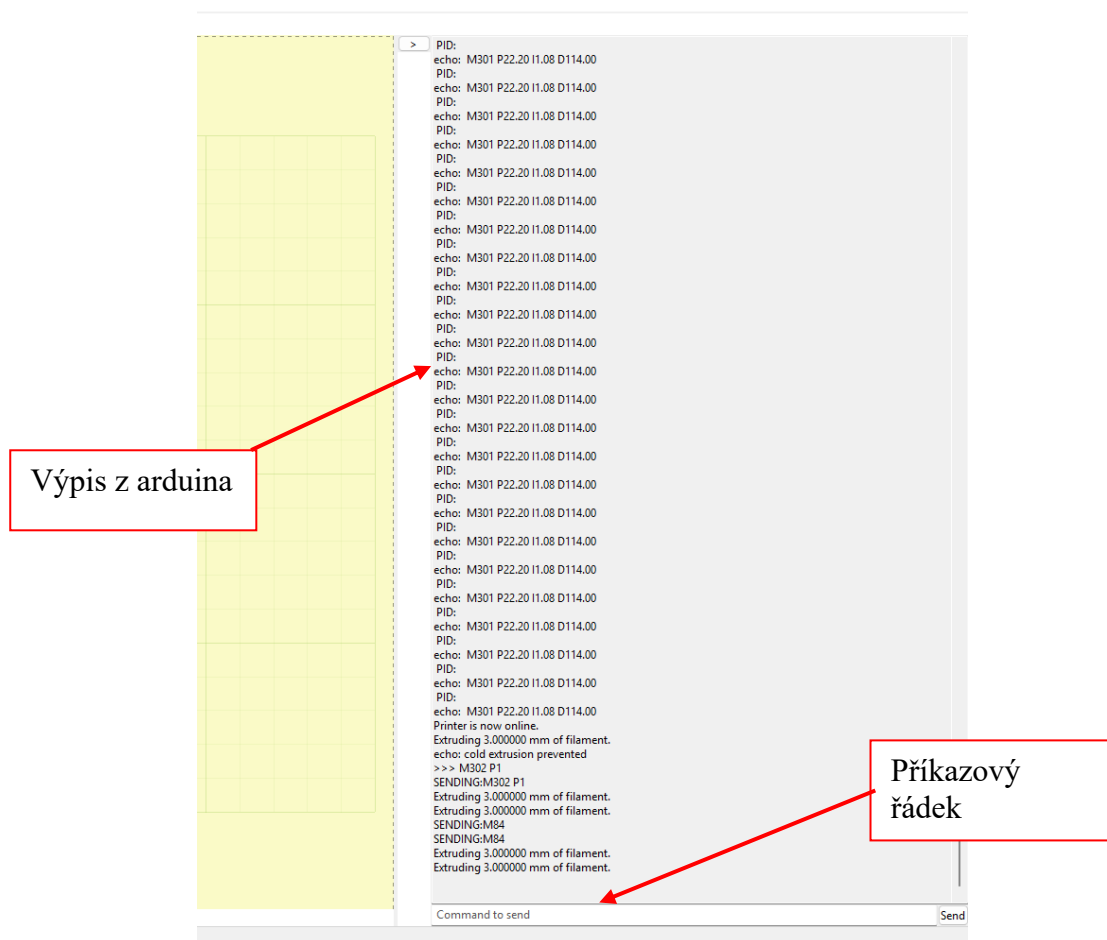
- Komunikační port: Podle toho, na kterém COMU se nachází naše arduino deska zpřístupní se komunikace mezi Pronter Face a arduinem na kterém je nainstalován software marlin. Po úspěšném připojení bylo naprogramováno, aby proběhl

příkaz echo, kterým si ověříme že funguje připojení mezi Pronter Face a arduinem.

- Přenosová rychlost: následně se nastaví přenosová rychlost (Baud Rate), která je nastavena na arduinu, nejpoužívanější komunikace je 250000 nebo 115200 a určuje kolik signálových změn se za sekundu přenesou, čím více tím rychlejší přenos je. Rychlost je ovšem závislá od vzdálenosti zařízení a obě strany musí stíhat zpracovávat data včas.
- Tlačítko pro připojení a dopojení komunikace
- Otáčky motoru: tímto nastavením jde určovat rychlost otáček motoru pro vyzkoušení různého zatížení motoru.
- Zapnutí/Vypnutí topného tělesa: Pro ověření správného fungování topného tělesa.
- Nastavení teploty topného tělesa: Po připojení arduinu se zpřístupní teploty, které byly vytvořeny v marlinu.
- Graf pro sledování teploty: Slouží ke sledování dat získaných z teploměru. Ex0 Target je teplota, které se má dosáhnout po stisknutí tlačítka Set vedle teploty Ex0 je nasnímaná teplota teploměrem a poroste, dokud nedosáhne teploty Ex0 Target.
- Délka tisku: toto nastavení slouží pro nastavení extrudované délky tisku v milimetrech.



Obrázek 68: Rozhraní Pronter Face



Obrázek 69: Příkazový řádek Pronter Face

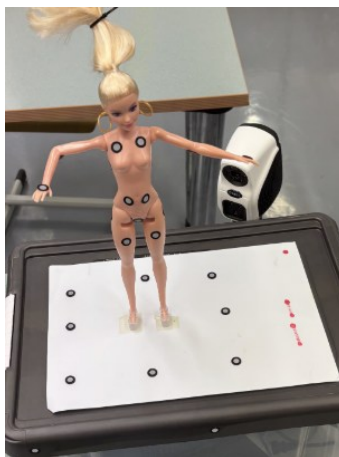
Příkazový řádek slouží pro vkládání různého G-kódu a ověření jeho funkce. M302 P1 G-kód je vypnutí prevence studeného extrudování, aby nedošlo k poškození motoru, tato funkce byla naprogramovaná a zakomponovaná v softwaru marlin.

6.4 3D skenování panenky Barbie pro návrh sukně

Skenování bylo provedeno pomocí 3D skeneru iReal 2E, což je profesionální ruční skener pro detailní barevné skenování, včetně lidského těla. Skenování probíhalo tak že nejprve byly umístěny orientační tečky na tělo panenky Barbie, kvůli orientaci skeneru v prostředí, jelikož se hodně často stávalo že se bez nich skener vždy ztratil orientaci v prostoru a bylo zapotřebí restartovat skenování.

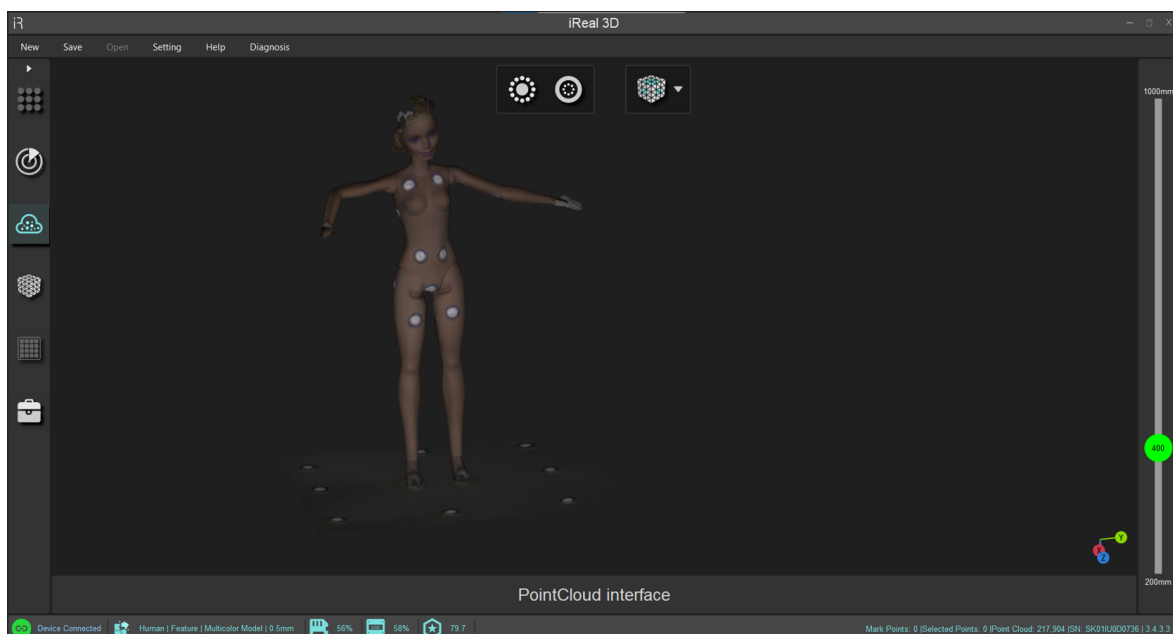


Obrázek 70: Skener iReal 2E

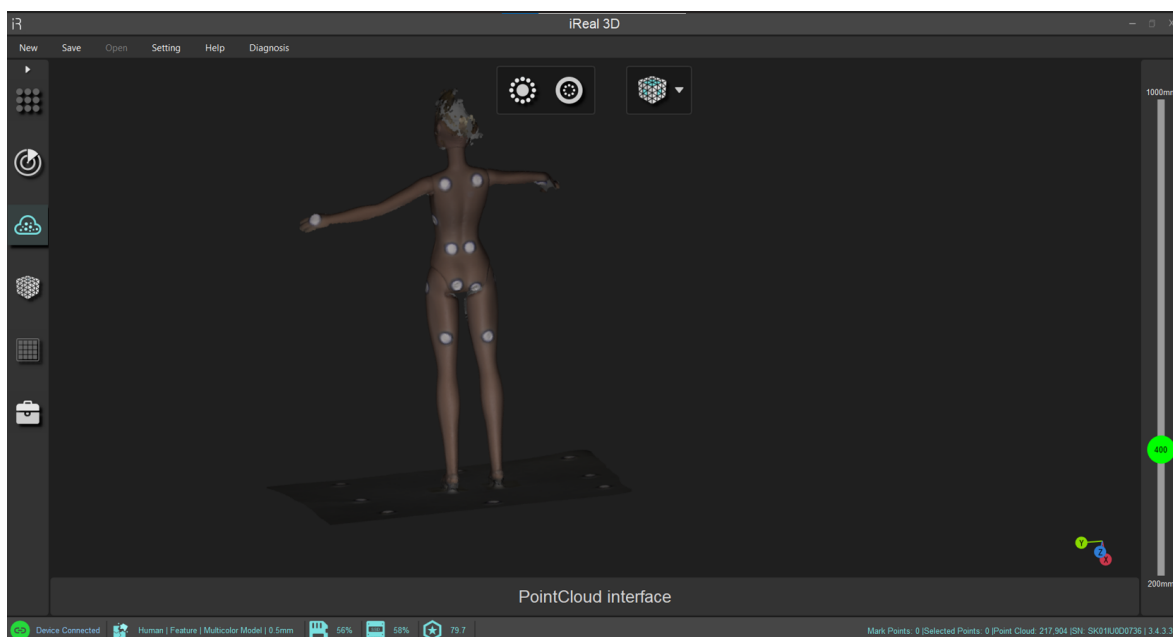


Obrázek 71: Panenka Barbie

Po naskenování panenky bylo zapotřebí model upravit, tak aby obsahoval co nejméně bodů, proto byla z modelu odstraněna větší část vlasů panenky, které jsou nepotřebné pro budoucí modelování sukně. V posledním kroku se hotový model uložil ve formátu .obj, který podporuje software blender.



Obrázek 72: Model panenky zepředu v softwaru iReal3D



Obrázek 73: Model panenky zezadu v softwaru iReal3D

6.5 Návrh sukně pro panenku

V první řadě byly nakresleny návrhy sukně pro panenku, následně byla otestována jejich realizace při 3D tisku, kde bylo zjištěno že první návrh by byl velice náročný pro jeho nesymetrii a proto se dále pracovalo s návrhem vpravo, jelikož byl mnohem jednodušší a symetričtější pro 3D tisk a mohla se tím otestovat počáteční funkce 3D tiskárny.



Obrázek 74: Finální návrh sukně



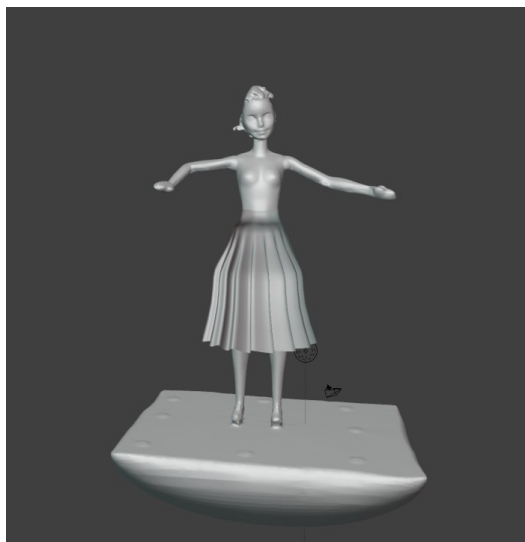
Obrázek 75. První návrh sukně

6.6 Vytvoření modelu sukně v softwaru Blender

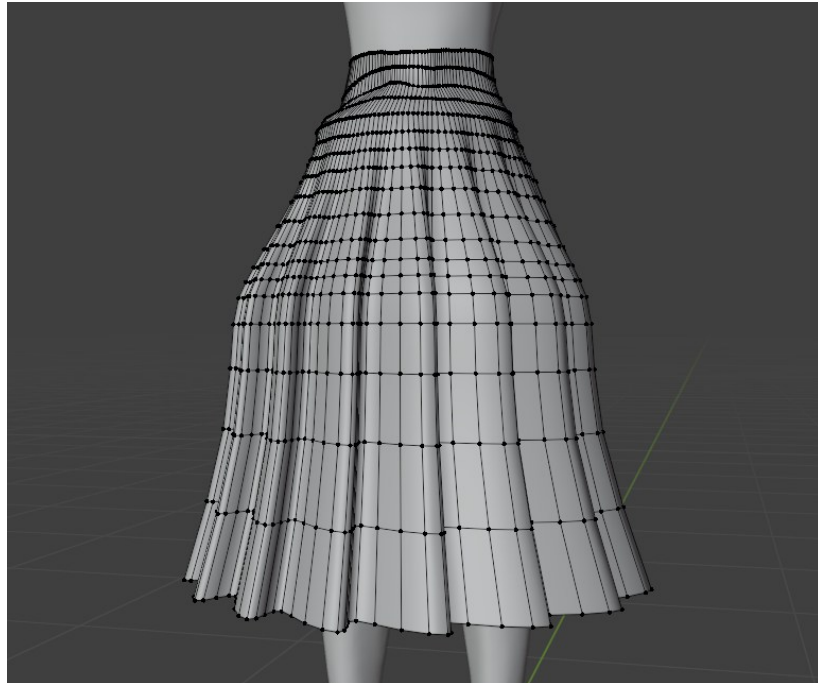
Model panenky byl po naskenování převeden do softwaru Blender, aby se mohl udělat model sukně přímo na míru panence a nedošlo k rozměrovým neshodám. Software Blender byl vybrán kvůli tomu, že je primárně pro tvorbu organických tvarů, kdežto solid works je méně flexibilní při tvorbě realistických materiálů a textur oblečení, jelikož je primárně určen pro přesné díly a přesné geometrické konstrukce.



Obrázek 76: Model panenky v softwaru Blender



Obrázek 77: Model panenky v softwaru Blender se sukní



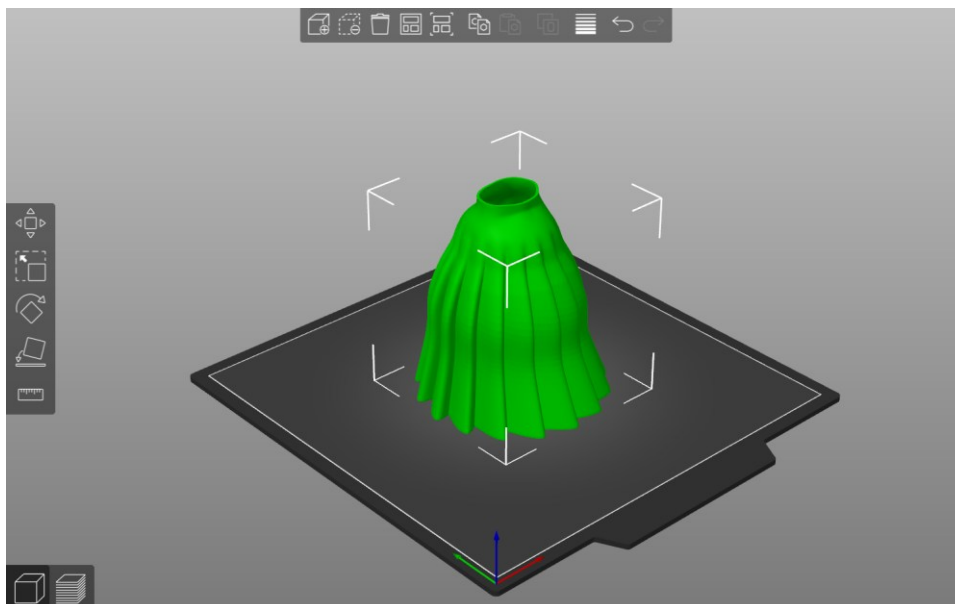
Obrázek 78: Model sukně v softwaru Blender

Sukně byla vytvořena z velké části za pomoci nástrojů softwaru blender zde je pár z nich:

- Cylinder, což je základní geometrický tvar, se kterým se pracuje v blenderu
- Extrude
- Subdivision surface modifier, který slouží ke zvýšení polygonů a pro lepší vyhlazování, tvarování a dodávání detailů sukně.
- Shrinkwrap modifier, použitý k lepšímu přilepení sukně k tělu
- Smooth Brush, pro zjemnění nedokonalostí sukně
- Fill Brush, který byl použit na začátku při zaplňování děr vzniklých odchylkou skeneru na modelu panenky
- Cloth simulation, pro simulaci, jak se bude sukně chovat na modelu panenky

6.7 Převedení modelu sukně na G-code

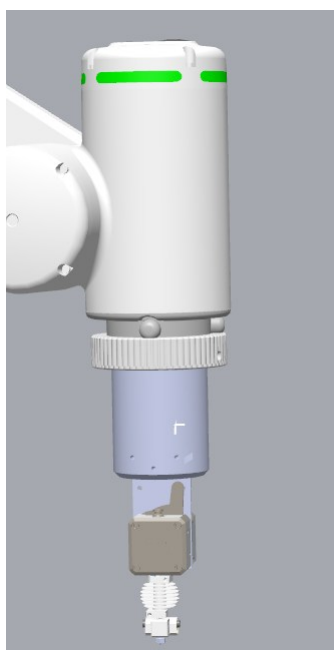
Po vymodelování sukně, byl model exportován ve formátu STL do softwaru PrusaSlicer ve kterém se model přeexportoval na G-code pro využití v Robot Studiu. Jediný problém nastal v tom že software Blender si model panenky a model sukně převedl na palce, což způsobilo upozornění v Prusa Sliceru, který si následně musel rozměry v palcích převést na centimetry.



Obrázek 79: Model sukně v PrusaSliceru

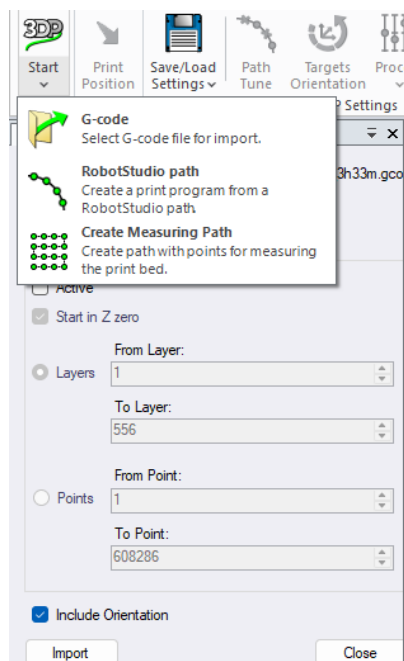
6.8 Kompletace 3D tisku v Robot Studiu

Do robot studia byla nahrána sestava extruderu ze softwaru Solid Works a za pomoci nástroje Create Tool, kde se definují věci jako je souřadnicový systém extruderu, těžiště tělesa a jeho umístění v systému.



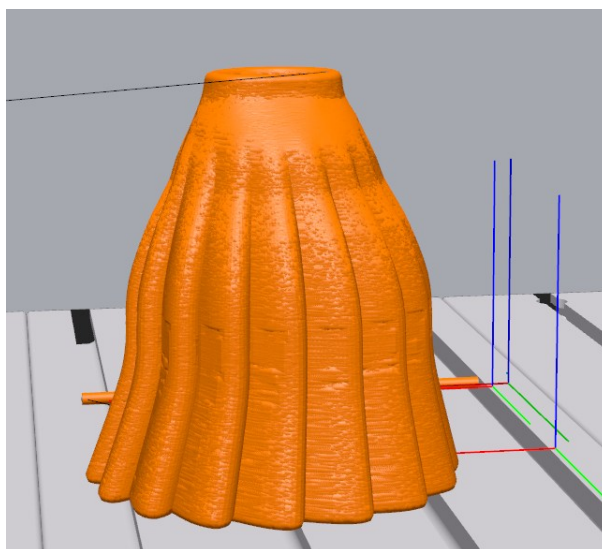
Obrázek 80: Model extruderu v Softwaru Robot Studio

Následně byl nahrán model sukně v podobě G-codu pro využití v aplikaci 3D printing Powerpac (aplikace se musí stáhnout z oficiálních stránek ABB a specializuje se na 3D tisk pomocí robotických ramen). Nejprve se naimportuje model sukně za pomoci funkce Start Kde se vybere možnost G-code.



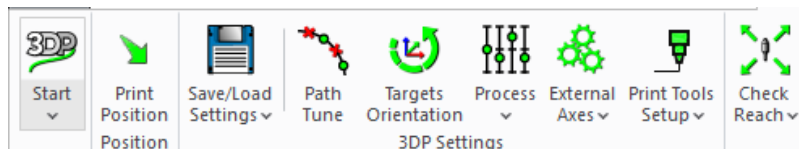
Obrázek 81: Panel pro nahrání modelu sukně

Následně se model sukně exportuje a můžeme si vybrat jeho umístění pomocí vytvořených Workobjectů. Ještě zde byla zaškrknutá možnost process visualization pro lepší zobrazení toho, jak sukně bude vypadat při tisknutí.



Obrázek 82: Model sukně v Robot Studiu

Následně bylo zapotřebí nastavit Targets orientation pro nastavení správné orientace nástroje vůči modelu sukně aby nedocházelo ke kolizím s objektem a neházelo to chyby při nastavování konfigurace, která bude použita pro 3D tisk.

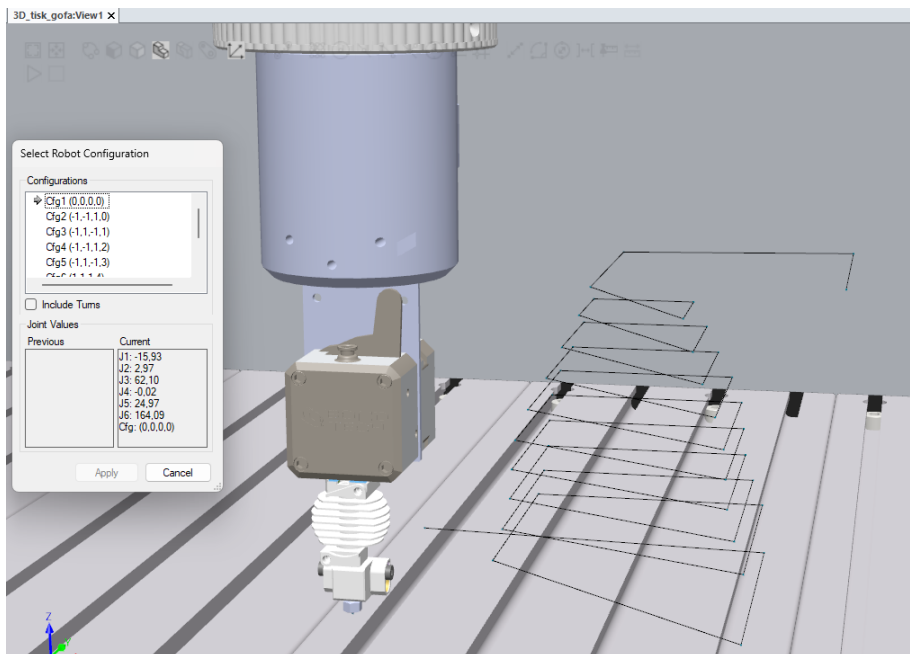


Obrázek 83: Panel aplikace 3D Printing power pac

V tomto případě byla potřeba nastavit rotace v ose X na 180 stupňů, jelikož ve výchozím nastavením to počítalo s tím, že nástroj bude otočen a bude se nacházet někde ve stole robotu. Dále byla vybrána možnost Constant Orientation což umožňuje nastavení stejné orientace všech tisknoucích bodů

V liště process byl změněn process z Move na Externally controlled extrusion abychom měli i správné tolerance při pohybu a tisku robota.

Následně bylo v liště check reach byla vybrána nejlepší konfigurace pohybů robota pro 3D tisk. V tomto případě to byla konfigurace číslo jedna.

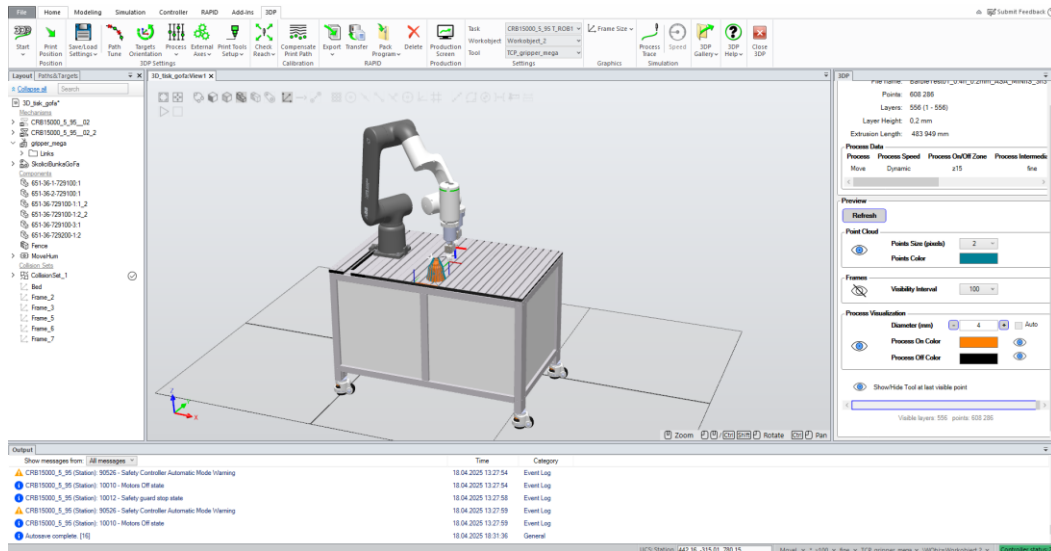


Obrázek 84: Nastavení konfigurace 3D tisku

Po vybrání konfigurace robot projede simulačně tuto trasu a napíše, jestli dosáhl bez kolizí všech tiskových bodů.

Následně byla vybrána funkce Export, která převede tiskovou trasu do simulačního controlleru respektive do jeho rapidu v Robot studiu a vytvoří zde jednotlivé moduly.

Ještě byla v powerpacu projeta celá simulace tisku za pomoci funkce proces trace aby byla ověřena plná funkčnost 3D tiskové sestavy.



Obrázek 85: Sestava v Robot Studiu

V modulu main je následující řídicí kód pro 3D tisk.

```
MODULE T_ROB1_3DP
```

```
! *****
! *****
! *
! **
! *** Generated 19.04.2025 21:57:59 by RobotStudio 3DP Add-In version
24.3.10873.0.
! *** G-code file: BarbieTest01_0.4n_0.2mm_ASA_MINIIS_3h33m.gcode
! *
! *(c)Copyright 2025 ABB
! *
! *Any unauthorized use, reproduction, distribution,
! *or disclosure to third parties is strictly forbidden.
! *ABB reserves all rights regarding Intellectual Property Rights
! *
! *****
! *****
```

```

!*****
!*      GUI related Persistents      *
!*****

PERS string st3DP_Version:="3DP version 24.3.10873.0";
PERS bool bDeleteModules;
PERS num nSpeedMin;
PERS string stSpeedMin;
PERS num nSpeedProgrammed;
PERS string stSpeedProgrammed;

!*****
!** Main Entry for 3D printing with product unique declarations **
!*****

PROC main3DP()
    t3DPActive:=TCP_gripper_mega;

    t3DPtools:=[TCP_gripper_mega,TCP_gripper_mega,TCP_gripper_mega,TCP_gripper_mega,TCP_gripper_mega,TCP_gripper_mega];
    wobj3DPActive:=Workobject_1;
    !**3DP Print Position**
    wobj3DPActive.oframe.trans.x:=0;
    wobj3DPActive.oframe.trans.y:=0;
    wobj3DPActive.oframe.rot:=[1,0,0,0];
    !*****
    pPrintStart:=[ [0,-2,3], [0,1,0,0], [0,0,0,0], [0,0,0,0,0,0] ];
    bUseExportedStartConfig:=FALSE;
    nTotalTargets:= 284327;
    nTotalLayers:= 556;
    nLastLayerNo:= 556;
    stFolderName:= "sukne_barbie";
    nModules:=285;
    v3DPprocess:= v5;
    nSpeedProgrammed:=v3DPprocess.v_tcp;
    nSpeedMin:=v3DPprocess.v_tcp;
    stSpeedMin:=NumToStr(nSpeedMin,0);
    stSpeedProgrammed:=NumToStr(nSpeedProgrammed,0);
    z3DPprocess:= fine;
    z3DPprocessOnOff:= fine;
    v3DPvia:= v1000;
    z3DPvia:= z10;

```

```

v3DPwipe:= v10;
nWipeDelay:= 0;
bDynamicSpeed:=False;
nLayerHeight:=0.2;
nExtrusionWidth:=0;
nExtrusionWidths=[0,0,0,0,0,0];
nApproach:=30;
nDepart:=20;
nProcess:=5;
nProcessOnWaitTime:=0;
bIgnoreDispOff:=FALSE;

WaitSyncTask syncStartInit, taskAll\TimeOut:= 1;

FilePath3DP:="HOME:/3DP_EXPORT/sukne_barbie/";
versionExport3DP:=2.1;

execute3DP_print;
ERROR
  IF ERRNO = ERR_WAITSYNCTASK THEN
    RestartDynload;
    RETRY;
  ENDIF
ENDPROC
ENDMODULE

```

- t3DPActive a t3DPtools: definují používaný nástroj pro 3D tisk.
- Wobj3DPActive: definuje aktivní pracovní prvek neboli plochu ve které se bude tisknout
- nPrintStart: definuje startovací pozici robota
- nTotalTargets, nTotalLayers, nLastLayerNo: informace o celkovém počtu tiskových bodů, vrstev a informace na které vrstvě se robot nachází
- stFolderName, FilePath3DP: cesty k exportovaným datům
- nModules: počet vygenerovaných modulů pro tisk
- v3DPproces: rychlostní profil
- nSpeedProgrammer, nSpeedMin: nastavení rychlosti
- z3DPprocess: přesnost nastavení kde fine je maximální přesnost
- v3DPvia, z3DPvia: rychlost a zóna průchodu mezi hlavními body tisku

- `nLayerHeight`: výška vrstvy v mm
- `nExtrusionWidth`: šířka extruze, byla nastavena 0 jelikož byla řešena dynamicky
- `nApproach`, `nDepart`: vzdálenosti pro najíždění a odjíždění od tiskové oblasti
- `WaitSyncTask`: čeká na synchronizaci s jinými úlohami
- `execute3DP_print`: hlavní příkaz, který spouští 3D tisk pomocí importovaných dat
- `ERR_WAITSYNCTASK`: chybové ošetření, pokud dojde k chybě, tak se restartuje dynamické nahrání a tisk se zkusí znovu

Nakonec za pomoci funkce `Transfer` byl celý program nahrán z virtuálního controlleru do reálného robota.

6.9 Uvedení celé sestavy do provozu

Po všech předchozích krocích byl extruder s držákem upevněn na robotické rameno ABB GoFa CRB 15000 a následně byla spuštěna komunikace mezi řídicí deskou Arduino a robotem prostřednictvím I²C sběrnice. Pomocí této komunikace bylo možné v reálném čase řídit extruzi filamentu, a tím sladit činnost extrudéru s pohybem robotického ramene.

Do robotického systému byl nahrán program obsahující upravené G-code příkazy, jejichž parametry byly optimalizovány tak, aby odpovídaly požadované rychlosti pohybu i vytlačování materiálu. Konkrétně byl upraven parametr **E**, který definuje délku extruze (v mm), a parametr **F**, určující rychlost vytlačování filamentu (v mm/min). Optimalizace těchto hodnot byla klíčová pro správné načasování mezi rychlostí robota a ohřevem trysky, aby nedocházelo ke zpoždění ani přetlaku v extrudéru viz Obrázek 90.

Celý systém tak umožnil plynulý a přesný tisk, přičemž řízení probíhalo v režimu relativního posuvu (G91). Pro demonstraci byl zvolen flexibilní filament **typu** Flex, který svými elastickými vlastnostmi umožnil realizaci měkkého a přizpůsobivého výtisku. Flexibilní filament kladl vyšší nároky na synchronizaci a plynulost podávání, což dále prověřilo přesnost celého navrženého systému. Při procesu tisku bylo následně zapotřebí správně nastavit parametry tisku tak, aby rychlost robota vyhovovala rychlosti navíjení a nahřívání filamentu. Ještě bylo zapotřebí správně nastavit referenční napětí motoru extrudéru podle vzorce:

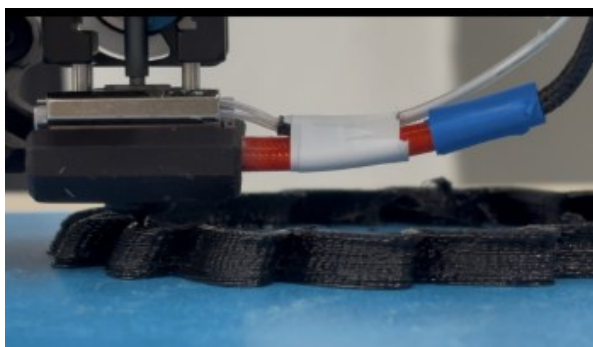
$$V_{ref} = I_{motor} \times 0,8$$

Kde:

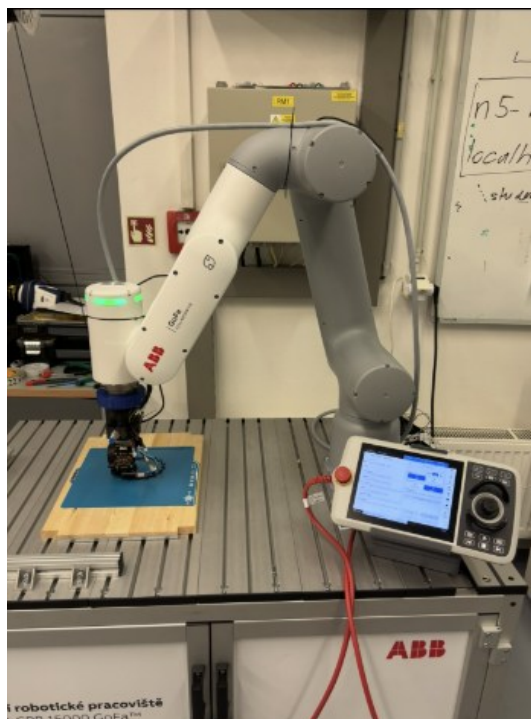
I_{motor} = požadovaný proud do motoru

8 = konstanta pro A4988

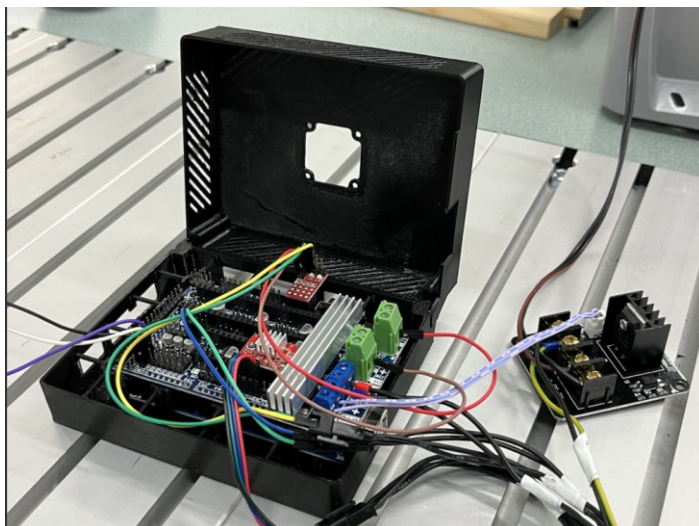
Toto nastavení je zapotřebí dělat při každé výměně filamentu, jelikož každý filament má jiné technologické vlastnosti.



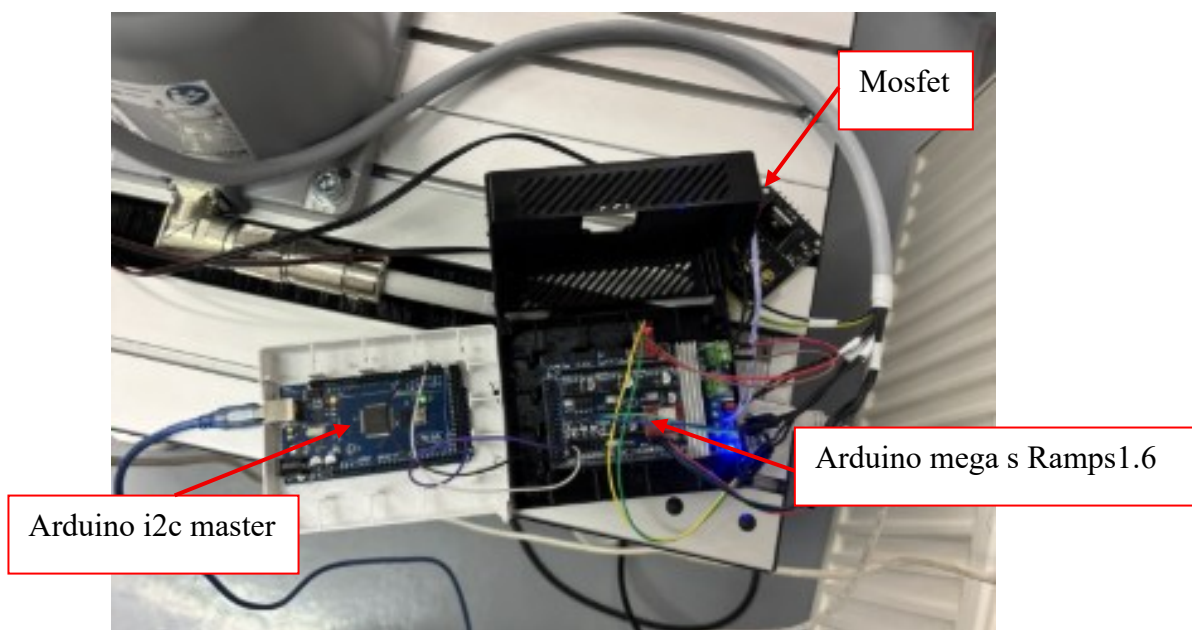
Obrázek 86: Tisk zblízka



Obrázek 87: Tisk na robotu

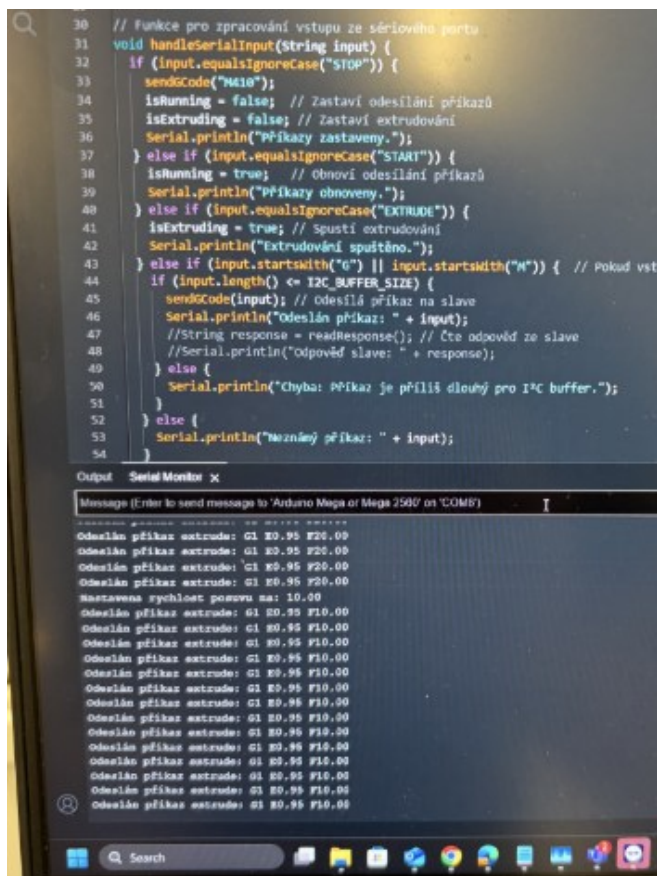


Obrázek 88: Propojení arduina s ramps1.6 a mosfetu



Obrázek 89: zapojení arduin s mosfetem

Pro připojení arduin a mosfetu k robotu bylo zapotřebí udělat dvanácti žilový kabel, který měří 3 metry a zajišťuje volnost pohybu robota při 3D tisku. Jak kabel vede na robota je možné vidět viz Obrázek 87.



Obrázek 90: Výpis arduina při 3D tisku

Na obrázku výše je zachycen výstup v prostředí Arduino IDE, který řídí extruzní jednotku v reálném čase. Pomocí sériové komunikace je možné zasílat příkazy, které okamžitě ovlivňují chování extruderu. Například spustit nebo zastavit proces extruze, případně měnit konkrétní G-code parametry během tisku. Tímto způsobem lze systém pružně upravovat podle potřeby, bez nutnosti zastavení celé tiskové sekvence. Každý odeslaný příkaz je zpracován a potvrzen výpisem na monitoru.



Obrázek 91: Vytisknutá sukně zepředu



Obrázek 92: Vytisknutá sukně zezadu

7 DISKUZE NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ

Navržené řešení spojující robotické rameno ABB GoFa CRB 15000 s 3D tiskovým zařízením řízeným přes Arduino a firmwarem Marlin představuje originální přístup k výrobě v módním průmyslu. Tato kapitola hodnotí funkčnost, výhody, limity i potenciál dalšího rozvoje celého systému.

7.1 Smysl a relevance řešení

Digitalizace a automatizace módního průmyslu se stává čím dál více aktuální. Spojení průmyslové robotiky a 3D tisku nabízí nové možnosti, jak tvořit módu jinak – s důrazem na individualizaci, rychlé prototypování a využití netradičních materiálů i technologií. Navržené řešení ukazuje, že i běžně dostupné komponenty lze využít pro kreativní účely mimo klasickou výrobu. Tím se otevírá prostor pro nové formy spolupráce mezi techniky, návrháři a umělci.

7.2 Ověření funkčnosti

Funkčnost byla ověřena úspěšným tiskem modelu sukně pro panenku Barbie. Celý proces – od přípravy modelu přes generování G-kódu až po samotnou realizaci pohybů robotického ramene – prokázal, že navržený systém je technicky životaschopný a schopný reprodukovatelné činnosti.

7.3 Výhody řešení

Největší výhodou oproti klasické 3D tiskárně je tisková plocha a taktéž tisk mimo běžnou rovinu za pomoci natočení tiskové hlavy, což otevírá nové možnosti konstrukce a tisku. Systém je postaven na otevřených technologiích, což umožňuje flexibilní úpravy a rozšíření.

7.4 Omezení a výzvy

Mezi hlavní nevýhody patří složitost integrace tiskového zařízení na robotické rameno a jeho nastavení pro tisk (projekt není zatím moc „plug and play“ typ aplikace). Velkou část této práce taky zahrnovala správná koordinace robotu s tiskovou hlavou, při které je zapotřebí vychytat spousty parametrů. Systém je zatím vhodný spíše pro experimentální nebo prototypovou tvorbu než pro sériovou výrobu.

ZÁVĚR

Tato práce ukázala, že propojení robotiky a kreativního designu není jen teoretická úvaha, ale prakticky realizovatelný koncept. Pomocí běžně dostupných komponent a softwarových nástrojů byl navržen a sestaven funkční 3D tiskový systém využívající kolaborativní robotické rameno ABB GoFa. Celý proces – od návrhu držáku, přes řízení extruze až po simulaci a samotný tisk – prokázal, že průmyslové technologie mohou najít uplatnění i v odvětvích, jako je móda a produktový design.

Projekt zároveň ukázal důležitost mezioborového přístupu. Spojení elektrotechniky, programování, CAD modelování a kreativní práce s 3D skenem vytvořilo funkční celek, který umožňuje nejen experimenty s netradičním výrobním postupem, ale i rozšíření možností současného návrhářství.

Přestože výstupem byl zatím jen model sukně pro panenku Barbie, samotný koncept je snadno škálovatelný. Do budoucna by tento systém mohl být využit i pro větší formáty nebo jiný typ designových objektů. Projekt tak slouží jako důkaz, že technologie z oblasti průmyslové automatizace se dají úspěšně aplikovat i mimo tradiční výrobní prostředí – jako nástroj pro kreativní tvorbu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] WEINBERG, Steven. *První tři minuty: moderní pohled na počátek vesmíru*. 2. aktualizované vydání. Michal HORÁK (překladatel). Praha: Mladá fronta, 1998. ISBN 80-204-0700-6.
- [2] GREGOR, Miloš a VEJVODOVÁ, Petra. *Nejlepší kniha o fake news, dezinformacích a manipulacích!!!*. Brno: CPress, 2018. ISBN 978-80-2641-805-4.
- [3] *Sojourner: NASA's first Mars rover* [online]. 2023 [cit. 2025-04-15]. Dostupné z: <https://www.astronomy.com/space-exploration/sojourner-nasas-first-mars-rover/>
- [4] *Da Vinci* [online]. 2025 [cit. 2025-04-15]. Dostupné z: <https://robotsguide.com/robots/davinci/>
- [5] *Army Medicine Embracing Robot Surgery, Other High-Tech Procedures* [online]. 2018 [cit. 2025-04-15]. Dostupné z: <https://www.military.com/defensetech/2018/05/14/army-medicine-embracing-robot-surgery-other-high-tech-procedures.html>
- [6] *Robot History* [online]. 2020 [cit. 2025-04-15]. Dostupné z: <https://ifr.org/robot-history>
- [7] *History of the Cobots - The Cobots from Universal Robot* [online]. 2017 [cit. 2025-04-15]. Dostupné z: <https://www.universal-robots.com/news-and-media/news-center/the-history-behind-collaborative-robots-cobots/>
- [8] *Tesla's Robot, Optimus: Everything We Know* [online]. 2024 [cit. 2025-04-15]. Dostupné z: <https://builtin.com/robotics/tesla-robot>
- [9] *What is Fashion? All 4 Fashion Facets Explained in Detail* [online]. 2024 [cit. 2025-04-15]. Dostupné z: <https://thevou.com/blog/what-is-fashion/>
- [10] *A peek behind the curtain: How do trends happen?* [online]. 2024 [cit. 2025-04-15]. Dostupné z: <https://www.voguebusiness.com/story/fashion/how-do-trends-happen>
- [11] *How The Industrial Revolution Changed Fashion* [online]. 2022 [cit. 2025-04-15]. Dostupné z: <https://fashinnovation.nyc/fashinnovation-industrial-revolution-fashion/>
- [12] *Jutová tkanina rezná přírodní*. Online. 2025. Dostupné z: <https://www.mamtex.cz/juta-metraz/jutova-tkanina-rezna-prirodni/>. [cit. 2025-05-18].
- [13] *Kokosové vlákno*. Online. 2025. Dostupné z: https://www.biano.cz/produkty/koberce/dlouhy-vlas-shaggy?utm_campaign=2-70%20SCHA-Koberce%20-

[%20VS&utm_medium=cpc&utm_source=bing&msclkid=7b1c183d2c9818ecf7747f8153388e6c](#). [cit. 2025-05-18].

[14] *Kostýmová látka Art Fabrics mohér směs růžová*. Online. 2025. Dostupné z: <https://www.latky-marlen.sk/kostymova-latka-art-fabrics-moher-smes-ruzova-shk>. [cit. 2025-05-18].

[15] *Kašmír*. Online. 2025. Dostupné z: <https://www.glamourcabaret.cz/materialy/vlna-kasmir>. [cit. 2025-05-18].

[16] *Peace Silk Fabric*,. Online. 2025. Dostupné z: <https://www.exportersindia.com/product-detail/peace-silk-fabric-8614445514.htm>. [cit. 2025-05-18].

[17] *Most common types of fabrics in fashion and their uses* [online]. 2022 [cit. 2025-04-15]. Dostupné z: <https://www.fashiontrends.style/types-of-fabrics-in-fashion-and-their-uses/#:~:text=These%20are%20the%20most%20used%20fabrics%20in%20the,2%20Cotton.%203%20Wool.%204%20Silk.%205%20Leather>.

[18] *How 3D Printing is Revolutionizing the Fashion Industry* [online]. 2023 [cit. 2025-04-15]. Dostupné z: <https://www.tomorrow.bio/post/how-3d-printing-is-revolutionizing-the-fashion-industry-2023-06-4727466168-3d-printing>

[19] *Geekbuying*. Online. 2025. Dostupné z: https://www.geekbuying.com/?_gl=1*1espf80*_up*MQ..*_ga*NjIyMzg4MDQxLjE3NDc1ODAxODU.*_ga_J57XJ6GKJ2*cZ3NDc1ODAxODQkbzEkZzEkdDE3NDc1ODAxMDIkajAkbDAkaDMzNjk3MTk4OCrKlXZCMEtHbUE3ZHgtWURsSFUyWWZmRGRvcFhRM2pqVFFSZw... [cit. 2025-05-18].

[20] *Heureka*. Online. 2025. Dostupné z: [https://tiskove-struny.heureka.cz/fiberlogy-nylon-pa12-filament-1_75mm-0_75kg-black/?msclkid=27c005de7b3915149dc86223242d2362&utm_source=bing&utm_medium=cpc&utm_campaign=CZ%3EPRF%3EEL%3EElektronika%3ESERP%3EPROD%3E\(PLA\)&utm_term=4575274059399097&utm_content=Elektronika#prehled/](https://tiskove-struny.heureka.cz/fiberlogy-nylon-pa12-filament-1_75mm-0_75kg-black/?msclkid=27c005de7b3915149dc86223242d2362&utm_source=bing&utm_medium=cpc&utm_campaign=CZ%3EPRF%3EEL%3EElektronika%3ESERP%3EPROD%3E(PLA)&utm_term=4575274059399097&utm_content=Elektronika#prehled/). [cit. 2025-05-18].

[21] *What Materials Are Used in 3D Printing? Complete Guide*. Online. 2025. Dostupné z: <https://printingit3d.com/what-materials-are-used-in-3d-printing/#:~:text=The%20materials%20used%20in%203D%20printing%20include%20the>

rmoplastics%2C,are%20best%20for%20printing%20solid%20and%20heat-resistant%20items.. [cit. 2025-05-18].

[22] *How 3D Printing Revolutionized the Robotics Industry*. Online. Dostupné z: <https://www.makerverse.com/resources/3d-printing/how-3d-printing-revolutionized-robotics-industry/?text=This%20article%20explores%20how%203D%20printing%20is%20utilized,designs%20are%20tested%20and%20refined%20before%20full->. [cit. 2025-05-18].

[23] *Servo Gripper 3D Model*. Online. Dostupné z: <https://3d-modelsz.blogspot.com/2022/08/servo-gripper-3d-model.html>. [cit. 2025-05-18].

[24] *What is 3D Printing?* [online]. 2025 [cit. 2025-04-15]. Dostupné z: <https://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>

[25] *The future of fashion is here: how 3D printing is changing the industry* [online]. 2024 [cit. 2025-04-15]. Dostupné z: <https://fashionunited.com/news/fashion/the-future-of-fashion-is-here-how-3d-printing-is-changing-the-industry/2024120463260>

[26] *Fused Deposition Modeling: Everything You Need To Know About FDM 3D Printing* [online]. 2023 [cit. 2025-04-15]. Dostupné z: <https://www.3dsourced.com/guides/fused-deposition-modeling-fdm/>

[27] *What is SLA printing? The original resin 3D print method* [online]. 2025 [cit. 2025-04-15]. Dostupné z: <https://www.hubs.com/knowledge-base/what-is-sla-3d-printing/>

[28] *What is SLS 3D printing?* [online]. 2025 [cit. 2025-04-15]. Dostupné z: <https://www.hubs.com/knowledge-base/what-is-sls-3d-printing/>

[29] *The Cryptide Sneaker – Fully SLS 3D printed Shoe*. Online. Dostupné z: <https://www.inceptivemind.com/cryptide-sneaker-fully-sls-3d-printed-shoe/23418/>. [cit. 2025-05-18].

[30] *What is Material Jetting 3D printing?* [online]. 2025 [cit. 2025-04-15]. Dostupné z: <https://www.hubs.com/knowledge-base/introduction-material-jetting-3d-printing/>

[31] *What is Binder Jetting 3D printing?* [online]. 2025 [cit. 2025-04-15]. Dostupné z: <https://www.hubs.com/knowledge-base/what-is-binder-jetting-3d-printing/>

[32] *What is MJF (HP's Multi Jet Fusion) 3D printing?* [online]. 2025 [cit. 2025-04-15]. Dostupné z: <https://www.hubs.com/knowledge-base/what-is-multi-jet-fusion/>

- [33] *What is metal 3D printing and how does it work?* [online]. 2025 [cit. 2025-04-15]. Dostupné z: <https://www.hubs.com/knowledge-base/introduction-metal-3d-printing/>
- [34] *BONDTECH*. Online. Dostupné z: <https://www.bondtech.se/>. [cit. 2025-05-18].
- [35] *DRÁTEK.CZ*. Online. Dostupné z: <https://dratek.cz/>. [cit. 2025-05-18].
- [36] *RAMPS 1.6*. Online. Dostupné z: https://reprap.org/wiki/RAMPS_1.6. [cit. 2025-05-18].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: První fotky z marsu [3]	13
Obrázek 2: Sojourner Rover [3].....	14
Obrázek 3: Da Vinci robot [4]	14
Obrázek 4: První kompaktní robot [6]	15
Obrázek 5: První kolaborativní robot [6].....	16
Obrázek 6: Exoskelet [6]	16
Obrázek 7: Robot Pepper [6]	17
Obrázek 8: Tesla Optimus [8].....	18
Obrázek 9: Módní kultura [9]	19
Obrázek 10: Ženy u šicích strojů v textilní továrně [11]	21
Obrázek 11: Zkouška outfitu [11].....	22
Obrázek 12: Bohémský módní styl [10]	23
Obrázek 13: Jutová tkanina [12]	24
Obrázek 14: Kokosové vlákno [13]	24
Obrázek 15: Bavlna [12].....	25
Obrázek 16: Polyester [12]	25
Obrázek 17: Mohér [14]	26
Obrázek 18: Alpaka [14].....	26
Obrázek 19: Kašmír [15]	27
Obrázek 20: Angora [14]	27
Obrázek 21: Hedvábí [16].....	28
Obrázek 22: Ukázka 3D tisku [18]	29
Obrázek 23: PLA [19].....	30
Obrázek 24: ABS [19]	31
Obrázek 25: Nylon [20]	31
Obrázek 26: Flex [20]	32
Obrázek 27: PETG [20]	33
Obrázek 28: Kovový filament [20]	34
Obrázek 29: Dřevěný filament [20]	34
Obrázek 30. Filament s uhlíkovými vlákny [20]	35
Obrázek 31: Servo gripper [23]	36
Obrázek 32: Iris van Harper oblečení [24]	37
Obrázek 33: Model brnění Balenciaga [25].....	38
Obrázek 34: FDM tisk [26].....	39

Obrázek 35: FDM tisk joystick [26]	40
Obrázek 36: schéma SLA tisku [27]	41
Obrázek 37: Tisk SLA [27].....	43
Obrázek 38: Schéma SLS tisku [28]	44
Obrázek 39: Bota vytištěná metodou SLS [29]	45
Obrázek 40: Schéma tisku MJ [30].....	46
Obrázek 41: Vytisknutý model metodou MJ [30]	47
Obrázek 42: Schéma tisku Binder Jetting [31]	48
Obrázek 43: Model vytisknutý metodou Binder Jetting [31]	49
Obrázek 44: Schéma tisku metodou MJF [32].....	51
Obrázek 45: Schéma oblasti zpracování prášku [32].....	52
Obrázek 46: Schéma vzniku modelu [32].....	52
Obrázek 47: Model vytisknutý metodou MJF [32].....	53
Obrázek 48: Schéma tisku metodou Powder Bed Fusion Metals [33]	55
Obrázek 49: Model vytisknutý metodou Powder Bed Fusion [33]	56
Obrázek 50: Model prvního držáku	60
Obrázek 51: první sestava 3D tiskárny	60
Obrázek 52: zapojení na prvním funkčním vzorku.....	61
Obrázek 53: Model finálního návrhu držáku zepředu	62
Obrázek 54: Model finálního návrhu držáku zezadu	62
Obrázek 55: Finální extruzní jednotka na robotu.....	63
Obrázek 56: Model spojky (část na robot).....	64
Obrázek 57: Model spojky (část na držák)	64
Obrázek 58: Indukční senzor [35].....	65
Obrázek 59: teplotní senzor [35].....	65
Obrázek 60: Extruder [34]	66
Obrázek 61: Hotend [34].....	66
Obrázek 62: Větrák [34]	67
Obrázek 63: Model sestavy extruderu	67
Obrázek 64: Arduino Mega 2560 [35].....	68
Obrázek 65: Ramps 1.6 [36]	69
Obrázek 66: Motor driver A4988 [35].....	69
Obrázek 67: Pracovní panel Pronter Face	74
Obrázek 68: Rozhraní Pronter Face	75
Obrázek 69: Příkazový řádek Pronter Face.....	76

Obrázek 70: Skener iReal 2E.....	77
Obrázek 71: Panenka Barbie.....	77
Obrázek 72: Model panenky zepředu v softwaru iReal3D.....	78
Obrázek 73: Model panenky zezadu v softwaru iReal3D	78
Obrázek 75: Finální návrh sukně	79
Obrázek 74. První návrh sukně.....	79
Obrázek 76: Model panenky v softwaru Blender	80
Obrázek 77: Model panenky v softwaru Blender se sukní	80
Obrázek 78: Model sukně v softwaru Blender	81
Obrázek 79: Model sukně v PrusaSliceru.....	82
Obrázek 80: Model extruderu v Softwaru Robot Studio	82
Obrázek 81: Panel pro nahrání modelu sukně	83
Obrázek 82: Model sukně v Robot Studiu.....	83
Obrázek 83: Panel aplikace 3D Printing power pac	84
Obrázek 84: Nastavení konfigurace 3D tisku	84
Obrázek 85: Sestava v Robot Studiu	85
Obrázek 86: Tisk zblízka	89
Obrázek 87: Tisk na robotu	89
Obrázek 88: Propojení arduina s ramps1.6 a mosfetu	90
Obrázek 89: zapojení arduin s mosfetem.....	90
Obrázek 90: Výpis arduina při 3D tisku	91
Obrázek 91: Vytisknutá sukně zepředu	92
Obrázek 92: Vytisknutá sukně zezadu.....	92

