

VILNIAUS DAILĖS AKADEMIJA
VILNIUS ACADEMY OF ARTS

INGA VALENTINIENĖ

Meno projektas
VIETINIŲ PLUOŠTINIŲ MEDŽIAGŲ PRITAIKYMAS
EKO BALDŲ DIZAINUI

Art Project
THE APPLICATION OF LOCAL FIBROUS MATERIALS
TO THE DESIGN OF ECO-FURNITURE

Meno doktorantūra, Meno sritis, Dizaino kryptis (W200)

Art Doctorate, Design (W200)

Vilnius, 2016

MENO PROJEKTAS RENGTA VILNIAUS DAILĖS AKADEMIJOJE
2011–2015 METAIS

Kūrybinės dalies vadovas

Prof. Jonas Venckūnas
Vilniaus dailės akademija, dizainas W200

Tiriamosios dalies vadovė

Prof. dr. Rasa Žukienė
Vytauto Didžiojo universitetas, humanitariniai mokslai, menotyra 03H

MENO PROJEKTAS GINAMAS VILNIAUS DAILĖS AKADEMIJOJE
MENO DOKTORANTŪROS DIZAINO KRYPTIES GYNIMO TARYBOJE:

Pirmininkas

Prof. dr. Vytautas Kibildis
Vilniaus dailės akademija, humanitariniai mokslai, menotyra 03H, dizainas W200

Nariai

Doc. dr. Antanas Baltrušaitis
Kauno technologijos universitetas, technologijos mokslai, medžiagų inžinerija 08T

Prof. Audrius Klimas
Vilniaus dailės akademija, dizainas W200

Prof. dr. Uldis Spulle
Latvijos žemės ūkio universitetas, technologijos mokslai, medžiagų inžinerija 08T

Doc. dr. Jurgis Vroblevičius
Vilniaus dailės akademija, socialiniai mokslai, edukologija 07S, dizainas W200

Meno projektas ginamas viešame Meno doktorantūros
Dizaino krypties gynimo tarybos posėdyje
2016 m. birželio 10 d. 14 val. galerijoje „Akademija“ (Pilies g. 44, Vilnius).
Meno projektas ir jo santrauka išsiųsta 2016 m. gegužės 10 d.
Su disertacija galima susipažinti Lietuvos nacionalinėje Martyno Mažvydo ir
Vilniaus dailės akademijos bibliotekose.

© Inga Valentinienė, 2016

© Vilniaus dailės akademija, 2016

ISBN 978-609-447-206-0

THE ARTISTIC RESEARCH PROJECT WAS CARRIED OUT AT VILNIUS ACADEMY OF ARTS DURING THE PERIOD OF 2011–2015

Art Project Supervision

Prof. Jonas Venckūnas
Vilnius Academy of Arts, Design W200

Thesis Supervision

Prof. dr. Rasa Žukienė
Vytautas Magnus University, Humanities, Art Criticism 03H

THE ARTISTIC RESEARCH PROJECT WILL BE DEFENDED IN AN ORAL EXAMINATION BEFORE THE ACADEMIC BOARD OF DESIGN AT VILNIUS ACADEMY OF ARTS COMPOSED OF THE FOLLOWING MEMBERS:

Chairperson

Prof. dr. Vytautas Kibildis
Vilnius Academy of Arts, Humanities, Art Criticism 03H, Design W200

Members

Doc. dr. Antanas Baltrušaitis
Kaunas University of Technology, Technological Sciences, Materials Engineering 08T

Prof. Audrius Klimas
Vilnius Academy of Arts, Design W200

Prof. dr. Uldis Spulle
Latvia University of Agriculture, Technological Sciences, Materials Engineering 08T

Doc. dr. Jurgis Vroblevičius
Vilnius Academy of Arts, Social Sciences, Education 07S, Design W200

The public defence of the Artistic Research Project will be held on June 10, 2016, 2 p.m., in Gallery "Akademija" (Pilies str. 44, Vilnius).

The art project and its summary were sent out on the 10th of May 2016. The art project is available at Martynas Mažvydas National Library of Lithuania, and the libraries of Vilnius Academy of Arts

© Inga Valentinienė, 2016

© Vilnius Academy of Arts, 2016

ISBN 978-609-447-206-0

Padėka

Dėkoju savo mokytojams, šio projekto vadovams – prof. dr. Rasai Žukienei ir prof. Jonui Venckūnui už nuolatinę paramą ir nurodytą darbo kryptį.

Esu nepaprastai dėkinga savo nuostabiai komandai Kauno kolegijoje, ypač Technologijų ir kraštotvarkos fakulteto dekanui Giedriui Pilkiui, kurio entuziazmas bei energija pavertė šio projekto viziją tikrove ir direktoriui dr. Mindaugui Misiūnui, kuris skatino tikėdamas šio darbo sėkme ir rėmė sudarant sąlygas eksperimentuoti.

Esu dėkinga recenzentams – Asociacijos Lietuvos mediena prezidentui, AB „Grigeo Grigiškės“ prezidentui Gintautui Pangoniui ir Kauno technologijos universiteto Medienos technologijos katedros vedėjui dr. Antanui Baltrušaičiui už įžvalgas pastabas.

Labai ačiū įmonių inžinieriams, technologams – AB „Grigeo Grigiškės“ Popieriaus departamento technikos direktoriui Audriui Maminskui, UAB „Grigeo Baltwood“ Technologijos skyriaus vadovui Aurelijui Šapranauskui bei UAB „Interjero elementai“ ir UAB „Narbutas“ kolektyvui. Be jūsų nuoširdaus bendradarbiavimo užbaigti šio projekto būtų neįmanoma.

Nuoširdžiai dėkoju LŽI Upytės bandymų stoties mokslo darbuotojoms dr. Zofijai Jankauskienei ir dr. Elvyrai Gruzdevienei už pagalbą tyrinėjant pluoštinius augalus bei susivienijimo Žali.LT ir Baltijos pluoštinių kultūrų augintojų ir perdirbėjų asociacijos vadovams – Virginijai Vingrienei (LŽŪ), Edgar Babanov, Egidijui Zieringiui ir kitiems nariams už nuolatinę žinių apie tvarios plėtros situaciją šalyje bei pasaulyje pasidalijimą.

Dėkoju dizaino salono „Interjero erdvė“ savininkui ir „Kūrybos kampas 360“ įkūrėjui Giedriui Bučiui už mano veiklos garsinimą Dizaino savaitės renginių ir ekologinių projektų metu. Taip pat nuoširdus ačiū mano kolegei – dizaineri Renatai Maldutienei už lietuvių menininkų darbų garsinimą organizuojant parodą Airijoje.

Norėčiau geru žodžiu paminėti Pietų Afrikos Respublikos Stellenbosch universiteto Tvarios plėtros instituto profesorius Mark ir Evelyn G. Swilling už realų asmeninį pavyzdį ir įkvėptą tikėjimą, kad tai ką darau reikšminga kiekvienam iš mūsų.

Taip pat dėkoju mano straipsnių skaitytojams, kurie negailėdami laiko rašė palaikymo laiškus ir lankė mano paskaitas. Noras jūsų nenuvilti veikė kaip variklis sunkiame tyrimų kelyje.

TURINYS

Padėka	5
Kūrybinė dalis	9

IVADAS

Darbo aktualumas, problema ir mokslinis naujumas	31
Tyrimo objektas.....	37
Tikslai, uždaviniai ir darbo eiga	39
Metodologija	42
Ginamieji teiginiai	43
Literatūros apžvalga	44
Darbo struktūra.....	46

1 SKYRIUS

Vietinių pluoštinių augalų savybės ir pritaikomumas konstrukcinių medžiagų gamybai.....	48
1.1. Sėjamas linas <i>Linum usitatissimum</i> L.	55
1.2. Didžioji (pluoštinė) dilgėlė <i>Urtica dioica</i> L.	59
1.3. Sėjamoji kanapė <i>Cannabis sativa</i>	63

2 SKYRIUS

Konstrukcinių medžiagų iš pluoštinių augalų biomasės gamybos galimybių tyrimai	72
2.1. Pluošto savybių, įtakančių konstrukcinės medžiagos formos išlaikymą, tyrimas	75
2.1.1. Cheminė pluoštų sandara.....	76
2.1.2. Fizinės pluoštų savybės	77
2.1.3. Mechaninės pluoštų savybės	79
2.1.4. Pluoštų relaksacijos reiškiniai	80
2.1.5. Plaušų relaksacinės savybės, įtakančios plaušų plokščių charakteristikas	83
2.2. Gamybos technologijų tyrimas koncerne <i>Siempelkamp</i> , Vokietijoje	88
2.3. Linų smulkinių plokštės tinkamumo baldų gamybai tyrimas	91
2.3.1. Plokštės tankio pasiskirstymas	92
2.3.2. Plokštės vidinės sankibos stiprio nustatymas	94
2.3.3. Plokštės paviršiaus stiprio nustatymas	95
2.3.4. Medsraigčių ištraukimo pasipriešinimo jėgos nustatymas	97
2.3.5. Laisvo formaldehido kiekio plokštėje nustatymas	99
2.3.6. Plokštės reljefo profilio nustatymas	100
2.4. Pluoštinių augalų auginimo ir apdorojimo Lietuvoje tyrimas	102
2.5. Biomasės ruošimas Kauno kolegijos laboratorinėje bazėje.....	107
2.6. Eksperimentinė konstrukcinių medžiagų gamyba AB <i>Grigiškės</i>	109
2.6.1. Gamyba iš neslegiamos papildoma jėga plaušų biomasės	110
2.6.2. Gamyba iš karštais presais slegiamos plaušų biomasės	111
2.6.3. Gamyba iš karštais presais slegiamos kanapių plaušų biomasės	115
2.7. Eksperimentinis lenktų elementų formavimo galimybių tyrimas.....	116
2.7.1. Bandymai Kauno kolegijos laboratorijoje.....	117
2.7.2. Bandymai UAB <i>Narbutas</i>	119
2.7.3. Bandymai UAB <i>Interjero elementai</i>	122
2.8. Eksperimentinis tūrinių elementų formavimo galimybių tyrimas	124

2.8.1. Galimybių tyrimas UAB <i>Vinapack</i>	124
2.8.2. Galimybių tyrimas UAB <i>UMP</i>	125
2.9. Gamybos technologijų tyrimas Ukrainos mokslų akademijoje.....	126
2.10. Gamybos technologijų tyrimas Pietų Afrikos Respublikoje.....	131

3 SKYRIUS

Interjero ekoobjektų iš augalinės kilmės biomasės dizaino idėjos bei ekologiškos gamybos technologijų pasiekimai. Analogų apžvalga	141
3.1. Bendros išvalgos vertinant ekoobjektų dizainą	144
3.2. Ekoobjektai iš augalinio pluošto biomasės ir žemių.....	145
3.3. Ekoobjektai iš miško atliekų biomasės	149
3.4. Ekoobjektai iš artišokų ląstelių.....	150
3.5. Ekoobjektai iš kavos pupelių biomasės	152
3.6. Ekoobjektai iš jūrinių andrų biomasės	154
3.7. Ekoobjektai iš „skystos medienos“	156
3.8. Ekoobjektai iš augalinio bioplastiko.....	159
3.9. Ekoobjektai iš augalinės biomasės, pagaminti taikant <i>fluid-solid</i> technologiją ...	161
3.10. Ekoobjektai iš augalinio pluošto neaustinių medžiagų.....	163
3.11. Alternatyvios konstrukcinės medžiagos ekoobjektų gamybai.....	166
3.12. Alternatyvios konstrukcinės medžiagos popierinių ekoobjektų gamybai	171

4 SKYRIUS

Konstrukcinių medžiagų iš pluoštinių augalų biomasės formavimo ir apdorojimo technologijos	175
4.1. Pluoštinių augalų plaušų plokštės gamybos technologija.....	177
4.1.1. Pjaustymas pjūklais	179
4.1.2. Pjaustymas lazeriu	180
4.1.3. Formavimas vakuuminiu membraniniu presu	181
4.1.4. Formavimas karštu presu.....	182
4.1.5. Formavimas spaustais šaltu būdu	184
4.1.6. Frezavimas.....	184
4.1.7. Gręžimas.....	186
4.1.8. Šlifavimas	187
4.2. Tūrinių konstrukcinių medžiagų formavimas aukšto slėgio karštu presu	188
4.2.1. Tekinimas	189
4.2.2. Šlifavimas	190
4.2.3. Pjaustymas, gręžimas, frezavimas	191

BENDROSIOS IŠVADOS	195
SUMMARY	199
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	215
ILIUSTRACIJŲ SĄRAŠAS	223

Autorės publikacijos disertacijos tema.....	231
Pranešimai konferencijose disertacijos tema.....	231
Trumpos žinios apie doktorantę	232

Vietinių pluoštinių medžiagų pritaikymas eko baldų dizainui

Šio meno projekto kūrybinės dalies veiklos tiesiogiai susietos su *ekologiniu dizainu*, kuris suvokiamas, kaip dizaino forma, mažinanti griaujamąjį poveikį aplinkai. Tai koncepcija, kuri siejama su žmogaus veikla bei jos daromu poveikiu planetos ekosistemai. Ji padeda sujungti skirtingus principus aplinkos architektūroje, žemės ūkyje, ekoinžinerijoje bei kitose srityse. Konkretūs *ekologinio dizaino* sprendimai numato būdus, kaip sumažinti energijos ir medžiagų naudojimą, mažinti taršą, saugant aplinką ir žmonių sveikatą. Tai teikia naujas dizaino filosofijos vystymo galimybes.

Šio meno projekto kūrybinės dalies išvalgos, praktiniai eksperimentai ir jų rezultatai reikšmingi:

1. ekologijos problemų sprendimams, apimantiems nenutrūkstamus dizaino kūrimo procesus, ekologiškų (perdirbamų) produktų gamybą, pridėtinės vertės sukūrimą rinkoje, šalies ir atskirų regionų patrauklumo investicijoms didinimą;
2. taikomiesiems tyrimams, skatinantiems medienos ir baldų pramonės įmonių bendradarbiavimą ir teikiantiems inovacijas ir abipusią naudą mokslo institucijoms ir konkurencingoms įmonėms,
3. žemės ūkio problemų sprendimams, įtakojantiems naujų darbo vietų sukūrimą, pilną ir efektyvų išaugintos produkcijos perdirbimą.

Vadovaujantis ekologiškų objektų gamybos principais¹, suformuluotas tikslas – iš vietinių žaliavų sukurti konstrukcinę medžiagą, ištirti jos savybes ir pritaikyti eko baldų dizaine – sėkmingai įgyvendintas. Atlikti realūs bandymai Lietuvos ir užsienio gamybinėse bazėse:

- specialiai šioms badymams užaugintas 1 ha sėjamųjų kanapių (*Cannabis sativa*). Sėjamojo lino (*Linum usitatissimum* L.) ir didžiosios (pluoštinės) dilgėlės (*Urtica dioica* L.) žaliava gauta Lietuvos žemdirbystės instituto Upytės bandymų stotyje. Kauno technologijos universiteto Tekstilės katedros laboratorijoje ištirtos šių augalų pluoštų charakteristikos ir išanalizuotos konstrukcinių medžiagų iš augalinių pluoštų relaksacinės savybės, lemiančios gaminio atsparumą išoriniams veiksniams bei gebėjimą išlaikyti suformuotą būseną.

- Atsižvelgiant į augalų charakteristikas, atlikti augalų apdorojimo darbai (smulkinimas įvairia technika sausoje bei vandeninėje terpėje). Gauta tinkamos konsistencijos biomasė konstrukcinėms medžiagoms gaminti.

¹ Ekologiški produktai pasižymi šiais bruožais:

1. jiems gaminti, paslaugai teikti ar darbams atlikti sunaudojama mažiau gamtinių išteklių, naudojami atsinaujinantys, ekologiški energijos ištekliai;
2. jie turi mažiau ar visiškai neturi pavojingų, toksinių ir kenksmingų medžiagų;
3. jie tvirti, ilgaamžiai, funkcionalūs, tinkami naudoti daug kartų, virtę atlieka, jie tinkami perdirbti.

- AB *Grigiškės* Medienos plaušų plokštės (MPP) gamybos departamento laboratorijoje atlikti pirmieji konstrukcinių medžiagų gamybos bandymai drėgną biomasę kaitinant po džiovinimo lempa. Gauta mažo tankio, lengva ir standi medžiaga, kuri galėtų būti panaudota šviestuvų gaubtų ar interjero dekoravimo elementų gamybai.

- UAB *Baltwood* atliktas eksperimentinis bandymas gaminti augalinių plaušų plokštę, panaudojant esamą MPP šlapiuoju būdu gamybos techniką ir technologiją. Gauta analogiška MPP lakštinė medžiaga, kurią galima panaudoti interjero ekoobjektų gamybai.

- Atlikti konstrukcinių elementų konfigūruotos formos išlaikymo bandymai. Panaudota laboratorinė įranga Kauno kolegijoje (rifliuoto paviršiaus karšto slėgimo plokštės) bei pramoninė įranga baldų gamybos įmonėse (UAB *Narbutas* – lenktų elementų formavimo karšti presai, UAB *Interjero elementai* – vakuuminis membraninis presas, UAB *UMP* – briketavimo įranga).

Visais augalinės biomasės formavimo atvejais, gauta medžiaga arba konstrukcinis elementas išlaikė formavimo metu suteiktas formas, todėl gali būti puiki alternatyva kitoms, baldų gamyboje naudojamoms, medžiagoms. Lenktų formų elementus galima gaminti pritaikant baldų įmonėse naudojamas kėdžių sėdimosios ir atraminės dalies presformas.

Tiriant Lietuvos įmonių baldų gamybos galimybes paaiškėjo, jog įvairiomis kryptimis konfigūruotų ar giliai išgaubtų objektų iš biomasės gamybai šalies baldų įmonėse nėra nei įrangos, nei išdirbtų technologijų. O lakštinių medžiagų gamyba galima MPP gamybos techninėje bazėje. Šiuo metu Lietuvoje MPP (3,2 -3,5 mm storio medžiaga) gaminama tik UAB *Baltwood*. Šioje įmonėje buvo atliekami pramoniniai konstrukcinių medžiagų gamybos bandymai ir numatytos tolimesnės bendradarbiavimo galimybės. Dėl šios priežasties, meno projekto kūrybinėje dalyje pateikiama daugiausiai interjero ekoobjektų pavyzdžių, suprojektuotų iš lakštinių medžiagų.

Lakštinė medžiaga iš augalinės biomasės, dėl savo fizinių savybių, savotiškai apriboja kūrybinę laisvę. Jos negalima lankstyti kaip metalinio lakšto, negalima susukti mažu spinduliu, sulenkti kampu arba sugofruoti kaip popieriaus. Veikiama per didelės jėgos, ji lūžta². Tačiau yra beribės galimybės interjero objektus iš šios medžiagos formuoti plastiškai ją lenkiant.

Objektų, iš lakštinių medžiagų, konstrukcijos dažnai daugiasluoksnės – konstrukciniai elementai sujungiami plokštumomis tam, kad sustandinti formuojamą elementą, arba jungiami kryžmai, kad sukibę elementai išlaikytų vienas kitą ir tuo pačiu visą konstrukciją. Konstruojamas objektas gali būti formuojamas iš kelių, dažniausiais lenktų, segmentų, jungiant juos išpjovose arba papildoma furnitūra. Objektams iš lakštinių medžiagų labai dažnai naudojami lenkti elementai todėl, kad lenktas plonas konstrukcinis elementas yra atsparesnis veikiamai jėgai, nei lygus. Labai svarbus ir teigiamai vertinamas *ekologinio dizaino* objektų konstravimo rodiklis yra, kai elementų susijungimo mazgai suformuoti

² Šiuo metu dar nėra pagaminta pakankamo kiekio konstrukcinių medžiagų iš augalinių plaušų biomasės, kad galima būtų daugkartinių bandymų metu nustatyti tiksliai formavimo galimybių ribas.

nenaudojant papildomos furnitūros. Furnitūrai taip pat reikia resursų pagaminti, atgabenti, po to išrūšiuoti ir utilizuoti.

Ieškota galimybių derinti šias ekomedžiagas su kitomis šiuo metu plačiai naudojamomis konstrukcinėmis medžiagomis interjero objektų dizainui sukurti. Pastebėta, jog medžiagų iš biomasės vaizdas išraiškingas dėl matomų augalų smulkinių bei jiems charakteringa spalva, todėl tinkamiausi jų deriniai su neutraliomis medžiagomis, tokiomis, kaip stiklas ir metalas. Tačiau pati „draugiškiausia“ visomis prasmėmis, medžiaga yra natūrali mediena. Ji tos pačios – organinės kilmės, iš jos galima konstruoti rėmines, atramines konstrukcijas ar gaminti furnitūros detales. Šios abi medžiagos papildo viena kitą, o atitarnavusios tinkamos perdirbimui arba utilizavimui net be išrūšiavimo.

Lietuvoje gaminamų ekoobjektų iš augalinės pluoštinės biomasės analogų neaptikta, o užsienio dizainerių sukurti interjero dizaino ekoobjektai iš analogiškos medžiagos, dažniausiai pasižymi konstrukcijos paprastumu. Tiek formomis, tiek ir spalvų deriniais stengiamasi akcentuoti ekologiškos medžiagos privalumus – augalinių smulkinių natūralią spalvą, tekstūrą, faktūrą ir pačios medžiagos plastiškumą. Todėl šie objektai yra ne tik funkcionalūs, bet ir siunčiantys „eko žinutę“. Vartotojus tai veikia, todėl šie objektai yra patrauklūs ne dėl „gero dizaino“, bet dėl ateities gerinimo ideologijos.

Meno projekto rengimo metu atrasta technologija gaminti pluoštinių augalų plaušų plokštę. Ši technologija užpatentuota ir numatytas tolimesnis bendradarbiavimas su šių plokščių gamybos įmone UAB *Baltwood*³. Kūrybinės veiklos metu iš pluoštinių medžiagų sukurti baldų ar kitų interjero objektų fragmentai: konstrukciniai segmentai, elementų junginiai, deriniai ir konfigūracijos. Šie eksperimentiniai bandiniai eksponuoti parodose Lietuvoje⁴ ir Airijoje⁵.

Pastaba. Meno projekto kūrybinės dalies aprašuose dažnai naudojamas terminas „LDK pluoštas“. Tai yra „Linų, Dilgėlių ir Kanapių pluošto“ trumpinys.

³ Rengiamas projektas pagal programą „2014–2020 metų Europos Sąjungos fondų investicijų veiksmų programos 1 prioriteto „Mokslinių tyrimų, eksperimentinės plėtros ir inovacijų skatinimas“ 01.2.2-cpva-k-738 priemonė „Nepriklausomi MTEP projektai““.

⁴ Tarptautinė paroda „Baldai. Interjeras. Dizainas‘2013“, Lietuvos parodų ir kongresų centras - LITEXPO, Vilnius.

Dizaino savaitė. 2013.05.04.-12. Eksperimentinių medžiagų interjero objektų gamybai pristatymas dizaino centre „Artis“, Kaunas.

Doktorantų darbų paroda 2013.05.13. – 25., VDA Galerijoje „Akademija“, Vilnius.

Doktorantų darbų paroda „Išsklotinė“, 2014.04.20.-05.21., VDA Parodų salės „Titanikas“, Vilnius.

Doktorantų darbų paroda „Mnemosinės ledkalnis“, 2015.04.23.-05.09., VDA Parodų salės „Titanikas“, Vilnius.

⁵ Tarptautinė paroda „Baltic links“, 2015.06.11.-09.06. *Farmleigh* galerija, Dublinas, Airija



LDK pluoštas. Linų, dilgėlių ir kanapių žaliavos. Inga Valentinienė, 2012 vasaris, Kaunas.
Asmeninis I. Valentinienės archyvas
[Vereta Rupeikaitė] Pakulos – būsimi natūralūs baldai//Kauno diena. 2013.05.13.
http://kauno.diena.lt/naujienos/laisvalaikis-ir-kultura/namai/pakulos-busimi-naturalus-baldai-530175#.Uvk2R2J_uSo
Lietuvės idėja gali apversti baldų pramonę//Mano ūkis. 2013.05.15.
<http://www.delfi.lt/verslas/kaimas/lietuves-ideja-gali-apversti-baldu-pramone.d?id=61387645>



LDK pluoštas. Konstrukcinių medžiagų prototipai iš linų, dilgėlių ir kanapių žaliavos.

Inga Valentinienė, 2013 vasaris, Kaunas. Asmeninis I. Valentinienės archyvas

Baldžiams tai lyg skrydis į kosmosą//Verslo žinios. 2013.03.22.

<http://laikrastis.verslozinios.lt/index.php?act=mprasa&sub=article&id=60941&mode=img&z=125>

Baldžiams medieną siūlo keisti pigesniais pluoštais//Verslo žinios.

<http://vz.lt/article/2013/3/24/baldziams-mediena-siulo-keisti-pigesniais-pluostais> 2013.03.24.

Lietuvės kanapių ir linų baldai sudomino gigantę IKEA// www.GRYNAS.lt 2013.04.16.

<http://grynas.delfi.lt/gyvenimas/lietuves-kanapiu-ir-linu-baldai-sudomino-gigante-ikea.d?id=61161275>



Konstruktinė medžiaga iš LDK pluošto.

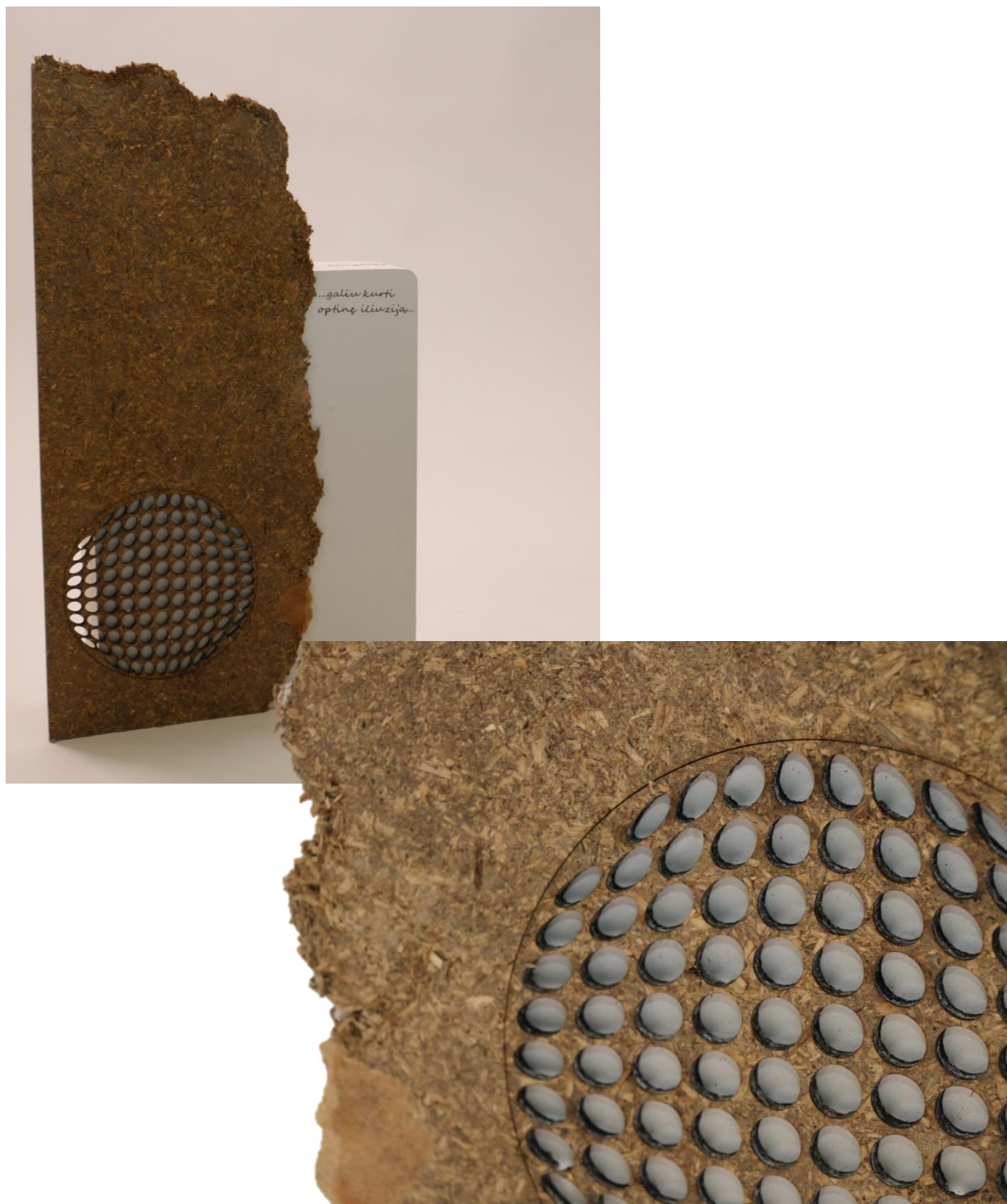
Inga Valentinienė, 2014 kovas, Kaunas.

LDK plaušų plokštė. Formavimas vakuuminiu membraniniu presu.

Asmeninis I. Valentinienės archyvas

Design exhibition "Baltic links". 2015.06.11. <https://ie.mfa.lt/ie/en/news/design-exhibition-baltic-links>, <http://ie.mfa.lt/ie/en/>

Baltic links. 2015.06. <http://www.vda.lt/lt/naujienos/parodos/baltic-links>



*Konstruktinė medžiaga iš LDK pluošto.
Inga Valentinienė, 2014 kovas, Kaunas.
Dilgėlių plaušų plokštė. Pjaustymas lazeriu.
Optinės iliuzijos sudarymo eksperimentas.
Asmeninis I. Valentinienės archyvas*



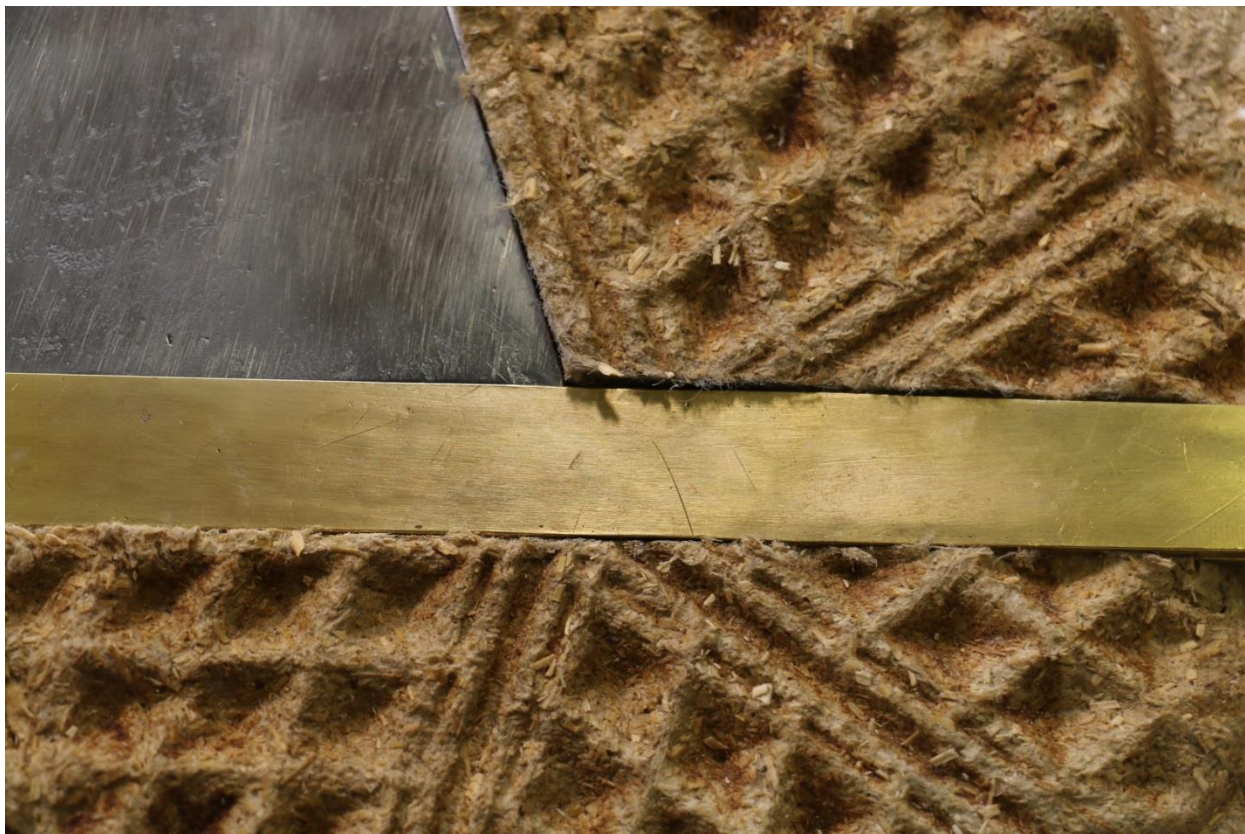
*Konstruktinė medžiaga iš LDK pluošto.
Inga Valentinienė, 2014 kovas, Kaunas.
Kanapių plaušų plokštė. Pjaustymas lazeriu.
Medžiagos tinkamumo smulkaus rašto išpjaustymui eksperimentas.
Asmeninis I. Valentinienės archyvas*



*Konstrukcinė medžiaga iš LDK pluošto.
Inga Valentinienė, 2014 kovas, Kaunas.
Linų plaušų plokštė. Pjaustymas lazeriu.
Medžiagos tinkamumo stambaus rašto išpjaustymui eksperimentas.
Asmeninis I. Valentinienės archyvas*



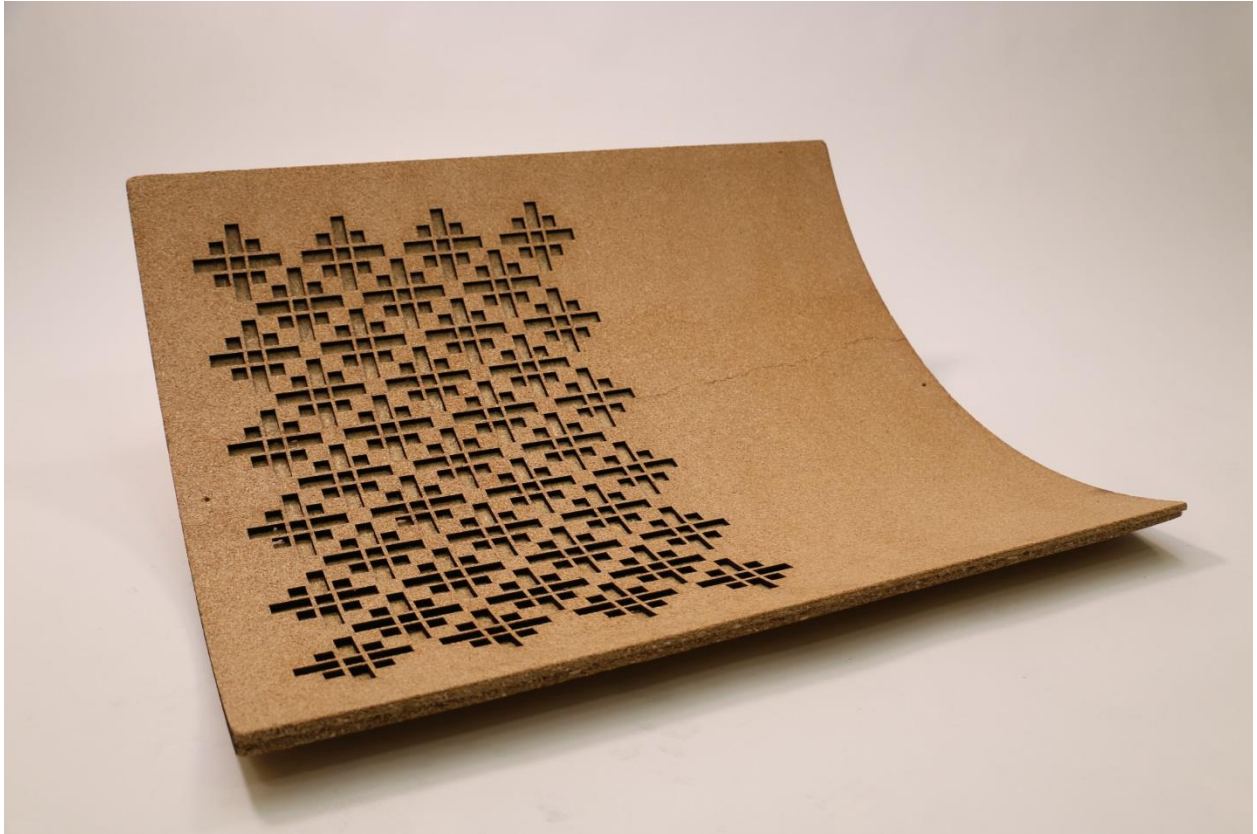
Konstruktinė medžiaga iš LDK pluošto.
Inga Valentinienė, 2014 kovas, Kaunas.
Medžiagos derinimo su natūralia mediena eksperimentas.
Asmeninis I. Valentinienės archyvas



Konstruktinė medžiaga iš LDK pluošto.
Inga Valentinienė, 2014 kovas, Kaunas.
Medžiagos derinimo su metalu eksperimentas.
Asmeninis I. Valentinienės archyvas



*Konstruktinė medžiaga iš LDK pluošto.
Inga Valentinienė, 2014 kovas, Kaunas.
Medžiagos derinimo su dirbtiniu akmeniu eksperimentas.
Asmeninis I. Valentinienės archyvas*



Krėslo „Atostogos kaime“ fragmentas iš LDK pluošto.

Inga Valentinienė, 2015 birželis, Kaunas.

Linų plaušų plokštė. Pjaustymas lazeriu, formavimas vakuuminiu membraniniu presu.

Ažūrinės medžiagos tinkamumo lenkimui eksperimentas.

Asmeninis I. Valentinienės archyvas

Design exhibition “Baltic links”. 2015.06.11. <https://ie.mfa.lt/ie/en/news/design-exhibition-baltic-links>, <http://ie.mfa.lt/ie/en/>

Baltic links. 2015.06. <http://www.vda.lt/lt/naujienos/parodos/baltic-links>



Lenkto objekto su dekoratyviniu elementu fragmentas.

Inga Valentinienė, 2015 gegužė, Kaunas.

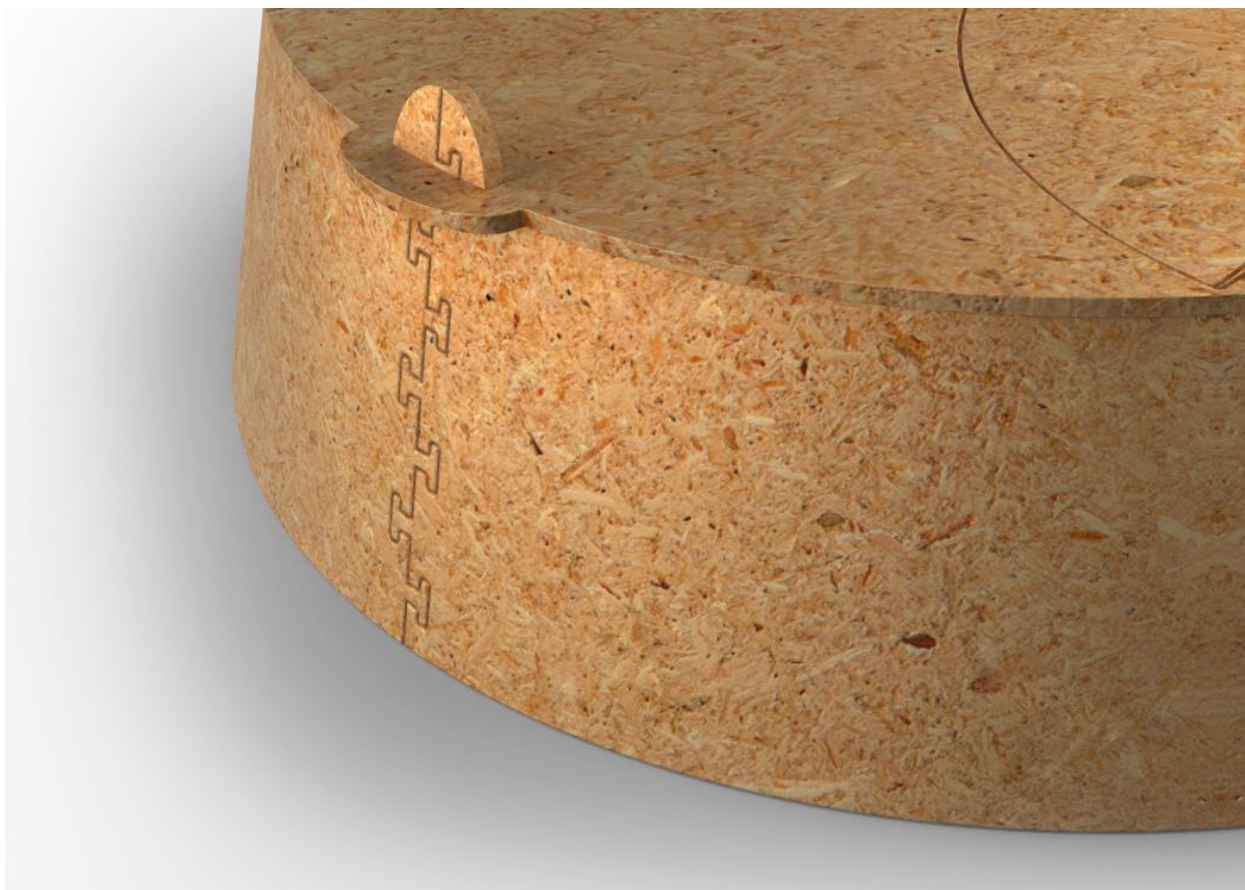
LDK plaušų plokštė. Formavimas spaustais šaltu būdu, frezavimas.

Konstrukcijos tvirtinimo bei furnitūros projektas.

Asmeninis I. Valentinienės archyvas



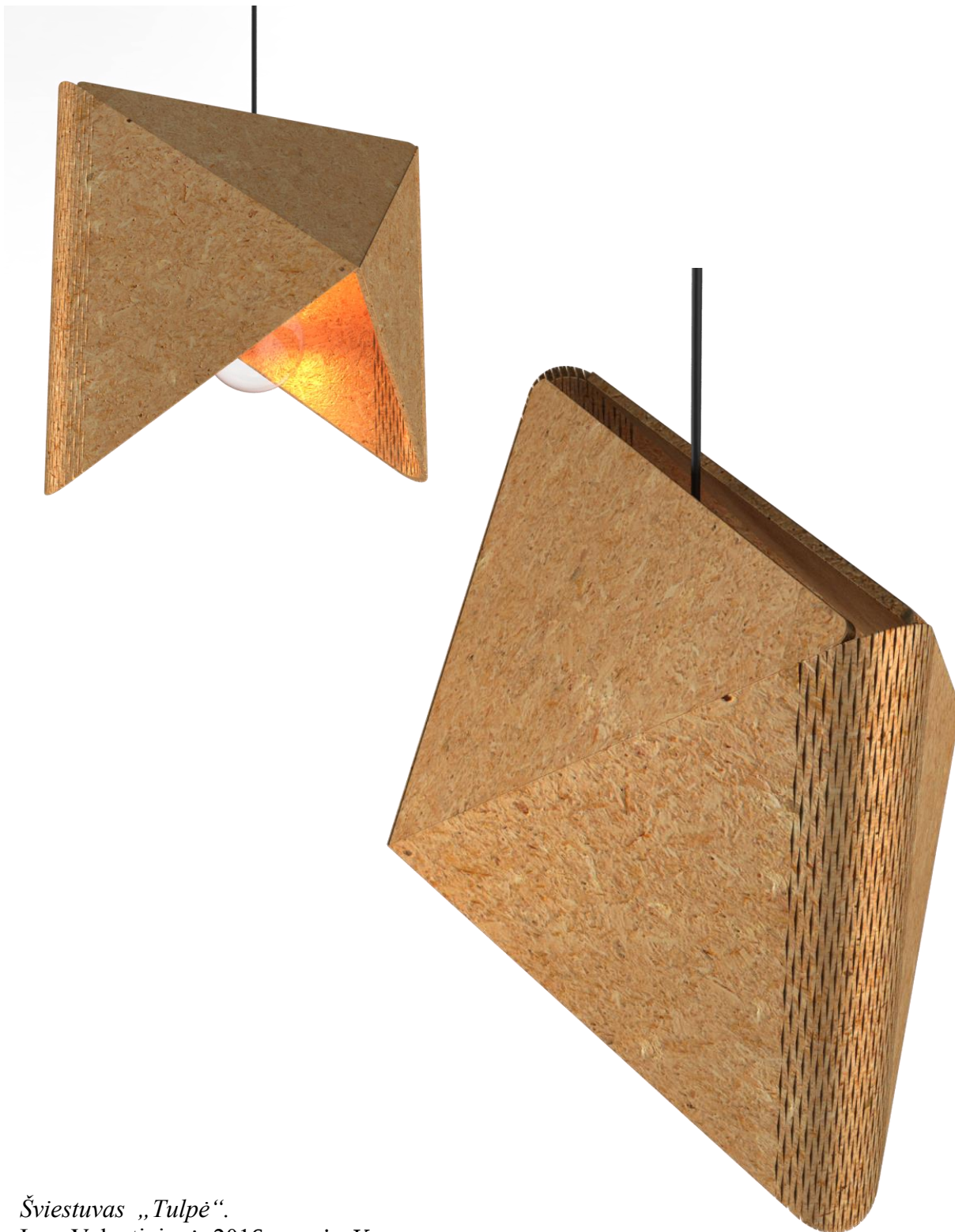
Interjero ekoobjektų komplektas „Etna“.
Inga Valentinienė, 2012 gegužė, Kaunas.
LDK pluoštas. Formavimas karštu presu (projektas).
2 x 600 x Ø 400 / 300 mm, 1 x 200 x Ø 900 / 800 mm
Asmeninis I. Valentinienės archyvas



Interjero objekto elementų jungimo be furnitūros fragmentas.
Inga Valentinienė, 2016 vasaris, Kaunas.
LDK plaušų plokštė. Lenkimas spaustais šaltu būdu, frezavimas.
Konstrukcijos tvirtinimo be furnitūros projektas.
Asmeninis I. Valentinienės archyvas



Stalėlis „Gyvybės medis“.
Inga Valentinienė, 2016 vasaris, Kaunas.
LDK plaušų plokštė. Daugiasluoksnė konstrukcija.
560 x Ø 900 mm
Konstrukcijos tvirtinimo be furnitūros projektas.
Asmeninis I. Valentinienės archyvas



Šviestuvas „Tulpė“.

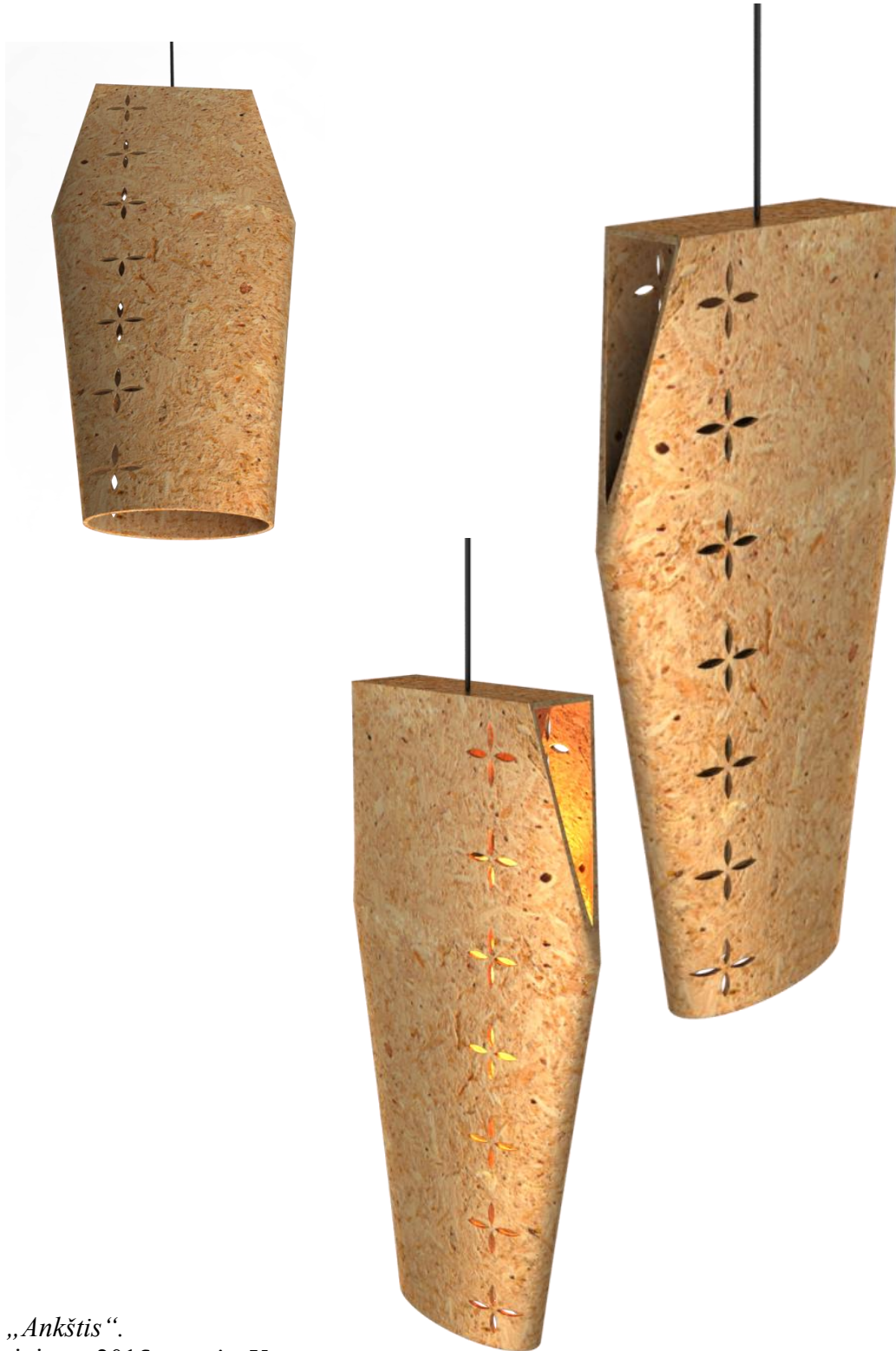
Inga Valentinienė, 2016 vasaris, Kaunas.

LDK plaušų plokštė. Pjaustymas lazeriu.

220 x 220 x 220 mm

Konstrukcijos tvirtinimo be furnitūros projektas.

Asmeninis I. Valentinienės archyvas



Šviestuvas „Ankštis“.

Inga Valentinienė, 2016 vasaris, Kaunas.

LDK plaušų plokštė. Formavimas vakuuminiu membraniniu presu, frezavimas.

400 x 140 / 200 / 120 x 60 mm

Konstrukcijos tvirtinimo be furnitūros projektas.

Asmeninis I. Valentinienės archyvas



Šviestuvas „Vabzdys 1_2“.

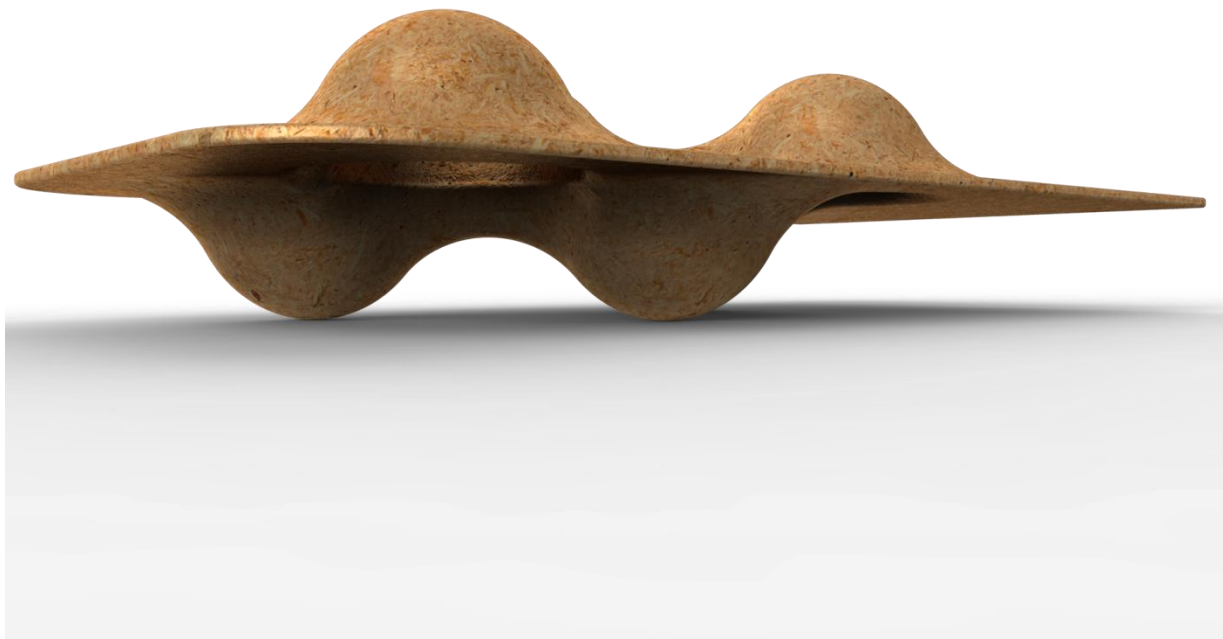
Inga Valentinienė, 2016 vasaris, Kaunas.

LDK plaušų plokštė. Frezavimas, dyginis jungimas.

1600 x 650 mm / 1200 x 550 mm

Konstrukcijos tvirtinimo be furnitūros projektas.

Asmeninis I. Valentinienės archyvas



Gultas „Lietuviška medūza“.

Inga Valentinienė, 2015 balandis, Kaunas.

Kanapių plaušų plokštė. Tūrinis formavimas karštu presu (projektas).

1000 x 1000 x 600 mm

Asmeninis I. Valentinienės archyvas

Darbo aktualumas, problema ir mokslinis naujumas

Šis meno projektas skirtas prisidėti prie svarbios šiuolaikinio industrinio pasaulio sukeltos problemos – besaikio gamtos išnaudojimo ir teršimo, gaminant naują produkciją – (iš)sprendimo.

A K T U A L U M A S. Viena iš didžiausių socialinių aktualijų, kilusių šio tūkstantmečio pradžioje, yra susirūpinimas žmonijos ir visos gyvybės Žemėje likimu. Ekologų bei kitų mokslininkų teigimu, žmonija jau pasiekė kritinį tašką niokodama ir alindama savo planetą. Kaip atsaką į tokią negatyvias pasekmes turinčią žmogaus veiklą, gamta jam „pateikia“ vis dažnėjančias stichines nelaimes ir priklausomai nuo to daugelio besivystančių pasaulio šalių („III pasaulio“ šalyse, kurios eksploatuoja savo gamtos išteklius, masinės pramoninės gamybos vystymui – Kinijoje, Brazilijoje, kai kuriose Afrikos šalyse) gyvenimo sąlygos tapo sunkiai pakeliamos arba greitai metu tokiomis taps.

Žmogaus gyvenime gamta visada vaidino ir vaidins svarbiausią vaidmenį. Savo praktinėje veikloje žmogus visuomet buvo, arba buvo priverstas būti artimame santykiuose su gamta ir jos ištekliais. Žmogaus elgesį su gamta lemdavo tuo metu vyraujantis požiūris į gamtos reiškinius, išteklius. Bet ar teisingas etinės vertybės pasirinkęs buvo žmogus, jei jo nueitas kelias ir situacija, kurioje jis šiandien atsidūręs, veda prie katastrofos? Tik XX a. pabaigoje išryškėjo žymūs žmogaus mąstymo pokyčiai, pabrėžiantys etinius kriterijus ir reikalaujantys humanistinio pagrindimo visose žmogaus veiklose. Transformavosi net pati humanizmo samprata, todėl žmogus laikomas nebe gamtos valdovu, o tik protingąja jos dalimi. Nuo to laiko, kai 1866 m. vokiečių biologas *Ernst Haeckel* įtraukė į mokslinę terminologiją žodį ekologija, ekologinės etikos horizontas prasitvėrė. Ilgą laiką gamta buvo suvokiama vien kaip žmogaus reikmių tenkinimo šaltinis ir priemonė. Tačiau dabar atsirado *žmogaus ekologija, socialinė ekologija, globalinė ekologija*⁶. Žmogaus ir gamtos santykiuose susipynė ekonominės, visuomeninės ir kultūrinės žmonių gyvenimo ypatybės.

⁶ Kalenda, Č., *Ekologinė etika: ištakos ir dabartis*. Vilniaus universiteto leidykla, 2002. – 277 p. – ISBN 9986-19-463-6

Deja, tik praėjus daugiau kaip 100 metų nuo *ekologijos* sąvokos atsiradimo, pradėta realiai modernizuoti gamybos technologijas, reorganizuoti ūkius, kad jie taptų ekologiniai. Seniausias pasaulyje aplinkosauginis ženklas *Žydrasis angelas* (angl. *The Blue Angel*), pradėtas naudoti Vokietijoje 1977 m. Jis įkvėpė kitas Europos ir už jos ribų esančias šalis pasekti Vokietijos pavyzdžiu ir sukurti nacionalinę ar regioninę gamtai nekenksmingų produktų ženklinimo sistemą. Didžiausias poreikis oficialiai įregistruoti ekologinius žemės ūkius bei pramonės įmonių ekologinę veiklą Europoje iškilo tik 1990 metais. 1991 m. Europos žemės ūkio ministrų taryba pirmą kartą priėmė Reglamentą (EEB) Nr. 2092/91 „dėl ekologinės žemės ūkio produktų gamybos <...>“⁷. ES šalys yra parengusios 20 gaminių grupių ekologinio ženklo suteikimo kriterijus, kurie yra nuolat peržiūrimi ir tobulinami, atsižvelgiant į naujausius mokslo pasiekimus⁸. Visi šie dokumentai nuo 1996 m. yra adaptuojami Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijoje ir skelbiami „Valstybės žiniuose“ (sąrašas paskelbtų kriterijų atskiroms gaminių grupėms būna pridedamas)⁹. Dabar Ekologinio ženklo sistema taikoma 26 produktų grupėms (įskaitant tekstilės gaminius, dažus, popierių, ploviklius, buities prietaisus ir paslaugas)¹⁰.

Nors ekologinės gamybos idėja paplito, nemažos dalies pramoninkų sąmonėje ekologijos svarbos nesuvokimas ar ignoravimas vis dar ryškus. Dėl pavojaus aplinkai ir žmogui, ekologijos specialistų teigimu, keistis reikia jau dabar. Tačiau ekologinės gamybos ir tokių pat produktų vartojimo skeptikų šiandien yra daugiau, nei pritariančiųjų šioms ekoidėjoms. Vakarų visuomenėje alternatyvios medžiagos ir energijos šaltiniai populiarėja, ir galėtų būti įgyvendinamos. Tačiau daugeliui gamintojų vis dar atrodo atstumtini jų kaštai. Vis dėlto mūsų pasaulis įvairus, ir yra nemažai tokių gamintojų, kurie galvoja apie ateitį ir pradeda įdiegti ekologiškos produkcijos principus pramonės ar paslaugų šakose, žino, kad be ekoproduktų vėliau bus sunku išsilaikyti vietos bei pasaulinėje rinkoje. Sekdamos tokiais pavyzdžiais nemažai pasaulio korporacijų keičia iš esmės savo darbo strategiją, renkasi atsinaujinančius energijos šaltinius.

⁷ Europos Sąjungos oficialusis leidinys. *REGLAMENTAI. KOMISIJOS REGLAMENTAS (EB) Nr. 889/2008*. 2008 m. rugsėjo 5 d.

⁸ Aplinkai nepavojingo gaminio ženklo suteikimas [interaktyvus]. Santrauka [žiūrėta 2016 m. vasario 14 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.savas.lt/zalios-zinios/2086-ekologiniai-zenklai-europos-sajungoje-ir-lietuvoje.html>>

⁹ *Ten pat*

¹⁰ *Facts Heets* [interaktyvus]. *European Commission* [žiūrėta 2016 m. vasario 18 d.]. Prieiga per internetą: <www.ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/scp/lt>

Pavyzdys – švedų kompanija IKEA¹¹, kuri plėsdama savo verslą visuomet derina funkcionalumą, kokybę, dizainą ir, be abejonės, tvarumo standartus. Šia koncepcija vadovaujasi kiekviename žingsnyje: kurdami prekių dizainą, ieškodami žaliavų tiekėjų, pasirinkdami pakuotes. IKEA į Lietuvą įžengė 1992 m., bendradarbiaujant su tuometine įmone AB *Jonavos baldai*, ir visai netrukus tapo didžiausiu užsakovu Lietuvos baldų pramonės¹². 2015 metais lietuvių pramonininkai pagal pagamintos produkcijos kiekį buvo ketvirti IKEA gamintojų pasaulyje. Turint omeny, kad IKEA grupei baldus, šviestuvus ir pačias įvairiausias buitines prekes gamina faktiškai viso pasaulio įmonės, ketvirtoji Lietuvos vieta pedantiškai reiklaus pasaulinio tinklo tiekėjų žemėlapyje – svarus ir reikšmingas pasiekimas.

Dar vieną, ekologiškai dirbančią Lietuvos įmonių grupę reikėtų paminėti AB *Grigeo Grigiškės*¹³. Tai vienintelė Lietuvoje ir viena didžiausių popieriaus ir medienos pramonės įmonių grupių Baltijos šalyse, kurios tikslas – optimaliai panaudojant gamtos resursus, paversti juos vartotojui naudingu daiktu. Kasmet įmonė į aplinkosauginius projektus investuoja nuo 0,2 mln. iki 0,5 mln. eurų. Bendrovėje veikia griežta Aplinkosaugos kontrolės sistema ISO 14000¹⁴.

Neabejotina, jog pramoninkus, norinčius išlikti konkurencingais rinkoje, vers spręsti ekologijos problemas tiek vidinė šalies, tiek ir pasaulinė politika¹⁵. Europos Komisijos

¹¹ IKEA tikslas yra tapti energetiškai nepriklausomais ir iki 2020 m. pabaigos ketinama gaminti tiek energijos, kiek jos sunaudojama (investuota 1,5 milijardo eurų į saulės ir vėjo energijos gavybą, įrengta daugiau nei 300 000 saulės baterijų ant IKEA parduotuvių stogų visame pasaulyje). Nuo 63% iki 70% padidintas prekių gabenimo efektyvumas. Bendradarbiaujama su Miškų valdymo taryba (FSC®), siekiant, kad kuo daugiau medienos būtų gaunama iš tinkamai tvarkomo miško. Visi medienos tiekėjai privalo atitikti IWAY standartus (iki 2017 m. siekiama naudoti apie 50 % šios Tarybos sertifikuotos arba perdirbtos medienos). Pradėjus bendradarbiavimą su IKEA, Miškų valdymo taryba sertifikavo jau 30 milijonų hektarų miškų visame pasaulyje. Kartu su organizacija *Better Cotton Initiative* ir Pasaulio gamtos fondu 100 000 augintojų IKEA suteikė galimybę reikšmingai sumažinti vandens, pesticidų ir cheminių trąšų sąnaudas. Iki 86% IKEA atliekų yra perdirbamos.

¹² IKEA kompanijai priklauso visos didžiausios Lietuvos baldų gamybos įmonės (AB *Vilniaus baldai*, AB *Kauno baldai*, AB *Freda*, UAB *Klaipėdos mediena*, UAB *Germanika*, UAB *Sakuona*, UAB *BFC*), parketo gamintoja UAB *Boen Lietuva*, medienos drožlių plokščių gamybos įmonė *IKEA Industry*.

¹³ Grupė apjungia šias bendroves: AB *Grigeo Grigiškės*, AB *Grigeo Klaipėdos Kartonas*, UAB *Grigeo Baltwood*, UAB *Grigeo Recycling* ir PAT *Mena Pak*.

¹⁴ Ši sistema Aplinkos ministerijos ir Pramonininkų konfederacijos tradiciniame konkurse „Pasiiekimai aplinkosaugoje“ šiemet buvo pripažinta nugalėtoja.

¹⁵ „Europos Komisija teikia pirmenybę tiems gaminiams, kurie pagaminti iš atliekų, turi ekologinės kokybės ženklą ir tenkina aplinkosaugos vadybos sistemos ir audito reikalavimus. Ji skatina ir kitas valstybines institucijas nusistatyti analogiškus reikalavimus viešiesiems pirkimams. Tokiu būdu valstybinės institucijos gerokai padidintų paklausą žaliesiems gaminiams ir paskatintų ūkio subjektus imtis atsakomybės už efektyvesnę aplinkosaugos vadybą bei auditą, plačiau taikyti ekologinį dizainą ir ekologinį ženklinimą - valstybės, savivaldybės bei joms pavaldžių institucijų pirkimai yra pakankamai dideli, kad savo perkamąja galia galėtų reikšmingai prisidėti prie didesnio nekenksmingų aplinkai prekių ir paslaugų pirkimo ir vartojimo: elektros energiją taupančių prietaisų, perdirbamo popieriaus, aplinkai nekenksmingo viešojo transporto ir kt. pirkimas. Europos Sąjungoje žaliųjų pirkimų politika siekiama rodyti pavyzdį ir daryti įtaką rinkai, skatinant pramonę plėtoti žaliąsias technologijas, o kartu ir privačiam sektoriui sudarant palankesnes sąlygas vartoti aplinkai mažiau

leidinyje *Pažangiau ir švariau*¹⁶ teigiama, jog vadinamieji *žalieji* viešieji pirkimai gali turėti didelės įtakos naujų gaminių, ekologinių technologijų ir inovacijų rėmimui. Nustatyta dešimt prioritetinių gaminių ir paslaugų grupių, kurioms taikomi *žalieji* viešieji pirkimai¹⁷: 1. Statyba; 2. Maisto pramonė ir maitinimo paslaugos; 3. Transportas; 4. Elektros energija; 5. Biurų IT įranga; 6. Tekstilės gaminiai; 7. Kopijavimo ir grafinis popierius; 8. Baldai; 9. Valymo prekės ir paslaugos; 10. Sodo prekės ir paslaugos.

Konkurencingas – ekologiškas produktas pirmiausiai turėtų užgimti projektuotojų bei dizaino paslaugų tiekėjų mintyse. *Ekologinio dizaino* tikslas yra ne tik sukūrus parduoti tokį produktą, bet ir kelti vartotojų supratingumą, plėsti aplinkosaugos problemos klausimą, kad jis netaptų vien tik labiausiai suinteresuotų žmonių grupės sprendžiama problema. Į tai itin atsakingai turėtų atsižvelgti kiekvienas produkto dizaineris ir įtakoti jo gamybą bei realizavimą nuo pradžios iki eksploatavimo pabaigos.

Ekologinio dizaino terminas gali būti taikomas dvejose srityse: socialinių mokslų srityje – kai, kuriamos ir diegiamos ekologinės sistemos (fiziškai neapčiuopiamos idėjos (projektai)) bei dizaino ir architektūros srityje, kai kuriami ir gaminami ekologiški produktai (fiziškai apčiuopiami daiktai – nuo buities objektų iki pastatų, miestų infrastruktūros elementų ir žemės landšafto paviršiaus). Abi šias ekologinio dizaino sritis vienija bendra idėja – „subalansuoti aplinką, tenkinančią šiandienos poreikius, bet neapribojančios ateities kartų gebėjimo tenkinti savo poreikius“¹⁸.

Naudojantis tokia samprata turime atsakingai rūpintis tuo, kas gali būti padaryta teigiamo ar neigiamo aplinkai ir visuomenei, bei ieškoti naujų idėjų ir technologinių sprendimų, taikyti aukšto lygio gamtosaugines normas ir standartus tiek pramoniniame dizaine, tiek ir visoje pramonėje.

P R O B L E M A. Šis *ekologinio dizaino* meno projektas sukurtas ir taikomas „Baldų“¹⁹ sektoriui. Tai vienas iš dar taip neseniai buvusių labiausiai neekologiškų produktų sektorius. Baldų ar kitų interjero objektų gamintojai naudoja apdailas, dažus, kljus ir kitus

kenksmingas prekes ir paslaugas. Pažymėtina, kad čia tikėtinas ir „grandininis efektas“: diegiamos aplinkosaugos vadybos ir audito sistemos pačios sukuria palankesnes sąlygas žaliesiems pirkimams“.

APLINKOS APSAUGOS EKONOMINIŲ VEIKSNIŲ STRATEGIJA [Interaktyvus]. Ūkio ministerija [žiūrėta 2016 m. vasario 18 d.]. Prieiga per internetą: <<http://ukmin.lrv.lt/>>

¹⁶ Europos Komisija. *Pažangiau ir švariau*. Liuksemburgas: Europos Sąjungos leidinių biuras, 2010. ISBN 978-92-79-15749-3.

¹⁷ Green Public Procurement [Interaktyvus]. European Commission [žiūrėta 2016 m. vasario 18 d.]. Prieiga per internetą: <http://ec.europa.eu/environment/gpp/index_en.htm>

¹⁸ Sim Van der, R., Cowan, S., *Ecological design*, United States of America: Island Press, Suite 300, 718Connecticut Ave., NW, Washington, DC 20009, 2007. ISBN-13: 978-1-59726-140-1.

¹⁹ *Green Public Procurement* [Interaktyvus]. European Commission [žiūrėta 2016 m. vasario 18 d.]. Prieiga per internetą: <http://ec.europa.eu/environment/gpp/index_en.htm>

chemikalus, kurie ženkliai prisideda prie oro užteršimo interjeruose. Tokią taršą sukelia dujos, patekusios į orą, kurias išskiria chemikalų persotinta baldų mediena, audiniai bei kitos konstrukcinės medžiagos. Sunku buvo net įtarti, jog didesnę užterštumo dozę įkvėpdavome ne gatvėse nuo automobilių išmetamų dujų komponentų (angliavandenilio (HC), anglies monoksido (CO) ir azoto oksidų (NO_x)), bet nuo korpusinių baldų skleidžiamo formaldehido kiekio. Formaldehido emisija kenksmingas medžiagas iš gaminių skleisti gali daugiau kaip 10 metų. Dar prieš Lietuvos nepriklausomybę medienos drožlių plokščių gamybai (MDP) buvo naudojamos rišamosios medžiagos, kurios į aplinką formaldehido išskirdavo net 10-20 mg 100 gramui sausos medienos (E2 klasė) kiekiui. Šie toksinai yra priskirti prie daugelio ligų ir alergijų sukėlėjų ir į orą jie patenka taip pat lengvai kaip ir bet kuri kita toksiškai pavojinga medžiaga. 1985 m. Pasaulio sveikatos organizacija pripažino MDP kancerogenine medžiaga, kuri gali sukelti vėžinius susirgimus. Ji taip pat dirgina akių, nosies, gerklų gleivines, o didelė koncentracija gali sukelti astmos priepuolius. 1997 m. modernizavus įmonę *Girių bizonas*, plokščių gamybai pradėta taikyti E1 klasės rišamąsias medžiagas. Tai reiškė dvigubai mažesnę išskiriamo formaldehido kiekį. 1999 m. į įmonės valdymą įsijungus IKEA'ai, formaldehido kiekis dar sumažinamas iki E1/2. Situacija ženkliai gerėja, tačiau ekologiška MDP plokščių gamyba, visiškai atsisakius formaldehido junginių, kol kas neįsivaizduojama²⁰.

MDP visuomet buvo ir bus labai paklausī medžiaga baldų gamybai – ji pigi, ją nesudėtinga apdoroti ir yra daugybė būdų tai padaryti. Šios plokštės panaudojimas buityje nėra vienintelė problema. Ekologiškumo klausimas iškyla dar kartą, kai baldus reikia utilizuoti – plokštė gamtoje natūraliai irsta pakankamai ilgai, o deginama dar aktyviau skleidžia nuodingas medžiagas.

Minkštų baldų gamyboje naudojamas porolonas ir sintetiniai audiniai, kurie be to, kad eksploatuojant pasižymi dideliu statinio krūvio kaupimu, deginat skleidžia mirtinai pavojingas dujas. Minkštų baldų ekologiškais vadinti negalima dar ir dėl to, kad jų konstrukciją sudaro daugybė skirtingų konstrukcinių medžiagų – korpusas iš natūralios medienos, plokščių, kabių, medšraigčių ir kitų jungiamųjų bei minkštinančiųjų elementų. Jų surinkimas, o po to dar ir utilizavimas yra labai neekonomiškas. Tai reikalauja daug žmogiškosios energijos, elektros ir laiko sąnaudų, specialiai įrengtos infrastruktūros ir transporto.

Net ir iš natūralios medienos pagamintas objektas retai yra ekologiškas – jo gamybai iškertami miškai, dėl konstrukcinių ypatybių naudojami tašelius jungiantys klėjai, detales

²⁰ Gaminant MDP medienos smulkinių (drožlių) surišimui būtini klėjai, kadangi smulkiosios dalelės savaime nesusijungia net ir presuojant karštuoju būdu aukštame slėgyje. Gaminant medienos plaušų (MPP. Angl. MDF, HDF) tiek sausuoju, tiek šlapiuoju būdu medienos plaušai yra per trumpi ir dėl šios savybės jie nesukimba be papildomų rišamųjų cheminių medžiagų.

jungianti metalinė arba, dar blogiau, plastmasinė furnitūra. Masinei baldų iš natūralios medienos, gamybai Lietuvoje mediena dažnai gabenama iš užsienio (Rusijos, Baltarusijos, Ukrainos ir Lenkijos). Taip pridedami transporto kaštai, eikvojamas laikas, teršiama atmosfera.

Taigi, rengiant šį meno projektą, buvo griežtai atsižvelgta į ekologiškų baldų ar kitų interjero ekoobjektų požymius, kurie apibrėžti taip:

- naudojamos perdirbamos medžiagos;
- naudojamos tos pačios rūšies medžiagos;
- gaminys konstruojamas taip, kad nereikėtų arba reikėtų kuo mažiau tvirtinimo elementų;
- konstrukcijose nenaudojami arba naudojami organiniai natūralūs klijai;
- naudojamos apdailos ir apsaugos medžiagos, kurių sudėtyje nėra toksinių medžiagų;
- naudojamas minimalus lengvai perdirbamas ar suyrantis pakavimas;
- taikoma vietinė gamyba, kuri taupo transportavimui reikalingas kuro sąnaudas.

M O K S L I N I S N A U J U M A S. Atsižvelgus į įvardintas „Baldų“ sektoriaus ekologijos problemas, norėta sukurti ne tik ekologiškus interjero objektus, bet ir pačią medžiagą. Šio meno projekto metu sukurta ir užpatentuota²¹ ekologiška – yranti, nekenksminga, provokuojanti inovatyvias formas dizaine – medžiaga iš natūraliai Lietuvoje augančių, kasmet atsinaujinančių pluoštinių augalų – linų, dilgėlių ir kanapių. Iš sukurtos medžiagos galima gaminti interjero objektus, skirtus artimiausiai žmogaus aplinkai. Jų konstrukcija numatyta iš vienos rūšies medžiagos, tvirtinimui naudojant kuo mažiau tvirtinimo elementų.

Kertinės problemos sprendžiamos siekiant sukurti produktus (konstrukcines medžiagas ir interjero ekoobjektus) iš antrinių žaliavų, atsinaujinančių energijos šaltinių ir ekologiškų bei ekonomiškų medžiagų.

Siekiant maksimalaus rezultato ir analizuojant atskirus ekologiško produkto gamybos bei realizavimo reiškinius, suformuluoti šie hipotetiniai siekiniai, kurie pasitvirtino šio meno projekto rengimo eigoje, tapo pamatiniais baldų iš natūralių pluoštų dizaino kūrimo atspirties taškais:

²¹ Patentas išradimui „Pluoštinių augalų plaušų plokštės ir jų gavimo būdas“ Nr.LT6163, 2015-06-25. Pareiškėjas – Vilniaus dailės akademija.

- sumažintas medžiagų, reikalingų gamybai, kiekis: nemaišomos medžiagų rūšys, detalės jungiamos be furnitūros, kuriai montuoti atliekamos papildomos gamybinės operacijos arba kurią ir pačią vėliau reikia utilizuoti arba perdirbti;
- naudotos perdirbamos, neteršiančios aplinkos, netoksines medžiagos;
- didintas energijos efektyvumas: parinktas gamybos būdas, naudojant mažiau energijos bei ekonominių resursų;
- siekta kuo didesnė produkto kokybė, funkcionalumas ir ilgaamžiškumas: ilgalaikiai ir geriau veikiantys produktai keičiami ne taip dažnai kaip nekokybiškos prekės, prailginant objektų tarnavimo laiką mažinamas jų perteklius daiktinėje aplinkoje;
- taikytas gamybos metodas, reikalaujantis mažų transporto paslaugų: vietinės žaliavos ir vietinė produkto gamyba;
- užtikrintas produkto utilizavimas ir/ arba pakartotinis panaudojimas.

Tyrimo objektas

Meno projekto tyrimo objektas yra sudėtinis ir daugialypis, apimantis ištisą ekologinės gamybos grandinę nuo ekologinio augalo fizinės ir cheminės sudėties pažinimo iki interjero ekoobjektų gamybos galimybių sprendimo. Tai yra – lokalūs pluoštiniai augalai, tinkantys konstrukcinėms medžiagoms gaminti (sėjamas linas (*Linum usitatissimum L.*), didžioji (pluoštinė) dilgėlė (*Urtica dioica L.*) ir sėjamoji kanapė (*Cannabis sativa*)); konstrukcinių medžiagų iš pluoštinių augalų gamybos Lietuvoje galimybės; interjero ekoobjektų konstrukciniai ypatumai, formavimo bei gamybos Lietuvoje galimybės; bei ekologiškų interjero objektų tipai pasaulinėje rinkoje.

TYRIMO IŠTEKLIAI:

- nacionalinės pluoštinės (ilgapluoštės) žaliavos,
- *ekologinis dizainas*, baldininkystė (tradicijos ir/ar inovacijos),
- Lietuvos baldų pramonės įmonių gamybinis technologinis potencialas,
- informacija apie inovacijas užsienio baldų gamybos įmonėse,
- Lietuvos ir užsienio technologinė/mokslinė tyrimų bazė pluoštinių medžiagų praktiniams bandymams atlikti.

TYRIMO MOTYVAI:

- atsinaujinančių išteklių naudos suvokimas²² (vietinių žaliavų realizavimas),
- Lietuvos baldininkystės potencialumas (tradicijų puoselėjimas / tradicijų ir inovacijų darna),
- ekologiška produkcija ne tik patenkintų Lietuvos rinką, bet ir taptų eksportuojamu produktu,
- naujų darbo vietų sukūrimas²³ (augalininkystėje ir perdirbimo pramonėje).
- lietuviškų interjero dizaino objektų iš lietuviškų medžiagų kūrimas ir prototipų gamyba vietinėse baldų gamybos įmonėse.

TYRIMO LAUKAS IR RIBOS:

Atliekant tyrimus, buvo susipažinta su ekoobjektų – analogų projektais Lietuvoje ir visame pasaulyje. Šių analogų analizė svarbi aiškinantis iš kokių medžiagų jau gaminami objektai, kokia gamybos technologija jiems taikoma, kokias dizaino formas galima išgauti kuriant ekoobjektus.

Buvo atliekami bandymai ir/arba ištirtos ekoveiklos galimybės šiose Lietuvos ir užsienio pramonės įmonėse ir mokslo laboratorijose:

- mokslinėse laboratorijose Lietuvoje – Vilniaus Gedimino technikos universitete, Kauno technologijos universiteto Tekstilės katedros laboratorijoje, Upytės bandymų stotyje.
- mokslinės laboratorijos užsienyje – Latvijos Agrokultūros universiteto *MeKa* institute Latvijoje²⁴, Ukrainos Nacionalinėje mokslo akademijoje Makromolekulinės chemijos institute²⁵, Liepojos universiteto Menų ir humanitarinių mokslų fakultete.²⁶
- Lietuvos medienos apdirbimo ir baldų gamybos įmonėse – AB *Gigeo Grigiškės*, UAB *Baltwood*, Vakarų medienos grupė (VMG), UAB *IKEA Industry* (buvusi *Swedspan Girių Bizonas*), UAB *UMP*, UAB *Narbutas*, UAB *Interjero elementai*, UAB *Plėtra*, UAB *Agropro*.

²² Užauginus kanapes 4- 5 tūkst. ha plote, galima pagaminti iki 10 000 m³ plaušo plokštės ir gauti 5-6mln Lt (1,5mln EUR) pajamų, pakeičiant 20 000 m³ medienos žaliavos.

²³ Galima sukurti iki 200 darbo vietų žemės ūkyje ir iki 100 darbo vietų kanapių pluošto pardirbime ir baldų gamyboje, 50 logistikos ir pardavimų grandinėje. Taip pat tikslinga bendradarbiauti su aliejaus spaudimo versle ir sėklų perdirbime medicininiams preparatams dirbančiais 50-100 žmonėmis (nuėmus sėklas stiebai su luobine dalimi bei plaušu lieka nepanaudoti, o yra tinkami plaušų plokštės gamybai). Planuojant kompleksiskai – bendradarbiaujant su statybų pramonėje dirbančiais, darbo vietų skaičius dar padidėtų 100-150 vnt.

²⁴ Latvijos Agrokultūros universiteto Miškų ūkio ir medienos gaminių mokslinių tyrimų ir plėtos institutas (*MeKa*) (LV - *Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts*), Jelgava, Latvija.

²⁵ Pluoštinių medžiagų fizinių – mechaninių savybių nustatymas. (UA- *Институт химии высокомолекулярных соединений Национальной академии наук Украины*), Kijevas, Ukraina.

²⁶ Stažuotė Liepojos universiteto Menų ir humanitarinių mokslų fakultete (LV - *Liepājas Universitāte, Humanitāro un mākslas zinātņu fakultāte*). Liepoja, Latvija.

- atliktos stažuotės užsienio šalių (Latvijos, Lenkijos, Vokietijos, Italijos, Portugalijos, Pietų Afrikos Respublikos²⁷) pasaulinių įmonių gamybinėse bazėse bei laboratorijose – *Latvijas Finieris*²⁸, *Pfleiderer Grajewo S.A.*²⁹, *Siempelkamp*³⁰, *Homag*³¹, *SCM Group*³², *Biesse Group*³³, *Amorim*³⁴, *Growing Papper*³⁵, *Hemporius*³⁶).

Lankytasi tarptautinėse parodose, siekiant pajusti inovatyvias pasaulio ekodizaino tendencijas. Aplankytos dizaino parodos šiose šalyse – Švedijoje³⁷, Italijoje³⁸, Pietų Afrikos Respublikoje³⁹, Vokietijoje⁴⁰, Ukrainoje⁴¹.

Tikslai, uždaviniai ir darbo eiga

MENO PROJEKTO TEORINĖS DALIES TIKSLAS – kaupiant teorines žinias apie ekobaldus ir atliekant praktinius pluoštinių medžiagų bandymus,

²⁷ Pluoštinių augalų panaudojimo galimybių studija pas *Tony Budden* – kanapių augintoją ir įvairių pluoštinių medžiagų gamintoją, kanapinių namų architektą. 909 N *Sepulveda Blvd, El Segundo*, (Pietų Afrikos Respublika).

²⁸ Bendradarbiavimas su Latvijos įmone *Latvijas Finieris* tiriant ekologiškų medžiagų sluoksninių formavimą (Ryga, Latvija).

²⁹ Konsultacijos medienos smulkinių bei kitų žaliavų panaudojimo galimybės plokščių gamybai klausimais įmonėje *Pfleiderer Grajewo S.A.* (Grajevas, Lenkija).

³⁰ *Siempelkamp Maschinen und Anlagenbau GmbH & Co. KG* - Mašinų ir įrengimų gamybos kompanija (koncernas). Atlieka žaliavos ir sąlygų tinkamumo tyrimus. Parduodami ne atskiri įrengimai, bet visa technologija - gamybos linijos (Krefeldas, Vokietija).

³¹ Stažuotė pasaulyje pirmaujančioje mašinų ir sistemų, skirtų medienos pramonei įmonėje *Homag*. Ieškota galimybių formuoti tūrines (3D) konstrukcines medžiagas iš pluoštinių augalų (*Schopfloch*, Vokietija).

³² Dalyvavimas baldų projektavimo mokymuose *Leonardo da Vinci* mokymų klasėje, *SCM Group* kompanijoje (Rimini, Italija).

³³ Dalyvavimas mokymuose projektuoti baldinius elementus *bSuite* programa, tiesiogiai susieta su įrengimų kompiuteriniu valdymu, *Biesse Group* kompanijoje, (Pezaro, Italija).

³⁴ Stažuotė tiriant ekologiškų konstrukcinių medžiagų gamybos technologijas bei iš jų suprojektuotus įvairius ekoobjektus, kamštinių medžiagų gamybos įmonėje *Amorim*, (Mozelos, Portugalija).

³⁵ Pluoštinių augalų panaudojimo galimybių studija ekologiško popieriaus iš augalų gamybos įmonėje *Growing Papper*, (Keiptaunas, Pietų Afrikos Respublika).

³⁶ Stažuotė pluoštinių augalų plokščių bei statybinių medžiagų gamintojų įmonėje *Hemporium* (Keiptaunas, Pietų Afrikos Respublika).

³⁷ Dizaino formų ir naudojamų medžiagų analizė 2013 m. vasario 4–10 d. Stokholmo kasmetinėje tarptautinėje dizaino savaitėje *Stockholm Design Week 2013*, baldų ir apšvietimo parodoje *Stockholm Furniture and Light Fair* (Švedija).

³⁸ Baldų dizaino ir apšvietimo parodoje Milane tarptautinėje interjero ir baldų parodoje *I Saloni* (Milanas, Italija).

³⁹ Dizaino formų ir naudojamų medžiagų analizė Keiptauno dizaino renginiuose *Cape town – Capital of Design 2014* bei pasaulinėse parodose *Design Indaba* ir *Guild Design Fair, Cape town* (Pietų Afrikos Respublika).

⁴⁰ Konstrukcinių medžiagų iš pluoštinių augalų formavimo galimybių paieška Pasaulinėje pirmaujančioje medienos apdirbimo bei baldų gamybos parodoje *Ligna'2015*, (Hanoveris, Vokietija).

⁴¹ Ekologiškų dizaino analogų paieška tarptautinėje parodoje *KIFF'2015* (Kijevas, Ukraina).

išsiaiškinti teorines ir praktines galimybes konstruoti ir gaminti ekologiškus baldus ir kitus interjero objektus iš vietinių augalinių pluoštų Lietuvoje.

TEORINĖS DALIES UŽDAVINIAI:

- ištirti Lietuvoje augančius pluoštinius augalus, tinkančius konstrukcinėms baldų dizaino medžiagoms gaminti;
- išskirti konstrukcinių medžiagų iš augalinio pluošto tipus, jų privalumus ir trūkumus;
- išanalizuoti ekologiškų interjero objektų, pagamintų iš augalinių medžiagų, analogus;
- atrasti tinkamus interjero objektų konstravimo būdus iš augalinio pluošto medžiagų ir tinkamas apdorojimo technologijas;
- išanalizuoti ir įvertinti galimybes gaminti augalinio pluošto medžiagas bei interjero objektus Lietuvos įmonėse.

HIPOTEZĖ

Šio darbo hipotezė susideda iš kelių teiginių.

Pirmasis - ekologiška baldų gamyba panaudojant vietines žaliavas Lietuvoje yra galima, sąlygos tokiai gamybai yra tinkamos, kadangi joms auginti šiuo metu mūsų šalyje yra 241,3 tūkst. ha apleistų žemės ūkio naudmenų; medžiams, naudojamiems baldų gamyboje, užaugti prireikia kelių ar keliasdešimties metų, o pluoštinių augalų (ilgapluoščių – linų, dilgėlių ir kanapių) – greitos rotacijos – derlius pluoštui gaunamas kasmet ir jį nuimti tinka javų kombainai ir dar išsaugota linų nuėmimo technika; iš šių nacionalinių augalų galima išgauti 100 % ekologišką medžiagą, kadangi dėl cheminių pluoštų savybių (jų pluoštas ilgesnis nei kitų augalų, pvz., medienos) nereikalingos papildomos sintetinės rišamosios medžiagos, nebūtinės papildomos investicijos baldinių plokščių gamintojams, kadangi ekologiškai plaušų plokštei gaminti tinkama medienos plaušų plokštės techninė bazė. Dėl įprastinių plaušų plokštės apdorojimo savybių, šiai augalinių plaušų plokštei tinkama esama Lietuvos baldų įmonių gamybinė bazė.

Antrasis - Gaminant tokius ekoobjektus (baldus ar kitus interjero objektus) būtų sukurtos papildomos darbo vietos ūkininkams, puoselėjamos nacionalinės augalininkystės tradicijos, išnaudota vietinė gamybinė bazė.

Trečiasis - Lietuviškas produktas gali ir turi būti kuriamas taikant senąsias augalininkystės (ruošiant žaliavas konstrukcinėms medžiagoms) bei baldininkystės (taikant unikalius detalių jungimo būdus bei kraštui būdingus dizaino bruožus) tradicijas ir naujausias technologijas apdorojant žaliavas ir medžiagas, turinčias didelės įtakos galutiniam objektų vaizdui.

TEORINĖS DALIES IR PRAKTINIŲ BANDYMŲ EIGA:

Dirbant interjero ir baldų projektavimo srityje, ir nuolat gilinantis į naujas dizaino tendencijas mokslinėje literatūroje bei pasaulinėse parodose, atsirado ryškus noras gilintis į *ekologinio dizaino* problemas. Pastebėta, jog tik maža dalis dizainerių susirūpinę savo kuriamų objektų bei juos supsiančios aplinkos likimu. Įvertinus probleminę situaciją, kilo idėja kurti ekologiškus objektus, kurie būtų verti „ekologiško“ vardo ir iš tiesų nekenktų žmogui juos eksploatuojant bei aplinkai juos utilizuojant.

Studijuojant literatūrą apie inovacijas baldinių konstrukcinių medžiagų gamyboje bei dalyvaujant Lietuvoje ir užsienyje organizuotose konferencijose, atrinkti ekomedžiagų pavyzdžiai ir išanalizuotos žaliavos, kurios gali būti naudojamos jų gamybai. Žaliavų sudėties bei savybių tyrimai vyko konsultuojant mokslininkams Kauno technologijos universiteto Tekstilės katedros, UAB *IKEA Industry* (buvusi *Swedspan Girių Bizonas*) ir Latvijos Agrokultūros universiteto Miškų ūkio ir medienos gaminių mokslinių tyrimų ir plėtros instituto (*MeKa*) laboratorijose. Tyrimų rezultatai atskleidė, jog racionalus sprendimas kurti ekomedžiagas būtų iš vietinės žaliavos, kurios formavimui ir formos stabilizavimui/fiksavimui nebūtų naudojamos sintetinės dervos. LŽI Upytės bandymų stoties mokslininkų dėka išsiaiškinta, kad šiam tikslui tinkamiausia vietinė žaliava yra ilgapluoščiai augalai – sėjamas linas, didžioji (pluoštinė) dilgėlė ir sėjamoji kanapė.

Baldinės konstrukcinės medžiagos iš pluoštinių augalų Lietuvoje negaminamos ir tokios patirties čia nėra, todėl pagalbos ieškota svetur. Visą reikiamą pirminę informaciją apie ekomedžiagų gamybą suteikė technologai Vokietijoje (baldinių plokščių įrangos gamybos koncerne *Siempelkamp*) bei inžinieriai Pietų Afrikos Respublikoje (kanapių augintojas *Tony Budden* bei mokslininkas profesorius, ekokaimo įkūrėjas *Mark Swilling*).

Atliekant eksperimentus su pluoštinėmis žaliavomis, o vėliau su iš jų pagamintomis konstrukcinėmis medžiagomis, naudotasi vietinėmis aukštųjų mokyklų tyrimų bazėmis ir laboratorijomis. Padėjo ir technologai Lietuvos baldų bei medienos smulkinių plokščių gamybos įmonėse, suteikdami galimybę pasinaudoti profesionalia gamybos įranga. Taip pat

eksperimentuojant su medžiagomis stažuotasi šios srities įmonėse Latvijoje, Lenkijoje, Vokietijoje, Italijoje, Portugalijoje.

Atlikus laboratorinius eksperimentus ir įsitikinus, jog ekologiškas konstrukcines medžiagas iš linų, dilgėlių ir kanapių smulkinių gaminti galima, atliktas pramoninės gamybos bandymas įmonėje *Baltwood*, kurio metu pagamintos ekologiškos augalinių plaušų plokštės. Šio bandymo rezultatai paskatino patentuoti išradimą „Pluoštinių augalų plaušų plokštės ir jų gavimo būdas“ Nr.LT6163, 2015-06-25.

Iš šio meno projekto metu sukurtų ir pagamintų konstrukcinių medžiagų buvo suprojektuoti ir vietinių įmonių gamybinėse bazėse pagaminti interjero ekoobjektų prototipai – baldai, šviestuvų gaubtai, interjero dekoravimo panelių ir įvairių baldinių detalių pavyzdžiai.

Metodologija

Meno projekto tiriamąją dalį sudaro įvadas, keturios dalys, išvados ir priedai: meno projekto kūrybinės dalies objektų vizualizacijos, brėžiniai bei gamybos proceso aprašas.

Įvade aprašoma darbo problema, aktualumas, mokslinis naujumas, bendrinė ekologiškų interjero objektų sąvoka. Nurodomas tyrimo objektas, ištekliai, motyvai, tyrimo laukas, ribos bei pagrindimas. Pateikiami darbo kūrybinės bei tiriamosios dalių tikslai, uždaviniai, darbo eiga. Taip pat šioje dalyje aprašoma tiriamojo darbo metodologija, numatyti rezultatai, iškelta hipotezė bei ginamieji teiginiai. Įvadinė dalis užbaigiama naudotos literatūros apžvalga.

Pirmojoje dalyje aprašomi trys lokalių pluoštinių augalų rūšys – Sėjamasis linas (*Linum usitatissimum* L.), Didžioji (pluoštinė) dilgėlė (*Urtica dioica* L.) ir Sėjamoji kanapė (*Cannabis sativa*). Pateikiami faktai, jog tai yra augalai, kurių pluoštas tinkamas ne tik tekstilės pramonei, bet ir popieriaus ar smulkinių plokštėms gaminti. Tai žaliava konstrukcinėms medžiagoms, tinkančioms interjero dizaino objektams, gaminti. Išsamiau aprašomas kanapių pluošto, kuris buvo pagrindinė šio meno projekto bandomoji žaliava, apdirbimas.

Antrojoje dalyje aprašomi visi meno projekto rengimo metu atlikti bandymai bei vykdyti tyrimai su vietiniais pluoštiniais augalais. Pateikiama bandymų eiga bei rezultatai – nuo atskleidžiamų pluoštų fizinių, mechaninių ar relaksacinių savybių, nustatytų ne tik Lietuvos, bet ir užsienio laboratorijose, iki šių žaliavų panaudojimo galimybių konstrukcinėms medžiagoms gaminti Lietuvos įmonėse.

Trečiojoje dalyje aprašomi interjero ekoobjektų analogai, kurių gamybai panaudotos būtent augalinės kilmės žaliavos. Nurodoma jų konstrukcinių medžiagų rūšys bei formavimo technologija, nuo kurios tiesiogiai priklauso galutinis gaminio dizainas.

Ketvirtojoje dalyje, remiantis šio meno projekto rengimo metu atliktų bandymų rezultatais, pateikiamos konstrukcinių medžiagų iš pluoštinių augalų apdorojimo, formavimo ir pritaikymo baldų gamybai technologijos.

R E Z U L T A T A I:

Rengiant šį meno projektą, iš pluoštinių medžiagų sukurta:

- baldų ar kitų interjero dizaino objektų fragmentai – segmentai,
- detalių junginių pavyzdžiai,
- analogiškų medžiagų deriniai ir detalių konfigūracijos.

Iš tinkamiausių detalių ir jų jungimo tipų suprojektuoti objektai, atsižvelgiant į Lietuvos baldų pramonės įmonių pajėgumą ir galimybes bei užsienio įmonių patirtį.

Iš augalinės kilmės pluoštinių žaliavų pagaminta ekologiška konstrukcinė medžiaga.

Spręstos projektinės problemos, bendradarbiaujant su gamybininkais ir inžinieriais (konstruktoriais, technologais, ekonomistais).

Ginamieji teiginiai

1. Vietinių ilgapluoščių augalų (sėjamojo lino (*Linum usitatissimum* L.), didžiosios (pluoštinės) dilgėlės (*Urtica dioica* L.) ir sėjamosios kanapės (*Cannabis sativa*)) biomasė yra tinkama ekobaldų medžiagoms gaminti.

2. Sukurtoji konstrukcinė medžiaga – pluoštinių augalų plaušų plokštė⁴² yra ekologiškesnė už šiuo metu naudojamą medienos plaušų plokštę. Iš jos pagaminti ekoobjektai yra visiškai saugūs – nekenkia žmogui juos eksploatuojant bei aplinkai juos utilizuojant.

3. Baldo ekologiško sunaikinimo ir/ arba perdirbimo (angl. *recycling*) galimybės plės sąmoningų naudotojų gretas ir neš naudą pramonei.

4. Šių medžiagų potencialas Lietuvoje didelis. Jis nulemtas gamtos sąlygų, galinčių dirbti žmonių ir turimų technologijų. Betrūksta dizainerio meninės vizijos ir dizaino bei pramonės bendradarbiavimo.

⁴² Patentas išradimui „Pluoštinių augalų plaušų plokštės ir jų gavimo būdas“ Nr.LT6163, 2015-06-25. Pareiškėjas – Vilniaus dailės akademija.

5. Tai nauja *ekologinio dizaino* niša, kaip trūkstama grandis pluoštinių augalų auginimo ir perdirbimo veiksmų grandinėje, įvairių pramonės šakų, žemės ūkio ir net medicinos sinergijai.

Literatūros apžvalga

Tiriant augalinius pluoštus daugiausiai pasinaudota Kauno technologijos universiteto bibliotekoje saugomais leidiniais. Apie ekologiškų kompozitinių medžiagų tipus, savybes ir jų sudarymo galimybes rašoma šiuose užsienio leidiniuose: *Green Composites. Polimer Composites and the Environment*⁴³, *Natural fibers, Biopolymers and Biocomposites*⁴⁴ bei KTU tyrėjų išleistuose leidiniuose – *Polimeriniai kompozitai*⁴⁵, *Medienos cheminė technologija*⁴⁶. Apie augalinio plaušo smulkinimą ir pritaikomumą popieriaus gamyboje šios knygos autorius R. Kavoliūnas suteikė net kelias realias konsultacijas.

Kauno technologijos universiteto bibliotekos archyve saugomi leidiniai buvo pagrindinė literatūra atliekant plaušų savybių nustatymo bandymus ir ieškant informacijos apie plaušų chemines savybes – *Comprehensive Cellulose Chemistry 1 (2)*⁴⁷, *Industrial Applications of Natural Fibres: Structure, properties and Technical Applications*⁴⁸, *Pluoštai*⁴⁹, *Pluoštinės medžiagos*⁵⁰.

Tiriant pluoštų relaksacines savybes, įtakojančias objektų formos išlaikymą bei ilgaamžiškumą, vertingus leidinius paskolino Kauno technologijos universiteto profesorius Rimantas Milašius – *Pluoštų sandara ir natūraliųjų pluoštų gamybos principai*⁵¹ ir *Tekstilės medžiagų mechanika*⁵².

Atliekant eksperimentus su pluoštinių augalų gamyba įmonėse, literatūra apie kanapių ir linų pluoštą naudotasi iš Vilniaus Gedimino technikos universiteto bibliotekos – *Differences*

⁴³ Baillie, C., *Green Composites. Polimer Composites and the Environment*. CPC Press LLC. 2004.

⁴⁴ Mohanty, A. K., Misra, M., Drzal, L. T., *Natural fibers, Biopolymers and Biocomposites*. Boca Raton [Fla] [etc]: Taylor & Francis, 2005.

⁴⁵ Buika, G., *Polimeriniai kompozitai*. KTU. – Vilnius: Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla, 2008.

⁴⁶ Gražulevičius, J. V., Kavaliūnas, R. *Medienos cheminė technologija*. KTU. – Vilnius: TEV, 2012.

⁴⁷ Klemm, D., Philipp, B., Heinze, T., Heinze, U., *Wagenknecht, Comprehensive Cellulose Chemistry 1 (2)*. W. WILEY-VCH, 2001.

⁴⁸ Mussing, Jorg. *Industrial Applications of Natural Fibres: Structure, properties and Technical Applications*. WILEY, 2010.

⁴⁹ Mažonienė, E., Bendoraitienė, J. *Pluoštai*. KTU. – Vilnius: Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla, 2008.

⁵⁰ Paulauskas, A., Jurevičius, A., *Pluoštinės medžiagos*. Kaunas: Technologija, 1991.

⁵¹ Vitkauskas, A., *Pluoštų sandara ir natūraliųjų pluoštų gamybos principai*. Kaunas: Technologija, 1993.

⁵² Vitkauskas, A., Milašius, V., Čiukas, R. *Tekstilės medžiagų mechanika*. KTU. – Kaunas: Vitae Litera, 2012.

between Flax and Hemp Wiener⁵³ ir Configuration and Assessment of Supply Procedures for fibre Hemp in Branderbung // Production, Processing and Use of Natural Fibres⁵⁴. Apie pluoštų panaudojimą kompozitinių medžiagų gamybai – *Kompozicinės medžiagos ir dirbiniai energetiškai efektyvių pastatų statybai: mokomoji knyga*⁵⁵.

Taip pat literatūros apie konstrukcinių medžiagų gamybą gauta iš gamybinių įmonių – *Introduction to Chemicals from Biomass*⁵⁶ ir *Wood and Cellulosic Chemistry*⁵⁷.

Informacijos teko ieškoti ir kolegų Latvijoje, Ukrainoje privačiuose archyvuose – *Hemp research and Growing in Ukraine*⁵⁸, *European Hemp Industry 2001 till 2004: Cultivation, Raw Materials, Products and Trends*⁵⁹.

Formuojant ekologiškas pluoštines konstrukcines medžiagas naudingos informacijos atrasta leidinyje *Design of Competitive Processing Plants for Hemp Fibre Production. International Scholarly Research Network ISR Agronomy*⁶⁰.

Naudingos ir tiesiogiai su šiuo meno projektu susijusios literatūros nerasta nei Kauno apskrities viešosios bibliotekos archyvuose, nei Lietuvos nacionalinėje Martyno Mažvydo bibliotekoje.

Rengiant projektą „Pluoštinių augalų plokštės ir jų gavimo būdas“ patentavimui naudingiausia informacija rasta standartuose: LST EN 316:2009 (LST EN 316:2009) *Medienos plaušų plokštės. Apibrėžtis, klasifikavimas ir simboliai*. LST EN 15197:2007 *Medienos skydai. Linų plokštės. Techniniai reikalavimai*. LST EN 622-1:2004 (LST EN 622-1:2004-12) *Plaušų plokštės. Techniniai reikalavimai. 1 dalis. Bendrieji reikalavimai*. LST EN 622-2:2004 (LST EN 622-2:2005) *Plaušų plokštės. Techniniai reikalavimai. 2 dalis. Reikalavimai kietosioms plokštėms*. LST EN 622-5:2010 *Plaušų plokštės. Techniniai reikalavimai. 5 dalis. Sausuoju būdu pagamintų plokščių (MDF) reikalavimai*. LST EN 309:2005 *Smulkinių plokštės. Apibrėžtis ir klasifikacija ir kt.*

⁵³ Wiener, J.; Kovačič, V.; Dejlova, P., *Differences between Flax and Hemp*. Technical University of Liberec. AUTEX Research Journal 3 (2): 2003. 58-63.

⁵⁴ Gusovius, H.-J., *Configuration and Assessment of Supply Procedures for fibre Hemp in Branderbung // Production, Processing and Use of Natural Fibres*, 10-11 September. – Potsdam, Potsdam-Bornim, 2002.

⁵⁵ Gailius, A., *Kompozicinės medžiagos ir dirbiniai energetiškai efektyvių pastatų statybai: mokomoji knyga*. VGTU. – Vilnius: Technika, 2012.

⁵⁶ Clark, I. H., Deswarte, F. E. I., *Introduction to Chemicals from Biomass*. WILEY, 2008.

⁵⁷ David, N. –Hon, S., Shiraishi, N., Dekker, M., *Wood and Cellulosic Chemistry*. Inc, 2001.

⁵⁸ Goloborod'ko, P., *Hemp research and Growing in Ukraine*. Bioresource Hemp symposium in Frankfurt, Germany, March 2-5, 1995.

⁵⁹ Karus, M., *European Hemp Industry 2001 till 2004: Cultivation, Raw Materials, Products and Trends*, 2005.

⁶⁰ Pecenka, R. et al., *Design of Competitive Processing Plants for Hemp Fibre Production. International Scholarly Research Network ISR Agronomy*. Leibniz Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim (ATB) Potsdam, Germany: 2012. 5 p.

Pati naujausia informacija apie ekologinį dizainą, eko medžiagų panaudojimą baldų gamybai ar kitokiam pritaikomumui interjere, rasta leidiniuose – *Material Revolution Sustainable and Multi-Purpose Materials for Design and Architecture*⁶¹, *Material Design: Materialitat in Der Architektur*⁶², *Materiology*⁶³, *Ecological Design*⁶⁴.

Darbo struktūra

Meno projektą sudaro dvi dalys: pirmą – kūrybinę dalį sudaro kūrybinių darbų katalogas su įžanga ir informacija apie kūrinius, antrą – tiriamąją dalį sudaro įvadas, keturios dalys, išvados ir priedai.

Įvade aprašoma darbo problema, aktualumas, mokslinis naujumas, bendrinė ekologiškų interjero objektų sąvoka. Nurodomas tyrimo objektas, ištekliai, motyvai, tyrimo laukas, ribos bei pagrindimas. Pateikiami darbo kūrybinės bei tiriamosios dalių tikslai, uždaviniai, darbo eiga. Taip pat šioje dalyje aprašoma tiriamojo darbo metodologija, numatyti rezultatai, iškelta hipotezė bei ginamieji teiginiai. Įvadinė dalis užbaigiama naudotos literatūros apžvalga.

Pirmame skyriuje aprašomi trys lokalių pluoštinių augalų rūšys – Sėjamas linas (*Linum usitatissimum* L.), Didžioji (pluoštinė) dilgėlė (*Urtica dioica* L.) ir Sėjamoji kanapė (*Cannabis sativa*). Pateikiami faktai, jog tai yra augalai, kurių pluoštas tinkamas ne tik tekstilės pramonei, bet ir popieriaus ar smulkinių plokštėms gaminti. Tai žaliava konstrukcinėms medžiagoms, tinkančioms interjero dizaino objektams, gaminti. Išsamiau aprašomas kanapių pluošto, kuris buvo pagrindinė šio meno projekto bandomoji žaliava, apdirbimas.

Antrame skyriuje aprašomi visi meno projekto rengimo metu atlikti bandymai bei vykdyti tyrimai su vietiniais pluoštiniais augalais. Pateikiama bandymų eiga bei rezultatai – nuo atskleidžiamų pluoštų fizinių, mechaninių ar relaksacinių savybių, nustatytų ne tik Lietuvos, bet ir užsienio laboratorijose, iki šių žaliavų panaudojimo galimybių konstrukcinėms medžiagoms gaminti Lietuvos įmonėse.

⁶¹ Peters, S., *Material Revolution. Sustainable and Multi-Purpose Materials for Design and Architecture*. Publisher Birkhauser Verlag AG, 2014.

⁶² Viray, E., *Material Design: Materialitat in Der Architektur*. Birkhauser, 2011.

⁶³ Kula, D., Ternaux, E. *Materiology*. Frame. 2012.

⁶⁴ Sim Van der, R., Cowan, S., *Ecological design*. United States of America: Island Press, Suite 300, 718Connecticut Ave., NW, Washington, DC 20009, 2007. ISBN-13: 978-1-59726-140-1.

Trečiame skyriuje aprašomi interjero ekoobjektų analogai, kurių gamybai panaudotos būtent augalinės kilmės žaliavos. Nurodoma jų konstrukcinių medžiagų rūšys bei formavimo technologija, nuo kurios tiesiogiai priklauso galutinis gaminio dizainas.

Ketvirtame skyriuje, remiantis šio meno projekto rengimo metu atliktų bandymų rezultatais, pateikiamos konstrukcinių medžiagų iš pluoštinių augalų apdorojimo, formavimo ir pritaikymo baldų gamybai technologijos.

Vietinių pluoštinių augalų savybės ir pritaikomumas konstrukcinių medžiagų gamybai



Inga Valentinienė. LDK žaliavos. Linų, dilgėlių ir kanapių stiebai ir pluoštas, 2011-2015

Sakoma, jog šiais laikais baldines konstrukcines medžiagas galima sukurti iš bet kokių žemės ūkio atliekų. Ir išties, yra sukurta daugybė kompozitinių medžiagų, kurių gamybai panaudotos ne tik žemės ar miškų ūkio – šiaudai, riešutų kevalai, kankorėžiai ar kaštonai, bet ir buities atliekos – medinės dėžės, paletės, net putplastis ir nudėvėtos padangos. Tačiau reikėtų suprasti, jog tokios „ekologiškos“ konstrukcinės – kompozitinės – medžiagos gaminamos neatsižvelgiant į visą produkto gyvavimo ciklo ekologiškumą. Tai labai laikinas sprendimas, kuris neišsprendžia problemos iš esmės. Atitarnavusios po perdirbimo tokios medžiagos dar kartą virsta šiukšle. Taip yra todėl, kad net ir susmulkintos žaliavos (plastikas, guma ar kitos sintetinės medžiagos) nesuyra gamtoje natūraliai ir nesukeliant jai žalos. O net ir visiškai organiškai „švarūs“ ir natūralūs smulkiniai kompozitų gamybai klįjuojami sintetinėmis dervomis, kurios ne tik eksploatavimo, bet ir utilizavimo metu skleidžia kenksmingas medžiagas.

Didžiausias ekologiškų konstrukcinių medžiagų kūrimo ir gamybos iššūkis – ne tik sugebėjimas pakartotinai panaudoti atlikusias ar panaudotas medžiagas (angl. *recycling arba Trash design*), bet jau nuo pradžių kurti jas ekologiškas – iš natūralių, atsinaujinančių ir po eksploatacijos lengvai suyrančių gamtoje (angl. *biological degradation*) medžiagų.

Rengiant šį *ekologinio dizaino* meno projektą, susitelkta tik ties natūralių žaliavų baldams ir kitiems interjero objektams gaminti paieška. Kaip buvo minėta įvadinėje dalyje, įprasta buvo manyti, jog ekologiškas interjero objektas iš augalinės kilmės žaliavų turėtų būti pagamintas iš natūralios medienos. Tačiau tokiai gamybai iškertami miškai, kurių atsinaujinimui reikalingi dešimtmečiai. Vertinant vietinę – Lietuvos – situaciją, nerimauti lyg ir nebūtų dėl ko. Remiantis moksliniais tyrimais, šalies miškingumas turėtų būti 33-35 %. Mūsų šalyje šiuo metu jis siekia 33,3 % užimamos teritorijos ir šis rodiklis nuolat kyla⁶⁵. Šiais duomenimis galime pasidžiaugti, bet reikia nepamiršti įvertinti ir kitų – iš medienos pagaminamos produkcijos ekologiškumo rodiklių. O jie ženkliai krinta, kai vertinama medienos išeiga tokiems „ekologiškiems“ gaminams pagaminti⁶⁶. Baldo iš natūralios medienos gamybai panaudojama tik maža dalis (apie 10 %) paties medžio – šakos, šaknys, žievė, gumbai, akys ir kitos medienos ydos nėra tinkamos masinei baldų produkcijai.

⁶⁵ Aplinkos apsaugos agentūra. *Aplinkos būklė 2014. Tik faktai*. Vilnius: Aplinkos apsaugos agentūra, 2015

⁶⁶ Baldų iš natūralios medienos gamyba neekologiška, kadangi Apie 55 % medžio panaudojama medienos smulkinių (drožlių arba plaušų) plokščių gamybai arba kurui (lapai ir šaknys dažniausiai lieka pūti miškuose). Maža to, dėl fizinių medienos savybių, masyvas pjaustomas į smulkesnes dalis, klįjuojamas ir vėl apdorojamas – pjaunamas, frezuojamas, šlifuojamas, gruntuojamas, vėl šlifuojamas, kol paruošiamos reikiamos baldų detalės. Taip atliekama daugybė technologinių operacijų, išeikvojama daug energijos (elektros, šiluminė) bei resursų (cheminės medžiagos, gamybiniai plotai, vanduo, žmogiškieji ištekliai, technologinė įranga).

Kita, natūraliai Lietuvoje auganti, medienai alternatyvi ir konstrukcinėms medžiagoms gaminti tinkama žaliava yra pluoštiniai augalai. Iš viso pasaulyje yra apie 100 rūšių augalų, galinčių augti vidutinio klimato sąlygomis, turinčių ilgą ir stiprų pluoštą, tinkamą pramoniniam perdirbimui. Vieni iš tinkamiausių pluoštą užauginančių augalų – medvilnė (lot. *Gossypium spp.*), dilgėlinių šeimos daugiametis augalas – bėmerija (lot. *Boehmeria nivea*) ir pluoštinis bananas (lot. *Musa textilis*). Tačiau natūralioje Lietuvos aplinkoje jie neauga. Mūsų šalies gamtinės sąlygos palankios augti tik šiems ilgapluoščiams: linams, dilgėlėms ir kanapėms. Žinoma, yra ne viena šių augalų rūšis, tačiau ekologiškų konstrukcinių medžiagų gamybai tinkamiausios šios: sėjamas linas (lot. *Linum usitatissimum*), didžioji dilgėlė (lot. *Urtica dioica*) ir sėjamoji kanapė (lot. *Cannabis sativa*)⁶⁷.

Šie ilgapluoščiai augalai yra vertingi tuo, kad konstrukcinių medžiagų gamybai tinkami kaip „statybinė“ medžiaga ir dėl kokybiškų, tinkančių pramoniniam perdirbimui, pluoštų masės, ir natūralių klajinių savybių.

Pluoštinės žaliavos yra augalo stiebo dalyje. Iš stiebų gaunamos dviejų tipų žaliavos, kurias galima panaudoti pramonėje: spaliai, gaunami susmulkinus sumedėjusią kanapės stiebo šerdį ir pluoštas, gaunamas atskiriant jį nuo stiebo. Konstrukcinių medžiagų, tokių, kaip plaušų plokštės gamybai tinkami abu šie žaliavų tipai. Tai ekologinis privalumas, kadangi kitose pramonės šakose, pavyzdžiui, tekstilėje panaudojamas tik pluoštas (spaliai panaudojami kurui arba išmetami).

Augalų pluoštą sudaro plaušai (1.1 pav. (a)) – mikrofibrilės, kurios susisuka į plonus „siūlus“, kurie savo ruožtu susisuka į makrofibriles. Makrofibrilių tvirtumas atitinka tokių pat matmenų plieninės vielos tvirtumą. Plaušai yra ramstiniai augalo audiniai, reikalingi atsilaikyti prieš aplinkos mechaninius veiksmus (vėją, sniegą ir pan.). Jie kelia augalo dalis į šviesą ir palaiko augalo formą. Šie audiniai sudaryti iš ilgų (ilgis 1000 ir daugiau kartų didesnis už plotį) ląstelių, nusmailėjusiais galais, labai storomis celiuliozinėmis ar sumedėjusiomis sienelėmis. Šio audinio tvirtumas perpus mažesnis už plieno, bet tamprumas didesnis⁶⁸ (daugiau apie tai skyriuje 2.1. *Pluošto savybių, įtakančių konstrukcinės medžiagos formos išlaikymą, tyrimas*).

⁶⁷ Jankauskienė, Z., Gruzdevienė, E., Endriukaitis, A. *Sėjamyjū kanapių auginimo technologija*. Lietuvos Žemdirbystės institutas. – Vilnius: 2007.

⁶⁸ Baležientienė, L. *Botanika. I dalis. Magnolijūnų sandara*. Kaunas: LŽŪU, 2008. 81 psl.



a) natūralus plaušelio vaizdas (iš išorės) prieš apdorojimą

b) apdorojimo metu pašiauštas plaušelis (vaizdas iš išorės)

c) apdorojimo metu išsluoksniuotas plaušelis (skerspjūvio vaizdas)

d) sukibusių plaušelių vaizdas po apdorojimo (juos „aktyvavus“)

1.1 pav. Plaušelių vaizdas juos „aktyvuojant“⁶⁹

Tokiems galingiems plaušams apdirbti naudojama medienos apdorojimo įranga. Pluoštinių smulkinių masę ruošiant konstrukcinėms medžiagoms gaminti – tiek popieriaus liejimui, tiek plaušų plokštės „kilimų“ formavimui, pirmiausiai naudojamas defibreris⁷⁰. Jis sutrina prieš tai būgnine kapokle smulkintus augalų stiebus ar medienos rąstus. Paruošti smulkiniai maišomi su vandeniu ir vėl smulkinami diskiniiais refineriais⁷¹, kur toji augalinė masė sutrinama į plaušus. Šio proceso metu, vandeninėje terpėje, plaušeliai „aktyvuojami“ suveliant juos iš išorės (1.1 pav. (b)) ir išsluoksniuojant iš vidaus (1.1 pav. (c)). Tokia plaušelių apdorojimo technologija taikoma geresniam celiuliozinio plaušų tinklo sukibimui didinti (1.1 pav. (d)).⁷²

Celiuliozė, tai polimerinis rišiklis, kurio yra visuose augaluose – jų ląstelėse celiuliozė sudaro ląstelės sienelės armatūrą (1.2 pav.). Supinti celiuliozės plaušeliai sudaro popieriaus pagrindą⁷³ (filtravimo popierių – praktiškai gryna celiuliozė). Popieriaus gamybai, tam, kad išlaikytų plono lakšto formą, pakanka ir medienos plaušelių savybių, tačiau konstrukcinių medžiagų, skirtų mechaniniams bei fiziniams poveikiams atlaikyti (sienų dangoms, baldų konstrukcijoms ir pan.), gamybai reikia ilgesnių, patvaresnių ir daugiau celiuliozės, nei mediena, turinčių plaušų.

⁶⁹ 200 kartų padidintas vaizdas. Lainio, U. *Natural and Synthetic Fibres Improving Tensile Strength and Elongation of Paper Products*. Lappeenranta University of Technology: 2009. 21 psl.

⁷⁰ Defibreris – (iš pranc. k. *défibreur*, lotynų k. *fibra* – pluoštas) – įrenginys smulkinių masei gaminti veikiant garais, sudarytas iš cilindrinės talpos, kurioje sukasi platus sraigtas su papildomais sparneliais ir angų, per kurias smulkinių masė patenka į įrenginį bei tiekama iš įrenginio tolimesniam apdorojimui.

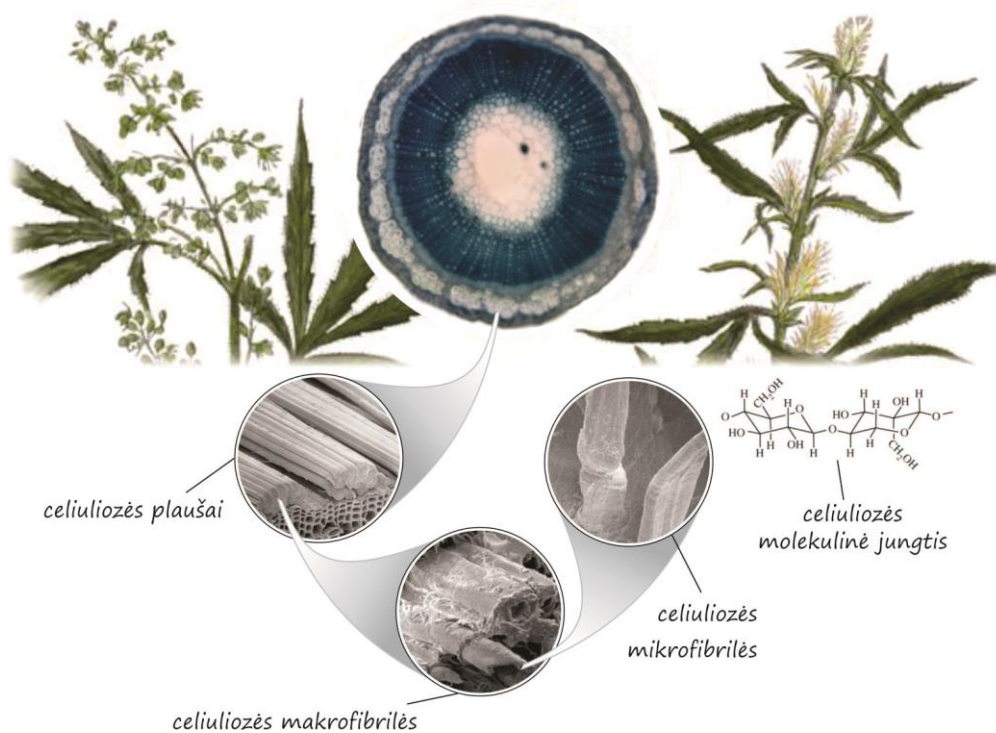
⁷¹ Refineris – (iš anglų k. *refine* – tobulinti, taurinti) – tai įrenginys galutiniam smulkinių masės smulkinimui, sudarytas iš vertikalios apskritos talpos, kurioje vandeninę plaušų masę veikia du besisukantys vienas prieš kitą įtaisyti diskai, kurių paviršius sudarytas iš griovelių bei peilių rinkinio (garnitūra).

⁷² Xing, C., Deng, J. and Zhang, S. *Effect of thermo – mechanical refining on properties of MDF made from black spruce bark*. *Wood Science and Technology*. 2007. 329-338.

⁷³ 60 g/m² popieriaus 1 cm² yra apie 450 000 sukibusių plaušelių.

Linai, dilgėlės ir kanapės – ilgapluoščiai, kurių pluoštuose gausu celiuliozės: medienoje jos yra apie 50 %, o plaušelių ilgis – spygliuočių – 3-7 mm, o lapuočių tik 1-2 mm; linuose – 65-90 % celiuliozės, o plaušelių ilgis – iki 65 mm; dilgėlėse – 86,5 % celiuliozės, plaušelių ilgis – iki 75 mm; kanapėse 88,3 % celiuliozės, plaušelių ilgis – iki 55 mm.

Tokių ląstelių plotis 0,04–0,08 mm ir plika akimi sunkiai įžiūrimos⁷⁴.



1.2 pav. Celiuliozė augalo struktūroje⁷⁵

Pluoštinių augalų plaušeliai net vizualiai skiriasi nuo medienos plaušelių (1.3 pav.). Šios pluoštinių augalų mikrofibrilės žymiai, kartais net keliasdešimt kartų, ilgesnės už medienos plaušus. Juose gausu skersinių narelių, išilginių griovelių arba papildomų plaukelių, kurių pagalba sudaromas standesnis celiuliozinis tinklas, nuo kurio tiesiogiai priklauso pluoštinių gaminių atsparumas fiziniam poveikiui.

⁷⁴ Batiuškaitė, D., Kupčinskienė, E. *Augalų anatomija ir morfologija*. Kaunas: Vytauto Didžiojo universiteto leidykla: 2009. 8 psl.

⁷⁵ Daviesa, P., Bourmaudb, A., Pajotc, A. and Baley C. *A preliminary evaluation of matricaria maritimum fibres for polymer reinforcement*. Industrial Crops and Products: 2011, Vol. 34 (3), pp. 1652-1654.



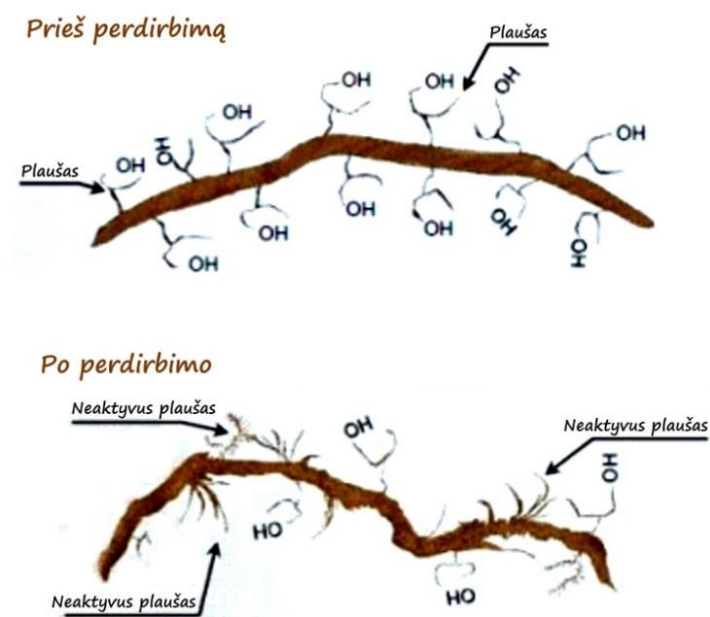
a) medienos plaušai



b) linų plaušai

1.3 pav. Plaušų vaizdas⁷⁶

Pluoštinių augalų plaušai turi ir dar vieną privalumą naudojant jas ekologiškoms, lengvai perdirbamoms konstrukcinėms medžiagoms gaminti – tai jų ilgaamžiškumas, įtakojantis ne tik medžiagos nusidėvėjimą, bet ir jų pakartotinį perdirbimą (angl. *recycling*). Gaminiai iš medienos plaušų, naujo gaminio gamybai, perdirbti rekomenduojama tik iki trijų kartų. Po to plaušeliai tampa nebe aktyvūs, dėl to reikia primaišyti papildomų rišamųjų medžiagų arba naujų žaliavų. O pluoštinių augalų plaušai nepraranda savo pirminių savybių net iki aštuonių kartų (1.4 pav.).



1.4 pav. Plaušelio vaizdas prieš ir po perdirbimo⁷⁷

⁷⁶ 60 kartų padidintas vaizdas. *Oriental Papermaking Fibres* [žiūrėta 2013 gegužės 12 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.culturalconservation.unimelb.edu.au/PapermakingFibres/flax.html>>

Gausu užsienio mokslininkų straipsnių bei mokslinių darbų aprašymų apie pluoštinių augalų plaušų savybių tyrinėjimus bei jų pritaikomumo pramonėje galimybių studijas. Atskleista daugybė šių pluoštų privalumų – galimybė juos iš sumedėjusios stiebo dalies išgauti nenaudojant cheminių medžiagų, plaušą be papildomų sintetinių dervų naudoti konstrukcinių medžiagų gamyboje, kurias vėliau sėkmingai galima perdirbti kaip antrines žaliavas, dėl ypatingų – homomorfinių pluoštų savybių gaminti ilgaamžį, patvarų bei vandeniui atsparų popierių ir t.t.

Ne tik mokslininkai, bet ir verslininkai suprato, kad poreikis gerosiomis (ekologiškos, antiseptinės, lengvos ir pan.) savybėmis pasireiškiančiai produkcijai kyla su dideliu pagreičiu. 2014 m. sausio 1 d. legalizavus pluoštinių kanapių auginimą Lietuvoje gana intensyviai ieškoma galimybių panaudoti kanapių stiebus, nes neradus realizavimo būdų vystyti šios žemės ūkio šakos, auginimas tiesiog neapsimokės. Tuo tarpu pasaulinę rinką užkariavus Kinijai, katastrofiškai sumažėjo auginamų linų plotai Lietuvoje. Tai pirmoje eilėje įvyko dėl Europos tekstilės pramonės konkurencinės kovos pralaimėjimo Tolimųjų rytų šalims.

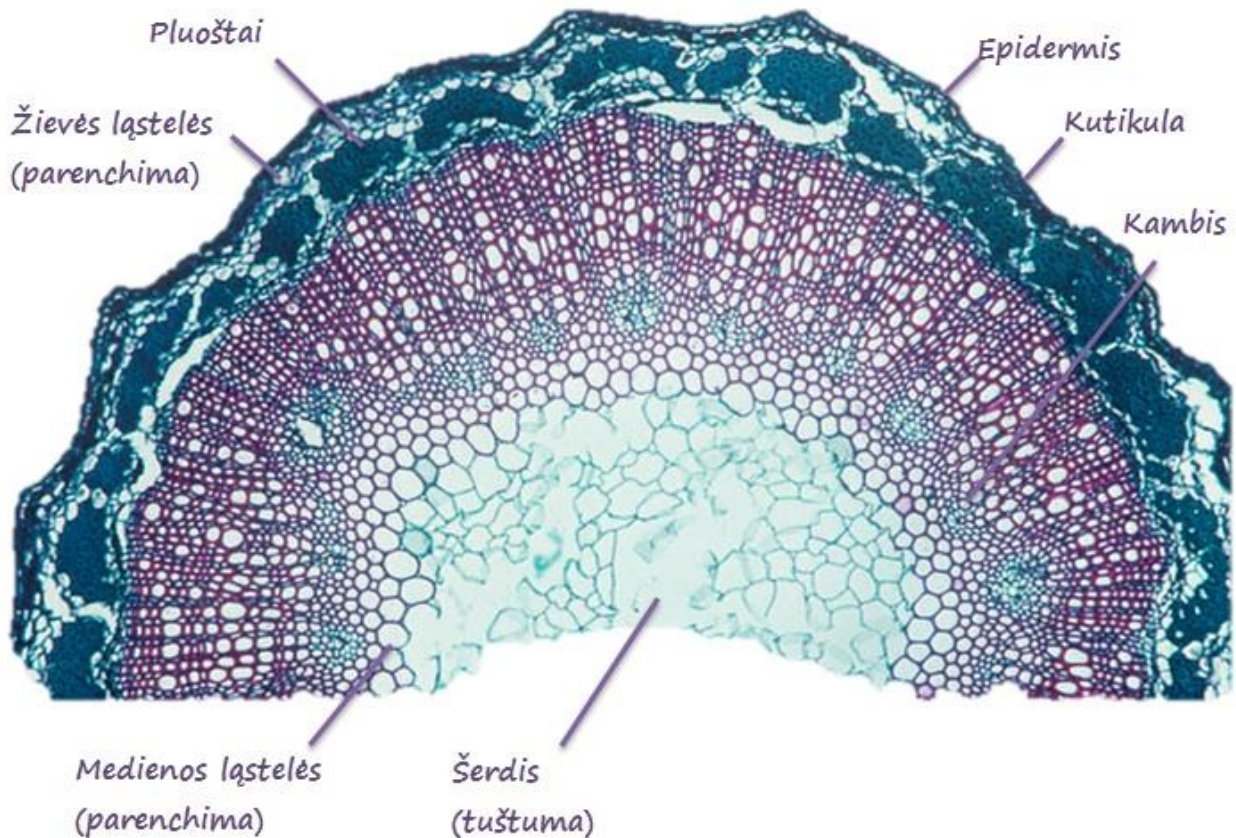
Pluoštinių dilgėlių auginimo ir dauginimo mūsų šalyje galimybės šiuo metu tiriamos Lietuvos žemdirbystės instituto (LŽI) Upytės bandymų stotyje. Pluoštines dilgėles bandoma padauginti vegetatyviniu būdu, įsaknydinant stiebo atkarpas. Auginamos ne vietinės dilgėlės, o specialiai užsienio selekcininkų sukurti dilgėlių klonai pluoštui – su didesniu pluošto kiekiu stiebe. Ar bus pačių lietuvių susidomėjimas šiuo augalu, ar tai alternatyva linams, sunku pasakyti. Tai priklauso ir nuo to, ar nugalėsime savyje tradicinį žemdirbio požiūrį į dilgėlę – piktžolę, ar priimsime ją kaip naudingą kultūrinį augalą į savo laukus.

LŽI Upytės bandymų stotyje taip pat atliekami moksliniai kanapių ir dilgėlių auginimo Lietuvoje technologijos tyrimai. Galima pritaikyti linų pirminio perdirbimo įmones kitiems pluoštiniais augalams perdirbti. Tačiau kol kas nėra kas superka ar kitaip panaudoja kanapių, dilgėlių ar kitų augalų pluoštų žaliavą.

Didžiulės galimybės atsivertų žemdirbiams, jei kanapės būtų auginamos kaip celiuliozės žaliava – kiek miškų būtų galima išsaugoti, naudojant jas smulkinių ir plaušo plokščių gamybai. Kad kanapės išauga aukštos ir mūsų klimato sąlygomis, galima įsitikinti Upytės bandymų stotyje atliekamų bandymų laukuose.⁷⁸

⁷⁷ Checcini, V., J. *Potential of Papermaking Fibers*. JAMK University of Applied Sciences, Ledesma: 2015. 42 p.
⁷⁸ Pluoštinių augalų auginimo perspektyvos Lietuvoje [interaktyvus]. Mano ūkis [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 2 d.]. Prieiga per internetą: <<http://manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/augalininkyste/1415-pluostiniu-augalu-auginimo-perspektyvos-lietuvoje>>

1.1. Sėjamas linas *Linum usitatissimum* L.



1.1.1 pav. Lino stiebo skerspjūvis⁷⁹

Sėjamas linas (lot. *Linum usitatissimum* L.) priklauso lininių (lot. *Linaceae* DC. *Ex Gray*) šeimai, magnolijainių (lot. *Magnoliopsida*) klasei. Tai – žolinis vienametis augalas, turintis ploną, statų, nuo pagrindo arba tik link viršūnės šakotą (priklauso nuo veislės) iki 120 cm aukščio užaugantį stiebą. Augalą sudaro šaknys, stiebas, lapai, žiedai ir vaisius (dėžutė su sėmenimis).

Sėjamojo (pluoštinio) lino sėkla pradeda dygti kai dirvos temperatūra pasiekia 6-8°C. Pirmiausiai iš sėklos išdygsta šaknis. Ji auga greitai: po paros būna 1,7 mm ilgio, po pusantros paros - 5 mm, o po dviejų parų 9-11 mm ilgio.

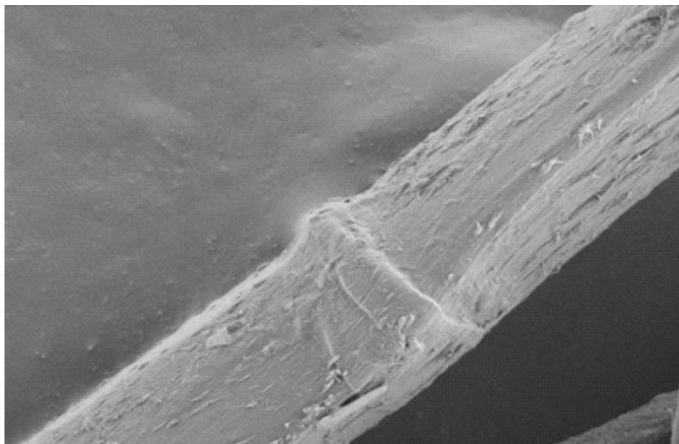
Linai sudygsta per 6-12 d. Daigai ištveria 3-5°C šalnas.

⁷⁹ Cross-section of a Flax stem (*Linum*) [interaktyvus]. Corbis [žiūrėta 2013 gegužės 4 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.corbisimages.com/stock-photo/rights-managed/42-23597241/crosssection-of-a-flax-stem-linum>>

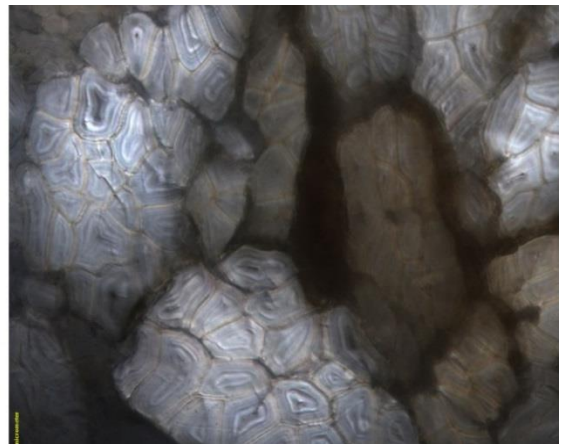
Linams tinka toks klimatas, kai efektyvių temperatūrų suma per vegetaciją būna 1400-2200°C.

Įvairių linų veislių vegetacija trunka 70-105 dienas, ir ilgiau.⁸⁰

Linų stiebelis sukaupia apie 20 – 30 % pluošto (1.1.1 pav.). Pluošto gavybai panaudojama antžeminė stiebo dalis iki išsišakojimo – iš jos gaunamas ilgas pluoštas. Iš žiedyno šakelių gaunamas prastos kokybės pluoštas (pakulos). Todėl auginant linus stengiamasi, kad jų stiebas būtų kiek įmanoma ilgesnis ir storesnis, kadangi storesniame stiebelyje yra daugiau pluošto.⁸¹



a) plaušelio vaizdas iš išorės,
išdidintas 1000 kartų



b) plaušelių vaizdas pluošto skerspjūvyje,
išdidintas 200 kartų

1.1.2 pav. Lino plaušelių vaizdas⁸²

Pluoštas sudarytas iš ilgų storasiėnių karnienos ląstelių – plaušelių (1.1.2 pav.), kurių ilgis linuose gali siekti 65 mm, o maksimalus skersmuo 0,031 mm – mažesnis ir už dilgėlių, ir už linų.

Linų pluoštui būdingas stiprumas, plonumas, lankstumas, kaspinuotumas ir švarumas.

Geriausias linų pluoštas gaunamas tada, kai linai auginami vėsesniu ir debesuotu oru (tada jie mažiau šakojasi) ir raunami sulaukę ankstyvosios geltonosios brandos. Kadangi linų šaknų sistema yra gana silpna, tai šie augalai yra jautrūs drėgmės kiekiui dirvožemyje ir jo svyravimams: daugiausiai drėgmės linams reikia žydėjimo metu, daug mažiau – brendimo periodu. Geriausiai, kai dirvoje yra 60-70 % drėgmės, kadangi linai nepakenčia vandens pertekliaus.

⁸⁰ Jankauskienė, Z., Gruzdevienė, E. *Linum usitatissimum* L. rūšies augalų aukščio variacijos tyrimai. *Dekoratyviųjų ir sodo augalų asortimento, technologijų ir aplinkos optimizavimas*, 2 (7): 33–38. 2011.

⁸¹ Baležentienė, L. *Botanika. I dalis. Magnolijūnų sandara*. Kaunas: LŽŪU, 2008. 154-157 psl.

⁸² Sfiligoj, S., M., Hribernik, S., Kleinschek, S., K. *Plant Fibres for Textile and Technical Applications*. University of Maribor: 2013

Nuo 1995 m. mūsų krašte auginami aliejiniai arba sėmeniniai linai, skirti tik sėmenims gauti – juos nukūlus, stiebai sunaikinami, iš jų pluoštas neišgaunamas. Tiesa, tai nėra tikrieji sėmeniniai linai. Šie žemaūgiai, labai išsišakoję, panašūs į krūmelį linai auginami tik šiltesnio klimato kraštuose. Lietuvoje auginami tarpiniai linai, nors jie ir vadinami sėmeniniais. Pagrindinis tarpinių linų stiebas užauga iki 45–75 cm aukščio. Tarpinių linų stiebuose būna apie 12–15 % pluošto. Šiuo metu yra sukurta veislių, kurių pluošto išeiga siekia net 16–17 %. Tarpinių linų pluoštinės ląstelės šiek tiek blogiau susiformavusios negu pluoštinių linų, o pluoštas būna prastesnis – trumpas, kietas, šiurkštus. Šis pluoštas užsienyje naudojamas kaip trumpasis linų pluoštas: įvairiems kompozitams, techninei tekstilei, geotekstilei ir kt.⁸³



1.1.3 pav. *Sėjamas linas*

Pramonininkų paskaičiuota, kad iš 1 ha sėjamųjų linų (1.1.3 pav.) pasėlių galima skirti: 750 kg trumpo pluošto, pavyzdžiui, virvių ir aukštos kokybės popieriui gaminti, 900 kg ilgo pluošto lino žaliavos tekstilės pramonei, 1000 kg sėmenų, iš kurių gaminamas, pavyzdžiui, muilas arba linoleumas ir 3000 kg pluošto sudėtinių dalių ir šaknų linų plokštės gamybai. Taip paskirsčius žaliavas, linai būtų išnaudojami 100 %.

Linų žaliavos apdirbimas išnaudoja žymiai mažiau energijos resursų, nei apdirbant medieną. Pavyzdžiui, gaminant plokštę iš linų smulkinių būtina palaikyti 10 % - 16 % (maks. iki 20 %) drėgmę, o tai natūrali surenkamų iš laukų linų drėgmė, tuo tarpu medieną visais atvejais reikia džiovinti džiovyklose, kurios sunaudoja ~30 % viso apdirbimo proceso energijos.

Smulkinių plokščių gamybai tinkamas yra ir linų pluoštas, ir spaliai, išvalyti nuo akmenų, sėklų, nefunkcionuojančių pluoštų liekanų ir kitų priemaišų. Po valymo, spaliai padalinami į 3 skirtingas frakcijas. Smulkiniai klijuojami formaldehidiniais kljais (taikoma medienos drožlių plokščių (MDP) gamybos technologija). Ir tai yra vienintelis neigiamas aspektas ekologiskumo atžvilgiu. Kol kas nėra 100 % ekologiškų klijų, tinkančių šiai gamybos

⁸³ Gruzdevienė, E., *Sėmeninių linų auginimo galimybės*. Mano ūkis 2009/4

technologijai (konkrečios charakteristikos pateiktos bandymų aprašymuose – skyriuje 2.3.5. *Laisvo formaldehido kiekio plokštėje nustatymas*).

Linų smulkinių plokščių gamyba pasauliui jau seniai žinoma, tik jos paskirtis baldų pramonei yra ganėtinai nauja. Dėl drėgmei atsparių, nedegių ir izoliacinių savybių ji naudojama patalpų apšiltinimui. Apklausus paklausias Lietuvos medienos smulkinių plokščių gamybos įmones (UAB *SWEDSPAN Girių bizonas* (dabartinė *IKEA Industry*), UAB *Lamiga*, AB *Klaipėdos mediena*, UAB *Ekotechnologijos*) paaiškėjo, jog tokio tipo plokščių niekada negamino, bet į gamybos procesą įdiegti linų plokštę galimybė būtų. Viena iš pagrindinių priežasčių, kodėl ji negaminama – trūksta žaliavos. Tiriant Europos rinką pastebėta, jog tokia plokštė šiuo metu gaminama tik Belgijoje ir Prancūzijoje. Šalyse – lyderėse, kurios yra pirmame Europos linų augintojų trejetuke.

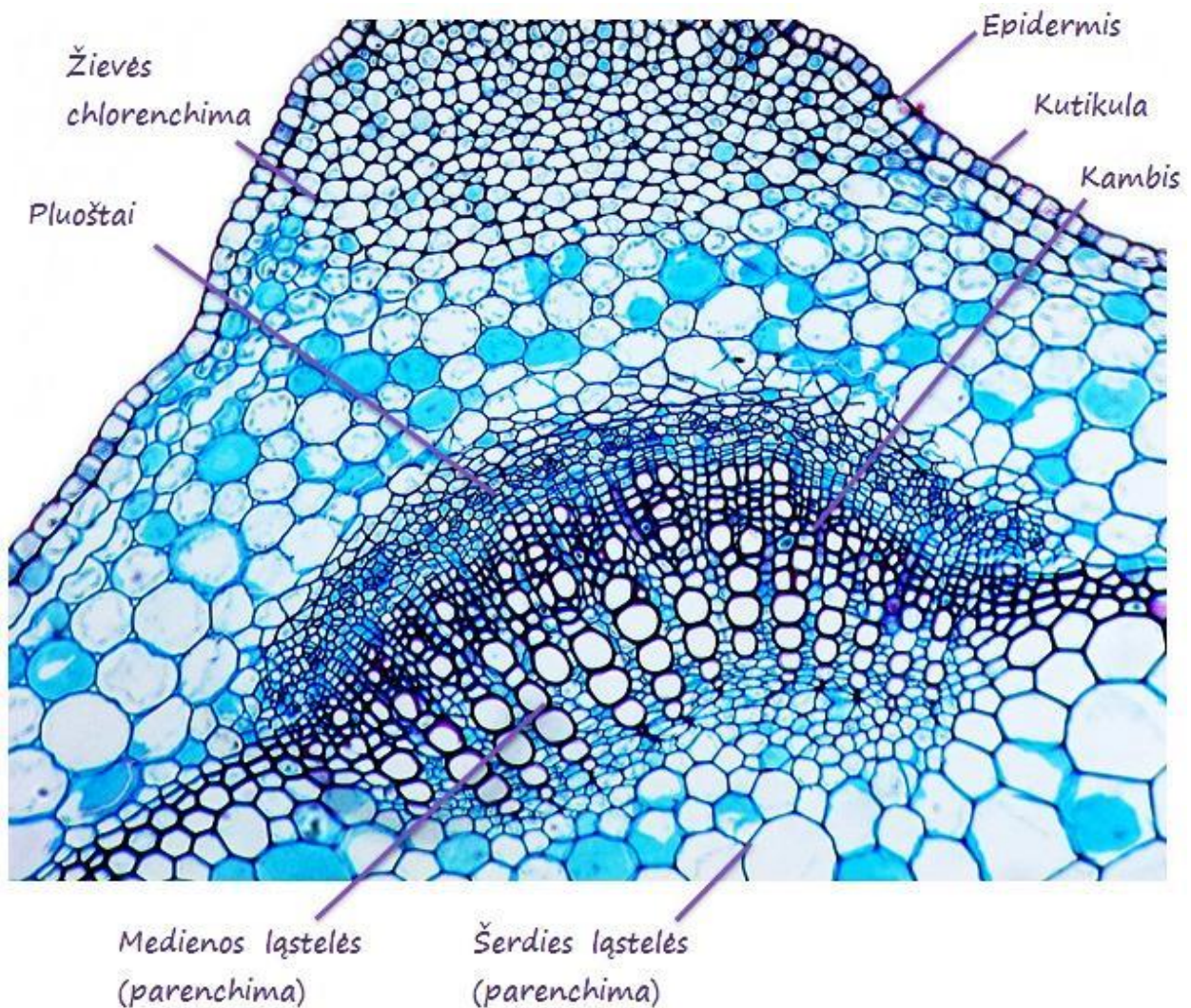
Prieš įstojant Lietuvai į Europos Sąjungą Lietuvoje ūkininkai kasmet užsėdavo apie 9000 ha, bet oficialios pasėlių deklaracijos rodo, kad Lietuvai įstojus į Europos Sąjungą, ūkininkams linus auginti tapo nerentabilu, todėl jie pamažu atsisakė šio verslo. 2010-aisiais linų pluoštu Lietuvoje buvo užsėtas tik apie 271 ha, o 2012 m. liko tik viena pluoštinių linų augintoja (ne įmonė, bet asmuo, ūkininkė A. Venslauskienė) visoje šalyje, savo derlių užauginusi 8,38 ha ūkyje. Kai buvo daugiau pluoštinių linų augintojų, produkciją pirko kinai. Dabar jau nebeperka - mažo kiekio ir jiems nebereikia, tiesiog neapsimoka gabenti.

Europos Sąjungos kvota linų pluoštui – 5726 tonos, iš jų: ilgasis linų pluoštas 2263 tonos, o trumpasis linų pluoštas 3463 tonos. Kad įvykdytume pluošto kvotą, Lietuvoje turėtume auginti ne mažiau, kaip 7,4 tūkst. ha linų.⁸⁴

Lietuvoje linams tinkamų dirvožemių yra apie 1 milijoną hektarų, turimos auginimo ir derliaus doravimo technologijos, didelis gerų veislių pasirinkimas (ES ir Nacionalinis katalogai), linų auginimo technika bei patirtis, linų pirminio perdirbimo bei tekstilės įmonės, deja, šis potencialas šiuo metu neišnaudojamas. Linų ūkis atsidūrė gilioje krizėje. Dėl ko taip atsitiko, priežasčių daug – galima nurodyti ir agrotechnines, ir ekonomines kliūtis, pigaus pluošto ir lininių gaminių importas iš trečiųjų šalių sustabdė vietinės žaliavos gamybą, pagaliau galima paminėti nepalankias meteorologines pastarųjų metų sąlygas. Nesvarbu kokias priežastis nurodysime, niekas nepaneigs fakto, jog savomis rankomis sunaikintos 4 000 metų puoselėtos linininkystės tradicijos.

⁸⁴ Pluoštinių augalų auginimo perspektyvos Lietuvoje [interaktyvus]. Mano ūkis [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 2 d.]. Prieiga per internetą: <<http://manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/augalininkyste/1415-pluostiniu-augalu-auginimo-perspektyvos-lietuvoje>>

1.2. Didžioji (pluoštinė) dilgėlė *Urtica dioica* L.



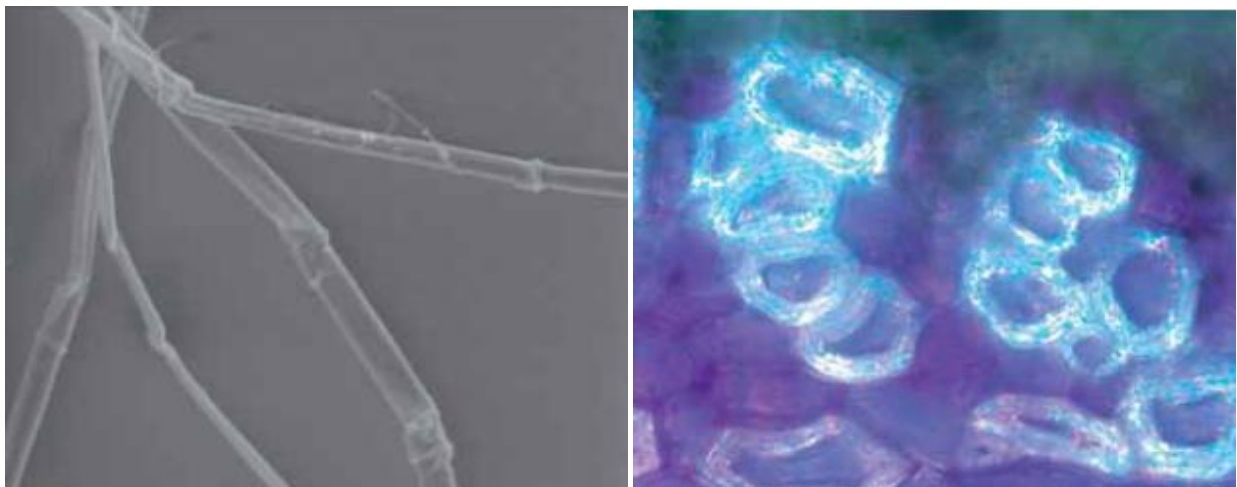
1.2.1 pav. Dilgėlės stiebo skerspjūvis⁸⁵

Didžioji (pluoštinė) dilgėlė (lot. *Urtica dioica* L.) priklauso dilgėlinių (lot. *Urticaceae*) šeimai, magnolijainių (lot. *Magnoliopsida*) klasei. Tai – daugiametis augalas, 160-200 cm aukščio, su dilginamaisiais plaukeliais žolinis augalas. Augalą sudaro šaknys, keturbriaunis stiebas, lapai, žiedai ir vaisius (1,2-1,5 mm skersmens riešutėlis).

⁸⁵ Science and Plants for Schools [interaktyvus]. Flickr [žiūrėta 2013 gegužės 12 d.]. Prieiga per internetą: <<https://www.flickr.com/photos/71183136@N08/6959590092>>

Pluošto (1.2.1 pav.) dilgėlėse būna mažiau nei linuose, jį sunkiau išgauti. Anglijoje augančių didžiųjų dilgėlių tipai turėjo 4-7 % pluošto, vokiškų nuo 11,8 iki 14,1 %, o austriškų dilgėlių klonų pluošto – 16-18 %.

Lietuvoje užauginamos vidutiniškai 1,71 m aukščio, 5,2 mm diametro stiebai. Auginamos⁸⁶ pluoštinės dilgėlės yra pagerinta vokiškų laukinių dilgėlių forma. Pluošto išeiga nuo 5 % laukinėse dilgėlėse buvo padidinta iki 17 % dabartinių auginamų pluoštinių dilgėlių stiebuose. Vokiečių tyrėjai teigia, kad ekonomiškai dilgėles auginti yra naudinga, jei pluošto išeiga iš sausų stiebų viršija 10 %.⁸⁷



a) plaušelio vaizdas iš išorės,
išdidintas 600 kartų

b) plaušelių vaizdas pluošto skerspjūvyje,
išdidintas 50 kartų

1.2.2 pav. Dilgėlės plaušelių vaizdas⁸⁸

Pluoštas sudarytas iš ilgų storasienių karnienos ląstelių – plaušelių (1.2.2 pav.). Dilgėlių plaušelių išeiga mažesnė nei linų vieno augalo atžvilgiu, bet ilgis didesnis ir gali siekti iki 75 mm, o jų maksimalus skersmuo 0,070 mm – didesnis ir už kanapių, ir už linų.

Dilgėlės pasižymi tuo, kad jų plaušeliai yra labai nevienodi. Skiriasi ne tik jų ilgis, bet ir skersmens apimtys. KTU (V. Baltrušaitienei) bei LŽI Upytės bandymų stoties mokslininkėms (Z. Jankauskienei ir E. Gruzdevienei) norint atlikti plaušų savybių nustatymo tyrimus reikėjo permatuoti kiekvieną bandinių plaušelį ir nustatyti matmenų variacijos koeficientą. Tyrimais nustatyta, kad dilgėlės pluošteliai ženkliai skiriasi ne tik vienas nuo kito

⁸⁶ Pluoštinės dilgėlės auginamos LŽI Upytės bandymų stotyje moksliniams dilgėlių auginimo Lietuvoje technologijos tyrimams atlikti.

⁸⁷ Jankauskienė S., Gruzdevienė E. 2015. *Changes of wild and cultivated stinging nettle (Urtica dioica L.) productivity at different implantation densities and crop age*. Žemdirbystė=Agriculture, 102 (1): 31 – 40. DOI: 10.13080/z-a.2015.102.004 IF – 0,420

⁸⁸ Sfiligoj, S., M., Hribnik, S., Kleinschek, S., K. *Plant Fibres for Textile and Technical Applications*. University of Maribor: 2013.

(vidutinių plaukelių skersmenų verčių variacijos koeficientas net 17,5 %), bet ir pats plaušelis labai netolygus (nevienodas kiekvieno plaušelio atskirai paėmus skersmuo – vidutiniškai šie skersmenys kiekviename plaušelyje skiriasi daugiau kaip 2 kartus). Taigi, pluoštas nepasižymi vienu, ženkliai pastebimu skersmeniu, kuris įtakoja iš jų gaminamų medžiagų kokybę (sunku pagaminti tolygų homogeninių, tokių kaip popierius ar plokštė, medžiagų paviršių (daugiau apie tai skyriuje 2.6.2. *Gamyba iš karštais presais slegiamos plaušų biomasės* ir 2.7.1. *Bandymai Kauno kolegijos laboratorijoje*).



1.2.3 pav. Didžioji (pluoštinė) dilgėlė

Dilgėlių pluoštas absoliučiai heterogeniškas, kadangi skiriasi ne tik plaušelių apimtys, bet pluošto konsistencija viršutinėje ir apatinėje stiebo dalyse. Varijuoja ir pluošto stiprumas, ir jo ilgis. Apatinė dilgėlių stiebo dalis yra labiau sumedėjusi. Praktiniais sumetimais būtų gerai dilgėlių stiebą dalinti į 2 dalis ir viršutiniąją naudoti tekstilės tikslams, o apatiniąją – konstrukcinėms medžiagoms gaminti.

Bendras žalios masės kiekis gaunamas apie 4600 g/m^2 , stiebai sudaro apie 90 %. Vidutinis stiebų orasausės medžiagos kiekis yra 1542 g/m^2 , tai atitiktų 15,4 t/1ha sausų stiebų derlių.

Dilgėlės gali augti derlinguose smėlio, priemolio bei molio dirvožemiuose. Gali augti rūgščiuose, neutraliuose bei šarminiuose dirvožemiuose. Auginant pluoštui, vertėtų auginti tik turtinguose mineralais dirvožemiuose.

Neigiamo efekto po dilgėlių auginamiems augalams nepastebėta. Kai kurių mokslininkų teigimu, dilgėlės gali ekonomiškai augti 4 metus toje pačioje dirvoje. Ir yra nuomonių, kad tinkamai prižiūrint dirvą toje pačioje vietoje galimas 10-15 metų ir net neterminuotai ilgas dilgėlių auginimas.

Nuimant nesubrendusias dilgėles, per plonus stiebus, sumažėja pluošto kokybė. Dilgėlės pluoštui nuimamos tik kartą per metus, nes vėlyvi (vasaros galo – rudens pradžios) ūgliai būtų per ploni, šakoti, pluošto kokybė būtų prasta. Pjovimui galima pritaikyti turimas

pjaunamąsias. Gali būti naudojamos tos pačios mašinos kaip ir linų, kanapių nupjovimui. Paskaičiuota, kad absoliučiai sausos masės (stiebų, lapų, žiedynų su sėklomis) iš hektaro būtų gauta virš 10 tonų.

Dilgėlių pluoštas šimtu procentų tinkantis alergiškiems žmonėms – dilgėlės bijo chemikalų (tiesiog neauga ten, kur aplinka užteršta), todėl jos yra ekologiškai švarios. Jos žmogui yra naudingos nuo šaknų iki pačių viršūnių galiukų: džiovinti dilgėlių lapai ir sultys naudojami medicinoje, kosmetiniams muilams, šampūnams, losjonams, kremams gaminti, dilgėlių lapai tinka maistui – salotoms bei sriuboms ruošti, o visas augalas efektyviai tinka pramonėje chlorofilui, gyvulininkystėje – pašarams, sodininkystėje – augalų augimui stimuliuoti bei jų ligų prevencijos produktams gaminti.

Kurti atskirą dilgėlių pluošto perdirbimo technologinę įrangą nėra tikslinga dėl didelių finansinių investicijų – kur kas tikslingiau dilgėlių pluošto perdirbimui modernizuoti ir pritaikyti esamas lino pluoštų perdirbimo technologijas bei įrangą.

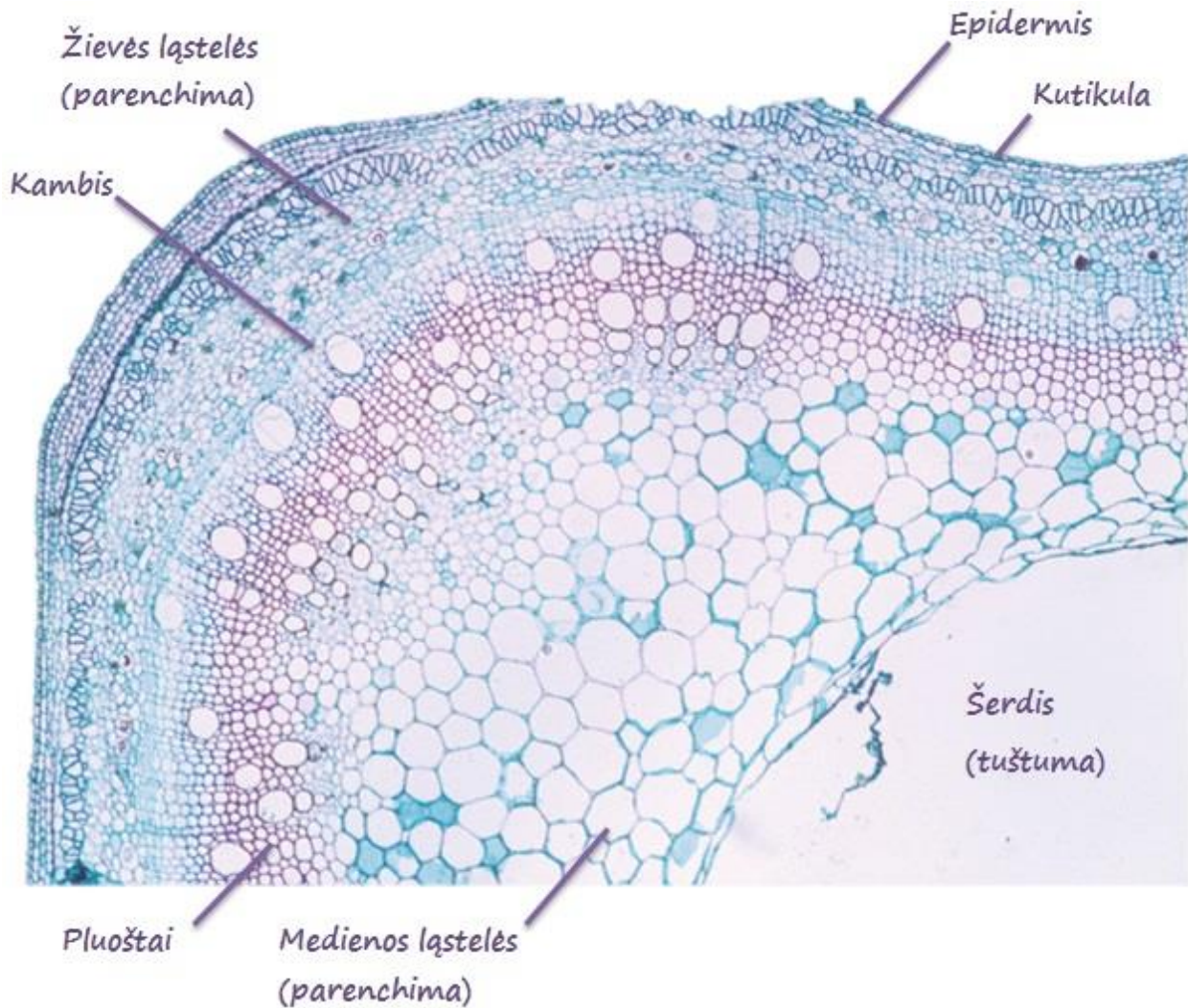
Reikia įvertinti tai, kad dilgėlės pluoštas beveik 1,5 karto silpnesnis (dilgėlės stipris ~40 cN/tex, lino ~60 cN/tex), o skersmens nevienodumas didesnis už lino pluošto, todėl dilgėlės pluoštui rekomenduojama parinkti „švelnesnius“ technologinius režimus – mažesnę tempimo jėgą, greitį, švelnesnę įrangos garnitūrą.⁸⁹

Dabar dilgėlės nei vienoje pasaulio šalyje nėra auginamos pramoniniu būdu ir jų gaminių nerasi nei viename prekybos tinkle – jais kol kas tik ruošiasi nustebinti rinką atskiros Vokietijos, Austrijos, Olandijos ir Suomijos kompanijos. Lietuva turi galimybių auginti dilgeles ir perdirbti jų pluoštą į gatavus gaminius, o mokslininkų darbų analizė leidžia pagrįstai teigti, kad dilgėlių auginimas yra ne utopija, bet netolima perspektyva, galinti veržliai iš esmės pakeisti žemdirbių gyvenimą Lietuvoje.⁹⁰

⁸⁹ Gruzdevienė E., Jankauskienė Z. 2012. *Pluoštinė dilgėlė (Urtica dioica) – naujas pluoštinis augalas Lietuvos žemės ūkio ekosistemoje*. Žmogus ir gamtos sauga 2012: 18-toji tarptautinės mokslinės-praktinės konferencijos medžiaga: 94–97. ISSN 1822-1823. UDK 502.3 (374.5)(063)

⁹⁰ Pluoštinės dilgėlės: utopija ar perspektyvus verslas? [interaktyvus]. Ūkininko patarėjas [žiūrėta 2012 m. rugsėjo 9 d.]. <Prieiga per internetą: http://www.up.lt/straipsniai/skaitykite/?article_id=2829>

1.3. Sėjamoji kanapė *Cannabis sativa*

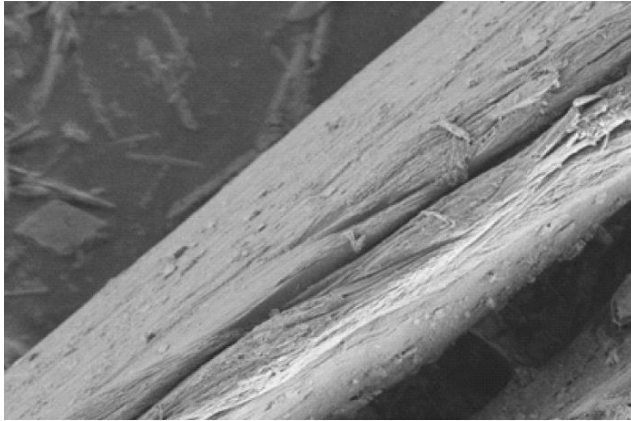


1.3.1 pav. Kanapės stiebo skerspjūvis⁹¹

Sėjamoji kanapė (lot. *Cannabis sativa*) priklauso kanapinių (lot. *Cannabaceae*) šeimai, magnolijainių (lot. *Magnoliopsida*) klasei. Tai – vienmetis žolinis augalas. Palankiomis sąlygomis gali išaugti iki 6 metrų aukščio. Augalą sudaro šaknys, plaukuotas stiebas, lapai, žiedai ir vaisius (riešutėlis).

Pluošto (1.3.1 pav.) kanapėse daugiau nei linuose ar dilgėlėse, jo išgaunama iki 25 %. Pluoštą lengva iš stiebo išgauti nenaudojant jokių papildomų cheminių medžiagų.⁹²

⁹¹ What is industrial hemp? [interaktyvus]. *Hemp Flax* [žiūrėta 2013 gegužės 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://hempflax.com/en/what-is-hemp/what-is-industrial-hemp>>



a) plaušelio vaizdas iš išorės, išdidintas 1000 kartų



b) plaušelių vaizdas pluošto skerspjūvyje, išdidintas 200 kartų

1.3.2 pav. Kanapės plaušelių vaizdas

Pluoštas sudarytas iš ilgų storasiėnių karnienos ląstelių – plaušelių (1.3.2 pav.). Kanapių pluoštas stiebe išsidėstęs nevienodai – daugiausiai jo būna stiebo vidurinėje dalyje. Stiebe prie šaknų pluoštas labai sumedėjęs, nesiskaidantis.

Kanapių plaušelių ilgis mažesnis ir už linų, ir už dilgėlių. Jis siekia iki 55 mm, o maksimalus skersmuo 0,041 mm – mažesnis už dilgėlių, bet didesnis už linų.



1.3.3 pav. Sėjamoji kanapė

Sėjamasias kanapes (1.3.3 pav.) auginti kai kuriose šalyse draudžiama dėl psichoaktyvių medžiagų (kanabinoidų), kurių yra visame augale, išskyrus sėklas. Europos Sąjungoje leidžiama auginti kanapes, kuriose tetrahidrokanabinolio (THC) kiekis neviršija 0,2 %.

Europos Sąjungos žemės ūkio augalų rūšių veislių bendrajame kataloge 2006 m. įrašyta 40 veislių kanapių su mažu THC kiekiu, leidžiamų auginti ES šalyse.

2014 m. sausio 1 d. įteisinus pluoštinių kanapių auginimą Lietuvoje ir palaipsniui įgyjant vis daugiau ne tik perdirbimo, bet ir auginimo patirties, prognozės apie šio sektoriaus plėtrą tapo ganėtinai perspektyvios. Kanapių auginimo apimtys tiek šoktelėjo, jog net nelyginamos su dilgėlių ar linų derliaus apimtimis. Dėl šios priežasties – dėl perspektyvos kanapes panaudoti įvairioms pramonės šakoms – šiame skyriuje pateikiama žymiai daugiau duomenų apie kanapių pritaikomumą, auginimą bei apdorojimą nei skyriuose apie linus ir dilgėles.

⁹² Jankauskienė S., Gruzdevienė E. 2015. *Changes of wild and cultivated stinging nettle (Urtica dioica L.) productivity at different implantation densities and crop age*. Žemdirbyste=Agriculture, 102 (1): 31 – 40. DOI: 10.13080/z-a.2015.102.004 IF – 0,420

Pluoštinės kanapės yra ir vieni unikaliausių bei naudingiausių buičiai ir pramonei augalų, nes iš jų galima pagaminti net iki 50 000 įvairių gaminių nuo maisto iki statybinių medžiagų.

Kanapių pluoštas pasižymi išskirtinai dideliu tvirtumu ir lyginant su kitais natūraliais – medvilnės, linų, dilgėlių pluoštais, yra tvirčiausias. Dėl savo tvirtumo jis nuo seno plačiai naudojamas virvių, tinklų, burių, špagato, brezentų gamybai.

Pastaruoju metu šis pluoštas vis labiau naudojamas biokompozitų gamybai ir automobilių pramonėje jų apdailos, izoliacinių medžiagų ir net korpuso detalių gamybai. Pluoštas naudojamas ir drabužių pramonėje. Kaip žinia, originalūs *Levi's Strauss* firmos džinsai buvo pasiūti būtent iš kanapių drobės. Šio pluošto audiniai gerai sugeria drėgmę, turi antiseptinių savybių, gali apsaugoti nuo ultravioletinės radiacijos, nesukelia alergijos, atsparūs pelijimui, o kompostuojami greitai suyra.

Šalutiniai kanapių pluošto gavybos produktai – spaliai, kurių išeiga iš šiaudelio būna iki 80 %, taipogi racionaliai panaudojami. Maišant kanapių spalius su moliu ar kalkėmis gaunama kokybiška statybinė medžiaga ekologiškų namų statybai. Jie pasižymi gera šilumine varža, savaime atsparūs pelėsiui, nepraleidžia drėgmės, gerai kvėpuoja.

Supresuoti į briketus spaliai naudojami biokurui. Savo kaitrinėmis savybėmis (kaloringumas 18,5 MJ/kg, peleningumas iki 1,2 %) kanapių mediena prilygsta ąžuolui, savo degimo produktais neteršia aplinkos.

Kanapės priskiriamos prie našiausių bioenergetinių augalų, kadangi, lyginant su kitais, savo stiebuose sukaupia daugiausiai ląstelių. Pabrėžtina tai, jog nenaudojant nuodingų chemikalų, reikalingų išgaunant ją iš sumedėjusios dalies, gaunama apie 74-80 % celiuliozės. Dažniausiai ji panaudojama popieriaus gamybai. Pats kanapių popierius yra labai kokybiškas ir patvarus dar ir dėl homomorfizuoto (labai vienodo) kanapių pluošto. Gaminamas popierius spausdinimui, rašymui, cigarečių gamybai, sąskaitų blankams ilgam saugojimui archyvuose, pinigų gamybai (JAV doleriai).

Pluoštinių kanapių auginimas – perspektyvi žemės ūkio veikla, prisidedanti prie biologinės įvairovės gerinimo ir siejama su darniu ūkininkavimu. Pluoštinės kanapės yra aplinkai nekenksmingos ir net naudingos. Jos tinkamos sėjomainai – neišsekinančios dirvožemio, mažinančios jo užterštumą piktžolėmis. Jų auginimas atitinka ekologiškumo principus. Ne tik auginimas, bet ir produktai iš kanapių yra reikšmingi aplinkos saugojimui.

Pluoštinė kanapė ir pati savaime yra ekologiška, nes ją auginant nenaudojami jokie pesticidai. Išskirtinai greitai augdamos ir per vegetaciją užaugančios iki 3-4 m aukščio (kai kurios atmainos pasiekia net 6 m aukštį) jos nustelbia piktžoles, todėl ne tik jų laukams

nenaudojami herbicidai, bet ir nuėmus derlių paliekami nepiktžolėti laukai. Nuo ligų ir kenkėjų apsaugos priemonės šiems augalams dažniausiai nereikalingos, o turėdami repelentinį⁹³ ir baktericidinį⁹⁴ poveikį, jie patys auginami šalia kitų augalų, apsaugai nuo ligų ir kenkėjų.

Kanapės auginamos užterštuose dirvožemiuose apvalo juos nuo sunkiųjų metalų ir, lenkų mokslininkų tyrimų duomenimis⁹⁵, jos vidutiniškai iš 1 ha dirvožemio gali pasisavinti 500 g vario, 140 g švino ir 35 g kadmio, taip išvalydamos dirvą.

Kanapės šaknis yra liemeninė, giliai besiskverbianti į žemę iki 2-3 metrų. Šaknų dauguma išplitusi viršutiniame dirvos sluoksnyje (10 – 20 cm). Kanapių stiebai užauga labai aukšti – sulėtą dieną kanapės gali paaugti iki 7 cm, o per 100 dienų pasiekti 4 ir daugiau metrų aukštį, jei yra tinkamos sąlygos. Stiebo sandara panaši į linų: pluošto ląstelės taip pat susikaupusios pluoštų kuokšteliuose – parenchimoje. Subrendę stiebai yra tuščiaviduriai. Kanapių daigų pirmieji lapai yra neskaldyti, o kiti lapai yra pirštiškai skaldyti, su koteliais.

Kanapės turi vyriškus ir moteriškus žiedus, kurie gali būti ant vieno augalo (naujausios veislės, vienanamės) arba ant atskirų augalų (dvinamės). Kanapių žiedadulkes nuo vieno augalo prie kito perneša vėjas. Auginant dvinames kanapes, dažnai vyriški ir moteriški augalai žydi ne vienu metu, stelbia vienas kitą, o tai irgi įtakoja derliaus kiekybę ir kokybę.

Kanapių elementarių pluoštelių fiziniai parametrai yra panašūs į medvilnės. Pluošto kiekis stiebuose priklauso nuo veislės, dirvožemio, tręšimo, nuėmimo laiko, taip pat nuo stiebo storio ir jo šakotumo.

Kanapių augimui reikia daug drėgmės (300 – 1200 kg vandens 1 kg sausos masės išauginti), tačiau jos nemėgsta vandens pertekliaus – užmerkimo. Daugiausiai vandens sunaudojama nuo žiedų sprogimo (butonizacijos) iki žydėjimo pabaigos. Lietingais metais kanapių derlius gaunamas didesnis.

Kanapės reiklios šilumai – sėklos gali sudygti ir esant + 1° C šilumos, tačiau vienodam sudygimui ir daigų augimui reikalinga, kad dirva įšiltų iki + 10° C. Priklausomai nuo temperatūros sėklos gali sudygti per 3 – 15 dienų. Jauni kanapių daigai pakelia šalnas iki -5° C, bet esant žemoms temperatūroms kanapių augimas sulėtėja. Kanapės ypač jautrios šilumai intensyvaus augimo periodui. Augalai visiškai uždengia dirvos paviršių, kai temperatūrų suma pasiekia 400 - 450°.

⁹³ Repelentai – tai cheminės medžiagos, savo kvapu ar skoniu nubaidančios vabzdžius, graužikus, paukščius, kitus gyvūnus.

⁹⁴ Baktericidinis – slopinantis bakterijas (pvz.: ampicilinas).

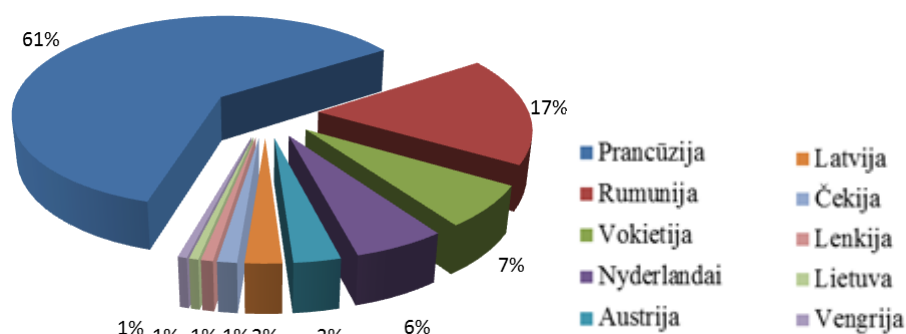
⁹⁵ Trumpai apie pluoštines kanapes [interaktyvus]. *Northeast Heritage* [žiūrėta 2013 m. spalio 19 d.]. Prieiga per internetą: <<http://northeastheritage.com/pluostines-kanapes/>>

Kanapės – trumpos dienos augalai, mažėjant apšviestumui augalai greičiau subręsta, derlius būna mažesnis. Europoje dažnai auginamos prancūziškos veislės, kurios šiauriniuose regionuose negali išnaudoti savo potencialo, nes jų fotoperiodo ilgis 14-15,5 valandų.

Populiariausia Europos Sąjungos šalyse lenkiškos kilmės pluoštinių kanapių veislė *Beniko* (registruota net 4 šalyse). Artimiausioje pagal klimatinės sąlygas šalyje – kaimyninėje Lenkijoje atliekama sėjamųjų kanapių selekcija. Natūralių pluoštų institute Poznanėje lenkų selekcininkų išvestos kanapių veislės yra registruotos Europos Sąjungos bendrajame žemės ūkio augalų veislių kataloge. Manoma, kad šių veislių kanapės būtų tinkamiausios auginti ir Lietuvos gamtinėmis sąlygomis.⁹⁶

1990 m. kanapės buvo auginamos tik vienintelėje Europos Sąjungos šalyje – Prancūzijoje, po keleto metų jau imta auginti ir kitose šalyse. Pramoninių (nenarkotinių) kanapių, kaip naujai atrasto seno žemės ūkio augalo auginimas ES šalyse ypač išsiplėtė (net patrigubėjo), nors ES subsidijos šių augalų augintojams ir perdirbėjams kasmet vis mažėja. Europos pramoninių kanapių augintojų asociacijos (EIHA) koordinatoriaus dr. *Michael A. Caruso* teigimu 2004 m. ES šalyse buvo auginama apie 16 000 ha kanapių. Pastaruoju metu kanapių auginimo plotas išlieka santykinai pastovus. Prieš subyrant Tarybų Sąjungai, kanapių plotai Rytų Europoje siekė 100 000 ha. Bet dabar kitose Rytų Europos šalyse (ne ES šalyse) kanapių plotai yra mažesni nei 3000 ha.⁹⁷

ES daugiausiai (61 %) kanapių auginama Prancūzijoje (1 diagrama). 2012 metais Prancūzijoje pasėta 10 000 ha kanapių. Toks plotas buvo didžiausias 2000-2012 m.⁹⁸.



1 diagrama. Pluoštinių kanapių plotai ES 2012 metais, proc.

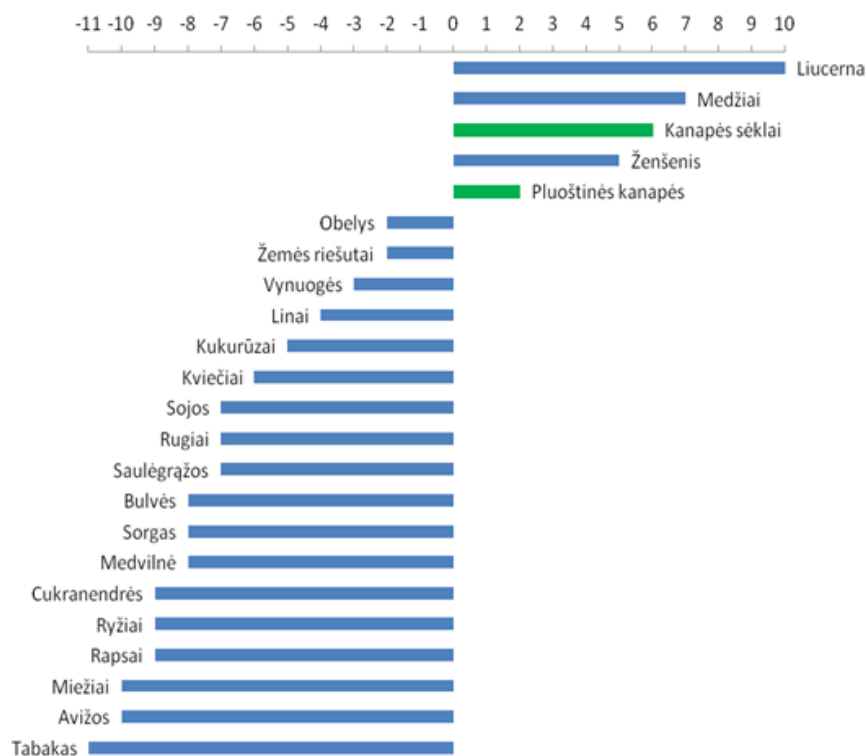
⁹⁶ Jankauskienė, Z., Gruzdevienė, E., Endriukaitis, A. *Sėjamųjų kanapių auginimo technologija*. Lietuvos žemdirbystės institutas Upytės bandymų stotis: 2007. 3-4 psl.

⁹⁷ *Ten pat.* 8-9 psl.

⁹⁸ *CBI Trade Statistics: Grains and Pulses in Europe* [interaktyvus]. CBI Ministry of Foreign Affairs [žiūrėta 2016 m. sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: <<https://www.cbi.eu/sites/default/files/trade-statistics-europe-grains-pulses-2015.pdf>>

Kanapių pluoštas turi vienas geriausių mechaninių savybių, palyginti su kitais natūraliais pluoštais.⁹⁹ Po Antrojo Pasaulinio karo kanapių pluoštą iš rinkos beveik visiškai išstūmė linai ir dirbtiniai pluoštai, nors standartiniai kanapiniai audiniai panašūs į linų visomis savo savybėmis – drėgmės sugėrimu, antibakteriškumu. O kanapės yra daug lengviau auginti, nei linus, ir jų pluošto derlius būna kelis kartus didesnis.¹⁰⁰

Kanapės atitinka „žaliosios“ ateities tikslus, kurie vis labiau populiarėja. Jos yra palankios biologinei įvairovei. Mokslininkai ištyrę 23 augalų palankumą biologinei įvairovei pagal 26 biologinės įvairovės parametrus, nustatė, kad kanapės pluoštui ir kanapės sėklai yra vienos iš penkių kultūrų palankiausių biologinei įvairovei, labiau palankios nei kviečiai, kukurūzai ar rapsai (2 diagrama). Atsižvelgiant į teikiamą naudą biologinei įvairovei, labiausiai praturtinančios bioįvairovę yra kanapės auginamos sėkloms, po to kanapės pluoštui, dar šiek tiek žemiau linai ir kiti augalai.^{101,102}



2 diagrama. Augalų palankumas bioįvairovei

⁹⁹ Carus, M. *The European Hemp Industry: Cultivation, processing and applications for fibres, shivs and seeds*. School of Engineering University of Minho. Portugal: 2013.

¹⁰⁰ Wiener, J.; Kovačič, V.; Dejlova, P. *Differences between Flax and Hemp*. Technical University of Liberec. AUTEX Research Journal 3 (2): 2003. 58-63.

¹⁰¹ Piotrowski, St.; Carus, M. *Ecological benefits of hemp and flax cultivation and products*. Nova institute: 2011.

¹⁰² *Why Industrial Hemp?* [interaktyvus]. Vote Hemp, Inc., 2014 [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 10 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.votehemp.com/PDF/Why_Industrial_Hemp.pdf>.

Per pastaruosius ketverius metus Nyderlandai kanapių plotus padidino 18 % (iki 1,3 tūkst. ha), Austrija 20 % (iki 0,6 tūkst. ha), Lenkija 3 kartus iki 0,3 tūkst. ha, tačiau Vokietijoje nuo 2011 metų kanapės nebeauginamos, nes, sustiprėjus konkurencijai dėl žemių, siekiant jas panaudoti labiau remiamų bioenergijos ir biokuro gamybai naudojamų kultūrų plotams, pagrindinis perdirbėjas perkėlė gamybą į Prancūziją. Europos pramoninių kanapių asociacijos (angl. *European Industrial Hemp Association* - EIHA) tyrime¹⁰³ teigiama, kad “pagal turimus perdirbimo pajėgumus pasėlių plotai galėtų būti didinami bent iki 20 tūkst. ha be papildomų investicijų”. Tai reiškia, kad didėjanti paklausa nesunkiai būtų patenkinta ir yra potencialas pluoštinių kanapių pasėlių plotams didinti.¹⁰⁴

Leibniz'o žemės ūkio inžinerijos institutas (angl. *Leibniz Institute for Agricultural Engineering*) išsamiai ištyrė visus pluoštinių kanapių perdirbimo etapus. Sukūrus naują kanapių perdirbimo liniją, ji buvo įdiegta ir išbandyta, ir jau 3 metus naudojama pramoniniu mastu. Tyrimai parodė, kad optimaliam linijos paleidimui reikia 4-6 t/ha stiebų. Taip stiebui į pluoštą perdirbami ekonomiškai.^{105,106}

15 % kanapių pluošto Europoje perdirbama į biokompozitus¹⁰⁷. Natūralūs pluoštai gali būti perdirbami į biokompozitus įvairiais būdais. Nors gerai išplėtotas yra tik formavimas suspaudžiant/presuojant, naudojamos ir įvairios kitokios technologijos gaminti plataus spektro aukštos kokybės produktus. Biokompozitai naudojami aukštos kokybės produktams gaminti, pavyzdžiui, baldų, jachtų ir taip pat automobilių pramonės vidaus detalėms gaminti. Automobilių vidaus detalėms gaminti panaudojama 96 % biokompozitų. Biokompozitai yra lengvi (mažo tankio), avarijų metu turi tinkamas savybes (be aštrių briaunų, amortizuotantys), yra ekologiški ir aukštos kokybės detalių gamyboje nėra per brangūs. Nuo 2005 metų automobilių detalių gamyboje labiausiai padidėjo kenafas (iš Azijos) ir kanapių pluošto (užauginto Europoje), kuris sudarė 5 proc. visų detalių gamyboje panaudotų natūralių medžiagų panaudojimas. Pagrindinė šių gaminių gamintoja yra Vokietija. 2012 metais buvo sunaudota apie 4,0 tūkst. tonų kanapių pluošto arba apie 7,5 tūkst. tonų biokompozitų (natūralaus pluošto kiekis svyruoja tarp 30 ir 70 %). Daugelio, net brangesnių automobilių

¹⁰³ Carus, M. *The European Hemp Industry: Cultivation, processing and applications for fibres, shivs and seeds*. School of Engineering University of Minho. Portugal: 2013.

¹⁰⁴ *What is Industrial Hemp?* [interaktyvus]. *Hempethics*. [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 9 d.]. Prieiga per internetą: <<http://hempethics.weebly.com/what-is-industrial-hemp.html>>.

¹⁰⁵ *Alberta Hemp Cost of Production and Market Assessment*. Final Report. Serecon Management Consulting Inc, Edmonton, Alberta: 2012.

¹⁰⁶ *Hemp Flax nature wins!* [interaktyvus]. *Hemp Flax* [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://hempflax.com/files/pdf/hempflax_presentation.pdf>.

¹⁰⁷ Biokompozitai, tai vienalytė medžiaga, sudaryta iš dviejų ar daugiau visiškai skirtingų natūralios kilmės organinių medžiagų, kurios yra stipresnės, kai yra sujungtos kartu, nei kai yra atskirai.

dalių gamyboje naudojami natūralūs pluoštai. Biokompozitų panaudojimas automobilių vidaus dalims gaminti yra auganti rinka. Detalės naudojamos durų panelėms/įdėklams, bagažinės vidaus dalims, atsarginio rato užvalkalams ir kt.^{108,109,110}

Suskaičiuota, kad vidutiniškai vienoje lengvame automobilyje Europoje yra apie 1,9 kg natūralaus ir medienos pluošto. Daugiausiai jie naudojami vidutinės ar aukštos klasės automobilių gamyboje. Krovininiams automobiliams natūralių pluoštų sunaudojama dar daugiau – iki 20 kg. Tačiau teigiama, kad natūralūs pluoštai gali būti naudojami didesniais kiekiais, dabar natūralių ir medienos pluoštų per metus sunaudojant apie 30 tūkst. tonų, prognozuojama, kad panaudojimo potencialas yra didžiulis ir galėtų siekti 5 kartus didesnius kiekius, t. y. apie 150 tūkst. tonų. Numatomas natūralių pluoštų panaudojimo didėjimas automobilių pramonėje.¹¹¹ Europos automobilių pramonėje jų panaudojimo apimtys prognozuojama 2020 metais galėtų išaugti iki 5 kartų.

Natūralių pluoštų panaudojimas pramonėje turėtų didėti, nes specializuotos tekstilės ir bioplastiko rinkos plečiasi.¹¹² Natūralių pluoštų naudojimas didės ne tik automobilių, bet ir kitose pramonės šakose.¹¹³

Kanapių pluoštas konkuruoja su kitais natūraliais pluoštais, tokiais kaip linai, džutas, kenafas ir sizalis, ir užima apie 10-20 % natūralių pluoštų rinkos. Tikėtina, kad didėjant gamybai ši rinka ir kanapių pluošto dalis rinkoje gali didėti.

Pluoštinių kanapių auginimas ir perdirbimas yra pelningi, tačiau gauti visas potencialias pajamas būtina išplėtoti stiebų perdirbimą į pluoštą, o didesnei pridėtinei vertei gauti reikėtų sukurti ir perdirbimą iki galutinių produktų. Stiebų perdirbimo į pluoštą gamykla, o taip pat, išnaudotos pluoštinių kanapių panaudojimo galimybės galutinių produktų gamyboje, sukurtų papildomas darbo vietas šalyje. Efektyviai veikiantys perdirbimo gamyklai pluoštinių kanapių stiebams perdirbti į pluoštą minimaliai reikėtų 4200 tonų kanapių stiebų per metus.

¹⁰⁸ Wood-Plastic Composites (WPC) and Natural Fibre Composites (NFC): European and Global Markets. WPC/NFC Market Study. Nova-Institute for Ecology and Innovation: 2014.

¹⁰⁹ Carus, M. *The European Hemp Industry: Cultivation, processing and applications for fibres, shivs and seeds*. School of Engineering University of Minho. Portugal: 2013.

¹¹⁰ Ronde, S. 2013. *Industrial Hemp in the Netherlands: The effect of changes in policies and subsidy structures* [interaktyvus]. Universiteits Bibliotheek Gent [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 1 d.]. Prieiga per internetą: <http://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/002/063/727/RUG01-002063727_2013_0001_AC.pdf>.

¹¹¹ Weightman, R.; Kindred, D. *Review and analysis of breeding and regulation of hemp and flax varieties available for growing in the UK*. Final report for The Department for Environment Food and Rural affairs. ADAS UK Ltd: The Department for Environment Food and Rural affairs: 2005.

¹¹² Alberta Hemp Cost of Production and Market Assessment. Final Report. Serecon Management Consulting Inc, Edmonton, Alberta: 2012.

¹¹³ Wood-Plastic Composites (WPC) and Natural Fibre Composites (NFC): European and Global Markets. WPC/NFC Market Study. Nova-Institute for Ecology and Innovation: 2014.

Vienos gamyklos gamybai užtikrinti vidutiniškai reikėtų 700 ha pasėlių, skaičiuojant, kad derlingumas yra 6 t/ha.

Kanapių auginimas ir perdirbimas labai aktualus siekiant didinti atsinaujinančių išteklių panaudojimą šiluminei energijai gaminti Lietuvoje, nes turi geras kaitrines savybes ir gali būti pritaikytas biokurą gaminti. Taip pat, vis labiau atsižvelgiant į ekologiškumą, darnumą ir didėjančią gamybą Lietuvoje, matomos galimybės panaudoti kanapes kilimų, baldų, statybos ir kitų produktų gamyboje. Mažesnis potencialas yra pluoštinės kanapes panaudoti tekstilės pramonėje audiniams gaminti.

Lietuvoje per 2011-2014 metus pluoštinių kanapių plotai sparčiai padidėjo. Nors iki jų įteisinimo, auginami kiekiai buvo nedideli, plotai kasmet didėjo, o teisiškai nebelikus jokių kliūčių jas auginti, 2014 metais deklaruoti 3,8 karto didesni plotai nei 2013-aisiais. 2011 metais pluoštinių kanapių buvo auginama 54 ha, o 2014 metais deklaruota 1063 ha pluoštinių kanapių, iš kurių 755 ha auginami sėklai, 308 ha pluoštui.¹¹⁴

Siekiant perspektyvaus kanapių subsektoriaus vystymosi reikėtų plėtoti pluoštinių kanapių auginimo ir perdirbimo kooperaciją, kad netektų kanapių stiebus smulkinti ir užarti. Perdirbant ne tik sėklą, bet ir stiebus būtų sukuriama didesnė pridėtinė vertė, orientuojantis į galutinių produktų gamybą būtų galima sukurti papildomas darbo vietas, taip prisidedant prie nedarbo lygio mažinimo. Iniciatyvos suburti visus norinčiuosius auginti kanapes, kad būtų galima koordinuotai ir lengviau parduoti užaugintą produkciją imasi Lietuvos rinkoje veikianti BKAPA – Baltijos pluoštinių kultūrų augintojų ir perdirbėjų asociacija¹¹⁵.

¹¹⁴ Lukošiuūtė, I. *Pluoštinių kanapių auginimo ekonominių galimybių analizė*. Žemės ūkio, maisto ūkio, kaimo raidos eksperimentinės (socialinės) plėtros 2014 m. PROGRAMA. Lietuvos agrarinės ekonomikos institutas Produktų rinkotyros skyrius. Vilnius: 2014.

¹¹⁵ Pagrindiniai pluoštinių kanapių auginimą, priežiūrą reglamentuojantys Lietuvos teisės aktai yra:

– Lietuvos Respublikos Pluoštinių kanapių įstatymas. 2013 m. gegužės 23 d. Nr. XII-336.

– Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministro 2013 m. gruodžio 19 d. įsakymas Nr. 3D-867 „Dėl Pluoštinių kanapių auginimo priežiūros ir tiekimo rinkai kontrolės tvarkos aprašo patvirtinimo“;

– Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministro 2013 m. gruodžio 30 d. įsakymas Nr. 3D-914 „Dėl Tetrahydrokanabinolio kiekio nustatymo, tiriant pluoštinių kanapių mėginius, metodikos patvirtinimo“.

Konstruktinių medžiagų iš pluoštinių augalų biomasės gamybos galimybių tyrimai



Inga Valentinienė. Konstrukcinių medžiagų iš LDK pluošto prototipai, 2011-2015

Šiame skyriuje aprašomi meno projekto rengimo metu vykdyti eksperimentiniai bandymai bei atliktų analizių rezultatai. Visi tyrimai vyko tik projekto tikslo įgyvendinimo ribose ir labai kryptingai – nuo žaliavos išbandymų iki konstrukcinės medžiagos suformavimo. Projekto tikslas – sukurti ekologišką konstrukcinę medžiagą iš vietinių augalinių žaliavų ir įrodyti, jog galima ją pritaikyti baldų ar kitų ekoobjektų kūrimui. Išsiaiškinus, jog tam tinkamiausias yra linų, dilgėlių ir kanapių pluoštas, pradėtas šio pluošto tyrimas, (1) ieškant atsakymų kokie plaušų ypatumai ar vykstantys procesai lemia medžiagos ekologiškumą. Atsakant į šiuos klausimus nereikėjo iš naujo tirti plaušų, kad nustatyti jų chemines, fizines ar mechanines savybes, nes net ir mūsų šalies mokslininkai yra atlikę ne vieną išsamų tyrimą ir vis dar gilina žinias eksperimentuodami. Ir tam, kad sužinoti kokias operacijas konstrukcinės medžiagos gamybos proceso metu reikia atlikti pluošto suaktyvinimui, išanalizuota mokslinė literatūra, kurioje aprašoma pluoštų tyrimų metodika ir rezultatai. Teko ir laboratorijoje nuosekliai praktikuotis tam, kad suprasti plaušuose vykstančius, tik per mikroskopą įžiūrimus, procesus, nuo kurių priklauso tolimesni didieji pramoniniai bandymai.

Išanalizavus natūralias plaušų savybes, ieškota (2) taikomų technologijų plaušų apdorojimui, paruošiant juos konstrukcinių medžiagų gamybai. Išsiaiškinus, jog Lietuvoje ekologiškos konstrukcinės medžiagos iš augalinių plaušų negaminamos, tokios patirties ieškota užsienio šalyse. Visos šiam meno projektui panaudotos žinios įgautos pasaulinio lygio įmonėse, kurių patirtis verčia pasitikėti ieškant atsakymų technologijose.

Projekto metu, taikant LST EN standartus, buvo tiriamos Belgijoje gaminamos linų smulkinių plokštės cheminės, fizinės ir mechaninės savybės (3) analogo analizės atlikimo tikslais (dilgėlių ar kanapių analogų gauta nebuvo).

Ištyrus gaminamas konstrukcines medžiagas iš augalų smulkinių ypatumus bei išanalizavus jų gamybos technologiją, atlikti eksperimentai (4) paruošiant žaliavą bei (5) gaminant konstrukcinių medžiagų prototipus. Pirmi bandymai atlikti laboratorijose. Įsitikinus, jog hipotezė dėl pluoštinių augalų tinkamumo ekomedžiagoms gaminti pasitvirtino, atlikti ir (6) pramoniniai bandymai Lietuvos įmonėse. Išbandyta ne tik plokščių lakštų pramoninė gamyba, bet ir (7) pluoštų biomasės tūrinio formavimo galimybės – formuojant medžiagos giluminių raštų paviršių ir ją lenkiant ar presuojant, pritaikius (8) skirtingas technologijas ir įrangą.

Dėl visų šio meno projekto rengimo laiką lydėtos svajonės – atrasti būdus formuoti biomasę taip, kad galima būtų pagaminti kuo įvairesnius dizainerio suprojektuotus tūrinius objektus, išanalizuotos (9) Ukrainos mokslo akademijoje tiriamos galimybės gaminti

bioplastiką iš augalų sėklų aliejaus. Pluošto, kaip armuojančios medžiagos ir bioplastiko kompozitas – netolima ateitis, tačiau kol kas, dėl finansavimo priežasčių, užstrigusi laboratorijose.

Rengiant šį meno projektą susidurta su karčia realybe Europos pramonėje. Rodos parengta tiek gamtos apsaugos projektų, „Žaliųjų“ manifestų, surinkta statistinių faktų apie artėjimą prie ekologinės katastrofos, tačiau radikalių teigiamų pokyčių nėra. Dėl šios priežasties, (10) galimų sprendimų ieškota tolimoje Pietų Afrikos Respublikoje – šalyje, kuri sukūrusi aukšto lygio pramonę, niekuomet nebuvo nutolusi nuo gamtosauginių problemų. Savo patirtimi bei kritišku požiūriu į šias problemas pasidalino Stellenbosch universiteto profesoriai Mark Swilling M. ir E. Swilling, įkūrėjai, parašę 448 puslapių knygą *Just Transitions*, už kurią gavo visuotinį pripažinimą ir apdovanojimą. Joje, kaip patys autoriai įvardina, kalbama apie „tvarumo tyrinėjimus ir atradimus šiame nesąžiningame pasaulyje“, griežtai pasisakoma prieš naujai suformuotą visuotinę aplinkosaugos politiką, kuri neatitinka globalizacijos problemų progresinio masto ir neigiamų pokyčių greičio. Autoriai turi daugybę idėjų kaip sukurti ekosistemas, nenuostolingai išnaudojant dirvožemį, vandenį, saulės energiją ir kitus gamtinius išteklius. Šiais klausimais jie ne tik rengia spaudos konferencijas, kreipdamiesi į mokslininkus ir visuomenę, kalbas parlamente kreipdamiesi į vyriausybę, bet ir gyvu pavyzdžiu visam pasauliui demonstruoja savo pačių sukurtą „tvariąją“ bendruomenę iš absoliučiai ekologiškos gyvenvietės pavadinimu *Lynendoch Ecovillage*.

Dar viena priežastis, paskatinusi aplankyti šią šalį – ekologinių dizaino idėjų pasaulinis įvertinimas, kai Keiptaunas buvo pripažintas 2014 metų pasaulio dizaino sostine.

Projekto rengimo metu sukurtą medžiagą iš linų, dilgėlių ir kanapių biomasės, galima naudoti kaip pakaitalą medienos smulkinių medžiagoms. Atliekant bandymus galima nustatyti fizinius ir mechaninius parametrus, palyginti su medienos gaminių charakteristikomis, tačiau meno projekto tikslai neapima technologinių uždavinių kiekinės analizės. Tokie tyrimai ir analizės duomenys sudomintų ne vieną, tačiau tai jau sekantis bandymų etapas, kai pramoniniu būdu būtų pagaminta ne viena partija sukurtos konstrukcinės medžiagos bei ne vienas dizaino ekoobjekto prototipas. Tokiems bandymams Lietuvoje yra visos sąlygos, tačiau reikia ir didelių investicijų. Todėl galima būtų rekomenduoti juos atlikti ne mokslo projekto pagrindu, bet ES struktūrinių fondų projektų vykdymo keliu.

2.1. Pluošto savybių, įtakančių konstrukcinės medžiagos formos išlaikymą, tyrimas

Tyrimas Nr. 1

Tyrimo tikslas

Išanalizuoti linų, dilgėlių ir kanapių pluoštų ir konstrukcinių medžiagų iš augalinių pluoštų relaksacines savybes, lemiančias gaminio atsparumą išoriniams veiksniams bei gebėjimą išlaikyti suformuotą būseną.

Tyrimo reikšmingumas

Nuo relaksacinių pluošto savybių priklauso galimybė formuoti ne tik plokštuminius medžiagos lakštus, bet ir lenktas formas, išlaikant suformuotą jos būseną. Tai atspindi mechaniniai parametrai, kai medžiagą veikia jėgos bei deformacijos.

Dažniausiai pluoštinių medžiagų deformacijas sukeliantys poveikiai atsiranda jas tempiant ir lenkiant. Nuo reakcijos į šiuos mechaninius poveikius pobūdžio medžiagos gali būti vadinamos tampriomis – tai būdinga kietiems kūnams, kai deformacija iškart išnyksta, arba plastiškomis – panašu į klampiųjų skysčių takumą, kai sandaros dalelės slenka viena kitos atžvilgiu tiek laiko, kiek laiko veikia jėga bei susidaro liekamosios deformacijos.

Gaminiuose iš konstrukcinių polimerų (pluoštų) dažnai dera nebūdingos mažamolekuliams kūnams savybės – didelis mechaninis stipris ir didelės grįžtamosios deformacijos. Grįžtamoji deformacija, tai polimerų relaksacijos savybė, nuo kurios ir priklauso gaminio gebėjimas išlaikyti suformuotą pavidalą (visad tiesią arba lenktą formą). Šių parametrų vertės priklauso ne tik nuo makromolekulių sandaros ir polimero struktūros, jo fazinės būsenos, bet ir nuo gaminio eksploataavimo sąlygų. Tad ištirti konkretaus polimero mechanines savybes būtina norint nustatyti ir jo naudojimo sritį.

Tyrimo metodai

Polimerų (pluoštų) cheminės, fizinės, mechaninės savybės, jų charakteristikos veikiant išorinėms jėgoms, jų elgesys įvairiose terpėse ar kitokie tyrimai yra daug kartų atlikti mokslininkų, tokių kaip E. Mažonienė, J. Bendoraitienė, A. Vitkauskas, V. Milašius, R. Čiukas ir kt. Rengiant šį meno projektą nuspręsta atlikti išsamią tyrimų, kuriuose apibrėžiamos pluoštų relaksacinės savybės, analizę. Natūralūs augaliniai pluoštai dažniausiai

tiriami tekstilės laboratorijose, todėl ir šiam projektui atsakymų ieškota KTU Dizaino ir technologijų fakulteto Tekstilės technologijų katedros laboratorijoje¹¹⁶.

Vadovaujant profesoriui dr. R. Milašiui buvo suteikta galimybė ne tik susipažinti su tyrimų metodika, bet ir atlikti, vertingų šiam meno projekto rengimui, tyrimų analizę.

2.1.1. Cheminė pluoštų sandara

Pagrindinis cheminis junginys, sudarantis augalinius pluoštus – celiuliozė, priklausanti gamtinių polimerų grupei – polisacharidams. Šio gamtinio polimero iki šiol laboratorijoje nėra pavykę susintetinti. Celiuliozės cheminė formulė: $[-C_6H_7O_2(OH)_3-]_n$.

Plaušelių ryšulėliai, atšakomis susijungę su gretimais ryšulėliais, stiebelyje sudaro ištisą pluošto tinklą – techninį pluoštą. Jis išskiriamas iš stiebelių per pirminį apdorojimą. Daugiau kaip 85% linų, dilgėlių ar kanapių techninio pluošto masės sudaro celiuliozė. Pavyzdžiui, linų pluošto celiuliozės vidutinis polimerizacijos laipsnis gana aukštas – apie 30 000.

Visus pluoštus sudaro tam tikro tvarkingumo (kristališkumo) laipsnio iš dalies orientuotų linijinių makromolekulių agregatai. Pluošto stiprumą ir standumą pirmiausia lemia kovalentiniai ryšiai pačioje makromolekulės grandyje ir tarp grandžių. Šakotos ar tinklinės makromolekulės pluoštuose sudaro nedidelę dalį, o didžiausią reikšmę jų savybėms turi stipriai pasireiškianti tarpmolekulinė sąveika, nors ji ir yra daug silpnesnė už kovalentinius ryšius grandinėje. Ji lemia kristališkų sričių atsiradimą ir apskritai struktūros stabilumą.

Visiems pluoštams bendra savybė – plaušelių, plaukelių bei gijų ilgio ir skersmens santykis didesnis negu šimtas. Didžiosios daugumos pluoštų struktūrai būdingas periodiškumas, pasireiškiantis dėsningu grandžių išsidėstymu grandinėse ir tvarkingu pastarųjų išsidėstymu į supermolekulinius darinius – fibriles, kuriose trimatės orientuotos polimero sritys – kristalitai – kaitaliojasi su amorfiniais tarpfluoksniais.

Kristališkos sritys formuojasi tarpmolekulinėje sąveikoje, kurios stiprumas labai skiriasi. Bene stipriausi vandeniliniai ryšiai yra celiuliozėje.

Celiuliozės molekulės yra linijinės struktūros ir didelės molekulinės masės, nuo kurios pirmiausia priklauso negrįžtamoji pluoštų deformacija (plastiškumas) ir stiprumas. Šiuose polimeruose tempimo jėgos veikia maždaug vienodai visas mikrofibriles, sudarančias makromolekules, todėl tokių pluoštinių medžiagų stipris tempiant yra labai didelis.

¹¹⁶ 2014 m., įvykdamas KTU persitvarkymo programą, fakultetas pervadintas Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetu, o Tekstilės technologijų katedra, po sujungimo su kitomis katedromis – Medžiagų inžinerijos katedra.

Kristalitai dvifazės būsenos pluoštuose nulemia supermolekulinio lygio struktūros susidarymą ir atsparumą šiluminiam bei mechaniniam poveikiui. Tuo tarpu nuo amorfinių sričių sandaros priklauso visos pagrindinės pluoštų, kaip gaminių, savybės – deformacija, atsparumas, ilgaamžiškumas, irimo procesų eiga bei sparta ir t.t.

Dauguma augalinių pluoštų sudaryti iš homopolimerų, kuriuose kristalito gardelės kertes užima ne makromolekulės, bet reguliariai pasikartojančios monomero grandys. Šios kristalinės sritys paprastai būna defektuotos, mažo tūrio, ir dėl to paviršiaus energija bei netvarkingumas dažniausiai labai pažemina kristalitų lydymosi temperatūrą.

Pluoštų tarpkristalinėse amorfinėse srityse gerokai mažesnė makromolekulių orientacija ir tarpmolekulinė sąveika, yra mažiau makromolekulių grandinių – struktūra tarsi „retesnė“ nei kristalinių sričių, nes kristalituose paprastai susidaro grandinių „klostės“, o tai turi lemiamą reikšmę daugeliui pluoštų savybių, ypač mechaninėms. Makromolekulės amorfinėse srityse būna skirtingo ilgio. Tai aptinkama stebint struktūros pokyčius, atsirandančius dėl mechaninių apkrovų, kai laipsniškai į pasipriešinimą apkrovai įtraukiamos vis kitos grandinės ir keičiasi jų konformacija bei segmentinis judris (tai nustatoma IR spektroskopijos ir BMR metodais arba analizuojant mechaninio stiklėjimo reiškinį, stebimą tempiant polimerą). Grandinės amorfinėse srityse būna labai įvairios konformacijos: ištemptos arba spiralinės. Makromolekulių sandaros defektai, sukeliantys konfigūracijos netolygumą, dažniausiai „išstumiami“ iš kristalinės zonos į amorfinę.

Tarpfibrilinių amorfinių sluoksnių savybės paprastai nustatomos netiesioginiais metodais: stebimas anizotropiškai deformuojamų orientuoto pluošto pavyzdžių savybių skirtumas.

2.1.2. Fizinės pluoštų savybės

Augalinių pluoštų fizinės savybės priklauso nuo žaliavos ir augalo augimo sąlygų, pluošto gamybos būdo bei celiuliozės kiekio jame, todėl įvairiems pluoštams rodikliai gali labai skirtis. Labai didelę įtaką pluošto stiprumui turi mikrofibrilių orientacijos kampas. Kuo jis didesnis, tuo pluoštas silpnesnis. O pagrindinis pluoštą apibūdinantis parametras yra jo ilginis tankis, kurio vertė apskaičiuojama padalijus pluošto masę iš ilgio. Pastarasis svarbus vertinant pluošto kokybę.

Žinant pagrindinių struktūros rodiklių (kristalinių ir amorfinių sričių kiekio, tarpatominės ir tarpmolekulinės sąveikos energijos ir kt.) parametrus, galima įvertinti

makromolekulių judrumą bei lankstumą ir jų įtaką supermolekulinės sandaros susidarymui. Tuo tarpu eksploatacinėms pluoštų savybėms, kurios turi tiesioginę įtaką pluoštinių medžiagų relaksacijai, įvertinti svarbiausia ištirti vandens poveikį (higroskopiškumą) ir šilumos poveikį (terminį atsparumą).

Pluoštai visada būna sugėrę tam tikrą kiekį drėgmės, o padidėjus aplinkos santykinei drėgmei ar temperatūrai, sugertis dar keičiasi. Pavyzdžiui, pusiausvyroji lino pluošto drėgmės sugertis, esant santykinei oro drėgmei 65 % yra 12-14 % (tai daug).

Polimero sąveika su vandeniu kaip polišku junginiu lemia makromolekulės funkcinės grupės, galinčios hidratuotis. Todėl pluoštai, turintys poliškų grupių, pasižymi didesniu hidrofiliškumu, taigi ir higroskopiškumu. Celiulioziniai pluoštai yra vieni iš pačių higroskopiškiausių. Tai gali būti kaip privalumas tekstilės gaminiams, tačiau kaip trūkumas konstrukcinėms pluoštinėms medžiagoms – didėjant drėgmei, medžiagos elastingumas didėja, t. y. pradinių formų išlaikymas prastėja.

Kita, viena iš svarbiausių fizinių pluošto savybių, įtakančių pluoštinių medžiagų relaksaciją yra terminės pluošto savybės. Jos įvertinamos visų pirma fazinių ir kinetinių (relaksacinių) virsmų temperatūra. Virsmas stebimas tolygiai keliant temperatūrą: jai pasiekus atitinkamą vertę, įveikiamas potencinis barjeras ir išauga grandžių, makromolekulių segmentų, o galiausiai ir pačių makromolekulių judris. Sąlygine virsmo temperatūra paprastai laikomas to intervalo vidurio taškas arba kreivės „temperatūra – savybė“ perlinkio taškas.

Amorfinės būsenos pluoštai būna dviejų fizinių būsenų: stikliškosios (esant žemesnei negu stiklėjimo temperatūra) ir elastiškosios (esant temperatūrai tarp stiklėjimo ir tankumo). Aukštesnėje temperatūroje nei takumo temperatūra pluoštai tampa skysčiu. Šiuose būsenose medžiagos savybės savitai priklauso nuo sugertos šiluminės energijos, todėl svarbiausiais virsmais ir laikomos stiklėjimo bei takumo temperatūros. Pluoštams būdingos dar dvi temperatūrinės charakteristikos: kristalizacijos greičio maksimumo ir skilimo.

Kadangi polimerai dažnai turi ir kristalinių sričių, aukščiausios pluoštų naudojimo temperatūros neturėtų viršyti polimero lydymosi arba skilimo temperatūros. Terminis skilimas (taip pat ir oksidacija, fotodestrukcija) mažina pluoštų stiprumą. Pavyzdžiui, augalinių pluoštų celiuliozės stiklėjimas (sausoje aplinkoje) – prie 220-260° C.

Šios terminės pluoštų savybės labai svarbios formuojant medžiagas karštais presais – yra žinoma, jog išgauti ir užfiksuoti norimas formas veikiant plaušą aukštoje temperatūroje yra žymiai lengviau. Terminis kūnų atsparumas svarbus ir eksploatuojant gaminius.

Iš kitų svarbių fizinių savybių paminėtina dar spalva, elektros ir šilumos laidumas, bet šios savybės neturi tiesioginės įtakos pluoštinių medžiagų relaksacijos savybėms.

2.1.3. Mechaninės pluoštų savybės

Svarbiausios mechaninės pluoštų savybės – stiprumas, tįsumas ir tamprumas, atsparumas trinčiams, pasipriešinimas lenkimui, suspaudimui ir sukimui.

Mechaniniams veiksniams labai svarbus yra pluošto stipris, kuriam didelę reikšmę turi pluošto ilginis tankis, ir taip pat atsparumas trinčiams. Tačiau aprašomai pluoštų relaksacijai svarbesnė pluoštų savybė yra jų ištįsa ir tamprumas. Pluoštą tempiant jis pailgėja – deformuojasi. Išorinių jėgų veikiamuose kūnuose galimos tampriosios (grįžtamosios) ir plastinės (liekamosios) bei polimerams būdingos deformacijos: elastinė ir klampiai tampri. Deformacijų dydis priklauso nuo pluošto struktūros, temperatūros, jėgų dydžio ir poveikio trukmės.

Puoštų pailgėjimas, ypač grįžtamasis, dažnai labai vertinamas. Kuo daugiau gali pailgėti pluoštas esant atitinkamai apkrovai, tuo geriau jis gali atlaikyti smūgį, taip pat ir daugkartines apkrovas, todėl gaminiai, pasižymintys didesne grįžtąja deformacija, geriau ir ilgiau išlaikys savo pradinę formą.

Pluoštų mechaninių savybių rodikliai pagal bandymo ciklo dalių seką skirstomi į tris klases: 1) puscikliai (parametrai nustatomi tik deformuojant bandinį); 2) vienacikliai (bandymo ciklą sudaro apkrovimas, apkrovos nuėmimas ir poilsis ir 3) daugiacykliai (ciklas kartojamas daug kartų). Puscikliai ir daugiacykliai bandymai gali būti atliekami, kol bandinys suirs arba pasieks irimo deformaciją. Įvairios charakteristikos įvairiai apibūdina tiriamų medžiagų savybes. Pusciklės charakteristikos rodo, kaip medžiagą veikia vienkartinės apkrovos. Jeigu bandinys apkraunamas, kol suirs, išryškinamos medžiagos maksimalios mechaninės galimybės. Pagal pusciklės charakteristikas, bandant iki suirimo, dažnai nustatoma tam tikrų cheminių arba fizinių veiksnių įtaka medžiagai.

Tyrimais nustatyta, jog mechaninės linų, dilgėlių ir kanapių pluoštų savybės yra panašios:

savitasis trūkimo stipris – nuo 40 iki 55 cN/tex;

santykinis trūkstamasis pailgėjimas – 2-3 %;

savitasis tampros modulis –19 - 20 N/tex.

Mokslinius technologinius tyrimus atliekant kitais nei šio meno projekto tikslais, nustatinėjamos papildomos deformacijos dedamosios (tamprioji, elastingoji, plastiškoji deformacija), drėgmės ir temperatūros įtaka stiprumui ir deformacijai, mazgo bei kilpos stiprumas (tekstilei), šlyties modulis, atsparumas daugkartiniams lankstymams.

2.1.4. Pluoštų relaksacijos reiškiniai

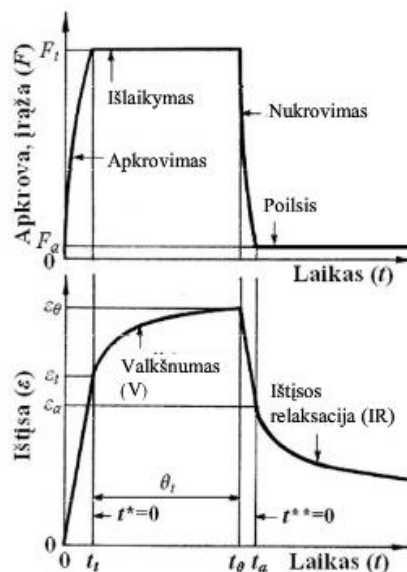
Paveikus kūną išorinėmis jėgomis, jis deformuojasi, dėl to jo sandaros elementų sąveika sutrinka, atsiranda papildomos vidinės jėgos, besipriešinančios deformacijai. Pluoštai, kaip ir bet kurie polimerai, savo savybėmis užima tarytum tarpinę padėtį tarp kietųjų kūnų ir klampiųjų skysčių. Deformuojant pluoštą dalis sunaudotos energijos sukaupiama tamprumu, o dalis išsisklaido panašiai kaip klampiuosiuose skysčiuose.

Išorinio poveikio sutrikdyti klampiu tamprumu pasižymintys pluoštai relaksuoja: pradžioje į sutrikdymą reaguoja greitai, vėliau reakcijos greitis vis mažėja, kol nusistovi tam tikra „pusiausvyra“. Išorinėms jėgoms nustojus veikti, tokios relaksuojančios sistemos palaipsniui mažėjančiu greičiu grįžta į pradinę pusiausvyrą. Tokie statistinės pusiausvyros nusistovėjimo procesai kūnų sandaros dalelių sistemoje vadinami *relaksacijos reiškiniais*.

Tiriant relaksacijos reiškinius atliekami bandymai, kai bandiniai ištempiami arba išlaikomi apkrauti pastovaus didumo jėga.

Atliekant bandymą, kuriame palaikoma pastovi bandinio apkrova, pasireiškia bandinio *valkšnumas* (2.1.4.1 pav.), t.y. klampiatampris ir plastinis bandinio tįsimas (ilgėjimas). Pažymėtina, kad bandinio įtempis atliekant valkšnumo bandymą nėra pastovus, nes bandiniui tįstant jo skerspjūvio plotas mažėja. Po tam tikro laiko panaikinus apkrovą, pasireiškia *ištįsos relaksacija* (IR), dar vadinama atvirkštiniu valkšnumu, t.y. grįžtamasis klampiatampris bandinio ištįsos mažėjimas.

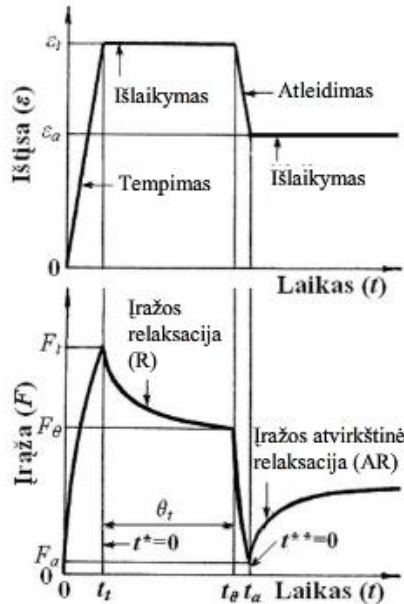
Bandymuose, kurių metu bandinys išlaikomas įtemptas esant pastoviai ištįsai, pasireiškia *įrąžos relaksacija* (R), t.y. klampiatampris įrąžos mažėjimas.



2.1.4.1 pav. Valkšnumas ir ištįsos relaksacija pastovios apkrovos cikle

Kadangi bandinio ištįsa palaikoma pastovi, įrašos relaksacijos metu bandinio matmenys, taigi ir skerspjūvio plotas nekinta, įrašos relaksacija kartu yra ir *įtempio relaksacija*.

Bandinį po tam tikro laiko iš dalies atleidus ir vėl išlaikant ištįsą pastovią, pasireiškia *įrašos atvirkštinė relaksacija (AR)* (2.1.4.2 pav.) – klampiatampris įrašos didėjimas.¹¹⁷



2.1.4.2 pav. Įrašos relaksacija ir atvirkštinė relaksacija pastovios ištįsos cikle

Pluoštų tempimo charakteristikos gali būti nustatomos tempimo mašinomis (dinamometrais), relaksometrais, tolydinio tempimo prietaisais, vargintuvais (pulsatoriais), vibraciniais prietaisais. Iš tempimo diagramų galima nustatyti visą bandomosios medžiagos pusciklio tempimo rodiklių kompleksą. Atliekant tempimo bandymus, paprastai daroma keliasdešimt elementariųjų bandymų.

Braižoma kiekvieno bandinio tempimo diagrama, o ją išanalizavus, t. y. nustačius visus reikiamus elementariojo bandinio rodiklius, apskaičiuojami atitinkami vidiniai visos jungtinio bandinio rodikliai.

Sparti grįžtamoji ištįsa – ištįsa, išnykstanti tuoj pat (per kelias sekundes), kai nuimama apkrova. Didžiausią šios ištįsos dalį sudaro itin greitai išnykstanti elastingės ištįsos dalis. Ji susijusi su polimero molekulių išsitiesinimu, veikiant tempimo jėgai, ir susirangymu, jėgai nustojus veikti. Tokie makromolekulių formos pokyčiai yra relaksacinio pobūdžio: pradžioje jie esti greiti, toliau vis lėtėja, kol galiausiai nusistovi pusiausvyra. Be to, sparčiąją ištįsą

¹¹⁷ Vitkauskas, A., Milašius, V., Čiukas, R. *Tekstilės medžiagų mechanika*. KTU. – Kaunas: Vitae Litera, 2012.

sudaro ir *tamprioji ištįsa*, atsirandanti kintant vidutiniams atstumams tarp bet kokio kietojo kūno sandaros elementų kai išlieka visiškai nepakitusi elementų sąveika.

Vėluojančia grįžtamąja ištįsa laikoma ištįsa, išnykstanti vėliau – per nukrauto kūno poilsio laiką (paprastai per keliasdešimt minučių ar keletą valandų). Ją sudaro lėčiau išnykstanti elastinės ištįsos dalis.

Liekamąją ištįsq, neišnykstančią po bandymo, sudaro plastinė ištįsa, atsirandanti dėl to, kad veikiant tempimo jėgai negrįžtamai persislenka polimero makromolekulių segmentai ir net visos makromolekulės. Plastinė ištįsa didėja labai lėtai visą laiką, kol veikia tempimo jėga. Be to, liekamąją ištįsą sudaro ištįsa, atsirandanti dėl to, kad paveikus tempimo jėgai negrįžtamai persislenka silpai susiję stambūs siūlo sandaros elementai (atskiri pluoštų sluoksniai, verpalų plaukeliai ir kt.). ji atsiranda iškart, apkrovus kūną. Liekamąją ištįsą sudaro ir elastinės ištįsos dalis, kuriai išnykti neleidžia stipri polimero tarp molekulinė sąveika, ir ta elastinės ištįsos dalis, kuri per pasirinktą bandymo laiką nespėja išnykti.¹¹⁸

Bandymai, esant pastoviai apkrovai ar pastoviai ištįsai, išryškina medžiagų matmenų ir sandaros stabilumą arba jautrumą išoriniams mechaniniams trikdžiams, ypač siejant jį su ilgalaikiais medžiagų sandaros dalelių virsmis.

Klampiai tampriosios savybės yra vienos svarbiausių medžiagų savybių, turinčios didžiulę įtaką medžiagų gamybai bei perdirbimui, taip pat gaminių vartojimui pagal paskirtį. Šių savybių rodikliai gali būti labai informatyvūs, pavyzdžiui, nustatant konkrečias medžiagos vartojimo tam tikrai paskirčiai ribas, kelių medžiagų lyginamajam įvertinimui, tam tikro technologinio proceso kontrolei ir kt. Ypač pažymėtina tai, kad jėgų poveikiams kaitaliojantis su trumpesniais ar ilgesniais poilsio laikotarpiais, galutinė medžiagos reakcija į tam tikrą poveikį visada priklauso nuo patirtų ankstesnių poveikių, t.y. nuo medžiagos „mechaninės istorijos“. Didelis šių pluoštų tampros modulis ir maža trūkimo ištįsa yra vienos svarbiausių savybių. Dėl jų elastingumo plečiasi celiuliozinių pluoštų taikymo sritys. O tokiomis savybėmis pasižyminčios konstrukcinės medžiagos tinkamos baldų ar statybų pramonėje.

Tyrimais nustatyta, jog linų, dilgėlių ir kanapių pluoštų savybės, įtakojančios deformaciją yra panašios. Vidutiniai parametrai yra šie: pluošto tamprumo modulis – 26,5 MPa;

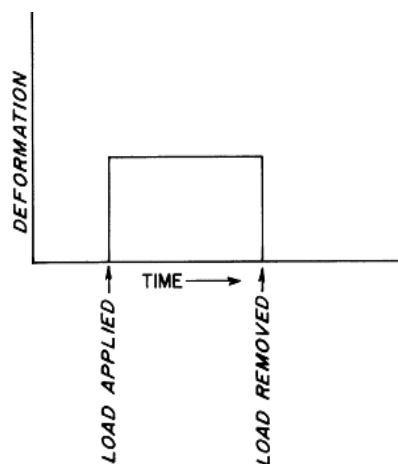
pluošto suirimo stipris – 0,8 MPa;

pluošto suirimo deformacija – 3 %.

¹¹⁸ Mažonienė, E., Bendoraitienė, J. *Pluoštai*. KTU. – Vilnius: Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla, 2008.

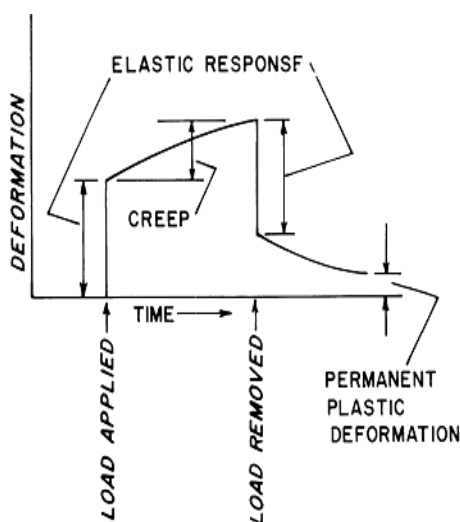
2.1.5. Plaušų relaksacinės savybės, įtakojančios plaušų plokščių charakteristikas

Konstrukcinių medžiagų, kurios laikomos elastingomis, deformacijos veikiant apkrovai yra tiesinės priklausomybės ir pilnai grįžtamos (atsistato pradinė forma (2.1.5.1 pav.)).



2.1.5.1 pav. Elastinga deformacija, veikiant nuolatinei apkrovai

Daugumoje praktinių atvejų esant santykinai mažoms apkrovoms ši prielaida pasitvirtina. Tačiau plaušų plokštės turi viskoelastinių savybių, kurios žymiai pakeičia medžiagos elgesį apkrovos metu (2.1.5.2 pav.). Todėl šios plokštės vadinamos viskoelastinėmis medžiagomis. Šios savybės nėra standartizuotos. Tačiau dėl tokių šių medžiagų savybių plokštės tinkamos panaudoti apkrautoms ir neapkrautoms konstrukcijoms.



2.1.5.2 pav. Valkšnumo pasireiškimas, veikiant nuolatinei apkrovai

Plaušų plokštės gamybos metu susiduriama su pluošto relaksacinėmis charakteristikomis tuomet, kai presavimo procesų metu vyksta eilė cheminių ir fizikinių reiškinių. Šlapiajame plokštės gamybos procese pagrindiniai fizikiniai veiksniai yra greitas likusio vandens pašalinimas spaudžiant prese ir veikiant aukštai temperatūrai (~ 250° C). Vanduo išspaudžiamas skysčio ir garo pavidalu per metalinius formavimo tinklus. Vandens pašalinimas vyksta netolygiai visos plokštės plote. Kraštai džiūsta greičiau ir traukiasi. Tuo pat metu, dėl šilumos mainų su aplinka, kraštuose paprastai būna žemesnė presavimo plokščių temperatūra.

Vyksta storio nuokrypiai, kurie dalinai susiję su pluošto relaksaciniais reiškiniais. Didelio tankio medienos plaušų plokštės dažnai naudojamos su aukštos kokybės apdaila, kuri pasiekama panaudojant tikslius ritininius dažymo įrenginius. Dėl specifinių šių apdailos įrenginių charakteristikų reikia atidžiai sekti apdailinamų plokščių storių nuokrypius. Storio variacijos presuotoje plokštėje negali būti didesnės nei 0,3 mm, kaip numatyta standartuose.

Storio pokyčiai taip pat gali susidaryti dėl nevienodo paskirstymo pateikiant medžiagą į „kilimą“ formavimo metu. Nevienodas „kilimo“ storis atsiranda dėl konstrukcijos (velenų) deformacijos formavimo mašinose ir drėgname (angl. *prepress*) prese. Tokie „kilimo“ nelygumai atkeliavę į presą gali išprovokuoti 1/16 dalimi storesnį sluoksnį viduryje už sluoksnį iš kraštų.

Galiausiai, storio variacijos plokštėje pasireiškia po presavimo, atsidarius presiui. Presuotos plokštės ne visada tiksliai išlaiko storį, kuris buvo nustatytas. Po presavimo jos spyruokliuoja ir vėl išsiplečia (angl. *springback*) kai slėgio jau nėra.

Didelė presavimo proceso temperatūra, sumažina storio atsistatymą (angl. *springback*), skatina pluošto plastifikaciją ir leidžia relaksuoti dėl suspaudimo atsiradusius vidinius įtempimus. Veikiant aukštai temperatūrai, išdžiūvusi plaušų masė sutankinama ir žymiai geriau išlaiko užfiksuotą erdvinę formą.

Temperatūros svyravimai preso plokštėse arba tarp jų gali įtakoti storio variacijas plaušų plokštės ploto viduje ir tarp atskirų presuojamų plokščių. Presuojamos plokštės centras paprastai būna plonesnis nei kraštai.

Daugiatarpio preso viršuje ir apačioje presuojamos plokštės dažnai plonesnės nei vidurinėje preso dalyje, nes šilumos nuostoliai preso viršaus ir apačios plokštėse yra mažesnis.

Paminėtos problemos, kylančios gamybos metu dabar sprendžiamos naujais kontrolės metodais, nes storio nuokrypių pašalinimas šlifavimo metu, reiškia papildomas medžiagų ir energijos sąnaudas. Nušlifavus tik 0,1 mm, kai gaminama 3,5 mm plokštė, netenkama 2,85 %

paruoštų plaušų. Dažniausiai tai būna viršutinis, papildomai persmulkintų plaušų sluoksnis, kurio tinkamam paruošimui sunaudojama daugiausiai energijos. Tad visos priemonės padedančios sumažinti presuojamos medžiagos storio nuokrypius turi didelę ekonominę naudą.

Augalinio pluošto lakštinės medžiagos gaminamos taikant medienos drožlių ir medienos plaušų plokštės gamybos technologiją, todėl būtina išsiaiškinti šių medienos gaminių standartizuotas savybes ir techninius reikalavimus.

Medienos plaušų plokštei (MPP) plaušas išgaunamas malant medienos žaliavą. Žaliavai naudojama: smulkinta mediena, medienos atliekos, skiedros, pjuvenos ir t.t. Paskutiniu metu galimi ir kitų sumedėjusių ir pluošto turinčių augalų priedai. Mediena ar jos gabalinės atliekos smulkinamos kapojant jas į skiedrą. Sekantis etapas – rūšiavimas ir persmulkinimas. Po to šutinti medienos smulkiniai (skiedra) išplaušinami refaineriais.

Pagal gamybos būdą plokštės klasifikuojamos į sausosios gamybos ir šlapiosios gamybos plaušų plokštes.

Sausosios gamybos plaušų plokštės yra tos, kurių plaušų drėgnumas formavimo metu mažesnis kaip 20 % ir kurių tankis mažiausiai lygus 450 kg/m^3 . Šios plokštės gaminamos naudojant sintetines dervas, karštai presuojant. Priklausomai nuo presavimo technologijų gaunamos skirtingo tankio plokštės. Tačiau sausuoju būdu gaminant plaušų plokštes naudojamas didelis kiekis rišančiųjų medžiagų – sintetinių karbamido formaldehido dervų. Formaldehido emisiją reguliuoja visos didžiosios pasaulio valstybės: Jungtinės Amerikos Valstijos, Japonija. Europos Sąjunga yra nustatiusi pakankamai griežtus reikalavimus, kurie turi atitikti E1 normas.

Plaušų plokštės, kurių plaušų drėgnis formavimo metu didesnis kaip 20 %, vadinamos šlapiosios gamybos. Pagal tankį jos skirstomos į kietąsias plokštes (HB, tankis mažiausiai lygus 900 kg/m^3 , vidutinio kietumo (MB, nuo mažiausiai lygaus 400 kg/m^3 iki daugiausiai 900 kg/m^3) ir minkštosios (SB, nuo mažiausiai lygaus 230 kg/m^3 iki daugiausiai 400 kg/m^3 tankio).¹¹⁹

Nuo sausojo, šis būdas skiriasi jau nuo išplaušinimo stadijos. Susmulkintas plaušas praskiedžiamas vandeniu sudarant tam tikros koncentracijos plaušų ir vandens masę.

Šlapiasis metodas iš esmės skiriasi nuo sausojo tuo, kad čia plaušų tarpusavio „sukabinimui“ panaudojama ne klijuojančios medžiagos, o cheminės vandenilinės jungtys

¹¹⁹ LST EN 622-1:2004 (LST EN 622-1:2004-12) *Plaušų plokštės. Techniniai reikalavimai. 1 dalis. Bendrieji reikalavimai.*

tarp celiuliozės molekulių. Vandens aplinkoje, esant aukštai temperatūrai ir slėgiui, susmulkintas plaušas „sukimba“. Gauta matricinė struktūra gerai išlaiko formą ir yra pakankamai tvirta ypač didelio tankio plaušų plokštėse.

„Kilimo“ formavimas, atliekamas šlapioje aplinkoje, gali būti suformuotas iš kelių atskirų plaušų sluoksnių. Viršutinis sluoksnis, norint pasiekti geresnę paviršiaus kokybę prieš apdailą, formuojamas iš smulkesnės, papildomai susmulkintų plaušų masės. Gaminant šlapiuoju metodu, ant plokštės paviršių (dažniausiai tik apatinio) lieka sieto formos įspaudai. Viena pusė paliekama tokios tekstūros, o kita pusė gali būti šlifuojama arba apdailinama kitais metodais (dažant, dengiant popieriumi ar sintetinėmis plėvelėmis).

Mechaninių plaušų plokštės savybių standarte LST EN 622-2:2004 pateiktas metodas relaksacines plaušų plokščių savybes įtakančių charakteristikų nustatymui:

tamprumo modulis lenkiant ir stipris lenkiant nustatomi veikiant apkrova ant dviejų atramų padėto bandinio centrą. Tamprumo modulis apskaičiuojamas įvertinant apkrovos ir įlinkio kreivės tiesinės dalies polinkio kampą; apskaičiuotas rodiklis yra ne tikrasis modulis, bet apytikslė modulio reikšmė, nes, taikant šį bandymo metodą, bandinys ne tik lenkiamas, bet ir kerpamas. Kiekvieno bandinio stipris lenkiant apskaičiuojamas nustatant lenkimo momento, esant maksimaliai apkrovos jėgai ir bandinio viso skerspjūvio atsparumo momento santykį.

Tyrimo išvados

Celiuliozės molekulės yra linijinės struktūros ir didelės molekulinės masės, nuo kurios pirmiausia priklauso negrįžtamoji pluoštų deformacija (plastiškumas) ir stiprumas. Šiuose augaliniuose polimeruose tempimo jėgos veikia maždaug vienodai visas mikrofibriles, sudarančias makromolekules, todėl tokių pluoštinių medžiagų stipris tempiant yra labai didelis. Linų, dilgėlių ar kanapių pluošto masės celiuliozė sudaro daugiau kaip 85 % ir vidutinis polimerizacijos laipsnis yra labai didelis (pavyzdžiui, linų – 30 000). Polimerizacija, tai cheminė reakcija, kuri vyksta dalyvaujant katalizatoriams, esant aukštai temperatūrai ar slėgiui. O šios aplinkybės palankios karštais presais formuojant plaušų plokštes.

Celiulioziniai pluoštai yra vieni iš pačių higroskopiškiausių. Tai gali būti kaip trūkumas konstrukcinėms pluoštinėms medžiagoms – didėjant drėgmei, medžiagos elastingumas didėja, t. y. pradinių formų išlaikymas prastėja. Šiam trūkumui – plaušų plokščių higroskopiškumui pašalinti, šiuo metu pramonėje naudojamas parafinas, įmaišytas į plaušų biomasę. Daugelis autorių, apžvelgtoje literatūroje, pažymi didelę medžiagos santykinio drėgnio įtaką relaksacinėms savybėms. Tai buvo pastebėta ir atliekant pramoninius bandymus su linų,

dilgėlių ir kanapių plaušų plokštėmis. Bandinių relaksacijos savybės buvo daug geresnės sausame būvyje.

Formuojant konstrukcines medžiagas karštais presais reikia atkreipti dėmesį į tai, jog terminis skilimas mažina pluoštų stiprumą.

Geros linų, dilgėlių ir kanapių pluoštų pailgėjimo savybės. Kuo daugiau gali pailgėti pluoštas esant atitinkamai apkrovai, tuo geriau jis gali atlaikyti smūgį, taip pat ir daugkartines apkrovas, todėl gaminiai, pasižymintys didesne grįžtamąja deformacija, geriau ir ilgiau išlaikys savo pradinę formą.

Konstrukcinių medžiagų gamybai ir net perdirbimui labai svarbios yra pluoštų klampiai tampriosios savybės. Nuo šių savybių priklauso gaminių naudojimo paskirties ribų nustatymas, konstrukcinių medžiagų lyginamasis įvertinimas, tam tikro technologinio proceso kontrolė ir kt. Celiulioziniai pluoštai pakankamai elastingi (didelis tampros modulis ir maža trūkimo ištįsa). Elastingos pluoštinės konstrukcinės medžiagos yra tinkamos baldų ar statybų pramonėje.

Plaušo plokščių relaksacinės savybės skiriasi nuo griežtai orientuoto (vienakrypčių) plaušo gijų. Tai viskoelastinės medžiagos, kurių savybės priklauso nuo plaušų parametrų, pagaminimo būdo, presavimo temperatūros, klįjuojančių medžiagų ir santykinio drėgnio.

Plaušų plokštės gamybos metu susiduriama su pluošto relaksacinėmis charakteristikomis tuomet, kai presavimo procesų metu veikiant cheminiais ir fizikiniais reiškiniams, vyksta gaminamos medžiagos storio variacijos. Po presavimo plaušų masė spyruokliuoja ir vėl išsiplečia (angl. *springback*) kai jau nėra slėgio. Storio nuokrypių pašalinimas šlifavimo metu, reiškia papildomas medžiagų ir energijos sąnaudas. Visos priemonės padedančios sumažinti presuojamos medžiagos storio nuokrypius turi didelę ekonominę naudą.

Šlapiasis plaušų plokščių gamybos metodas ekologiškų konstrukcinių lakštinių medžiagų gamybai yra tinkamiausias. Iš esmės ji skiriasi nuo sausojo tuo, kad čia plaušų tarpusavio sukibimui panaudojama ne klįjuojančios medžiagos (sintetinės dervos), o cheminės vandenilinės jungtys tarp celiuliozės molekulių. Matricinė struktūra gerai išlaiko formą ir yra pakankamai tvirta, ypač didelio tankio plaušų plokštėse.

2.2. Gamybos technologijų tyrimas koncerne *Siempelkamp*, Vokietijoje

Tyrimas Nr. 2

Tyrimo tikslas

Ištirti ekologiškų konstrukcinių medžiagų iš pluoštinių augalų gamybos technologijas.

Tyrimo reikšmingumas

Atlikus Lietuvos įmonių analizę paaiškėjo, jog visų tipų konstrukcinės medžiagos baldams ar kitiems interjero dizaino objektams, mūsų šalies pramonėje gaminamos tik naudojant sintetines dervas žaliavos smulkinių surišimui. Profesionalios laboratorijos pramonės įmonėse, kur galima būtų eksperimentuoti formuojant medžiagas iš įvairios kilmės žaliavų, taip pat nėra. Tam, kad išsiaiškinti kokio tipo ekologiškos medžiagos bent jau Europos šalyse apskritai gaminamos ir kokios technologijos jų gamybai taikomos, nutarta stažuotis pačiame didžiausiame pasaulyje pagal pagaminamos įrangos konstrukcinių medžiagų baldams gaminti kiekį koncerne *G. Siempelkamp GmbH & Co* ir kuriame nuolat atliekami gaminamų ir naujai išrandamų medžiagų tyrimai laboratorijose.

Tyrimo metodai

Konstrukcinių medžiagų, pagamintų eksperimentinėje laboratorijoje, sudėties bei gamybos technologijos analizė.

Tyrimo eiga

Ieškant patirties ekologiškų konstrukcinių medžiagų gamybos technologijose ir tiriant konfigūruotų erdviųjų detalių formavimo galimybes, atsigręžta į Vokietijos pramonę. Vokietija yra stipriausia pramonės šalis Europos Sąjungoje ir ketvirta pagal ekonomikos galią šalis pasaulyje po JAV, Kinijos ir Japonijos. Vokietijos ekonomikos konkurencingumą ir pasaulinį tinklą lemia stiprios inovacijos pramonės šakose – automobilių gamybos, mašinų gamybos, chemijos pramonėje bei medicinos technologijose. Į mokslinius tyrimus ir technologijų plėtrą Vokietija kasmet investuoja apie 80 milijardų eurų.

Iš augalinių pluoštų jau nuo XIX a. buvo žinoma pramoninė kompozitų gamyba. Natūralūs pluoštai pasižymi lengvumu, o dėl savo stipruminių savybių pripažinta, kaip puikiai armuojanti medžiaga. Nemažai pavyzdžių galima rasti automobilių pramonėje. C klasės *Mercedes-Benz* automobiliuose yra daugiau nei 30 dalių, pagamintų iš augalinių (ypač

kanapių) pluoštų. Šios tradicijos automobilių pramonėje buvo puoselėjamos dar nuo *Henry Ford* (JAV) laikų (1863 – 1947). Iliustracijoje (2.2.1 pav.) matoma, kaip *H. Ford* užsimoja kirviu į 1941 m. pagamintą automobilį, kad įrodytų bagažinės, pagamintos iš sojos pupelių ir kanapių pluošto kompozito, tvirtumą.



2.2.1 pav. Iš *Henry Ford Museum & Greenfield Village* kolekcijos

Planuojama, kad per ateinančius kelerius metus, vokiečių pramonė gamins 40 tūkst. tonų kanapių pluošto per metus vien tik automobilių pramonės poreikiams. Tokia gamybos iš natūralių pluoštų koncepcija Vokietijoje susijusi su staigiu plastikų naudojimo didėjimu ir jų utilizavimo problemomis, įtakojančiomis alerginių ligų padidėjimą, ypač vaikams. Vokietijoje rengiamos įvairios programos, kur visas dėmesys skiriamas perdirbamų ekologiškų medžiagų paieškoms, o tai absoliučiai sutampa su šio meno projekto tikslu.

Pirmoji pažintinė stažuotė Vokietijoje atlikta pasaulyje lyderiaujančioje įmonėje *Siempelkamp Maschinen und Anlagenbau GmbH & Co. KG* - Mašinų ir įrengimų gamybos kompanijoje (koncerne), kur atliekami žaliavų ir būsimos produkcijos bandinių tyrimai bei išsamūs technologiniai skaičiavimai. Šioje įmonėje pagaminama daugiausia pasaulyje įrangos smulkinių plokščių gamybos įmonėms. Įmonės laboratorijoje nuolat atliekami bandymai pagaminant plokštę iš įvairios kilmės žaliavų – ne tik natūralių įprastinių medienos žaliavų, bet ir linų, kanapių smulkinių, ryžių lukštų, cukrašvendrių, džiuoto ir net sintetinių atliekų, tokių kaip plastikas, poliesterolis, automobilių padangos ir kt.

Stazuotės metu lankytasi įmonės kuriamų medžiagų bibliotekoje. Gauta net keletas inovatyvių plokščių pavyzdžių parsivežti į Lietuvą. Tačiau tuo metu buvo išbandoma įranga ne plaušų (kaip MPP), bet smulkinių plokščių gamybai (kaip MDP). Nors gamybos technologijos ir chemijos pramonė smarkiai pažengusi, vis dar niekas negamina tokio tipo plokščių be naudojamos formaldehidinės dervos smulkiniams surišti. Tad šio koncerno eksperimentiniame bare gaminamų plokščių ekologiškumas pasižymėjo tuo, kad smulkinių (užpildo) žaliava – gamtinės arba buitinės sintetinės atliekos. Tai atitinka vadinamo *Trash* (liet. šiukšlių) *dizaino* koncepciją, kai dizaino objektu tampa perkonstruoti moraliai pasenę arba pagrindinę eksploataavimo funkciją atlikę daiktai. *Tresh dizaino* idėjos kilnios ir vertingos ugdant vartotojų samoningumą. Pavyzdžiui, šią sritį dar XX a. pirmoje pusėje propagavo italų menininkas *Michelangelo Pistoletto* (gim. 1933 m.) rengdamas įvairias menines akcijas ir parodas iš sukauptų buities rakandų. Tačiau šio meno projekto idėjos atitinka ne *Tresh*, bet *ekologinio dizaino* vizijas, kai ieškoma sprendimo ne kur naudingai panaudoti atlieką jos neišmetant, bet kaip gaminį perdirbti grąžinant jam pirminį būvį arba nesirūpinti jei gaminiai bus išmesti, nes jie natūraliai suirs gamtoje, jai nei kiek nepakenkiant (daugiau apie tai 1 skyriuje).

Analizuojant ekologišką – be sintetinių dervų – plokščių gamybos technologiją, laboratorijos inžinieriai pritarė augalinių plaušų plokštės gamybai šlapiuoju būdu, pritaikant esamą medienos plaušų plokštės (MPP) techninę bazę ir technologiją.

Šioje įmonėje nebuvo ir objektų detalių turinio formavimo galimybių. Tokias konfigūruotas detales Vokietijoje gamina minėtoje automobinių pramonėje, pavyzdžiui, kompanijose *Mercedes-Benz* arba *Audi AG*. Tačiau stazuotis šiose įmonėse projekto rengimo metu galimybių neatsirado.

Tyrimo išvados

Augalinis pluoštas turi armuojančių savybių ir kaip „statybinė medžiaga“ naudojama konstrukcinėms medžiagoms gaminti. Tokios medžiagos pasižymi geromis stipruminėmis savybėmis ir tai įrodyta bandymais¹²⁰ bei eksploataavimo laiko trukme.

Augalinio pluošto smulkinių plokštės be sintetinių dervų smulkiniams surišti kol kas negaminamos. Sintetinėmis dervomis galima suklijuoti įvairias atliekines ar antrines žaliavas ir karšto presavimo būdu gaminti konstrukcines medžiagas. Tai dalinai prisidėtų prie

¹²⁰ *The history of Particle board line* [interaktyvus]. *Machine technology* [žiūrėta 2013 m. vasario 11 d.]. Prieiga per internetą: <<http://evinfengkai.blog.com/2012/09/25/the-history-of-particle-board-line/>>

ekologijos problemų sprendimo, tačiau gautos medžiagos nebūtų pačios ekologiškos jas eksploatuojant arba utilizuojant.

Po diskusijų ir konsultacijų *Siempelkamp Maschinen und Anlagenbau GmbH & Co.* nuspręsta, kad ekologiškoms lakštinėms konstrukcinėms medžiagoms gaminti, tinkamiausia yra medienos plaušų plokštės gamybos šlapiuoju būdu technologija. Šios technologijos metu plaušai suaktyvinami ir veikiant juos šlapioje terpėje, sudaromi celiulioziniai tinklai.

2.3. Linų smulkinių plokštės tinkamumo baldų gamybai tyrimas

Tyrimas Nr. 3

Tyrimo tikslas

Ištirti Belgijos – Prancūzijos įmonėje *UNILIN Group* gaminamą pluoštinių augalų (linų smulkinių) plokštės charakteristikas.

Tyrimo reikšmingumas

Lakštinių konstrukcinių medžiagų iš pluoštinių augalų žaliavos gamybos technologijai įtakos turi plaušų celiuliozinės jungtys¹²¹. Tyrimais nustatyta, jog celiuliozė linų, dilgėlių ir kanapių pluošte sudaro iki 85 %, varpinių augalų – 30 %, ¹²² o spygliuočių medžių pluošte celiuliozė sudaro ~ 42 % , tad tiek pluoštinių augalų, tiek medienos smulkinių plokštės gamybos technologija taikoma ta pati – MDP gamybos technologija¹²³, kai smulkiniai maišomi su klėjais ir karštai presuojant formuojami lakštai. Tyrimo metu nustatytos linų smulkinių plokštės charakteristikos ir palygintos su baldų gamybos pramonėje dažniausiai naudojamos MDP charakteristikomis. Atliktas tyrimas vertingas tuo, kad nustatytos savybės atskleis skirtumus ir tinkamumą baldų gamybai, konstrukcinei medžiagai taikant tą pačią technologiją, bet skirtingas žaliavas.

Tyrimo metodai

Visi bandymai atlikti medienos drožlių plokštės gamybos įmonės *Swedspan Girių bizonas* (dabartinė *IKEA Industry*) laboratorijoje. Visi bandymai atlikti naudojant *IMAL s.r.l.*

¹²¹ Thoemen, H., Irle, M., Sernek, M. *Wood-Based Panels. An Introduction for Specialists*. Brunel University. – London: Brunel University Press, 2010.

¹²² Gražulevičius, J. V., Kavaliūnas, R. *Medienos cheminė technologija*. KTU. – Vilnius: TEV, 2012.

¹²³ LST EN 309:2005 *Smulkinių plokštės. Apibrėžtis ir klasifikacija*.

serijos matavimų įrengimus. Kiekvienam bandymui panaudota tik po 5 vnt. bandinių dėl tiriamos medžiagos, kurios Lietuvoje nėra, trūkumo.

Tyrimo eiga

Plokštės iš linų ar linų ir medienos mišinio Belgijoje ir Prancūzijoje imta gaminti jau po II-ojo pasaulinio karo. Tai gera šilumos izoliacija ir lengvu svoriu pasižyminčios medžiagos, daugumoje naudojamos statybų pramonėje, bet tinkamos ir baldų gamybai¹²⁴. Tokio tipo plokštėms gaminti naudojamas ne tik plaušas, bet ir visos augalo stiebo dalys. Tačiau papildomi neplaušiniai smulkiniai sumenkina plokštės fizines - mechanines savybes ir, kad jas pagerinti, žaliavos maišomos su sintetinėmis dervomis, taikoma medienos drožlių plokštės (MDP) gamybos technologija.

Atsižvelgiant į Lietuvoje galiojančius tarptautinius LST EN standartus, prieš naudojant smulkinių plokštę baldų gamyboje, būtina ištirti plokštės fizines savybes: tankio pasiskirstymą, vidinę sankibą, paviršiaus stiprį, furnitūros ištraukimą ir chemines: laisvą formaldehido kiekį.

Toliau skyriuose 2.3.1. – 2.3.6.

2.3.1. Plokštės tankio pasiskirstymas

Bandymas atliktas pagal LST EN 323:1999 standartą. *Medienos skydai. Tankio nustatymas.*

Bandymo metu nustatomas plokštės tankis, nuo kurio priklauso plokštės savybės.

IMAL – IB600 – 1.00.0030 įrengimu išmatuotas 5 vnt. 28 mm ir 5 vnt. 33 mm storio bandinių ilgis, plotis, storis bei svoris (2.3.1.1 pav.).

Bandymų duomenys pateikti 2.3.1.1 ir 2.3.1.2 lentelėse.

¹²⁴ LST EN 15197:2007 *Mediniai skydai. Linų plokštės. Techniniai reikalavimai.*



2.3.1.1 pav. Tankio paskirstymo bandymas

Tankio pasiskirstymas						
	Ilgis	Plotis	Storis	Svoris	Pavirs. svoris	Tankis
	mm	mm	mm	g	kg/m ²	kg/m ³
Vidurkis			33.12		13.10	396
Stand. atsilenk.			0.00		0.10	3
Min.			33.09		12.97	391
Maksim.			33.13		13.20	399
L5%			30.60		12.10	365
U5%			35.64		14.10	426
1	49.78	49.76	33.09	32.25	13.02	393
2	49.87	49.91	33.12	32.79	13.17	398
3	49.79	49.86	33.13	32.78	13.20	399
4	49.83	49.92	33.13	32.68	13.14	397
5	49.92	49.97	33.13	32.35	12.97	391

2.3.1.1 lentelė. 33 mm storio plokštės matavimų rodikliai

Tankio pasiskirstymas						
	Ilgis	Plotis	Storis	Svoris	Pavirs. svoris	Tankis
	mm	mm	mm	g	kg/m ²	kg/m ³
Vidurkis			28.18		11.74	417
Stand. atsilenk.			0.00		0.30	10
Min.			28.16		11.49	408
Maksim.			28.21		12.20	432
L5%			26.03		10.85	385
U5%			30.32		12.63	448
1	49.74	49.62	28.21	30.10	12.20	432
2	49.72	49.84	28.18	29.44	11.88	422
3	49.79	49.77	28.16	28.75	11.60	412
4	49.82	49.89	28.16	28.56	11.49	408
5	49.88	49.79	28.17	28.64	11.53	409

2.3.1.2 lentelė. 28 mm storio plokštės matavimų rodikliai

Atlikus linų smulkinių plokštės tankio pasiskirstymo bandymą gauti šie rodikliai: 33 mm storio linų smulkinių plokštės vidutinis tankis yra 396 kg/m³, kinta nuo 391 kg/m³ iki 399

kg/m³; 28 mm storio vidutinis tankis – 417 kg/m³, variacijos intervalas 408 - 432 kg/m³. Standartinės 32 mm storio medienos drožlių plokštės vidutinis tankis 615 kg/m³, o 28 mm storio – 632 kg/m³. Taigi: 33 mm storio linų smulkinių plokštė atitinka tik 64 % standartinės medienos drožlių plokštės tankio, o 28 mm storio – tik 66 %. Pagal Lietuvos standartus leidžiamas tankio nuokrypis iki 10 %. Pagal šiuos rodiklius paskaičiuojama, jog medienos drožlių plokštė už linų smulkinių plokštę tankesnė 1,5 karto, todėl baldų patvarumui didinti, linų smulkinių plokštės gamybai būtina naudoti didesnę kiekį fenolio rezorcino ir melamino karbamido klijų; galima sutvirtinti plokštes ir apdailinant jų paviršių laminavimo ar faneravimo būdu.

2.3.2. Plokštės vidinės sankibos stiprio nustatymas

Bandymas atliktas pagal LST EN 319:1999 ir LST EN 312:2010 standartus. *Smulkinių ir plaušų plokštės. Stiprio tempiant statmenai plokštės plokštumai nustatymas ir LST EN 312:2010 Smulkinių plokštės. Techniniai reikalavimai.*

Bandymo metu nustatomas linų smulkinių plokštės vidinės sankibos rodiklis, atsparumas plėšiamai jėgai.

Bandinių ilgis 50 mm ir plotis 50 mm. 5 vnt. bandinių storis 33 mm, 5 vnt. storis 28 mm.

Bandinio paviršiai priklijuojami prie dviejų metalinių plokštelių. Klijams išdžiuvus, bandinys įstatomas į IMAL – IB600 – 1.00.0030 įrengimo griebtus. Griebtai tempia bandinį kol jis atsiskiria į dvi dalis (2.3.2.1 pav.).

Bandymų duomenys pateikti 2.3.2.1 ir 2.3.2.1 lentelėse.



2.3.2.1 pav. Plokštės vidinės sankibos bandinys

Vidine sankiba								
	Ilgis	Plotis	Storis	Svoris	Pavirs. svoris	Tankis	Jega	Stipris paviršiaus
	mm	mm	mm	g	kg/m ²	kg/m ³	N	N/mm ²
Vidurkis								0.12
Stand. atsilen								0.00
Min.								0.12
Maksim.								0.13
L5%								
U5%								
1							288	0.12
2							334	0.13
3							290	0.12

2.3.2.1 lentelė. 33 mm storio plokštės vidinės sankibos bandymo rezultatai

Vidine sankiba								
	Ilgis	Plotis	Storis	Svoris	Pavirs. svoris	Tankis	Jega	Stipris paviršiaus
	mm	mm	mm	g	kg/m ²	kg/m ³	N	N/mm ²
Vidurkis								0.11
Stand. atsilen								0.00
Min.								0.10
Maksim.								0.12
L5%								
U5%								
1							253	0.10
2							281	0.11
3							303	0.12

2.3.2.2 lentelė. 28 mm storio plokštės vidinės sankibos bandymo rezultatai

Atlikus vidinės sankibos nustatymo bandymą gauti šie rodikliai: 33 mm storio linų smulkinių plokštės vidutinė vidinė sankiba $0,12 \text{ N/mm}^2$, kinta nuo $0,12$ iki $0,13 \text{ N/mm}^2$, o 28 mm storio – $0,11 \text{ N/mm}^2$, variacijos intervalas $0,10 - 0,12 \text{ N/mm}^2$. Standartinės ir 32 mm, ir 28 mm storio medienos drožlių plokštės vidutinė vidinė sankiba $0,38 \text{ N/mm}^2$. Taigi: 33 mm storio linų smulkinių plokštės vidinė sankiba atitinka tik 31% standartinės medienos drožlių plokštės sankibos, o 28 mm storio – tik 29%. LST EN standartuose nurodyta, jog vidinės sankibos nuokrypis galimas iki 10 % (MDP variavimo ribos), todėl projektuoti baldų konstrukcijų, kuriose būtų panaudojama plėšimo jėga, be papildomų sutvirtinimų, negalima.

2.3.3. Plokštės paviršiaus stiprio nustatymas

Bandymas atliktas pagal LST EN 312:2010 standartą. *Smulkinių plokštės. Smulkinių plokščių paviršiaus stiprumas. Bandymo metodas ir LST EN 312:2010 Smulkinių plokštės. Techniniai reikalavimai*

Bandymu nustatoma išorinių paviršių tvirtinimas, įtakojančias apdailos kokybę.

Bandinių ilgis 50 mm ir plotis 50 mm. 5 vnt. bandinių storis 33 mm, 5 vnt. storis 28 mm.

Prie neapdailinto bandinio paviršiaus prikljuojamas metalinis svarelis (2.3.3.1 pav.). Bandinio išorinė sankiba bandoma IMAL – IB600 – 1.00.0030 įrengimu. Bandinys griebtais tempiamas tol, kol atplyšta nuo metalinio svarelio.

Bandymų duomenys pateikti 2.3.3.1 ir 2.3.3.2 lentelėse.



2.3.3.1 pav. Plokštės paviršiaus stiprio bandinys

Paviršiaus stipris								
	Ilgis	Plotis	Storis	Svoris	Pavirs. svoris	Tankis	Jega	Pavirs. atolesimas
	mm	mm	mm	g	kg/m ²	kg/m ³	N	N/mm ²
Vidurkis								0.40
Stand.atsilen								0.00
Min.								0.36
Maksim.								0.42
L5%								
U5%								
1							360	0.36
2							423	0.42
3							415	0.41

2.3.3.1 lentelė. 33 mm storio plokštės paviršiaus stiprio bandymo rezultatai

Paviršiaus stipris								
	Ilgis	Plotis	Storis	Svoris	Pavirs. svoris	Tankis	Jega	Pavirs. atolesimas
	mm	mm	mm	g	kg/m ²	kg/m ³	N	N/mm ²
Vidurkis								0.29
Stand.atsilen								0.00
Min.								0.21
Maksim.								0.34
L5%								
U5%								
1							337	0.34
2							212	0.21
3							312	0.31

2.3.3.2 lentelė. 28 mm storio plokštės paviršiaus stiprio bandymo rezultatai

Atlikus paviršiaus stiprio bandymą gauti šie rodikliai: 33 mm storio linų smulkinių plokštės paviršiaus vidutinis stipris $0,4 \text{ N/mm}^2$, kinta nuo $0,36$ iki $0,41 \text{ N/mm}^2$, o 28 mm storio – $0,29 \text{ N/mm}^2$, variacijos intervalas $0,21 - 0,34 \text{ N/mm}^2$. Standartinės ir 32 mm, ir 28 mm storio medienos drožlių plokštės vidutinis paviršiaus stipris $0,8 \text{ N/mm}^2$. Taigi: 33 mm storio linų smulkinių plokštės išorinis stipris atitinka tik 50 % standartinės medienos drožlių plokštės stiprio, o 28 mm storio – tik 37 %. Tačiau pagal anksčiau atliktus plokščių gamintojų tyrimus, nurodoma, jog tokio paviršiaus stiprio pakanka plokštės apdailinimui laminuojant ar faneruojant.

2.3.4. Medsraigčių ištraukimo pasipriešinimo jėgos nustatymas

Bandymas atliktas pagal LST EN 320:2011 standartą. *Smulkinių ir plaušų plokštės. Atsparumo ašiniam medsraigčių ištraukimui nustatymas.*

Bandymu nustatoma gaminių konstrukcijos tvirtinimo mazgų patvarumas.

Prie 4 vnt. bandinių tvirtinama furnitūra – įsukami medsraigčiai (M4 x 40 mm).

Bandinių patvarumo furnitūrai bandymas atliekamas *IMAL – IB600 – 1.00.0030* įrengimu. Medsraigčiai traukiami kol išplėšiami iš bandinių (2.3.4.1 pav.).

Bandymų duomenys pateikti 2.3.4.1 ir 2.3.4.2 lentelėse.



2.3.4.1 pav. Furnitūros ištraukimo iš plokštės bandymas

Varztu ištraukimas											
	Ilgis	Plotis	Storis	Svoris	Pavirs. svoris	Tankis	Veidinis pavirsius	Veidinis pavirsius	Soninis krastas 1	Soninis krastas 2	Soninis krastas
	mm	mm	mm	g	kg/m ²	kg/m ³	N	N/mm	N	N	N
Vidurkis							348	23.2			
Stand. atsi							39	2.6			
Min.							301	20.1			
Maksim.							396	26.4			
L5%							302	20.2			
U5%							394	26.2			
1							349	23.3			
2							346	23.1			
3							301	20.1			
4							396	26.4			

2.3.4.1 lentelė. 33 mm storio plokštės paviršiaus furnitūros ištraukimo iš plokštės bandymo rezultatai

Varztu ištraukimas											
	Ilgis	Plotis	Storis	Svoris	Pavirs. svoris	Tankis	Veidinis pavirsius	Veidinis pavirsius	Soninis krastas 1	Soninis krastas 2	Soninis krastas
	mm	mm	mm	g	kg/m ²	kg/m ³	N	N/mm	N	N	N
Vidurkis							341	22.7			198
Stand. atsi							22	1.5			18
Min.							327	21.8			185
Maksim.							374	24.9			210
L5%							309	20.6			
U5%							373	24.9			
1							334	22.3	210		210
2							374	24.9	185		185
3							327	21.8			
4							328	21.9			

2.3.4.2 lentelė. 28 mm storio plokštės paviršiaus furnitūros ištraukimo iš plokštės bandymo rezultatai

Atlikus furnitūros ištraukimo bandymą gauti šie rodikliai: 33 mm storio linų smulkinių plokštės furnitūros ištraukimo vidutinis stipris 165 N, o 28 mm storio – 198 N, variacijos intervalas 185 – 210 N. Standartinės ir 32 mm, ir 28 mm storio medžio drožlių plokštės vidutinis furnitūros ištraukimo stipris 208 N. Taigi: 33 mm storio linų smulkinių plokštės furnitūros ištraukimo jėga atitinka 80 % jėgos, naudojamos standartinei medienos drožlių plokštei, o 28 mm storio – 95 %. Pagal gautus rezultatus aišku, jog medienos drožlių plokštės detalių mazgai patvaresni, tačiau galima naudoti standartinę furnitūrą ir linų smulkinių plokštės detalių sutvirtinimo mazguose, o ilgaamžiškumui išlaikyti, rekomenduojama projektuoti neišardomos konstrukcijos baldus.

2.3.5. Laisvo formaldehido kiekio plokštėje nustatymas

Bandymas atliktas pagal LST EN 120:1999. Dabar galiojantis LST EN ISO 12460-5:2016. *Medienos skydai. Formaldehido išsiskyrimo nustatymas. 5 dalis. Ekstrahavimo metodas (vadinamas perforatoriniu metodu).*

Bandymu nustatoma laisvojo formaldehido kiekis, įtakojantis plokštės ekologiškumą.

Formaldehido kiekis buvo nustatomas perforatoriniu metodu pagal LST EN 120:1999. Perforacijos kolbose (2.3.5.1 pav.) bandinių išlaikymo laikas 2 valandos. Naudojamos ekstraktinės medžiagos masė 33 mm storio plokštės bandiniams – 108,340 g, o 28 mm storio plokštės bandiniams - 108,429 g.



2.3.5.1 pav. Laisvo formaldehido kiekio linų smulkinių plokštėje nustatymas

Atlikus laisvojo formaldehido plokštėje nustatymo bandymą gauti šie rodikliai: 33 mm storio linų smulkinių plokštės bandinio svoris prieš džiovinimą – 31,64 g, o po – 29,35 g, drėgmė – 7,8 W, fotometro parametrai – 2,41 mg/l, formaldehido kiekis – 0,8226 mg/100g.

28 mm plokštės bandinio svoris prieš džiovinimą – 27,82 g, o po – 25,88 g, drėgmė – 7,5 W, fotometro parametrai – 2,25 mg/l, formaldehido kiekis – 0,8625 mg/100g.

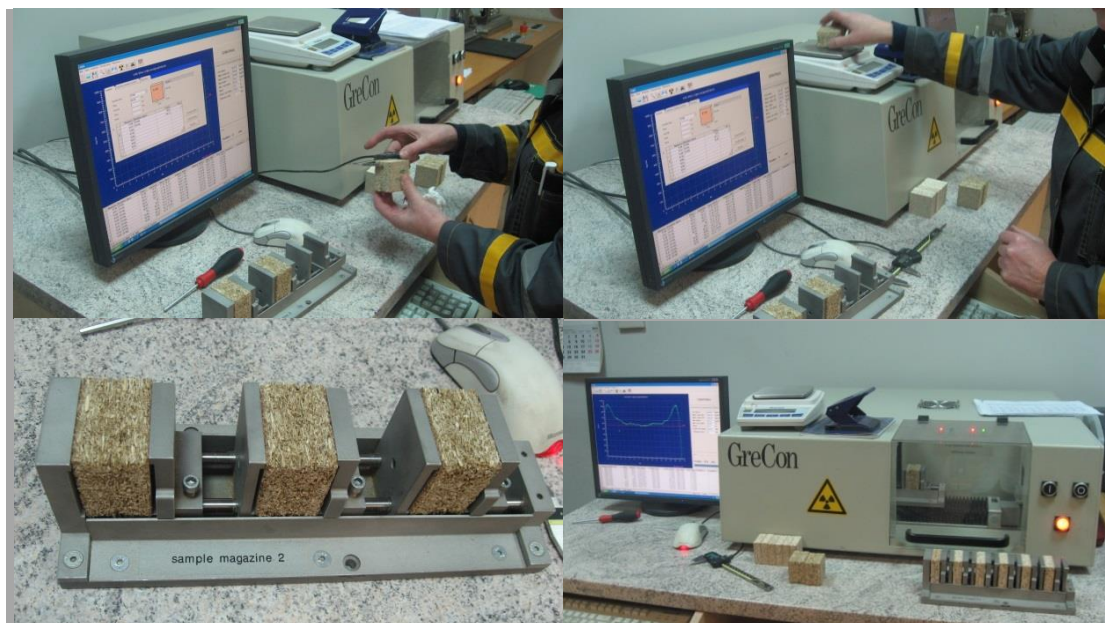
Standartinėje medienos drožlių plokštėje leistinas formaldehido kiekis- $\leq 8 \text{ mg/100g}$. Taigi, linų smulkinių plokštėje emisijos kiekis 9,5 karto mažesnis nei MDP.

2.3.6. Plokštės reljefo profilio nustatymas

Bandymas atliktas pagal LST EN LST EN 312:2010. *Smulkinių plokštės. Techniniai reikalavimai*; ir LST EN 15197:2007. *Medienos skydai. Linų plokštės. Techniniai reikalavimai*.

Bandymu nustatomas plokštės paviršių tinkamumas apdailos procesams.

Į IMAL – IB600 – 1.00.0030 kompiuterinę programą įvestas 3 vnt. 28 mm ir 3 vnt. 33 mm storio bandinių ilgis, plotis, storis bei svoris (2.3.6.1 pav.). Bandiniai talpinami į reljefo nustatymo įrenginį GreCon. Lazerių nukopijuojami bandinių paviršiai ir pateikiamos kiekvieno paviršiaus nelygumų kreivės, pagal kurias galima spręsti apie paviršiaus paruošimo lygį tolimesnėms apdorojimo operacijoms (dažymui, faneravimui, laminavimui, klijavimui ir pan.).



2.3.6.1 pav. Plokštės reljefo profilio nustatymas

Lyginant su standartinių 32 mm ir 28 mm medienos drožlių plokščių paviršių reljefo kreivėmis, esminių skirtumų nenustatyta. Linų smulkinių plokštė atitinka medienos smulkinių reljefiškumą, be to, reikalui esant, ji šlifuojama ir tokiu būdu sulyginamas paviršius iki reikiamų parametrų. Pagal atliktą reljefo nustatymo bandymą, paaiškėjo, jog, linų smulkinių

plokštės paviršiaus reljefo kreivė neviršijo norminės skalės ribų, t.y. yra tinkama apdailinti standartiniais apdailos paviršiais.

Tyrimo išvados

Atlikus bandymus ir atsižvelgus į gautus rezultatus, galima teigti, jog linų smulkinių plokštė baldų gamybai yra tinkama. Bandymų parodymai įrodo, jog ji nusileidžia tankumu ir stipriu įprastai vidutinio tankio ($600\text{--}650\text{ kg/m}^3$) medienos drožlių plokštei, tačiau yra dvi išeitys: galima dauginti fenolio rezorcino ir melamino karbamido klijų kiekį gaminant plokštę, beje, didinant melamino kiekį mažinamas formaldehido kiekio išsiskyrimas į aplinką, o tai jau plokštės privalumas – ji tampa ekologiškesnė; arba plokštę apdailinti laminavimo, faneravimo būdu. Apdailinimo dangos sustiprina plokštės paviršių, padidina gaminio patvarumą ir ilgaamžiškumą.

Projektuojant interjero dizaino objektus iš natūralių medžiagų išlaikytu natūraliu paviršiumi, iš vietinių augalinių žaliavų, vertėtų pagalvoti apie *etno dizaino* sprendimus (2.3.6.2 pav.). Linai inspiruoja sava natūralia spalva, frakcijos faktūra, suderinamumu su kitomis natūraliomis medžiagomis. Galima suprojektuoti baldų ir iš neapdailintos linų plokštės, paliekant ją natūralaus grožio, kombinuojant su kitomis medžiagomis. Šiuolaikinės technologijos leidžia, o dėl ekologinės situacijos ir rekomenduojama, jungti detales be furnitūros. Konstrukcinius modulius ir net dekoravimo elementus galima išgauti kombinuojant su kitomis natūraliomis medžiagomis – mediena ar stiklu, kuris nekonkuruotų medžiagiškumu ir tik paryškintų linų natūralumą.



2.3.6.2 pav. Baldų kolekcija iš linų smulkinių plokštės

2.4. Pluoštinių augalų auginimo ir apdorojimo Lietuvoje tyrimai

Tyrimas Nr. 4

Tyrimo tikslas

Išanalizuoti pluoštinių augalų (sėjamasis linas (lot. *Linum usitatissimum*), didžioji dilgėlė (lot. *Urtica dioica*) ir sėjamoji kanapė (lot. *Cannabis sativa*)) realias auginimo galimybes Lietuvoje ir susipažinti su žaliavos paruošimo technika ir technologijomis.

Tyrimo reikšmingumas

Šio meno projekto metu buvo ne tik teoriškai kuriamos ekoobjektų dizaino idėjos, bet ir praktiškai įrodoma, kad mūsų šalyje pramoninio *ekologinio dizaino* idėjoms įgyvendinti galima naudoti vietinius resursus – pradedant vietine natūralia žaliava, baigiant vietine pramonine gamyba. Šio tikslo įgyvendinimo pradžia reikėjo atrasti realius šių pluoštų augintojus, išanalizuoti žaliavos apdorojimo sudėtingumą ir įvertinti realias nuolatinio žaliavos tiekimo galimybes.

Tyrimo metodai

Analitinis tyriminis darbas LŽI Upytės bandymų stotyje. Pluoštinių augalų įstatyminės bazės analizavimas Baltijos pluoštinių kultūrų augintojų ir perdirbėjų asociacijoje. Žaliavos auginimo bei apdorojimo specifikos analizavimas realiu šių procesų atlikimo metu.

Tyrimo eiga

Meno projekto įgyvendinimo periodu bandymai su pluoštiniais augalais buvo pradėti 2012 m. Tais metais tyrimai galėjo vykti tik su Baltijos pluoštinių kultūrų augintojų ir perdirbėjų asociacijos (BPKAPA) bei Lietuvos žemdirbystės instituto Upytės bandymų stoties pagalba. Upytė tuomet, kaip užsiimanti pluoštinių ir aliejinių augalų tyrimais bei vertingos selekcinės medžiagos kūrimu mokslinė bazė, buvo vienintelė legali vieta kanapių auginimui ir vienintelė vieta kur dar auginamos pluoštinės dilgėlės Lietuvoje. O bet kokio tipo kanapių auginimas laisvuose šalies ūkiuose buvo griežtai draudžiamas įstatymų ir tik globojant BPKAPA asociacijai galėjo legaliai vykti bet kokie darbai ir tyrimai su sėjamosiomis kanapėmis.

Kadangi pluoštinių augalų auginimą – ūkininkų Lietuvoje tuomet beveik nebuvo, Upytės bandymų stotis, labdaringais tikslais – mokslo labui, suteikė maždaug po 20 kg visų trijų rūšių – linų, dilgėlių ir kanapių, augalų sausuolių.

Bendradarbiaujant su BPKAPA asociacija iš Prancūzijos buvo gautos pramoninių – nenarkotinių kanapių *Finola* veislės sėklos ir 2011 m. pasėtos Kauno kolegijos Technologijų ir kraštotvarkos fakulteto nuomojame 1 ha lauke Kauno rajone. Želdinių katedroje dirbančių augalininkystės specialistų priežiūroje buvo užaugintas 3 – 4 m aukščio kanapių derlius, kuris tų metų rudenį, studentams padedant, nuimtas eksperimentiniams bandymams Lietuvoje atlikti.

Po atliktų kanapių sėjos ir derliaus nuėmimo darbų, galima patvirtinti šias rekomendacijas kanapių auginimui ir derliaus dorojimo technologijai Lietuvoje:

1. Kanapės nemėgsta rūgščių dirvožemių (optimalus pH – 7,0 – 7,6), taip pat dirvų su aukštu gruntinio vandens lygiu. Jei dirvožemis rūgštesnis nei pH 6,0 rekomenduojama jį kalkinti. Kanapės geriausiai auga derlinguose dirvožemiuose. Jos taip pat gali būti auginamos sunkiaisiais metalais užterštose žemės plotuose.

2. Atseliuoti kanapių nepatartina, nes mažėja jų derlius, pasireiškia ligos ir plinta kenkėjai. Patartina į tą patį lauką kanapes sėti po 2 ar 3 metų. Priešsėlis kanapėms turėtų palikti derlingą ir nepiktžolėtą dirvą. Gerai kanapės auga po javų, cukrinių runkelių, daugiamečių žolių (varpinių ir ankštinių mišinio). Po kanapių gerai dera žieminiai kviečiai, kadangi lauke nebūna piktžolių.

3. Dirvos paruošimas kanapių auginimui panašus kaip ir javams.

4. Tręšimas, atsižvelgiant į dirvos turtingumą: jei skiriama mėšlo tręšti rudenį 20-30 t/ha arba įterpti mėšlą priešsėliui.

5. Mineralinėmis trąšomis tręšti tik pavasarį. Auginant kanapes pluoštai ar sėklai naudoti mažiau azoto. Auginant biomasei, tręšimo normas padidinti.

6. Lietuvos klimato sąlygomis patartina auginti *Beniko* ir *Bialobrzskie* veislių kanapes.

7. Sėkla nebevizuojama, sėjai naudoti A, B, C₁ ir C₂ kategorijų sėkla.

8. Sėti galima anksčiau, kai sėklos įterpimo gylyje dirvos temperatūra būna apie 8 -10° C, nes vegetacija tęsiasi apie 140 dienų. Kanapių sėja praktiškai sutampa su vasarinių javų sėja.

9. Sėklos norma: sėkliniam pasėliui – 10-15 kg/ha (apie 50 augalų /m²). Auginant pluoštui apie 60 kg/ha (apie 200 augalų/m²). Auginant biomasei (perdirbimui į celiuliozę) 30-40 kg/ha.

10. Sėklos įterpimo gylis priklausomai nuo dirvožemio sudėties ir drėgnumo – apie 3 cm.

11. Tarpueilių plotis auginant pluoštui – iki 15 cm, auginant sėklai – 50 cm. Auginant kanapes plačiais tarpueiliais gali tekti juos kaupti.

Pastaba: auginant plačiais tarpueiliais iškyla piktžolėtumo problema, o Lietuvoje nėra kanapėms registruotų herbicidų.

12. Pasėlių priežiūrai pesticidai (insekticidai, herbicidai, fungicidai) nenaudojami. Esant labai piktžolėtai dirvai ir auginant kanapes sėklai (plačiais tarpueiliais), užsienyje naudojamas dirvinis herbicidas *Afalon*, kurio veiklioji medžiaga – linuronas (Lietuvoje draudžiama naudoti) po sėjos prieš kanapių sudygimą.

13. Sėkliniuose vienanamių kanapių pasėliuose nuo žydėjimo iki nuėmimo būtina pašalinti atsiradusius *vyriškus* augalus.

14. Nuėmimo laikas: kanapės auginamos sėklai – derlius nuimamas kai sėklos pribręsta šluotelėse stiebo viduryje. Kanapės auginamos tik pluoštui – nuimamos intensyviausio žydėjimo tarpsniu arba žydėjimo pabaigoje. Kanapės auginamos sėklai ir pluoštui – derlius nuimamas kai sėklos pribręsta apatinėse šluotelėse (praėjus 1 mėn. po intensyviausio žydėjimo).

15. Derliaus nuėmimas: jei kanapės auginamos tik sėklai, rekomenduojamas tiesioginis pasėlio kūlimas. Esant kombainui su smulkintuvu, stiebų masė yra susmulkinama ir paskleidžiama dirvos paviršiuje. Ji rudeninio arimo metu yra užariama. Dorojant kanapes kombainais be smulkintuvų masė paklojama ražienoje, o vėliau išdžiūvusi presuojama į ryšulius. Po to gali būti išgaunamas pluoštas arba biokuras.

Jei kanapės auginamos tik pluoštui, tuoj po nupjovimo gali būti dekortikuojamos. Tokias mobilias dekortikavimo mašinas bandoma sukonstruoti Lenkijoje, Austrijoje, Ukrainoje, Kanadoje. Tai leistų gauti žalią dekortikuotą pluoštą jau lauke ir jį galima būtų rulonuoti presais.

Kanapės auginamos sėklai ir pluoštui – nedideli plotai iki 2-3 ha yra nupjaunami šienapjovėmis ar jevapjovėmis, surišamos į pėdus. Džiovinamos sustatytos lauke. išdžiūvusių kanapių nukuliamos viršūnių šluotelės. Sėkla valoma grūdų valomosiomis, o stiebai išminami pluoštui gauti.

Taip pat gali būti naudojami kanapių pjaunamoji, kuri supjauna kanapių stiebus į 0,7 m ilgio segmentus, pašalinant viršūnes ir surenkant į prikabiną priekabą. Stiebų segmentai eilėmis lygiagrečiai suguldomi ant dirvos paviršiaus klojėjimuisi. Po to stiebai surenkami linų arba šiaudų presais.

16. Derliaus panaudojimas: Kanapių stiebai gali būti naudojami pluoštui. Galima išdžiūvusius (neapdorotus) kanapių stiebus rulonuoti ir šiuos ritinius naudoti celiuliozės ar

kuro gamybai. Kanapių viršūnės su sėklomis yra kuliamos, sėklos valomos kanapių šluotelės gali būti naudojamos eterinių aliejų gamybai.

Pluoštinių kanapių auginimo išlaidos: teoriniai išlaidų, patiriamų auginant pluoštines kanapes, skaičiavimai atlikti remiantis LŽI Upytės bandymų stoties aprašytais pluoštinių kanapių auginimo agronominiais darbais, Lietuvos agrarinės ekonomikos instituto (LAEI) apskaičiuotais mechanizuotų žemės ūkio paslaugų į kainiais ir tam tikromis prielaidomis (pateiktomis po lentele), kurias pakeitus, keisis ir atliktų skaičiavimų rezultatai. Apskaičiuota, kad vidutiniškai užauginti ir nuimti 1 ha pluoštinių kanapių Lietuvoje kainuoja apie 790 Eurų (2.4.1 lentelė).

<i>Sąnaudų pavadinimas</i>	<i>Išlaidų suma, Eurų</i>
<i>Išlaidos sėjai</i>	418
Sėklos	217
Trąšos, tręšimas ir trąšų transportavimas	26
Arimas	58
Kultivavimas	44
Sėjimas ir sėklų transportavimas	50
Volavimas	23
<i>Išlaidos derliaus nuėmimui</i>	348
Sėklų nuėmimas, džiovinimas ir valymas	114
Volavimas	22
Grėbimas	30
Rulonavimas	173
Derliaus transportavimas	9
<i>Pasėlių tikrinimo kaina</i>	24
<i>Iš viso pluoštinių kanapių auginimo išlaidų</i>	790

2.4.1 lentelė. Vidutinės pluoštinių kanapių auginimo išlaidos, Eurų/ha

Skaičiavimai atlikti remiantis šiomis prielaidomis:

- Pluoštinės kanapės auginamos nuosavoje žemėje, kai žemės ūkio darbams reikalinga technika samdoma.

- Išlaidos sėkloms skaičiuotos *Finola* rūšies sėkloms, kurių 1 ha apsėti sunaudojama 25 kg. Išlaidos sėklai pirkti imta vidutinė kaina rinkoje ~ 9 Eur/kg. Išlaidos sėkloms gali didėti,

jei jas reikėtų atsivežti iš tolimesnių vietų. Pažymėtina, kad siekiant geresnių derlių, sėkloms ir pluoštui auginamos skirtingų veislių kanapės, o sėklos norma auginant kanapes pluoštui yra keletą kartų didesnė, sėjama 50-70 kg/ha, auginant biomasei 30-40 kg/ha¹²⁵, todėl kaštai sėkloms auginant pluoštui ar biomasei būtų didesni nei auginant sėkloms.

- Džiovinti ir valyti sėklas augintojai gali skirtingai ir šių procesų sąnaudos kiekviename ūkyje gali labai skirtis, priklausomai nuo turimos įrangos, ventiliuojamų sandėlių arba ši paslauga gali būti perkama. Skaičiavimuose džiovinimo ir valymo sąnaudos imtos kaip mokestis už perkamą paslaugą (pagal vidutinį įkainį rinkoje rapsams).

- Pasėlių tikrinimo kaina: skaičiuojant išlaidas 1 ha pluoštinių kanapių daryta prielaida, kad iš viso auginama 5 ha pluoštinių kanapių, todėl mėginių paėmimo ir ištyrimo išlaidos padalintos 5 ha.

- Išlaidos pasėlių draudimui neįskaičiuotos, nes pluoštinių kanapių augintojai pasėlių neprivalo drausti.

Įvairių užsienio mokslininkų pateikiami kanapių auginimo išlaidų skaičiavimai skiriasi. Skaičiavimų rezultatas priklauso nuo taikomo ūkininkavimo būdo, turimos technikos ir įrengimų, nuo to ar naudoja, ar nenaudoja herbicidų (nors pasėlių priežiūrai pesticidai (insekticidai, herbicidai, fungicidai Lietuvoje nenaudojami, esant labai piktžolėtai dirvai ir auginant kanapes plačiais tarpueiliais, užsienyje naudojamas dirvinis herbicidas), ką įtraukia į kitas išlaidas, ar draudžia pasėlius, kokiomis normomis pasėlius tręšia, kiek naudoja sėklos ir pan.

Skaičiuodami kanapių auginimo kaštus Kanados mokslininkai¹²⁶ be pagrindinių išlaidų kanapių auginimui (tokių kaip sėklai, trąšoms, darbo užmokesčiui, kurui ir pan.) įtraukė ir papildomas išlaidas (drėkinimui (kur reikalinga), draudimui ir herbicidams). Tačiau ir su papildomomis išlaidomis skaičiavimai parodė, kad auginimas yra pelningas.

Apskaičiavus pluoštinių kanapių auginimo ekonominius rodiklius, matyti, kad pluoštinių kanapių auginimas yra pelninga veikla. Realizuojant ne tik pluoštinių kanapių sėklas, bet ir stiebus pelnas didėja apie 2 kartus.

Užauginti kanapių bei iš Upytės bandymo stoties gauti linų ir dilgėlių sausuolių stiebai apdoroti ūkininko Egidijaus Zieringio ūkyje. Eksperimento metu paaiškėjo, jog absoliučiai

¹²⁵ Gruzdevienė, E. *Pluoštinių augalų auginimo perspektyvos Lietuvoje* [interaktyvus]. Mano ūkis, 2007 (11) [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 10 d.]. Prieiga per internetą:

<http://www.manoukis.lt/print_forms/print_st_z.php?s=1415&z=67>.

¹²⁶ Alberta Hemp. *Cost of Production and Market Assessment*. 2012 [interaktyvus]. *Final Report*. Serecon Management Consulting Inc, Edmonton, Alberta [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 1 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.votehemp.com/PDF/hemp_production_marketassessment_report.pdf>.

visa technika, skirta linų apdirbimui yra tinkama ir kitų pluoštinių augalų apdirbimui. Tačiau tik ne pluoštų smulkintuvas. Kanapių pluoštas užveldavo ir sulaužydavo turimą įrangą. Iki pat 2014 m. kanapių pluoštą įveikti susmulkinant jį pramoniniu būdu, Lietuvoje dar nebuvo įmanoma, kol ūkininkas E. Zieringis neatgabeno tinkamos įrangos iš Ukrainos. Kanapių auginimas Ukrainoje niekada nebuvo uždraustas. Dėl to tiek pluoštinių augalų auginimas, tiek moksliniai eksperimentai šios šalies laboratorijose buvo toliau pažengę nei Lietuvoje. Tik 2015 m. buvo „atrasta“ konkurencinga ūkininkui E. Zieringiui įmonė *Karnideco*, įsikūrusi Lenkijoje, iš kurios galbūt galima buvo pasisemti patirties.

Tyrimo išvados

Dabar Lietuvoje turimos visos galimybės ne tik auginti, bet ir apdoroti pluoštinius augalus. Per 4 šio projekto rengimo metus padėtis augalininkystėje ženkliai pasikeitė – 2014 m. sausio 1 d. legalizavus pramoninių – nenarkotinių kanapių auginimą Lietuvoje, ūkininkai atakuoja klausimais ir paieškomis norėdami naudingai panaudoti kanapių stiebo dalis, kurios nuėmus sėklų derlių, kaip atliekos užkasamos žemėn arba sudeginamos laukuose. Šiuo metu (dar 2016 m.) Lietuvos pramonė pasiruošusi realizuoti tik pluoštinių augalų sėklas (maistui, kosmetikai bei medicinai). Vertingi pluoštiniai stiebai užariami laukuose arba, geriausiu atveju, panaudojami biokuro gamybai. Tokios neefektyvios biomasės realizavimo perspektyvos suvilioja tik mažą dalį ūkininkų, o, verta priminti, Lietuvoje turimas 1 milijonas ha, tinkamų augalininkystei žemės plotų.

2.5. Biomasės ruošimas

Kauno kolegijos laboratorinėje bazėje

Tyrimas Nr. 5

Tyrimo tikslas

Išbandyti tyrimo nr. 4 metu gautus linų, dilgėlių ir kanapių smulkinius, papildomai smulkinti vandeninėje terpėje iki tinkamos biomasės konsistencijos plaušų plokštei šlapiuoju būdu gaminti.

Tyrimo reikšmingumas

Ieškant galimybių, iš turimų E. Zieringio ūkyje paruoštų linų, dilgėlių ir kanapių stiebelių smulkinių, išbandyti gaminti konstrukcines medžiagas, tinkančias interjero dizaino ekoobjektams gaminti, pirmiausiai Lietuvos mastu rasta galimybė pagaminti plaušų plokštės

prototipus. Anksčiau atliktų tyrimų metu (žr. sk. 2.1. – 2.4.) paaiškėjo, jog ekologiškas lakštines medžiagas gaminti galima taikant medienos plaušų plokštės gamybos technologiją. Teoriškai išstudijavus bei pasikonsultavus su plokščių gamybos UAB *Baltwood* technologais, iškelta prielaida, jog nedidelius, bandymams skirtus, pluoštų kiekius įmanoma susmulkinti ir laboratoriniais smulkintuvais. Nei plaušų plokščių, nei popieriaus gamybos laboratorijų Lietuvoje nėra, todėl bandymai atlikti maisto žaliavų apdorojimo technologijų laboratorijoje Kauno kolegijoje.

Tyrimo metodai

Pluoštinių augalų biomasės smulkinimas skirtingų tipų laboratorine įranga maistui ruošti. kurioje buvo galimybės smulkinti plaušų masę įvairių tipų žaliavos smulkinimo įranga (mėsos kapojimo mašina, augalinių produktų smulkintuvais bei plaktuvais).

Tyrimo eiga

Sausi smulkinti linų, dilgėlių bei kanapių stiebai (~ 20-30 mm ilgio) maišomi su vandeniu (proporcija 1:1,5) ir apdorojami:

1. plaktuvu, skirtu augalinės žaliavos masei smulkinti iki tirštos biomasės. Plaktuvo tipas su besisukančiais forminiais ašmenimis (galingumas 0,6 kW (2.5.1 pav.));
2. plaktuvu, skirtu augalinės žaliavos masei smulkinti iki skystos biomasės. Plaktuvo tipas su besisukančiomis vertikaliomis sparninėmis mentėmis (galingumas 1,5 kW);
3. smulkintuvu, skirtu mėsai apdoroti, pjaustant į smukesnes dalis (gal. 1,1 kW (2.5.2 pav.).



2.5.1 pav. Pluoštų smulkinimas plaktuvu



2.5.2 pav. Pluoštų smulkinimas mėsos kapokle

Tyrimo išvados

Linų, dilgėlių ir kanapių pluoštą vandeninėje terpėje galima smulkinti tik su tokio tipo smulkinimo įranga, kurioje smulkinimo peiliai veikia kapojimo principu. Besisukančias įrenginio sparnuotės mentes pluoštas, ypač kanapių, apveja ir sustabdo, sulanksto arba sulaužo.

Apdorojamą žaliavą pavyko susmulkinti iki 0,5-5 mm ilgio plaušelių vandeninėje terpėje. Tolimesniems bandymams – plaušų plokštės gamybai – paruošta po 30 litrų kiekvienos rūšies augalinės biomasės.

2.6. Eksperimentinė konstrukcinių medžiagų gamyba AB Grigiškės

Tyrimas Nr. 6

Tyrimo tikslas

Išbandyti galimybę konstrukcines medžiagas iš linų, dilgėlių ir kanapių biomasės gaminti pramoniniu būdu, pritaikant medienos plaušų plokštės gamybos technologiją.

Tyrimo reikšmingumas

Panaudojant augalinės kilmės pluoštą ir spalius galima atpiginti plokščių gamybą. Pavyzdžiui, naudojant spalius nereikalingas papildomas jų smulkinimas, nes šių smulkinių matmenys atitinka plokščių gamybai keliamus reikalavimus. Spaliai gaunami kasmet, skirtingai nei mediena, kurios užauginimui reikalingi dešimtmečiai. Pluoštinių augalų derliaus nuėmimas ir perdirbimas vykdomi rudenį. Būtent tada, kai dėl medienos transportavimo sumažėja medienos ruošą (drėgmė, šlapi keliai ir pan.). Todėl rudenį gautus spalius panaudojant plokštės ar kompozitinių medžiagų gamybai galima būtų kompensuoti medienos trūkumą.

Antras svarbus kriterijus, kuris įtakoja įmonės pasirinkimą bandymams atlikti yra tai, kad kuriant bet kokio tipo ekoobjektus, vienas iš ekologiškumo kriterijų yra esamos arba adaptuotos gamybinės bazės panaudojimas jo gamybai. Taigi, rengiant šį meno projektą ieškota galimybių visų tipų kuriamus objektus gaminti funkcionuojančiose gamybinėse Lietuvos įmonėse.

Tyrimo metodai

Bandymai buvo atliekami UAB *Baltwood*, AB *Grigiškės*¹²⁷ Medienos plaušų plokštės gamybos departamento laboratorijoje.

Bandymai atlikti taikant standartą LST EN 622-1:2004 (LST EN 622-1:2004-12) Plaušų plokštės. Techniniai reikalavimai. 1 dalis. Bendrieji reikalavimai.

2.6.1. Gamyba iš neslegiamos papildoma jėga plaušų biomasės

Išbandant plaušų sukibimo galimybes, pirmiausia per filtravimo popierių buvo nuvandeninta plaušų masė, neslegiant jokia papildoma jėga. Drėgna masė buvo džiovinama kaitinant po džiovinimo lempa, iki medžiaga pasiekė 5 – 6 % santykinę drėgnį.



A

B

2.6.1.1 pav. Linų, dilgėlių ir kanapių pluoštų bandiniai, gauti nuvandeninus ir išdžiovinus plaušų masę. A- bandinių vaizdas iš šono, B – vaizdas iš viršaus

Gauti ~ 2-3 mm (iš 10-12 mm šlapios masės sluoksnio) storio, apskritos formos (dėl filtro formos, skersmuo 9 mm), skirtingų natūralių augalų atspalvių bandiniai (2.6.1.1 pav.). Bandiniai mažo tankio (lengvi), standžios formos, lengvai lūžtantys specialiai juos laužiant, tačiau savaime nėra trapūs ir gerai išlaiko suteiktą formą. Iš gautos medžiagos gali būti gaminami šviestuvų gaubtai, dekoratyvūs interjero elementai ir panašūs, ne nešančios konstrukcijos gaminiai.

¹²⁷ Nuo 2016 m. įmonių pavadinimai pasikeitė į *Grigeo Grigiškės* bei *Grigeo Baltwood*.

2.6.2. Gamyba iš karštais presais slegiamos plaušų biomasės

Bandymo metu vyko eksperimentinės plokštės gamyba iš linų, dilgėlių ir kanapių plaušų vandeninės masės, pritaikant medienos plaušų plokštės (MPP) gamybos šlapiuoju būdu technologiją (2.6.2.1 pav.), kurios metu suformuojamas standartinis 3,2 mm storio lakštas.

Kadangi eksperimentinės žaliavos turėta tik 60 l (po 30 l kiekvienos rūšies biomasės), nebuvo jokių galimybių išbandyti visą MPP gamybos procesą. Gaminant MPP, vienos iš pirminių gamybos operacijų apdorojant plaušus ir paruošiant biomasę atliekamos refineriuose bei defibreriuose (žr. sk. 1). Kad operacijos įvyktų šiuose įrengimuose reikalinga 860 m^3 (3 % koncentracijos) biomasės, išgaunamos iš $\sim 25,8 \text{ t}$ sausos smulkinių masės.¹²⁸

Taigi, eksperimentui įvykdyti, nutarta praleisti pirmines operacijas ir pradėti nuo biomasės sausinimo velenais. Tuo tikslu paruošti linų, dilgėlių ir kanapių „kilimų“ bandiniai pirmiausiai, ant metalinių tinklelių, rankiniu būdu suformuoti nusaustų plaušų masės $\sim 1 \text{ m}^2$, $\sim 25 \text{ mm}$ storio ploteliai (2.6.2.2 pav.). Tolygiai paskirstyta plaušų masė, kad plokštės paviršius gautųsi lygus. Lygus medžiagos paviršius priklauso dar ir nuo plaušų smulkumo – kuo labiau susmulkintas plaušas viršutiniame „kilimo“ sluoksnyje, tuo lygesnis plokštės paviršius gaunamas galutiniame rezultate.



2.6.2.1 pav. Medienos plaušų plokštės gamybos linijos fragmentas

¹²⁸ Iš šio kiekio pagaminama $\sim 9000 \text{ m}^2$ plokščių.



2.6.2.2 pav. Linų, dilgėlių ir kanapių plaušų paskirstymas formuojant „kilimus“

Suformuoti plaušų masės „kilimai“ talpinami į nuvandeninimo presą, kuriame velenais spaudžiama pluoštų masė (2.6.2.3 pav.). Ji nusausinama ir taip paruošiama plaušų plokštės formavimui.



A



B

2.6.2.3 pav. Plaušų masės „kilimo“ nuvandeninimas veleniniu presu.
A – operacijos vaizdas iš šono, B – vaizdas iš priekio

Nusausinti plaušų masės „kilimo“ ploteliai (2.6.2.4 pav.) įklojami į išpjautas atitinkamo dydžio ertmes presavimui paruoštame MPP „kilime“ (2.6.2.5 pav.).



2.6.2.4 pav. Nusausinti plaušų masės „kilimai“



2.6.2.5 pav. Į medienos plaušų plokštės „kilimą“ talpinami linų, dilgėlių ir kanapių plaušų masės „kilimai“



2.6.2.6 pav. Plaušų masės „kilimai“ slegiami daugiatarpiniame prese, formuojamas plaušų plokštės lakštas

Suformuotas eksperimentinis plaušų masės „kilimas“ transportuojamas į daugiatarpį presą, kuriame plokštės slegiamos 7 min. ciklu, 200 t jėga, 250° C temperatūroje (2.6.2.6 pav.). Išgarinama likusi drėgmė, suformuojamas ištisinis plaušų plokštės lakštas.

Gauti šlapiuoju būdu pagaminti medienos plaušų plokštės gamybos technologiją pritaikant linų, dilgėlių ir kanapių pluoštų plokštės eksperimentiniai pavyzdžiai (2.6.2.7 pav.).

Dėl nepakankamai susmulkintų pluoštų, 7 minučių presavimo nepakako – nespėjo išgaruoti visa ilgesnio plaušo drėgmė ir dėl to, pavyzdžiui, dilgėlių bandinio vidurinė dalis lipo prie tinklelio.



2.6.2.7 pav. Daugiatarpiniame prese suformuotas eksperimentinis plaušų plokštės lakštas

Pramoninio bandymo metu tiek pagrindinės gamybos gaminama medienos plaušų plokštė (MPP), tiek linų, dilgėlių ir kanapių plokštės bandiniai nebuvo šlifuojami. Viršutinis paviršius nuo poliruotų preso slėgimo plokščių gautas pakankamai lygus.



2.6.2.8 pav. Pramoniniu būdu suformuotų eksperimentinių plaušų plokščių lakštų fragmentai doktorantų darbų parodos „Akademija“ metu, 2013 m. gegužės mėn.

Gautas dilgėlių plokštės prototipas pilkšvai žalsvos spalvos (2.6.2.8 pav.), netolygi – 3,2- 3,5 mm storio plokštė, su defektais. Defektai atsirado dėl dilgėlių plaušelių fizinių savybių – plaušelis labai skirtingas tiek ilgio, tiek ir skersmenų per jo ilgį pasiskirstymu.

Konstrukcinė medžiaga gaunasi netolygi, celiuliozinis tinklas trūkinėja arba plaušeliai sukimba į gumulėlius. Dėl šios priežasties eksperimentinis ilgėlių plokštės prototipas tam tikruose plokštės fragmentuose, kur plaušai susivėlę į gumulėlius, per standartinio 7 min. spaudimo režimą nespėjo išgarinti vandens. Dėl to lipo prie tinklo ir atkeliant preso plokštę atplysdavo nuo plokštės. Technologų sprendimu, to nebūtų atsitikę, jei ilgėlių biomasė būtų buvusi susmulkinta vandeninėje masėje pramoniniu būdu, t.y. jei biomasė būtų kokybiškai paruošta.

Linų plokštės prototipas (2.6.2.8 pav.) – be ryškių defektų, gelsvai rusvos spalvos, blizgaus paviršiaus, apie 3,2 mm storio plokštė.

Kanapių plokštės prototipas (2.6.2.8 pav.) – be ryškių defektų, rusvai balkšvos spalvos, storesnė nei linų ir ilgėlių bandiniai – 3,5 mm storio plokštė.

2.6.3. Gamyba iš karštais presais slegiamos kanapių plaušų biomasės

Kauno kolegijos Technologijų ir kraštotvarkos fakulteto pajėgomis užauginus 1 ha sėjamųjų (pluoštinių) kanapių bei E. Zieringio ūkyje įsigijus papildomą kiekį žaliavos ir ją susmulkinus, nutarta išbandyti pramoniniu būdu pagaminti kanapių plaušų plokštę atliekant visas operacijas nuo pat gamybinio proceso pradžios. *UAB Baltwood* naktinės pamainos veikla buvo sustabdyta ir pradėtas didysis pramoninis pluoštinių kanapių plaušų plokštės gamybos bandymas. Į įmonę atgabenta 5 tonos smulkintų kanapių. Jau anksčiau buvo paminėta apie stiprumines kanapių pluošto savybes. Eksperimento metu šios savybės pasireiškė visu pajėgumu – pluoštas apvijo transporterio veleną, sulankstė transporterio metalinius stūmiklius ir į tolimesnes gamybos linijos operacijas nepateko. 14 valandų įmonės mechanikai pjaustė apsivijusias kanapes ir taisė įrengimo gedimus. Nepavykus transportuoti medžiagų iki refinero, bandymas atšauktas ir nukeltas ateičiai. Susiveliančio kanapių pluošto transportavimas ilgu transporteriu į medžiagų bunkerį sukėlė problemas. Tai vertinama kaip pozityvi patirtis ateities technologijose. Nutarta ieškoti galimybių supaprastinti sausos plaušų masės transportavimą, galbūt keičiant žaliavos pavidalą į, pavyzdžiui, biomasės granules. Granulių pavidalu keliaujančios transporteriais kanapės nesukeltų pakartotino pavojaus plokštyno įrangai.

Tyrimo išvados

Atlikus bandymus, bandinių specialiai neslegiant papildoma jėga (žr. st. 2.6.1.), o leidžiant savieiga nutekėti vandeniui, bandiniai gavosi mažo tankio (lengvi), standžios formos, lengvai lūžtantys specialiai juos laužiant, tačiau savaime netrapūs ir gerai išlaikantys suteiktą formą. Iš gautos medžiagos gali būti gaminami šviestuvų gaubtai, dekoratyvūs elementai ir kiti, ne nešančios konstrukcijos interjero dizaino objektai.

Atlikus pramoninius bandymus, slegiant papildoma jėga (karštais presais, žr. st. 2.6.2.), įsitikinta, jog, linų, dilgėlių ir kanapių plaušų plokštei gaminti medienos plaušo plokštės gamybos šlapiuoju būdu technologija yra tinkama. O išbandomos plokštės kokybės pagerinimui rekomenduojama labiau susmulkinti plaušus ir plaušų „kilimą“ daugiatarpiniame prese laikyti ilgiau nei 7 min. Smulkesnį pluoštą ir paskirstyti būtų lengviau, tuomet gaminamos plokštės paviršius susiformuotų dar tolygesnis.

Atliekant kanapių plaušų plokštės gamybos bandymus (žr. st. 2.6.3.), paaiškėjo, jog įprastu MPP gamybos būdu kanapių plaušų tiekti transporteriais negalima, kadangi plaušai užvelia velenus ir laužo įrangą. Visos MPP gamybos proceso linijos išbandymui, rekomenduojama kanapių plaušą tiekti kitame pavidale, pavyzdžiui, suformavus į granules.

2.7. Eksperimentinis lenktų elementų formavimo galimybių tyrimas

Tyrimas Nr. 7

Tyrimo tikslas

Išbandyti pluošto relaksacijos (formos išlaikymo) savybes.

Tyrimo reikšmingumas

Interjero dizaino objektams kurti labai svarbu išmanyti visas konstrukcinių medžiagų savybes. Pagal ankstesniuose tyrimuose (žr. sk. 2.1.) nustatytas linų, dilgėlių ir kanapių plaušų savybes, iškelta prielaida, jog iš relaksacijos savybėmis pasireiškiančių pluoštų, galima kurti konstrukcines medžiagas ne tik lakštų pavidalu, bet ir formuoti lenktus, tūrinius dizaino objektus.

Tyrimo metodai

1. Nuvandeninta linų, dilgėlių ir kanapių biomasė formuota laboratoriniais maisto ruošimo technologijos laboratorijoje Kauno kolegijoje. Po 20 vnt. kiekvienos rūšies bandinių.

Panaudota įranga: laboratorinės rifliuoto paviršiaus karšto slėgimo plokštės.

2. Nuvandeninta linų, dilgėlių ir kanapių biomasė formuota pramoniniais konfigūruotais presais *UAB Narbutas* gamybinėje bazėje.

Panaudota įranga: Lenktų elementų formavimo presas *Средне-Уральский совнархоза нпресс- П474А*.

3. Nuvandeninta linų, dilgėlių ir kanapių biomasė formuota pramoniniu membraniniu presu *UAB Interjero elementai*.

Panaudota įranga: vakuuminis membraninis presas *JOOS VAK 3015 Heavy Line*.

2.7.1. Bandymai Kauno kolegijos laboratorijoje

Pirmasis eksperimentinis bandymas atliktas bandinius formuojant karštais prietaisais, suteikiant jiems ne lygų, bet rifliuotą paviršių (2.7.1.1 pav.). Tiriant bandinių relaksacines savybes ir tokio tipo bandymas atskleidžia plaušų sukibimo bei formos, suteiktos karštyje, išlaikymą natūraliame būvyje (atvėsus), savybes.

Pastebėta, jog plaušai ne tik sukimba, bet ir išlaiko įvairaus konfigūravimo suteiktas formas. Dar karštame būvyje susukti į ~ 30 mm skersmens ritinį bandiniai ir išsukti atvėsus, atstatydavo suformuotą ritinio formą – suveikdavo relaksacinės savybės. Tačiau bandant išsukti medžiagą ~ 8-10 kartų, forma atsistato vis mažiau, ima trūkinėti per daugiausiai įtempimų paveiktas vietas. Tai labai agresyvus bandymas ir realybėje realizuojant interjero dizaino objektus, neįsivaizduojamas, tačiau buvo būtinas įsitikinant, jog suformuotas tūrinis objektas iš linų, dilgėlių ar kanapių biomasės nepakeis savo formos, o išliks stabilus.

Mažiausiai sutrūkinėję ir atstatantys ritinio formą bandiniai iš kanapių bei linų biomasės, o iš dilgėlių ne visuomet pavykdavo suformuoti kokybišką klojinį – dėl anksčiau minėtų dilgėlių plaušų savybių (žr. st. 1.2) plaušeliai susiveldavo į gumulėlius, susiformuodavo skylės, lipdavo prie karštos formavimo plokštės.



2.7.1.1 pav. Linų, dilgėlių ir kanapių pluoštų bandiniai, bandant jų konfigūravimo galimybes, formos išlaikymo bei relaksacines savybes



2.7.1.2 pav. Pirmas iš kairės – bandinys iš pluoštų ir šiaudų mišinio, vidurinis – iš dilgėlių pluošto, iš dešinės – iš linų pluošto

Eksperimentuojant buvo atliktas bandymas ir su pluoštų mase, į kurią įmaišyta trečdalis smulkintų kviečių šiaudų. Bandinį buvo labai sunku suformuoti – nesigaudavo ištisinis klojinys. Bandiniai iš tokio augalinės masės mišinio (be jokių sintetinių rišiklių) gavosi su medžiagos trūkiais, skylėmis, susukti ritinio iš sauso ir dar karšto ruošinio (kaip kitus bandinius iš vienos rūšies pluošto) taip pat neįmanoma – medžiaga lūžta, trupa, neišlaiko įtempimų, t.y. lenktų formų, ji tiesinasi (2.7.1.2 pav.).

2.7.2. Bandymai UAB Narbutas

Kitas bandymas atliktas pramoniniu būdu biuro baldų gamybos įmonėje. Drėgna pluoštų masė nuvandeninta spaudžiant rankiniu būdu ir formuota karštu presu (presas skirtas lenktoms kėdžių detalėms formuoti (2.7.2.1 pav.), slegiantis ~ 400 kN jėga). Gauti 6 – 8 mm (iš ~ 50 mm storio šlapios masės sluoksnio) lenktų formų, pakankami lygaus, blizgaus paviršiaus bandiniai (2.7.2.2 pav.). Suteiktą formą bandiniai pilnai išlaikydavo ir neveikiant spaudimo jėgai, o bandant ištiesinti formą, spaudžiant žemyn pakilusius kraštus, medžiaga relaksuodavo ir atstatydavo suteiktą formą.



2.7.2.1 pav. Pasiruošimas formavimo darbams



2.7.2.2 pav. Lenktų formų bandiniai iš linų, dilgėlių ir kanapių biomasės, gauti formuojant karštu presu

Bandymų rezultatai – eksperimentinės (lokalių augalinės kilmės pluoštinių augalų) konstrukcinės medžiagos, buvo pristatytos parodoje „Baldai. Interjeras. Dizainas‘2013“. Būtent po šios parodos susilaukta didelio Žemės ūkio ministerijos atstovų ir žiniasklaidos dėmesio:

1. Baldžiams tai lyg skrydis į kosmosą//Verslo žinios. 2013.03.22.
<http://laikrastis.verslozinios.lt/index.php?act=mprasa&sub=article&id=60941&mode=img&z=125>
2. Baldžiams medieną siūlo keisti pigesniais pluoštais//Verslo žinios.
<http://vz.lt/article/2013/3/24/baldziams-mediena-siulo-keisti-pigesniais-pluostais> 2013.03.24.
3. Lietuvos kanapių ir linų baldai sudomino gigantę
IKEA// www.GRYNAS.lt 2013.04.16.
<http://grynas.delfi.lt/gyvenimas/lietuves-kanapiu-ir-linu-baldai-sudomino-gigante-ikea.d?id=61161275>
4. [Vereta Rupeikaitė] Pakulos – būsimi natūralūs baldai//Kauno diena. 2013.05.13.
http://kauno.diena.lt/naujienos/laisvalaikis-ir-kultura/namai/pakulos-busimi-naturalus-baldai-530175#.Uvk2R2J_uSo
5. Lietuvos idėja gali apversti baldų pramonę//Mano ūkis. 2013.05.15.
<http://www.delfi.lt/verslas/kaimas/lietuves-ideja-gali-apversti-baldu-pramone.d?id=61387645>
6. Kanapių baldų kūrėja: didesniais nuodais kvėpuojame namuose, o ne gatvėje//
www.GRYNAS.lt 2014.02.09.
<http://grynas.delfi.lt/aplinka/kanapiu-baldu-kureja-didesniais-nuodais-kvepuojame-namuose-o-ne-gatveje.d?id=63962078>.

Dar kartą pasinaudojus šios įmonės gamybine baze, aukšto slėgio karštu presu supresuota nuvandeninta pluoštinių kanapių smulkinių masė, sumaišyta su organiniais (kazeininiais) rišikliais. Gauta labai kieta, beveik neamortizuojanti konstrukcinė medžiaga. Savo pritaikomumu sulyginama su klijuotos faneros galimybėmis – suformuota ji išlaiko formą (2.7.2.3 pav.), nebūtina apdailinti nei kraštų, nei paviršių, kurie, beje, pakankamai dekoratyvūs (margi nuo smulkinių masės mišinio).



2.7.2.3 pav. Pramoniniu būdu suformuotų eksperimentinių kanapių biomasės baldinių lenktų elementų fragmentai.
Doktorantų darbų paroda „Mnemosinės ledkalnis“. 2015.04.23.-05.09.

2.7.3. Bandymai UAB *Interjero elementai*

Eksperimentai atlikti formuojant lenktus elementus, skirtus interjero ekoobjektų dizainui. Formavimui panaudotos UAB *Baltwood* pagamintos eksperimentinės linų ir kanapių biomasės plokštės. Išpjautų detalių (linų – 2 vnt. x 650 x 100 x 4 mm, dilgėlių – 2 vnt. x 650 x 150 x 4 mm, kanapių – 2 vnt. x 650 x 280 x 4 mm) plokštumos suteptos organiniais (kazeino) klijais ir sujungtos. Detalės uždėtos ant presformos, pagamintos iš medienos drožlių plokštės (MDP) ir presuotos vakuuminiu membraniniu presu.

Taikytas lenktų elementų, pagamintų iš MPP, formavimo technologinis procesas.

Išnaudojant šio preso galimybes galima pagaminti įvairesnių, technologiškai sudėtingesnių gaminių: kėdžių sėdynės ir nugarėlės, porankiai, lovų galai, lenktos pertvaros, šviestuvų gaubtai, taip pat faneruotos palangės ir stalviršiai ir kt.

Atliktam bandymui aktualūs techniniai šio preso duomenys: darbinio paviršiaus plotas 2800 x 1300 mm; maksimalus ruošinio aukštis 600 mm; maksimalus ruošinio dydis: ilgis 2200 mm, plotis 800 mm; vakuuminio siurblio našumas 40 m³/h; maksimali darbinė temperatūra apie 70°C; sukomplektuota didelio tūsumo guminė membrana. Kaitinimo gaubte presuojamų detalių sukietinimo laiko pagreitinimui, nustatoma temperatūra iki 75°C.



2.7.3.1 pav. Vakuuminiu presu suformuotų lenktų eksperimentinių biomedžiagų fragmentai. Doktorantų darbų paroda „Išsklotinė“, 2014.04.20.-05.21.

Eksperimento metu gauti apie 7-8 mm storio lenkti elementai (2.7.3.1 pav.), kurie išlaiko formą, yra tinkami apdoroti įprasta plokščių frezavimo, gręžimo, pjovimo įranga.

Kitas eksperimentas atliktas lenktą elementą vakuuminiu membraniniu presu suformavus iš linų biomasės plokštės. 900 x 900 x 20 mm plokštės lakštas prieš suklįjavimą buvo dekoruotas kiauraraščiu (2.7.3.2 pav.), išpjaustant jį lazeriu (*Golden laser JG10060*, 80 W, CO² stikliniais vamzdeliais, UAB *Plėtra*). Paveikus lakštus vakuuminiu presu, dekoras nesulūžo ir nesusibangavo.



2.7.3.2 pav. Lenktų, lazeriu dekoruotų, eksperimentinių biomedžiagų fragmentai parodos „Baltic links“ metu, 2015.06.11.-09.06. Farmleigh galerijoje, Dubline, Airijoje

Tyrimo išvados

Bandymo metu pasiektas tikslas – išanalizuoti konstrukcinių medžiagų relaksacines savybes ir įsitinkinti lenktų, tūrinių dizaino objektų gamybai tinkamumu. Biomasės gaminiai, formuoti tiek laboratorine įranga, tiek pramonine, išlaikė presavimo metu suteiktas formas ir karštame būvyje ir natūraliame (atvėsus). Remiantis bandymų rezultatais galima spręsti, jog iš linų, dilgėlių ir kanapių biomasės suformuoti lenkti elementai yra tinkami naudoti tai pačiai paskirčiai, kaip ir lenkti elementai iš MPP (žr. st. 2.7.3.).

2.8. Eksperimentinis tūrinių elementų formavimo galimybių tyrimas

Tyrimas Nr. 8

Tyrimo tikslas

Ištirti galimybes formuoti linų, dilgėlių ir kanapių plaušų biomasę tūrinių interjero dizaino ekoobjektų gamybai.

Tyrimo reikšmingumas

Atskleidus sukurtos ekologiškos biomasės galimybes iš jos formuoti ne tik plokščius lakštus, bet ir konfigūruotų formų, tūrinius objektus, medžiaga įgautų pridėtinės vertės dizaino požiūriu.

Tyrimo metodai

Galimybių studija formuoti linų, dilgėlių ir kanapių biomasę konfigūruotomis presformomis atlikta UAB *Vinapack* (Lietuva), *Homag Group AG* (Vokietija), *Biesse Group* ir *ESM Group Inc.* (Italija).

Galimybių studija formuoti kanapių biomasę įmonėje pagamintu kuro briketavimo presu UAB *UMP* (Lietuva).

2.8.1. Galimybių tyrimas UAB *Vinapack*

2012 m. Lietuvoje nebuvo nei vienos įmonės, galinčios formuoti smulkinių masę. Tik 2014 m. vėlyvą rudenį savo veiklą pradėjo įmonė *Vinapack*, vienintelė įmonė Lietuvoje gaminanti tūrinius gaminius iš šlapios popieriaus masės. Įmonės gaminama produkcija – kiaušinių dėklai. Ir tai vienintelė nors kokia galimybė formuoti smulkinių masę (popieriaus masę tapati pluoštinių augalų smulkinių konsistencijai).

Šio meno projekto eksperimentams tūrinio formavimo galimybės labai svarbios siekiant pramoniniu būdu gaminti ne tik plokščius lakštus, t.y. plaušų plokštę, kaip ekologišką konstrukcinę medžiagą interjero dizaino ekoobjektų gamybai, bet ir forminius objektų elementus.

Laboratorijose atlikti eksperimentai smulkinant pluoštines medžiagas maisto žaliavų apdorojimui (žr. sk. 2.5.) ir formavimui (žr. sk. 2.7.1.) skirtais įrengimais teoriškai pasitvirtino. Tokia pati technologinė operacija, tik naudojant pramoninę įrangą, vyksta

popieriaus masę ruošiant kiaušinių dėklų gamybai. Pulperiuose smulkinama makulatūra, maišytuvais vandens tirpale maišoma popieriaus masė tol, kol plaušeliai susivelia, t.y. įvyksta cheminė reakcija, išsiskiria celiuliozė ir plaušeliai ima lipti (veltis). Po to šlapia masė transportuojama į vakuuminius presus, kur vakuumo pagalba iš šlapios masės ištraukiama tik popierinė masė. Preso pagalba suformuojamas gaminys, kuris transportuojamas į džiovyklas.

Šis gamybos procesas visiškai įmanomas ir naudojant ne makulatūrą, bet pluoštines žaliavas. Tik, kaip paaiškėjo bandymų AB *Grigiškės* (žr. sk. 2.6.2.) metu, negalima naudoti įrangos su velenais ar sparninio tipo detalėmis – kanapių pluoštas juos užvelia ir laužo. Eksperimentuojant su laboratoriniais maisto žaliavos apdorojimo įrengimais bandymai pavyko todėl, kad masė smulkinama besisukančių peilių pagalba – ne plakimo, bet kapojimo principu.

UAB *UMP* pulperiai veikia plakimo principu, maišant popieriaus vandeninę masę sparninio tipo mentėmis. Dėl šios techninės konstrukcijos ir patirties apdorojant linų, dilgėlių ir kanapių pluoštą, nutarta šią biomasę paruošti nenaudojant įmonės pulperių.

Šiam arba UAB *Baltwood* numatytam pramoniniam bandymui, kai nenaudojant įmonių pulperių, defibrerių ir rifainerių, kur biomasė veikiama tol, kol įvyksta celiuliozinė jungtis, pluoštus iki reikiamos konsistencijos išsmulkinti galima būtų kita įranga, iš bankrutavusio J. Janonio popieriaus fabriko (Kaune) Kauno kolegijos Technologijų ir kraštotvarkos fakultetas nupirko laboratorinį įrenginį, vienu metu gebantį apdoroti 50 l vandeninės biomasės.

2.8.2. Galimybių tyrimas UAB *UMP*

Bandant atlikti pramoninį kanapių plaušų plokštės gamybos bandymą (žr. sk. 2.6.2.) nutarta pabandyti iš kanapių pluoštų formuoti granules arba briketus, kad tokius biomasės „ruošinius“ galima būtų transportuoti plokščių gamybos linija nelaužant įrangos. UAB *UMP* atliktas bandymas briketuoti pluoštinių kanapių smulkinius. Naudojant įprastą įrangą ir technologiją, nenaudojant jokių papildomų rišiklių, pavyko pagaminti tokius standžiai sukibusius smulkinių briketus (150 x 80 x 85 mm), kad nutarta pabandyti ištekinti baldinę detalę. Ištekinta baldinė kojėlė puikiai išlaikė formą. Tad galima numanyti kokios fizinės charakteristikos ir pritaikomumas tokių konstrukcinių medžiagų būtų dar panaudojus papildomus organinius rišiklius – kazeiną, mezdrų ar kaulų kljus ir pan.

Pagaminus šių eksperimentinių pavyzdžių, kaip alternatyvių ateities medžiagų pavyzdys – briketas iš kanapių biomasės, buvo pristatymas tarptautinėje technologinių inovacijų parodoje *Ligna '2015* Vokietijoje.

Tyrimo išvados

Formuoti tūrinius ekoobjektus iš augalinių pluoštų biomasės, nepridedant sintetinių polimerinių rišiklių, kol kas galimybių nerasta nei Lietuvos, nei Vokietijos, nei Italijos baldų gamybos įmonėse (šio projekto rengimo metu stažuotasi ir užsienyje, baldininkams skirtos įrangos gamybos įmonėse *Homag Group AG* (Vokietija), *Biesse Group* ir *ESM Group Inc.* (Italija)). Įvairios forminės detalės iš pluoštinių žaliavų gaminamos automobilių pramonėje, tačiau atlikti tyrimų ir eksperimentinių bandymų šios pramonės įmonėse galimybių nebuvo, o ir pritaikomumas tokius objektus gaminti Lietuvoje kol kas būtų neįmanomas, nes nei viena įmonė tokios įrangos neturi.

Naujas galimybes formuoti kanapių biomasę be jokių rišiklių atskleidė eksperimentas briketuoju šią žaliavą. Nutarta ieškoti galimybių panaudoti natūralius organinius rišiklius objektų, pavyzdžiui, kojelių, turinčių atlaikyti pastovią apkrovą, gamybai.

2.9. Gamybos technologijų tyrimas Ukrainos mokslų akademijoje

Tyrimas Nr. 9

Tyrimo tikslas

Ištirti galimybes standinti konstrukcines medžiagas iš linų, dilgėlių ir kanapių biomasės ir kanapių sėklų ekoplastiko kompozito.

Tyrimo reikšmingumas

Kanapių sėklų ekoplastikas, tai natūraliai gamtoje suyranti polimerinė medžiaga. Ieškant galimybių praplėsti konstrukcinių medžiagų iš linų, dilgėlių ir kanapių biomasės, reikia atrasti medžiagos sustandinimo papildomomis kompozitinėmis medžiagomis arba keičiant gamybos procesą. Pastaroji iki meno projekto rengimo pabaigos nebuvo aptikta, tačiau susipažinta su ukrainiečių polimerinių junginių srities mokslininkų atradimais. Tikėtasi, jog bendradarbiaujant atsiskleis galimybės gaminti plastišką konstrukcinę medžiagą, skirtą interjero dizaino ekoobjektų tūriniam formavimui.

Tyrimo metodai

Tyrimai vyko Ukrainos polimerinių junginių chemijos institute (Ukrainos mokslų akademijoje) ir Chersono nacionaliniame technikos universitete. Atlikta laboratorijose sukurtų kompozitinių medžiagų sudėties bei savybių tyrimų analizė.

Tyrimo eiga

Nors Ukrainoje žemas pragyvenimo lygis, o dabar ypač bloga socialinė padėtis dėl politinio susiskaidymo ir karo stovio, šalies mokslininkai dirba toliau. O moksliniai tyrimai Ukrainoje pažengę ganėtinai toli ir pasimokyti iš jų atvažiuoja net iš tokių Europos šalių, kaip Prancūzija.

Sėjamoji kanapė visai be narkotinių ir psichotropinių medžiagų (tetrahidrankanabinolio (THC)) sukurta būtent Ukrainos Mokslų akademijos Pluoštinių augalų institute. Kitame šios akademijos padalinyje – Polimerinių junginių chemijos institute viena iš vykdomų tyrimų kryptių – poliuretanų, turinčių geras eksploatacines savybes, gavimas iš augalinių aliejų. Ypatingas dėmesys kreipiamas ir į šių medžiagų natūralų suirimą. Šio instituto mokslininkų tyrimais nustatyta, jog kanapių ir linų aliejus turi intensyvius monomeras, tinkamus naudoti polimerų chemijoje. Jų pagrindu gaunami linijiniai, plokštieji arba erdviniai polimerai, pagal reikiamą struktūrą ir atitinkamas darbinės charakteristikas. O kaip armavimo medžiagą, panaudojant kanapių pluoštą, atrandama galimybė sukurti kompozitus, turinčius geras eksploatacines charakteristikas ir šiuos privalumus: mažą svorį, atsparumą drėgmei bei mechaniniam poveikiui, lengvą perdirbimą. Tokie kompozitai būtų puikios medžiagos atraminėms konstrukcijoms gaminti, t.y. puiki medžiaga baldų gamybai.

Šie pluoštiniai augalai – ypač linai ir kanapės, tai tradiciniai ir Lietuvos, ir Ukrainos ūkininkų ilgą laiką puoselėti pramoniniai augalai. Augaluose yra trijų tipų, ūkyje visais laikais vertintos, naudingos žaliavos: spaliai, pluoštas ir sėklos.

Vis pranašesniu ne tik kaina, bet ir naujai atrandamu panaudojimu, tam tikromis savybėmis sintetinius pluoštus gerokai lenkiantis tapo kanapių pluoštas. Pramoninėse kanapėse nėra psichotropinių medžiagų, dėl to jos nėra pavojingos žmogaus sveikatai. O panaudojimo galimybės labai įvairios ir produkcija yra labai paklausi – kosmetikos priemonės, maisto, tekstilės gaminiai, medicinoje naudojami produktai ir kt. Dabar kanapių pluoštas vis dažniau naudojamas kaip armuojanti medžiaga kompozitų gamyboje.

Ne tik linų ir kanapių pluoštas, bet ir spaliai, dėl fizinių-mechaninių ypatumų bei pigumo, yra tinkami įvairių medžiagų gamybai. Efektingiausias spalių pritaikomumas yra kompozitinių medžiagų gamybai, naudojamų statybose ir baldų pramonėje. Spalių

panaudojimo, kaip kompozitinių medžiagų užpildo, efektingumas pasiekiamas dėl šių savybių:

- spalčiuose yra daug atsparių cheminių junginių – lignino, celiuliozės, aukštos polimerizacijos pentozanų;

- spaliai, be jokio papildomo specialus mechaninio apdirbimo, sudaro pagrindinę frakciją smulkinių plokščių gamybai;

- spalių dalelių sudėtinė rišančioji medžiaga yra celiuliozė, todėl dalelės geba susiklijuoti be papildomų rišiklių. Pluoštas spalčiuose išsidėstęs išilgai dalelės struktūros, ko nepastebėta kitų rūšių žaliavoje. Spalių paviršius lygus, mažai poringas, vandeniui nepralaidus. Šios dalelės nėra stambios, dėl to ir iš jų gaminamų plokščių paviršius gaunamas pakankamai lygus be papildomo apdirbimo, pavyzdžiui, šlifavimo arba apdirbant jį tik labai nežymiai. Dėl dalelių smulkumo galima labai standžiai, be oro tarpų, jas sudėlioti ir klijuoti be klijų „tiltų“, kas įtakoja kompozitinių medžiagų teigiamas charakteristikas.

Armuojančias medžiagas kompozituose iš augalinių žaliavų kurti pramonė suinteresuota dėl šių charakteristikų: ekonominio efektyvumo, stiprumo ir standumo tempiant, galimybės pakeisti medienos ir sintetinius pluoštus, galimybės trumpinti plastikinių gaminių suirimo laiką, mažinti gaminių svorį, dėl žaliavos išgavimo bei apdorojimo paprastumo, gaminių kokybės stabilumo ir ekologiškumo.

Linai, išauginti Vakarų Europoje sumedėja iki 20 %, o išauginti Ukrainoje iki 40 – 60 %, todėl yra žymiai tvirtesni. Tekstilės pramonei Ukrainoje linų panaudojimo efektyvumas siekia vos tik 30 % (ilgo pluošto panaudojimas), o net iš 70 % (trumpo pluošto) gaminamos techninės ir pakavimo medžiagos (maišiniai audiniai, pakulos ir pan.). O aliejinių linų stiebai po to, kai nuimamos sėklos aliejui, yra iš viso nebepanaudojami. Lietuvoje ta pati situacija susiklostė legalizavus pluoštinės kanapės auginimą – nuėmus sėklų derlių ūkininkai neturi kaip ir kur realizuoti augalų stiebų.

Spaliai, tai sumedėjusi augalo šerdis, akyta absorbuojanti medžiaga, gali būti išgaunama įvairių dydžių dalelėmis. Išskirtinis kanapių bruožas yra tas, jog sumedėjusio augalo stiebo viduje susikaupęs didelis kiekis pluošto. Jis yra naudojamas žemės ūkyje kaip pakratai gyvūnams, kaip statybos pramonės lengvojo betono užpildas ar kaip žaliava smulkinių plokštėms. Taip pat gaminami biokuro briketai ir granulės. Tačiau šiuo metu iš augalų stiebo pašalinus pluoštą, spaliai yra tiesiog sudeginami. Naudojant šiuos smulkinius, gautus iš pirminio pluoštinių augalų perdirbimo, gaminant polimerines granules su organiniu užpildu, spalių briketus ar plokštes, atsiranda galimybė gauti naujus galutinius produktus/gaminius su naujomis vartojimo savybėmis, kurių paklausa Europos rinkoje jau žinoma (įrodyta). Iš vieno

hektaro kanapių per metus išauginama 5 - 6 m³ žaliavos, o, pavyzdžiui, iš tokio pat ploto medienos, tik 2,7-3,2 m³ žaliavos.¹²⁹

Dėl pastaraisiais metais aliejinių linų ir nenarkotinių kanapių pasėlių plėtros būtų naudinga sukurti ir įdiegti technologiją kompozitinių medžiagų gamybai. Suorganizuota naujos produkcijos pramoninė gamyba iš anksčiau nenaudotų atliekų – stambių pluoštų, pakulų ir spalų – ženkliai sumažintų žalą aplinkai, miškų naikinimą ir išplėstų konkurencingų produktų spektrą. Atliekų taikymo praktika rodo, kad eksploatacinės charakteristikos kompozitinių plokščių, pagamintų spalų pagrindu, tradiciniu technologiniu būdu, pagal charakteristiką nenusileidžia medienos medžiagų plokštėms.

Augaliniai aliejai, kaip atsinaujinančios medžiagos, gali būti naudojami kaip žaliava išskyrimui monomerų ir tolimesnei plastikų polimerizacijai. Monomerų ir polimerų, iš augalinių riebalų ir aliejų gavyba jau atrado pramoninį panaudojimą ir paskutiniai pranešimai šioje srityje žada naujas galimybes. Perspektyviausias polimerinių atliekų panaudojimas yra jų perdirbimas į antrines žaliavas. Tokiu būdu polimerai panaudojami pagal savo tiesioginę paskirtį. Antrinės polimerinės žaliavos naudojamos kartu su pirminiais polimerais, kaip savarankiški polimeriniai junginiai, o taip pat kaip matrica kompozicijai su mineraliniais ir organiniais užpildais (pavyzdžiui, pluoštais). Tai sudaro daug pigesnę žaliavų bazę, lyginant su pirminiais polimerais. Naudojant antrines polimerines žaliavas, reikia rasti balansą tarp galutinio produkto užduotų savybių ir vidutinių antrinių žaliavų charakteristikų. Tokių tyrimų pagrindinė idėja sukurti naujas medžiagas, naudojant antrines žaliavas, pavyzdžiui, polietilenas ar polietilentereftalatas.

Praktinė šio darbo reikšmė slypi resursus taupančių naujų kompozitinių pluoštinių medžiagų išdirbime, siekiant pagerinti pagamintų konstrukcinių medžiagų kokybę ir produktų konkurencingumą. Norint pasiekti tikslo dar reikia išspręsti šiuos uždavinius:

1. Rišiklių receptūrų parinkimas, užtikrinant visišką sudrėkinimą ir tolygų spalų ir pluoštų sutepimą, geras adhezijos savybes ir galutinio produkto kokybę. Šiuo atveju, gaminant baldinių konstrukcinių medžiagų rišiklius, naudojami modifikuoti poliuretanai, epoksidinės sojų dervos ir kiti natūralūs polimeriniai rišikliai. Augaliniai aliejai ir jų dariniai perdirbami į poliolių, kad kopolimerizacijoje su izocianatais, būtų gaunami poliuretanai.

2. Pagrindinių dėsnių, vykstančių tokiuose reiškiniuose, kaip paviršiaus drėkinimas ir adhezija, klijuotų junginių formavimas kompozitinėse medžiagose (iš karnienos užpildų ir rišiklių gautos polimerinės medžiagos) nustatymas ir pagrindimas.

¹²⁹ Lietuvos statistikos departamentas [interaktyvus]. LSD [žiūrėta 2015 m. rugpjūčio 25 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.stat.gov.lt/>>

3. Eksperimentinis reologinių savybių užpildams, iš augalų spalų ir pluošto, tyrimas bei modifikuotų rišamųjų medžiagų savybių nustatymas. Rišiklių suderinamumo nustatymas, palyginant skirtingų augalų rūšių pluošto ir spalų reologines savybes. Dėl reologinių ir mechaninių antrinių termoplastikų savybių galima juos naudoti gaminant konstrukcines medžiagas statyboms bei kompozitines medžiagas baldų pramonei.

4. Rekomendacijų parengimas ir viešinimas, kaip gerinti kompozitinių medžiagų gamybos technologinius procesus, naudojant augalų pluoštą ir spalį.

Tyrimo išvados

Vizito šiame universitete metu buvo sudaryta mokslininkų darbo grupė, kuri padėjo atsakyti į šiam meno projektui aktualius klausimus. Atsakymai ne tik pateisina iškeltą projekto tikslą, bet ir aprobuoja jo realizavimo reikalingumą. Šio meno projekto metu gauti rezultatai – gaminama konstrukcinė medžiaga baldų ar kitų interjero dizaino ekoobjektų gamybai, būtų aktuali ne tik mūsų šaliai, bet ir Ukrainai.

Kompozitinių medžiagų kūrimas ir jų gamybos tobulinimas yra reikalingas šaliai todėl, kad naudojant šias medžiagas kuriami įvairūs konkurencingi produktai, tenkinantys vidaus rinkos ir eksportuojamos produkcijos poreikius. Dėl nuolatos didėjančių energijos kainų, palaipsniui auga ir gamybos kaštai. Dėl šių priežasčių brangsta ir sintetiniai pluoštai, taip didindami natūralių pluoštų, ypač lino ir kanapių, paklausą.

Gaminant kompozitines medžiagas efektyviau būtų panaudojami augalų spaliai. Naudojant spalį, gautus iš pirminio pluoštinių augalų perdirbimo ir papildomus rišiklius, galėtų būti gaminami nauji galutiniai produktai su naujomis vartojimo savybėmis, tokie, kaip polimerinės granulės su organiniu užpildu, spalų briketai ar plokštės. Tokių gaminių paklausa ypatingai didelė Europos rinkoje.

Kompozitinės medžiagos iš organinių armuojančių medžiagų ir natūralių polimerinių rišiklių įgauna plastikui būdingų savybių – mažo tankio, lengva medžiaga, lengvai formuojama aukštoje temperatūroje ir išlaikanti suteiktas formas natūralioje būsenoje, lengviau skylanti mechaniškai paveikus didesne, nei eksploatacijai numatyta, jėga, tačiau perdirbama nekenkiant gamtai, kadangi visos kompozitinės medžiagos yra organinės kilmės.

Laboratoriniais bandymais Ukrainos polimerinių junginių chemijos instituto mokslininkų yra įrodyta galimybė polimerinius – ekoplastiko – rišiklius gaminti iš kanapių sėklų aliejaus. Šį ekoplastiką galima būtų naudoti kompozitinių medžiagų gamybai. Iš tokių ekologiškų ekoplastikinių konstrukcinių medžiagų galima būtų gaminti interjero (galbūt net

eksterjero?) tūrinius dizaino objektus, tačiau, dėl skirtų mokslui lėšų stygiaus, šie eksperimentai pramonės lygio nepasiekia ir kol kas nėra gaminami.

2.10. Gamybos technologijų tyrimas Pietų Afrikos Respublikoje

Tyrimas Nr. 10

Tyrimo tikslas

Ištirti augalinių pluoštų panaudojimo interjero dizaino ekoobjektams galimybes šalyje, kurioje natūralių medžiagų panaudojimo tradicijos baldininkystėje ir buities apyvokos reikmenų kūrime labai giles.

Tyrimo reikšmingumas

Sukauptos žinios apie natūralių žaliavų panaudojimą vertingos kuriant naujas konstrukcines ekomedžiagas. Mokomasi gamybos technologijų, žaliavos apdorojimo, pritaikomumo galimybių, geriausio sprendimo paieškose taikoma *know – how* žinios, įgūdžiai ir patirtis. Atliekama dizaino objektų prototipų analizė naudinga projektuojant naujus gaminius – įvertinus prototipų vaizdą, konstrukciją, medžiagų derėjimą, kainą ir kitus aktualius aspektus, padidėja tikimybė priimti geresnį projekto sprendimą.

Tyrimo metodai

Praktiniai užsiėmimai popieriaus bei šviestuvų gamybos įmonėse (*Growing Paper, The African Queen Studio*). Kanapių pluošto panaudojimo interjero dizaino ekoobjektams galimybių studija įmonėje *Hemporium*, konsultuojant įvairių konstrukcinių medžiagų gamintojui, kanapių augintojui *Tony Badden*. Augalinių pluoštų panaudojimo galimybių studija *Stellenbosch* universitete bei ekologiškoje gyvenvietėje *Lynedoch Ecovillage*, konsultuojant universiteto direktoriui, ekologiškos gyvenvietės įkūrėjui, profesoriui *Mark Swilling*. Prototipų ir naujų idėjų analizė dizaino parodose *Design Indaba* ir *Guild Design Fair*.

Tyrimo eiga

Daug informacijos apie ekologiškų produktų kūrimo ir tvarios aplinkos formavimo filosofiją suteikė Pietų Afrikos Respublikos *Stellenbosch* universiteto miestelyje įsikūrusio Tvarios plėtros instituto (angl. *Sustainability Institute*) bendruomenė. Visoje Afrikoje dabar

ypač svarbūs ekologijos ir tvarios aplinkos formavimo klausimai. Šia kryptimi vietiniai mokslininkai ir tyrėjai stengiasi panaudoti viso pasaulio pasiekimus jų socialinių problemų sprendimui.

Profesoriai iš *Stellenbosch* universiteto – *Mark Swilling* (2.10.1 pav.) – universiteto Visuomenės lyderystės mokyklos (angl. *School of Public Leadership*) Tvarios plėtros (angl. *Sustainable Development*) programos koordinatorius ir Tvarios plėtros instituto akademinės veiklos direktorius; *TsamaHub* (angl. *Transdisciplinary, Sustainability, Analysis, Modelling, Assessment Hub*) projekto doktorantūros studijoms lyderis; Atsinaujinančios ir tvarios energetikos studijų centro (angl. *Centre for Renewable and Sustainable Energy Studies*) valdybos narys; tyrėjas, vertinamas ir remiamas Nacionalinio mokslinių tyrimų fondo (NRF); Ekologiško kaimo *Lynendoch* mieste (angl. *Lynendoch Ecovillage*), kuriame realizuojamos Tvarios plėtros magistrinių studijų programa, įkūrėjas bei profesoriaus žmona – *Evelyn Gillian Swilling* (merg. *E. Annecke*) – Tvarios plėtros instituto direktorė, pagrindinė šios aukštosios mokyklos steigėja, viena iš *Lynedoch* miesto plėtros ir Ekologiško kaimo įkūrėjų. Ji daugelį metų moko veiklų organizavimo, vadybos ir vadovavimo, kai ypatingas dėmesys skiriamas visų procesų supaprastinimui, tvarumui ir aplinkosaugos etikai; dėstytojavo ne tik įvairiuose Pietų Afrikos Respublikos universitetuose, bet ir Jungtinės Karalystės *Warwick* universitete (angl. *Warwick Business School*), Jungtinių Amerikos Valstijų *Harvard* universitete (angl. *Kennedy School of Government*).

Tik pradėjus diskusiją, profesoriai kiekvienam pašnekovui užduoda savęs pažinimo klausimus. Atsakymų į pačius paprasčiausius klausimus paieška priverčia susimastyti... Dažnas, net ilgai pagalvojęs, negali atsakyti iš kur atiteka vanduo, kuriuo kasdien jis naudojasi, kur nukeliauja šiukšlės iš konteinerio, kas ir kur augina maistą, kurį jis kasdieną valgo ir kada sekanti mėnulio pilnatis, bet tikrai visi, net suskirstydami į grupes: vietinių ar užsienio, drabužių ar kitų daiktų, vardino garsius prekių *brendo* vardus ir tikrai visi galėjo išvardinti tris greito maisto restoranų pavadinimus.

M. ir E. Swilling yra parašę 448 puslapių knygą pavadinimu *Just Transitions*, už kurią ne veltui gavo visuotinį pripažinimą ir apdovanojimą. Joje griežtai pasisakoma *prieš* naujai suformuotą visuotinę aplinkosaugos politiką, kuri neatitinka globalizacijos problemų progresinio masto ir neigiamų pokyčių greičio. Autoriai turi daugybę idėjų kaip sukurti ekosistemas, nenuostolingai išnaudojant dirvožemį, vandenį, saulės energiją ir kitus gamtinius išteklius. Šiais klausimais jie ne tik rengia spaudos konferencijas, kreipdamiesi į mokslininkus ir visuomenę, kalba parlamente kreipdamiesi į vyriausybę, bet ir gyvu pavyzdžiu visam pasauliui demonstruoja savo pačių sukurtą „tvariąją“ bendruomenę. *Stellenbosch* universiteto

miestelyje jie įkūrė Ekologišką kaimą, gyvenvietę, skirtą įvairių Pietų Afrikos socialinių sluoksnių gyventojams. Pagrindinis šios idėjos tikslas – suprojektuoti gyvenvietės infrastruktūrą, sudarytą iš vėjo, saulės, vandens, nuotekų, kelių, elektros ir telekomunikacijų ekosistemų ir ugdyti bendruomenę gyventi ekologiškai, būti finansiškai bei ekonomiškai perspektyviais ir nepriklausomais. Harmonijoje gyvenantys ne tik vienas su kitu, bet ir su gamta, bendruomenės nariai mokomi užtikrinti saugią erdvę, kurioje ne tik gerą gyventi, bet ir kurti, kur sukauptomis žiniomis ir patirtimi dalinamasi su visais, norinčiais sekti jų pavyzdžiu. Šioje gyvenvietėje įsikūrę šeimos daugiausiai iš aplinkinių ūkių, kuriose auga beveik 500 mokyklinio amžiaus (iki 9 kl.) vaikai. Jiems specialiai įrengtos universalios salės ir kabinetai įvairiai kūrybinei, mokslinei bei sportinei užklazinei veiklai. Ikimokyklinio amžiaus vaikai lanko grupes, kur yra ugdomi pagal *M. Montessori* programą.

Gyvenimo būdas, naujų namų statybą ir infrastruktūros diegimas pagal vietoje sukurtas technologijas, tai praktiniai įrodymai bendruomenei, demonstruojantys ekologiško miesto sistemos funkcionavimo galimybes pavyzdį.



2.10.1 pav. prof. Mark Swilling demonstruoja iš kanapių spalių ir molio pagamintas plytas

Pietinėje Afrikos dalyje itin jaučiamas vandens užterštumas arba jo trūkumas, įvežtinių augalų invazijos keliamos problemos (jiems reikalinga daugiau vandens, nei afrikiniams), populiacijos didėjimas ir tuo pačiu vartotojiškumas. O sausoje aplinkoje sunkiai suyra daugelis dirbtinių medžiagų. Dar viena skaudi problema – žmonių skurdas ir gyvenimas lūšnynuose - *Squatter camps*. Visų šių problemų sprendimui, vyriausybė skatina ugdyti jaunimą mokslo įstaigose, kurdama naujas studijų programas bei remdama projektus, susijusius su ekologijos problemomis, vysto naujų ekologinių būstų statybą *Squatter camps* gyventojams.

Skaudžias ekologijos ir ekonomikos problemas Afrikoje spręsti padeda ir vietos inžinieriai. *Evans Wadongo* iš Kenijos (2.10.2 pav.) savo inžinerines žinias panaudojo kurdamas įvairius buities prietaisus iš daiktų, atsidūrusių šiukšlyne ir taip tapo žymiu vietos verslininku. Kaip pavyzdį nepritekliuje gyventiems žmonėms, kaip ką nors buičiai naudingo pasigaminti galima be jokių specialių techninių žinių, jis sukūrė nešiojamą žibintą, panaudojęs seną lemputę ir saulės baterijos nuopjovą. Už šią ne tik didaktinę priemonę, bet vystomą tvarią ekonomiką kaimo vietovėse, autorius gavo *CNN Heroes* apdovanojimą.



2.10.2 pav. *Evans Wadongo* ir jo sukurtas žibintas, pagarsėjęs vardu *Mwanga Bora*

Darnios plėtos ir ekonomikos problemas spendžiantis menininkas, vardu *Quazi*, imituodamas akmeninius ar medinius interjero dizaino objektus, savo novatoriškų idėjų realizavimui su malonumu naudoja perdirbamą popierių. Tačiau atraminėms ar transformuojamoms konstrukcijoms prireikia ir atsparesnių mechaniniam poveikiui medžiagų, tuomet didžiausi lobynai atrandami išmestų daiktų laužyne (2.10.3 pav.).

Quazi sukurti objektai ne tik *Squatter camps* gyvenvietėse realizuojami buitės rakandai, jie pristatomi visam pasauliui, atskleisdami tris Afrikos dizainerių gebėjimus – galvoti apie tai, kas „tau po kojomis“, gebėjimą improvizuoti bei funkcionaliai pritaikyti.



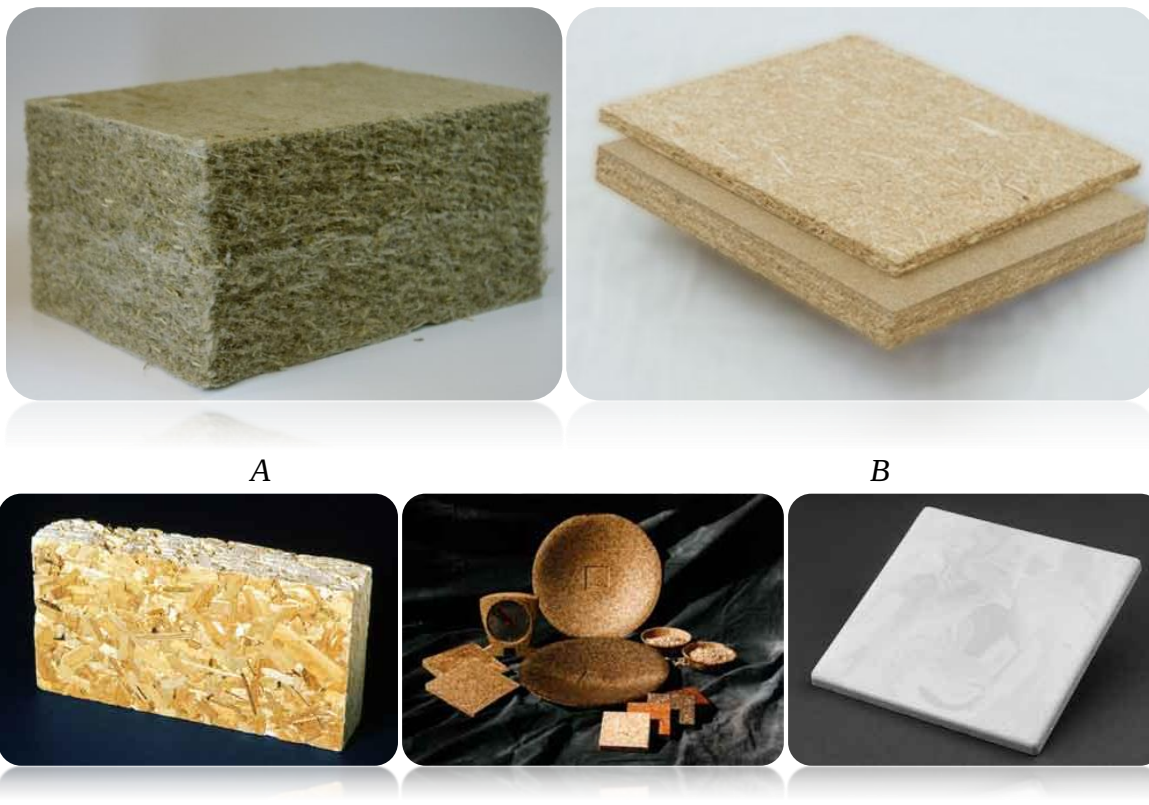
2.10.3 pav. *Quazi* sukauptas atliekų laužynas ir jo sukurti dizaino objektai

Kad socialiai remtinai bendruomenei galima sukurti ekologiškas gyvenvietes, kurių eksploatacija būtų visai nebrangi, o priežiūra labai paprasta, vyriausybei bando įrodyti ir kanapių augintojas bei statybinių, baldinių, tekstilinių ir kitų medžiagų gamintojas, įmonės *Hemporium* įkūrėjas *Tony Budden* (2.10.4. pav.).



2.10.4 pav. Tony Budden I-ame PAR name iš kanapių dalinasi žiniomis apie galimybes apdirbti pluoštines kanapes bei gaminti įvairių ekologišką produkciją

Tai ūkininkas ir mokslininkas, savo švietėjišką veiklą pradėjęs 1996 m. Jo rankomis pastatymas I-asis PAR natūraliai „kvėpuojantis“ kanapinis namas, kuriame nepelija sienos, tekstiliniai gaminiai pagaminti iš natūralių pluoštų, o baldai iš pluoštinių smulkinųjų plokščių ir kanapių pluošto minkštinančių neaustinių medžiagų. T. Budden siekia šviesti žmones apie kanapių potencialą, nuolat jiems siūlydamas paties sukurtus inovatyvius produktus (2.10.5. pav.). Jo tikslas skatinti pramoninių kanapių, kaip ekologiškos žaliavos pasėlių, auginimą ir naudojimą įvairiose Pietų Afrikos pramonės šakose.



2.10.5 pav. Produkcija iš kanapių: A – izoliacinė medžiaga, B, C – smulkinųjų plokštė, D – indai, E – „keramikinė“ plytelė

2014 m. Keiptaunas (angl. *Cape Town*) buvo „pasaulio dizaino sostinė“. Šia proga visoje Pietų Afrikos Respublikoje vyko dizaino renginiai. Natūralių medžiagų tradicinio bei modernaus panaudojimo objektų dizaino pavyzdžių ieškota parodose *Design Indaba* ir *Guild Design Fair*. Šių parodų organizatoriai įsitikinę, jog racionaliausi tvarių gaminių projektavimo ir technologijų sprendimai kilo būtent iš Afrikos žemyno. Pastarųjų metų šalies dizaino renginių metu pristatomos „nulinės emisijos“ idėjos. Dažniausiai tai statyboms skirtos medžiagos, kurių gamybai nenaudojama elektros ar šilumos energija ir kurios pačios neteršia aplinkos nei eksploatuojamos, nei utilizuojamos.

PAR dizaino parodoje dalyvavo ir Nyderlandų inžinieriai, pristatydami naują statybinių medžiagą iš durpių, kasamų *Weerribben & Wieden* nacionaliniame parke. Durpės yra natūraliai pelkėse susikaupiančios organinės medžiagos. Ši 100 % natūrali ir perdirbama medžiaga, iš kurios gaminami bioblokeliai (2.10.6 pav.), sėkmingai įtraukta į Nyderlandų statybos pramonę.



2.10.6 pav. Nyderlanduose gaminamų statybinių bioblokelių iš durpių pavyzdžiai

Durpės pramoniniu presu suformuojamos į standartinio dydžio blokelių, kurie išdėstomi atvirose lentynose ir džiovinami natūraliu būdu. Taikant šį džiovinimo metodą nenaudojamos nei plytų degimo krosnys, nei elektros prietaisai.

Šie bioblokeliai naudojami ne tik namų statyboms, bet ir žemių slinkimo sulaikymo konstrukcijoms, užtvarams nuo triukšmo ir pan.



2.10.7 pav. Gilberto Tethere sukonstruotas „nulinės emisijos“ šaldytuvas ZEFRA

Ūkininkas afrikietis *Gilberto Tethere* iš bambuko vytelių ir molio sukonstravo „nulinės emisijos“ šaldytuvą. Šiam gaminiui panaudotos tik vietinės turimos medžiagos ir senoji tradicinė statybų praktika. *Kabo Delgado* provincijoje, iš kurios kilęs autorius, išradus šį šaldytuvą, įvyko perversmas žmonių buityje. Kaimo vietovės gyventojai pradėjo patogiau gyventi, už šį malonumą nieko nemokėdami ir neieškodami jokios energijos.

ZEFRA šaldytuvas suprojektuotas cilindro formos, supintą bambuko stiebelių konstrukciją padengiant moliu iš vidinės ir išorinės jos pusių. Šaldytuvas turi dvi angas, sandariai uždengiamas moliu dengtais dangčiais. Konstrukcijos apačioje, saugomų produktų apsaugai nuo graužikų, įrengta kenkėjų gaudyklė.

Augalinės žaliavos naudojamos ir ekologiško popieriaus, kuris žemėse sudygs nuo popieriaus masėje slypinčių augalų sėklų, gamintojų įmonėje *Growing Paper* (2.10.8. pav.). Augalų dalys naudojamos šviestuvų gamybai dizaino studijoje *The African Queen Studio* (2.10.9. pav.). Galima vardinti daug įmonių, dirbančių su natūraliomis gamtos žaliavomis Pietų Afrikos Respublikoje. Tai šalis, verta ateities mokyklos „žaliosios“ visuomenės ugdymui, vardo.



2.10.8. pav. Dilgėlių kartono ir kanapių popieriaus pavyzdžiai



2.10.9. pav. The African Queen Studio įkūrėja Lorraine Piers ir darbuotojos šviestuvų gamybos procese

Tyrimo išvados

Siekiant atrasti įvairių galimybių panaudoti augalinį pluoštą žmogaus gyvenamos aplinkos objektų gamybai, atskleista keletas būdų gaminti „gyvą“ popierių, kuris dirvoje vėl pražįsta, gaminti pintus ar minkštus baldus, statyti namus, kurių sienos „kvėpuoja“ ir kurioms renovuoti užtenka tik vandeninių priemonių, įkurti gyvenvietes, kur savo namo statybines medžiagas gali pasigaminti pati šeima. Namus, pastatytus tik iš grynų organinių medžiagų arba natūralių kompozitų, tokių kaip molio ir kanapių pluošto blokelių, jungia nepriklausoma ekologinė infrastruktūra, kuriai nereikia miesto energijos arba vandens tiekimo. Žmonės išmokę pasinaudoti tuo „kas nieko nekainuoja“ – vandens, saulės ir vėjo – gamtos energija.

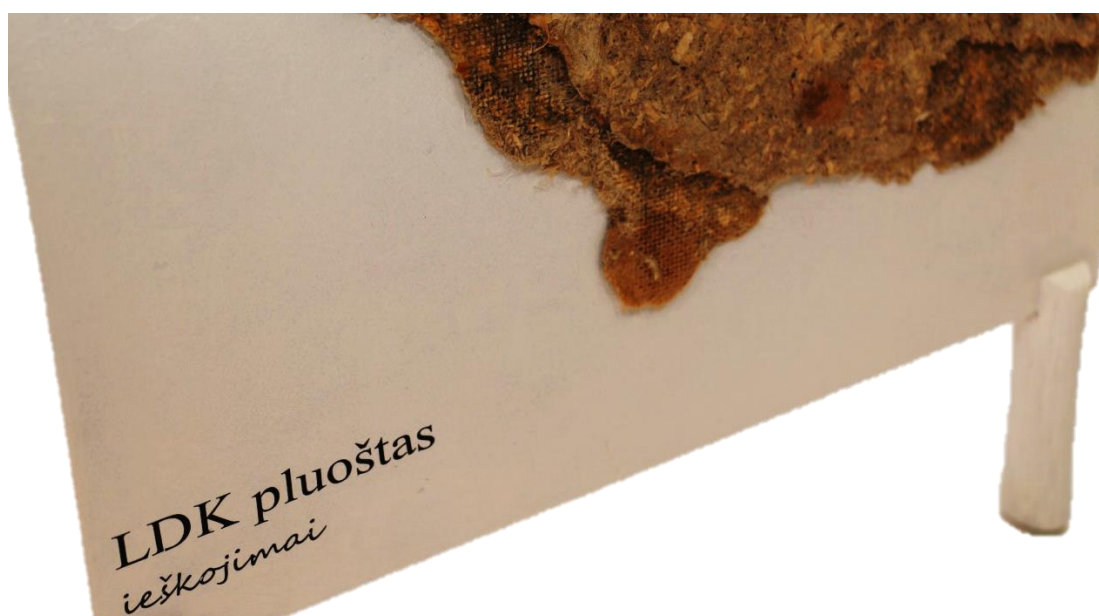
Ekologinio dizaino paieškose *Design Indaba* ir *Guild Design Fair* parodose pastebėta ta pati, kaip ir Europoje, labiau nei 100 % ekologinė, propaguojama *Trash dizaino* tendencija. Sprendimai panaudoti nebereikalingus daiktus dar kartą ir dar kartą, perkonstruojant juos ir apdailinant, puiki išeitis išplitusiam PAR varguolių pasaulio *Squatter camps* gyventojams.

Įdomu tai, jog šalyje išvystyta įvairi gamybos pramonė – nuo kalnakasybos, chemijos, audinių ir popieriaus iki automobilių, elektronikos prekių ir ginklų, bet tyrinėjant PAR dizaino pasaulį – girdimi liaudies amatų aidai. Tradicinių raštų ir spalvų gamos perteikimas šiuolaikiniuose buities objektuose grąžina į pirmą pradžią mintį, priversdama prisiminti *kas esi ir iš kur tu*. Gamtinės medžiagos, panaudotos ne pigiam interjero dekoravimui, bet

funkcionalių baldų ar kasdienių buities apyvokos reikmenų gamybai. Tačiau tai mini fabrikėlių ar privačių meistrų gaminiai. Šios šalies pramonėje nėra ekologinės baldų, šviestuvų ar konstrukcinių medžiagų masinės gamybos, o ekotechnologijos dar neišvystytos.

Nerasta konkrečių ekologinės pramoninės gamybos pavyzdžių, dizaino tendencijos nukreiptos į *Trash* dizainą, kuris neatitinka šio meno projekto tikslo (žr. sk. 2.2.), tačiau iškilų asmenybių propaguojamos tvaraus vystymosi idėjos bei visuomenėje plintanti „ekologinio požiūrio“ filosofija įkvepia tiek Pietų Afrikos, tiek kitų šalių dizainerius.

Interjero ekoobjektų iš augalinės kilmės biomasės
dizaino idėjos bei ekologiškos gamybos
technologijų pasiekimai.
Analogų apžvalga



Inga Valentinienė. LDK konstrukcinių medžiagų formavimo eksperimentai, 2011-2015

Tarpyvyriausybinių klimato kaitos komisijos (angl. IPCC) ataskaitose ir kitose paskelbtose mokslinėse studijose, nurodoma, kad didžiausią įtaką klimato sistemai daro antropogeninės kilmės medžiagos¹³⁰. Lyg atsiliepdami į šią žinią vis daugiau dizainerių dirba propaguodami ekologinio dizaino idėjas. Nuolatiniai pokyčiai, nauji kūrybiniai darbai ir tyrėjų veikla paskatino atlikti gilesnę artimų šio meno projekto tematikai darbų ir tyrimų analizę. Ji vertinga įvertinant mokslo ir technologijų pažangą bei įsivertinant šio projekto tyrimų ir darbų teisingą kryptį bei aktualumą. Per ketverius šio meno projekto rengimo metus situacija pastebimai gerėjo. Dizaineriams ir chemijos, sintetinių polimerinių medžiagų, baldų, plokščių gamybos pramonės inžinieriams suvienijus jėgas, vykdomi aktyvūs tiriamieji darbai, atrastos naujos konstrukcinės medžiagos ir nauji technologiniai procesai ekologiškai gamybai. Atsiranda vis daugiau ekoobjektų pavyzdžių, pagamintų iš inovatyvių, savaime gamtoje yrančių, medžiagų – biopolimerų, biopluoštinių plokščių, bioplastiko. Randama vis daugiau būdų biologinės kilmės smulkinius suklijuoti natūraliomis augalinės kilmės rišančiosiomis medžiagomis.

Žmonių ūkinė veikla didina atmosferos šiluminę taršą: didėjanti išmetamųjų šiltnamio efektą sukeliančių dujų koncentracija stiprina natūralų šiltnamio efektą ir daro lemiamą įtaką vidutinės pasaulio oro temperatūros kilimui. Atsižvelgiant į tai, vis dažniau konstrukcinių medžiagų gamybai panaudojamos vietinės biomedžiagos, statomi fabrikai šalia augalininkystės ūkių ir taip mažinami žaliavų ir pagamintų produktų transportavimo atstumai, taupomas kuras, mažinamas CO² išmetimas į atmosferą.

Pastaruoju metu organizuojamos konferencijos ir diskusijos apie ekologiškų medžiagų, tokių kaip stiklo ir anglies kompozitų gamybos procesų tobulinimą bei pritaikomumo plėtrą. Verslo atstovų nuomone, nėra geresnio būdo supažindinti visuomenę su nauja medžiaga, kaip panaudojant jas baldų dizainui. Baldai, kaip tarpinė grandis, sąveikaujanti tarp žmogaus ir informacijos, užkoduotos medžiagoje. Dėl šios priežasties dizaino parodose vis dažniau galima aptikti naujų konstrukcinių medžiagų standus, vis daugiau pranešimų išgirsti ne tik specialybinuose, bet ir politiniuose, ir švietėjiškuose mokslo populiarinimo renginiuose.

Džiugina faktas, kad ekologinio dizaino objektai atlieka ne tik tiesioginę praktinę buities objekto funkciją, bet ir vykdo švietėjišką misiją. Daugelis autorių, pasakodami apie savo kūrybos procesą, pamini norą perteikti idėją keistis ir gyventi kitaip kartu su sukurtais objektais.

Sakoma „lengva būti kitokiu, bet sunku būti geresniu“, tačiau bene visi šioje meno projekto dalyje paminėti dizaineriai už ekologinio dizaino sprendimus bei alternatyvių

¹³⁰ Mūsų šalyje priimtas Lietuvos Respublikos Seimo Nutarimas „Dėl nacionalinės klimato kaitos valdymo politikos strategijos patvirtinimo“. 2012 m. lapkričio 6 d. Nr. XI-2375.

konstrukcinių medžiagų išradimus ir tvarumo filosofijos palaikymą yra gavę visuotinį pripažinimą ir tarptautinius apdovanojimus, tokius kaip Red Dot, Geneva Invention Award, WIPOAward, Pentaward ir kt.

Ekologinio dizaino šalininkais tapo garsios baldų kompanijos, tokios kaip Magis (naudojama „skystos medienos“ technologija, 2011), Calligaris (taip pat naudojama „skystos medienos“ technologija, 2012), Cartell ir Emeco (palaipsniui diegia ekologiškas technologijas). Pasaulinio garso dizaineris Philippe Starck bendradarbiauja su garsiomis kompanijomis, perteikdamas ekologinio dizaino žinias ir savo patirtį įmonėms, kuriose jau naudojamos celiuliozinės medžiagos, kurių konstrukcija vis dar standinama naudojant polipropileną.

Šiame meno projekte aprašomos tik iš augalinės biomasės gaminamos konstrukcinės medžiagos. Vertėtų paminėti, jog ekologų palaikymo ir paskatinimo verti dizaineriai, dirbantys ir su popieriaus biomase ir kamštienos žaliava. Taip pat vertos dėmesio perspektyvios įmonės, gaminančios ekologiškas konstrukcines medžiagas, kai naudojamas austinis tekstilinis armuojantis audinys. Pavyzdžiui kompanijos: Studio Aparte – iš dilgėlių audinio, The Green Age Zeitgeist – iš kanapių audinio, Nicolas Malaquin, Roger Bateman – iš linų audinio.

Biomedžiagų iš augalinių pluoštų, ypač iš linų ir kanapių, daugėja. Lengvos ir patvarumu pasižyminčios alternatyvios medžiagos turi daug žadančių ateitį. Tai įrodo tokių projektų skatinimas Europoje. Švedijoje parengtas bioinovacijų projektas, skirtas moksliniams tyrimams su medienos bei augalų pluoštais atlikti. Šiais tyrimais siekiama išvystyti vietinę tekstilės pramonę, kuriai būtų panaudota vietinių pluoštų biomasė ir pritaikytas biologinės kilmės išvystytos tekstilės gaminių perdirbimo mechanizmas. Šiam projektui skirtas 45,4 milijonų SEK (maždaug 5.000.000 Eurų) biudžetas. Mokslinių tyrimų ir technologinės plėtros (MTTP) projektų organizacija pirmą kartą iniciavo tokio finansavimo skyrimą, tikėdama projekto strategijos reikalingumu – patrigubinti natūralių pluoštų paklausą. Iki 2050 m. tikimasi atrasti būdus išgauti vis didesnę pluošto kiekį, plėsti pluošto turinčių augalų auginimo teritoriją bei išvystyti tvarios biologinės tekstilės gamybą¹³¹.

Šie pavyzdžiai skatina kuo giliau ir efektyviau tirti, atrasti ir panaudoti mus supančios aplinkos turtus. Pradėjus rengti šį meno projektą nebuvo ne pusės šioje dalyje aprašytų ekoobjektų pavyzdžių. Lygiagretus idėjų augimas skirtinguose pasaulio kampeliuose, atskleidė atsiradusią bendrinę nuojautą, kad tai, ką padarėme ne taip, galima pataisyti, o tam skirtos priemonės ir įrankiai kiekvienam savos ir slypi jo paties aplinkoje.

131 Swedish project to create wood or recycled bio-based based textiles [interaktyvus]. RMG Bangladesh [žiūrėta 2016 m. kovo 2 d.]. Prieiga per internetą: <<http://rmgbd.net/swedish-project-to-create-wood-or-recycled-bio-based-based-textiles/>>

3.1. Bendros išvalgos vertinant ekoobjektų dizainą

Technologinis konstrukcinių ekomedžiagų „lankstumas“ geriausiai atsiskleidžia per kuriamų objektų formą. Žemiau pateiktuose pavyzdžiuose matyti, kad dizaineriai dažnai renkasi kone primityvų ar etninį interjero objektų atkartojimą (žr. pav. 3.2.3). Tačiau taip pat ne retai sutinkamas ir modernistinės „klasikos“ mėgdžiojimas (žr. pav. 3.7.1, 3.7.3) ar net mėginimas žaisti geometrinėmis formomis bei futuristinėmis nuojautomis (žr. pav. 3.3.1, 3.5.1, 3.10.1). Visi šie dizaino sprendimai nūdien yra inovatyvūs, o kartais ir provokuojantys. Tai ypač taikytina „netašytą“ ir „teplų“ įvaizdį (žr. pav. 3.4.1, 3.6.1, 3.9.1) turintiems objektams, kurie ypatingai kontrastuoja „sterilioje“ didmiesčio žmogaus gyvenamojoje aplinkoje.

Ekobaldų dizaine įžvelgiamas natūralių spalvų, gamtos, žemės tonų dominavimas, taip pažymint naudojamos medžiagos autentiškumą. Atsiradęs dinamiškumo poreikis kai kuriuose objektuose kuriamas per ryškesnių spalvų įvedimą į kompoziciją (žr. pav. 3.11.2), tačiau tai daroma atsargiai ir subtiliai. Stengiamasi nepažeisti perteikiamos „eko-žinutės“ balanso. Verta paminėti, kad natūralios ir dirbtinai sukurtos spalvos derinimas leidžia pajusti ne tik technologinį, bet ir estetinį ekoobjekto pritaikomumą modernioje erdvėje.

Vizualaus įtaigumo padeda pasiekti kontrastuojantys produktų komponentų paviršiai. Čia šiurkšti tekstūra komponuojama su glotnia bei tolygia medžiaga, taip tarsi kuriant taurią civilizuoto žmogaus ir jo laukinės prigimties darną. Taip pat, dažnai sąmoningai siekiama sukurti kontrastą naudojant kitas papildomas, taip pat natūralias, bet ne augalinės kilmės (žr. pav. 3.10.2), medžiagas. Toks, „mažiau ekologinis“, kūrybinis posūkis leidžia manevruoti kur kas platesniame vizualumo lauke. Tačiau kaip be būtų keista, toli nuo jau klasika tapusių dizaino atradimų, taip ir nenuklystama – skirtingų medžiagų paviršiai taip ir lieka neniveliuojami. Sunku nepastebėti, kad atviras objekto tekstūriškumo eksponavimas padeda kūrėjui sustiprinti anksčiau minėtą švietėjišką misiją ir atlieka edukacinę funkciją – demonstruoja sukurtą konstrukcinę medžiagą. Nėgana to, toks dizaino sprendimas, leidžia suvokėjui pažinti estetiką per lytėjimą.

Pasitaiko ir išskirtinių produktų, kurie savo dizaino išraiška, rodos, neturi nieko bendra su etniškumu, gamta ar primityvumu. Bioplastiko gaminiai (žr. pav. 3.8.1, 3.8.2) užpildo nišą, kurioje pilnu potencialumu geba atsiskleisti visi šiuolaikinio dizaino sprendimai gaminami iš „tradicinio“ plastiko. Glotnūs paviršiai, modernios formos, „sintetinės“ spalvos bei dar daugiau – visa ko gali prireikti urbanistiniam, technologijų ir mokslinės pažangos prisotintam interjerui.

3.2. Ekoobjektai iš augalinio pluošto biomasės ir žemių

Dizainerės iš Izraelio *Adital Ela*¹³² kūrybos filosofija yra pati artimiausia šio meno projekto įprasminimui. Menininkė, projektuodama *TERRA* kolekciją siekė sukurti realius buities objektus, kurie būtų lygiai taip pat, kaip ir žmonės – „iš dulės kilęs dulke pavirsi“ (angl. *from dust to dust*). *Adital* atidžiai studijavo senuosius gamybos būdus ir taikė inovatyvius metodus, numatydama absoliučiai tvarią jų baigtį. Ji mokėsi iš protėvių ir kūrė pavyzdžius anūkų kartai. Išstudijavusi Vidurio Rytuose – Persijoje, Irake ir Palestinoje paplitusias technologijas, menininkė pati vaikščiojo po laukus, rinkdama tinkamas medžiagas ir su malonumu juokaudavo, kad tik tapusi dizainere-rinkėja pažino gamtos siūlomų medžiagų subtilybės ir teisingą išteklių panaudojimą. Išmanydama senąsias gamybos tradicijas *Adital* daug konsultavosi su mokslininkais, kad sukurtų modernius metodus ekologiškų objektų kūrimui.

Didžiausiais paradoksais šioje istorijoje tame, jog *Adital* pačią tinkamiausią krosnelę savo kūrinių džiovinimui atrado savo senelės namuose gimtame Irake (3.2.1 pav.). Krosnelė taip pat suformuota iš žemių. Menininkė buvo sukręsta supratusi, jog žinios, kurių ieškojo svetimų šalių kultūroje, visą laiką slypėjo jos pačios šeimoje. *Adital* apgailestauja dėl to, kad šiuolaikinė skubanti visuomenė neberanda nei laiko, nei būdų, savo palikuonims perduoti gyvybiškai svarbios patirties. Ji skatina naudotis progresavusiomis technologijomis, kuriant savo aplinką ir tuo pačiu mūsų visų ateitį. Akcentuojama kaip svarbu žinias apie tai skiepyti ateinančioms kartoms.

¹³² *Adital Ela* yra ekologinio dizaino šalininkė, socialiai atsakinga verslininkė ir mokytoja. Ji yra *TED* bendradarbė, *S-SENSE* dizaino studijos įsteigėja ir generalinė direktorė. *Adital* savo profesinę veiklą skiria „žaliosios“ reformos būdų tyrimams, vizualizuodama schemas tarp žmogaus ir jo aplinkos objektų ir gamtos. Vadovaujantis šiais tyrimais ir eksperimentais vystomas ekologinis dizainas. Ji yra ekologinio dizaino dėstytoja, reguliariai skaito pranešimus konferencijose ir veda seminarus apie tvarų vystymąsi visame pasaulyje. *TED* (angl. *Technology, Entertainment and Design*) – pasaulinė švietėjiška bendruomenė, ugdanči visuomenės suvokimą ir kultūrą, siekiant gilesnio pasaulio pažinimo ir esamos situacijos įvertinimo. *S-SENSE* (angl. *Sustainable Sense*) – Tvaraus dizaino filosofiją propaguojanti dizaino studija.



3.2.1 pav. Adital savo dirbtuvėse, 2013. Izraelis

Pirmąjį impulsą *TERRA* kolekcijos sukūrimui *Adital* pajuto Indijoje, pamačius rankų darbo, saulėje išdžiovintą, iš žemių pagamintą puodelį. Visai atsitiktinai *Adital* teko stebėti, kaip įskilęs puodelis buvo sutrypiamas ir vėl sumaišomas su žemėmis. Ją sužavėjo toks utilizavimo arba perdirbimo būdas ir uždavusi sau klausimą „kaip ji galėtų panaudoti tokią technologiją?“, sukūrė pirmąjį prototipą.¹³³

TERRA kolekcijos gaminiai pagaminti iš supresuoto augalinės kilmės žemės ūkio atliekų ir žemės mišinio. Tai 100 % ekologiški objektai, kuriuos iš vietinių žaliavų, galima būtų gaminti bet kur pasaulyje. Jų perdirbimas nereikalauja jokios energijos – perdirbant nėra ką rūšiuoti, tereikia sudaužyti ir iš naujo permaišyti ruošiamą biomasę (3.2.2 pav.), o išmesti tampa natūraliu kompostu. *TERRA* organiniai objektai namuose yra kaip „gyvi“ artefaktai, unikalios kvepiantys... žeme, todėl perteikiantys artimą gamtos jausmą.

Adital Ela sukurtus ekoobjektus galima perdirbti tiek kartų, kiek norisi. Jie susmulkinami, maišomi su vandeniu ir vėl gali būti suformuoti presformose. Aukštu slėgiu supresuota žemė turi savybę savaime išlaikyti suteiktą formą, tačiau neilgam. O maišyta su pluoštais ji įgauna atsparumo įtrūkimams, dūžiams ar kitiems mechaniniams pažeidimams. Pluoštai medžiagos struktūrą veikia ne tik kaip natūralūs celiulioziniai klijai, bet ir kaip armuojantis tinklas, išlaikantis pradines, presavimo metu įgautas, formas.

¹³³ *Dust to dust: TED Fellow Adital Ela makes products from compressed dirt* [interaktyvus]. *TED Blog* [žiūrėta 2014 m. kovo 2 d.]. Prieiga per internetą: <<http://blog.ted.com/dust-to-dust-ted-fellow-adital-ela-makes-products-from-compressed-dirt/>>



3.2.2 pav. Adital ekoobjektų gamybos bei perdirbimo procesai, 2013. Izraelis

Ši *Adital* sukurta interjero ekoobjektų kolekcija (3.2.3 pav.) atrodo labai paprasta, tačiau tuo pačiu ir absoliučiai unikali. Neskaitant panaudotų medžiagų unikalumo, pats vaizdas traukia ne tik akis, bet ir rankas. Žmogus užkoduotas intuityviai liesti tai, kas minkšta, švelnu arba šilta. Šių objektų vaizdas išties vilioja dėl panašių asociacijų: „kaip šokoladinis triufelis ir molinis puodelis kavos“. O moliniai objektai, kurie dėl medžiagiškumo labai primena *Adital* kūrinius, lyg šiol su meile lydi žmogaus buitį. Tai archainis protėvių palikimas ir... deja, ryšio ir priklausomybės nuo gamtos priminimas.



3.2.3 pav. Adital ekoobjektai *TERRA* ir ruošiamos žaliavos, 2013. Izraelis

Ši kupolinė forma ne tik archainė, bet ir bioninė. Visos formos augalų ir gyvūnijos pasaulyje – sferinės, be stačių kampų. Formos paprastume slėpi ir gerai apgalvota konstrukcinė gudrybė. Kupolas – architektų manymu, pati tobuliausia forma, o inžinierių –

pati patvariausia. Tokią sferinę formą turi ir kiaušinis – nors jo lukštas plonas, jis labai tvirtas ir paukštis perėdamas jo nesutrina. Sferinę formą naudoja inžinieriai, projektuodami automobilius ar lėktuvus.

Kupolo formą primena ir eskimų iglu, ir Vidurinės Azijos klajoklių jurtas, kupolų apstu šventyklų architektūroje. Savotiško sakralumo ir emocinę vertę *TERRA* objektams suteikia tas faktas, jog žemė šių objektų gamybai iškasama Jeruzalės vietovėje.



3.2.4 pav. Adital Ela. Ekoobjektai *TERRA*, 2013. Izraelis

Abidal Ela kūrybos vizija artima šio meno projekto įgyvendinimui iškeltam tikslui – sukurti modelį, tinkantį vietinei gamybai iš turimų vietinių organinių žaliavų arba perdirbamų medžiagų, gaminti objektus vietiniam naudojimui, į kurių perdirbimą reiktų minimalių investicijų, o eksploatacija ir utilizavimas būtų visiškai ekologiškas.

3.3. Ekoobjektai iš miško atliekų biomasės

„Šiukšlėse slypi geri pinigai“ – sako įmonės *Nature's Legacy* generalinis direktorius *Peter Delantar*. Ši įmonė viena iš pirmaujančių vidaus bei sodo baldų gamintojų. Pats įmonės vadovas savo komandą vadina tvarios baldų pramonės advokatais, diegiančiais verslo etikos praktiką, modernizuoja įrangą bei technologinius procesus šalies įmonėse. Įmonė siekia ne tik išlaikyti, bet ir padidinti jų produkcija suinteresuotųjų šalių pasitikėjimą, gaminant aukštos kokybės, ekologiškus, funkcionalius ir išskirtinio dizaino produktus. Visa įmonės egzistavimo filosofija nukreipta į vartotojų socialinio ir ekologinio sąmoningumo ugdymą. Vartotojai skatinami prisidėti prie planetos išsaugojimo ir pirkti apgalvotai ir atsakingai.¹³⁴

2002 m. įmonės įkūrėjui *P. Delantar* kilo idėja inicijuoti veiklą „Švarus ir Žalias“ (angl. *Clean and Green*), kurios metu buvo tvarkomas miškas. Iškilus kalnui miško atliekų, šiam verslininkui kilo dar viena idėja – surinktas šiukšles ne sudeginti, o jas perdirbti. Taip iš kankorėžių, nukritusių lapų, šakelių ir visokių kitokių miško nuolaužų pradėta gaminti ekologiška konstrukcinė medžiaga, skirta baldų gamybai (3.3.1 pav.).



3.3.1 pav. *Nature's Legacy*. Baldų iš miško atliekų kolekcija *Naturecast*, 2012. Filipinai

¹³⁴ Įmonė metai iš metų kuria naujus ekologinio dizaino ir pridėtinės vertės gaminius, kurie atitinka pasaulinės rinkos poreikius ir reikalavimus. *Nature's Legacy* interjero dizaino ekoobjektai parduodami JAV, Japonijoje, Australijoje, Naujojoje Zelandijoje, Didžiojoje Britanijoje ir Artimuosiuose Rytuose. Bendrovė valdo 23 patentus Filipinuose, sukūrė daugiau nei 4000 dizaino prototipų ir laimėjo *Golden Shell* apdovanojimą 2004 m. už naują „revoliucinį“ projektavimo metodą.

Du metus įmonėje buvo atliekami įvairūs moksliniai tyrimai ir eksperimentai su žaliavomis, į kurias prieš tai niekas nekreipdavo dėmesio ir jos natūraliai supūdavo. Jei kas ir surinkdavo kaip miško šiukšles, tai išmesdavo arba sudegindavo. Bandymų keliu buvo pagaminta ne tik baldinė medžiaga, bet ir papuošalai ar kiti aprangos mados aksesuarai. Po tiriamojo etapo *Naturecast* prekės ženklas visuomenei pirmą kartą pristatytas Vokietijoje vykusioje namų apyvokos reikmenų parodoje *Messe Frankfurt Ambiente*.

P. Delantar įmonę pavadino „Gamtos palikimu“ (angl. *Nature's Legacy*) ir vadovaujantis įmonės politika, projektuoja ir gamina gaminius, tik iš vietinės žaliavos, stengiantis maksimaliai išnaudoti kiekvienos pačios gamtos teikiamos medžiagos vertybes.¹³⁵

Naturecast gaminių dizainas gana įvairus – nuo masyvių, vienalyčių tūrinių geometrinių figūrų iki gana elegantiškų, netgi įmantrių laužytų formų konstrukcijų. Išlaikytas didžiausias ekologinio dizaino objektų privalumas – objekto konstrukcijai naudojama vienos rūšies konstrukcinė medžiaga ir jo surinkimui nenaudojama furnitūra. Dauguma *Naturecast* baldų atrodo gana masyviai ir ypač išrankūs pirkėjai to netoleruoja. Nors pati konstrukcinė medžiaga savo vaizdu panaši į kamštieną, dėl to masyvūs objektai neatrodo tokie sunkūs. Gamintojai sugalvojo dizaino triuką, kaip dar optiškai apgauti pirkėją – vietas, kurios dažniausiai liečiamos eksploatavimo metu padengė apdailos medžiaga, kuri sustiprina baldo paviršiaus atsparumą ir tuo pačiu sudaro lengvų plastikinių medžiagų įspūdį.

Tokios dangos – blizgios ir spalvotos patrauklios daugeliui vartotojų. Tačiau ekologinės ideologijos baldai su blizgių plastikų užuominomis, vargu ar patrauklūs Vakarų pasauliui. *Naturecast* kolekcija orientuota į Rytų šalis, kurių gyventojams savotiškų spalvų derinių ir medžiagų eklektika priimtina, o netradicinių formų įvairovė sveikintina.

3.4. Ekoobjektai iš artišokų ląstelienos

Škotijos Edinburgo menų kolegijos absolventas *Spyros Kizis*, reaguodamas į globalias ekologijos problemas bei ekonomikos žlugimą gimtoje Graikijoje, išrado naują konstrukcinę medžiagą ekologiškų produktų vystymui. Alternatyvi medžiaga pagaminta iš laukinių, natūraliai Graikijoje augančių, artišokų (angl. *Artichoke Thistle*) ląstelienos. Artiškai šioje šalyje gerai pažįstami ir pripažinti kaip puiki žaliava biokuro gamybai. Konstrukcijos

¹³⁵ *Five Material Innovations* [interaktyvus]. *Nature's Legacy* [žiūrėta 2012 m. gruodžio 12 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.natureslegacy.com/>>

sustiprinimui S. Kizis augalų biomasę sumaišė su organine, iš augalų aliejaus pagaminta derva ir taip išgavo tvirtą, termiškai veikiant lengvai formuojamą, kompozitinę medžiagą (3.4.1 pav.). Tokia kompozitinė medžiaga ne tik natūraliai gamtoje suyra, bet ir ją perdirbant galima panaudoti arba naujų tokių pačių gaminių arba biokuro gamybai.¹³⁶



3.4.1 pav. Spyros Kizis. Kėdės iš artišokų ląstelių ir organinių dervų, 2015. Graikija

Spyros Kizis suprojektuotos kėdės iš tolo „šaukia“ apie ekologijos problemas. Ekologinių konstrukcijos elementų vaizdas primena daug metų propaguoto *Trash* dizaino kūrinius. Dabar žinome, šio dizaino objektai tapdavo dar pavojingesni, jeigu panaudotos kūrybai žaliavos smulkintos ir klijuotos į monolitą sintetinėmis dervomis. Tokios gamybos technologiją galima taikyti bet kokioms ūkio ar buities atliekoms, iš kurių susidaręs margaspalvis paveikslas „Šiukšlės lede“ ne visuomet patrauklus akiai.

Kaip ekologinio dizaino šalininką, autorių galima kritikuoti dėl konstrukcijos ypatumų. Išgautos kėdžių sėdimųjų dalių konfigūracijos kelia abejonių dėl funkcionalumo, o tokio tipo kojų tvirtinimas, kuris savaime yra kritikuotinas – dėl ilgaamžiškumo. Tokios konstrukcijos kėdės utilizavimui reikėtų paruošti išardant jas ir išrūšiuojant skirtingos rūšies medžiagas. Tam eikvojama daug išteklių (žmoniškųjų, elektros energijos ir pan.).

Gal būt, tai pirmieji idėjos prototipai, kurių funkcionalumas ir estetiškas vaizdas dar bus tobulinamas, bet galima nuspėti, išlieka didelė tikimybė, jog neįprastos konfigūracijos ir medžiagiškumo sėdimoji dalis vis tiek konkuruos su iš nepriekaištingos medžiagos nepriekaištingai pagamintomis klasikinėmis baldų kojomis.

¹³⁶ Chair Made Of Artichoke Pulp Could Be The Future Of Sustainable Design [interaktyvus]. PSFK 2016 Conference: Ideas That Transform [žiūrėta 2016 m. vasario 19 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.psfk.com/2013/11/artichoke-chair.html>>

Tik įsigilinus į šių objektų konstrukcinių medžiagų sudėtį apima džiaugsmas – pagaliau vis dažniau ima rasti taip ilgai laukta medžiaga, sugriaušianti sintetinių dervų anarchiją. Nuo šios minties objekto vaizdas tampa daug malonesnis, pakvimpa šiaudais ir aliejumi...

Rengiant šį meno projektą, taip pat domėtasi iš augalų aliejaus gaminamų organinių dervų gamyba ir jų panaudojimo galimybėmis. Ukrainos mokslų akademijos Polimerinių junginių chemijos institute vykdomi tyrimai išgaunant polimerinius bioplastikus iš kanapių, sojų ir kitokių augalų aliejaus (žr. sk. 2.9). Ukrainos mokslininkai įrodė, jog galima išgauti ir gaminti tokias organines dervas arba bioplastikus, tinkamus pramoninio dizaino objektų gamybai, tačiau dėl lėšų stygiaus nėra galimybių taikyti bandymų rezultatus Ukrainos pramonėje.

3.5. Ekoobjektai iš kavos pupelių biomasės

Ispanijos dizaineris *Raúl Lauri*, kavos gerbėjas, matydamas kaip kasdien bene kiekvienas vartotojas išmeta po kelis ar net keliolika šaukštų kavos tirščių, nutarė įrodyti pasauliui, kad tai nėra šiukšlės, o tikrų tikriausia „statybinė“ medžiaga pramoninio dizaino objektų gamybai.

Kava daugiausiai pasaulyje parduodamų prekių sąraše užima antrąją vietą. Kavos, ko gero, rastume kiekvieno namuose ar darbo vietoje. Tai objektas, prie kurio vyksta patys įdomiausi gyvenimo įvykiai, vystosi pokalbiai ir užmezgamos naujos pažintys. „Tai kodėl ja nepasimėgauti dažniau?“ – *R. Lauri*.

Decafé – jau patentuota konstrukcinė medžiaga (3.5.1 pav.). Tai ilgo eksperimentinio proceso, kantrybės ir entuziazmo rezultatas. Pasakodamas apie pasiekimus *Raúl* sako: „Reikia tikėti tuo, ką darai, tuomet atsiras jėgų siekti tikslo, kuris galiausiai tampa faktu“¹³⁷.

¹³⁷ *Brilliant Decafé Lamp is Made From Recycled Coffee Grounds!* [interaktyvus]. *Inhabitat* [žiūrėta 2015 m. spalio 23 d.]. Prieiga per internetą: <<http://inhabitat.com/brilliant-decafe-lamp-is-made-from-recycled-coffee-grounds/>>



3.5.1 pav. Raúl Lauri šviestuvai Zaji ir Koji S iš kavos tirščių, 2012. Ispanija

Raúl Lauri pavyko ne tik įgyvendinti ekologijos idėją, bet ir sukurti estetiško vaizdo interjero dizaino „aksesuarus“. Tai ir visiškai lakoniški – archainio varpelio formos, ir bioniniai, stilizuotą vandens gyvūną – kalmarą ar medūzą primenantys objektai. Juntamos pretenzijos į futuristinį stilių. Būtent šiam stiliui būdingos aptakios floros ir faunos figūros, be dekoru elementų, vientisos konstrukcijos objektai.

Malonus aspektas, jog nuo lempučių sklaidžiamos šilumos šyla ir *Decafé* šviestuvo gaubtas, o šildamas sklaidžia malonų kavos aromatą. Ne vienas pastebėjo, kad užuodus tam tikrą aromatą, netikėtai užplūsta prisiminimai. Vieni kvapai primena vaikystę, kiti - atostogas, tretį - kadaise mylėtą žmogų... Jei šviestuvo gaubto vidus būtų padengtas metalizuota danga tam, kad gili šviestuvo konstrukcijos ertmė nesugertų, o atspindėtų ir nukreiptų šviesos srautą žemyn, šių šviestuvų dizainą galėtume pavadinti „Saldainis auksiuke“.

Paradoksalu, tačiau ši *Decafé* medžiaga išrasta eksperimentuojant pritaikius tradicinius kulinarinius metodus. Šios medžiagos gamybos būdas laikomas paslapyje, tačiau atskleidžiama, jog kavos tirščiai maišomi su natūralia rišančia medžiaga ir presuojama aukštoje temperatūroje.

Rengiant šį meno projektą, eksperimentiniai bandymai ir medžiagos išgavimo būdai taip pat prasidėjo maisto technologijų laboratorijoje (žr. sk. 2.5 ir 2.7.).

3.6. Ekoobjektai iš jūrinių andrų biomasės

Menininkė iš Vokietijos, *Caroline Pertsch*, leisdama laiką paplūdimiuose su nerimu stebėdavo rudos masės kilimus, susiformavusius iš ant kranto išmetamų jūrinių andrų. Šis vaizdas nepatrauklus pajūrio poilsiautojams, todėl andrai surenkami ir išvežami į sąvartynus.

Bauginanti statistika – šios natūralios biomasės kasmet išmetama tūkstančiai tonų. Šis faktas įkvėpė *C. Pertsch* imtis radikalių veiksmų. Menininkė nusprendė savo pavyzdžiu įrodyti, kad tai puiki žaliava *ekologinio dizaino* projektams ir priversti vyriausybę permąstyti šį neekonomišką ir neekologišką sprendimą.

Caroline Pertsch daug eksperimentavo su jūrinių andrų biomase, kūrė įvairius būdus išrasti atsparią ir kasdieniam eksploatavimui tinkamą medžiagą. Galiausiai, augalų smulkinus sumaišiusi su natūraliomis dervomis, išgautomis iš augalų aliejaus, atrado galimybę formuoti interjero objektų elementus. Medžiaga lengva, stabili ir estetiška, iš pirmo žvilgsnio primenanti kamštinius gaminius. Galimi keli spalviniai medžiagos variantai. Skirtingai nuo kitos kilmės biomasių, jūrinių andrų sausuoliai yra kelių atspalvių, todėl juos galima surūšiuoti pagal spalvą. Autorė dizaino objektus sąmoningai projektuoja minimalistinio stiliaus ir tai daro tam, kad pabrėžtų natūralios konstrukcinės medžiagos unikalumą. Medžiaga ištis atspari mechaniniam poveikiui ir tai *C. Pertsch* demonstruoja projektuodama tik 10 mm storio kėdės sėdimosios dalies elementą (3.6.1 pav.).

Caroline savo kūrybinius projektus naudoja kaip pažintinę – edukacinę priemonę. Pagrindinė jos idėja buvo sukurti nors keletą interjero elementų, kurie būtų naudojami žmonių kasdienėje buityje ir savo vaizdu primintų apie galimas alternatyvas ateities projektams. Kartais ir nereikia didelių investicijų, ir brangių medžiagų, kad sukurtum kažką naudingo ir stebėtinai patrauklaus.¹³⁸

¹³⁸ Since 1928... Zostera Stool [interaktyvus]. Domus [žiūrėta 2016 m. sausio 04 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.domusweb.it/content/domusweb/en/news/2015/12/23/carolin_pertsch_zostera_stool.html>



3.6.1 pav. Caroline Pertsch. Kėdė iš jūrinių andrų, 2015. Vokietija

Caroline sukurtos medžiagos vaizdas gana malonus žmogaus akiai. Andrų spalva ir frakcija asocijuojasi su arbatžolėmis, kai daugelio panašaus tipo ekomedžiagų vaizdui būdinga nemaloni rusvai geltona sintetinių dervų spalva. Šios kėdės visi konstrukciniai elementai lakoniškų formų. Panaudota natūrali mediena kojų gamybai, tačiau jos su sėdimąją dalimi sujungiamos be jokios furnitūros – įlaidais, beje, kaip ir kojos tarpusavyje. Tokia kėdė net ir išmesta nepadarytų žalos gamtai – tos pačios augalinės kilmės visi konstrukciniai elementai natūraliu būdu, veikiant drėgmei, suirs ir taps nauja gamtos dalimi.

3.7. Ekoobjektai iš „skystos medienos“

Prestižinė Italijos sėdimųjų baldų gamybos bendrovė *Magis* bendradarbiaudama su garsiu dizaineriu *Philippe Starck* (3.7.1 pav.) bei jo „dešiniąja ranka“ *Eugenijus Quitllet* sukūrė naują būdą gaminti ekologišką produkciją. Kompanija panaudojo ligniną, išgautą iš medienos plaušienos ir smulkintus bambuko, lino, kanapės, džiuoto ar rotango pluoštus, kuriuose gausu celiuliozės. Šią augalinę žaliavą sumaišė su iš žuvies išgautais riebalais. Tai natūralus netoksiškas plastikas, puiki alternatyva naftos produktams.



3.7.1 pav. *Philippe Starck*. Kėdė iš „skystos medienos“, 2011. Italija

Kadangi ši kompozitinė medžiaga yra termoplastinė ir lydosi, baldinių elementų gamybos metu galima taikyti tradicinę plastikų gamybos technologiją – naudoti formas, kurios užpildomos liejant biomasę per specialius antgalius. Kitas gamybos būdas – kai biomasė presuojama auštoje temperatūroje, tuomet vyksta lydymo procesas iki kol medžiaga įgauna reikiamą formą.



3.7.2 pav. Kėdės Zartan fragmentai, 2011. Italija

Įdomu tai, kad šią ekologišką technologiją sukūrė įmonė, užimanti pirmą vietą pasaulio plastikų gamintojų sąraše. Įmonės vadovai atkreipė dėmesį, jog jų produkcija su laiku įgauna vis mažesnį patrauklumą, todėl nenorėdama prarasti aukštų pozicijų baldų gamybos rinkoje, ėmėsi ieškoti alternatyvių sprendimų.¹³⁹

Kaip konceptualaus, žaismingo ir netgi šmaikštaus baldų dizaino atstovės, *Magis* sukurta kėdė *Zartan* (3.7.2 pav.) atrodo net labai lakoniška ir solidi. Modernaus stiliaus kėdė nepriekaištingo vaizdo. Plastiškas sėdimosios dalies elementas dera su išlieta vientisa kojų rėmo dalimi. Jokių aštrių sujungimų, jokių kojaryšių, nieko nereikalingo ir stabdančio žvilgsnį. Gal tik savotiškos „petys“ rėmo viršuje, kurios tik sustiprina pasitikėjimą kėdės tvirtumu.

Kaip marketinginį triuką prekei parduoti, dizaineriai stengiasi išgauti kuo „skanesnį“, su natūraliais valgomais skanėstais susijusį spalvų derinį. Analizuojant *ekologinio dizaino* analogų sprendimus, peršasi išvada, jog patys patraukliausi ekoobjektai yra kavos ir šokolado spalvos, matinio aksomo, lyg kakavos milteliais nubarstytais, paviršiais. Kitas būdas dominuojančiai medžiagai pabrėžti ir atradimus ar kitus privalumus atskleisti – išryškinti ją baltame fone. Ir vienas, ir kitas būdas sužavėti visuomenę *Magis* pavyko. Kėdė *Zartan*, kaip įmonės inovacijų pasididžiavimas buvo pristatyta pasaulinėje dizaino parodoje Milane *Salone del Mobile* 2011.

¹³⁹ *Zartan Chair by Philippe Starck & Eugeni Quitllet* [interaktyvus]. *Hypebeast* [žiūrėta 2013 m. lapkričio 16 d.]. Prieiga per internetą: <<http://hypebeast.com/2011/4/zartan-chair-by-philippe-starck-eugeni-quitllet>>

Puiku dizainas, tačiau vėl sušlubavusi ekologija... Kėdės *Zartan* kojų rėmas ne augalinės kilmės, be to dažytas. Tai, galbūt, būtina dizaino požiūriu, tačiau grožis reikalauja didelių investicijų – kaštų ir energijos eikvojimo.

Lyg tęsdama *Magis* atrastos „skystos medienos“ technologijos vystymą, jau po metų, ne mažiau garsi baldų gamintoja – kompanija *Calligaris* Milano dizaino savaitėje 2012 pristatė savo ekologiškos kėdės *SKIN* dizaino versiją (3.7.3 pav.).



3.7.3 pav. *Calligaris*. Kėdė iš „skystos medienos“ *SKIN*, 2012. Italija

Ekomedžiaga iš augalų ląstelienos (lignino ir celiuliozės) *Calligaris* įmonėje gaminama pritaikius jų naudojamą technologiją kėdėms iš polipropileno ir stiklo pluošto gaminti.¹⁴⁰ Dėl šios technologijos ypatumų, *Calligaris* sugebėjo pagaminti ekoobjektą, atitinkantį visus *ekologinio dizaino* keliamus reikalavimus. Baldas funkcionalus, ergonomiškas, estetiškas ir vienalytis. Nėra jokių jungčių, jokių papildomų elementų, jokių papildomų operacijų, mažo, pagal atmosferos poveikio atsparumo rodiklius, tinkanti naudoti ir lauko sąlygomis. Tai dar vienas *ekologinio dizaino* etalonas.

¹⁴⁰ Chair stackable up to six chairs high [interaktyvus]. *Calligaris* [žiūrėta 2013 m. spalio 16 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.calligaris.us/catalogue/dining/chairs/SKIN/CS-1391>>

3.8. Ekoobjektai iš augalinio bioplastiko

Dizaineris iš Prancūzijos, *Jean Louis Irtzoki*, taip pat nusprendė rasti galimybę formuoti baldus taip, kaip iš plastiko, tik likti ištikimu darnaus vystymosi filosofijai. Išradėjas atrado novatorišką sprendimą gaminti bioplastiką – fizinėmis savybėmis panašų į „tradicinį“ plastiką, tik biologiškai švarų. Pats autorius iš šios medžiagos gamina išgaubtas baldų sėdimąsias dalis, tokia ekologiška gamyba susidomėjusi net automobilių pramonė (3.8.1 pav.).



3.8.1 pav. *Jean Louis Irtzoki. Krėslas Kuskoo Bi iš bioplastiko. 2015. Prancūzija*

Anksčiau su *Basque* prekės ženklu pagaminti baldai, pasižymintys tvaraus dizaino sprendimais, buvo gaminami iš natūralios ąžuolo medienos, vilnos, odos ir kitų gamtoje natūraliai egzistuojančių konstrukcinių medžiagų. Tačiau palaipsniui šių medžiagų baldų gamybai atsisakyta dėl to, kad menininko *J. L. Irtzoki* netenkino savotiškas kūrybos įrėminimas, įtakotas medžiagų fizinių savybių ypatumų. Kita priežastis – menininko kūrybinės pažiūros ėmė kirstis su paties požiūriu į gamtą ir jos išsaugojimą. Natūralūs kailiai ir odos kūrybiniame procese ėmė nebeteikti pasitenkinimo. Neįtikėtina, tačiau 2015 m. šis dizaineris sugebėjo pagaminti lengvai formuojamą medžiagą tiesiog iš daržovių, tokių kaip cukriniai runkeliai, kukurūzai ar cukranendrės, krakmolo (3.8.2 pav.).

Prognozuojama, jog ši medžiaga natūraliu būdu drėgnoje žemėje visiškai suirs per metus laiko. Tai reali alternatyva naftos pramonės produktams, kurios pagalba galima būtų kurti ne tik tvarią, bet ir stilingą, estetišką bei komfortišką aplinką.¹⁴¹



3.8.2 pav. Kuskoo Bi kėslų sėdimoji dalis gaminama iš cukrinių runkelių, kukurūzų bei cukranendrių plastiko, 2015

J. L. Iratzoki išrastos medžiagos galimybių pristatymui sukūrė kėslą *Kuskoo Bi*. Lakoniškų formų baldas, lyg užuomina į 1950 m. dizainerių Charles ir Ray kūrybos debiutinį dizaino objektą, pagamintą iš stiklo pluošto ir plastiko, kėslą *Eames Plastic Shell Chair*¹⁴². Tai buvo naujų galimybių pažangaus plastikų pasaulio atspindys. Panašu, jog technologinių galimybių ir visuomenės laikmečio ideologijos ratas apsisuko ir istorija pasikartojo... Tuomet, kėslas *Eames Plastic Shell Chair* buvo ne tik naujos medžiagos, bet ir naujo formavimo galimybių ikona. Beje, kaip ir dar vienas modernizmo simbolis – *Robin Day* sukurtas kėslas iš polipropileno, pagamintas baldų kompanijoje *S. Hille & Co* 1967 m., kuris nuo *E. P. Shell Chair* skyrėsi tik kojų rėmine konstrukcija.¹⁴³

Kol plastikai nebuvo užkariavę baldų pramonės, suformuoti kėslų atraminės ir sėdimosios dalių vientisoje formoje pramoniniu būdu, buvo neįmanoma. Dar taip neseniai, *ekologinio dizaino* objektų gamintojai susidurdavo su ta pačia problema, o mūsų šalyje ir lyg šiol nėra įrangos formuoti tūrinius ne plastikinius objektus.

¹⁴¹ *Kuskoo Bi Design Story* [interaktyvus]. Iratzoki [žiūrėta 2016 m. sausio 19 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.iratzoki.com/product_detail.php?idProduct=2694>

¹⁴² Dormer, P., *Furniture design // Design Since 1945*. Thames & Hudson world of art – Singapore: C.S. Graphics, 2003. 117 - 151 p.

¹⁴³ Julier, G., *Historizm // Design Since 1900*. Thames & Hudson world of art – Singapore: C.S. Graphics, 2003. 106 – 107 p.

Vadovaujantis istorijos pasikartojimo taisykle, reikėtų tikėtis, jog bioplastikas turėtų sukelti revoliuciją polimerų pramonėje. Plastiką – bene didžiausias Žemės parazitas, kurį platiname visi ir kiekvieną dieną. Sunku įsivaizduoti komfortišką gyvenimą nenaudojant plastikinės taros, pakuočių ar maišelių. Kad ir kaip garsiai agituojant jais nesinaudoti, problema nebus išspręsta. *Jean Louis Iratzoki* – vienas iš racionaliausių pavyzdžių, ieškant inžinierinių sprendimų kaip pakeisti sintetinius polimerus į natūralius, netrikdant plastikų gamybos ir pritaikomumo žmogaus buityje.

3.9. Ekoobjektai iš augalinės biomasės, pagaminti taikant *fluid-solid* technologiją

Dizaineris *Beat Karrer* 2007 m. savo kūrybinį potencialą sutelkė į alternatyvių konstrukcinių medžiagų kūrimą. Eksperimentus su iš atsiniaujančių išteklių sukurtomis medžiagomis *B. Karrer* atlikinėjo ištisus šešerius metus. Medžiagą tobulino tol, kol ji tapo absoliučiai tvari – biologiškai skaidoma, bekvapė ir be sintetinių rišiklių. Dizaineris vis dar atsimena šį periodą, kaip patį sunkiausią jo gyvenime. Net kelis kartus kilęs noras mesti šią idėją vis tik nesužlugdė dizainerio lūkesčių ir 2013 m. dizaino parodoje Pekine, *B. Karrer* pristatė net keletą interjero objektų prototipų – kėdutes, sienų dekoravimo elementus, netgi indus maistui, kas patvirtino visišką medžiagos ekologiškumą.¹⁴⁴

Atsižvelgęs į bendruosius ekologinio dizaino principus (žr. sk. 1) *B. Karrer* daugiausiai dėmesio skyrė trikojės kėdutės konstrukcijai (3.9.1 pav.). Jis numatė konstrukcinių elementų jungimą be furnitūros ir tai įtakojo jų konfigūraciją, kurios dėka elementai suneriami ir užfiksuojami formavimo metu. Kadangi ir sėdimoji dalis (iš biomasės) ir kojos (iš natūralios medienos) yra organinės augalinės kilmės, perdirbimui nėra būtina jų atskirti. Galima vėl perdirbti biomasės gamybai arba palikti natūraliai kompostuotis žemėje. Tai sutaupo žmogiškuosius resursus bei energijos išteklius.

¹⁴⁴ *Ein Verwandlungskünstler: Der Innovative Werkstoff Fluidsolids* [interaktyvus]. Architonic [žiūrėta 2014 m. liepos 29 d.]. Prieiga per internetą: <<https://www.architonic.com/de/story/simon-keane-cowell-ein-verwandlungskuenstler-der-innovative-werkstoff-fluidsolids/7000803>>



3.9.1 pav. Beat Karrer. *Kēdē Fluid Solids*, 2013. Šveicarija

B. Karrer kėdutės dizainas asocijuojasi su dabar madingu savotišku sportiniu stiliumi – aktyvesnis žmonių gyvenimo būdas, visi sportuoja, bėgioja, keliauja, tai nejučiom juntama ir interjero objektų dizaine. Kėdės sėdimoji dalis primena dviračio sėdynę, o sujungimuose susidaręs juostuotas raštas kelia asociacijas su sportiniu kostiumu.

Iš pirmo žvilgsnio teplaus guminio paviršiaus kėdutė, iš tikrųjų yra tvirtos ir stabilios konstrukcijos. Kad tai suprastum nereikia realiai jos išbandyti. Sėdimosios dalies geometriją, įtakojusią jos formą, išskaičiavo inžinierius, garantuodamas trijų kojų stabilumą bei sėdimosios dalies ilgaamžiškumą. Tai lemia trijų atramos ne tiesėje esančių taškų stabilumo taisyklė bei teisingas sąstandų¹⁴⁵ (standumo briaunų) išdėstymas po sėdimosios dalies plokštuma.

Kėdės kojos su sėdimąją dalimi sujungta dygiais. Tai senovinis būdas, naudotas kai dar nebuvo išrasta metalinė baldų furnitūra. Šį būdą ypatingai vertina ir puoselėdami senąsias tradicijas, interjerų objektų gamybai taiko japonų meistrai.

¹⁴⁵ Lietuvos standartizavimo departamentas [interaktyvus]. LSD [žiūrėta 2016 m. vasario 18 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.lsd.lt/index.php?1925986759>>

3.10. Ekoobjektai iš augalinio pluošto neaustinių medžiagų

Vokiečių dizaineris *Werner Aisslinger* ieškodamas ekologijos sprendimų baldų dizaino procese, sprendimą rado bendradarbiaujant su žymia chemijos produktų kompanija *BASF*. Ši kompanija taip pat nuolat ieško vis naujų ekotechnologinių sprendimų ir įvairioms pramonės šakoms siūlo inovatyvią, vandens pagrindu pagamintą, rišančią medžiagą.

W. Aisslinger pasinaudodamas natūralių rišančiųjų medžiagų privalumais, pabandė formuoti įvairių konfigūracijų elementus. Visuomenei jis pristatė konstrukcinę medžiagą, kuriai panaudojo 70 % kanapių arba kenafos pluošto ir 30 % dervų, pavadinimu *Acrodur*. Iš šios medžiagos gali būti gaminami įvairūs interjero dizaino objektai – kėdės, sienų dekoravimo elementai ar kiti tūriniai gaminiai (3.10.1 pav.). Ši gamybos technologija dabar jau yra taikoma automobilių pramonėje, gaminant durelių vidinės konstrukcijos dalis ar paneles.



3.10.1 pav. *W. Aisslinger*. Interjero dizaino objektai iš kanapių pluoštų, 2011. Vokietija

W. Aisslinger taikoma gamybos technologija skiriasi nuo prieš tai šiame meno projekte aprašytų pavyzdžių. Šiai technologijai tinkami tik augalo pluoštai, o spalvai atskiriami. Tai reiškia, kad reikalingos papildomos gamybos operacijos išgaunant iš augalo pluoštą ir gaminant neaustines medžiagas, kurios po to mirkomos dervose ir formuojamos presformose.

Taikant šią technologiją galima gaminti lengvo svorio, malonaus paviršiaus, šiltą ir švelnų veltinį primenančio vaizdo gaminius, išgauti įvairias tūrines detales. Tačiau tai nėra ekonomiškai gamyba lyginant su tais gamybos būdais, kai ruošama biomasė iš viso augalo stiebo (ir pluošto, ir iš spalių). W. Aisslinger atveju prieš pluoštų apdorojimą, reikia dar ir išgauti pluoštą iš stiebų, paruošus pluoštą gaminti neaustines medžiagas, o tai jau tekstilės pramonės procesai, tik po to, iš neaustinių medžiagų formuoti baldų elementus. Ekonomiškai gamybai, kai biomasė ruošama iš viso augalo stiebo, reikia smulkinti augalų stiebus iki tinkamos frakcijos ir vandeninėje terpėje išgauti celiuliozines plaušų jungtis arba augalų smulkinius maišyti su natūraliais rišikliais ir formuoti interjero objektus.

Taikydamas savo sugalvotą technologiją W. Aisslinger sukūrė ir pagamino interjero dekoravimui skirtus segmentus bei krėslą *Hemp Chair*. Krėslo dizainas, tai garsaus Danijos dizainerio Verner Panton dar 1960 m. iš plastiko sukurto krėslo S stilizuota replika. V. Panton net nuspėti negalėjo, jog sukūrė krėslą, kuris jau daugiau nei 55 metai yra vienas iš daugiausiai kopijuojamų pasaulyje objektų, kaip koks *Elvis Presley* ar *Charlie Chaplin*. Danija šį kūrinį įtraukė į Danijos „Kultūros kanonų“ sąrašą (angl. *Danish Culture Canon*)¹⁴⁶.

Krėslo formos originalas – krėslas S – populiarį tokį ilgą laiką išbuvo dėl plastiškų, bioninių, glotnių formų. W. Aisslinger krėslo vaizdas nėra toks aptakus. Jis taip pat organiškas ir vientisas, tačiau žvilgsnis užkliūna ties kelis kart siluetą atkartojančių linijų kompozicijos. Jų reikalingumas iškart paaiškinamas, tai konstrukcijos sąstandos, be kurių šis krėslo modelis vargu ar būtų stabilus ir galėtų atlikti krėsto funkciją. Pastarųjų dėka krėslo vaizde atsiranda skrybėlės brylių užuominos, dėl kurių, dėl savo futuristinio stiliaus, kyla tiesioginės asociacijos su *Žvaigždžių karų* herojų šalmais. Beje, įdomu tai, jog ir krėslo S autoriui idėja kilo nuo fabrikuose naudojamų plastmasinių blizgių ir aptakių formų saugos šalmų ir kibirų vaizdo¹⁴⁷.

¹⁴⁶ *The Secret History Of: The Verner Panton S Chair* [interaktyvus]. *Independent* [žiūrėta 2012 m. balandžio 17 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.independent.co.uk/property/interiors/the-secret-history-of-the-verner-panton-s-chair-2113262.html>>

¹⁴⁷ Dormer, P., *Furniture design // Design Since 1945*. Thames & Hudson world of art – Singapore: C.S. Graphics, 2003. 117 - 151 p.

Iš augalinio pluošto neaustinių medžiagų *Werner Aisslinger* sukurtos dekoratyvinių panelių segmentai, kaip komplekto dalis, papildo „kanapinio“ krėslo stilių. Iš segmentų sudaryta panelės struktūra taip pat organiška, vaizdas, lyg atsitraukusi banga paliko išplautų akmenėlių įspaudus šlapiame smėlyje. Iš šių segmentų suformuotas šoninis vaizdas iš vienos pusės džiugina aptakių siluetų sudaryta faktūros kompozicija, iš kitos pusės toks formų atradimas atrodo grėsmingai – lyg kosminių laivų turbinos, skraidinančios bauginantį ateities debesį... Ateities įžvalgos visuomet išliks aktualios. Net nepajuntama kaip jos materializuojasi dabartyje, kurdamos vis naują ateitį. Akivaizdu, jog *W. Aisslinger*, projektuodamas vis naujas „tvarias“ idėjas rūpinasi ateities gerinimu.

Savo idėjų realizavimui, panašią kaip ir *W. Aisslinger* gamybos technologiją taiko ir Suomijos dizaineris *Timo Hoisko* (3.10.2 pav.). Jis, beje kaip ir pats *W. Aisslinger*, šiuos dizaino objektus garsina, kaip ekologiškus, pagamintus iš kanapių pluošto. Apmaudu, tačiau bent jau šio kūrinio ekologišku pavadinti negalime – pirma, naudojama neaustinė medžiaga tik iš pluoštų, antra neaustinei medžiagai sustandinti naudojamos sintetinės dervos (*PET* – polietileno tereftalato), trečia, konstrukcija susideda iš skirtingų komponentų, todėl perdirbimui reikėtų naudoti resursus rūšiavimui.



3.10.2 pav. *Timo Hoisko. Kėdė The Farmlin.*

Sėdimoji dalis iš kanapių pluošto, kojų rėmas iš metalo, 2010. Suomija

Nors *Timo Hoisko* kėdės *The Farmlin* deklaruojamą ekologiškumą idėja¹⁴⁸ galima sukritikuoti, prie dizaino sprendimo sunku prikibti. Šioje konstrukcijoje visko yra tiek, kiek reikia. Trapecijos formos sėdimoji dalis vientisa ir funkcionali. Estetiškai išspręstas formos

¹⁴⁸ *The Farmlin Chair by Timo Hoisko* [interaktyvus]. *Contemporist* [žiūrėta 2012 m. balandžio 17 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.contemporist.com/2010/04/13/the-farmlin-chair-by-timo-hoisko/>>

sustandinimas užriečiant kraštą per visą elemento perimetrą. Kraštas glotniai prispaustas užslepiančią kojų rėmo jungimą. Pastarasis žavi paprastumu – tiesiog ištisinis metalo vamzdelis, suformuotas taip, kad konfiguracija atliktų ir kojų ir rėmo funkciją. Apgalvotas ir bendras išorinis konstrukcijos siluetas – kėdės galima sudėti vieną ant kitos, o tai taupo vietą ir kaštus sandėliuojant ir transportuojant. Moderni, estetikos, funkcijos ir ergonomikos reikalavimus atitinkanti kėdė su didelėmis pretenzijomis į dizaino aukštumą, tačiau pretenduojanti ir į ilgą jos gyvavimo ateitį, reikėtų atrasti ir pritaikyti alternatyvias konstrukcines medžiagas.

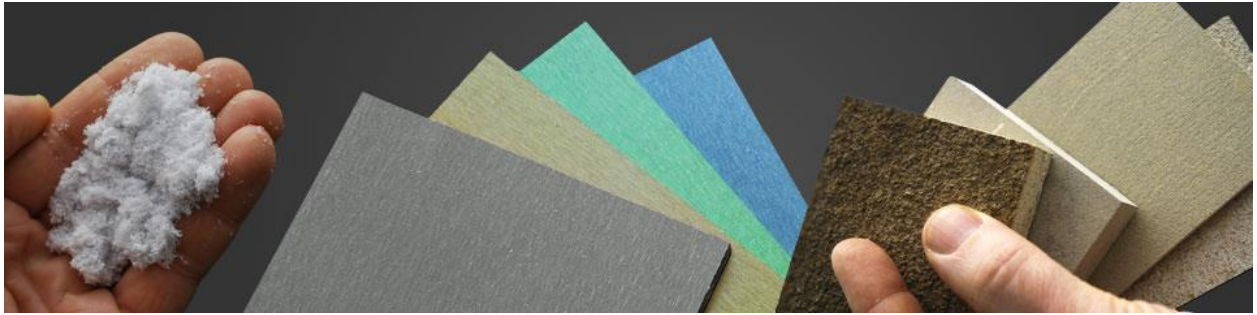
3.11. Alternatyvios konstrukcinės medžiagos ekoobjektų gamybai

Tarptautinė kompanija *Zelfo Technology GmbH*¹⁴⁹ sukūrė ir užpatentavo visą inžinerinę celiuliozinių pluoštų sistemą „Celiuliozės optimizavimas tausoiant išteklius“ (angl. *Cellulose Optimization Resource Efficient (Core)*), kurios dėka pati įmonė pajėgi gaminti 100 % ekologišką, perdirbamą konstrukcinę medžiagą, pavadinimu *Zelfo®*. Šios medžiagos gamyba subalansuota taip, kad vandens bei energijos būtų sunaudojama minimaliai.

Įmonės technologai turi ilgą darbo patirtį eksperimentuojant ir tiriant celiuliozinius pluoštus, tačiau dėl nuolat vystomos gamybos technologijos konsultuojasi su 80 metų veikiančia plaušų plokštės gamybos įmone *Binos GmbH* (Vokietijoje). O siekiant gaminti geriausią pasaulyje pluoštinės celiuliozės biologinius kompozitus ir biorišiklius, taikant makro, mikro ir nano inžineriją, 2010 m. *Zelfo Technology GmbH* susikooperavo su garsia chemijos produktų vystymo kompanija *BASF SE*.

Žaliavą – celiuliozinį augalinį pluoštą, kompanija deklaruoja, kaip „susirišančią pačią“ (angl. *self-binding*) ir netgi iš jos gamina ir parduoda biologinį rišiklį, kaip sintetinių dervų pakaitalą – ląstelieną sausame būvyje (3.11.1 pav.).

¹⁴⁹ 1990 – 2002 m. laikotarpyje kompanija *Zelfo Technology GmbH* buvo vadinama *Zellform*. Šis pavadinimas sukurtas iš dviejų vokiškų žodžių darinio: *zell* nuo *zellulose* – celiuliozė ir *form* iš *formung* – formuoti.



3.11.1 pav. Zelfo® ekomedžiagos, 2015. Prancūzija

Taikant minėtą ekonomišką ir ekologišką Core biotechnologiją, gaminamos ir lakštinės (2D), ir tūrinės (3D) konstrukcinės medžiagos. Unikalus šios celiuliozinės medžiagos panaudojimo būdas taikomas ekologiškų baldų gamybai. Jei baldo konstrukcijoje yra ir kitų, pavyzdžiui, iš natūralios medienos pagamintų elementų, Zelfo® biomedžiagą galima užpurkšti arba rankomis aplipdyti sujungimuose. Tokių baldų konstrukcijoje nenaudojama furnitūra, o perdirbant nebūtina išrūšiuoti, kadangi ir Zelfo® biomedžiaga, ir natūrali mediena yra organinės augalinės kilmės. Tai išties ir ekologiškas, ir ekonomišką gamybos ir realizavimo būdas.

Zelfo Technology GmbH gaminių asortimentui nėra ribų – nuo konstrukcinių ir rišančių medžiagų iki muzikos instrumentų. Visų gaminamų objektų dizainas labai savitas – gitaros, būgnai, garso kolonėlės, indai, baldai – aptakių formų, glotnių, blizgių paviršių (pav. 3.11.2). Visi objektai kelia asociacijas su natūralia gamta. Žemės riešutai, kiaušiniai, medžių lapai, šaknys, kaulai, tai inspiruojantys prada Zelfo idėjų generavimui.¹⁵⁰



3.11.2 pav. Zeoform. Vieni iš pirmųjų objektų iš Zelfo medžiagos, kolekcija, 2000. Australija

¹⁵⁰ Zelfo® materials [interaktyvus]. Zelfo Technology [žiūrėta 2012 m. kovo 24 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.zelfo-technology.com/zelfo-by-industry/>>

Baldų dizainerės *Elise Gabriel* sukurti interjero dizaino objektai (3.11.3 pav.), tarsi vabzdžiai ar bestuburių būrys, laibomis ilgomis kojytėmis. Rodos formoje užfiksuotas žingsnis tuoj atgis ir nuošalin nubėgusios būtybės puls pinti voratinklių.

Sunku *Elise Gabriel* sukurtus objektus įsivaizduoti klasikos draperijų ir raižytų puošmenų apsuptyje. Toks objektų dizainas tiktų ryškiai pabrėžiančiam praeitį, dabartį arba ateitį, tai yra etno, moderno arba futuristinio stiliaus interjerui. Rankomis sulipdyti kojaraiščiai, prislopintos žemės spalvos, natūralios medžiagos atspindi praeities natūralią buitį ir dabarties grįžimo į natūralumą ideologiją, o formų bionika nuolat inspiruoja ateities vizijas.



3.11.3 pav. *Elise Gabriel. Zelfo® baldų kolekcija, 2010. Prancūzija*

Šios įvairaus dizaino objektų plastinės konstrukcinės *Zelfo®* medžiagos gamybai tinka lino, džiuoto, kanapių, cukrašvendrės pluoštai, perdirbta tekstilė, popieriaus atliekos. Išgaunama labai tvirta, nedaug sverianti ir lengvai formuojama medžiaga. Medžiagos tankis ($0,4 - 1,5 \text{ g/cm}^3$) panašus į PVC ir kamštinės medžiagos. Paviršius gali būti lygus arba tekstūruojamas, matinis arba blizgus. Dėl didelio tankio ir prigimtinių pluoštų savybių, medžiagos atsparumas ugniai atitinka standarto (BFS / s1, LST EN 13501) reikalavimus, o numačius padidintą riziką eksploatuojant, biomasė maišoma su neorganinėmis medžiagomis.

Zelfo® gaminamų medžiagų ir kitų gamintojų, rinkoje parduodamų, standartizuotų termoplastinių ir medienos medžiagų palyginimui pateikiama lentelė (3.11.1 lentelė):

Medžiagos pavadinimas	Tankis [G/cm ³]	Tamprumo modulis [MPa]	Stipris tempiant [MPa]	Stipris lenkiant [MPa]	Smūgio modulis [MPa]
Zelfo HG	0,5	1500	7	17	1800
Zelfo HZ	1,5	6550	55	95	9400
PE-HD	0,95	1000	25	-	-
PVC-U	1,4	3000	60	100	-
PF-HM)	1,4	-	25	≥ 70	7000
MDP	0,7	-	-	18	1800
HG = kanapė (natūralus augalas) HZ = Kanapės celiuliozė					

3.11.1 lentelė. Medžiagų charakteristikų palyginimas¹⁵¹

Zelfo Technology GmbH kompanija atlieka svarbią misiją kuriant tvarią aplinką ir siūlo savo gaminamas konstrukcines medžiagas statybų projektams, kurie pretenduoja į ekologiškų pastatų projektų sertifikavimą pagal LEED¹⁵² arba BREEAM¹⁵³ reikalavimus. Sertifikatas išduodami projektą įvertinus pagal šias kategorijas: perdirbtų medžiagų naudojimas; sparčiai atsinaujinančių medžiagų naudojimas; vietinių (regioninių) medžiagų naudojimas; statybinių atliekų sumažinimas ir perdirbimas. O JAV įsikūrę partnerinės įmonės Zelfo® produktus pristato kaip tinkamus sertifikuoti pagal JAV vyriausybės parengtą BioPreferred programą.

Ekologiniai konstrukcinių medžiagų atradimai iš augalinės kilmės biomasės baldų gamybai vyksta ir „trečiojo pasaulio“ šalyse. Profesorius Charles Job iš Nigerijos universiteto bendradarbiaudamas su Berno taikomosios dailės universitetu (Šveicarija) ir Ahmadu Bello universitetu (Nigerija) atliko mokslinius tyrimus ir išvystė smulkinių plokštės iš žemės ūkio atliekų gamybą. Mokslininkų komanda sugalvojo būdą kaip pagaminti konstrukcines medžiagas, kurios būtų, pirma, ekologiškos, antra, pigios, trečia, lengvai ir greitai gaminamos. Medžiagos tinkamos ir ekonomų statybai, ir ekobaldų gamybai (3.11.4 pav.).¹⁵⁴

¹⁵¹ Patented fibre engineering technologies developed by Zelfo Technology can transform 100% renewable or recycled cellulose fibres into self-binding Zelfo® materials [interaktyvus]. Zelfo Technology [žiūrėta 2012 m. kovo 24 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.zelfo-technology.com/zelfo-by-industry/>>

¹⁵² LEED (angl. Leadership in Energy & Environmental Design) – JAV kilęs ir visame pasaulyje pripažįstamas bei vertinamas tvarių pastatų sertifikatas, taikomas tiek naujai statomiems, tiek ir jau egzistuojantiems pastatams. LEED sertifikatu įvertinami geriausi, savo kategorijoje lyderiaujantys pastatai. Šiuo metu visame pasaulyje yra virš 80 tūkst. LEED registruotų pastatų, tarp kurių – apie 38 tūkst. sertifikuotų.

¹⁵³ BREEAM (angl. Building Research Establishment Environmental Assessment Method) yra plačiausiai pasaulyje paplitęs pastatų poveikio aplinkai ir žmogui vertinimo standartas bei sertifikavimo sistema.

¹⁵⁴ Affordable building materials from recycled agricultural waste [interaktyvus]. Lafarge Holcim Foundation [žiūrėta 2012 m. birželio 16 d.]. Prieiga per internetą: <<https://www.lafargeholcim-foundation.org/projects/affordable-building-materials-from-recycled-agricultural-waste>>



3.11.4 pav. Konstrukcinės medžiagos iš ryžių, kukurūzų ir maniokų pluoštų, 2011. Nigerija

Nigerijoje, kur gyvena 140 milijonų gyventojų ir iš jų 17 milijonų neturi pastovaus būsto, radikalūs sprendimai itin reikalingi. Buvo ieškoma pigių priemonių tiek būsto statybai, tiek ir jo įkūrimui. Tokių medžiagų gamybai mokslininkai pabandė panaudoti tai, ką įmanoma paprasčiausiai gauti – vietinės žemės ūkio atliekas. Kaip tvarių „statybinių“ medžiagų išteklių panaudojo augalinės kilmės žaliavas – ryžių, kukurūzų ir maniokų pluoštus. Pigių žaliavų panaudojimo ir tvaros plėtos vystymo projektas pavyko, kai augalinės kilmės ūkio atliekas sumaišė su natūraliais taninų¹⁵⁵, išgautų iš medžio žievės, klėjais (3.11.5 pav.).



3.11.5 pav. Charles Job. Skirtingų plokščių tipų pristatymas¹⁵⁶, 2011. Nigerija

¹⁵⁵ Bent 130 kg tanino miltelių galima pagaminti iš 1 tonos sausos medienos žievės. Likę 87 % žievės tinkami biokuro gamybai. Taniną kaupiantys augalai yra ąžuolas, kaštainis, akacija, eglė, maumedis, eukaliptas, arbatmedis, granatmedis, chininmedis, žagrenis, kvebrachas.

¹⁵⁶ Plokščių tipas, t.y. jų išorinis vaizdas, priklauso nuo panaudotų augalų rūšių.

Projektu susidomėjusi vyriausybė skatina tokių medžiagų gamybos plėtrą. Tai ir švietėjiška veikla vietinės gamybos iš vietinių žaliavų įgyvendinimui, ir galimybė tapti nepriklausomais nuo medžiagų importuotojų. Mokslininkų manymu, pridėtinė tokios produkcijos vertė ta, kad medžiagos iš vietinių žaliavų labiau atitiktų vietos poreikius ir kontekstą (pritaikomumą, atsparumą klimato sąlygoms ir pan.).¹⁵⁷

Masinis „prieinamų“ būstų poreikis paskatino jėgas sutelkti net dviejų Nigerijos universitetų mokslininkų grupes. Jie pasiūlė novatorišką strategiją, kuri spręstų ne tik technologines, bet ir ekonomines, o svarbiausiai ir socialines-kultūrines problemas.¹⁵⁸

3.12. Alternatyvios konstrukcinės medžiagos popierinių ekoobjektų gamybai

Darbas su gamta vardan geresnio pasaulio (angl. *Working with nature for a better world*)

Tai kompanijos *NER Ltd* (angl. *Nafici Environmental Research*) moto. *NER* – mokslininkų kompanija, įsikūrusi Anglijoje, kuri nuolat atlieka tyrimus su kviečių, miežių, avižių ir ryžių šiaudais. Užsiimti šia veikla mokslininkus paskatino kraupi statistika, jog Jungtinėje Karalystėje kasmet sudeginama arba kompostuojama apie 3 milijonai tonų šiaudų. Buvo paskaičiuota, jog perdirbant tokį žaliavos kiekį, galima paruošti biomasės popieriaus gamybai už milijoną svarų ir nepaisant to, sutaupyti šimtus tūkstančių išpjaujamų medžių.

Iš šiaudų išgaunant celiuliozę ir bandant plėsti pritaikomumą, buvo atliekama nemažai tyrimų. Dauguma bandymų pasirodė neįmanomi ir brangūs. Tačiau net 25 metus užtrukę tyrimai davė vaisių – *NER* mokslininkų komandai pavyko išrasti veiksmingą ir efektyvų būdą panaudoti šiaudų biomasę popieriaus pramonėje. Sprendimas atitinka aplinkosaugos reikalavimus ir pranašauja papildomas pajamas ūkininkams ir pelningos popieriaus gamybos galimybes.

¹⁵⁷ *Sustainable construction projects shaping better communities* [interaktyvus]. *Lafarge Holcim Foundation* [žiūrėta 2012 m. birželio 16 d.]. Prieiga per internetą: <<https://www.lafargeholcim-foundation.org/Article/sustainable-construction-projects-shaping-better-communities>>

¹⁵⁸ Į projektą, kuris apima aplinkos taršos, žemės ūkio atliekų perdirbimo, tvarus išteklių valdymo, naujų darbo vietų sukūrimo ir ekonomiškų būstų statybos sritis, buvo atkreiptas dėmesys visame pasaulyje. Mokslininkų grupė buvo kviečiama dalyvauti konferencijose, kurios suburdavo ūkininkus, medžiagų ir žemės ūkio inžinierius bei architektus. Už atliekinių medžiagų perdirbimo generavimą ir ekonomikos modernizavimą besivystančiuose pasaulio regionuose, Nigerijos mokslininkai buvo įvertinti tarptautiniu mastu ir apdovanoti 2011 m. - *Holcim Award for Sustainable Construction in and the Materialica Design*, o 2012 m. *Technology Gold Award* apdovanojimais Šveicarijoje.

2014 m. *NER* kompanija pagamino bandomąją partiją kartono iš nebalintos popierinės biomasės. Po metų, 2015-ais, jau išvystė baltos spalvos šiaudų biomasės popierių. Po šių sėkmingų bandymų *NER* kompanijos vadovai veda derybas su popieriaus pramonės įmonėmis dėl galimybės gaminti šią ekologišką produkciją masinėje gamyboje ne tik Jungtinės Karalystės rinkai, bet ir eksportui.¹⁵⁹



3.12.1 pav. konstrukcinės medžiagos iš 100 % šiaudų biomasės, *NER Ltd*, 2015

NER Ltd kompanija¹⁶⁰ veiklą pradėjo laboratorijose tirdama plaušų struktūrą bei celiuliozės tinklų susiformavimą. Ruošiant biomasę, bandymus atliko smulkindama šiaudus mažagabaritiniuose laboratoriniuose smulkintuvuose. Užsispyrę sugebėjo apdoroti ir paruošti žaliavą taip, kad ekologiškų gaminių gamybai nebūtų panaudotas nei gramas sintetinių dervų.

Iš šios medžiagos galima būtų gaminti vienkartinius baldus, pavyzdžiui, vaikams arba viešiesiems renginiams. Panaudotus baldus galima būtų perdirbti tos pačios produkcijos gamybai. Medžiagos biomasę formuojama įvairių konfigūracijų presformomis, todėl tinkama šviestuvų gaubtų, įvairių interjero dekorų elementų gamybai (3.11.1 pav.).

Šio meno projekto tyrimų metu taip pat buvo atliekami bandymai su kviečių šiaudais, bet įrodyta, jog šiaudų smulkiniai per daug skalūs ir pagaminti eksploatacinius reikalavimus atitinkančią konstrukcinę medžiagą baldams neįmanoma (*kol kas?*). Tačiau ši istorija idealiai atitinka šio meno projekto rengimo istoriją. Tai įkvepia nesustoti mokslinio eksperimentinio projekto lygmenyje ir ieškoti galimybių dažniau atlikti bandomąją gamybą pramonės įmonėse ir taip pratinti visuomenę prie tvarios plėtros ideologijos įgyvendinimo.

¹⁵⁹ *We are NER Ltd – innovators in nature* [interaktyvus]. *Nafici Environmental Research* [žiūrėta 2016 m. vasario 16 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.nafici-research.com/awards/>>

¹⁶⁰ *NER Ltd* mokslininkų kompanija už savo tiriamąją veiklą ir projektą, kuriant tvarią aplinką, įgyvendinimą gavusi net 5 tarptautinius apdovanojimus (*Climate- KIC, Rushlight Awards Winner 2014/15, Cleantech Innovate 2016, West Sussex County Council, Be the Business*).

Apibendrinant ne tik šio meno projekto trečioje dalyje aprašytus ekologinio dizaino pavyzdžius, bet ir visus tuos, su kuriais teko akivaizdžiai arba per rašytinius šaltinius susipažinti, galima vienareikšmiškai atsakyti – lengva nei vienam nebuvo. Tyrimai ir bandymai realizuoti savo idėjas apie tvarias medžiagas užtruko laike, kainavo daug žmogiškos kantrybės, o kartais ir pinigų. Dėka kilnių idėjų ir autorių tikėjimo, atsirado ne viena galimybė (dabar atrodanti net labai paprasta), savo poreikiams išnaudoti mus supančią aplinką taip, kad patenkintume nuolatinį poreikį kažkuo pasinaudoti, bet tuo pačiu po savęs paliktume gyvasties ir kūrybos džiaugsmo ateinančiom kartom.

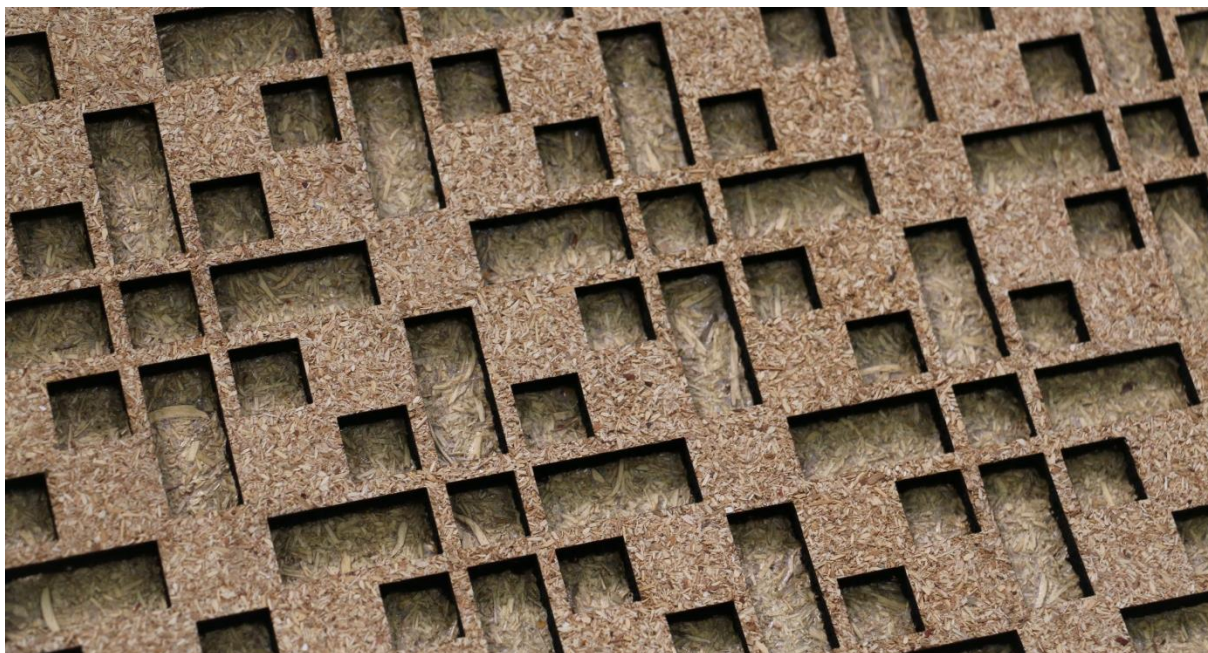
Iš pavyzdžių matyti, jog daug resursų tiesiog iššvaistoma – galybė žaliavų supūdoma arba sudeginama. Šiame meno projekte ne kartą buvo paminėta, jog labai dažnai be reikalo naudojama natūrali mediena. Visi įvertina šio proceso ne tik materialinę, bet ir ekologinę-socialinę (moralinę) prasmę, tačiau nieko nekeičia. O tai padaryti – kažką pakeisti į geresnę pusę, yra sunku. Nėra visuotinio įpročio daryti kitaip, nėra impulso siekti visų gerovės, paaukojant asmeninio gyvenimo įpročius ir nusistovėjusią padėtį. Verslininkams kainuoja nemažas išlaidas kažką keisti. Taip išsisuka užburtas ratas. Tačiau po truputį randasi gerų pavyzdžių. Štai pavyzdžiui, tausojant medžius, smulkinių plokštę galima gaminti iš žemės ūkio atliekų: šiaudų, linų, kukurūzų stiebų, cukrašvendrių, ryžių, palmių, bambuko atliekų, rapsų sėklų, įvairios žolių, riešutų ar saulėgrąžų lukštų. Žinoma, ir pati panaudota smulkinių plokštė, net korpusiniai baldai iš įvairių medienos medžiagų vėliau gali būti perdirbami naujos plokštės gamybai. Beje, gaminant plokštę iš šiaudų, galima sutaupyti net iki 30 % naudojamos energijos. Pagal gamybos technologiją, būtina išlaikyti 10 % - 16 % (maks. 20 %) žaliavos drėgmę, o tai natūrali surenkamų iš laukų šiaudų drėgmė. Taigi džiovinti žaliavos nereikia ir taip sutaupoma energija. Šios plokštės lengvai šlifuojamos, dėl to kokybiškai pasidengia apdailos medžiagos (laminavimo, faneravimo, dažymo ir kt.). Atsparumas drėgmei niekuo nesiskiria nuo tradicinių būdu gaminamų medienos plokščių. Jas galima pjaustyti, tvirtinti furnitūrą, klijuoti ir apdirbti kitais įprastais būdais.

Didžiausia naujiena – vis dažniau išgaunamas bioplastikas iš augalų aliejaus. Tai gali tapti savotiška revoliucija interjero ir net eksterjero dizaino objektų gamyboje. Iš pagaminto augalų pluoštų ir bioplastiko kompozito galima būtų ir net jau yra prototipų, gaminti plastikinių baldų analogus. Jie gali būti vienalyčiai, todėl ir gaminant, ir utilizuojant nesueikvojama daug energijos. Juos lengva transportuoti ir sandėliuoti, o tai ne tik ekologiška, bet ir ekonomiška.

Dažnai iš augalinės masės supresuojami atskiri baldų elementai, o kiti gaminami iš metalo, stiklo arba natūralios medienos. Tai šiek tiek prastesnis sprendimas ekologijos atžvilgiu, nes projekto įgyvendinimui apkraunamos net kelios gamybos sritys, tų elementų sujungimui naudojama dar ir furnitūra, kurią taip pat reikia ir pagaminti, o perdirbant ir išrūšiuoti. Tačiau minėtos medžiagos yra natūralios ir taip pat absoliučiai perdirbamos.

Tad, pirma, verta apsidairyti - dažnai didžiausi turtai randasi visai po ranka, antra, net ir natūralias medžiagas neverta maišyti su sintetinėmis priemonėmis, nes jau net dabar yra išrastų natūralių rišiklių ir trečia, dizaino objektus projektuoti derėtų taip, kad po to reikėtų kuo mažiau energijos ir pastangų juos perdirbti ar utilizuoti.

Konstrukcinių medžiagų iš pluoštinių augalų biomasės formavimo ir apdorojimo technologijos



Inga Valentinienė. Lazeriu pjaustyta konstrukcinė medžiaga iš LDK pluošto, 2011-2015

Šiame skyriuje aprašoma konstrukcinių medžiagų, tokių kaip šio meno projekto rengimo metu išrastos¹⁶¹ pluoštinių augalų plaušų plokštės bei tūrinių ekoobjektų elementų iš pluoštinių augalų biomasės gamybos ir apdorojimo technologijos. Su šiomis biomedžiagomis meno projekto rengimo metu buvo atliekami bandymai laboratorijose bei pramoninių įmonių gamybos bazėse. Eksperimentuojant išbandyta ir įrodyta (žr. sk. 2), jog konstrukcinės medžiagos iš pluoštinių augalų gali būti dviejų tipų:

1. lakštinė medžiaga – plaušų plokštė, gaminama šlapiuoju plokštės formavimo būdu;
2. tūriniai elementai – kai nuvandeninta smulkinių biomasė, formuojama aukštu slėgiu presuojant erdvinėse formose.

Abiejų tipų medžiagas galima apdoroti įprastine medienos ir jos gaminių¹⁶² apdorojimo įranga, taikant žinomas ir naudojamas technologijas.

Pluoštinių augalų plaušų plokštę, kaip ir medienos plaušų plokštę (MPP), galima apdoroti šiais mechaninio apdirbimo procesais:

- pjaustymas į ruošinius;
- pjaustymas lazeriu;
- formavimas vakuuminiu membraniniu presu;
- formavimas karštu presu;
- formavimas spaustais šaltu būdu;
- frezavimas;
- gręžimas;
- šlifavimas.

Tūrines konstrukcines medžiagas iš pluoštinių augalų biomasės, kaip ir natūralią medieną, galima apdoroti šiais mechaninio apdirbimo procesais:

- pjaustymas į ruošinius;
- formavimas karštu presu;
- tekinimas;
- frezavimas;
- gręžimas;
- šlifavimas.

¹⁶¹ Patentas išradimui „Pluoštinių augalų plaušų plokštės ir jų gavimo būdas“ Nr.LT6163, 2015-06-25. VDA, 2015.

¹⁶² Medienos gaminiai baldų gamybai – medienos plaušų plokštės, medienos drožlių plokštės, klijuota fanera, lukštas ir natūralios medienos ruošiniai (tašai, lentos ir pan.).

4.1. Pluoštinių augalų plaušų plokštės gamybos technologija

Pluoštinių augalų plaušų plokštė – tai ekologiška medžiaga, gaminama iš sėjamojo lino (*Linum usitatissimum* L.), didžiosios (pluoštinės) dilgėlės (*Urtica dioica* L.) ir sėjamosios kanapės (*Cannabis sativa*) pluoštų (žr. sk. 1) ir sumedėjusių luobo dalelių mišinio šlapiuoju būdu, karštai presuojant. Plaušų plokštė: lakštinė medžiaga, kurios storis 1,5 mm ir daugiau, pagaminta iš lignoceliuliozinio pluošto.¹⁶³ Dalelių rišimasis atsiranda formuojant plaušų kilimą dėl plaušų rišamųjų savybių.¹⁶⁴

Ši plokštė gaminama pagal medienos plaušo plokštės (MPP) gamybos technologiją šlapiuoju būdu¹⁶⁵, atitinkančią LST EN 316 2001 standarto klasifikaciją, kai plaušų drėgnumas formavimo metu didesnis kaip 20 %.

Plaušų smulkinių paruošimas: susmulkinti augalų stiebai (iki 50mm ilgio), kanapių plaušų plokščių gamybai, tiekiami autotransportu į surinkimo bunkerį. Iš bunkerio smulkiniai hidraulinio konvejerio pagalba patenka į vibrotransporterį, iš kurio transporterine juosta paduodami į sijotuvą, kur yra rūšiuojami. Vidutinės, smulkios ir stambios frakcijų augalų stiebų smulkiniai grandininių ir juostinių konvejerių sistema paduodami į gamybos linijos kaupiamuosius bunkerius. Atsisijojamas smulkias daleles ventiliatorius paduoda į cikloną. Tinkamai nesusmulkinti augalų stiebų gabalai transporteriu patenka į dėžę, o po to vėl persmulkunami pirminiu smulkintuvu.

Plaušų masės paruošimas: smulkiniai iš bunkerio virš defibratorių patenka į viršutinį defibratoriaus sraigtinį tiektuvą su reguliuojamu apsisukimų dažnumu, o per jį į šutinimo kamerą. Į kamerą paduodamas prisotintas garas (180-200° C, 10-12 atm). Šutinimas vyksta 3–5 min. Iš šutinimo kameros smulkiniai sraigto paduodami į defibratoriaus malimo kameras. Sumalta masė išmetama į ciklonus virš tarpinio baseino. Ciklonuose masė apyvartiniu vandeniu nusodinama į defibratorinės masės tarpinį baseiną, kuriame įtaisyta mentinė

¹⁶³ Standartas, kuris yra lietuviškoji „CEN TK 112 Medienos plokštės parengto Europos standarto EN 316:1999 *Wood fibreboards – Definition, classification and symbols* (Medienos plaušų plokštės. Apibrėžimas, klasifikacija ir simboliai), kurį Lietuvos standartizacijos departamentas (LST TK 17 Mediena) priėmė Lietuvos standartu“ versija.

¹⁶⁴ Plaušelių ryšulėliai, atšakomis susijungę su gretimais ryšulėliais, stiebelyje sudaro ištisą pluošto tinklą – techninį pluoštą. Jis išskiriamas iš stiebelių per pirminį apdorojimą. Apie 80,5% techninio pluošto masės sudaro celiuliozė.

¹⁶⁵ Medienos plaušų plokštės, pagamintos drėgnuoju būdu, kai pluoštas transportuojamas ir kilimas formuojamas naudojant vandenį. Pagal gamybos būdą dar gali būti skiriamos presuotos plokštės, kurios gaunamos plaušų kilimą slepiant karštame prese ir nepresuotos plokštės, gaminamos plaušų kilimą šildant, bet papildomai neslegiant. MPP priskiriama prie kietųjų ir pusiau kietųjų plaušo plokščių (tankis apie 800 – 1200 kg/m³). Gaminama tik šlapiuoju būdu. Jas galima pagaminti tik riboto storio, nes, didėjant storiui, jų lenkiamasis stipris greitai mažėja. Viena jos pusė visada šiurkšti (tinkelio pavidalo), nes gaminama ant metalinio sieto, pro kurį išspaudžiamas vanduo.

maišyklė. Iš baseino masė savieigos būdu patenka į rafinatorius, kur yra malama. Sumalta masė, kurios koncentracija 3-3,5 % ir temperatūra 60-70° C, patenka į rafinatorinės masės baseinus, kuriuose praskiedžiama apyvartiniu vandeniu iki 2,5 % koncentracijos. Iš rafinatorinės masės baseino masė siurbliais paduodama į pagrindinio sluoksnio formavimo dėžę su maišykle, kurioje praskiedžiama iki 1,4 – 2 % koncentracijos. Iš formavimo dėžės savieigos būdu patenka į linijos liejimo mašinos spaudimo dėžę. Smulkiai sumalta masė patenka į viršutinio sluoksnio baseiną, iš kurio pumpuojama į viršutinio sluoksnio formavimo dėžę, o iš ten paduodama į viršutinio sluoksnio spaudimo dėžes.

Liejimo procesas: liejimo procesas pradedamas, kai iš spaudiminės dėžės masė paduodama ant liejimo mašinos tinklo. Masės padavimo greitis prie išleidimo ant tinklo turi būti artimas tinklo judėjimo greičiui. Iš pagrindinio sluoksnio masės formavimo dėžės masės perpylimas grąžinamas į rafinatorinės masės baseiną. Viršutinio sluoksnio masė iš linijos baseino siurbliu paduodama į viršutinio sluoksnio formavimo dėžę, į kuria dozuojama parafino emulsija. Iš viršutinio sluoksnio nuolatinio formavimo dėžės masė savieigos būdu patenka į užpylimo į dėžes, iš kurių masė tolygiai užpilama ant suformuoto pagrindinio plaušų kilimo sluoksnio. Iš suformuoto kilimo vakuum sistema nusiurbia vandenį, po to trys eilės presinių velenų bei trys didesni presiniai velenai galutinai suformuoja kilimą bei išspaudžia vandenį. Po liejimo mašinos ištisinis kilimas apipjaunamas išilgai ir perpjaunamas skersai, aukšto slėgio techniniu vandeniu. Šlapio kilimo apipjautų kraštų atliekos surenkamos į esantį po liejimo mašina masės broko baseiną, turintį maišyklę. Šis baseinas masės vamzdynu sujungtas su rafinatorinės masės baseinu. Masė perpumpuojama siurbliais. Apipjautas kilimas diržinių transporterių sistemos pagalba sudedamas ant užklotų transporteriniais tinklais transporterinių lakštų.

Presavimo procesas: plaušų kilimai sudėti ant, užklotų transporteriniais tinklais, transportinių lakštų per ritininių ir grandininių transporterių sistemą, užkraunami į užkrovimo lentynas. Plaušų kilimai iš užkrovimo lentynų įstumiami į presą, kur yra presuojami. Presavimas vyksta trimis fazėmis: I – 25-27 Mpa, presavimo trukmė 1,5 min.; II – 4-6 Mpa, presavimo trukmė 3-5 min.; III – 25-27 Mpa, presavimo trukmė 1-2 min. Presavimo temperatūra 190–220° C. Po presavimo plokštės ištraukiamos į iškrovimo lentynas. Iš iškrovimo lentynų transportiniai lakštai su plokštėmis po vieną paduodami į vakuuminį plokščių atskyreją, kur plokštės atskiriamos nuo tinklo ir transportinio lakšto. Plokštės, vakuuminiais čiulptukais atskirtos nuo tinklų ir transportinių lakštų, paruošiamos pjaustymo – rūšiavimo procesui.

Formatinio pjaustymo – rūšiavimo procesas: plokštės, nukreipiamos į išilginio apipjovimo stakles. Po to plokštės patenka į skersinio apipjovimo ir pjovimo stakles, kur pjaunamos į reikiamus formatus. Po pjovimo plokštės išrūšiuojamos nukreipiant jas į atitinkamą kaupiklį. Kaupiklyje plokštės sudedamos ant medinių padėklų.

Sudėtis: pluoštinių augalų plaušų plokštę sudaro 5-6 % vandens iki 95 % kanapių plaušelių ir minkštųjų luobo dalelių ir $\leq 0,5$ % parafino. Dėl tokiai gamybai palankių plaušų rišamųjų savybių sintetinės rišamosios medžiagos nereikalingos, tačiau norint žymiai padidinti mechanines medžiagos charakteristikas, gali tekti įvesti nedidelį kiekį ekologinių natūralių ar sintetinių rišamųjų medžiagų. Palyginimui, medienos plaušų plokštės sudėtis: 4-5 % vandens, 96 % medienos plaušų ir 0,5 % rišamųjų medžiagų ir izoliacinių cheminių medžiagų (parafinas, karbamidinės dervos, kt.). Gali būti ir kitų priedų. PASTABA: sintetinės rišamosios medžiagos MPP gamyboje reikalingos dėl menkesnių medienos plaušų savybių¹⁶⁶.

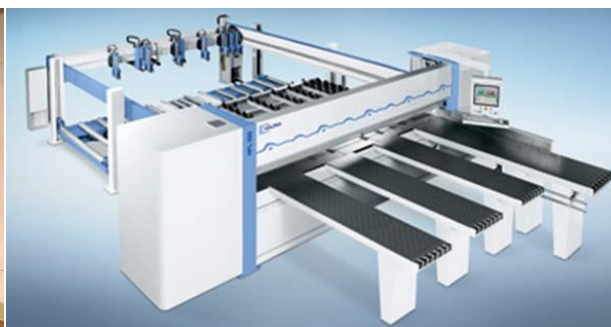
Naudojimas: pluoštinių augalų plaušų plokštės gali būti naudojamos vidiniams baldų paviršiams, gyvenamųjų ir visuomeninių patalpų apdailai bei kitiems plataus vartojimo ir įvairios paskirties gaminiams, laikomiems ne drėgnose patalpose, gaminti.

4.1.1. Pjaustymas pjūklais

Pluoštinių augalų plaušų plokštė, kaip ir medienos plaušų plokštė (MPP) supjaustoma į ruošinius diskiniiais bei juostiniais pjūklais. Tam naudojamos įvairios formatinio pjaustymo staklės. Optimaliam detalių išpjaustymui ar išfrezavimui pramonėje vis dažniau naudojama Nesting¹⁶⁷ technologija, kai visa plokštė apdorojama (pjaustoma, frezuojama, gręžiama ir t.t.) CNC¹⁶⁸ centrais, naudojant automatizuoto projektavimo ir optimizavimo programas.



A-Bosch, 2015



B-Holzma, 2010



C-Griggio, 2013

4.1.1.1 pav. A-diskinis pjūklas, B-CNC formatinio pjaustymo staklės, C-juostinis pjūklas

¹⁶⁶ Patentas išradimui „Pluoštinių augalų plaušų plokštės ir jų gavimo būdas“ Nr.LT6163, 2015-06-25. VDA, 2015.

¹⁶⁷ Nesting [interaktyvus]. Homag Group [žiūrėta 2016 sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.homag-group.com/en-en/products/productdatabase/homag/Pages/Nesting.aspx>>

¹⁶⁸ CNC (angl. computer numerical control) – kompiuterizuotas staklių, robotų ar kitokių prietaisų valdymas.

Tikslus plokštės supjovimas gali lemti gaminamo objekto konstrukcijos stabilumą ir net dizaino estetinį vaizdą. Nekokybiškais (minkšto metalo arba atbukusiais) įrankiais pjaunamo elemento kraštai atsišerpetoja. Tuomet reikalingos papildomos šerpetų pašalinimo operacijos. Šalinant kraštų šerpetas dažnai pažeidžiama ir elemento plokštuma – subraižoma, užapvalinamos briaunos, išpešami plaušai, lieka žymės. Tokiu atveju reikia glaistyti maskuojant matomus defektus. Glaisto skaidraus kol kas niekas negamina, o naudojami glaistai yra matiniai, matomi ir net yra spalvoti. Idealiai pritaikyti glaisto spalvą prie apdorojamo paviršiaus spalvos praktiškai neįmanoma. Tokiu būdu paruoštą elemento paviršių būtina dažyti, o tai įtakoja dizaino objekto vaizdą.

Sėjamųjų linų (*Linum usitatissimum L.*), didžiosios (pluoštinės) dilgėlės (*Urtica dioica L.*) ir sėjamosios kanapės (*Cannabis sativa*) pluoštų plaušai pasižymi stiprumu (žr. sk. 1), todėl pjaunant bukais įrankiais, elemento kraštas ne tik atsišerpetoja, bet ir susivelia. Tokiu atveju reikia gaminamas elementas išmetamas kaip atraiža arba mažinami elemento išoriniai matmenys ir iš naujo pjaunama ties kraštu.

4.1.2. Pjaustymas lazeriu

Plaušų plokštė pjaustoma kiaurapjūviu spinduliniu lazeriu dekoravimui, tolimesniam formavimui. Lazeris puiki priemonė ypač tiksliam figūriniam plaušų plokščių pjaustymui. Tik šis procesas turi trūkumą – lieka juodas apanglėjęs prapjovos kraštas (4.1.2.1 pav.). Beje, šis trūkumas dizaino objektams priduoja savotiško dekoratyvumo, išryškina ir pabrėžia pjūvio ornamentą.



A- Living Hinge, 2012

B- Cocoons, 2012

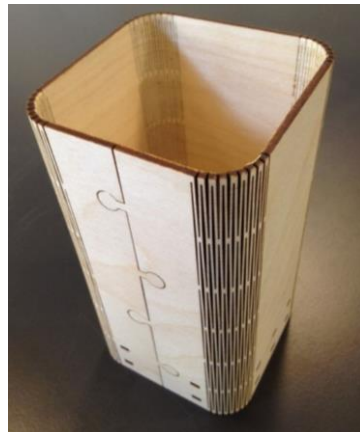
C- Mr A-Linea, 2013

4.1.2.1 pav. Spinduliniu lazeriu išpjaustyti elementai

Lazeris naudojamas, kai reikia pjaustyti smulkius ir gausius raštus, daug vienodų elementų. Daug įpjovų elementai turintys elementai tampa labai lankstūs. Įvertinus šią savybę, sukuriama įvairių gaminių konfigūracijos. Tokiu būdu iš plokštuminių elementų suformuojami aptakių formų tūriniai objektai. Dažniausiai tokioms konstrukcijoms sutvirtinti reikalinga furnitūra. Elementai sujungiami įpjovų vietose.



A- Alex Davies, 2011



B- MrsCarson, 2013



C- Mario Pagliaro, 2015

4.1.2.2 pav. Lazeriu išpjaustyti objektų elementai, kurie sujungiami be furnitūros

Lazeriu pjaustomos iš karto reikiamos konfigūracijos elementai (4.3.2 pav.). Jų kraštinės linijos atitinka viena kitos siluetą, todėl dėlionės principu gali būti sujungiamos tarpusavyje. Arba išpjaunamos „spynelės“ (anga ir liežuvėlis), tuomet elementai sujungiami įspraudimo būdu. Taip be jokių papildomų sujungimo detalių formuojami gaminiai.

4.1.3. Formavimas vakuuminio membraniniu presu

Plaušų plokštė formuojama vakuuminio membraniniu presu, kai norima išgauti lenktus elementus. Tai vienas iš greičiausių ir paprasčiausių būdų iš turimos lakštinės konstrukcinės medžiagos suformuoti tūrinį objektą. Presformos, ant kurių formuojamas elementas, nėra brangios, kadangi gali būti pagamintos iš medienos drožlių plokščių atraižų. Jos sunkios ir užpildyto tūrio. To reikia, kad vakuume spausdama membrana nesutraikytų presformos, o formuojamas elementas glotniai prie jos priglustų (4.1.3.1 pav.).



4.1.3.1 pav. Elementų formavimas veikiant vakuumu po preso membrana

Vakuuminis preso veikimo principas yra labai paprastas¹⁶⁹. Kai oras pašalinamas iš po sandarios vakuuminės membranos, kur patalpintas gaminamas elementas, įvyksta du procesai. Pirma, kai susidaro vakuumas po membrana, atmosfera slekia objektą didele, vienodai pasiskirsčiusia spaudimo jėga. Antra, susidarius vakuumui, iš slegiamo objekto medžiagos porų ištraukiamas oras ir vietoj jo įsisiurbia klėjai. Toks fizikinis dėsnis užtikrina atliekamos operacijos kokybę.

Formuojant elementus vakuuminio presu, būtina sąlyga formuoti mažiausiais du tarpusavyje klįjuojamus ruošinius. Šiam procesui šiuolaikinė chemijos pramonė gali pasiūlyti natūralios kilmės rišiklių, pavyzdžiui, pasaulinėje kompanijoje *BASF* gaminamus vandens pagrindu rišiklius *Acrodur*¹⁷⁰.

4.1.4. Formavimas karštu presu

Plaušų plokštę formuojant aukšto slėgio karštu presu pagaminamos išgaubtos detalės. Formuojamos žymiai greičiau, nei spaudžiant šaltuoju būdu (žr. sk. 4.1.5.). Tačiau, skirtingai nei formuojant nuvandenintą pluoštų biomasę (žr. sk. 4.2.), neįmanoma suformuoti giliai įduobtų elementų, pavyzdžiui, formuojant krėslo sėdimąją dalį. Taikant šią technologiją negalima pagaminti elementų su dekoratyviais įspaudais paviršiuje arba smulkiai sugofruoti, arba konfigūruoti skirtingomis lenkimų kryptimis. Ši technologija apriboja formavimo galimybes, tačiau nežiūrint to, išgaunami estetiški, aptakių formų elementai (4.1.4.1 pav.).

¹⁶⁹ Žmonės taip pat yra veikiami spaudimo jėgos. Atmosfera slekia pakankamai didele jėga – žmogus atlaiko 1t/1m² spaudimą, būnant virš jūros lygio. Laimei, žmogaus vidinis ir išorinis slėgis yra vienodas, dėl šios priežasties atmosfera negali sugniuždyti.

¹⁷⁰ *Acrodur®* – “*Ecotechnology by BASF*” [interaktyvus]. *BASF* [žiūrėta 2016 sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://product-finder.basf.com/group/corporate/product-finder/en/brand/ACRODUR>>



A-Leilead, 2002



B- Eny Parker, 2015

4.1.4.1 pav. Elementų formavimas karštu presu

Ruošiniai iš plaušų plokštės formuojami ir tūrinėse (3D) presformose karštu būdu (4.1.4.2 pav.). Ruošinius formuojant šia įranga taip pat negalima išgauti labai sudėtingų konfigūracijų elementų (kaip, kad galima iš pluoštų biomasės), tačiau formavimo galimybės platesnės. Objektai pagaminami plastiškų formų, kurių lenkimas orientuotas į įvairias kryptis.



A-Zemat, 2014



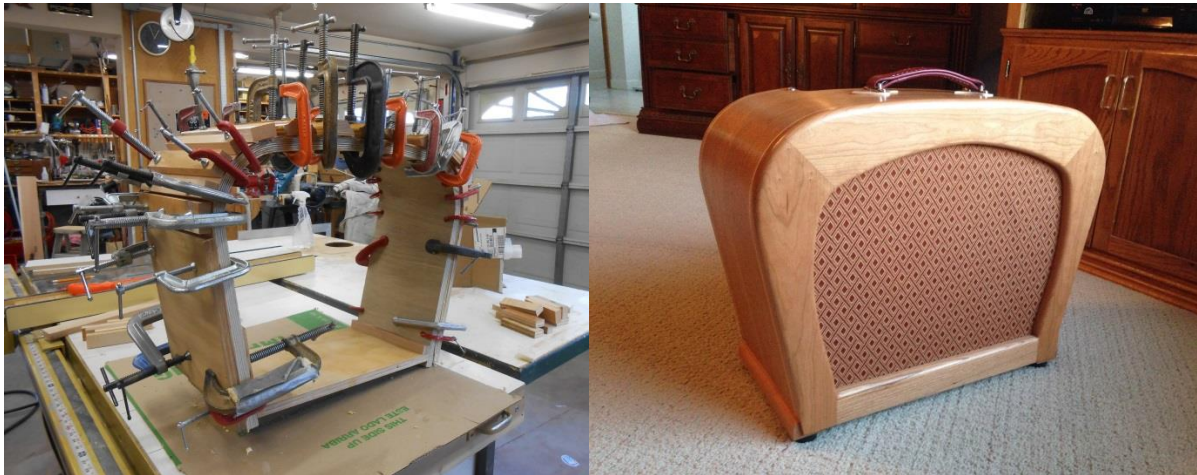
B-Made in Ratio, 2014

4.1.4.2 pav. Sudėtingos konfigūracijos elementų formavimas karštu presu

Tokių šildomų presformų konstravimas ir pagaminimas – sudėtingas ir darbui imlus procesas. Tad jos labai brangios ir dažniausiai naudojamos tik serijinės gamybos gaminiams.

4.1.5. Formavimas spaustais šaltu būdu

Ruošiniai iš plaušų plokštės formuojami klijuojant ir spaudžiant spaustais šaltu būdu. Taip gaunami taip pat lenkti gaminio elementai, bet šis procesas vyksta ilgiau nei presuojant karštu presu. Taikant šią technologiją išgaunami dar paprastesnių konfigūracijų objektai. Ši technologija „patogiausia“ mažoms įmonėms, kur gamybos tempas žymiai lėtesnis bei kur gaminami vienetiniai gaminiai.



4.1.5.1 pav. Imgur, 2014.

Dekoratyvaus interjero objekto (radio) suformavimas spaustais šaltu būdu

Šis konfigūruotų elementų gamybos būdas yra pats pigiausias, lyginant su formavimu vakuuminiu membraniniu, karštu ir šaltu presais. Nėra svarbu iš kokių medžiagų pagaminama presforma. Ji gali būti tuščiaavidurė ir lengva. Vienintelis reikalavimas kad, kaip ir visos presformos, ji atitiktų norimo formuoti elemento formą. Ant šios presformos sluoksniuojami sutepti klėjais elementai ir suspaudžiami spaustais. Stengiamasi formuojamus elementus supjauti be užlaidų ir sluoksniuojant sulyginti kraštus, kad suformavus nebereikėtų jų apdoroti. Pjauti arba frezuoti konfigūruotą elementą yra sudėtinga, todėl siekiant pagaminti kokybiškos konstrukcijos ir estetiško vaizdo objektą, dar prieš jo elementų formavimą visas operacijas atlikti reikia labai tiksliai.

4.1.6. Frezavimas

Interjero dizaino objektų elementų iš plaušų plokštės paviršius gali būti dekoruojamas frezavimo būdu. Ši technologija taikoma tik dekoratyvios paskirties objektams gaminti. Dažniausiai tai korpusinių baldų fasadiniai skydai arba sienų panelės.

Tokie paviršiai atrodo dar efektingiau, kai padengus apdailos priemonėmis (aliejais, lakais) išryškėja ornamento gylis. Kintant apšvietimo srautui, kinta iš šešelio kryptis ornamentuose. Paviršiai atrodo ne tik dekoratyvūs, bet ir dinamiški.

Ornamentuotą faktūrinį paviršių galima apdailinti ir skirtingomis spalvomis (dažniausiai dvejomis). Įgilinti ornamentai dažomi viena, o paviršius kita spalva. Spalvų kontrastas sustiprina „3D“ efektą, o priklausomai nuo spalvų derinio objektas su tokiu paviršiumi gali įgauti „lengvumo“ arba „sunkumo“ įspūdį.



A- Cesar Salazar, 2015

B- Najib Interiors, 2015

C- Family Handyman, 2015

4.1.6.1 pav. Plaušų plokštės paviršiaus dekoravimas frezuojant

Frezuojant elementus ne paviršiuje, bet kiaurai plokštės storio, atliekama visai kitos paskirties operacija. Frezavimas kiaurapjūviu užtikrina lygų ir tikslų reikalingo ilgio, gylio, formos išplovimą. Kompiuterizuotai valdomas įrenginys, pagal pateikiamą brėžinį, gali išfrezuoti net ir labai sudėtingos konfigūracijos elementus, dažnai tam, kad galima būtų juos sujungti be papildomų jungiamųjų detalių (4.1.6.2 pav.).



A- CNC-STEP, 2015

B- MDF Jaali, 2015

C-Elena Cardiel, 2015

4.1.6.2 pav. Kiaurapjūviu išfrezuoti elementai iš plaušų plokštės

Frezos galimybės panašios į lazerio. Šie abu įrenginiai valdomi kompiuterinių programų, ant konstrukcinės medžiagos atkartoja kompiuteryje turimus brėžinius. Tačiau frezuojant, skirtingai nuo pjaušymo lazeriu, negali išpjaušyti labai smulkių detalių, nes dėl pjovimo/frezavimo proceso stabilumo, priklausomai nuo aptirbamo medžiagos storio ir pjovimo greičio, freza turi daug didesnę skersmenį (realiai pramoniniuose baldų gamybos įrenginiuose kotinių frezų mažiausias skersmuo yra 3 mm), nei lazerio spindulys (pjaušomos medžiagos paviršiuje $\varnothing \geq 0,3$ mm).

Taigi, kiaurai lakšto storį frezuojama dėl trijų priežasčių:

1. išfrezuoti (išpjaušyti) dažniausiai konfigūruotą gaminio elemento kontūrą;
2. išfrezuoti (išgręžti) furnitūros tvirtinimo vienas;
3. išfrezuoti (išpjaušyti) dekoratyvų, dažniausiai smulkių raštų gaminio elementą.

4.1.7. Gręžimas

Elementuose iš plaušų plokštės galima išgręžti furnitūros montavimo skyles. Tai pagrindinė skylių gaminiuose paskirtis. Tačiau gali būti ir tokių objektų dizaino sprendimų, kai skylės reikalingos ir kitai funkcijai atlikti. Pavyzdžiui, objekto keičiamos padėties fiksavimui, vaikų baldų konstrukcijoje, kaip žaidimų objektas ar korpusiniuose balduose, lovose, kaip vėdinimo skydeliai.

„Skylėtos“ plokštės gaminamos specialiai statybų ir baldų pramonei, ir yra vadinamos perforuotomis. Tokios plokštės naudojamos kaip dekoratyvios sienų dangos, tuo pačiu atlieka akustinių sienelių funkciją. Taip pat naudojamos skiriamųjų sienelių, biuro stalų kojų uždangoms ir pan.



4.1.7.1 pav. Homag Group 2013A.

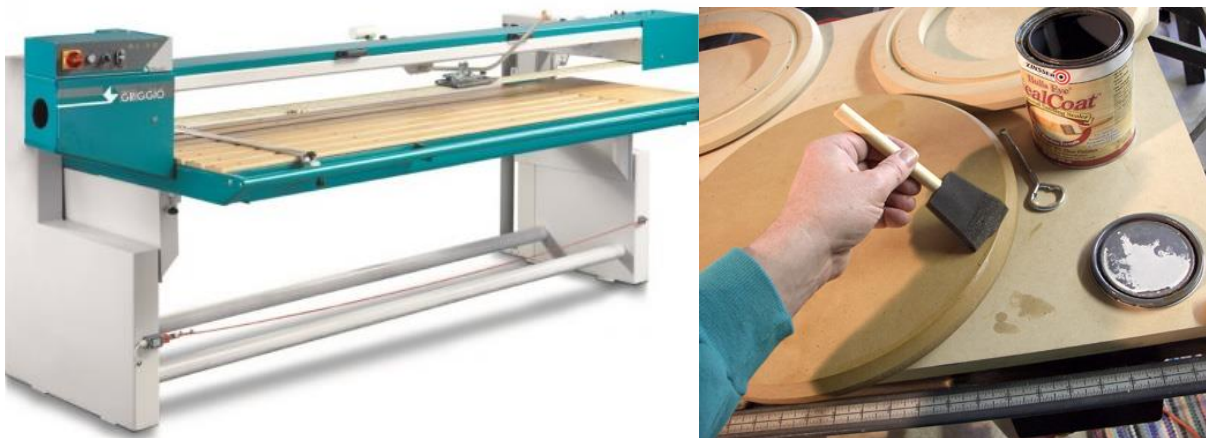
Plaušų plokštės detalėse gręžiamos furnitūros montavimo vietos

Labai svarbu yra tai, kad plaušų plokštėje esančių skylių kraštų nereikia padengti jokiais kitomis dangomis arba papildomos furnitūros detalėmis. Plaušai plokštėje sudarę vientisą medžiagą ir dėl šių savybių nebyra jokie smulkiniai (tai būdinga medienos drožlių plokštei).

4.1.8. Šlifavimas

Mechaniškai apdirbant medžiagos paviršius tampa nelygus, o dažnai, ypač kraštai, dar ir atsišerpetoję. Kokybiškam ir nepriekaištingam gaminio vaizdui būtina gerai atlikta elementų apdaila, nes nuo to ypač priklauso klientų nuomonė apie produktą ir jo kokybės lygį.

Paviršius paruošiamas skirtingo šiurkštumo lygio, dažniausiai matomi ir fasadiniai paviršiai iki $R_m \leq 16 \mu m$ (R_m – šiurkštumo (paviršiaus nelygumo) įvertinamo parametras)¹⁷¹. Tai priklauso nuo taikomo apdailos tipo. Po šlifavimo detales galima gruntuoti, dažyti, lakuoti, padengti aliejais ir pan. Šlifuoti paviršiai įgeria mažiau apdailinimo medžiagų bei išgaunami lygūs, glotnūs (estetiški) gaminių paviršiai, kurie atsparesni aplinkos poveikiui (4.9.1 pav.).



4.1.8.1. pav. Griggio S.r.l., 2016.

Plaušų plokštės šlifavimo operacija atliekama prieš paviršių apdailinimą

Tarpinis šlifavimas atliekamas ir po to, kai išdžiūna pirmasis apdailos sluoksnis. Po pirmo apdailinimo išsiryškina ir paviršiaus defektai – netolygiai padengtas gruntas, netolygus šlifavimas, įspaudimai ir kitokie mechaniniai pažeidimai. Sudrėkę nuo apdailos skysčių medžiagos plaušeliai pasišiaušia, pabrinksta. Paviršių reikia dar kartą sulyginti nušlifuojant, šiuos plaušelius.

¹⁷¹ Tiškevičius. J., *Detalių matmenų, paviršių ir formų tikslumas*. ŠU, 2007.

Šlifavimas atliekamas ir prieš elementų klijavimą. Šiam procesui paviršius turi būti šiurkštesnis nei paruoštas dažymui t.y. R_m – ne daugiau kaip 100 μm . Šiek tiek pašiaušti klijuojami paviršiai geriau sukimba. Paruošimo procesas atliekamas kruopščiai – medžiagos paviršinius plaušeliai sušiaušiami labai tolygiai. Elementus iš plokščių klijuoti tenka norint suformuoti lenktą formą arba apdailinant paviršių lakštinėmis baldų apdailai skirtomis medžiagomis: natūraliu medienos lukštu, laminatu ar linoleumu.

4.2. Tūrinių konstrukcinių medžiagų formavimas aukšto slėgio karštu presu

Tūriniam konstrukcinių medžiagų iš pluoštinių augalų biomasės formavimui naudojamas aukšto slėgio karštas presas. Ši technologija patraukli baldų dizaineriams ir gamintojams. Suformuojamas baigtas reikiamos formos elementas, kurio dažnai nebereikia papildomai apdoroti (pjauti, klijuoti ir kt.). Taip sutaupomas laikas ir kaštai. Tačiau iki dabar tai nebuvo ekologiškų gaminių gamyba. Tokiu būdu formuojant ruošinius, biomasė sumaišoma su rišikliais, t.y. su sintetinėmis dervomis. Dabar atsiranda vis daugiau galimybių įsigyti inovatyvių natūralių rišiklių – tai augalinės kilmės aliejų (kanapių, sojų, cukrašvendrių ir kt. (žr. sk. 3)) bioplastikas arba kiti, chemijos pramonėje gaminami, standikliai.

Karštas presavimas reikalingas tam, kad spaudžiama nuvandeninta augalinė biomasė galutinai išgarintų vandenį ir įgautų presformų suteikiamą formą ir paviršiaus „piešinį“ (4.10.1 pav.). Taikant šią technologiją suformuoto elemento paviršius gaunamas ne tik konfigūruotas, bet ir dekoratyvus dėl matomos smulkinių struktūros. Dažnai dėl augaluose esančių natūralių aliejų išgaunamas blizgus šiaudų spalvos paviršius. Taip suformuoti sudėtingos formos elementai, skirtingai nei lakštinės konstrukcinės medžiagos, negali būti apdailinami papildomomis dangomis, pavyzdžiui, medienos lukštu arba laminatu.



A- Henry&Co's, 2015

B-Spyros Kizis, 2013

C-Wellbaord, 2010

4.2.1 pav. Įvairiose presformose karštu presu suformuoti elementai

Tai pati patraukliausia tūrinio formavimo technologija, nes išgaunami dailūs vienalyčiai interjero dizaino objektų elementai, bet ir sunkiausiai prieinama, nes labai brangi. Yra galimybė gauti galutinės formos gaminį vienu preso užspaudimu, bet tokiam formavimui reikia gaminti specialias presformas iš metalo, kurios kuriant vienetinį gaminį gali ir neatsipirkti. Lietuvoje tokios įrangos interjero objektų formavimui kol kas dar neturi nei viena baldų įmonė.

4.2.1. Tekinimas

Šio meno projekto rengimo metu buvo atlikti eksperimentai presuojant sėjamojo lino (*Linum usitatissimum L.*), didžiosios (pluoštinės) dilgėlės (*Urtica dioica L.*) ir sėjamosios kanapės (*Cannabis sativa*) biomasę į briketus ir tekinant iš jų elementus. Panaudojus įprastinę biokuro gamybos įrangą, bei įprastines medienos tekimo stakles, pavyko pagaminti tvirtą, formą išlaikantį elementą, kurį galima būtų interjere pritaikyti įvairioms paskirtims, pavyzdžiui, stalelio, kėdutės kojelei, lentynų atramoms, žvakidėms ir kt.

Kinijoje iš augalinės biomasės formuojamos įvairių dydžių ir formų ruošiniai (pailgi stačiakampės, šešiakampės, kvadratinės ir kt. (4.2.1.1 pav.))¹⁷².



4.2.1.1 pav. Alibaba, 2016. Kompanijos Alibaba gaminama produkcija. Biomasė formuojama į įvairaus dydžio bei formos ruošinius

Bandymais įrodyta, jog standžiai supresuotą žaliavų ruošinį, galima tekinti taip pat, kaip ir natūralios medienos elementus. Tokiu būdu pagaminamos dekoratyvios išvaizdos konfigūruotos įvairių interjero objektų dalys (4.2.1.2 pav.).

¹⁷² Bio Briquette Machine [interaktyvus]. Alibaba [žiūrėta 2016 m. kovo 11 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.alibaba.com/product-detail/professional-hot-press-wood-sawdust-pallet_60253286271/showimage.html>



4.2.1.2 pav. Wolffurniture, 2012. Elemento pavyzdys tekinimo procese bei baldų konstrukcijoje

Apžvelgiant medienos apdirbimo bei baldų pramonės sektoriaus įmonių veiklą ir turimą įrangą, nepastebėta, kad Lietuvoje būtų galimybė presuoti augalinę biomasę į įvairių dydžių ruošinius. Pati tinkamiausia esama technologija – augalinės biomasės presavimas į briketus biokurui. Šie briketai yra standartinio dydžio - 150 x 80 x 85 mm. Tai apriboja tekinamo elemento aukštį (h 150 mm) ir skersmenį ($\varnothing$ 80 mm), tačiau jei baldo funkcionalumui ar dizaino sprendimui išpildyti reikia aukštesnių/ ilgesnių elementų, reikiamą aukštį galima suformuoti iš atskirų segmentų, sujungiant juos.

Tekintų elementų paskirtis – ne tik funkcinė, bet ir dekoratyvioji. Per tekintų elementų ašį įvedus stripelį, būtų sustikrintas jų atsparumas veikiamai jėgai iš viršaus ir šonų. Tuomet tekinio siluetas galėtų būti dar įveiresnis – nuo didelių skerspjūvio skirtumų iki mažiau kontrastingų, tolygiai kintančio veizdo.

4.2.2. Šlifavimas

Paviršiaus paruošimas – pirmasis visų apdailos darbų žingsnis. Būtent nuo to priklauso ne tik galutinė paviršiaus išvaizda, bet ir darbų kokybė, apdailos ilgaamžiškumas. Nesvarbu, ar tai lygus, ar konfigūruotas paviršius, labai svarbus kruopštus, daug laiko ir kantrybės reikalaujantis procesas. Tai operacija, kuri atliekama rankomis net ir masinės gamybos įmonėse, nors jau pasitelkiami ir greitai perprogramuojami robotai, kurie ženkliai palengvina šį procesą.

Apdailai ruošiant tūrinių elementų paviršių, naudojamos stacionarios juostinės šlifavimo staklės arba mažesni rankiniai šlifuokliai. Šlifuojanti įrankio dalis gali būti stačiakampės, apskritos, trikampės formos ir net suformuotos briaunos formą turinti dalis.



4.2.2.1 pav. Ted's Woodworking, 2015.

Rankiniu šlifuokliu nušlifuotas elementas. Paruoštas apdailai ir nulakuotas paviršius

Labai dažnas dizaineris, dirbdamas su natūraliomis medžiagomis vengia galutinės paviršių apdailos. Stengiamasi palikti natūralios medžiagos tekstūrą, netgi ją pagyvinti natūraliais aliejais. Atlikus šlifavimo operaciją, medžiagos paviršius tampa matiniu, dėl prikibusių smulkiųjų dalelių arba susibražiusio paviršiaus. Padengus aliejumi (arba natūralios kilmės laku) gaunamas „šlapias“ efektas – tekstūra išryškėja, o susidaręs skaidrumas priduoja ir „gilumos“ jausmo.

Daugiau apie šlifavimą skyriuje 4.1.8. *Pluoštinių augalų plaušų plokštės šlifavimas.*

4.2.3. Pjaustymas, grėžimas, frezavimas

Mechaniniam konstrukcinių elementų apdorojimui naudojami vis pažangesni įrankiai su kietmetalio ar deimantiniais pjovikliais: diskinės ir kotinės frezos, frezos su keičiamais peiliukais ir įvairiausi grąžtai. Frezos tapo daugiafunkcinėmis ir gali atlikti ir frezavimo, ir pjovimo, ir grėžimo operacijas. Besisukanti frezos galvutė, kuri gali būti nuo 3 iki 60 mm skersmens, yra reguliuojamo aukščio. Tad parinktas frezos aukštis, apdirbamo elemento paviršiaus atžvilgiu, nusako ar ruošins bus pjaustomas ar tik raižomas jo paviršius. Dažniausiai paviršius raižomas dėl dekoravimo paskirties¹⁷³ arba frezuojamas tikslių matmenų ir formų lizdai, pavyzdžiui, tvirtinimo detalių arba dekoravimo elementų montavimui. Ruošins pjaustomas freza tuomet, kai pjaunamo elemento siluetas

¹⁷³ Dekoravimo darbams įrankio ašmenys turi būti nusmailinti iki $R \geq 0.3 \text{ mm}$ [interaktyvus]. Leitz [žiūrėta 2015 m. spalio 23 d.]. Prieiga per internetą: < <http://lexicon.leitz.org/index.php> >

kreivalinijinis ir pjūklų labai sudėtinga išpjauti. O skylėms gręžti naudojama, kai reikalingos ertmės didesnės nei būna pačių grąžtų skersmens (grąžtų skersmuo neviršija $\varnothing 40$ mm)¹⁷⁴.

Nežiūrint to, kad įrankiai vis patobulinami, mechaniškai apdoroti konfigūruotus elementus yra pakankamai sunku. Tūrinis elementas pjaustomas arba frezuojamas tuomet, kai reikia atlikti galutinę apdorojimo operaciją – suteikti reikiamų matmenų ir formos siluetą.



4.2.3.1. pav. Biesse Group, 2015.

Konfigūruotas kėdės elementas po gręžimo/frezavimo operacijos paruoštas surinkimui

Pjovimui naudojamas stacionarus diskinis arba juostinis pjūklas. O frezavimo operacija atliekama penkiaašiais CNC centrais (4.13.1 pav.). Jie naudojami ne tik tikslios formos suteikimui, bet taip pat ir tvirtinimui skirtoms kiaurymėms išgręžti ar dekoratyviniam reljefui išfrezuoti.

¹⁷⁴ Ten pat

Lietuvoje su šiuo skyriuje aprašytomis konstrukcinėmis medžiagomis iš pluoštinių augalų biomasės dar nedirba nei viena įmonė. Niekas negamina ir augalinių plaušų plokštės. Mūsų šalyje labai giliai įsišakniję medienos apdirbimo tradicijos, žaliavos pakanka, įmonės klesti gamindamos standartizuotą produkciją. Bet šio meno projekto tikslas ir yra surasti būdus ir įrodyti galimybes alternatyvių medienai žaliavų panaudojimui „Baldų“¹⁷⁵ sektoriuje.

Šiame skyriuje pateikti užsienio gamintojų pavyzdžiai, tačiau dauguma analogiškų būdų buvo išbandyti praktiškai Lietuvos įmonių gamybinėse bazėse. Tos galimybės gaminti alternatyvią produkciją iš pluoštinių augalų biomasės, kurių Lietuvos įmonėse nėra, buvo išanalizuotos stažuočių metu užsienio kompanijose.

Skyriuje nebuvo paminėta apie plaušų plokštės iš pluoštinių augalų gamybą sausuoju būdu. Stažuotės metu Lenkijoje įmonėje Pfleiderer Grajewo S.A.¹⁷⁶, kur gaminama medienos plaušų plokštė sausuoju būdu, buvo atlikta tokios plokštės gamybos galimybių studija. Įmonės technologų teigimu, plaušų plokštės iš pluoštinių augalų gamyba sausuoju būdu taip pat galima, tik reikia papildyti technologiją papildomais pluošto smulkinimo įrenginiais ir užtikrinti pakankamą žaliavos tiekimą.

Išbandžius ir išanalizavus galimas konstrukcinės medžiagos iš pluoštinių augalų biomasės gamybos bei apdorojimo technologijas mūsų šalyje, galima teigti, jog interjero ir baldų dizainerių idėjų įgyvendinimo galimybių pasirinkimas didelis. Ekologinio dizaino idėjoms įgyvendinti dar yra du reikšmingi trūkumai. Vienas iš jų – nėra galimybių gaminti konfigūruotų ir tūrinių objektų iš augalinės biomasės (žr. sk. 4.2.). O kitas – Lietuvoje nėra ekologiškų alternatyvų sintetinėms dervoms: bioplastikų, pagamintų iš augalų aliejaus, vandens pagrindu pagamintų rišiklių ir pan.

Lietuvos baldų pramonė labai pažangi ir modernizuota. Įmonės turi visas galimybes konkuruoti tarptautinėje rinkoje ir yra labai patrauklios stambiems užsienio pirkėjams, tokiems kaip IKEA. Stambūs užsakovai diktuoja savas sąlygas plečiant gaminių asortimentą, o metai iš metų besitęsianti priklausomybė įtakoja technologinės bazės vystymąsi – įranga gerinama tik užsakovų (pagrindė vieno užsakovo – IKEA) serijinės ir masinės produkcijos gamybai.

Įmonės jau ieško produkcijos diversifikavimo šaltinių, planuoja sukurti stiprias savo produktų linijas ir prekių ženklus, palaipsniui sumažinant priklausomybę nuo tarptautinių

¹⁷⁵ Green Public Procurement [interaktyvus]. European Commission [žiūrėta 2016 m. vasario 18 d.]. Prieiga per internetą: <http://ec.europa.eu/environment/gpp/index_en.htm>

¹⁷⁶ Konsultacijos medienos smulkinų bei kitų žaliavų panaudojimo galimybės plokščių gamybai klausimais įmonėje Pfleiderer Grajewo S.A. (Grajevas, Lenkija).

stambių užsakovų¹⁷⁷. Šis žingsnis išprovokuotų įrangos įvairovės poreikį – noras išlikti konkurencingiems skatina kurti naujus įvairesnius ekologiškus gaminius bei domėtis technologijų naujovėmis.

Modernios konfigūruotų elementų formavimo, pjaustymo ir apdailos technologijos bus esminės ir jų efektyvumas apdorojant pluoštinių medžiagų kompozitus laukiamas aukštesnis, nei dirbant su masyvia mediena. Staklių su CNC valdymu bei robotų naudojimas išsivysčiusiose šalyse (tame tarpe ir Lietuvoje) jau plinta vidutinių ir smulkių įmonių gamybos procesuose. Pažangią technologiją vis lengviau naudoti, o kompiuterinės jų valdymo programos yra vis geriau adaptuotos vidutinio lygio vartotojams. Artimiausiu metu tai leis žymiai paprasčiau realizuoti dizainerių idėjas, ypatingai tiksliai gaminant net nedidelę gaminių seriją ar vienetinius gaminius.

Analizuojant technologinius procesus bei tinkamus įrengimus, reikėtų tiksliai nurodyti, pavyzdžiui, apdorojamų elementų galimus ribinius dydžius, nurodyti tiksliai koku minimaliu kampų galima lenkti elementą arba per kiek laiko bus suformuotas konfigūruotas elementas formuojant karštu presu. To nusakyti neįmanoma dėl kelių priežasčių: nėra išdirbtų technologijų, kad rezultatai galėtų būtų standartizuoti, gamybinė bazė tiek kintanti ir įvairi, kad nusakyti konkrečius reikalavimus apdirbamiems ruošiniams būtų neįmanoma ir, svarbiausia, nėra serijinės biomedžiagų gamybos, kad galima būtų nustatyti tiksliai fiziko-mechanines medžiagų charakteristikas. Teigiami bandymų rezultatai ir analogų pavyzdžiai įrodo, kad ekologiškų augalinės kilmės biomedžiagų gamyba ir jų pritaikomumas interjero ekoobjektų gamybai yra įmanomas, tačiau tobulinimo ir pritaikomumo laukas lieka dar gana platus.

¹⁷⁷ Ilgalaikė institucinė 2012 – 2014 metų ekonomikos mokslinių tyrimų programa. Lietuvos ekonomikos ilgalaikio konkurencingumo iššūkiai. LMT-KTU, 2015.

BENDROSIOS IŠVADOS

1. Siekiant išsiaiškinti teorines ir praktines galimybes konstruoti ir gaminti ekologiškus baldus ir kitus interjero objektus iš vietinių augalinių pluoštų Lietuvoje, meno projekto ir jo teorinės dalies rengimo metu buvo atlikti realūs bandymai nuo žaliavos užauginimo iki eksperimentinės pluoštinių augalų plaušų plokštės pagaminimo. Atlikti bandymai Lietuvos ir užsienio gamybinėse bazėse. Pramoniniu būdu išbandant konstrukcinių medžiagų iš sėjamojo lino (*Linum usitatissimum* L.), didžiosios (pluoštinės) dilgėlės (*Urtica dioica* L.) ir sėjamosios kanapės (*Cannabis sativa*) gamybos technologiją užpatentuotas išradimas „Pluoštinių augalų plaušų plokštės ir jų gavimo būdas“ Nr. LT6163, 2015-06-25. Atliekamų bandymų įmonėse metu nustatyta, jog konstrukcinės medžiagos iš pluoštinių augalų Lietuvoje gali būti apdorojamos įprastine medienos ir jos gaminių apdorojimo įranga, taikant žinomas ir naudojamas technologijas. Šalies baldų įmonėse pagamintos eksperimentinės konstrukcinės medžiagos ir baldų konstrukciniai elementai, kurie eksponuoti parodose Lietuvoje ir Airijoje.

Iš sulaukto žurnalistų, architektų, verslininkų, ūkininkų bei kitų tvarios plėtros šalininkų dėmesio bei gautų kvietimų skaityti pranešimus įvairioms visuomenės grupėms, galima teigti, jog susidomėjimas ir tokių interjero ekoobjektų poreikis šalyje dabar sparčiai auga. 2014 m. sausio 1 d. legalizavus pluoštinių kanapių auginimą, atsiranda vis daugiau žaliavos, todėl būtina toliau vystyti jos pramoninį perdirbimą. Juolab, Lietuvoje turimas, bet neišnaudojamas 1 milijonas ha, tinkamų augalininkystei žemės plotų.

2. Natūraliai Lietuvoje auganti, medienai alternatyvi ir konstrukcinėms medžiagoms gaminti tinkama žaliava yra minėti pluoštiniai augalai: sėjamasis linas (lot. *Linum usitatissimum*), didžioji dilgėlė (lot. *Urtica dioica*) ir sėjamoji kanapė (lot. *Cannabis sativa*). Šie ilgapluoščiai augalai yra vertingi tuo, kad kaip „statybinė“ žaliava konstrukcinių medžiagų gamybai tinkami dėl kokybiškų, tinkančių pramoniniam perdirbimui, ypatingai stiprių pluoštų masės ir dėl natūralių klajinių savybių – celiuliozės. Šių pluoštų stiprumines savybes galima laikyti savotišku trūkumu, kadangi labai apsunkinamas smulkinimas iki reikiamos medžiagų gamybai frakcijos. Šiam procesui reikalinga speciali įranga, kurios Lietuvoje nebuvo, tačiau dabar šią galingą įrangą jau turi ir mūsų šalies ūkininkai. Kita vertus, šis pluoštų trūkumas juos apdorojant, yra pagrindinis privalumas juos naudojant konstrukcinių medžiagų gamybai. Pluoštai stiprūs, juose gausu celiuliozės, dėl to išgaunamos patvarios medžiagos, nenaudojant papildomų sintetinių rišančiųjų medžiagų. Tai puikios žaliavos

kompozitų gamybai. Jos kaip pastiprinanti, armuojanti žaliava, tinkama maišyti su kitomis tiek organinėmis, tiek ir sintetinėmis medžiagomis. Iš pluoštinių augalų pagamintas konstrukcines medžiagas, kaip atskirus elementus, rekomenduojama jungti su natūralios kilmės elementais, pavyzdžiui, iš natūralios medienos ar kitos augalinės rūšies medžiagos. Tokiu atveju, utilizuojant nereikėtų šių sudedamųjų dalių išrūšiuoti, kadangi visos yra natūraliai yrančios gamtoje. Taip sueikvojama žymiai mažiau energijos ir perdirbimo resursų.

3. Pagrindinė konstrukcinė medžiaga iš pluoštinių augalų yra plaušų plokštė. Tai lakštinė, 3,2 -3,5 mm storio, plastiška medžiaga. Tai alternatyvi medžiaga medienos plaušų plokštei, kuri yra plačiai naudojama baldų gamybos ir statybų pramonėje. Ekologiškoms lakštinėms konstrukcinėms medžiagoms iš linų, dilgėlių ir kanapių pluošto gaminti, tinkamiausia yra medienos plaušų plokštės gamybos šlapiuoju būdu technologija. Šios technologijos metu plaušai suaktyvinami ir veikiant juos šlapioje terpėje, sudaromi celiulioziniai tinklai. Plokštės kokybės pagerinimui rekomenduojama plaušus susmulkinti maks. iki 5-7 mm ilgio. Smulkesnis pluoštas lengviau paskirstomas ir susiformuojamas tolygesnis plokštės paviršius.

Iš augalinio pluošto smulkintos biomasės, specialiai ją džiovinant ir formuojant, gaunama mažo tankio, lengva, standžios formos, savaime netrapi ir gerai išlaikanti suteiktą formą medžiaga. Iš gautos medžiagos gali būti gaminami šviestuvų gaubtai ar dekoratyvūs interjero objektai.

Iš pluoštinių augalų aliejaus gaminami polimeriniai bioplastikai tinkami kompozitinių ekomedžiagų gamybai. Naudojant šiuos natūralius rišiklius galima būtų efektyviau panaudoti apdorojimo metu nubyrančias augalų dalis. Šios kompozitinės medžiagos įgauna plastikui būdingų savybių – mažo tankio, lengva medžiaga, lengvai formuojama aukštoje temperatūroje ir išlaikanti suteiktas formas natūralioje būsenoje, lengviau skylanti mechaniškai paveikus didesne, nei eksploatacijai numatyta, jėga, tačiau perdirbant nekenkia gamtai. Iš tokios kompozitinės medžiagos galima gaminti plastikinių baldų analogus. Jie gali būti vienalyčiai. Juos lengva transportuoti ir sandėliuoti.

Tiek lakštines, tiek ir konfigūruotas konstrukcines medžiagas gaminant iš pluoštinių augalų svarbiausias yra tinkamas žaliavos susmulkinimas. Nuo to priklauso tolimesniuose paruošimo procesuose natūraliai susidarančių susiklijavimo procesų kokybė. Linų, dilgėlių ir kanapių smulkinimui efektyviausias yra kapojimo/ karpymo principas. Linų, dilgėlių ir kanapių pluoštą vandeninėje terpėje galima smulkinti tik su tokio tipo smulkinimo įranga, kurioje smulkinimo peiliai veikia kapojimo principu.

Gaminiai, suformuoti iš augalinio pluošto biomasės, išlaiko presavimo metu suteiktas formas ir karštame būvyje, ir natūraliame (atvėsus). Linų, dilgėlių ir kanapių biomasės suformuoti lenkti elementai yra tinkami naudoti tai pačiai paskirčiai, kaip ir lenkti elementai iš medienos plaušų plokštės.

4. Lietuvoje gaminamų ekoobjektų iš augalinės pluoštinės biomasės analogų neaptikta, o užsienio dizainerių sukurti interjero dizaino ekoobjektai iš šios medžiagos, dažniausiai pasižymi konstrukcijos paprastumu. Tiek formomis, tiek ir spalvų deriniais stengiamasi akcentuoti ekologiškos medžiagos privalumus – augalinių smulkinių natūralią spalvą, tekstūrą, faktūrą ir pačios medžiagos plastiškumą. Todėl šie objektai yra ne tik funkcionalūs, bet ir siunčiantys „eko žinutę“. Vartotojus tai veikia, todėl yra patrauklūs ne dėl „gero dizaino“, bet dėl ateities gerinimo ideologijos.

Tvaraus vystymosi idėjos propaguojamos bei pamažu visuomenėje plinta „ekologinio požiūrio“ filosofija, tačiau daugumos *ekologinio dizaino* dizainerių mintys nukreiptos į *Trash* dizainą, kuris tik iš dalies prisideda prie ekologijos problemų sprendimo.

5. Iš pluoštinių augalų plaušų plokštės galima gaminti įvairių konfigūracijų interjero ekoobjektus, kurių konstrukcijos dažnai daugiasluoksnės – konstrukciniai elementai sujungiami plokštumomis, tam, kad sustandinti formuojamą elementą arba jungiami kryžmai, kad sukibę elementai išlaikytų vienas kitą ir tuo pačiu visą konstrukciją. Konstruojamas objektas gali būti formuojamas iš kelių, dažniausiais lenktų, segmentų, jungiant juos išpjovose arba papildoma furnitūra. Objektams iš lakštinių medžiagų labai dažnai naudojami lenkti elementai todėl, kad lenktas plonas konstrukcinis elementas yra atsparesnis veikiamai jėgai, nei lygus. Labai svarbus ir teigiamai vertinamas *ekologinio dizaino* objektų konstravimo rodiklis yra, kai elementų susijungimo mazgai suformuoti nenaudojant papildomos furnitūros. Furnitūrai taip pat reikia resursų pagaminti, atgabenti, po to išrūšiuoti ir utilizuoti. Visiškai kitoks tūrinių ekoobjektų konstravimas yra iš augalinės biomasės. Šiam formavimui reikalingos presformos, kuriose karšto presavimo būtų suformuojami reikiamos formos objektai. Gautoje formoje gali būti numatytos vietos kitiems elementams tvirtinti (įsprausti arba įklijuoti). Šia įranga taip pat formuojami vienalyčiai objektai. Paruoštose formose galimas formavimas ir šaltu būdu. Tuomet būtina naudoti papildomas rišančias medžiagas. Į tokią savaime stingstančią masę galima iš anksto integruoti reikiamus elementus. Tai tuo pačiu ir elementų tvirtinimo procesas.

6. Lietuvoje su konstrukcinėmis medžiagomis iš pluoštinių augalų biomasės dar nedirba nei viena įmonė. Niekas negamina ir augalinių plaušų plokštės. Mūsų šalyje labai giliai įsišakniję medienos apdorojimo tradicijos, žaliavos pakanka, įmonės klesti gamindamos standartizuotą produkciją. Nors pilnam *ekologinio dizaino* idėjų išpildymui Lietuvoje trūksta tik vienos galimybės – gaminti konfigūruotus, tūrinius ekoobjektus iš augalinės biomasės, nes nėra tam skirtos įrangos ir ekologiškų alternatyvų sintetinėms dervoms: bioplastikų, pagamintų iš augalų aliejaus, vandens pagrindu pagamintų rišiklių ir pan.

Teigiami bandymų rezultatai ir analogų pavyzdžiai įrodo, kad ekologiškų augalinės kilmės biomedžiagų gamyba ir jų pritaikomumas interjero ekoobjektų gamybai yra įmanomas, tačiau tobulinimo ir pritaikomumo laukas lieka dar gana platus.

SUMMARY IN ENGLISH

The aim of the current art project is to contribute to the (re)solution of an important problem caused by the situation in the current world of industry – excessive exploitation and pollution of nature due to the manufacturing of new products.

R E L E V A N C E. One of the most significant social topicalities at the beginning of this millennium is the concern for the fate of humanity and all life on Earth. According to ecologists and other scientists, the humanity has already reached a critical point in impoverishing and devastating its planet. As a response to such human activity that has negative consequences, nature is presenting the humanity with more and more natural disasters and, due to this, the living conditions in many developing countries (the so called “third world countries”, which exploit their natural resources for the development of mass industrial production: China, Brazil and some African countries) have become hardly bearable or are about to become such.

Nature has always played and will play the most important part in a person's life. While conducting their practical activities, the humanity has always maintained or has been forced to maintain a close relationship with nature and its resources. The human kind's treatment of nature has always been effected by the prevailing attitude towards its natural phenomena and resources. However, has the humanity chosen the right ethical values, if the course it has taken and the current situation are leading towards a catastrophe? Significant changes in the humanity's thinking which emphasize ethics and demand for a humanistic basis in all people's activities emerged only in the end of the 20th c. Even the conception of humanism itself has transformed, thus now a human being is considered to be not the ruler of nature, but its intellectual part only. The German biologist *Ernst Haeckel* introduced the term *ecology* into the scientific terminology in 1866, and this expanded the horizon of the ecological ethics. For a very long time nature was understood only as a source and means of satisfying human needs. In contrast, now we have *human ecology*, *social ecology*, and *global ecology*¹⁷⁸. Economic, social and cultural peculiarities of human life have penetrated the relationship between the humanity and nature.

Sadly, it took 100 years after the term *ecology* had emerged, to start modernizing production technologies and reorganizing economies into ecological ones. The oldest environmental label is *the Blue Angel*, which saw its beginning in Germany in 1977. It inspired other countries in Europe and beyond to follow Germany's example and create national or regional systems of marking environmentally friendly products. The highest need to register ecological farms and ecological activities of industrial companies officially arose in Europe only in 1990. In 1991, the European Agriculture Council of Ministers adopted the Regulation (EEC) No. 2092/91 „regarding the ecological production of agricultural products <...>“¹⁷⁹. The EU countries have prepared 20 criteria for the award of the eco-labelling to product groups, which are constantly reviewed and developed by taking the latest scientific achievements into account¹⁸⁰. From 1996, all these documents are adapted by the Ministry of

¹⁷⁸ Kalenda, Č., *Ekologinė etika: ištakos ir dabartis*. Vilniaus universiteto leidykla, 2002. – 277 p. – ISBN 9986-19-463-6

¹⁷⁹ Official Journal of the European Union. *REGULATIONS. COMMISSION REGULATION (EC) No. 889/2008*. 5 September 2008

¹⁸⁰ <<http://www.savas.lt/zalios-zinios/2086-ekologiniai-zenklai-europos-sajungoje-ir-lietuvoje.html>>

Environment of the Republic of Lithuania and published in the *Government News* (the list of criteria for separate product groups is attached)¹⁸¹. Now the Eco-Label system is applied to 26 product groups (including textile products, paints, paper, detergents, household appliances and services)¹⁸².

Even though the idea of ecological production has spread, a significant part of industrialists still fail to comprehend the importance of ecology or simply ignore it. According to ecologists, the situation needs to change now, due to the risks to the environment and human health. Nevertheless, today there are more sceptics of ecological production and usage of such products than those who support it. In the Western society, alternative materials and energy sources are becoming more popular and can be applied. However, many producers still view their costs as repelling. Nonetheless, we live in a multi-layered world, thus there are many manufacturers who think about the future and start implementing the principles of ecological production in the industry or service sections, because they understand that eco-products provide a possibility to maintain their position in the global and regional markets later on. Many global corporations follow such examples by significantly changing their operative strategy and choosing renewable sources of energy.

An example of the latter is the Swedish company IKEA, which always integrates functionality, quality, design and, undoubtedly, the standards of sustainability in their business development. The company follows this conception in every step: by creating their designs, choosing suppliers of raw materials and packages. IKEA entered Lithuania in 1992 through the cooperation with the then company *AB Jonavos baldai*, and soon became the biggest customer in the Lithuanian furniture industry. In 2015, the Lithuanian industrialists were announced as the fourth IKEA producers in the world, based on the amount of products manufactured. Having in mind the fact that companies from virtually all around the world manufacture furniture, lamps and various household items for the IKEA group, the fourth position in the map of suppliers for the pedantically demanding global network is a significant and valid achievement.

What is more, *AB Grigeo Grikiškės* is another Lithuanian group of companies which operates ecologically. It is the only Lithuanian company and one of the biggest Baltic groups of companies working in the pulp and paper industry, the aim of which is to provide the user with a useful item by utilizing natural resources in the most optimal of ways. *AB Grigeo Grikiškės* invests into environmental projects from 0.2 million to 0.5 million euros annually. In its operations, the company applies a strict environmental management system ISO 14000.

The local internal policy and the global policy both will undoubtedly force the industrialists to solve ecological problems provided they want to remain competitive in the market¹⁸³. The journal of the European Commission *Smarter and Cleaner* states that the so called *green* public procurements can significantly affect the support of new products, ecological technologies and innovations.¹⁸⁴ Ten underlying groups of products and services, to which *green* public procurements are applied, have been determined¹⁸⁵: 1. Constructions; 2.

¹⁸¹ AWARD OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY LABEL TO PRODUCTS.

http://gamta.lt/files/Aplinkai_nepavojingo_gaminio_zenklas.pdf

¹⁸² www.ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/scp/lt

¹⁸³ *The Strategy of Economic Factors in Environmental Protection*. <http://ukmin.lrv.lt/>

¹⁸⁴ European Commission. *Smarter and Cleaner*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2010. ISBN 978-92-79-15749-3.

¹⁸⁵ <http://ec.europa.eu/environment/gpp/index_en.htm>

Food industry and catering services; 3. Transport; 4. Electricity; 5. Office IT equipment; 6. Textile products; 7. Copying and graphic paper; 8. Furniture; 9. Cleaning supplies and services; 10. Garden supplies and services.

A competitive ecological product should, first of all, emerge in the minds of planners and design specialists. The aim of an *ecological design* is not only to sell such a product but also to raise the awareness of users and expand the issue of environmental protection, in order to prevent it from becoming a problem solved only by a group of the most interested people. Each product designer should take this into account and it should influence their production and realization from the start till the end of exploitation.

The term of *ecological design* can be applied to two fields: social sciences, when ecological systems (intangible ideas (projects)) are created and implemented, and design and architecture, when ecological products (tangible objects from household items to buildings, elements of urban infrastructure and landscape surfaces) are created and manufactured. These two areas of ecological design are joined by the overall idea “to balance such an environment, which would satisfy the needs of today but would not limit the ability of future generations to satisfy theirs”¹⁸⁶.

By applying this concept, we must take the responsibility for possible positive or negative outcomes for the environment and society, look for new ideas and technological solutions, and apply high-standard environmental norms and rules to industrial design and entire industry both.

P R O B L E M. The current *ecological design* art project has been created and applied to the sector of „Furniture“¹⁸⁷. Until recently, this sector was one of the most anti-ecological ones. Manufacturers of furniture and other interior objects use finishes, paints, glues and other types of chemicals, which contribute to the interior air pollution significantly. This pollution is caused by gases which are emitted by the wooden furniture, drapery and other structural materials saturated with chemicals. It was impossible to suspect that a bigger dosage of pollution reaches our lungs not through the exhaust gas of vehicles (hydrocarbon (HC), carbon monoxide (CO) and nitric oxides (NOx)), but through the formaldehyde emitted by cabinet furniture. The formaldehyde emission can spread hazardous substances from the products for more than 10 years. Before Lithuania regained independence, the production of chipboards (RCB) included binding agents, which emitted the staggering 10-20 mg of formaldehyde from 100 g of dry wood (class E2). These toxins cause numerous diseases and allergies and enter the air as easily as most hazardous substances do. In 1985, the World Health Organization declared RCB to be a carcinogen that might cause various types of cancer. Moreover, it irritates the mucous membranes of eyes, nose and larynx, and a high concentration can induce asthma attacks. After the company *Girių bizonas* was modernized in 1997, class E1 binding agents were introduced into chipboard production. The latter means two times lower amount of formaldehyde emitted. The amount of formaldehyde was further reduced to E1/2 class in 1999, when IKEA joined the company's management. Thus the

¹⁸⁶ Sim Van der, R., Cowan, S., *Ecologicalal design*, United States of America: Island Press, Suite 300, 718 Connecticut Ave., NW, Washington, DC 20009, 2007. ISBN-13: 978-1-59726-140-1.

¹⁸⁷ <http://ec.europa.eu/environment/gpp/index_en.htm>

situation has been improving significantly, but an ecological production of RCB without any formaldehyde compounds still remains unthought-of.¹⁸⁸

RCB has always been and will be a very marketable material in furniture manufacturing, because it is cheap, easily processed, and there is a number of ways to do it. The usage of this board in household is not the only problem. The issue of ecology becomes relevant again when the furniture must be utilized: the period of its natural disintegration is relatively long, and it emits hazardous substances even more actively when burnt.

The manufacturing of upholstered furniture encompasses the usage of foam and synthetic materials, which not only accumulate electrostatic charge during exploitation, but emit highly toxic gases as well. What is more, upholstered furniture cannot be called ecological, because it is constructed from numerous different structural elements: the carcass from natural wood, boards, staples, wood screws and other connecting and softening elements. Their assemblage and later utilization are very uneconomic due to the fact that they require extensive manpower, electricity and time input, special infrastructure and transport.

Moreover, even an item made from natural wood is rarely ecological because of the following reasons: forests are cut down for its production, glue for binding the battens are used due to its constructive peculiarities, details are connected with metal or plastic fittings. Furthermore, the wood for mass production of natural wood furniture in Lithuania is often imported from foreign countries (Russia, Belarus, Ukraine and Poland). Thus the cost of transportation is added, time is wasted and the atmosphere is polluted.

During the current art project, the features of ecological furniture or other interior eco-objects have been strictly taken into account, and they have been defined as follows:

- recycled materials are used;
- same type materials are used;
- the product's construction requires a minimum or none of attachment fittings;
- in structures, glue is not used or organic natural glue is used;
- finishing and protective materials containing no toxic substances are used;
- minimal easily recycled or degradable packaging is used;
- local production which prevents the cost of fuel for transportation, is organized.

S C I E N T I F I C O R I G I N A L I T Y. Taking the ecological problems of the “Furniture” sector into account, the goal has been not only to create ecological interior objects but an ecological material also. During the present art project, an ecological, degradable, harmless material, which provokes innovative design forms, has been created from such renewable fibrous plants as flax, nettle and hemp (growing naturally in Lithuania) and patented.¹⁸⁹ This material can be used in producing interior objects for the closest surroundings of people. In the construction of such objects, one type material and a minimum of attachment fittings are used.

The pursuit to create products (structural materials and interior eco-objects) from secondary raw materials, renewable energy sources and ecological and economical elements solves critical problems.

¹⁸⁸ In RCB production, glue is necessary to bind wooden particles (chips), because the tiny particles do not bind by themselves even during the hot-pressing in high pressure. While producing fibreboards (MDF, HDF) during dry or wet processes, wooden fibres are too short and thus have to be bound with additional chemical binders.

¹⁸⁹ Patented invention „Fibreboards from fibrous plants and the method of their production“ No. LT6163, 2015-06-25. Claimant – Vilnius Academy of Arts.

While seeking maximal result and analysing separate phenomena of ecological production and realization, the following hypothetical objectives, which were confirmed later on and became the fundamental supporting points in designing furniture from natural fibres, were formulated:

- the amount of manufacturing materials has been reduced: types of materials are not mixed, details are attached with fitting, which is mounted without additional manufacturing operations and which does not have to be utilized or recycled later on;
- recycled, environmentally friendly and non-toxic materials are used;
- energy efficiency is increased: the chosen manufacturing method requires less energy and less economic resources;
- maximum quality, functionality and durability of the product is achieved: long-term and more effective products are replaced more rarely than low-quality items, and a longer life of a product decreases its surplus in the material environment;
- a manufacturing method requiring less transport services (the product is manufactured locally from local materials) is applied;
- utilization and/or repeated usage of the product are ensured.

Research Object

The research object of the art project is complex and multi-layered, comprising the entire ecological manufacturing chain from the comprehension of the ecological plant's physical and chemical composition to the solution in the production of interior eco-objects, i. e.: local fibrous plants, suitable for the production of structural materials - flax/linseed (*Linum usitatissimum L.*), stinging (fibrous) nettle (*Urtica dioica L.*) and hemp (*Cannabis sativa*)); the possibilities to produce structural materials from fibrous plants in Lithuania; constructive features of interior eco-objects and possibilities of their production in Lithuania; and the types of ecological interior objects in the global market.

R E S E A R C H R E S O U R C E S: national fibrous (long-fibre) raw materials, *ecological design*, furniture making (traditions and/or innovations), the manufacture/technological potential of the Lithuanian furniture companies, information about the innovations in foreign furniture companies, the Lithuanian and foreign technological/scientific research base for the performance of practical tests on fibrous materials.

R E S E A R C H M O T I V E S: the comprehension of the importance of using renewable resources (realization of local materials), the potential of the Lithuanian furniture making (promotion of traditions/cohesion of traditions and innovations), the understanding that the ecological products would not only satisfy the Lithuanian market, but be exported also, the creation of employment (in crop production and processing areas), the creation of Lithuanian interior design objects from Lithuanian materials and prototype production in local furniture companies.

RESEARCH FIELD AND LIMITATION:

During the research, the analogous Lithuanian and global eco-object projects have been familiarized with. The analysis of such analogues is important in order to investigate the types of materials that are used for the production of such objects, the production technique applied, and the design forms that can be created while making such eco-objects.

The testing was performed and/or the possibilities of eco-activity were researched in the following Lithuanian and foreign companies and scientific laboratories:

- Lithuanian scientific laboratories: the laboratory of Vilnius Gediminas Technical University, the Textile Institute of Kaunas University of Technology, Upytė Experimental Station.

- foreign scientific laboratories: Latvia's Forest and Wood Products Research and Development Institute (*MeKa*) of the Latvian University of Agriculture, the Institute of Macromolecular Chemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine, the Faculty of Humanities and Art of Liepaja University.

- Lithuanian wood processing and furniture manufacturing companies – *AB Grigeo Grikiškės*, *UAB Baltwood*, *Vakarų medienos grupė (VMG)*, *UAB IKEA Industry* (former *Swedspan Girių bizonas*), *UAB UMP*, *UAB Narbutas*, *UAB Interjero elementai*, *UAB Plėtra*, *UAB Agropro*.

- during work placements in the manufacturing bases and laboratories of foreign (Latvian, Polish, German, Italian, Portuguese, South African Republic's) countries: *Latvijas Finieris*, *Pfleiderer Grajewo S.A.*, *Siempelkamp*, *Homag*, *SCM Group*, *Biesse Group*, *Amorim*, *Growing Papper*, *Hemporius*).

What is more, international exhibitions have been attended in order to learn the innovative global eco-design tendencies. Design exhibitions have been visited in the following countries: Sweden, Italy, South African Republic, Germany, and Ukraine.

Aims, Objectives and the Course of Work

THE AIM OF THE THEORETICAL PART OF THE ART PROJECT – to investigate the theoretical and practical possibilities to construct and manufacture ecological furniture and other design objects from the local Lithuanian fibrous plants, by accumulating theoretical knowledge about eco-furniture and by performing the practical tests of fibrous materials.

THE OBJECTIVES OF THE THEORETICAL PART:

- to investigate the fibrous plants that grow in Lithuania and are suitable for the making of structural furniture design materials;
- to distinguish the types of structural materials made from plant fibres, their advantages and disadvantages;
- to analyse the analogues of ecological interior objects, made from plant materials;
- to discover suitable methods for constructing interior objects from plant fibre materials and suitable technologies of processing;
- to analyse and evaluate the possibilities to manufacture plant fibre materials and interior objects in the Lithuanian companies.

HYPOTHESIS

The hypothesis of the present thesis is comprised of several statements.

Firstly, the ecological manufacturing of furniture in Lithuania by using local raw materials is possible, conditions for such production exist, because currently there are 241.3 thousand ha of abandoned agricultural land for growing such materials. In addition, trees used in furniture production need several or dozens of years to grow, but the harvest of fibrous rapid rotation crops (long-fibre: flax, nettle and hemp) can be obtained annually with crop harvesters or flax harvesting equipment. The latter national plant can produce 100% ecological material, because no additional synthetic agents are needed due to the chemical characteristics of its fibres (flax fibres are longer compared to other plants, e.g. wood), and additional investment of furniture boards' manufacturers is not necessary, because the MDF equipment can also be applied in the production of ecological fibreboards. Due to the common fibreboard processing features, the current manufacturing base of the Lithuanian furniture companies is suitable for producing this ecological product.

Secondly, the manufacturing of such eco-objects (furniture or other interior objects) would create additional employment for farmers, promote national crop production traditions, and, what is more, incorporate the local manufacturing base.

Thirdly, Lithuanian products can and must be created by applying the ancient traditions of crop production (during the preparation of raw materials for structural parts) and furniture making (while applying unique detail attachment methods and design characteristic to the country) and the newest technologies of processing raw materials and substances which make a great impact on the final appearance of the objects.

THE COURSE OF THE THEORETICAL PART AND THE PRACTICAL TESTS:

The work in the interior and furniture design field and constant investigation of new design tendencies in the scientific literature and global exhibitions have produced the wish to deepen the knowledge of *ecological design* problems. Only a small portion of designers take the fate of the objects they create and their surroundings into account. The assessment of this problematic situation has developed the idea to create ecological objects worthy of such title and truly harmless to people during their exploitation and to the environment during their utilization.

The samples of eco-materials were selected and the raw materials that might be used for their manufacture were analysed by studying literature about innovations in the production of furniture construction materials and while participating in Lithuanian and foreign conferences. The testing of the composition and characteristics of raw materials was carried out in collaboration with the scientists who work in the laboratories of the Textile Institute of Kaunas University of Technology, *UAB IKEA Industry* (former *Swedspan Girių bizonas*) and Latvia's Forest and Wood Products Research and Development Institute (*MeKa*) of the Latvian University of Agriculture. The testing results showed that the most rational decision is to produce eco-materials from local raw materials, the formation and form stabilization/fixation of which do not require using synthetic resins. The scientists of Upytė Experimental Station helped to determine that the most suitable local material for this purpose is long-fibre plants: flax/linseed, stinging nettle and hemp.

Furniture construction materials are not produced from fibrous plants in Lithuania, there is a lack of similar experience here, thus assistance was sought abroad. All initial information on the production of eco-materials was provided by German technologists (in the *Siempelkamp* group manufacturing the equipment of furniture panels) and engineers in South African Republic (the hemp grower *Tony Budden* and the scientist, professor, founder of an eco-village *Mark Swilling*).

The experiments with fibrous raw materials and, later on, with the structural materials made from them were carried out in the research bases and laboratories of the local academic institutions. Moreover, assistance was also received from the technologists of the Lithuanian furniture and RCB production companies, which allowed using their professional manufacturing equipment. What is more, experimentation with materials was also carried out during work placements in the companies of the same field in Latvia, Poland, German, Italy and Portugal.

After the laboratory experiments helped to ascertain that the production of ecological structural materials from flax, nettle and hemp particles is possible, an industrial scale production test was performed in the company *Baltwood*, during which ecological fibreboards were manufactured. The results of the said test provided the possibility to patent the invention No. LT6163, 2015-06-25 “Fibreboards from fibrous plants and the method of their production“.

The prototypes of interior eco-objects (furniture, lampshades, examples of interior decorative panels and various furniture details) were designed from the structural materials made during the present art project and produced in the manufacturing bases of local companies.

Methodology

The idea that the aim of this project was to create a new ecological structural material and an innovative product from it suitable for industrial scale manufacturing, significantly influenced the research. Thus it had to comprise the theoretical and practical (testing) approaches both. While deepening theoretical knowledge, the comparative method popular in humanities was used together with the statistical method and the method of qualitative data analysis applied in social sciences. The technological experiments and tests were performed in manufacturing companies under the leadership of experienced technologists. An obvious realization followed that the birth of the idea and the formation of the design vision are impossible without a broad humanitarian perspective and the comprehension of the realm of culture. However, it was also understood that a designer’s visions must be practically tested in manufacturing laboratories, the practitioners of which base their work on the chemical, physical and mechanical knowledge. The active, sincere communication with the manufacturers, newly found professional acquaintances and creative relationship with practitioners and theoreticians both played their role also.

R E S U L T S: During the course of the present art project, the following objects were created from fibrous materials: fragments – segments of furniture or other interior design

objects, examples of detail connections, combinations of analogous materials and configurations of details.

By taking the capacity and possibilities of the Lithuanian furniture companies and the experience of foreign enterprises into account, the objects were designed from the most suitable details and types of their connection.

An ecological structural material was produced from fibrous materials of plant origin.

Design problems were solved through the cooperation with the manufacturers and engineers (constructors, technologists, and economists).

Defended Statements

1. The biomass of such local long-fibre plants as flax/linseed (*Linum usitatissimum* L.), stinging (fibrous) nettle (*Urtica dioica* L.) and hemp (*Cannabis sativa*) is suitable for the production of eco-furniture materials.

2. The structural material created – the fibreboard from fibrous plants¹⁹⁰, is more ecological than the wooden fibreboard currently used. Eco-objects made from it are completely safe and do not pose any threat to people who use them and the environment while being utilized.

3. The possibilities to dispose of this furniture ecologically and/or recycle it will expand the group of conscious users and be useful to the industry.

4. The potential of these materials is high in Lithuania. It is determined by the natural conditions, persons capable of working and current technologies. The only thing missing is an artistic vision of a designer and the collaboration with the industry.

5. This is a new niche of *ecological design*, a missing link in the chain of growing and processing fibrous materials and the synergy of various industries, agriculture and even medicine.

Thesis Structure

The art project consists of two parts: the first, creative part is comprised of a catalogue of creative items with an introduction and information about them, and the second, research part is composed of an introduction, four chapters, conclusions and appendices.

In the introduction, the problem, relevance, scientific originality, and the overall concept of interior objects are described. The object of the research, resources, motives, the field of the research, limitations and the substantiation are indicated. Moreover, the aims and objectives of the creative and the research parts and the course of work are presented. In addition, this part describes the methodology of the research, intended results, hypothesis and the defended statements. Finally, the review of the literature used finishes the introductory part.

In the first chapter, three species of the local fibrous plants: flax/linseed (*Linum usitatissimum* L.), stinging (fibrous) nettle (*Urtica dioica* L.) and hemp (*Cannabis sativa*) are

¹⁹⁰ Patented invention „Fibreboards from fibrous plants and the method of their production“ No. LT6163, 2015-06-25. Claimant – Vilnius Academy of Arts.

described. The statement that the fibres of these plants are suitable for the textile industry and for the production of paper and fibreboards both is presented. It is a raw material of structural elements suitable for the manufacturing of interior design objects. The processing of hemp fibres, which are the main tested raw material in this art project, is described in a greater detail.

In the second chapter, all tests performed during the preparation of the current art project and tests with local fibrous plants are depicted. The course of testing and its results are portrayed starting from the physical, mechanical and relaxation characteristics of fibres (determined in Lithuanian and foreign laboratories both) to the possibilities of using these raw materials in the production of structural materials in Lithuanian companies.

In the third chapter, the analogues of interior eco-objects, the production of which includes raw materials of plant origin, are described. What is more, the types of their structural materials and formation technique, which directly affects the final product's design, are indicated.

In the fourth chapter, in accordance with the results of the tests performed during the preparation of the present art project, the techniques of processing and formation of the structural materials from fibrous plants, also their application to furniture production are presented.

1. Characteristics of Local Fibrous Plants and Their Applicability to the Production of Structural Materials

Fibrous plants are a source of raw materials which grow naturally in Lithuania, are alternative to wood and suitable to produce structural elements. The natural conditions of our country are appropriate for growing only the following long-fibre crops: flax/linseed (lot. *Linum usitatissimum*), stinging nettle (lot. *Urtica dioica*) and hemp (lot. *Cannabis sativa*)¹⁹¹. The value of the said long-fibre plants lies in the following facts: they can be used for the production of structural elements as a “building” material, their mass made of high-quality fibres is suitable for industrial processing, and they possess natural adhesive (cellulose) properties. Their stems produce two types of raw materials, which may be used industrially: boon and fibres. Both of these types are suitable for the production of such structural materials as fibreboards. This is an ecological advantage, because other industries such as the textile industry use only fibres (boon is used for fuel production or are discarded).

Flax, nettle and hemp are long-fibre plants, whose fibres contain big amounts of cellulose: flax – 65-90% of cellulose, the length of fibres – up to 65 mm; nettle – 86.5% of cellulose, the length of fibres – up to 75 mm; hemp – 88.3% of cellulose, the length of fibres – up to 55 mm, compared to wood which contains only 50% of cellulose and the length of fibres in conifers is 3-7 mm, and in deciduous trees – only 1-2 mm. The cell width is 0.04-0.08 mm¹⁹². The fibres of fibrous plants contain a lot of cross nodes, longitudinal striations or

¹⁹¹ Jankauskienė, Z., Gruzdevienė, E., Endriukaitis, A. *Sėjamuųjų kanapių auginimo technologija*. Lithuanian Agricultural Institute. – Vilnius: 2007.

¹⁹² Batiuškaitė, D., Kupčinskienė, E. *Augalų anatomija ir morfologija*. Kaunas: Vytauto Didžiojo universiteto leidykla: 2009. 8 p.

additional hairs that help to create a more solid cellulosic netting which, in its turn, directly affects the resistance of fibrous products to physical impact.

Not only scientists but businesspeople also have understood that the demand for products having positive (ecological, antiseptic, light, etc.) properties is rapidly growing. The legalization of hemp grown for fibre in Lithuania on 1 January 2014 was followed by an intense search for possibilities to use hemp stems, because the lack of realization methods in this agricultural area means it is not worth to grow them. The cultivation of hemp as cellulosic raw material would present the farmers with numerous possibilities, create new employment and protect the national forests. The industrial application of natural fibres should increase, because the markets of specialized textile and bioplastic¹⁹³ and the application of natural fibres in the automotive industry¹⁹⁴ are expanding.

2. Feasibility Study of Producing Structural Materials from Fibrous Plants Biomass

All experimental testing was conducted by strictly keeping to the boundaries of the project's aim and a strong direction: from the trial of raw materials to the formation of structural elements.

Cellulose molecules have a linear structure and a high molecular mass, which determines the irreversible deformation (plasticity) and strength of fibres. In these plant origin polymers, all microfibrils that compose macromolecules are affected more or less equally by the tensile forces, thus the strength of such fibrous materials is very high during pulling. The flax, nettle or hemp fibre mass comprises more than 85% of cellulose, and the average degree of polymerization is extremely high (for instance, 30 000 in flax).

The cellulose fibres are one of the most hygroscopic fibres. This can be understood as a disadvantage in terms of structural fibrous materials: with an increase of humidity, the material's elasticity increases, i.e. it does not maintain the initial form. In order to eliminate this problem, paraffin is used by mixing it into the biomass of fibres.

Moreover, flax, nettle and hemp possess good elongation characteristics. If a fibre is able to elongate under a certain load, its ability to withstand impact and multiple loads increases, thus the products which are characterized by a higher reversible deformation maintain their initial form better and do so for longer periods.

The wet process of fibreboard production suits the manufacturing of ecological sheet structural materials the most. The said process differs from the dry one, because in this case the inter-adhesion of fibres is achieved by applying chemical hydrogen bonds between the cellulose molecules instead of using adhesive substances (synthetic resins). The matrix structure secures its form and is sufficiently strong, especially in the high density fibreboards.

If the biomass is not purposefully pressed by applying additional force and the water can drain out by itself, low density (light) structural elements of solid form, which break easily while being broken, but are not generally frail and maintain the form that has been

¹⁹³ *Alberta Hemp Cost of Production and Market Assessment. Final Report.* Serecon Management Consulting Inc, Edmonton, Alberta: 2012.

¹⁹⁴ *Wood-Plastic Composites (WPC) and Natural Fibre Composites (NFC): European and Global Markets.* WPC/NFC Market Study. Nova-Institute for Ecology and Innovation: 2014.

given to them well, are formed. This material can be used for the production of lampshades, decorative elements and other interior design objects of non-supporting structure.

The performance of industrial scale testing during which hot presses were used showed that the wet process technology applied while manufacturing wooden fibreboards is suitable for manufacturing flax, nettle and hemp fibreboards. Products from fibrous plants' biomass maintain the forms obtained while pressing in their hot state and natural state (after cooling), too. Curved elements formed from flax, nettle and hemp biomass are suitable for the same purpose as the curved elements made from wooden fibreboards.

The compositional material from organic reinforcing agents and natural polymeric binders acquire features characteristic to plastic and become a low-density, light material, easily formed in high temperature and maintaining the given form in a natural state, more easily fracturing when mechanically affected by a force higher than the one intended for its exploitation, but recycled without any harm to the environment, because all its compositional elements are organic. During the laboratory testing, the scientists of the Ukrainian Institute of the Chemistry of Polymeric Bonds proved that a possibility to produce polymeric eco-plastic binders from hemp seed oil. Such ecological eco-plastic structural materials can be used to manufacture interior (maybe even exterior?) volumetric design eco-objects.

3. Design Ideas for Interior Eco-Objects from Plant Origin Biomass and Technological Achievements of Ecological Production. Review of Analogues

More and more examples of eco-objects, made from such innovative self-decomposing materials as biopolymers, bio-fibreboards and bioplastic appear. Scientists find more and more methods of binding the particles of biological origin with natural adhesive plant materials.

It is said that "It is easy to be different, but difficult to be better", but almost all designers presented in the present part of the art project have received global acclaim and such international awards as *Red Dot*, *Geneva Invention Award*, *WIPO Award*, *Pentaward* and others for their ecological design solutions, inventions of alternative structural materials and the support for the philosophy of sustainability. Such well-known furniture companies as *Magis*, *Calligaris*, *Cartell* and *Emeco* have become the supporters of ecological design. What is more, a world-renowned designer *Philippe Starck* cooperates with prominent companies by conveying the knowledge of ecological design and personal experience.

Good examples of saving trees are becoming more and more apparent. Chipboards can be made from agricultural waste: straws, flax, maize stems, sugarcane, rice, palms, bamboo waste, rape seeds, various grasses, shells of sunflower seeds or nuts. Up to 30% of energy can be saved while making fibreboards from straws.

The number of companies that obtain bioplastic from plant oils is increasing. It might turn into a certain revolution in the production of interior and even exterior design objects. The analogues of plastic furniture could be produced from a composite of plant fibres and bioplastic. They can be homogenous, thus only a small amount of energy is used for their manufacturing and utilization. They are easy to transport and store, and this is as ecological as it is cost-saving.

While evaluating the design of interior eco-objects, made from the plant fibre biomass, it was noticed that the technological “flexibility” of structural eco-materials is best revealed through the form of objects being created. Designers usually choose almost primitive or ethnical replication of interior objects. However, the copying of “modern” classic or even the efforts to play with geometric forms and futuristic insights are also often observed. All these design solutions nowadays are innovative and sometimes even provoking. This is especially applicable to objects that have a “rough” and “messy” image, which creates a special contrast with the “sterile” surrounding in the homes of big city residents.

The combination of natural and artificially created colours presents the feeling of the technological and aesthetical applicability of eco-objects in modern spaces. Designers choose their colours and structures carefully and try to secure the balance of the “eco-message” being conveyed. Usually a natural and open exposure of the object’s texture prevails and the latter helps the creator to strengthen the aforementioned didactic mission and performs an educational function – demonstrates the structural material, comprehended not only through seeing but through touching also.

4. Techniques of Forming and Processing the Structural Materials from the Fibrous Plant Biomass

The experimentation helped to test and prove that the structural materials from fibrous plants can be of two types: 1. Sheet material – fibreboards, manufactured by applying the wet board formation process; 2. Volumetric elements – when the dewatered biomass of particles is formed by applying high-pressure in spatial forms. Both types of materials can be processed using the usual equipment for wood and its products and by applying the known and operational technologies.

The trial and analysis of the possible techniques for manufacturing and processing the structural materials from the biomass of fibrous plants in our country, it can be stated that interior and furniture designers have a wide range of possibilities to implement their ideas, but two significant shortcomings still exist. Firstly, there are no possibilities to manufacture configured and volumetric objects from plant biomass. Secondly, ecological alternatives for synthetic resins, such as bioplastic produced from plant oils, water-based binders etc., do not exist in Lithuania.

General Conclusions

1. In order to investigate the theoretical and practical possibilities to construct and produce ecological furniture and other interior objects from the local fibrous plants in Lithuania, real trials starting from the cultivation of raw materials and ending with the production of experimental fibreboards from fibrous plants were conducted during the preparation of the present art project and its theoretical part. The testing was performed in the Lithuanian and foreign manufacturing bases. While testing the manufacturing technique of the structural materials from flax/linseed (*Linum usitatissimum* L.), stinging (fibrous) nettle (*Urtica dioica* L.) and hemp (*Cannabis sativa*) on the industrial scale, the following invention

was patented: „Fibreboards from fibrous plants and the method of their production“ Nr. LT6163, 25 June 2015. During the trials, performed in companies for the sake of the aims presented herein, it was established that, in Lithuania, structural materials from fibrous plants can be processed with the same equipment that is commonly employed for processing wood and its products, and by applying known and operational techniques. The experimental structural materials and structural furniture elements created during the trials were displayed in the exhibitions in Lithuania and Ireland.

Based on the attention from the press, architects, businesspeople, farmers and other supporters of sustainable development and the invitations to make presentations for various societal groups received, it can be stated that the interest in and the demand for such interior objects is growing in our country. The amount of raw materials has been increasing since the legalization of hemp grown for fibre on 1 January 2014. Moreover, there are 1 million ha of land suitable for crop production but still unexploited in Lithuania.

2. Such fibrous plants as flax/linseed (lot. *Linum usitatissimum*), stinging nettle (lot. *Urtica dioica*) and hemp (lot. *Cannabis sativa*) grow naturally in Lithuania, are alternative to wood and suitable for the manufacturing of structural materials. The value of these long-fibre plants lies in the fact that they are suitable for the manufacturing of structural elements as their “building” material for two reasons: their high-quality fibre mass can be processed industrially and they have natural adhesive properties, created by cellulose. The strength characteristics of these fibres can be considered a disadvantage, because the crushing to achieve fractions necessary for the material production is very complicated. This process requires special powerful equipment which was non-existent in Lithuania due to a lack of demand, but currently local farmers already have acquired it. On the other hand, this disadvantage of the fibres’ processing becomes the main advantage when they are used to produce structural materials. The fibres are strong and contain high levels of cellulose, thus durable materials are obtained without using additional synthetic binders. This raw material is great for the production of composites. As a reinforcing raw material, it can be mixed with any other organic or synthetic agents. It is recommended to combine the structural materials made from fibrous plants as separate components with elements of natural origin, for instance, natural wood or other plant origin materials. In such a case, the utilization does not include the recycling of composite parts, because they are all self-degradable, thus less energy is used and costs decrease.

3. The wet process technology of manufacturing wooden fibreboards is most suitable for the production of ecological sheet structural materials from flax, nettle and hemp. While applying the said technique, fibres are activated and form cellulose nettings while being treated in a watery medium. For high-quality boards, it is necessary to refine the fibres up to a maximum length of 5-7 mm. Finer fibre is more easily spread, and thus a more even fibreboard surface is formed.

If the biomass is not purposefully pressed by applying additional force and the water can drain out by itself, low density (light) material of solid form, which breaks easily while being broken, but is not generally frail and maintains the form that has been given to it well, is formed. This material can be used for the production of lampshades or decorative interior objects.

Polymeric bioplastics manufactured from the oils of fibrous plants are suitable for the production of compositional eco-materials. The parts of plants that fall off during processing might be used more effectively if such natural binders are applied. These compositional materials acquire features characteristic to plastic and become a low-density, light material, easily formed in high temperature and maintaining the given form in a natural state, more easily fracturing when mechanically affected by a force higher than the one intended for its exploitation, but recycled without any harm to the environment. This compositional material can be used for the production of plastic furniture analogues. They can be homogenous, and they are easily transported and stored. An ecological object must be composed of one origin materials, its structure must be easily manufactured and, preferably, homogenous.

In order to produce sheet and configured structural materials from fibrous plants, the suitable crushing of the raw material becomes of the most importance. The quality of the adhesion processes, which emerge naturally in the later preparation stages, depends on the latter. In a watery medium, the fibres of flax, nettle and hemp can be reduced to smaller units only by using size reduction equipment with knives operating in a chopping manner. The fibres (of hemp especially) twine round the impellers of rotating devices and stop, bend or break them.

Products from fibrous plant biomass maintain the forms obtained while pressing in their hot state and natural state (after cooling) both. Curved elements formed from flax, nettle and hemp biomass are suitable for the same purpose as the curved elements produced from wooden fibreboards.

4. The combination of natural and artificially created colours presents the feeling of the technological and aesthetical applicability of eco-objects in modern spaces. Designers choose their colours and structures carefully and try to secure the balance of the “eco-message” being conveyed. Usually a natural and open exposure of the object’s texture prevails and the latter helps the creator to strengthen the aforementioned didactic mission and performs an educational function – demonstrates the structural material, comprehended not only through seeing but through touching also.

Sustainable development ideas are propagated, the philosophy of the “ecological perspective” is proliferating in the society, but the majority of ecological designers direct their work towards Thrash design, which contributes to the solution of ecological problems only partly.

5. Interior eco-objects of various configurations can be produced from plant fibreboard, because it is sufficiently plastic. This is a sheet, 3.2 – 3.5 mm thick material, thus the structures of objects are often multi-layered: the structural components are connected at their planes to stiffen the element being formed, or connected across so that the components would hold each other and all the structure at the same time. The constructed object can be formed out of several, usually curved, segments, by connecting them at the indentations through an additional fitting. Curved components are very often used to produce objects from sheet materials, because a curved thin structural component is more resistant to the applied force than an even one. A very important and positively viewed factor of constructing ecological design objects is the formation of the connection nodes of the components without additional fitting. The production, transportation, recycling and utilization of fitting also require

resources. However, the construction of volumetric eco-objects from the plant biomass is completely different. Such a formation requires dyes in which the objects of a particular shape are formed by hot-pressing. The resulting form can possess spaces for the attachment of other components (by thrusting or pasting). This equipment is also used for the formation of homogenous objects. What is more, the forms prepared can be used to form objects by applying the cold method, also. In such a case, additional binding agents must be used. Other necessary components can be integrated into this self-solidifying mass in advance, thus it also becomes a process of component attachment.

6. There are still no Lithuanian companies working with structural materials from the fibrous plant biomass. In addition, no companies manufacture plant fibreboards. Wood processing traditions are very deeply rooted in our country, there are enough raw materials, thus the companies thrive from manufacturing standardized production. However, in order to fully realize the ideas of ecological design in Lithuania, only one possibility is lacking: to make configured volumetric eco-objects from plant biomass, because there is no equipment for this purpose, and no ecological alternatives for synthetic resins such as bioplastics, made from plant oils, water-based binders, etc, exist.

Positive test results and examples of analogues demonstrate that the production of ecologic plant-origin biomaterials and their adaptation for interior ecoobjects is possible, although the development and adaptation in the field still remains quite broad.

NAUDOTA LITERATŪRA

1. *Alberta Hemp Cost of Production and Market Assesment* // Final Report. Serecon Management Consulting Inc, Edmonton, Alberta: 2012.
2. Baležentienė, L. *Botanika. I dalis. Magnolijūnų sandara*. Kaunas: LŽŪU, 2008. 81 psl.
3. Batiuškaitė, D., Kupčinskienė, E. *Augalų anatomija ir morfologija*. Kaunas: Vytauto Didžiojo universiteto leidykla: 2009. 8 psl.
4. Baillie, C., *Green Composites* // Polymer Composites and the Environment. CPC Press LLC. 2004.
5. Baležentienė, L. *Botanika. I dalis. Magnolijūnų sandara*. Kaunas: LŽŪU, 2008. 154-157 psl.
6. Blackburn, R. S., *Biodegradable and Sustainable Fibres* // Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, 2005.
7. Buika, G., *Polimeriniai kompozitai*. KTU. – Vilnius: Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla, 2008.
8. Bocsa, I., Karus, M., *Der Hanfanbau* // Heidenlberg: C. F. Muller, 1997.
9. Checcini, V., *Potential of Papermaking Fibers* // JAMK University of Applied Sciences, Ledesma: 2015. 42 psl.
10. Carus, M. *The European Hemp Industry: Cultivation, processing and applications for fibres, shivs and seeds* // School of Engineering University of Minho. Portugal: 2013.
11. Clark, I. H., Deswarte, F. E. I., *Introduction to Chemicals from Biomass*. WILEY, 2008.
12. David, N. –Hon, S., Shiraishi, N., Dekker, M., *Wood and Cellulosic Chemistry*. Inc, 2001.
13. Daviesa, P., Bourmaudb, A., Pajotc, A. and Baley C. *A preliminary evaluation of matricaria maritimum fibres for polymer reinforcement* // Industrial Crops and Products: 2011, Vol. 34 (3), pp. 1652-1654.
14. Delhaes, P., *Fibers and composites* // Taylor & Francis, 2003.
15. Dormer, P., *Furniture design* // Design Since 1945. Thames & Hudson world of art – Singapore: C.S. Graphics, 2003. 117 - 151 p.
16. Fink, H. P., Pinnow, M., *Structure and properties of bast fibres* // Natural FFibres, XLIV, 2000.
17. Furl, Chr., Munder, F., Hempel, H., *Results of the test-run of the fibtr-extraction pilot plant of the Institute fur Agrartecchnik Bornim* // 4th International Symposium „Materials from Renewable Resources“, MesseCongresCenter. – Erfurt, Germany, 11-12 September, 2003.
18. Gailius, A., *Kompozicinės medžiagos ir dirbiniai energetiškai efektyvių pastatų statybai: mokomoji knyga*. VGTU. – Vilnius: Technika, 2012.
19. Goloborod'ko, P., *Hemp research and Growing in Ukraine* // Bioresource Hemp symposium in Frankfurt, Germany, March 2-5, 1995
20. Gražulevičius, J. V., Kavaliūnas, R. *Medienos cheminė technologija*. KTU. – Vilnius: TEV, 2012.
21. Gruzdevienė E., Jankauskienė Z. 2012. *Pluoštinė dilgėlė (Urtica dioica) – naujas pluoštinis augalas Lietuvos žemės ūkio ekosistemoje* // Žmogus ir gamtos sauga 2012: 18-toji tarptautinės mokslinės-praktinės konferencijos medžiaga: 94–97. ISSN 1822-1823. UDK 502.3 (374.5)(063)
22. Gurskis, V., *Statybinės medžiagos: mokomoji knyga*. LŽŪU. – Kaunas: Ardiva, 2008.
23. Gusovius, H.-J., *Configuration and Assessment of Supply Procedures for fibre Hemp in Branderbung* // Production, Processing and Use of Natural Fibres, 10-11 September. – Potsdam, Potsdam-Bornim, 2002.

24. Goloborod'ko, P., *Hemp research and Growing in Ukraine*. Bioresource Hemp symposium in Frankfurt, Germany, March 2-5, 1995.
25. Holik, Herbert. *Handbook of Paper and Board*. WILEY-VCH, 2006.
26. Hongu, T., Phillips, G. O., Takigami, M., *New Millenium Fibres*. Cambridge: Woodhead Publishing Boca Raton [Fla] [etc]: CRC Press. 2005.
27. Jankauskienė, Z., Gruzdevienė, E., Endriukaitis, A. *Sėjamiųjų kanapių auginimo technologija*. Lietuvos Žemdirbystės institutas. – Vilnius: 2007.
28. Jankauskienė, Z., Gruzdevienė, E. *Linum usitatissimum L. rūšies augalų aukščio variacijos tyrimai // Dekoratyviųjų ir sodo augalų asortimento, technologijų ir aplinkos optimizavimas*, 2 (7): 33–38. 2011.
29. Jankauskienė S., Gruzdevienė E. 2015. *Changes of wild and cultivated stinging nettle (Urtica dioica L.) productivity at different implantation densities and crop age*. Žemdirbyste = Agriculture, 102 (1): 31 – 40. DOI: 10.13080/z-a.2015.102.004 IF – 0,420
30. Julier, G., *Historizm // Design Since 1900*. Thames & Hudson world of art – Singapore: C.S. Graphics, 2003. 106 – 107 p.
31. Kalenda, Č., *Ekologinė etika: ištakos ir dabartis*. Vilniaus universiteto leidykla, 2002. – 277 p. – ISBN 9986-19-463-6
32. Karus, M., *European Hemp Industry 2001 till 2004: Cultivation, Raw Materials, Products and Trends*, 2005.
33. Klemm, D., Philipp, B., Heinze, T., Heinze, U., *Wagenknecht, Comprehensive Cellulose Chemistry 1 (2)*. W. WILEY-VCH, 2001.
34. Kula, D., Ternaux, E. *Materiology*. Frame. 2012.
35. Mažonienė, E., Bendoraitienė, J. *Pluoštai*. KTU. – Vilnius: Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla, 2008.
36. Mohanty, A. K., Misra, M., Drzal, L. T., *Natural fibers, Biopolymers and Biocomposites*. Boca Raton [Fla] [etc]: Taylor & Francis, 2005.
37. Münder, F.; Füll, Ch.; Hempel, H., *Advanced Decortication Technology for unretted Bast Fibres // Journal of Natural Fibers*. The Institute of Agricultural Engineering 1 (1): 2004. 49-65.
38. Mussing, Jorg. *Industrial Applications of Natural Fibres: Structure, properties and Technical Applications*. WILEY, 2010.
39. Pasila, A., *Harvesting and Processing of Fibre Hemp as Raw Materials for Pulp and MTF-products in Finland and Strong Composites // Production, Processing and Use of Natural Fibres*, 10-11 September. – Potsdam, Potsdam-Bornim, 2002.
40. Paulauskas, A., Jurevičius, A., *Pluoštinės medžiagos*. Kaunas: Technologija, 1991.
41. Pecenka, R. et al., *Design of Competitive Processing Plants for Hemp Fibre Production. International Scholarly Research Network ISR Agronomy // Leibniz Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim (ATB) Potsdam, Gemany: 2012*. 5 p.
42. Perepelkin, K. E., *Struktura i svojstva volokon*. Izd. Chimija Moskva. 1985.
43. Peters, S., *Material Revolution // Sustainable and Multi-Purpose Materials for Design and Architecture*. Publisher Birkhauser Verlag AG, 2014.
44. Piotrowski, St.; Carus, M. *Ecological benefits of hemp and flax cultivation and products*. Nova institute: 2011.
45. Sim Van der, R., Cowan, S., *Ecological design // United States of America: Island Press, Suite 300, 718Connecticut Ave., NW, Washington, DC 20009, 2007*. ISBN-13: 978-1-59726-140-1.
46. Sixta, *Handbook of Pulp*. WILEY-VCH, 2006.
47. Sfiligoj, S.,M., Hribernik, S., Kleinschek, S., K. *Plant Fibres for Textile and Technical Applications*. University of Maribor: 2013

48. Suchsland, O., Woodson, G. E. *Fiber board Manufacturing Practices in the United States* // Washington: United States Department of Agriculture. Washington: U.S. Dept. Of Agriculture, Forest Service, 1987.
49. Tiškevičius, J., *Detalių matmenų, paviršių ir formų tikslumas*. ŠU, 2007.
50. Thoemen, H., Irle, M., Sernek, M. *Wood-Based Panels. An Introduction for Specialists*. Brunel University. – London: Brunel University Press, 2010.
51. Viray, E., *Material Design: Materialität in Der Architektur*. Birkhauser, 2011.
52. Vitkauskas, A., *Pluoštų sandara ir natūraliųjų pluoštų gamybos principai*. Kaunas: Technologija, 1993.
53. Vitkauskas, A., Milašius, V., Čiukas, R. *Tekstilės medžiagų mechanika*. KTU. – Kaunas: Vitae Litera, 2012.
54. Xing, C., Deng, J. and Zhang, S. *Effect of thermo – mechanical refining on properties of MDF made from black spruce bark* // Wood Science and Technology. 2007. 329-338.
55. Wiener, J.; Kovačič, V.; Dejlova, P., *Differences between Flax and Hemp*. Technical University of Liberec. AUTEX Research Journal 3 (2): 2003. 58-63.

Rekomenduojami straipsniai:

56. *Affordable building materials from recycled agricultural waste* [interaktyvus]. Lafarge Holcim Foundation [žiūrėta 2012 m. birželio 16 d.]. Prieiga per internetą: <<https://www.lafargeholcim-foundation.org/projects/affordable-building-materials-from-recycled-agricultural-waste>>
57. Acrodur® – “Ecotechnology by BASF” [interaktyvus]. BASF [žiūrėta 2016 sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://product-finder.basf.com/group/corporate/product-finder/en/brand/ACRODUR>>
58. Bio Briquette Machine [interaktyvus]. Alibaba [žiūrėta 2016 m. kovo 11 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.alibaba.com/product-detail/professional-hot-press-wood-sawdust-pallet_60253286271/showimage.html>
59. Brilliant Decafé Lamp is Made From Recycled Coffee Grounds! [interaktyvus]. Inhabitat [žiūrėta 2015 m. spalio 23 d.]. Prieiga per internetą: <<http://inhabitat.com/brilliant-decafe-lamp-is-made-from-recycled-coffee-grounds/>>
60. Chair Made Of Artichoke Pulp Could Be The Future Of Sustainable Design [interaktyvus]. PSFK 2016 Conference: Ideas That Transform [žiūrėta 2016 m. vasario 19 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.psfk.com/2013/11/artichoke-chair.html>>
61. Chair stackable up to six chairs high [interaktyvus]. Calligaris [žiūrėta 2013 m. spalio 16 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.calligaris.us/catalogue/dining/chairs/SKIN/CS-1391>>
62. Cross-section of a Flax stem (Linum) [interaktyvus]. Corbis [žiūrėta 2013 gegužės 4 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.corbisimages.com/stock-photo/rights-managed/42-23597241/crosssection-of-a-flax-stem-linum>>
63. Dust to dust: TED Fellow Adital Ela makes products from compressed dirt [interaktyvus]. TED Blog [žiūrėta 2014 m. kovo 2 d.]. Prieiga per internetą: <<http://blog.ted.com/dust-to-dust-ted-fellow-adital-ela-makes-products-from-compressed-dirt/>>
64. Ebrahimzadeh, P. R., Kubat, D. G. *Effects of humidity changes on damping and stress relaxation in wood*. Prieiga per internetą: <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2FBF00367845.pdf#page-1>
65. Ein Verwandlungskünstler: Der Innovative Werkstoff Fluidsolids [interaktyvus]. Architonic [žiūrėta 2014 m. liepos 29 d.]. Prieiga per internetą: <<https://www.architonic.com/de/story/simon-keane-cowell-ein-verwandlungskuenstler-der-innovative-werkstoff-fluidsolids/7000803>>

66. *Five Material Innovations* [interaktyvus]. *Nature's Legacy* [žiūrėta 2012 m. gruodžio 12 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.natureslegacy.com/>>
67. Gabriel, Cz., *Models of stress relaxation in fiber boards containing straw component*. Prieiga per internetą: http://ir.ptir.org/index.php?language=en&mood=article&article_id=2662
68. Gruzdevienė, E., *Sėmeninių linų auginimo galimybės*. *Mano ūkis* 2009/4
69. Gruzdevienė, E. *Pluoštinių augalų auginimo perspektyvos Lietuvoje* [interaktyvus]. *Mano ūkis*, 2007 (11) [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.manoukis.lt/print_forms/print_st_z.php?s=1415&z=67>.
70. *Hemp Flax nature wins!* [interaktyvus]. *Hemp Flax* [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://hempflax.com/files/pdf/hempflax_presentation.pdf>.
71. *Industrial Hemp in the United States: Status and Market Potential. 2000* [interaktyvus] *Agricultural Economic Report No. (AGES-001E)*, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.ers.usda.gov/media/328262/ages001e_1_.pdf>.
72. Hill, C. A. S., Keating, B. A., Jalaludin, Z., Mahrdr, E. *3A rheological description of the water vapours orption kinetics behaviour of wood in voking a modelusing a canonicalass embly of Kelvin-Voigt elements and a possible link with sorption hysteresis* [interaktyvus]. PDF [žiūrėta 2015 m. rugpjūčio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.lmgc.univ-montp2.fr/~montero/bib/Hill_2011.pdf>
73. *Kuskoa Bi Design Story* [interaktyvus]. *Iratzoki* [žiūrėta 2016 m. sausio 19 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.iratzoki.com/product_detail.php?idProducto=2694>
74. Kovács, K., Nagy, S., Hidalgo, R. C., Kun, F., Herrmann, H. J., Pagonabarraga, I. *Critical ruptures in a bundle of slowly relaxing fibers* [interaktyvus]. *Physical Review E* 77, 036102. [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 16 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.comphys.ethz.ch/hans/p/461.pdf>>
75. Kozłowski, R.; Mackiewicz-Talarczyk, M. *Flax, Hemp and Allied Fibres in the World* [interaktyvus]. *Euroflax* 1 (09): 12-19. [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 1 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.saskflax.com/PDFs/FiberintheWorld_report.pdf>.
76. Magomedov, G. M., Ulyanenko, S. N., Lebedev, L. B. *Mechanical relaxation properties of organic fiber – rein forced plastic* [interaktyvus]. *Springer Link* [žiūrėta 2015 sausio 11 d.]. Prieiga per internetą: <http://link.springer.com/article/10.1007%2F978-3-642-00610-6_10>
77. *Nesting* [interaktyvus]. *Homag Group* [žiūrėta 2016 sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.homag-group.com/en-en/products/productdatabase/homag/Pages/Nesting.aspx>>
78. *Patented fibre engineering technologies developed by Zelfo Technology can transform 100% renewable or recycled cellulose fibres into self-binding Zelfo® materials* [interaktyvus]. *Zelfo Technology* [žiūrėta 2012 m. kovo 24 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.zelfo-technology.com/zelfo-by-industry/>>
79. Piotrowski, St.; Carus, M. 2011. *Ecological benefits of hemp and flax cultivation and products* [interaktyvus]. *Nova institute* [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 4 d.]. Prieiga per internetą: <http://eiha.org/attach/643/11-05-13_Ecological_benefits_of_hemp_and_flax.pdf>.
80. *Pluoštinių augalų auginimo perspektyvos Lietuvoje* [interaktyvus]. *Mano ūkis* [žiūrėta 2014 m. vasario 02 d.]. Prieiga per internetą: <<http://manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/augalininkyste/1415-pluostiniu-augalu-auginimo-perspektyvos-lietuvoje>>
81. *Pluoštinės dilgėlės: utopija ar perspektyvus verslas?* [interaktyvus]. *Ūkininko patarėjas* [žiūrėta 2012 m. rugsėjo 9 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.up.lt/straipsniai/skaitykite/?article_id=2829>
82. Pocienė, R., Vitkauskas, A. *Inverse Stress Relaxation in Textile Yarns after the Blockage of Viscoelastic Recovery. Materials Science (Medžiagotyra)* [interaktyvus]. PDF [žiūrėta 2013

m. rugsėjo 1 d.]. Prieiga per internetą:

<<http://internet.ktu.lt/lt/mokslas/zurnalai/medz/pdf/medz0-90/240-244.pdf>>

83. Ronde, S. 2013. *Industrial Hemp in the Netherlands: The effect of changes in policies and subsidy structures* [interaktyvus]. *Universiteits Bibliotheek Gent* [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 1 d.]. Prieiga per internetą: <http://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/002/063/727/RUG01-002063727_2013_0001_AC.pdf>.

84. *Science and Plants for Schools* [interaktyvus]. *Flickr* [žiūrėta 2013 gegužės 12 d.]. Prieiga per internetą: <<https://www.flickr.com/photos/71183136@N08/6959590092>>

85. *Since 1928... Zostera Stool* [interaktyvus]. *Domus* [žiūrėta 2016 m. sausio 04 d.]. Prieiga per internetą:

<http://www.domusweb.it/content/domusweb/en/news/2015/12/23/carolin_pertsch_zostera_stool.html>

86. Sheng-Wang Hao, Bao-Ju Zhang, Ji-Feng Tian. *Relaxation creep rupture of heterogeneous material under constant strain* [interaktyvus]. *Physical Review E* [žiūrėta 2013 m. sausio 04 d.]. Prieiga per internetą:

<<http://pre.aps.org/abstract/PRE/v85/i1/e012501>>

87. Szychalski, G. 2014. *Selected Factors of Fibrous Plant Production in Poland* [interaktyvus]. *Journal of Natural Fibers. Institute of Natural Fibers and Medicinal Plants, Poznan, Poland* [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 2 d.]. Prieiga per internetą:

<<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/15440478.2013.874964>> .

88. *Sustainable construction projects shaping better communities* [interaktyvus]. *Lafarge Holcim Foundation* [žiūrėta 2012 m. birželio 16 d.]. Prieiga per internetą:

<<https://www.lafargeholcim-foundation.org/Article/sustainable-construction-projects-shaping-better-communities>>

89. *The Farmline Chair by Timo Hoisko* [interaktyvus]. *Contemporist* [žiūrėta 2012 m. balandžio 17 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.contemporist.com/2010/04/13/the-farmline-chair-by-timo-hoisko/>>

90. *The History of Particle Board Line* [interaktyvus]. *Machine technology* [žiūrėta 2013 m. vasario 11 d.]. Prieiga per internetą: <<http://evinfengkai.blog.com/2012/09/25/the-history-of-particle-board-line/>>

91. *The Secret History Of: The Verner Panton S Chair* [interaktyvus]. *Independent* [žiūrėta 2012 m. balandžio 17 d.]. Prieiga per internetą:

<<http://www.independent.co.uk/property/interiors/the-secret-history-of-the-verner-panton-s-chair-2113262.html>>

92. *Trumpai apie pluoštines kanapes* [interaktyvus]. *Northeast Heritage* [žiūrėta 2013 m. spalio 19 d.]. Prieiga per internetą: <<http://northeastheritage.com/pluostines-kanapes/>>

93. Xie, Y., Hill, C. A. S., Jalaludin, Z., Sun., D. *The water vapour sorption behavior of three celluloses: analysis using parallel exponential kinetics and interpretation using the Kelvin-Voigt viscoelastic model.* [interaktyvus]. PDF [žiūrėta 2013 m. vasario 16 d.]. Prieiga per internetą: <<http://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10570-011-9512-4.pdf#page-1>>

94. *We are NER Ltd – innovators in nature* [interaktyvus]. *Nafici Environmental Research* [žiūrėta 2016 m. vasario 16 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.nafici-research.com/awards/>>

95. *What is industrial hemp?* [interaktyvus]. *Hemp Flax* [žiūrėta 2013 gegužės 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://hempflax.com/en/what-is-hemp/what-is-industrial-hemp>>

96. *What is Industrial Hemp?* [interaktyvus]. *Hempethics.* [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 9 d.]. Prieiga per internetą: <<http://hempethics.weebly.com/what-is-industrial-hemp.html>>.

97. *Why Industrial Hemp?* [interaktyvus]. *Vote Hemp, Inc., 2014* [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 10 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.votehemp.com/PDF/Why_Industrial_Hemp.pdf>.

98. *Wood-Plastic Composites (WPC) and Natural Fibre Composites (NFC): European and Global Markets 2012, 2014* [interaktyvus]. WPC/NFC Market Study. Nova-Institute for Ecology and Innovation [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 1 d.]. Prieiga per internetą: <<http://bio-based.eu/ecology/>>.
99. *Zartan Chair by Philippe Starck & Eugeni Quitllet* [interaktyvus]. Hypebeast [žiūrėta 2013 m. lapkričio 16 d.]. Prieiga per internetą: <<http://hypebeast.com/2011/4/zartan-chair-by-philippe-starck-eugeni-quitllet>>
100. *Zelfo® materials* [interaktyvus]. Zelfo Technology [žiūrėta 2012 m. kovo 24 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.zelfo-technology.com/zelfo-by-industry/>>
101. Zubauskienė, D., Strazdienė, E. *Lankščių polimerinių medžiagų valkšnumo ir deformacijos relaksacijos tyrimas*. Prieiga per internetą: <<http://technorama.ktu.lt/darb12/lanksciu-polimeriniu-medziagu-valksnumo-ir-deformacijos-relaksacijos-tyrimas>>

Kiti šaltiniai:

102. Aplinkai nepavojingo gaminio ženklo suteikimas [interaktyvus]. Santrauka [žiūrėta 2016 m. vasario 14 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.savas.lt/zalios-zinios/2086-ekologiniai-zenklai-europos-sajungoje-ir-lietuvoje.html>>
103. Aplinkos apsaugos agentūra. *Aplinkos būklė 2014. Tik faktai*. Vilnius: Aplinkos apsaugos agentūra, 2015
104. Aplinkos apsaugos ekonominių veiksmų strategija [Interaktyvus]. Ūkio ministerija [žiūrėta 2016 m. vasario 18 d.]. Prieiga per internetą: <<http://ukmin.lrv.lt/>>
105. Aleksynas, A. 2007. Alternatyvūs augalai pluoštui ir kurui [interaktyvus]. Mano ūkis (2) [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/augalininkyste/1185-alternatyvus-augalai-pluostui-ir-kurui>>.
106. Anskaitis, A. 2012. Ar pažadins kinai miegančią linininkystę? [interaktyvus]. Grynas [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 8 d.]. Prieiga per internetą: <<http://grynas.delfi.lt/aplinka/aanskaitis-ar-pazadins-kinai-miegancia-linininkyste.d?id=57140089>>.
107. Bendrasis žemės ūkio augalų veislių katalogas (2013/C 379 A/01). 2013. Europos Sąjungos oficialus leidinys. 56 tomas. Informacija ir pranešimai. ISSN 1977-0960.
108. Biokompozitinės medžiagos gali pakeisti MDP [interaktyvus]. Asociacija „Lietuvos mediena“, 2012 [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.lietuvosmediena.lt/naujienos.php?a=naujienos&b=naujiena&c=48>>.
109. Carus, M. at all. 2013. *The European Hemp Industry: Cultivation, processing and applications for fibres, shivs and seeds* [interaktyvus]. European Industrial Hemp Association [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.eiha.org/attach/8/13-03%20European%20Hemp%20Industry.pdf>>.
110. CBI Trade Statistics: Grains and Pulses in Europe [interaktyvus]. CBI Ministry of Foreign Affairs [žiūrėta 2016 m. sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: <<https://www.cbi.eu/sites/default/files/trade-statistics-europe-grains-pulses-2015.pdf>>
111. Dzenajavičienė, E.; Pedišius, N.; Škėma, R. 2011. Darni bioenergetika [interaktyvus]. Kaunas, Lietuvos energetikos institutas [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 1 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.lei.lt/_img/_up/File/atvir/bioenerlt/index_files/Darni_bioenergetika-S.pdf>.
112. Europos Sąjungos oficialusis leidinys. *REGLAMENTAI. KOMISIJOS REGLAMENTAS (EB) Nr. 889/2008*. 2008 m. rugsėjo 5 d.
113. Europos Komisija. *Pažangiau ir švariau*. Liuksemburgas: Europos Sąjungos leidinių biuras, 2010. ISBN 978-92-79-15749-3.
114. *Facts Heets* [interaktyvus]. European Commission [žiūrėta 2016 m. vasario 18 d.]. Prieiga per internetą: <www.ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/scp/lt>

115. Gaminių gamyba 2000-2013. Pramonės rodikliai. Oficialios statistikos portalas [interaktyvus]. Lietuvos statistikos departamentas, 2014 [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 8 d.]. Prieiga per internetą: <<http://osp.stat.gov.lt/temines-lenteles49>>.
116. Green Public Procurement [interaktyvus]. European Commission [žiūrėta 2016 m. vasario 18 d.]. Prieiga per internetą: <http://ec.europa.eu/environment/gpp/index_en.htm>
117. Gruzdevienė, E. Pluoštinių augalų auginimo perspektyvos Lietuvoje [interaktyvus]. Mano ūkis, 2007 (11) [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.manoukis.lt/print_forms/print_st_z.php?s=1415&z=67>.
118. Gruzdevienė, E.; Jankauskienė, Z. 2010. Kanapės Latvijoje ir Lietuvoje [interaktyvus]. Mano ūkis, 4 [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.manoukis.lt/print_forms/print_st_z.php?s=2152&z=96>.
119. Gruzdevienė, E.; Jankauskienė, Z. 2012. Pluoštinių kanapių auginimo technologija [interaktyvus]. Paroda “Ką pasėsi... 2012” Kaunas, ASU. LAMMC Upytės bandymų stotis [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 10 d.]. Prieiga per internetą: <<http://hemp.lt/sites/default/files/failai/Pluo%3Ftini%3F%20kanapi%3F%20auginimo%20technologija.pdf>>.
120. Ilgalaikė institucinė 2012 – 2014 metų ekonomikos mokslinių tyrimų programa. Lietuvos ekonomikos ilgalaikio konkurencingumo iššūkiai. LMT-KTU, 2015.
121. Informacinis dokumentas apie geriausius prieinamus gamybos būdus plaušienos ir popieriaus gamybos pramonėje [interaktyvus]. PDF [žiūrėta 2015 m. rugpjūčio 18 d.]. Prieiga per internetą: <[http://files.gamta.lt/aaa/Anotacijos%20\(LT\)/plausienos%20ir%20popieriaus%20gamybai.pdf](http://files.gamta.lt/aaa/Anotacijos%20(LT)/plausienos%20ir%20popieriaus%20gamybai.pdf)>
122. Lietuvos Respublikos Seimo Nutarimas „Dėl nacionalinės klimato kaitos valdymo politikos strategijos patvirtinimo“. 2012 m. lapkričio 6 d. Nr. XI-2375.
123. Lietuvos standartizavimo departamentas [interaktyvus]. LSD [žiūrėta 2016 m. vasario 18 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.lsd.lt/index.php?1925986759>>
124. Lukošūtė, I. *Pluoštinių kanapių auginimo ekonominių galimybių analizė. Žemės ūkio, maisto ūkio, kaimo raidos eksperimentinės (socialinės) plėtros 2014 m. PROGRAMA*. Lietuvos agrarinės ekonomikos institutas Produktų rinkotyros skyrius. Vilnius: 2014.
125. Strazdienė, E. Tekstilės medžiagų ir jų sistemų eksploatacinės elgsenos tyrimas ir vertinimas. Habilitacijos procedūrai teikiamų mokslo darbų apžvalga. Technologijos mokslai, medžiagų inžinerija (08T). KTU [interaktyvus]. PDF [žiūrėta 2013 m. lapkričio 16 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.ktu.lt/habilitacija/strazdiene/strazdienes%20darbu%20apzvalga.pdf>>
126. Swedish project to create wood or recycled bio-based based textiles [interaktyvus]. RMG Bangladesh [žiūrėta 2016 m. kovo 2 d.]. Prieiga per internetą: <<http://rmgbd.net/swedish-project-to-create-wood-or-recycled-bio-based-based-textiles/>>
127. Weightman, R.; Kindred, D. *Review and analysis of breeding and regulation of hemp and flax varieties available for growing in the UK. Final report for The Department for Environment Food and Rural affairs*. ADAS UK Ltd: The Department for Environment Food and Rural affairs: 2005.
128. *Wood-Plastic Composites (WPC) and Natural Fibre Composites (NFC): European and Global Markets*. WPC/NFC Market Study. Nova-Institute for Ecology and Innovation: 2014.

Standartai:

- 129. LST EN 316:2009 (LST EN 316:2009) Medienos plaušų plokštės. Apibrėžtis, klasifikavimas ir simboliai.
- 130. LST EN 120:1999 Medienos skydai. Laisvojo formaldehido kiekio nustatymas. Ekstrahavimo metodas, vadinamas perforatoriniu metodu.
- 131. LST EN 15197:2007 Medienos skydai. Linų plokštės. Techniniai reikalavimai.
- 132. LST EN 310:1999 (LST EN 310:1999) Medienos skydai. Tamprumo modulio lenkiant ir stiprio lenkiant nustatymas.
- 133. LST EN 622-1:2004 (LST EN 622-1:2004-12) Plaušų plokštės. Techniniai reikalavimai. 1 dalis. Bendrieji reikalavimai.
- 134. LST EN 622-2:2004 (LST EN 622-2:2005) Plaušų plokštės. Techniniai reikalavimai. 2 dalis. Reikalavimai kietosioms plokštėms.
- 135. LST EN 622-5:2010 Plaušų plokštės. Techniniai reikalavimai. 5 dalis. Sausuoju būdu pagamintų plokščių (MDF) reikalavimai.
- 136. LST EN 309:2005 Smulkinių plokštės. Apibrėžtis ir klasifikacija.

Įsakymai:

- 137. Lietuvos Respublikos Pluoštinių kanapių įstatymas. 2013 m. gegužės 23 d. Nr. XII-336 [interaktyvus] [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 3 d.]. Prieiga per internetą: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=449687.
- 138. Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministro 2013 m. gruodžio 19 d. įsakymas Nr. 3D-867 „Dėl Pluoštinių kanapių auginimo priežiūros ir tiekimo rinkai kontrolės tvarkos aprašo patvirtinimo“ [interaktyvus] [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 10 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/legalAct.html?documentId=be8b1730723011e3bd0ecaffd80c672a>.
- 139. Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministro 2013 m. gruodžio 30 d. įsakymas Nr. 3D-906 „Dėl žemės ūkio ministro 2013 m. lapkričio 27 d. įsakymo Nr. 3D-799 „Dėl biologinio turto ir žemės ūkio produkcijos normatyvinių kainų 2014 metais patvirtinimo“ pakeitimo“ [interaktyvus] [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 1 d.]. Prieiga per internetą: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=463632&p_tr2=2.
- 140. Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministro 2013 m. gruodžio 30 d. įsakymas Nr. 3D-914 „Dėl Tetrahidrokanabinolio kiekio nustatymo, tiriant pluoštinių kanapių mėginius, metodikos patvirtinimo“ [interaktyvus] [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 1 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/legalAct.html?documentId=c1a5bef076b511e38da4e231c7b4cf37>

ILIUSTRACIJŲ SĄRAŠAS

1 pav. Inga Valentinienė. LDK žaliavos. Linų, dilgėlių ir kanapių stiebų dalys, 2011–2015. *Autorės archyvas*.

1.1 pav. Plaušelių vaizdas juos „aktyvuoiant“ a) natūralus plaušelio vaizdas (iš išorės) prieš apdorojimą, b) apdorojimo metu pašiauštas plaušelis (vaizdas iš išorės), c) apdorojimo metu išsluoksniuotas plaušelis (skerspjuvio vaizdas), d) sukibusių plaušelių vaizdas po apdorojimo (juos „aktyvavus“ (200 kartų padidintas vaizdas)). *Lainio, U. Natural and Synthetic Fibres Improving Tensile Strength and Elongation of Paper Products. Lappeenranta University of Technology: 2009. 21 psl.*

1.2 pav. Celiuliozė augalo struktūroje. *Davies, P., Bourmaud, A., Pajot, A. and Baley, C. A preliminary evaluation of matricaria maritimum fibres for polymer reinforcement. Industrial Crops and Products: 2011, Vol. 34 (3), pp. 1652–1654.*

1.3 pav. Plaušų vaizdas. a) medienos plaušai, b) linų plaušai [interaktyvus]. *Oriental Papermaking Fibres* [žiūrėta 2013 gegužės 12 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.culturalconservation.unimelb.edu.au/PapermakingFibres/flax.html>

1.4 pav. Plaušelio vaizdas prieš ir po perdirbimo. *Checchini, V., J. Potential of Papermaking Fibers. JAMK University of Applied Sciences, Ledsma: 2015. 42 psl.*

1.1.1 pav. Lino stiebo skerspjuvis [interaktyvus]. *Cross-section of a Flax stem (Linum). LM X20* [žiūrėta 2013 gegužės 4 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.corbisimages.com/stock-photo/rights-managed/42-23597241/crosssection-of-a-flax-stem-linum>

1.1.2 pav. Lino plaušelių vaizdas a) plaušelio vaizdas iš išorės, išdidintas 1000 kartų, b) plaušelių vaizdas pluošto skerspjuvyje, išdidintas 200 kartų. *Sfiligoj, S., M., Hribernik, S., Kleinschek, S., K. Plant Fibres for Textile and Technical Applications. University of Maribor: 2013.*

1.1.3 pav. Sėjamas linas [interaktyvus]. *Herbárium fajlap* [žiūrėta 2013 gegužės 4 d.]. Prieiga per internetą: http://www.terra.hu/botcoll/herb_zarv/html/linum.usitatissimum.340.html

1.2.1 pav. Dilgėlės stiebo skerspjuvis [interaktyvus]. *Science and Plants for Schools* [žiūrėta 2013 gegužės 12 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.flickr.com/photos/71183136@N08/6959590092>

1.2.2 pav. Dilgėlės plaušelių vaizdas. a) plaušelio vaizdas iš išorės, išdidintas 600 kartų, b) plaušelių vaizdas pluošto skerspjuvyje, išdidintas 50 kartų. *Sfiligoj, S., M., Hribernik, S., Kleinschek, S., K. Plant Fibres for Textile and Technical Applications. University of Maribor: 2013.*

1.2.3 pav. Didžioji (pluoštinė) dilgėlė [interaktyvus]. *Didžioji dilgėlė (lot. Urtica dioica)* [žiūrėta 2013 gegužės 12 d.]. Prieiga per internetą: http://www.infomed.lt/vaistazoles/didzioji_dilgele_lot_urtica_dioica-1936ce915d.html

1.3.1 pav. Kanapės stiebo skerspjuvis [interaktyvus]. *What is industrial hemp?* [žiūrėta 2013 gegužės 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://hempflax.com/en/what-is-hemp/what-is-industrial-hemp>

1.3.2 pav. Kanapės plaušelių vaizdas. *Sfiligoj, S., M., Hribernik, S., Kleinschek, S., K. Plant Fibres for Textile and Technical Applications. University of Maribor: 2013.*

1.3.3 pav. Sėjamoji kanapė a) plaušelio vaizdas iš išorės, išdidintas 1000 kartų, b) plaušelių vaizdas pluošto skerspjuvyje, išdidintas 200 kartų [interaktyvus]. *Green Currency: Plants in the Economy* [žiūrėta 2013 gegužės 10 d.]. Prieiga per internetą: http://www.nybq.org/media/press_images.php?id_press_image_collection=77

- 2 pav. Inga Valentinienė. Konstrukcinių medžiagų iš LDK pluošto prototipai, 2011-2015. *Autorės archyvas*
- 2.1.4.1 pav. Valkšnumas ir ištįsios relaksacija pastovios apkrovos cikle. Vitkauskas, A., Milašius, V., Čiukas, R. *Tekstilės medžiagų mechanika. KTU.* – Kaunas: Vitae Litera, 2012.
- 2.1.4.2 pav. Įrašos relaksacija ir atvirkštinė relaksacija pastovios ištįsios cikle. Vitkauskas, A., Milašius, V., Čiukas, R. *Tekstilės medžiagų mechanika. KTU.* – Kaunas: Vitae Litera, 2012.
- 2.1.5.1 pav. Elastinga deformacija, veikiant nuolatinei apkrovai. Mažonienė, E., Bendoraitienė, J. *Pluoštai. KTU.* – Vilnius: Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla, 2008.
- 2.1.5.2 pav. Valkšnumo pasireiškimas, veikiant nuolatinei apkrovai. Mažonienė, E., Bendoraitienė, J. *Pluoštai. KTU.* – Vilnius: Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla, 2008.
- 2.2.1 pav. Iš Henry Ford Museum & Greenfield Village kolekcijos. Robinson, R. *The Great Book of Hemp: The Complete Guide to the Environmental. Inner Traditions on Nov 1, 1995.*
- 2.3.1.1 pav. Tankio paskirstymo bandymas. *Autorės archyvas.*
- 2.3.2.1 pav. Plokštės vidinės sankibos bandinys. *Autorės archyvas.*
- 2.3.3.1 pav. Plokštės paviršiaus stiprio bandinys. *Autorės archyvas.*
- 2.3.4.1 pav. Furnitūros ištraukimo iš plokštės bandymas. *Autorės archyvas.*
- 2.3.5.1 pav. Laisvo formaldehido kiekio linų smulkinių plokštėje nustatymas. *Autorės archyvas.*
- 2.3.6.1 pav. Plokštės reljefo profilio nustatymas. *Autorės archyvas.*
- 2.3.6.2 pav. Baldų kolekcija iš linų smulkinių plokštės. *Autorės archyvas.*
- 2.5.1 pav. Pluoštų smulkinimas plaktuvu. *Autorės archyvas.*
- 2.5.2 pav. Pluoštų smulkinimas mėsos kapokle. *Autorės archyvas.*
- 2.6.1.1 pav. Linų, dilgėlių ir kanapių pluoštų bandiniai, gauti nuvandeninus ir išdžiovinus plaušų masę. A- bandinių vaizdas iš šono, B – vaizdas iš viršaus. *Autorės archyvas.*
- 2.6.2.1 pav. Medienos plaušų plokštės gamybos linijos fragmentas. *Autorės archyvas.*
- 2.6.2.2 pav. Linų, dilgėlių ir kanapių plaušų paskirstymas formuojant „kilimus“. *Autorės archyvas.*
- 2.6.2.3 pav. Plaušų masės „kilimo“ nuvandeninimas veleniniu presu. A – operacijos vaizdas iš šono, B – vaizdas iš priekio. *Autorės archyvas.*
- 2.6.2.4 pav. Nausinti plaušų masės „kilimai“. *Autorės archyvas.*
- 2.6.2.5 pav. Į medienos plaušų plokštės „kilimą“ talpinami linų, dilgėlių ir kanapių plaušų masės „kilimai“. *Autorės archyvas.*
- 2.6.2.6 pav. Plaušų masės „kilimai“ slegiami daugiatarpiniame prese, formuojamas plaušų plokštės lakštas. *Autorės archyvas.*
- 2.6.2.7 pav. Daugiatarpiniame prese suformuotas eksperimentinis plaušų plokštės lakštas. *Autorės archyvas.*
- 2.6.2.8 pav. Pramoniniu būdu suformuotų eksperimentinių plaušų plokščių lakštų fragmentai doktorantų darbų parodos „Akademija“ metu, 2013 m. gegužės mėn. *Autorės archyvas.*
- 2.7.1.1 pav. Linų, dilgėlių ir kanapių pluoštų bandiniai, bandant jų konfigūravimo galimybes, formos išlaikymo bei relaksacines savybes. *Autorės archyvas.*
- 2.7.1.2 pav. Pirmas iš kairės – bandinys iš pluoštų ir šiaudų mišinio, vidurinis – iš dilgėlių pluošto, iš dešinės – iš linų pluošto. *Autorės archyvas.*
- 2.7.2.1 pav. Pasiruošimas formavimo darbams. *Autorės archyvas.*
- 2.7.2.2 pav. Lenktų formų bandiniai iš linų, dilgėlių ir kanapių biomasės, gauti formuojant karštu presu. *Autorės archyvas.*
- 2.7.2.3 pav. Pramoniniu būdu suformuotų eksperimentinių kanapių biomasės baldinių lenktų elementų fragmentai. Doktorantų darbų paroda „Mnemosinės ledkalnis“. 2015.04.23.-05.09. *Autorės archyvas.*
- 2.7.3.1 pav. Vakuuminiu presu suformuotų lenktų eksperimentinių biomedžiagų fragmentai. Doktorantų darbų paroda „Išsklotinė“, 2014.04.20.-05.21. *Autorės archyvas.*

- 2.7.3.2 pav. Lenktų, lazeriu dekoruotų, eksperimentinių biomedžiagų fragmentai parodos „Baltic links“ metu, 2015.06.11.-09.06. Farmleigh galerijoje, Dubline, Airijoje [interaktyvus]. *Parodoje Airijoje – namų įkvėpti Lietuvos menininkų darbai* [žiūrėta 2015 birželio 22d.]. Prieiga per internetą: <http://www.15min.lt/laima/straipsnis/qyvenimo-gidas/parodoje-airijoje-namu-ikvepti-lietuvos-menininku-darbai-845-511183>
- 2.10.1 pav. prof. Mark Swilling demonstruoja iš kanapių spalų ir molio pagamintas plytas. *Autorės archyvas*.
- 2.10.2 pav. Evans Wadongo ir jo sukurtas žibintas, pagarsėjęs vardu Mwanga Bora [interaktyvus]. *Fundraising Alert: Clean Solar Light for Africa* [žiūrėta 2014 kovo 22d.]. Prieiga per internetą: <http://earthtechling.com/2012/01/fundraising-alert-clean-solar-light-for-africa/>
- 2.10.3 pav. Quazi sukaupias atliekų laužynas ir jo sukurti dizaino objektai [interaktyvus]. *Quazi Design* [žiūrėta 2014 kovo 22 d.]. Prieiga per internetą: <http://quazidesign.com/>
- 2.10.4 pav. Tony Budden I-ame PAR name iš kanapių dalinasi žiniomis apie galimybes apdirbti pluoštines kanapes bei gaminti įvairių ekologišką produkciją. *Autorės archyvas*.
- 2.10.5 pav. Produkcija iš kanapių: A – izoliacinė medžiaga, B, C – smulkinių plokštė, D – indai, E – „keramikinė“ plytelė [interaktyvus]. *Why Hemp?* [žiūrėta 2014 kovo 28 d.]. Prieiga per internetą: <http://rolltee.com/hemp/>
- 2.10.6 pav. Nyderlanduose gaminamų statybinių bioblokelių iš durpių pavyzdžiai [interaktyvus]. *Pressed peat makes for ideal building blocks* [žiūrėta 2014 kovo 27 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.designindaba.com/articles/creative-work/pressed-peat-makes-ideal-building-blocks>
- 2.10.7 pav. Gilberto Tethere sukonstruotas „nulinės emisijos“ šaldytuvas ZEFRA [interaktyvus]. *Zero-Emission Fridge* [žiūrėta 2014 kovo 28 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.engineeringforchange.org/ten-technologies-for-farming-in-dry-climates/>
- 2.10.8. pav. Dilgėlių kartono ir kanapių popieriaus pavyzdžiai. *Autorės archyvas*.
- 2.10.9. pav. The African Queen Studio įkūrėja Lorraine Piers ir darbuotojos šviestuvų gamybos procese [interaktyvus]. *The African Queen Studio - Eco Decor Products* [žiūrėta 2014 kovo 23 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.africanqueen.org.za/>
- 3 pav. Inga Valentinienė. LDK konstrukcinių medžiagų formavimo eksperimentai, 2011-2015. *Autorės archyvas*.
- 3.2.1 pav. Adital savo dirbtuvėse, 2013 [interaktyvus]. *Bio Furniture from Earth and Organic Waste* [žiūrėta 2014 gruodžio 12 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.terradesign.org/>
- 3.2.2 pav. Adital ekoobjektų gamybos bei perdirbimo procesai, 2013. Izraelis [interaktyvus]. *Bio Furniture from Earth and Organic Waste* [žiūrėta 2014 gruodžio 12 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.terradesign.org/>
- 3.2.3 pav. Adital ekoobjektai TERRA ir ruošiamos žaliavos, 2013. Izraelis [interaktyvus]. *Bio Furniture from Earth and Organic Waste* [žiūrėta 2014 gruodžio 12 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.terradesign.org/>
- 3.2.4 pav. Adital Ela. Ekoobjektai TERRA, 2013. Izraelis [interaktyvus]. *Bio Furniture from Earth and Organic Waste* [žiūrėta 2014 gruodžio 12 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.terradesign.org/>
- 3.3.1 pav. Nature's Legacy. Baldų iš miško atliekų kolekcija Naturecast, 2012. Filipinai [interaktyvus]. *Sustainable Furnishings and Fashion Accessories* [žiūrėta 2013 balandžio 17 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.naturescast.com/>
- 3.4.1 pav. Spyros Kizis. Kėdės iš artišokų ląstelienos ir organinių dervų, 2015. Graikija [interaktyvus]. *Artichoke Thistle Lights* [žiūrėta 2016 vasario 28 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.artsthread.com/profile/kizisproductdesign/>

- 3.5.1 pav. Raúl Lauri šviestuvai Zaji ir Koji S iš kavos tirščių, 2012. Ispanija [interaktyvus]. *Raúl Lauri Design Lab* [žiūrėta 2015 birželio 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.raullauri.com/decafe/index.php/en/producten/zajien>
- 3.6.1 pav. Caroline Pertsch. Kėdė iš jūrinių andrų, 2015. Vokietija [interaktyvus]. *Zostera Stool* [žiūrėta 2016 vasario 17 d.]. Prieiga per internetą: http://www.domusweb.it/en/news/2015/12/23/carolin_pertsch_zostera_stool.html
- 3.7.1 pav. Philippe Starck. Kėdė iš „skystos medienos“, 2011. Italija [interaktyvus]. *Zartan Chair by Philippe Starck with Eugeni Quitllet for Magis* [žiūrėta 2014 vasario 02 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.furnime.com/zartan-chair-by-philippe-starck-with-eugeni-quitllet-for-magis-001010.html>
- 3.7.2 pav. Kėdės Zartan fragmentai, 2011. Italija [interaktyvus]. *Zartan Chair by Philippe Starck with Eugeni Quitllet for Magis* [žiūrėta 2014 vasario 02 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.furnime.com/zartan-chair-by-philippe-starck-with-eugeni-quitllet-for-magis-001010.html>
- 3.7.3 pav. Calligaris. Kėdė iš „skystos medienos“ SKIN, 2012. Italija [interaktyvus]. *Calligaris introduces the use of "Liquid Wood" to its furniture collection* [žiūrėta 2014 kovo 16 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.gizmag.com/calligaris-liquid-wood-collection/22220/>
- 3.8.1 pav. Jean Louis Iratzoki. Krėslas Kuskoo Bi iš bioplastiko. 2015. Prancūzija [interaktyvus]. *Labels VIA 2015* [žiūrėta 2016 sausio 21 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.iratzoki.com/news.php>
- 3.8.2 pav. Kuskoo Bi krėslas sėdimoji dalis gaminama iš cukrinių runkelių, kukurūzų bei cukranendrių plastiko, 2015 [interaktyvus]. *These Chairs Will Never Go to the Landfill* [žiūrėta 2016 sausio 21 d.]. Prieiga per internetą: <http://avocadogarden.com/these-chairs-will-never-go-to-the-landfill>
- 3.9.1 pav. Beat Karrer. Kėdė Fluid Solids, 2013. Šveicarija [interaktyvus]. *New Biocomposite for Complex Designs* [žiūrėta 2014 kovo 01 d.]. Prieiga per internetą: <http://materia.nl/article/fluid-solid-designs/>
- 3.10.1 pav. W.Aisslinger. Interjero dizaino objektai iš kanapių pluoštų, 2011. Vokietija [interaktyvus]. *Hemp Chair* [žiūrėta 2013 vasario 15 d.]. Prieiga per internetą: http://www.aisslinger.de/index.php?option=com_project&view=detail&pid=151&Itemid=1
- 3.10.2 pav. Timo Hoisko. Kėdė The Farmlin. Sėdimoji dalis iš kanapių pluošto, kojų rėmas iš metalo, 2010. Suomija [interaktyvus]. *The Farmline Chair by Timo Hoisko* [žiūrėta 2012 birželio 21 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.contemporist.com/2010/04/13/the-farmline-chair-by-timo-hoisko/>
- 3.11.1 pav. Zelfo® ekomedžiagos, 2015. Prancūzija [interaktyvus]. *Product Design & the Built Environment/Construction* [žiūrėta 2016 sausio 21 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.contemporist.com/2010/04/13/the-farmline-chair-by-timo-hoisko/>
- 3.11.2 pav. Zeoform. Vieni iš pirmųjų objektų iš Zelfo medžiagos, kolekcija, 2000. Australija [interaktyvus]. *Zeoform: A New Plastic that Turns Hemp into Almost Anything* [žiūrėta 2013 gegužės 14 d.]. Prieiga per internetą: <http://additivism.org/post/134068400211/zeoform-a-new-plastic-that-turns-hemp-into-almost>
- 3.11.3 pav. Elise Gabriel. Zelfo® baldų kolekcija, 2010. Prancūzija [interaktyvus]. *Elise Gabriel at Galerie Gosserez* [žiūrėta 2013 gegužės 14 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.designboom.com/design/elise-gabriel-at-galerie-gosserez/>
- 3.11.4 pav. konstrukcinės medžiagos iš ryžių, kukurūzų ir maniokų pluoštų, 2011. Nigerija [interaktyvus]. *Affordable building materials from recycled agricultural waste* [žiūrėta 2013 gegužės 21 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.lafargeholcim-foundation.org/projects/affordable-building-materials-from-recycled-agricultural-waste>
- 3.11.5 pav. Charles Job. Skirtingų plokščių tipų pristatymas, 2011. Nigerija [interaktyvus]. *Urban possibilities* [žiūrėta 2016 vasario 08 d.]. Prieiga per internetą:

<http://www.designindaba.com/articles/creative-work/urban-possibilities>

3.12.1 pav. konstrukcinės medžiagos iš 100 % šiaudų biomasės, NER Ltd, 2015 [interaktyvus]. *100% Wheat Straw Moulded packaging!* [žiūrėta 2016 vasario 02 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.nafici-research.com/100-wheat-straw-moulded-fibre-packaging/>

4 pav. Inga Valentinienė. Lazeriu pjaustyta konstrukcinė medžiaga iš LDK pluošto, 2011-2015. *Autorės archyvas*.

4.1.1.1 pav. A-diskinis pjūklas, B-CNC formatinio pjaustymo staklės, C-juostinis pjūklas. A-Bosch, 2015 [interaktyvus]. *Išmani sandėliavimo sistema ir pjovimo staklės* [žiūrėta 2016 vasario 08 d.]. Prieiga per internetą: <http://lintera.lt/pjovimo-procesu-ateitis-kombinuotos-sistemas-kurias-sudaro-ismani-sandeliavimo-sistema-ir-pjovimo-stakles/>
B-Holzma, 2010 [interaktyvus]. *Elektriniai įrankiai* [žiūrėta 2016 vasario 08 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.varle.lt/pjuklai/diskinis-pjuklas-bosch-gks-190-professional.html>
C-Griggio, 2013 [interaktyvus]. *1/3 HP 9 in. Benchtop Band Saw* [žiūrėta 2016 vasario 08 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.harborfreight.com/13-hp-9-in-benchtop-band-saw-60500.html>

4.1.2.1 pav. spinduliniu lazeriu išpjaustyti elementai.

A- Living Hinge, 2012 [interaktyvus]. *ARK Laser Cutting Work* [žiūrėta 2015 rugsėjo 17 d.]. Prieiga per internetą: <https://lasercuttingworkindelhi.wordpress.com/>
B- Cocoon, 2012 [interaktyvus]. *The Laser Cutter* [žiūrėta 2015 rugsėjo 17 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.pinterest.com/source/thelascutter.blogspot.com.es>
C- Mr A-Linea, 2013 [interaktyvus]. *Elektriniai įrankiai* [žiūrėta 2015 rugsėjo 17 d.]. Prieiga per internetą: <http://mocoloco.com/vote/mr-a-linea-sideboard-by-pauline-coudert-and-laurent-chabrier/>

4.1.2.2 pav. Lazeriu išpjaustyti objektų elementai, kurie sujungiami be furnitūros.

A- Alex Davies, 2011 [interaktyvus]. *A Desk for Kids Multitasks and Transforms As They Grow* [žiūrėta 2014 spalio 16 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.treehugger.com/sustainable-product-design/a-desk-for-kids-multitasks-and-transforms-as-they-grow.html>

B- MrsCarson, 2013 [interaktyvus]. *Ystème D'emboîtement Semblable À Un Puzzle Permettant La Fermeture* [žiūrėta 2015 sausio 23 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.pinterest.com/pin/423760646165606172/>

C- Mario Pagliaro, 2015 [interaktyvus]. *Temporanea* [žiūrėta 2016 vasario 11 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.museoagropontino.it/temporanea/lecture-di-mario-pagliaro/>

4.1.3.1 pav. Elementų formavimas veikiant vakuumu po preso membrana [interaktyvus]. *Vacuumpresses* [žiūrėta 2015 lapkričio 21 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.columbus-tech.com/en/671115/Machines-Vacuumpresses-Vacuform-Overview.html>

4.1.4.1 pav. Elementų formavimas karštu presu.

A-Leilead, 2002 [interaktyvus]. *High Frequency Wood Bending Press Machine* [žiūrėta 2015 lapkričio 21 d.]. Prieiga per internetą: http://leilead.com/html_products/80T-High-frequency-wood-bending-press-machine-90.html

B- Eny Parker, 2015 [interaktyvus]. *Body-Embracing Honest Chair Is Crafted From Compound-Curved Plywood Sheets* [žiūrėta 2016 sausio 19 d.]. Prieiga per internetą: <http://inhabitat.com/body-embracing-honest-chair-is-crafted-from-compound-curved-plywood-sheets/the-honest-chair-by-eny-parker-10-2/>

4.1.4.2 pav. Sudėtingos konfigūracijos elementų formavimas karštu presu.

A-Zemat, 2014 [interaktyvus]. *Hydraulic Presses for Wood Forming* [žiūrėta 2015 lapkričio 21 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.zemat.com/en/machines/drying-and-molding-machines/press>

- B-Made in Ratio, 2014 [interaktyvus]. *Punching Machine Supplies* [žiūrėta 2015 gegužės 11 d.]. Prieiga per internetą: <http://mocoloco.com/made-in-ratio-launch-furniture-collection/>
- 4.1.5.1 pav. Imgur, 2014. Dekoratyvaus interjero objekto (radio) suformavimas spaustais šaltu būdu [interaktyvus]. *Custom Hand Built Tube Amplifier!* [žiūrėta 2015 gegužės 11 d.]. Prieiga per internetą: <http://imgur.com/gallery/i0zle>
- 4.1.6.1 pav. Plaušų plokštės paviršiaus dekoravimas frezuojant.
- A- Cesar Salazar, 2015 [interaktyvus]. *Player Bio* [žiūrėta 2016 vasario 26 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.sphotos-d.ak.fbcdn.net>
- B- Najib Interiors, 2015 [interaktyvus]. *NID UAE* [žiūrėta 2016 vasario 26 d.]. Prieiga per internetą: <http://najibinteriors.tumblr.com/post/110646555900/3d-wave-wallcladding-najibinteriors-ajman>
- C- Family Handyman, 2015 [interaktyvus]. *Plus Tips for Using MDF* [žiūrėta 2016 vasario 26 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.familyhandyman.com/woodworking/tips/what-is-mdf-plus-tips-for-using-mdf/view-all>
- 4.1.6.2 pav. Kiaurapjūviu išfrezuoti elementai iš plaušų plokštės.
- A- CNC-STEP, 2015 [interaktyvus]. *CNC Machine Manufacturer* [žiūrėta 2016 kovo 02 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.cnc-router-store.com/>
- B- MDF Jaali, 2015 [interaktyvus]. *Description for "Mdf jaali, wooden jaali cutting jobwork in Rajasthan"* [žiūrėta 2016 kovo 02 d.]. Prieiga per internetą: <http://jodhpur.click.in/mdf-jaali-wooden-jaali-cutting-jobwork-in-rajasthan-c126-v8189528>
- C-Elena Cardiel, 2015 [interaktyvus]. *Helen Chair* [žiūrėta 2016 kovo 02 d.]. Prieiga per internetą: <https://iefablab.wordpress.com/2015/01/13/helen-chair/>
- 4.1.7.1 pav. Homag Group 2013AG. Plaušų plokštės detalėse gręžiamos furnitūros montavimo vietos [interaktyvus]. *A Produção De Porta* [žiūrėta 2015 spalio 19 d.]. Prieiga per internetą: http://www.contarelli.com.br/homag/centros_de_usinagem/bmq_500.asp
- 4.1.8.1. pav. Griggio S.r.l., 2016. Plaušų plokštės šlifavimo operacija atliekama prieš paviršių apdailinimą [interaktyvus]. *Griggio Woodworking Machinery* [žiūrėta 2016 kovo 13 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.griggio.com/en/products/sanding-machines/gl-26-gl-30/>
- 4.2.1 pav. Įvairiose presformose karštu presu suformuoti elementai.
- A- Henry&Co's, 2015 [interaktyvus]. *Henry Co Chayr Seat Stool Hay Grass Cmf Greentech* [žiūrėta 2016 vasario 11 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.dezeen.com/2015/08/07/henry-co-chayr-seat-stool-hay-grass-cmf-greentech/>
- B-Spyros Kizis, 2013 [interaktyvus]. *This Chair Was Made From Artichokes And Cooking Oil* [žiūrėta 2014 lapkričio 09 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.gizmodo.com.au/2013/11/this-chair-was-made-from-artichokes-and-cooking-oil/>
- C-Wellbaord, 2010 [interaktyvus]. *Wellbaord* [žiūrėta 2013 vasario 27 d.]. Prieiga per internetą: <http://materijos.lt/2010/02/>
- 4.2.1.1 pav. Alibaba, 2016. Kompanijos Alibaba gaminama produkcija. Biomasė formuojama į įvairaus dydžio bei formos ruošinius [interaktyvus]. *Professional Hot Press Wood Sawdust Pallet* [žiūrėta 2016 kovo 13 d.]. Prieiga per internetą: http://www.alibaba.com/product-detail/professional-hot-press-wood-sawdust-pallet_60253286271/showimage.html
- 4.2.1.2 pav. Wolffurniture, 2012. Elemento pavyzdys tekinimo procese bei baldo konstrukcijoje [interaktyvus]. *Rectangular Dining Table with Turned legs* [žiūrėta 2014 lapkričio 26 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.wolffurniture.com/furniture/dining-room-table/dining-table/1141794924>
- 4.2.2.1 pav. Ted's Woodworking, 2015. Rankiniu šlifuokliu nušlifuotas elementas. Paruoštas apdailai ir nulakuotas paviršius [interaktyvus]. *Teds Woodworking* [žiūrėta 2015 gruodžio 27 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.tedswoodworking.com/new/vsl/go1.html>

4.2.3.1. pav. Biesse Group, 2015. Konfigūruotas kėdės elementas po gręžimo/ frezavimo operacijos paruoštas surinkimui [interaktyvus]. *Biesse products* [žiūrėta 2015 gruodžio 27 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.biesse.com/ww>

Lentelių sąrašas

2.3.1.1 lentelė. 33 mm storio plokštės matavimų rodikliai. *Autorės archyvas*.

2.3.1.2 lentelė. 28 mm storio plokštės matavimų rodikliai. *Autorės archyvas*.

2.3.2.1 lentelė. 33 mm storio plokštės vidinės sankibos bandymo rezultatai. *Autorės archyvas*.

2.3.2.2 lentelė. 28 mm storio plokštės vidinės sankibos bandymo rezultatai. *Autorės archyvas*.

2.3.3.1 lentelė. 33 mm storio plokštės paviršiaus stiprio bandymo rezultatai. *Autorės archyvas*.

2.3.3.2 lentelė. 28 mm storio plokštės paviršiaus stiprio bandymo rezultatai. *Autorės archyvas*.

2.3.4.1 lentelė. 33 mm storio plokštės paviršiaus furnitūros ištraukimo iš plokštės bandymo rezultatai. *Autorės archyvas*.

2.3.4.2 lentelė. 28 mm storio plokštės paviršiaus furnitūros ištraukimo iš plokštės bandymo rezultatai. *Autorės archyvas*.

2.4.1 lentelė. Vidutinės pluoštinių kanapių auginimo išlaidos, Eurų/ha [interaktyvus].

Gruzdevienė, E. Pluoštinių augalų auginimo perspektyvos Lietuvoje. Mano ūkis, 2007 (11) [žiūrėta 2014 m. rugsėjo 10 d.]. Prieiga per internetą:

http://www.manoukis.lt/print_forms/print_st_z.php?s=1415&z=67.

3.11.1 lentelė. Medžiagų charakteristikų palyginimas [interaktyvus]. *Patented fibre engineering technologies developed by Zelfo Technology can transform 100% renewable or recycled cellulose fibres into self-binding Zelfo® materials*. [žiūrėta 2013 gegužės 14 d.].

Prieiga per internetą: <http://www.zelfo-technology.com/zelfo-by-industry/>

Diagramų sąrašas

1 diagrama. *Pluoštinių kanapių plotai ES 2012 metais, proc.* [interaktyvus]. *CBI Trade Statistics: Grains and Pulses in Europe*. [žiūrėta 2013 gegužės 4 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.cbi.eu/sites/default/files/trade-statistics-europe-grains-pulses-2015.pdf>

2 diagrama. *Augalų palankumas bioįvairovei*. *Piotrowski, St.; Carus, M. Ecological benefits of hemp and flax cultivation and products*. Nova institute: 2011.

Autorės publikacijos disertacijos tema

Valentinienė, Inga. Eko dizaino tendencija – baldų gamybai naudoti natūralias medžiagas // Gaminių technologijos ir dizainas: konferencijos pranešimų medžiaga. Kaunas: Technologija, 2012. ISSN 1822-492X

Valentinienė, Inga. Unikalių ekologiškų baldų, iš augalinės kilmės konstrukcinių medžiagų, dizainas // Dekoratyviųjų ir sodo augalų sortimento, technologijų ir aplinkos optimizavimas. Mokslo darbai. 2014. ISSN 2029-1906 ir internete ISSN 2335-7282. Leidinys cituojamas tarptautinėse duomenų bazėse: CAB Abstracts, Global Health, CABI Full Text, EBSCO Publishing.

Valentinienė, Inga. Natural Materials in Furniture Design //Northern European Network for Wood Science & Engineering (WSE), 2014. Royal College of Surgeons, Edinburgh, Scotland.

Pranešimai konferencijose disertacijos tema

2015.11.06. I. Valentinienė. Technologinės inovacijos ir eko dizaino iššūkiai //Nacionalinė mokslinė-praktinė konferencija „Technologinio ugdymo problemos ir aktualijos“. Lietuvos edukologijos universitetas, Vilnius.

2015.04.29. I. Valentinienė. Inžinerijos ir dizaino sintezė //Respublikinė mokslinė-praktinė konferencija „Inovacijų taikymas technologijose’ 2015“. Kauno kolegija.

2014.10.14. I. Valentinienė. Natural Materials in Furniture Design //Northern European Network for Wood Science & Engineering (WSE). Royal College of Surgeons Edinburgh, Scotland.

2014.04.04. I. Valentinienė. Pluoštinių augalų panaudojimas baldų dizainui //Pluoštinių kanapių perspektyva Lietuvos pramonėje. Statyba, baldai, biokuras. AgroBalt’2014. Žalgirio arena, Kaunas.

2014.03.26. I. Valentinienė. Unikalių ekologiškų baldų, iš augalinės kilmės konstrukcinių medžiagų, dizainas //Respublikinėje mokslinėje konferencijoje „Dekoratyviųjų ir sodo augalų sortimento, technologijų ir aplinkos optimizavimas“. Kauno kolegija.

2013.12.07. I. Valentinienė. LDK (linų, dilgėlių, kanapių) dizainas //Žali.lt metinis forumas. Vilniaus Universiteto Gamtos mokslų fakultetas, Vilnius.

2013.05.09. I. Valentinienė. LDK (linų, dilgėlių, kanapių) pluoštas – Lietuvos vertybė. Ekologiškų baldų ateitis //„Dizaino savaitė“ konferencija dizaino centre „Artis“, Kaunas.

2012.04.27. I. Valentinienė. Natūralių medžiagų panaudojimas baldų gamybai. Eko dizainas // respublikinė konferencija „Gaminių technologijos ir dizainas‘2012“. KTU, Kaunas.

2011.11.24. I. Valentinienė. Ekologiškų medžiagų panaudojimas baldų dizaine // respublikinė konferencija „Inovacijos medienos apdirbimo ir baldų pramonėje“, Kauno kolegija.

Trumpos žinios apie doktorantę

Inga Valentinienė (g. 1976 m.) 2004 m. baigė interjero elementų konstravimo ir gamybos specialybės bakalauro studijas Kauno kolegijoje, kur įgijo konstrukcinių medžiagų technologo kvalifikacinį laipsnį. 2009 m. baigė grafinio dizaino specialybę Vilniaus dailės akademijoje. 2011 ten pat įgijo dailės magistro laipsnį. Nuo 2004 m. dirba lektore, o nuo 2012 m. ir Pramoninių technologijų ir dizaino katedros vedėja Kauno kolegijoje. 2013 m. apdovanota „Geriausios metų dėstytojos“, o 2015 m. „Koja kojon su Alma Mater“ apdovanojimais už patentuotą išradimą „Pluoštinių augalų plaušų plokštės ir jų gavimo būdas“ Nr.LT6163, 2015-06-25.“ – sukurtą konstrukcinę medžiagą, skirtą gaminti baldus iš pluoštinių kanapių, linų ir dilgėlių.