



Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

3D spausdinti dizaino elementai individualizuotame mados produkte

Baigiamasis magistro projektas

Greta Stanaitytė

Projekto autorė

doc. dr. Kęstutis Lekeckas

Vadovas

Kaunas, 2019



Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

3D spausdinti dizaino elementai individualizuotame mados produkte

Baigiamasis magistro projektas

Aprangos mados inžinerija (T000M045)

Greta Stanaitytė

Projekto autorė

doc. dr. Kęstutis Lekeckas

Vadovas

Recenzentas

doc. Ingrida Balynaitė

Kaunas, 2019



Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Greta Stanaitytė

3D spausdinti dizaino elementai individualizuotame mados produkte

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Gretos Stanaitytės, baigiamasis projektas tema „3D spausdinti dizaino elementai individualizuotame mados produkte“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjusi.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardas ir pavardė)

(parašas)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Studijų programa: 6211FX005 Aprangos mados inžinerija

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Studentui (-ei)

Gretai Stanaitytei

(Vardas, Pavardė)

1. Baigiamojo Projekto tema –

3D spausdinimo technologijų panaudojimas originalios kuprinės gamyboje

(Lietuvių kalba)

3D printing technology use in the production of original backpack

(Anglų kalba)

2. Darbo tikslas ir uždaviniai –

Tikslas: sukurti originalaus novatoriško dizaino kuprinę panaudojant 3D spausdinimo metodus.

Uždaviniai:

1. Atlikti 3D spausdinimo galimybių ir modelių analogų analizę;
2. Sukurti novatorišką kuprinę, kurioje būtų integruoti 3D spausdinimo elementai suteikiantys kuprinei pridėtinę vertę;
3. Nustatyti kuprinėje naudojamų 3D spausdinimo elementų kokybinius parametrus ir tikslingumą;
4. Pagaminti modelio prototipą, pateikti išplėstinį vertinimą.

3. Pradiniai baigiamojo projekto duomenys –

Modelių analogų analizė, 3D spausdinimo galimybių analizė.

4. Pagrindiniai reikalavimai ir sąlygos –

Darbas turi būti originalus bei atitikti magistrinio baigiamajam projektui keliamus reikalavimus.

Studentas

Greta Stanaityte
(Vardas, Pavardė)

Greta
(Parašas)

2019 03 15
(Data)

Baigiamojo
projekto vadovas

Ignatius Kelvas
(Vardas, Pavardė)

Ignatius
(Parašas)

2019 03 15
(Data)

Krypties studijų
programos
vadovas

J. Dousticius
(Vardas, Pavardė)

J. Dousticius
(Parašas)

2019 03 15
(Data)

Turinys

ĮVADAS	10
1. LITERATŪROS APŽVALGA	11
1.1. 3D spausdinimo technologijų analizė	11
1.2. 3D spausdinimo būdai	12
1.3. 3D spausdinimui naudojami plastikai	15
1.4. Modeliavimo programinė įranga skirta 3D spausdinimui	18
1.5. 3D spausdintuvu spausdintų dizaino objektų analizė	19
1.6. 3D spausdinimo technologijų tyrimai pramonėje	22
1.7. Literatūros apžvalgos apibendrinimas	24
2. TIRIAMOJI DALIS	25
2.1. Tyrimo objektai	25
2.2. 3D spausdintų reguliatorių stiprumo ir funkcionalumo nustatymo tyrimo metodika	29
2.3. Stiprumo tyrimas	34
2.4. Praslydimo tyrimas	37
2.5. Rezultatų apibendrinimas	39
3. TYRIMŲ REZULTATŲ ĮGYVENDINIMAS DIZAINO PROJEKTE	40
3.1. Rinkos analizė ir tyrimo taikymo galimybės	40
3.2. Įkvėpimo šaltinių analizė	41
3.3. Reikalavimai kuriamai kuprinių kolekcijai	42
3.4. Kuprinių ir reguliatorių kolekcija	42
3.5. Tyrimų rezultatų įgyvendinimas dizaino projekte	43
IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS	45
LITERATŪROS SĄRAŠAS	46

Paveikslų sąrašas

1.1 pav. Ekstrūziniu lydytojo nusėdinimo principu atspausdinti objektai [3]	13
1.2 pav. Lydžios masės sukietinimo spausdinimo veikimo schema [4].....	13
1.3 pav. Stereolitografijos veikimo principo schema [7]	14
1.4 pav. Objektas pagamintas stereolitografijos spausdinimo metodu [8].....	14
1.5 pav. Selektivaus lydymo lazeriu spausdinimo schema [9]	15
1.6 pav. Objektai atspausdinti selektivaus lydymo spausdinimo principu [10]	15
1.7 pav. Iš a) ABS plastiko ir b) Polikarbonato pagaminti objektai [11]	16
1.8 pav. Objektai pagaminti iš a) PLA; b) nailono, c) PVA medžiagų [11, 17, 18].....	17
1.9 pav. a) „Slic3r“, b) „IveSL“, c) „Tinkercad“ programinių įrangų pagrindiniai meniu langai [19]	19
1.10 pav. Vokiečių universiteto „Hasso Plattner Institute“ mokslininkų sukurtas gaminys pagal „WirePrint“ 3D spausdinimo sistemą [20]	20
1.11 pav. „Nike“ įmonės vienas pirmųjų gaminių pagamintas pasinaudojant 3D spausdinimo technologija [21] ir keletas Dorry Hsu papuošalų kolekcijos gaminių [22]	20
1.12 pav. a) Amerikiečio meninko Rob Drommond ir Italų dizainerės Alessia D'Oronzo kurti aksesuarai [23] [24]	21
1.13 pav. a) 3D spausdinimo būdu pagaminta „Ivy“ delninių kolekcija [27]; b) kūrėjos Nancy Yi Liang sukurta rankinė, kurioje ji parodė, kaip nelankstų plastiką paversti lanksčiu [28]; c) „Enerdesign“ kūrėjų suprojektuotas karabinas [29].....	22
1.14 pav. Scott. E Hudson atrastas siuvinėjimo- spausdinimo būdas a) 3D spausdinamas objektas ; b) 3D spausdinimo įrenginys.....	22
1.15 pav. a) Tiesioginis spaudžių tvirtinimo metodas prie medžiagos [31]. b) 3D spausdinimo metodu pagaminta jungtis [32].....	23
1.16 pav. a) 3D spausdintuvu spausdintas varžtas [33] b) 3D spausdintų medžiagų ir audinių kombinacijos tvirtumo tyrimas [34]	24
2.1 pav. a) tempimo bandymo schema; b) praslydimo bandymo schema.....	25
2.2 pav. Diržo schema.....	26
2.3 pav. Standartiniai reguliatoriai	26
2.4 pav. G- kodas	27
2.5 pav. Detalių spausdinimo pavyzdys	28
2.6 pav. „Ultimaker 2+“: a) 3D spausdintuvas; b) 3D spausdinimo principinė schema.....	29
2.7 pav. Tempimo bandymas: a) „Tinius Olsen H10KT“ tempimo mašina; b) reguliatoriaus ir odinio diržo tvirtinimas spraustuvoose; c) bandinio trūkimas; d) „Qmat“ programa	30
2.8 pav. Praslydimo bandymas: reguliatoriaus ir odinio diržo tvirtinimas spraustuvoose	33
2.9 pav. Tipinės tempimo kreivės: a) SAP2; b) SAP3; c) SAP4 ; d) SAP5; e) SNF3; f) SNF4 reguliatorių...	35
2.10 pav. Reguliatorių stiprumo rezultatai	36
2.11 pav. SAP2; SAP3; SAP4; SAP5; SNF3; SNF4 bandiniai po trūkimo	37
2.12 pav. Tipinės praslydimo kreivės: a) PAP6; b) PAP8; c) PNF3; d) PNF4 reguliatorių.....	38
2.13 pav. Reguliatorių praslydimo tyrimo rezultatai.....	38
2.14 pav. PAP6; PAP8; PNF3; PNF4 bandiniai po trūkimo ir praslydimo bandymo	39
3.1 pav. Rinkoje esantys reguliatoriai [38].....	40
3.2 pav. Rinkoje dominuojantys skirtingi kuprinių tipai.....	40
3.3 pav. Pirmoji kuprinė [38]	41
3.4 pav. Įkvėpimo šaltinis- kalnai	41
3.5 pav. Įkvėpimo šaltinis- kalnai	42
3.6 pav. Unikalių kuprinių kolekcija.....	42
3.7 pav. Unikalių reguliatorių kolekcija.....	43
3.8 pav. Tyrimų rezultatų įgyvendinimas dizaino projekte.....	44

Lentelių sąrašas

1.1 lentelė. Plastikų techninės savybės [11].....	17
2.1 lentelė. Spausdinimo parametrų lentelė.....	27
2.2 lentelė. 3D spausdintuvo „Ultimaker 2+“ pagrindinės charakteristikos [36].....	29
2.3 lentelė. Tempimo parametrai.....	30
2.4 lentelė. Regulatoriai skirti stiprumo bandymams atlikti	31
2.5 lentelė. Regulatoriai skirti praslydimo bandymams atlikti.....	33
2.6 lentelė. Bandinių tempimo apibendrinimo lentelė	36
2.7 lentelė. Bandinių praslydimo apibendrinimo lentelė.....	39

3D spausdinti dizaino elementai individualizuotame mados produkte.

Magistrinio baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Kęstutis Lekeckas; Kauno technologijos universitetas, Machanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Polimerų ir tekstilės technologijos (F02), Technologijų mokslai (F).

Reikšminiai žodžiai: 3D spausdinimas, mados produkto dizainas, 3D spausdinimo panaudojimas mados pramonėje, individualizuotas dizainas, 3D spausdinio kokybės tyrimai.

Kaunas, 2019. 43p.

SANTRAUKA

Baigiamojo magistro projekto tikslas išanalizuoti 3D spausdinimo technologiją, ištirti ir sukurti unikalų kuprinės reguliatorių, kuris būtų pritaikytas vienetinėms kuprinėms. Išanalizavus 3D spausdinimo technologijas pasirinkta – lydžios masės sukietinimas, kuris atsižvelgiant į spausdintuvo galimybes, kaštus ir tinkamiausius naudoti plastikus, geriausiai pritaikoma vienetinių kuprinių gamyboje. Tyrimo metu sukurti keli skirtingų matmenų reguliatoriai ir ištirta, kurių iš jo stiprumas pakankamas projektuojamam mados produktui. Atlikta panašaus tipo gaminių panaudojant 3D spausdinimo technologijos analizė, taip pat sukurta originalių reguliatorių kolekcija, kurios dizaino sprendimai suprojektuoti taip, kad 3D spausdintas elementas vaidina vieną iš svarbiausių estetinių veiksnių. Projekte numatomos suprojektuotos 3D furnitūros individualizavimo galimybės, todėl kiekvienas vartotojas turi galimybę prisidėti prie dizaino kūrimo ir turėti visiškai originalų produktą.

3D printed design elements in a customized fashion product / supervisor assoc. prof. dr. Kęstutis Lekeckas; Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Polymers and Textile Technology, Technical Sciences.

Keywords: 3D printing, fashion product design, 3D printing technology in fashion product design, 3D printing in fashion industry, customized design, 3D printing quality research.

Kaunas, 2019. 47 pages

SUMMARY

The goal of the final master's project is to analyze 3D printing technology, to explore and create a unique backpack adjuster that is designed for single-piece backpacks. After analyzing 3D printing technologies, the choice of solid-state hardening has been chosen, which is best suited for the production of single backpacks in terms of printer capabilities, costs and most suitable plastics. During the research several controllers of different dimensions were created and their strength is sufficient for the design product. The analysis of similar type of products using 3D printing technology has been performed, as well as a collection of original regulators designed with design solutions designed to make the 3D printed element one of the most important aesthetic factors. The project foresees the possibility of customizing the 3D fittings, so every user has the opportunity to contribute to the design and have a completely original product.

IVADAS

Rankinės ir krepšiai laikui bėgant, keičiantis žmonijai, kultūrai, madoms ir tobulėjant pasauliui, tapo tiek funkcionali aksesu, tiek stiliaus dalimi. Ilgą laiką rankinės nešiojimo principas išliko tas pats - ant vieno peties, bet laikui bėgant buvo pastebėta, kad nešioti visus daiktus ant vieno peties tampa nebe patogiu, o tai ypač aktualu keliaujantiems. Vieni iš pirmųjų kuprinės prototipą sukūrė kopinėtojai, kadangi jiems reikėjo nešioti daug daiktų, o taip pat reikėjo laisvų rankų. 1908 metais buvo atlikti pirmieji eskizai, kaip turėtų atrodyti kuprinė. Kuprinės nuolat buvo tobulinamos, keičiamos jų formos, petnešos, kišenėlės tam, kad kuprinė būtų kuo patogesnė keliautojui. Su visomis kitomis funkcijomis savybėmis keitėsi ir medžiagos iš kurių buvo gaminamos kuprinės, kadangi buvo ieškoma tokių medžiagų kurios būtų tvirtos, atsparios vandeniui bei purvui, taip pat ir šiais laikais stengiamasi tobulinti kuprines. Kuprinės itin išpopuliarėjo tarp paprastų vartotojų, dėl savo patogumo ir išskirtinės išvaizdos. Vis dažniau į šiuos gaminius yra integruojami inovatyvūs sprendimai, tokie kaip saulės baterijos, USB laidai, integruotos baterijos ar detalės spausdintos 3D spausdintuvu.

3D spausdinimo technologijomis galima sukurti daugybę įvairių gaminių, formų ir neįprastų sprendimų. Dažnai gaminius spausdintus 3D spausdintuvu žmonės įsivaizduoja nelankstaus plastiko ir itin grubius, bet 3D spausdinimo technologija yra ganėtinai išsivysčiusi ir vis dar sparčiai besivystanti. 3D spausdinimo galimybės yra neribotos savo medžiagomis, savybėmis, technologijomis, tiesiog reikia pasitelkti fantaziją ir pasirinkti tinkamas medžiagas, tam tikriems gaminiams. Šio darbo pagrindinė mintis, kad suprojektavus kuprinę, kurios esminis ir ypatingas dizaino elementas yra furnitūros detalė- reguliatorius, būtų galima pasinaudoti 3D spausdinimo galimybėmis ir elementą pagaminti išskirtinio, unikalios dizaino. Atliekant projektavimą buvo svarbu, kad elementas būtų ne tik gražaus ir unikalios dizaino, bet ir kokybiškas, tvirtas ir funkcionalus. Didžiausias dėmesys buvo skiriamas kuprinių rankenų reguliatoriams, kurie dažniausiai būna nuobodūs ir standartiški. Sumodeliavimus skirtingus bandinius tikslas buvo ištirti reguliatorių stiprumą ir praslydimą, tam, kad išsiaiškinti kuris elementas yra užtektinai tvirtas integruvus jį į kuprinę. Atrinktam reguliatoriui bus pritaikomas unikalios dizainas, kuris esant poreikiui gali būti keičiamas ir pagaminamas pagal individualius norus.

Darbo tikslas - sukurti 3D spausdintos furnitūros kolekciją skirtą mados pramonei užtikrinant, suprojektuotų elementų kokybę, bei funkcionalumą.

Iškelti uždaviniai:

1. Išanalizuoti 3D spausdinimo galimybes mados sektoriuje;
2. Sukurti specializuotos furnitūros kolekciją, kurios kertinis funkcinis elementas būtų nekintamas, paruošti kartinio elementų prototipus kokybės tyrimui.;
3. Nustatyti kartinio furnitūros elemento kokybinius parametrus, įvertinti funkcionalumą;
4. Sukurti originalų mados produktą (kuprinių kolekciją), kuriame būtų integruota ištirta furnitūra, numatytos produkto individualizavimo gairės.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. 3D spausdinimo technologijų analizė

Pagrindinis 3D spausdinimo principas, kad skaitmeninis modelis yra paverčiamas fiziniu, trimačiu objektu, kuris yra sukuriamas lydant plastiką ar kitą medžiagą ir objekto suformavimą reguliuoja kompiuterinė programa. 3D spausdinimas ypatingas tuo, kad jam nereikia specialių prietaisų, tokių kaip pjaustymo, raižymo prietaisų, įvairiausių šablonų, kadangi programa visas detales, formas, dydžius suformuoja pati ir objektas yra gaunamas toks, koks yra suprojektuojamas programiniais paketais. Projektavimo procesas visuomet prasideda skaitmeniniu 3D modeliu, kuris yra kuriamas STL rinkmenoje. STL byla gali būti sukuriama daugeliu trimačio vaizdo kūrimo programų. Tokių kaip Inventor, Solidworks, Thinkercad ir t.t. Projektavimo programinė įranga supjausto modelį į plonus, dvimačius sluoksnius ir tada pats modelis yra paverčiamas lyg konstrukcijų rinkiniu, mašinu kalba tai paprastai vadinama G-kodu ir spausdintuvas yra pasiruošęs detalę spausdinti sluoksniais [1]. Spausdintuvo rezoliucija nurodo sluoksnių storį ir X-Y rezoliucijos taškų skaičių viename colyje ar mikrometrus. Kuo plonesniais sluoksniais spausdinama, tuo didesnis tikslumas. Įprastai sluoksniai būna 0,1mm storio. Kuo sluoksnis plonesnis tuo tikslesne detalę galima sukurti, bet tai prailgina darbo laiką. Naudojantis 3D spausdintuvu galima sukurti itin tikslią detalę, taip pat jai neprireiks tiek medžiagų kiek prireiktų kuriant gaminį kitokiu metodu. 3D spausdintuvai dirba skirtingai, priklausomai nuo proceso. FDM spausdintuvai lydo plastiko elementus ir jie paduodami per antgalį, kuris yra didelio tikslumo kompiuteriu valdomas klijų pistoletas. Didelės pramoninės SLS mašinos naudoja lazerį ploniems metalo ar plastiko miltelių sluoksniams ištirpinti [1, 2]. Spausdinimo medžiagos galimos įvairios. Labiausiai paplitę yra plastikai, bet taip pat gali būti spausdinama iš metalų ar kitų medžiagų. Gaminamos dalys, priklausomai nuo sudedamųjų medžiagų gali turėti platų specifinių fizinių savybių asortimentą. Priklausomai nuo detalės dydžio ir spausdintuvo tipo spausdinimas dažniausiai trunka nuo 4 iki 18 valandų. 3D spausdintos dalys turi būti pirmiausiai apdorojamos, kad būtų tinkamos naudoti, kadangi paprastai būna daug nereikalingų atplaišų ar kitų nelygumų. 3D spausdinimas šiandien atlieka labai specifinį vaidmenį gamybos pasaulyje. Pastarųjų metų lūkesčiai padidino produktyvumą, kadangi šia technologija itin plačiai naudojasi tiek mėgėjai, tiek profesionalai. 3D spausdinimas yra vis dar besivystanti technologija, todėl ji kasmet tobulėja, atrandama daug naujovių, sukuriami nauji 3D spausdintuvai su daug didesniu galimybių spektru. Gamyboje naudojant 3D spausdinimą dažnai gali būti sumažinamos išlaidos, taip pat sutaupomas laikas ir lengvai įvykdomos sudėtingos dizainerių idėjos, kurios dažnai yra neįprastų formų ir atrodo gaminių kūrimo procesai nėra lengvai įgyvendinami, taip pat ši inovacija itin pasitarnauja norint sukurti detalės prototipą, tiesiog pasitikrinant dėl detalės dydžio ar dizaino, šis būdas sutaupys tiek laiko, tiek pinigų. 3D spausdinimo galimybės yra neribotos nuo koncepcinių modelių ir funkcinių prototipų gamybos iki furnitūros, įvairiausių jungčių gamybos, šio spausdinimo technologija siūlo įvairiapusių sprendimus įvairiose programose. Per pastaruosius kelerius metus didelės skiriamosios gebos 3D spausdintuvai tapo pigesni, lengviau naudojami ir patikimesni. Dėl šios priežasties technologija dabar yra prieinama daugiau įmonių, tačiau pasirinkus įvairius konkrečius 3D spausdinimo sprendimus gali būti nelengva. Pradedant analizuoti esamus 3D spausdintuvus gali kilti daugybė klausimų. Tai kokia technologija tinka jūsų konkrečiai programa? Kokios medžiagos yra tinkamos? Ar verta investuoti į tam tikrą programą ir spausdintuvą? Ar investicijos atsipirks ir atneš pelną? Tačiau kiekvienam asmeniui besidominčiam naujausiomis technologijomis verta susipažinti su 3D spausdinimo galimybėmis.

1.2. 3D spausdinimo būdai

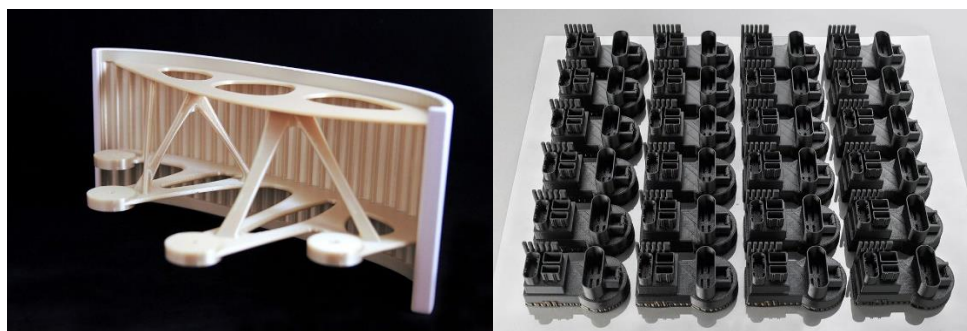
Per pastaruosius keturiasdešimt metų 3D spausdinimo technologijos nenustojo tobulėjusios. Per šį laikotarpį buvo pradėta naudoti platesnis spaudinimui tinkamų medžiagų spektras, bet ir atsirado naujų, inovatyvių spaudinimo metodų:

1. *Lydzios masės sukietinimas*- termoplastiko gijos yra lydamos ir „FDM 3D” spausdintuvas lieja lydalą, formuodamas detalės dalis ir taip liedamas ploną sluoksnį vienas po kito, kol yra suformuojama detalė. FDM (angl. *Fused deposition modeling*) spausdintuvui yra naudojami įvairūs standartiniai termoplastikai, tokie kaip ABS, PLA ir kompozitai [2, 3, 4]. Šis spausdinimo metodas puikiai tinka pagrindams koncepciniams modeliams, taip pat yra nebrangus norint sukurti paprastas, nesudėtingas detales.
2. *Stereolitorgrafija*- tai viena iš pirmųjų pasaulyje 3D spausdinimo technologijų, taip pat viena populiariausių iki šių dienų. SLA naudoja lazerį, kad išvalytų skystą derva į sukietinta plastiką, vadinama fotopolimerizacija [2]. SLA dalys turi didžiausią skiriamąją gebą ir tikslumą, aiškiausias detales ir sklandų visų plastikinių 3D spausdinimo technologijų paviršiaus apdailą, tačiau pagrindinė SLA nauda yra jos universalumas. Medžiagų gamintojai sukūrė naujoviškas SLA dervų kompozicijas su įvairiomis optinėmis, mechaninėmis ir šiluminėmis savybėmis, atitinkančiomis standartinius, inžinerinius ir pramoninius termoplastikus (angl. *Stereolithography*, trumpinimas SLA). Šiam spausdinimo būdai taip pat priskiriami tokie sausdinimo būdai, kaip „PolyJet”, „Kombinuotų medžiagų spausdinimas” (angl. *Multijet Printing*, trumpinama MJP). PolyJet- tai 3D spausdinimo būdas, kuriuo išpurškiama iki 14 mikronų (0.01397mm) storio skysto skysto fotopolimero sluoksniai. Šių sluoksnių pagalba gali būti pagamintos itin sudėtingos geometrinės formos.
3. *Selektyvus lydymas lazeriu*- 3D spausdintuve yra integruotas didelės galios, selektyvaus lydymo lazeris, kuris sulydo mažas polimero miltelių daleles. Dalis miltelių yra panaudojama spausdinimo metu ir pašalina poreikį naudoti specialias atramines struktūras [4]. Dėl šios priežasties selektyvus lydymas lazeriu puikiai tinka sudėtingoms geometrijos kurti, taip pat pjaustymui. „Selektyvusis lydymas lazeriu” (angl. *Selective laser sintering*, trumpinama SLS).

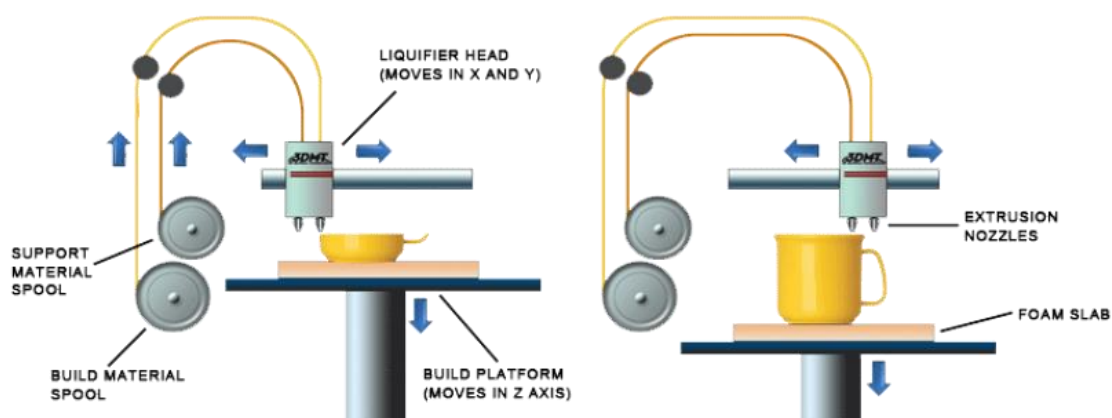
Kiekviena iš šių 3D spausdinimo rūšių yra ypatinga ir unikali, kiekviena jų gali būti pritaikoma kuriant, gaminant skirtingą objektą iš skirtingų medžiagų, todėl siekiant išsiaiškinti furnitūrai gaminti tinkamiausią metodą, apie kiekvieną iš jų siekiama sužinoti daugiau.

Lydzios masės formavimas, tai technologija, kai objektai yra spausdinami iš kieto pagrindo, tokio kaip vielutės, ritinėliai, granulės (žr. 1.2 pav). Tai patvarios medžiagos, kurios ilgai tarnauja, veikiant jas mechanškai. Šiam spausdinimo būdai naudojamos termoplastinės medžiagos tinka detaliams funkciniais prototipams, ilgaamžiams gamybos įrankiams ir mažos apimties gamybos dalims. Spausdinimo sistema puikiai tinka mažos apimties formoms, objektams, kurie turi šablonus ir gaminiams pagamintiems iš pagrindinių medžiagų [2, 3]. Gaminio gamybos laikotarpis naudojant šį spausdinimą priklauso nuo keleto aspektų, vienas iš jų tai būtų detalės dydis, komponentų skaičius ir tai, kokioje temperatūroje plastikai yra lydomi. Spausdinimas yra itin tikslus, paklaida apie 0,15%, o apatinė riba vos apie 0,2mm. Priklausomai nuo pasirinktos medžiagos sluoksnio storis yra 0,06 – 0,2 mm (žr. 1.1 pav). Mažiausias galimas sluoksnio aukštis yra 0,06 mm. Visi spausdintuvai turi apribotus matmenis objektui, šio spausdintuvo didžiausi galimi matmenys yra 914x610x914mm. Atspausdinus

objektą, dažnai ne visos dalys yra lygios, kai kurios iš jų lieka grubaus paviršiaus, todėl po spausdinimo jos gali būti šveičiamos, dažomos ar padengtos kokiomis nors kitomis medžiagomis [3].

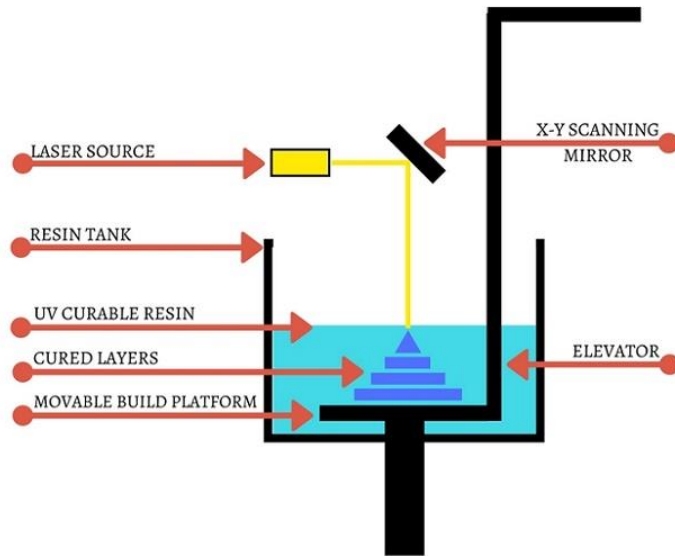


1.1 pav. Lydžios masės sukietinimo principu atspausdinti objektai [3]

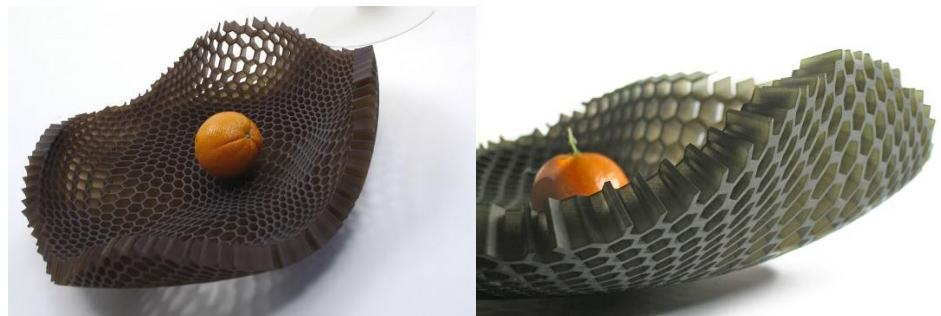


1.2 pav. Lydžios masės sukietinimo spausdinimo veikimo schema [4]

Stereolitografijos veikimo principas yra toks, kad naudojamas rezervuaras su skaidriu dugnu ir nelipniu paviršiumi, kuris yra kaip skystos dervos substratas, jis švelniai atskiria naujai suformuotus sluoksnius (žr. 1.3 pav). Platforma yra nuleidžiama į dervos konteinerį, paliekant erdvę, kuri yra tokio aukščio nuo platformos, kaip spausdinamas objektas. Ultravioletiniai spinduliai atsispindi dviejuose veidrodžiuose, kurie sukasi ir atspindi lazerį. Skysta derva sukietėja veikiamą lazerio į formuojamos detalės sluoksnį. Procesas yra kartojamas ir statymo platforma pakyla iki tokio aukščio, koks yra objektas [5, 6]. Šis procesas pirmą kartą pasirodė 1980-ųjų pradžioje. Japonų tyrinėtojas dr. Hideo Kodama išrado modernų panaudojimą ultravioletinės šviesos. Plonais sluoksniais spausdinamos medžiagos yra kietinamos ultravioletine šviesa, pradedant nuo apatinio sluoksnio iki viršutinio sluoksnio [5]. Spausdinimo privalumai yra tokie, kad objektai yra pagaminami itin detalčiai ir tiksliai. Šio tipo 3D spausdintuvai yra itin brangūs ir jautrūs, gali greitai sugesti, jei yra padėtas ant nestabilaus paviršiaus [5,6].

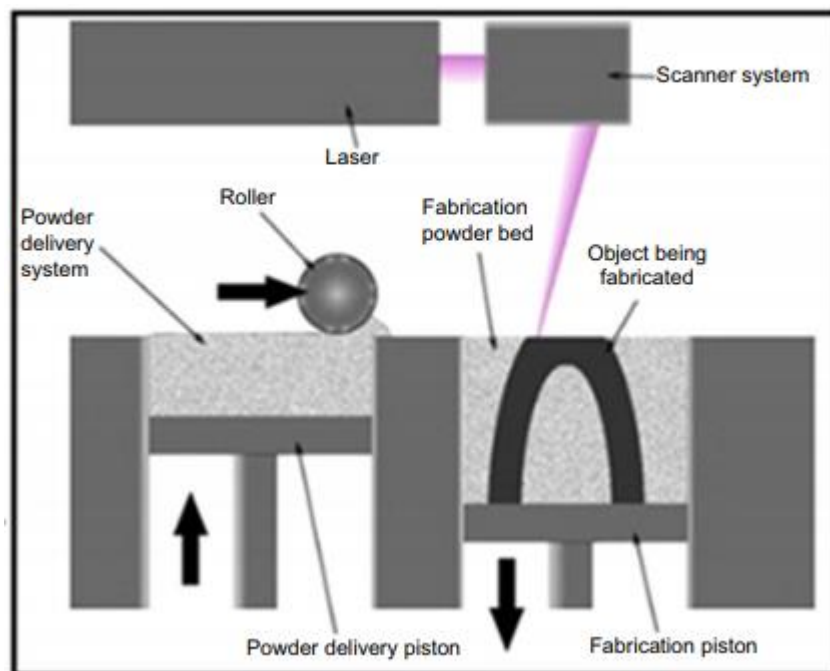


1.3 pav. Stereolitografijos veikimo principo schema [7]



1.4 pav. Objektas pagamintas stereolitografijos spausdintimo metodu [8]

Selektyvus lydymo lazeriu procesas- lazeris nuskaity 3D modelio formą, kaitindamas miltelius iki medžiagos ar jos lydymosi taško [9]. Dėl to detalės dalinai sujungiamos mechaniniu būdu, kad būtų sukuriama viena kieta dalis. Neapdoroti milteliai palaiko detales spausdinimo metu, todėl yra nereikalingos specialios atraminės struktūros (žr. 1.5 pav). Platforma nusileidžia viena sluoksnį žemyn, paprastai tai būna nuo 50 iki 200 mikronų [9]. Tada lazeris nuskaity kitą konstrukcijos skerspjūvį. Šis procesas yra kartojamas spausdinant kiekviena sluoksnį [10].



1.5 pav. Selektivaus lydymo lazeriu spausdinimo schema [9]



1.6 pav. Objektai atspausdinti selektivaus lydymo spausdinimo principu [10]

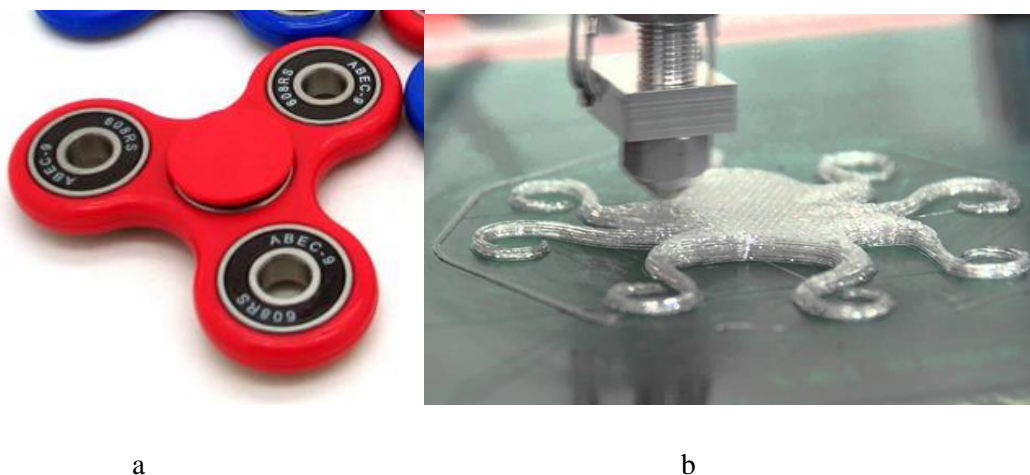
Atspausdinus visą objektą kurį laiką jis yra neliečiamas tam, kad atvėstų, atvėsus detalės yra nuvalomos su šepetėliu, o vėliau dedamos į specialų įrenginį, kurio viduje, pučiant oru yra pašalinami milteliai. Po šio spausdinimo detalės nebūna visiškai lygios, dažnai jos turi grūdėta paviršių, todėl yra galimas apdorojimas, toks kaip apipjaustymas, dažymas, metalo danga, klijavimas, miltelinis dažymas ar flokavimas. Selektyvus lydymas lazeriu sąlyginai nereikalauja didelių sąnaudų, didelio našumo ir pats technologinis procesas tinka įvairioms detalėms pagaminti. Šis 3D spausdinimo metodas buvo išrastas 1980 m. Viduryje, kurį sukūrė dr. Carl. Deckard ir dr. Beaman Teksaso universitete, Austine.

1.3. 3D spausdinimui naudojami plastikai

Daugybe metų buvo tiriami plastikai, kurie geriausiai tinka 3D spausdinimui. Su jais buvo atliekama daug tyrimų, analizuojama jų savybės, privalumai ir trūkumai. Kiekvienas plastikas pasižymi skirtingomis savybėmis, todėl gali būti pritaikytas skirtingiems objektams spausdinti. 3D spausdinimui naudojami ne tik plastikai, bet ir kitos medžiagos, tokios kaip metalai, stiklo lydiniai ir

t.t., bet pati populiariausia medžiaga visgi išlieka- plastikas. Plastiką turi būti parenkamas ne tik priklausomai nuo norimo spausdinti objekto, bet taip pat ir pasirenkant spausdintuvą ir spausdinimo būdą [11, 12].

Vienas iš labiausiai paplitusių 3D spausdinimo procesuose plastikų, tai- akrilnitrilo butadieno stirenas (angl. *Acrylonitrile butadiene styrene*, trumpinama ABS). Tai ypač plačiai naudojama inžinerinis termoplastikas, turintis didelį ilgaamžiškumą. [13] Šis plastikas yra lengvas, stiprus, atsparus dilimui, termoplastinis, todėl yra gana lankstus ir atsparus smūgiams [11]. ABS plastiko lydymosi temperatūra yra 200C , todėl puikiai tinka naudoti buitiniams sąlygoms [14]. ABS dažniausiai naudojama lydytojo nusodinimo modeliavimo technologijose, tačiau yra ir skystos ABS formos, kuri kartais naudojama stereolitografijos ir PolyJet spausdinimo procesuose.[11] Kitas itin populiarus, 3D spausdinimui skirtas plastikas, tai polikarbonatas (angl. *Polycarbonates*, trumpinama PC) vienas iš plačiausiai naudojamų pramoninių termoplastikų, nes jie itin atsparūs smūgiams ir temperatūrai. Ši medžiaga itin puikiai tinka sudėtingoms detalėms gaminti, kurios reikalauja didelio lankstumo ir atsparumo tempimui [15]. Taip pat ši medžiaga atspari karščiui, gali būti kaitinama iki 150 laipsnių ir nesideformuoti [11]. Dirbant su šia medžiaga reikalinga gerai vėdinama patalpa, kadangi kaitinama- skleidžia stiprius garus ir kvapus [16].



1.7 pav. Iš a) ABS plastiko ir b) Polikarbonato pagaminti objektai [11]

PLA (angl. *Poly lactide*) medžiaga yra biologiškai skaidoma, kitaip nei ABS. PLA plastikas gaminamas naudojant atsinaujinančias žaliavas, tokias kaip kukurūzų krakmolos. Tai viena iš paprasčiausių 3D spausdinimui skirtų medžiagų, nors po trimačio spausdinimo ji šiek tiek susitraukia. Skirtingai nuo ABS, nereikia šildomos platformos spausdinant PLA. PLA lydosi 190-230 laipsnių temperatūroje. Šis medžiagos trūkumas yra tas, kad ji greitai kietėja, todėl sunku suformuoti norimą objektą [11]. TPE ir TPU, tai vieni iš lanksčiausių plastikų naudojami 3D spausdinimui. Šis plastikas gaminamas iš termoplastų ir elastomerų, kurie yra kieto plastiko ir gumos mišinys. Ši medžiaga yra elastinga, leidžianti lengvai ištempti ir lenkti plastiką. Plastiko elastingumo laipsnis priklauso nuo TPE tipo ir gamintojo naudojamos cheminės sudėties. Ši medžiaga puikiai tinka vibracijos slopinimui, ilgai tarnauja, geras atsparumas smūgiams. Deja ši medžiaga turi keletą trūkumų, ją sunku atspausdinti, prastos sujungimo charakteristikos [11]. HIPS- tai lengva medžiaga dažniausiai naudojama kaip atraminės, konstrukcinės medžiagos. HIPS ne tik puikiai tinka ABS spausdinimams,

bet taip pat yra stabilesnis ir šiek tiek lengvesnis už ABS, todėl jis yra puikus pasirinkimas toms dalims, kurios ne ypatingai dyla ar tose programose, kurioms lengvesnis svoris. Šios medžiagos privalumai yra tokie, kad pati medžiaga nedaug kainuoja, yra atspari smūgiams ir vandeniui, lengva, ištirpinama d-Limonene. Trūkumai, kad lydant reikia vėdinti, rekomenduojama šildoma kamera, aukšta spausdinimo temperatūra [11]. Nailonas- tai yra kieta ir pusiau lanksti medžiaga, turinti didelį atsparumą smūgiams ir trinčiai. Tai idealus pasirinkimas spausdinant tvirtas dalis. Paprastai nailono siūlai reikalauja ekstruderio temperatūros, esančios 250 laipsnių temperatūroje. Nailono siūlai yra higroskopiški, o tai reiškia, kad jie lengvai sugeria drėgmę iš savo aplinkos. Privalumai šios medžiagos yra tai, kad medžiaga tvirta ir iš dalies lanksti, atspari smūgiams, spausdinimo metu nėra kvapo, atspari dilimui. Trūkumai yra tie, kad ši medžiaga yra linkusi į deformacijas, sandėliuojant medžiagą turi būti išvengiama vandens absorbcijos, netinkamai džiovintos gijos gali sukelti spausdinimo defektus [11]. PETG medžiagą lengva spausdinti, lengva apdirbti paviršių ir ši medžiaga yra atspari vandeniui. PETG yra glikolio modifikuota polietileno tereftalato (PET) versija, kuri paprastai naudojama gaminant vandens buteliukus. Tai pusiau standi medžiaga, turi gera atsparumą smūgiams. Ši medžiaga taip pat pasižymi didelėmis šiluminėmis savybėmis, leidžia plastikui efektyviai atvėsti. PETG minusas yra tas, kad ypač prastos sujungimo charakteristikos [11].



1.8 pav. Objektai pagaminti iš a) PLA; b) nailono, c) PVA medžiagų [11, 17, 18]

PVA yra plačiai žinomas dėl savo gebėjimo ištirpti vandenyje ir dažnai naudojamas kaip pagalbinė medžiaga sudėtingiems spausdinimams. Polivinilo alkoholis yra minkštas ir biologiškai skaidomas polimeras, labai jautrus drėgmei.

1.1 lentelė. Plastikų techninės savybės [11]

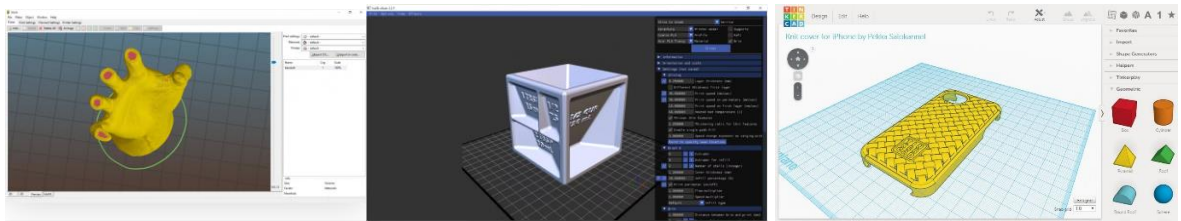
	Vienetai	ABS	PLA	HIPS	PETG	NYLON	PC	PVA
Stiprumo riba tempimui	MPa	40	65	32	53	40-85	72	78
Maksimali darbinė temperatūra	°C	98	52	100	73	80-95	121	75
Temperatūrinis tempimosi koeficientas	µm/m-°C	90	68	80	60	95	69	85

Tankis	g/cm ³	1.04	1.24	1.03-1.04	1.23	1.06-1.14	1.2	1.23
Kilogramo kaina	\$	10-40	10-40	24-32	20-60	25-65	40-75	40-110
Spausdinimo kokybė		8/10	9/10	6/10	9/10	8/10	6/10	5/10
Kaitinimo galvutės temperatūra	C	220-250	190-220	230-245	230-250	220-270	260-310	185-200
Platformos temperatūra	C	95-110	45-60	100-115	75-90	70-90	80-120	45-60

Poveikis vandeniui, PVA lengvai ištirpsta, todėl jis yra labai naudinga pagalbinė konstrukcinė medžiaga, skirta 3D spausdinimui. Spausdinant ypatingai sudėtingas formas arba tuos, kurie turi dalinai uždarytas ertmes, PVA laikikliai gali būti naudojami ir lengvai pašalinami ištiprinant šiltu vandeniu. Esant tokioms situacijoms išspausdinti arba pašalinti standartines atramas. Vienas iš didžiausių šios medžiagos privalumų yra tas, kad norint ištirpinti šia medžiagą, nereikia jokių specialių tirpiklių. Trūkumai yra tie, kad didelis drėgmės jautrumas, reikalingi sandarūs laikymo indai, didelės užsikimšimo galimybės, jei purkštukas išlieka karštas, kai nėra ekstrūzijos [11].

1.4. Modeliavimo programinė įranga skirta 3D spausdinimui

3D spausdinimui nebereikia naudoti sudėtingų modeliavimo programų (*Autodesk Inventor, SolidWorks*), kurios dažnai reikalauja nemažai žinių ir praktinių įgūdžių atlikti iš pirmo žvilgsnio paprastiems žingsniams. Kadangi yra vis daugiau besinaudojančių tiek profesionalų, tiek mėgėjų 3D spausdintuvais, todėl su šia paklausa išaugo ir modeliavimo programų pasiūla, kurios gali būti tiek sudėtingos, su daugybe funkcijų ir nustatymų, tiek itin paprastos, bet ganėtinai tikslios [19]. „Slic3r“ [1.9 Pav. a)] yra „Open Source“ programinė įranga, kurioje itin lengva suformuoti korinio tipo užpildą, taip pat pagrindines kraštines, kurios gali būti skirtingų formų ir visa tai padaryti trimatėje erdvėje. Pirmajame paveiklėlyje „IveSL“ tai puiki programa norint atlikti ne tik 3D objektų modeliavimą ir jų pjūvius [1.9 Pav. b)]. Centrinis langas leidžia laisvai peržiūrėti sumodeliuota gaminių, kitame lange galima atrasti puikų detalės pjaustymo parametrų asortimentą.



a

b

c

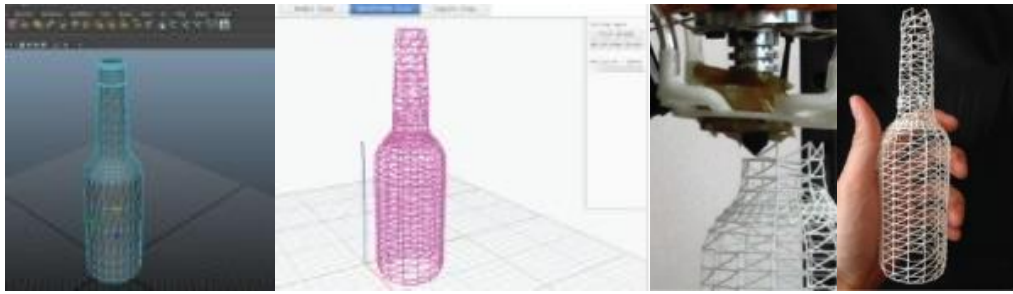
1.9 pav. a) „Slic3r“, b) „IveSL“, c) „Tinkercad“ programinių įrangų pagrindiniai meniu langai [19]

Atspausdinus visą objektą kurį laiką jis yra neliečiamas tam, kad atvėstų, atvėsus detalės yra nuvalomos su šepetėliu, o vėliau dedamos į specialų įrenginį, kurio viduje, pučiant oru yra pašalinami milteliai. Po šio spausdinimo detalės nebūna visiškai lygios, dažnai jos turi grūdėta paviršių, todėl yra galimas apdorojimas, toks kaip apipjaustymas, dažymas, metalo danga, klijavimas, miltelinis dažymas ar flokavimas. Selektyvus lydymas lazeriu sąlyginai nereikalauja didelių sąnaudų, didelio našumo ir pats technologinis procesas tinka įvairioms detalėms pagaminti. Šis 3D spausdinimo metodas buvo išrastas 1980 m. viduryje, kurį sukūrė dr. Carl. Deckard ir dr. Beaman Teksaso universitete, Austine.

1.5. 3D spausdintuvu spausdintų dizaino objektų analizė

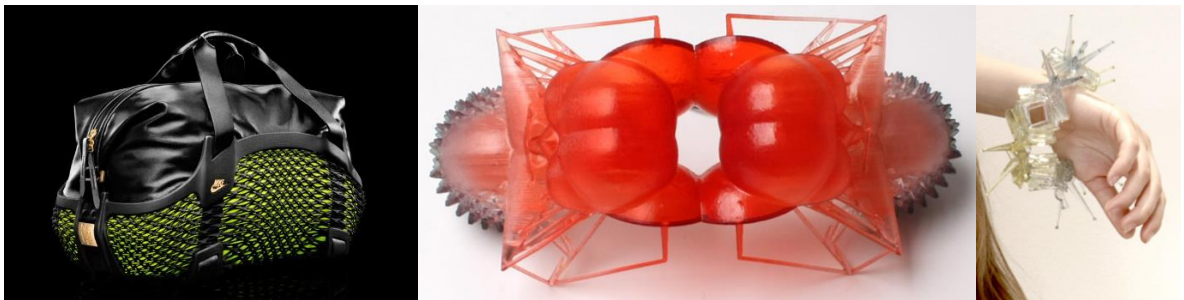
Šiais laikais aprangos ir aksesuarų gamyboje ieškoma vis daugiau inovacijų, kurios gaminiams suteiktų kitoniškumo, originalumo, todėl kūrėjai vis dažniau pasitelkia 3D spausdinimą originalių gaminių gamyboje, bet vis dar ieško galimybių kaip jas išnaudoti. Mados pramonėje dizaineriai, siekdami pagerinti savo gaminius išbando įvairias technologijas. Jie kuria naujoviškas rankines įvairioms pramonės šakoms, tai yra madai ir sportui. 3D spausdinimas gali būti meno, mados ir mokslo kombinacija, būdas išreikšti inovatorišką, unikalia idėją ar senus objektų kūrimo principus paversti naujais.

Nors 3D spausdinimas yra greitas prototipų kūrimo įrankis, tačiau pats spausdinimo procesas vyksta gana ilgai, todėl keletas Vokiečių universiteto „Hasso Plattner Institute“ mokslininkų sukūrė spausdinimo būdą, kai yra spausdinama vielų principu. Įprastos objektų sienelės buvo pakeistos į vielines- cilindrinės sienelės, kurios yra ergonomiškos, tik ne tokios tvirtos, bet sukuria itin patrauklų dizainą. Objektas pagaminamas ne tik kitoniškas, bet taip pat ir kur kas greičiau, nei gamins su įprastomis, pilnavidurėmis sienelėmis. Šiam spausdinimo būdai turi būti įdiegta „WirePrint“ programinė įranga. Šis spausdinimo metodas yra itin patogus norit patikrinti detalės formą prieš spausdinant įprastiniu būdu, kadangi pamatoma kaip detalė atrodys, kokia bus jos reali forma ir matmenys, taip pat bus sutaupomos medžiagų ir laiko sąnaudos [20]. „WirePrint“ sistemos principas yra toks, kad 3D modelius, kurie yra STL formate sukuria pasirinkant G kodą. Pasirinktas G- kodas valdo spausdinimo galvutę programos nustatytą kelią.



1.10 pav. Vokiečių universiteto „Hasso Plattner Institute“ mokslininkų sukurtas gaminytis pagal „WirePrint“ 3D spausdinimo sistemą [20]

2014 metais įmonė „Nike“ išleido savo pirmąjį gaminį - sportinį krepšį „Rubento duffel“, kuris buvo pagamintas pasitelkiant 3D spausdinimo technologiją. Šio gaminio buvo pagaminti tik trys vienetai. 3D spausdinimas buvo panaudotas gaminant krepšio korpusą. Korpuso dizainas itin įdomus ir patrauklus, spausdinimas atliktas koriniu principu, kai tarp spausdintų juostelių palikti maži tarpeliai, o po šiuo sluoksniu matomas vidinis sluoksnis, kuris yra ryškiai žalios spalvos, kuri puikiai dera su juodomis 3D spausdintomis detalėmis, pagrindinė medžiaga, rankenomis ir furnitūra. Pasinaudojant 3D spausdinimo technologija spausdintas tinklėlis apsaugo viduje esančius daiktus, todėl šis sportinis krepšys buvo įvertintas sportininkų tik dėl inovatyvaus dizaino, bet ir dėl funkcionalumo [13]. Dažnu atveju 3D spausdami elementai pasižymi ne itin didele spalvų gama, ar tik viena spalvų gaminyje. Studentė Dorry Hsu iš „Karališkojo menų koledžo“ Londone įrodė, kad 3D spausdinimas gali būti visiškai kitoks, su ypatingomis, neįprastomis formomis ir su daugybe atspalvių. Ši studentė sukūrė itin neįprastą juvelyrinių papuošalų kolekciją, kurios įgyvendimui pasirinko stereolitografijos spausdinimo būdą, kai objektai yra spausdinami virinimo principu. Atspausdinti gaminiai buvo merkami į verdančius dažus ir pridėdant vis papildoma atspalvį [22].



1.11 pav. „Nike“ įmonės vienas pirmųjų gaminių pagamintas pasinaudojant 3D spausdinimo technologija [21] ir keletas Dorry Hsu papuošalų kolekcijos gaminių [22]

Šiais laikais daugelis žmonių nori būti nepriklausomi, nori dirbti sau, nori kurti, tai kas yra įdomu ir kitoniška, vienas iš jų - menininkas, dizaineris, modeliuotojas *Rob Drommond*, kuris dar žinomas kaip *Vertigo Polka*. Šiam amerikiečiui tiek pat kiek menas, įdomi ir matematika. Tai rodos ne visai derantys dalykai, tačiau juos sujungus galima sukurti itin įdomių gaminių. Domėtis 3D spausdinimu šis vyras pradėjo jau 1984 metais, kai tai dar buvo visai nepopuliaru. Vėliau, bėgant laikui jis pradėjo kurti ir spausdinti gaminius, tada juos talpinti į socialinius tinklus kur susilaukė didelio populiarumo. Šio meninko gaminiai yra spausdinami pasinaudojant įvairiausiais spausdinimo būdais ir spausdinama iš visokių medžiagų. Kadangi visi dizainai yra unikalūs ir kitoniški, todėl ir išnaudojamos visos 3D spausdinimo galimybės [23]. Italų dizainerė Alessia D'Oronzo įrodė, kad rankinių gamybai galima puikiai panaudoti 3D spausdinimo galimybes ir sukurti itin patrauklius dizainus. Ši dizainerė atliko

bandymus su skysta guma ir spausdinimai pasiteisino. Rezultate gavosi stilingi ir patogūs rankinukai kasdieniam naudojimui. Tai neperšlampama medžiaga ir sumodeliuoti dizainai, pimina tikrus nérinius.



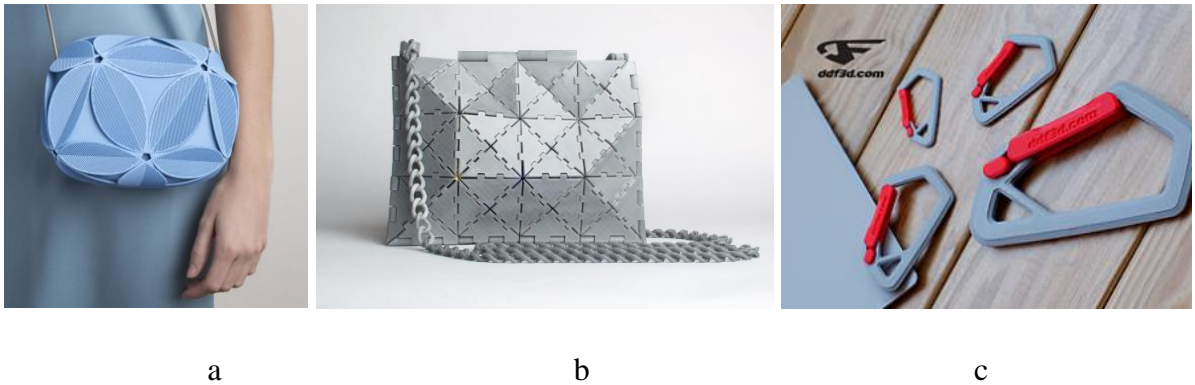
a



b

1.12 pav. a) Amerikiečio meninko Rob Drommond ir Italų dizainerės Alessia D'Oronzo kurti aksesuarai [23] [24]

Vis dar egzistuoja nusistovėjęs požiūris, kad 3D spausdinimo metodu pagamintos detalės yra masyvios, grubios ir neelegantiškos. Tačiau savo darbais, paneigia meninkai *Dario Santacroce* ir *Ashley Zelinskie*. Jie įkvėpti augalų sukūrė „Ivy“ delninių kolekciją, pagaminta 3D spausdinimo metodu. Ši kolekcija itin moteriška, paprasta ir elegantiška, dominuoja lenktos formos, nedaug detalių ir švelnūs atspalviai. [27]. Kaip paversti nelankstų polikarbotaną lanksčiu? Šią užduotį įveikė ne kiekvienas, bet su ja susidorojo *Nancy Yi Liang*. Ši dizainerė sumodeliavo detales taip, kad trikampės detalės, turinčios vyrius įsistatytą vieną į kitą ir galėtų judėti, taip rankinės sienelės taptų lyg tampresnės, lakstesnės. Viena rankinės sienelė yra spausdinama tokio dydžio, kokio yra spausdinimo platforma. Dvi sienelės yra sujungiamos tokio pat principu kaip ir mažieji trikampiai, t.y. vyriais. Rankinės dizainas itin paprastas, bet atrodo stilingai ir įdomiai [28]. Daugelis furnitūros elementų skirtų rankinėms ir kuprinėms yra pagaminta iš metalo. Jie dažniausiai būna standartiniai, gana įprasto dizaino niekuo neišsiskiriantys. 3D spausdinimas gali puikiai pagelbėti norint sukurti unikalų dizainą tokio tipo detalėms. Būtent tai ir padarė „Enerdesign“ gaminių kūrėjai, kurie sukonstravo stilingo, bet nesudėtingo dizaino karabiną, kuris puikiai atlieka savo funkciją yra tvirtas, gali atlaikyti 15-35kg svorį. Gaminys gali būti spausdinamas PLA ir ABS plastikais. Karabiną sudaro dvi dalys, kablys ir svirtelė, spausdinama be papildomų sienelių, todėl gaminio spausdinimo laikas yra sąlyginai trumpas. Savo internetinėje svetainėje kūrėjai pateikia kelis galimus karabinų dydžius ir dizainus tam, kad klientui būtų lengviau atrasti tai ko jis ieško [29].

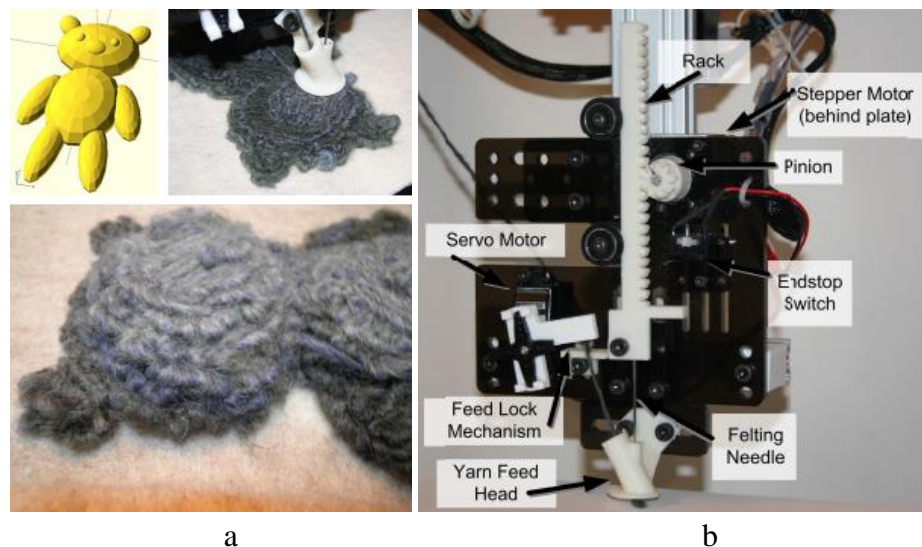


1.13 pav. a) 3D spausdinimo būdu pagaminta „Ivy“ delninių kolekcija [27]; b) kūrėjos Nancy Yi Liang sukurta rankinė, kurioje ji parodė, kaip nelankstų plastiką paversti lanksčiu [28]; c) „Enerdesign“ kūrėjų suprojektuotas karabinas [29]

1.6. 3D spausdinimo technologijų tyrimai pramonėje

3D spausdinimas tampa vis populiarešnis mados pramonėje. Ši inovacija pritaikoma norint sukurti unikalias detales, kurių tiek dizainas, tiek matmenys galėtų būti unikalūs. Tai pat ši technologija pasitarnauja kuriant kombinuotas medžiagas, jungiant jas kartu, ar kuriant audinių, medžiagų imitacijas.

Scott. E Hudson atrado visiškai kitokį 3D spausdinimo būdą, kurį būtų galima prilyginti siuvinėjimui ir siūlų vėlimui audinyje vienu metu. Ant audinio yra išsiuvinėjama tai, kas yra sumodeliuota kompiuterinėje programoje. Programa nuskaičius G kodą pradeda vykdyti žingsnius. Per vieną vamzdelį yra paduodamas siūlas, kitame įtvirtinama adata, kuri yra lyg įprasta adata, tik su įpjovomis ant paviršiaus, kas siūlas būtų suveliamas. Adata juda krumpleračių pagalba ir kartu paskui adata juda vilnonis siūlas, kuris yra perveriamas per audinį ir veliamas adatos pagalba. Juda tik viršutinė spausdintuvo dalis, kaip ir paprastai 3D spausdinimo procesuose platforma lieka stabili. Šiam procesui tęsiantis, vykdant nurodytus G kodo žingsnius yra sumodeliuojamas norimas objektas, kuris yra minkštas, švelnus, lankstus ir primena siuvinėtą objektą, tik tai pagaminama ne rankomis, o 3D spausdintuvo pagalba [30].



1.14 pav. Scott. E Hudson atrastas siuvinėjimo- spausdinimo būdas a) 3D spausdinamas objektas ; b) 3D spausdinimo įrenginys

Vienas iš sudėtingiausių 3D spausdinimo būdų, kai objektas yra spausdinamas tiesiogiai ant medžiagos. Šio būdo sėkme lemia keli aspektai: 3D medžiagų pasirinkimas, ant kokio paviršiaus bus spausdinama ir taip pat atstumų parinkimas tarp detalių, jei jos turi tarpusavyje susikabinti. Golisano informacinių technologijų koledžo studentai nustatė, kad 3D spausdintų spaudžių tvirtinimo procesas pats efektyviausias, kai medžiagoje, audinyje suformuojamose skylėse įtvirtinamos spaudės suklijuojamos karštos masės tekstiliniiais klijais [31]. Geriausias sukibimas tarp plastiko ir medžiagos vyksta pasirinkus medžiaga, kuri yra nelygaus paviršiaus. Šis metodas yra gana paprastas, išvengiama atsitiktinių klaidų.

Mados pramonėje vis dažniau 3D spausdinimo technologija panaudojama furnitūros spausdinimui. Sukuriami naujos tvirtinimo, sujungimo detalės. Visišką alternatyvą sagoms ir užtrauktukams sukūrė Didžiojoje Britanijoje įsikūrusio Birginhamo miesto mokslininkai. Šią sukabinimo jungtį sudaro vienoje pusėje esantys dantukai, kitoje sagos. Jungtys yra sukabinamos viena į kitą taip, kad dantukai prasikeistų ir susikabintų tarpusavyje. Sagos yra prisiuvinamos prie audinio, jų tvirtinimą galima atlikti tiek siuvant rankomis, tiek specializuota siuvimo mašina. Eksperimentiniai bandiniai buvo tvirtinami korseto tipo palaidinėje ir buvo pastebėta, kad atspausdinus gaminius iš kieto plastiko dėvėjimas nėra komfortabilus, kadangi bandiniai turi didelę trintį su kūnu, todėl kūrybinis procesas turi būti tesiamas ir tobulinamas. [32].

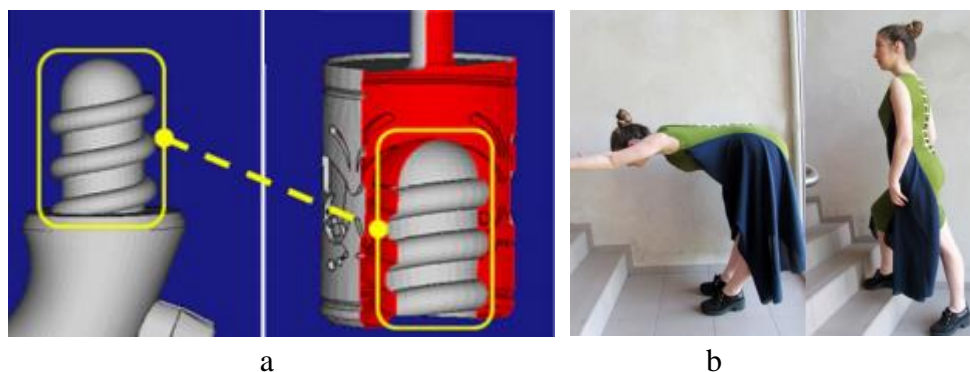


1.15 pav. a) Tiesioginis spaudžių tvirtinimo metodas prie medžiagos [31]. b) 3D spausdinimo metodu pagaminta jungtis [32]

Daugelis furnitūros detalių yra gaminama iš metalo, nes tai tvirta ir patikima medžiaga, bet tokių jungimo elementų gamyba yra sudėtinga ir medžiagos daug kainuoja, be to yra sunkios yra dažnai masyvios, todėl Singapūro Mechanikos inžinerijos universiteto mokslininkai sukūrė 3D spausdinta furnitūros detalę, varžtą, kuris yra atspausdintas 3D spausdintuvu. Varžtas susideda iš dviejų dalių. Pirmoji dalis - cilindro formos kaištis apjungtas spirale, o antroji varžto dalis tokios pat formos, tik didesnė ir vidus išformuotas taip, kad spiralės forma susijungtų su mažuoju varžtu. Šios dvi dalys sujungiamos tarpusavyje jas įsukant viena į kitą. Ši jungtis gali būti puiki alternatyva klijams, sagtims, ar kniedėms. Privalumai yra tokie, kad jungites nematyti, estetiškas vaizdas ir gaminiui suteikia lengvumo [33].

Nemažai bandymų yra atliekami 3D spausdinimą kombinuojant su medžiagomis, t.y. bandiniai yra tiesiogiai spausdinami ant medžiagos ar audinio ir nustatoma kokį poveikį dėvėjimuisi turės tokia medžiagų kombinacija. Būtent tokį bandinį atliko Kauno Technologijos Universiteto studentė Julija Balsytė. Tyrimui buvo pasirinkti keturi skirtingi šifoniniai audiniai ir 3D spausdinimo medžiagos: TPU, TPE, TPC plastikai. Buvo pagaminta šešiolika skirtingų bandinių kombinacijų, jos buvo

skalbiamos 40C temperatūroje. Atlikus tyrimą buvo nustatyta, kad tempiamos kombinuotos sistemos ištisa kinta priklausomai nuo plastiko kietumo. 3D spausdintas objektas padidina maksimalią ištįsą ir leidžia praplėsti netinkančių priglundusio silueto gaminiams, medžiagų funkcionalumą [34].



1.16 pav. a) 3D spausdintuvu spausdintas varžtas [33] b) 3D spausdintų medžiagų ir audinių kombinacijos tvirtumo tyrimas [34]

1.7. Literatūros apžvalgos apibendrinimas

3D spausdinimas - tai šių laikų inovacija, kurios galimybės yra neišnaudotos. Pasinaudojant šia technologija galima sukurti itin skirtingus objektus, kadangi 3D spausdinimo technologijos yra išstobulintos ir visi spausdinimo būdai yra itin skirtingi, turintys savo plusų ir minusų, bet svarbiausia, duodantys itin unikalius rezultatus. Vieni iš geriausiai žinomų ir plačiausiai naudojamų spausdinimo būdų, tai skysto, kieto ir miltelinio pagrindo spausdinimo būdai. Kaip ir spausdinimo būdai, taip ir spausdinimui skirtos medžiagos gali būti parenkamos atsižvelgiant į tai, kokio rezultato yra siekiama, taip pat kokios pajamos yra skirtos projektui, nes visos technologijos ir medžiagos turi savo kainą. Medžiagos gali būti įvairios, tiek metalas, plastikas, maistinės medžiagos ir t.t., bet vienos iš populiariausių visgi išlieka plastikas. Plastiką skirtą 3D spausdinimui gali būti įvairiausias: lengvas, bet stiprus ABS, atsparus smūgiams ir temperatūrai polikarbonatas, itin paprastas ir biologiškai skaidomas PLA plastikas ir daug kitų plastikų. Dažnai norint sukurti sudėtingesnes formas pasinaudojant 3D spausdinimo, stabdo tai, jog ne visi gebame naudotis modeliavimo programomis, bet šių programų modernumas ir galimybės taip pat žengia į priekį su technologijomis. Kai kurios iš jų sudėtingėja, su jomis galima atlikti vis daugiau funkcijų, sukurti sudėtingas formas ar itin realistiškus vaizdus, bet taip pat programuotojai atsižvelgia ir į mėgėjus, kurie nori paprastų, nesudėtingų programų, su kuriomis būtų lengva susidoroti daugeliui mėgėjų ir kuriems modeliavimas, 3d spausdinimas yra labiau hobis ar žaidimas, nei gyvenimo dalis.

3D spausdinimo technologijų populiarumą skatina tiek sąlyginai nedidelės gamybos ir paslaugų kainos, tiek tai, jog galima susikurti detales, gaminius, kurie būtų unikalūs, kurie yra gimę iš poreikio ar noro būti kitonišku. 3D spausdinimas gali būti pritaikytas versle, norint kurti išskirtinių dizainų objektus ar kuriamus objektus personalizuoti, kas šiomis dienomis itin populiariu, nes gi kiekvienas iš mūsų norime turėti daiktą, su savo inicialais. Šio projekto tyrimas gimė iš tiesioginės paklausos kuprinių reguliatorių, kurių įprastiniai dizainai itin nuobodūs, dažniausiai galimos medžiagos yra metalas, kuris gali būti tiesiog skirtingos spalvos arba skirtingo blizgesnio. Todėl šio tyrimo esmė sukurti reguliatorių, kuris būtų pritaikytas unikalaus dizaino odiniai, rankų darbo kuprinei, kuri sukurta aktyviai gyvenančiam žmogui, kuris su savimi nešiojasi daug daiktų, yra nuolatiniame veiksmė, daug keliaujantis ir kuriam reikalinga talpi kuprinė, unikalaus dizaino ir nereikalaujanti daug priežiūros.

2. TIRIAMOJI DALIS

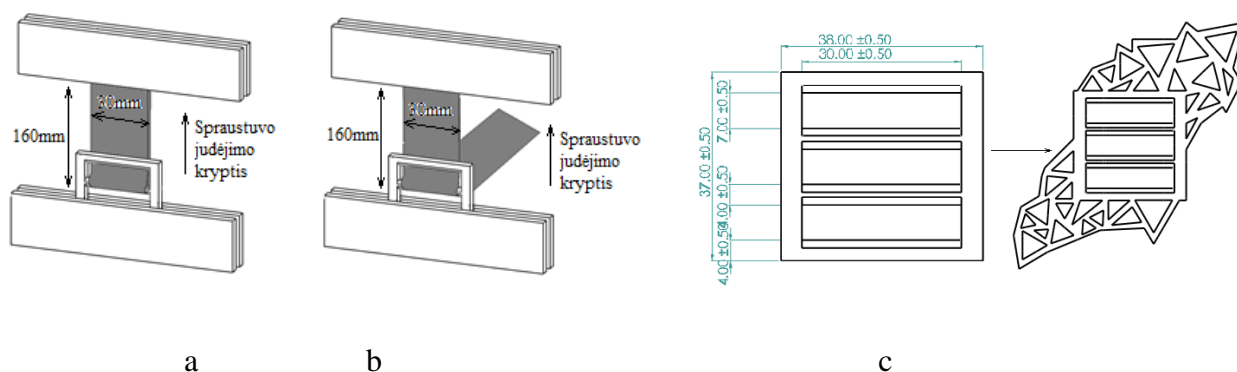
Šiuolaikinėje rinkoje dominuoja itin paprastų dizainų reguliatoriai, kurie dažnai atrodo itin nuobodūs, bei stanadartiniai. Tyrimo metu pasitelkus 3D spausdinimo technologiją, buvo sukurti tvirti, unikalaus dizaino, nestandartiniai gaminiai. Jiems tirti atlikti - stiprumo tempimui ir praslydimo bandymai. Jų metu keičiant vidinių ašių formą bei atstumus tarp jų, buvo nustatinėjamas optimaliausias reguliatoriaus dizainas: atitinkantis išsikeltus stiprumo tempimui bei praslydimui jėgos standartus.

2.1. Tyrimo metodika

Regulatoriai atspausdinti iš originalaus Ultimaker įmonės, sidabrinės spalvos PLA plastiko. PLA plastikas yra kieto pavidalo, suvyniotas ritėje, vielos skersmuo 2.85mm . Šis plastikas (1 Priedas) dažniausiai yra gaminamas iš kukurūzų, bet taip pat gali būti gaminamas iš cukrinių runkelių ar bulvių. Šis plastikas gali lengvai būti dažomas įvairiomis spalvomis, didelis tikslumas spausdinant gaminius, taip pat atspausdinami tvirti gaminiai. PLA pradeda lydintis prie 157- 170 laipsnių temperatūros [35].

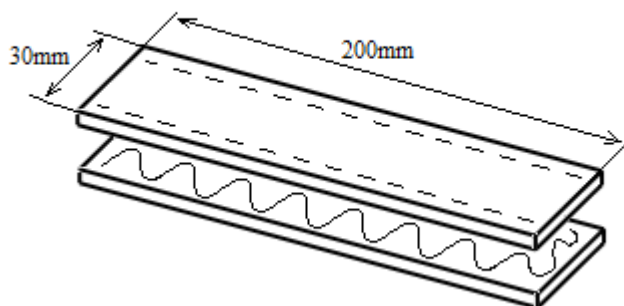
Norint kuo tiksliau atkartoti realias dėvėjimo sąlygas, tyrimo metu buvo atliekami stiprumo tempimui bei praslydimo bandymai. Tempimo bandymo metu buvo simuliuojama reguliavimo mazgo apkrova, norint nustatyti didžiausia galima mazgo stiprumą (žr. 2.1. Pav. a).

Praslydimo bandymo tikslas buvo imituoti diržo pasipriešinimą slydimui, norint įvertinti, tai, kokia jėga turi būti panaudojama, norint pakeisti petnešų ilgį (žr. 2.1. Pav. b).



2.17 pav. a) tempimo bandymo schema; b) praslydimo bandymo schema; c) pagrindinio elemento ir estetinio dizaino elemento derinimo idėjinė schema

Tempimo bandymams atlikti diržai, pagaminti iš natūralios dviejų sluoksnių natūralios odos, kurie tarpusavyje suklijuoti chemiais, specialiai odai skirtais klijais. Odos diržo plotis 30 mm, o ilgis 500mm (žr. 2.2 Pav.)



2.18 pav. Diržo schema

Tyrimas buvo pradėtas nuo standartinių reguliatorių paieškų. (žr. 2.3 Pav.) Buvo apžvelgta, tai kas jau yra rinkoje, ko norėtusi, kokie standartiniai jų matmenys ir kokie reguliatoriai yra paklausiausi. Pagal šia apžvalgą buvo nustatyta, kad dažniausiai naudojamas ir iš dizaino pusės geriausiai atrodantis reguliatoriaus plotis būtų 30mm, nors šiuo atveju kuprinės juostelės galimos bet kokio pločio, bet ateityje, gali būti noras pakeisti medžiagas, todėl šioje vietoje verčiau modeliuoti reguliatorių pagal dažniausiai pasitaikančius matmenis, kad neprireiktų kardinaliai keisti elementų.



2.19 pav. Standartiniai reguliatoriai

Modeliuojant reguliatorius išorinių sienelių matmenys buvo pasirinkti 4x4mm, atsižvelgus į rinkoje esančius analogus. Vidinių ašių matmenys bei forma buvo keičiami, norint nustatyti tinkamiausia, nustatytam svoriui atlaikyti. Tyrimai buvo atliekami taip pat norint nustatyti kokia jėga reikėtų panaudoti norint reguliuoti diržo ilgį jam esant reguliatoriuje. Šio bandinio esmė buvo keičiant vidinių ašių formą, matmenis ir tarpus tarp ašių nustatyti optimaliausia reguliatorių.

Paruošiant 3D spausdinimui skirtus modelius, buvo naudojama „Solidworks“ ir „Thinkercad“ programa. Modeliavimas buvo atliekamas laikantis šios schemos:

- a) nubraižomas detalės eskizas pagal reikiamus matmenis;
- b) sukuriama detalės trimatis modelis;
- c) modelis išsaugojamas STL formatu, kuris trikampaiais aprašo detalės formą.

Toliau STL modelis apdorojama specialia *Ultimaker Cura* programa, kurios tikslas yra sukurti spausdinimo kelią. Kitaip vadinama G-kodu (žr. Pav. 2.4). Šioje programoje reguliatoriai išdauginami po 5 vienetus, dažniausiai po tris serijas, kad spausdintuvas atspausdintų kuo daugiau detalių vienu metu ir darbas vyktų produktyviau.

```

;FLAVOR:UltiGCode
;TIME:23816
;MATERIAL:14202
;MATERIAL2:0
;NOZZLE_DIAMETER:0.4
;Generated with Cura_SteamEngine 4.0.0
M82 ;absolute extrusion mode

G92 E0
G10
;LAYER_COUNT:119
;LAYER:0
M107
G0 F2880 X60.212 Y90.01 Z0.27
;TYPE:SKIRT
G11
G1 F1440 X60.716 Y89.689 E0.05647
G1 X61.258 Y89.437 E0.11295
G1 X61.83 Y89.26 E0.16953
G1 X62.419 Y89.161 E0.22598
G1 X62.865 Y89.139 E0.26817
G1 X159.636 Y89.138 E9.41303
G1 X160.233 Y89.178 E9.46958
G1 X160.819 Y89.297 E9.52608
G1 X161.384 Y89.493 E9.5826
G1 X161.917 Y89.763 E9.63906
G1 X162.41 Y90.102 E9.6956
G1 X162.854 Y90.503 E9.75214
G1 X163.24 Y90.96 E9.80867
G1 X163.561 Y91.464 E9.86514
G1 X163.813 Y92.006 E9.92162
G1 X163.99 Y92.578 E9.9782
G1 X164.089 Y93.167 E10.03464
G1 X164.111 Y93.614 E10.07694

```

2.20 pav. G- kodas

Itin svarbu detales išdėlioti, kad būtų minimaliai bent po 2 cm nuo platformos kraštų, nes spausdintuvai negali spausdinti prie pat platformos kraštų. Itin svarbu nustatyti tinkamus spausdinimo parametrus, nes nuo jų priklauso detalės kokybė, stiprumas ir spausdinimo greitis, visi parametrai matomi 2.1 lentelėje.

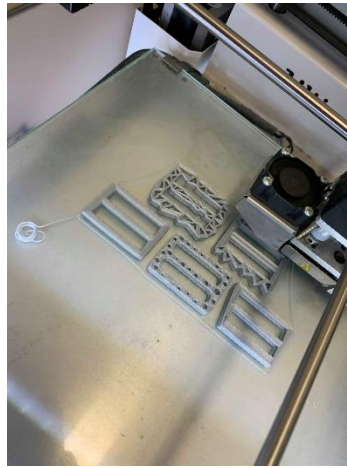
2.1 lentelė. Spausdinimo parametrų lentelė

Sluoksnio storis	0,1 mm
Gaminio užpildymas	100 %
Spausdinimo temperatūra	210 C
Spausdinimo platformos temperatūra	60 C
Spausdinimo greitis	40 mm/s
Purkštukas (<i>nozzle</i>)	0,4 mm

Prieš spausdinant būtina paruošti spausdintuvo platformą, ją švariai nuvalyti, kad neliktų plastiko likučių, nuo praėjusių spausdinimų ir nupurkšti medžiaga, kuri pagerina adheziją tarp platformos ir

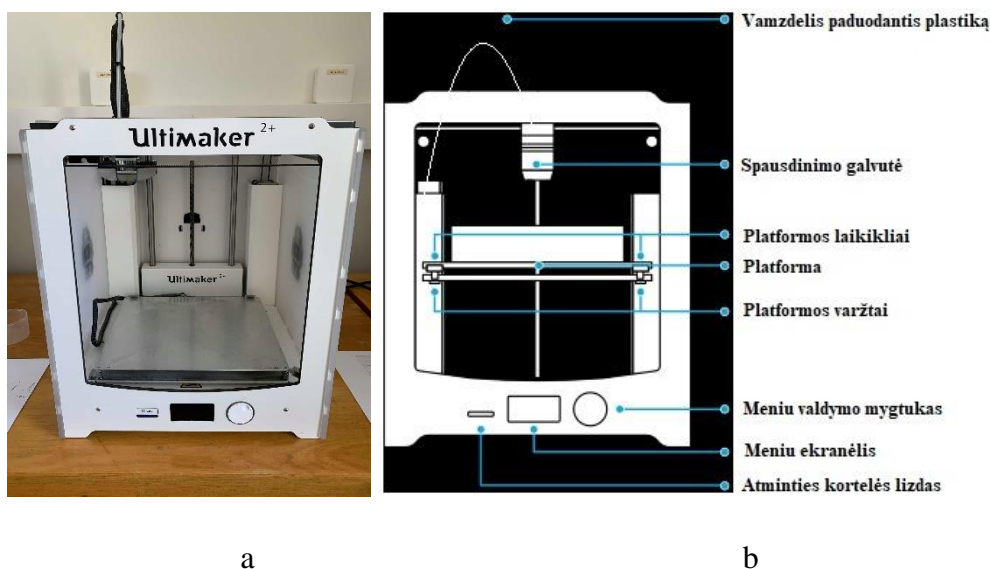
temoplastiko. Iš kompiuterio duomenys yra perkeltami į atminties kortelę, iš jos į 3D spausdintuvą (žr. 2.2 pav. a). Parenkamas anksčiau sukurtas , kurį norima atspausdinti. Toliau procesas vyksta pagal G- kodą:

- Platforma ir kaitinimo galvutė įkaitinama iki reikiamos temperatūros;
- platforma pakyla iki padavimo elemento nustatyto atstumu ~0,1 mm;
- pirmiausiai yra atspausdinamas kontūras, kuris pažymi kuriame bus detalės ir toliau spausdina detalių pirmuosius sluoksnius.
- Spausdinimo galvutė juda X; Y ašimis formuodama G - kode užprogramuota formą. Spausdinimo galvutei judant aukštyn (Z kryptimi) atspausdintas sluoksnis atvėsta ir sukietėja (žr. 2.5 pav.).



2.21 pav. Detalių spausdinimo pavyzdys

Spausdinimo procesas vyksta ilgai, tai priklauso nuo detalių dydžio ir kiekio, ilgiausiai buvo spausdinta apie 15 valandų, spausdintuvas buvo paliekamas vienas, baigęs darbą, jis tiesiog pats išsijungdavo ir tik kitos dienos rytą būdavo nuimamos detalės (žr. 2.5 pav).



2.22 pav. „Ultimaker 2+“: a) 3D spausdintuvas; b) 3D spausdinimo principinė schema

2.2 lentelė. 3D spausdintuvo „Ultimaker 2+“ pagrindinės charakteristikos [36]

Eil. Nr.	Parametras	Reikšmė
1.	Galimos eksplotacinės medžiagos	PLA; ABS; Nylon; CPE; CPE+; PC; PP; TPU 95A
2.	Spausdinimo galvutės diametras, mm	0,25; 0,4; 0,6; 0,8
3.	Maksimalus spausdinamo objekto dydis, mm	223x223x205
4.	Spausdinamo sluoksnio storis, mm	0,25; 0,4; 0,6; 0,8
5.	Spausdinimo greitis, mm/s	0,25mm sluoksnį: <8mm ³ /s; 0,4mm sluoksnį: <16mm ³ /s; 0,6mm sluoksnį: <23mm ³ /s; 0,8mm sluoksnį: <24mm ³ /s;
6.	Spausdinamos medžiagos diametras, mm	2,85

Pasibaigus spausdinimo procesui būtina palaukti kol detalės visiškai atšąs ir sustings, kad nuimant nuo platformos jos nesideformuotų. Paprastai jos būna ganėtinai tvirtai prikibusios prie platformos, todėl dažnai norint nuimti reikia pasinaudoti peiliuku, kad jos atsoktų.

2.2. 3D spausdintų reguliatorių stiprumo ir praslydimo nustatymo tyrimo metodika

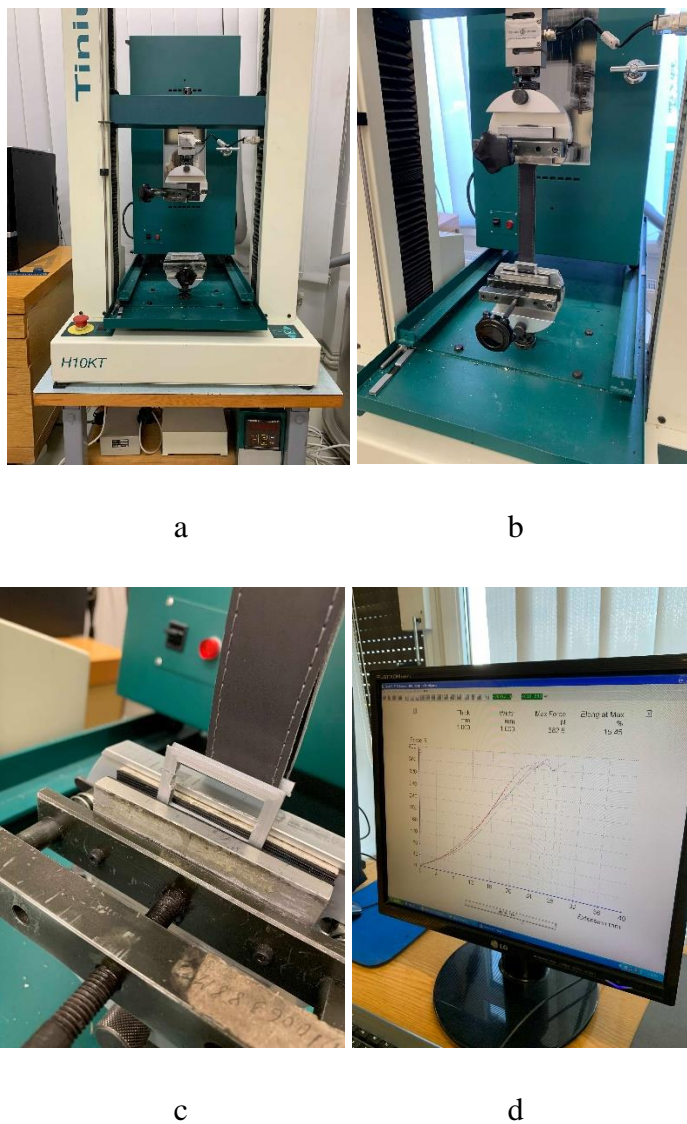
Siekiant nustatyti sukurtų reguliatorių stiprumą atliekami tempimo bandymai iki nutrūkimo. Tempimas atliekamas reguliatoriams, kurie yra pagaminti iš vienodos PLA medžiagos ir atspausdinama identiškomis sąlygomis nurodytomis 2.1 skyriuje, t.y. bandiniai buvo spausdinami vienodais parametrais. Šio bandymo metu nustatoma kokių geometrinių parametų reguliatoriai atlaikytų reikiamas apkrovas. Ši kuprinė skirta aktyviai gyvenančiam žmogui, kuris į kuprinę talpina daiktus, viso sveriančius minimaliai 15kg. Tiek bandiniai, tiek diržai skirti patikrinti bandinių stiprumui yra unikalūs, dar niekada netirti, todėl ir jėgos nėra standartinės. Bandinių stiprumas yra matuojamas jėga F , N .

Bandymai yra atliekami „Tinius Olsen H10KT“ tempimo mašina (žr. 2.7 Pav. a, b). Tempimo mašinos parametrai pavaizduoti 2.3 lentelėje. Bandinys yra įtvirtinamas į apatinį spraustuvą (žr. 2.1 pav), diržas perneriamas per vidinę regulatoriaus ašį, diržo galai įtempiami ir įtvirtinami į viršutinį spraustuvą (žr. 2.7 Pav. b). Kompiuteryje atidaroma „Qmat“ programa, kurioje galima matyti tempimo proceso rodiklius, realiu laiku. Matuojama tempimo jėga F , N ir bandinio ištįsa, mm.

2.2 lentelė. Tempimo parametrai

Atstumas tarp spraustuvų	160 mm
Viršutinio spraustuvo greitis	25 mm/ min
Tempimo jėgos diapazonas	0-2500 N

Bandinys yra tempiamas vertikaliai į viršų iki nutrūkimo, užfiksuojant maksimalią tempimo jėgą (žr. 2.7 pav. c). Duomenys fiksuojami didžiausia jėga iki nutrūkimo momento. Detaliai nutrūkus bandinys išimamas iš įrenginio ir procesas kartojamas.

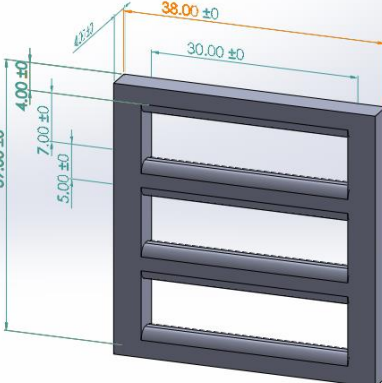
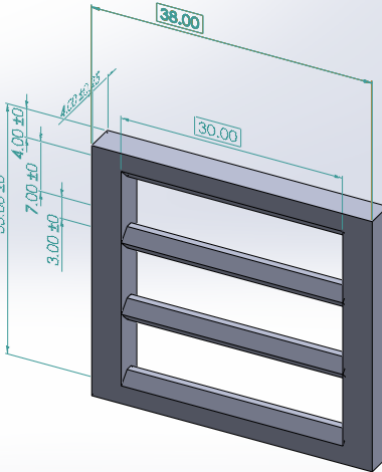
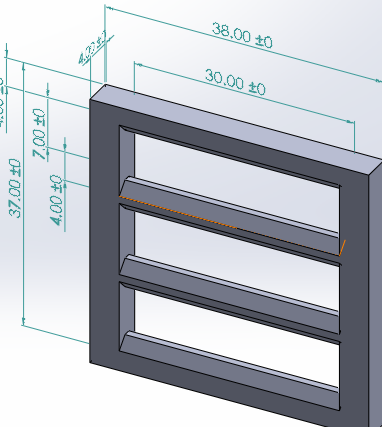


2.23 pav. Tempimo bandymas: a) „Tinius Olsen H10KT“ tempimo mašina; b) regulatoriaus ir odinio diržo tvirtinimas spraustuose; c) bandinio trūkimas; d) „Qmat“ programa

Kiekvienas bandinys yra atskirai koduojamas, tam, kad nepasimesti tarp jų įvairovės. Pirmojoje kodo raidėje yra pažymima tyrimas (*S-stirpumas*), antrojoje ir trečiojo raidėje, vidinės ašies forma (*AP-apvalinta forma*), (*NF-nuožulni forma*), ketvirtajame simboliuje matomas skaičius, kuris reiškia tai, kokio storio yra vidinė ašis. Šis kodavimas yra labai paprastas, nesudėtingas ir lengvai padeda suprasti kiekvieno bandinio tyrimo rezultatus (žr. 2.4 lentelę).

2.3 lentelė. Regulatoriai skirti stiprumo bandymams atlikti

Eil.Nr.	Kodas	Brėžinys	Aprašymas
1.	SAP2		<p>Vidinių ašių storis: 2x4mm;</p> <p>Tarpai tarp vidinių ašių: 7mm.</p> <p>Vidinių ašių apvalinimas: 1mm</p>
2.	SAP3		<p>Vidinių ašių storis: 3x4mm;</p> <p>Tarpai tarp vidinių ašių: 7mm.</p> <p>Vidinių ašių apvalinimas: 1,5mm</p>
3.	SAP4		<p>Vidinių ašių storis: 4x4mm;</p> <p>Tarpai tarp vidinių ašių: 7mm.</p> <p>Vidinių ašių apvalinimas: 1,5mm</p>

4.	SAP5		<p>Vidinių ašių storis: 5x4mm;</p> <p>Tarpai tarp vidinių ašių: 7mm.</p> <p>Vidinių ašių apvalinimas: 1,5mm</p>
5.	SNF3		<p>Vidinių ašių storis: 3x4mm;</p> <p>Tarpai tarp vidinių ašių: 7mm.</p> <p>Vidinių ašių kampų nuėmimas: 1,5mm</p>
6.	SNF4		<p>Vidinių ašių storis: 4x4mm;</p> <p>Tarpai tarp vidinių ašių: 7mm.</p> <p>Vidinių ašių kampų nuėmimas: 1,5mm</p>

Praslydimų tyrimas buvo atliekamas norint iširti kokia jėga bus panaudojama norint pakeisti petnešų ilgį. Tyrimas atliekamas pasinaudojant „Tinius Olsen H10KT“ tempimo mašina (žr. 2.8 pav.). Regulatoriaus apatinė ašis yra įtvirtinama tarp apatinių spraustuvų, o viršutininiame spraustuve yra įtvirtinamas vienas odinio diržo galas (žr. 2.8 pav). Praslydimų tyrimo parametrai tokie patys kaip ir tempimo bandymo metu (2.3 lentelė). Diržo laisvas galas yra perneriamas per vieną iš vidinių regulatoriaus ašių ir tuomet paleidžiama kompiuterinė „Qmat“ programa, kurioje galima matyti praslydimų proceso rodiklius, realiu laiku yra matuojama tempimo jėga Bandymai buvo atliekami su keturiais skirtingų tipų bandiniais. Pradedant tyrimus buvo planuojama keisti tik atstumus tarp vidinių ašių, nes buvo manoma, kad tai turi didžiausią įtaką praslydimui, deja pradėjus bandymus, pagal gautus rezultatus buvo pastebėta, kad tarpai tarp vidinių ašių didelės įtakos jėgoms neturi, todėl buvo keičiama jų forma (žr. 2.5 lentelė).

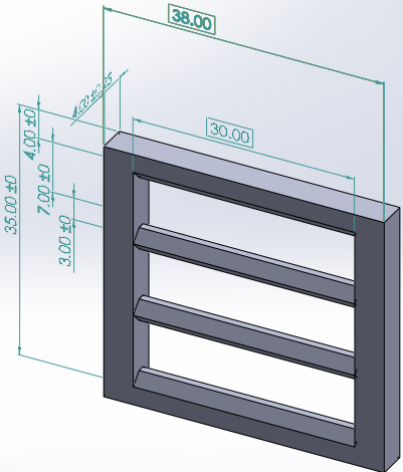
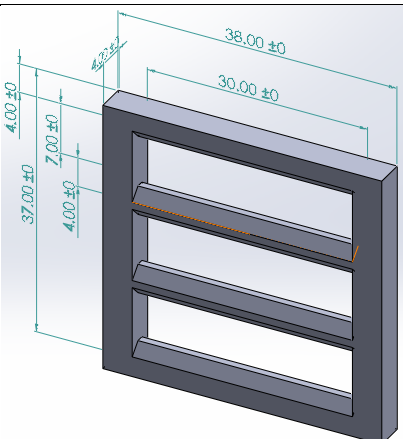


0.24 pav. Praslydimo bandymas: reguliatoriaus ir odinio diržo tvirtinimas spraustuvoose

Regulatoriams atpažinti buvo sukurti kodai, kurių kiekviena raidė turi skirtingą prasmę. Pirmoje raidė, tai tyrimo pavadinimas (*P-praslydimas*), dvi sekancios raidės žymi vidinių ašių formas (*AP-apvalinta forma*)(*NF-nuožulni forma*), o skaičius žymi tai, kokio pločio yra vidinės ašys [2.5 lentelė].

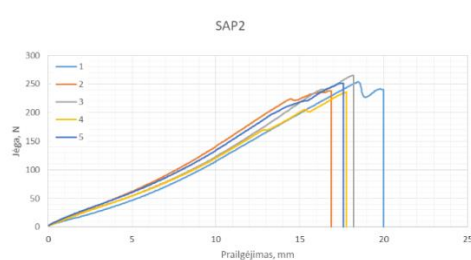
2.4 lentelė. Regulatoriai skirti praslydimo bandymams atlikti

Eil. Nr.	Kodas	Brėžinys	Aprašymas
1.	PAP6		<p>Vidinių ašių storis: 4x4mm;</p> <p>Tarpai tarp vidinių ašių: 6mm.</p> <p>Vidinių ašių apvalinimas: 1,5mm</p>
2.	PAP8		<p>Vidinių ašių storis: 4x4mm;</p> <p>Tarpai tarp vidinių ašių: 8mm.</p> <p>Vidinių ašių apvalinimas: 1,5mm</p>

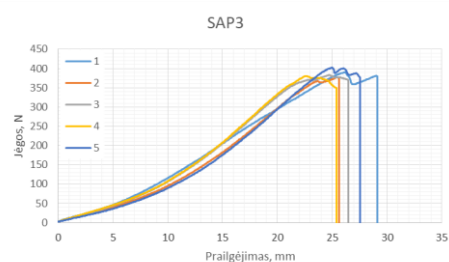
3.	PNF3		<p>Vidinių ašių storis: 3x4mm;</p> <p>Tarpai tarp vidinių ašių: 7mm.</p> <p>Vidinių ašių kampų nuėmimas: 1,5mm</p>
4.	PNF4		<p>Vidinių ašių storis: 4x4mm;</p> <p>Tarpai tarp vidinių ašių: 7mm.</p> <p>Vidinių ašių kampų nuėmimas: 1,5mm</p>

2.3. Stiprumo tyrimo rezultatai

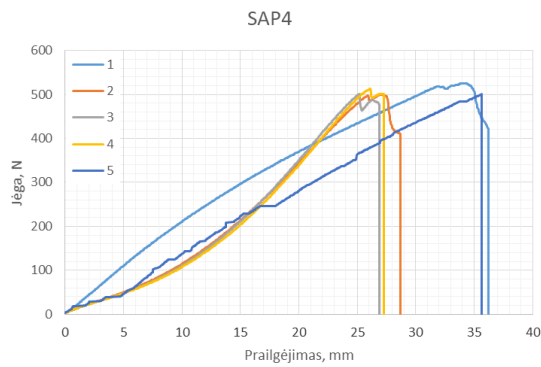
Siekiant nustatyti skirtingų reguliatorių stiprumą, kai jų vidinių ašių storiai yra skirtingi buvo pasitelkta tempimo bandymui skirtas įrenginys „Tinius Olsen H10KT“. Atliekant tyrimą su bandiniu SAP2, kurio vidinės ašies storis 2mm buvo ištirta, kad jis atlaiko mažiausias apkrovas [2.10 lentelė] lyginant su bandiniais SAP3, SAP4, SAP5, SNF3, SNF4 (2.9 Pav. a). Visų penkių tirtų bandinių kreivės- jėgos ganėtinai panašios. SAP2 testo metu buvo nustatyta, kad vidutinė trūkimo jėga yra 249 N, tačiau pastebėta, maža sklaida rodanti didelį bandinių panašumą. Tempimo kreivės grafike galima pastebėti, kad labiausiai išsitempė penktoji sistema, prailgėjimas buvo 20mm, kai kitų sistemų prailgėjimas buvo 17mm arba 18mm. Kadangi diržas buvo gaminamas iš natūralios odos, jo savybės turėjo didelę įtaką tyrimo rezultatams. Palyginant gautus duomenis, kai bandinių vidinių ašių storis buvo 3mm (SAP3) galima pastebėti, kad šie bandiniai atlaikė 137N daugiau jėgos, nei bandinių su vidiniu ašių storiu buvo 2 mm.



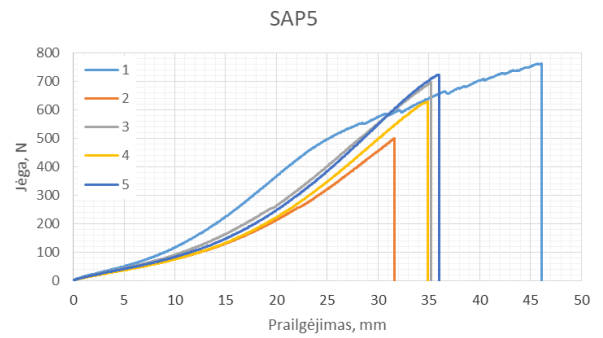
a



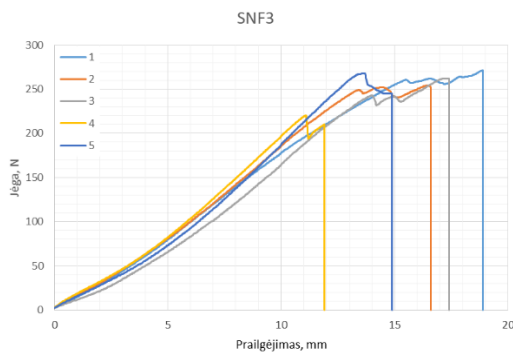
b



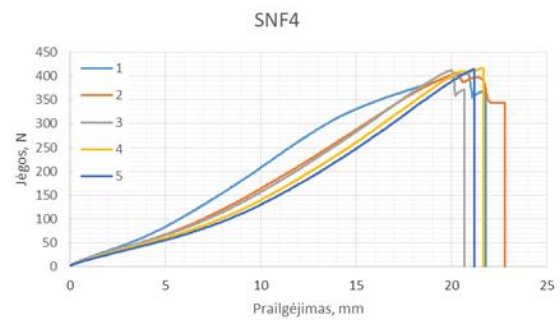
c



d



e

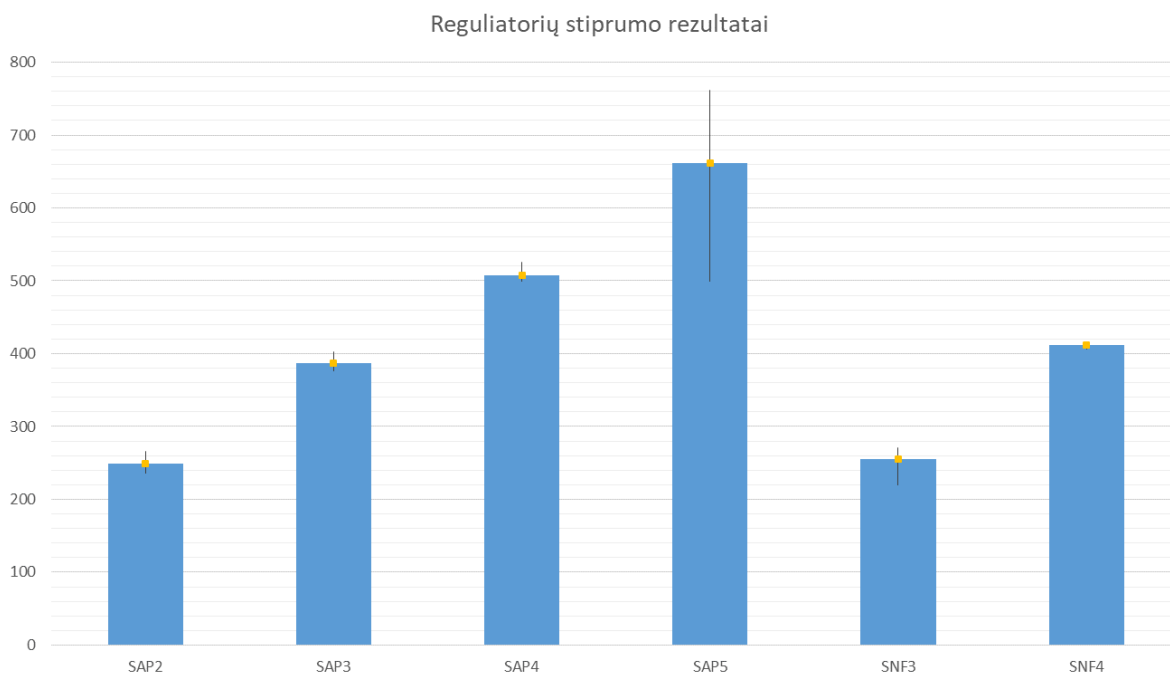


f

2.25 pav. Tipinės bandinių tempimo kreivės: a) SAP2; b) SAP3; c) SAP4 ; d) SAP5; e) SNF3; f) SNF4

Bandinių tempimo lentelėje matomuose rezultatuose galima akivaizdžiai pastebėti, kad SAP3 bandinių atlaikoma jėga yra 36% didesnė, nei SAP2 (žr. 2.6 lentelę). Bandinių su trijų milimetrų vidinių ašių storiu jėgos tarpusavyje ganėtinai panašios, tempimo grafike nepastebima didelių skirtumų, tik penktojo bandinio prailgėjimas keletu milimetrų didesnis, nei kitų (2.9 Pav). Ši tendencija buvo pastebėta visuose atliktuose testuose, dėl anksčiau minėtų su diržu susijusių

priežasčių.



2.26 pav. Reguliatorių stiprumo rezultatai

Geresni rezultatai matomi bandinyje SAP4 (2.9 Pav c). Pačios bandinių jėgos gana panašios, visi bandiniai atlaiko apie 500 N jėgos. Atliekant pirmojo bandinio tempimą buvo nustatyta maksimali trečiojo testo jėga 525 N, toliau tęsiant testą, buvo pastebėta itin nežymūs jėgų pasikeitimai, jėgos svyravo apie 20 Niutonų diapozone.

2.5 lentelė. Bandinių tempimo apibendrinimo lentelė

Bandiniai / Maksimalios jėgos, N	1	2	3	4	5	Minimali reikšmė	Maksimali reikšmė	Vidurkis
SAP2	254	238.25	265.6	236.25	251.6	236.25	265.6	249.14
SAP3	390.8	376.4	382.8	380.4	402	376.4	402	386.48
SAP4	525	499.5	501	512.25	500.25	499.5	525	507.6
SAP5	761.6	499	695.25	628.5	722.25	499	761.6	661.32
SNF3	271.2	254	262.4	220.25	268	220.25	271.2	255.17
SNF4	406	408	412.5	416.5	415	406	416.5	411.6

Bandinys SAP5, buvo kitoks savo matmenimis, nei bandiniai SAP2, SAP3, SAP4. Prieš tai aprašytų bandinių ašys buvo mažesnės arba vienodo storio su išoriniu rėmeliu, o bandinio SAP5 vidinės ašys storesnės vienu milimetru, nei išorinės, todėl ir trūkimas visiškai kitoks, nei daugelio bandinių. Bandinys nutrūko ties išorine ašimi (2.9 Pav). SPA5 pirmasis ir penktasis bandiniai atlaikė itin dideles jėgas virš 700 N, tik penktasis bandinys jau ties 500 N jėga pradėjo trūkinėti. Pats silniausias bavo antrasis bandinys, pirmasis įtrūkimas pastebėtas ties 250 N, o viso atlaikė taip pat palyginus nedidele jėgą 500 N. Kreivėse galima pastebėti, kad pirmasis bandinys išsitempė net iki 46 mm, tai yra ganėtinai daug, palyginti su kitų bandinių pailgėjimais (2.6 Pav. d).

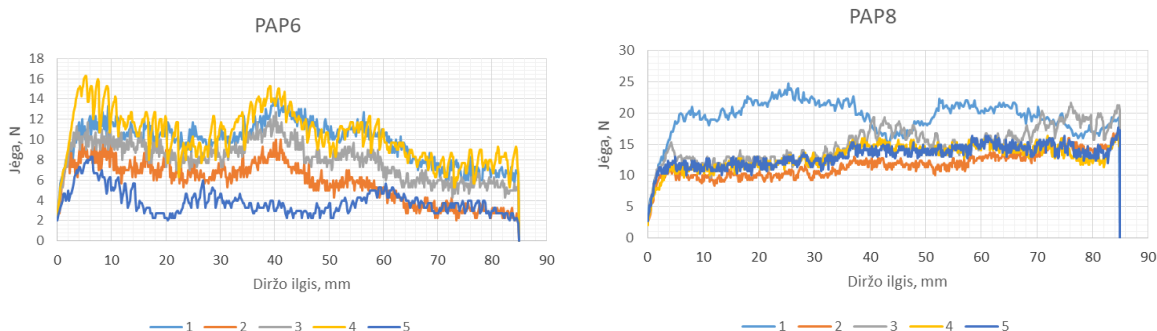


2.27 pav. SAP2; SAP3; SAP4; SAP5; SNF3; SNF4 bandiniai po trūkimo

Bandinio SNF3 vidinių ašių forma buvo kitokia, nei prieš tai buvusių. Kraštinės kur kas nuožulnesnės, nei bandinių SAP2, SAP3; SAP4 ir SAP5. Pakeista forma turėjo įtakos bandinių stiprumui, kadangi ašys automatiškai tapo plonesnės ir ne tokios stiprios, pakeitus jų formą. Lyginant bandinių SAP3 ir SNF3 stiprumus, lentelėje galima pastebėti, kad jėgų skirtumas buvo net 131 N. SNF3 visų bandinių jėgos buvo ganėtinai panašios, tik ketvirtas bandinys atlaikė šiek tiek mažiau jėgos nei visi kiti, t.y. 220 N, kai kiti bandiniai atlaikė apie 260 N [2.7 lentelė.]. Kreivėse galima pastebėti, kad bandinių prailgėjimas buvo gana skirtingas, mažiausiai prailgėjęs bandinys buvo 12 mm, o daugiausiai 19 mm [2.9 Pav. e)]. Ši tendencija kartojasi daugelyje bandinių, kad didžiausia prailgėjimą turėjo pirmasis bandinys. SNF4 bandinių rezultatai tarpusavyje buvo identiški. Vidutiniškai visi bandiniai atlaiko 411 N jėgą, o skirtumas tarp mažiausiai atlaikančio ir daugiausiai atlaikančio regulatoriaus 10N, tai rodo, kad visi bandiniai tarpusavyje labai panašūs, nebuvo nesklandumų spausdinime. Prailgėjimo rezultatai taip pat itin panašūs skirtumas tarp bandinių išsitempimo rezultatų vos keletas milimetrų [2.9 Pav.].

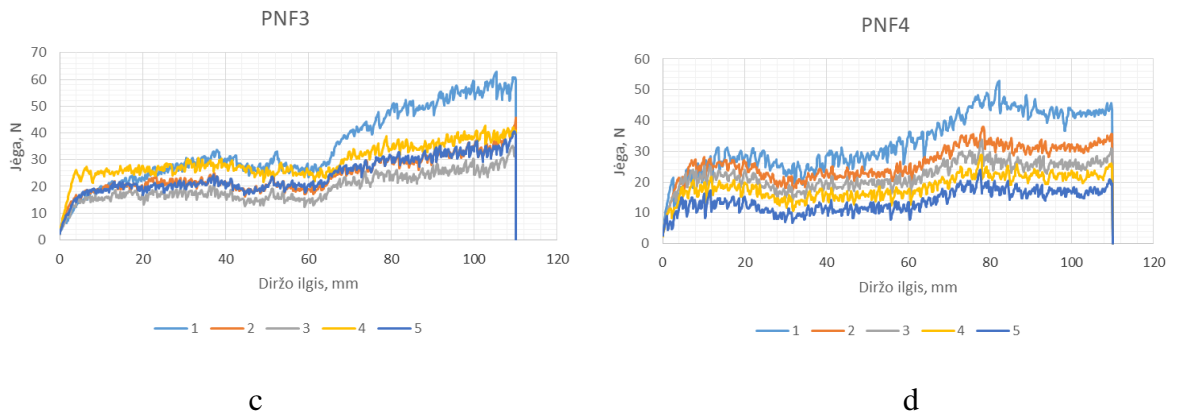
2.4. Praslydimo tyrimas

Šiam tyrimui atlikti sumodeliuoti regulatoriai buvo atspausdinti identiškomis sąlygomis, išorinių sienelių matmenys taip pat identiški, tik keičiasi vidinių ašių matmenys ir formos [2.14 Pav.]. Forma buvo keičiama, nes tyrimo eigoje, buvo pastebėta, kad tarpai tarp vidinių ašių praslydimui didelės įtakos neturi, todėl buvo nuspręsta padaryti vidinių ašių kraštus šiek tiek nuožulnesnius, ne tokius apvalintus. Bandinių PAP6 praslydimo kreivėse galima pastebėti, kad rezultatai yra ganėtinai panašūs, tik pirmojo bandinio traukimo proceso eiga šiek tiek kitokia, nei kitų bandinių, visų kitų bandinių judėjimas itin panašus, galima teigti, kad tam didžiausia įtaka turėjo odinis diržas ir jo individualios savybės: išgavimo vieta, kryptis ir išdirbimas. Bandiniui PAP6, kai tarpai tarp vidinių ašių yra 6 mm, praslydimui reikia 17 N jėgos, šis bandinys praslysta veikiant mažiausiai jėgai lyginant su bandiniais PAP8; PNF3; PNF4.



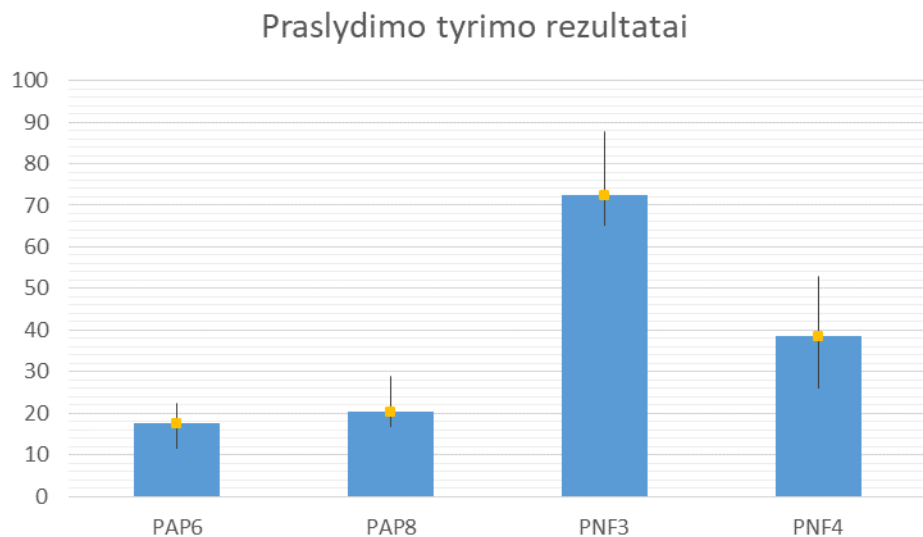
a

b



2.28 pav. Tipinės bandinių praslydimo kreivės: a) PAP6; b) PAP8; c) PNF3; d) PNF4

Bandinio PAP8, kai tarpai tarp vidinių ašių yra 8 mm kreivės gana panašios, tik ypatingai išsiskiria pirmojo bandinio kreivė, bandinio praslydimui reikėjo žymiai didesnių jėgų. Itin identiškos antrojo, trečiojo ir ketvirtojo bandinių kreivės, judėjimo kelias užfiksuotas beveik vienodas (2.12 Pav. b). Trečiojo bandinio kreivė juda šiek tiek kitaip, daugiausiai jėgų pareikalauja, kai diržas yra prasislinkias 45 mm ir 70-85 mm.



2.29 pav. Reguliatorių praslydimo tyrimo rezultatai

Itin dideli rezultatų pasikeitimai buvo pastebėti, kai buvo pakeistos bandinio vidinių ašių formos, kai buvo briaunos sumodeliuotos nuožulnesnės formos (2.14 Pav). PNF3 bandinių vidutinė jėga buvo 72 N, tai net tris kartus didesnė jėga, nei PAP6 ir PAP8 bandiniuose panaudota jėga (2.7 lentelė). Kreivėse itin išraiškingai matoma dėsningumas, kad tikrinant visus bandinius, jų jėgos kito labai panašiai tose pačiose diržo vietose ir visuose bandiniuose jėgos dėsningai didėjo, traukiant diržą (2.12 Pav. b).

2.6 lentelė. Bandinių praslydimo apibendrinimo lentelė

Bandiniai / Maksimalios jėgos, N	1	2	3	4	5	Minimali reikšmė	Maksimali reikšmė	Vidurkis
PAP6	22.3	11.7	17.3	18	18	11.7	22.3	17.46
PAP8	28.7	16.7	21.7	17.7	17.3	16.7	28.7	20.42
PNF3	87.7	72.3	65.3	68	69	65.3	87.7	72.46
PNF4	53	46	37.3	30.7	26	26	53	38.6

PNF4 bandinio praslydimui prirėikė mažesnės jog, nei bandiniui PNF3, nors vidinių ašių kaimpai taip pat buvo nuožulnūs, bet ašies storis buvo didesnis ir automatiškai briaunos gavosi ne tokios aštrios, kaip PNF3 bandinių, todėl praslydimas pareikalavo vidutiniškai 38 N jėgos (2.7 lentelė).

Bandinių tyrimų kreivėse galima matyti tendencingai augančias bandinių jėgas ir kiekvieno bandinio krėvės juda identiškai viena kitai.



2.30 pav. PAP6; PAP8; PNF3; PNF4 bandiniai po trūkimo ir praslydimo bandymo

2.5. Rezultatų apibendrinimas

Apibendrinant gautus rezultatus galima teigti, kad tiriant bandinių stiprumą buvo pastebėta, jog priklausomai nuo regulatoriaus vidinių ašių storio priklausys ir jėgos didumas, kuo ašies storis didesnis, tuo ir jėga iki bandinio trūkimo yra didesnė. Daugelio bandinių paklaidos ganėtinai nedidelės, išskyrus bandinį SAP5. Šio bandinio rezultatai yra šiek tiek kitokie, nes vidinės ašys buvo storesnės nei išorinės ašys ir regulatoriaus trūkimas įvyko ties išorine ašimi, o ne vidine. Taip pat grafike galima pastebėti, kad nėra didelės įtakos ašies formos pasikeitimui, nes jėgos išliko ganėtinai panašios, nors vizualiai vidinės ašys atrodo šiek tiek plonesnės, kai forma yra nuožulni. Atliekant praslydimo tyrimą, tyrimo eigoje buvo pastebėta, kad tarpai tarp regulatoriaus vidinių ašių didelės įtakos bandymo rezultatams neturi, todėl buvo nuspręsta, kad bus keičiamos reguliatorių vidinių ašių formos ir tikrinama ar tai turi įtakos jėgoms. Bandymas pasiteisino. Diagramose galima pastebėti, kaip pakitus bandinių formoms pasikeičia jėgos. Ypatingai didelė praslydimo jėga buvo panaudota bandinyje PNF, kadangi šio bandinio nuožulnumas buvo didžiausias, aštrusias kampas sukėlė didžiausia pasipriešinimą diržo judėjimui. Išanalizavus visus tyrimų rezultatus buvo nuspręsta, kad konstruojamame gaminyje bus naudojamas PNF4 reguliatorius, kurio tiek vidinių, tiek išorinių sienelių storis yra 4mm ir vidinių ašių forma yra nuožulni. Šis reguliatorius atlaiko minimaliai 400 N jėgą, tokios jėgos užtenka kuprinei, taip pat vizualiai atrodo geriausiai, kadangi ašių storis dera tarpusavyje ir nereikalauja itin didelės jėgos norint pakeisti kuprinės petnešų ilgius (380 N).

3. TYRIMŲ REZULTATŲ ĮGYVENDINIMAS DIZAINO PROJEKTE

3.1. Rinkos analizė ir tyrimo taikymo galimybės

Daugelis reguliatorių ir furnitūros detalių, esantys rinkoje, yra tarpusavyje labai panašūs: dizainu, medžiagomis, matmenimis ir formomis (žr. 3.1 Pav.). Susipažinus su 3D spausdinimo technologijomis buvo nuspręsta, kad šią technologiją galima puikiai integruoti į mados pramonę ir verslą. Šios technologijos pagalba klientui galima pasiūlyti unikalų gaminį, kuris būtų išskirtinio dizaino. Internetinėje erdvėje randama daug įvairių modeliavimo programų, kai kurios iš jų yra itin sudėtingos, kitomis itin paprasta naudotis. Klientas be didelių pastangų gali susimodeliuoti savo norima reguliatoriaus dizainą arba rasti juos patalpintus internetinėje svetainėje, kurioje jie nuolatos būtų atnaujinami. Ši unikali idėja pasitarnaus ir tiems, kas nori susikurti ar padovanoti personalizuota produkta, nes su 3D spausdinimo technologija itin paprasta užrašyti norimus inicialus ir juos atspausdinti.



3.31 pav. Rinkoje esantys reguliatoriai [38]

Šiuolaikiniam pasaulyje vyksta nuolatinis judėjimas, paprastai visi skuba. Daugelis žmonių juda iš vieno taško į kitą tašką, be tarpinės stotelės- namai, todėl su savim kartu pasiima nemaža kiekį daiktų. Dažnai tai būna ne tik kompiuteris, pakrovėjas ar telefonas, bet ir priešpiečių dėžutė ar gertuvė, todėl prieš keletą metų atsirado nauja mada, kurioje kuprinė nebetenka savo sportinio krepšio įvaizdžio, o tampa tiesiog laisvalaikio ar kiekvienos dienos aksesuaru. Keitėsi ne tik kuprinių paskirtis, bet ir įvaizdžiai. Dabar jos gaminamos iš skirtingų medžiagų, tokių kaip: dirbtinė oda, neoprenas, džinsas, megztinės medžiagos, natūrali odos ir daugelio kitų. Kaip ir medžiagos taip ir kuprinių dydžiai gali būti itin skirtingi. Vienos iš jų nedidelės, labiau skirtos moterims, vakarą praleisti mieste, o kitos didelės, masyvios, kuriose galima talpinti daug, įvairių daiktų.

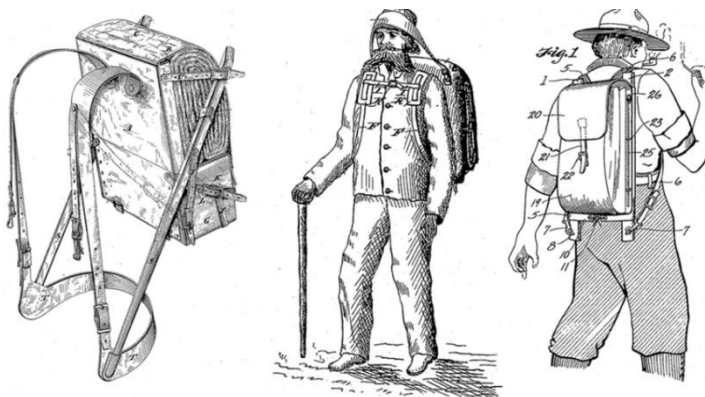


3.32 pav. Rinkoje dominuojantys skirtingi kuprinių pavyzdžiai

Kuprinių formos taip pat gali būti itin skirtingos: apvalios, kvadratinės, pusapvalės, bet visgi pačios populiariausios yra stačiakampės formos kuprinės, nes jos yra patogiausios ir labiausiai prisitaikančios prie žmogaus nugaros padėties. Dažnai, kuprinių dizainui, didele įtaką daro furnitūros detalės. Kokybiškos ir įdomios furnitūros detalės gali visiškai paprastą produkto dizainą pagyvinti ir padaryti jį unikaliu ir prabangiai atrodančiu. Kuriant gaminio dizainą, kiekviena mažą detalę turi įtakos, kaip atrodys produktas.

3.2. Įkvėpimo šaltinių analizė

Nuo senų senovės žmonės mėgo riziką, mėgo keliauti po neatrasta vietas, daugelyje jų dar nebūdavo kelių, todėl tekdavo brautis per įvairiausių bruzgynus, eiti pievomis ar kopti kalnais. Ėjimo į kalnus kelionės yra vienos sudėtingiausių, kadangi nuolat reikia stebėti po kojomis tykančių pavojų ir dažnai kopinėtojai su savimi turėdavo lazda, kam kad einant, susvyravus būtų į ką pasiremti. Kadangi rankos būdavo užimtos arba reikalingos pusiausvyrai išlaikyti, vieni iš pirmųjų kuprines išrado kopinėtojai. Kuprinių modeliai kito. Pirmiausi tai buvo lyg maišai permesti per petį, vėliau buvo pastebėta, kad tokia rankena nepatogu, todėl pritvirtintos dvi, kad sucentruotų apkrovimo svorį. (žr. 3.2 Pav).



3.33 pav. Pirmoji kuprinė [38]

Reguliatorių kolekcija buvo inspiruota pirmųjų kuprinių ir kopinėtojų. Kopinėtojai daug bendro turi su kalnais. Kalnai tai didingi ir kvapą gniaužiantys gamtos kūriniai. Jau nuo senų laikų kalnai saugojo nuo užpuolikų ir žavėjo savo didingumu. Jie visuomet yra tvirtesni už bet kokią oro stichiją, nesvarbu, kad ir koks oras bebūtų, kalnai išlieka tokie pat, didingi ir unikalūs (žr. 3.4 pav). Kadangi kalnai turi ypatingo unikalumo, taip pat turi daug bendro su pirmiaisiai kopinėtojais, todėl ir tapo unikalių reguliatorių inspiraciniais objektais.



3.34 pav. Įkvėpimo šaltinis- kalnai

Kalnai tarpusavyje yra itin skirtingi. Kai kurių viršūnes gaubia sniegas ir ledynai, kitas samanos, žolės, augalai, medžiai. Taip pat nuo to priklauso kaip horizonte atrodo jų viršūnės. Sniegu, ledu

pasidengusios kalnų viršūnės atrodo itin aštrios, stačios, o viršūnės, kurios apaugusios žaluma, kur kas apvalesnės ir ne tokios pavojingos (žr. 3.5 pav.).



3.35 pav. Įkvėpimo šaltinis- kalnai

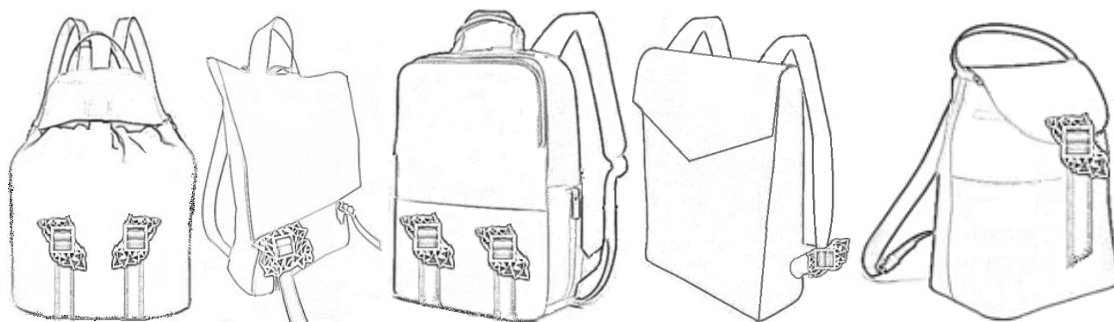
Analizuojant kalnų nuotraukas, bandant įsijausti į juos, buvo kuriama reguliatorių kolekcija, kurie savo formomis itin panašūs tiek į aštriabriaunias, snieguotų kalnų viršūnes, tiek į žalius, ovalius, akmenuotus kalnynus (žr. 3.5 pav).

3.3. Reikalavimai kuriamai kuprinių kolekcijai

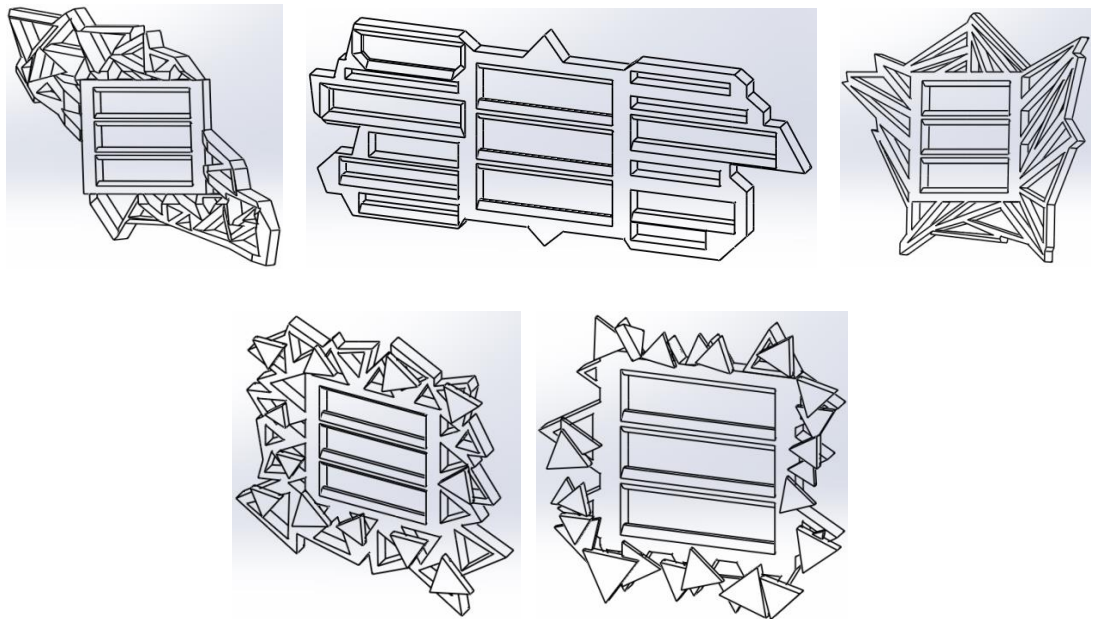
Kuriant unikalia kuprinių kolekciją pagrindiniai reikalavimai buvo, kad kurpinė būtų talpi, patogi, stilinga ir tiktų tiek vyrams, tiek moterims. Kuriant kuprinių dizainus, eskizuoiant buvo daug galvota apie tai, kokias medžiagas pasirinkti, ar tai turi būti natūrali oda ar dirbtinė, o galbūt neoprenas, bet visgi buvo prieita išvados, kad geriausiai tiktų natūrali oda, kadangi tai ilgaamžė medžiaga, visuomet atrodo stilingai ir patraukliai. Gaminiai iš natūralios odos kainuoja nemažai, bet laikui bėgant tie pinigai atsiperka, kadangi daiktas nešiojamas ilga laiką, taip pat išlaikomi tvarios mados aspektai, nors ir šis produktas gaminamas iš gyvūno odos, atrodo negailestinga, bet daugelis žmonių valgo mėsą ir nudirta gyvulio oda yra panaudojama galanterijoje, taip apsaugoma žemė ir neteršiamą gamta.

3.4. Kuprinių ir reguliatorių kolekcija

Eskizuoiant kuprinių kolekciją buvo ieškoma formų, kurios būtų ir stilingos ir patogios. Norėjosi, jog dizainas nebūtų apkrautas daugybe detalių, bet patrauktų savo unikalumu. Visose kuprinėse išliko 3D spausdinti elementai, vieni jų buvo paprastesnių dizainų, kiti masyvūs, atkreipiantys dėmesį. Kuprinėse buvo parenkama išskirtinė furnitūra: užtrauktukai, sagtys, magnetai. Norint pabrėžti dizaino skirtumus visoms kuprinėms buvo parenkama vienoda medžiaga, tai natūrali tamsiai pilka, matinė oda. Šis atspalvis puikiai tinka tiek moterims, tiek vyrams yra lengvai derinamas prie daugelio rūbų ar kitų aprangos detalių.



3.36 pav. Unikalių kuprinių kolekcija



3.37 pav. Unikalių reguliatorių kolekcija

3.5. Tyrimų rezultatų įgyvendinimas dizaino projekte

Šio darbo tiriamasis objektas buvo reguliatorius. Iš dešimties bandinių buvo pasirinktas kartinis elementas, kuris atlaikė minimaliai 400 N jėgos ir praslydimo jėgos buvo vidutiniškos. Šis bandinys buvo pasirinktas atsižvelgiant ne tik į tai, kad jėgos būtų didžiausios ir bandinys atlaikytų didesnę svorį, nei kiti bandiniai, bet ir į tokius aspektus kaip gamybos laikas, kaštai.





3.38 pav. Tyrimų rezultatų įgyvendinimas dizaino projekte

Pagrindinė projekto idėja buvo tokia, kad pagrindinis reguliatorius visuomet išliktų standartinis, o išoriniai dizainai būtų keičiami. Įgyvendinant idėją buvo nuspręsta dizaino projekte pritaikyti unikalų reguliatorių, kuris primintų kalnus. Šio reguliatorius dizainas išsiskiriantis, unikalus, traukiantis akį, todėl pati kuprinė labai minimalistinė, neturi daug detalių, bet pagamintas iš kokybiškos odos, todėl atrodo stilingai. Kuprinė pagaminta tiesiog iš odos, be pamušalo, viršutinis užsegimo sluoksnis sutvirtintas dviem odų sluoksniais, tarp kurių yra magnetai. Pagrindinės sienelės ir viso rankenos sutvirtintos dviadate siuvimo mašina. Regulatoriai pritvirtinti metaliniais varžtais. Šiame projekte 3D spausdinimas taip pat buvo panaudotas spausdinant kuprinės kojules ir užsegimą. Kojelės modelis sukurtas norint pademonstruoti logotipus, bet puikiai pasitarnauja kaip atraminis elementas, nes pastačius kuprinę, padeda išlaikyti pusiausvyrą. Kojelių modelis sukurtas pagal individualius kuprinės matmenis, tam, kad dugnelio gylis sutaptų su kojelių gyliu, taip pat sumodeliuotos skylės, kurios padėtų jungti du odų sluoksnius. Nemenkas išūkis buvo projektuojant ir spausdinant užsegimą. Projekto eigoje buvo bandyta spausdinti tiek užtrauktukas, tiek kitokio tipo karabinai, bet kuprinėje buvo naudojamas funkcionaliausia ir geriausiai atrodanti jungtis. Šios jungties principas gana paprastas, dvi detalės įsistato vien į kitą, taip užsifiksuodamos ir tik nuspaudus mygtuką detalės atsiskiria. Projekto kūrimo ir įgyvendinimo procesas buvo itin įdomus, buvo susipažinta su 3D spausdinimo galimybėmis ne tik teoriškai, bet ir praktiškai. Susipažintas su daugybe aspektu, kas nulemia tavo spausdinimo objekto kokybę ir tai, ar sąlygos bus ir ar modelis bus atspausdintas.

3.6 Individualizavimo galimybės

Viena iš pagrindinių projekto idėjų - verslo modelis, kuris padėtų gaminių individualizuoti, personalizuoti. Šiuo metu rinkoje itin populiarūs gaminiai su asmeniniais inicialais, gi kiekvienas iš mūsų norime turėti kažką unikalaus ir asmenišką. 3D spausdinimo galimybės leidžia ne tik lengvai ant spausdinamo gaminių sumodeliuoti ir atspausdinti žodžius, raides, bet taip pat ir patį gaminių susimodeliuoti pagal savo norus su paprastomis modeliavimo programomis. Šiais laikais yra sukurta nemažai alternatyvų sudėtingoms modeliavimo programoms, todėl klientais, įdėdamas nedaug pastangų gali susikurti savo norimus gaminius ar pačius objektus. Puiki idėja būtų 3D spausdinimo paslaugas teikti kitoks įmonėms, iš lankstesnio plastiko, būtų galima spausdinti etiketes. Klientams nenorintiems vargti prie kompiuterio ekrano būtų galimybė pasirinkti reguliatorių ar kitą elementą jau sumodeliuota, tai būtų šabloniškas variantas. Šablonai internetinėje svetainėje būtų gerulėriai atnaujinami ir pateikiami skirtingi dizainai. Tikimasi, kad tokia paslauga sudomintų vartotojus, kadangi būtų visiškai nauja ir unikali.

IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

1. Tyrimo metu buvo pastebėta, kad kintant ašių storiams, keičiasi ir jėgos. Didėjant ašies storiui, didėja ir bandinių jėgos iki trūkimo. Tyrimo eigoje buvo keičiamos vidinių ašių formos iš apvalios formos į nuožulnias ir buvo nustatyta, kad pakeitus bandinio ašies formą, jėgų rezultatai pasikeičia net 51 %, kai ašies storis 3mm. Atliekant tyrimą nebuvo tikėtina, kad jėgos taip skirsis pakeitus bandinio vidinių ašių formas.
2. Pakeitus bandinio formą, kai ašies storis buvo 4 mm, buvo pastebėtas ganėtinai didelis skirtumas tarp bandinių rezultatų. Prieš tai buvusių bandinių jėgų skirtumai buvo gerokai didesni, nei tuomet, kai bandinių storiai 4mm. Šiuo atveju jėgos skyrėsi 23 %, kas yra beveik dvigubai mažiau, nei SAP3 ir SNF3 bandinių. Nustatyta, kad tokiems rezultatams įtakos turėjo spausdinimas.
3. Apžvelgiant tyrimo rezultatus galima pastebėti, kad proporcingai keičiantis bandinių storiams, jėgos keičiasi neproporcingai. Tarp bandinių SAP2 ir SAP3 jėgos skyrėsi 55 %, kai jėgos tarp bandinių SAP3, SAP4 ir SAP5 skyrėsi 30,5 %. Nustatant jėgų skirtumus tarp bandinių buvo imami vidurkiai kai kurių bandinių jėgos itin skyrėsi nuo daugelio, todėl galima daryti prielaidą, kad itin didelė įtaką procentiniams skirtumams tarp jėgų turėjo bandinių ir odinio diržo kombinacija.
4. Atliekant praslydimio bandymus buvo sumodeliuoti keturi bandiniai, kurie buvo vienodų matmenų tik skyrėsi tarpai tarp vidinių ašių. Pradėjus tyrimą buvo pastebėta, kad tarpai tarp ašių didelės įtakos jėgoms neturi, todėl buvo nuspręsta keisti vidinių ašių formas. Ašių formos pakeitimas turėjo itin didelę įtaką jėgoms, jos išaugo dvigubai.
5. Atliekant bandymus su bandiniais, kai jų formos yra nuožulnios buvo pastebėta, kad kuo nuožulnumo kampas yra didesnis, tuo reikia didesnių jėgų norint pakeisti diržo ilgį.
6. Sugalvotas sagties dizaino būdas, su patikimu pagrindiniu elementu, suteikia galimybę gaminti originalias kuprines, kurių meninis akcentas yra 3D spausdintas reguliatorius. Atsiranda galimybės individualizuotiems dizaino sprendimams.

LITERATŪROS SARAŠAS

1. *3D Printers and 3D Printing: Technologies, Processes and Techniques*. [žiūrėta 2019-02-10] Prieiga per: <https://www.sculpteo.com/en/3d-printing/3d-printing-technologies/>
2. *Types of 3D printers or 3D printing technologies overview*. [žiūrėta 2019-02-10] Prieiga per: <http://3dprintingfromscratch.com/common/types-of-3d-printers-or-3d-printing-technologies-overview/>
3. *What is 3D printing? The definitive guide*. 2019 [žiūrėta 2019-02-19] Prieiga per: <https://www.3dhubs.com/guides/3d-printing/>
4. *3D Printing Technology Comparison: FDM vs. SLA vs. SLS* [žiūrėta 2019-02-19] Prieiga per: <https://formlabs.com/blog/fdm-vs-sla-vs-sls-how-to-choose-the-right-3d-printing-technology/>
5. *Fused Deposition Modeling. Turning filament into industrial-strength parts. Why choose FDM?* [žiūrėta 2019-02-22] Prieiga per: <https://www.materialise.com/en/manufacturing/3d-printing-technology/fused-deposition-modeling>
6. *FDM Printing* [žiūrėta 2019-02-22] Prieiga per: <http://www.cammpro.com.au/fdm-printing>
7. *The Ultimate Guide to Stereolithography (SLA) 3D Printing*. [žiūrėta 2019-02-27] Prieiga per: <https://formlabs.com/blog/ultimate-guide-to-stereolithography-sla-3d-printing/>
8. *FDM vs SLA: How does 3D Printing Technology Work? Laser SLA 3D Printing. How it Works* [žiūrėta 2019-02-22] Prieiga per: <https://pinshape.com/blog/fdm-vs-sla-how-does-3d-printer-tech-work/>
9. *How Stereolithography (SLA) 3D Printing Works? The Components* [žiūrėta 2019-02-22] Prieiga per: <https://manufactur3dmag.com/stereolithography-sla-3d-printing-works/>
10. *ARIK LEVY DESIGN STUDIO „Black Honey for MGX Materialise”* [žiūrėta 2019-05-01] Prieiga per: <https://www.ariklevy.fr/design/objects/black-honey-mgx-materialise#.XMq2kegzBdC>
11. SEYED, S., SAMIRA, G., MEHDI, M., HOOMAN, Y., HENDRIK, S., CORNELI, M., NATRIZUL, K., AZUAN, O. *A review on powder-based additive manufacturing for tissue engineering: selective laser sintering and inkjet 3D printing*. IOP Publishing, Natinal institute for Materials Science, 2015. [žiūrėta 2019-05-01] Prieiga per: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1468-6996/16/3/033502/meta>
12. *Selective laser sintering. 3D Bioprinting and Nanotechnology in Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, 2015 [žiūrėta 2019-05-01] Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/selective-laser-sintering>
13. *3D Printer Materials Guide: 3D Printing Plastics* [žiūrėta 2019-05-02] Prieiga per: <https://www.3dnatives.com/en/plastics-used-3d-printing110420174/>
14. *Ultimate 3D Printing Materials Guide* [žiūrėta 2019-05-02] Prieiga per: <https://www.simplify3d.com/support/materials-guide/>
15. *ABS* [žiūrėta 2019-02-22] Prieiga per: <https://www.materialise.com/en/manufacturing/materials/abs>
16. *3D printing with ABS plastic (Acrylonitrile Butadiene Styrene) What is ABS Plastic?* [žiūrėta 2019-02-22] Prieiga per: <https://www.sculpteo.com/en/glossary/abs-definition/>
17. *Polycarbonate* [žiūrėta 2019-02-22] Prieiga per: <https://www.materialise.com/en/manufacturing/materials/polycarbonate>

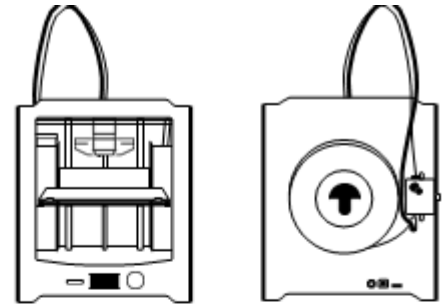
18. *Polycarbonate (PC) Filament – Explained and Compared. Polycarbonate (PC) Filament is Clearly Strong.* [žiūrėta 2019-02-22] Prieiga per: <https://all3dp.com/2/polycarbonate-pc-filament-explained-and-compared/>
19. *3D printed dress with nylon and pla: kynematics and nervous system.* [žiūrėta 2019-05-02] Prieiga per: <https://feltil.com/3d-printed-dress-with-nylon-and-pla-kynematics-and-nervous-system/?v=c562607189d7>
20. *Ultimaker PVA.* [žiūrėta 2019-02-22] Prieiga per: <https://ultimaker.com/en/products/materials/pva>
21. *Best 3D Printing Software Tools in 2019* [žiūrėta 2019-03-02] Prieiga per: <https://all3dp.com/1/best-free-3d-printing-software-3d-printer-program/>
22. S. MUELLER, S. IM, S. GUREVICH, A. TEIBRICH, L. PFISTERER, F. GUIMBRETIERE, P. BAUDISCH. *WirePrint: 3D Printed Previews for Fast Prototyping. UIST'14 October 5-8, 2014, Honolulu, HI, USA*
23. *3D Printing of Handbags, Duffels and R&D Tax Credits. Nike Sports Duffel* [žiūrėta 2019-03-22] Prieiga per: <https://3dprint.com/186347/3d-printed-handbags/>
24. *The Aesthetic of Fears by Dorry Hsu* [žiūrėta 2019-03-22] Prieiga per: <https://www.dezeen.com/2013/08/05/the-aesthetic-of-fears-3d-printed-jewellery-insects-dorry-hsu/>
25. *Designer Spotlight: Rob Drummond* [žiūrėta 2019-03-22] Prieiga per: <https://www.shapeways.com/blog/archives/2269-Designer-Spotlight-Rob-Drummond.html>
26. *LEPLAS Rubber Bags* [žiūrėta 2019-03-23] Prieiga per: <https://bohology.com/collections/leplas-rubber-bags/products/mini-turquoise-woven-rubber-bag>
27. *3D Printed 'Ivy' and 'Armure' Clutches Draw Inspiration from Nature and Geometry* [žiūrėta 2019-03-24] Prieiga per: <https://3dprint.com/125008/3d-printed-clutches/>
28. *3D Printed Mixee Bag.* [žiūrėta 2019-03-24] Prieiga per: <https://medium.com/3d-printing-stories/3d-printed-mixee-bag-bc978054c9e2>
29. *Design from sketch&scratch.* [žiūrėta 2019-03-26] Prieiga per: <https://www.ddf3d.com/selfflexdesign>
30. [1.SCOTT E. HUDSON. *Printing Teddy Bears: A technique for 3D Printing of Soft Interactive Objects.* CHI 2014, One of a CHIInd, Toronto, ON, Canada. 459p. PA15213].
31. M. L. Rivera, M. Moukperian, D. Ashbrook, J. Mankoff, S. E. Hudson. *Stretching the Bounds of 3D Printing with Embedded Textiles* CHI 2017, Fabrication via 3D Printing, May 6-11, Denve, CO, USA. 500p.].
32. J. Mikkonen, S. Kivioja, H. Suonsilta. *Printed material and fabric.* Nordic Design Research Conference 2013, Copenhagen- Malmo. 319p.
33. Y.L. Yap and W.Y. Yeong. *Additive manufacture of fashion jewellery products: a mini review.* NTU Additive Manufacturing Centre, School of Mechanical & Aerospace Engineering, Nanyang Technological University, HW1-01-05, 2A Nanyang Link, Singapore 637372. 199p.
34. J. BALSYTĖ *3D spausdinimo panaudojimo galimybių aprangos dizaine tyrimas* Kauno Technologijos Universitetas. Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas. Kaunas, 2018 29p.
35. *Everything you need to know about ploylactic acid (PLA)* [žiūrėta 2019-04-02] Prieiga per: <https://www.creativemechanisms.com/blog/learn-about-polylactic-acid-pla-prototypes>

36. *Ultimaker 2+ Specification sheet* [žiūrėta 2019-04-02] Prieiga per:
<https://ultimaker.com/file/download/productgroup/Ultimaker%20and%20Ultimaker%20Extended+%20specification%20sheet.pdf/5b924f26322d6.pdf>
37. *The history of the backpack* [žiūrėta 2019-04-02] Prieiga per:
<https://www.rei.com/blog/hike/the-history-of-the-backpack>
38. *Regulatorius* [žiūrėta 2019-04-15] Prieiga per: <http://www.karabinai.lt/vielos/278-20-mm-vielos-regulatorius-rv3694-20.html>

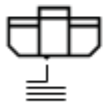
PRIEDAI

Ultimaker 2+

Specification sheet



The user-friendly Ultimaker 2+ combines high uptime with excellent print consistency. It's suitable for a limitless variety of applications, from functional prototypes to customized tools. The Ultimaker 2+ supports a wide range of materials and delivers powerful, first-class results with every print.



Quality you can rely on

Engineered to perform, Ultimaker 2+ features a heated build plate, a geared feeder, and efficient cooling. These make it particularly effective for printing bridging and accurate details – enabling you to create the consistent results you need.



Market-leading software

Trusted by over 2 million users, Ultimaker Cura software prepares your 3D model for printing. Free to download, it features the optimal preconfigured [settings](#) for Ultimaker printers and materials, so that you get the best results instantly.



Optimized, professional materials

The Ultimaker 2+ supports a wide range of materials. These are specially formulated and tested by our engineers to ensure repeatable, industrial-grade prints. You can also test other materials with Ultimaker's open filament system.



Here to help you succeed

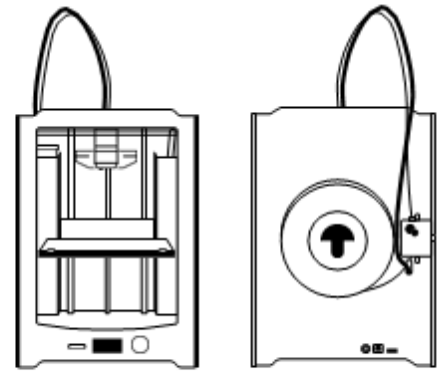
The Ultimaker 2+ comes with a one-year warranty and lifetime support from our trained and certified global network of partners. And if you have a question, our online resources and community are there for you 24/7.

Ultimaker 2+ specifications

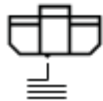
Printer and printing properties	Technology	Fused filament fabrication (FFF)
	Print head	Single extrusion print head with swappable nozzles
	Build volume	XYZ: 223 x 223 x 205 mm
	Filament diameter	2.85 mm
	Layer resolution	0.25 mm nozzle: 150 - 60 micron 0.4 mm nozzle: 200 - 20 micron 0.6 mm nozzle: 400 - 20 micron 0.8 mm nozzle: 600 - 20 micron
	XYZ resolution	12.5, 12.5, 5 micron
	Print head travel speed	30 - 300 mm/s
	Build speed	0.25 mm nozzle: < 8 mm ³ /s 0.4 mm nozzle: < 16 mm ³ /s 0.6 mm nozzle: < 23 mm ³ /s 0.8 mm nozzle: < 24 mm ³ /s
	Build plate	Heated glass build plate
	Build plate temperature	20 - 100 °C
	Build plate leveling	Assisted leveling
	Build plate heat time	< 4 min (from 20 to 60 °C)
	Supported materials	Optimized for: PLA, ABS, Nylon, CPE, CPE+, PC, PP, TPU 95A (Also supports third-party materials)
	Nozzle diameter	0.25, 0.4, 0.6, and 0.8 mm nozzles (included)
	Nozzle temperature	180 - 260 °C
	Nozzle heat up time	~ 1 min
	Operating sound	50 dBA
Connectivity	Standalone 3D printing from SD card (included)	
Physical dimensions	Dimensions	342 x 357 x 388 mm 342 x 493 x 588 mm (with Bowden tubes and spool holder)
	Net weight	11.3 kg
	Shipping weight	18.5 kg
	Shipping box dimensions	390 x 400 x 565 mm
Power	Required input	100 - 240 VAC / 50 - 60 Hz
	Maximum output	221 W
Ambient conditions	Operating ambient temperature	15 - 32 °C
	Non-operating temperature	0 - 32 °C
Software	Supplied software	Ultimaker Cura, our free print preparation software
	Supported OS	MacOS, Windows, and Linux
	Plugin integration	SolidWorks, Siemens NX, Autodesk Inventor
	File types	Ultimaker Cura: STL, OBJ, X3D, 3MF, BMP, GIF, JPG, PNG Printable formats: GCODE
Warranty	Warranty period	12 months
	Technical support	Lifetime support from Ultimaker's global network of certified service partners

Ultimaker 2 Extended+

Specification sheet



The user-friendly Ultimaker 2 Extended+ combines high uptime with excellent print consistency – on a larger scale. It's suitable for a limitless variety of applications, from functional prototypes to customized tools. The Ultimaker 2 Extended+ supports a wide range of materials and delivers powerful, first-class results with every print.



Quality you can rely on

Engineered to perform, Ultimaker 2 Extended+ features a heated build plate, a geared feeder, and efficient cooling. These make it particularly effective for printing bridging and accurate details – enabling you to create the consistent results you need.



Market-leading software

Trusted by over 2 million users, Ultimaker Cura software prepares your 3D model for printing. Free to download, it features the optimal preconfigured settings for Ultimaker printers and materials, so that you get the best results instantly.



Optimized, professional materials

The Ultimaker 2 Extended+ supports a wide range of materials. These are specially formulated and tested by our engineers to create industrial-grade prints. You can also test other materials with Ultimaker's open filament system.



Here to help you succeed

The Ultimaker 2 Extended+ comes with a one-year warranty and lifetime support from our trained and certified global network of partners. And if you have a question, our online resources and community are there for you 24/7.

Ultimaker

Ultimaker 2 Extended+ specifications

Printer and printing properties	Technology	Fused filament fabrication (FFF)	
	Print head	Single extrusion print head with swappable nozzles	
	Build volume	XYZ: 223 x 223 x 305 mm	
	Filament diameter	2.85 mm	
	Layer resolution	0.25 mm nozzle: 150 - 60 micron 0.4 mm nozzle: 200 - 20 micron 0.6 mm nozzle: 400 - 20 micron 0.8 mm nozzle: 600 - 20 micron	
	XYZ resolution	12.5, 12.5, 5 micron	
	Print head travel speed	30 - 300 mm/s	
	Build speed	0.25 mm nozzle: < 8 mm ³ /s 0.4 mm nozzle: < 16 mm ³ /s 0.6 mm nozzle: < 23 mm ³ /s 0.8 mm nozzle: < 24 mm ³ /s	
	Build plate	Heated glass build plate	
	Build plate temperature	20 - 100 °C	
	Build plate leveling	Assisted leveling	
	Build plate heat time	< 4 min (from 20 to 60 °C)	
	Supported materials	Optimized for: PLA, ABS, Nylon, CPE, CPE+, PC, PP, TPU 95A (Also supports third-party materials)	
	Nozzle diameter	0.25, 0.4, 0.6, and 0.8 mm nozzles (included)	
	Nozzle temperature	180 - 260 °C	
	Nozzle heat up time	~ 1 min	
	Operating sound	50 dBA	
	Connectivity	Standalone 3D printing from SD card (included)	
	Physical dimensions	Dimensions	342 x 357 x 488 mm 342 x 493 x 688 mm (with Bowden tubes and spool holder)
		Net weight	12.3 kg
Shipping weight		19.5 kg	
Shipping box dimensions		390 x 400 x 665 mm	
Power	Required input	100 - 240 VAC / 50 - 60 Hz	
	Maximum output	221 W	
Ambient conditions	Operating ambient temperature	15 - 32 °C	
	Non-operating temperature	0 - 32 °C	
Software	Supplied software	Ultimaker Cura, our free print preparation software	
	Supported OS	MacOS, Windows, and Linux	
	Plugin integration	SolidWorks, Siemens NX, Autodesk Inventor	
	File types	Ultimaker Cura: STL, OBJ, X3D, 3MF, BMP, GIF, JPG, PNG Printable formats: GCODE	
Warranty	Warranty period	12 months	
	Technical support	Lifetime support from Ultimaker's global network of certified service partners	

Technical data sheet - Ultimaker PLA

Technical data sheet PLA



Chemical composition	See PLA safety data sheet, section 3
Description	Ultimaker PLA filament provides a <u>no</u> -hassle 3D printing experience thanks to its reliability and good surface quality. Our PLA is made from organic and renewable sources. It's safe, easy to print with, and it serves a wide range of applications for both novice and advanced users
Key features	Good tensile strength and surface quality, easy to work with at high print speeds, user-friendly for both home and office environments, PLA <u>allows</u> the creation of high-resolution parts. There is a wide range of color options available
Applications	Household tools, toys, educational projects, show objects, prototyping, architectural models, as well as lost casting methods to create metal parts
Non-suitable for	Food contact and <i>in vivo</i> applications. Long term outdoor usage or applications where the printed part is exposed to temperatures higher than 50 °C

Filament specifications

	Value	Method
Diameter	2.85 ± 0.10 mm	-
Max roundness deviation	0.10 mm	-
Net filament weight	350 g / 750 g	-
Filament length	~ 44 m / ~ 95 m	-

Color information

Color	Color code
PLA Green	RAL 6018
PLA Black	RAL 9005
PLA Silver Metallic	RAL 9006
PLA White	RAL 9010
PLA Transparant	N/A
PLA Orange	RAL 2008
PLA Blue	RAL 5002
PLA Magenta	RAL 4010
PLA Red	RAL 3020
PLA Yellow	RAL 1003
PLA Pearl White	RAL 1013

Mechanical properties*

	Injection molding		3D printing	
	Typical value	Test method	Typical value	Test method
Tensile modulus	-	-	2,346.5 MPa	ISO 527 (1 mm/min)
Tensile stress at yield	-	-	49.5 MPa	ISO 527 (50 mm/min)
Tensile stress at break	-	-	45.6 MPa	ISO 527 (50 mm/min)
Elongation at yield	-	-	3.3%	ISO 527 (50 mm/min)
Elongation at break	-	-	5.2%	ISO 527 (50 mm/min)
Flexural strength	-	-	103 MPa	ISO 178
Flexural modulus	-	-	3,150 MPa	ISO 178
Izod impact strength, notched (at 23 °C)	-	-	5.1 kJ/m ²	ISO 180
Charpy impact strength (at 23 °C)	-	-	-	
Hardness	-	-	83 (Shore D)	Durometer

Electrical properties*

	Typical value	Test method	Typical value	Test method
Dissipation factor (at 1 MHz)	-	-	0.008	ASTM D150-11
Dielectric constant (at 1 MHz)	-	-	2.70	ASTM D150-11

Thermal properties

	Typical value	Test method
Melt mass-flow rate (MFR)	6.09 g/10 min	ISO 1133 (210 °C, 2.16 kg)
Heat detection (at 0.455 MPa)	-	-
Heat deflection (at 1.82 MPa)	-	-
Vicat softening temperature	-	-
Glass transition	~ 60 °C	ISO 11357
Coefficient of thermal expansion	-	-
Melting temperature	45 - 160 °C	ISO 11357
Thermal shrinkage	-	-

Other properties

	Value	Test method
Specific gravity	1.24	ASTM D1505
Flame classification	-	-

Notes

Properties reported here are average of a typical batch. The 3D printed test specimens were printed in the XY plane, using the normal quality profile in Ultimaker Cura 2.1, an Ultimaker 2+, a 0.4 mm nozzle, 90% infill, 210 °C nozzle temperature, and 60 °C. The values are the average of five white and five black specimens for the tensile, flexural, and impact tests. The Shore hardness D was measured in a 7-mm-thick square printed using the normal quality profile in Ultimaker Cura 2.5, an Ultimaker 3, a 0.4 mm print core, and 100% infill. The electrical properties were measured on a 54-mm-diameter disk with 3 mm thickness printed in the XY plane, using the fine quality profile (0.1 mm layer height) in Ultimaker Cura 3.2.1, an Ultimaker 3, a 0.4 mm print core, and 100% infill. Ultimaker is constantly working on extending the TDS data.

Disclaimer

Any technical information or assistance provided herein is given and accepted at your risk, and neither Ultimaker nor its affiliates make any warranty relating to it or because of it. Neither Ultimaker nor its affiliates shall be responsible for the use of this information, or of any product, method or apparatus mentioned, and you must make your own determination of its suitability and completeness for your own use, for the protection of the environment, and for the health and safety of your employees and purchasers of your products. No warranty is made of the merchantability or fitness of any product; and nothing herein waives any of Ultimaker's conditions of sale. Specifications are subject to change without notice.

Version	Version 4.001
Date	September 3, 2018