



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Mikro/nano filtruojančiojo sluoksnio gamybos technologija

Baigiamasis magistro projektas

Justinas Masionis

Projekto autorius

vyr. m. d. dr. Edvinas Krugly

Vadovas

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Mikro/nano filtruojančiojo sluoksnio gamybos technologija

Baigiamasis magistro projektas

Chemijos inžinerija (6211EX020)

lekt. dr. Odeta Viliūnienė

Konsultantė

prof. dr. Irena Pekarskienė

Konsultantė

doc. dr. Dalia Nizevičienė

Konsultantė

prof. dr. Gintaras Denafas

Konsultantas

Justinas Masionis

Projekto autorius

vyr. m. d. dr. Edvinas Krugly

Vadovas

vyr. m. d. dr. Darius Čiužas

Recenzentas

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Justinas Masionis

Mikro/nano filtruojančiojo sluoksnio gamybos technologija

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Justinas Masionis

Patvirtinta elektroniniu būdu



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Tvirtinu:

Cheminės technologijos fakulteto dekanas
prof. dr. K. Baltakys

Suderinta:

Aplinkosaugos technologijos katedra
Katedros vedėjas
Doc. dr. Violeta Kaunelienė

Dekano potvarkis Nr.V25-02-10, 2022 gegužės 16 d.

2022 m. kovo mėn. 4 d.

Baigiamojo magistro projekto užduotis

Projekto tema

Mikro/nano filtruojančio sluoksnio gamybos technologija

Darbo tikslas ir uždaviniai

Darbo tikslas – naudojant mikro/nano pluoštų kombinacijas sukurti filtruojantįjį sluoksnį, ištirti savybes bei pateikti gamybos rekomendacijas

Darbo uždaviniai:

naudojant skirtingas elektroverpimo technologijas suformuoti nano/mikro pluoštų sluoksnius tinkamus oro filtravimui bei ištirti jo morfologines ir mechanines savybes;

ištirti nano/mikro pluošto terminio ir mechaninio apdorojimo įtaką sluoksnio savybėms;

ištirti filtruojančiojo sluoksnio dalelių sulaikymo efektyvumą;

pateikti rekomendacijas mikro/nano filtruojančiojo sluoksnio gamybai.

Reikalavimai ir sąlygos

Turi būti visos privalomos baigiamojo projekto sudėtinės dalys kaip nurodyta dekanu 2022 m. gegužės 16 d. potvarkiu Nr. V25-02-10 patvirtintuose „Pirmosios pakopos Cheminė technologija ir inžinerija ir antrosios pakopos Chemijos inžinerija studijų programų baigiamųjų projektų rengimo ir gynimo metodiniuose reikalavimuose“.

Vadovas

vyr. m. d. dr. Edvinas Krugly

2022-03-03

(vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas)

(data)

Užduotį gavau: Justinas Masionis

(studento vardas, pavardė)

2022-03-03

(parašas, data)

Masionis Justinas. Mikro/nano filtruojančio sluoksnio gamybos technologija. Magistro baigiamasis projektas / vadovas vyr. m. d. dr. Edvinas Krugly; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Inžinerijos mokslai, Chemijos inžinerija

Reikšminiai žodžiai: lydalo elektroverpimas, tirpalo elektroverpimas, mikropluoštas, nanopluoštas, respiratorius.

Kaunas, 2022. 89 p.

Santrauka

Baigiamajame projekte atliktas tyrimas, siekiant sukurti mikro/nano filtruojantį pluoštą, naudojant lydalo ir tirpalo elektroverpimo technologijų kombinaciją. Ištirti proceso parametrai, jų įtaka pluošto morfologijai ir nustatytos optimalios filtruojančio sluoksnio gamybos sąlygos bei pateiktos rekomendacijos.

Rezultatai parodė, kad geriausiomis filtruojančiomis savybėmis pasižymi pluoštas, pagamintas kombinuojant lydalo ir tirpalo elektroverpimo metodus tokia tvarka: lydalo elektroverpimo būdu paruoštas mikrogijų pagrindas iš Vestamid[®] L1670 (poliamido 12), kuris termomechaniškai apdorojamas (140 °C temperatūra) ir padengiamas nanogijų sluoksniu, pagamintu iš poliamido 6/6, naudojant tirpalo elektroverpimo metodą. Abu sluoksniai verpti po 30 min. Gautas filtras pasižymi 85 % natrio chlorido aerozolio dalelių sulaikymo efektyvumu ir 29 Pa slėgio nuostoliais. Nanosluoksnio gijų ir porų vidutiniai diametrai atitinkamai yra 0,18 ir 0,23 μm. Filtravimo savybės pagerintos sluoksniuojant bandinį. Filtruojantis pluoštas perlenktas per pusę ir 2 sekundes presuotas 140 °C temperatūra. Dviejų sluoksnių filtras daleles sulaikė 96 % efektyvumu ir pasižymėjo 120 Pa slėgio nuostoliais. Šie rezultatai tenkina reikalavimus keliamus FFP2 standarto klasės respiratoriui.

Taip pat darbe suprojektuota įmonė, gaminanti respiratorius, įvardijami statybiniai sprendimai, apskaičiuoti jos finansiniai bei ekonominiai rodikliai, įvertinta darbų sauga bei gamyklos galimas poveikis aplinkai.

Masionis Justinas. Production Technology of Micro/Nano Layer. Master's Final Degree Project / supervisor vyr. m. d. dr Edvinas Krugly; Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Engineering Sciences, Chemical Engineering

Keywords: Melt electrospinning, Solution electrospinning, microfiber, nanofiber, respirator.

Kaunas, 2022. 89.

Summary

In the final project, a study was conducted to create a micro/nano filter layer using a combination of melt and solution electrospinning technologies. The process parameters, their influence on the morphology of the fibers were investigated and the optimal conditions to produce the filtering layer were determined and recommendations were given.

The results showed that the filter with the best filtering properties was made by combining melt and solution electrospinning methods in the following order: using melt electrospinning, the microfiber base of Vestamid® L1670 (polyamide 12) was prepared, which is thermomechanically treated and coated with nanofiber layer of polyamide 6/6, using solution electrospinning. Each method used for 30 minutes. The resulting filter has a filtration efficiency of 85% for sodium chloride aerosol particles and a pressure drop of 29 Pa. The average diameters of the nanolayer fibers and pores are 0.18 and 0.23, respectively. Filtration properties were improved by fiber mats. Filter layer was folded in half and pressed at 140 ° C for 2 seconds. The two-layer filter trapped the particles with an efficiency of 96% and a pressure drop of 120 Pa. These results meet the requirements for an FFP2 standard class respirator.

The work also designs a company that manufactures respirators, names construction solutions, calculates its financial and economic indicators, evaluates the safety of work and the potential impact on the environment.

Turinys

Lentelių sąrašas	9
Paveikslų sąrašas	11
Įvadas.....	12
1. Literatūros apžvalga	13
1.1. Kvėpavimo takų apsaugos priemonės	13
1.1.1. Veido kaukės	13
1.1.2. Respiratoriai	13
1.2. Kaukių gamybai naudojami polimerai	13
1.3. Kaukių filtrų gamybos technologijos	14
1.4. Filtravimo mechanizmas	19
1.4.1. Gravitacinė sedimentacija	19
1.4.2. Inercinis smūgis.....	19
1.4.3. Perėmimas	19
1.4.4. Difuzija.....	20
1.4.5. Elektrostatinė trauka.....	20
2. Tiriamoji dalis.....	21
2.1. Medžiagos ir tyrimų metodai.....	21
2.1.1. Polimerai ir tirpikliai	21
2.1.2. Pluošto gamybos technologija.....	21
2.1.3. Tyrimo planas.....	22
2.1.4. Pluošto morfologinė analizė	24
2.1.5. Filtravimo efektyvumo tyrimas	25
2.1.6. Pluoštų terminis presavimas	26
2.1.7. Veido kaukės gamyba	27
2.2. Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas	28
2.2.1. Pluoštinės medžiagos optimizavimas ir morfologija.....	28
2.2.2. Mikro/nano pluoštų kombinacija.....	33
2.2.3. Termomechaninis pluoštų apdorojimas.....	36
2.2.4. Pagamintas kaukės prototipas	40
2.2.5. Tiriamosios dalies išvados.....	41
3. Inžinerinė dalis.....	42
3.1. Technologinė dalis.....	42
3.1.1. Naudojamos žaliavos ir jų charakteristika.....	42
3.1.2. Technologinė schema	42
3.1.3. Gamybinis pajėgumas ir medžiagų balansas (Gamybiniai duomenys).....	43
3.2. Statybiniai sprendimai	47
3.2.1. Bendrieji duomenys.....	47
3.2.2. Sklypo planas	48
3.2.3. Projektuojamo pastato (patalpos) sprendimai	48
3.2.4. Statinio architektūrinė, konstrukcinė sandara.....	48
3.2.5. Bendrųjų statinio (pastato) inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai.....	48
3.3. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai.....	49

3.3.1. Inovacijos projektavimo ir diegimo aplinkos analizė: ekonominių ir organizacinių problemų nustatymas	49
3.3.2. Projekto investicijos ir jų finansiniai šaltiniai	50
3.3.2.1. Ilgalaikio ir trumpalaikio turto vertės skaičiavimas	50
3.3.3. Produkcijos gamybos kaštų ir veiklos sąnaudų skaičiavimas	51
3.3.3.1. Gamybos kaštai	52
3.3.4. Finansinės ir investicinės sąnaudos	57
3.3.5. Gaminių kainos skaičiavimas	58
3.3.6. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai	58
3.3.7. Investicijų efektyvumo vertinimas	60
3.3.7.1. Kapitalo kaštai	60
3.3.7.2. Diskontuotas investicijų atsipirkimo laikotarpio skaičiavimas	60
3.3.7.3. Kitų projekto vertinimo rodiklių skaičiavimas	61
3.3.7.4. Lūžio taško apskaičiavimas	63
3.3.8. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai	64
3.3.9. Finansinių ir ekonominių skaičiavimų išvados	65
3.4. Aplinkosauginis vertinimas	66
3.4.1. Bendrieji duomenys	66
3.4.2. Atliekos	67
3.4.3. Fizikinė tarša	68
3.4.4. Aplinkos oro tarša	68
3.4.5. Naudojamas vanduo ir susidaranti nuotekos	69
3.4.6. Aplinkosauginio vertinimo išvados	69
4. Darbuotojų sauga ir sveikata	71
4.1. Projektuojamo objekto charakteristika	71
4.2. Profesinės rizikos vertinimas	71
4.3. Saugi gamyba	74
4.4. Darbo higiena	74
4.5. Gaisrinė sauga	76
Rekomendacijos	78
Išvados	79
Literatūros sąrašas	80

Lentelių sąrašas

1.1 lentelė. Elektrinį verpimą įtakojantys parametrai [32].....	19
2.1 lentelė. Polimerai, naudoti lydalo elektroverpimui[44–46]	21
2.2 lentelė. Tyrimo planas ir technologiniai parametrai	23
2.3 lentelė. Lydalo elektrinio verpimo proceso optimizavimas	32
2.4 lentelė. Mikro/nano pluoštinės medžiagos gamybos optimizavimas. L – Lydalo elektroverpimas, T – tirpalo elektroverpimas.....	34
2.5 lentelė. Termomechaninio pluoštų apdorojimo rezultatai.....	36
2.6 lentelė. Bandinių presavimo sąlygos.....	38
3.1 lentelė. Filtruojančio pluošto gamybos balansas.....	45
3.2 lentelė. Respiratorių gamybos balansas	46
3.3 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai	47
3.4 lentelė. Pradiniai duomenys projektavimui.....	47
3.5 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai.....	50
3.6 lentelė. Technologinių įrenginių vertė	50
3.7 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis.....	51
3.8 lentelė. Produkcijos gamybos apimtis.....	51
3.9 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms	52
3.10 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui	53
3.11 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energija.....	54
3.12 lentelė. Netiesioginės išlaidos vandeniui	54
3.13 lentelė. Netiesioginės išlaidos apšvietimui	55
3.14 lentelė. Netiesioginės išlaidos gamybinių patalpų šildymui	55
3.15 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija).....	55
3.16 lentelė. Netiesioginių gamybos išlaidų sąmata	56
3.17 lentelė. Gamybos kaštai	56
3.18 lentelė. Veiklos sąnaudos	57
3.19 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas	57
3.20 lentelė. Gaminių kainų apskaičiavimas.....	58
3.21 lentelė. Įmonės pelno (nuostolių) ataskaita, Eur	59
3.22 lentelė. Finansinės būklės pokyčių (pinigų srautų) ataskaita	59
3.23 lentelė. Kapitalo kaštai	60
3.24 lentelė. Projekto paprasti ir diskontuoti grynieji pinigų srautai (GPS).....	61
3.25 lentelė. Projekto balansas	62
3.26 lentelė. Lūžio taško apskaičiavimas	63
3.27 lentelė. Projekto finansiniai ekonominiai rodikliai	65
3.28 lentelė. Duomenys apie gaminius	66
3.29 lentelė. Kuro ir energijos vartojimas	66
3.30 lentelė. Duomenys apie naudojamą žaliavas, chemines medžiagas ar preparatus	66
3.31 lentelė. Žaliavų ir papildomų cheminių medžiagų ar preparatų saugojimas.....	66
3.32 lentelė. Duomenys apie tirpiklių turinčias chemines medžiagas ir preparatus	67
3.33 lentelė. Tirpiklių turinčių cheminių medžiagų ir preparatų saugojimas	67
3.34 lentelė. Atliekos, atliekų tvarkymas [79]	67

3.35 lentelė. Fizikinė tarša	68
3.36 lentelė. Stacionarūs taršos šaltinių fiziniai duomenys.....	68
3.37 lentelė. Tarša į aplinkos orą	68
3.38 lentelė. Išmetamųjų dujų valymo įrenginiai ir kitos taršos prevencijos priemonės	69
3.39 lentelė. Duomenys apie nuotekų šaltinius ir/ arba išleistuvus.....	69
4.1 lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir prevencinių priemonių nustatymas [67–73].....	72
4.2 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai [74].....	73
4.3 lentelė. Patalpų ir pastato kategorijos pagal gaisro pavojų [75].....	73
4.4 lentelė. Evakuacinio plano sutartiniai ženklai [70].....	77

Paveikslų sąrašas

1.1 pav. Principinė Polimero lydalo pūtimo proceso schema [19]	15
1.2 pav. Gijos ištempimo vizualizacija [19]	15
1.3 pav. principinė polimero lydalo tempimo proceso schema [28]	17
1.4 pav. Elektrinio verpimo principinės schemos: A – tirpalo [29], B – lydalo [31].....	18
1.5 pav. Filtravimo mechanizmai [43]	20
2.1 pav. Principinė lydalo ir tirpalo elektrinio verpimo stendo schema.	22
2.2 pav. SEM nuotraukos padalijimas į segmentus	24
2.3 pav. Filtravimo efektyvumo tyrimų sistemos principinė schema	26
2.4 pav. Terminis presas	27
2.5 pav. A – kaukės šablonas, B – kaukės siuvimas, C – ultragarsinio sulydymo prietaisas	27
2.6 pav. N1–N12 ir N18–N28 bandinių SEM nuotraukos. Optinis didinimas 100 x	28
2.7 pav. N1–N12 ir N18–N28 bandinių nuotraukos	29
2.8 pav. Gijų ir porų skersmenų priklausomybė nuo filamento tiekimo debito.....	30
2.9 pav. Gijų ir porų skersmenų priklausomybė nuo įtampos.....	30
2.10 pav. Mikro pluošto bandinių vidutiniai gijų diametrai	31
2.11 pav. Mikropluošto bandinių ir komercinio FFP2 standarto klasės respiratoriaus filtravimo efektyvumas.....	33
2.12 pav. Mikro/nano pluoštinių medžiagų bandinių N13 – N17 SEM nuotraukos. Optinis artinimas 1000 x	35
2.13 pav. Nano sluoksnio gijų ir porų diametrai.....	35
2.14 pav. Mikro/nano pluoštų ir komercinio FFP2 klasės respiratoriaus filtravimo efektyvumai ...	36
2.15 pav. Termomechaniškai apdoroti bandiniai. N9n (50 x optinis artinimas) – neapdorotas, N9 (50 x optinis artinimas) ir N17 (100 x optinis artinimas) apdoroti.....	38
2.16 pav. Termomechaniškai apdorotų mikropluošto bandinių filtravimo efektyvumai.....	39
2.17 pav. Termomechaniškai apdorotų mikro/nano pluoštų ir FFP2 klasės respiratoriaus filtravimo efektyvumai	40
2.18 pav. Pagaminto respiratoriaus prototipas	40
3.1 pav. Principinė technologinė schema: (1) – vakuuminė džiovyklė, (2) – vakuuminis siurblys, (3) – ekstruderis, (4) – magnetinė maišyklė, (5) – elektrinio verpimo prietaisas, (6) terminis presas, (7) – ultragarsinio sulydymo prietaisas, (8) – oro kompresorius	43
3.2 pav. Diskontuotų pinigų srautų grafikas	61
3.3 pav. Lūžio taško grafikas	64
4.1 pav. Įspėjamieji ženklai: A – lengvai užsideganti medžiaga, B – toksiška medžiaga, C – ėsdinančioji medžiaga [78].....	75
4.2 pav. Evakuacinis planas iš pastato antro aukšto	76

Įvadas

Oro tarša kietosiomis dalelėmis (KD) yra sunkiai suvaldoma ekologinė problema, kylanti dėl miestų plėtros ir didėjančių energijos sąnaudų [1]. KD yra mažų skysčio lašelių ir kietų dalelių mišinys, sudarytas iš rūgščių, organinių chemikalų, metalų ir dirvožemio bei dulkių dalelių [2]. KD skirstomos pagal aerodinaminio ekvivalento dydį – $KD_{2,5}$ (mažesnės nei $2,5 \mu\text{m}$) ir KD_{10} (mažesnės nei $10 \mu\text{m}$) [3, 4]. $KD_{2,5}$ gali lengvai patekti į plaučius bei įsiskverbti į alveoles ir sukelti ligas tokias kaip bronchitas, lėtinė obstrukcinė plaučių liga, išeminė širdies liga ir kitos [1].

2019 m. gruodį Kinijos mieste Uhane kilo nauja grėsmė sklindanti oro lašeliniu būdu – Koronaviruso Liga 2019 (COVID-19). Netrukus po to, 2020 m. Kovo 11 dieną, Pasaulio Sveikatos Organizacija paskelbė pasaulinę pandemiją. Pandemija – infekcinės ligos išplitimas pasauliniu mastu [5].

Per pastaruosius 41 metus pasaulyje buvo 6 pandemijos: žmogaus imunodeficito viruso (ŽIV) 1981 m., sunkaus ūminio respiracinio sindromo koronaviruso (SARS-CoV) 2002 m., H1N1 gripo viruso 2009 m., Artimųjų Rytų respiracinio sindromo koronaviruso (MERS-CoV) 2012 m., Ebolos viruso 2013 m. ir sunkaus ūminio respiracinio sindromo koronavirusas – 2 (SARS-CoV-2) 2019 – iki dabar [6].

Elektrinis verpimas yra paprastas ir plačiai pritaikomas metodas, kuriuo efektyviai gaminami nanogijų pluoštai. Šiuo būdu pagaminti filtrai pasižymi dideliu filtravimo efektyvumu, žemais slėgio nuostoliais, dideliu porėtumu ir paviršiaus plotu bei geru mechaniniu atsparumu [7]. Didėjanti oro tarša ir nauji ligų protrūkiai lemia naujų, efektyvesnių kvėpavimo takų apsauginių priemonių paieškas [8–11].

Darbo tikslas – naudojant mikro/nano pluoštų kombinacijas sukurti filtruojantįjį sluoksnį, ištirti savybes bei pateikti gamybos rekomendacijas.

Tikslui pasiekti buvo sprendžiami šie uždaviniai:

1. naudojant skirtingas elektroverpimo technologijas suformuoti nano/mikro pluoštų sluoksnius tinkamus oro filtravimui bei ištirti jo morfologines ir mechanines savybes;
2. ištirti nano/mikro pluošto terminio ir mechaninio apdorojimo įtaką sluoksnio savybėms;
3. ištirti filtruojančiojo sluoksnio dalelių sulaikymo efektyvumą;
4. pateikti rekomendacijas mikro/nano filtruojančiojo sluoksnio gamybai.

1. Literatūros apžvalga

1.1. Kvėpavimo takų apsaugos priemonės

1.1.1. Veido kaukės

Šios rūšies kaukės dengia dėvinčiojo nosį ir burną. Jos naudojamos kaip fizinis barjeras skysčiams ir kietosiomis dalelėmis iki tam tikro efektyvumo. Veido kaukės skirstomos į dvi kategorijas: **paprastos medžiaginės kaukės** ir **chirurginės kaukės** [12].

Medžiaginės kaukės yra paprasčiausios. Jos naudotos COVID – 19 pandemijos metu, kai trūko respiratorių ir medicininių kaukių. Medžiaginės kaukės nėra geras barjeras aerozoliams, tačiau su jomis galima sumažinti viruso plitimą, esant reikiamų apsauginių priemonių deficitui [13].

Dažniausiai naudojamos yra **chirurginės kaukės**. Jos sudarytos iš trijų skirtingo storio polipropileno sluoksnių. Šios kaukės turi turėti bent jau 80 % bakterijų sulaikymo efektyvumą, tačiau jos nesuteikia patikimos apsaugos nuo mažų ore plintančių dalelių ir virusų. Chirurginės kaukės sukurtos apsaugai nuo oro teršalų steriliose patalpose ir aplinkose, kur reikalinga apsauga nuo didelių dalelių, tokių kaip seilės ir gleivės, kurias išskiria kaukę dėvintis asmuo. Taip pat chirurginės kaukės naudojamos dėvinčiojo apsaugai nuo galimo kūno skysčių patekimo į burną ar nosį. Kadangi ši priemonė neturi pakankamo filtravimo efektyvumo vartotojo apsaugai nuo oro lašeliniu būdu sklindančių dalelių ir nepasizymi geru sandarumu, ji naudojama tik vieną kartą [14].

Chirurginės kaukės turi atitikti Europinį standartą *EN 14683*, pagal jį yra galimi trys kaukių tipai, kurie skiriasi bakterijų filtravimo efektyvumu: I tipas – didesnis nei 95 % efektyvumas, II tipas – didesnis nei 98 % efektyvumas ir IIR tipas – didesnis nei 98 % efektyvumas ir atsparumas aptaškymams [14].

1.1.2. Respiratoriai

Respiratoriai yra didžiausią filtravimo efektyvumą turinčios kaukės [13, 15]. Jie sukurti apsaugoti dėvintįjį nuo pavojingų ore sklindančių dalelių (įskaitant infekcinius agentus, tokius kaip koronavirusas, SARS, H1N1), dujų ar garų. Jie paprastai būna iš anksto suformuoti, sandariai užsideda ant veido su elastingomis gumomis ir geba sulaikyti ore sklindančias daleles, kurių dydis mažesnis nei 100 μm. Respiratoriai gali būti vientisi arba su įkvėpimo ar iškvėpimo vožtuvais. Kaukė su iškvėpimo vožtuvu leidžia dėvinčiajam lengviau iškvėpti orą ir mažiau renkasi drėgmę, tačiau iškvėptas oras būna nefiltruotas. Norint apsaugoti dėvintįjį ir aplinkinius, esant užkrečiamos ligos plintančios oro lašeliniu būdu rizikai, reikia nešioti respiratorių be vožtuvų [14, 16].

Respiratoriai turi atitikti Europinį standartą *EN 149:2001*, pagal jį yra trys respiratorių tipai: FFP1 – aerozolio dalelių sulaikymo efektyvumas didesnis nei 80 %, FFP2 – efektyvumas didesnis nei 94 % ir FFP3 – efektyvumas didesnis nei 99 % [14, 15].

1.2. Kaukių gamybai naudojami polimerai

Veido kaukės gaminamos iš sintetinių termoplastinių polimerų, tokių kaip polipropilenas, pliuretanas, poliakrilonitrilas, polistirenas, polikarbonatas, polietilenas ar poliesteris. Polimero lydalo pūtimo metodu apdirbtas polipropilenas yra dažniausiai naudojamas kaukių filtrui gaminti. Polipropilenas

yra pusiau kristalinis nepoliarinis polimeras, kuris gaminamas polimerizacijos būdu iš propileno. Jis yra vienas iš daugiausiai pagaminamų polimerų ir turi labai platų pritaikomumą [17].

Kaukių filtrai taip pat gali būti gaminami iš poliakrilonitrilo, polivinilpirolidono, polistireno ar polivinilo alkoholio. Polivinilideno difluoridas irgi gali būti naudojamas filtro gamybai. Iš jo gauti filtruojantys pluoštai pasižymi lygumu, tolygiomis poromis ir jų dydžiu, bei turi geras surišamąsias savybes su kitomis komercinėmis polimerų membranomis. Polivinilo alkoholis – lengvas ir biologiškai suderinamas. Jis paprastai naudojamas nano- dydžio gijų gamybai [17].

Natūralūs polimerai ir jų dariniai taip pat gali būti panaudoti filtrų gamybai. Celiuliozės filtruojantys pluoštai pasižymi pralaidumu vandeniui, hidrofiliškumu ir atsparumu biologiniam užteršimui. Celiuliozės acetatas yra natūralios medžiagos darinys, kurį galima laikyti konkurentu sintetiniams naftos kilmės polimerams. Šis polimeras yra pigiai pagaminamas ir lengvai apdirbamas, pasižymi geru stabilumu vandenyje ir tirpumu organiniuose tirpikliuose. Jo panaudojimą apriboja žema naudojimo temperatūra (40 °C) ir siauros pH ribos 3–6 bei aukštas bioskaidumas. Celiuliozės acetatas jau yra panaudotas filtravimo technologijoje, kaip filtras cigarečių dūmams, nes gerai sulaiko organinius junginius. Iš natūralių medžiagų filtrams taip pat panaudota medvilnė. Elastiška medvilnės šerdies membrana pasižymi tamprumu ir geromis sugeriamosiomis savybėmis [17].

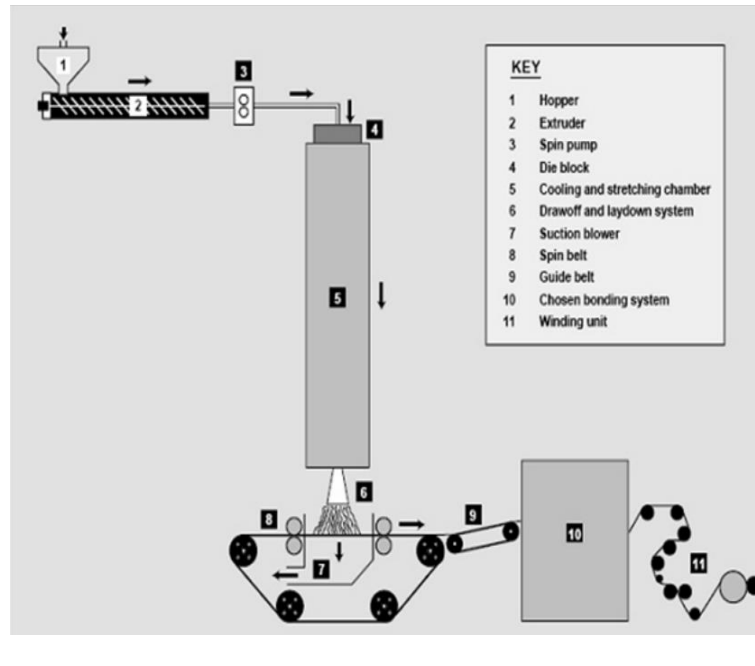
1.3. Kaukių filtrų gamybos technologijos

Kaukių filtravimo efektyvumas priklauso nuo gijų tipo, gamybos metodo, pluošto struktūros ir nuo gijų skerspjūvio. Kaukės paprastai būna sudarytos iš neaustinių pluoštų, nes jie pasižymi didesniu dalelių sulaikymo efektyvumu nei austiniai. Kaukių filtruojančių pluoštų gamybai naudojami skirtingi metodai, iš jų pagrindiniai yra šie – polimero lydalo tempimas, polimero lydalo pūtimas ir elektrinis verpimas. Dviem pastaraisiais metodais gaunamos mažiausio diametro gijos ir poros [18].

Polimero lydalo pūtimas yra paprastas, universalus vieno žingsnio procesas, naudojamas konvertuoti polimerines žaliavas į neaustinius pluoštus. Procesas sudarytas iš penkių dalių (žr. 1.1 pav.): ekstruderio, dozavimo siurblio, gijų formavimo bloko, pluošto formavimo ir pluošto susukimo sistemų. Granulių, miltelių, ar drožlių pavidalo polimeras tiekiamas į ekstruderį tam tikru debitu. Iš ekstruderio išlydytas polimeras patenka į siurbli, kuriuo vienu greičiu dozuojamas į gijų formavimo bloką. Šį bloką galima laikyti svarbiausia dalimi, nes nuo jos priklauso pluošto gijų kokybė. Jį sudaro polimero tiekimo pasiskirstymo sistema, kuri gali būti pakabos, T ar žuvies uodegos formos, išėjimo antgalis, kuris taip pat gali būti įvairių tipų, ir oro kolektoriai. Pastarieji tiekia skirtingos temperatūros oro sroves, kurios paprastai pasiekia 50–80 % garso greičio. Polimero lydalas išspaudžiamas per smulkias angas į karšto oro sroves. Oras ištempia lydalą į smulkią giją kaip pavaizduota 1.2 pav. [19]. Tipiškas izotaktinio polipropileno gijos diametro pokytis (išreikštas diametru santykiu tarp gijos išeinančios iš antgalio ir galutinės, formuojančios pluoštą) būna tarp 250 (nuo 0,4 mm iki 1,6 μm [20]) ir 667 (nuo 0,2 mm iki 300 nm [21]). Nustatyta, kad didžiausias gijos sumažėjimas įvyksta labai greitai (0,05 ms) trumpame atstume nuo išėjimo antgalio (10–20 mm) [22–25]. Oro srovės, kurių temperatūra įprastai būna tokia pati kaip polimero lydalo, taip pat padeda transportuoti gijas ant kolektoriaus. Dėl karšto oro pernašos ir maišymosi su aplinkos oru, temperatūra eksponentiškai mažėja ir polimeras pasiekęs kolektorių sukietėja. Aušimo greitis gali būti nustatomas pagal gijų ir oro greičių profilius ir paprastai būna 10^3 – 10^4 °C/s [26, 27]. Ant kolektoriaus surenkamos smulkių gijų srovės nusėda netvarkinga orientacija taip suformuodamos neaustinių pluoštą, kuris suvyniojamas

Poliamidas (PA 6, 66, 11, 12); Polietilenas (mažo ir didelio tankio); Linijinis mažo tankio polietilenas.	Polibutileno teraftalatas; Polifenilino sulfidas; Polimetilpentenas; Polivinilo alkoholis; Polietileno sulfidas; Fluoropolimerai; Politrifluorchloretenas; Polietileno teraftalatas; Poli (4 – metilpent – 1 – enas); Politetrametileno teraftalatas; Sulfopoliesteris; Polivinilideno fluoridas.
---	--

Polimero lydalo tempimo proceso metu išlydytas polimeras išspaudžiamas ekstrudriu ant konvejerio diržo per gijų formavimo bloko apačioje esančias skylutes. Pagrindiniai proceso komponentai yra ekstruderis (žr. 1.3 pav. – 2), filtras, dozavimo siurblys (žr. 1.3 pav. – 3), gijų formavimo blokas (žr. 1.3 pav. – 4), aušinimas (žr. 1.3 pav. – 5), traukimas (žr. 1.3 pav. – 6), pluošto formavimas (žr. 1.3 pav. – 6), surišimas (žr. 1.3 pav. – 10) ir produkto susukimas (žr. 1.3 pav. – 11). Ekstruderyje išlydomas polimeras ir homogeniškai tiekiamas į dozavimo siurblių per filtrą. Polimero filtravimas yra svarbus aukštos kokybės filamentui gauti ir proceso stabilumui užtikrinti. Sistemoje yra du filtrai vienas prieš dozavimo siurblių, o kitas po. Toliau polimero lydalas siurbliu tiekiamas į gijų formavimo bloką. Šis blokas sudarytas iš kameros, polimero paskirstymo sistemos ir plokštės su daugybe skylių. Per skylės išspaustos gijos atvėsina oru ir traukiamos oro srove ant judančio konvejerio diržo, po kuriuo yra siurbimo dėžė. Aušinantis oras (5–55 °C) tiekiamas 17–70 m³/min/m greičiu per 3–25 mm antgalius. Tempimo metu gijų molekulinė orientacija tampa tvarkinga ir jos tampa tvirtesnės. Dabartinėse polimero lydalo tempimo sistemose filamento traukimui naudojamas oras (oro greitis būna didesnis 1,5–4 kartus nei filamento greitis). Šia technologija galima pasiekti 6000 m/min filamento greitį. Tam kad būtų gautas maksimalus pluošto tolygumas, gijos prieš pasiekdamos konvejerio diržą atskiriamos mechaniškai, aerodinamiškai arba elektriškai. Pastaruoju metodu filamentui suteikiamas 30000 e.s.u./m² krūvis, kuris išsisklaido gijoms pasiekus įžemintą konvejerio diržą [28].



1.3 pav. principinė polimero lydalo tempimo proceso schema [28]

Siekiant gauti reikalingas galutinio pluošto savybes, klojami gijų ryšuliai judinami mechaniškai ar aerodinamiškai. Pastaruoju metodu pasikartojantys oro impulsai tiekiami iš abiejų filamentų pusių. Tinkamai išdėsčius gijų išėjimo plokštes ir oro purkštukus, galima gauti reikiama kryptimi orientuotą pluoštą. Labai tvarkingus, kryžmai perdengtos struktūros pluoštus galima gauti mechaniškai svyruojant krentančius ant diržo gijų pluošteliuus. Jei diržas juda, filamentai nusėda judėjimo kryptimi zigzago arba sinusinės bangos raštu. Santykis tarp diržo greičio, gijų pluošto judinimo periodo ir klojamo pluošto pločio apibūdina formuojamo produkto struktūrą. Didesni konvejerio diržo greičiai gali lemti netolygumus ant pluošto [28].

Pluošto surišimui naudojami įvairūs metodai: terminis, cheminis, adatinis ir supainiojimas vandeniui. Didesnio tempo lanksčiai gamybai naudojamas adatinis metodas. Adatos juda per pluoštą 2200 dūriais per minutę ir priklausomai nuo adatų tankio ir linijos greičio gali atlikti net 500 dūrių/cm². Šiuo metodu surišti pluoštai būna stambesni nei naudojant kitus metodus. Kadangi gijos gali judėti laisvai, adatinis metodas surišti pluoštai lengvai deformuojami ir pasižymi žemu Jungo moduliui. Šis metodas yra vienintelis, kurį galima naudoti didelių pluoštų surišimui (800g/m²). Terminis ir cheminis surišimas remiasi gijų sujungimu. Terminis surišimas paprastai naudojamas lengviems ir vidutinio sunkumo pluoštams juos sujungiant taškuose taip išlaikant pluoštą švelnesnį nei sujungiant sritimis. Šis gijų sujungimo metodas naudojamas dažniau nei cheminis ir yra ekonomiškėsnis [28].

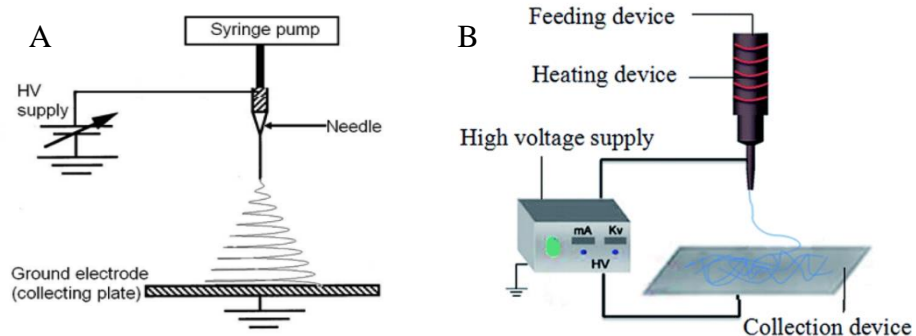
Polimero lydalo tempimo metodu gaminami pluoštai pasižymi [28]:

- neaustine struktūra;
- paprastai būna balti ir neskaidrūs;
- pasižymi dideliu stiprumu lyginant su kitomis technologijomis gautais neaustiniais pluoštais, austinėmis ar megztomis struktūromis;
- dideliu atsparumu plyšimui;
- geru atsparumu dilimui ir susiglamžymui;

- didelė skysčių sulaikymo geba;
- atsparumu šlyčiai;
- dauguma būna sluoksniuoti;
- specifinis svoris svyruoja nuo 5 iki 800 g/m², bet įprastai būna 10–200 g/m²;
- pluošto storis 0,1–50 μm;
- gijų skersmuo 1–50 μm.

Polimero lydalo tempimo procesui gali būti pritaikomi visi polimerai, bet dažniausiai naudojami, turintys didelę molekulinę masę ir jos pasiskirstymą, tokie kaip polipropilenas, poliesteris ar poliamidai. Izotaktinis polipropilenas yra plačiausiai naudojamas. Dėl jo mažo tankio gaunama didžiausia išeiga (gijos per kilogramą) už žemą kainą. Iš poliesterio pagaminti pluoštai pasižymi geresniu atsparumu tempimui ir yra termiškai stabilesni, tačiau gamyba būna sudėtingesnė ir brangesnė. Polimero lydalo tempimo pluoštai pagaminti iš nailono 6 ir nailono 6,6 dėl mažo specifinio svorio 10 g/m² lengvai surišami, turi puikias mechanines savybes, tačiau jų gamyba brangesnė nei pluoštų iš polipropileno ar poliesterio [28].

Elektrinis verpimas yra paprastas pigus procesas, kuriuo gaminami nano- dydžio skersmens gijų pluoštai. Adata su polimero tirpalu elektrostatiškai įkraunama naudojant aukštą įtampą. Dėl elektrostatinio krūvio ir išorinio elektrinio lauko sąveikos susiformuoja Teiloro kūgis. Kūgį veikiant labai stipriu elektriniu lauku, esant tinkamam lauko gradientui, jo viršūnė tampa nestabili ir tirpalo srovelė išauna link kolektoriaus tiesia linija. Skriejančią srovelę link neigiamai įkrauto kolektoriaus veikia įvairios jėgos: Koluno, išorinio elektrinio lauko, viskoelastinė, paviršiaus įtempio, gravitacinė ir oro pasipriešinimo. Dėl jų poveikio srovelė pradeda banguoti. Elektrinės jėgos ištempia srovelę, tirpiklis išgaruoja ir susiformuoja nanogijos, kurios nusėda ant kolektoriaus [29]. Gautų gijų vidutinis diametras gali būti 100–500 nm [18]. Elektrinis verpimas gali būti vykdomas iš tirpalo arba lydalo [29], jų veikimo principinės schemas pavaizduotos 1.4 pav. Iš schemų matyti, kad prietaisų esminis skirtumas yra, kad lydalo elektriniui verpimui reikalingas kaitinimo elementas. Elektrinio verpimo iš lydalo gaunamų gijų dydis gali būti <100 nm – 500 μm [30].



1.4 pav. Elektrinio verpimo principinės schemas: A – tirpalo [29], B – lydalo [31]

Elektriniu verpimu pagaminto pluošto paviršiaus topografiją, gijų morfologiją ir orientaciją įtakoja naudojamo tirpalo savybės, proceso ir aplinkos sąlygos. Elektrinį verpimą įtakojantys parametrai pateikti 1.1 lentelėje [32].

1.1 lentelė. Elektrinį verpimą įtakojantys parametrai [32].

Tirpalo parametrai	Proceso parametrai	Aplinkos sąlygos
Koncentracija; Klampa; Paviršiaus įtempis; Laidumas; Dielektrinė konstanta; Tirpalo lakumas;	Elektrostatinis potencialas; Elektrinio lauko galia; Elektrinio lauko forma; Atstumas tarp kolektoriaus ir adatos; Tiekimo debitas; Adatos angos skersmuo;	Temperatūra; Drėgmė; Oro judėjimas; Oro sudėtis; Slėgis;

Šiuo metu elektrinis verpimas yra lanksčiausia ir efektyviausia nanogijų gaminimo technologija [33]. Naudojant šią technologiją pagaminta įvairių membraninių filtrų iš skirtingų polimerų, pavyzdžiui, polietileno tereftalato [34], polivinilo alkoholio [35], poliakrilnitrilo [36], poliuretano [37], poliamido 66 [38]. Filtrai iš nanogijų dažniausiai būna labai ploni ir pasižymi mažu mechaniniu atsparumu [33]. Membranų filtravimo efektyvumas didėja mažėjant gijoms, tačiau išauga gijų tankis ir prastėja pralaidumas orui, filtras kemšasi [39]. Nano- dydžio gijų filtrai, turintys gerą pralaidumą, gali būti pagaminti, sukuriant sudėtingą hierarchinę struktūrą su įterptomis nanodalelėmis arba daugiasluoksni kompozitą. Tačiau formuojant pluoštą su hierarchine struktūra, sudėtinga tolygiai paskleisti nanodaleles ant gijų paviršiaus, dėl to šiuo būdu gautas filtras filtruoja nehomogeniškai [33].

Naudojant dvi tirpalo ir lydalo elektrinio verpimo technologijas kartu, galima pagaminti sluoksniuotą filtrą iš mikro/nano gijų [40]. Yra nustatyta, kad toks gijų dydžio derinys pagerina filtro savybes. Pluoštas būna storesnis, turi didesnę paviršių dalelėms sulaikyti [41]. Mikro/nano gijų kombinacija taip pat gali sumažinti gijų tankį filtre ir taip pagerinti oro pralaidumą [42].

1.4. Filtravimo mechanizmas

Dalelių prasiskverbimas per filtrą priklauso nuo jų dydžio. Aerosolių sulaikymas vyksta dėl gravitacinės sedimentacijos, inercinio smūgio, perėmimo, difuzijos ar elektrostatinės traukos. Šie mechanizmai schematiškai pavaizduoti 1.5 pav. Filtravimo kinetika ir mechanizmai priklauso nuo sulaikomų dalelių cheminių ir fizikinių savybių [12].

1.4.1. Gravitacinė sedimentacija

1–10 μm aerosolių sulaikymui didžiausią įtaką turi gravitacinė sedimentacija. Šio mechanizmo galima nepaisyti, kai filtruojamos dalėlės būna mažesnės nei 0,5 μm [12, 43].

1.4.2. Inercinis smūgis

Filtre gijų išsidėstymas yra netvarkingas, todėl filtravimo metu oro tėkmės kryptys būna labai vingiuotos. Dalelės kelyje atsiradus vingiui ji gali dėl inercijos palikti srautą ir trenktis į giją. Po smūgio dalelė nusėda filtre. Šis mechanizmas tampa dominuojančiu, kai dalelės būna didesnės nei 0,3–1 μm. Kuo dalelė didesnė ir greičiau juda tuo didesne inercija pasižymi [43].

1.4.3. Perėmimas

Dalelės, mažesnės nei 0,6 μm, per filtrą keliauja nepalikdamos srauto krypties linijų. Perėmimas įvyksta, kai srauto linija būna arti gijos ir į ją dalelė atsitrenkia. Po smūgio dalelę sulaiko dėl Van der

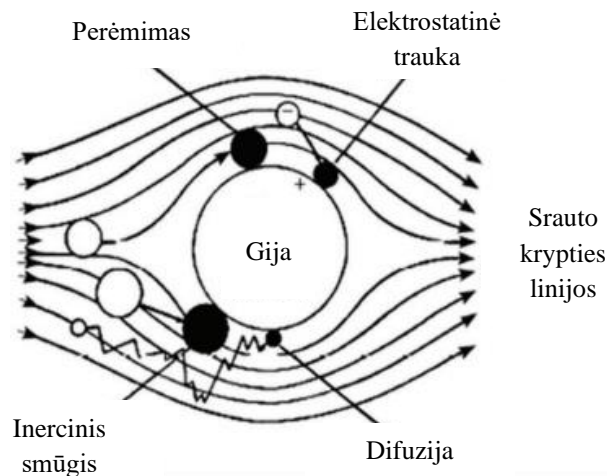
Valso jėga. Nustatyta, kad 100 nm – 1 μm aerozolio dalelės sulaikyme pagrindė dalyvauja du mechanizmai – Brauno difuzija ir dalelių perėmimas. [12, 43].

1.4.4. Difuzija

Dėl Brauno judėjimo mažos dalelės susidūrėna tarpusavyje ir su filtro gijomis tol, kol nusėda filtre. Difuzijos mechanizmas efektyviai sulaiko mažesnes nei 0,2 μm daleles. Difuzinio filtravimo greitis priklauso nuo dalelių dydžio bei per filtrą einančio oro srauto greičio. Kai filtravimo debitas mažesnis, dalelės ilgiau išbūna filtre. Dėl to padidėja tikimybė, kad jos susidurs su filtro gijomis ar tarpusavyje ir nusės filtre [12].

1.4.5. Elektrostatinė trauka

Elektrostatinės traukos metodas naudojamas tiek didelių, tiek mažų dalelių sulaikymui. Elektra įkrautos gijos ar granulės filtre absorbuoja priešingo krūvio daleles iš oro srauto. Dalelių sulaikymo efektyvumas elektrostatiniu mechanizmu mažėja, didėjant filtravimo greičiui. Mechaniniai (neįkrauti) ir elektriniai filtrai skiriasi aerozolio sulaikymu nano- lygmenyje. 300 nm dydžio dalelės yra skvarbiausios neįkrautuose filtruose. Šiai reikšmei mažėjant prastėja elektrinio filtro efektyvumas [12].



1.5 pav. Filtravimo mechanizmai [43]

2. Tiriamoji dalis

2.1. Medžiagos ir tyrimų metodai

2.1.1. Polimerai ir tirpikliai

Lydalo elektriniam verpimui naudoti polimerai ir savybės jų pateikti 2.1 lentelėje.

2.1 lentelė. Polimerai, naudoti lydalo elektroverpimui [44–46]

Pavadinimas	Kodas	Polimero pavadinimas	Takumo indeksas	Skilimo pražios temperatūros, °C	Lydomosi temperatūra, °C
Vestamid®	L1670	Poliamidas 12	60 cm ³ /10 min (230 °C, 2,16 kg)	394	178
Vestamid®	L1600	Poliamidas 12	132 g/10 min (230 °C, 2,16 kg)	382	178

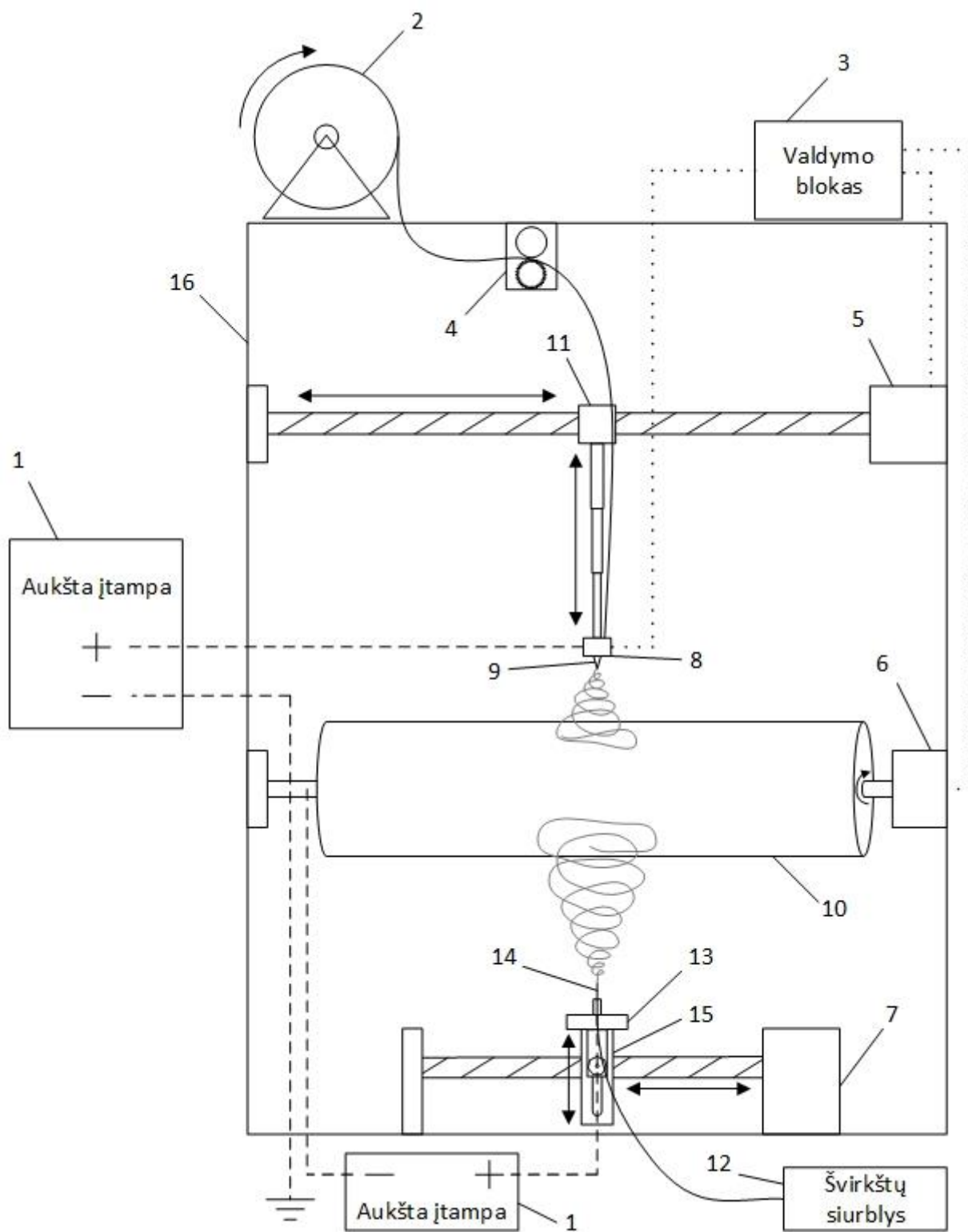
Polimerų granulės džiovintos vakuuminėje džiovyklėje 60 °C temperatūroje 24 valandas, tada išlydytos į filamentą, naudojant ekstruderį. Prietaise palaikyta 210 °C temperatūra. Gautas filamentas prieš elektrinį verpimą džiovintas 24 valandas vakuume 60 °C temperatūroje.

Tirpalo elektriniui verpimui naudotas poliamidas (PA) 6/6 (429171-250G molekulinė masė $\geq 226,14$ g/mol). Jis pasižymi terminiu atsparumu, mechaniniu tvirtumu ir geru gijų formavimu [38]. Polimeras ištirpintas skruzdžių rūgštyje (98 % konc.) 15 % masė/tūris (m/t).

Vestamid® L1670 ir L1600 buvo užsakyti iš Evonik industries AG (Mari, Vokietija), o poliamidas 6/6 ir skruzdžių rūgštis (98 % konc.) iš Sigma – Aldrich (Darmstadt, Vokietija).

2.1.2. Pluošto gamybos technologija

Filtruojantis pluoštas suformuotas Kauno technologijos universiteto aplinkosaugos technologijos katedroje suprojektuotu ir sukonstruotu prietaisu, kurio veikimas paremtas lydalo ir tirpalo elektrinio verpimo kombinacijos technologija. Lydalo elektrinio verpimo dalyje polimeras tiekiamas dozavimo siurbliu (žr. 2.1 pav. – 4) iš ritės (žr. 2.1 pav. – 2) į kaitinimo bloką (žr. 2.1 pav. – 8), sudarytą iš kaitinimo elemento ir 0,4 mm antgalio (žr. 2.1 pav. – 9). Šis blokas yra pritvirtintas prie judančios alkūnės (žr. 2.1 pav. – 11) su teleskopiniu kotu. Tirpalo elektrinio verpimo dalyje tirpalas tiekiamas švirkštų siurbliu teflonine žarnele į 21 kalibro adatą (žr. 2.1 pav. – 14), kuri įmontuota į reguliuojamo atstumo nuo būgno laikiklį (žr. 2.1 pav. – 13) ant judančios alkūnės (žr. 2.1 pav. – 15). Prietaise įrengti du aukštos įtampos generatoriai (žr. 2.1 pav. – 1). Vieno iš jų teigiamas krūvis tiekiamas į kaitinimo bloke esantį antgalį, o kito į adatą, taip sukuriama teigiamai įkrautus elektrodus. Būgnas (kolektorius) (žr. 2.1 pav. – 10) atlieka įžeminto elektrodo funkciją. Dozavimo siurblys, kaitinimo elementas, alkūnių judėjimo variklis (žr. 2.1 pav. – 5) ir būgno sukimo variklis (žr. 2.1 pav. – 6) kontroliuojami valdymo bloku (žr. 2.1 pav. – 3), o adatos alkūnės judėjimo variklis (žr. 2.1 pav. – 7) valdomas atskiru valdikliu. Aukšta įtampa reguliuojama individualiai ant pačių generatorių, įrengtomis valdymo rankenėlėmis (galimos įtampos ribos 0 – 30 kV). Antgalio (žr. 2.1 pav. – 9) aukštis reguliuojamas teleskopiniu kotu, o adatos (žr. 2.1 pav. – 14) atstumas iki būgno – stumdomu laikikliu (žr. 2.1 pav. – 13). Laboratorijoje buvo palaikoma 30 % santykinė drėgmė džiovintuvu.



2.1 pav. Principinė lydale ir tirpalo elektrinio verpimo stendo schema.

2.1.3. Tyrimo planas

Tyrimas atliktas keturiais etapais:

1. lydalo elektroverpimo parametru įtakos pluošto morfologijai analizė ir mikropluošto gamybos optimizavimas. Šiame etape pagaminti 23 (N1–N12 ir N18–N28) bandiniai skirtingomis sąlygomis, kurie analizuoti SEM ir filtravimo stende. Naudotų parametru ribos: įtampa – 12–18 kV, filamento tiekimo debitas – 0,28–0,85 g/10 min ir atstumas tarp būgno ir antgalio – 1,5–2 cm;
2. tirpalo elektrinio verpimo optimizavimas ir kombinavimas su lydalo elektroverpimu, siekiant pagaminti filtruojančias pluoštines medžiagas, sudarytas iš mikro- ir nano- dydžio gijų sluoksnių. Šiame etape pagaminti 5 bandiniai (N13–N17), kurie toliau analizuoti SEM ir filtravimo stende. Naudotų parametru ribos: įtampa 16–18 kV, atstumas 2–4 cm;
3. pluoštų termomechaninis apdorojimas, siekiant padidinti pagamintų pluoštinių medžiagų filtravimo efektyvumą. Šiame etape analizuota presavimo temperatūros ir trukmės įtaka pluošto gijų sulipimui. Nustačius optimalias terminio presavimo sąlygas, prieš tai pagaminti bandiniai termomechanškai apdorojami ir tiriami SEM ir filtravimo stende. Naudotos terminio presavimo parametru ribos: temperatūra – 100–170 °C, presavimo trukmė – 2 ir 4 sekundės;
4. pagaminama veido kaukė iš filtruojančio pluošto.

Visi elektroverpimai atliekami palaikant pastovius šiuos parametrus: 300 °C kaitinimo bloko temperatūra ir 10 cm/s būgno sukimosi greitis.

Tyrimo planas ir technologiniai parametrai pateikti 2.2 lentelėje.

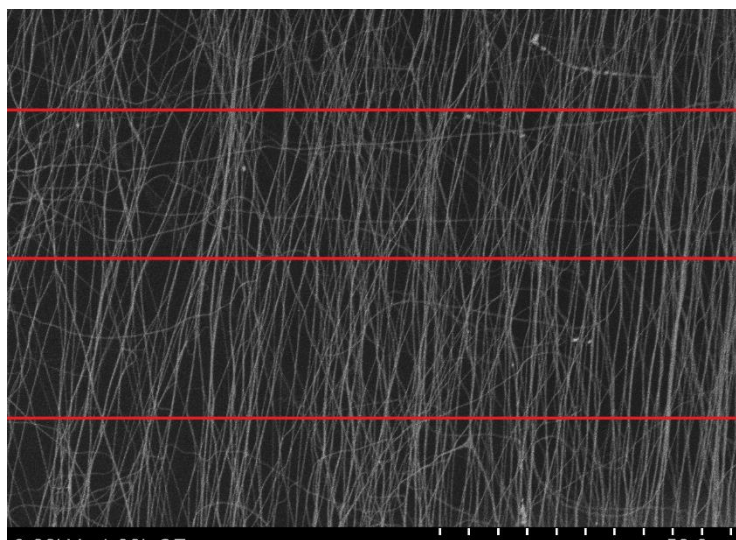
2.2 lentelė. Tyrimo planas ir technologiniai parametrai

Polimeras	Bandinio kodas	Lydalo verpimo sąlygos (L)				Tirpalo verpimo sąlygos (T)			Verpimo trukmė, min
		Temperatūra, °C	Debitas, g/10 min	Įtampa, kV	Atstumas, cm	Debitas, mm/h	Įtampa, kV	Atstumas, cm	
L1670	N1	300	0,28	12	2	-	-	-	15
	N2	300	0,57	12	2	-	-	-	15
	N3	300	0,85	12	2	-	-	-	15
	N4	300	0,57	14	2	-	-	-	15
	N5	300	0,57	16	2	-	-	-	15
	N6	300	0,57	12–18	2	-	-	-	60
	N7	300	0,57	12–15	1,5	-	-	-	30
	N8	300	0,57	12	1,5	-	-	-	15
	N9	300	0,57	12–18	2	-	-	-	120
	N10	300	0,57	14–16	2	-	-	-	40
	N11	300	0,57	16	2	-	-	-	60
	N12	300	0,57	16	2	-	-	-	90
	N13	300	0,57	16–18	2	2	20	12	20 L + T

	N14	300	0,57	16	2	2	20	12	30 L + 30 T + 5 M
	N15	300	0,57	16–18	2	2	20	12	10 L + 10 T + ... = 60
	N16	300	0,57	16–18	2	2	20	12	30 L + 30 T
	N17	300	0,57	18	4	2	20	12	10 L + 10 T + ... = 80
L1600	N18	300	0,57	16	2	-	-	-	60
	N19	300	0,51	16	1,5	-	-	-	48
	N20	300	0,57	12	1,5	-	-	-	15
	N21	300	0,34	12	2	-	-	-	15
	N22	300	0,40	12	2	-	-	-	15
	N23	300	0,45	12	2	-	-	-	15
	N24	300	0,51	12	2	-	-	-	15
	N25	300	0,57	12	2	-	-	-	15
	N26	300	0,62	12	2	-	-	-	15
	N27	300	0,68	12	2	-	-	-	15
	N28	300	0,79	12	2	-	-	-	15

2.1.4. Pluošto morfologinė analizė

Pluošto morfologinei analizei iš pagamintų pluoštų iškirpti 1x1 cm dydžio gabalėliai, kurie tirti naudojant SEM nuotraukas (Carl Zeiss EVO MA10, Vokietija). Gautos nuotraukos analizuotos naudojant programinę įrangą *imageJ*. Nuotraukos padalijamos į tris segmentus, per kuriuos horizontaliai brėžtos trys linijos (žr. 2.2 pav.) ir apskaičiuoti gijų, kurios kerta jas, pločiai. Porų dydžiai apskaičiuoti brėžiant dvi linijas, vieną tarp tolimiausių poros taškų, o kitą statmenai jai per vidurį. tada apskaičiuojamas jų vidurkis ir gaunamas vidutinis diametras. Vidutinių reikšmių skaičiavimai atlikti *Microsoft Excel* programine įranga.



2.2 pav. SEM nuotraukos padalijimas į segmentus

2.1.5. Filtravimo efektyvumo tyrimas

Filtravimo efektyvumo tyrimui buvo iškirsti 36 mm skersmens mėginiai iš pagamintų pluoštų.

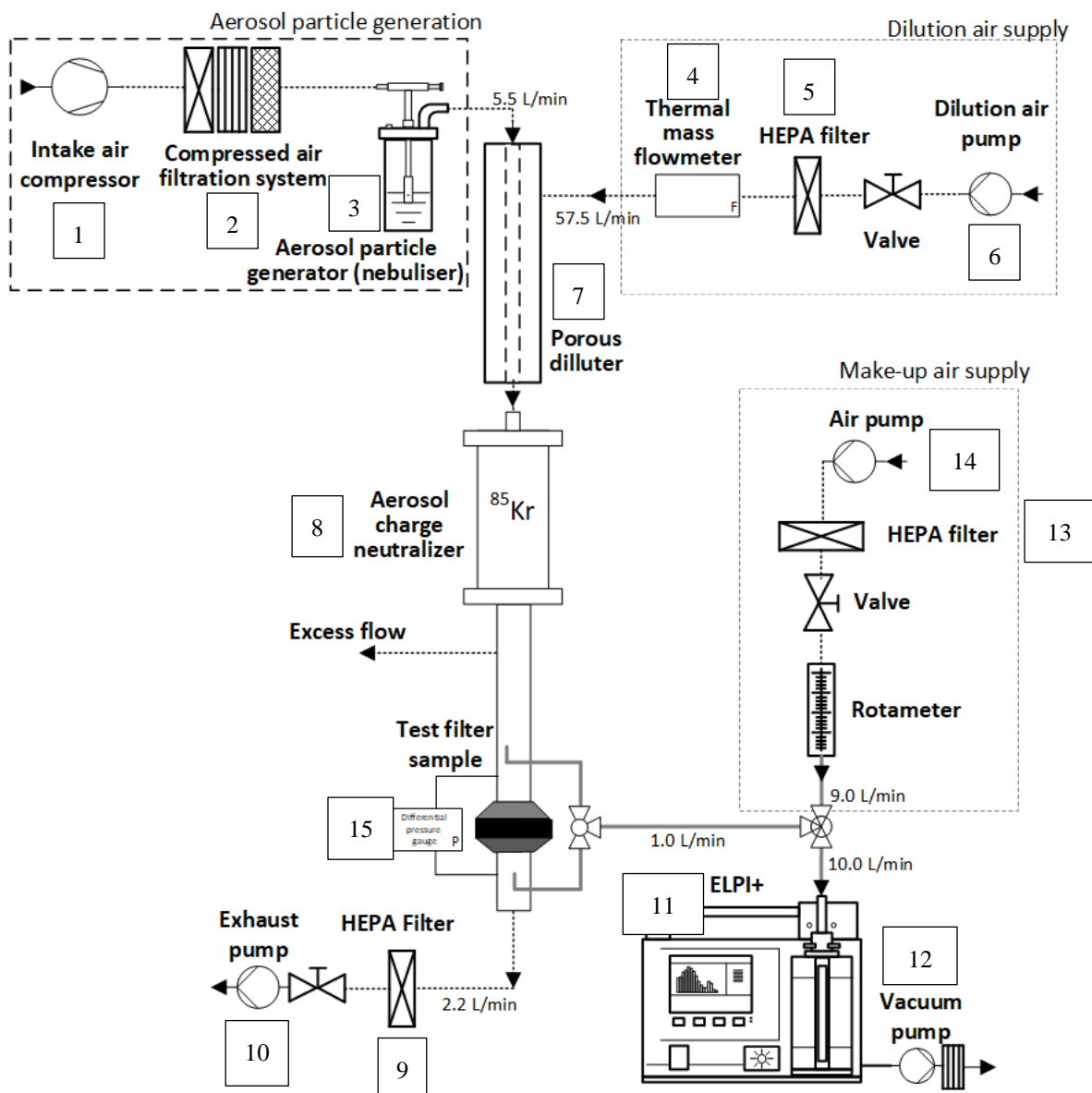
Filtravimo testavimui buvo naudojamos natrio chlorido dalelės. Tyrimo aplinkoje buvo palaikoma $22 \pm 2^\circ\text{C}$ temperatūra ir santykinė aplinkos drėgmė $50 \pm 10\%$. Filtravimo efektyvumo tyrimų sistemos principinė schema pavaizduota 2.3 pav. Ją sudaro šios pagrindinės sistemos dalys: suslėgto oro kompresorius (1); švaraus oro paruošimo blokas (HEPA klasės oro filtras, tepalų lašelių gaudyklė, drėgmę pašalinantis agentas) (2); Kolisono tipo nebulizatorius (3); difuzinis švaraus paruošto oro (orapūtė (6), sklendė, (HEPA klasės oro filtras (5), oro srauto matuoklis (4)) skiedimo blokas (7); aerolio dalelių krūvių neutralizatorius (3054 A, TSI Inc.) (8); bandinių laikiklis (15); aerolio dalelių analizatorius (elektrinis žemo slėgio dalelių impaktorius ELPI+, Dekati Ltd., Suomija) (11). Suslėgtas oras yra tiekiamas oro kompresoriumi į oro paruošimo modulį – trijų filtrų sistemą (2). Į nebulizatorių tiekiamas oras yra paruošiamas iš jo pašalinant aerolio daleles ir skysčio lašelius, oras išdžiovinamas (panaudojant silikagelio užpildą) sumažinant santykinę oro drėgmę iki 50%. Išvalytas ir paruoštas oras yra tiekiamas į Kolisono tipo nebulizatorių (modelis CN 24J, JAV). 0,1 % natrio chlorido tirpalas yra supilama į Kolisono tipo nebulizatoriaus indą. Suspausto oro srautas nebulizatoriuje ežektoriniu principu aerolizuoja natrio chlorido dalelių suspensiją, sudarydamas suspensijos aerolio daleles pakibusias ore. Oro srautas su aerolio dalelėmis yra tiekiamas į difuzinio tipo džiovinimo modulį, kuriame oras yra išdžiovinamas ir praskiedžiamas sauso ir išfiltruoto oro srautu. Siekiant užtikrinti tinkamą skiedimą difuziniame skiedimo modulyje, į sistemą papildomai tiekiamas švarus oras, kurio tiekimo debitas – 57,5 l/min (tiekiamas siurbliu (6), filtruojamas HEPA klasės filtru (5), oro srautas matuojamas oro srauto matuokliu (4)). Švarus išvalytas oras tiekiamas skiedimui ir į dalelių analizatorių (ELPI+) debitu 9 l/min skiedimui, skiedimo santykis 9:1 (tiekiamas orapūte (14), filtruojamas HEPA klasės filtru (13), oro srautas matuojamas – rotometru). Difuziniame aerolio džiovinimo modulyje aerolizuotose natrio chlorido suspensijos lašeliuose esantis vanduo išgaruoja, dėl mažos santykinės drėgmės esančios skiedžiančiajame oro sraute. Iš difuzinio džiovinimo išteka oro srautas su pakibusio aerolio dalelėmis, kurias sudaro natrio chlorido dalelės.

Oro srautas su natrio chlorido dalelėmis yra tiekiamas į aerolio dalelių krūvio neutralizatorių (3054A (TSI, DB).), kuriame radioaktyvaus šaltinio pagalba neutralizuojamas aerolizavimo metu susidaręs neigiamas aerolio dalelių krūvis. Neutralizuotas aerolio dalelių srautas filtruojamas 5,35 cm/s greičiu per įstatytą bandinį (pastovus filtravimo greitis palaikomas siurbliu (10), prieš siurbli yra HEPA klasės filtras (9)). Bandinio filtravimo efektyvumui nustatyti siurbiami oro mėginiai (10 l/min vakuuminis siurbliu (12)) prieš filtrą, o po to po filtro, kurie praskiedžiami 9 l/min švari oro srautu ir patenka į aerolio dalelių analizatorių (elektrinį žemo slėgio impaktorių ELPI+ (Dekati, Suomija)). ELPI+ realiu laiku matuoja aerolio dalelių koncentraciją tiriamajame oro sraute ir fiksuoja aerolio daleles nuo 6 nm iki 10 μm 100 kanalų, panaudojant 10 Hz mėginių ėmimo dažnį.

Natrio chlorido dalelių sulaikymo efektyvumas yra apskaičiuojamas pagal formulę:

$$E = \left(\frac{c_0 - c_1}{c_0} \right) \cdot 100 \%;$$
(2.1)

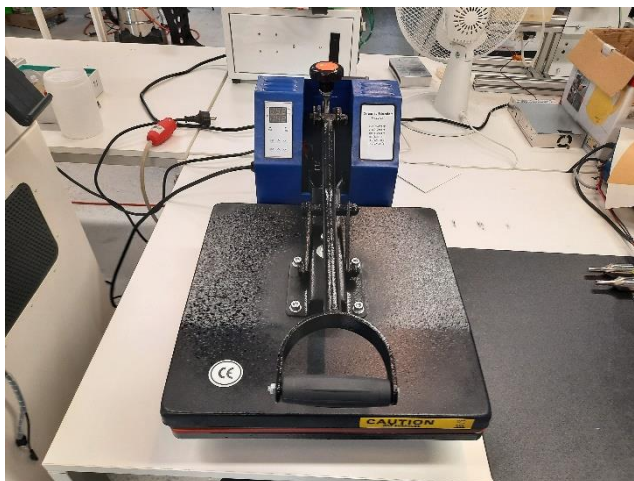
čia: C_0 – prieš tiriamąjį filtrą išmatuota natrio chlorido dalelių koncentracija, $\#/cm^3$; C_1 – tiriamo filtro išfiltruotame oro sraute išmatuota natrio chlorido dalelių koncentracija, $\#/cm^3$.



2.3 pav. Filtravimo efektyvumo tyrimų sistemos principinė schema

2.1.6. Pluoštų terminis presavimas

Terminis presavimas atliktas, siekiant gauti geresnio filtravimo efektyvumo ir mechaninio atsparumo pluoštus. Presavimui naudotas terminis presas pavaizduotas 2.4 pav. Optimalios presavimo temperatūros nustatymui atkirpti maži 1 x 1 cm mėginiai iš pluoštų, kurie spausiti 2–4 sekundes, esant skirtingomis temperatūromis (100–170 °C). Termomechanškai apdoroti bandiniai tirti optiniu mikroskopu, siekiant įvertinti gijų sulipimą. Nustačius tinkamiausią presavimo temperatūrą, pagaminti pluoštai, prieš tai pasižymėję geriausiu filtravimo efektyvumu, perlenkami per pusę, taip sukuriant du sluoksnius, ir termomechanškai sujungiami tarpusavyje. Sluoksniuotas filtras toliau testuojamas filtravimo stende.

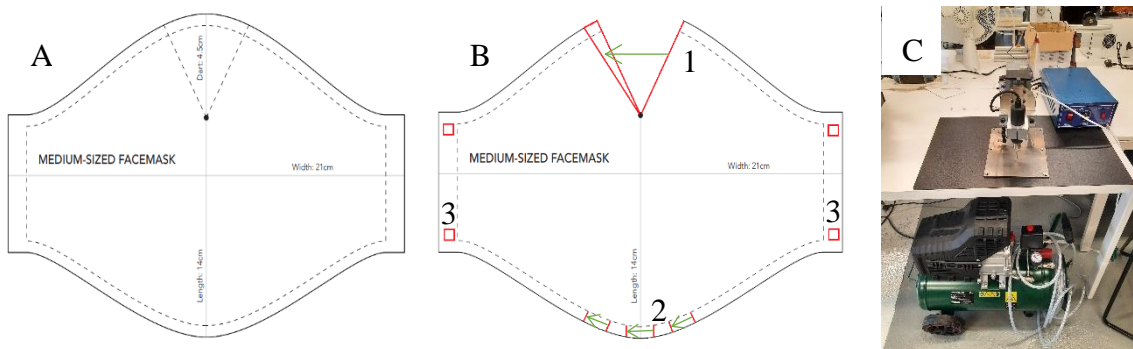


2.4 pav. Terminis presas

2.1.7. Veido kaukės gamyba

Kaukių gamybai naudojamas ultragarsinio sulydymo prietaisas (žr. 2.5 pav. – C).

Filtruojantis mikro/nano pluoštas apkarpomas pagal kaukės šabloną (žr. 2.5 pav. – A). iškerpama kaukės viršuje, esanti sritis ir sulydomi kraštai punktyrų linijų išorėje. Iškirptos viršutinės dalies kraštai sulydomi tarpusavyje kaip pavaizduota 2.5 pav. – B – 1. Tuomet kaukės apatinėje dalyje sulydomos klostės (žr. 2.5 pav. – B – 2). Dėl jų kaukė geriau priglunda prie apatinės veido srities. Toliau prilydomos reguliuojamo ilgio elastinės juostelės (žr. 2.5 pav. – B – 3) ir priklijuojamas nosies spaustukas viršutinėje kaukės dalyje iš išorės.

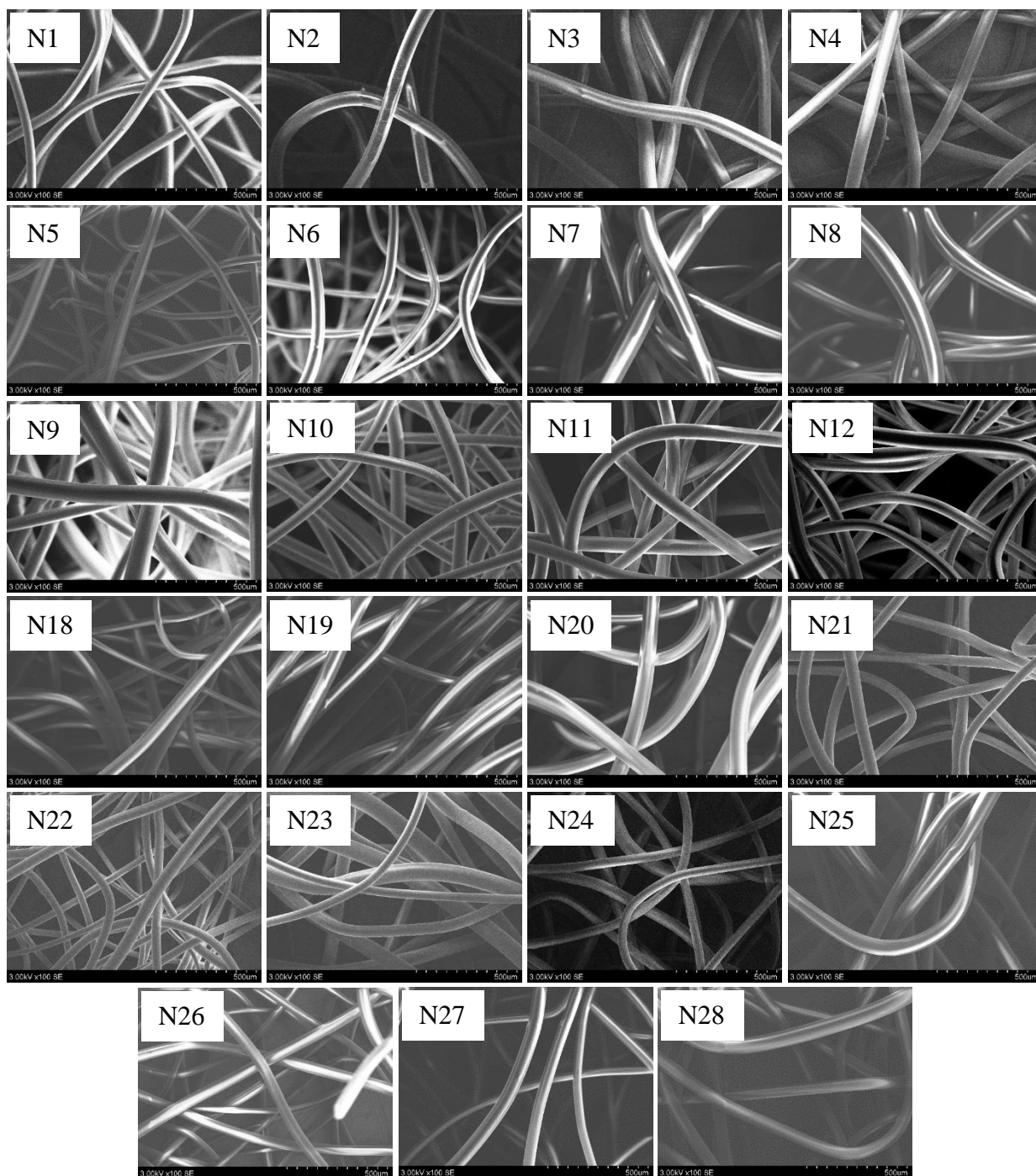


2.5 pav. A – kaukės šablonas, B – kaukės siuvimas, C – ultragarsinio sulydymo prietaisas

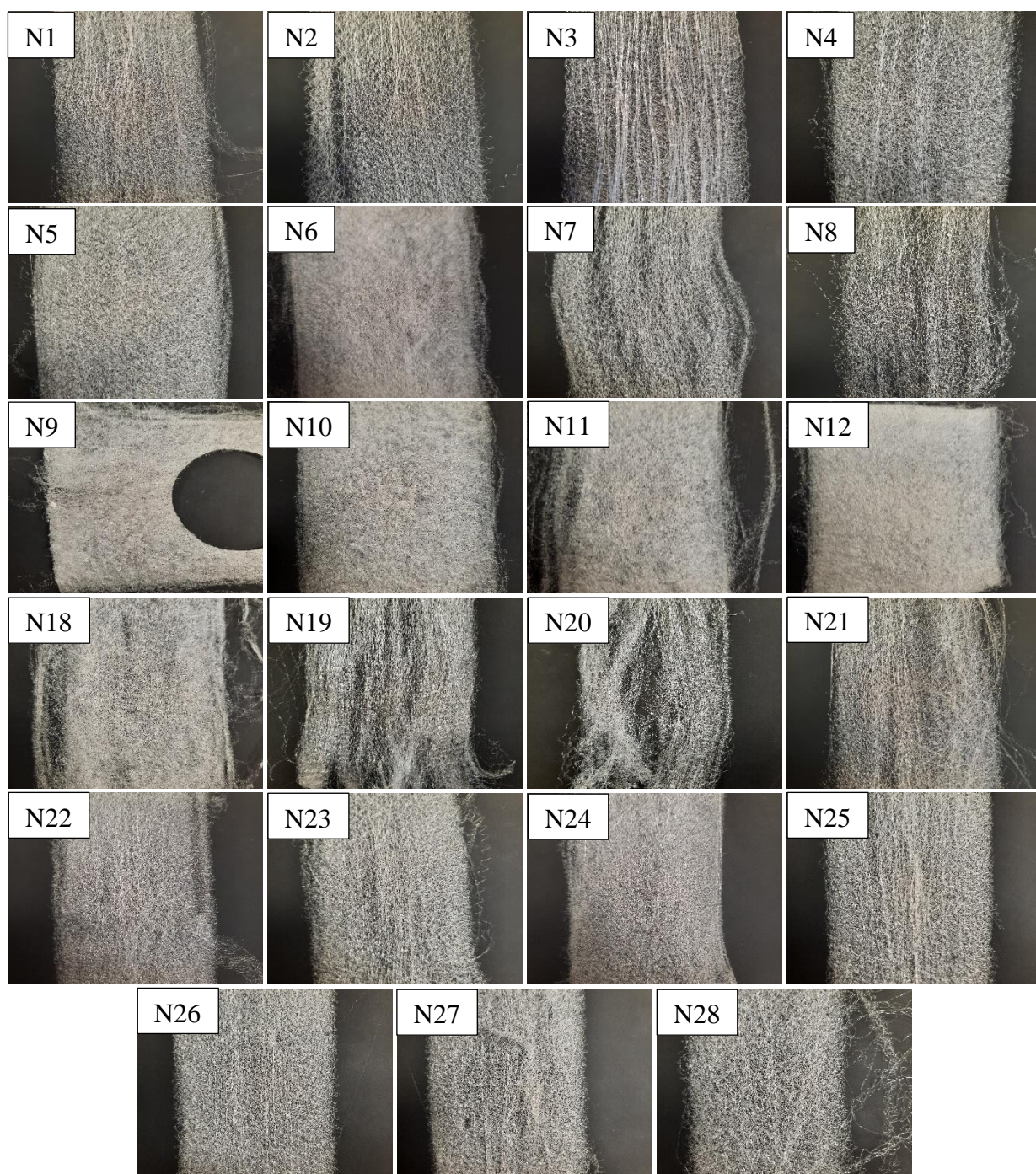
2.2. Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas

2.2.1. Pluoštinės medžiagos optimizavimas ir morfologija

Siekiant nustatyti optimalias mikropluošto gamybos sąlygas, tirta lydalo elektroverpimo parametrų įtaka procesui. Išanalizavus SEM nuotraukas nustatyta, kad gijų ir porų dydis labiausiai priklauso nuo įtampos, o mažiausiai nuo filamento tiekimo debito. Gijų ir porų diametruui taip pat įtakos turi verpimo trukmė. Bandinių nuotraukos pateiktos 2.6 pav. ir 2.7 pav.

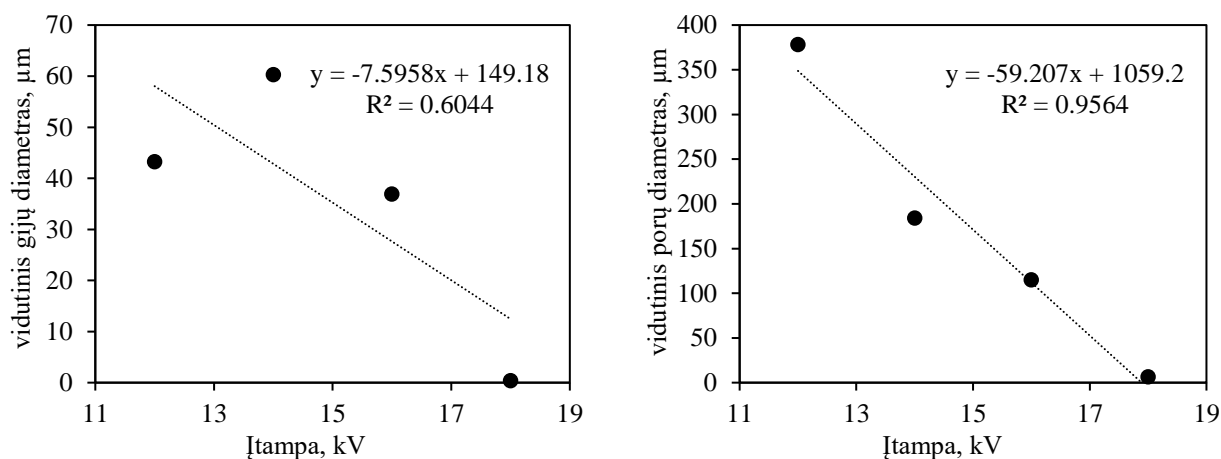


2.6 pav. N1–N12 ir N18–N28 bandinių SEM nuotraukos. Optinis didinimas 100 x



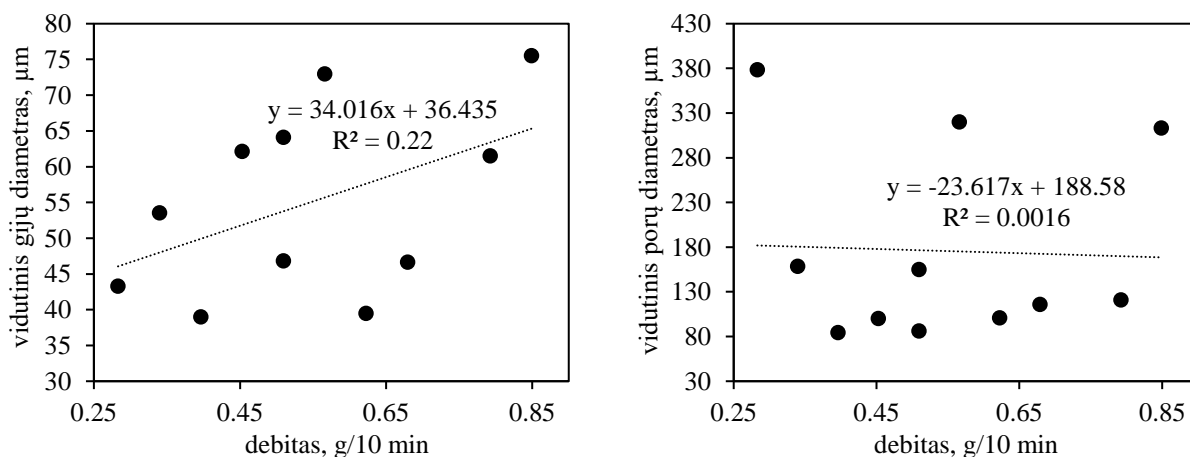
2.7 pav. N1–N12 ir N18–N28 bandinių nuotraukos

Didėjant įtampai gijų ir porų diametrai mažėja. Šios priklausomybės pavaizduotos 2.9 pav. Iš grafikų koreliacijos koeficientų matyti, kad ryšys tarp gijų diametro ir įtampos yra vidutinis (0,6), o tarp porų skersmens ir įtampos – stiprus (0,96). Tai reiškia, kad kintamieji yra vieni nuo kitų priklausomi ir įtampa yra svarbus parametras, įtakojantis pluošto morfologiją.



2.9 pav. Gijų ir porų skersmenų priklausomybė nuo įtampos

Filamento tiekimo debito ir gijų bei porų diametrų priklausomybės grafikai pateikti 2.8 pav. Juose taškai pasklidę netvarkingai. Ryšio tarp porų diametro ir debito nėra – koreliacijos koeficientas ~ 0 , o ryšys tarp debito ir gijų diametro silpnas – 0,22. Tai rodo kad debitas 0,28–0,85 g/10 min ribose turi labai mažą poveikį pluošto struktūrai.



2.8 pav. Gijų ir porų skersmenų priklausomybė nuo filamento tiekimo debito

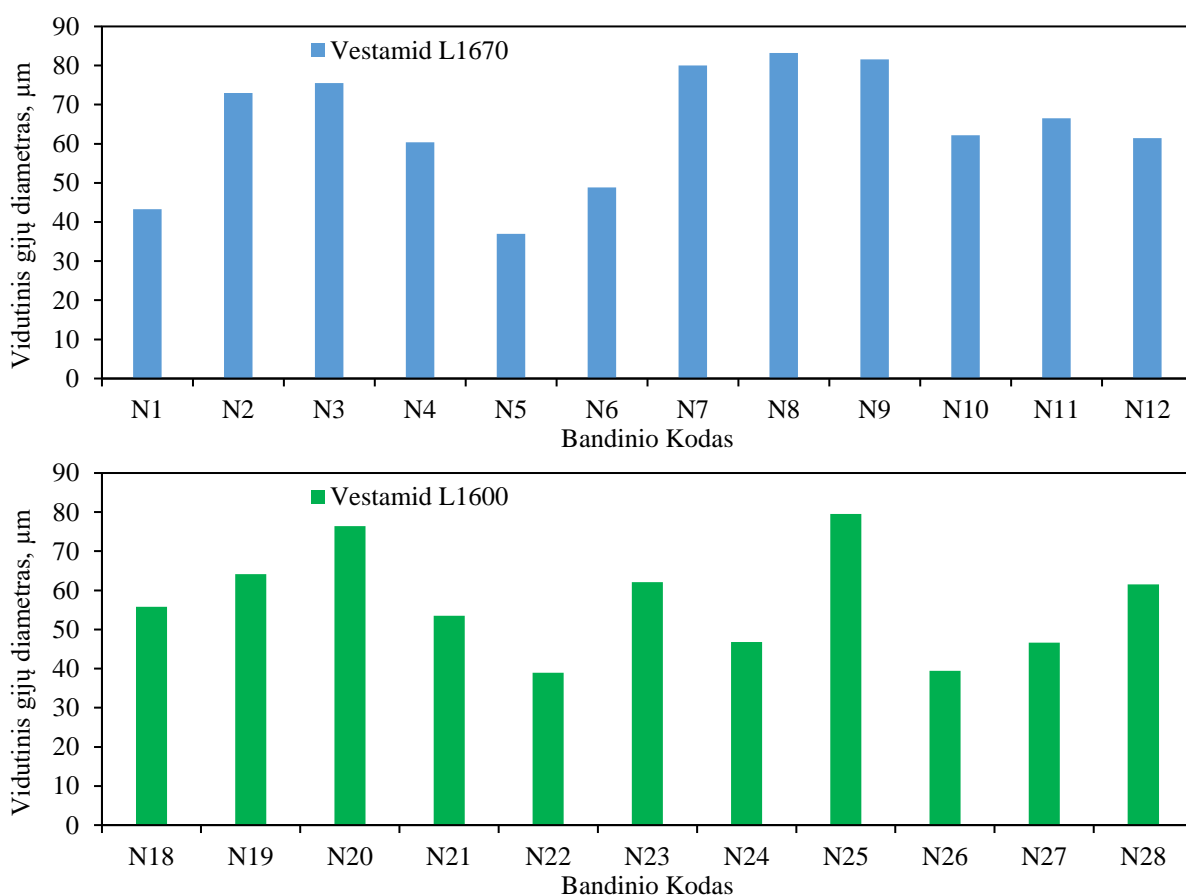
Atstumas tarp kolektoriaus ir kaitinimo bloko antgalio įtakoja pluošto gijų sulipimą ir susispaudimą. Tyrimo metu nustatyta, kad optimaliausias atstumas yra 2 cm. Didinant atstumą gijų tarpusavio sulipimas mažėja, pluoštas tampa purus ir lengvai išardomas. Mažesnis atstumas nepakankamas lydalui išstempti, jo virpesio spindulys tampa siauresnis, dėl to nusėdusios ant kolektoriaus gijos būna mažai banguotos (stipriai orientuotos būgno sukimosi kryptimi) ir pasižymi didesniu dydžiu, o procesas vyksta trumpai. Gaminant N19 bandinį (žr. 2.3 lentelė) įtampa padidinti iki 16 kV, dėl to elektroverpimas vyko ilgiau (48 min), negu ruošiant N20 (12 kV), tačiau gautas pluoštas buvo per daug susilydęs, susiformavo daugybė kietų gijų sancaupų (kalnelių), gijos buvo mažai banguotos, dėl to medžiaga lengvai iširo tempiant skersai.

N. Detta'os ir kt. [47] darbe tirti parametrai ir jų įtaka lydalo elektroverpimui iš polikaprolaktono ir jo mišinių. Nustatyta, kad pluošto gijų dydis mažėja didėjant įtampai ir atvirkščiai – greitėjant filamento tiekimo debitui. Straipsnyje minima, kad atstumas tarp kolektoriaus ir antgalio, lyginant su

kitais parametrais, turėjo mažiausią įtaką gijų dydžiui, tačiau lėmė gijų susilipimą. Pluoštai, gaminti 2–4 cm atstumu, turėjo viena prie kitos prisilydžiusių gijų. Panašūs rezultatai gauti ir kitų autorių darbuose [48, 49].

Analizuojant visų pagamintų mikropluoštų gijų ir porų diametrų grafikus (žr. 2.10 pav.) nustatyta, kad ilgėjant verpimo trukmei, gijų dydis didėja. N5 ir N12 bandiniai gaminti palaikant vienodus parametrus, tačiau N12 verptas 75 minutėmis ilgiau. Dėl šios priežasties N12 bandinio vidutinis gijų skersmuo didesnis 24,51 μm . Tai įtakoja pluošto dielektrinės savybės. Didėjant pluošto storiui, didėja sluoksnio varža ir laidumas elektrai mažėja, dėl to elektrinio lauko jėgos silpniau traukia lydalą iš kaitinimo bloko antgalio. Elektroverpimo metu gautų pluoštų dielektrinės savybės taip pat pastebėtos ir kitų autorių darbuose [50–52].

Lyginant analogiškomis sąlygomis gamintus Vestamid[®] L1670 ir L1600 polimerų pluoštus N11 ir N18, apskaičiuota, kad pastarojo gijų diametras mažesnis 10,74 μm . Tai lemia šio polimero didesnis takumas. Lydalas lengviau teka todėl ištempiamos plonesnės gijos iš kaitinimo bloko antgalio. Tačiau L1600 polimero elektroverpimo kokybė prastesnė, procesas trūkinėjantis, vysta trumpai. Taip yra dėl galimo mažesnio polimero laidumo elektrai, mažesnės molekulinės masės ir cheminių priedų.



2.10 pav. Mikro pluošto bandinių vidutiniai gijų diametrai

Mikropluošto gamybos optimizavimui atlikti lydalo elektroverpimai ir jų kokybiniai įvertinimai pateikti 2.3 lentelėje. N1–N12 bandiniai pagaminti iš Vestamid[®] L1670, o N18–N23 iš Vestamid[®] L1600. Visi verpimai atlikti palaikant 300 °C temperatūrą kaitinimo bloke ir naudojant 0,4 mm antgalį. N1–N3 bandiniai verpti skirtingais filamentų tiekimo debitais, esant pastoviai 12 kV įtampai

ir 2 cm atstumui. Jų gamybos metu, elektroverpimo procesas vyko trumpai (mažiau nei 15 min). Tarp jų tolygiausias gautas pluoštas buvo esant 5,07 g/10 min tiekimui. Šis debitas toliau naudotas kitų L1670 bandinių gamybai. N4–N6 ir N9–N12 bandiniai paruošti, naudojant skirtingas įtampas. N6 ir N9–N10 verpti koreguojant įtampą proceso eigoje. Verpimas pradėtas naudojant mažiausią reikalingą įtampą – 12 kV, toliau įtampa kelta kas 2 kV, kai tik procesas pradeda trūkinėti. Eksperimento metu nustatyta, kad verpimas ilgiausiai vyksta kai naudojama 16 kV įtampa arba kai ji palaipsniui keliami nuo 12 kV iki 18 kV. Nors didėjant įtampai gerėja verpimo kokybė, tačiau, dėl mažo 2 cm atstumo tarp būgno ir antgalio, jos negalima didinti daugiau nei 18 kV. Ši įtampa nenaudota kaip pastovi visam procesui, nes išskyla elektros išlydžio grėsmė. Keliant įtampą palaipsniui ši rizika sumažėja, dėl didėjančios pluošto elektrinės varžos. N7–N8 bandiniai pagaminti sumažinus atstumą iki 1,5 cm. Verpimo procesas vyko trumpai, o gautų pluoštų vidutiniai gijų skersmenys buvo dideli (80,04 μm ir 83,22 μm). Vestamid® L1600 elektroverpimo eksperimentų metu gautos panašios pluošto morfologijos priklausomybės nuo proceso parametrų, tačiau, lyginant su Vestamid® L1670, procesas vykdavo trumpiau, nepavyko gauti didelės masės ir tolygaus rašto bandinių. Taigi mikropluošto gamybos optimizavimo metu nustatyta, kad optimaliausi parametrai yra 300 °C temperatūra, 2 cm atstumas, 0,57 g/10 min debitas ir 16 kV pastovi arba palaipsniui keliami 12–18 kV įtampa.

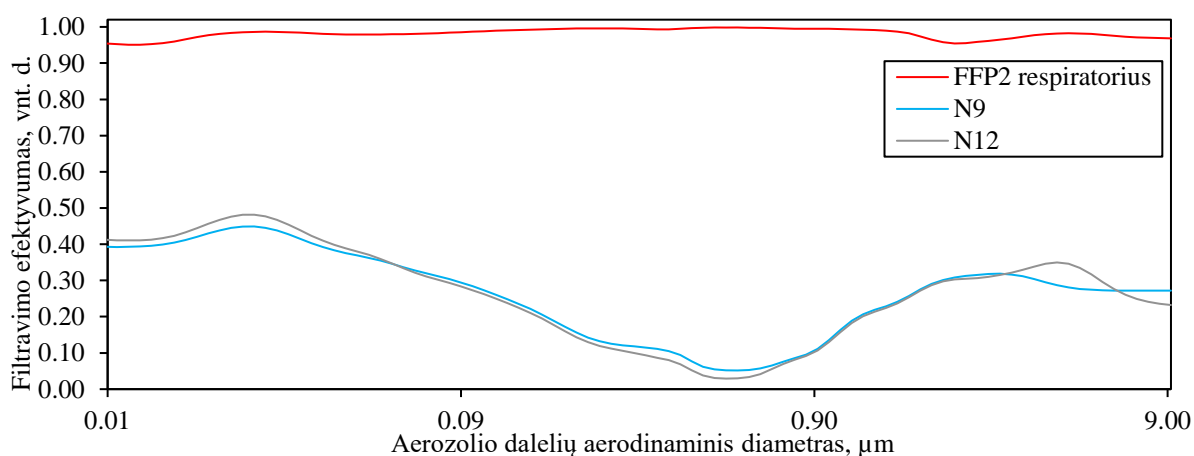
2.3 lentelė. Lydalo elektrinio verpimo proceso optimizavimas

Polimeras	Lydalo elektroverpimo sąlygos					Verpimo trukmė, min	Verpimo kokybė*
	Bandinio kodas	Temperatūra, °C	Debitas, g/10 min	Įtampa, kV	Atstumas, cm		
L1670	N1	300	0,28	12	2	15	Blogai
	N2	300	0,57	12	2	15	Blogai
	N3	300	0,85	12	2	15	Blogai
	N4	300	0,57	14	2	15	Vidutiniškai
	N5	300	0,57	16	2	15	Gerai
	N6	300	0,57	12–18	2	60	Gerai
	N7	300	0,57	12–15	1.5	30	Vidutiniškai
	N8	300	0,57	12	1.5	15	Blogai
	N9	300	0,57	12–18	2	120	Gerai
	N10	300	0,57	14–16	2	40	Gerai
	N11	300	0,57	16	2	60	Labai gerai
	N12	300	0,57	16	2	90	Labai gerai
L1600	N18	300	0,57	16	2	60	Vidutiniškai
	N19	300	0,51	16	1.5	48	Vidutiniškai
	N20	300	0,57	12	1.5	15	Blogai

N21	300	0,34	12	2	15	Blogai
N22	300	0,40	12	2	15	Blogai
N23	300	0,45	12	2	15	Blogai
N24	300	0,51	12	2	15	Blogai
N25	300	0,57	12	2	15	Blogai
N26	300	0,62	12	2	15	
N27	300	0,68	12	2	15	
N28	300	0,79	12	2	15	

* blogai – elektrinio verpimo procesas vyksta trumpai ir nuolatos trūkinėja. Vidutiniškai – verpimo procesas vyksta ilgai, tačiau pluošto formavimo eigoje vis dažniau pradeda trūkinėt. Gerai – Elektrinio verpimo procesas vyksta ilgai, retai trūkinėja. Labai gerai – elektrinio verpimo procesas vyksta sklandžiai.

Didžiausio storio bandiniai (N9 ir N12), pagaminti optimaliomis sąlygomis, testuoti filtravimo efektyvumui nustatymui (žr. 2.11 pav.). Gauta, kad abu pluoštai pasižymi 35 % NaCl aerozolio dalelių sulaikymo efektyvumu ir 0 Pa slėgio nuostoliais, kai tuo tarpu komercinis FFP2 standarto klasės respiratorius – 98 % ir 70 Pa. Pagamintų mikropluoštų filtravimo efektyvumas neatitinka reikalavimų keliamų respiratoriams *EN 149:2001* standarte – FFP1 > 80 %, FFP2 > 94 % ir FFP3 > 99 %.



2.11 pav. Mikropluošto bandinių ir komercinio FFP2 standarto klasės respiratoriaus filtravimo

Lyginant su kitų autorių darbais, gauti mikropluoštai pasižymi blogomis filtravimo savybėmis, dėl didelių gijų ir porų dydžių bei pluošto plonumo. Y. Shen'o ir kt. [53] atliktame tyrime, pagamintas kompozitinis pluoštas iš lydalo tempimo technologija pagaminto pagrindo ir ant jo viršaus, lydalo elektroverpimo metodu (naudojant verpimo bloką su daug antgalių) užverpto sluoksnio, pasižymėjo 95,3 % dalelių, kurių dydis didesnis arba lygus 2 µm, sulaikymo efektyvumu. Filtro slėgio nuostoliai buvo 18,13 Pa, esant 84 l/min oro srautui. Šie rodikliai pasiekti dėl didelio bandinio storio (0,42 mm) ir mažo vidutinio gijų (6,18 µm) ir porų (~ 60 µm) diametro.

2.2.2. Mikro/nano pluoštų kombinacija

Tirpalo elektroverpimui pasirinkti parametrai: 12 cm atstumas, 21 kalibro adata (vidinis adatos diametras – 0,514 mm), 20 kV įtampa ir 2 mm/h debitas. 20 kV įtampa ir 12 cm atstumas pasirinkti,

nes didėjant šiems parametrams mažėja gaunamų gijų dydis [54–61], tačiau norint pasiekti mažesnius gamybos kaštus įtampa sumažinta 10 kV nuo generatoriaus maksimalios 30 kV. Optimalus tirpalo debitas nustatytas, reguliuojant jį iki kol pasiektas pastovus verpimo procesas – susiformuoja Teiloro kūgis, tirpalas nelaša iš adatos ir procesas netrūkinėja.

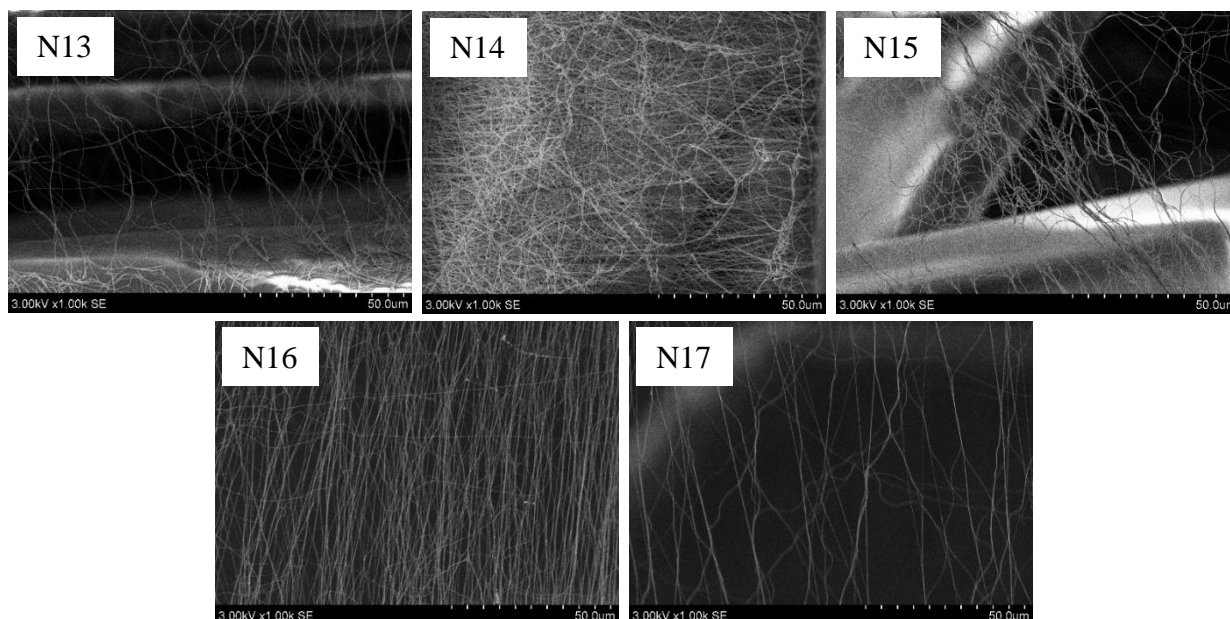
Lydalo elektrinis verpimas vykdytas iš Vestamid® L1670 polimero, prieš tai nustatytais optimaliomis sąlygomis, naudojant 16–18 kV įtampą. Bandinių gamybos sąlygos ir jų verpimo kokybė pateikti 2.4 lentelėje.

2.4 lentelė. Mikro/nano pluoštinės medžiagos gamybos optimizavimas. L – Lydalo elektroverpimas, T – tirpalo elektroverpimas

Lydalo elektroverpimo sąlygos					Verpimo trukmė, min	Verpimo kokybė
Bandinio kodas	Temperatūra, °C	Debitas, g/10 min	Įtampa, kV	Atstumas, cm		
N13	300	0,57	16 – 18	2	20 L+T	Blogai
N14	300	0,57	16	2	30 L+30 T +5 L	Vidutiniškai
N15	300	0,57	16–18	2	10 L + 10 T + ... = 60	Vidutiniškai
N16	300	0,57	16–18	2	30 L+30 T	Blogai
N17	300	0,57	18	4	10 L + 10 T + ... = 80	Vidutiniškai

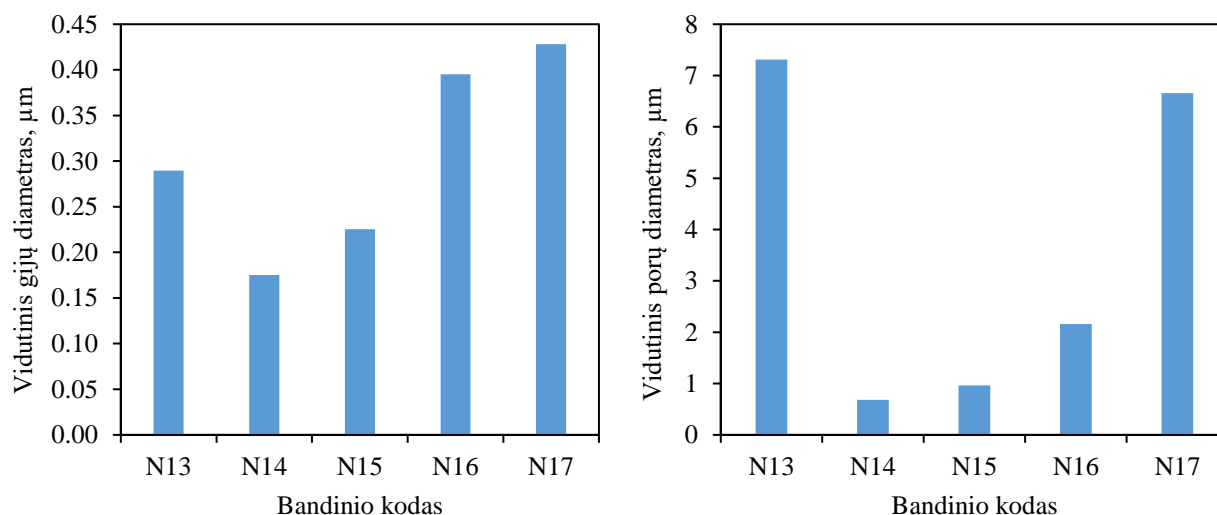
N13 bandinys pagamintas naudojant abu verpimo metodus vienu metu. Lydalo elektroverpimas vyko trumpai, elektrinio lauko tempiamas lydalo srautas trūkinėjo, o po 20 minučių procesas nebevyko, gautas netolygus plonas pluošto sluoksnis. Toliau bandiniai gaminti naudojant metodus atskirai. N16 bandinys gautas 30 minučių verpiant mikropluošto pagrindą, lydalo elektroverpimo metodu, tada ant jo tiek pat laiko verpiant nanosluoksnį, tirpalo elektroverpimo metodu. Nanogijos labiau krito ant tuščio būgno paviršiaus pluošto šonuose negu ant jo pačio. Toliau ant pluošto Lydalas nebesiverpė. Tai lėmė surinkto pluošto dielektrinės savybės. Siekiant padidinti nanosluoksnio kiekį pluošte, sutrumpinta verpimo metodų trukmė. N15 ir N17 bandiniai pagaminti verpiant kiekvienu metodu atskirai po 10 minučių kartojant variaciją iki kol lydalo elektroverpimo procesas nutrūksta. N15 bandinio elektroverpimo metu įtampa proceso eigoje kelta iki 18 kV. Lydalo elektroverpimo procesas gamybos eigoje vis dažniau trūkinėjo, gautas plonas sluoksnis, turintis daug nelygumų paviršiuje. N17 bandinys formuotas palaikant pastovią 18 kV įtampą. Atstumas tarp būgno ir kaitinimo bloko antgalio padidintas iki 4 cm, siekiant pašalinti elektros išlydžio grėsmę. Lydalas verpėsi tolygiau, tačiau suformuotas pluoštas vis tiek buvo labai plonas. Abejais pluoštų ruošimo būdais nanosluoksnis labiau rinkosi šalia pluošto ant tuščio būgno paviršiaus. Pastebėta, kad mikropluošto sluoksnio paviršiaus nelygumai įtakoja verpiamo nanosluoksnio tolygumą. Siekiant sumažinti šio reiškinio įtaką ir pluošto varžą, gaminant N14 bandinį mikropluošto sluoksnis, prieš jį padengiant nanosluoksniu, buvo presuotas elektriniu lygintuvu (140 °C). Šiuo būdu gautas geriausiai nanosluoksniu pasidengęs bandinys, tačiau toliau lydalo elektroverpimo procesas nebevyko.

Analizuojant gautų bandinių SEM nuotraukas (žr. 2.12 pav.) matyti, kad visuose bandiniuose yra nanogijų. N14 ir N15 pluoštuose nanosluoksnis yra tankiausias ir tolygiausias, o tuo tarpų kituose matyti netolygumai ir didelės skylės.



2.12 pav. Mikro/nano pluoštinių medžiagų bandinių N13 – N17 SEM nuotraukos. Optinis artinimas 1000 x

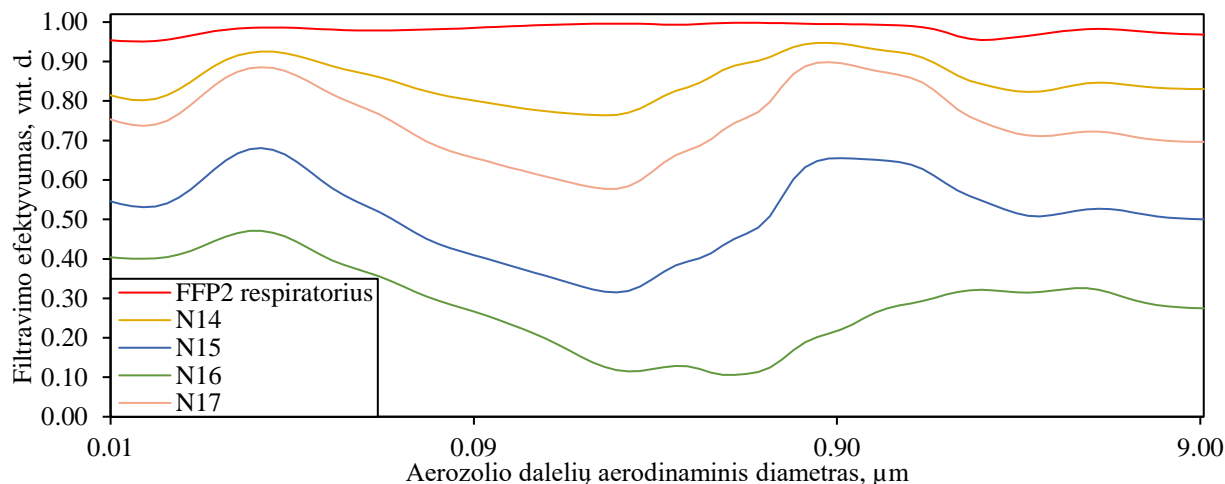
Apskaičiuoti gijų ir porų vidutiniai diametrai pateikti 2.13 pav. Iš grafikų matyti, kad mažiausiomis gijomis ir poromis pasižymi N14 ir N15 bandiniai – atitinkamai 0,18, 0,23 μm ir 0,68, 0,96 μm . Panašios morfologijos nano- sluoksnis gautas X. Li ir kt. [62] atliktame tyrime. Čia, kombinuojant lydalo ir tirpalo elektroverpimo metodus, gauta membrana, kurios tirpalo elektroverptų gijų vidutiniai skersmenys buvo $0,171 \pm 0,027 \mu\text{m}$, o porų 0,832 μm



2.13 pav. Nano sluoksnio gijų ir porų diametrai

Visi mikro/nano pluoštai išskyrus N13 testuoti (nes bandinys labai plonas ir netolygus) filtravimo efektyvumui nustatyti (žr. 2.14 pav.). Gauta, kad didžiausiu filtravimo efektyvumu pasižymi N14 pluoštas – 85 %. Slėgio nuostoliai 29 Pa. Mažiau efektyvus N17 – 74 % ir 22 Pa, toliau N15 – 51 %

ir 11 Pa bei mažiausiu N16 – 34 % ir 2 Pa. Žemus N15 bei N16 pluoštų filtravimo rodiklius lemia mažas sluoksnių storis ir galimi nanosluoksnių netolygumai, kurie nebuvo aptikti prieš tai analizuojant SEM nuotraukas. N14 pluošto filtravimo efektyvumas neatitinka FFP2 klasės reikalavimų (> 94 %) tačiau aerozolio dalelių sulaikymo rodiklis atitinka FFP1 klasę - > 80 %.



2.14 pav. Mikro/nano pluoštų ir komercinio FFP2 klasės respiratoriaus filtravimo efektyvumai

D. Buivydienės ir kt. [63] atliktame tyrime kombinuotos lydalo ir tirpalo elektroverpimo technologijos, siekiant pagaminti geromis oro filtravimo savybėmis pasižymintį filtrą. Darbo metu gautos pluoštinės medžiagos pasižymėjo 61,7–98,5 % filtravimo efektyvumu, sulaikant skirtingų dydžio dalelių frakcijas (< 1 μm, < 2,5 μm ir < 10 μm) ir 15,92–50,17 Pa slėgio nuostoliais. Geriausias efektyvumas gautas verpiant abejais metodais vienu metu 60 min.

2.2.3. Termomechaninis pluoštų apdorojimas

Optimalių terminio presavimo sąlygų nustatymui naudoti didžiausią masę turintys bandiniai – N9 ir N12. Rezultatai pateikti 2.5 lentelėje. Termomechanškai apdoroti pluoštai apibūdinti juos analizuojant optiniu mikroskopu ir įvertinant standumą rankomis. Nustatyta, kad presuojant 2 arba 4 sekundes, esant 140–150 °C temperatūrai, gaunami geriausi rezultatai. 100–130 °C temperatūra yra nepakankama, nes pluošto gijos nesukimba tarpusavyje, o 160–170 °C per didelė – kaitinama medžiagos pusė susilydo.

2.5 lentelė. Termomechaninio pluoštų apdorojimo rezultatai

Temperatūra, °C	Trukmė, s	Bandinio kodas			
		N9		N12	
		Presavimo rezultatas	Standumas	Presavimo rezultatas	Standumas
100	2	Pluoštas tik susispaudė	Minkštas	Pluoštas tik susispaudė	Minkštas
	4	Pluoštas tik susispaudė	Minkštas	Pluoštas tik susispaudė	Minkštas
110	2	Kaitinamoje pusėje gijos sulipusios	Minkštas	Kaitinamoje pusėje gijos sulipusios	Minkštas
	4	Kaitinamoje pusėje gijos sulipusios	Minkštas	Kaitinamoje pusėje gijos sulipusios	Minkštas

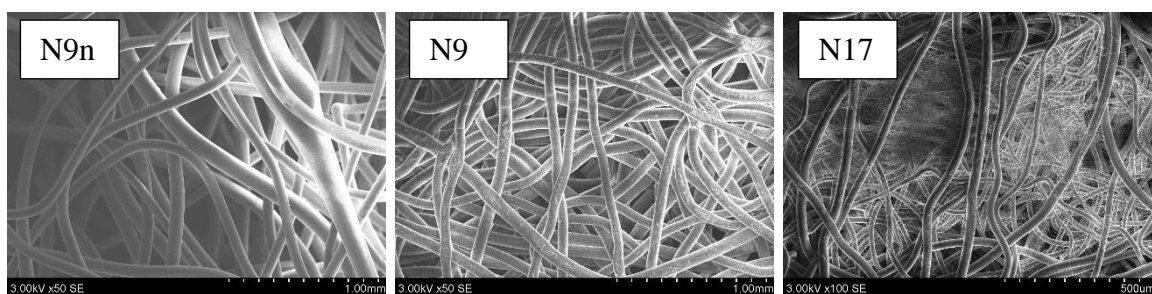
120	2	Kaitinamoje pusėje gijos sulipusios	Minkštas	Kaitinamoje pusėje gijos sulipusios	Minkštas
	4	Kaitinamoje pusėje ir pluošto viduryje gijos sulipusios	Minkštas	Kaitinamoje pusėje ir pluošto viduryje gijos sulipusios	Minkštas
130	2	Kaitinamoje pusėje ir pluošto viduryje gijos sulipusios	Standus kaitintoj pusėje	Kaitinamoje pusėje ir pluošto viduryje gijos sulipusios	Standus kaitintoje pusėje
	4	Kaitinamoje pusėje ir pluošto viduryje gijos sulipusios	Standus kaitintoj pusėje	Kaitinamoje pusėje ir pluošto viduryje gijos sulipusios	Standus kaitintoje pusėje
140	2	Kaitinamoje pusėje ir pluošto viduryje gijos stipriai sulipusios	Standus kaitintoj pusėje	Kaitinamoje pusėje ir pluošto viduryje gijos stipriai sulipusios	Standus kaitintoje pusėje
	4	Kaitinamoje pusėje ir pluošto viduryje gijos stipriai sulipusios	Standus kaitintoj pusėje	Kaitinamoje pusėje ir pluošto viduryje gijos stipriai sulipusios	Standus kaitintoje pusėje
150	2	Kaitinamoje pusėje ir pluošto viduryje gijos stipriai sulipusios, nekaitinamoje pusėje gijos silpnai sulipusios	Standus kaitintoj pusėje	Kaitinamoje pusėje ir pluošto viduryje gijos stipriai sulipusios, nekaitinamoje pusėje gijos silpnai sulipusios	Standus kaitintoje pusėje
	4	Kaitinamoje pusėje ir pluošto viduryje gijos stipriai sulipusios, nekaitinamoje pusėje gijos silpnai sulipusios	Standus kaitintoj pusėje	Kaitinamoje pusėje ir pluošto viduryje gijos stipriai sulipusios, nekaitinamoje pusėje gijos silpnai sulipusios	Standus kaitintoje pusėje
160	2	Kaitinamoje pusėje ir pluošto viduryje gijos stipriai apsilydę, nekaitinamoje pusėje gijos silpnai sulipusios	Standus kaitintoj pusėje	Kaitinamoje pusėje ir pluošto viduryje gijos stipriai apsilydę, nekaitinamoje pusėje gijos silpnai sulipusios	Standus kaitintoje pusėje
	4	Kaitinamoje pusėje ir pluošto viduryje gijos stipriai apsilydę, nekaitinamoje pusėje gijos silpnai sulipusios	Standus kaitintoj pusėje	Abi pusės sulipusios, kaitinama pusė stipriai susilydžius	Standus abejose pusėse
170	2	Kaitinamoje pusėje ir pluošto viduryje gijos stipriai susilydę, nekaitinamoje pusėje gijos sulipusios	Standus abejose pusėse, per daug susilydę	Abi pusės sulipusios, kaitinama pusė stipriai susilydžius	Standus abejose pusėse
	4	Per daug susilydę kaitinamoje pusėje ir viduryje	Standus abejose pusėse, per daug susilydę	Abi pusės per daug susilydę	Standus abejose pusėse

140–150 °C presavimo temperatūra toliau naudota bandinių ruošimui filtravimo efektyvumo tyrimui. Bandiniai ir jų presavimo sąlygos pateikti 2.6 lentelėje. Atrinkti geriausiomis filtruojančiomis savybėmis pasižymėję mikro/nano pluoštai – N14 ir N17, bei taip pat didžiausią masę turintys mikropluoštai – N9 ir N12. N9 bandinys, dėl didelio pluošto storio, presuotas iš abejų pusių po 2 sekundes. N14 ir N17 bandiniai presuoti perlenkus juos per pusę, taip suformuojant dviejų sluoksnių filtrą.

2.6 lentelė. Bandinių presavimo sąlygos

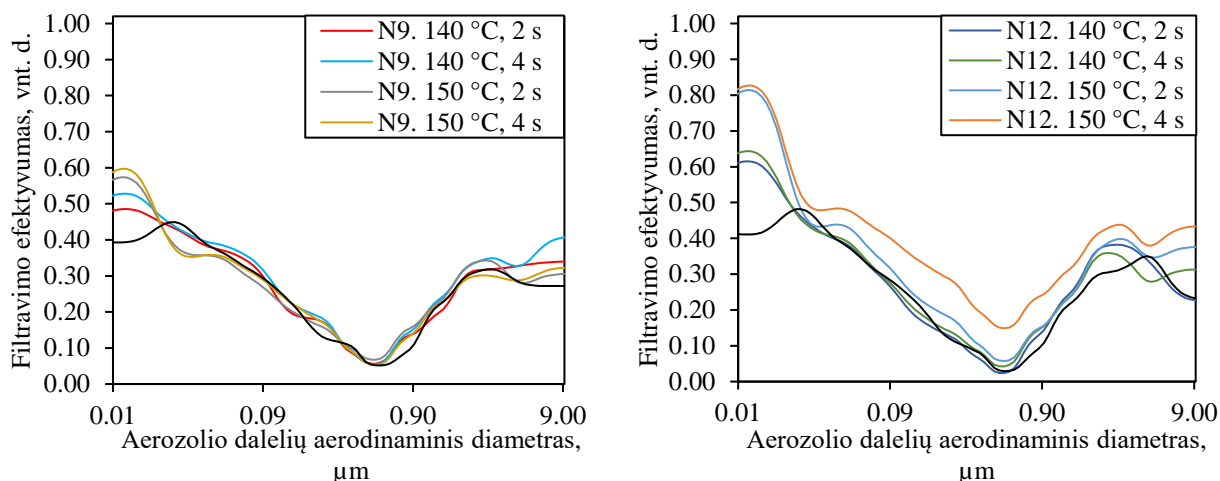
Bandinio kodas.	Presavimo sąlygos		
	Temperatūra, °C	Trukmė, s	
N9	140	2 (presuotos abejos pusės)	4
N9	150	2 (presuotos abejos pusės)	4
N12	140	2	4
N12	150	2	4
N14	140	2	-
N17	140	2	-

Termiškai presuotų bandinių SEM nuotraukų pavyzdžiai pavaizduoti 2.15 pav. Matyti, kad bandiniai po termomechaninio apdorojimo susispaudė ir sumažėjo poros (žr. 2.15 pav. – N9n ir N9). Perlenkus ir supresavus mikro/nano pluoštą gautas tolygesnis ir tankesnis nanosluoksnis (žr. 2.15 pav. – N17).



2.15 pav. Termomechanškai apdoroti bandiniai. N9n (50 x optinis artinimas) – neapdorotas, N9 (50 x optinis artinimas) ir N17 (100 x optinis artinimas) apdoroti

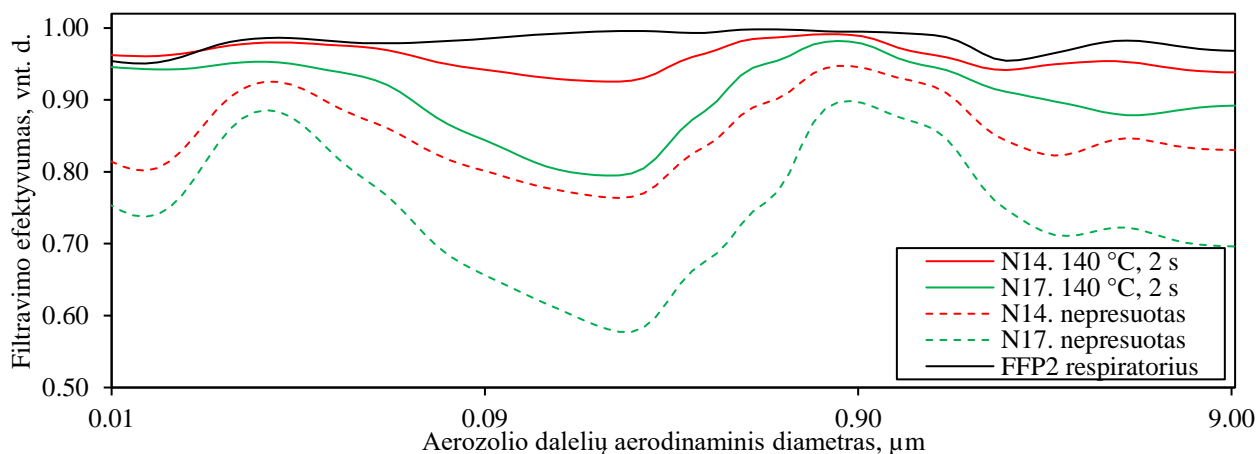
Termomechanškai apdoroto N9 bandinio filtravimo efektyvumas nepakito - ~35 %. Lyginant termiškai presuotą N12 pluošto bandinių rezultatus su nepresuoto, matomas dalelių sulaikymo pagerėjimas. Apdorotų 140 °C temperatūroje bandinių filtravimo savybės nepakito, tačiau presuotų 150 °C temperatūra efektyvumas pagerėjo. Mėginio spausto 2 sekundes natrio chlorido aerozolio dalelių sulaikymas padidėjo 5 % (40 %), o presuoto 4 sekundes – 10 % (45 %). Pluoštinės medžiagos, pagamintos tik iš mikrosluoksnio pasižymi mažu filtravimo efektyvumu, dėl didelių gijų ir porų dydžių. Jų filtravimo efektyvumo grafikai pavaizduoti 2.16 pav.



2.16 pav. Termomechaniškai apdorotų mikropluošto bandinių filtravimo efektyvumai

D. Buidyviėnės ir kt. [46] atliktame tyrime, lydalo elektroverpimo metodu, naudojant Vestamid® L1600, paruošti bandiniai buvo termomechaniškai apdoroti (90 °C, 0,4 MPa), siekiant padidinti pluoštų tankį. Taip pat bandiniai sluoksniuoti, taip padidinant filtruojančio pluošto storį. Darbe vieno sluoksnio bandinių filtravimo efektyvumas netestuotas. Daugiasluoksnės pluoštinės medžiagos pasižymėjo 50–80 % natrio chlorido dalelių sulaikymo efektyvumu ir 23,5–112,3 Pa slėgio nuostoliais. Bandinių gijų skersmenų mediana svyravo 1,76–8,26 μm.

Mikro/nano pluoštai, dėl jų mažo storio, presuoti 2 sekundes, esant 140 °C temperatūrai. Termomechaniškai apdorotų bandinių aerolio dalelių sulaikymo efektyvumas padidėjo. N14 pluoštinės medžiagos efektyvumas pakilo nuo 85 iki 96 %, kartu išaugo ir slėgio nuostoliai – nuo 29 iki 120 Pa. N17 bandinio dalelių sulaikymas padidėjo nuo 74 iki 90 %, o slėgio nuostoliai – nuo 22 iki 107 Pa. Termomechaniškai apdorotos N14 pluoštinės medžiagos filtravimo savybės atitinka reikalavimus keliamus FFP2 standarto klasės respiratoriui – aerolio dalelių sulaikymo efektyvumas > 94 % bei slėgio nuostoliai < 240 Pa. 17 bandinys tenkina FFP1 reikalavimus – aerolio dalelių sulaikymo efektyvumas > 80 %, o slėgio nuostoliai < 210 Pa. Termiškai presuotų mikro/nano pluoštų filtravimo efektyvumai pavaizduoti 2.17 pav.

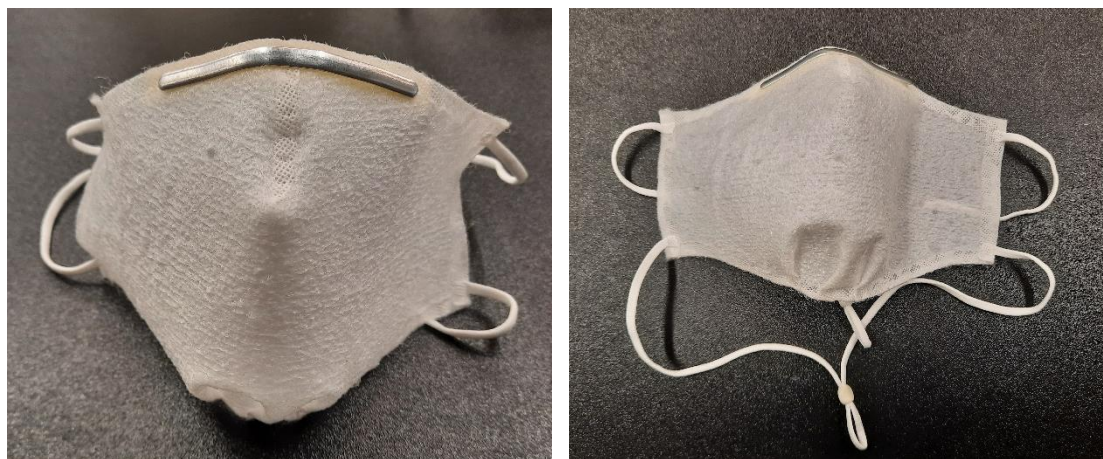


2.17 pav. Termomechaniskai apdorotų mikro/nano pluoštų ir FFP2 klasės respiratoriaus filtravimo efektyvumai

N. Wang'o ir kt. [64] tyrimo metu pagaminta membrana, sluoksniuojant piliakrilonitrilo (kuriame buvo įkomponuotos silicio dioksido nanodalės) nanosluoksnius. Gauta, kad daugiasluoksnės membranos filtravimo efektyvumas, sulaikant 300–500 nm dydžio natrio chlorido aerozolio daleles (85 l/min filtravimo greitis), lyginant su monosluosniu, pakilo nuo 64,99 % iki 99,99 %. Slėgio nuostoliai atitinkamai padidėjo nuo 45,2 iki 117 Pa.

2.2.4. Pagamintas kaukės prototipas

Pagamintas respiratoriaus prototipas pavaizduotas 2.18 pav.



2.18 pav. Pagaminto respiratoriaus prototipas

2.2.5. Tiriamosios dalies išvados

1. Naudojant lydalo ir tirpalo elektroverpimo technologijų kombinaciją, suformuotas filtruojantis mikro/nano pluoštas. Nustatyta, kad geriausiomis morfologinėmis ir mechaninėmis savybėmis pasižymi pluoštas, pagamintas iš Vestamid[®] L1670 lydalo ir PA 6/6 (15 % masė/tūris ištirpintas skruzdžių rūgštyje (98 % konc.)) tirpalo, esant tokioms sąlygoms:
 - lydalo elektroverpimas – 300 °C kaitinimo bloko temperatūra, 0,4 mm antgalis, 0,57 g/10 min filamento tiekimo greitis, 2 cm atstumas tarp antgalio ir kolektoriaus bei 16 kV įtampa;
 - tirpalo elektroverpimas – 20 kV įtampa, 21 kalibro adata, 2 mm/h debitas;
 - būgno sukimosi greitis – 10 cm/s;
 - elektrinis verpimas atliekamas pirmiausia paruošiant mikropluošto pagrindą, lydalo elektroverpimo metodu (30 min), tada jį termomechaniškai apdorojant (140 °C) ir, naudojant tirpalo elektroverpimą (30 min), padengiant nanosluoksniu.
2. Ištirta, kad perlenkus nano/mikro pluoštą ir jį apdorojus termomechaniškai persu (presuojant 2 sekundes 140 °C temperatūra) galima pagerinti filtravimo savybes. Filtras tampa atsparesnis mechaniniam poveikiui, sunkiau išyra.
3. Nustatyta kad pagamintas nano/mikro pluoštas pasižymėjo FFP1 respiratoriaus standarto klasės efektyvumu (85 % ir 29 Pa), o jį perlenkus ir termomechaniškai apdorojus pasiektas FFP2 klasės efektyvumas (96 % ir 120 Pa). Toks suformuotas pluoštas yra tinkamas FFP2 klasės respiratorių gamybai.

3. Inžinerinė dalis

3.1. Technologinė dalis

3.1.1. Naudojamos žaliavos ir jų charakteristika

Filtruojantis mikro/nano pluoštas, gaminamas iš Vestamid® L1670 lydalo ir poliamido 6/6 tirpalo (15 % masė/tūris ištirpintas skruzdžių rūgštyje (98 % konc.)).

Vestamid® L1670 yra žemos klampos, karščiu ir šviesa stabilizuotas poliamido 12 junginys. Jis mažai sugeria drėgmę (1,4 %) ir naudojamas laidų izoliavimui. Jis pasižymi 60 cm³/10 min tūriniu lydalo tėkmės greičiu, 178 °C lydymosi temperatūra ir 394 °C skilimo pradžios temperatūra. [44–46]

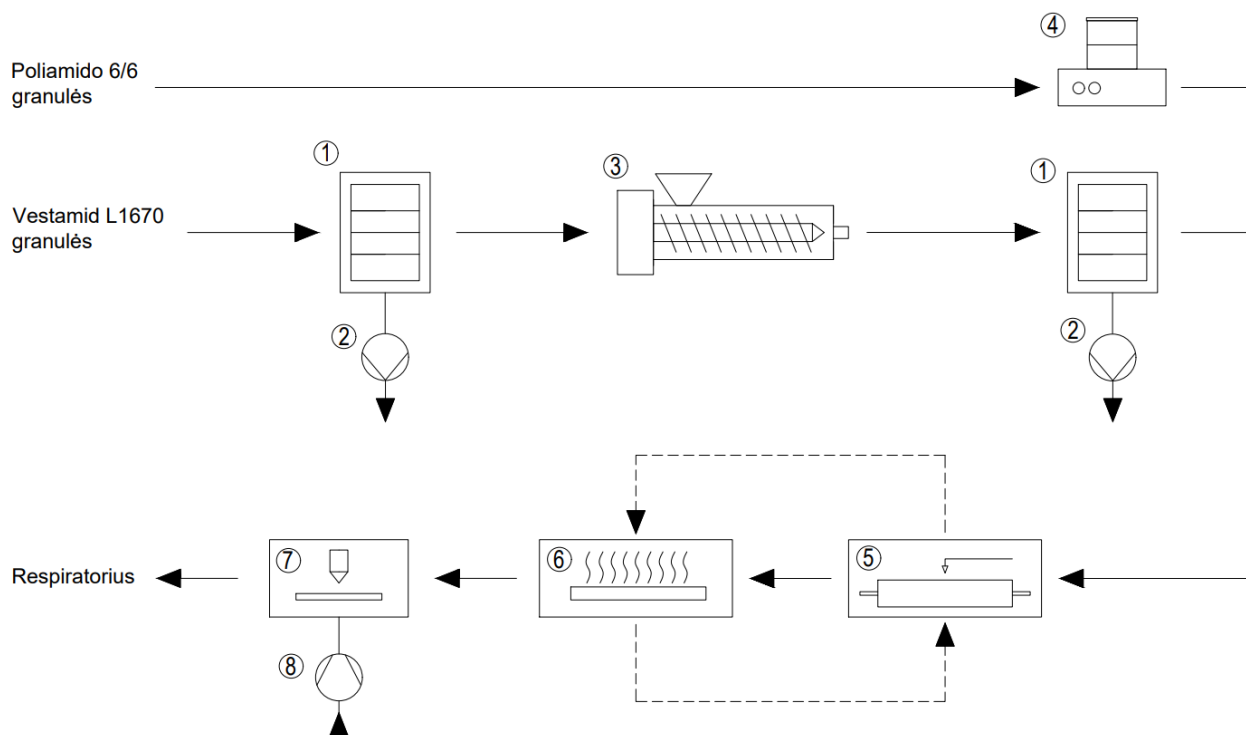
Poliamidas (PA) 6/6 (429171-250G molekulinė masė $\geq 226,14$ g/mol) pasižymi terminiu atsparumu, mechaniniu tvirtumu ir geru gijų formavimu [38]. Polimeras ištirpintas skruzdžių rūgštyje (98 % konc.) 15 % masė/tūris (m/t).

Skruzdžių rūgštis 98 % konc. naudojama kaip poliamido 6/6 tirpiklis. Jos pavojingumas ir reikalingos saugos priemonės, dirbant su ja aprašytos Darbuotojų sauga ir sveikata ir Aplinkosauginis vertinimas skyriuose.

Respiratoriai gaminami iš mikro/nano filtruojančiojo pluošto, nosies spaustukų ir elastinių gumelių. Nosies spaustukai pagaminti iš aliuminio o elastinės juostelės iš poliesterio ir spandekso.

3.1.2. Technologinė schema

Filtruojančiojo pluošto gamybai naudojami Vestamid® L1670, poliamidas 6/6 ir skruzdžių rūgštis. Pirmiausia Vestamid® L1670 granulės džiovinamos 24 vakuuminėje džiovyklėje, kurioje palaikoma 60 °C temperatūra. Išdžiovintas polimeras, naudojant ekstruderį, išlydomas į filamentą, kuris prieš elektrinę verpimą džiovinamas analogiškai kaip granulės. Paruošiamas polimero tirpalas iš poliamido 6/6 ir skruzdžių rūgšties (15 % masė/tūris). Tirpalas maišomas 24 valandas magnetine maišykle. Išdžiovintas filamentas prijungiamas elektrinio verpimo kameroje prie dozavimo siurblio, o homogeniškas polimero tirpalas įtraukiamas į 5 ml švirkštą ir įstatomas į švirkšto siurblių elektroverpimo prietaisą. Švirkštas sujungimas teflonine žarnele su 21 kalibro adata. Adata įstatoma į laikiklį. Lydalo elektroverpimu 30 minučių gaminamas mikrogijų pagrindas. Mikropluoštas termomechanškai apdorojamas (spaudžiama 2 sekundes, 140 °C temperatūra). Tuomet pagrindas padengiamas nanogijų sluoksniu, naudojant tirpalo elektroverpimą. Procesas taip pat vykdomas 30 minučių. Pagaminti du mikro/nano pluoštai dedami vienas ant kito ir termomechanškai sujungiami (spaudžiama 2 sekundes, 140 °C temperatūra). Iš pagaminto sluoksniuoto filtro iškerpami respiratoriaus šablonai, kurių matmenys – 21 x 14 cm. Kaukės pagaminamos pagal šablona, naudojant ultragarsinio suludymo prietaisą. Principinė technologijos schema pavaizduota 3.1 pav.



3.1 pav. Principinė technologinė schema: (1) – vakuuminė džiovyklė, (2) – vakuuminis siurblys, (3) – ekstruderis, (4) – magnetinė maišyklė, (5) – elektrinio verpimo prietaisas, (6) terminis presas, (7) – ultragarsinio sulydymo prietaisas, (8) – oro kompresorius

3.1.3. Gamybinis pajėgumas ir medžiagų balansas (Gamybiniai duomenys)

Gamykla dirbs darbo dienomis, 16 valandų per parą dvejomis pamainomis. Ant 90 cm ilgio būgno galima verpti pluoštą 72 cm plotyje. Būgno spindulio ilgis yra 7 cm. Gamykloje yra 20 elektroverpimo prietaisų.

1. Apskaičiuojami vieno prietaiso išverpiamo pluošto matmenys:

$$C \text{ (pluošti ilgis)} = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot 3,14 \cdot 7 = 43,96 \text{ cm}; \quad (3.1)$$

$$h \text{ (pluošto plotis)} = 72 \text{ cm}$$

Gaunamas 43,96 x 72 cm pluoštas

2. Apskaičiuojama, kiek kaukių galima pagaminti iš vieno pagaminto pluošto:

Kaukei reikalingo pluošto matmenys – 21 x 14 cm.

Pagal ilgį kaukių pluošte telpa:

$$i_{kaukių} = \frac{43,96}{21} = 2,09 = 2 \text{ kaukės}; \quad (3.2)$$

Pagal plotį kaukių pluošte telpa:

$$p_{kaukių} = \frac{72}{14} = 5,14 = 5 \text{ kaukės}; \quad (3.3)$$

Viso kaukių pagaminama iš vieno pluošto:

$$v_{kaukių} = i_{kaukių} \cdot p_{kaukių} = 2 \cdot 5 = 10 \text{ kaukių}; \quad (3.4)$$

3. Apskaičiuojamas gamyklos pajėgumas:

12 cm pločio pluoštas paruošiamas per 1 valandą, tad 72 cm pločio pluoštui pagaminti reikia 6 valandų.

Kadangi filtrai gaminami iš dviejų sluoksnių, todėl vienas prietaisas pagamina pluošto 10 kaukių, per 12 valandų. Gamykla dirba 16 val. Tad pagaminama pluošto dar dviem kaukėms.

Įmonei dirbant darbo dienomis (2022 m. 251 d. d.) vienas prietaisas pagamins:

$$\text{Prietaiso pajėgumas} = \text{Kaukių sk. per dieną} \cdot \text{d. d. sk. metuose} = 12 \cdot 251 = 3012 \text{ kaukių}$$

Apskaičiuojamas kaukių skaičius, kurį įmonė gali pagaminti per metus:

$$\text{Gamyklos pajėgumas} = \text{Prietaiso pajėgumas} \cdot \text{Prietaisų sk.} = 3012 \cdot 20 = 60240 \text{ kaukių}$$

Pluošto gamybos medžiagų balansas

Mikro/nano filtruojančiojo pluošto gamybai reikalingi Vestamid[®] L1670, poliamidas 6/6 ir skruzdžių rūgštis (98 % konc).

Vestamid[®] L1670 per 10 min sunaudojama 0,566 g, tad per vieną pamainą:

$$m_{\text{per pamainą}}(\text{Vestamid}^{\text{®}}\text{L1670}) = 0,566 \cdot 6 \cdot 8 \cdot 20 \text{ (įrenginių sk.)} = 543,36 \text{ g} = 0,54 \text{ kg}; \quad (3.5)$$

Polimero tirpalo per valandą sunaudojama 0,226 ml, tad per pamainą:

$$V_{\text{per pamainą}}(\text{polimero tirpalo}) = 0,226 \cdot 8 \cdot 20 = 36,16 \text{ ml}; \quad (3.6)$$

Skruzdžių rūgštis (98 % konc) tankis yra 1,22 g/cm³, tad sunaudojamas kiekis per pamainą:

$$m_{\text{per pamainą}}(\text{skruzdžių r.}) = 36,16 \cdot 1,22 = 44,12 \text{ g} = 0,04 \text{ kg}; \quad (3.7)$$

Polimero tirpale yra 15 % masė/tūris poliamido 6/6, tad jo kiekis per pamainą apskaičiuojamas:

$$m_{per\ pamainą}(PA\ 6/6) = \frac{36,16 \cdot 15}{100} = 5,42\ g = 0,005\ kg; \quad (3.8)$$

Pluošto gamybos balansas pateiktas 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė. Filtruojančio pluošto gamybos balansas

Pluošto gamyba	Matavimo vnt.	Sąnaudos per			
		Pamainą	Darbo dieną	Mėnesį	Metus
Vestamid® L1670	Kg	0,54	1,08	22,59	271,08
Poliamidas 6/6		0,005	0,01	0,21	2,52
Skruzdzių r. (98 % konc)		0,04	0,08	1,67	20,04

Respiratorių gamybos balansas

Respiratorių gamybai naudojamas pagamintas mikro/nano filtruojantis pluoštas, reguliuojamo ilgo elastinės juostelės ir nosies spaustukai. Per darbo dieną vienas prietaisas pagamina pluošto 12 kaukių. Gamykloje yra 20 prietaisų.

Respiratoriaus šablonui reikalingi pluošto matmenys – 21 x 14 cm. Apskaičiuojamas kaukės šablono plotas:

$$S(\text{šablono}) = 21 \cdot 14 = 294\ cm^2; \quad (3.9)$$

Per 12 valandų pagaminami du mikro/nano pluoštai, jie uždedami vienas ant kito ir termomechaniškai sujungiami. Tad gauto pluošto dydis atitinka vieno sluoksnio matmenis – 43,96 x 72 cm. Iš šio pluošto galima pagaminti 10 respiratorių. Apskaičiuojamas pluošto plotas:

$$S(\text{pluošto}) = 43,96 \cdot 72 = 3165,12\ cm^2 \quad (3.10)$$

Vestamid® L1670 per 10 min sunaudojama 0,566 g, tad per 12 valandų:

$$m_{per\ 12\ val.}(Vestamid^{TM}\ L1670) = 0,566 \cdot 6 \cdot 12 = 40,75\ g; \quad (3.11)$$

Per darbo dieną respiratorių gamybai sunaudojama Vestamid® L1670:

$$m_{respiratoriams\ per\ d.d.}(Vestamid^{TM}\ L1670) = \frac{40,75 \cdot 294}{3165,12} \cdot 12 \cdot 20 = 908,44\ g = 0,908\ kg; \quad (3.12)$$

Polimero tirpalo per valandą sunaudojama 0,226 ml, tad per 12 valandų:

$$V_{per\ 12\ val.}(\text{polimero\ tirpalo}) = 0,226 \cdot 12 = 2,71\ ml; \quad (3.13)$$

Skruzdžių rūgšties (98 % konc) tankis yra 1,22 g/cm², tad sunaudojamas kiekis per 12 valandų:

$$m_{per\ 12\ val.}(skruzdžių\ r.) = 2,71 \cdot 1,22 = 3,31\ g; \quad (3.14)$$

Per darbo dieną respiratorių gamybai sunaudojama skruzdžių r.:

$$m_{respiratoriams\ per\ d.d.}(skruzdžių\ r.) = \frac{3,31 \cdot 294}{3165,12} \cdot 12 \cdot 20 = 73,79\ g = 0,074\ kg; \quad (3.15)$$

Polimero tirpale yra 15 % masė/tūris poliamido 6/6, tad jo kiekis per 12 val. apskaičiuojamas:

$$m_{per\ 12\ val.}(PA\ 6/6) = \frac{2,71 \cdot 15}{100} = 0,41\ g; \quad (3.16)$$

Per darbo dieną respiratorių gamybai sunaudojama poliamido 6/6:

$$m_{respiratoriams\ per\ d.d.}(PA\ 6/6) = \frac{0,41 \cdot 294}{3165,12} \cdot 12 \cdot 20 = 9,14\ g = 0,009\ kg \quad (3.17)$$

Vieno respiratoriaus gamybai panaudojamas vienas nosies spaustukas (0,62 g) ir dvi reguliuojamo ilgio elastinės juostelės (1,5 g).

Per darbo diena sunaudojama nosies spaustukų:

$$m_{respiratoriams\ per\ d.d.}(nosies\ spaustukai) = 0,62 \cdot 12 \cdot 20 = 148,8\ g = 0,15\ kg \quad (3.18)$$

Per darbo dieną sunaudojama reguliuojamo ilgio elastinių juostelių:

$$m_{respiratoriams\ per\ d.d.}(elastinės\ juostelės) = 1,5 \cdot 12 \cdot 20 = 360\ g = 0,36\ kg \quad (3.19)$$

Respiratorių gamybos balansas pateiktas 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė. Respiratorių gamybos balansas

Respiratorių gamyba	Matavimo vnt.	Sąnaudos per		
		Darbo dieną	Mėnesį	Metus
Vestamid® L1670	Kg	0,908	18,99	227,88
Poliamidas 6/6		0,009	0,19	2,28
Skruzdžių r. (98 % konc)		0,074	1,55	18,60
Nosies spaustukai		0,15	3,14	62,80
Elastinės juostelės		0,36	7,53	90,36

3.2. Statybiniai sprendimai

AB „Kaukleta“ – besikurianti įmonė, kurios būsima veikla – respiratorių gamyba. Įmonė yra Kauno mieste, Petrašiūnų seniūnijoje, Draugystės g. 15D. Nuomojamos gamybinės patalpos užima 293,29 m². Visas pastatas užima 4000 m². Dujos šilumos energijai išgauti ir elektros energija gaunama iš ESO dujotiekio ir elektros energijos tinklų.

3.2.1. Bendrieji duomenys

3.3 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
1	I. SKLYPAS		
	1.1. sklypo plotas	ha m ²	1,28
	1.2. statinio užimtas žemės plotas	m ²	4000
	1.3. apželdintas žemės plotas (žaliasis plotas)	m ²	0
	1.4. automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt. m	75
	1.5. sanitarinės (apsaugos) zonos plotis	m	300
2	II. PASTATAI		
	2.1. paskirties rodikliai (gamybos (kitos veiklos), paslaugų apimtys, aptarnaujamų žmonių skaičius, kiti rodikliai)		
	Žmonių skaičius		
	2.2. bendrasis plotas:		
	2.2.1. Visas pastatas	m ²	4000
	2.2.2. Nuomojamos patalpos	m ²	293,29
	2.3. pastato tūris	m ²	36720
	2.4. aukštų skaičius	m ³ vnt.	2
2.5. pastato aukštis	m	9,18	
2.6. pastato atsparumas ugniai (I, II ar III)	MJ/m ²	I	

3.4 lentelė. Pradiniai duomenys projektavimui

Pastato aukštų skaičius	2
Nuomojamų patalpų plotis (tarp ašių), m	12
Nuomojamų patalpų ilgis (tarp ašių), m	24
Darbuotojų skaičius	10
Miestas	Kaunas
Pastato orientacija	I šiaurės rytus
Instaliuota galia	80 kW

3.2.2. Sklypo planas

Įvažiavimas ir išvažiavimas iš įmonės teritorijos yra šiaurės vakarinėje pusėje. Pastato vieta yra patogi susiekimui, patogus privažiavimas avarinėms tarnyboms, žaliavų atvežimui ir produktų išvežimui. Visa teritorija asfaltuota.

3.2.3. Projektuojamo pastato (patalpos) sprendimai

Projektuojamos patalpos bus įrengtos Draugystės g. 15D pastate. Projektuojamas teritorijos ilgis (tarp ašių) $L=24$ m, plotis (tarp ašių)=12 m, o aukštis $H=3,5$ m. Įėjimas ir išėjimas į įrengiamas patalpas yra pastato šiaurės rytų pusėje. Pastato kolonų tinklelio išmatavimai 6x6. Pastato išorinės sienos KS1150 TL šerdies storis: 200 mm. Pastato vidaus temperatūra lygi 21 °C. Naudojami langai - „GEALAN“ profilio 3-jų kamerų. Pastato šildymui naudojamas katilas – dujinis kondensacinis katilas Sime MURELLE HE 50 R ErP. Šis katilas šilumą atiduoda radiatoriams. Radiatorius gamina firma „Kermi“. Radiatoriai išdėstyti po langais gamybinėse, laboratorijos ir poilsio patalpose. Pastato vėdinimui pirmame aukšte yra sumontuoti ventiliatoriai. Ventiliatorius gamina firma Soler Palau jo tipas ILHT -4.

Visi šildymo prietaisai išdėstyti pirmo aukšto ventiliacijos kameroje. Darbininkų skaičius, kurie dirbs patalpose, yra 10.

3.2.4. Statinio architektūrinė, konstrukcinė sandara

Projektuojamos patalpos įrengiamos šiaurės rytinėje pastato dalyje. Bendri įrengiamos dalies išmatavimai tarp ašių yra 24 x 12 m. Aukštis iki laikančiu konstrukcijų nuo nulinės alt. 7 m. Numatomi sanitariniai mazgas, bei darbuotojų poilsio patalpa. Sienos – KS1150 TL šerdies storis 200 mm.

Projektuojamoje patalpoje įrengtos grindys ant tarpaukštinės perdangos. Grindys sudarytos iš: (1) grindų dangos, (2) išlyginamasis sluoksnis (3) skiriamoji sluoksnio, (4) smūgio garso izoliacijos: PAROC SSB1, (5) išlyginamojo sluoksnio (komunikacijos), (6) gelžbetoninės perdangos (7) lubų. Įrengiamoje erdvėje yra 4 patalpos Pertvaros – daugiasluoksnės sieninės plokštės KS1150 TL. Langai- plastikinių profilių, varstomi. kolonos – surenkamo gelžbetonio. Denginio laikančios konstrukcijos – plieninės santvaros, sijos, ryšiai

3.2.5. Bendrųjų statinio (pastato) inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai

Įrengiamose patalpose vyksiantys technologiniai procesai: lydalo ir tirpalo elektroverpimas (1A), pluoštų presavimas ir kaukių gaminimas ultragarsinio sulydymo prietaisu (siuvimo zona).

Sanitarinio buitinio darbuotojų aptarnavimo ir maitinimo sprendiniai: Personalui esamos sanitarinės ir higienos patalpos, suprojektuotos pagal 2003-04-24 LR Vyriausybės nutarimo Nr. 501 „Dėl buitines, sanitarinių ir higienos patalpų įrengimo reikalavimus“: Vienas unitazas skiriamas 18 vyrų arba 12 moterų; vienas pisuaras skiriamas 18 vyrų; viena rankų praustuvė skiriama 48 vyrams arba moterims; moterų tualete įrengiama higieninis dušas. Poilsio zonoje esantis san. mazgas pilnai tenkina darbuotojų poreikius. Atstumas nuo darbo vietų gamybos patalpose iki tualetų, poilsio patalpos ne

didesnis kaip 75 metrai. Tualetai įrengti atskirai moterims ir vyrams. Poilsio kambaryje vienam darbuotojui skiriama ne mažiau kaip 1 kv. metras, o viso kambario plotas 16,70 kv. metrai.

Stogo sandara:

- hidroizoliacinė stogo danga;
- stogo dangos tvirtinimo elementas;
- PAROC ROB 80, 30 mm;
- PAROC ROS 30, 260 mm;
- vandens garus ir orą izoliuojantis sluoksnis PAROC XMV 020bas;
- PAROC ROB 80, 30 mm;
- paklotas iš profiliuotos skardos.

Grindys:

- grindų danga
- išlyginamasis sluoksnis
- skiriamasis sluoksnis
- smūgio garso izoliacija: PAROC SSB 1
- išlyginamasis sluoksnis (komunikacijos)
- gelžbetoninė perdanga
- lubos

3.3. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai

3.3.1. Inovacijos projektavimo ir diegimo aplinkos analizė: ekonominių ir organizacinių problemų nustatymas

Projektuojama įmonė nuomosis 293,29 m² patalpas Kauno mieste, Petrašiūnų seniūnijoje, Draugystės g. 15D.

Projekto metu bus gaminamos kvėpavimo takų apsauginės priemonės – FFP2 standarto klasės respiratoriai. Jų gamybai naudojama inovatyvi elektroverpimo technologija. Gaunami efektyvūs ir kokybiški respiratoriai.

FFP2 klasės respiratoriai naudojami įvairiose srityse, kuriose reikalinga apsauga nuo ore sklindančių dalelių, tokių kaip aerozoliai, įvairūs milteliai, bakterijos ar virusai. Jie įprastai naudojami žemės ūkio ir statybos darbuose bei sveikatos apsaugos sektoriuje. Šiuo metu respiratoriai taip pat naudojami apsaugai nuo COVID – 19 viruso. Kadangi šios apsauginės priemonės panaudojimo sritys plačios, jos poreikis išliks didelis.

Įmonės gaminami respiratoriai yra išskirtiniai, dėl ergonomiško dizaino. Kaukės tvirtinimo guminės juostelės yra reguliuojamo ilgio, todėl respiratorius prisispaudžia sandariai prie kiekvieno veido.

Lyginant su kainomis rinkoje, projektuojamos gamyklos parduodamos produkcijos kaina ženkliai didesnė nei konkurentų: projekto pagamintas respiratorius parduodamas už 4,31 Eur, kai tuo tarpu konkurentų kainos svyruoja tarp 0,5–2 Eur.

Siekiant, kad projektas būtų pelningas ir konkurencingas, reiktų automatizuoti kaukių siuvimo procesą ir padidinti filtruojančiojo pluošto gamybos apimtis

3.3.2. Projekto investicijos ir jų finansiniai šaltiniai

Skaičiuojant finansavimo šaltinius priimta, kad akcininkų lėšos padengia 60 % kaštų, o 40 % banko paskolos. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai pateikti 3.5 lentelėje.

3.5 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	Eur	Struktūra	Eur
1. Ilgalaikiam turtui įsigyti, tarp jo gamybos priemonėms:	67000	1. Akcininkų nuosavybė; akcinis kapitalas, rezervai	41634
2. Trumpalaikiam turtui įsigyti, tarp jo žaliavoms ir pagrindinėms medžiagoms	2391	2. Paskola	27756
Viso kaštų:	69391	Viso šaltinių:	69391

3.3.2.1. Ilgalaikio ir trumpalaikio turto vertės skaičiavimas

Priimta, kad projektuojama įmonė patalpas nuomosis. Preliminari nuomos kaina yra 1728,99 Eur.

Įmonės veiklai reikalinga įranga ir jos kiekis bei kaina pateikta 3.6 lentelėje. Kitą inventorių sudaro kėdės, stalai, lentynos ir kt. Į įrenginių vertę įskaičiuoti priedai už garantijas, komplektavimą, tiekimo, pristatymo ir montavimo išlaidas bei pridėtinės vertės mokestis.

3.6 lentelė. Technologinių įrenginių vertė

Eil. Nr.	Įrenginio pavadinimas	Vertė, eur.	Kiekis, vnt	Vertė, eur.
1	Elektrinio verpimo prietaisas	2500	20	50000
2	Ultragarsinis sulydymo prietaisas	500	3	1500
3	Ekstruderis	2000	1	2000
4	Terminis presas	200	1	200
5	Magnetinė maišyklė	50	6	300
6	Traukos spinta	1500	1	1500
7	Oro nutraukimo sistema	2000	-	2000
8	Spinta skruzdžių rūgšties laikymui	500	1	500
9	Vakuuminė džiovyklė	4000	1	4000
10	Kitas inventorių	5000	-	5000
			viso:	67000

Apyvartinio kapitalo poreikis pirmaisiais projekto veiklos metais apskaičiuotas, naudojant šią lygtį:

$$AL_1 = \frac{B_{GK1}}{360} \cdot n_{ap}; \quad (3.20)$$

čia n_{ap} – apyvartos trukmė, dienomis; B_{GK1} – 1-ųjų metų gamybos kaštai, Eur.

Pagal (3.20) lygtį apskaičiuotas apyvartinių lėšų poreikis kiekvieniems kitiems projekto metams, naudojant atitinkamų metų gamybos kaštus.

Apyvartinio kapitalo poreikio prieaugis ateinančiais metais nustatytas naudojant šią lygtį:

$$\Delta AL_i = AL_1 - AL_{i-1}; \quad (3.21)$$

3.7 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai					
	0	1	2	3	4	5
1. Gamybos kaštai, Eur.	-	143438	199851	199851	180886	174119
2. Apyvartinių lėšų metinis poreikis, Eur	-	11953	16654	16654	15074	14510
3. Apyvartinių lėšų papildomas poreikis, Eur	-	9563	4701	0	-1580	-564
4. Apyvartinės lėšos, Eur	2391	11953	16654	16654	15074	14510

3.3.3. Produkcijos gamybos kaštų ir veiklos sąnaudų skaičiavimas

Projektuojamos įmonės planuojamos gamybos apimtys pateiktos 3.8 lentelėje. Priimta, kad pirmaisiais įmonės veiklos metais rinkos įsisavinimo koeficientas yra 0,7. Ateinančiais 2–3 metais, kurie laikyti brandos metais, gamybos apimtis bus įvykdyta 100 %. Toliau sekančiais 4–5 metais priimta, kad pardavimų mastas smuks, tad rinkos įsisavinimo koeficientų reikšmės atitinkamai sumažintos 0,9–0,8.

3.8 lentelė. Produkcijos gamybos apimtis

Projekto metai	Įsisavinimo koeficientas	Gamybos apimtis, natūriniais vienetais
		Respiratoriai
1	0,7	42168
2	1	60240
3	1	60240
4	0,9	54216
5	0,8	48192

3.3.3.1. Gamybos kaštai

Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Pagrindinės žaliavos planuojamai respiratorių gamybai pateiktos 3.9 lentelėje. Priimta kad 1–3 metais žaliavų kainos išliko pastovios. 4 metais pakilo 10 %, o 5-ais – 5 % nuo praėjusių metų kainos.

3.9 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms

Medžiagos (žaliavos) pavadinimas	Gamybos planas, vnt	Medžiagų sunaudojimo norma gaminiui, kg; vnt.	Medžiagos kaina, eur/kg; vnt.	Medžiagos poreikis, kg; vnt.	Medžiagų kaštai	
					Gaminio, Eur/vnt.	viso, Eur
<i>1 metai</i>						
Vestamid® L1670	42168	0,0027	24,00	113,85	0,065	2732,49
PA 6/6		0,000027	126,00	1,14	0,003	143,46
Skruzdžių r.		0,0002	11,67	9,28	0,003	108,26
nosies spaustukai		1	0,05	42168,00	0,048	2024,06
gumytės aplink ausis		2	0,06	84336,00	0,115	4857,75
viso	-	-	-	-	0,262	9866,02
<i>Brandos metai (2 ir 3 metai)</i>						
Vestamid® L1670	60240	0,002700	24,00	162,65	0,065	3903,55
PA 6/6		0,000027	126,00	1,63	0,003	204,94
Skruzdžių r.		0,000220	11,67	13,25	0,003	154,66
nosies spaustukai		1	0,05	60240,00	0,048	2891,52
gumytės aplink ausis		2	0,06	120480,00	0,115	6939,65
viso	-	-	-	-	0,234	14094,32
<i>4 metai</i>						
Vestamid® L1670	54216	0,002700	26,40	146,38	0,071	3864,52
PA 6/6		0,000027	138,60	1,46	0,004	202,89
Skruzdžių r.		0,000220	12,84	11,93	0,003	153,11
nosies spaustukai		1	0,05	54216,00	0,053	2862,60
gumytės aplink ausis		2	0,06	108432,00	0,127	6870,25
viso	-	-	-	-	0,257	13953,37
<i>5 metai</i>						

Vestamid® L1670	48192	0,002700	27,72	130,12	0,075	3606,88
PA 6/6		0,000027	145,53	1,30	0,004	189,36
Skruzdžių r.		0,000220	13,48	10,60	0,003	142,91
nosies spaustukai		1	0,06	48192,00	0,055	2671,76
gumytės aplink ausis		2	0,07	96384,00	0,133	6412,23
viso	-	-	-	-	0,270	13023,15

Išlaidos pagrindinėms medžiagoms (MK_i) apskaičiuojamos dauginant medžiagų kiekį (B_{mi}) iš jų kainos (C_{mi}) ir jas sudedant:

$$MK_i = \sum_i^n B_{mi} \cdot C_{mi}; \quad (3.22)$$

Skaičiuojant tiesiogines išlaidas už darbo užmokesčius, siuvėjų darbo imlumas 2–5 metais sumažintas nuo 0,26 iki 0,25 nh, darant prielaidą, kad darbininkai įgauna įgūdžius ir dirba greičiau.

3.10 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

Profesija	darbuotojų skaičius	Gamybos apimtis,	Valandinis atlyginimas, Eur	Gamybinės programos darbo imlumas, nh	Darbo užmokestis, Eur			Atskaitymai VSD, GF, IDIF Eur*
		vnt.			Pagrindinis	Papildomas	Bendras	
1 metai								
Siuvėjas	5	42168	5,38	0,26	58944,52	5894,45	64838,97	1147,65
Technologas	2		-	-	28800,00	2880,00	31680,00	560,74
Iš viso	8	-	-	-	87744,52	8774,45	96518,97	1708,39
Brandos metai (2 ir 3 metai)								
Siuvėjas	8	60240	5,97	0,25	89964,16	8996,42	98960,57	1751,60
Technologas	2		-	-	31200,00	3120,00	34320,00	607,46
Iš viso	10	-	-	-	121164,16	12116,42	133280,57	2359,07
4 metai								
Siuvėjas	7	54216	6,27	0,25	85016,13	8501,61	93517,74	1655,26
Technologas	2		-	-	32400,00	3240,00	35640,00	630,83
Iš viso	9	-	-	-	117416,13	11741,61	129157,74	2286,09
5 metai								

Siuvėjas	6	48192	6,57	0,25	79168,46	7916,85	87085,30	1541,41
Technologas	2		-	-	33600,00	3360,00	36960,00	654,19
Iš viso	8	-	-	-	112768,46	11276,85	124045,30	2195,60

Skaičiuojant tiesiogines išlaidas elektros energijai (žr. 3.11 lentelė) priimta, kad elektros kaina 5 metų laikotarpyje išlieka pastovi, nes sudaroma sutartis su nepriklausomu elektros energijos tiekėju „Birštono elektra“. Variklių galingumo panaudojimo koeficientas pirmas metais lygus 0,85. 2–3 metais jis padidintas 5 % priimant, kad darbininkai bus įgudę naudotis įranga. 4–5 metais koeficientas sumažintas, atitinkamai 5 ir 4 %, dėl galimo įrangos nusidėvėjimo.

3.11 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energija

Įrengimų variklių suminis aktyvinis galingumas, kW,	Variklių galingumo panaudojimo koeficientas	Įrengimų metinis efektyvus darbo laikas, h	Elektros energijos poreikis jėgai, kWh	Elektros 1 kWh kaina, Eur	Išlaidos elektros energijai, Eur
1 metai					
20	0,85	3614	61445	0.25	15361,20
Brandos metai (2, 3 metai)					
20	0,89	3607	64389	0.25	16097,13
4 metai					
20	0.85	3614	61445	0.25	15361,20
5 metai					
20	0.82	3614	58987	0.25	14746,75

Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Projektuojamoje įmonė administracijos nėra, tad daryta prielaida, kad administracinė veikla atliekama kitur.

Apskaičiuotos netiesioginės išlaidos vandeniui pateiktos 3.12 lentelėje. Priimta, kad eksploatacinės išlaidos vandeniui sudaro 10 % nuo išlaidų vandeniui.

3.12 lentelė. Netiesioginės išlaidos vandeniui

Išlaidų pavadinimas	Sunaudojimas per parą, l/1 dirb.	Poreikis metams, m ³	1 m ³ vandens kaina, Eur	Išlaidos vandeniui, Eur
Šaltam vandeniui	50	125.5	1.44	180.72
Eksploatacinės išlaidos	-	-	-	18.072
Iš viso:	-	-	-	198.792

Netiesioginės išlaidos apšvietimui pastovios projekto 1–5 projekto veiklos metais. Priimta kad eksploatacinės išlaidos sudaro 20 % nuo išlaidų apšvietimui per metus.

3.13 lentelė. Netiesioginės išlaidos apšvietimui

Projekto metai	Patalpų plotas, m ²	Apšvietimo norma, W/m ²	Energijos kiekis patalpoms apšviesti, kWh	1 kWh kaina, Eur	Išlaidos apšvietimui per metus, Eur	Eksploatacinės išlaidos, Eur	Viso išlaidų, Eur
1 – 5	295,05	0,05	44169,47	0,25	11042,37	2208,47	13250,84

Skaičiuojant netiesiogines išlaidas gamybinių patalpų šildymui, daryta prielaida, kad šildymo kaina pirmais metais yra 29 Eur/Gkal., antrais ir trečiais 30 Eur/Gkal., o ketvirtais ir penktais - 2 % brangiau nei prieš tai buvusiais. Rezultatai pateikti 3.14 lentelėje.

3.14 lentelė. Netiesioginės išlaidos gamybinių patalpų šildymui

Projekto metai	Šiluminės energijos poreikis, Gkal	Šiluminės energijos kaina, Eur/Gkal.	Išlaidos šildymui per metus, Eur	Eksploatacinės išlaidos, Eur	Viso išlaidų, Eur
1	19	29	530	80	610
2	19	30	558	95	653
3	19	30	558	95	653
4	19	31	569	97	666
5	19	31	569	97	666

Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas skaičiuotas tiesiniu būdu. Tuomet amortizaciniai atskaitymai nusidėvėjimui padengti kiekvienais metais buvo vienodi:

$$A_m = \frac{F_{is} - F_{lv}}{T}; \quad (3.23)$$

čia A_m – amortizaciniai atsiskaitymai nusidėvėjimui padengti, Eur; F_{is} – įsigijimo vertė, Eur; F_{lv} – likvidacinė vertė, Eur; T – naudingumo laikas, m.

Likvidacinės įrenginių ir kito inventoriaus vertės priimtos 10 % nuo pradinės vertės.

3.15 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)

Ilgalaikio turto rūšis	Vienetai	Įsigijimo vertė, Eur	Normatyvinė eksploatacavimo trukmė	Nusidėvėjimo suma, . Eur metams					Likutinė vertė, Eur
				1	2	3	4	5	
Elektroverpimo prietaisai	20	50000	8	5625	5625	5625	5625	5625	21875
ekstruderis	1	2000	10	180	180	180	180	180	1100
siuvimio įrenginys	3	1500	10	135	135	135	135	135	825

Terminis presas	1	200	6	30	30	30	30	30	50
magnetinė maišyklė	6	300	10	27	27	27	27	27	165
traukos spinta	1	1500	10	135	135	135	135	135	825
oro nutraukimo sistema	-	2000	10	180	180	180	180	180	1100
spinta skruzdžių rūgšties laikymui	1	500	10	45	45	45	45	45	275
Vakuuminė džiovyklė	1	4000	10	360	360	360	360	360	2200
Kt. inventorius	-	5000	10	450	450	450	450	450	2,750
Viso:	-	63000	-	6807	-	-	-	-	31165

Visos netiesioginės gamybos išlaidos 5 metų laikotarpiui pateiktos 3.16 lentelėje.

3.16 lentelė. Netiesioginių gamybos išlaidų sąmata

Išlaidų rūšys	Projekto metai				
	1	2	3	4	5
Pagalbinės medžiagos	197,32	281,89	281,89	279,07	260,46
Elektros energija	11042,37	11042,37	11042,37	11042,37	11042,37
Vanduo	198,79	198,79	198,79	198,79	198,79
Šiluminė energija	609,53	652,77	652,77	665,82	665,82
Amortizaciniai atskaitymai	7167,00	7167,00	7167,00	7167,00	7167,00
Kitos išlaidos	768,60	773,71	773,71	774,12	773,38
Iš viso:	19983,61	20116,53	20116,53	20127,17	20107,83

Visi gamybos kaštai ir gaminio savikaina pateikti 3.17 lentelėje.

3.17 lentelė. Gamybos kaštai

Kaštų rūšys	Gamybos kaštai, Eur.
Brandos stadijoje (2 ir 3 metai)	
1. Pagrindinės medžiagos	14094,32
1. Energija technologijai	30000,74
3. Gamybos darbininkų darbo užmokestis	133280,57
4. Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	2359,07
5. Gamybinės netiesioginės išlaidos	20116,53
Viso gamybos kaštų, Eur.	199851,23
Produkcijos gamybos planas, vnt.	60240,00
Gaminio gamybinė savikaina, Eur.	3,32
Pirmaisiais projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, Eur.	143438,19

Produkcijos gamybos planas, vnt.	42168,00
Gaminio gamybinė savikaina, Eur.	3,40
4 – siais projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, Eur.	180885,58
Produkcijos gamybos planas, vnt.	54216,00
Gaminio gamybinė savikaina, Eur.	3,34
5 – siais projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, Eur.	174118,63
Produkcijos gamybos planas, vnt.	48192,00
Gaminio gamybinė savikaina, Eur.	3,61

Veiklos kaštai

Veiklos sąnaudos patalpų nuoma, išlaidos susijusios su administracija, ryšių paslaugos ir produkcijos realizavimo išlaidos, mokesčiai rinkliavos ir kitos išlaidos. Priimta kad veiklos sąnaudos sudaro 20 % gamybos kaštų. Rezultatai pateikti 3.18 lentelėje.

3.18 lentelė. Veiklos sąnaudos

Veiklos sąnaudos	Projekto gyvavimo metai			
	1	2 ir 3	4	5
	28687,64	39970,25	36177,12	34823,73

3.3.4. Finansinės ir investicinės sąnaudos

Priimta, kad banko paskola sudaro 40 % visų finansinių šaltinių, o palūkanų norma yra 3,4. Paskola imama 5 metams.

Metinės palūkanos, esant paprastiems procentams, apskaičiuotos pagal lygtį:

$$P = \frac{K}{N} \cdot 100; \quad (3.24)$$

čia P – metinės palūkanos, Eur; K – banko paskolos dydis, Eur; N – palūkanų norma, %.

Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas pateikiamas 3.19 lentelėje.

3.19 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
1. Paskolos suma, Eur.	27756,25	22205,00	16653,75	11102,50	5551,25
2. Metinė palūkanų norma, proc.	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
3. Palūkanos, Eur.	943,71	754,97	566,23	377,49	188,74

4. Paskolos padengimas, Eur	5551,25	5551,25	5551,25	5551,25	5551,25
-----------------------------	---------	---------	---------	---------	---------

3.3.5. Gaminių kainos skaičiavimas

Apskaičiavus visas sąnaudas, nustatomos gaminių kainos. Kad būtų galima planuoti gautinas pajamas, reikia nustatyti gaminių kainas. Gaminių kainos apskaičiuotos remiantis jų gamybos pilnomis išlaidomis ir planuojama pelno norma.

Gaminio kaina (c_i) sudaro jo pilnoji savikaina (sp_i) ir pelnas (p_i), kuris apskaičiuotas įvertinus gaminio pelningumą:

$$c_i = sp_i + p_i; \quad (3.25)$$

Gaminio pilnoji savikaina sudaryta iš jo gamybinės savikainos (sg_i), veiklos sąnaudų (vs_i) bei finansinės veiklos (fv_i) sąnaudų (palūkanų):

$$sp_i = sg_i + fv_i + vs_i; \quad (3.26)$$

Gaminių kainos skaičiavimo rezultatai pateikiami 3.20 lentelėje.

3.20 lentelė. Gaminių kainų apskaičiavimas

Gaminiai	Gaminio gamybinė savikaina, Eur	Gaminiui, tenkančios veiklos sąnaudos,	Gaminiui, tenkančios investicinės veiklos sąnaudos, Eur	Gaminio pilnoji savikaina, Eur	Pelnas		Kaina
					%	Eur/vnt.	Eur
1 metai							
Respiratoriai	3,40	0,68	0,022	4,10	5.00	0.21	4,31
Brandos metai (2, 3 metai)							
Respiratoriai	3,32	0,66	0,011	3,99	8.00	0.32	4,31
4 metai							
Respiratoriai	3.34	0,67	0,007	4,01	7.00	0.28	4,29
5 metai							
Respiratoriai	3,61	0,72	0,004	4,34	5.00	0.22	4,56

3.3.6. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai

Šioje dalyje pateikta pelno ataskaita ir grynieji pinigų srautai. Skaičiuota kad pelno mokestis sudaro 15 % nuo apmokestinamo pelno sumos. Rezultatai pateikti 3.21 lentelėje.

3.21 lentelė. Įmonės pelno (nuostolių) ataskaita, Eur

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
1. Pardavimų pajamos	181723,01	259720,63	259720,63	232661,00	219587,66
2. Parduodamos produkcijos gamybos kaštai	143438,19	199851,23	199851,23	180885,58	174118,63
3. Bendras pelnas (nuostolis)	38284,83	59869,41	59869,41	51775,41	45469,02
4. Veiklos sąnaudos	28687,64	39970,25	39970,25	36177,12	34823,73
5. Veiklos pelnas (nuostolis)	9597,19	19899,16	19899,16	15598,30	10645,30
6. Finansinė ir investicinė veikla					
6.1. Pajamos	943,71	754,97	566,23	377,49	188,74
6.2. Sąnaudos					
7. Pelnas (nuostolis) prieš apmokestinimą	8653,48	19144,19	19332,94	15220,81	10456,56
8. Pelno mokestis	1298,02	2871,63	2899,94	2283,12	1568,48
9. Grynavis pelnas (nuostolis)	7355,46	16272,57	16433,00	12937,69	8888,07

Finansinės būklės pokyčių ataskaita pateikiama 3.22 lentelėje.

3.22 lentelė. Finansinės būklės pokyčių (pinigų srautų) ataskaita

Eil. Nr.	Rodikliai	Projekto metai					
		0	1	2	3	4	5
I.	Pinigų srautai iš įmonės veiklos						
1.1.	Grynavis pelnas (nuostolis)	-	7355,46	16272,57	16433,00	12937,69	8888,07
1.2.	Nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudos	-	7167,00	7167,00	7167,00	7167,00	7167,00
1.3.	Papildomos investicijos į apyvartinį kapitalą	2390,64	9562,55	4701,09	0,00	-1580,47	-563,91
1.4.	Finansinės veiklos sąnaudų eliminavimas*	-	6494,96	6306,22	6117,48	5928,74	5739,99
	Grynieji pinigų srautai iš įmonės veiklos (1.1+ 1.2 - 1.3 - 1.4)	-2390,64	-1535,05	12432,26	17482,52	15756,43	10878,99
II.	Pinigų srautai iš investicinės veiklos						
2.1.	Ilgalaikio turto perleidimas (įsigijimas)	67000,00	-	-	-	-	31165,00
	Grynieji pinigų srautai iš investicinės veiklos	-67000,00	-	-	-	-	31165,00

III.	Bendri metiniai pinigų srautai (I+II)	-69390,64	-1535,05	12432,26	17482,52	15756,43	42043,99
------	---------------------------------------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------

3.3.7. Investicijų efektyvumo vertinimas

3.3.7.1. Kapitalo kaštai

Kapitalo kaštai parodo, kokią kapitalo dalį, procentais, įmonė turi sumokėti viena ar kita forma už galimybę juo naudotis.

Daryta prielaida, kad skolintas kapitalas sudaro 48 % (palūkanos 3,4 %, nuosavas 52 % (akcininkai reikalauja 7 % grąžos)). Rezultatai pateikti 3.23 lentelėje.

Skolinto kapitalo kaštai *SKK* apskaičiuoti pagal lygtį:

$$SKK = i \cdot (1 - M); \quad (3.27)$$

čia *i* – palūkanų norma paskolai, %; *M* – pelno mokesčio tarifas – 15 %.

Diskonto norma (*KK*) (kapitalo kaštai) apskaičiuota pagal lygtį:

$$KK = SKK \cdot P + NK \cdot A \quad (3.28)$$

čia *P* – paskolos kapitalo kaštai, %; *NK* – nuosavo kapitalo kaštai, %; *A* – akcininkų kapitalo kaštai, %.

3.23 lentelė. Kapitalo kaštai

Kapitalo kaštų rūšys	proc.	koef.
Skolinto kapitalo kaštai (SKK)	2,89	0,0289
Nuosavo kapitalo kaštai (NK)	7	0,07
Diskonto norma (kapitalo kaštai)	5,36	0,05356

3.3.7.2. Diskontuotas investicijų atsipirkimo laikotarpio skaičiavimas

Diskontuotas investicijų atsipirkimo laikas (*T*) parodo laiko tarpą, per kurį ekonominė nauda padengia investicines išlaidas.

Apskaičiuojami projekto paprasti ir diskontuoti grynieji pinigų srautai (GPS):

1. Apskaičiuojami GPS bendri srautai sumuojant metinius srautus su praėjusių metų bendrais srautais.
2. Diskontuotų metiniai GPS apskaičiuojami naudojant *Excel PV* funkciją.

Rezultatai pateikti 3.24 lentelėje.

3.24 lentelė. Projekto paprasti ir diskontuoti grynieji pinigų srautai (GPS)

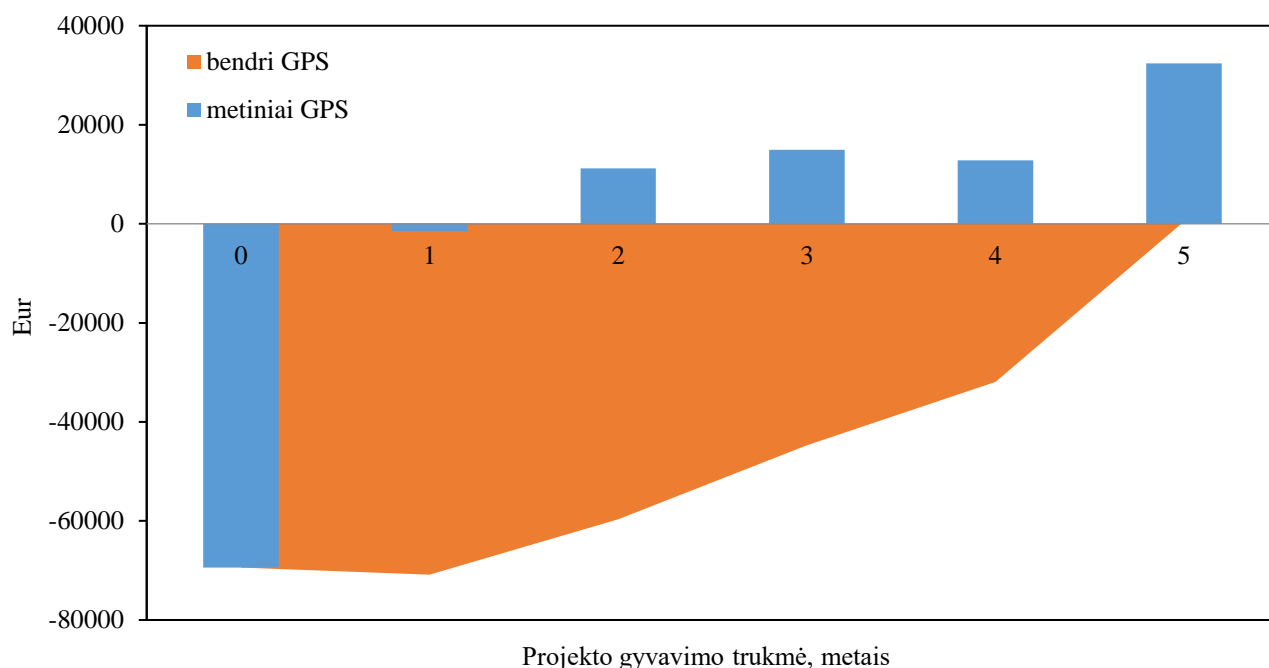
Projekto metai	Paprasti GPS, Eur		Diskontuoti GPS, Eur	
	metiniai GPS	bendri GPS	metiniai GPS	bendri GPS
0	-69390,64	-69390,64	-69390,64	-69390,64
1	-1535,05	-70925,69	-1457,02	-70847,65
2	12432,26	-58493,43	11200,35	-59647,31
3	17482,52	-41010,92	14949,48	-44697,82
4	15756,43	-25254,49	12788,53	-31909,29
5	42043,99	16789,50	32389,75	480,45

Diskontuotas investicijų atsipirkimo laikotarpis apskaičiuojamas pagal šią lygtį:

$$T = T_{t-1} + \frac{BGPS_{t-1}}{GPS_t} = 4 + \left| \frac{-31909,29}{32389,75} \right| = 4,99 \text{ metai}; \quad (3.29)$$

čia T – atsipirkimo laikas; T_{t-1} – metai prieš visišką išmokų padengimą; $BGPS_{t-1}$ – suminis pinigų srautas prieš visišką išmokų padengimą; GPS_t – visiško padengimo metų grynasis srautas.

Nubraižytas diskontuotų pinigų srautų grafikas pavaizduotas 3.2 pav.



3.2 pav. Diskontuotų pinigų srautų grafikas

3.3.7.3. Kitų projekto vertinimo rodiklių skaičiavimas

Grynosios esamosios vertės (GEV) skaičiavimas:

Grynoji esamoji vertė (*GEV*) – tai visų projekto diskontuotų GPS suma, pradedant nuliniiais metais. Jei gauta reikšmė teigiama, projektas priimtinas, jei neigiam – atmestinas.

$$GEV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+KK)^t}; \quad (3.30)$$

čia *KK* – kapitalo kaina ir (ar) diskonto norma, vieneto dalimis; $\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+KK)^t}$ – grynujų pinigų srautų, diskontuotų diskonto norma *r*, visų metų, pradedant nuliniiais, suma

Gauta kad *GEV* = 480 Eur.

Vidinės pelno normos skaičiavimas

Vidinė pelno norma (*IRR*) – tai diskonto norma *r*, kuri projekto būsimųjų grynujų pinigų įplaukų dabartinę vertę prilygina projekto būsimų išlaidų dabartiniai vertei. Ji apskaičiuota naudojant *Microsoft Excel* funkciją *IRR*.

Gauta, kad *IRR* = 5,54 %

Pelningumo indekso skaičiavimas

Pelningumo arba rentabilumo indeksas – tai pelno ir išlaidų santykis:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n (+)GPS_t}{\sum_{t=1}^n (-)GPS_t}; \quad (3.31)$$

čia (+) *GPS* – diskontuotų teigiamų GPS suma; (-) *GPS* – diskontuotų neigiamų GPS suma.

Apskaičiuota, kad *PI* = 1,01.

Šis koeficientas parodo santykinį projekto pelningumą arba dabartinę pelno vertę, tenkančią vienam dabartinių išlaidų piniginiam vienetui.

Sudaromas projekto balansas, kuris parodo kiekvienų projekto metų grynuosius pinigų srautus (*GPS*) ir būsimuosius *GPS*. Jis pateiktas 3.25 lentelėje.

3.25 lentelė. Projekto balansas

Projekto gyvavimo metai	0	1	2	3	4	5
0	-69390,64	-69390,64	-69390,64	-69390,64	-69390,64	-69390,64
1	-	-1535,05	-1535,05	-1535,05	-1535,05	-1535,05
2	-	-	12432,26	12432,26	12432,26	12432,26
3	-	-	-	17482,52	17482,52	17482,52
4	-	-	-	-	15756,43	15756,43
5	-	-	-	-	-	42043,99

Būsimieji GPS	-69390,64	-70925,69	-58493,43	-41010,92	-25254,49	16789,50
------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------

3.3.7.4. Lūžio taško apskaičiavimas

Lūžio taškas parodo, kokį kiekį produkcijos reikia pagaminti ir parduoti, kad įmonės veikla būtų pelninga.

Lūžio taškas apskaičiuotas pagal šią lygtį:

$$B_{Lj} = \frac{PK_j}{c_j - VKK_j}; \quad (3.32)$$

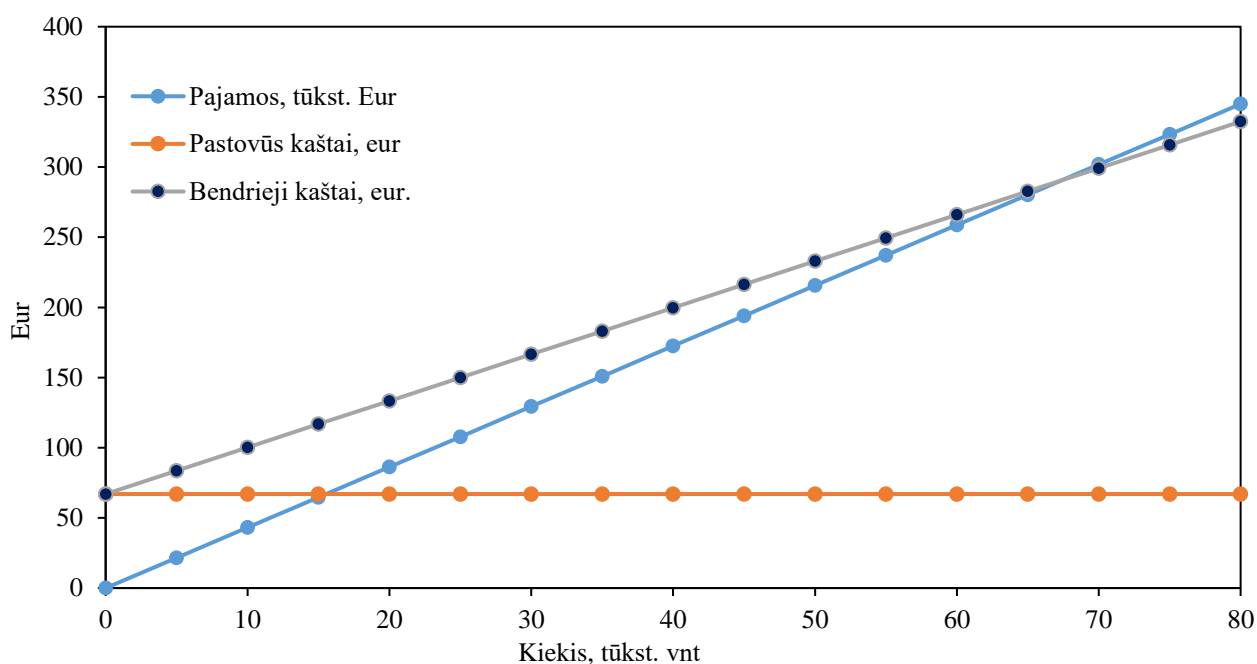
čia B_{Lj} – j-tojo gaminio pardavimo apimtis lūžio taške, vnt.; PK_j – j-ajam gaminiui priskiriama visa pastoviųjų kaštų suma, Eur; c_j – j-ojo gaminio vieneto kaina, Eur; VKK_j – j-ojo gaminio vidutiniai kintamieji kaštai (gamybinė savikaina), Eur.

Apskaičiuoti lūžio taško duomenys pateikti 3.26 lentelėje.

3.26 lentelė. Lūžio taško apskaičiavimas

Rodikliai	Respiratorius
Pastoviųjų kaštų suma, priskirta gaminiui Eur	67000,00
Gaminio kaina, Eur	4,31
Gaminio kintamieji kaštai, Eur	3,32
Lūžio taškas, vnt.	67414,73
Pardavimų planas, vnt.	60240

Nubraižomas lūžio taško grafikas, kuris pavaizduotas 3.3 pav.



3.3 pav. Lūžio taško grafikas

3.3.8. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai

3.27 lentelėje pateikti pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai: pajamos, gamybos kaštai, darbo našumas, pelno ir pelno santykiniai rodikliai, grąžos rodikliai ir kt. rodikliai.

Pelningumo ir grąžos (rentabilumo) rodikliai išreikšti procentais ir apskaičiuojami bendro, veiklos ir grynojo pelno atžvilgiu:

$$P_{bendras} = \frac{Pel_{bendras} \cdot 100}{B_{pard}}; \quad (3.33)$$

$$P_{veiklos} = \frac{Pel_{veiklos} \cdot 100}{B_{pard}}; \quad (3.34)$$

$$P_{grynasis} = \frac{Pel_{grynasis} \cdot 100}{B_{pard}}; \quad (3.35)$$

$$Rg_{investicijų} = \frac{Pel_{grynasis} \cdot 100}{PF + AL}; \quad (3.36)$$

$$Rg_{veiklos} = \frac{Pel_{grynasis} \cdot 100}{GK + VS}; \quad (3.37)$$

čia $P_{bendras}$ – bendrasis pelningumas; $P_{veiklos}$ – veiklos pelningumas; $P_{grynasis}$ – grynas pelningumas; $Rg_{investicijų}$ – investicijų grąža (rentabilumas); $Rg_{veiklos}$ – veiklos rentabilumas; $Pel_{bendras}$ – bendrasis pelnas; $Pel_{veiklos}$ – veiklos pelnas; $Pel_{grynasis}$ – grynas pelnas; B_{pard} – pardavimų pajamos; PF ir AL –

pagrindinių priemonių ir apyvartinių lėšų vertė; *GK* ir *VS* - parduodamos produkcijos gamybos kaštai ir veiklos sąnaudos.

Produkcijos imlumo apyvartinėms lėšoms rodiklis parodo, kokia apyvartinių lėšų suma tenka vienam parduotos produkcijos eurui. Jis apskaičiuotas apyvartinių lėšų sumą dalinant iš pardavimų apimties.

3.27 lentelė. Projekto finansiniai ekonominiai rodikliai

Rodikliai	Projekte
1. Produkcijos pardavimo apimtis, natūriniais vienetais brandos stadijoje:	60240,00
2. Pardavimų pajamos, Eur	259720,63
3. Įmonės personalas, žmonėmis:	10
tame skaičiuje darbininkai	10
4. Darbo našumas, Eur:	
Darbininko	27252,95
5. Vidutinis metinis darbo užmokestis, Eur	
Darbininko	14153
6. Gamybos kaštai, . Eur	199851,23
7. Gaminio pilnoji savikaina, Eur:	3,99
8. Grynasis pelnas, . Eur	16272,57
9. Investicijų apimtis, . Eur	67000,00
10. Bendrasis pelningumas, %	23,05
11. Veiklos pelningumas, %	7,66
12. Grynasis pelningumas, %	6,27
13. Investicijų grąža %	24,29
14. Veiklos rentabilumas, %	6,79
15. Apyvartų skaičius per metus	12
16. Apyvartos trukmė, dienomis	30
17. Produkcijos imlumas apyvartinėms lėšoms, Eur	0,06
18. Projekto kapitalo kaštai, %	5,36
19. Projekto investicijų diskontuotas atsipirkimo laikas, metais	4,99
20. Projekto grynoji esamoji vertė, Eur.	480
21. Vidinė pelno norma, %	5,54
22. Modifikuota vidinė pelno norma, %	5,85
23. Pelningumo indeksas	1,01

3.3.9. Finansinių ir ekonominių skaičiavimų išvados

Finansinių ir ekonominių skaičiavimų metu nustatyta, kad:

1. Investicijos atsipirks po 4,99 metų;

2. Pelningumo indeksas yra 1,01. Tai reiškia kad įmonė pelninga;
3. Reikia pagaminti ir parduoti 67415 respiratorius, kad būtų pasiektas lūžio taškas, t.y. būtų padengti pastovūs kaštai ir įmonės veikla taptų pelninga.

3.4. Aplinkosauginis vertinimas

Aplinkosauginio vertinimo tikslas yra nustatyti gamyklos poveikį aplinkai. Įmonė gamina respiratorius. Pagrindinės naudojamos žaliavos – Vestamid® L1670 (poliamidas 12), poliamidas 6/6 skruzdžių rūgštis, nosies spaustukai ir elastinės juostelės. Per metus gamykla pajėgi pagaminti 65260 respiratorių.

Įmonė įsikūrus Kauno mieste, Petrašiūnų seniūnijoje, Draugystės g.15D. Sanitarinės apsaugos zonos dydis 300 metrų. Jos ribose nėra gyvenamųjų namų.

3.4.1. Bendrieji duomenys

3.28 lentelė. Duomenys apie gaminius

Pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis per metus
Respiratorius	Vnt.	60240

3.29 lentelė. Kuro ir energijos vartojimas

Energetiniai ir technologiniai išteklių	Matavimo vnt.	Sunaudojamas kiekis per metus	Išteklių gavimo šaltiniai
Elektros energija	kWh	64389	MB „Birštono elektra“

3.30 lentelė. Duomenys apie naudojamas žaliavas, chemines medžiagas ar preparatus

Žaliavos, cheminės medžiagos ar preparato pavadinimas	Kiekis per metus, kg	Cheminės medžiagos ar preparato klasifikavimas ir ženklavimas		
		Kategorija	Pavojaus nuoroda	Rizikos frazės
Vestamid® L1670	272,77	-	-	-
PA 6/6	2,72	-	-	-
Skruzdžių rūgštis (98 % konc.)	22,15	3, 1, 4, 3, 1A, 1	H226, H290, H302, H331, H314, H318	Degieji skysčiai; Metalų koroziją sukeliančios medžiagos; Ūmus toksiškumas (prarijus); Ūmus toksiškumas (įkvėpus); Odos ėsdinimas/dirginimas, Smarkus akių pažeidimas/akių dirginimas
Elastinės juostelės	90,36	-	-	-
Nosies spaustukai	37,08	-	-	-

3.31 lentelė. Žaliavų ir papildomų cheminių medžiagų ar preparatų saugojimas

Eil. Nr.	Žaliavos cheminės medžiagos ar preparato pavadinimas	Transportavimo būdas	Kiekis, saugomas vietoje, kg	Saugojimo būdas
1	Vestamid® L1670	-	200	Dėžė
2	PA 6/6	-	10	Dėžė

3	Skrudžių rūgštis (98 %)	-	20	Stikliniuose buteliuose, kurie laikomi spintoje su oro nutraukimu
4	Elastinės juostelės	-	80	Dėžė
5	Nosies spaustukai	-	20	Dėžė

3.32 lentelė. Duomenys apie tirpiklių turinčias chemines medžiagas ir preparatus

Tirpiklių turinčios cheminės medžiagos ar preparato pavadinimas	Sudėtis	Kiekis per metus, kg	Cheminės medžiagos ar preparato klasifikavimas ir ženklavimas		
			Kategorija	Pavojaus nuoroda	Rizikos frazės
Polimero tirpalas	PA 6/6 15 % (masė/tūris) ištirpinta skrudžių rūgštyje (98 % konc.)	24,87	3, 1, 4, 3, 1A, 1	H226, H290, H302, H331, H314, H318	Degieji skysčiai; Metalų koroziją sukeliančios medžiagos; Ūmus toksiškumas (prarijus); Ūmus toksiškumas (įkvėpus); Odos ėsdinimas/dirginimas, Smarkus akių pažeidimas/akių dirginimas

3.33 lentelė. Tirpiklių turinčių cheminių medžiagų ir preparatų saugojimas

Eil. Nr.	Žaliavos, cheminės medžiagos ar preparato pavadinimas	Kiekis, saugomas vietoje, kg	Saugojimo būdas
1	Polimero tirpalas	0,14	Stikliniuose indeliuose su kamšteliais, kurie laikomi ant magnetinių maišyklių

3.4.2. Atliekos

Karpat filtruojantį pluoštą kaukių siuvimo metu, lieka nuokarpų, kurios toliau negali būti panaudotos. Jų per metus susidaro 27 kg. Atliekų tvarkymui pasirinktas deginimas sausumoje (D10). Atliekų tvarkymo duomenys pateikti 3.34 lentelėje.

3.34 lentelė. Atliekos, atliekų tvarkymas [79]

Technologinis procesas	Atliekos					Atliekų saugojimas objekte		Numatomi atliekų tvarkymo būdai	
	Pavadinimas	Kiekis		Agregatinis būvis (kietas, skystas, pastos)	Kodas pagal atliekų sąrašą	Pavojingumas	Laikymo Sąlygos		Didžiausias kiekis, kg
		kg/dieną	kg/metus						

Kaukių siuvimas	Filtruojančio pluošto nuokarpos	0,36	90,36	kietas	07 02 13	-	-	20	D10
Tirpalų ruošimas ir elektroverpimas	Guminės pirštinės	0,04	10,04	kietas	07 02 13	-	-	5	D10

3.4.3. Fizikinė tarša

Įmonės veiklos metu susidarantys triukšmo šaltiniai pateikti 3.35 lentelėje.

3.35 lentelė. Fizikinė tarša

Taršos rūšis	Taršos šaltinio pavadinimas	Taršos šaltinių skaičius	Taršos šaltinių sklaidžiamas taršos lygis	Priemonės taršai mažinti
Triukšmas	Ultragarsinio sulydymo prietaisai (oro kompresorius)	3	-	Garsą izoliuojančios ausinės

3.4.4. Aplinkos oro tarša

Projekto veiklos metu skruzdžių rūgštis naudojama elektroverpime, ir ruošiant tirpalus traukos spintoje. Šių taršos šaltinių fiziniai duomenys pateikti 3.36 lentelėje.

3.36 lentelė. Stacionarūs taršos šaltinių fiziniai duomenys

Taršos šaltiniai					Išmetamų dujų rodikliai			Teršalų išmetimo trukmė, val
Pavadinimas	Nr.	Koordinatės	Aukštis, m	Išmetimo angos matmenys, m	Srauto greitis, m/s	Temperatūra, °C	Tūrio debitas Nm ³ /s	
Elektrinio verpimo prietaisai	1	-	0,5	0,2	-	~ 21	-	16
Traukos spinta laboratorijoje	2	-	1	0,2	-	~ 21	-	1
Spinta skruzdžių rūgščiai laikyti	3	-	-	0,2	-	~ 21	-	24

Teršalai į aplinkos orą sklinda iš elektroverpimo prietaisų ir traukos spintos (tirpalų ruošimo metu). Taršos dydžiai pateikti 3.37 lentelėje. Priimta kad vieno elektroverpimo ciklo metu (12 val. 20 įrenginių) išsiskiria 54,26 ml garų.

3.37 lentelė. Tarša į aplinkos orą

	Taršos šaltiniai	Teršalai	Numatoma tarša
--	------------------	----------	----------------

Proceso (veiklos) pavadinimas	Pavadinimas	Nr.	Pavadinimas	Kodas	Momentinis dydis, ml			Metinė, kg/m
					vnt.	vidut.	maks.	
Elektrinis verpimas	Elektrinio verpimo prietaisas	-	Skruzdžių rūgšties garai	-	ml	-	54,26	22,15
Tirpalų ruošimas	Traukos spinta	-	Skruzdžių rūgšties garai	-	ml	-	-	-
Skruzdžių rūgšties saugojimas	Spinta skruzdžių rūgščiai laikyti	-	Skruzdžių rūgšties garai	-	ml	-	-	-
							Iš viso:	22,15

Veiklos metu išsiskyrę skruzdžių rūgšties garai išvalomi oro nutraukimo sistemoje įmontuotais aktyvintos anglies filtrais. Detalesnė informacija pateikta 3.38 lentelėje.

3.38 lentelė. Išmetamųjų dujų valymo įrenginiai ir kitos taršos prevencijos priemonės

Taršos šaltinio Nr.	Valymo įrenginiai		Teršalai		Prieš valymą		Po valymo		Valymo efektyvumas, %
	Pavadinimas	Kodas	Pavadinimas	Kodas	vidut.vienk.	kg/metus	vidut.vienk.	kg/metus	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Aktyvintos anglies filtras	-	Skruzdžių rūgšties garai	-	-	22,15	-	4,43	80

3.4.5. Naudojamas vanduo ir susidarančios nuotekos

Respiratorių gamybos procese vanduo nėra naudojamas. Projektuojamoje įmonėje vanduo naudojamas tik buičiai. Duomenys apie nuotekų šaltinius ir kiekius pateikti 3.39 lentelėje.

3.39 lentelė. Duomenys apie nuotekų šaltinius ir/ arba išleistuvus

Nr.	Nuotekų priimtuvai	Planuojamų išleisti nuotekų ir jų šaltinio aprašymai	Išleistuvo vietos aprašymas	Didžiausias numatomas išleisti nuotekų kiekis			
				m ³ /s	m ³ /h	m ³ /d	m ³ /m
1	Miesto kanalizacija	Buitinės reikmėms naudotas vanduo	Kriauklės, tualetas	-	-	0,45	112,95

3.4.6. Aplinkosauginio vertinimo išvados

Pagaminant 60240 respiratorių per metus yra sunaudojama 272,77 kg VestamidTM L1670 (poliamido 12), 2,72 kg poliamido 6/6, 22,15 kg skruzdžių rūgšties, 90,36 kg elastinių juostelių ir 37,08 kg nosies spaustukų. Respiratorių gamybos metu likęs nepanaudotas pluoštas (90,36 kg/m) ir apsauginės pirštinės (10,04 kg/m) sudaro pagrindines atliekas. Numatyta, kad atliekos bus tvarkomo sausumos deginimo būdu. Pluošto gamybos metu į aplinką išleidžiamas labai mažas kiekis skruzdžių rūgšties garų, dėl darbuotojų saugumo, garai kontroliuojami aktyvintos anglies filtrais, įrengtais oro

nutraukimo sistemoje virš įrenginių. Įmonės technologiniai įrenginiai per metus sunaudoja 64389 kWh elektros energijos, kurios didžiąsą dalį sudaro elektroverpimo prietaisai. Vanduo projektuojamoje įmonėje naudojamas tik buitiniams tikslams. Per metus susidaro 112,95 m³ nuotekų.

4. Darbuotojų sauga ir sveikata

4.1. Projektuojamo objekto charakteristika

AB „Kaukleta“ – besikurianti įmonė, būsima įmonės veikla – filtruojančiųjų pluoštų ir respiratorių gamyba. Įmonė yra Kauno mieste, Petrašiūnų seniūnijoje, Draugystės g. 15D. Pluoštų gamybai naudojami Vestamid® L1670 (poliamidas 12), poliamidas 6,6 ir 98 % koncentracijos skruzdžių rūgštis. Respiratorių gamybai perkami nosies spaustukai ir elastingos juostelės. Kadangi gamyboje naudojama didelės koncentracijos rūgštis priskiriamas 300 metrų sanitarinės apsaugos zonos dydis [65].

4.2. Profesinės rizikos vertinimas

Profesinės rizikos vertinimo tikslas yra nustatyti ir įvertinti esamą ar galimą riziką darbe, ją pašalinti, o jei negalima pašalinti, įdiegti prevencijos priemones, kad darbuotojai būtų apsaugoti nuo rizikos arba ji būtų kiek įmanoma sumažinta [66].

Rizikos vertinimas atliekamas visose darbo vietose (esančiose statinyje ar lauke, nuolatinėse, laikinose (įskaitant esančias kitose įmonėse), mobiliose) ar kitose įmonės vietose, kur darbuotojas gali būti darbo laiku. Atliekant rizikos vertinimą, darbdavys užtikrina įprastinę darbo ar technologinio proceso eigą, darbo priemonių naudojimą jų gamintojo nurodytomis sąlygomis. Vertinant riziką atsižvelgiama į visų asmenų, esančių ar galinčių būti įmonėje, jos padaliniuose ar mobiliuose objektuose: nuolat ir laikinai dirbančių, atliekančių praktiką, komandiruočių asmenų, rangovų, subrangovų, trečiųjų asmenų bei lankytojų, veiklą [66].

Rizikos vertinimas atliekamas dalyvaujant darbuotojams ar jų atstovams, darbuotojų atstovams saugai ir sveikatai. Iš darbuotojų renkama ir apibendrinama informacija apie pavojingus įvykius ir rizikos veiksnius, esamus ar galinčius atsirasti jų darbo vietose. Su darbuotojais arba darbuotojų atstovais saugai ir sveikai aptariamoms numatomoms rizikos šalinimo ir mažinimo priemonėms ir nustatomas taikomų priemonių veiksmingumas bei tinkamumas [66].

Atliekant rizikos vertinimą visuose etapuose vadovaujasi darbuotojų saugos ir sveikatos norminiais teisės aktais, darbo įrenginių gamintojų pateiktais įrenginių dokumentais bei atitinkamais standartais, rekomendacijomis [66].

Suprojektuota įmonė nėra veikianti, tad toliau nustatomi tik galimi rizikos veiksniai neišmatavus jų dydžio.

Profesinės rizikos vertinimas atliekamas vadovaujantis Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro, Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro ir Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2018 m. gegužės 1 d. įstatymu Nr. A1-457/V-961. PROFESINĖS RIZIKOS VERTINIMO NUOSTATAI.

Įmonėje gali triukšmo gali pasireikšti cheminiai, fizikiniai, fiziniai ir ergonominiai veiksniai [66]:

- Chemini veiksnys – cheminis elementas ar junginys, grynas ar mišinyje, egzistuojantis natūraliai arba gaminamas, naudojamas arba išskiriamas į aplinką, įskaitant atliekas, bet kokio darbo proceso metu, pagamintas tikslingai ar ne, teikiamas rinkai ar ne;

- Fizikinis veiksnys – veiksnys, kurio pagrindą sudaro fizikinių substancijų kitimai aplinkoje;
- Fizinis veiksnys – veiksnys, kuris kelia pavojų dėl netinkamo darbo vietos įrengimo, darbo priemonių, jų judančių dalių, kėlimo įrangos, keliamo krovinio, transporto priemonių, krentančių daiktų fizinio poveikio, taip pat dėl galimo sprogo, gaisro, statinių stabilumo ir tvirtumo neužtikrinimo;
- Ergonominis veiksnys – veiksnys, kurio pagrindą sudaro fizinio darbo krūvis ir įtampa bei darbo vietos pritaikymas darbuotojo galimybės;

Profesinės rizikos indentifikavimo rezultatai pateikti 4.1 lentelėje.

4.1 lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir prevencinių priemonių nustatymas [67–73]

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei sagai ir sveikatai	Rizikos veiksnio atsiradimo ar veikimo vieta	Rizikos veiksnio leidžiamas dydis (lygis), ribinė vertė matavimo vienetas	Rizikos veiksnio poveikio trukmė, dažnis	Prevencijos priemonių būtinumas
Fizikiniai veiksniai				
Triukšmas	Respiratorių gamybos zona	Triukšmo poveikio dydis per dieną: Viršutinė ekspozicijos vertė: LEX, 8h = 85 dBA ir atitinkamai $p_{peak}=140$ Pa(137 dB, kai pamatinis slėgis 20 μ Pa).	8 valandos	Ausų kištukai, garsą slopinančios ausinės
Darbo vietos apšvietimas	Koridoriai	200 lx	8 valandos	Įrengti šviestuvai
	Poilsio zona ir WC	200 lx	8 valandos	Įrengti šviestuvai
	Pluošto gamybos zona	200 lx	8 valandos	Įrengti šviestuvai
	Respiratorių gamybos zona	500 lx	8 valandos	Įrengti šviestuvai
	Sandėliavimo zona	200 lx	8 valandos	Įrengti šviestuvai
	Laboratorija	500 lx	8 valandos	Įrengti šviestuvai
	Lauko laiptai	100 lx	8 valandos	Įrengti šviestuvai
Šiluminė aplinka	Gamybines patalpas	Šaltuoju metų laikotarpiu 20 – 24 °C ir > 75 % oro santykinis drėgnumas. Šaltuoju metų laikotarpiu 21 – 28 °C ir > 75 % oro santykinis drėgnumas	8 valandos	Įrengta kondicionierius, centrinis šildymas
	Poilsio kambarys, laboratorija ir tualetai	Šaltuoju metų laikotarpiu 21 – 25 °C ir > 75 % oro santykinis drėgnumas. Šaltuoju metų laikotarpiu 22 – 28 °C ir > 75 % oro santykinis drėgnumas	8 valandos	Įrengtas centrinis šildymas

Fiziniai veiksniai				
Darbo vietos priešgaisrinis įrengimas	Laboratorija	-	8 valandos	Priešgaisrinė signalizacija, ABC gesintuvai
	Pluošto gamybos zona	-	8 valandos	Priešgaisrinė signalizacija, ABC gesintuvai
Elektros įtampa	Elektrinio verpimo prietaisuose generuojama 12-20 kV įtampa elektrinio lauko sudarymui	2 V, 0,3 mA	8 valandos	Įspėjamieji ženklai, prietaisų įžeminimas
Cheminiai veiksniai				
Naudojama kenksminga medžiaga, kurios trumpalaikis poveikis labai kenksmingas, sukelia ūminius arba lėtinius profesinius susirgimus – skruzdžių rūgštis	Laboratorija	Ilgalaikio poveikio ribinis dydis – 9 mg/m ³ , 5 ppm	8 valandos	Traukos spinta, asmeninės apsaugos priemonės
	Pluošto gamybos zona	Ilgalaikio poveikio ribinis dydis – 9 mg/m ³ , 5 ppm	8 valandos	Rizika priimtina, asmeninės apsaugos priemonės, oro nutraukimo sistema
Ergonominiai veiksniai				
Respiratorių gamybos zona	Kaukių gamintojas	Monotoniškas darbas	8 valandos	Pertraukėlės

Įmonėje naudojamų degių medžiagų gaisriniai pavojingumo rodikliai pateikti 4.2 lentelėje.

4.2 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai [74]

Medžiagos pavadinimas	Sunaudojama per pamainą, ml	Pliūpsnio temperatūra, °C	Sprogumo ribos		Savaiminio užsidegimo temperatūra, °C	Užsidegimo temperatūra, °C
			apatinė	viršutinė		
Skruzdžių rūgštis (98 % konc.)	36,17	49,5	-	-	528	-

Skruzdžių rūgštis laikoma laboratorijoje specialioje spintoje, tad patalpa ir spinta turi būti pažymėta specialiais įspėjamaisiais ženklais.

Įvertinus naudojamų medžiagų gaisrinio pavojingumo rodiklius, nustatomi patalpų bei pastato kategorijos pagal gaisro pavojų. Duomenys pateikti 4.3 lentelėje.

4.3 lentelė. Patalpų ir pastato kategorijos pagal gaisro pavojų [75]

Objekto, kuriam suteikiama kategorija klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas	Požymis, nulemiantis kategoriją, pavojingos vietos zoną	Kategorija, pavojingos vietos zona
Laboratorija	Degūs ir labai degūs skysčiai, degios ir sunkiadegės kietos medžiagos (taip pat dulkės ir pluoštas);	C _g
Pluošto gamybos zona		

	medžiagos, kurios dega tik sąveikaudamos su vandeniu, deguonimi ar viena su kita, jei patalpa nepriskiriama A_{sg} ir B_{sg} kategorijoms ir kai medžiagų naudojama tiek, kad gaisro apkrova patalpoje didesnė arba lygi 42 MJ/m ² .	
Pastatas	Kai pastatas nepriskiriamas A_{sg} ir B_{sg} , o pastate esančių A_{sg} , B_{sg} ir C_g kategorijų patalpų bendras plotas viršija 5 % pastato patalpų ploto arba 10 % pastato patalpų ploto, jei pastate nėra A_{sg} ir B_{sg} kategorijos patalpų. Leidžiama nepriskirti pastato C_g kategorijai, jeigu A_{sg} , B_{sg} ir C_g kategorijos patalpų bendras plotas neviršija 25 % pastato ploto (bet ne didesnis kaip 3500 m ²) ir šiose patalpose įrengiama stacionarioji gaisrų gesinimo sistema	C_g

4.3. Saugi gamyba

Kiekvienam darbuotojui privalo būti sudarytos saugios ir sveikatai nekenksmingos darbo sąlygos, neatsižvelgiant į įmonės veiklos rūšį, darbo sutarties rūšį, darbuotojų skaičių, įmonės rentabilumą, darbo vietą, darbo aplinką, darbo pobūdį, darbo dienos ar darbo pamainos trukmę, darbuotojo pilietybę, rasę, tautybę, lytį, seksualinę orientaciją, amžių, socialinę kilmę, politinius ar religinius įsitikinimus [76].

Elektros įrenginių eksploatavimo patalpos pagal elektros srovės pavojingumą skiriamos į tris pavojingumo klases [77]:

- Labai pavojinga patalpa;
- Pavojinga patalpa;
- Normali patalpa.

Pluošto gamybos zonoje naudojami elektrinio verpimo prietaisuose generuojama aukšta 12 – 20 kV įtampa. Prietaisuose nėra atvirų laidų, o atidarius verpimo kamerą, prieš tai neišjungus įtampos, suveikia saugiklis, kuris atjungia įtampą. Patalpoje nėra drėgmės ar kitų pavojingų veiksnių, dėl to zona priskiriama prie normalios (nepavojingos) patalpos. Kadangi naudojama aukšta įtampa visus prietaisus reikia įžemint.

4.4. Darbo higiena

Projektuojamoje įmonėje reikia užtikrinti, kad būtų laikomasi higienos normų. Įmonėje galimi cheminiai ir fizikiniai veiksniai.

Filtruojančiojo pluošto gamybai naudojama skruzdzių rūgštis. Ji naudojama kaip tirpiklis poliamidui 6,6, iš kurio formuojamas pluošto nano- sluoksnis. Polimero tirpalas paruošiamas laboratorijoje. Kadangi, yra galimybė įkvėpti nuodingų rūgšties garų, darbas su rūgštimi turi būti atliktas traukos spintoje. Siekiant išvengti cheminių nudegimų, darbuotojas turi dėvėti 0,65 mm storio chlorpreno apsaugines pirštines, akinius, veido skydelį bei drabužius [74]. Laboratorijoje paruoštas polimero tirpalas įtraukiamas į 10 ml švirkštą, prie kurio prijungiama 21 kalibro adata su teflonine žarnele. Švirkštas su tirpalu toliau naudojimas elektroveripimo procese. Dirbant su šiuo prietaisu, darbuotojui gali reikėti nuvalyti adatą proceso eigoje, todėl jis taip pat turi dėvėti prieš tai išvardintas asmens apsaugos priemones. Visi prietaisai per pamainą sunaudojama tik apie 36,17 ml tirpalo, tad patalpoje rūgšties koncentracija ore neviršytų leistinos ilgalaikio poveikio ribinio dydžio (IPRD) 9 mg/m³. Tačiau elektrinio verpimo įrenginiuose įrengta oro nutraukimo sistema, tad rūgšties garai nesikaupia patalpoje. Laboratorija ir joje esanti spinta su cheminėmis medžiagomis pažymima įspėjamaisiais ženklais (žr. 4.1 pav.).



4.1 pav. Įspėjamieji ženklai: A – lengvai užsideganti medžiaga, B – toksiška medžiaga, C – ėsdinančioji medžiaga [78]

Pirmosios pagalbos priemonės [74]:

- Nedelsiant nusivilkti visus užkrėstus drabužius. Pirmąją pagalbą teikiančio asmens apsaugos priemonės.
- Įkvėpus – Nedelsiant kreiptis į gydytoją. Pasireiškus kvėpavimo sutrikimams arba sustojus kvėpavimui daryti dirbtinį kvėpavimą.
- Patekus ant odos, nedelsiant gerai nuplauti dideliu kiekiu vandens. Reikia nedelsiant kreiptis į gydytoją, nes negydomų nudegimų vietose atsiras sunkiai gyjančios žaizdos.
- Po sąlyčio su akimis atmerktas akis nedelsiant 10 – 15 minučių skalauti tekančiu vandeniu bei kreiptis į gydytoją.
- Prarijus nedelsiant išskalauti burną ir išgerti daug vandens. Praskalauti burną vandeniu (jei nukentėjusysis turi sąmonę). Nedelsiant kreiptis į gydytoją. Nurijus kyla stemplės ir skrandžio perforacijos pavojus (stiprus ėsdinantis poveikis)

Projektuojamoje įmonėje, priklausomai nuo darbo tipo, yra įrengtas tinkamas apšvietimas. Remiantis Lietuvos higienos normomis HN 98 : 2014, įmonėje planuojama įrengti 200 lx apšvietimą užtikrinančius šviestuvus koridoriuose, pluošto gamybos, sandėliavimo ir poilsio zonose bei tualetuose. Kadangi, respiratorių gamybos zonoje ir laboratorijoje bus atliekami darbai reikalaujantys tikslumo, šiose erdvėse yra įrengtas 500 lx apšvietimas. Lauko laiptų apšvietimui reikalingas mažiausias apšvietimas – 100 lx.

Pluošto gamybos zonoje pasirinktas 200 lx apšvietimas, nes pačiuose prietaisuose yra įrengti šviestuvai, apšviečiantys visą darbo kamerą.

Vertinat įrenginių keliamą triukšmą, būtina vadovautis Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatais, kuriose nurodomos kasdieninio triukšmo (ekspozicijos) lygio ($L_{EX, 8h}$) tokio norminės vertės:

- Ribinė ekspozicijos vertė $L_{EX, 8h} = 87$ dBA;
- Viršutinė ekspozicijos vertė veiksmams pradėti $L_{EX, 8h} = 85$ dBA;
- Apatinė ekspozicijos vertė veiksmams pradėti $L_{EX, 8h} = 80$ dBA;

Prieš įmonei pradedant veiklą turi būti įvertinti visi rizikos veiksniai ir parengtos tinkamos prevencijos priemonės bei patikrintas jų veiksmingumas

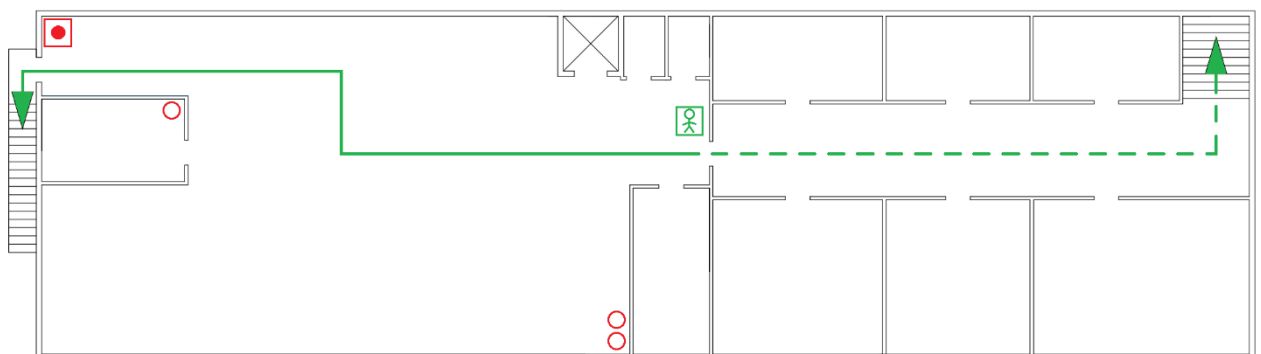
4.5. Gaisrinė sauga

Pagrindiniai pastatų, statinių ir technologinių įrenginių statybos, eksploatacijos ir techninio pertvarkymo gaisrinės saugos reikalavimai nurodyti Bendrosiose priešgaisrinės saugos ir Gaisrinės saugos pagrindinių reikalavimų taisyklėse.

Projektuojant pastatus bei patalpas, reikia numatyti žmonių evakuacinius išėjimus iš patalpų. Iš kiekvieno pastato aukšto turi būti ne mažiau kaip du evakuaciniai išėjimai. Koridoriuose, laiptinėse ir ant evakuacijos keliuose esančių durų turi būti evakuacijos kryptį nurodantys ženklai. Evakuaciniai keliai turi būti neapkrauti ir paruošti žmonėms evakuoti. Evakuacijos kelyje esančios durys turi atsidaryti iš vidaus į išorę [75]. Projektuojamos įmonės evakuacinis planas pavaizduotas 4.2 pav., o plano sutartiniai ženklai apibūdinti 4.4 lentelėje.






Projektuojamoje įmonėje gali kilti „B“ tipo gaisras. Jo metu dega skystosios arba galinčios suskystėti kietosios medžiagos, šiuo atveju skruzdžių rūgštis. Šio tipo gaisras efektyviausiai gesinamas ABC arba BC tipo miltelių gesintuvais [70]. Todėl įmonėje parinkti ABC tipo gesintuvai.

C_g klasės patalpose užimančiose 400 m² reikalingi 3 4 kg gesintuvai [70]. Projektuojamos įmonės plotas 293,29 m², todėl joje turi būti trys 4 kg gesintuvai. Gesintuvai išdėstyti taip – 1 ABC tipo laboratorijoje ir 2 ABC tipo pluošto gamybos zonoje. Įrengta gaisro signalizacija tose pačiose patalpose kur yra gesintuvai.



4.2 pav. Evakuacinis planas iš pastato antro aukšto

4.4 lentelė. Evakuacinio plano sutartiniai ženklai [70]

Ženklas	Reikšmė	Kontūro spalva	Fono spalva
	Jūs esate čia (plano vieta)	Žalia	Balta
	Pagrindinis evakuacijos kelias	Žalia	-
	Atsarginis evakuacijos kelias	Žalia	-
	Gesintuvas	Raudona	Balta
	Gaisro signalizacijos jungiklis	Raudona	Balta

Rekomendacijos

Filtruojančiojo mikro/nano sluoksnio gamybai rekomenduojama:

1. lydalo elektroverpimui naudoti VestamidTM L1670, o tirpalo elektroverpimui poliamidą 6/6
2. VestamidTM L1670 prieš filamentu ruošimą ir jo naudojamą lydalo elektroverpimui džiovinti vakuume 24 valandas, esant 60 °C temperatūrai. Svarbu pašalinti polimere susikaupusią drėgmę (gali sugerti 1,4 % drėgmės), tam kad elektrinio verpimo procesas vyktų sklandžiai
3. filtruojantį sluoksnį gaminti naudojant elektrinio verpimo metodus atskirai. Lydalo elektroverpimo metodu pagaminti mikrogijų pagrindą, jį termomechaniškai apdoroti (140 °C temperatūra) ir padengti nanosluoksniu, naudojant tirpalo elektroverpimą.

Elektroverpimą atlikti tokiomis sąlygomis:

- lydalo elektroverpimas – 300 °C kaitinimo bloko temperatūra, 0,4 mm antgalis, 0,57 g/10 min filamentu tiekimo greitis, 2 cm atstumas tarp antgalio ir kolektoriaus bei 16 kV įtampa. Procesas vykdomas 30 min.;
 - tirpalo elektroverpimas – 20 kV įtampa, 21 kalibro adata, 2 mm/h debitas. Procesas vykdomas 30 min.
4. Filtrą sluoksniuoti iš dviejų mikro/nano filtruojančių pluoštų. Juos tarpusavyje surišti termomechaniškai (presuoti 2 sekundes 140 °C temperatūra).

Išvados

1. Naudojant lydalo ir tirpalo elektroverpimo technologijų kombinaciją, suformuotas nano/mikro pluoštų sluoksnis. Nustatyta, kad geriausiomis morfologinėmis ir mechaninėmis savybėmis pasižymi pluoštas, pagamintas iš VestamidTM L1670 lydalo ir PA 6/6 (15 % masė/tūris ištirpintas skruzdžių rūgštyje (98 % konc.)) tirpalo, esant tokioms sąlygoms:
 - lydalo elektroverpimas – 300 °C kaitinimo bloko temperatūra, 0,4 mm antgalis, 0,57 g/10 min filamento tiekimo greitis, 2 cm atstumas tarp antgalio ir kolektoriaus bei 16 kV įtampa;
 - tirpalo elektroverpimas – 20 kV įtampa, 21 kalibro adata, 2 mm/h debitas.
 - elektrinis verpimas atliekamas pirmiausia paruošiant mikropluošto pagrindą, lydalo elektroverpimo metodu (30 min), tada jį termomechaniškai apdorojant (140 °C) ir, naudojant tirpalo elektroverpimą (30 min), padengiant nanosluoksniu.
2. Ištirta, kad perlenkus nano/mikro pluoštą ir jį apdorojus termomechaniškai persu (140 °C) galima pagerinti filtravimo savybes. Filtras tampa atsparesnis mechaniniam poveikiui, sunkiau išyra.
3. Nustatyta kad pagamintas nano/mikro pluoštas pasižymėjo FFP1 respiratoriaus standarto klasės efektyvumu (85 % ir 29 Pa), o jį perlenkus ir termomechaniškai apdorojus pasiektas FFP2 klasės efektyvumas (96 % ir 120 Pa). Toks suformuotas pluoštas yra tinkamas FFP2 klasės respiratorių gamybai
4. Suprojektuota gamykla, kuri per metus pagamina 60240 respiratorius per metus
5. Finansinių ir ekonominių skaičiavimų metu nustatyta, kad:
 - Investicijos atsipirks po 4,99 metų;
 - Pelningumo indeksas yra 1,01. Tai reiškia kad įmonė pelninga;
 - Reikia pagaminti ir parduoti 67415 respiratorius, kad būtų pasiektas lūžio taškas, t.y. būtų padengti pastovūs kaštai ir įmonės veikla taptų pelninga.
6. Įvertinta projektuojamos įmonės darbų sauga ir nustatytas jos poveikis aplinkai.

Literatūros sąrašas

1. QINGYAN, P., et al. Preparation of electrosprayed composite coated microporous filter for particulate matter capture. *Nano Select* [interaktyvus]. 2022, **3**(3), 555–566 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1002/nano.202100186](https://doi.org/10.1002/nano.202100186).
2. ANDERSON, J. O., et al. Clearing the Air: A Review of the Effects of Particulate Matter Air Pollution on Human Health. *Journal of Medical Toxicology* [interaktyvus]. 2012, **8**(2), 166–175 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1007/s13181-011-0203-1](https://doi.org/10.1007/s13181-011-0203-1).
3. LIU, Chong, et al. Transparent air filter for high-efficiency PM 2.5 capture, *Nature Communications* [interaktyvus]. 2015, **6**(1), 6205–6205 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1038/ncomms7205](https://doi.org/10.1038/ncomms7205).
4. LIU, Hui, et al. Transparent Antibacterial Nanofiber Air Filters with Highly Efficient Moisture Resistance for Sustainable Particulate Matter Capture. *iScience* [interaktyvus]. 19, 214–223 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1016/j.isci.2019.07.020](https://doi.org/10.1016/j.isci.2019.07.020).
5. ROGERS, K. Pandemic. *Encyclopedia Britannica* [interaktyvus]. 2022 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per internetą: <https://www.britannica.com/science/pandemic>
6. ROYCHOUDHURY, S., et al. Viral pandemics of the last four decades: Pathophysiology, health impacts and perspectives. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [interaktyvus]. 2020, **17**(24), 9411 [žiūrėta 2022-05-30]. ISSN: 1661-7827. Prieiga per doi: [10.3390/ijerph17249411](https://doi.org/10.3390/ijerph17249411).
7. LYU, C., et al. Electrospinning of nanofibrous membrane and its applications in air filtration: A review. *Nanomaterials* [interaktyvus]. 2021, **11**(6), 1501 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.3390/nano11061501](https://doi.org/10.3390/nano11061501).
8. YUANQIANG, X., et al. Micro/nanofibrous nonwovens with high filtration performance and radiative heat dissipation property for personal protective face mask. *Chemical Engineering Journal* [interaktyvus]. 2021, 423, 130175–130175 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1016/j.cej.2021.130175](https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.130175).
9. ANKUN, Y., et al. Thermal Management in Nanofiber-Based Face Mask. *Nano Letters* [interaktyvus]. 2017, **17**(6), 3506–3510 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1021/acs.nanolett.7b00579](https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.7b00579).
10. JIAXIN, C., et al. Flexible and transparent composite nanofibre membrane that was fabricated via a ‘green’ electrospinning method for efficient particulate matter 2.5 capture. *Journal of Colloid and Interface Science* [interaktyvus]. 2021, 582, 506–514 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1016/j.jcis.2020.08.075](https://doi.org/10.1016/j.jcis.2020.08.075).
11. ,VINOD, V., et al. Electrospun nanofibre materials to filter air pollutants – A review. *Journal of Industrial Textiles* [interaktyvus]. 2018, **47**(8), 2253–2280 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1177/1528083716676812](https://doi.org/10.1177/1528083716676812).
12. TCHARKHTCHI, A., et al. An overview of filtration efficiency through the masks: Mechanisms of the aerosols penetration. *Bioactive Materials* [interaktyvus]. 2020, 6(1), 106–122 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1016/j.bioactmat.2020.08.002](https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2020.08.002).
13. LI, D., et al. Facial protection in the era of COVID-19: A narrative review. *Oral Diseases* [interaktyvus]. 2021, **7**(S3), 665–673 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1111/odi.13460](https://doi.org/10.1111/odi.13460).

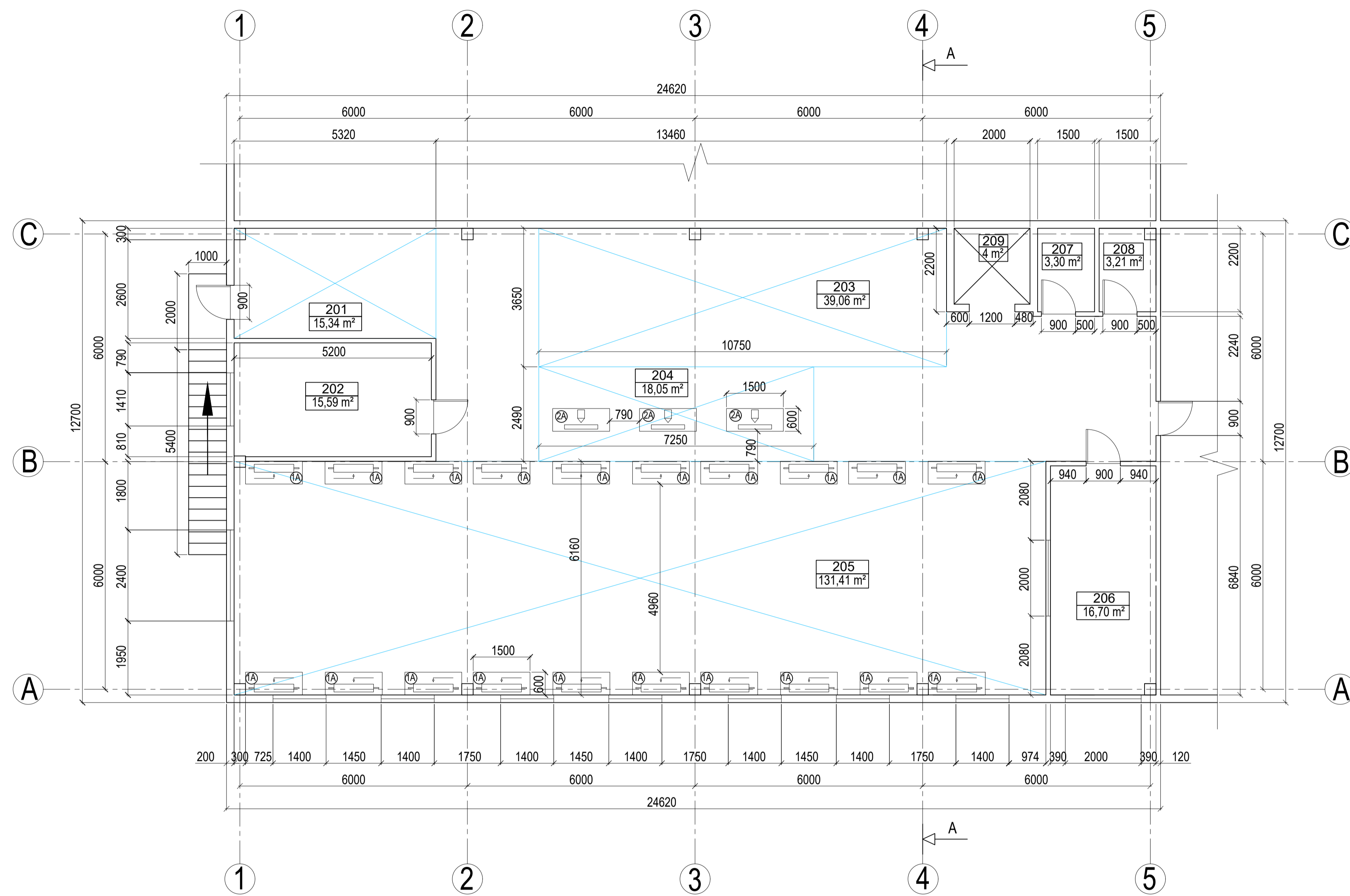
14. Essa, W. K., et al. Nanofiber-based face masks and respirators as covid-19 protection: A review. *Membranes* [interaktyvus].2021, **11**(4), 250 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.3390/membranes11040250](https://doi.org/10.3390/membranes11040250).
15. Wang, W., et al. Comparison of filtration efficiency and respiratory resistance of COVID-19 protective mask by multi-national standards. *American Journal of Infection Control* [interaktyvus]. 2022, vol. 50, 516-524, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1016/j.ajic.2022.02.009](https://doi.org/10.1016/j.ajic.2022.02.009).
16. VITTORIO, C., et al. COVID-19 Dentistry-Related Aspects: A Literature Overview. *International Dental Journal* [interaktyvus].2021, **71**(1), 21–26 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1111/idj.12601](https://doi.org/10.1111/idj.12601).
17. ILARIA, A., et al. Polymer Materials for Respiratory Protection: Processing, End Use, and Testing Methods. *ACS Applied Polymer Materials* [interaktyvus].2021, **3**(2), 531–548 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1021/acsapm.0c01151](https://doi.org/10.1021/acsapm.0c01151).
18. ADANUR, S., and A. JAYSWAL. Filtration mechanisms and manufacturing methods of face masks: An overview. *Journal of Industrial Textiles* [interaktyvus].2021, **0**(0), 1–35 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1177/1528083720980169](https://doi.org/10.1177/1528083720980169).
19. DRABEK, J., and M., ZATLOUKAL. Meltblown technology for production of polymeric microfibers/nanofibers: A review. *Physics of Fluids* [interaktyvus].2019, 31, 1–27 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1063/1.5116336](https://doi.org/10.1063/1.5116336).
20. DRABEK, J., and M., ZATLOUKAL. Influence of long chain branching on fiber diameter distribution for polypropylene nonwovens produced by melt blown process. *Journal of Rheology* [interaktyvus].2019, 63, 519-532 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1122/1.5048585](https://doi.org/10.1122/1.5048585).
21. ELLISON, C. J., et al. Melt blown nanofibers: Fiber diameter distributions and onset of fiber breakup. *Polymer (Guildf)* [interaktyvus].2007, **48**(20), 6180–6180 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1016/j.polymer.2007.04.005](https://doi.org/10.1016/j.polymer.2007.04.005).
22. RAO, R. S., and R. L., SHAMBAUGH. Vibration and Stability in the Melt Blowing Process. *American Chemical Society* [interaktyvus].1993, 32, 3100–3111 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1021/ie00024a020](https://doi.org/10.1021/ie00024a020).
23. CHEN, T., et al. Numerical computation of the fiber diameter of melt blown nonwovens produced by the inset die. *Journal of Applied Polymer Science* [interaktyvus]. 2009, **111**(4), 1775–1779 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1002/app.28611](https://doi.org/10.1002/app.28611).
24. XIE, S., and Z., Youngchun. A geometry method for calculating the fiber diameter reduction in melt blowing. *Advanced Materials Research* [interaktyvus]. 2014, 893, 87–90 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.4028/www.scientific.net/AMR.893.87](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.893.87).
25. XIE, S., et al. Influence of die geometry on fiber motion and fiber attenuation in the melt-blowing process. *Industrial and Engineering Chemistry Research* [interaktyvus]. 2014, **53**(32) 12866–12871 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1021/ie5025529](https://doi.org/10.1021/ie5025529).
26. SHAMBAUGH, B. R., et al. Modifying air fields to improve melt blowing. *Industrial and Engineering Chemistry Research* [interaktyvus]. 2012, **51**(8), 3472–3482 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1021/ie202501u](https://doi.org/10.1021/ie202501u).
27. JARECKI, L. et al. Dynamics of air drawing in the melt blowing of nonwovens from isotactic polypropylene by computer modeling. *Journal of Applied Polymer Science* [interaktyvus]. 2011, **119**(1), 53–65 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1002/app.31973](https://doi.org/10.1002/app.31973).

28. MIDHA, V. K., and A. DAKURI. Spun bonding Technology and Fabric Properties: a Review. *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology* [interaktyvus]. 2017, **1**(4) [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.15406/jteft.2017.01.00023](https://doi.org/10.15406/jteft.2017.01.00023).
29. ANGAMMANAA, C., and S. H., JAYARAM. Fundamentals of electrospinning and processing technologies. *Particulate Science and Technology* [interaktyvus]. 2016, **34**(1), 72–82 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1080/02726351.2015.1043678](https://doi.org/10.1080/02726351.2015.1043678).
30. BROWN, T. D., et al. Melt electrospinning today: An opportune time for an emerging polymer process. *Progress in Polymer Science* [interaktyvus]. 2016, 56. 116–166, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1016/j.progpolymsci.2016.01.001](https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2016.01.001).
31. ZHANG, Li-Hua et al. Recent advances in melt electrospinning. *RSC Advances* [interaktyvus]. 2016, **6**(58) 53400–53414, 2016. doi: [10.1039/c6ra09558e](https://doi.org/10.1039/c6ra09558e).
32. AHMED, F. E., et al. A review on electrospinning for membrane fabrication: Challenges and applications, *Desalination* [interaktyvus]. Elsevier, January 2015, vol. 356, 15–30 [žiūrėta 2022-05-30]. ISSN: 0011-9164. Prieiga per doi: [10.1016/j.desal.2014.09.033](https://doi.org/10.1016/j.desal.2014.09.033).
33. GAO, H., et al. A low filtration resistance three-dimensional composite membrane fabricated via free surface electrospinning for effective PM2.5 capture. *Environmental Science: Nano* [interaktyvus]. 2017, vol. **4**(4), 864–875, [žiūrėta 2022-05-30]. ISSN: 2051-8153. Prieiga per doi: [10.1039/c6en00696e](https://doi.org/10.1039/c6en00696e).
34. STRAIN, I. N. Et al. Electrospinning of recycled PET to generate tough mesomorphic fibre membranes for smoke filtration. *Journal of Materials Chemistry A* [interaktyvus]. 2015, vol. **3**(4) 1632–1640, [žiūrėta 2022-05-30]. ISSN: 2050-7488. Prieiga per doi: [10.1039/c4ta06191h](https://doi.org/10.1039/c4ta06191h).
35. QIN, Xiao-Hong and WANG, Shan-Yuan. Filtration properties of electrospinning nanofibers. *Journal of Applied Polymer Science* [interaktyvus]. 2006, vol **102**(2), 1285–1290, [žiūrėta 2022-05-30]. ISSN: 0021-8995. Prieiga per doi: [10.1002/app.24361](https://doi.org/10.1002/app.24361).
36. NATARAJ, S. K. et al. Polyacrylonitrile-based nanofibers - A state-of-the-art review. *Progress in Polymer Science (Oxford)* [interaktyvus]. 2012, vol. **37**(3), 487–513, [žiūrėta 2022-05-30]. ISSN: 0079-6700. Prieiga per doi: [10.1016/j.progpolymsci.2011.07.001](https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2011.07.001).
37. SAMBAER, Wannes et al. 3D modeling of filtration process via polyurethane nanofiber based nonwoven filters prepared by electrospinning process. *Chemical Engineering Science* [interaktyvus]. 2011, vol. **66**(4), 613–623, [žiūrėta 2022-05-30]. ISSN: 0009-2509. Prieiga per doi: [10.1016/j.ces.2010.10.035](https://doi.org/10.1016/j.ces.2010.10.035).
38. CHENG, Zhiqiang et al. Novel transparent nano-pattern window screen for effective air filtration by electrospinning. *Materials Letters* [interaktyvus]. Elsevier, June 2018, vol . **221**, 157–160 [žiūrėta 2022-05-30]. SSN: 0167-577X. Prieiga per doi: [10.1016/j.matlet.2018.03.110](https://doi.org/10.1016/j.matlet.2018.03.110).
39. CHOI, Hyuan-Jin et al. Filtration properties of nanofiber/microfiber mixed filter and prediction of its performance. *Aerosol and Air Quality Research* [interaktyvus]. 2017, vol. **17**(4), 1052–1062, [žiūrėta 2022-05-30]. ISSN: 1680-8584. Prieiga per doi: [10.4209/aaqr.2016.06.0256](https://doi.org/10.4209/aaqr.2016.06.0256).
40. Buivydienė, Dalia et al. Composite micro/nano fibrous air filter by simultaneous melt and solution electrospinning. *Journal of Aerosol Science* [interaktyvus]. 2021, vol. **154**, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1016/j.jaerosci.2021.105754](https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2021.105754).
41. WOON-FONG LEUNG, Wallace et al. Effect of face velocity, nanofiber packing density and thickness on filtration. *Seperation and Purification Technlogy* [interaktyvus]. 2010, vol. **74**, 30–37 [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1016/j.seppur.2009.10.017](https://doi.org/10.1016/j.seppur.2009.10.017).

42. BALGIS, Ratna et al. Synthesis of Dual-Size Cellulose-Polyvinylpyrrolidone Nanofiber Composites via One-Step Electrospinning Method for High-Performance Air Filter. *Langmuir* [interaktyvus]. 2017, vol. **33**(24), 6127–6234, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1021/acs.langmuir.7b01193](https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.7b01193).
43. LV, Dan et al. Green Electrospun Nanofibers and Their Application in Air Filtration. *Macromolecular Materials and Engineering* [interaktyvus]. Wiley-VCH Verlag, December 2018, vol. **303**(12), [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1002/mame.201800336](https://doi.org/10.1002/mame.201800336).
44. Vestamid® L1670 duomenų lapas. Campus plastics. Prieiga per internetą: <https://www.campusplastics.com/campus/en/datasheet/VESTAMID%C2%AE+L1670/Evonik+Operations+GmbH/66/91a33ce8>
45. JOSE, Seno et al. Thermal degradation and crystallisation studies of reactively compatibilised polymer blends. *Polymer Degradation and Stability* [interaktyvus]. 2008, vol. **93**(6), 1176–1187, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1016/j.polymdegradstab.2008.03.001](https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2008.03.001).
46. Buivydienė, Dalia et al. Formation and characterisation of air filter material printed by melt electrospinning. *Journal of Aerosol Science* [interaktyvus]. 2019, vol. **131**, 48-63, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1016/j.jaerosci.2019.03.003](https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2019.03.003).
47. DETTA, Nicola et al. Melt electrospinning of polycaprolactone and its blends with poly(ethylene glycol). *Polymer International* [interaktyvus]. 2010, vol. **59**(11), 1558–1562, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1002/pi.2954](https://doi.org/10.1002/pi.2954).
48. LYONS, Jason et al. Melt-electrospinning part I: Processing parameters and geometric properties. *Polymer (Guildf)* [interaktyvus]. 2004, vol. **45**(22), 7597–7603, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1016/j.polymer.2004.08.071](https://doi.org/10.1016/j.polymer.2004.08.071).
49. CHEN, Mingjun, et al., Polymer melt differential electrospinning from a linear slot spinneret. *Journal of Applied Polymer Science* [interaktyvus]. 2020, vol. **137**(31), [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1002/app.48922](https://doi.org/10.1002/app.48922).
50. NAZARI, T. and H. GARMABI. The effects of processing parameters on the morphology of PLA/PEG melt electrospun fibers. *Polymer International* [interaktyvus]. 2018, vol. **67**(2), 178–188, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1002/pi.5486](https://doi.org/10.1002/pi.5486).
51. BROWN, T. D., et. al Melt electrospinning of poly(ε-caprolactone) scaffolds: Phenomenological observations associated with collection and direct writing. *Materials Science and Engineering C* [interaktyvus]. 2015, vol. **45**, 698–708, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1016/j.msec.2014.07.034](https://doi.org/10.1016/j.msec.2014.07.034).
52. Li, X., et al. Investigation into Jet Motion and Fiber Properties Induced by Electric Fields in Melt Electrospinning. *Industrial and Engineering Chemistry Research* [interaktyvus]. vol. **59**(5), 2163–2170, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1021/acs.iecr.9b05465](https://doi.org/10.1021/acs.iecr.9b05465).
53. SHEN Y., et al. Structure regulation and properties of melt-electrospinning composite filter materials. *Fibers and Polymers* [interaktyvus] 2017, vol. **18**(8), 1568–1579, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1007/s12221-017-7172-1](https://doi.org/10.1007/s12221-017-7172-1).
54. Li, X., et al. Effect of oriented fiber membrane fabricated via needleless melt electrospinning on water filtration efficiency. *Desalination* [interaktyvus]. 2014, vol. **344**, 266–273, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1016/j.desal.2014.04.003](https://doi.org/10.1016/j.desal.2014.04.003).
55. NAZARI, T. and H. GARMABI. The effects of processing parameters on the morphology of PLA/PEG melt electrospun fibers. *Polymer International* [interaktyvus]. 2018, vol. **67**(2), 178–188, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1002/pi.5486](https://doi.org/10.1002/pi.5486).

56. SENTHIL, T., and S., ANANDHAN. Solution electrospinning of styrene-acrylonitrile random copolymer from dimethyl sulfoxide. *International Journal of Plastics Technology* [interaktyvus]. 2013, vol. **17**(2), 123–138, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: 10.1007/s12588-013-9053-9.
57. KO, J., et al., Fabrication of poly (ϵ -caprolactone) microfiber scaffolds with varying topography and mechanical properties for stem cell-based tissue engineering applications. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition* [interaktyvus]. 2014, vol. **25**(1), 1–17, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1080/09205063.2013.830913](https://doi.org/10.1080/09205063.2013.830913).
58. RAGHAVAN, P., et al. Electrospun polymer nanofibers: The booming cutting edge technology,” *Reactive and Functional Polymers* [interaktyvus]. 2012, vol. **72**(12), 915–930, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1016/j.reactfunctpolym.2012.08.018](https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2012.08.018).
59. GUO, C., et al. Effects of Expandable Graphite and Modified Ammonium Polyphosphate on the Flame-Retardant and Mechanical Properties of Wood Flour-Polypropylene Composites. *Polymers & Polymer Composites* [interaktyvus]. 2013, vol 21(7), 449-456, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1177/0967391113302100706](https://doi.org/10.1177/0967391113302100706).
60. HAIDER, A., et al. A comprehensive review summarizing the effect of electrospinning parameters and potential applications of nanofibers in biomedical and biotechnology. *Arabian Journal of Chemistry* [interaktyvus]. Elsevier B.V, December 2018, vol. **11**(8), 1165–1188, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1016/j.arabjc.2015.11.015](https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2015.11.015).
61. IBRAHIM, H., M., and and A. KLINGNER. A review on electrospun polymeric nanofibers: Production parameters and potential applications. *Polymer Testing* [interaktyvus]. Elsevier Ltd, October 2020, vol. **90**, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per. doi: [10.1016/j.polymertesting.2020.106647](https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.106647).
62. LI, X., et al. Water filtration properties of novel composite membranes combining solution electrospinning and needleless melt electrospinning methods. *Journal of Applied Polymer Science* [interaktyvus]. 2015, vol. **132**(10), [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per. doi: [10.1002/app.41601](https://doi.org/10.1002/app.41601).
63. Buivydienė, Dalia, et al. Composite micro/nano fibrous air filter by simultaneous melt and solution electrospinning. *Journal of Aerosol Science* [interaktyvus]. 2021, vol **154**, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1016/j.jaerosci.2021.105754](https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2021.105754)
64. Wang, N et al. Multilevel structured polyacrylonitrile/silica nanofibrous membranes for high-performance air filtration. *Separation and Purification Technology* [interaktyvus]. 2014, vol. **126**, 44–51, [žiūrėta 2022-05-30]. Prieiga per doi: [10.1016/j.seppur.2014.02.017](https://doi.org/10.1016/j.seppur.2014.02.017).
65. Lietuvos Respublikos specialiųjų žemės naudojimo sąlygų įstatymas, 2019 m. birželio 6 d. Nr. XIII-2166. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/46c841f290cf11e98a8298567570d639/asr>
66. Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro, Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro ir Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2018 m. gegužės 1 d. įsakymas Nr. A1-457/V-961. Profesinės rizikos vertinimo nuostatai. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.435935?jfwid>
67. Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro įsakymas, 2014 m. lapkričio 1 d. Nr. V-520. Lietuvos higienos norma HN:2014. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.101854/asr>

68. Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ministro ir Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro įsakymas, 2013 m. lapkričio 1 d. Nr. A1-310/V-640. Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatai. Prieiga per internetą:
<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.254877/asr>
69. Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro įsakymas, 2003 m. gruodžio 24 d. Nr. V-770. Lietuvos higienos norma HN 69:2003. Prieiga per internetą:
<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.230880>
70. Priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamento prie vidaus reikalų ministerijos direktoriaus įsakymas, 2022 m. gegužės 1 d. Nr. 26-852. Bendrosios gaisrinės saugos taisyklės. Prieiga per internetą:
<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.250714/asr>
71. Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro ir Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro įsakymas, 2018 m. rugpjūčio 21 d. Nr. V-695/A1-272. Lietuvos Higienos norma HN 23:2011. Prieiga per internetą:
<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.405920/asr>
72. Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro ir Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro įsakymas, 2022 m. gegužės 1 d. Nr. A1-626/1933. Ergonominių profesinės rizikos veiksnių tyrimo metodiniai nurodymai. Prieiga per internetą:
<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.260443/asr>
73. Lietuvos Respublikos energetikos ministro įsakymas, 20210 m kovo 30 d. Nr. 1-100. Saugos eksploatuojant elektros įrenginius taisyklės. Prieiga per internetą:
<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.368840/asr>
74. Skruzdžių rūgšties (98 % konc) saugos duomenų lapas. Prieiga per internetą:
https://www.merckmillipore.com/INTL/en/product/msds/MDA_CHEM-100264?Origin=PDP
75. Priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamento prie vidaus reikalų ministerijos direktoriaus įsakymas, 2011 m. sausio 1 d. Nr. 1-338. Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai. Prieiga per internetą:
<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.388658/asr>
76. Lietuvos Respublikos darbuotojų saugo ir sveikatos įstatymas, 2003 m. liepos 1 d. Nr. IX-1672. Prieiga per internetą:
<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.215253/asr>
77. Lietuvos Respublikos energetikos ministro įsakymas, 2012 m. vasario 3 d. Nr. 1-22. Elektros įrenginių įrengimo bendrosios taisyklės. Prieiga per internetą:
<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.418124/asr>
78. Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministrės įsakymas, 1999 m. lapkričio 24 d. Nr. 95. Saugos ir sveikatos apsaugos ženklų naudojimo darbovietėse nuostatai. Prieiga per internetą:
<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.91610/asr>
79. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas, 1999 m. liepos 14 d. Nr. 217. Atliekų tvarkymo taisyklės. Prieiga per internetą:
<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.84302>

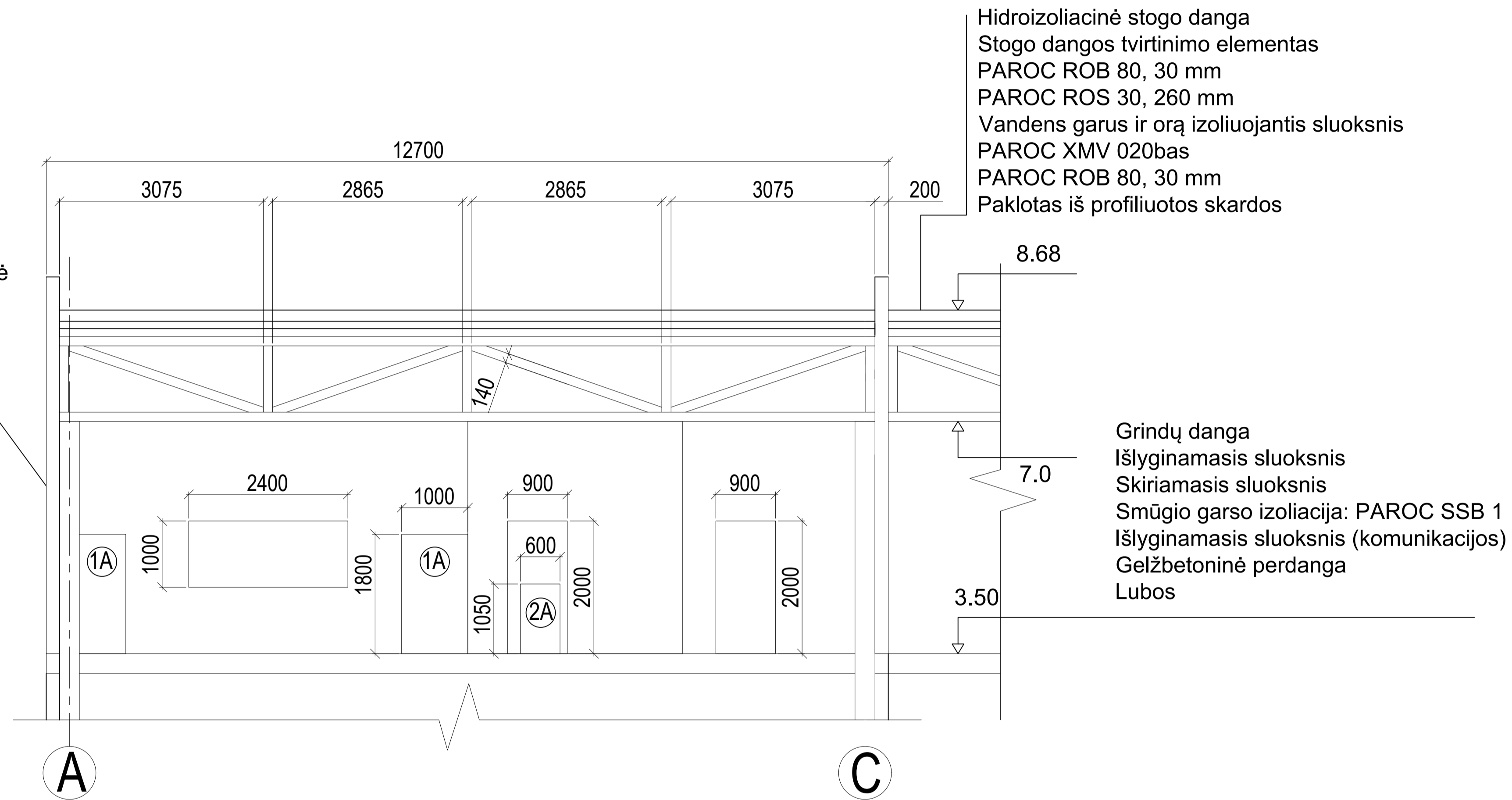


Eil. Nr.	Pavadinimas	Plotas, m ²
201	Koridorius	15,34
202	Laboratorija	15,59
203	Sandėliavimo zona	39,06
204	Respiratorių gamybos zona	18,05
205	Plušto gamybos zona	131,41
206	Poilsio zona	16,70
207	Moterų tualetas	3,30
208	Vyrų tualetas	3,21
209	Liftas	4,00

Eil. Nr.	Pavadinimas
1A	Elektrinio verpimo prietaisas
2A	Ultragarsinio sulydymo prietaisas

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas			Magistro baigiamasis darbas	
T MC-0	Studentas	Justinas Masionis	2022-05-20	Mikro/nano filtruojančio sluoksnio gamybos technologija	
	Vadovas	Edvinas Krugly	2022-05-20		
	Konsult.	Odeta Viliūnienė	2022-05-20		
				Gamybinių patalpų planas	Laida
				Mastelis 1:75	0
Pr. etapas	Statybos technologijų katedra LT - 51367			2022-MBD-ST	Lapas/Lapų
MBD	Studentų 48, Kaunas				1 / 4

KS1150 TL
 Tipas: sieninė plokštė
 Šerdies storis: 200
 mm
 Izoliacinė šerdis: IPN
 putos

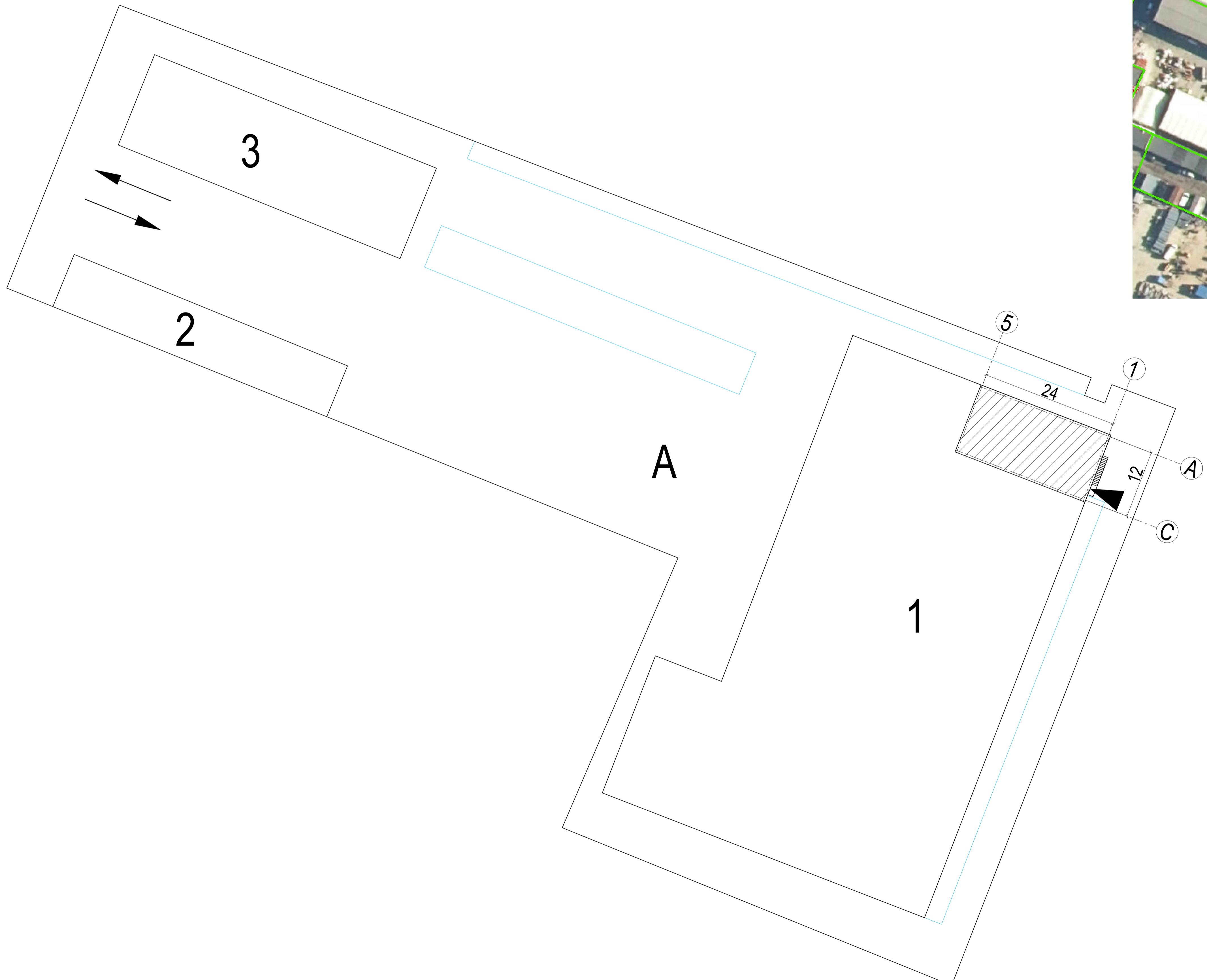
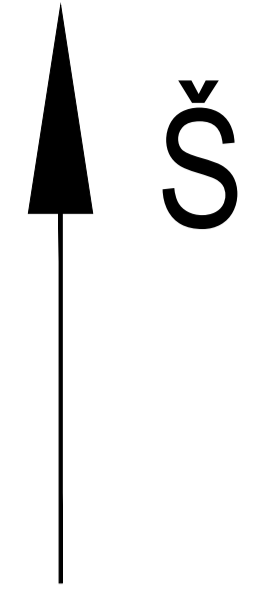


Hidroizoliacinė stogo danga
 Stogo dangos tvirtinimo elementas
 PAROC ROB 80, 30 mm
 PAROC ROS 30, 260 mm
 Vandens garus ir orą izoliuojantis sluoksnis
 PAROC XMV 020bas
 PAROC ROB 80, 30 mm
 Paklotas iš profiliuotos skardos

Grindų danga
 Išlyginamasis sluoksnis
 Skiriamasis sluoksnis
 Smūgio garso izoliacija: PAROC SSB 1
 Išlyginamasis sluoksnis (komunikacijos)
 Gelžbetoninė perdanga
 Lubos

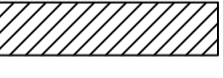



Eil. Nr.	Pavadinimas
1A	Elektrinio verpimo prietaisas
2A	Ultragarsinio sulydymo prietaisas

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas			Magistro baigiamasis darbas	
T MC-0	Studentas	Justinas Masionis	2022-05-20	Mikro/nano filtruojančio sluoksnio gamybos technologija	
	Vadovas	Edvinas Krugly	2022-05-20		
	Konsult.	Odeta Viliūnienė	2022-05-20		
				Gamybinių patalpų pjūvis Mastelis 1:50	Laida 0
Pr. etapas	Statybos technologijų katedra LT - 51367			2022-MBD-ST	LapasLapų
MBD	Studentų 48, Kaunas				2 4



Eil. Nr.	Pavadinimas
1	Pagrindinis pastatas
2	Pastatas
3	Pastatas

Sutartiniai žymėjimai

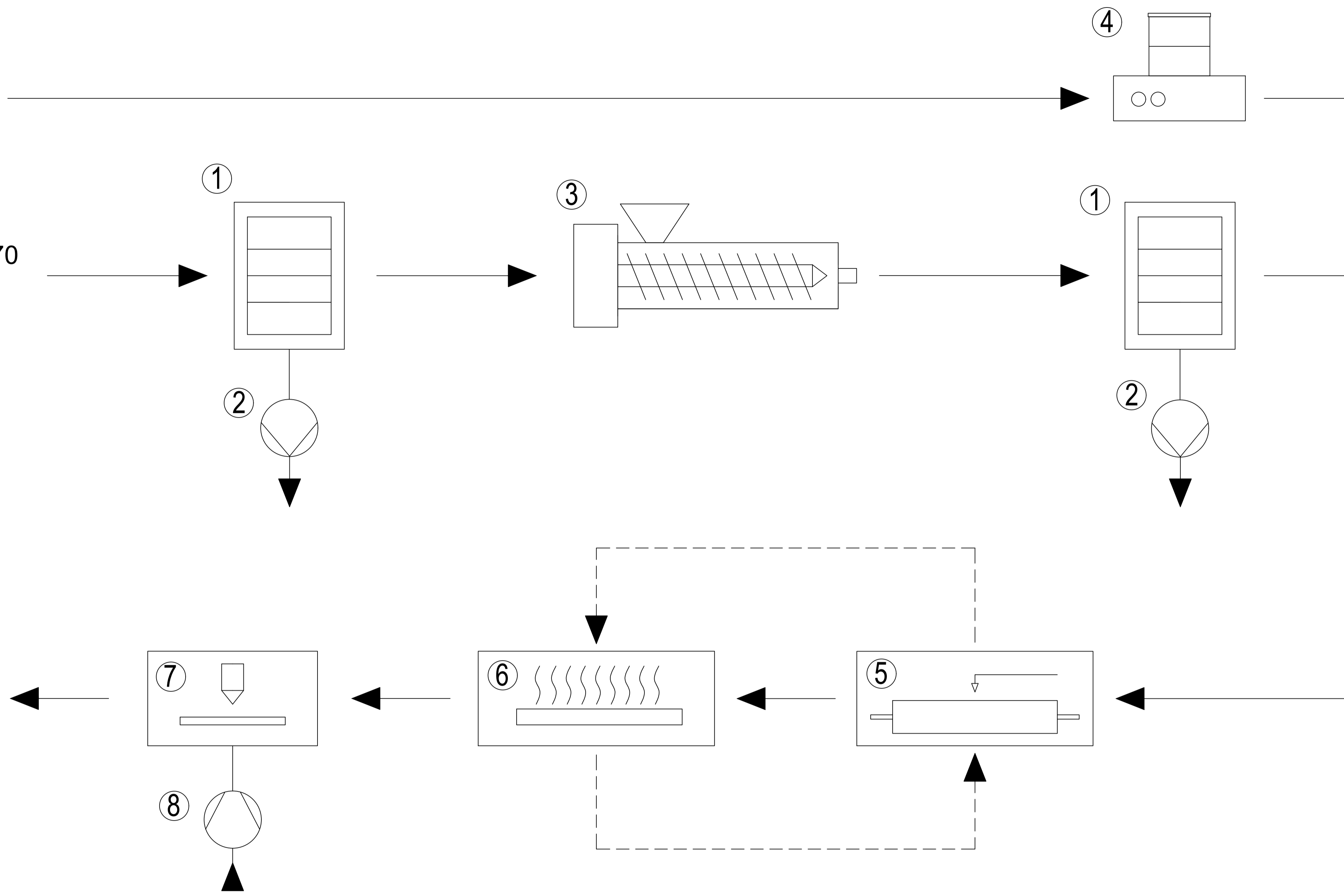
-  Nagrinėjama gamybinė patalpa
-  Stovėjimo aikštelė
- A** Asfaltas
-  Įėjimas, išėjimas
-  Įvažiavimas, išvažiavimas

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas			Magistro baigiamasis darbas	
T.MC-0	Studentas	Justinas Masionis	2022-05-20	Mikro/nano filtruojančio sluosnio gamybos technologija	
	Vadovas	Edvinas Krugly	2022-05-20		
	Konsult.	Odeta Viliūnienė	2022-05-20		
				Sklypo planas	Laida
				Mastelis 1:100	0
Pr. etapas	Statybos technologijų katedra LT - 51367			2022-MBD-ST	Lapas/Lapų
MBD	Studentų 48, Kaunas				3 / 4

Poliamido 6/6
granulės

Vestamid L1670
granulės

Respiratorius



Eil. Nr.	Pavadinimas
1	Vakuuminė džiovyklė
2	Vakuuminis siurblys
3	Ekstruderis
4	Magnetinė maišyklė
5	Elektrinio vėpimo prietaisas
6	Terminis presas
7	Ultragarsinio sulydymo prietaisas
8	Oro kompresorius

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas			Magistro baigiamasis darbas	
T MC-0	Studentas	Justinas Masionis	2022-05-20	Mikro/nano filtruojančio sluoksnio gamybos technologija	
	Vadovas	Edvinas Krugly	2022-05-20		
	Konsult.	Odeta Viliūnienė	2022-05-20		
				Technologinė schema Mastelis 1:100	Laida 0
Pr. etapas	Statybos technologijų katedra LT - 51367			2022-MBD-ST	Lapas
MBD	Studentų 48, Kaunas				Lapų
				4	4