



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Ignas Semėnas

***CANNABIS SATIVA* SUPERKRIZINIŲ CO₂
EKSTRAKTŲ DEKARBOKSILINIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Linas Miknius

KAUNAS, 2016

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

***CANNABIS SATIVA* SUPERKRIZINIŲ CO₂
EKSTRAKTŲ DEKARBOKSILINIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Chemijos inžinerija (621H81004)

Vadovas

Doc. dr. Linas Miknius

Recenzentas

Prof. habil. dr. Vytautas Mickevičius

Projektą atliko

Ignas Semėnas

Konsultantai

Statybinių sprendimų

Lekt. dr. Odeta Viliūnienė

Darbuotojų saugos ir sveikatos

Doc. dr. Dalia Nizevičienė

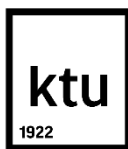
Ekonominių skaičiavimų

Doc. dr. Petras Oržekauskas

Aplinkosauginio vertinimo

Doc. dr. Inga Stasiulaitienė

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Ignas Semėnas

Chemijos inžinerija (621H81004)

„*Cannabis sativa* superkirzinių CO₂ ekstraktų dekarboksilinimas“

AKADEMINIO SĄŽININGUMO DEKLARACIJA

2016 m. birželio mėn. 06 d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Ignas Semėnas**, baigiamasis projektas tema „*Cannabis sativa* superkirzinių CO₂ ekstraktų dekarboksilinimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymu nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Tvirtinu:

Cheminės technologijos fakulteto dekanas

Prof. E. Valatka

Dekano įsakymas ST18–F-02–1

2016 m. balandžio mėn. 26d.

Suderinta:

Organinės chemijos katedros vedėjas

Prof. V. Martynaitis

2016 m. Balandžio mėn. 26d.

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS

Išduota studentui Ignui Semėnui

1. Darbo tema: *Cannabis Sativa* superkrizinių CO₂ ekstraktų dekarboksilinimas.

2. Darbo tikslas ir uždaviniai:

1. Ištirti terminį kanabidiolio rūgšties turinčių ekstraktų dekarboksilinimą ir suprojektuoti konversijos įrenginį, perdirbantį 1000 t/m pluoštinių kanapių CO₂ ekstrakto;

2. Ištirti temperatūros įtaką kanabidiolinės rūgšties dekarboksilinimo konversijos laipsniui; Ištirti reakcijos trukmės įtaką kanabidiolinės rūgšties dekarboksilinimo konversijos laipsniui; Sudaryti proceso technologinę schemą; Suprojektuoti konversijos reaktorių; Nubraižyti ir aprašyti įrenginio pastato pjūvius; Apskaičiuoti ir parinkti pagrindinius proceso aparatus; Įvertinti darbo saugos reikalavimus; Pagrįsti darbą ekonominiais skaičiavimais.

3. Darbo sudėtinės dalys:

3.3. Literatūros apžvalga;

3.4. Laboratoriniai tyrimai;

3.5. Įrenginių parinkimas;

3.7. Statybiniai sprendiniai;

3.8. Darbuotojų sauga ir sveikata;

3.9. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai;

3.10. Aplinkosauginis vertinimas;

3.11. Išvados;

3.11. Bibliografinių nuorodų sąrašas;

3.11. Grafinė dalis:

1. Technologinė linija;

2. Pagrindinio įrenginio brėžinys;

3. Pastato planas

4. Pastato pjūviai;

5. Sklypo planas.

Užduoties išdavimo data 2015 m. rugsėjo mėn. 07 d.

Užbaigto darbo pateikimo terminas 2016 m. birželio 7 d.

Vadovas: Doc. L. Miknius
(vardas, pavardė)

2015-09-07 _____
(parašas, data)

Užduotį gavau: Ignas Semėnas
(studento vardas, pavardė)

2015-09-07 _____
(parašas, data)

Semėnas, Ignas. *Cannabis sativa* superkritinių CO₂ ekstraktų dekarboksilinimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Linas Miknius; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Chemijos ir procesų inžinerija. Technologijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: pluoštinės kanapės, superkritinis CO₂ ekstraktas, kanabinoidai, kanabidiolio rūgštis, kanabidiolis, dekarboksilinimas.

Kaunas, 2016. 84 p.

SANTRAUKA

Šiame magistro baigiamajame darbe suprojektuota *Cannabis sativa* superkritinių CO₂ ekstraktų dekarboksilinimo proceso technologinė linija bei atlikti technologinių įrengimų skaičiavimai. Produkto gamybos apimtis 1000 t per metus.

Baigiamajame projekte pateikti duomenys apie pradinę žaliavą, jos konversiją bei gautą produktą. Aprašyta laboratorinių tyrimų metodika ir rezultatai. Remiantis tyrimų rezultatais sukurta konversijos technologinė linija. Įvertintas projekto ekonominis naudingumas bei išanalizuoti darbo saugos ir aplinkosaugos reikalavimai.

Semėnas, Ignas. Decarboxylation of supercritical CO₂ extracts from *Cannabis sativa*: thesis in Master / supervisor assoc. doc. dr. Linas Miknius. The Faculty of Chemical Technology. Kaunas University of Technology.

Research area and field: Chemical and Process Engineering. Technological Sciences.

Key words: hemp, supercritical CO₂ extracts, cannabinoids, cannabidiolic acid, cannabidiol, decarboxylation.

Kaunas, 2016. 84 p.

SUMMARY

In this master degree project of decarboxylation of supercritical CO₂ extracts from *Cannabis sativa* technological line is designed and all necessary calculations of technological units are made. The production capacity is 1000 ton per year.

This project comprises information of raw material, its conversion and product. Laboratory experiments methodology and results are delineated. Based on laboratory researches technological conversion scheme was designed. Economical effectiveness of the project, work place safety and the environmental protection were evaluated.

TURINYS

IVADAS	13
1. BENDRAS DARBO APIBŪDINIMAS IR PAGRINDINIAI RODIKIAI	15
2. TECHNINIS EKONOMINIS PAGRINDIMAS	17
2.1. Pradinė padėtis.....	17
2.2. Statybos rajono (miesto) charakteristika bei pagrindimas.....	17
2.3. Žaliavų zonos charakteristika ir materialinio aprūpinimo pagrindimas	17
2.4. Gamybinio pajėgumo ir gamybinės programos pagrindimas	18
2.5. Statybos aikštelės charakteristika bei pagrindimas	18
3. LITERATŪROS APŽVALGA	19
3.1. Kanapės	19
3.2. CBD – veiklioji medžiaga	20
3.3. Kanabidiolių rūgščių konversija.....	21
3.4. Kanabidiolio rūgšties išskyrimo ir konversijos technologija	22
4. LABORATORINIAI TYRIMAI	23
4.1. Eksperimento eiga	23
4.2. Tyrimo rezultatai	24
4.3. Žaliavos ir parametrų parinkimas	35
5. ĮRENGINIŲ PARINKIMAS	36
5.1. Vakuuminės distiliacijos kolonos konstrukciniai skaičiavimai.....	36
5.1.1. Vakuuminės kolonos skersmens skaičiavimas.....	36
5.1.2. Vakuuminės kolonos aukščio skaičiavimas	37
5.2. Reaktoriaus konstrukciniai skaičiavimai	39
5.2.1. Įrenginio medžiagų balansas	43
5.2.2. Įrenginio šilumos balansas	44
5.3. Vertikalaus separatoriaus konstrukciniai skaičiavimai.....	46
6. TECHNOLOGINĖS LINIJOS APRAŠYMAS	49
7. STATYBINIAI SPRENDINIAI	51
7.1. Bendrieji duomenys	51
7.2. Statinio architektūrinė ir konstrukcinė sandara	51
7.3. Bendrųjų statinio (pastato) inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendiniai	53
7.4. Orientacinės statinio naujos statybos darbų kainos apskaičiavimas.....	53
8. DARBUOTOJU SAUGA IR SVEIKATA	54
8.1. Projektuojamojo objekto charakteristika	54

8.2.	Profesinės rizikos vertinimas.....	54
8.3.	Saugi gamyba	57
8.4.	Darbo higiena	61
8.5.	Gaisrinė sauga.....	62
9.	FINANSINIAI IR EKONOMINIAI SKAIČIAVIMAI.....	64
9.1.	Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai	65
9.2.	Trumpalaikio turto vertės skaičiavimas.....	65
9.3.	Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas	66
9.4.	Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas	68
9.5.	Veiklos kaštai	70
9.6.	Finansinės ir investicinės sąnaudos	71
9.7.	Gaminių kainos skaičiavimas	71
9.8.	Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai.....	72
9.9.	Investicijų efektyvumo įvertinimas	73
9.10.	Vidutinių svertinių kapitalo kaštų skaičiavimas	73
9.11.	Grynosios esamosios vertės (GEV) skaičiavimas.....	74
9.12.	Vidinės pelno normos skaičiavimas.....	74
9.13.	Pelningumo arba rentabilumo indekso skaičiavimas.....	75
9.14.	Lūžio taško skaičiavimas	75
10.	APLINKOSAUGINIS VERTINIMAS.....	77
	IŠVADOS.....	80
	LITERATŪRA	81
	PRIEDAI.....	84

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. <i>Gamyklos ekonominiai rodikliai (duomenys iš 9 skyriaus)</i>	16
4.1 lentelė. <i>Pradinių žaliavų duomenys</i>	23
4.1.1 lentelė. <i>Tyrimo grafikas</i>	23
4.2.1 lentelė. <i>Vandens kiekis pradinėse žaliavose</i>	24
4.3.1 lentelė. <i>Projektuojamojo reaktoriaus parametrai</i>	35
5.1.1 lentelė. <i>Pradiniai duomenys vakuuminės distiliacijos kolonos projektavimui</i>	36
5.2.1.1 lentelė. <i>Patalpų ir išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogimo ir gaisro pavojų</i>	43
7.1.1 lentelė. <i>Bendrieji statinio techniniai rodikliai</i>	51
7.4.1 lentelė. <i>Statybos kainos</i>	53
8.2.1 lentelė. <i>Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas</i>	55
8.2.2 lentelė. <i>Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai</i>	55
8.2.3 lentelė. <i>Patalpų ir išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogimo ir gaisro pavojų</i>	56
8.2.4 lentelė. <i>Patalpų, išorinių įrenginių pavojingų vietų zonos pagal sprogimo ir gaisro pavojų</i>	56
8.2.5 lentelė. <i>Pastato kategorija pagal sprogimo ir gaisro pavojų</i>	57
8.3.1 lentelė. <i>Dviejų strypų apsaugos zonos parametru skaičiavimas</i>	60
8.4.1 lentelė. <i>Darbo patalpų komfortinės sąlygos</i>	62
8.4.2 lentelė. <i>Darbo patalpų pakankamos sąlygos</i>	62
9.1.1 lentelė. <i>Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai</i>	65
9.2.1 lentelė. <i>Trumpalaikio turto poreikis</i>	66
9.2.2 lentelė. <i>Produkcijos gamybos apimtis ir realizacinės pajamos</i>	66
9.3.1 lentelė. <i>Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms</i>	67
9.3.2 lentelė. <i>Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui</i>	67
9.3.3 lentelė. <i>Tiesioginės išlaidos elektros energijai</i>	68
9.4.1 lentelė. <i>Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)</i>	69
9.4.2 lentelė. <i>Gamybos kaštai</i>	70
9.5.1 lentelė. <i>Veiklos kaštai</i>	71
9.6.1 lentelė. <i>Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas</i>	71
9.7.1 lentelė. <i>Gaminio kainos apskaičiavimas</i>	72
9.8.1 lentelė. <i>Įmonės pelno (nuostolio) ataskaita, €</i>	72
9.8.2 lentelė. <i>Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita, tūkst. €</i>	73
9.14.1 lentelė. <i>Lūžio taško apskaičiavimas</i>	76
10.1 lentelė. <i>Produkto gamybos energetinės reikmės ištekliai</i>	77

10.2 lentelė. <i>Konkrečiai veiklos sąlygojama fizikinė tarša</i>	77
10.3 lentelė. <i>Gamybinės atliekos ir jų kiekiai</i>	78
10.4 lentelė. <i>Naudojamo vandens balansas</i>	78
10.5 lentelė. <i>Aplinkos oro tarša</i>	78

PAVEIKSLĖLIŲ SĄRAŠAS

3.1.1 pav. <i>Kanapių rūšys</i>	19
3.3.1 pav. <i>Dekarboksilinimo reakcija</i>	21
4.4.1 Pav. <i>Reaktoriai</i>	23
4.2.2 pav. <i>Žaliavos Nr.1 masės nuostoliai esant izobarinėms sąlygoms</i>	24
4.2.3 pav. <i>Žaliavos Nr.2 masės nuostoliai esant izobarinėms sąlygoms</i>	25
4.2.4 pav. <i>Žaliavos Nr.3 masės nuostoliai esant izobarinėms sąlygoms</i>	25
4.2.1 pav. <i>Žaliavos Nr.1, CBDa ir CBD koncentracijos kitimo priklausomybė nuo temperatūros, esant 5 val. reakcijos trukmei</i>	26
4.2.2 pav. <i>Žaliavos Nr.2, CBDa ir CBD koncentracijos kitimo priklausomybė nuo temperatūros, esant 5 val. reakcijos trukmei</i>	27
4.2.3 pav. <i>Žaliavos Nr.3, CBDa ir CBD koncentracijos kitimo priklausomybė nuo temperatūros, esant 5 val. reakcijos trukmei</i>	28
4.2.4 pav. <i>Žaliavos Nr.1, CBDa ir CBD koncentracijos kitimo priklausomybė nuo temperatūros, esant 3 val. reakcijos trukmei</i>	29
4.2.5 pav. <i>Žaliava Nr.2, CBDa ir CBD koncentracijos kitimo priklausomybė nuo temperatūros, esant 3 val. reakcijos trukmei</i>	30
4.2.6 pav. <i>Žaliava Nr.3, CBDa ir CBD koncentracijos kitimo priklausomybė nuo temperatūros, esant 3 val. reakcijos trukmei</i>	31
4.2.7 pav. <i>Žaliava Nr.1, CBDa ir CBD koncentracijos kitimo priklausomybė nuo temperatūros, esant 1 val. reakcijos trukmei</i>	32
4.2.8 pav. <i>Žaliava Nr.2, CBDa ir CBD koncentracijos kitimo priklausomybė nuo temperatūros, esant 1 val. reakcijos trukmei</i>	33
4.2.9 pav. <i>Žaliava Nr.3, CBDa ir CBD koncentracijos kitimo priklausomybė nuo temperatūros, esant 1 val. reakcijos trukmei</i>	34
4.3.1 pav. <i>Cannabis Sativa superkriziniai CO₂ ekstraktai</i>	35
5.2.2.1 pav. <i>Reaktoriaus šilumos srautų kryptys</i>	44
8.3.1 pav. <i>Dviejų strypų žaibolaidžio apsaugos schema</i>	61
8.5.1 pav. <i>Evakuacijos planas</i>	63
9.9.1 pav. <i>Projekto atsipirkimo laikotarpis</i>	73

SANTRUPOS

CBDa – Kanabidiolio rūgštis

CBD – Kanabidiolis

THCa – Tetrahidrokanabinolio rūgštis

THC – Tetrahidrokanabinolis

CO₂ – Anglies dioksidas

IVADAS

Jau keletą šimtmečių pluoštinės kanapės buvo žinomos ir naudojamos kaip pluoštas pinti virvėms bei rūbams, o kanapių sėklos vartojamos kaip maistinių medžiagų šaltinis. Vystantis moksliniams tyrimams, pluoštinių kanapių panaudojimo spektras šiomis dienomis tapo gerokai platesnis. Yra nustatyta, kad iš daugiau nei 85 kanabinoidų, esančių kanapėse, būtent kanabidiolis (CBD) gali būti naudojamas kaip veiklioji medžiaga maisto papilduose, farmacijoje bei kosmetikoje.

Deja, pluoštinių kanapių augalų ekstrakto be vertingojo kanabidiolio (CBD) gausu kanabidiolio rūgšties (CBDA), kuri nepasižymi gydomosiomis savybėmis ir tik suardžius karboksirūgšties struktūrą, dekarboksilinimo proceso metu, galima gauti pluoštinių kanapių ekstraktą praturtintą CBD komponentais.

Kadangi kanabidiolio turintys maisto papildai rinkoje yra dar naujas produktas, jo paklausa didžiulė, o kanabidiolių rūgščių dekarboksilinimas nėra išsamiai ištyrinėtas, todėl tiek dėl mokslinių priežasčių, tiek ir dėl ekonominės naudos yra tikslinga atlikti šio cheminio proceso tyrimus bei suprojektuoti efektyvų ekstraktų konversijos įrenginį, kuriame būtų vykdoma dekarboksilinimo reakcija, o jos pasekoje gaunamas geresnės kokybės ir didesnės vertės produktas.

Šio darbo tikslas – ištirti terminį kanabidiolio rūgšties turinčių ekstraktų dekarboksilinimą ir suprojektuoti konversijos įrenginį, perdirbantį 1000 t/m pluoštinių kanapių CO₂ ekstrakto.

Uždaviniai:

- Ištirti temperatūros įtaką kanabidiolinės rūgšties dekarboksilinimo konversijos laipsniui;
- Ištirti reakcijos trukmės įtaką kanabidiolinės rūgšties dekarboksilinimo konversijos laipsniui;
- Sudaryti proceso technologinę schemą;
- Suprojektuoti konversijos reaktorių;
- Nubraižyti ir aprašyti įrenginio pastato pjūvius;
- Apskaičiuoti ir parinkti pagrindinius proceso aparatus;
- Įvertinti darbo saugos reikalavimus;
- Pagrįsti darbą ekonominiais skaičiavimais;
- Įvertinti aplinkosauginius klausimus.

1. BENDRAS DARBO APIBŪDINIMAS IR PAGRINDINIAI RODIKIAI

Projektuojama kanabidiolio rūgšties, esančios pluoštinių kanapių CO₂ ekstrakto konversijos technologinė linija, naudojantis laboratorijoje atliktų tyrimų rezultatais. Gamybos pajėgumas – 1000 tonų per metus. Gamykla nutarta statyti Kauno rajone, Ramučiuose. Produkcija skirta užsienio rinkai. Siekiant pelningos gamybos, apskaičiuoti pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai, kurie pateikiami 1.1 lentelėje.

Rentabilumo rodikliai išreiškiami procentais ir skaičiuojami pelno prieš apmokestinimą (P) atžvilgiu [1]:

$$R_{prod} = (P \times 100) / (GK + VS);$$

$$R_{ap} = (P \times 100) / B_{pard}; \quad (1.1)$$

$$R_k = (P \times 100) / (PF + AL),$$

čia: GK ir VS – atitinkamai: parduodamos produkcijos gamybos kaštai ir veiklos sąnaudos, €.; B_{pard} – pardavimo apimtis, €.; PF ir AL – atitinkamai: pagrindinių priemonių ir apyvartinių lėšų vertė, €. Reikalingi duomenys pateikti 9 skyriuje [1].

Produkcijos apyvartinių lėšų imlumo rodiklis (I_{prod}) parodo, kokia suma apyvartinių lėšų tenka vienam parduotos produkcijos eurui ir apskaičiuojama apyvartinių lėšų sumą dalinant iš pardavimo apimties [1].

2.1 lentelė. Gamyklos ekonominiai rodikliai (duomenys iš 9 skyriaus) [1]

Rodikliai	Baziniais metais	Projekte	Pokytis
1. Produkcijos pardavimo apimtis, natūriniais vienetais brandos stadijoje:			
CBD	20000	20000	-
2. Realizacinės pajamos, tūkst. €	14540	8720	5820
3. Įmonės darbuotojai:	24	24	-
4. Darbo našumas, tūkst. €:	570	57	-
5. Vidutinis metinis darbo užmokestis, €:			
Darbuotojo	868	868	-
6. Gamybos kaštai, tūkst. €	8879	8879	-
7. Gaminio pilnoji savikaina, €:			
Gaminio CBD	559	559	-
8. Grynasis pelnas, tūkst. €	3824	38245	-
9. Papildomas pelnas, gautas įgyvendinus projektinius sprendimus, tūkst. €	3360	3360	-
10. Investicijų apimtis, tūkst. €	8770	-	-
11. Produkcijos (veiklos) rentabilumas, %	30	30	-
12. Apyvartos rentabilumas, %	34,2	34,2	-
13. Kapitalo rentabilumas, %	38,9	38,9	-
14. Jų apyvartų skaičius	20000	20000	-
15. Apyvartos trukmė dienos, 3 pamainos	365	365	-
16. Produkcijos imlumas apyvartinėms lėšoms, tūkst. €	8047	8047	-
17. Projekto investicijų atsipirkimo trukmė, metais	5	5	-
18. Projekto grynoji esamoji vertė, tūkst. €	7392	7392	-
19. Kapitalo kaštai, %	6,8	6,8	-
20. Vidinė pelno norma, %	28	28	-

Rezultatai rodo, kad įmonės veikla yra nenuostolinga.

2. TECHNINIS EKONOMINIS PAGRINDIMAS

2.1. Pradinė padėtis

Pluoštinių kanapių perdirbimo gamykla yra viena iš nedaugelio net ik Lietuvoje, bet ir visoje Europoje. Šios pramonės lyderiai yra JAV, bet daugelyje valstijų pluoštinės kanapės nėra legalizuotos, todėl užauginti didelio jų kiekio kol kas nepavyksta [2]. Įvertinus, kad rinka nėra užpildyta pluoštinių kanapių ekstraktų produkcija, o produktas naujas, realizavimas sunkumų nesukels. Produkcija bus orientuojama į tas užsienio šalis, kuriose pluoštinės kanapės daugelį metų naudojamos ir legalios [3].

Pluoštinių kanapių perdirbimo įmonė Lietuvoje sukurs pridėtinės vertės. Bus mokami mokesčiai, kurie didins valstybės biudžetą. Atsižvelgiant, kad Lietuvoje yra daug žmonių, kurie turi aukštą profesinį kvalifikacijos lygį dažnai neturi, kur savo kompetenciją realizuoti, todėl į sukurtas darbo vietas pretenduos aukštą kvalifikacijos laipsnį turintys asmenys. Stipriai išaugusi pluoštinių kanapių ekstraktų paklausa, teigiamai paveiks žemės ūkį, taip pat įtrauks į šią veiklą ir kitas Lietuvos įmonės. Gamykla atstovaus kokybišką produktą visame pasaulyje, gerins Lietuvos įvaizdį ir pildys biudžetą.

2.2. Statybos rajono (miesto) charakteristika bei pagrindimas

Gamyklos vieta parinkta Kauno rajone, Ramučiuose. Ramučiai yra nutolę vos per 16 km nuo Kauno miesto centro. Kaunas yra antras pagal dydį miestas (per 300 tūkst. gyventojų) Lietuvoje. Kaune galima rasti kvalifikuotą darbo jėgą, nes jame yra 7 universitetai ir 7 kolegijos [4]. Išvystyta logistika, nes netoli Ramučių yra Kauno oro uostas, į pietus Kauno laisvoji ekonominė zona ir automagistralė Vilnius – Kaunas – Klaipėda. [5]

2.3. Žaliavų zonos charakteristika ir materialinio aprūpinimo pagrindimas

Įmonės pagrindu pluoštinės kanapės bus auginamos ne tik Lietuvoje, bet ir kitose šalyse, kur jų auginimas yra legalus [3]. Kadangi Lietuvoje nėra įmonės, kuri atliktų ekstrakciją superkriziniu anglies dioksidu, ekstrakcija bus vykdoma Austrijoje [6]. Žaliavinis kanapių ekstraktas bus tiekiamas iš Austrijos, todėl žaliavos pristatymas į įmonę labai patogus autotransportu arba atskraidintas į Kauno oro uostą.

Gamykloje elektros energija, šildymas ir vanduo bus tiekiami iš Ramučių inžinerinių sistemų. Taip pat nuotekos tiekiamos į gyvenvietės nuotekų sistemą. Darbo jėga aprūpins tokie miestai, kaip Kaunas, Karmėlava ir Jonava.

2.4. Gamybinio pajėgumo ir gamybinės programos pagrindimas

Gamybinis pajėgumas yra 1000 t per metus. Produktas bus pakuojamas į 50 kg taras. Kadangi kanapių ekstraktų paklausa ir pardavimo kaina yra didelė, todėl produkcija bus tiekama į Europos šalis, tokias kaip Vokietija, Angliją, Danija, Ispanija, Norvegija, Švedija, taip pat į JAV valstijas, kuriose pluoštinės kanapės yra legalizuotos [3].

Šiam kiekiui pagaminti, bus dirbama ištisus metus. Gamyba vyks 24 valandas per parą, organizuojamos trys pamainos, po 8 valandas per dieną. Gamybos technologijos optimizavimo lygis aukštas, visas valdymas vykdomas nuotoliniu būdu, todėl pačiai technologijai vykdyti užtenka 2 – 3 operatorių bei susidariusių nesklandumų šalinimui vieno inžinieriaus. Tačiau reikalingas aptarnaujantysis personalas, kaip žaliavų priėmimas – išvežimas ir tvarkymasis žaliavų – produkcijos sandėliuose ir žaliavų tiekimas į pradines talpas bei supakuotų produkcijos talpų sandėliavimas. Taip pat apsaugos darbuotojas, valytoja. Organizaciniai – strateginiai, logistikos, buhalterijos, gamybos planavimo, tyrimų darbai atliekami dienos metu, o nakties metu stengiamasi prižiūrėti tik pačią gamybos technologiją. Visas darbuotojų skaičius sudaro 24 žmonės.

Kanapių ekstraktas yra sezoninis produktas, todėl būtina sudaryti sutartis su kanapes auginančiais ūkininkais ir Lenkijoje ekstrakciją vykdančią įmone [6].

2.5. Statybos aikštelės charakteristika bei pagrindimas

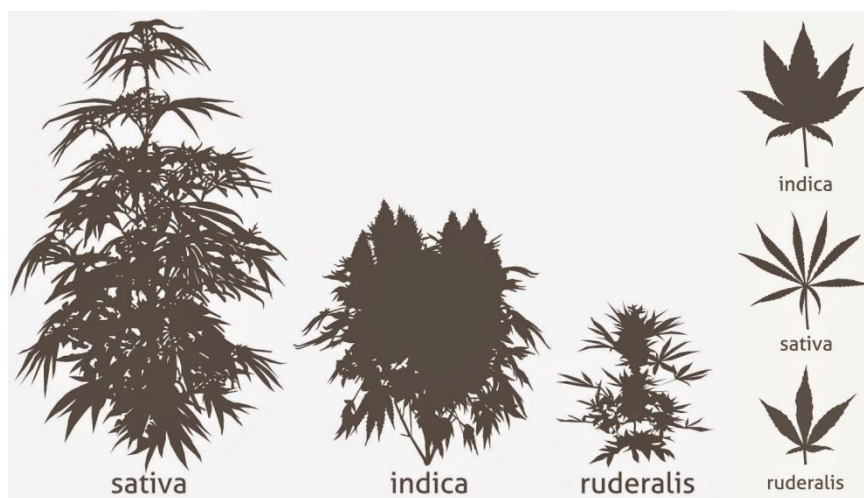
Statybos aikštelės sklypas yra pakankamai didelis, aplinkui nėra gyvenamųjų namų, todėl jei ateityje įmonei reikėtų išsiplėsti, ar įgyvendinti inžinerinius pertvarkymus, tai nesukeltų papildomų problemų (žr. 7 skyrių). Atsitikus nelaimei į orą išmestos nuodingos medžiagos būtų pučiamos vakarų kryptimi ir Kauno miesto nesiektų. Vandens ir elektros energijos šaltiniai yra patogiai pasiekiami nuo Ramučių gyvenvietės priklausančių tinklų. Įmonės nuotekos tiekiamos į bendrą gyvenvietės nuotekų sistemą. Sklypas nutolęs ne daugiau 16 km nuo Kauno miesto, netoli Ramučių yra Kauno oro uostas, į pietus Kauno laisvoji ekonominė zona ir automagistralė Vilnius – Kaunas – Klaipėda. Todėl galimas patogus žaliavų ir produkcijos transportavimas lėktuvais, arba sunkvežimiais [5].

3. LITERATŪROS APŽVALGA

3.1. Kanapės

Kanapės (*Cannabis*) - tūkstantmečius žmonijos auginamas kultūrinis augalas dėl jo pluošto ir sėklų. Šiuo metu išskiriamos trys kanapių rūšys (žr. 3.1.1 pav.) [7]:

- Pluoštinės kanapės (*Cannabis Sativa*);
- Narkotinės kanapės (*Cannabis Indica*);
- Laukinės kanapės (*Cannabis Ruderalis*).



3.1.1 pav. Kanapių rūšys [8]

Labiausiai žinoma kanapių rūšis yra *Cannabis Indica*, kitaip vadinama marihuana, dėl savo sudėtyje esančių junginių sukeliančių psichotropinį poveikį [9]. Ši rūšis yra nelegali beveik visame pasaulyje. Labiausiai paplitusios Pietų Amerikoje – Kolumbijoje ir Urugvajuje. Kitaip nei marihuana, *Cannabis Ruderalis* yra mažai žinoma kanapių rūšis, vadinama šiukšline, niekine piktžole, dėl savo skurdžios išvaizdos. Ji labiausiai paplitusi rytų Europoje, Rusijoje bei Azijoje [9]. Visiškai skirtingos nuo anksčiau minėtų kanapių yra *Cannabis Sativa* dėl savo išvaizdos ir dydžio bei cheminės sudėties. Taip pat, šios rūšies kanapės, priešingai nei *Cannabis Indica*, leidžiama auginti beveik visame pasaulyje. Jos turi labai mažą kiekį tetrahidrokanabinolio (THC), todėl neturi psichotropinio poveikio [10]. Pluoštinės kanapės turi didžiulę perspektyva dėl savo gydomųjų savybių, pluošto, sėklų ir jau dabar aktyviai naudojama pramonės šakose bei medicinoje. Medicininiais tikslais kanapių ekstraktas pradėtas naudoti Kinijoje ir Indijoje [11].

Kanapė (*Cannabis Sativa*) yra vienmetis heterozigotinis augalas. Pluoštinė kanapė kilusi iš vakarų Azijos ir Indijos, šiaurės Europoje pradėta auginti 9 – tame amžiuje [12]. Pluoštinės kanapės yra vienas iš racionaliausių augalų, nes gaunami dideli žalios masės kiekiai ploto

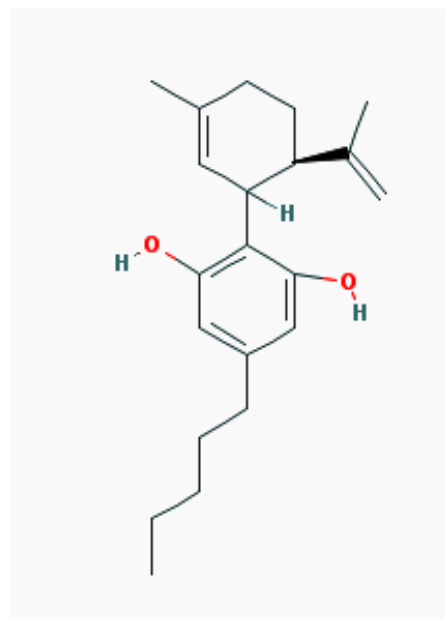
vienete – kanapių stiebai, esant geroms sąlygoms, gali užaugti iki 7 metrų aukščio. Beveik visos augalo dalys gali būti sėkmingai panaudotos pramonėje. Nuo senovės kanapių pluoštas buvo naudojamas virvėms, laivų burėms, drabužiams ir popieriui gaminti. Sėklos buvo naudojamos kaip proteinais praturtintas maistas [2]. Šiais laikais, atsiradus dirbtiniams pluoštams bei atlikus mokslinius tyrimus, kanapės pradėtos naudoti ekologiškiems statybiniams blokeliams [13], popieriaus gamybai, maisto pramonėje bei medicinoje.

3.2. CBD – veiklioji medžiaga

Pluoštinė kanapė sudaryta iš daugiau nei 500 junginių. Mažiausiai 85 iš jų yra kanabinoidai. Kanabinoidai priklauso terpenoidų klasės junginiams, kurie augaluose randami aliejaus pavidale. Visi kanabinoidai yra nepolinės struktūros molekulės [9].

Pluoštinėse kanapėse taip pat randama aktyvių junginių: terpenų, azoto turinčių junginių, cukrų ir kt. [9].

Daugelis kanabinoidų randamų pluoštinėse kanapėse sudaro labai mažą procentinę dalį, todėl išskiriama pagrindinės poklasės, kurios sudaro didžiąją augalo dalį: CBN (kanabinolis), CBG (kanabigerolis), CBC (kanabichromenas), CBT (kanabitriolas), CBE (kanabielsoinas) THC (tetrahidrokanabinolis) ir CBD (kanabidiolis) [14].



3.2.1 pav. CBD struktūrinė formulė [19]

CBD – tai kanabinoidas (žr. 3.2.1 pav.) neturintis jokio psichotropinio poveikio, netgi slopinantis THC poveikį. Pirmą kartą kanabidiolis buvo išskirtas iš marihuanos 1930 metais, o struktūra nustatyta 1963 m. [15]. Atlikti tyrimai su pelėmis parodė teigiamus rezultatus. Atsiradus pirmiesiems savanoriams, tyrimai pradėti ir su žmonėmis. Moksliniai tyrimai parodė didelę CBD naudą žmogaus organizmui: Veikia kaip analgetikas, turi prieš uždegiminį poveikį, gerina apetitą, sumažina pykinimą bei nerimą, slopina raumenų spazmus, stiprina imuninę sistemą – gydo epilepsijos priepuolius, šizofrenijos simptomus ir daug kt. [14].

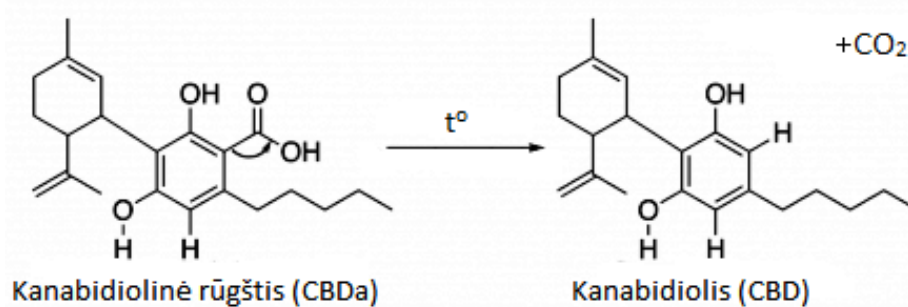
Šiuo metu CBD maisto papildai pasaulyje plinta žaibišku greičiu, atliekama vis daugiau mokslinių tyrimų, ieškoma platesnių CBD panaudojimo galimybių preparatų, t.y. žengiami pirmieji žingsniai į farmacijos pramonę [14].

Šiuo metu populiariausio kanabinoido – CBD fizikinės savybės: $C_{21}H_{30}O_2$ molekulinė masė 314,4617 g/mol. lydymosi temperatūra – 66–67 °C. Tirpus etanolyje, chloroforme, heksane. Vandenyje netirpus. Struktūrinė formulė pateikiama 3.2.1 pav. [16].

3.3. Kanabidiolių rūgščių konversija

Ekstrakcijos būdu išskiriant kanabinoidus iš augalų, gauname žaliavinius junginius. Šie junginiai, kaip THCa (tetrahidrokanabinolo rūgštis) bei CBDa (kanabidiolinė rūgštis) yra neaktyvūs, ir žmogaus organizmui įtakos nedaro [17].

Kanabinoidų grandinėje, augalai pradžioje sintezuoja kanabinoidų rūgštis, kurios vėliau dalinai pereina į neutralia formą, tačiau nuėmus derlių, rūgštinės formos kanabinoidų kiekis dar gali būti ženkliai didesnis nei neutralios. Siekiant gauti kanabidiolį, būtina rūgštį dekarboksilinti konvertuojant CBDa į CBD (žr. 3.3.1 pav.) [18].



3.3.1 pav. Dekarboksilinimo reakcija [18]

Pluoštinių kanapių perdirbimo technologijoje, dekarboksilinimas yra svarbus procesas, kurio metu produkte padidinama veikliosios medžiagos CBD koncentracija. Dekarboksilinimas yra organinė cheminė reakcija, kurios metu nuo karboksirūgšties atskykla karboksilinė grupė kaip anglies dioksidas, o į jos vietą prisijungia vandenilis (3.3.1 pav.) [1]. Dekarboksilinimo reakcijos selektyvumas priklauso nuo temperatūros ir nuo vykdomos reakcijos trukmės. Esant mažai temperatūrai, proceso trukmė labai prailgėja, taip pat reakcija gali įvykti ne iki galo. Jei temperatūrą ar reakcijos trukmę bus parinkta per didelė, tuomet gali vykti ir šalutinės CBD cheminio kitimo reakcijos, dėl ko produkte kanabidiolių koncentracija bus mažesnė nei žaliavoje. [19].

Didesnės molekulinės masės organinės karboksirūgštys, esant 100–300 °C temperatūrai, atskelia karboksilo grupę [19]. Šią cheminę karboksirūgščių savybę, vykdant vien tik terminį procesą, bus bandoma pritaikyti CBDa konversijai į CBD.

3.4. Kanabidiolio rūgšties išskyrimo ir konversijos technologija

Kanapių ekstraktų pramoninio dekarboksilinimo technologijų pasaulyje dar nėra įdiegta. Šis procesas palyginti mažu mastu vykdomas laboratorijos kolbose arba periodinio veikimo reaktoriuose.

Ekstrakcijos procesui naudojant, tik ką nuimtą derlių, prarandama apie 50 proc. kanabinoidų, todėl šviežią pluoštinių kanapių derlių, būtina tinkamai paruošti ekstrakcijos procesui – žalią masę išdžiovinti ir išrūšiuoti [20]. Pagrindinis pluoštinių kanapių ekstrakcijos būdas – yra superkriazinė CO₂ ekstrakcija. Taip pat galima naudoti ekstrakcijos procesui tirpiklius. Šis būdas pramonėje nėra dažnai taikomas, dėl galimo tirpiklio likučio produkte, kadangi tai maisto papildas, jam keliami griežti maisto saugos reikalavimai [21].

Superkriazinė CO₂ ekstrakcija atliekama aukštame slėgyje 300 – 500 bar, esant 40-60 °C temperatūrai. Masinis debitas nuo 0,194 – 0,436 kg/h [22].

Suslėgtos anglies dvideginio dujos ekstraktoriuje cirkuliuoja uždara kilpa, kuri padalijama į dvi dalis: aukštesnio slėgio zoną ir žemesnio slėgio zoną [23].

Aukšto slėgio kolonoje CO₂ dujos, suslėgtos iki superkriazinio skysčio būklės, teka per ekstraktorių, kuriame sukrauta augalinė žaliava ir sugeria lakiuosius junginius. Perėjęs specialų vožtuvą superkriazinis CO₂ skystis praranda slėgį ir ekstrahento savybes, o ekstraktas kondensuojamas ir surenkamas specialiame inde. Anglies dioksidas regeneruojamas, kondensuojamas ir sugražinamas atgal į darbinį ciklą [23].

Ši ekstrakcijos technologija yra brangi, tačiau turi gausybę privalumų. CO₂ – tai stabilios ir inertiškos dujos, nepaliekančios išskirtame produkte tirpiklio likučių, nedegios, tinkamos maisto gamybai. Jos nekenkia aplinkai ir nesukuria jokių pašalinių produktų [23].

Gautame kanapių ekstrakte lieka vandens, kurį reikia pašalinti, dėl galimo mikroorganizmų kaupimosi produkte.

Išskirto ir paruošto perdirbimui superkriazinio ekstrakto dekarboksilinimo pagrindinis įrenginys – reaktorius. Jo analogų pramonėje nerasta, todėl suprojektuotas pagal atliktus mokslinius tyrimus, nustačius optimalią temperatūrą bei reakcijos trukmę. Dekarboksilinimo reakcija vykdoma, žaliavai tekant per įrenginio vamzdelius, o kaitinimo agentu cirkuliuojant tarpvamzdine erdve.

Išsamus technologinės linijos aprašymas pateikiamas 6 skyriuje.

4. LABORATORINIAI TYRIMAI

Tyrimu objektas – pluoštinių kanapių superkritinis CO₂ ekstraktas. Tyrimams naudotos trys skirtingos pradinės žaliavos. Žaliavos ir produktai analizuoti efektyviosios skysčių chromatografijos metodu (HPLC). Tiriamų kanabinoidų koncentracijos žaliavose pateiktos 4.1 lentelėje.

4.1 lentelė. Pradinių žaliavų duomenys.

Žaliava	CBDa, %	CBD, %
Nr.1	10	1,325
Nr.2	20	1,781
Nr.3	30	2,843

Eksperimento tikslas.

Ištirti temperatūros ir reakcijos trukmės įtaką kanabidiolinės rūgšties dekarboksilinimo konversijos laipsniui.

4.1. Eksperimento eiga

Parenkama dekarboksilinimo reakcijos temperatūra bei trukmė ir sudaroma eksperimento matrica, kuri pateikiama 4.1.1 lentelėje:

4.1.1 lentelė. Tyrimo grafikas

Naudojama žaliava	Eksperimentų skaičius	Laikas, h	Temperatūros, °C
Nr.1	15	5, 3, 1	100, 150, 200, 250, 300
Nr.2	15	5, 3, 1	100, 150, 200, 250, 300
Nr.3	15	5, 3, 1	100, 150, 200, 250, 300

Prieš pradėdant dekaroksilinimo bandymus, iš pradinių žaliavų yra atskiriamas vanduo, esant 80 °C temperatūrai ir 10 mbar slėgiui. Pagal masės sumažėjimą įvertinamas vandens kiekis.

Iš kiekvienos rūšies kanapių ekstrakto atsveriami du bandiniai po 2 gramus, kurie talpinami į pasvertus reaktorius (4.1.1 pav.) Pirmasis reaktorius paliekamas prasuktas, taip imituojamos izobarinės proceso sąlygos, esant atmosferiniam slėgiui. Antrasis reaktorius užsukamas – imituojamos izochorinės proceso sąlygos. Dekarboksilinimo procesas vykdomas (Varian 3700) termostate.



4.4.1 Pav. Reaktoriai

Procesui pasibaigus, bandiniai išimami iš krosnies, ataušinami iki kambario temperatūros, reaktoriai pasveriami, įvertinami masės nuostoliai. Iš kiekvieno reaktoriaus paimami mėginiai nustatoma kanabinoidų koncentracija.

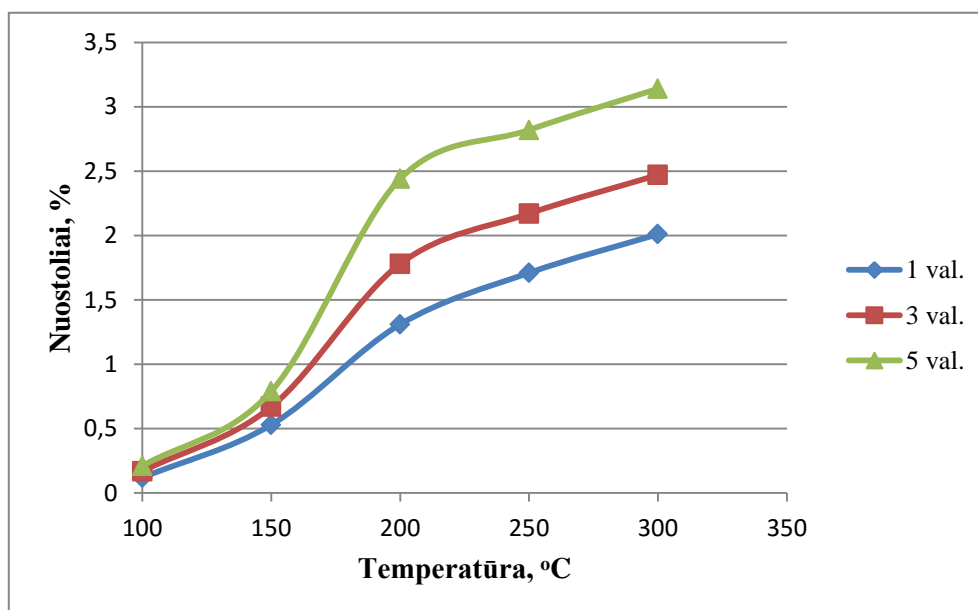
4.2. Tyrimo rezultatai

Vakuuminės distiliacijos metu nustatyta, kad vandens kiekis pluoštinių kanapių ekstrakte siekia iki 5,259 % (4.2.1 lent.).

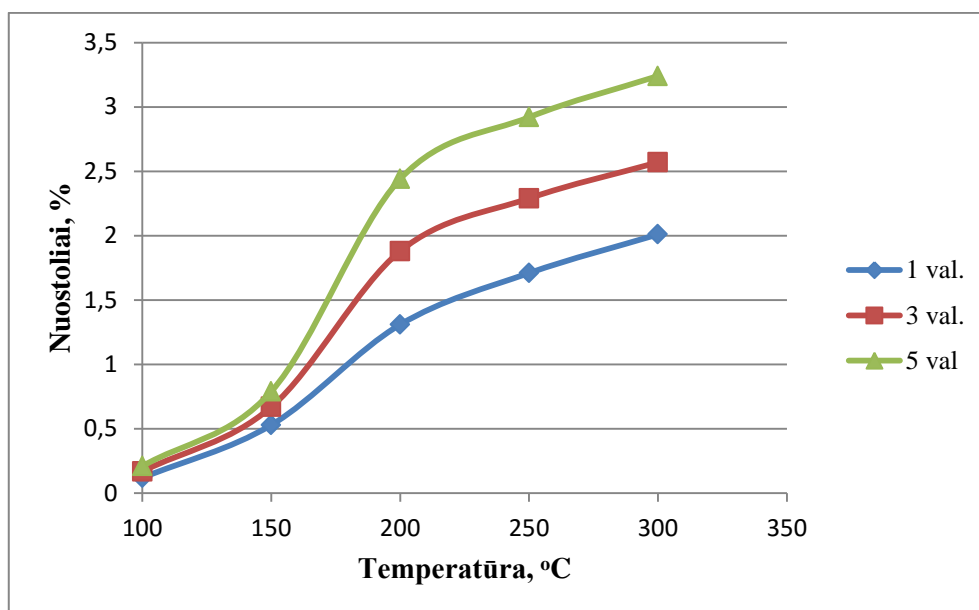
4.2.1 lentelė. Vandens kiekis pradinėse žaliavose

Žaliava	Vandens kiekis, %
Nr.1	5,259
Nr.2	4,989
Nr.3	4,366

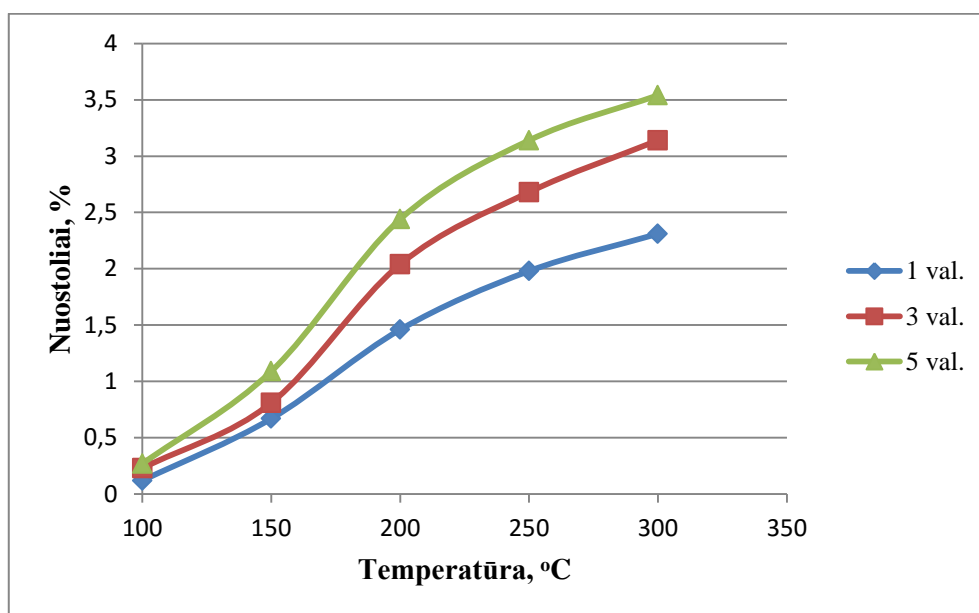
Vykdamas dekarboksilinimo procesą nustatyta, kad esant uždaram reaktoriui masės nuostolių nėra, o atviram, dėl nugaravimų, stebimi masės nuostoliai iki 3,54 %. Eksperimento metu gauti masės nuostolių rezultatai pateikiami 4.2.2–4 paveiksluose:



4.2.2 pav. Žaliavos Nr.1 masės nuostoliai esant izobarinėms sąlygoms

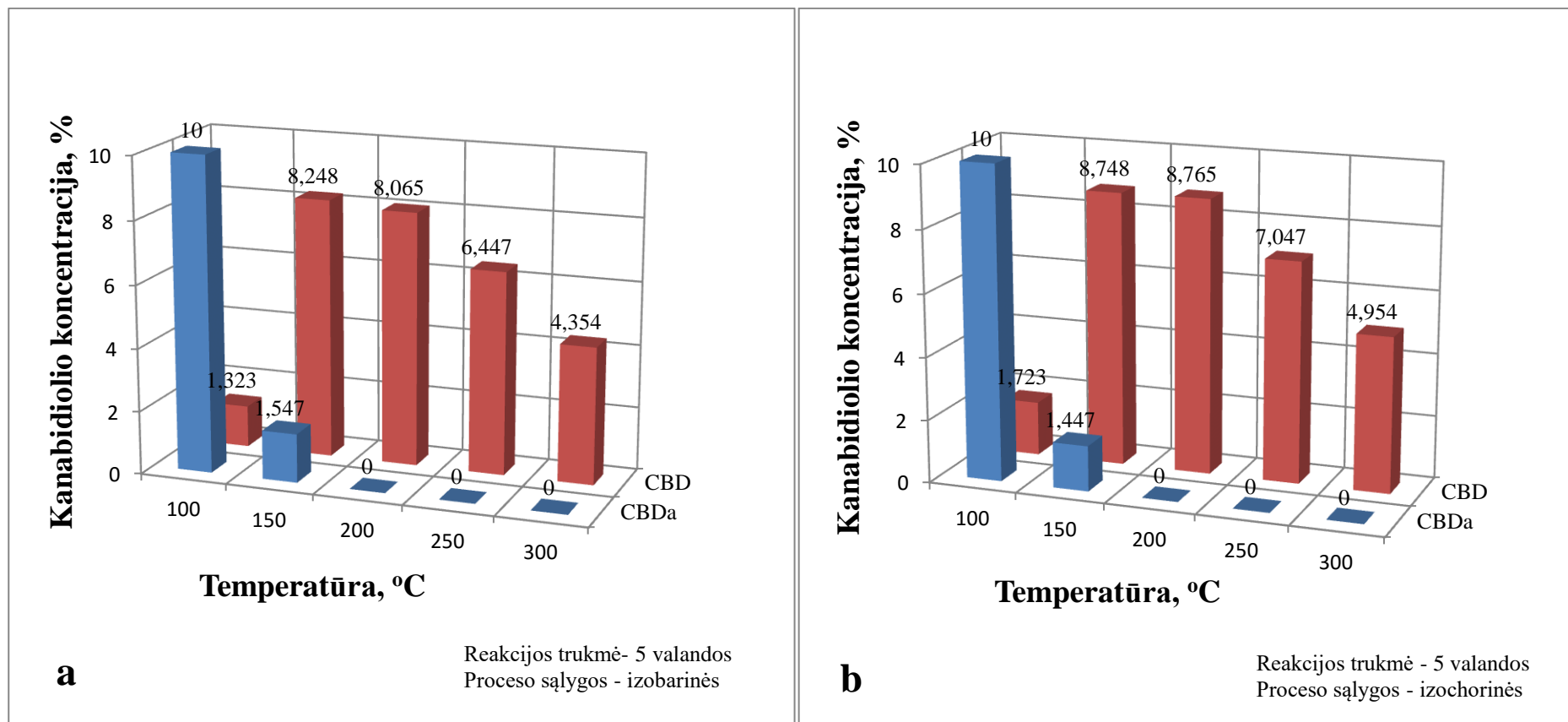


4.2.3 pav. Žaliavos Nr.2 masės nuostoliai esant izobarinėms sąlygoms



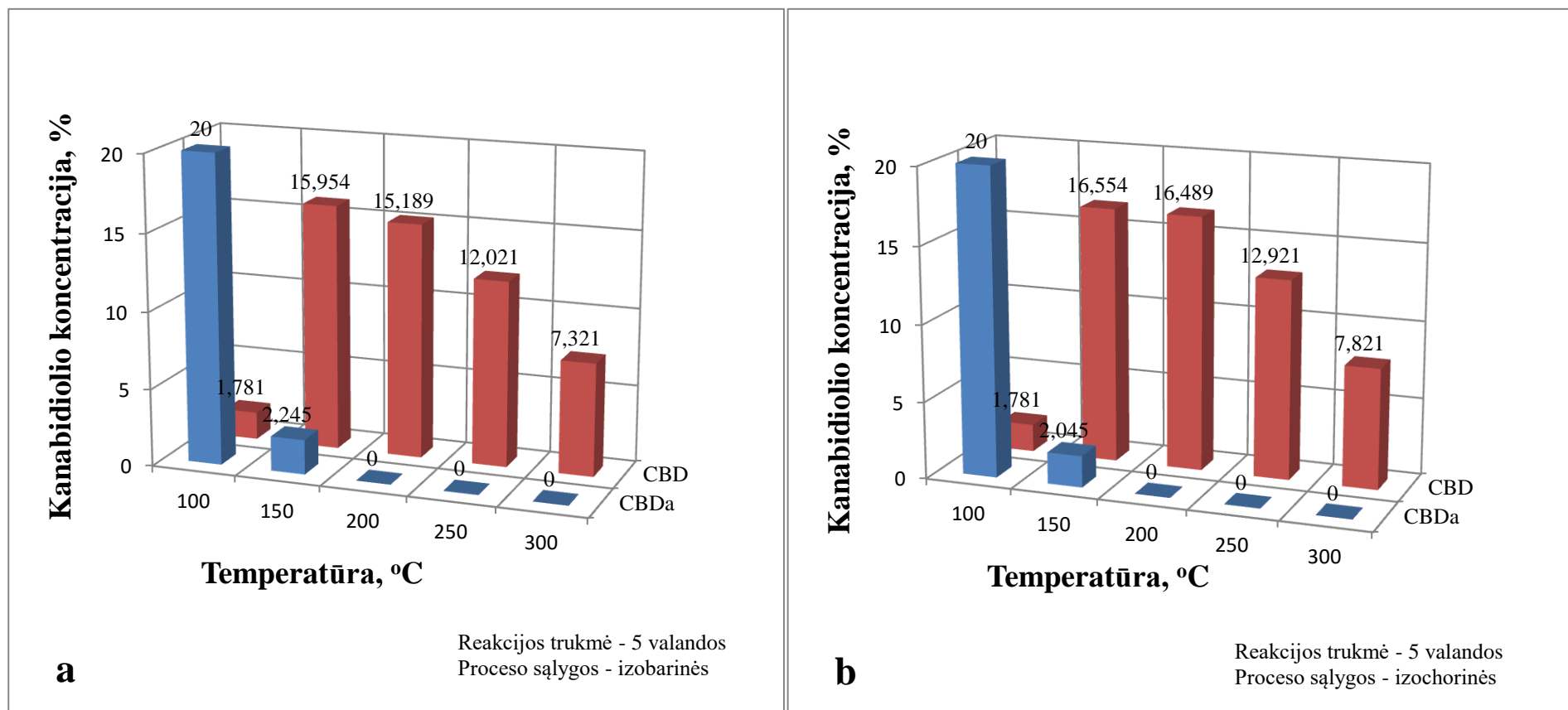
4.2.4 pav. Žaliavos Nr.3 masės nuostoliai esant izobarinėms sąlygoms

Visų trijų žaliavų 45 dekarboksilinimo eksperimentų rezultatai pateikiami 4.2.1–9 paveiksluose:



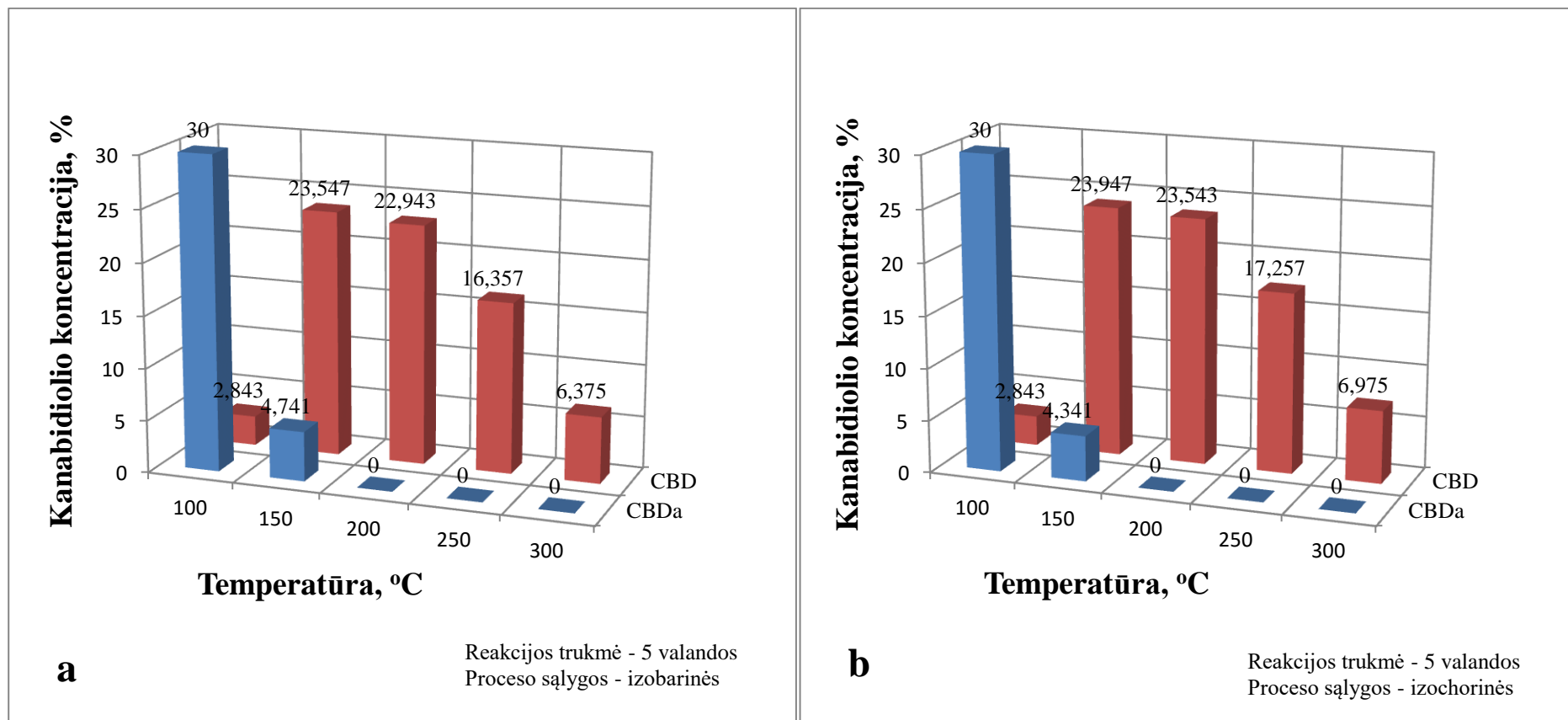
4.2.1 pav. Žaliavos Nr.1, CBDA ir CBD koncentracijos kitimo priklausomybė nuo temperatūros, esant 5 val. reakcijos trukmei.

Atlikus 5 valandų dekarboksilinimo eksperimentą su žaliava Nr.1, kurios pradinė CBDA koncentracija – 10 %, gauti rezultatai pateikiami 4.2.1 paveiksle. Esant izobarinėms proceso sąlygoms (4.2.1 Pav. a), didžiausia CBD koncentracija 8,25 % stebima 150 °C temperatūroje. Esant izochorinėms proceso sąlygomis (4.2.1 Pav. b), didžiausia kanabidiolio koncentracija 8,77 gaunama esant 200 °C temperatūroje. Šio tyrimo ciklo metu kanabidiolio rūgšties visiška konversija pastebima 200 °C temperatūroje.



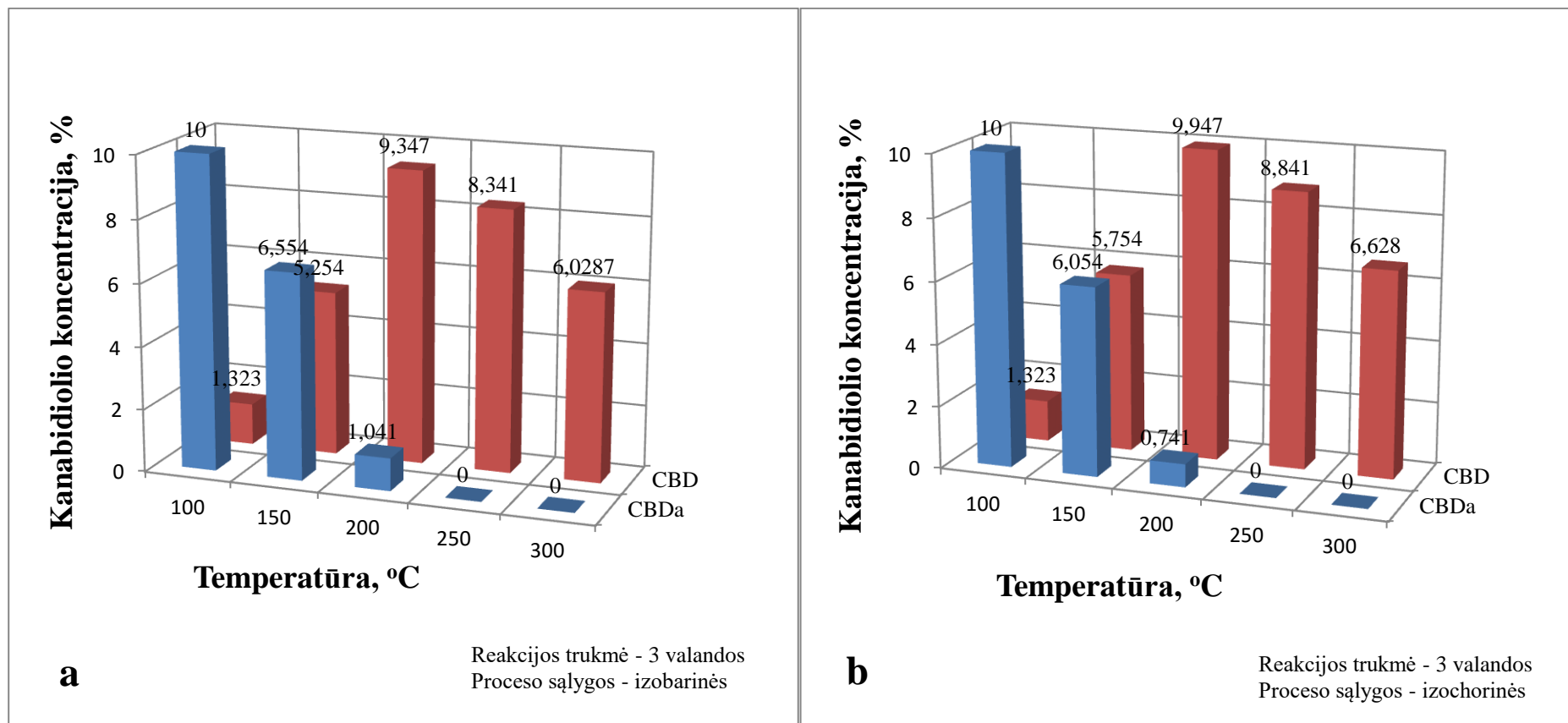
4.2.2 pav. Žaliavos Nr.2, CBDa ir CBD koncentracijos kitimo priklausomybė nuo temperatūros, esant 5 val. reakcijos trukmei.

Atlikus 5 valandų dekarboksilinimo eksperimentą su žaliava Nr.2, kurios pradinė CBDa koncentracija – 20 %, gauti rezultatai pateikiami 4.2.2 paveiksle. Esant izobarinėms proceso sąlygoms (4.2.1 Pav. a), didžiausia CBD koncentracija 15,95 % stebima 150 °C temperatūroje. Esant izochorinėms proceso sąlygomis (4.2.1 Pav. b), didžiausia kanabidiolio koncentracija 16,55 % gaunama esant 150 °C temperatūroje. Šio tyrimo ciklo metu kanabidiolio rūgšties visiška konversija pastebima 200 °C temperatūroje.



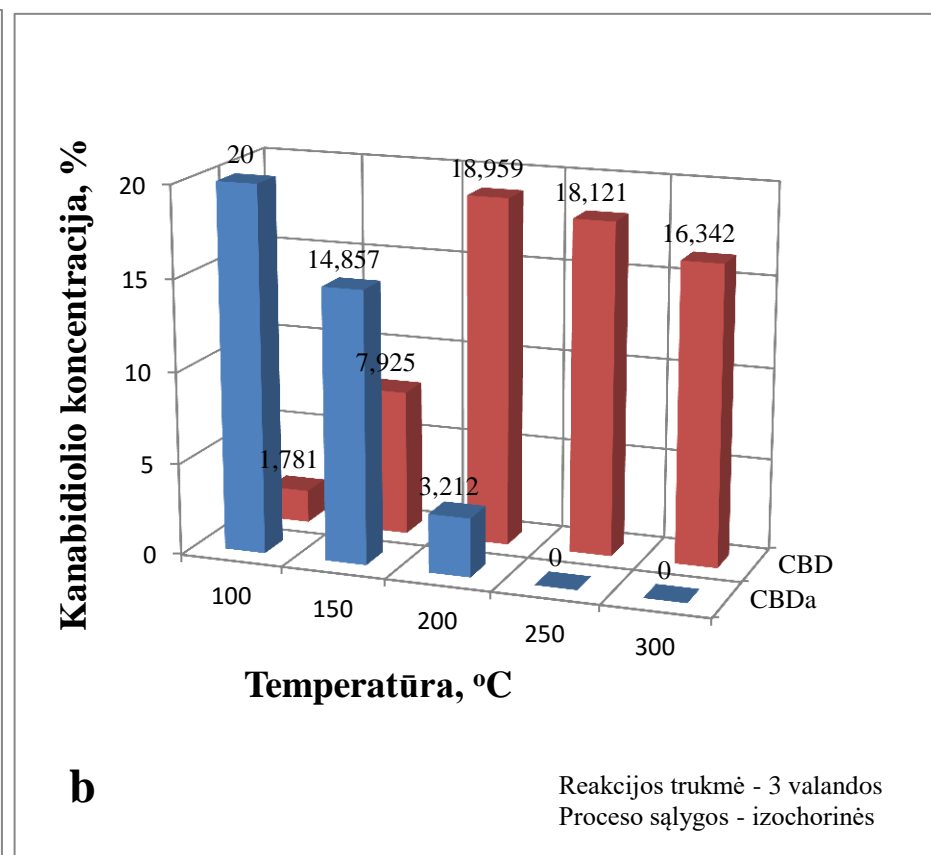
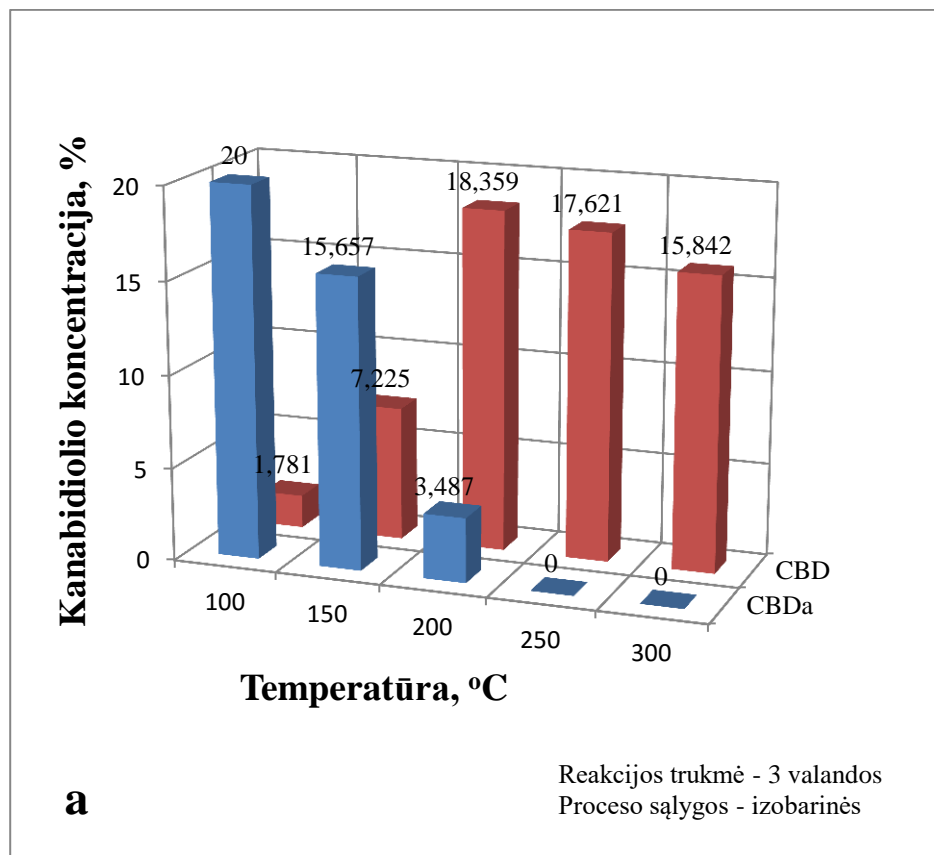
4.2.3 pav. Žaliavos Nr.3, CBDa ir CBD koncentracijos kitimo priklausomybė nuo temperatūros, esant 5 val. reakcijos trukmei.

Atlikus 5 valandų dekarboksilinimo eksperimentą su žaliava Nr.3, kurios pradinė CBDa koncentracija–30 % gauti rezultatai pateikiami 4.3.3 paveiksle. Esant izobarinėms proceso sąlygoms (4.3.3 Pav. a), didžiausia CBD koncentracija 23,55 % stebima 150 °C temperatūroje. Esant izochorinėms proceso sąlygomis (4.3.3 Pav. b), didžiausia kanabidiolio koncentracija 23,95 % gaunama esant 150 °C temperatūroje. Šio tyrimo ciklo metu kanabidiolio rūgšties visiška konversija stebima 200 °C temperatūroje.



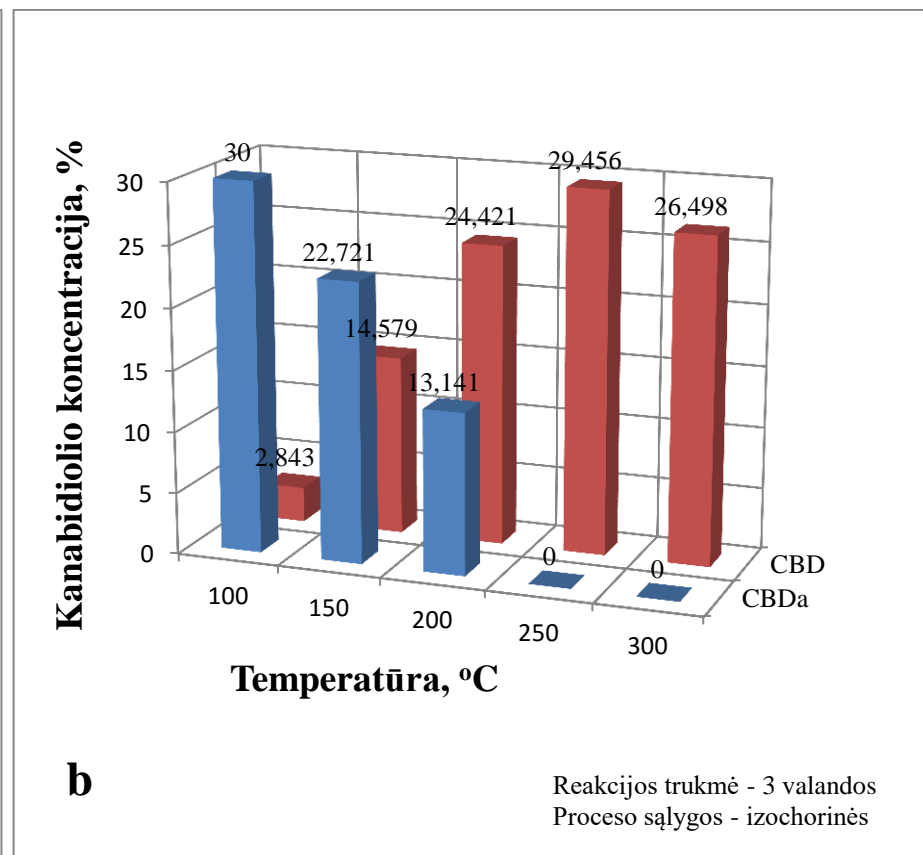
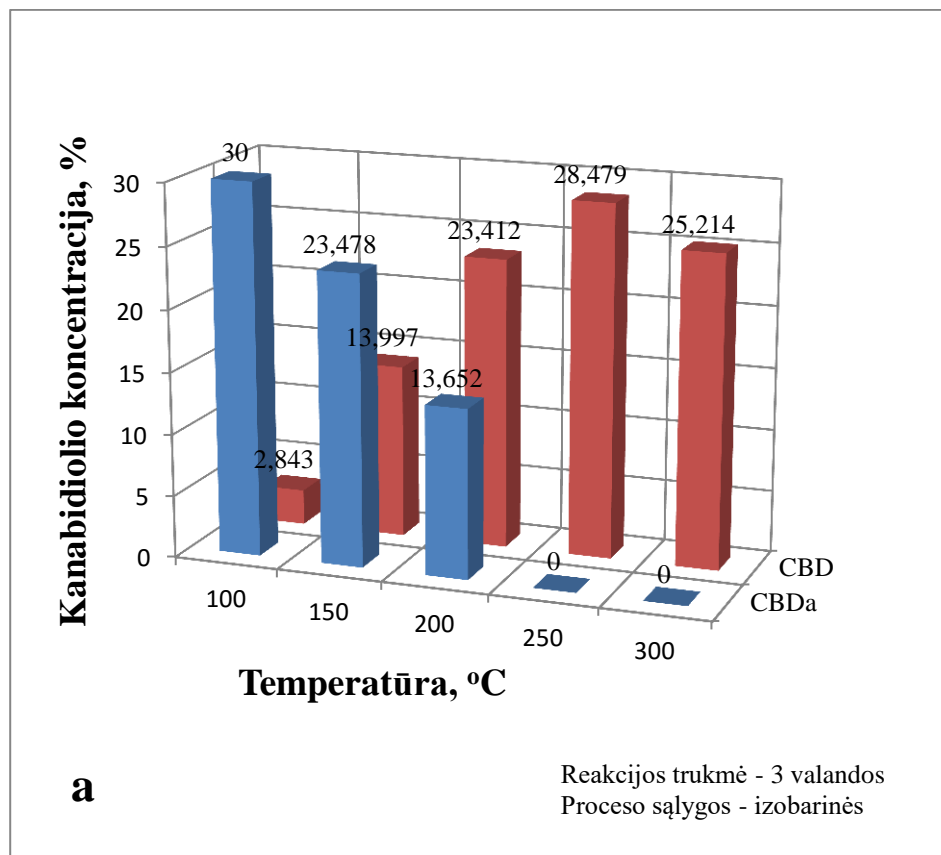
4.2.4 pav. Žaliavos Nr.1, CBDa ir CBD koncentracijos kitimo priklausomybė nuo temperatūros, esant 3 val. reakcijos trukmei.

Atlikus 3 valandų dekarboksilinimo eksperimentą su žaliava Nr.1, kurios pradinė CBDa koncentracija–10 % gauti rezultatai pateikiami 4.2.4 paveiksle. Esant izobarinėms proceso sąlygoms (4.2.4 Pav. a), didžiausia CBD koncentracija 9,35 % stebima 200 °C temperatūroje. Esant izochorinėms proceso sąlygomis (4.2.4 Pav. b), didžiausia kanabidiolio koncentracija 9,95 % gaunama esant 200 °C temperatūroje. Šio tyrimo ciklo metu kanabidiolio rūgštis visiškai konversija stebima 250 °C temperatūroje.



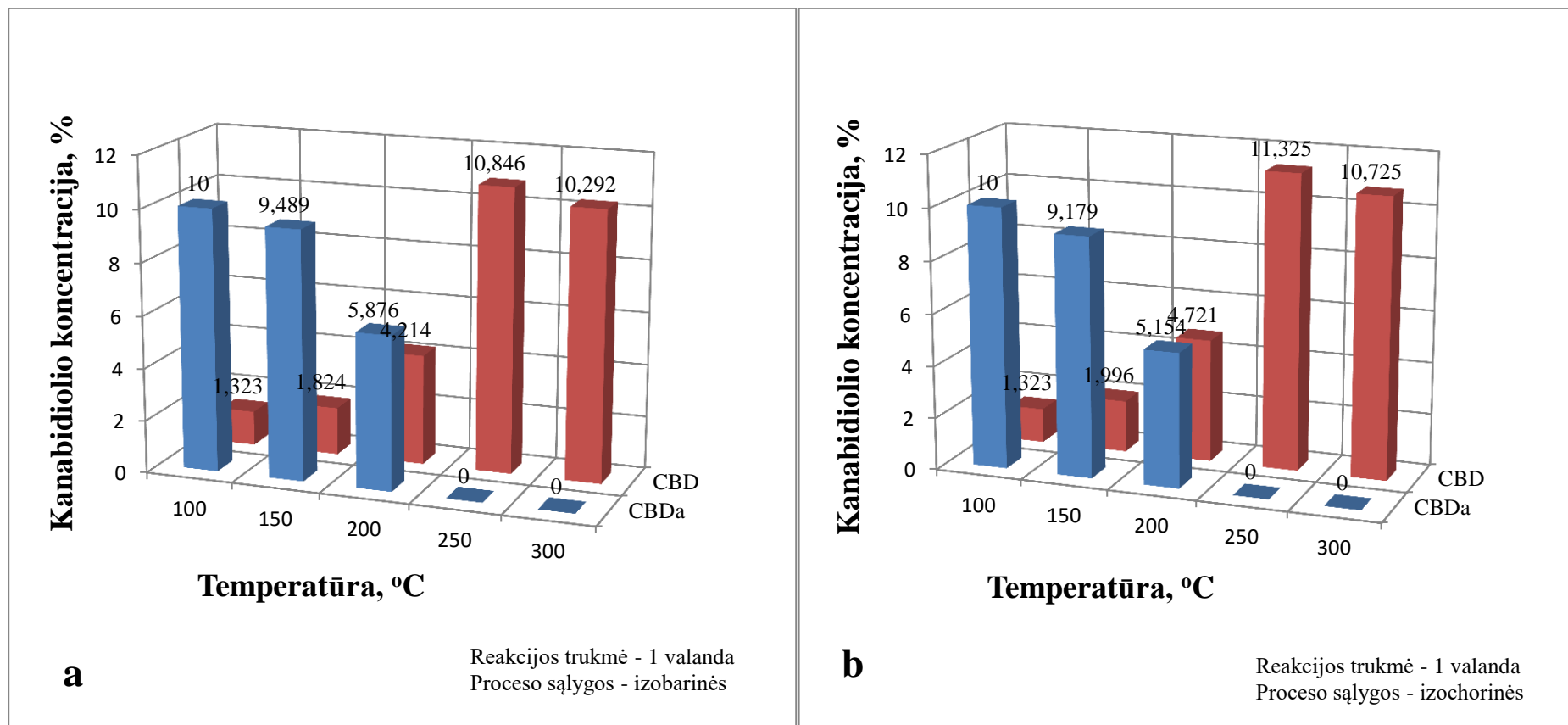
4.2.5 pav. Žaliava Nr.2, CBDa ir CBD koncentracijos kitimo priklausomybė nuo temperatūros, esant 3 val. reakcijos trukmei.

Atlikus 3 valandų dekarboksilinimo eksperimentą su žaliava Nr.2, kurios pradinė CBDa koncentracija–20 % gauti rezultatai pateikiami 4.3.5 paveiksle. Esant izobarinėms proceso sąlygoms (4.2.5 Pav. a), didžiausia CBD koncentracija 18,36 % stebima 200 °C temperatūroje. Esant izochorinėms proceso sąlygomis (4.2.5 Pav. b), didžiausia kanabidiolio koncentracija 18,96 % gaunama esant 200 °C temperatūroje. Šio tyrimo ciklo metu kanabidiolio rūgšties visiška konversija stebima 250 °C temperatūroje.



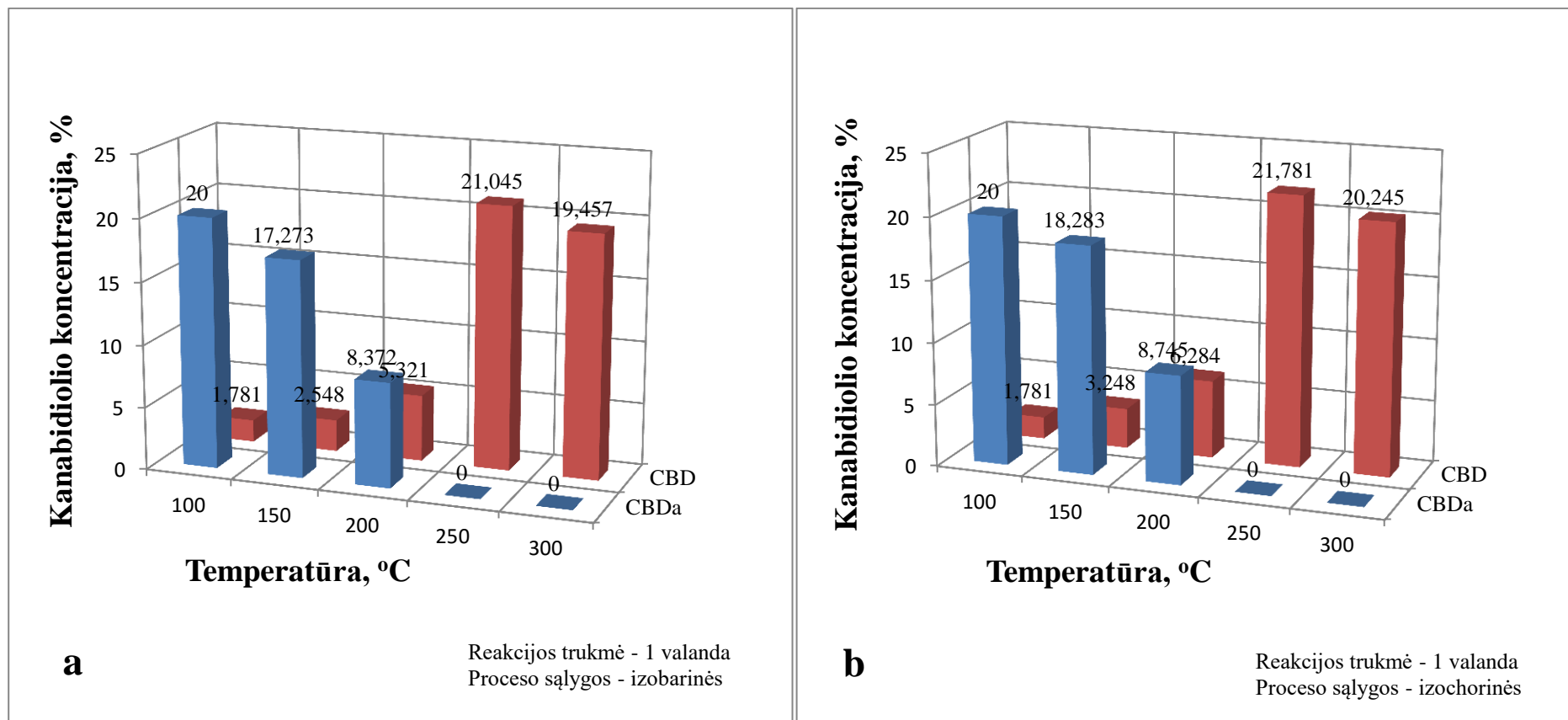
4.2.6 pav. Žaliava Nr.3, CBDa ir CBD koncentracijos kitimo priklausomybė nuo temperatūros, esant 3 val. reakcijos trukmei.

Atlikus 3 valandų dekarboksilinimo eksperimentą su žaliava Nr.3, kurios pradinė CBDa koncentracija–30 % gauti rezultatai pateikiami 4.3.6 paveiksle. Esant izobarinėms proceso sąlygoms (4.2.6 Pav. a), didžiausia CBD koncentracija 28,48 % stebima 250 °C temperatūroje. Esant izochorinėms proceso sąlygomis (4.2.6 Pav. b), didžiausia kanabidiolio koncentracija 29,46 % gaunama esant 250 °C temperatūroje. Šio tyrimo ciklo metu kanabidiolio rūgšties visiška konversija stebima 250 °C temperatūroje.



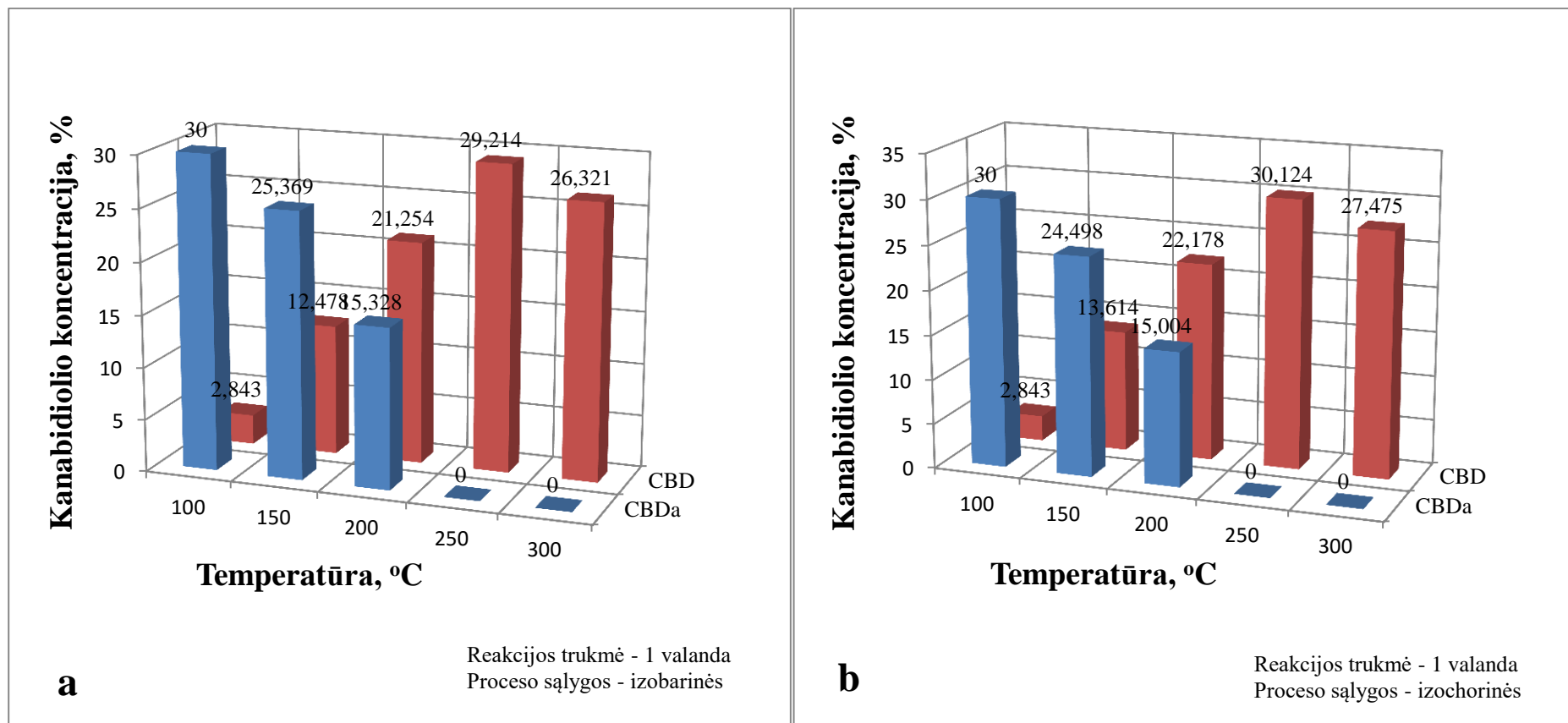
4.2.7 pav. Žaliava Nr.1, CBDa ir CBD koncentracijos kitimo priklausomybė nuo temperatūros, esant 1 val. reakcijos trukmei.

Atlikus 1 valandos dekarboksilinimo eksperimentą su žaliava Nr.1, kurios pradinė CBDa koncentracija–10 % gauti rezultatai pateikiami 4.3.6 paveiksle. Esant izobarinėms proceso sąlygoms (4.2.7 Pav. a), didžiausia CBD koncentracija 10,85 % stebima 250 °C temperatūroje. Esant izochorinėms proceso sąlygomis (4.2.7 Pav. b), didžiausia kanabidiolio koncentracija 11,33 % gaunama esant 250 °C temperatūroje. Šio tyrimo ciklo metu kanabidiolio rūgšties visiška konversija stebima 250 °C temperatūroje.



4.2.8 pav. Žaliava Nr.2, CBDa ir CBD koncentracijos kitimo priklausomybė nuo temperatūros, esant 1 val. reakcijos trukmei.

Atlikus 1 valandos dekarboksilinimo eksperimentą su žaliava Nr.2, kurios pradinė CBDa koncentracija–20 % gauti rezultatai pateikiami 4.3.6 paveiksle. Esant izobarinėms proceso sąlygoms (4.2.8 Pav. a), didžiausia CBD koncentracija 21,05 % stebima 250 °C temperatūroje. Esant izochorinėms proceso sąlygomis (4.2.8 Pav. b), didžiausia kanabidiolio koncentracija 21,78 % gaunama esant 250 °C temperatūroje. Šio tyrimo ciklo metu kanabidiolio rūgšties visiška konversija stebima 250 °C temperatūroje.



4.2.9 pav. Žaliava Nr.3, CBDa ir CBD koncentracijos kitimo priklausomybė nuo temperatūros, esant 1 val. reakcijos trukmei.

Atlikus 1 valandos dekarboksilinimo eksperimentą su žaliava Nr.3, kurios pradinė CBDa koncentracija–30 % gauti rezultatai pateikiami 4.3.6 paveiksle. Esant izobarinėms proceso sąlygoms (4.2.9 Pav. a), didžiausia CBD koncentracija 29,21 % stebima 250 °C temperatūroje. Esant izochorinėms proceso sąlygomis (4.2.9 Pav. b), didžiausia kanabidiolio koncentracija 30,12 % gaunama esant 250 °C temperatūroje. Šio tyrimo ciklo metu kanabidiolio rūgšties visiška konversija stebima 250 °C temperatūroje.

4.3. Žaliavos ir parametrų parinkimas

Išanalizavus dekarboksilinimo proceso tyrimų rezultatus, nustatomi optimalūs gamybinio proceso parametrai bei parenkama žaliava:

Pradinėse žaliavose aptinkama apie 5 % vandens nuo bendro ekstrakto kiekio, todėl technologijos linijoje bus įdiegta vakuuminė distiliacijos kolona.

Pagal nustatytus mažiausius kanabidiolio nuostolius parenkami projektuojamojo reaktoriaus parametrai bei žaliava (4.3.1 lent.).

4.3.1 lentelė. Projektuojamojo reaktoriaus parametrai

Žaliava	Temperatūra, °C	Trukmė, h	Proceso sąlygos
Nr2	250	1	Izochorinės

Nr.3 žaliavos atsisakyta dėl didelių jos paruošimo kaštų, taip pat dėl jos didelės kainos rinkoje.

Siekiant sumažinti produkto nuostolius, dekarboksilinimo proceso sąlygos parenkamos – izochorinės, todėl pagrindinis aparatas bus modeliuojamas su uždara sistema.

Cannabis Sativa superkriziniai CO₂ ekstraktai – dekarboksilinimo produktai, pavaizduoti 4.3.1 pav.



4.3.1 pav. *Cannabis Sativa* superkriziniai CO₂ ekstraktai

5. ĮRENGINIŲ PARINKIMAS

Šiame skyriuje parenkami ir skaičiuojami technologijos įrenginiai bei pagalbiniai aparatai, kurie yra būtini atlikti kanabidiolio rūgšties konversiją.

5.1. Vakuuminės distiliacijos kolonos konstrukciniai skaičiavimai

Vykdam kanapių lapų ekstrakciją su superkrižiniu anglies dioksidu proceso metu ekstrakte susikaupia ir visas ekstaktyve buvęs vanduo. Projektuojamoje technologijoje vanduo yra nepageidaujamas, nes likęs kanapių ekstrakte, sukuria palankią terpę vystytis mikroorganizmams. Todėl vakuuminė vandens distiliacijos kolona gamybos technologijoje naudojama atskirti pradinėje žaliavoje esantį vandenį. Vanduo sudaro 5 % nuo žaliavinio kanapių ekstrakto. Toliau aprašomi kolonos skersmens ir aukščio skaičiavimai. Pradiniai duomenys pateikiami 5.1.1 lentelėje.

5.1.1 lentelė. Pradiniai duomenys vakuuminės distiliacijos kolonos projektavimui.

Parametrai	Vertės
Kolonos temperatūra, K	373,15
Slėgis kolonoje, Pa	1000
Ekstrakto masės debitas G , kg/s	0,0301
Ekstrakto molekulinė masė, g/mol	358,21
Vandens masės debitas G , kg/s	0,0016
Vandens molekulinė masė, g/mol	18,02
Ekstrakto tankis, kg/m^3	920
Vandens tankis, kg/m^3	1000

5.1.1. Vakuuminės kolonos skersmens skaičiavimas

Vakuuminės kolonos skersmuo priklauso nuo pratekančio distiliato garų debito V_s (m^3/s) ir leistino garų greičio u (m/s). Šis priklauso nuo kolonos darbo sąlygų.

Garų debitas apskaičiuojamas pagal lygtį [24]:

$$V_s = 22,4 \cdot \frac{T}{273,15} \cdot \frac{101325}{P} \cdot \sum \frac{G_i}{M_i} \quad (5.1.1.1)$$

Čia T – temperatūra kolonoje, K; P – slėgis kolonoje, Pa; G_i – komponento i debitas kg/s; M_i – komponento i molekulinė masė.

$$V_{s1} = 22,4 \cdot \frac{373,15}{273,15} \cdot \frac{101325}{1000} \cdot \frac{0,0016}{18,02} = 0,273 \text{ m}^3/\text{s}$$

Leistinas į viršų kylančių distiliato garų greitis apskaičiuojamas pagal Sauderso ir Brauno lygtį [24]:

$$w = \frac{0,305}{3600} \cdot K \cdot \sqrt{\frac{\rho_s - \rho_g}{\rho_g}} \quad (5.1.1.2)$$

Čia ρ_s ir ρ_g – skysčio distiliato ir jo garų tankiai, kg/m^3 ; K – koeficientas, priklausantis nuo atstumo tarp lėkščių, slėgio kolonoje bei skysčio fazės debito. Koeficiento K reikšmė priimama 100.

$$\rho_g = \frac{G_i}{V_s} = \frac{0,0016}{0,273} = 0,006 \text{ kg/m}^3$$

$$w = \frac{0,305}{3600} \cdot 100 \cdot \sqrt{\frac{1000 - 0,006}{0,006}} = 3,515 \text{ m/s}$$

Žinant kolonos debitą bei garų greitį, apskaičiuojamas kolonos skersmuo, m [24]:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V_s}{\pi \cdot w}} \quad (5.1.1.3)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,273}{3,14 \cdot 3,515}} = 0,31 \text{ m}$$

Parenkamas vakuuminės kolonos skersmuo yra 0,35 m.

5.1.2. Vakuuminės kolonos aukščio skaičiavimas

Vakuuminės vandens distiliacijos kolonos aukštis priklauso nuo 7 dedamųjų. Kolonos dangčio aukštis h_1 apskaičiuojamas [24]:

$$h_1 = 0,5 \cdot d \quad (5.1.2.1)$$

$$h_1 = 0,5 \cdot 0,35 = 0,18 \text{ m}$$

Virš išgarinimo dalies esančių lėkščių užimamas aukštis h_2 apskaičiuojamas [24]:

$$h_2 = (n - 1) \cdot a \quad (5.1.2.2)$$

Čia n – lėkščių skaičius; a – atstumas tarp lėkščių, m [24].

$$h_2 = (6-1) \cdot 0,2 = 1 \text{ m}$$

Išgarinimo dalies aukštį h_3 galima laikyti lygiu [24]:

$$h_3 = 3 \cdot a \quad (5.1.2.3)$$

$$h_3 = 3 \cdot 0,2 = 0,6 \text{ m}$$

Apatinės dalies lėkščių užimamą aukštį h_4 apskaičiuojama pagal (5.1.2.2) lygtį:

$$h_4 = (3-1) \cdot 0,2 = 0,4 \text{ m}$$

Atstumas nuo likučio paviršiaus iki apatinės lėkštės h_5 priimama 0,5 m.

Skystojo likučio užimamos kolonos dalies aukštis h_6 apskaičiuojamas [24]:

$$V_L = \frac{G_L \cdot 600}{\rho_L} \quad (5.1.2.4)$$

Čia: V_L – likučio atsarga, m^3 ; G_L – likučio debitas, kg/s ; ρ_L – likučio tankis, kg/m^3 .

$$V_L = \frac{0,0301 \cdot 600}{920} = 0,02 \text{ m}^3$$

$$F_{skrp} = \pi \cdot r^2 \quad (5.1.2.5)$$

Čia F_{skrp} – Kolonos skerspjūvio plotas, m^2 .

$$F_{skrp} = 3,14 \cdot 0,175^2 = 0,096 \text{ m}^2$$

$$V_{pusf} = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \quad (5.1.2.6)$$

Čia V_{pusf} - kolonos apatinės dalies dangčio likučio tūris, m^3 .

$$V_{pusf} = \frac{2}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,175^3 = 0,011 \text{ m}^3$$

$$h_6 = r + \frac{V_L - V_{pusf}}{F_{skrp}} \quad (5.1.2.7)$$

$$h_6 = 0,175 + \frac{0,02 - 0,011}{0,096} = 0,3 \text{ m}$$

Koloną laikančių konstrukcijų aukštis h_7 priimamas 1 m.

Vakuuminės vandens distiliavimo kolonos bendras aukštis h , m:

$$h = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 + h_7 \quad (5.1.2.8)$$

$$h = 0,18 + 1 + 0,65 + 0,4 + 0,5 + 0,3 + 1 = 3,9 \text{ m}$$

Priimamas kolonos aukštis 4 m.

5.2. Reaktoriaus konstrukciniai skaičiavimai

Šioje dalyje pateikiama pagrindinio įrenginio skaičiavimai pagal įrenginio našumą ir tyrimų rezultatus.

Apskaičiuojamas reaktoriaus vidinis tūris V_v , m^3 [25]:

$$V_v = V_s \cdot \tau \quad (5.2.1)$$

Čia V_s – ekstrakto tūrinis debitas, m^3/h . τ – laikas, h.

$$V = 0,221 \cdot 1 = 0,221 \text{ m}^3$$

Žinant realų tūrinį debitą ir tėkmės greitį, reaktoriaus vamzdžio skersmuo d (m) apskaičiuojamas [25]:

$$d = \sqrt{\frac{V_s}{0,785 \cdot w}} \quad (5.2.2)$$

Čia V_s – ekstrakto tūrinis debitas, m^3/s . w – tėkmės greitis, m/s .

$$d = \sqrt{\frac{0,00006149}{0,785 \cdot 0,15}} = 0,023 \text{ m}$$

Pagal tyrimų rezultatus (žr. 4 skyrių) geriausias reakcijos laikas yra viena valanda. Toliau apskaičiuojama reaktoriaus vamzdžio ilgis l (m) žinant laiką τ ir linijinį greitį w .

0,15 m – 1 s

x m – 3600 s

x=540 m

Vamzdžio ilgis yra 540 m.

Apskaičiuojamas reaktoriaus tūris V , m^3 [25]:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot l \quad (5.2.3)$$

Čia r – išorinis vamzdžio spindulys, m; l – reaktoriaus ilgis, m.

$$r = \frac{(0,023 + 0,004)}{2} = 0,0135 \text{ m}$$

$$V = 3,14 \cdot 0,0135^2 \cdot 540 = 0,309 \text{ m}^3$$

Pagal aparato brėžinį (1. Priedas) reaktoriaus korpuso matmenys:

Aukštis – 2,171 m; Ilgis – 2,181 m; Plotis 0,88 m; Reaktoriaus sienelių storis – 0,005 m.

Reaktoriaus korpuso tūris V_{rk} , m^3 :

$$V_{rk} = 2,171 \cdot 2,181 \cdot 0,88 = 4,167 \text{ m}^3 \quad (5.2.4)$$

Reaktoriuje alyvos užimamas tūris V_{ra} , m^3 :

$$V_{ra} = (4,167 - 0,309 - (4,167 \cdot 0,3)) = 2,611 \text{ m}^3 \quad (5.2.5)$$

* Reaktoriaus tvirtinimo elementų ir kitos vidaus įrangos tūris priimamas 30 % nuo bendro reaktoriaus korpuso tūrio.

Apskaičiuojama slėgio nuostoliai reaktoriaus vamzdyne. Vamzdyne palaikomas 20 bar slėgis, todėl apskaičiuojami nuostoliai dėl slėgimo ir siurbimo linijų skirtumo Δp_{siu} , Pa [25]:

$$\Delta p_{siu} = (20 - 1) \cdot 10^5 = 1900000 \text{ Pa}$$

Nuostoliai dėl trinties Δp_{tr} apskaičiuojami, Pa [25]:

$$\Delta p_{tr} = \xi \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2} \quad (5.2.6)$$

Čia ξ - trinties koeficientas.

Apskaičiuojama Reinoldso vertė [25]:

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d}{\nu} \quad (5.2.7)$$

Čia ν - kinematinė klampa, m²/s.

$$\text{Re} = \frac{0,15 \cdot 0,023}{0,0000035} = 979,33$$

Re vertė yra mažesnė nei 2300, todėl tekėjimo pobūdis yra laminarinis. Trinties koeficientas nepriklauso nuo vamzdžio sienelės, bet priklauso nuo Re . Apvaliems vamzdžiams:

$$\xi = \frac{64}{\text{Re}} \quad (5.2.8)$$

$$\xi = \frac{64}{979,33} = 0,0654$$

$$\Delta p_{tr} = 0,0654 \cdot \frac{540}{0,023} \cdot \frac{0,15^2 \cdot 920}{2} = 1598361 \text{ Pa}$$

Apskaičiuojami slėgio nuostoliai dėl greičio, Δp_{gr} , Pa [25]:

$$\Delta p_{gr} = \frac{w^2 \cdot \rho}{2} \quad (5.2.9)$$

$$\Delta p_{gr} = \frac{0,15^2 \cdot 920}{2} = 10,35 \text{ Pa}$$

Apskaičiuojami slėgio nuostoliai dėl skysčio pakėlimo į aukštį Δp_{pak} , Pa [25]:

$$\Delta p_{pak} = \rho \cdot g \cdot H_g \quad (5.2.10)$$

Čia H_g – pakėlimo aukštis, m.

$$\Delta p_{pak} = 920 \cdot 9,8 \cdot 1,5 = 13524 \text{ Pa}$$

Apskaičiuojami slėgio nuostoliai dėl vietinių kliūčių Δp_{vk} , Pa [25]:

$$\Delta p_{vk} = \sum \zeta \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2} \quad (5.2.11)$$

Čia ζ - vamzdymo vietinių kliūčių koeficientas.

Vamzdymo vietinės kliūtys yra posūkiai, todėl pagal 2 priedą parenkamos ir skaičiuojamos vertės A ir B .

Kampas $\varphi = 180^\circ$, tai A reikšmė = 1,40;

$$\frac{R_0}{d} = \frac{0,025}{0,023} = 1,1, \text{ tai } B \text{ reikšmė} = 0,21;$$

$$\zeta = A \cdot B = 1,40 \cdot 0,21 = 0,294$$

Kadangi posūkiai yra 1054, tai pasipriešinimo koeficientas:

$$\zeta = 1054 \cdot 0,294 = 309,88$$

$$\Delta p_{vk} = 309,88 \cdot \frac{0,15^2 \cdot 920}{2} = 3207,22 \text{ Pa}$$

Apskaičiuojami bendri slėgio nuostoliai Δp reaktoriaus vamzdyne, Pa [25]:

$$\Delta p = \Delta p_{siu} + \Delta p_{gr} + \Delta p_{tr} + \Delta p_{pak} + \Delta p_{vk} \quad (5.2.12)$$

$$\Delta p = 1900000 + 10,35 + 1598361 + 13524 + 3207,22 = 1932725,17 \text{ Pa}$$

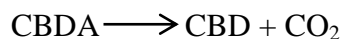
Siurblio atiduodama fluidui galia N , kW, apskaičiuojama pagal lygtį [25]:

$$N = \frac{V_s \cdot \Delta p}{1000 \cdot \eta} \quad (5.2.13)$$

$$N = \frac{0,00006149 \cdot 1932725,17}{1000 \cdot 0,7} = 0,17 \text{ kW}$$

5.2.1. Įrenginio medžiagų balansas

Įrenginio našumas – 950 t/m. Pagal reakcijos lygtį apskaičiuojamas reaktoriaus medžiagų balansas.



Iš 1 kg 20 % CBDA ekstrakto gauname:

1 kg CBDA – x CBD

358,2144 g/mol CBDA – 314,4617 g/mol CBD

Čia $x=0,878$ kg CBD

Gaunama 20 % CBD ekstrakto 0,878 kg

Kadangi žaliavoje yra 20 % CBDA, o CO₂ dujos išsiskiria vykstant dekarboksilinimo reakcija, todėl CO₂ dujų masė apskaičiuojama:

Iš 1 kg 20 % CBDA ekstrakto gauname:

1 kg CBDA – x CO₂

358,2144 g/mol CBDA – 44,01 g/mol CO₂

Čia $x=0,123$ kg CO₂

$$x = 0,123 \cdot 0,2 = 0,0246$$

Pagal reakcijos lygtį rezultatai surašomi į masės balanso 5.2.1.1 lentelę.

5.2.1.1 lentelė. Patalpų ir išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų

Į reaktorių	t/m	kg/h	kg/s
Kanapių ekstraktas (20 % CBDA)	950	108,45	0,03
Iš reaktoriaus	t/m	kg/h	kg/s
Kanapių ekstraktas (20 % CBD)	926,630	105,78	0,029
CO ₂ dujos	23,37	2,668	0,001
Viso	950	108,45	0,03

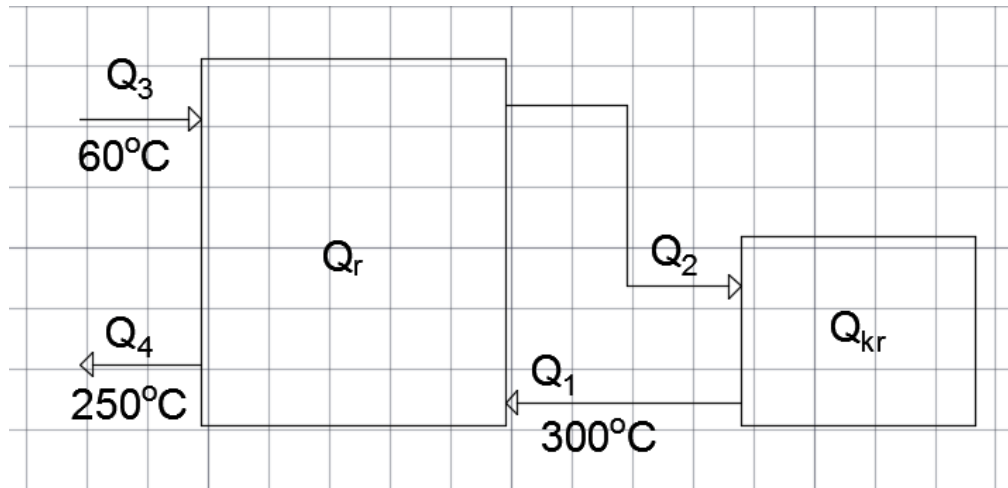
5.2.2. Įrenginio šilumos balansas

Reaktoriaus vamzdelį iki reikiamos temperatūros šildys šilumos agentas – specialios paskirties alyva (Paratherm – NF). Šiuo tikslu apskaičiuojamas šilumos balansas ir nustatomas kaitinamojo įrenginio elektrinis galingumas (kW), kuris užtikrintų visišką kanapių ekstrakto srauto konversiją. Turi būti tenkinama ši lygtis [24]:

$$\sum Q_{jei} = \sum Q_{išein} \quad (5.2.2.1)$$

Čia: $\sum Q_{jein}$ ir $\sum Q_{išein}$ – į reaktorių įeinančių ir iš jo išeinančių srautų bendra šiluma, kJ/h.

Šilumos srautai pavaizduojami 5.2.2.1 Pav.



5.2.2.1 pav. Reaktoriaus šilumos srautų kryptys

Žinant į reaktorių tiekiamą žaliavos debitą, srautų temperatūras ir fluidų tankius apskaičiuojama skysčio ir garų entalpijos h_s , h_g , sauso kanapių ekstrakto bei CO₂ dujų. [24]:

$$h_s = \frac{0,0017 \cdot T^2 + 0,762 \cdot T - 334,25}{\sqrt{\rho_{15}^{15}}} \quad (5.2.2.2)$$

$$h_g = (129,58 + 0,134 \cdot T + 0,00059 \cdot T^2) \cdot (4 - \rho_{15}^{15}) - 308,99 \quad (5.2.2.3)$$

Čia T – temperatūra, K.

Apskaičiuojama h_{s1} kaitinamo agento entalpija, kJ/kg:

$$h_{s1} = \frac{0,0017 \cdot 573,15^2 + 0,762 \cdot 573,15 - 334,25}{\sqrt{0,950}} = 678,11 \text{ kJ/kg}$$

Apskaičiuojama $h_{s,g3}$ entalpijos pagal kanapių ekstraktą ir CO₂ dujas:

$$h_{s3} = \frac{0,0017 \cdot 333,15^2 + 0,762 \cdot 333,15 - 334,25}{\sqrt{0,920}} = 112,90 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{g3} = (129,58 + 0,134 \cdot 333,15 + 0,00059 \cdot 333,15^2) \cdot (4 - 0,001964) - 308,99 = 387,56 \text{ kJ/kg}$$

Apskaičiuojama $h_{s,g4}$ entalpijos pagal kanapių ekstraktą ir CO₂ dujas:

$$h_{s4} = \frac{0,0017 \cdot 523,15^2 + 0,762 \cdot 523,15 - 334,25}{\sqrt{0,920}} = 552,20 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{g4} = (129,58 + 0,134 \cdot 523,15 + 0,00059 \cdot 523,15^2) \cdot (4 - 0,001964) - 308,99 = 489,35 \text{ kJ/kg}$$

Dekarbiksilinimo reakcijos termocheminiai skaičiavimai rodo, kad reakcija yra egzoterminė
 $\Delta H_r = -134 \text{ kJ/mol}$

$$134 \text{ kJ/mol} - 358,2144 \text{ g/mol}$$

$$x \text{ kJ/kg} - 1000 \text{ g/mol}$$

$$\text{Čia } x = 374,08 \text{ kJ/kg}$$

Kadangi gryno CBDA ekstrakto yra 20 %, tai h_r :

$$h_r = 0,2 \cdot 374,08 = 74,82 \text{ kJ/kg}$$

Žinant entalpijų vertes, apskaičiuojami šilumos srautai Q_n , kJ/h [24]:

$$Q = G \cdot h_{g,s} \tag{5.2.2.4}$$

Čia G – produktų debitas, kg/h.

$$Q_1 = 80 \cdot 678,11 = 54248,96 \text{ kJ/h}$$

$$Q_3 = 105,78 \cdot 112,90 + 2,67 \cdot 387,56 = 12525,4 \text{ kJ/h}$$

$$Q_4 = 105,78 \cdot 552,20 + 2,67 \cdot 489,35 = 59717,55 \text{ kJ/h}$$

$$Q_r = 108,45 \cdot 74,82 = 8113,56 \text{ kJ/h}$$

Pagal galiojančią šilumos priklausomybę išsireiškiame Q_2 :

$$Q_1 + Q_3 + Q_r = Q_2 + Q_4 + Q_n$$

Čia Q_n – šilumos nuostoliai (5 % nuo įeinančių šilumos srautų).

$$Q_n = (Q_1 + Q_3 + Q_r) \cdot 0,05 = (54248,96 + 12976,63 + 8113,56) \cdot 0,05 = 3766,96 \text{ kJ/h}$$

$$Q_2 = (54248,96 + 12976,63 + 8113,56) - (59717,55 - 3766,96) = 11854,65 \text{ kJ/h}$$

Pagal (30) formulę išsireiškiame h_{s2} , kJ/kg:

$$h_{s2} = \frac{11854,65}{80} = 148,18 \text{ kJ/kg}$$

T_2 temperatūra yra 77,58 °C apskaičiavus (5.2.2.2) kvadratinę lygtį.

Apskaičiuojama elektrinės alyvos kaitinimo krosnies galia N_{kr} , kW. Surandama Q_{kr} šilumos vertė, kJ/h [24]:

$$Q_{kr} = Q_1 - Q_2 = 54248,96 - 11854,65 = 42394,32 \text{ kJ/h}$$

$$N_{kr} = Q_{kr} \cdot \left(\frac{1}{3600}\right) = 42394,32 \cdot \left(\frac{1}{3600}\right) = 11,78 \text{ kW}$$

5.3. Vertikalaus separatoriaus konstrukciniai skaičiavimai

Iš reaktoriaus išeinantis srautas patenka į separatorių, kuriame išskaidomas į CBD ekstraktą ir CO₂ dujas. Siekiant užtikrinti gerą fazių perskirimą apskaičiuojami separatoriaus skersmuo ir aukštis.

Garų fazės tūrinis debitas V_g (m³/s) separatoriuje apskaičiuojamas pagal (5.1.1.1) lygtį [26]:

$$V_g = 22,4 \cdot \frac{518,15}{273,15} \cdot \frac{101325}{101325} \cdot \frac{0,001}{44} = 0,0007 \text{ m}^3/\text{s}$$

Leistinas garų fazės srauto greitis u_g (m/s) apskaičiuojamas [26]:

$$u_g \approx 0,0008334 \cdot \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_g}} \quad (5.3.1)$$

Čia: ρ_s, ρ_g – skysčio ir garų fazių tankis, kg/m^3 .

$$u_g \approx 0,0008334 \cdot \sqrt{\frac{920}{1,964}} = 0,018 \text{ m/s}$$

Separatoriaus skerspjūvio plotas, apskaičiuojamas pagal garų debitą S_g (m^2) [26]:

$$S_g = \frac{V_g}{u_g} = \frac{0,0007}{0,018} = 0,04 \text{ m}^2 \quad (5.3.2)$$

Separatoriaus skerspjūvio plotas pagal skysčio fazių debitą S_s (m^2), skaičiuojamas [26]:

$$S_s = \frac{V_{eks}}{u_s} \quad (5.3.3)$$

Čia: V_{eks} – tūrinis kanapių ekstrakto debitas m^3/s ;

u_s – skysčio fazės judėjimo greitis, $0,002 \text{ m/s}$.

$$S_s = \frac{\left(\frac{0,03}{920}\right)}{0,002} = 0,00003 \text{ m}^2$$

Pagal didesniojo apskaičiuoto skerspjūvio plotą S_s apskaičiuojamas separatoriaus skersmuo D , m [26]:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{S_g}{\pi}} \quad (5.3.4)$$

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{0,04}{3,14}} = 0,225 \text{ m}$$

Separatoriaus skersmuo priimamas $0,25 \text{ m}$.

Laisvosios erdvės aukštis virš lašų gaudyklės h_9 priimamas $0,4 \text{ m}$. Apskaičiuojama separatoriaus nusistovėjimo zonos aukštis H_n , m [26]:

$$H_n = h_1 + h_1' \quad (5.3.5)$$

Čia: h_1' priimamas $\approx 0,7H_n$. Tada H_n (m) apskaičiuojamas iš lygties [26]:

$$0,785 \cdot D^2 \cdot 0,7 \cdot H_n + S_g \cdot 0,3 \cdot H_n \approx \tau \cdot 60 \cdot V_{eks}$$

$$0,785 \cdot 0,25^2 \cdot 0,7 \cdot H_n + 0,04 \cdot 0,3 \cdot H_n \approx \tau \cdot 60 \cdot 0,00003$$

$$H_n = 1,27 \text{ m}$$

Kanapių ekstrakto sluoksnio aukštį H_{eks} galima priimti 0,4 m.

$$H = H_n + H_{eks} + h_9$$

$$H = 1,27 + 0,4 + 0,5 = 2,17$$

Separatoriaus aukštis priimamas – 2,2 m.

Iš separatoriaus tiekiamos CO₂ dujos prieš patekdamos į atmosferą, turi būti sumaišomos su šviežiu oru, kad atitiktų taršos normas (žr. 10 skyrių). Numatomas dujų valymo įrenginys. Anglies dioksido masinis dujų debitas 2,668 kg/h (5.2.1.1 lent.). Apskaičiuojamas tiekiamas oro kiekis V_{oro} , m³:

$$8,5 \text{ g} - 1 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$2668 \text{ g} - V_{oro} \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{oro} = 313,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

Į dujų valymo įrenginį bus tiekama 313,9 m³/h oro.

6. TECHNOLOGINĖS LINIJOS APRAŠYMAS

Žaliavos esančios 70 kg tarose elektriniu keltuvu kraunamos iš sunkvežimio į laikymo sandėlį. Taros dezinfekuojamos ir elektriniu keltuvu vežamos bei iškraunamos į talpą T1. Talpoje T1 organizuojamas sienelių elektrinis kaitinimas, užtikrinantis 60 °C temperatūrą ir skystą žaliavos agregatinę būseną.

Pakaitintas pradinis kanapių ekstraktas, atidarius sklendę SK1, dėl slėgių skirtumo, tiekiamas į vakuuminę distiliacijos koloną VDK1, per elektra kaitinamą vamzdinę krosnį DKR1, kurioje žaliava pakaitinama iki 100 °C. Kolonoje VDK1 išgarinamas žaliavoje esantis vanduo. Pro kolonos viršų išgaravęs vanduo tiekiamas vamzdynu į kondensatorių KO1. Susikondensavęs vanduo patenka į talpą T2, o atidarius sklendę SK3 vanduo drenuojamas į pramoninę kanalizaciją.

Pradinė žaliava atskirta nuo vandens iš kolonos apačios krumpliaratoriniu siurbliu S1, per vamzdyje esančią sklendę SK2, tiekiamą į kaitinamą talpą T3, kurioje palaikoma 60 °C temperatūra. Distiliacijos kolonoje slėgis sumažinamas iki 20 mbar vakuuminiu siurbliu VS1. Kolonos apačios kaitinimas iki 120 °C temperatūros, užtikrinamas elektriniais kaitinimo elementais.

Atskirta nuo vandens žaliava siurbliu S2, per sklendę SK4, iš talpos T3 tiekiamą į pagrindinį įrenginį – reaktorių R1. Srautui tekant vamzdine erdve vyksta dekarboksilinimo procesas. Reikiamas slėgis (20 bar) vamzdinėje erdvėje palaikomas siurbliu S2 ir sklende SK5. Reaktoriuje R1 250 °C temperatūrą užtikrina cirkuliuojanti alyva, kuri per reguliuojamąją sklendę SK17 krumpliaratoriniu siurbliu S6 pumpuojama iš alyvos elektrinio kaitintuvo KR1.

Srautas iš konversijos įrenginio siurbliu S2 tiekiamas į separatorių SE1, kuriame dėl sumažėjusio slėgio, atskiriamos desorbuotos CO₂ dujos nuo produkto. Pro separatoriaus viršų anglies dioksido dujos išleidžiamos į valymo įrenginį. Produktas pro separatoriaus apačią išpumpuojamas, analizuojamas (per sklendę SK6) ir krumpliaratoriniu siurbliu S3 tiekiamas į kaitinamą talpą T4. Jei rezultatai netinkami, siurbliu S4 pumpuojamas per sklendes SK7 ir SK2 atgal į talpą T3 kaip reciklas.

Produktas iš talpos T4 siurbliu S4, per reguliuojamąją sklendę SK7 ir sklendę SK9 tiekiamas į fasavimo įrenginį PI1, kuriame dekarboksilintas ekstraktas išpilstomas į 50 L statines.

Norint keisti produkto koncentraciją ar laikyti produktą specialiam užsakymui prieš išpilstymą, numatoma galimybė dekarboksilintą ekstraktą siurbliu S4 per sklendę SK8 nekreipti į

kaitinamas talpas T5–9, kurios reguliuojamos sklendėmis SK10–14. Pakeistos koncentracijos ar specialiam užsakymui laikytas ekstraktas iš kaitinamų talpų T5–9, per sklendes SK15–20 krumpliaratoriniu siurbliu S5 tiekiamas į pakavimo įrenginį PI1. Supakuotos 50 L statinės elektriniu autokeltuvu vežamos į produktų sandėlį.

Technologinės schemos brėžinys pateikiamas 3 priede.

7. STATYBINIAI SPRENDINIAI

7.1. Bendrieji duomenys

Pastatas projektuojamas remiantis statybos įstatymo techniniais reglamentais. Statinys atitinka gamybos apimtį bei gamybos pobūdį. Pastatą planuojama pastatyti per 8 mėnesius. Projektuojamo statinio pagrindinė veikla – kanapių ekstrakto dekarboksilinimo technologijos procesas. Dalis pastato naudojama administracinėms ir patalpoms, skirtoms sudaryti saugias ir higieniškas sąlygas darbuotojams. Kita dalis skirta produkto gamybai, jo tyrimams bei sandėliavimui [27].

Įmonės statybos vieta parinkta Kauno rajone, Ramučių miestelyje, Davalgonių gatvėje. Ši statybvietė pasirinkta, nes miestelis nutolęs nuo Kauno vos per 16 km. Puikiai išvystyta logistika, netoli Ramučių yra Kauno oro uostas, į pietus Kauno laisvoji ekonominė zona ir automagistralė Vilnius – Kaunas – Klaipėda. Taip pat Kaune galima rasti kvalifikuotą darbo jėgą, kuri užtikrins tinkamą įmonės veiklą. Bendrieji statinio techniniai rodikliai pateikti 7.1.1 lentelėje.

7.1.1 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai [1]

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
1	I. SKLYPAS		
	1.1. sklypo plotas	ha	0,28
	1.2. statinio užimtas žemės plotas	m ²	686,3
	1.3. apželdintas žemės plotas (žalioji plotas)	m ²	990
	1.4. automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt.	16
	1.5. sanitarinės (apsaugos) zonos plotis	m	50
2	II. PASTATAI		Produkcijos gamyba – 1000 t/m, darbuotojų skaičius – 24.
	2.1. paskirties rodikliai		
	2.2. bendrasis plotas:	m ²	669,75
	2.2.1. pagrindinis	m ²	455,35
	2.2.2. pagalbinis	m ²	214,4
	2.3. aukštų skaičius	vnt.	1
	2.4. pastato aukštis	m	6,877
2.5. pastato atsparumas ugniai (I, II ar III)	MJ/m ²	I	

7.2. Statinio architektūrinė ir konstrukcinė sandara

Projektuojamos įmonės pastatas yra 30,7 metrų ilgio ir 24,7 metrų pločio. Pastatas su išsikišimu, šios dalies ilgis siekia 12,5 m. Pastato aukštis 6,877 m, išsikišusios dalies 5,176 m. Vidinių patalpų aukštis 4,5 metrai, o administracinės dalies 3 m. Užimama sklypo teritorija – 0,28 ha.

Projektuojamo statinio konstrukcijai pasirinktos gelžbetoninės kolonos 400x400 mm. Stogo konstrukcijai parinktos lengvos metalinės sijos, kurios tvirtinamos ant laikančių kolonų. Stengiantis išvengti sudėtingų stogo konstrukcijų, parinktas lengvas stogas (nuolydis 2°) padengtas profiliuota skarda, kuri tvirtinama ant plieninių brūselių (6000x75x150 mm), tarp kurių yra šilumą izoliuojantis (350 mm) sluoksnis Paroc Ros 50. Taip pat oro ir garų izoliuojantis sluoksnis, hidro izoliacija. Numatomos pakabinamos lubos [28].

Įmonės statiniui naudojamas trislauksnis metalinis konstrukcinis elementas. Paviršiaus apdaila yra plakiruoti plieno lakštai (10mm). Elemento šerdis šilumos izoliacija Paroc Cel 50CS100 (130 mm) bei šias dalis jungiantys klijai. Administraciją ir gamybines patalpas skiriančios sienos elemento šerdis yra šilumos ir ugnies izoliacija Paroc Linio 10 (2x140 mm) [29].

Statinio grindys montuojamos ant sutankinto grunto (420 mm) bei drenuojamo sluoksnio (380 mm). Grindų sluoksnį sudaro akmens vatos sluoksnis Paroc grs 20 (100 mm), skiriamasis sluoksnis (5 mm), armuojamasis sluoksnis (70 mm) bei grindų danga (10 mm), kuri klijuojama klijais [30].

Projektuojamame statinyje numatomi trys įėjimai/išėjimai. Žaliavų sandėliui ir produkcijos sandėlio įėjimui/išėjimui numatomi pakeliami vartai Fauga Termo: gaminami iš 40 mm storio sekcijų, kurių šilumos laidumo koeficientas yra 0,5 W/m²K. Įrengtas nuotolinis valdymas, praėjimo durelės. Į vartus įmontuota apsauga nuo spyruoklių trūkumų [31].

Įėjimui/išėjimui numatomos Hiperionas plastikinės durys, GEALAN 6 kamerų profilis. Plastikinių durų plokštės vidus užpildytas polistirolu putomis, todėl profilis pasižymi ypač geromis šilumos ir garso izoliacijos savybėmis. Šilumos laidumo koeficientas–1,29 W/m²K [32].

Durys, į/iš gamybinių patalpų, numatomos lengvo tipo plieninės, Hiperionas cinkuotos, gera šilumos izoliacija, kaip užpildas naudojamas putų polistirenas. Šilumos laidumo koeficientas–1,7 W/m²K [33].

Durys iš gamybinių patalpų į žaliavų ir produkcijos sandėlius numatomos varstančios iš lankstaus PVC, kurios apsaugo nuo drėgmės, skersvėjo, triukšmo. Konstrukcija susideda iš metalinio rėmo prie kurio pritvirtinta lanksti PVC medžiaga. Durys atsidaro 90° į abi puses [34].

Administracinėms numatomos Hiperionas Uran plieninės vidinės durys. Durų plokštė dviguba, 54 mm storio. Šilumos laidumo koeficientas–1,7 W/m²K [35].

Langai projektuojamame statinyje numatomi įvairių matmenų. Pasirenkamas MEGRAME Gealan nord line plus 4 kamerų plastikinių langų profilis su išorine tarpine, kurio šiluminis laidumo koeficientas–1,3W/m²K [36].

Pagal pastato plotą bei darbuotojų skaičių įrengta asfaltuota, 16 vietų, automobilių stovėjimo aikštelė. Patogiam krovinių pristatymui ir išvežimui aplink pastatą organizuojamas vienpusis eismas aplink pastatą. Prie stovėjimo aikštelės išklotos trinkelės, visa likusi sklypo teritorija apželdinta bei apsodinta medžiais (žr. pastato situacijos brėžinį). Aplinkui įmonę nėra gyvenamųjų namų.

7.3. Bendrųjų statinio (pastato) inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendiniai

Pastato pagrindinės inžinerinės sistemos yra elektra, vanduo ir nuotekos. Elektra bei vanduo tiekiami iš miestui naudojamų linijų. Nuosavos energijos šaltinių bei vandens rezervuarų įmonės teritorijose nenumatoma. Nuotekos gali būti nuvedamos į bendras miesto nuotekų sistemas.

7.4. Orientacinės statinio naujos statybos darbų kainos apskaičiavimas

Statinio naujos statybos orientacinės kainos pateikiamos 7.4.1 lentelėje.

7.4.1 lentelė. Statybos kainos [1]

Išlaidų aprašymas	Kaina, €			Iš viso (su PVM)
	Statybos ir montavimo darbai	Įrenginiai	Kitos išlaidos	
I. Statybos sklypas				32000
II. Statybos sklypo paruošimas	8000			8000
III. Statinio statyba ir įrengimas	400000	229720		629720
IV. Projektavimo ir inžinerinės paslaugos			44640	36488
V. Kitos išlaidos	-	-	-	-
VI. Rezervas	-	-	-	-
Iš viso pagal I–VI skyrius	408000	229720	44640	714360

Statybos sklypo paruošimas siekia 2 % nuo statinio statybos kainos, o projektavimo ir inžinerinės paslaugos atitinka 7 % nuo sklypo paruošimo bei statinio statybos ir įrengimų kainos [1].

Pastato brėžiniai:

Pastato plano brėžinys (4. Priedas); Pastato pjūvis A–A (5. Priedas); Pastato pjūvis B–B (6. Priedas); Pastato sklypo planas (7. Priedas).

8. DARBUOTOJU SAUGA IR SVEIKATA

Šiame skyriuje įvertinama projektuojamos gamyklos darbuotojų sauga ir sveikata, gaisrinė sauga.

8.1. Projektuojamojo objekto charakteristika

Projektuojama įmonė nutarta statyti Kauno rajone, Ramučių miestelyje. Projektuojamo objekto paskirtis – *Cannabis sativa* superkirzinių CO₂ ekstraktų dekarboksilinimas. Kaip ir pastatas, taip ir pagrindiniai technologijos linijos įrenginiai kuriami naujai. Šios technologijos linijos proceso metu vykdoma kanabidiolių rūgšties konversija. Proceso metu į aplinką patenka CO₂ dujos. Pastato sanitarinės zonos dydis – 50 metrų [37].

8.2. Profesinės rizikos vertinimas

Profesinės rizikos vertinimo tikslas yra iširti profesinę riziką ir numatyti jos prevenciją ar mažinimo priemones įmonėje dirbantiems žmonėms. Rizika, tai darbuotojų traumos ar sveikatos sutrikdymai dėl kenksmingo ar pavojingo darbo aplinkos poveikio [1].

Profesinės rizikos vertinimas pradedamas nuo veiksnių, vietų, kuriose įmonės darbuotojai gali būti veikiami rizikos, nustatymo. Nustatymas – tai nuodugni žalingų veiksnių analizė, esamoje darbo aplinkoje [1].

Gamybos metu gali pasireikšti cheminiai, fizikiniai, biologiniai, ergonominiai ir psichosocialiniai veiksniai. Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas pateikiamas 8.2.1 lentelėje [1,38].

8.2.1 lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas [1]

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio atsiradimo ar veikimo vieta	Rizikos veiksnio dydis (lygis), matavimo vienetas	Rizikos veiksnio leidžiamas dydis (lygis), ribinė vertė, matavimo vienetas	Prevencijos priemonių būtinumas
Cheminiai veiksniai				
CO ₂ dujos	Reaktorius	8500 mg/m ³	9000 mg/m ³	Ventiliacija
Fizikiniai veiksniai				
Aukšta temperatūra	Reaktorius	300 °C	45 °C	Izoliacija
Triukšmas	Krumpliaratoriniai siurbliai	52 dBA	87 dBA	Ausinės
Šiluminė aplinka. Oro drėgnis	Gamybos patalpos	45 – 55 %	Iki 75 %	Ventiliacija
Apšvieta	Gamybos patalpos	500 lx	500 lx	-
Statinės elektros pavojus	Žaliavų krovimas į talpas, mėginių ėmimas	-	-	Naudoti įžeminimą
Ergonominiai veiksniai				
Darbo poza	Operatorinė	Nepatogi darbo poza 15 % darbo laiko	Nepatogi darbo poza 25 % darbo laiko	Pertraukos
Nuovargis	Operatorinė	-	-	Pertraukos

Nustatomos pastato, patalpų, išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogimo ir gaisro pavojų atsižvelgiant į patalpoje esančių ar technologiniame procese naudojamų medžiagų gaisrinio pavojingumo rodiklius ir kiekį, technologinių procesų ypatumus. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai pateikiami 8.2.2 lentelėje [1].

8.2.2 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai [1]

Medžiagos pavadinimas	Sunaudojama (pagaminama) per pamainą, t	Pliūpsnio temperatūra, °C	Sprogumo ribos, %		Savaiminio užsidegimo temperatūra, °C	Užsidegimo temperatūra, °C
			apatinė	viršutinė		
Kanapių ekstraktas	2,539	170	45	5,5	380	220
CO ₂ dujos	0,064	Netaikoma dujų mišiniams	Nėra	Nėra	Nedegus	Nedegus

Nustatoma patalpų ir išorinio įrenginio kategorija pagal sprogimo ir gaisro pavojų. Patalpų ir išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogimo ir gaisro pavojų pateikiami 7.2.3 lentelėje [1,39].

8.2.3 lentelė. *Patalpų ir išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų [1]*

Objekto, kuriam suteikiama kategorija, klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas	Požymis, nulemiantis kategoriją, pavojingos vietos zoną	Kategorija
Žaliavų, produktų sandėliai	Naudojamos nedegios medžiagos	E _g
Kaitinamos talpos (Rezervuarai)	Naudojamos karštos, įkaitusios, išlydytos nedegios medžiagos	E _{gi}
Vakuuminė distiliacijos kolona	Naudojamos karštos, įkaitusios, išlydytos nedegios medžiagos	E _{gi}
Reaktorius	Naudojamos karštos, įkaitusios, išlydytos nedegios medžiagos	E _{gi}
Separatorius	Naudojamos karštos, įkaitusios, išlydytos nedegios medžiagos	E _{gi}
Laboratorija	Naudojamos nedegios medžiagos	E _g

Pagal sprogoios aplinkos susidarymo dažnumą, patalpos ir išoriniai įrenginiai suskirstomi į gaisrumo zonas. zonos pagal sprogo ir gaisro pavojų pateikiamos 8.2.4 lentelėje [1,39].

8.2.4 lentelė. *Patalpų, išorinių įrenginių pavojingų vietų zonos pagal sprogo ir gaisro pavojų [1]*

Objekto, kuriam suteikiama kategorija, klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas	Požymis, nulemiantis kategoriją, pavojingos vietos zoną	Pavojingumo vietos zona
Žaliavų, produktų sandėliai Laboratorija Kaitinamos talpos (Rezervuarai) Vakuuminė distiliacijos kolona Reaktorius Separatorius	Patalpos ir įrenginiai, kuriose dirbant normaliuoju režimu, negali susidaryti sprogi aplinka, kurią sudaro ore esantis degių dulkių ar plaušelių debesis, tačiau jei tokia aplinka susidaro, ji būna labai trumpai.	22 zona

Pastato kategorija pagal sprogo ir gaisro pavojų pateikiama 8.2.5 lentelėje [39].

8.2.5 lentelė. Pastato kategorija pagal sprogo ir gaisro pavojų [1]

Objekto pavadinimas	Požymis, nulemiantis kategoriją	Kategorija
Projektuojamas statinys	<p>Kai pastatas nepriskiriamas A_{sg}, B_{sg} ir C_g kategorijoms, o pastate esančių A_{sg}, B_{sg}, C_g ir D_g kategorijų patalpų bendras plotas viršija 5 proc. pastato patalpų ploto.</p> <p>Leidžiama nepriskirti pastato D_g kategorijai, jeigu A_{sg}, B_{sg}, C_g ir D_g kategorijų patalpų bendras plotas neviršija 25 proc. pastato ploto (bet ne didesnis kaip 5000 kv. m) ir A_{sg}, B_{sg} ir C_g kategorijų patalpose įrengiama stacionarioji gaisrų gesinimo sistema</p>	D_g

8.3. Saugi gamyba

Darbuotojų saugos tikslas – sumažinti arba visiškai panaikinti nelaimingų atsitikimų bei profesinių susirgimų tikimybę. Svarbu sudaryti darbuotojams saugias ir sveikatai nekenksmingas darbo sąlygas [40].

Įmonėse vykdyti instruktavimai darbuotojų saugos ir sveikatos klausimais buvo skirstomi į:

- Įvadinį instruktavimą – yra privalomas visiems darbuotojams.
- Pirminį instruktavimą – yra privalomas ir nuolatiniais darbuotojams ir laikinai dirbantiems.
- Periodinį instruktavimą – ne rečiau kaip kartą per 12 mėnesių.
- Papildomas instruktavimas – atliekamas atsiradus naujovėms. Pakeitus darbo vietą ar procesą. Darbuotojui prasižengus ar nebuvus ilgiau nei 60 kalendorinių dienų. Įmonės vadovui nusprendus.
- Tikslinis instruktavimas – vykdomas darbo vietoje, privalo išklaudyti darbuotojai, dirbantys pagal paskyras – leidimus ar kitus specialius dokumentus.

Tačiau nuo 2012 m. spalio 1d. panaikinus Valstybinės darbo inspekcijos nustatytą darbuotojų instruktavimo saugos ir sveikatos klausimais tvarką, instruktavimas atliekamas pagal bendrosios darbuotojų saugos ir sveikatos įstatymo nuostatas [40]:

- darbuotojai instruktuojami priimant į darbą, perkeliant į kitą darbą, pakeitus darbo organizavimą, pradėjus naudoti naujas ar modernizuotas darbo priemones, pradėjus naudoti naujas technologijas.
- darbuotojai instruktuojami ir kitais atvejais, kai darbdaviui atstovaujantis asmuo, kad to reikia siekiant apsaugoti darbuotojus nuo traumų ar profesinių ligų.
- darbuotojų instruktavimo ir mokymo tvarką įmonėje nustato darbdaviui atstovaujantis asmuo.

Siekiant apsisaugoti nuo pavojų darbo vietoje privalu laikytis šių nurodymų:

- Saugi gamyba priklauso nuo darbuotojų susikoncentravimo darbo metu. Griežtos saugumo technikos, priešgaisrinės saugos laikymosi pagal technologijos instrukcijas, kuri užtikrina saugų įrenginių eksploatavimą.
- Proceso metu visos įrangos indikaciniai parametrai turi būti matomi prietaisų skyduose, kuriuos matydamas darbuotojas gali imtis korekcinų veiksmų nedelsiant.
- Gamybos linijoje įdiegiami distanciniai elektros įrangos jungikliai, kurie leidžia procesą valdyti per atstumą.

Todėl įrenginiuose, kaip pagrindinis rektorius, kuriame sudaromas viršslėgis, turi atitikti reikalavimus, pagal saugaus slėginių indų eksploatavimo taisykles. Prie įrenginių privaloma numatyti prietaisus: manometrai, vakuumetrai, apsauginiai (išsiplėtimo) vožtuvai, termometrai, skysčio lygio (aukščio), debitomačiai, bei kiti įrenginiai padedantys kontroliuoti procesą ir išvengti proceso nukrypimų, kurie galėtų sutrikdyti darbuotojo sveikatą [41].

Imamasi saugumo priemonių, kurios padeda išvengti nelaimingų atsitikimų, dėl gamybos linijoje esančių įrenginių mechaninio poveikio [40]:

- Naudoti privalomas asmenines saugos priemones.
- Naudoti įrangą pagal visus saugumo reikalavimus, kurie pateikiami įrangos techniniame pase.
- Įranga turi atitikti visus saugumo reikalavimus.

Projektuojant naujus technologinius procesus, reikia vengti pavojingų zonų, tačiau dažnai tokių galimybių nėra. Pavojingas zonas būtina apsaugoti. Projektuojamos įmonės patalpos priskiriamos prie pavojingų patalpų, nes [1]:

- Grindys yra laidžios elektros srovei.
- Patalpoje yra galimybė vienu metu prisiliesti prie srovei laidžių neįžemintų elektros įrenginių ir prie srovei laidžių konstrukcijų, turinčių sąlyti su žeme.

Todėl elektros įrenginius būtina įnulinti. Pavojingose patalpose, taip pat lauke esančius aukštesnės kaip 50 V įtampos kintamosios srovės ir aukštesnės kaip 75 V įtampos nuolatinės srovės elektros įrenginius [1,42].

Darbuotojų ir įrenginių apsaugai nuo elektros krūvio ir žaibo poveikio, numatoma, kad pastatas turi būti įžemintas. Pateikiamas pastato žaibolaidžio skaičiavimas II kategorijos apsaugos klasei (apsauginis patikimumas – 0,97). Kadangi pastatas yra didelių matmenų, parenkami dviejų strypų apsaugos zona 8.3.1 lentelė [43,44].

Pastato aukštis h_x yra 6,877 m, parenkamas žaibolaidžio aukštis $h = 25$ m.

8.3.1 lentelė. Dviejų strypų apsaugos zonos parametru skaičiavimas [1]

Apsaugos patikimumas	Žaibolaidžio aukštis h , m	L_{max} , m	L_c , m
0,91	nuo 0 iki 30	$5,75 h$	$2,5 h$
	nuo 30 iki 100	$[5,75 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)] \cdot h$	$2,5 h$
	nuo 100 iki 150	$5,5 h$	$2,5 h$
0,97	nuo 0 iki 30	$4,75 h$	$2,25 h$
	nuo 30 iki 100	$[4,75 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)] \cdot h$	$[2,25 - 0,0107(h - 30)] \cdot h$
	nuo 100 iki 150	$4,5 h$	$1,5 h$
0,99	nuo 0 iki 30	$4,25 h$	$2,25 h$
	nuo 30 iki 100	$[4,25 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)] \cdot h$	$[2,25 - 0,0107 \cdot 10^{-3}(h - 30)] \cdot h$
	nuo 100 iki 150	$4,0 h$	$1,5 h$

Pagal lentelės 8.3.1 duomenis apskaičiuojamas maksimalus leistinas atstumas tarp žaibolaidžių L_{max} , m [1]:

$$L_{max} = 4,75h = 4,75 \cdot 25 = 118,8 \text{ m} \quad (7.3.1)$$

Apskaičiuojamas atstumas tarp žaibolaidžių L_c , m:

$$L_c = 2,25h = 2,25 \cdot 25 = 56,3 \text{ m} \quad (7.3.2)$$

Dviejų strypų žaibolaidžio apsaugos zonai apskaičiuoti (pusiau kūgiui, kurio matmenys h_0 – kūgio aukštis, m; r_0 – kūgio spindulys, m naudojamos pavienio strypo žaibolaidžio formulės:

$$h_0 = h_c = 0,8h = 0,8 \cdot 25 = 20 \text{ m} \quad (7.3.3)$$

$$r_0 = 0,8h = 0,8 \cdot 25 = 20 \text{ m} \quad (7.3.4)$$

Zonos horizontalių pjūvių matmenys apskaičiuojami pagal formules bendras visiems patikimumams.

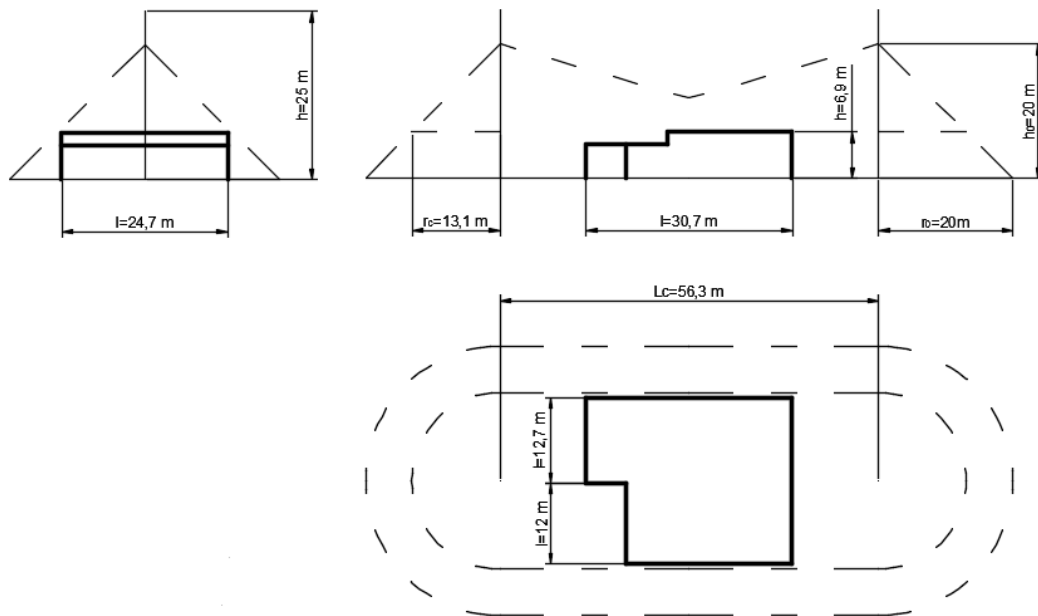
Horizontaliame pjūvyje h_x aukštyje didžiausias zonos r_x pusplotis:

$$r_x = \frac{r_0 \cdot (h_0 - h_x)}{h_0} = \frac{20 \cdot (20 - 6,877)}{20} = 13,1 \text{ m} \quad (7.3.5)$$

Horizontalaus pjūvio plotis centre tarp žaibolaidžių r_{cx} aukštyje $h_x \leq h_c$:

$$r_{cx} = \frac{r_0 \cdot (h_c - h_x)}{h_c} = \frac{20 \cdot (20 - 6,877)}{20} = 13,1 \text{ m} \quad (7.3.6)$$

Dviejų strypų žaibolaidžio apsaugos schema pateikiama 8.3.1 paveiksle.



8.3.1 pav. Dviejų strypų žaibolaidžio apsaugos schema

Iš 8.3.1 paveikslo matyti, kad žaibolaidžio apsaugos tipas ir matmenys parinkti teisingai.

8.4. Darbo higiena

Įmonės darbuotojai turi būti aprūpinti darbo apsaugos priemonėmis nuo nelaimingų atsitikimų, taip pat turi būti aprūpinti priemonėmis steriliam darbui vykdyti, nes įmonės produktas naudojamas kaip maisto papildas. Naudojamos priemonės: galvos medžiaginiai apdangalai, respiratoriai, akiniai, pirštinės, speciali avalynė bei drabužiai. Gamybos bei administracijos darbuotojams numatomos medicininės vaistinėls suteikti pirmajai pagalbai [42,45].

Darbuotojų komfortą apibūdina trys pagrindiniai parametrai [42,46]:

- Apšvietimas.
- Šiluminė aplinka.
- Triukšmas.

Apšvietimas skirstomas į: natūralus apšvietimas (dangaus skliauto šviesa), dirbtinis apšvietimas (elektros technikos įrenginių šviesa) ir mišrusis apšvietimas (suderintas natūralusis ir dirbtinis apšvietimas). Apšvietimas parenkamas taip, kad šviesos intensyvumas nevargintų darbuotojų. Parenkama mišrus apšvietimas, kur minimali apšvieta patalpose, kuriuose

neatliekama tikslūs technologijos skaičiavimai ar įtempti darbai, numatoma 300 lx. Operatorinėje, laboratorijoje, administracinėse patalpose, kur reikalingas tikslus darbas - numatoma 700 lx. [47].

Šiluminiam komfortui užtikrinti reikia atsižvelgti į šiuos pagrindinius parametrus: oro temperatūra patalpose, oro santykinį drėgnį ir oro judėjimo greitį. Priklausomai nuo metų laikotarpio parenkami šiltieji ir šaltieji laikotarpiai, nuo kurių ir priklauso pagrindiniai parametrai. Šiltuoju laikotarpiu laikoma, kai trijų iš eilės parų vidutinė oro temperatūra aukštesnė kaip +10 °C, o šaltasis – žemesnė arba lygi +10 °C. Komfortinės šiluminės patalpų parametrai parenkami pagal darbo sunkumo kategoriją ir metų laikotarpį [48].

Išskiriamos trys darbų sunkumo kategorijos: lengvas (Ia, Ib), vidutinio sunkumo (IIa, IIb) ir sunkus fizinis darbas (III). Įmonės gamybos darbo sunkumo kategorija parenkama Ib. Lentelėse 8.4.1 ir 8.4.2 pateikiami dydžiai, pagal Ib kategoriją [49].

8.4.1 lentelė. Darbo patalpų komfortinės sąlygos [1]

Metų laikotarpis	Darbų kategorija	Oro temperatūra, °C	Oro santykinis drėgnumas, %	Oro judėjimo greitis m/s, ne daugiau kaip
1	2	3	4	5
Šaltasis	Lengvas – Ib	21–23	40–60	0,1
Šiltasis	Lengvas – Ib	22–24	40–60	0,2

8.4.2 lentelė. Darbo patalpų pakankamos sąlygos [1]

Metų laikotarpis	Darbų kategorija	Oro temperatūra, °C	Oro santykinis drėgnumas, %	Oro judėjimo greitis m/s, ne daugiau kaip
1	2	3	4	5
Šaltasis	Lengvas – Ib	20 – 24	75	0,2
Šiltasis	Lengvas – Ib	21 – 28	60	0,1 – 0,3

8.5. Gaisrinė sauga

Įmonės pastate, kuriame vykdoma pluoštinių kanapių ekstrakto konversijos technologinė linija gali kilti A klasės gaisras. Norint apsaugoti įmonę nuo gaisro pavojaus, būtina numatyti gesinimo sistemas bei parinkti gesinimo medžiagas [49].

A klasės gaisrui gesinti parenkamas vanduo, putas bei ABC tipo milteliai gesintuvai.

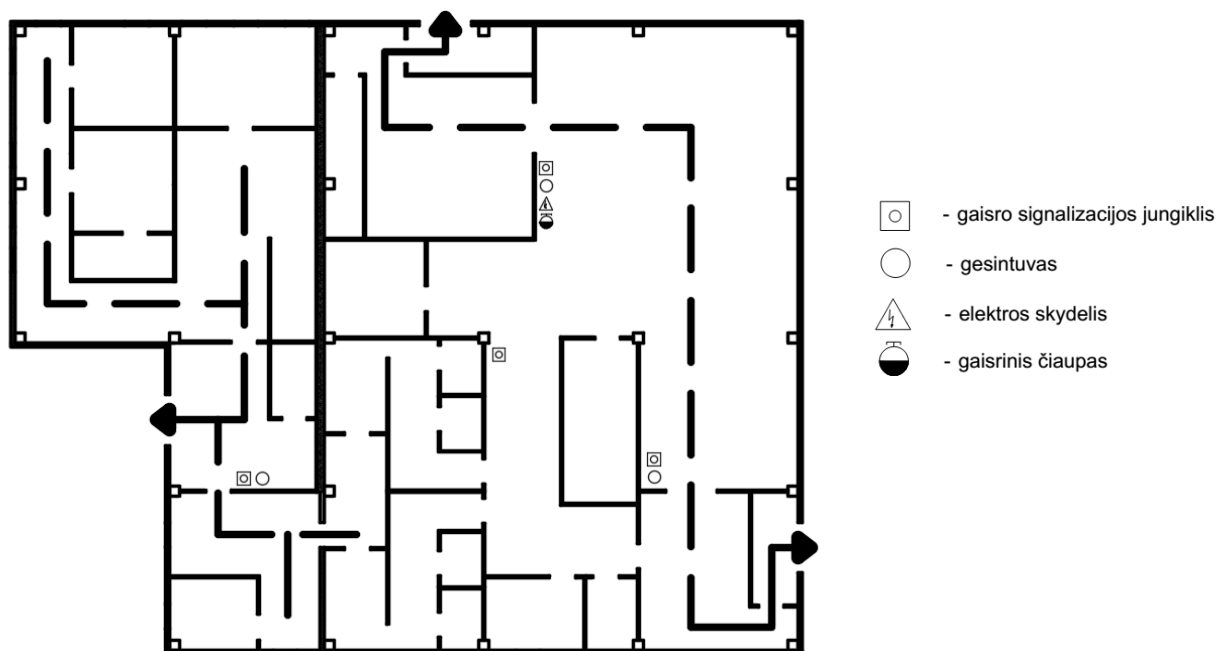
Gamybos patalpose numatomos šios gaisro gesinimo priemonės:

- Nedegus audinys;

- ABC tipo putų milteliai gesintuvai;
- Smėlis;
- Priešgaisriniai hidrantai;
- Automatinė putų gesinimo sistema;
- Gaisrinis čiaupas.

Remiantis bendrosios saugos taisyklėmis, įmonėje esančių ABC tipo gesintuvų skaičius nustatomas pagal patalpų sprogimo ir gaisro pavojaus kategorijas, maksimalų gesinimo plotą, bei medžiagų fizikines ir chemines savybes. Parenkami du ABC tipo gesintuvai po 4 kg ir vienas gesintuvas - 6 kg. Smėlio dėžė ir kastuvas, trys nedegūs audeklai, gaisro signalizacijos jungikliai [49].

Nelaimės ar gaisro atveju būtina numatyti pastato evakuacijos planą. Šis planas turi būti pakabintas gerai matomose patalpų vietose, kuriuose yra evakuacinis kelias. Būtina pateikti evakuacinio kelio ženklus, kad iš bet kurios vietos būtų aiški kryptis prie artimiausio išėjimo. Pastate turi būti ne mažiau kaip du evakuaciniai išėjimai, kurie bet koku metu lengvai atidaromi iš pastato vidaus. Evakuacinis planas pateikiamas 8.5.1 paveiksle [1,49].



8.5.1 pav. *Evakuacijos planas*

9. FINANSINIAI IR EKONOMINIAI SKAIČIAVIMAI

Pluoštinių kanapių superkrizinio CO₂ ekstrakto perdirbimo technologija kuriama ne tik norint sukurti produktą, kuris tenkintų vartotojus, bet taip pat sukurti pelningą verslą. Vertinant produkto paklausą, produktas bus parduodamas JAV, Kinijai, Japonijai bei stipriosiomis Europos šalimis, tokioms kaip: Vokietija, Šveicarija, Danija, Olandija, Anglija ir kt. Lietuvoje dėl esamos neigiamos nuomonės apie kanapes bei produkto realizavimo – pardavimai neplanuojami. Lietuvoje tai bus pirmoji, pluoštinių kanapių perdirbimo įmonė, kuri atneš naudos ekonominiu požiūriu. Bus mokami mokesčiai, kurie didins valstybės biudžetą. Kadangi didėjant informacijai bei moksliniams tyrimams apie pluoštinių kanapių svarbą žmogaus organizmui, manoma, kad šis preparatas ateityje bus labai populiarus (žr. 3 skyrių).

Kadangi tokio tipo įmonių nėra, todėl technologinio proceso informacija yra konfidenciali ir viešai neskelbiama. Gamybos technologija neturi analogų, todėl kuriama nauja ir numatyti ar įmanoma gaminti produktą ekonomiškiau šiuo metu nežinoma.

Šio projekto finansinio poreikio skaičiavimai bus atliekami:

- Žemės sklypui, kurio strateginė vieta svarbu parinkti tinkamai. Patogus žaliavų ir produktų pristatymas autotransportu į įmonę ir iš jos. Taip pat atstumas nuo aplinkui esančių miestų ir miestelių, kuris užtikrintų kvalifikuotų darbuotojų pakankamą pasirinkimą. Išsamus sklypo aprašymas pateikiamas 2.2 ir 2.5 skyreliuose.
- Pastatui, projektuojamo pastato konstrukcijos parinktos gelžbetoninės kolonos, stogo konstrukcijai parinktos lengvos metalinės sijos. Statinio sienos parenkamos trisluoknės metalinės konstrukcijos. Stengiamasi išvengti sudėtingų ir brangių inžinerinių sprendimų. Platus pastato aprašymas pateikiamas 7 skyriuje.
- Pagrindiniams technologiniams įrengimams ir šių aparatų elektros energijai. Numatomos kaitinamos talpos, kuriose bus laikoma pradinės žaliavos bei produktas. Vakuuminė distiliacijos kolona, kurioje bus atskiriamas žaliavoje esantis vanduo. Pagrindinis įrenginys – reaktorius, bus vykdoma kanabidiolinės rūgšties konversija. Po konversijos produkte esančios CO₂ dujos bus atskiriamos separatoriuje. Produkto išpilstymas į 50 kg taras vyks fasavimo įrenginyje. Technologinėje linijoje fluidų tiekimą užtikrina krumpliaratoriniai siurbliai. Išsamus technologijos linijos aprašymas pateikiamas 6 skyriuje.
- Žaliavai. Pluoštinių kanapių superkrizinis CO₂ ekstraktas bus tiekiamas iš Lenkijos. (žr. 2.3 ir 3.4 skyrelius). Įmonėje bus perdirbama 1000 tonų pradinės žaliavos.

- Darbo užmokesčio poreikio skaičiavimas.

Norint įvertinti šio projekto efektyvumą šiame skyriuje taip pat pateikiamos reikalingos investicijos. Apskaičiuojami gamybos kaštai, pelnas ar nuostolis bei efektyvumo rodikliai. Iš gautų duomenų sprendžiama ar projektas yra nenuostolingas [1].

9.1. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai

Šis naujas projektas, kuris neturi jokio įstatinio kapitalo, todėl būtina surasti investicijų šaltinių. Galimi investicijų šaltiniai: asmeninės santaupos, Valstybės parama ir Europos Sąjungos fondai, kitos įmonės, neformalūs investuotojai – „verslo angelai“, rizikos kapitalo fondai, komerciniai bankai arba privatūs investuotojai [50]. Finansavimo šaltinis pasirenkamas bankų paskolos įsigyti ilgalaikiam ir trumpalaikiam turtui. Projekto kaštuose pateikiama ilgalaikis ir trumpalaikis turtas, taip pat statybos bei montavimo sąnaudos bei kiti kaštai, kurie pateikiami 9.1.1 lentelėje [1].

9.1.1 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai [1]

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	eurų	Struktūra	eurų
Ilgalaikiam turtui įsigyti (tarp jo gamybos priemonėms)	352392	Akcininkų nuosavybė: akcinis kapitalas; rezervai;	-
Trumpalaikiam turtui įsigyti (žaliavos ir pagrindinės medžiagos)	8046640	Paskola: ilgalaikė; trumpalaikė;	5817604 3000000
Statybos, montavimo darbų kaštai	408000	Lėšos, kurias įmonei laikinai skolingi tiekėjai	-
Kiti kaštai	10572		
Viso kaštų:	8817604	Viso šaltinių:	8817604

Ilgalaikio turto įsigijimo, t.y. pastato statybos kainos apskaičiavimas pateiktas 7 skyriuje (žr. 7.4.1 lentelę).

9.2. Trumpalaikio turto vertės skaičiavimas

Reikalingos pagaminti produktui žaliavų sąnaudos priskiriamos prie trumpalaikio turto [1].

Gamybos prieaugį prognozuoti sunku dėl vyraujančios neigiamos nuomonės apie kanapes, todėl parenkamas pastovus rodiklis, be metinio prieaugio. Trumpalaikio turto poreikis pateikiamas 9.2.1 lentelėje.

9.2.1 lentelė. Trumpalaikio turto poreikis [1]

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai					
	0	1	2	3	4	5
1. Gamybos apimtis, natūriniais vienetais	20000	20000	20000	20000	20000	20000
2. Gamybos prieaugio koeficientas	-	1	1	1	1	1
3. Apyvartinių lėšų metinis poreikis, tūkst. €	8047	8047	8047	8047	8047	8047
4. Apyvartinių lėšų poreikio prieaugis, tūkst. €	-	-	-	-	-	-
5. Apyvartinės lėšos, tūkst. €*	4023	4023	4023	4023	4023	4023

* Apyvartinis kapitalas formuojamas baziniais (investicijų) metais: tam skiriama 50 % apyvartinių lėšų sumos, reikalingos pirmaisiais projekto gyvavimo metais [1].

Planuojant gamybos planavimo procesą yra nustatoma gamybos apimtis natūriniais vienetais prekės gyvavimo ciklui (įprastai penkeri metai) Brandos stadijoje gamybos įsisavinimo koeficientas lygus 1. Pirmaisiais projekto metais tikslinga priimti 0,6–0,9 gamybos įsisavinimo koeficientą [1]

Per metus bus perdirbama 1000 t pluoštinių kanapių superkrizinio CO₂ ekstrakto. Produktas (CBD) pakuojamas į taras po 50 kg. Todėl natūrinis vienetas parenkamas 20000 vnt. Išsamus gaminio kainos skaičiavimas pateikiamas 9.7 skyrelyje. Produkcijos gamybos apimtis ir realizacinės pajamos pateikiamos 9.2.2 lentelėje.

9.2.2 lentelė. Produkcijos gamybos apimtis ir realizacinės pajamos [1]

Rodikliai	Gamybos įsisavinimo koeficientas	Gaminiai	Viso, tūkst. €
1. Produkcijos gamybos (pardavimo) apimtis brandos stadijoje, vnt.	1	20000	
2. Gaminio kaina, €		727	
3. Realizacinės pajamos brandos stadijoje, tūkst. €	-	-	14540
4. Realizacinės pajamos pirmaisiais projekto gyvavimo metais, tūkst. €	0,6	436	8720
5. Realizacinės pajamos pirmaisiais projekto gyvavimo metais, tūkst. €	0,6	436	8720

9.3. Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Žinant gamybos apimtis ir realizacines pajamas, skaičiuojama žaliavų, energijos ir darbo sąnaudas reikalingas planuojamai gamybos apimčiai vykdyti. Medžiagų sąnaudų kiekis pateikiamas 2.4 skyrelyje. Išlaidos medžiagoms apskaičiuojamos dauginant medžiagos kiekį iš jų kainos rinkoje. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms pateikiamos 9.3.1 lentelėje [1].

9.3.1 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms [1]

Medžiagos pavadinimas	Gamybos planas, vnt.	Medžiagų sunaudojimo norma gaminiui, kg	Medžiagos kaina, €/kg	Medžiagos poreikis, kg	Medžiagų kaštai	
					gaminio, €/kg	viso, €
<i>Pirmais projekto gyvavimo metais</i>						
Kanapių ekstraktas	20000	100000	8	50	400	8000000
Taros po 50 kg	20000	22000	2	1,10	2,20	44000
Etiketės	20000	22000	0,10	1,10	0,11	2200
Epindorfai	20000	22000	0,02	1,10	0,02	440
Iš viso:	20000	-	-	-	402,33	8046640
<i>Antrais projekto gyvavimo metais</i>						
Iš viso:	20000	-	-	-	402,33	8046640
<i>Trečiais projekto gyvavimo metais</i>						
Iš viso:	20000	-	-	-	402,33	8046640
<i>Ketvirtais projekto gyvavimo metais</i>						
Iš viso:	20000	-	-	-	402,33	8046640
<i>Penktais projekto gyvavimo metais</i>						
Iš viso:	20000	-	-	-	402,33	8046640

Apskaičiuojamos tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui. Duomenys pateikiami 9.3.2 lentelėje. Norint apskaičiuoti darbo užmokestį, reikia turėti laiko arba išdirbimo normas (žr. 2.4 skyrelį), valandinius tarifinius atlygius [1].

9.3.2 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui [1]

Gaminys	Metinė gamybos apimtis vnt.	Laiko norma arba išdirbio norma	Programos darbo imlumas, tūkst. h	Darbuotojų skaičius	Valandinis tarifinis atlygis, €/val.	Vienetinis įkainis, €/vnt.	Bendras darbo užmokestis, €	Atskaitymai soc. draudimui, €
<i>Pirmais projekto gyvavimo metais</i>								
CBD	-	-	-	-	-	-	-	-
24 darbuotojai	20000	0,44	8760	24	5,43	2,38	570276	171082,8
<i>Antrais projekto gyvavimo metais</i>								
CBD	-	-	-	-	-	-	-	-
24 darbuotojai	20000	0,44	8760	24	5,43	2,38	570276	171082,8
<i>Trečiais projekto gyvavimo metais</i>								
CBD	-	-	-	-	-	-	-	-
24 darbuotojai	20000	0,44	8760	24	5,43	2,38	570276	171082,8
<i>Ketvirtais projekto gyvavimo metais</i>								
CBD	-	-	-	-	-	-	-	-
24 darbuotojai	20000	0,44	8760	24	5,43	2,38	570276	171082,8
<i>Penktais projekto gyvavimo metais</i>								
CBD	-	-	-	-	-	-	-	-
24 Darbuotojai	20000	0,44	8760	24	5,43	2,38	570276	171082,8

Gamybos elektros sąnaudos dydis priklauso nuo įrenginių galios ir jų skaičiaus. Technologinės dalies aprašyme (žr. 6 skyrių) bei skaičiavimuose (žr. 5 skyrių) pateikiamos suskaičiuotos kai kurių įrenginių elektros sąnaudos, kitų ar panašių įrenginių galia randama kataloguose. Technologinių procesų elektros energijos sąnaudos pateikiamos 9.3.3 lentelėje. [1]

9.3.3 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai [1]

Įrengimų pavadinimas	Įrengimų skaičius, vnt.	Variklio galia, kW	Darbo valandų skaičius metuose, h	Elektros energijos poreikis, kWh	1kWh kaina, €	Išlaidos elektros energijai, €
1	2	3	4	5	6	7
<i>Pirmais</i> projekto gyvavimo metais						
Siurblys (0,3 kW)	2	0,3	8760	2628	0,13	339
Siurblys (0,4 kW)	2	0,4	8760	7008		904
Siurblys (0,75 kW)	2	0,75	8760	13140		1695
Reaktorius	1	12	8760	105120		13560
Distiliavimo kolona	1	6	8760	52560		6780
Šildoma talpa (0,5 m ³)	5	3	8760	131400		16951
Šildoma talpa (2 m ³)	3	8	8760	210240		27121
Vakuumo siurblys	1	0,5	8760	4380		565
Produkto išpilstymo įrenginys	1	8	8760	70080		9040
Viso:		38,95	27305	1950872,4	0,13	76956
<i>Antrais</i> projekto gyvavimo metais						
Viso:		38,95	27305	1950872,4	0,13	76956
<i>Trečiais</i> projekto gyvavimo metais						
Viso:		38,95	27305	1950872,4	0,13	76956
<i>Ketvirtais</i> projekto gyvavimo metais						
Viso:		38,95	27305	1950872,4	0,13	76956
<i>Penktais</i> projekto gyvavimo metais						
Viso:		38,95	27305	1950872,4	0,13	76956

Vandens sąnaudos minimalios, nes naudojama tas pats, nežymus kiekis, vandens kondensatoriuje.

9.4. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Prie netiesioginių gamybos kaštų priskiriamas priemonių nusidėvėjimas (amortizacija). Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas skaičiuojamas tiesiniu būdu (9.4.1 lentelė). Tuomet amortizaciniai nuostoliai kiekvienais metais bus vienodi. Jie apskaičiuojami pagal formulę, kai likvidacinės įrenginių vertės priimamos 10 % nuo pradinės vertės [1]:

$$A_m = \frac{F_{is} - F_{lv}}{T}; \quad (9.4.1)$$

čia: A_m – amortizaciniai atskaitymai nusidėvėjimui padengti, tūkst. €, F_{is} – įsigijimo vertė, tūkst. €, F_{lv} – likvidacinė vertė, tūkst. €, T – naudingo naudojimo laikas, m [1].

9.4.1 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija) [1]

Ilgalaikio turto rūšis	Vieneto kaina, €	Vienetų skaičius	Įsigijimo vertė, €	Eksploatavimo laikas, m	Nusidėvėjimo suma, € metams					Likutinė vertė, €
					I	II	III	IV	V	
Pastatas			400000	50	7200	7200	7200	7200	7200	364000
Žemės sklypas			32000	50	576	576	576	576	576	29120
Įrengimai										
Siurblys (0,3 kW)	480	2	960	7	123,4	123,4	123,4	123,4	123,4	342,9
Siurblys (0,4 kW)	580	2	1160	7	149,1	149,1	149,1	149,1	149,1	414,3
Siurblys (0,75 kW)	200	2	400	7	51,4	51,4	51,4	51,4	51,4	142,9
Reaktorius	50950	1	50950	10	4585,5	4585,5	4585,5	4585,5	4585,5	28022,5
Distiliavimo kolona	347500	1	347500	15	2085	2085	2085	2085	2085	24325
Šildoma talpa (0,5 m ³)	3000	5	15000	10	1350	1350	1350	1350	1350	8250
Šildoma talpa (2 m ³)	5000	3	15000	20	675	675	675	675	675	11625
Vakuomo siurblys	700	1	700	8	78,8	78,8	78,8	78,8	78,8	306,3
Produkto išpilstymo įrenginys	40000	1	40000	10	3600	3600	3600	3600	3600	22000
Talpa	800	1	800	20	36	36	36	36	36	620
Skysčių chromatografas	28000	1	2800	15	1680	1680	1680	1680	1680	19600
Separatorius	10000	1	10000	15	600	600	600	600	600	7000
Viso	-	-	629720	-	15014,3	15014,3	15014,3	15014,3	15014,3	515768,8

Apskaičiuotos gamybos išlaidos pateikiamos į suvestinę gamybos kaštų 9.4.2 lentelę.

Brandos stadija pasiekama 3 projekto gyvavimo metus [1].

9.4.2 lentelė. Gamybos kaštai [1]

Kaštų rūšys	Gamybos kaštai, €
	Gaminys CBD
<i>Brandos stadijoje</i>	
1. Pagrindinės medžiagos	8046640
2. Energija technologijai	76956
3. Gamybinių darbininkų darbo užmokestis	570276
4. Atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui	15014
5. Gamybinės netiesioginės išlaidos	15014
Viso gamybos kaštų, €	∑ 8879969
Produkcijos gamybos planas, kg	20000
Gaminio gamybinė savikaina, €	444
<i>Pirmaisiais projekto gyvavimo metais</i>	
Viso gamybos kaštų, €	∑ 8879969
Gaminio gamybinė savikaina, €	444
<i>Antraisiais projekto gyvavimo metais</i>	
Viso gamybos kaštų, €	∑ 8879969
Gaminio gamybinė savikaina, €	444
<i>Trečiaisiais projekto gyvavimo metais</i>	
Viso gamybos kaštų, €	∑ 8879969
Gaminio gamybinė savikaina, €	444
<i>Ketvirtaisiais projekto gyvavimo metais</i>	
Viso gamybos kaštų, €	∑ 8879969
Gaminio gamybinė savikaina, €	444
<i>Penktaisiais projekto gyvavimo metais</i>	
Viso gamybos kaštų, €	∑ 8879969
Gaminio gamybinė savikaina, €	444

Gaminio gamybinė savikaina parodo vieno natūrinio vieneto gaminio gamybos išlaidas. Ji apskaičiuojama, dalinant visą gaminio gamybos kaštų sumą iš jo gamybos apimtį [1].

9.5. Veiklos kaštai

Į veiklos sąnaudas (kaštus) įtraukiamos: pagalbinių medžiagų ir administracijos patalpų išlaikymo išlaidos. Administracijos darbuotojų darbo užmokestis ir atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui. Administracijos patalpų apšvietimo, apšildymo, vandens ir buitiniams reikmėms energijos išlaidos. Administracijos pagrindinių priemonių amortizaciniai atskaitymai; paslaugos; produkcijos realizavimo išlaidos, mokesčiai, rinkliavos ir kitos išlaidos. Priimame, kad veiklos kaštai sudaro 20 % gamybos sąnaudų. Veiklos kaštai pateikti 9.5.1 lentelėje [1].

9.5.1 lentelė. Veiklos kaštai [1]

Gamybos kaštai, €	Priimami procentai, %	Veiklos kaštai, €
<i>Pirmais</i> projekto veiklos metais		
8879969	20	1775994
<i>Antrais</i> projekto veiklos metais		
8879969	20	1775994
<i>Trečiais</i> projekto veiklos metais		
8879969	20	1775994
<i>Ketvirtais</i> projekto veiklos metais		
8879969	20	1775994
<i>Penktais</i> projekto veiklos metais		
8879969	20	1775994

9.6. Finansinės ir investicinės sąnaudos

Finansinės ir investicinės sąnaudos sudaro palūkanos iš banko. Imama ilgalaikę ir trumpalaikę banko paskola su 5 % ir 8 % palūkanomis. Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas pateikiamas 9.6.1 lentelėje [1].

9.6.1 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas [1]

Rodikliai	Metai					
	0	I	II	III	IV	V
1. Kredito (paskolos) suma, €	8770191					
- ilgalaikė	5770191	5270191	4770191	4270191	3270191	0
- trumpalaikė	3000000	2500000	2000000	1500000	1000000	0
2. Metinė palūkanų norma, %:						
-ilgalaikės	5	5	5	5	5	5
- trumpalaikės	8	8	8	8	8	8
3. Palūkanos, € :						
- ilgalaikės	288510	263510	238510	213510	163510	0
- trumpalaikės	240000	200000	160000	120000	80000	0
Viso:	528510	463510	398510	333510	243510	0

Pastaba: investicinės veiklos sąnaudos – palūkanų suma – yra netiesioginės, pastovios išlaidos, kurios atskiriems gaminiams paskirstomos proporcingai jų gamybos kaštų struktūrai [1].

9.7. Gaminių kainos skaičiavimas

Gaminio kainą sudaro jo pilnoji savikaina ir pelnas. Gaminio pilnąją savikainą sudaro jo gamybinė savikaina ir veiklos sąnaudos, ir finansinės veiklos sąnaudos (palūkanos). Gaminio kainos skaičiavimų rezultatai pateikiami 9.7.1 lentelėje [1].

9.7.1 lentelė. Gaminio kainos apskaičiavimas [1]

Gaminiai	Gamybos savikaina, €	Veiklos sąnaudos, €	Investicinės veiklos sąnaudos, €	Pilnoji savikaina, €	Pelnas		Viso, €/vnt.
					Rentabilumo procentas	€/vnt.	
CBD	444	89	26	559	0,30	168	727

9.8. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai

Bendrasis pelnas yra pardavimo apimties ir parduodamos produkcijos gamybos kaštų skirtumas. Veiklos pelnas (nuostoliai) apskaičiuojamas iš bendro pelno atimant veiklos sąnaudas. Labai svarbus įmonei yra grynasis pelnas – tai pelnas, liekantis įmonei, atskaičius pelno mokestį, kuris sudaro 15 % nuo apmokestinamo pelno sumos. Įmonės pelno (nuostolio) ataskaita ir pinigų srautai pateikiami 9.8.1 lentelėje [1].

9.8.1 lentelė. Įmonės pelno (nuostolio) ataskaita, € [1]

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	I	II	III	IV	V
1. Pardavimo apimtis	14539814	14539814	14539814	14539814	14539814
2. Parduodamos produkcijos gamybos kaštai	8879969	8879969	8879969	8879969	8879969
3. Bendras pelnas (nuostolis)	5659845	5659845	5659845	5659845	5659845
4. Veiklos sąnaudos	1775994	1775994	1775994	1775994	1775994
5. Veiklos pelnas (nuostolis)	12763820	12763820	12763820	12763820	12763820
6. Finansinė ir investicinė veikla					
6.1. Pajamos	528510	263510	238510	213510	163510
6.2. Sąnaudos					
7. Pelnas (nuostolis) prieš apmokestinimą	12235310	12500310	12525310	12550310	12600310
8. Pelno mokestis	1835297	1875047	1878797	1882547	1890047
9. Grynasis pelnas (nuostolis)	3824548	3784798	3781048	3777298	3769798

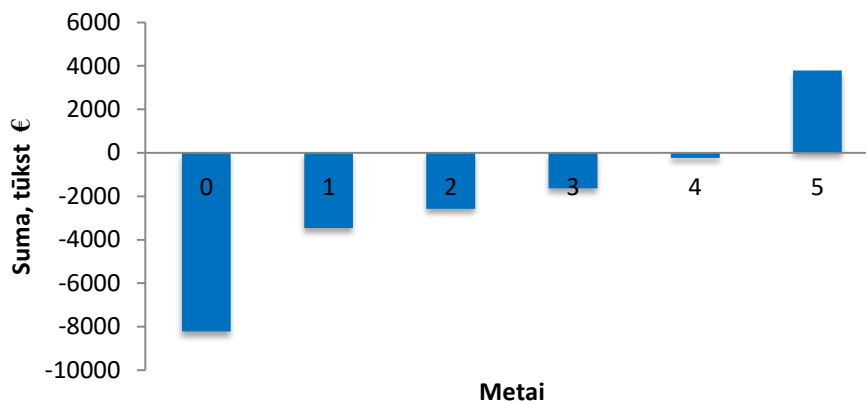
Apskaičiavus grynąjį pelną galima analizuoti įmonės finansinės būklės pakitimus per artimiausius 5 metus. Pinigų srautų ataskaitoje (9.8.2 lentelė) parodomi per ataskaitinį laikotarpį gauti ir išleisti pinigai. Pinigų srautai iš įmonės veiklos apskaičiuojami prie grynojo pelno pridėdant nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudas, investicijas į apyvartinį kapitalą bei eliminavus finansinės ir investicinės veiklos sąnaudas (pridedamos palūkanos) [1].

9.8.2 lentelė. Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita, tūkst. € [1]

Nr.	Rodikliai	0 metais	1 metais	2 metais	3 metais	4 metais	5 metais
I.	Pinigų srautai iš įmonės veiklos						
1.1.	Grynasis pelnas (nuostolis)	0	3824548	3784798	3777298	3777298	3769798
1.2.	Nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudos	15014	15014	15014	15014	15014	15014
1.3.	Investicijos į apyvartinį kapitalą	-8770191	-7770191	-6440191	-4270191	-4270191	0
1.4.	Finansinės ir investicinės veiklos sąnaudų eliminavimas	528510	463510	398510	243510	243510	0
II.	Grynieji pinigų srautai iš įmonės veiklos (1.1 +1.2+1.3+1.4*)	-8226667	-3467119	-2571869	-234369	-234369	3784813

9.9. Investicijų efektyvumo įvertinimas

Investicijų efektyvumo vertinimas parodo projekto naudą. Labai sunku surasti parametą, kuris tiksliai įvertintų investavimo sėkmę, tačiau pagal apskaičiuotus pinigų srautus galime įvertinti projekto atsipirkimo laiką. Sakoma, jei projektas atsiperka per 5 metus, tai jis efektyvus. [50].



9.9.1 pav. Projekto atsipirkimo laikotarpis

Iš pateikto grafiko (9.9.1 pav.) matome, kad projektas atsiperka per 5 metus, todėl galime teigti, jog projektas yra efektyvus.

9.10. Vidutinių svertinių kapitalo kaštų skaičiavimas

Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai skaičiuojami taip [1]:

$$KK = W_{is} \cdot k_{is} = 1 \cdot 6,8 = 6,8 \quad (9.10.1)$$

čia: W_{is} , W_{pr} , W_p – svarumo koeficientai, parodantys išiskolinimų, privilegijuotųjų ir paprastųjų akcijų lyginamąjį svorį kapitalo struktūroje [1].

Kapitalo kaštai parodo kokią kapitalo dalį, procentais, įmonė turi sumokėti viena ar kita forma už galimybę juo naudotis [1].

Išiskolinimų (paskolos) kaštai k_{is} paskaičiuojama pagal lygtį [1]:

$$k_{is} = i \cdot (1 - M) = 8 \cdot (1 - 0,15) = 6,8 \% \quad (9.10.2)$$

čia: i – palūkanų norma paskolai, %; M – vidutinė mokesčių norma (vidutiniškai 15 %).

Parengtas projektas yra naujas, todėl akcijomis neprekiuojama, todėl privilegijuotųjų ir paprastųjų akcijų lyginamieji svoriai kapitalo struktūroje neskaičiuojami [1].

9.11. Grynosios esamosios vertės (GEV) skaičiavimas

Sumuojant grynuosius GPS, diskontuotus pagal kapitalo kainą, gauname grynąją esamąją vertę (GEV). GEV – tai visų projekto diskontuotų GPS suma, pradedant nuliniiais metais. Ji apskaičiuojama [1]:

$$GEV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1 + KK)^t} \quad (9.11.1)$$

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

$$GEV = \frac{(-8226667)}{(1 + 0,068)^0} + \frac{3824548}{(1 + 0,068)^1} + \frac{3784798}{(1 + 0,068)^2} + \frac{3781048}{(1 + 0,068)^3} + \frac{3781048}{(1 + 0,068)^4} + \frac{3769798}{(1 + 0,068)^5} = 7392791$$

Apskaičiuota teigiama grynosios esamosios vertė rodo, kad projektas yra efektyvus.

9.12. Vidinės pelno normos skaičiavimas

Vidinė pelno norma – tai diskonto norma r , kuri projekto būsimųjų grynųjų pinigų įplaukų dabartinę vertę prilygina projekto būsimų išlaidų dabartinei vertei. Vidinė pelno norma apskaičiuojama [1]:

$$\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+KK)^t} = 28. \quad (9.12.1)$$

Vidinė pelno norma lygi 28 %, tai daugiau už kapitalo diskonto norma (KK), kuri siekė 6,8 %. Galima teigti, kad finansinė rizika neturės įtakos investiciniam projektui.

9.13. Pelningumo arba rentabilumo indekso skaičiavimas

Pelningumo arba rentabilumo indeksas – tai pelno ir išlaidų santykis [1]:

$$PI = \sum_{i=1}^n \frac{\left(\frac{GPS_i}{(1+KK)^n} \right)}{GPS_0} = 1,9; \quad (9.13.1)$$

čia: $\frac{GPS_i}{(1+KK)^n}$ – diskontuotų GPS suma, pradedant pirmaisiais metais; GPS_0 – nulinių metų GPS.

Pelningumo indeksas parodo projekto pelningumą. Literatūros duomenimis teigiama, kad jei PI yra didesnis už vieneta, tai projektas yra priimtinas. Didėjant šiai reikšmei projektas priimtinesnis. Kadangi šiam projektui PI yra 1,9, tai priimam, kad projektas priimtinas ir patikimas [1].

9.14. Lūžio taško skaičiavimas

Pardavimo apimtis, kuriai esant bendrosios pajamos lygios visiems gamybos kaštams ir įmonės pelnas lygus nuliui vadinama lūžio tašku. Pagal lūžio tašką galima nustatyti, kokį kiekį produkcijos reikia pagaminti ir parduoti, kad įmonės veikla būtų pelninga [1].

Lūžio taško arba kritinę gamybinę apimtį dar galima rasti ir pagal lygtį:

$$B_{Lj} = \frac{PK_j}{c_j - kk_j}; \quad (9.14.1)$$

čia: B_{Lj} – j-ojo gaminio pardavimo apimtis lūžio taške, vnt.; PK_j – j-ajam gaminiui priskiriama visa pastoviuųjų kaštų suma, €; c_j – j-ojo gaminio vieneto kaina, €; kk_j – j-ojo gaminio vieneto kintamieji kaštai, €.

Apskaičiuotas lūžio taškas pateikiamas 9.14.1 lentelėje.

9.14.1 lentelė. Lūžio taško apskaičiavimas [1]

Rodikliai	Kiekis
Pastoviųjų kaštų suma, €	1775994
Gaminio kaina, €	727
Gaminio kintamieji kaštai, €	435
Lūžio taškas, vnt.	6075,99
Pardavimo planas, vnt.	20000

10. APLINKOSAUGINIS VERTINIMAS

Aplinkosauginis vertinimas vykdomas visam gamybiniam procesui t.y. nuo gautos žaliavos iki produkto. Naudojama žaliava yra pluoštinių kanapių CO₂ ekstraktas [1].

Pluoštinių kanapių CO₂ ekstrakto konversijos procese produktui pagaminti sunaudojama elektros energija pateikiama 10.1 lentelėje [1].

10.1 lentelė. *Produkto gamybos energetinės reikmės išteklių [1]*

Produkcija		Energetinėms reikmėms naudojami išteklių		
Pavadinimas	Kiekis per metus	Pavadinimas	Kiekis per metus	Šaltiniai
CBD	1000	Elektros energija	596556 kW	Vietiniai elektros tinklai

Kadangi elektros energijos reikmėms panaudojama Kauno termofikacinė elektrinė, t.y. pati įmonė elektros energijos negamina, todėl poveikis aplinkai, dėl elektros energijos gamybos, nevertinamas ir priimamas, kad poveikis minimalus.

Projektuojamoje technologinėje linijoje būtina įvertinti fizikinę ir biologinę taršą. Vykdamas pluoštinių kanapių CO₂ ekstrakto konversijos technologinį procesą, normaliomis darbo sąlygomis biologinės taršos pavojus nenustatytas. Prie fizikinės taršos šaltinio priskiriamas triukšmas. Duomenys pateikiami į 10.2 lentelę [1].

10.2 lentelė. *Konkrečiai veiklos sąlygojama fizikinė tarša [1].*

Taršos rūšis	Taršos šaltinio pavadinimas	Taršos šaltinių skaičius	Taršos šaltinio skleidžiamas taršos lygis	Priemonės taršai mažinti
Triukšmas	Siurblys	6	52 dBA	Ausinės

Pagal Lietuvos Respublikos įstatymus gamybinės paskirties įrenginiams leistinas triukšmo lygis yra 87 dBA (žr. 8.2.2 skyrelį). Įranga neviršija leistinos ribos, tačiau kaip prevencinės priemonės mažinti triukšmą galima naudoti ausines, ar ausų kištukus, laikytis atokiau nuo garsą skleidžiančio įrengini.

Technologiniame procese dėl aukšto automatizavimo lygio bei paprastos gamybos atliekos nesusidaro. Priimama, kad gamybos metu, kaip atliekos priskiriamos darbuotojų mišrios komunalinės atliekos. Metiniai gamybos atliekų kiekiai pateikiami 10.3 lentelėje [51].

10.3 lentelė. Gamybinės atliekos ir jų kiekiai [1]

Technologinis procesas	Atliekos pavadinimas	Atliekų kiekis, t/metus	Atliekų agregatinė būseną	Atliekų kodas pagal atliekų sąrašą
1	2	3	4	5
Gamyba	Mišrios komunalinės	1	Kieta	20 03 01

Gamybos metu susidaręs, taip pat buitiniams ir administracinėms reikmėms panaudotas vanduo išleidžiamas į miesto inžinerines sistemas. Gamybos metu naudojamas vanduo nuolatos cirkuliuoja pro kondensatorių (aušinimas), todėl jis neišleidžiamas ir priimama, kad vanduo technologiniame procese nenaudojamas ir jo dreuoti į miesto inžinerines sistemas nereikia (10.4 lentelė).

10.4 lentelė. Naudojamo vandens balansas [1]

Vandens tiekimo (išgavimo) šaltinis	Vandens naudojimo sritys (tikslai)	Didžiausias paros debitas m ³ /d	Vidutinis metinis kiekis, m ³	Taupymo ir apsaugos priemonės
1	2	3	4	5
Miesto inžineriniai tinklai	Buitinis	0,5	60	-
Miesto inžineriniai tinklai	Gamybai	-	2	Recirkuliacija, daugkartinis panaudojimas

Pluoštinių kanapių dekarboksilinimo reakcijos metu, konversijos įrenginyje išsiskiria CO₂ dujos, kurios separatoriuje (žr. 5.3 skyrelį) atskiriamos nuo produkto. Aplinkos oro tarša pateikiama 10.5 lentelėje (5 skyriaus technologiniai skaičiavimai).

10.5 lentelė. Aplinkos oro tarša [1]

Proceso (taršos šaltinio) pavadinimas	Teršalo pavadinimas	Išmetamų dujų temperatūra, °C	Išmetamų dujų tūrio debitas, m ³ /s	Teršalų išmetimo trukmė, val./m
1	2	3	4	5
Konversija	Anglies dioksidas	200	0,0007	876

Apibendrinimas:

Gamybos technologijos procesas yra nuolatinis (uždaras) bei naujai optimizuotas, naudoja palyginti nedaug elektros energijos. Kaip atliekos susidaro tik darbuotojų mišrios komunalinės atliekos. Fizikinė tarša neviršija numatytų reikalavimų. Didžiausią poveikį aplinkai gamybos cikle daro anglies dioksido dujos, kurios dideliais kiekiais išskiriamos į atmosferą sukelia

šiltnamio efektą, t.y. sugeria infraraudonuosius spindulius ir taip prisideda prie klimato šiltėjimo. Būtina imtis veiksmų, kad išmetamos dujos į atmosferą atitiktų keliamus reikalavimus (žr. 8.2.1 lentelė). Technologinėje linijoje iš separatoriaus (žr. 6 skyrių) CO₂ dujos tiekiamos į atmosferą, bet prieš tai patenka į sumaišymo kamerą, kurioje sumaišoma su šviežiu oru ir taip užtikrina 8500 mg/m³ CO₂ dujų koncentraciją ore.

Atlikus preliminarų aplinkos poveikio vertinimą, galima teigti, kad gamybos proceso poveikis aplinkai nėra didelis ir gamyba mažai kenksminga. Tačiau įvertinus elektros energijos gamybą, aplinkos poveikis būtų daug didesnis.

IŠVADOS

1. Nustatyta, kad didžiausias kanabidiolinės rūgšties konversijos laipsnis, esant mažiausiems nuostoliams – pasiekiamas vykdant dekarboksilinimo procesą esant 250 °C temperatūrai.
2. Nustatyta optimali dekarboksilinimo reakcijos trukmė – 1 valanda.
3. Remiantis eksperimentinių tyrimų rezultatais suprojektuotas pluoštinių kanapių CO₂ ekstrakto dekarboksilinimo reaktorius: reakcijos zonos tūris 0,306 m³, ilgis 540 m, slėgis 2 Mpa.
4. Nubraižyti ir aprašyti įmonės pastato pjūviai.
5. Apskaičiuoti ir parinkti pagrindiniai proceso aparatai: vakuuminė distiliavimo kolona, kurios aukštis 4 m, skersmuo 0,35 m.; separatorius, kurio aukštis 2,2 m., skersmuo 0,25 m.; krumpliaratinio siurblio išvystoma galia 0,17 kW.
6. Įvertinti darbo saugos reikalavimai gamybos proceso technologijai.
7. Atlikti ekonominiai skaičiavimai rodo, kad 1000 tonų per metus produkto gamybos technologija, kai finansuojamas šaltinis yra bankų paskolos, atsiperka per 5 metus. Nustatyta, kad įmonės veikla yra nenuostolinga ir tenkina visus kriterijus.
8. Aptarti aplinkosauginiai veiksniai ir įvertintas gamybinės linijos poveikis aplinkai.

LITERATŪRA


1. Z. Valančius, D. Nizevičienė, O Viliūnienė, J. Solnyškinienė, I. Stasiulaitienė. (2013). *Magistro baigiamojo darbo metodiniai nurodymai*. Kaunas: Technologija.
2. <http://www.ncsl.org/research/agriculture-and-rural-development/state-industrial-hemp-statutes.aspx> (Žiūrėta 2016 03 14).
3. <http://www.hempuniversity.com/hemp-university/growing-hemp/countries-growing-hemp> (Žiūrėta 2016 04 17).
4. www.lamabpo.lt/turiny/aukstosios-mokyklos/universitetai (Žiūrėta 2016 04 14).
5. www.kaunas.lt/apie-kauna/statistika (Žiūrėta 2016 04 24).
6. www.natex.at/index.html (Žiūrėta 2016 05 17).
7. Hillig, K. (2005). Genetic evidence for speciation in cannabis (Cannabaceae). *Genetic Resources and Crop Evolution* 52, 161–180.
8. <http://outco.ca.blogspot.lt/2014/08/indica-and-sativa-what-about-ruderalis.html> (Žiūrėta 2016 04 25).
9. Mahmoud A. ElSohly, P. (2007). *Marijuana and the cannabinoids*. New Jersey: Humana Press. 333.
10. Carlton E. Tuner, M. A. (1980). Constituents of cannabis sativa L. XVII. A review of the natural constituents. *Journal of natural products*, 169–234.
11. Laura M. Borgelt, K. L. (2013). The pharmacologic and clinical effects of medical cannabis. *Pharmacotherapy* 33, 195–209.
12. H., G. (1967). The Ancient Cultivation of Hemp. *Academic Journal Offprint* 41, 42–49.
13. Balčiūnas G. (2015). *Statybinių kompozitų su pluoštininių kanapių spaliais tyrimai*. (Daktaro disertacija). Vilnius: Technika.
14. Angelo A. Izzo, F. B. (2009). Non psychotropic plant cannabinoids: new therapeutic opportunities from an ancient herb. *Trends in pharmacological sciences* Vol. 30, Issue 10, 515–527.
15. www.sensiseeds.com/en/blog/cannabidiol-and-cbd-oil/ (Žiūrėta 2016 05 04).
16. www.pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/cannabidiol#section=Top (Žiūrėta 2016 03 04).
17. SH. Burstein. (1999). The cannabinoid acids: non psychoactive derivatives with therapeutic potential. *Pharmacol Ther*, 87–96.
18. Ahmed M. Galal, Desmond Slade, Waseem Gul, Abir T. El-Alfy Daneel Ferreira, Mahmoud A. Elsohly. (2009). Naturally Occurring and Related Synthetic

- Cannabinoids and their Potential Therapeutic Applications. Recent Patents on CNS Drug Discovery, 112–136.
19. Hospodor, P. A. (2012). Patent Nr. US 2012/0046352 A1. United States of America.
 20. J. P. Friedrich, E. H. Pryde. (1984). Supercritical CO₂ extraction of lipid-bearing materials and characterization of the products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol 61, 223–228.
 21. Lietuvos Respublikos maisto įstatymo Nr. VIII-1608 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11 straipsnių, priedo pakeitimo ir Įstatymo papildymo ketvirtuoju-1 skirsniu įstatymas. Valstybės žinios 2015. TAR, 2014-12-31, Nr. 21250
 22. Stela Jokić, Bence Nagy, Zoran Zeković, Senka Vidović, Mate Bilić, Darko Velić, Béla Simándi. (2012). Effects of supercritical CO₂ extraction parameters on soybean oil yield. *Food and bioproducts processing*, Vol. 90, 693–699.
 23. www.aromata.lt/lt/81/co2-ekstrakcija-naujausias-ir-subtiliausias-alieju-iscavimobudas. (Žiūrėta 2016 02 18).
 24. Эмирджанов Р.Т. Основы технологических расчетов в нефтепереработке. М.-Л.: Химия, 1989. - 192 с.
 25. Balandis A., Kantautas A., Leskauskas B., Vaickelionis G., Valančius Z. (2010). *Chemijos inžinerija, III knyga*. Kaunas: Technologija.
 26. Сарданашвили А.Г., Львова А.И. Примеры и задачи по технологии переработки нефти и газа. М: Химия, 1980. - 256 с.
 27. Lietuvos Respublikos statybos įstatymas. Valstybės žinios, 1996-03-19, Nr. 32-778.
 28. http://paroc.lt/gaminiai-ir-sprendimai/gaminiai/pages/ploksciuju-stogu-plokstes/paroc-ros-50?sc_lang=lt-LT (Žiūrėta 2016 02 28).
 29. http://www.paroc.lt/gaminiai-ir-sprendimai/gaminiai/pages/plokstes-konstruciniu-ploksciu-gamybai/paroc-cel-50cs100?sc_lang=lt-LT (Žiūrėta 2016 02 28).
 30. http://www.paroc.lt/gaminiai-ir-sprendimai/gaminiai/pages/pagrindo-plokstes/paroc-grs-20?sc_lang=lt-LT (Žiūrėta 2016 02 28).
 31. <http://fauga.lt/sekciniai-pramoniniai-vartai.html> (Žiūrėta 2016 02 28).
 32. <http://www.hiperionas.lt/lauko-durys-siltos/lauko-durys-plastikines-siltos/lauko-durys--plastikines-siltos/plastikines-lauko-durys-modelis-nr--10/59-545> (Žiūrėta 2016 02 28).
 33. <http://www.hiperionas.lt/plienines-durys-lengvo-tipo/plienines-durys-lengvo-tipo/plienines-durys-mars-cinkuotos/70-387> (Žiūrėta 2016 02 28).

34. <http://www.refra.eu/index.php/lt/produktai/2016-03-16-07-21-10/svaistines-durys>. (Žiūrėta 2016 03 18).
35. <http://www.hiperionas.lt/plienines-durys-lengvo-tipo/plienines-durys-lengvo-tipo/plienines-durys-uran-rudai-dazytos/70-388>. (Žiūrėta 2016 02 28).
36. <http://www.megraine.lt/plastikiniai-langai>. (Žiūrėta 2016 02 28).
37. Sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklės. Valstybės žinios, 2004, Nr.134–4878. (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2009, Nr. 152–6849, Valstybės žinios, 2011, Nr.: 46–2201 TAR, 2014-02-14, Nr. 1536).
38. Profesinės rizikos bendrieji vertinimo nuostatai. Valstybės žinios, 2012, Nr. 126-6350.
39. Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai. Valstybės žinios, 2010, Nr. 146–7510 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2011-06-21, Žin., 2011, Nr.: 75-3661; 2011-02-24, Žin., 2011, Nr. 23-1137).
40. Darbuotojų saugos ir sveikatos įstatymas. Valstybės žinios, 2003-07-16, Nr. 70–3170.
41. Slėginių indų naudojimo taisyklės DT 12–02. Valstybės žinios, 2002, Nr. 115–5165.
42. Specialiųjų patalpų ir technologinių procesų elektros įrenginių įrengimo taisyklės. Valstybės žinios, 2013, Nr., 27–1299.
43. LST EN 62305-3:2011 Apsauga nuo žaibo. 3 dalis. Fizinė žala statiniams ir pavojus gyvybei. 157 p.
44. STR 2.01.06:2009 Statinių apsauga nuo žaibo. Išorinė statinių apsauga nuo žaibo. Valstybės žinios, 2009, Nr. 138–6095.
45. HN 23:2011. Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai. Valstybės žinios, 2011, Nr. 112–5274.
46. Darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsauginėmis priemonėmis nuostatai. Valstybės žinios, 2007, Nr. 123 –5055.
47. HN 98:2014. Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai. TAR, 2014. Nr. 5119.
48. HN 69:2003. Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai. Valstybės žinios, 2004, Nr. 45–1485.
49. Bendrosios gaisrinės saugos taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 99–5167 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2012, Nr. 118–5970, Nr. 124).
50. Bartkus, E. V. (2014). Inovacijų valdymas ir ekonominis vertinimas. Klaipėda.

PRIEDAI

1. **Priedas.** *Reaktoriaus brėžinys*
2. **Priedas.** *Vietinės kliūties koeficiento vertės parinkimas*

Kliūties tipas	Vietinės kliūties koeficiento vertė									
Vamzdžio posūkis  d – vidinis vamzdžio skersmuo, m; R_φ – vamzdžio posūkio spindulys, m	Pasipriešinimo koeficientas $\xi = A \cdot B$									
	Kampas φ , laipsniais	20	30	45	60	90	110	130	150	180
	A	0,31	0,45	0,6	0,78	1,0	1,13	1,20	1,28	1,40
	R_φ/d	1,0	2,0	4,0	6,0	15	30	50		
	B	0,21	0,15	0,11	0,09	0,06	0,04	0,03		

3. **Priedas.** *Technologinės schema*
4. **Priedas.** *Pastato plano brėžinys*
5. **Priedas.** *Pastato pjūvio A–A brėžinys*
6. **Priedas.** *Pastato pjūvio B–B brėžinys*
7. **Priedas.** *Pastato sklypo plano brėžinys*