

STUDĒJOŠO PĒTNIECISKĀ PROJEKTDARBĪBA LĀZERAPSTRĀDES UN 3D DRUKAS TEHNOLOĢIJU PIELIETOŠANĀ TEKSTILDRĀNĀS

Research Activity of Students in the Application of Laser Processing and 3D Printing Technologies in Textile Fabrics

Silvija Mežinska

Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija, Latvija

Abstract. Nowadays education and research promote interdisciplinary cooperation and development. An interdisciplinary approach creates change and new opportunities for design education in general, while innovation, the use of advanced materials and technologies transforms design technology studies. These changes affect the development of design technology as an integrated interdisciplinary direction, the creation of innovative solutions, products and services in research design activities. This process is facilitated by research grant projects involving students and researchers. The performed experimental research in Rezekne Academy of Technologies (RTA) engineering research centres shows the possibilities of laser processing and 3D printing in textile fabrics design, promotes innovative technological solutions in product design and ensures the development of scientifically based results. The aim of the research is to improve students' independent research activities in purposeful project activities by interacting with various engineering research centers. Research methods used: theoretical - literature and Internet resource research and analysis, empirical - action (case study) research. Eight students of engineering/design study programs and four lecturers – researchers - participants of grant projects - participate in the research. Research period 2017–2020. The research has a practical significance, because it substantiates the interdisciplinary experimental research activity process and results, determining of students' independent research activity improvement direction, promotes the transfer of research results into practice.
Keywords: 3D printing, laser technologies, projects, independent research activities, textiles.

Ievads

Introduction

21.gs izaicinājumi, kas veicina daudzveidīgo industriālo digitālo risinājumu strauju attīstību, liek mainīt izpratni un pieeju studiju procesā. Augstākās izglītības attīstības perspektīvas dizaina tehnoloģiju jomā ir saistītas ar nozīmīgu aspektu, proti: studējošo neatkarīgu, patstāvīgu pētījumu aktivitāšu atbalstīšanu, kuru mērķis ir ilgtspējīgas motivācijas veidošanās personīgai un profesionālai attīstībai, pētnieciskās kompetences pilnveide. Pētniecības projekti, kas saistīti ar

dizaina tehnoloģiju jomu var dot studentiem - pētniekiem iespēju mācīties, iedziļināties, izprast tehnoloģiju nozīmi mūsdienīgas sabiedrības attīstībā, produktu dizainā, izprast savus profesionālos mērķus.

Inovācijas, progresīvo materiālu un tehnoloģiju aktualitāte un pieejamība transformē/rada pārmaiņas dizaina tehnoloģiju studijās tieši pētniecības aspektā. Tās ietekmē dizaina tehnoloģiju kā integrētas starpdisciplināras nozares attīstību, jaunu produktu/pakalpojumu radīšanu. Eksperimentāla pētnieciska projektdarbība ir viens no faktoriem, kas veido topošā dizainera pētniecisko kompetenci. Tas ir mērķtiecīgs process, ilgspējīgas motivācijas attīstība personīgai un profesionālai pilnveidei, turpmākās profesionālās darbības aktivitāšu īstenošanai, lai sekmētu atbilstību esošajai situācijai un izglītības prasībām.

Metodoloģija *Methodology*

Pētījuma mērķis ir pamatot studējošo patstāvīgas pētnieciskās darbības aktivizēšanu mērķtiecīgā projektdarbībā, mijiedarbības apstākļos ar dažādiem inženierzinātņu pētnieciskajiem centriem, parādot pētniecības rezultātu pārnesi praksē.

Pētījuma metodes: teorētiskās – literatūras, avotu analīze, empīriskās – darbības (gadījuma) pētījums.

Pētījuma jautājums: Vai un kā pētniecības grantos veiktie eksperimenti un piemērotās tehnoloģijas sekmē studējošo patstāvīgo pētniecisko projektdarbību?

Pētījuma bāze: 8 studiju programmu „Apģērbu dizains un tehnoloģija”, „Dizains”, „Lāzertehnoloģijas” studējošie un 4 docētāji – projektu dalībnieki.

Pētījumu veikšanas periods 2017.-2020. gads. Realizēti 4 Rēzeknes tehnoloģiju akadēmijas (RTA) zinātniskā granta projekti dizaina tehnoloģiju jomā, kas saistīti ar tekstildrānu lāzerapstrādes un 3D drukas iespējām. Tas ir mērķtiecīgs darbs studējošo patstāvīgu pētniecisko aktivitāšu atbalstam, kas nodrošināts sadarbībā ar RTA fizikālo procesu un lāzertehnoloģiju (FPLP) un metālapstrādes un mehatronikas (MM) pētniecisko centru pētniekiem, veikti tekstildrānu lāzerapstrādes pētījumi, izmantojot marķēšanas, gravēšanas un griešanas paņēmienus un 3D drukas pētījumi uz tekstila.

Darbības (gadījuma) pētījuma principi pamato procesa norisi, lai sekmētu reflektīvu pētniecisko vidi, eksperimentālā pētnieciskā projektdarbībā. Dalībnieku interviju saturs ir strukturēts, ietver 10 jautājumus, datu apstrāde – dalībnieku interviju kontentanalīze nodrošina pētnieciskās projektdarbības rezultātu izvērtējumu.

Literatūras apskats *Literature Review*

Pētniecības produktivitātes palielināšanai ir pievērsta liela uzmanība universitātēs visā pasaulē (Belavy, Owen, Livingston, 2020). Kopumā studentu pētnieciskā darbība sekmē profesionāla veidošanās procesa izpausmes: radošā darbība, gatavība domās pārveidot subjektīvos atspoguļoto objektu attēlus, to nozīmi reālu pretrunu risināšanai, jaunu mērķu, līdzekļu un plānu atklāšanai, to sasniegšanai; spēja atrisināt problēmsituācijas, kurās nepieciešama aktīva apstākļu maiņa, atbilstoši konkrētai situācijai. Patstāvīgā zinātniskā pētījuma procesā students iegūst iespēju atrisināt visneierastāko uzdevumu, izmantojot neparastus veidus, kā spriest, izmantojot viņam iepriekš nezināmas metodes (Lipskaya, 2006). Pētījumā pierādīts, ka studenti, kuri aktīvi izstrādā savas mācību stratēģijas un pēc tam aktīvi organizē un pielāgo savu mācību uzvedību, izrādās ievērojami veiksmīgāki nekā “pasīvie izglītojamie” (Abel, 2002).

Pētījumā (Mizell, 2010) formulēti rādītāji profesionālai attīstībai:

- pozitīvas motivācijas klātbūtne, kuras pamatā ir studentu zināšanu apguves neatkarības izpausmes, vēlme saņemt gandarījumu par pētījuma procesu un tā rezultātiem;
- neatkarības izpausme, kas atspoguļojas spējā plānot, organizēt savu darbību, domāt un rīkoties patstāvīgi;
- spēja apgūt jaunas zināšanas, tehnoloģijas;
- indivīda pašizpausme dažādās pētījumā iegūto rezultātu prezentācijas formās;
- profesionālo zināšanu kvalitatīvais līmenis;
- radošās domāšanas izpausme, ko raksturo spēja vispārināt un abstrahēt;
- kognitīvo procesu, garīgo darbību, domāšanas formu ātrums, elastīgums, mobilitāte, daudzveidīga darbības pieredze;
- spēja nestandarta veidā modificēt, apvienot, mainīt savus pētniecības pasākumus;
- mērķu noteikšana, izvirzītā profesionālā/radošā uzdevuma izpildē, mērķtiecība;
- komunikatīvās kultūras un komunikatīvās kompetences prasmju klātbūtne;
- personiskās īpašības: iniciatīva, augsta pašorganizēšanās, centība.

Mijiedarbojas vairāki aspekti: pētījumu pozitīvā ietekme uz mācīšanos - pedagogi regulāri seko jaunajām metodoloģiskajām pieejām un nozares pašreizējām norisēm, kurām ir teorētiska nozīme; mācīšanās pozitīvā ietekme uz pētniecību - pētnieki uztur izpratni par nozari kopumā, palīdzot šaurāku pētījumu

tēmu konceptualizēšanai. Pētniekus stimulē studentu intereses un jautājumi (Breen, Lindsay, 1999).

Pētnieciskās darbības pamatā ir pētnieciskās prasmes. Pētījumā (Žogla, Ļubkina, 2020) analizēti prasmes un kompetences jēdzieni, to dažādā izpratnē. Plašāk izplatītākā *kompetences* definīcija un struktūra aptver zināšanas, prasmes un attieksmi; šinī struktūrā ir zināšanu aktualizēšana un konteksta interpretēšana, zināšanu apzināšana vispārējos jēdzienos vai likumībās un darītāja perspektīvā, prasmju pārņemšana jaunā situācijā izziņas uzdevuma vai problēmas atrisināšanai. Studiju procesā pētnieka kompetences sasniegšanu atvieglo un veicina atbilstīga veida izziņas darbība (praktiskā, mācību vai pētnieciskā), kas saglabā studiju pētniecisku raksturu no problēmu risināšanas studiju sākumā līdz autonomai pētīšanai kompetences līmenī. Nozīmīgi ir pētniecības prasmes un kompetences veidošanās pamata darbības raksturs un kompetences veidošanās secīgi posmi:

- *Problēmorientētas mācības/studijas (problem-oriented)* atbilst pakāpei, kad pētīšanas prasmes vēl ir fragmentāras; pamatā ir skolas pieredze, bet sastapšanās ar apjomīgu zinātnisku pētījumu ir jauns izaicinājums.
- *Pētīšanā balstītas studijas (research-based)* - pētīšanas prasme nav integrēta, tā ir instrumentālā līmenī, un students to var iemācīties pakāpeniski; tās veidošanos virza pētnieka atbildība un ieinteresētība. Prasme pētīt ir attīstībā, un tās pazīmes ir vērojamas uzvedībā, komunikācijā, žestu valodā.
- *Uz pētniecību orientētas studijas (research-oriented)* - gandrīz patstāvīga pētnieciska darbība, pētīšanas prasme stabilizējas un pāraug kompetencē, iespējama tās pārņemšana jaunā situācijā vai kontekstā. Uz instrumentālās prasmes pamata attīstās pētniecības kompetence un iegūst akadēmiska sasnieguma īpašības (spēja formulēt nozares attīstībai nozīmīgus secinājumus, formulēt teorētiskus vispārinājumus).
- *Pētniecisks studiju process (inquiry-based)* – stabilizējusies pētniecības kompetence izpaužas spējā izveidot mūsdienīgu pētījuma modeli.
- Pētniecības kompetence ir sasniegusi augstāko kvalitāti, un jaunais zinātņu doktors var gatavoties nākamajam – *eksperta* līmenim.

Pētījumi, kas ir daļa no profesionālās izglītības programmas, tiek popularizēti kā pamatprasmju topošajiem profesionāļiem. Tie tiek mācīti kā profesionāls līdzeklis prakses uzlabošanai. Iespējas, iesaistīt studentus zinātniskās izpētes projektos pie mācībspēka mentora un pielietot pētniecības zināšanas un prasmes reālās dzīves praksē, var palīdzēt studentiem nostiprināt un uzlabot pētniecības kursus apgūto, gūt pārlicību, pārveidot to par sniegumu (Unrau, Beck, 2004).

Studējošo patstāvīgas pētnieciskās darbības aktivizēšana mērķtiecīgā projektu darbā ir cieši saistīta ar pētnieciskās kompetences pilnveidi,

nepieciešamību un iespējām. Pamatstudiju līmenī var tikt aktivizētas, galvenokārt, pētīšanā balstītas studijas (*research-based*) un uz pētniecību orientētas studijas (*research-oriented*) un sekmēts tām atbilstošais pētnieciskās kompetences līmenis.

Lāzerapstrādes un 3D drukas tehnoloģiju piemērojamība tekstildrānās *Applicability of Laser Processing and 3D Printing Technologies in Textile Fabrics*

Sākotnēji varētu šķist, ka tehnoloģija un ilgtspējīga mode ir pretrunīgas, tomēr to izpēte rada sarežģītas simbiotiskas attiecības starp abām jomām. Tehnoloģijas būtībā ir galvenais faktors, kas ļauj ilgtspējīgai modei mūsdienās attīstīties. Tehnoloģiju loma ilgtspējīgas modes vidē ir sadalīta divās galvenajās jomās: ilgtspējīgu tekstilizstrādājumu, fiziskā un digitālā izpausme (Scaturro, 2008). Tekstilrūpniecības attīstībā pasaulē parāda nepārtrauktu jaunāko tehnoloģiju izmantošanu izejmateriālu un produktu izgatavošanas tehnoloģiskā procesa norisē, t.sk. tekstilmateriālu daudzveidīgas lāzerapstrādes un 3D drukas iespējas. Specializētos funkcionālos izstrādājumos nepārtraukti tiek pilnveidoti materiāli (funkcionējošai drānai piešķiramās īpašības) un apstrādes tehnoloģijas, kas nodrošina jaunu uzlabotu produktu izstrādi un esošo produktu izgatavošanas tehnoloģisko iespēju pilnveidi, piemēram, ražošanas procesu digitalizāciju (Mizuno, 2014), izmantojot datorizētas programmas, lai izveidotu vēlamo objektu. Pētījums (Burke, Sinclair, 2015) parāda tehnoloģiju ietekmi modē un tekstilrūpniecībā, procesu integrāciju un globalizāciju, ilgtspēju kā pamatu jauniem materiāliem un procesiem.

Lāzertehnoloģijas iespējamie tekstila apstrādes procesi tiek pētīti, kā alternatīva tradicionālajām metodēm, analizējos tās priekšrocības (Mahrle, Beyer, 2009); lāzerstara iedarbība uz denim pētīta, veidojot dažāda izmēra attēlus, ar dažādas intensitātes lāzerstaru (Ondogan et al., 2005), datorkontrolēts attēls, ar vairāku nokrāsu variācijām tiek panākts, izmantojot atšķirīgu lāzerstara iedarbības intensitāti, viļņa garumu, virsmas iedarbības laukumu, tas palīdz atveidot identisku dizainu izstrādājumiem sērijveida ražošanā, metode nerada nodilumu un drānas struktūras deformāciju. Pētījumā (Kan, 2014) rūpīgi kontrolēti apstrādes parametri, CO₂ lāzerapstrādē ir efektīvs alternatīvs līdzeklis, lai *denim* drānās iegūtu krāsu izbalēšanas efektu. Pētījumā (Nayak, Padhye, 2016) norādītas marķēšanas priekšrocības: ātrums, augsta precizitāte un skaidrs, izturīgs marķējums uz dažāda veida un cietības materiāliem, pielieto apģērbā, ādā un metālos.

3D druka - "3D objektu izgatavošanas process no digitāla faila", izveido reālu, 3D, objektu, izmantojot secīgu diskrētu slāņu uzklāšanas metodi. Drukas objekts tiek izveidots, klājot vairākus 2D slāņus, kuri ir šī objekta horizontāli

šķērsriezumi. Dizaina 3D realizācijā nozīmīga dizainera zīmētā attēla izpilde no skices digitālā formā, izmantojot CAD (Computer-Aided Design) programmatūru (Ramiscat, 2016); jauna 3D apģērbu drukas iespēja, bez vīļu šūšanas, tekstūras un raksta pārtrauktības (Lu et.al., 2017). 3D druka ir ātrāka un izmaksu ziņā izdevīgāka metode prototipu izgatavošanai no 3D datorizēta dizaina (CAD) rasējumiem, tā sniedz būtisku pārskatu par vispārējo izstrādājuma dizainu un ražošanas procesu (Noorani, 2017). 3D drukas tehnoloģijai ražošanā ir pārsteidzošas priekšrocības salīdzinājumā ar tradicionālajām metodēm: rentabilitāte, dažādu produktu biezumu ģenerēšana, 3D arhitektūras izveide, dizaina vienkāršība un tajā pat laikā detaļu sarežģītība (Behroodi, Latifi et al., 2020). Tehnoloģijas izmantošana pieaug vairākās nozarēs, tostarp modes industrijā. Tā rada paātrinātu projektēšanas procesu, mazāku ražošanas laiku un zemākas izmaksas, kas saistītas ar noliktavu pārvaldību, produktu iesaiņošanu un transportēšanu (Wahl, 2019), (Vanderploeg, Lee, Mamp, 2017). Drukā attīstība ir paplašinājusi materiālu pieejamību un uzlabojusi izdruku kvalitāti (Shah, et al., 2019). 3D druka tieši uz drānas uzlabo virsmu, maina izskatu vai papildina to ar jaunu dizainu, atklājot iekausējuma efektu. Dažām drānām un izdrukām pamatnei var būt nepieciešams vairāk nekā viens slānis. Eksperimentos katrai drānas un apdrukā kombinācijai var būt savas prasības, lai drukāšanas laikā drāna neizkausētos. Druka tieši uz drānas sniedz iespēju inovācijām, vienlaikus izpētot resursefektīvu radīšanas metodi, un drānas rotāšanu ar 3D drukas tehnoloģiju (Wahl, 2019). Pieeja 3D printeriem ļauj izpētīt ražošanas procesu, eksperimentāli pārbaudīt šīs tehnoloģijas iespējas. Tiek veikts liels skaits eksperimentu, lai noskaidrotu piemērotākos parametrus un materiālu saderību.

RTA pētnieki ir veikuši tehnoloģiju aktualitāšu apskats un iegūti eksperimentālās pētnieciskās darbības rezultāti dabīgās, mākslīgās ādas, jauktšķiedru drānu lāzerapstrādei (Angelova, Lazov, Mezinska, 2017), (Narica et al. 2019), kā arī veikti 3D drukas un tekstildrānu mijiedarbības pētījumi (Mezinska et al., 2020).

Studējošo pētnieciskās projektdarbības rezultāti *Experimental Research and Results*

RTA realizētie zinātniskā granta projekti: „Starpdisciplināri pētījumi lāzerapstrādes (lāzergravēšanas, lāzergriešanas) tehnoloģiju pielietojumam tekstilmateriālos”, “Lāzertechnoloģiju izmantošana inovatīviem risinājumiem tekstila un ādas izstrādājumos”, "3D drukas tehnoloģiju izmantošana tekstilizstrādājumu dizainā", “3D printēšanas tehnoloģiju izmantošana ortožu prototipu izgatavošanai”, ar mērķi izstrādāt zinātniski pamatotus paņēmienus lāzerapstrādes un 3D drukas tehnoloģiju funkcionālai izmantošanai tekstildrānās, detaļu, elementu, izstrādājumu, produktu pirmparaugos.

Projektu norises posmi, to saturs tiek strukturēts atbilstoši eksperimenta rezultātu ieguves nosacījumiem un darbības (gadījuma) pētījuma principiem (skat. 1.tabulu).

1. tabula. *Pētnieciskās projektdarbības struktūra*
Table 1 *Structure of the Research Activity*

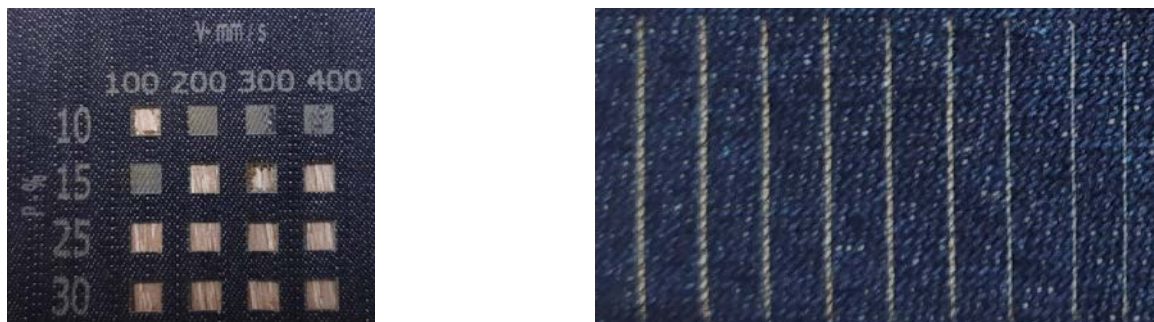
Pētnieciskais posms	Projektā veicamās darbības
Konceptuālais	Mērķa un uzdevumu noteikšana
Konstatējošais	Situācijas analīze, esošo pētījumu apzināšana
Pētnieciskās darbības	Eksperimentālās darbības process
Rezultātu analīzes	Optimālo parametru noteikšana, pārbaude
Prezentācijas	Rezultātu paziņošana

Sadarbībā ar pētniecisko centru pētniekiem, ir veikti secīgi eksperimenti tekstila lāzerapstrādei un 3D drukai. Lāzerapstrādē, kā galvenie CO₂ lāzersistēmas parametri, tiek ņemti vērā, lāzera jauda (P, W), skenēšanas ātrums (v, mm/s) un līniju solis (dx, mm), marķēšanas rezultāts ir nelielas materiāla virsējās kārtas izmaiņas, gravēšanas procesā tiek noņemta kārta vai kārtas no virsmas, griešanā veidotas griezumlīnijas. Iedarbība dažādās tekstildrānās ir atšķirīga, ne vienmēr dodot gaidīto rezultātu, arī marķēšana uz viena veida tekstildrānas ir ar atšķirīgu rezultātu. Svarīgas ir materiāla īpašības, raksturlielumi, lāzersistēmas, apstrādes parametri. Lāzerapstrādē iegūti sekojoši rezultāti konkrētiem tekstildrānu paraugiem, veicot optimālo parametru noteikšanu:

- 1) lāzerparametru iedarbības ietekmes (jauda, skenēšanas ātrums, skenēšanas solis) izpēte uz marķējuma kvalitāti un drānas īpašībām;
- 2) lāzerstara iedarbības uz materiālu dziļuma izpēte;
- 3) marķējuma kontrasta izpēte, atkarībā no izmantojamās drānas krāsas un šķiedru sastāva (kokvilnas, jauktšķiedru);
- 4) vektoru un rastra lāzerstara skenēšanas paņēmieni izmantošanas marķēšanā ar divu veidu lāzeravotiem izpēte (CO₂, UV lāzeri);
- 5) griezuma kvalitātes izpēte, atkarībā no izmantojamā materiāla krāsas un veida, sastāva (jauktšķiedru drāna, membrāndrāna, dabīgā, mākslīgā āda);
- 6) tekstilmateriālu valkājumizturības pētījumi atkarībā no konkrētiem lāzerapstrādes iedarbības parametriem;
- 7) eksperimenta rezultātu analīze un salīdzinājums ar teoriju.
- 8) specializēto funkcionālo izstrādājumu pirmparaugu izgatavošana.

Kā gadījuma izpētes piemērs, M.Spruktes eksperiments: *denim* drāna tiek pētīta un pielietota rakstu, attēlu izveidei, meklēti optimālākie lāzerapstrādes parametri, lai tie atbilstu vēlamajam rezultātam – jauda P (%) no 10 – 30 % un ātruma v (mm/s) no 100 – 400 mm/s, parametru testēšanas paraugs *denim* drānai,

solis 0,3-0,5 mm gan rastra, gan vektorapstrādē, dažādojot līniju biezumu; ātrums 110 mm/s; eksperimenti ar jaudas diapazonu no 9,1 – 9,9 %. (skat. 1., 2. att.). Rezultāts paredz arī maketa un pirmparauga izgatavošanu.



1.attēls. Drānas testēšanas rezultāti
Figure 1 Fabric Testing Results



2.attēls. Raksta motīvs un marķējums rastra un vektorapstrādē
Figure 2 Drawing Motif and Marking in Raster and Vector Processing

3D drukas tehnoloģijas izmantošanā iegūti sekojoši rezultāti:

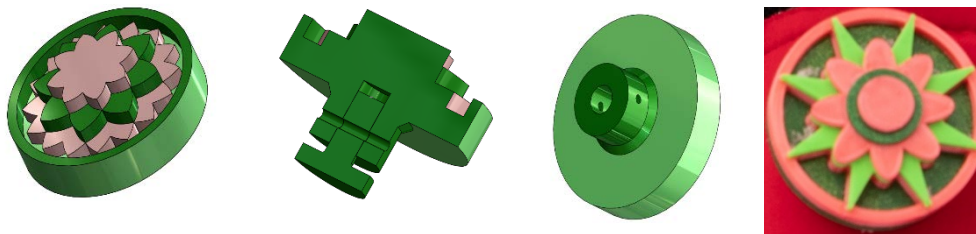
- 1) detaļu/furnitūras projektēšana CAD/CAE programmās (printējamo detaļu rasējumu sagatavošana, ievērojot pieejamos izmērus printēšanas laukumam);
- 2) elastīgu detaļu/furnitūras 3D printēšana uz konkrētiem tekstildrānu paraugiem;
- 3) elastīgo detaļu/furnitūras piemērotāko pēcāpstrādes paņēmieni izpēte un mehānisko īpašību testēšana;
- 4) piemērotāko veidu un tehnoloģisko paņēmieni risinājumi tekstildrānu un 3D drukas detaļu savienošanai uz konkrētiem tekstildrānu paraugiem;

- 5) tekstilizstrādājumu ar 3D drukas detaļu pielietojuma funkcionalitātes aprobācija.

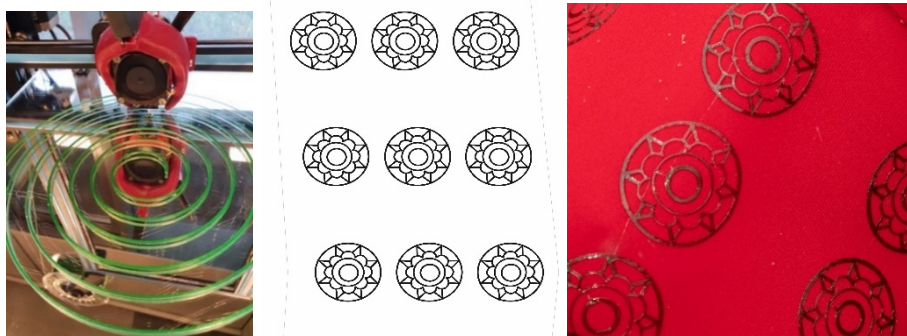
Kā otrs gadījuma izpētes piemērs, I. Unzules eksperiments: 3D drukātas furnitūras un ornamenta izstrāde divslāņu trikotāžas drānai ar neoprēna starpslāni, kas paredz arī dizaina izstrādi - piemērotākā zīmējuma un krāsu salikuma dizains, kā arī maketa un pirmparauga detaļu 3D druka (skat. 3., 4., 5. att.).



3.attēls. *Furnitūras skiču varianti krāsās un grafiskais ornaments*
 Figure 3 *Furniture Sketch Variants in Colors and Graphic Ornament*



4. attēls. *Furnitūras(pogas) 3D makets un pirmparaugs*
 Figure 4 *Furniture (buttons) 3D Layout and Preliminary Sample*



5. attēls. *Ornamenta grafiskais attēls un filamenta druka uz tekstildrānas*
 Figure 5 *Graphic Image of the Ornament and Printing of the Filament on a Textile Fabric*

Pētījuma rezultāti apkopo piemērotāko veidu un tehnoloģisko paņēmieni izpēti tekstildrānu un elastīgo, 3D drukāto elementu savienošanai, to pārnesi praksē.

Docētāji/pētnieki, izvērtējot studējošo sagatavoto esošo nozares sasniegumu analīzi par tehnoloģiju lietojumu, kas nepieciešams turpmākam eksperimentālam procesam, pētījuma rezultātu nodrošināšanai, optimālo parametru, metožu izvēles nosacījumu noteikšanai, sniedz konsultācijas, rekomendācijas tehnoloģisko paņēmieni izmantošanai, optimālu rezultātu ieguvei. Nozīmīgākās: sagatavotība darbam, procesa izpratne; izvirzāmo prasību konkretizācija; darbības posmu struktūra, lai izvairītos no neprognozējamiem rezultātiem; eksperimenta praktisko rezultātu analīze, atbilstības teorijai novērtēšana.

Studējošo pētnieciskā projektdarbības rezultāti pamato uz lietotāju virzītu pētniecību, nodrošina līgumpētījumu izpildi, kas paredz risinājumus specializēto funkcionālo izstrādājumu izgatavošanas tehnoloģisko iespēju uzlabošanai un sekmē pētījuma rezultātu praktisku izmantošanu. Daļa pētījuma rezultātu izmantota studējošo noslēguma darbos, izstrādātos modeļu/kolekciju dizainparaugos.

Secinājumi *Conclusions*

- Lāzerapstrāde un 3D druka ir videi draudzīgāka ražošana, tāpēc šo tehnoloģiju apguve, izpēte un izmantošana ir joprojām aktuāla. 3D drukas un lāzerapstrādes tehnoloģiju iespējas var izmantot, lai iegūtu dizainiski efektīvus un funkcionāli un inženiertehniski pilnveidotus produktus.
- Iegūtie pētījumu rezultāti un eksperimentālais materiāls izmantojams dizaina un inženierzinātņu studijās, parādot lāzerapstrādes un 3D drukas tehnoloģiskās iespējas tekstildrānās, pētījumu rezultātu pārnesi praksē. Materiāls palīdz studējošajiem projektēt un izgatavot līdzvērtīgus objektus ar tehnoloģiju piemērošanu, noteikt optimālākos parametrus, drukas temperatūras, objekta pēcapstrādes paņēmienus, risinot tehnoloģiski sarežģītākus uzdevumus.
- Projektu realizēšanas gaitā notiek veiksmīga sadarbība starp RTA pētnieciskajiem centriem, studiju virzieniem un programmām - studentiem, akadēmisko personālu, pētniekiem, tiek veikta zinātniski pamatotu rezultātu sagatavošana, līgumpētījumi.
- Empīriskā projektu daļa ietver veiktās eksperimentālās darbības rezultātus optimālo parametru noteikšanā tehnoloģiju pielietojumam tekstildrānās;

- Pētnieciskās darbības organizācijas rezultātu izvērtējums pamato efektīvu projektu īstenošanu, ievērojot strukturētus, secīgu posmus: konceptuālo, konstatējošo, pētnieciskās darbības, rezultātu analīzes un prezentācijas.
- Pētniecības projektu dalībnieku - studējošo patstāvīgā darba rezultāti pamato patstāvīgās pētnieciskās darbības kompetences attīstīšanos uz pētniecību orientētu studiju līmenī.
- Veikto eksperimentu, piemērojot 3D drukas un lāzertehnoloģijas, rezultāti studējošo patstāvīgā pētnieciskā darbībā iestrādāti 6 kvalifikācijas un 3 maģistra darbu dizainparaugos un prezentēti starptautiskajās zinātniskajās konferencēs.

Summary

The challenges of the 21st century contribute to the rapid development of diverse industrial digital solutions, leading to a change in understanding and approach to the study process. Prospects for the development of higher education in the field of design technologies are related to an important aspect: support for students' independent research activities. The aim is the formation of lasting motivation for personal and professional development, improvement of research competence.

Research projects related to the field of design technologies can give students - researchers the opportunity to learn, understand the importance of technology in the development of society, product design, understand their professional goals.

The aim of the research is to substantiate the activation of students' independent research activities in purposeful project activities, using 3D printing and laser technology application in textile fabrics, while interacting with various research centers, and showing the results of research grants in practice. Research methods: theoretical – literature and source analysis, empirical - experiment and data processing.

Research question: Do the experiments and applied technologies performed in research grants promote students' independent research project activities, and how? Increasing research productivity has received a lot of attention in universities around the world (Belavy, Owen, Livingston, 2020). The study (Zogla, Lubkina, 2020) describes the nature of the basic activity of research skills and competence development and the successive stages of competence development: problem-oriented studies; research-based studies; research-oriented studies; inquiry based research study process; research excellence has reached the highest quality.

Modern trends in the development of the textile industry in the world show the continuous use of the latest technologies in the technological process of production of raw materials and products, incl. various textile material laser processing and 3D printing options. The scientific grant projects implemented by RTA in the field of design technologies since 2017, involving the students in experimental research project activities, are purposeful work to support students' independent research activities. Research grants aim to develop science-based techniques for component/element/first sample, which are made using laser processing and 3D printing technologies, functional usage in textile design.

Experiments and applied technologies performed in research grants facilitate students' independent research activities and transfer results to designs: the achieved research results are incorporated in 6 qualification and 3 master's theses and presented at international student scientific conferences.

References

- Abel, C.F. (2002). Academic Success and the International Student: Research and Recommendations. *New Directions for Higher Education*, 117, 13-20. 8.p DOI: <https://doi.org/10.1002/he.42>
- Angelova, Y., Lazov, L., Mežinska, S. (2017). Innovative Laser Technology In Textile Industry: Marking and Engraving. *Internacional Scientific and Practical Conference Environment. Technology. Resources*, 3, 15-22. <http://dx.doi.org/10.17770/etr2017vol3.2610>
- Behroodi, E., Latifi, H., Bagheri, Z., Ermis, E., Roshani, S., Salehi M. M. (2020). A combined 3D printing/CNC micro-milling method to fabricate a large-scale microfluidic device with the small size 3D architectures: an application for tumor spheroid production. *Scientific Reports*, 10(1), 1-14. DOI: 10.1038/s41598-020-79015-5
- Belavy, D. L., Owen, P. J., Livingston, P. M. (2020). Do successful PhD outcomes reflect the research environment rather than academic ability? *PLoS ONE*, 15(8), 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236327>
- Breen, R., Lindsay, R. (1999). Academic Research and Student Motivation. *Studies in Higher Education*, 24(1), 75. 19p. <https://doi.org/10.1080/03075079912331380158>
- Burke, S., Sinclair, R. (2015). Computer-Aided Design (CAD) and Computer-Aided Manufacturing (CAM) of Apparel and other Textile Products. *Textiles and Fashion. Materials, Design and Technology*, 1671-1703. DOI: 10.1016/B978-1-84569-931-4.00027-1
- Kan, C. W. (2014). CO₂ laser treatment as a clean process for treating denim fabric. *Journal of Cleaner Production*, 66, 624-631. Database: ScienceDirect.
- Lipskaya, L. A. (2006). Philosophical-anthropological foundations of modern education. *Pedagogy*, 2, 23 -28.
- Lu, S., Mok, P. Y., Jin, X (2017). A new design concept: 3D to 2D textile pattern design for garments. *Computer-Aided Design*, 89, 35-49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cad.2017.03.002> Database: ScienceDirect
- Mahrle, A., Beyer, E. (2009). Theoretical aspects of fibre laser cutting. *Journal of Physics D:Applied Physics*, 42(17), 175507. Database: GoogleScholar.
- Mežinska, S., Kangro, I., Zaicevs, E., Salmane, G. (2020). The effect of 3d printing on a textile fabric. *Proceedings of the Internacional Conference Society, Integration. Education*, 5, 729.-739. DOI: <https://doi.org/10.17770/sie2020vol5.5012>
- Mizell, H. (2010). *Why Professional Development Matters*. Oxford: Learning Forward. Retrieved from <https://learningforward.org/wp-content/uploads/2017/08/professional-development-matters.pdf>
- Mizuno, D. (2014). Open design and digital fabrication in fashion. In A. Gwilt (Edit.), *Fashion design for living* (pp. 114-130). London: Routledge. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781315770758> Database: Taylor&Francis eBooks.
- Narica, P., Pacejs, A., Laizāne, R., Mežinska, S. (2019). Analysis of Laser Processing of Artificial Leather. *Internacional Scientific and Practical Conference Environment. Technology. Resources*, Vol. 3, 177-183. DOI: <https://doi.org/10.17770/etr2019vol3.4040>
- Nayak, R., Padhye, R. (2016). The use of laser in garment manufacturing: an overview. *Fashion and Textiles*, 3(5). Retrieved from: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40691-016-0057-x>

- Noorani, R. (2017). *3D printing. Technology. Applications and Selection*. eBook. Pub. Location Boca Raton CRS Press. DOI <https://doi.org/10.1201/9781315155494>
- Ondogan, Z., Pamuk, O., Ondogan, E. N., & Ozguney, A. (2005). Improving the appearance of all textile products from clothing to home textile using laser technology. *Optics & Laser Technology*, 37(8), 631–637. Database: Academic Search Complete (EBSCOhost)
- Ramiscat, N. G. (2016). You Can 3D Print Your Dress and Wear It Too: A Seminal Look at the Possible Legal Issues of 3D Printing in the Philippine Fashion Industry. *Atene Law Journal*, 60(4), 1045-1071.
- Scaturro, S. (2008). Eco-tech Fashion: Rationalizing Technology in Sustainable Fashion. *Fashion Theory: The Journal of Dress, Body & Culture*, 12(4), 469-488. DOI: <https://doi.org/10.2752/175174108X346940>
- Shah, J., Snider, B., Clarke, T., Kozutsky, S., Lacki, M., Hosseini, A. (2019). Large-scale 3D printers for additive manufacturing: design considerations and challenges. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 104(9-12), 3679-3693.
- Unrau, Y.A., Beck, A. R. (2004). Increasing Research Self-Efficiency Among Students in Professional Academic Programs. *Innovative Higher Education*, 28(3), 187-204. Retrieved from <http://www.springerlink.com>
- Vanderploeg, A., Lee, S., Mamp, M. (2017). The application of 3D printing technology in the fashion industry. *International Journal of Fashion Design, Technology & Education*, 10(2), 170-179. DOI: <https://doi.org/10.1080/17543266.2016.1223355>
- Wahl, L. (2019). Introducing fashion students to direct 3D printing on fabric. *Techniques: Connecting Education & Careers*. 94(4), 34-39.
- Žogla, I., Ļubkina, V. (2020). Doktoranta pētniecības kompetence. *Izglītības reforma: izglītības saturs pētījumi un ieviešanas problēmas*, 1, 42-56.