



**Kauno technologijos universitetas**

Cheminės technologijos fakultetas

# **Amonio dihidrofosfato gamybos proceso modifikavimas**

Baigiamasis magistro projektas

---

**Lukas Pilipaitis**

Projekto autorius

**Doc. dr. Rasa Paleckienė**

Vadovė

---

**Kaunas, 2021**



**Kauno technologijos universitetas**

Cheminės technologijos fakultetas

## **Amonio dihidrofosfato gamybos proceso modifikavimas**

Baigiamasis magistro projektas

Chemijos inžinerija (6211EX020)

---

**Lukas Pilipaitis**  
Projekto autorius

**Doc. dr. Rasa Paleckienė**  
Vadovė

**Doc. dr. Rasa Šlinkšienė**  
Recenzentė

Konsultantai:

**Lekt. dr. Odeta Viliūnienė**

Statybų sprendiniai

**Prof. dr. Irena Pekarskienė**

Finansinių ir ekonominių skaičiavimų

**Prof. dr. Gintaras Denafas**

Aplinkosauginio vertinimo

**Doc. dr. Dalia Nizevičienė**

Darbuotojų saugos ir sveikatos

---

**Kaunas, 2021**



**Kauno technologijos universitetas**

Cheminės technologijos fakultetas

Lukas Pilipaitis

## **Amonio dihidrofosfato gamybos proceso modifikavimas**

### Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

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

Lukas Pilipaitis

*Patvirtinta elektroniniu būdu*



**Kauno technologijos universitetas**

Cheminės technologijos fakultetas

Tvirtinu:  
Cheminės technologijos fakulteto dekanas  
prof. K. Baltakys

Suderinta:  
Fizikinės ir neorganinės chemijos katedros  
vedėja prof. dr. I. Ancutienė

Dekano potvarkis Nr. ST18-F-02-03, 2021-04-15

2021 m. kovo mėn. 04 d.

## Baigiamojo magistro projekto užduotis

Projekto tema Amonio dihidrofosfato gamybos proceso modifikavimas

Darbo tikslas ir uždaviniai

Darbo tikslas – išanalizuoti amonio fosfatų gamybos teorinius dėsningumus, žinomus technologinius amonio dihidrofosfato gamybos realizavimo sprendimus, įvertinti gamybos technologijos tobulinimo galimybes.

Darbo uždaviniai:

atlikti literatūros duomenų apžvalgą techniniais bei ekonominiais aspektais;

atlikti technologinio proceso bei produkto analizę bei vertinimą taikant pasirinktą skaičiavimo/modeliavimo/analizės metodiką;

suprojektuoti gamybos proceso technologinę schemą, parinkti įrengimus, apskaičiuoti ir įvertinti masių ir energetinius srautus;

pateikti statybinius sprendimus, atlikti finansinius ir ekonominius skaičiavimus, įvykdyti aplinkosauginį vertinimą bei pateikti profesinės rizikos vertinimą, susijusi su darbuotojų sauga ir sveikata.

Reikalavimai ir sąlygos

Turi būti visos privalomos baigiamojo projekto sudėtinės dalys kaip nurodyta dekanu 2021 m. vasario 24 d. potvarkiu Nr. V25-02-03 patvirtintuose „Pirmosios pakopos Cheminė technologija ir inžinerija ir antrosios pakopos Chemijos inžinerija studijų programų baigiamųjų projektų rengimo ir gynimo metodiniuose reikalavimuose“.

Vadovė

Doc. Rasa Paleckienė

2021 03 02

(vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas)

(data)

Užduotį gavau: Lukas Pilipaitis  
(studento vardas, pavardė)

2021 03 04  
(parašas, data)

Pilipaitis Lukas. Amonio dihidrofosfato gamybos proceso modifikavimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Rasa Paleckienė; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: amonio fosfatai, amonio dihidrofosfatas, kristalizacija, filtrpresas.

Kaunas, 2021. 68 p.

### **Santrauka**

Magistro baigiamajame darbe analizuojama amonio dihidrofosfato gamybos teoriniai dėsningumai technologiniai gamybos realizavimo sprendimai. Įvertinamos gamybos technologijos tobulinimo galimybės.

Šiame darbe atlikta literatūros duomenų apžvalga, technologinio proceso analizė, pasiūlytas technologinio proceso patobulinimas. Tai pat suprojektuota gamybos proceso technologinė schema, parinkti įrengimai, apskaičiuoti ir įvertinti masių srautai. Pateikti statybiniai sprendimai, atlikti finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai, įvykdytas aplinkosauginis vertinimas bei profesinės rizikos vertinimas, susijęs su darbuotojų sauga ir sveikata.

Pilipaitis Lukas. Modification of Manufacturing Process of Ammonium Dihydrogen Phosphate. Master's Final Degree Project / supervisor doc. Dr. Rasa Paleckienė; Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

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

Keywords: ammonium phosphates, ammonium dihydrogen phosphate, crystallization, filter press.

Kaunas, 2021. 68 pages.

### **Summary**

The master's graduation essay analyzes the theoretical regularities of ammonium dihydrogen phosphate production, technological production realization solutions. Possibilities for improvement of production technology are evaluated.

In this work, a review of the literature data, analysis of the technological process, improvement of the technological process is proposed. The technological scheme of the production process was also designed, the equipment was selected, and the mass flows were calculated and evaluated. Construction solutions were provided, financial and economic calculations were performed, an environmental assessment and an occupational risk assessment related to the safety and health of employees were performed.

## Turinys

<b>Lentelių sąrašas .....</b>	<b>9</b>
<b>Paveikslų sąrašas .....</b>	<b>10</b>
<b>Santrumpų sąrašas .....</b>	<b>11</b>
<b>Įvadas.....</b>	<b>12</b>
<b>1. Literatūros apžvalga .....</b>	<b>13</b>
1.1. Amonio dihidrofosfato gavimo teoriniai dėsniniai.....	13
1.2. Amonio dihidrofosfato gamybos būdai .....	16
1.3. Amonio dihidrofosfato gamybos problemos .....	17
<b>2. Tiriamoji dalis.....</b>	<b>20</b>
2.1. Gamyboje naudojami nuosėdų atskyrimo įrengimai .....	20
2.2. Proceso kontrolės organizavimas ir produkcijos analizė.....	21
2.3. Įrengimų efektyvumo palyginimas .....	23
<b>3. Inžinerinė dalis.....</b>	<b>29</b>
3.1. Technologinė dalis.....	29
3.1.1. MAP gamybos technologinis procesas su filtrpresu .....	30
3.1.2. Medžiagų ir šilumų srautų balanso skaičiavimas .....	31
3.1.3. Įrenginio pasirinkimas, jo parametrai ir veikimo principas.....	33
3.2. Statybiniai sprendimai .....	34
3.3. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai.....	37
3.3.1. Projekto investicijos ir finansavimo šaltiniai .....	38
3.3.2. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas .....	38
3.3.3. Produkcijos gamybos apimtis ir gautinos pajamos .....	38
3.3.4. Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas .....	39
3.3.5. Žaliavų, įrengus technologinius patobulinius, kiekis .....	41
3.3.6. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas .....	43
3.3.7. Veiklos kaštai .....	44
3.3.8. Gaminio kainos skaičiavimas .....	45
3.3.9. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai.....	46
3.3.10. Grynujų pinigų srautų ir pelno skaičiavimas modernizacijos atveju.....	47
3.3.11. Investicijų efektyvumo vertinimas .....	48
3.3.12. Diskontuotas investicijų atsipirkimo laikotarpio skaičiavimas.....	49
3.3.13. Grynosios esamosios vertės (GEV) skaičiavimas .....	49
3.3.14. Pelningumo arba rentabilumo skaičiavimas.....	49
3.3.15. Lūžio taškas .....	50
3.4. Aplinkosauginis vertinimas .....	51
3.4.1. Atliekų tvarkymas .....	53
3.4.2. Nuotekų susidarymas ir jų tvarkymas .....	53
3.4.3. Oro tarša .....	53
<b>4. Darbuotojų sauga ir sveikata .....</b>	<b>55</b>
4.1. Projektuojamo objekto charakteristika: .....	55
4.2. Profesinės rizikos vertinimas.....	55
4.3. Saugi gamyba .....	56

4.4. Darbo higiena .....	57
4.5. Gaisrinē sauga .....	59
<b>5. Grafinē dalis.....</b>	<b>61</b>
<b>Išvados .....</b>	<b>62</b>
<b>Literatūros sarakšas .....</b>	<b>63</b>



## Lentelių sąrašas

<b>1 lentelė.</b> MAP fizinės bei cheminės savybės. ....	13
<b>2 lentelė.</b> MAP stabilumas ir reakingumas. ....	13
<b>3 lentelė.</b> MAP kokybės rodikliai AB „Lifosa“ įmonėje. ....	14
<b>4 lentelė.</b> Gamybos metu paimtų bandinių kokybės rodikliai ir analizių skaičius. ....	22
<b>5 lentelė.</b> Dekanterio atskirto filtrato drumstumas ir nuosėdų kiekis. ....	25
<b>6 lentelė.</b> Filtrpreso atskirto filtrato drumstumas ir nuosėdų kiekis. ....	27
<b>7 lentelė.</b> Medžiagų balansas. ....	31
<b>8 lentelė.</b> Reaktoriaus šilumų balansas ....	32
<b>9 lentelė.</b> Bendrieji MAP skyriaus statinio techniniai rodikliai ....	34
<b>10 lentelė.</b> MAP pulpos filtravimo skyrius ....	37
<b>11 lentelė.</b> Investicijų kaštai ir finansavimo šaltiniai ....	38
<b>12 lentelė.</b> Ilgalaikis turtas ....	38
<b>13 lentelė.</b> Produkcijos apimtys ....	39
<b>14 lentelė.</b> Naudojamų žaliavų kiekiai ir kainos ....	39
<b>15 lentelė.</b> Išlaidos žaliavoms ir energijai ....	41
<b>16 lentelė.</b> Netiesioginiai gamybos kaštai ....	43
<b>17 lentelė.</b> Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija). ....	43
<b>18 lentelė.</b> Gamybos kaštai ....	44
<b>19 lentelė.</b> Veiklos kaštai ....	45
<b>20 lentelė.</b> Gaminio kainos apskaičiavimas ....	45
<b>21 lentelė.</b> Įmonės pelno ataskaita, mln. Eur ....	46
<b>22 lentelė.</b> Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita. ....	47
<b>23 lentelė.</b> Sąnaudų pasikeitimas, įvykdžius modernizaciją ....	48
<b>24 lentelė.</b> Kapitalo kaštų skaičiavimas ....	48
<b>25 lentelė.</b> Lūžio taško apskaičiavimas ....	50
<b>26 lentelė.</b> Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai. ....	51
<b>27 lentelė.</b> Duomenys apie naudojamą žaliavą MAP gamyboje. ....	52
<b>28 lentelė.</b> Duomenys apie nuotekų išleistuvus ....	53
<b>29 lentelė.</b> Tarša į aplinkos orą ....	54
<b>30 lentelė.</b> Fizinių veiksnių sukeltų pavojų, galinčių pakenkti sveikatai, identifikavimas ....	55
<b>31 lentelė.</b> Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai ....	56
<b>32 lentelė.</b> Pastatų, patalpų ir išorės įrenginių kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonos. ....	56
<b>33 lentelė.</b> Elektros įrangos sprogo zonomis pasirinkimas. ....	57
<b>34 lentelė.</b> Sprogiųjų mišinių kategorijos ....	57
<b>35 lentelė.</b> Rekomenduojamos apšvietos vertės ir apšvietos kokybės klasės ....	57
<b>36 lentelė.</b> Trumpalaikio ir ilgalaikio poveikio medžiagų ribiniai dydžiai. ....	57
<b>37 lentelė.</b> Darbo triukšmo lygių ir operacijų trukmės duomenys ....	59

## Paveikslų sąrašas

<b>1 pav.</b> $\text{NH}_3 - \text{H}_3\text{PO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ sistemos tirpumo diagrama, esant 0, 25, 50, 75 °C temperatūrai .....	14
<b>2 pav.</b> Komponentų kiekio kietojoje fazėje priklausomybė nuo neutralizacijos laipsnio (pH), esant 100 °C temperatūrai .....	15
<b>3 pav.</b> Granuliuoto amonio dihidrofosfato principinė technologinė schema .....	16
<b>4 pav.</b> Kristalinio amonio dihidrofosfato gamybos principinė technologinė schema .....	17
<b>5 pav.</b> Kristalinio MAP principinė technologinė schema .....	18
<b>6 pav.</b> Dekanterio būgno pjūvis .....	20
<b>7 pav.</b> Mikrofiltracijos proceso schema .....	21
<b>8 pav.</b> Nucentrifuguota reaktoriaus pulpa .....	24
<b>9 pav.</b> Nucentrifuguotas dekanterio atskirtas filtratas .....	25
<b>10 pav.</b> Filtrpreso sandara .....	26
<b>11 pav.</b> Principinė filtrpreso schema .....	27
<b>12 pav.</b> Nucentrifuguotas filtrpreso atskirtas filtratas .....	28
<b>13 pav.</b> Principinė MAP gamybos technologijos schema su filtrpesu .....	30
<b>14 pav.</b> Šilumų srautai reaktoriuje .....	32
<b>15 pav.</b> Diefenbach filtrpresas .....	33
<b>16 pav.</b> Principinis teritorijos planas .....	35
<b>17 pav.</b> Principinis MAP pulpos filtravimo skyriaus pastato vaizdas iš šono .....	36
<b>18 pav.</b> Principinis MAP pulpos filtravimo skyriaus pastato vaizdas iš viršaus .....	36
<b>19 pav.</b> Lūžio taškas .....	50
<b>20 pav.</b> MAP gamybos skyriaus evakuacijos planas .....	60

## Santrumpų sąrašas

BPH – membranų prapūtimo procesas;

CIP – cheminis plovimas (clean in place);

MAP. – monoamonio fosfatas (amonio dihidrofosfatas);

N. – azotas;

NP – azoto, fosforo;

NTU – drumstumo matavimo vienetas (Nephelometric Turbidity Units).

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. – fosforo pentoksidas;

Q – energijos kiekis;

## Įvadas

Gyvename tokiaame amžiuje, kuriame technologijos sparčiai tobulėja. Trąšų paklausa didėja, dėl to gamintojai suinteresuoti pagaminti daugiau aukštos kokybės produkcijos. Gamintojams, norint išlikti konkurencingiems, reikia pasiūlyti konkurencingą produkcijos kainą, kuri leistų vykdyti pelningą trąšų gamybą.

Produkcijos savikainą sudaro žaliavų sąnaudos bei energetiniai resursai. Siekiant sumažinti produkcijos savikainą, būtina tobulinti gamybos procesą bei investuoti į technologinio proceso patobulinimus. AB „Lifosa“ vykdo amonio dihidrofosfato gamybos procesą ir siekia didinti produkcijos išeią.

Darbo tikslas - išanalizuoti amonio fosfatų gamybos teorinius dėsningumus, žinomus technologinius amonio dihidrofosfato gamybos realizavimo sprendimus, įvertinti gamybos technologijos tobulinimo galimybes.

Šio darbo uždaviniai:

1. atlikti literatūros duomenų apžvalgą techniniais bei ekonominiais aspektais;
2. atlikti technologinio proceso bei produkto analizę bei vertinimą taikant pasirinktą analizės metodiką;
3. suprojektuoti gamybos proceso technologinę schemą, parinkti įrengimus, apskaičiuoti ir įvertinti masių ir energetinius srautus;
4. pateikti statybinius sprendimus, atlikti finansinius ir ekonominius skaičiavimus, įvykdyti aplinkosauginį vertinimą bei pateikti profesinės rizikos vertinimą, susijusi su darbuotojų sauga ir sveikata.

## 1. Literatūros apžvalga

### 1.1. Amonio dihidrofosfato gavimo teoriniai dėsningumai

Amonio dihidrofosfatas gamyboje geriau pažįstamas monoamonio fosfato pavadinimu arba trumpiau – MAP, kurio cheminė formulė  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ . Jis susidaro reaguojant fosforo rūgščiai su amoniaku, kuris pakeičia vieną iš trijų vandenilio jonų, esančių fosforo rūgštyje. Vyksta egzoterminė reakcija, kurios metu išsiskiria šiluma.



Kai pradinių žaliavų molinis santykis  $\text{NH}_3:\text{H}_3\text{PO}_4 = 1:1$ , vyksta tikslinio produkto, amonio dihidrofosfato susidarymas. Esant skirtingam moliniam santykiui, susidaro amonio hidrofosfatas arba amonio fosfatas.

Pagrindinės fizinės ir cheminės amonio dihidrofosfato savybės pateiktos 1 lentelėje [1].

1 lentelė. MAP fizinės bei cheminės savybės.

Išvaizda	Baltos spalvos kristalai
Kvapaspas	Bekvapė
pH	4 – 5
Lydymosi temperatūra	197 °C esant 1013hPa
Degumas	Nedegi
Garų slėgis	0,00147 Pa, esant 20 °C
Santykinis tankis ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	1,8
Piltinis tankis ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	900 - 1000
Tirpumas vandenyje	30g / 100ml, esant 20 °C
Sprogstamosios savybės	Nesprogi
Oksidacinės savybės	Neoksiduojanti

Pagal literatūroje esančius duomenis dėl fizinio ir cheminio pavojaus medžiaga neklasifikuojama kaip pavojinga. Antroje lentelėje pateiktas MAP stabilumas bei reakingumas [1].

2 lentelė. MAP stabilumas ir reakingumas.

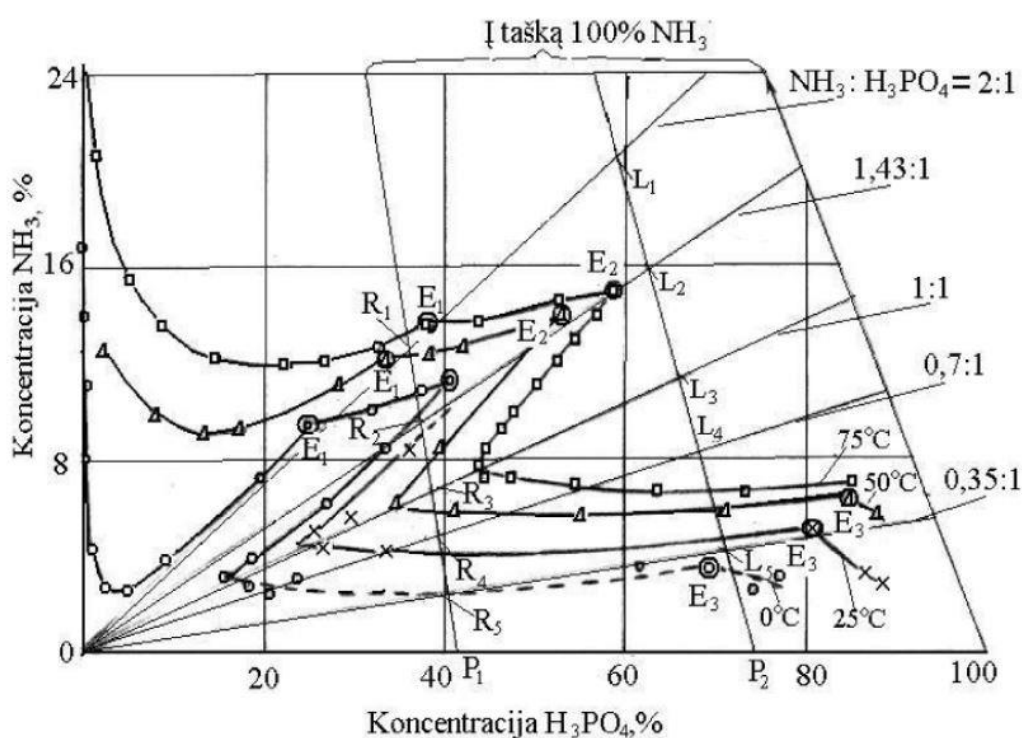
Cheminiis stabilumas	Normaliomis sąlygomis stabilus
Pavojingų reakcijų galimybė	Sprogimo rizika reaguojant su natrio hipochloritu
Vengtinios sąlygos	Vengti aukštos temperatūros, drėgmės
Nesuderinamos medžiagos	Šarmai, stiprios rūgštys, varis ir jo lydiniai
Pavojingi skilimo produktai	Kaitinant, gali susidaryti toksinės azoto oksidų ir fosforo oksidų dujos

Rusijoje gaminamo granuliuoto amonio dihidrofosfato  $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5$  medžiagų santykis yra 12:52, o Lietuvoje AB „Lifosa“ gaminamo kristalinio MAP trąšų azoto ir fosforo pentoksido medžiagų santykis yra 12:61. Produkcijos kokybės rodikliai pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė. MAP kokybės rodikliai AB „Lifosa“ įmonėje [2].

Rodiklio pavadinimas	Norma
Azoto (N) masės dalis, %	12
Bendrų fosfatų (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) masės dalis, %	61
Vandens masės dalis, %, ne daugiau kaip	0,2
Netirpių vandenyje medžiagų masės dalis, %, ne daugiau kaip	0,1
Vandenilio jonų aktyvumo rodiklis pH (1 % tirpalas)	4,5
Tirpumas vandenyje, esant 20 °C, g/l	380

Fosforo rūgšties neutralizavimo amoniaku procesą atspindi NH<sub>3</sub> – H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> – H<sub>2</sub>O sistemos tirpumo diagrama, kuri parodyta 1 paveiksle [3].



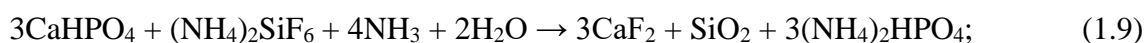
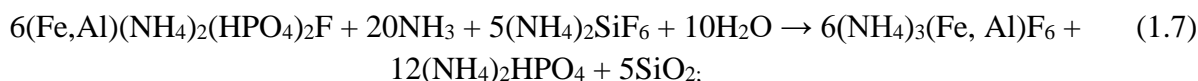
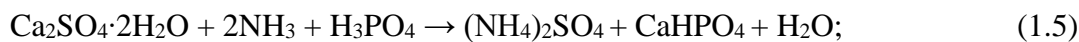
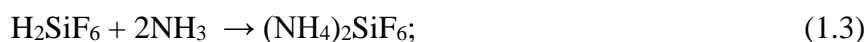
1 pav. NH<sub>3</sub> – H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> – H<sub>2</sub>O sistemos tirpumo diagrama, esant 0, 25, 50, 75 °C temperatūrai

Taškų reikšmės: E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub> – eutektiniai taškai, P<sub>1</sub> – 41,4 % H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, P<sub>2</sub> – 74,5 % H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, R<sub>i</sub> ir L<sub>i</sub> – neutralizuotų fosforo rūgšties tirpalų (kompleksų) sudėtis, esant NH<sub>3</sub> ir H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> moliniams santykiams nuo 0,35 iki 2 [3].

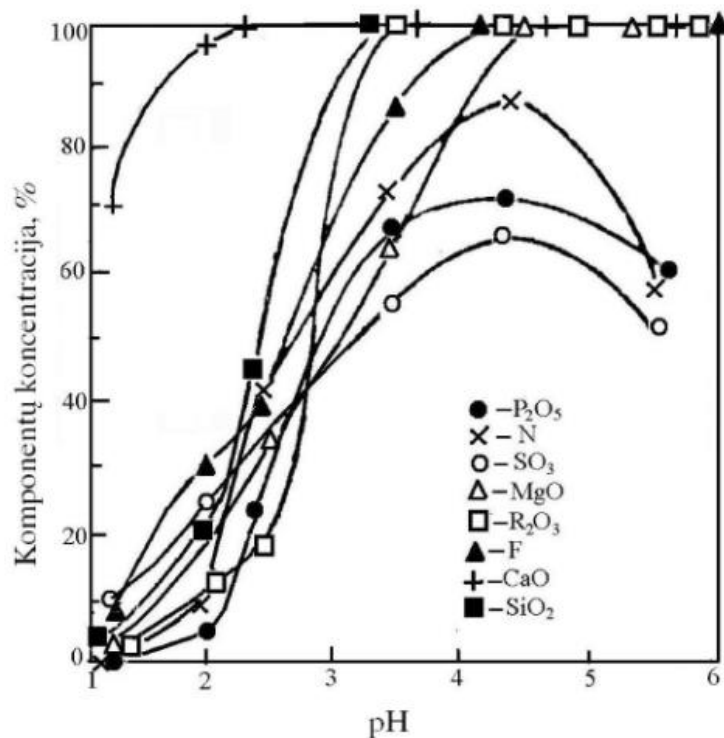
Naudojant fosforo rūgštį, kurios koncentracija 54,0 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (74,5 % H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> – P<sub>2</sub> taškas), neutralizavimo laipsnis pasiekiamas, NH<sub>3</sub>:H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> moliniam santykiui esant ne didesniai kaip 0,7. Šiuo atveju neutralizuoto kompleksų sudėtis taškas L<sub>4</sub> yra sočių tirpalų srityje, bet kietosios fazės kiekis komplekse palyginti nedidelis, ir pulpa yra pakankamai tiki [3].

Kai amonio fosfatams gaminti yra naudojama ekstrakcinė ortofosforo rūgštis, tai joje yra priemaišų. MAP gamybos procese naudojant šią rūgštį, reakcijos metu susidariusias priemaišas reikia atskirti nuo pulpos, nes jos turi įtakos amonio dihidrofosfato tirpumui bei drumstumui.

Literatūroje pateiktos cheminės reakcijos, kurios gali vykti neutralizuojant amoniaką ekstrakcine fosforo rūgštimi.



Pulpos komponentų pasiskirstymas kietojoje ir skystojoje fazėse pusiausvyros sąlygomis, esant 100°C temperatūrai ir įvairiam neutralizacijos laipsniui (pH), parodytas 2 paveiksle [3].



**2 pav.** Komponentų kiekio kietojoje fazėje priklausomybė nuo neutralizacijos laipsnio (pH), esant 100 °C temperatūrai

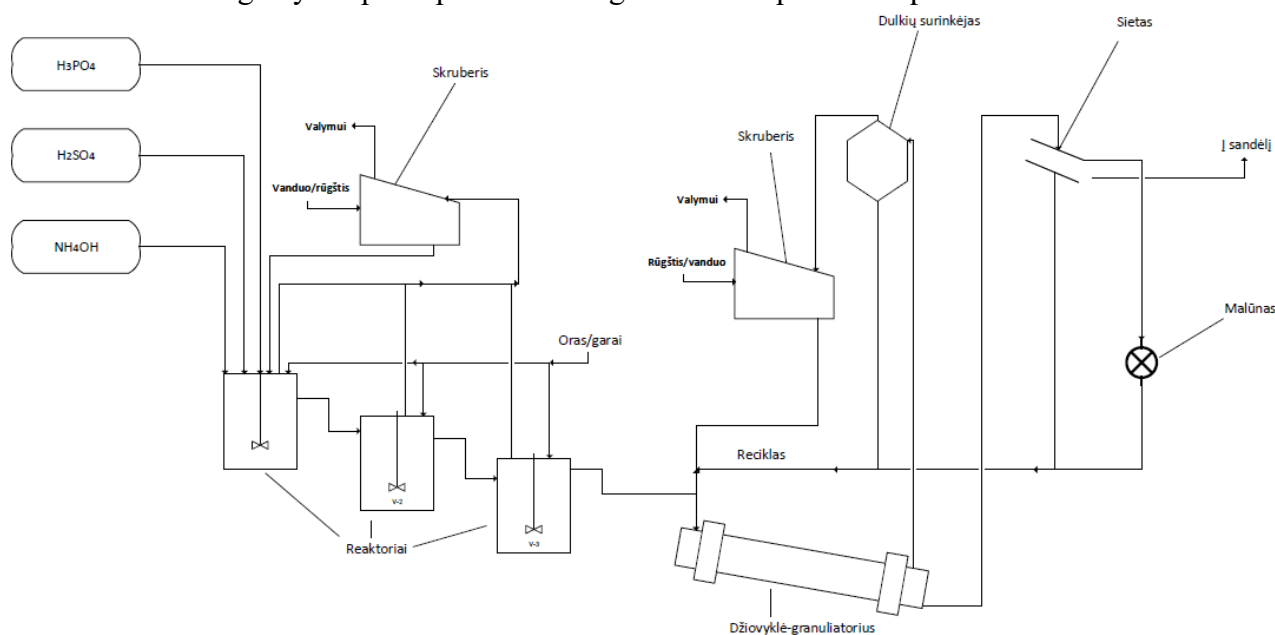
## 1.2. Amonio dihidrofosfato gamybos būdai

Amonio dihidrofosfatas – stabiliausias iš amonio fosfatų: esant 100-110°C temperatūrai, neįsiskaido, neįsiskaido amoniako kvapo atsiradimas. MAP gali būti gaminamas keliais būdais:

- 1) Naudojant nekoncentruotą fosforo rūgštį (19-32 %  $P_2O_5$ ), iš MAP pulpos išgarinant vandenį:
  - a.) Nuosekliai išpurškiant bokšte ir būgninėje džiovykloje;
  - b.) Džiovykloje-granuliuotuvėje su pseudoverdančiu sluoksniu;
  - c.) Nuosekliai vakuuminio išgarinimo aparate ir būgninėje džiovykloje-granuliuotuvėje.
- 2) Naudojant koncentruotą fosforo rūgštį (48-54 %  $P_2O_5$ ), išgarinant vandenį:
  - a.) Nuosekliai amonizatoriuje-granuliuotuvėje ir būgninėje džiovykloje;
  - b.) Savaiminiu išgarinimu iš amonizuotos fosforo rūgšties, esant slėgiui, ir miltelių pavidalo MAP gavimu išpurškiant bokšte,
  - c.) Amonizuotos, esant slėgiui, pulpos džiovinimu būgninėje džiovykloje-granuliuotuvėje [3].

Didelės koncentracijos amonio dihidrofosfatas gali būti gaminamas jį kristalizuojant arba granuliuojant. Tai priklauso nuo gamybos technologijos.

Granuliuoto MAP gamybos principinė technologinė schema pateikta 3 paveiksle.



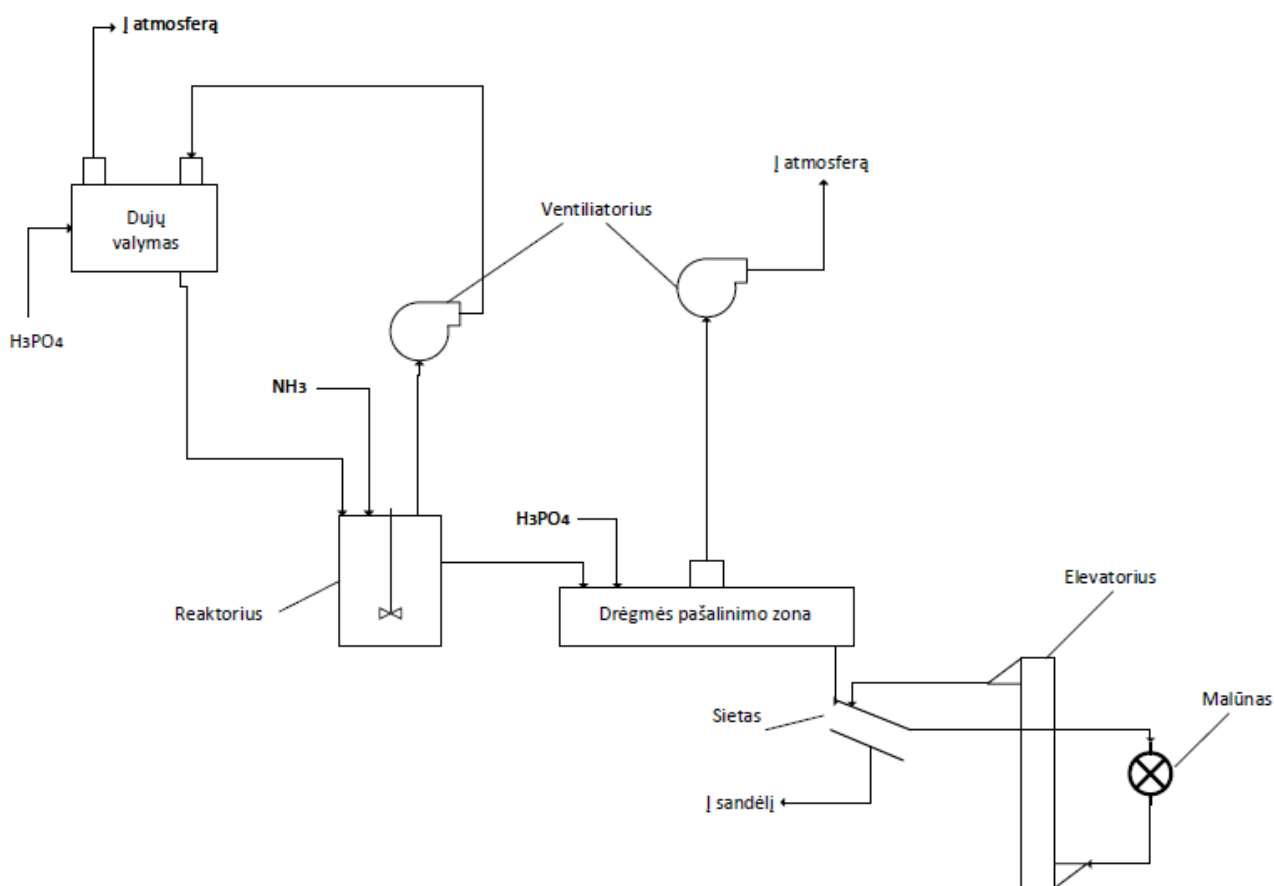
3 pav. Granuliuoto amonio dihidrofosfato principinė technologinė schema

Ši gamybos technologija pagrįsta kelių laispnių amonizavimu. Gamybos linijoje yra trys reaktoriai. Į pirmąjį reaktorių yra tiekiami fosforo rūgštis, kurios koncentracija perskaičiuota į  $P_2O_5$  yra 37 %, kartu su didžiąją amoniako dalimi. Amonizacijos lygis siekia 80 %. Antrame ir trečiame reaktoriuose tiekiamas žymiai mažesnis kiekis amoniako. Nesureagavę amoniako dujos yra absorbuojami skruberyje. Dujos gali būti valomos praskiesta sieros rūgštimi, kurios koncentracija siekia 3 %, arba fosforo rūgštimi. Absorbuotas amoniakas grąžinamas į reaktorių. Trečiame reaktoriuje esanti pulpa



yra išpurškiama į džiovyklą-granuliatorių, kuriame susidaro galutinis produktas – sausos granulės. Netinkamos granulimetrinės sudėties granulės yra grąžinamos į pakartotinį granuliavimo procesą arba sumalamos malūne [4].

Norint pagaminti kristalinį amonio dihidrofosfatą, taikoma kita gamybos technologija. Gamybos procesas susideda iš dviejų etapų. Pirmajame etape dujinis amoniakas ir fosforo rūgštis, kurios koncentracija pagal  $P_2O_5$  52 %) reaguoja ir sudaro amonio fosfato pulpą, kurioje azoto ir fosforo santykis apie 1,3. Antrajame etape fosforo rūgštis tiekama į pulpą tol, kol azoto ir fosforo santykis pasiekia 1. Tuomet pulpa išmaišoma ir toliau tiekama į vandens išgarinimo zoną. Principinė kristalinio amonio dihidrofosfato technologinė schema pateikta 4 paveiksle [5].



4 pav. Kristalinio amonio dihidrofosfato gamybos principinė technologinė schema

### 1.3. Amonio dihidrofosfato gamybos problemos

Chemijos pramonėje pagrindiniai modernizavimo tikslai yra išeigos didinimas, produkto kokybės gerinimas bei aplinkos apsauga. Norint pasiekti geresnių rezultatų, technologinė schema turi būti tobulinama, keičiami gamybiniai, fizikiniai parametrai ar konstruojami nauji įrengimai.

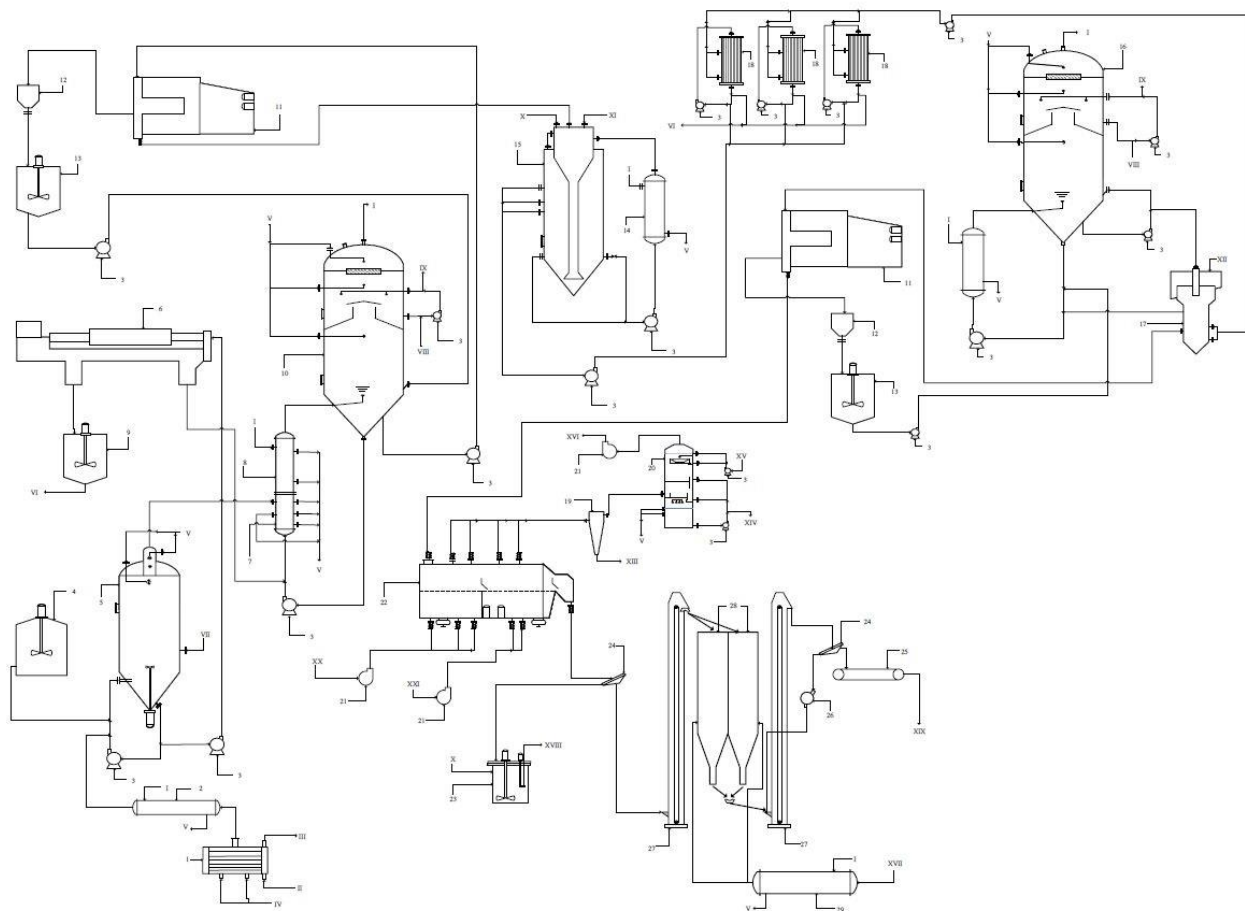
AB „Lifosa“ amonio dihidrofosfatas gaminamas kristalizuojant jį iš išvalyto nuo netirpių fosfatinių nuosėdų tirpalo. Kristalizatoriuose ne tik susidaro MAP kristalai, bet ir kristalizuojasi priemaišos. Chemijos pramonėje galimi keli kristalizacijos būdai. Izoterminė kristalizacija vyksta, kai iš tirpalo

yra išgarinamas tirpiklis, o izohidratinis – aušinant tirpalą. Kėdainiuose įsikūrusios įmonės MAP gamybos skyriuje vykdoma izoterminė kristalizacija.

Kristalinio amonio dihidrofosfato gamyba su dekanteriu skirstoma į šias dalis:

1. Žaliavų sandėliavimas, tiekimas, paruošimas reakcijai;
2. Fosforo rūgšties neutralizacija dujiniu amoniaku, priemaišų kristalizacija reaktoriuje ir priemaišų atskyrimas dekanteryje;
3. Amonio dihidrofosfato tirpalo kristalizacija ir centrifugavimas;
4. Amonio dihidrofosfato kristalų tirpinimas ir filtravimas;
5. Amonio dihidrofosfato perkristalizacija, centrifugavimas, džiovinimas, džiovinimo dujų valymas;
6. Produkcijos saugojimas, fasavimas.

Kristalinio MAP gamybos technologinė principinė schema su dekanteriu pateikta 5 paveiksle.



**5 pav.** Kristalinio MAP principinė technologinė schema

Kadangi amonio dihidrofosfato gamybai naudojama nusulfatinta nufluorinta ekstrakcinė fosforo rūgštis, kurioje gausu nepageidajamų tirpių priemaišų, jos fosforo rūgšties neutralizacijos dujiniu amoniaku metu pereina į netirpių fosfatų pavidalą. Reaktoriuje pagamintas MAP tirpalas su netirpiomis fosfatinėmis priemaišomis tiekiamas į tarpinę talpą. Iš reaktoriaus išeinančiame MAP tirpale yra nuo 15 % iki 25 % netirpių fosfatinų priemaišų. Toliau šis tirpalas iš tarpinės talpos yra tiekiamas į dekanterius, kuriuose nucentrifuguojamos susidariusios netirpios priemaišos. Tokį tirpalą nucentrifugavus dekanteriuose, amonio dihidrofosfato filtrate lieka nuo 1 % iki 5 % netirpių priemaišų. Dekanterių pagalba iš tirpalo yra pašalinama nuo 70 % iki 93 % reaktoriuje susidariusių nuosėdų [6].

Į pirmą kristalizatorių tiekiamas amonio dihidrofosfato filtratas, kuris turi 1-5 % netirpių priemaišų. Per valandą į pirmą kristalizatorių su MAP tirpalu patenka nuo 200 kg iki 1000kg nuosėdų. Dalis šių nuosėdų yra pašalinamos centrifugos dėka, kuri atskiria MAP kristalus nuo kilminio tirpalo. Viena dalis filtrato yra tiekama atgal į kristalizatorių perkristalizavimui, o kita dalis tiekama perdirbimui į fosforo rūgšties cechą.

Kristalizatoriaus pagrindinė funkcija – koncentruoti amonio dihidrofosfato tirpalą ir auginti kristalus. Tačiau pirmasis kristalizatorius atlieka ir nusodintuvo funkciją, nes jame ant korpuso sienelių nusėda ir kaupiasi netirpios fosfatinės nuosėdos. Jos ne tik kaupiasi konusinėje kristalizatoriaus dalyje, bet ir užkemša kristalizatoriaus šilumokaičio vamzdelius. Dėl šios priežasties kristalizatoriaus cirkuliacinio siurblio apkrova padidėja. Susikaupusios fosfatinės nuosėdos darbo eigoje nuslysta nuo korpuso sienelių taip patekdamos į kristalizatoriaus cirkuliacinį kontūrą. Kartu su MAP tirpalu nuosėdos stumiamos link šilumokaičio ir taip užkemša jo vamzdelius. Dėl šios priežasties prastėja kristalizatoriaus darbas, cirkuliacinio siurblio apkrova padidėja, reikalingas didesnis garų kiekis, norint palaikyti kristalizatoriaus darbinis parametrus.

Reaktoriuje vakuumas palaikomas per pirmo kristalizatoriaus šilumokaitį, kuris šildomas antriniais garais nutraukiamais iš reaktoriaus, o susidaręs kondensatas grąžinamas į reaktorių. Pablogėjus kristalizatoriaus cirkuliacinio siurblio darbui, taip pat pablogėja antrinio garo kondensacija. Reaktoriuje dėl egzoterminės reakcijos tarp fosforo rūgšties ir amoniako išsiskiria didelis kiekis šilumos. Sumažėjus vakuumui, temperatūra reaktoriuje kyla, o jei viršija 95 °C temperatūrą, tuomet pulpa perkaista. Aukštesnėje nei 95 °C temperatūroje susidaro didesnis netirpių fosfatinių nuosėdų kiekis. Dėl pakitusios pulpos blogėja nuosėdų atskirimas dekanteriuose, prastėja tarpiniai MAP parametrai, padidėja tirpalo drumstumas.

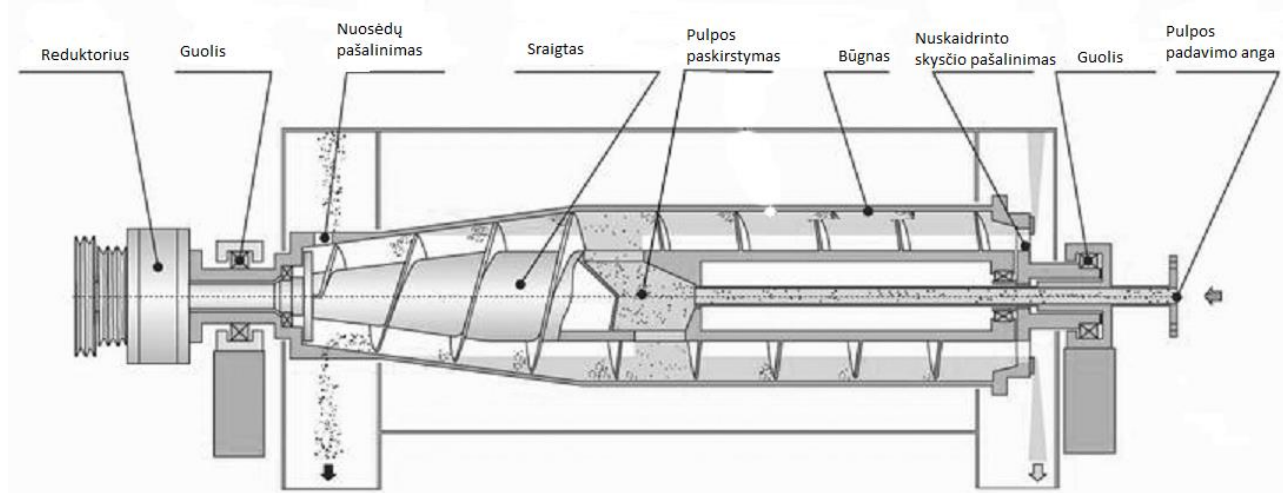
Iškilus vienai iš minėtų problemų, produkto išeiga mažėja. Jei kristalizatoriuje esančios pulpos temperatūra pakyla virš 60 °C, blogėja MAP kristalizacija, užaugę kristalai pradeda tirpti darbinėje terpėje, padidėja galutinio produkto drumstumas. Dėl šių priežasčių cechas yra stabdomas profilaktiniams įrengimų plovimams.

## 2. Tiriamoji dalis

Šiame darbe siekiama geresnės produkcijos išeigos, t.y, padidinti amonio dihidrofosfato gamybos linijos našumą. Vienas iš galimų pasiūlymų yra kuo labiau sumažinti netirpių fosfatinių nuosėdų kiekį. Kadangi po reakcijos MAP tirpalas yra tiekiamas į dekanterius, o po šios gamybos stadijos tirpale lieka nuo 1 % iki 5 % netirpių priemaišų, siūloma dekanterius keisti kitu įrengimu, kuris geriau atskirtų filtratą.

### 2.1. Gamyboje naudojami nuosėdų atskyrimo įrengimai

Dekanteris – tai įrengimas, kuriame veikiant išcentrinei jėgai vyksta pulpos kietos ir skystos fazių atskyrimas. Šiuo metu gamyboje naudojamo dekanterio pagrindinė dalis yra besisukantis būgnas, kuris susideda iš kūginės ir cilindrinės dalies. Būgnui sukantis dideliu greičiu, į jo vidų siurbliu tiekama pulpa. Pulpoje esančios priemaišos, būdamos didesnio tankio už skystą fazę, veikiant išcentrinei jėgai, yra spaudžiamos prie būgno sienelių. Dekanterio būgno cilindrinėje dalyje vyksta skysčio nuskaidrinimas, susidariusios nuosėdos sraigtu yra stumiamos į kūginę būgno dalį, kurioje yra sutankinamos ir pašalinamos per tam skirtas angas ir per lataką patenka į nuosėdų baką [6]. Dekanterio vaizdas pateiktas 6 paveiksle [7].



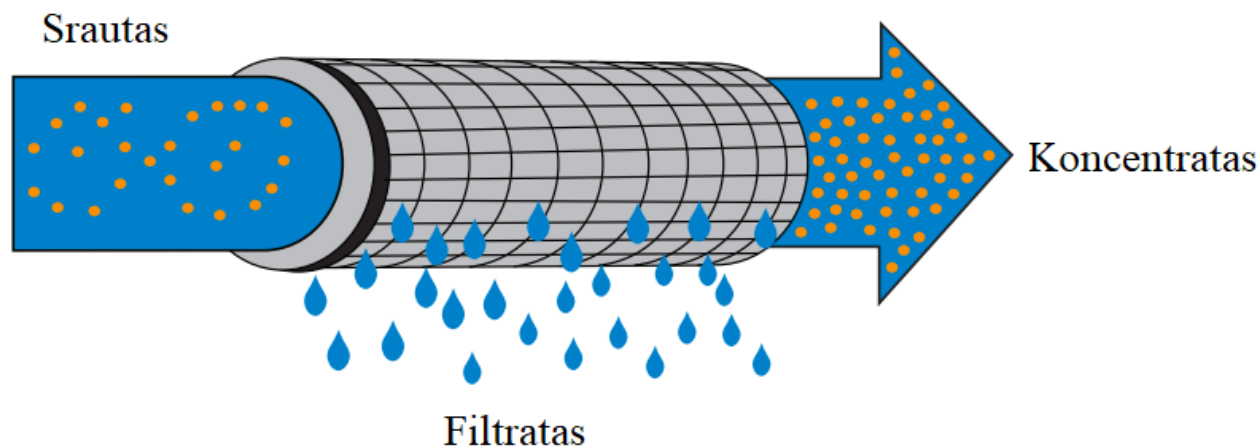
6 pav. Dekanterio būgno pjūvis

Amonio dihidrofosfato gamybos skyriuje yra įrengti du, vienodi, lygiagrečiai dirbantys dekanteriai. Dirbant normaliu režimu, pulpa tiekama į vieną dekanterį. Suprastėjus pulpos kokybei, reaktoriuje susidarius daugiau nuosėdų, vienas dekanteris pradeda prasčiau atskyrinėti pulpą. Tuomet pulpos kiekis skirstomas po lygiai abiem dekanteriams. Įrengimų darbo metu jų paviršiuose nusėda priemaišos, daugiausiai struvitas, susidaro disbalansas, padidėja įrengimo vibracija. Norėdami pašalinti priaugusias nuosėdas, vykdomi dekanterio praplovimai su 2,5 % koncentracijos azoto rūgštimi. Plaudami vieną dekanterį, kitas dirba.

Šiuo metu naudojami GEA kompanijos dekanteriai. Visos su produktu liečiančios dalys yra pagamintos iš nerūdijančio plieno. Dėl to, stabdymo metu galimas cheminis dekanterio valymas [8].

Mikrofiltracija – įrenginys turintis nuo vieno iki keliolikos lygiagrečiai dirbančių cirkuliacinių kontūrų. Kiekvieną iš jų sudaro mikrofiltracijos kasetė ir išcentriniai siurbliai, kurie yra sujungti vamzdžiais. Mikrofiltracijos įrenginio cirkuliaciniuose kontūruose cirkuliaciniai siurbliai sukuria kryžminį srautą, kuriame cirkuliuojantis tirpalas juda išilgai membranų kasečių, o filtratas skverbiasi pro membranų poras, juda statmenai tirpalo srautui.

Kasetės elementai gali būti pagaminti iš įvairių medžiagų. Šiuo metu gamyboje yra naudojami silicio karbido vamzdeliai. Filtruojančių elementų porų dydis apie 10 μm. Mikrofiltracijos proceso schema pateiktas 7 paveiksle [9].



7 pav. Mikrofiltracijos proceso schema

Nors cirkuliuojančio tirpalo srautas nuneša didžiąją dalį nuosėdų, bet palaipsniui ant membranos paviršiaus vis tiek susidaro nuosėdų sluoksnis, didinantis slėgį membranoje ir mažinantis įrengimo našumą. Norint nuplauti besikaupiančias nuosėdas, 10 minučių intervalu numatytas membranų prapūtimas iš švaraus tirpalo pusės, taip nunešant nuosėdas. Šis procesas sutrumpintai vadinasi BPH. Palaipsniui membranų paviršiai pasidengia nuosėdomis tiek, kad BPH nebepajėgia atplauti membranų. Tuo tikslu numatytas cheminis plovimas sutrumpintai vadinamas CIP (angl. Cleaning In Place). Tai automatinis procesas, kurio metu cheminių reagentų pagalba išplaunamos filtracijos membranos ir vamzdynai. Filtracijos skyriui dirbant automatinio režimu, viename iš cirkuliacinių kontūrų slėgiui pasiekus nustatytą ribą, filtracijos procesas kontūre stabdomas ir kompiuteryje (valdymo skyde) pasirodo pranešimas operatoriui, reikalaujantis pradėti praplovimą atitinkamame kontūre. Operatoriui davus komandą paleisti praplovimą, visa operacija – produkto išleidimas, kontūro praplovimas nudruskintu vandeniu, CIP plovimas, ištuštinimas ir praplovimas nudruskintu vandeniu atliekama automatiškai, pagal valdiklyje užprogramuotą algoritmą.

## 2.2. Proceso kontrolės organizavimas ir produkcijos analizė

Pagamintas produktas turi atitikti tam tikrus keliamus kokybinius reikalavimus. Siekiant pagaminti kokybišką produktą, gamybos metu iš skirtingų vietų yra paaimami mėginiai bei analizuojami. Gamybos metu paimtų bandinių kokybės rodikliai ir analizių skaičius pateiktas 4 lentelėje.

**4 lentelė.** Gamybos metu paimtų bandinių kokybės rodikliai ir analizių skaičius.

Proceso stadijos pavadinimas, parametro matavimo arba bandinio vieta	Kontroliuojamas parametras	Kontrolės dažnumas	Normos ir techniniai rodikliai	Kontrolę atlieka
Reaktorius	Pulpos tankis	Kas 2 h	1260 – 1280 kg/m <sup>3</sup>	Bandinį paima ir analizuoja gamybos operatorius
	pH	Kas 2 h	4,4 – 4,7	Bandinį paima ir analizuoja gamybos operatorius
Dekanteriai	Nuosėdų kiekis filtrate	Kas 4 h	Ne daugiau kaip 10 %	Bandinį paima gamybos operatorius, analizuoja laborantė
Kristalizatorius nr. 1	Pulpos tankis	Kas 2 h	1410 – 1480 kg/m <sup>3</sup>	Bandinį paima ir analizuoja gamybos operatorius
MAP kristalai iš centrifugos nr. 1	Drumstumas	Kas 4 h	Ne daugiau kaip 600 NTU	Bandinį paima gamybos operatorius, analizuoja laborantė
MAP tirpalas iš tirpintuvo	Tankis	Kas 2 h	1230 – 1250 kg/m <sup>3</sup>	Bandinį paima ir analizuoja gamybos operatorius
	Drumstumas	Kas 4 h	Ne daugiau kaip 600 NTU	Bandinį paima gamybos operatorius, analizuoja laborantė
Mikrofiltracijos filtratas	Drumstumas	Kas 12 h	Ne daugiau kaip 5 NTU	Bandinį paima gamybos operatorius, analizuoja laborantė
Kristalizatorius nr. 2	Pulpos tankis	Kas 2 h	1340 – 1410 kg/m <sup>3</sup>	Bandinį paima ir analizuoja gamybos operatorius
Produktas iš džiovyklos	Drumstumas	Kas 4 h	Ne daugiau kaip 20 NTU	Bandinį paima gamybos operatorius, analizuoja laborantė

Skysčių tankis matuojamas aerometru. Į sausą švarų cilindrą įpilama gerai išmaišyto skysčio tiek, kad iki cilindro viršaus liktų 3-4 cm. Į cilindrą atsargiai įleidžiamas sausas aerometras, kurio matavimo skalė artima tiriamo skysčio tankiui. Aerometro iš rankų neišleidžiama tol, kol nepradeda plaukti, neliesdamas cilindro sienelių ir dugno. Užrašomi apatinio menisko, esančio akių lygyje, parodymai.

Skysčio pH vertė matuojama METTLER TOLEDO SevenCompact S210 pH-metru. Prietaisas įjungiamas prie 25 minutes iki bandymo pradžios. pH-metras patikrinamas 3 buferiniais tirpalais, kurių pH reikšmės yra skirtingos. Prieš kiekvieną matavimą elektrodai apiplaunami distiliuotu vandeniu, nusausinami filtruojančiu popieriumi, apiplaunami tiriamuoju tirpalu ir tuomet

panardinamas į tiriamą mėginį. Dviejų lygiagrečiai atliktų matavimų rezultatai neturi skirtis daugiau kaip 0,05 pH.

Nuosėdų kiekis nustatomas universalia HERMLE Z 306 centrifuga. Rotoriai yra simetriškai pakrauti vienodo svorio indais. Mėginiai supilami į mėgintuvėlius ir sudedami vienas priešais kitą. Nustatomas rotoriaus sukimosi greitis – 3000 apsisukimų per minutę. Centrifugos veikimo laikas - 10 minučių.

Drumstumas matuojamas WTW 550 IR nefelometru. Mėginys iš tirpintuvo įpilamas į matavimo indą ir įstatomas į nefelometrą. Gautas rezultatas užrašomas. Kristalai iš pirmos centrifugos bei produktas iš džiovyklos yra pasveriami, jų masė 20 g, ir praskiedžiami su 180 g Distiliuotu vandeniu. Maišomi 10 minučių GFL 3005 kolbų purtytuvu ir paliekami 5 minutėms stovėti. Mėginiai įpilami į matavimo indą ir įdedami į nefelometrą. Gautas rezultatas užrašomas.

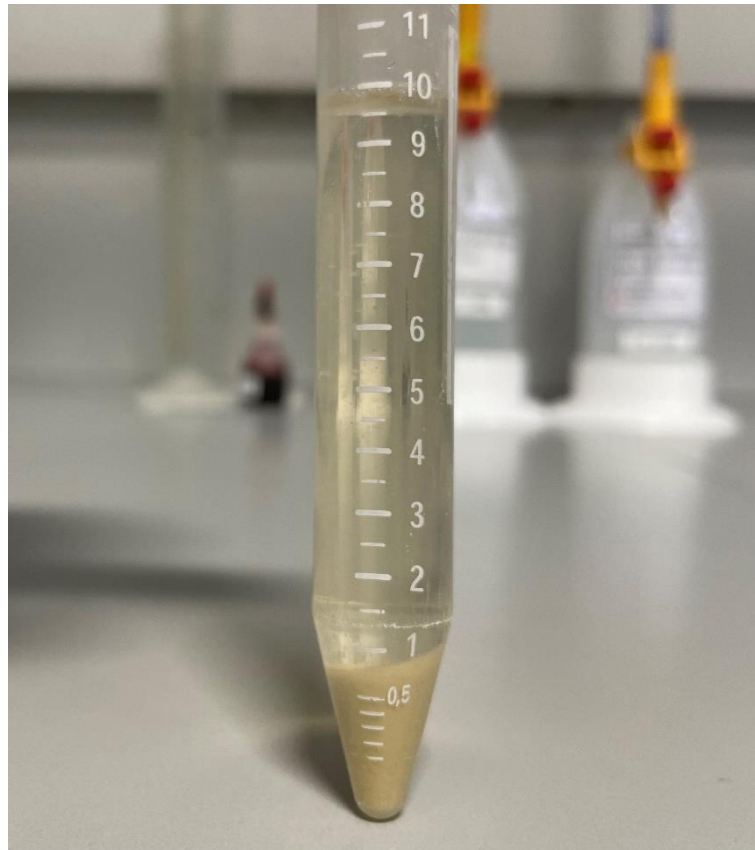
Amonio dihidrofosfato gamybos metu svarbiausia atskirti kuo daugiau pašalinių produktų, šiuo atveju netirpių fosfatų. Norint sugriežtinti techninius rodiklius, reikia atsižvelgti ir į naudojamų įrengimų efektyvumą. Didžioji dalis nuosėdų susidariusių reaktoriuje turi būti kuo efektyviau atskirtos nuo tikslinio produkto.

### **2.3. Įrengimų efektyvumo palyginimas**

Amonio dihidrofosfato gamybos cheminės reakcijos metu susidaro šalutiniai produktai – fosfatinės nuosėdos. Pagrindinis šalutinis produktas – magnio amonio fosfatas. Fosfatinės priemaišos gamybos procese patenka kartu su ekstrakcine fosforo rūgštimi. Nuosėdų atskirimui iš pulpos naudojami tokie įrengimai kaip dekanteris, filtpresas. Šie įrengimai skiriasi veikimo principu. Dekanteris nuosėdas atskiria centrifuguojant pulpą, o filtpresas pulpą spaudžia link filtruojančio audinio, kuris sulaiko nuosėdas, o filtratas prateka pro audinį.

Siekiant ištirti įrenginių efektyvumą, buvo atliekami bandymai, kurių metu nustatytas nuosėdų kiekis filtrate bei filtrato drumstumas. Analizės atliktos naudojant universalią HERMLE Z 306 centrifugą ir WTW 550 IR nefelometrą.

Vykstant gamybiniam amonio dihidrofosfato procesui, iš reaktoriaus buvo paimti mėginiai. Norint nustatyti nuosėdų kiekį po reakcijos, mėginiai buvo analizuojami laboratorijoje. Pasinaudojant laboratorine centrifuga, mėginiai buvo perskirti į dvi fazes: skystąją ir kietąją. Tyrimo rezultato pavyzdys pateiktas 8 paveiksle.



**8 pav.** Nucentrifuguota reaktoriaus pulpa

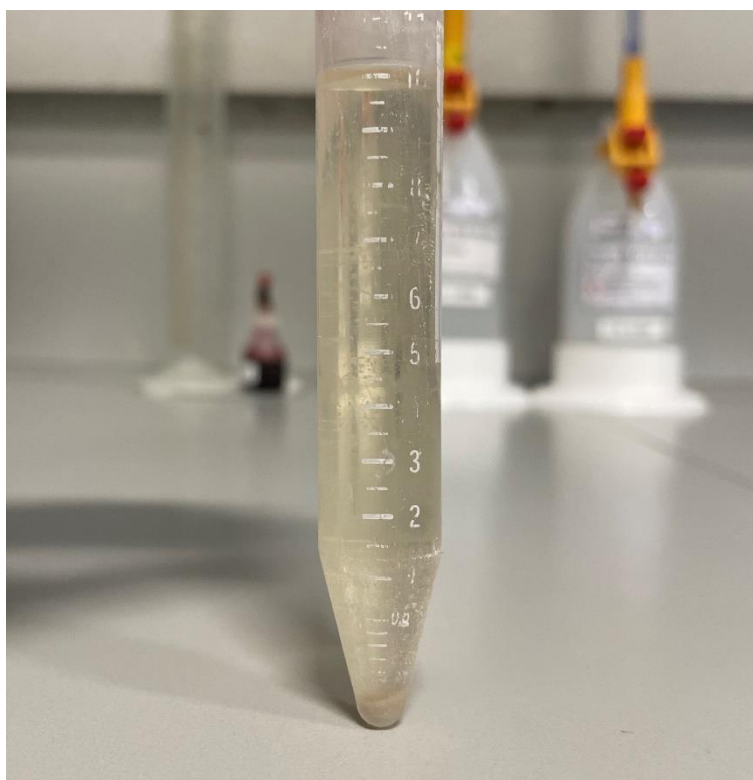
Į mėgintuvėlį buvo įpilta 10 ml pulpos iš reaktoriaus. Paveiksle matoma, jog centrifuguojant pulpą atsiskyrė apie 8 % netirpių fosfatinių nuosėdų.

Eksperimento metu buvo paimta po 10 reaktoriaus pulpos ir dekanterio atskirto tirpalo mėginių. Laboratorijoje buvo matuojamas dekanterio atskirto tirpalo drumstumas ir nuosėdų kiekis. Mėginiai buvo paimti vykstant gamybiniam procesui kas 4 valandas. Rezultatai pateikti 5 lentelėje. 9 paveiksle matomas nuosėdų kiekis filtrate, kurį atskyrė dekanteris.



**5 lentelė.** Dekanterio atskirto filtrato drumstumas ir nuosėdų kiekis.

Mėginio numeris	Nuosėdų kiekis pulpoje, %	Nuosėdų kiekis filtrate, %	Filtrato drumstumas, NTU
1	8	1	>1099
2	8	1	>1099
3	9	1	>1099
4	8	1	>1099
5	11	2	>1099
6	8	1	>1099
7	8	2	>1099
8	11	1	>1099
9	10	1	>1099
10	9	1	>1099

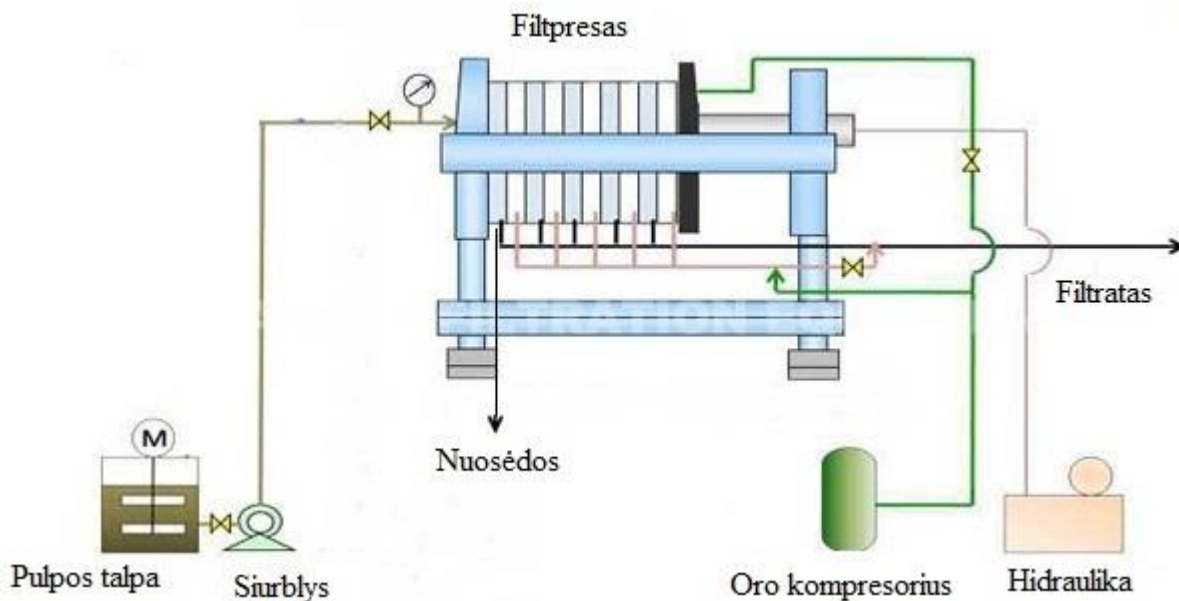


**9 pav.** Nucentrifuguotas dekanterio atskirtas filtratas

Į mėgintuvėlį buvo įpilta 10 ml dekanterio atskirtas filtrato. Paveiksle matoma, jog centrifuguojant atsiskyrė apie 1 % netirpių fosfatinių nuosėdų.

Laboratorijoje naudotas drumstumo matuoklis, kurio maksimali drumstumo matavimo vertė 1000 NTU. Vykdamas dekanterio atskirto filtrato drumstumo matavimus, visų mėginių drumstumas viršijo 1099 NTU. Nuosėdų kiekis po centrifugavimo 1 – 2 %.



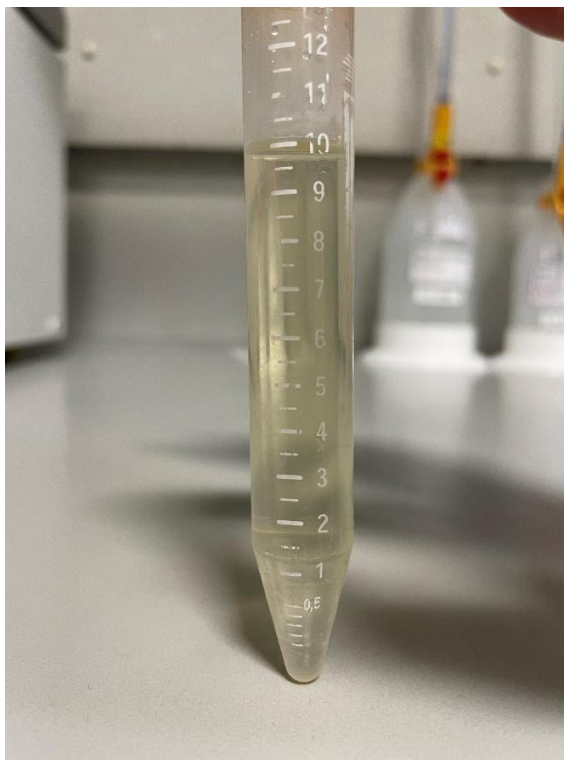


**11 pav.** Principinė filtpreso schema

Rezultatai, naudojant filtpresą nuosėdų atskyrimui, pateikti 6 lentelėje. 12 paveiksle matomas filtratas po centrifugavimo, kurį atskyrė filtpresas.

**6 lentelė.** Filtpreso atskirto filtrato drumstumas ir nuosėdų kiekis.

Mėginio numeris	Nuosėdų kiekis pulpoje, %	Nuosėdų kiekis filtrate, %	Filtrato drumstumas, NTU
1	10	0	27
2	9	0	67
3	10	0	111
4	8	0	25
5	8	0	37
6	12	0	32
7	8	0	15
8	8	0	47
9	11	0	99
10	8	0	76



**12 pav.** Nucentrifuguotas filtrpreso atskirtas filtratas

Į mėgintuvėlį taip pat buvo įpilta 10 ml filtrato. Centrifuguojant neatsiskyrė kietoji fazė. Galima teigti, jog filtrpresas pilnai pašalino netirpias fosfatines nuosėdas.

Filtrpreso atskirto filtrato drumstumas svyravo nuo 15 iki 111 NTU.

Palyginus eksperimento metu gautus rezultatus, pastebima, jog netirpias fosfatines nuosėdas efektyviau atskiria gamybos metu naudojamas filtrpresas. Nuosėdų kiekis po filtravimo filtrpresu lygus 0 %. Dekanteris pulpą atskiria nuo nuosėdų, tačiau filtrate lieka nuo 1 iki 2 procentų netirpių fosfatinių nuosėdų. Matuojant filtrato drumstumą dekanterio atskirtame filtrate, laboratorijoje naudojamo drumstumo matavimo aparate reikšmė viršijo 1099 NTU, o filtrpreso atskirto filtrato drumstumas buvo tarp 15 ir 111 NTU. Todėl kokybiniai rezultatai leidžia teigti, kad toks technologinėje schemoje įdiegtas pakeitimas bus ekonomiškai bei technologiškai efektyvus.

### 3. Inžinerinė dalis

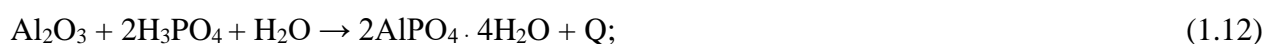
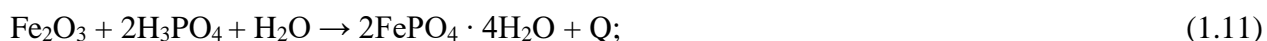
Įdiegus filtrpresą amonio dihidrofosfato valymui, būtų galima maksimaliai sumažinti netirpių nuosėdų patekimą į tolesnes proceso stadijas. Tai pat leistų palengvinti šiuo metu amonio dihidrofosfato gamybos skyriuje eksploatuojamos mikrofiltracijos darbą. Po filtrpreso išvalyto tirpalo drumstumas būtų mažesnis kaip 500 NTU. Šiam įrengimui keliami tokie reikalavimai, nes tokių parametrų tirpalas gaunamas ištirpinus pirmajame kristalizatoriuje užaugintus MAP kristalus. Toks tirpalas galutinai išvalomas eksploatuojamoje mikrofiltracijoje ir išvalyto tirpalo parametrai yra tokie: nuosėdų kiekis – 0 %, tirpalo drumstumas – nuo 0 iki 5 NTU. Eksploatuojama mikrofiltracija, filtruodama tokių parametrų MAP tirpalą, veikia sklandžiai, tarp membraniniai slėgiai didėja žymiai lėčiau ir mikrofiltracijos keramikinių kasečių plovimai atliekami kas 2-3 paras.

#### 3.1. Technologinė dalis

Šiame darbe modifikuojama kristalinio amonio dihidrofosfato gamybos skyriaus antra stadija - fosforo rūgšties neutralizacija dujiniu amoniaku, priemaišų kristalizacija reaktoriuje ir priemaišų atskyrimas dekanterijoje.

Pagrindinės gamybos žaliavos amonio dihidrofosfato gamybai yra amoniakas ir fosforo rūgštis. Vykstant reakcijai tarp amoniako ir fosforo rūgšties susidaro šalutiniai produktai. Pagrindinė šalutinių produktų susidarymo priežastis yra priemaišos, esančios fosforo rūgštyje.

Ekstrakcinėje fosforo rūgštyje yra tirpių magnio, kalcio, geležies, aliuminio priemaišų monofosfatų pavidale. Reakcijos metu su amoniaku sudaro sudėtingus kompleksinius junginius, kurie turi įtakos gamybai bei galutinio produkto kokybei.



Didžiausią įtaką produkto kokybei turi magnio junginiai. Reakcijos metu jie sudaro netirpų amonio magnio fosfatą, kuris vadinamas struvitu.

Kristalinio amonio dihidrofosfato gamybai naudojama nufluorinta ir desulfuruota ekstrakcinė fosforo rūgštis. Ekstrakcinės fosforo rūgšties, perskaičiuotos į  $\text{P}_2\text{O}_5$ , masės dalis procentais turi būti ne mažesnė kaip 52. Sieros rūgšties masės dalis procentais turi sudaryti ne daugiau kaip 0,2. Nuosėdų, kurios netirpsta vandenyje, masės dalis procentais ne daugiau kaip 0,5. Fluoro masės dalis procentais ne daugiau kaip 0,18 [7].



Pirmajame kristalizadoriuje (7) vyksta filtrato koncentravimas bei amonio dihidrofosfato kristalizacija. Cirkuliaciniame kristalizadoriaus konture šildomas filtratas. Kristalizacijos metu išgaruoja dalis vandens. Kristalizadoriuje palaikomas 0,115 bar vakuumas, temperatūra siekia apie 55°C. Kristalizadoriaus cirkuliaciniame konture įrengtas dviejų dalių šilumokaitis (8), kuris, naudodamas 6 bar garus (VII) bei antrinį garą iš reaktoriaus, palaiko reikiamą temperatūrą. Sukoncentruotas tirpalas su amonio dihidrofosfato kristalais tiekiamas į centrifuga (9), kurioje atskiriami MAP kristalai. Dalis kilminio tirpalo iš tarpinio bakelio (22) tiekama atgal į kristalizadorių perkristalizavimui, o kita dalis į šlamo bakelį (24), iš kurio srautas (VI) tiekiamas į fosforo rūgšties cechą perdirbimui.

Centrifugoje (9) atskirti kristalai tirpinami bake (10). Likusioms nuosėdoms atskirti, tirpalas iš tirpinimo bako (10) tiekiamas į mikrofiltracijos įrenginį (11), kuris sudarytas iš trijų cirkuliacinių kontūrų. Cirkuliuodamas, tirpalas patenka į filtravimo kasetę, kurioje pro membraną prateka filtratas. Membranos porų dydis yra iki 10 μm. Išvalytas tirpalas tiekiamas į tarpinį bakelį (12).

Antrajame kristalizadoriuje (14) vyksta galutinio produkto kristalizacija. Išvalytas tirpalas iš separatoriaus (13) tiekiamas į kristalizadorių (14). Jame palaikomas 0,115 bar vakuumas ir iki 55 °C temperatūra. Antro kristalizadoriaus cirkuliaciniame konture tai pat įrengtas šilumokaitis (15) į kurį tiekiamas 6 bar garas (VII). Vykstant amonio dihidrofosfato kristalizacijai, išgaruoja dalis vandens. Sukoncentruotas tirpalas, su jame esančiais MAP kristalais, tiekiamas į separatorių (13), kuriame gravitacijos dėka stambesni kristalai susikaupia apatinėje separatoriaus dalyje, o smulkesni kristalai gražinami atgal į kristalizadorių (14) kristalų auginimui.

Centrifugoje (16) atskirti kristalai tiekiami džiovinimui į džiovyklą (17), o kilminis tirpalas iš tarpinio bakelio (23) tiekiamas atgal į kristalizadorių (14) perkristalizavimui. Džiovykla (17) susideda iš dviejų zonų. Pirmoje zonoje tiekiamas oras yra apie 140 °C temperatūros, o jo debitas – 10500 m<sup>3</sup>/h. Antrojoje (vėsinimo) zonoje tiekiamas oras yra apie 60 °C temperatūros, o jo debitas – 5500 m<sup>3</sup>/h. Tiekiamas oras sukuria pseudoverdantį sluoksnį, kuriame efektyviau pašalinama drėgmė iš galutinio produkto. Iš džiovyklos (17) produktas elevatoriumi (20) tiekiamas į saugojimo bunkerius (18, 19). Juose produktas aeruojamas (XII) ir saugomas iki fasavimo (XI).

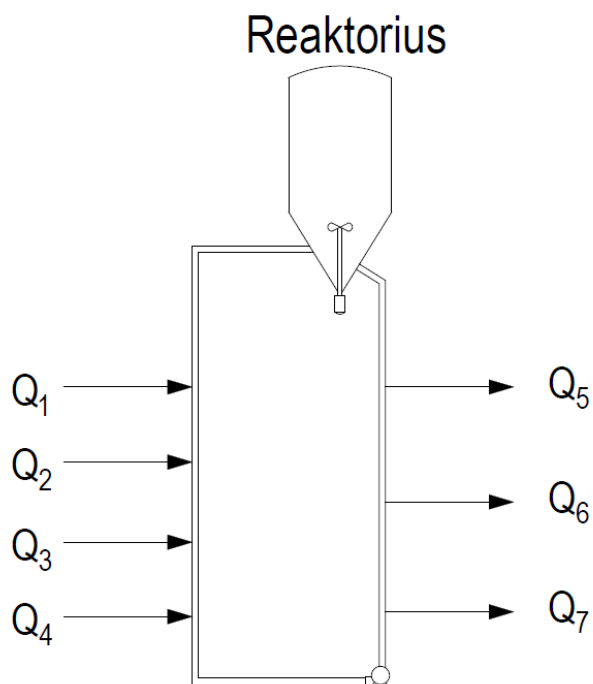
### 3.1.2. Medžiagų ir šilumų srautų balanso skaičiavimas

Medžiagų balanso skaičiavimai buvo atlikti pagal reakcijos lygtis stecheometriškai. Apskaičiuota, kiek žaliavų bus sunaudota 1 tonai produkcijos pagaminti. Rezultatai pateikti 7 lentelėje.

7 lentelė. Medžiagų balansas

Žaliavos	t/h	Produktas	t/h
Fosforo rūgštis, 52 % pagal P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	15,40	MAP	4,723
Amoniakas	2,05	Nuosėdos po filtrpreso	2,945
H <sub>2</sub> O	12,00	Nuosėdos po mikrofiltracijos	2,578
		Išgarinamas H <sub>2</sub> O	13,500
		Proceso kondensatas	5,704
Σ	29,45		29,45

Apskaičiuotas reaktoriaus šilumų balansas. Įeinantys ir išeinantys šilumos srautai pavaizduoti 14 paveiksle. Šilumų balanso skaičiavimo rezultatai pateikti 8 lentelėje.



**14 pav.** Šilumų srautai reaktoriuje

**8 lentelė.** Reaktoriaus šilumų balansas

Įtekantis srautas				Ištekantis srautas			
		MJ/t	MJ/h			MJ/t	MJ/h
Q <sub>1</sub>	Amonio fosfatų susidarymo šiluma	$1,188 \cdot 10^4$	$1,556 \cdot 10^4$	Q <sub>5</sub>	Amoniako išgarinimo šilumos kiekis	$2,366 \cdot 10^3$	$0,402 \cdot 10^3$
Q <sub>2</sub>	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> šilumos kiekis	$4,172 \cdot 10^4$	$1,681 \cdot 10^5$	Q <sub>6</sub>	Pulpos pašildymo šilumos kiekis	$1,195 \cdot 10^3$	$5,019 \cdot 10^3$
Q <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub> šilumos kiekis	$0,133 \cdot 10^4$	$0,023 \cdot 10^4$	Q <sub>7</sub>	Šilumos kiekis reikalingas vandens išgarinimui iš MAP	$6,531 \cdot 10^4$	$1,887 \cdot 10^5$
Q <sub>4</sub>	Papildoma šiluma vandens išgarinimui	$1,394 \cdot 10^4$	$1,580 \cdot 10^4$				
Σ		$6,887 \cdot 10^4$	$1,977 \cdot 10^5$	Σ		$6,887 \cdot 10^4$	$1,977 \cdot 10^5$



### 3.1.3. Įrenginio pasirinkimas, jo parametrai ir veikimo principas

Gamybos procese priemaišos kristalizuojasi reaktoriuje. Pulpa siurbliu tiekama į dekanterį, kuris centrifuguojant atskiria skystąją fazę nuo kietosios, tačiau filtrate lieka nuo 1 % iki 5 % nuosėdų. Pulpos lyginamasis tankis apie  $1275 \text{ kg/m}^3$ , pH – 4,7. Esant 2050 kg/h dujinio amoniako,  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  52 %, pagal  $\text{P}_2\text{O}_5$ , fosforo rūgšties,  $13 \text{ m}^3/\text{h}$  proceso kondensato dozavimo ir grįžtamo tirpalo po absorbcijos, apie  $28 \text{ m}^3/\text{h}$  pulpos tiekama į dekanterius. Pagal šiuos parametrus buvo parinktas Diefenbach firmos filtrpresas.

Diefenbach firmos filtrpresas pagamintas iš nerūdijančio plieno AISI 316L. Tai rūgštims atsparus plienas, pasižymintis sumažintu anglies kiekiu, padidintu atsparumu tarpkristalinei korozijai [11]. Filtpreso parametrai: maksimalus slėgis į filtrą 12 bar, maksimalus debitas į filtrą  $90\text{-}120 \text{ m}^3/\text{h}$ . Filtro matmenys: L=8250 mm, B=2280 mm, H=2450 mm. Filtravimo kameros matmenys: L=1000 mm, B=1000 mm, H=70 mm. Principinis Diefenbach firmos filtrpresas pateiktas 14 paveiksle.



15 pav. Diefenbach filtrpresas [10]

Vykdamas filtravimo procesą, pulpa tiekama į filtpreso filtravimo kameras, kurios tuo metu yra uždarytos ir sandarios. Filtravimo kamerų sandarumą užtikrina filtruojančio įrenginio hidraulinė sistema. MAP gamybos efektyvumas tiesiogiai priklauso nuo filtrato kokybės, nuo likusių kietų dalelių kiekio filtrate. Todėl filtratas po filtravimo įrenginio yra skirstomas į du srautus: priešfiltračio ir filtrato. Filtratas nukreipiamas automatiškai, tai atlieka, linijoje sumontuoti, filtrato kokybės analizatoriai, kurie pastoviai analizuoja filtrato dumstumą. Filtrato drumstumas gali padidėti keliais atvejais: pradedant filtravimo ciklą ir dėl techninių nesklandumų, tokių kaip įplyšęs audinys.

Pradedant filtracijos ciklą, filtratas grąžinamas į pulpos talpyklą. Filtrato drumstumui pasiekus užduotas ribas, filtratas tiekiamas į geros produkcijos talpyklą. Jeigu drumstumas viršija užduotas ribas, filtratas vėl grąžinamas į pulpos talpyklą.

Pasibaigus filtravimo ciklui automatiškai sumažinamas slėgis filtravimo įrenginyje, įsijungia įrenginio prapūtimas. Prapūtimas vykdomas priešingai pulpos padavimo kryptiai užduotą laiko tarpą. Prapūtimų paskirtis yra išsausinti nuosėdas, esančias filtravimo kameroje ir maksimaliai sumažinti filtruojamos medžiagos nuostolius. Pulpos likučiai grąžinami į pulpos talpyklą.

Filtratas saugomas talpykloje, kurioje temperatūros palaikymui yra įrengtas garo gyvatukas talpos išorėje, kuris per talpos sienelę pašildo filtratą iki 80 °C temperatūros. Filtrato talpa iš išorės padengta šilumine izoliacija, joje sumontuota maišyklė.

Pasibaigus filtruojančio įrenginio prapūtimui, įsijungia nuosėdų pašalinimo transporteris, esantis po filtrpresu. Hidraulinės sistemos pagalba, atveriamos po vieną įrenginio filtravimo kameros ir viduje jos esančios nuosėdos iškrenta ant transporterio. Šis transporteris nuosėdas transportuoja į sekančią talpą, kurioje jos tirpinamos silpnoje fosforo rūgštyje ir tiekiamos į amonio hidrofosfato cecha perdirbimui.

Po nustatytų filtravimo ciklų audinio praplovimas įsijungia automatiškai arba pablogėjus filtravimo procesui įjungiamas audinio praplovimo sistema. Audinys plaunamas karštu vandeniu.

### 3.2. Statybiniai sprendimai

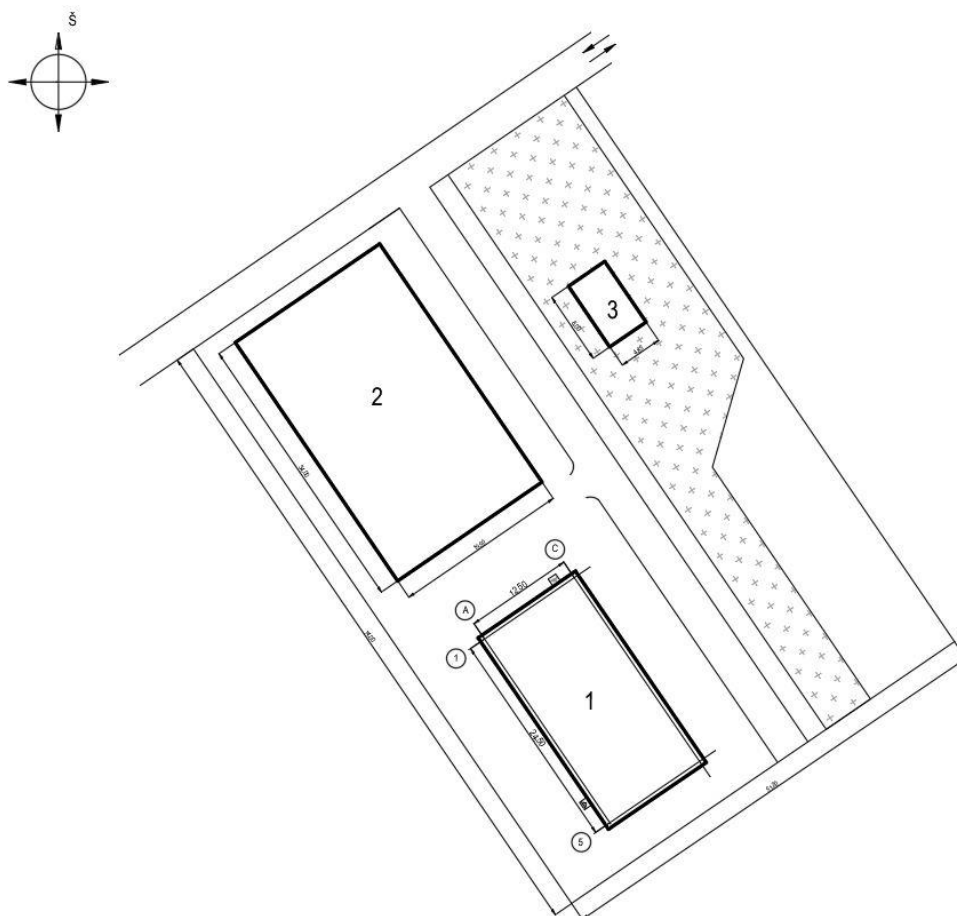
AB „Lifosa“ – yra pietrytiniame Kėdainių miesto pakraštyje, apie 1,5 km nuo miesto, šalia geležinkelio Vilnius – Ryga. Iš šiaurės vakarų pusės bendrovės teritorija ribojasi su Obelies upe. Iš šiaurės ir rytų pusės ribojasi su geležinkeliu. Iš vakarų pusės bendrovės teritorija ribojasi su Kėdainių pramoninio parko teritorija. Pietų pusėje yra veikianti fosfogipso sąvarta ir šlamo laukų tvenkiniai. Teritorijos reljefas – lygus. Atstumai iki artimiausių gyventojų: ŠV kryptimi (Medelyno g-vė) – 1,2 km, PV kryptimi iki Zabieliškio kaimo – 1km, ŠR kryptimi iki Juodkiškio kaimo – 1,5 km. Mokyklų, ligoninių šalia bendrovės nėra. Iš šiaurės - vakarų pusės ~ 0,5 km atstumu nuo įmonės teritorijos yra Obelies kraštovaizdžio draustinis. Kitų saugomų teritorijų aplink įmonę nėra [12].

9 lentelė. Bendrieji MAP skyriaus statinio techniniai rodikliai

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
1	I. Sklypas		
	Sklypo plotas	ha	0,38
	Statinio užimtas žemės plotas	m <sup>2</sup>	325,00
2	II. Pastatas		
	Bendras plotas	m <sup>2</sup>	613,5
	Pagrindinis plotas	m <sup>2</sup>	601,35
	Pagalbinis plotas	m <sup>2</sup>	12,15
	Pastato tūris	m <sup>3</sup>	3412,50
	Aukštų skaičius	vnt	2
	Pastato aukštis	m	10,5

Amonio dihidrofosfato gamybos skyrius buvo projektuotas dirbti su nuosėdų atskyrimo įrenginiais - dekanteriais. Visi kiti agregatai išsidėstę ceche per 7 aukštus. Įrengimai išdėstyti taip, jog papildomų

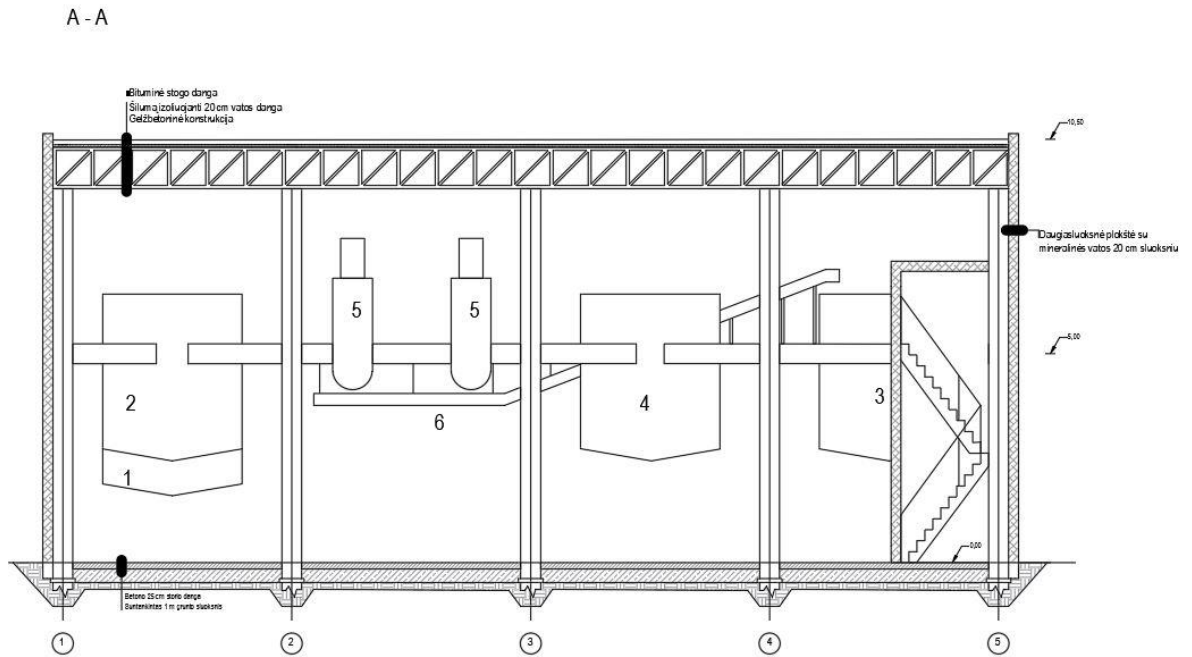
jų įrengimui tiesiog nėra vietos. Todėl naujam nuosėdų atskyrimo įrenginiui buvo pasirinktas šalia esantys pastatas. Principinis teritorijos planas pateiktas 16 paveiksle.



**16 pav.** Principinis teritorijos planas

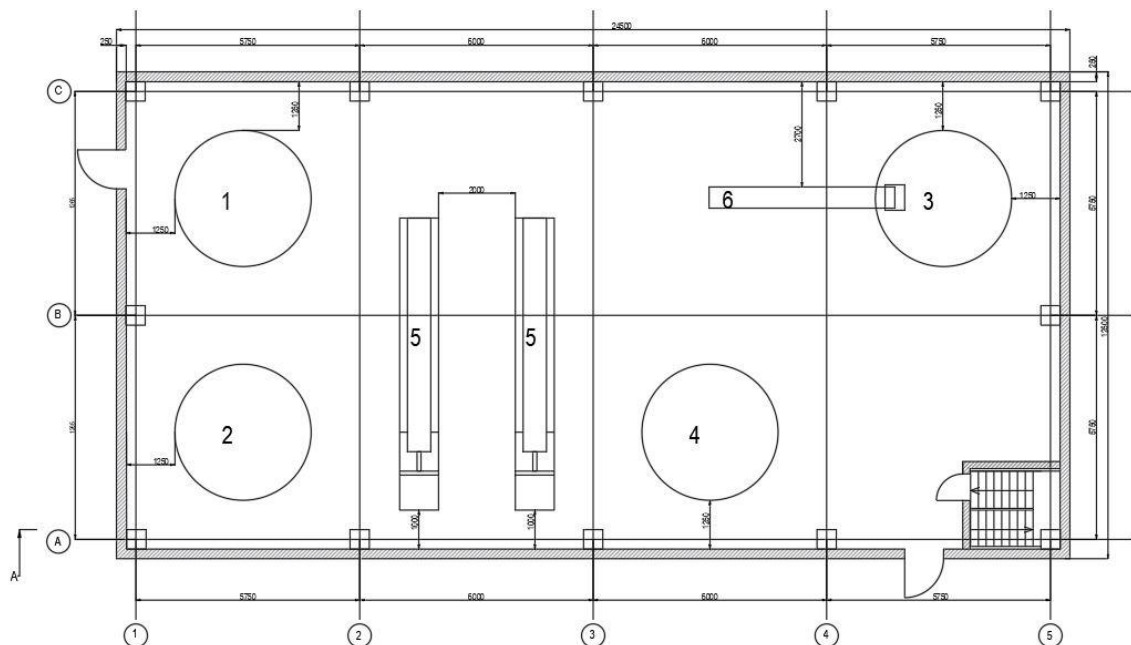
1 – filtrpresų pastatas; 2 – MAP gamybos skyrius; 3 – amoniako išgarintuvas.

MAP pulpos filtravimo skyrius – dviejų aukštų pastatas. Pagrindiniai įrenginiai, filtrpresai, įrengti antrajame pastato aukšte tam, jog būtų patogiau iškrauti nuosėdas po filtravimo proceso. Šiek tiek žemiau filtrpresų įrengiamas transporteris, kuris iškrautas nuosėdas transportuoja į jų tirpinimo talpyklą. Talpyklos yra įrengiamos per du aukštus. MAP pulpos filtravimo skyrius pastato pjūvis pateiktas 17 paveiksle, o vaizdas iš viršaus 18 paveiksle.



**17 pav.** Principinis MAP pulpos filtravimo skyriaus pastato vaizdas iš šono

1 – Pulpos talpa; 2 – filtrato talpa; 3 – nuosėdų tirpinimo talpa; 4 – praskiestos azoto rūgšties talpa; 5 – filtrpresai; 6 – transporteris



**18 pav.** Principinis MAP pulpos filtravimo skyriaus pastato vaizdas iš viršaus

MAP pulpos filtravimo skyriaus įrenginių techninės charakteristikos pateiktos 10 lentelėje.

**10 lentelė.** MAP pulpos filtravimo skyrius

Poz. Nr.	Įrenginio pavadinimas	Kiekis	Medžiaga, apsauga nuo korozijos	Techninė charakteristika
1	MAP pulpos talpa	1	Nerūdijantis plienas	Garų gyvatukas įrengtas talpos išorėje. V=28 m <sup>3</sup> , D=3000 mm, H=4000 mm. Izoliuota 100 mm šilumine izoliacija.
2	MAP filtrato talpa	1	Nerūdijantis plienas	Garų gyvatukas įrengtas talpos išorėje. V=18 m <sup>3</sup> , D=3000 mm, H=3000 mm. Izoliuota 100 mm šilumine izoliacija.
3	Silpnos azoto rūgšties talpa	1	Nerūdijantis plienas	Garų gyvatukas įrengtas talpos išorėje. V=5 m <sup>3</sup> , D= mm, H=3000 mm. Izoliuota 100 mm šilumine izoliacija
4	Nuosėdų tirpinimo talpa	1	Nerūdijantis plienas	Garų gyvatukas įrengtas talpos išorėje. V=18 m <sup>3</sup> , D=3000 mm, H=3000 mm. Izoliuota 100 mm šilumine izoliacija.
5	Filtrpresas	2	Nerūdijantis plienas	Maksimalus slėgis į filtrą p <sub>max</sub> =12 bar. Maksimalus debitas į filtrą V=120 m <sup>3</sup> /h. L=8250 mm, B=2280 mm, H=2450 mm. Filtravimo kamera: L=1000 mm, B=1000 mm, H=70 mm.
6	Nuosėdų sraigtinis transporteris	2	Nerūdijantis plienas	D=300 mm, L=5950 mm. N=5,5 kW.
7	Nuosėdų juostinis transporteris	1	Konstruktinis plienas	Q=10 t/h, L=15000 mm, B=650 mm. N=3 kW

### 3.3. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai

Amonio dihidrofosfato trąšų paklausa rinkoje didėja. Šiuo metu gaminama produkcija yra pelninga. Įdiegus naujas technologijas į gamybos liniją, būtų galima tikėtis didesnio gamybos našumo bei pelno. Įmonė, 5 metų laikotarpiu, dirbo pelningai, dėl to galimos investicijos į MAP gamybos skyriaus technologinės linijos tobulinimą.

### 3.3.1. Projekto investicijos ir finansavimo šaltiniai

Projekto objektas – amonio dihidrofosfato gamybos technologinė linija. Investicijas sudarys įrengimų įsigyjas bei montavimo kaštai. Investicijų kaštai ir finansavimo šaltiniai pateikti 11 lentelėje.

11 lentelė. Investicijų kaštai ir finansavimo šaltiniai

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	Mln. Eur	Struktūra	Mln. Eur
Ilgalaikiam turtui įsigyti, tarp jo gamybos priemonėms	0,9	Akcininkų nuosavybė, akcinis kapitalas, rezervai.	1,3
Montavimo darbų kaštai	0,4		
Viso kaštų	1,3	Viso šaltinių	1,3

### 3.3.2. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas

Žinodami įrenginių kainas ir įrengimo kainas, apskaičiuojama ilgalaikio turto vertė.

12 lentelė. Ilgalaikis turtas

Objekto, darbų ir išlaidų pavadinimas	Sąmatinė kaina, mln. Eur			Viso, mln. Eur
	Statybos ir montavimo darbų	Įrenginių, baldų, inventoriaus	Kitos išlaidos	
1	2	3	4	5=2+3+4
Filtrpresų paruošimo išlaidos	0,25	0,65	-	0,9
Talpų ir vamzdynų įrengimas	0,15	0,25	-	0,4
Viso (ilgalaikio turto)	0,4	0,9	-	1,3

### 3.3.3. Produkcijos gamybos apimtis ir gautinos pajamos

MAP gamybos skyriuje gaminama produkcija yra amonio dihidrofosfatas. Kadangi produkcijos poreikis yra didelis, jos parduodama tiek, kiek pagaminama, todėl gamybos įsisavinimo koeficientas yra lygus vienetui. Produkcijos gamybos apimtys ir gautinos pajamos pateiktos 13 lentelėje.

**13 lentelė.** Produkcijos apimtys

Rodikliai	Gamybos įsisavinimo koeficientas	Gaminys, t/metus
Produkcijos gamybos (pardavimo) apimtis prieš modernizaciją, t.	1	30965
Produkcijos gamybos (pardavimo) apimtis po modernizacijos, t.	1	35690

Po gamybinės linijos patobulinimo produkcijos apimtys išaugo.

**3.3.4. Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas**

Norint apskaičiuoti MAP trąšų kiekį ir kainą, reikia išsiaiškinti, kokios žaliavos naudojamos dabartiniame technologiniame procese. Ši informacija pateikta 14 lentelėje.

**14 lentelė.** Naudojamų žaliavų kiekiai ir kainos

Pavadinimas	Matavimo vienetai	Masės debitas, t/h	Tūrio debitas, m <sup>3</sup> /h	MWh 1 tonai produkto	Vieneto kaina, Eur
Dujinis amoniakas	t/h	2,05	-		40,62
Fosforo rūgštis 100 %, pagal P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	m <sup>3</sup> /h	-	5,2		279,79
Garai	t/h	21	-		8,85
Elektros energija	MWh	-	-	0,283	38,25
Azoto rūgštis (56 % konc.)	m <sup>3</sup> /h	-	12,5	-	165
Nudruskintas vanduo	m <sup>3</sup> /h	-	14	-	1,92
Upės vanduo	m <sup>3</sup> /h	-	10	-	0,1
Sausas oras	m <sup>3</sup> /h	-	1,7	-	1,58

Pateikti duomenys 14 lentelėje parodo, kiek žaliavų sunaudojama per 1 valandą, Tai pat pateiktos žaliavų kainos. Turėdami šiuos duomenis, galima atlikti tolesnius skaičiavimus.

Taigi, atlikti skaičiavimus galima tuomet, kai susivienodinami matavimo vienetai. Skaičiuojamas bendras žaliavų kiekis į reaktorių. Fosforo rūgties tankis lygus 1540 kg/m<sup>3</sup>.

$$x=2050 + 15400 + 12000$$

$$x=29450 \text{ kg/h}$$

Žinant, koks kiekis žaliavų tiekiamas į reaktorių, galima apskaičiuoti nuosėdų kiekį, kuris bus atskirtas dekanteryje.

$$x = \frac{29450 \cdot 15}{100}$$

$$x=4417,5 \text{ kg/h}$$

Apskaičiuojamas pulpos kiekis tiekiamas į pirmąjį kristalizatorių:

$$x=29450 - 4417,5$$

$$x=25032,5 \text{ kg/h}$$

Pirmajame kristalizacijos laipsnyje iš pulpos išgaruoja apie 7000 kg/h vandens. Pulpos tiekiamas kiekis iš pirmojo kristalizatoriaus į pirmą centrifugą:

$$x=25032,5 - 7000$$

$$x=18032,5 \text{ kg/h}$$

Pirmoje centrifugoje atskiriami MAP kristalai nuo kilminio tirpalo. Atsiskiria apie 65 % kilminio tirpalo.

$$x = \frac{18032,5 \cdot 65}{100}$$

$$x=11721,13 \text{ kg/h}$$

Atskirtų kristalų kiekis po pirmos centrifugos:

$$x=18032,5 - 11721,13$$

$$x=6311,38 \text{ kg/h}$$

Toliau atskirti kristalai yra tiekiami į tirpinimo talpą. Jame kristalai ištirpinami, jog būtų galima tiekti į mikrofiltracijos įrenginį galutiniam nuosėdų atskirimui.

$$x=6311,38 + 7500$$

$$x=13811,38 \text{ kg/h}$$

Galutiniam nuosėdų atskirimui, mikrofiltracijoje pašalinama apie 20 % tirpalo su nuosėdomis.

$$x = \frac{13811,38 \cdot 20}{100}$$

$$x=2762,28 \text{ kg/h}$$

Mikrofiltracijoje išvalytas tirpalas tiekiamas į antrąjį kristalizacijos laipsnį.

$$x=13811,38 - 2762,28$$

$$x=11049,1 \text{ kg/h}$$

Tai pat kaip ir pirmajame kristalizatoriuje, taip ir antrajame, koncentruodami amonio dihidrofosfato tirpalą, išgariname 6500 kg/h vandens.

$$x=11049,1 - 6500$$

$$x=4549,1 \text{ kg/h}$$



Iš antrojo kristalizatoriaus koncentruotas MAP tirpalas tiekiamas į antrą centrifuga, kurioje atskirti kristalai bus tiekiami į džiovyklą. Centrifugoje atskiriama 10 % kilminio tirpalo.

$$x = \frac{4549,1 \cdot 10}{100}$$

$$x = 454,9 \text{ kg/h}$$

Į džiovyklą patenkantis kristalų kiekis lygus:

$$x = 4549,1 - 454,9$$

$$x = 4094,2 \text{ kg/h}$$

Iš skaičiavimų matoma, jog esant 2050 kg/h dujinio amoniako ir 10 m<sup>3</sup>/h 52 %, perskaičiuoto į P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, fosforo rūgšties, galutinio produkto susidaro 4094,2 kg/h. Per parą amonio dihidrofosfato gamybos skyriuje pagaminama 98,26 tonos produkcijos.

**15 lentelė.** Išlaidos žaliavoms ir energijai

Pavadinimas	Medžiagos kiekis per valandą	Medžiagos kiekis per metus	Medžiagos vieneto kaina, Eur	Medžiagos kaina per metus, mln. Eur
Dujinis amoniakas, t	2,05	15498	40,62	0,619
Fosforo rūgštis, m <sup>3</sup>	5,2	39312	279,8	10,824
Nudruskintas vanduo, m <sup>3</sup>	14	105840	1,92	0,199
Garas, t	21	158760	8,85	1,383
Oras, m <sup>3</sup>	1,7	12852	1,58	0,019
Elektra, MWh	1,15	8694	38,25	0,329
Iš viso				13,376

### 3.3.5. Žaliavų, įrengus technologinius patobulinius, kiekis

Žaliavų kiekis į reaktorių išlieka toks pat kaip ir naudojant gamybos technologijoje nuosėdų atskyrimo įrenginį – dekanterį, 29050 kg/h. Skaičiuojamas nuosėdų kiekis, kuris bus atskirtas naujame nuosėdų atskyrimo įrenginyje – filtrprese. Atkreipiama dėmesį į nuosėdų drėgmę. Dėl filtrpresų efektyvumo nuosėdų kiekis bus mažesnis, tačiau filtrato kiekis padidės.

$$x = \frac{29450 \cdot 10}{100}$$

$$x = 2945 \text{ kg/h}$$

Apskaičiuojamas pulpos kiekis tiekiamas į pirmąjį kristalizatorių:

$$x = 29450 - 2945$$

$$x=26505 \text{ kg/h}$$

Pulpos tiekiamas kiekis iš pirmojo kristalizatoriaus į pirmą centrifugą:

$$x=26505 - 7000$$

$$x=19505 \text{ kg/h}$$

Atskirto kilminio tirpalo kiekis centrifugoje:

$$x = \frac{19505 \cdot 65}{100}$$

$$x=12678,3 \text{ kg/h}$$

Atskirtų kristalų kiekis po pirmos centrifugos:

$$x=19505 - 12678,3$$

$$x=6826,8 \text{ kg/h}$$

Toliau atskirti kristalai yra tiekiami į tirpinimo talpą. Juos ištirpinę vandenyje gauname:

$$x=6826,8 + 7500$$

$$x=14326,8 \text{ kg/h}$$

Kadangi naudojamas filtrpresas žymiai efektyviau atskiria nuosėdas, dėl to jų yra mažiau ir sekančiose gamybos proceso stadijose. Galutiniam nuosėdų atskirimiui, mikrofiltracijoje pašalinama apie 18 % tirpalo su nuosėdomis.

$$x = \frac{14326,8 \cdot 18}{100}$$

$$x=2578,8 \text{ kg/h}$$

Mikrofiltracijoje išvalytas tirpalas tiekiamas į antrąjį kristalizacijos laipsnį.

$$x=14326,8 - 2578,8$$

$$x=11747,9 \text{ kg/h}$$

Sukoncentruoto tirpalo kiekis antrajame kristalizeriuje:

$$x=11747,9 - 6500$$

$$x=4723,1 \text{ kg/h}$$

Iš antrojo kristalizatoriaus koncentruotas MAP tirpalas tiekiamas į antrą centrifugą, kurioje atskirti kristalai bus tiekiami į džiovyklą. Centrifugoje atskiriama 10 % kilminio tirpalo.

$$x = \frac{5247,9 \cdot 10}{100}$$

$$x=524,8 \text{ kg/h}$$

Į džiovyklą patenkantis kristalų kiekis lygus:

$$x=5247,9 - 524,8$$

$$x=4723,1 \text{ kg/h}$$

Iš skaičiavimų matoma, jog esant tokiam pačiam žaliavų dozavimui, galutinio produkto susidaro 4723,1 kg/h. Per parą amonio dihidrofosfato gamybos skyriuje būtų galima pagaminti 113,4 tonas produkcijos.

### 3.3.6. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Netiesioginiai gamybos kaštai MAP gamybos skyriuje yra įrengimų praplovimas. Skaičiavimo rezultatai pateikti 16 lentelėje.

**16 lentelė.** Netiesioginiai gamybos kaštai

Netiesioginiai gamybos kaštai	Suma, tūkst. Eur
Azoto rūgštis	28,875
Upės vanduo	0,682
Iš viso	29,557

Pagrindinių įrengimų nusidėvėjimas (amortizacija) pateiktas 17 lentelėje.

**17 lentelė.** Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)

Ilgalaikio turto rūšis	Įsigijimo vertė, mln. Eur	Normatyvinė eksploataavimo trukmė	Nusidėvėjimo suma, tūkst. Eur, metams					Likutinė vertė, mln. Eur
			I	II	III	IV	V	
Įrenginiai								
Filtrpresas	0,65	15	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,455
Talpos ir vamzdynai	0,25	10	0,0225	0,0225	0,0225	0,0255	0,0255	0,1375
Viso:	0,9	-	0,0615	0,0615	0,0615	0,0615	0,0615	0,3075

Visos apskaičiuotos gamybos išlaidos surašomos į suvestinę gamybos kaštų 18 lentelę.

18 lentelė. Gamybos kaštai

Kaštų rūšys	Gamybos kaštai. Mln. Eur
	Gaminys
	Amonio dihidrofosfatas
<b>0 metai</b>	
Pagrindinės medžiagos	11,664
Energija technologija	1,712
Gamybos darbininkų užmokestis	0,24
Atsiskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui	0,07
Gamybinės netiesioginės išlaidos	0,03
Iš viso gamybos kaštų, mln. Eur	13,716
Produkcijos gamybos planas, t/metus	30965
Gaminio gamybinė savikaina, Eur/t	384,3
<b>1 metai</b>	
Iš viso gamybos kaštų, mln. Eur	13,767
Produkcijos gamybos planas, t/metus	35690
Gaminio gamybinė savikaina, Eur/t	385,7
<b>2-3 metai</b>	
Iš viso gamybos kaštų, mln. Eur	13,904
Produkcijos gamybos planas, t/metus	35690
Gaminio gamybinė savikaina, Eur/t	389,6
<b>4 metai</b>	
Iš viso gamybos kaštų, mln. Eur	14,042
Produkcijos gamybos planas, t/metus	35690
Gaminio gamybinė savikaina, Eur/t	393,4
<b>5 metai</b>	
Iš viso gamybos kaštų, mln. Eur	13,973
Produkcijos gamybos planas, t/metus	35690
Gaminio gamybinė savikaina, Eur/t	391,5

### 3.3.7. Veiklos kaštai

Priimama, jog veiklos kaštai sudaro 5 procentus gamybos kaštų. Tai pagalbinių medžiagų, administracijos išlaikymo išlaidos, administracijos darbuotojų užmokestis bei kitos išlaidos.

**19 lentelė. Veiklos kaštai**

Kaštų rūšis	Suma, mln. Eur
Veiklos kaštai	0,686

**3.3.8. Gaminio kainos skaičiavimas**

Apskaičiavus visas sąnaudas, nustatoma gaminio kaina. Gaminių kainos apskaičiuojamos remiantis jų gamybos pilnomis išlaidomis ir planuojama pelno norma (rentabilumu).

**20 lentelė. Gaminio kainos apskaičiavimas**

Gaminys	Gamybinė savikaina, Eur	Veiklos sąnaudos, Eur	Investicinės veiklos sąnaudos, Eur	Pilnoji savikaina, Eur	Pelnas		Viso
					Rentabilumo procentas	Eur/t.	Eur/t.
Prieš patobulinimą							
MAP	384,3	19,2	-	403,5	42	169,5	573,0
Po patobulinimo 1 metai							
MAP	385,7	19,2	36,4	441,3	35	154,455	595,755
2-3 metai							
MAP	389,6	19,2	-	408,8	45	183,96	592,76
4 metai							
MAP	393,4	19,2	-	412,6	45	185,67	598,27
5 metai							
MAP	391,5	19,2	-	410,7	45	184,815	595,515

Veiklos sąnaudos skaičiuojamos bendrą sumą padalinus iš metinio gamybos plano. Investicinės veiklos sąnaudos skaičiuojamos analogiškai.

### 3.3.9. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai

Šioje dalyje teikiama pelno ataskaita ir apskaičiuot grynieji pinigų srautai, kuri pateikta 21 lentelėje.

**21 lentelė.** Įmonės pelno ataskaita, mln. Eur

Rodiklis	Prieš patobulinimą	Po patobulinimo				
	Suma, mln. Eur	Metai				
		1	2	3	4	5
Pardavimo pajamos	17,745	21,262	21,156	21,156	21,352	21,254
Parduodamos produkcijos gamybos kaštai	13,716	13,767	13,904	13,904	14,042	13,973
Bendrasis pelnas	4,029	7,495	7,252	7,252	7,310	7,281
Veiklos sąnaudos	0,686	0,686	0,686	0,686	0,686	0,686
Veiklos pelnas	3,343	6,809	6,566	6,566	6,624	6,595
Finansinė ir investicinė veikla	-	1,300				
Pelnas prieš apmokestinimą	3,343	5,509	6,566	6,566	6,624	6,595
Pelno mokestis	0,501	0,826	0,985	0,985	0,994	0,989
Grynasis pelnas	2,842	4,683	5,581	5,581	5,631	5,606

**22 lentelė.** Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita

Eil. Nr.	Rodikliai	Projekto metai					
		0	1	2	3	4	5
<b>I.</b>	<b>Pinigų srautai iš įmonės veiklos</b>						
1.1.	Grynasis pelnas (nuostolis)	2,842	4,683	5,581	5,581	5,631	5,606
1.2.	Nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudos	0	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
1.3.	Papildomos investicijos į apyvartinį kapitalą	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00
1.4.	Finansinės veiklos sąnaudų eliminavimas*	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Grynieji pinigų srautai iš įmonės veiklos (1.1+ 1.2 - 1.3 - 1.4)	2,84	6,04	5,64	5,64	5,69	5,67
<b>II.</b>	<b>Pinigų srautai iš investicinės veiklos</b>						
2.1.	Ilgalaikio turto perleidimas (išsigijimas)	0,00	0	0	0	0	0,00
	Grynieji pinigų srautai iš investicinės veiklos	0,00	0	0	0	0	0,00
<b>III.</b>	<b>Bendri metiniai pinigų srautai (I+II)</b>	2,84	6,04	5,64	5,64	5,69	5,67

**3.3.10. Grynujų pinigų srautų ir pelno skaičiavimas modernizacijos atveju**

Modernizacijos atveju reikia apskaičiuoti, kaip pasikeitė sąnaudos gaminio vienetui ir kokį papildomą pelną, įgyvendinus projektinius sprendimus, įmonė gavo.

**23 lentelė.** Sąnaudų pasikeitimas, įvykdžius modernizaciją

Sąnaudų rūšis	Išlaidos/sąnaudos prieš modernizacijos		Išlaidos/sąnaudos po modernizacijos brandos metais		Išlaidų/sąnaudų pokytis gaminio vienetui, Eur/t.
	Iš viso sąnaudų, mln. Eur	Sąnaudos, tenkančios produkcijos vienetui, Eur/t.	Iš viso sąnaudų, mln. Eur	Sąnaudos, tenkančios produkcijos vienetui, Eur/t.	
Išlaidos pagrindinėms medžiagoms	11,664	376,7	11,664	326,8	49,9
Išlaidos pagalbinėms medžiagoms	0,03	0,97	0,03	0,84	0,13
Energijos išlaidos (elektros ir šilumos)	1,712	55,3	1,763	49,4	5,9
Amortizacija	-	-	0,0615	1,72	1,72
Darbo užmokesčio išlaidos	0,24	7,75	0,24	6,72	1,03
Soc. Draudimo išlaidos	0,07	2,26	0,07	1,96	0,3
Bazinė gamybos apimtis, t	30965		35690		
Gamybos apimtis projekte, t	30965		35690		
Iš viso išlaidų ekonomija gaminio vienetui (be amortizacijos), Eur/t				57,26	
Iš viso išlaidų ekonomija (nuostoliai), mln. Eur				2,044	

Atlikus skaičiavimus modernizuotai MAP gamybos linijai, matoma, jog išlaidų ekonomija vienetui yra 57,26 Eur/t, o papildomas pelnas bus 2,044 mln. Eur.

### 3.3.11. Investicijų efektyvumo vertinimas

Skolinto kapitalo nėra. Savo kapitalo kaštai lygus 8 %.

**24 lentelė.** Kapitalo kaštų skaičiavimas

Kapitalo kaštų skaičiavimas		
	proc.	koef.
Skolinto kapitalo kaštai (SKK)	0	0
Nuosavo kapitalo kaštai (NK)	8	0,08
diskonto norma (kapitalo kaštai)	3,64	0,0364



### 3.3.12. Diskontuotas investicijų atsipirkimo laikotarpio skaičiavimas

Diskontuotas investicijų atsipirkimo laikotarpis  $T$  – tai laikas, per kurį ekonominė nauda padengia investicines išlaidas. Apskaičiuojamas kaupiant grynuosius grynujų pinigų srautus ir stebint, kada jų suma taps lygi nuliui. Investicijos yra efektyvios, jei  $T < 5$  metus. Projektuojamos MAP gamybos skyriaus modernizacijos atsipirkimo laikas 0,27 metai.

### 3.3.13. Grynosios esamosios vertės (GEV) skaičiavimas

Sumuojant grynuosius grynujų pajamų srautus (GPS), diskontuotus pagal kapitalo kainą, gaunama grynoji esamoji vertė (GEV). GEV – tai visų projekto diskontuotų GPS suma, pradedant nuliniiais metais.

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

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

Vidinės pelno normos skaičiavimas

Vidinė pelno norma – tai diskonto norma  $r$ , kuri projekto būsimųjų grynujų pinigų įplaukų dabartinę vertę prilygina projekto būsimų išlaidų dabartinei vertei. Tai ekvivalentu tokiai išraiškai:

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

Kad finansinė rizika netūrėtų didelės įtakos investiciniam projektui, reikia, kad vidinė pelno norma būtų didesnė už vidutinius svertinius kapitalo kaštus.

Pasinaudojus Microsoft „Excel“ programa ir naudojantis IRR funkcija, buvo nustatyta jog vidinė pelno norma yra 379,23 %.

### 3.3.14. Pelningumo arba rentabilumo skaičiavimas

Pelningumo arba rentabilumo indeksas – tai pelno ir išlaidų santykis:

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

Čia:  $\frac{\left(\frac{GPS_i}{(1+KK)^i}\right)}{GPS_0}$  – diskontuotų GPS suma, pradedant pirmaisiais metais;  $GPS_0$  – nulinių metų GPS;

Pelningumo indeksas parodo santykinį projekto pelningumą arba dabartinę pelno vertę, tenkančią vienam dabartinių išlaidų piniginiam vienetui. Projektas yra priimtinas, jei pelningumo indeksas yra didesnis už vienetą. Kuo jis didesnis, tuo projektas priimtinesnis. Šiuo atveju PI siekia 1,58, todėl projektas yra priimtinas.

### 3.3.15. Lūžio taškas

Lūžio taškas – tokia pardavimo apimtis, kuriai esant bendrosios pajamos lygios visiems gamybos kaštams ir įmonės pelnas lygus nuliui.

Lūžio tašką galima rasti pagal lygtį:

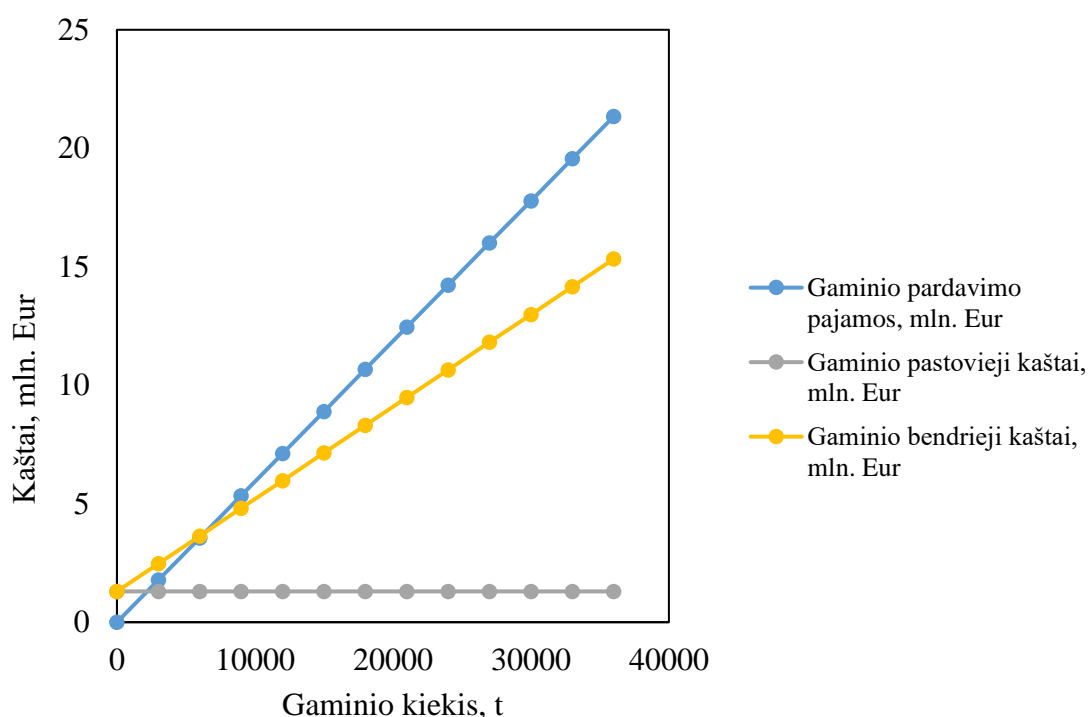
$$B_{Lj} = \frac{PK_j}{c_j - kk_j}$$

Čia:  $B_{Lj}$  – j-tojo gaminio pardavimo apimtis lūžio taške, vnt.;  $PK_j$  – j-ajam gaminiui priskiriama visa pastoviųjų kaštų suma, Eur;  $c_j$  – j-tojo gaminio vieneto kaina, Eur;  $kk_j$  – j-tojo gaminio vieneto kintamieji kaštai, Eur;

**25 lentelė.** Lūžio taško apskaičiavimas

Rodikliai	MAP
Pastoviųjų kaštų suma, Eur	1300000
Gaminio kaina, Eur	592,76
Gaminio kintamieji kaštai, Eur	389,6
Lūžio taškas, t.	6399
Pardavimų planas, t.	35690

Lūžio taškas pateiktas 19 paveiksle.



**19 pav.** Lūžio taškas

Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad lūžio tašką pasieks, kai bus parduota 6399 tonos produkcijos.

**26 lentelė.** Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai

Pavadinimas	Prieš modifikavimą	Po modifikavimo	Pokytis
1. Produkcijos pardavimo apimtis, tonomis brandos stadijoje	30965,00	35690,00	4725,00
2. Pardavimų pajamos, mln. Eur	17,75	21,26	3,52
3. Skyriaus personalas, žmonėmis:	16,00	16,00	0,00
5. Vidutinis metinis darbo užmokestis, Eur	15000,00	15000,00	0,00
6. Gamybos kaštai, mln. Eur	13,72	13,77	0,05
7. Gaminio pilnoji savikaina, Eur:	403,5	441,3	37,80
8. Grynasis pelnas, mln. Eur	2,84	4,68	1,84
10. Investicijų apimtis, mln. Eur	0,00	1,30	1,30
11. Bendrasis pelningumas, %	22,70	35,25	12,55
12. Veiklos pelningumas, %	18,84	32,03	13,19
13. Grynasis pelningumas, %	16,01	22,03	6,01
14. Investicijų grąža %	0,00	360,24	360,24
15. Veiklos rentabilumas, %	20,72	34,02	13,30
19. Projekto kapitalo kaštai, %	0,00	8,00	-
20. Projekto investicijų diskontuotas atsipirkimo laikas, metais	-	0,27	-
21. Projekto grynoji esamoji vertė, mln. Eur.	-	26,09	-
22. Vidinė pelno norma, %	-	379,23	-
23. Modifikuota vidinė pelno norma, %	-	86,56	-
24. Pelningumo indeksas	-	5,01	-

Atlikus MAP gamybos skyriaus ekonominį ir finansinį vertinimą, nustatyta, jog modifikuoti gamybos linijai reikia 1,3 mln. Eur. Investicijų. Investicijos bus paimamos iš įmonės akcinio kapitalo. Investuodami į linijos modifikavimą, pagaminama 35690 t/metus (prieš modifikavimą 30965 t/metus) produkcijos, o gamybos kaštai pakito tik 0,05 mln. Eur. Paskaičiuota, jog pardavus 6399 tonas produkcijos, veikla tampa pelninga.

### 3.4. Aplinkosauginis vertinimas

AB „Lifosa“ gaminamas MAP – birios, kristalinės, visiškai tirpios vandenyje, koncentruotos azoto-fosforo trąšos. Jos neturi chloro, natrio, sunkiųjų metalų ar kitų priemaišų. Naujos kartos, efektyvios, ekologiškos ir itin aukštos kokybės monoamonio fosfato trąšos naudojamos žemės ūkyje įvairiems

dirvožemiams ir daugeliui kultūrų tręšti. Jomis augalus tręšiančių ūkininkų veikla tampa efektyvesnė ir ekonomiškesnė: augalams ir dirvai pamaitinti reikia kur kas mažiau trąšų, vandens ir darbo jėgos [2].

Duomenys apie naudojamas žaliavas, chemines medžiagas, pateikti 27 lentelėje.

**27 lentelė.** Duomenys apie naudojamas žaliavas MAP gamyboje

Žaliavos, cheminės medžiagos pavadinimas	Kiekis per metus	Cheminės medžiagos klasifikavimas ir ženklavimas		
		Kategorija	Pavojaus nuoroda	Rizikos frazė
1	2	3	4	5
Amoniakas	14515	Nuodingas, degios dujos, ėsdinantis, pavojingas	H221, H280, H301, H311, H331, H314, H400	R10, R23, R34, R50
Fosforo rūgštis	68544	Ėsdinanti/ardanti	H290, H314	R34

AB „Lifosa“ gamybos reikmėms naudoja paviršinį vandenį iš Nevėžio upės. Ant upės kranto, Kėdainių miesto Kauno gatvėje yra pastatyta siurblynė. Ši siurblynė aprūpina paviršiniu vandeniu AB „Lifosa“ bei AB „Nordic Sugar Kėdainiai“. Nevėžio siurblynės našumas 3220 m<sup>3</sup>/h [13].

Amonio dihidrofosfato gamyboje naudojamas Nevėžio upės vanduo praskiestai azoto rūgščiai gaminti. Nevėžio upės vanduo vamzdiniais patenka į MAP gamybos skyrių, pirminiam vandens valymui prateka pro filtrą, kuriame jis išvalomas mechaniškai. Iš vandens išvalomas purvas, smėlis ar kitos kietos dalelės.

Kita Nevėžio upės vandens paskirtis yra skirta įrengimų aušinimui. MAP gamybos skyriuje įrengtas kondensatorius, pro kurį teka apytakinis vanduo. Vakuuminis siurblys nutraukia garus nuo reaktoriaus ir kristalizatorių. Kondensatoriuje, garus aušinant apitakinio aušinančiu vandeniu, susidaro vakuumas, kuris reikalingas technologiniame procese.

Fosfatinių trąšų gamybos technologinėje linijoje naudojamas Nevėžio užės vanduo skysčių ir kietų dalelių atskyrimui nuosėdų centrifugoje. Nuosėdos plaunamos išpurškiant sieros gamybos ceche jau paruoštą nudruskintą vandenį [13].

AB „Lifosa“ sieros rūgšties gamyboje išsiskiria technologinė šiluma. Ši išsiskyrusi šiluma naudojama garo bei elektros gamybai. Tai pat 2020 metais šilumos energijos kiekis į tinklus siekė 87,5 GWh, kuris skirtas Kėdainių miesto objektų šildymui.

Įmonėje yra įdiegta sistema, kuri panaudoja atliekinius šilumos šaltinius ir pagamina apie 250 mln. kWh elektros energijos.

Amonio dihidrofosfato gamyboje yra naudojama elektros energija ir garai, pagaminti sieros rūgšties ceche. Sunaudojama elektros energija siekia 0,283 MWh 1 tonai produkcijos pagaminti. Per parą pagaminama apie 98,26 tonos produkcijos, tai sunaudotos elektros energijos kiekis lygus 27,8 MWh per parą.

MAP gamyboje naudojami sieros rūgšties ceche pagaminti garai, kurie skirti MAP pulpos šildymui kristalizatoriuose. Per valandą sunaudojama apie 21 toną garų, o per parą 504 tonas.

### 3.4.1. Atliekų tvarkymas

AB „Lifosa“ esantis MAP gamybos skyrius neišskiria atliekų. Gamybinio proceso metu susidarę šalutiniai produktai yra tiekiami į fosforo rūgšties ir amonio hidrofosfato gamybos cechus perdirbimui.

### 3.4.2. Nuotekų susidarymas ir jų tvarkymas

Kasmet augant gamybos apimtims, įmonės poveikis aplinkai nedidėja. To pasiekama investuojant į technologijų tobulinimą bei racionalų gamtos išteklių naudojimą. Aplinką tausoti padedantiems projektams AB „Lifosa“ kasmet skiria apie trečdalį investicijų. Gamyklos aplinkos apsaugos skyriuje įrengta laboratorija. Įmonė turi visą reikiamą metrollogiškai patikrintą laboratorinę įrangą ir Aplinkos apsaugos agentūros išduotą leidimą atlikti taršos matavimus bei tyrimus. Jie vykdomi griežtai laikantis agentūros nustatytų metodikų [14].

AB „Lifosa“ teritorijoje yra įrengti tvenkiniai, kuriuose nuotekų vandenys yra nuskaidrinami ir vėl gražinami į gamybą pakartotiniam naudojimui. Paviršiniai bei lietaus vandenys prateka pro valymo įrenginius ir tiekiami į tvenkinius.

Išleistuvu į upę yra išleidžiamos paviršinės-lietaus nuotekos, kurios sudaro apie 2,0 – 2,5 % visų nuotekų kiekio. Duomenys apie nuotekų išleistuvus pateikiami 28 lentelėje [13].

**28 lentelė.** Duomenys apie nuotekų išleistuvus[13]

Eil. Nr.	Priimtovo numeris	Planuojamų išleisti nuotekų aprašymas	Išleistuvo tipas / techniniai duomenys	Išleistuvo vietos aprašymas	Numatomas išleisti didžiausias nuotekų kiekis	
					m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /m
1	2	3	4	5	6	7
N1	1	Mišrios nuotekos (paviršinės ir buitinės nuotekos po valymo įrenginių)	Krantinis 2 km iki upės žiočių	Kairysis upės krantas	8219	3000000
N3	1	Paviršinės nuotekos	Krantinis 3 km iki upės žiočių	Kairysis upės krantas	137	50000

Aplink MAP gamybos skyriaus pastatą yra kietos dangos privažiavimo ir priėjimo keliai, skirti gaisrinių automobilių ir su remontu susijusio transporto privažiavimui prie pastato. Paviršinės nuotekos nuo gamybinio pastato stogo ir asfaltuotų/betoninių dangų sudarys 143,3 m<sup>3</sup> per metus, vidutiniškai 9,23 m<sup>3</sup> per parą [13].

### 3.4.3. Oro tarša

Didžioji oro tarša susidaro dėl amonio dihidrofosfato džiovavimo ir aeravimo. Į džiovyklą ventiliatoriais yra tiekiamas oras pro horizontalią perforuotą plokštę. Patekdamas produktas į džiovyklą sudaro pseudoverdantį sluoksnį, taip padidinamas bendrą paviršiaus plotą. Į pirmą džiovyklos zoną tiekiamas oras yra 150 °C temperatūros, o jo debitas lygus 10500 kg/h. Į antrą, vėsinimo, zoną tiekiamas 60 °C temperatūros oras, o jo debitas lygus 5500 kg/h. Visas oras iš

džiovyklos nutraukiamas ventiliatoriaus pagalbą į pirmą dujų valymo įrenginį – cikloną. Jame srautas juda liestinės kryptimi ir ima sukstis. Prie ciklono sienelių stumiamos dalelės, amonio dihidrofosfato dulkės, o dujos kyla į antrą dujų valymo įrenginį – skruberį. Skruberyje iš viršaus per purkštukus laistomas demineralizuotas vanduo, kuris absorbuoja dulkes bei amoniaką. Ventiliatorius išvalytas dujas išmeta į atmosferą.

Kitas, mažesnis oro taršos šaltinis susidaro nuosedų atskyrimo įrenginyje – dekanterijoje. Kadangi pulpos temperatūra siekia 70 – 75 °C, ji garuoja ir išsiskiria nedidelis kiekis amoniako dujų. Taršos į aplinką kiekiai pateikti 29 lentelėje.

**29 lentelė.** Tarša į aplinkos orą [13]

Cecho pavadinimas	Taršos šaltinis	Teršalai		Esama tarša		
		Pavadinimas	Kodas	Dydis		Metinė, t/m
				Vnt.	Maksimumas	
1	2	3	4	5	6	7
MAP gamybos skyrius	Ventiliatorius	Amoniakas	134	g/s	0,09722	2,800
	Dekanteriai	Amoniakas	134	g/s	0,02776	0,800

## 4. Darbuotojų sauga ir sveikata

### 4.1. Projektuojamo objekto charakteristika:

Modifikuojamas objektas – MAP gamybos skyriaus nuosėdų atskyrimo linija po reaktoriaus. Šios linijos paskirtis yra filtruoti reakcijos metu susidariusią pulpą ir iš jos atskirti nuosėdas. Skyriuje naudojamos medžiagos: fosforo rūgštis, amoniakas, vanduo, amonio dihidrofosfatas. Amonio dihidrofosfato gamyba yra pavojinga dėl naudojamos žaliavos – amoniako, kuris su oru sudaro sprogius mišinius.

Remiantis sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklių pateiktu priedu, sanitarinės zonos riba yra 500m [15].

### 4.2. Profesinės rizikos vertinimas

Profesinės rizikos vertinimo tikslas yra ištirti galimą profesinę riziką ir nustatyti jos prevencijos ar mažinimo priemones. Rizikos veiksniai ir jų prevencijos priemonės pateikti 30 lentelėje [16].

**30 lentelė.** Fizinį veiksmų sukeltų pavojų, galinčių pakenkti sveikatai, identifikavimas

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei saugai ir sveikatai	Rizikos veiksmo veikimo vieta	Rizikos veiksmo dydis (lygis), matavimo vnt.	Rizikos veiksmo leidžiamas dydis (lygis), ribinė vertė, matavimo vnt.	Rizikos veiksmo poveikio trukmė, dažnis	Prevencinės priemonės
<b>Cheminiai veiksniai</b>					
Amoniakas	Technologiniai įrengimai	-	IPRD - 14 mg/m <sup>3</sup>	480	Izoliuojanti dujokaukė
Fosforo rūgštis	Technologiniai įrengimai	-	IPRD - 1 mg/m <sup>3</sup>	480	Filtruojanti dujokaukė
Amonio dihidrofosfatas	Technologiniai įrengimai	-	IPRD - 6 mg/m <sup>3</sup>	480	Izoliuojanti dujokaukė
<b>Fizikiniai veiksniai</b>					
Triukšmas	Technologiniai įrengimai, centrifuga	95dBA	87 dBA	480	Apsauginės ausinės
Apšvieta	Centrinis valdymo pultas	300 lx	200 lx	480	-
Statinės elektros pavojus	Technologiniai įrengimai	-	-	480	Įžeminimas
<b>Ergonominiai veiksniai</b>					
Nuovargis	Valdymo pultas	-	-	480	Pertraukos darbo metu po 10 minučių kas 2 valandas
Darbo poza		Sėdimas darbas, 80 % darbo laiko	Sėdimas darbas, 25% darbo laiko	480	
<b>Fiziniai veiksniai</b>					
Galimybė apsideginti nuo karštų įrenginių paviršių	Technologiniai įrengimai	80 °C	-	480	Apsauginiai drabužiai, avalynė

Slėginiai indai	Technologiniai įrengimai	6 bar	0,5 bar	480	Apsauginiai vožtuvai, patikros
-----------------	--------------------------	-------	---------	-----	--------------------------------

Nustatomos patalpų, pastatų, išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų, atsižvelgiant į patalpoje esančių ar technologiniame procese naudojamų medžiagų gaisrinio pavojingumo rodiklius ir kiekį, technologinių procesų ypatumus. 31 lentelėje nurodomi medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai ir kiekiai.

**31 lentelė.** Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai

Medžiagos pavadinimas	Sunaudojama (pagaminama) per pamainą, t/h	Pliūpsnio temperatūra, °C	Sprogumo ribos		Savaiminio užsidegimo temperatūra, °C	Užsidegimo temperatūra, °C
			apatinė	viršutinė		
Amoniakas	24,6	-	15	28	651	-
Fosforo rūgštis	182,4	-	-	-	Nedegi	Nedegi
Amonio dihidrofosfatas	120	-	-	-	Nedegus	Nedegus

Pastatai ir patalpos pagal sprogo ir gaisro pavojų skirstomos į  $A_{sg}$ ,  $B_{sg}$ ,  $C_g$ ,  $D_g$ ,  $E_g$  kategorijas. Pastatų ir patalpų kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų nustatomos statinio projekto technologinėje dalyje, atsižvelgiant į patalpoje esančių ar technologiniame procese naudojamų medžiagų gaisrinio pavojingumo rodiklius ir kiekį, technologinių procesų ypatumus [17].

**32 lentelė.** Pastatų, patalpų ir išorės įrenginių kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonos

Objekto, kuriam suteikiama kategorija, klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas	Požymis, nulemiantis kategoriją, pavojingos vietos zoną	Kategorija, pavojingos vietos zona
Amoniaکو išgarintuvas	Degus skystis, prieš garinimą ir po garinimo susidariusios amoniako dujos	$A_{sg}$ , 2 zona. Dirbant pagal gamybinio proceso parametrus, sprogi aplinka nesusidaro.
MAP gamybos skyrius	Nedegios medžiagos, patalpos.	$E_g$ , 22 zona
Filtrpreso pastatas	Nedegios medžiagos, patalpos.	$E_g$ , 22 zona

### 4.3. Saugi gamyba

Kiekvienas MAP gamybos skyriaus darbuotojas privalo išmanyti technologinį procesą. AB „Lifosa“ naujam MAP gamybos skyriaus darbuotojui priskiria mokytoją, kuris turi išsilaukęs egzaminus, reikalingus amonio dihidrofosfato gamybos skyriuje. Įmonė organizuoja kursus, kuriuose darbuotojai mokosi apie slėginius indus, pavojingus slėginius vamzdynus, šilumos įrenginius, nuo žemės valdomus kranus, aukšto slėgio siurblius, elektroauga.

MAP gamybos skyrius neturi labai pavojingoms ir pavojingoms patalpoms būdingų požymių, ir priskiriamas normaliai (nepavojingai) patalpai. Tačiau šalia pastato įrengta amoniako išgarintuvo teritorija, kuri priskiriama sprogiajai zonai.



**33 lentelė.** Elektros įrangos sprogiosioms zonoms pasirinkimas

Sprogiosios zonos tipas	Reikiamas apsaugos lygis	Įrangos grupė ir kategorija	Pastabos
Sprogiosios zonos, kur susidaro oro ir dujų arba skysčių garų ir lašelių mišiniai			
2	Normalus	II 1G arba II 2G arba II 3G	G – skirta naudoti užsiliepsnojančių dujų, skysčių garų arba lašelių ir oro mišinių aplinkoje

Įnulinti sprogiuose patalpose reikia viską, nepriklausomai nuo įtampos.

Įranga, naudojama potencialiai sprogiuose aplinkoje, turi sprogimui atsparų korpusą, kuris išlaiko sprogimo slėgį ir kartu su elektrinėmis apsaugos priemonėmis neperduoda liepsnos į išorę tiek įrenginio normalaus darbo metu, tiek esant trumpam jungimui [18].

**34 lentelė.** Sprogiųjų mišinių kategorijos

Sprogių mišinio kategorija ir pavadinimas	Gesinančio tarpelio plotis, mm
II – pramoninės dujos ir garai, dulkių bei plaušelių ir oro mišiniai:	
II A	Iki 0,9
II B	Didesnis kaip 0,5 ir iki 0,9 imtinai
II C	Iki 0,5

Amoniakas priskiriamas prie II A mišinių kategorijos, o įrangai, kurioje yra amoniakas, yra nustatyta aukščiausia leidžiamoji paviršiaus temperatūra, kuri priklauso nuo užsiliepsnojančių dujų, garų arba skysčių lašelių, dulkių arba plaušelių ir atmosferos oro mišinių temperatūros klasės. Amoniako temperatūrinė klasė yra T1, todėl aukščiausia užsidegimo temperatūra  $>450^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.4. Darbo higiena

Chemijos pramonėje rekomenduojamos apšvietos vertės ir apšvietos kokybės klasės pateiktos 31 lentelėje [19].

**35 lentelė.** Rekomenduojamos apšvietos vertės ir apšvietos kokybės klasės

Patalpos, darbo ar veiklos tipas	Apšvietos ribinės vertės, lx
Automatiniai procesai	50 – 100 – 150
Gamybos įrenginiai, nereikalaujantys nuotolinės priežiūros	100 – 150 – 200
Bendros gamybos patalpos	200 – 300 – 500
Pultinės, laboratorijos	300 – 500 – 750

Darbo vietose, kur dažnai dirbama, rekomenduojama ne mažesnė nei 200 lx apšvieta.

Kai technologiniame procese naudojamos, saugomos kenksmingos cheminės medžiagos, būtina ne tik nustatyti jų ribinius dydžius, bet ir aprašyti jų poveikio darbuotojo sveikatai ypatumus, parinkti tinkamas asmenines apsaugos priemones [16].

**36 lentelė.** Trumpalaikio ir ilgalaikio poveikio medžiagų ribiniai dydžiai

Cheminė medžiaga		Ribinis dydis			
		Ilgalaikio poveikio dydis (IPRD)		Trumpalaikio poveikio ribinis dydis (TPRB)	
Pavadinimas	CAS Nr.	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm
Amoniakas	7664-41-7	14	20	36	50
Fosforo rūgštis	7664-38-2	1	-	2	-
Amonio dihidrofosfatas	Netaikoma	-	-	-	-

Amoniakas yra bespalvės, aitraus kvapo toksiškos dujos. Sudaro sprogu mišinį su oru, kuriame amoniako 15-28 %. Amoniaکو garai dirgina akių gleivinę ir sukelia ašarojimą [20].

Fosforo rūgštis gali smarkiai nudeginti odą ir pažeisti akis. Patekus ant odos nedelsiant nuvilkti visus užterštus drabužius ir odą nuplauti vandeniu. Prarijus sukelia vėmimą, kyła stemplės ir skrandžio perforacijos pavojus. Įkvėpus galimas kosulys, jaučiamas skausmas, dusulys ir kvėpavimo sunkumas, ėsđina kvėpavimo takus [21].

Amonio dihidrofosfatas yra baltos spalvos kristalai. Įkvėpus dulkių gali sukelti kvėpavimo nepakankamumą, spaudimą krūtinėje, gerklės skausmą ir kosulį. Dulkių patekimas į akis gali sukelti mechaninį dirginimą. Prarijus gali pasireikšti mieguistumas, silpnukas, galvos skausmas, galvos svaigimas, pykinimas, vėmimas, pilvo skausmai, viduriavimas [22].

Vertinant įrenginių keliamą triukšmą būtina vadovautis Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatais, kuriuose nurodomos kasdienio triukšmo (ekspozicijos) lygio ( $L_{EX, 8h}$ ) tokios norminės vertės [23]:

ribinė ekspozicijos vertė:  $L_{EX, 8h} = 87 \text{ dB(A)}$

viršutinė ekspozicijos vertė:  $L_{EX, 8h} = 85 \text{ dB(A)}$

žemutinė ekspozicijos vertė:  $L_{EX, 8h} = 80 \text{ dB(A)}$

Kai skirtingais darbo pamainos tarpsniais veikia įvairiaus lygio triukšmas, jo vertės surašomos į 33 lentelę ir apskaičiuojamas kasdienio triukšmo lygis dBa pagal šią lygtį:

$$L_{EX, 8h} = 10 \lg \left[ \frac{1}{T_p} \sum_{i=1}^n t_i \cdot 10^{0,1L_{Aeq,i}} \right];$$

Čia  $L_{Aeq,t_i}$  – ekvivalentaus garso lygio vertė per laikotarpį  $t_i$ , kurio metu matuotas (nustatytas) darbuotoją veikiantis triukšmas, dBa;  $i$  – laikotarpių skaičius. Laikotarpių  $t_i$  bendroji suminė vertė neviršija  $T_p$ .

**37 lentelė.** Darbo triukšmo lygių ir operacijų trukmės duomenys

Operacijos pavadinimas	Ekvivalentus garso lygis operacijos metu $L_{aeqi}$ , dBa	Bendroji operacijos trukmė per pamainą $t_i$ , Val	Kasdienio operacijos triukšmo (ekspozicijos) lygio vertė, $L_{EX, 8hi}$ , dBa
Džiovykla	105	12	105,79
Centrifuga	95	12	96,76
Bendroji kasdienio triukšmo (ekspozicijos) lygio vertė $L_{EX, 8h}$			105,41

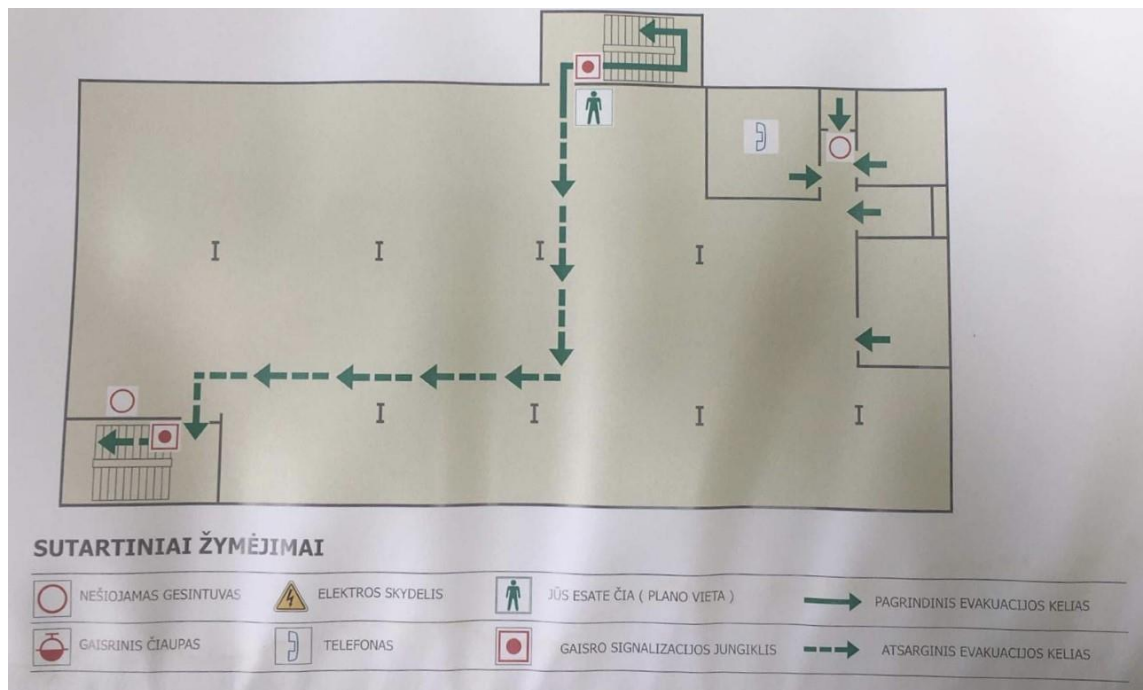
Kai apskaičiuotoji kasdienio triukšmo lygio vertė viršija leidžiamąją normą, turi būti numatomos triukšmo lygio mažinimo priemonės. Operatoriai, dirbantys valdymo pulte yra apsaugoti nuo triukšmo, nes sienos sugeria triukšmą. Gamybinėse patalpose operatoriai privalo dėvėti ausų apsaugas, kurios apsaugo nuo įrenginių sukeliama triukšmo.

#### **4.5. Gaisrinė sauga**

AB „Lifosa“ bendroji gaisrinės saugos instrukcija parengta pagal Priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamento prie VRM direktoriaus 2005-05-24 įsakymu Nr. 64 (pakeitimas 2015-11-24 Nr.1-345) patvirtintas „Bendrąsias gaisrinės saugos taisykles“, bei VRM ministro 1997-12-30 įsakymu Nr. 594 patvirtintas „Chemijos pramonės įmonių priešgaisrinės saugos taisykles“, nustato bendruosius eksploatuojamų objektų, gaisrinės saugos reikalavimus, kurių privalo laikytis visi teritorijoje esantys asmenys.

Įmonėje darbuotojams organizuojami gaisrinės saugos įvadinis, periodiniai ir papildomi instruktavimai gaisrinės saugos klausimais. Įvadinis instruktavimas oraganizuojamas darbuotojui įsidarbimui įmonėje. Periodinis – kas metus, priminamos gaisrinės saugos taisyklės. O papildomi instruktavimai organizuojami tuomet, kai pasikeičia instrukcija, technologinis procesas, kilus gaisrui ar sprogimui.

Kiekviename MAP gamybos skyriaus aukšte yra pakabinti ekvakuacijos planai. Juose pažymėtas pagrindinis bei atsarginis evakuacijos kelias. Gesinimo priemonių lokacija tai pat sužymėta evakuacijos planuose. Evakuacijos planas pateiktas 20 paveiksle.



**20 pav.** MAP gamybos skyriaus evakuacijos planas

Gesintuvo tipas parenkamas ir jų skaičius nustatomas pagal gaisrinės saugos taisyklių reikalavimus. 19 lentelėje pateikti duomenys rodo, kokiai gesinimo medžiaga veiksmingia [24].

Patalpoje gaisrą gali sukelti elektros įrengimai. Elektros įrenginių, nuolat turinčių įtampos, tai ne mažiau kaip 50 proc. patalpose esančių gesintuvų turi būti tinkami elektros įrenginiams gesinti neišjungus įtampos. Elektros įrenginius, turinčius įtampos (iki 1000 V), veiksmingiausia gesinti dujų ir miltelių ABC klasės gesintuvais [17].

Amonio dihidrofosfato gamybos skyriaus pastatas priklauso  $E_g$  sprogimo ir gaisro pavojų kategorijai. 800 m<sup>2</sup> patalpoje minimalus gesinimo medžiagos kiekis gesintuvuose turi būti 4kg (2 vnt.) ir 6kg (1 vnt.). MAP gamybos skyriaus pastate naudojami milteliniai gesintuvai.

## **5. Grafinė dalis**

Baigiamojo projekto grafinę dalį sudaro keturi A1 formato brėžiniai:

1. Statybos teritorijos planas;
2. Gamybinių patalpų planas ir įrengimų išdėstymas;
3. Technologinės linijos pjūvis, kuriame matomas pastato pjūvis, aukštai, įrangos išdėstymas aukštuose;
4. Principinė MAP gamybos skyriaus su filtrpresais technologinė schema.

## Išvados

1. Atlikta amonio dihidrofosfato gamybos teorinių dėsningumų, žinomų technologinių gamybos realizavimo sprendimų bei gamybos technologijos tobulinimo galimybių analizė.
2. Atliktas eksperimentas, kurio metu nustatytas nuosėdų kiekis filtrate naudojant dekanterį ir fitpresą. Nustatyta, jog nuosėdų kiekis filtrate po filtravimo fitpresu yra lygus 0 %, o dekanterio – nuo 1 % iki 2 %. Drumstumas filtrate po filtravimo fitpresu svyravo tarp 15 ir 111 NTU, o po dekanterio – viršijo 1099 NTU.
3. Atliktas technologinio proceso medžiagų ir šilumų srautų balansas. Apskaičiuota, kad 4,723 t/h produkcijos pagaminti bus sunaudota 15,4 t/h ekstrakcinės fosforo rūgšties, 52 % koncentracijos pagal  $P_2O_5$ , ir 2,05 t/h amoniako.
4. Atlikus technologinės linijos modifikavimo ekonominį ir finansinį vertinimą, nustatyta, jog būtinos investicijos sieks 1,3 mln. Eur. Planuojamas produkcijos kiekis 35690 t/metus. Gaminio pilnoji savikaina yra 441,3 Eur/t. Projekto atsipirks, kai bus parduota 6399 tonos produkcijos.
5. Atliktas aplinkausoginis vertinimas bei nustatytas pagrindinis teršalų šaltinis – amoniakas, kurio išmetimai neviršija ribinių dydžių.
6. Atlikta darbuotojų saugos ir sveikatos situacijos analizė, kurioje vertinta profesinė rizika, elektroauga, darbo higiena ir gaisrinė sauga.

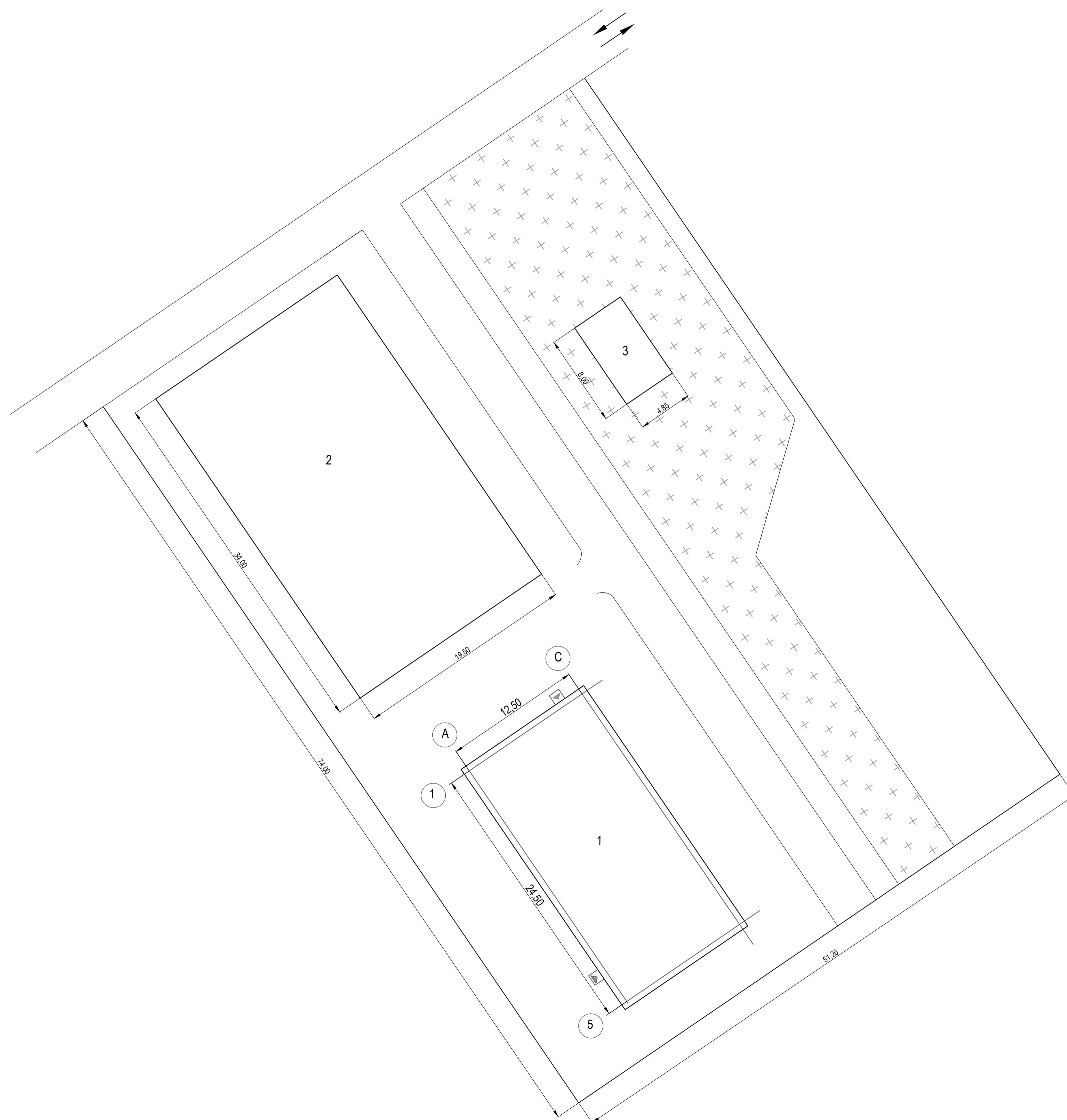
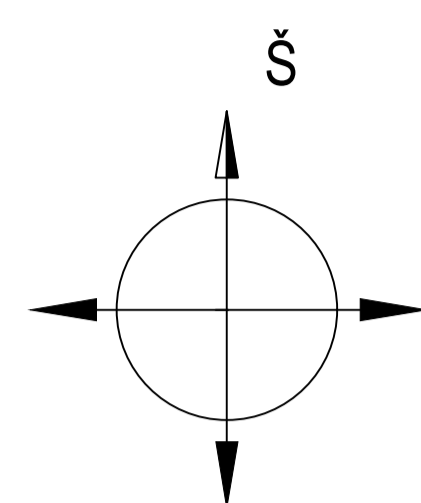
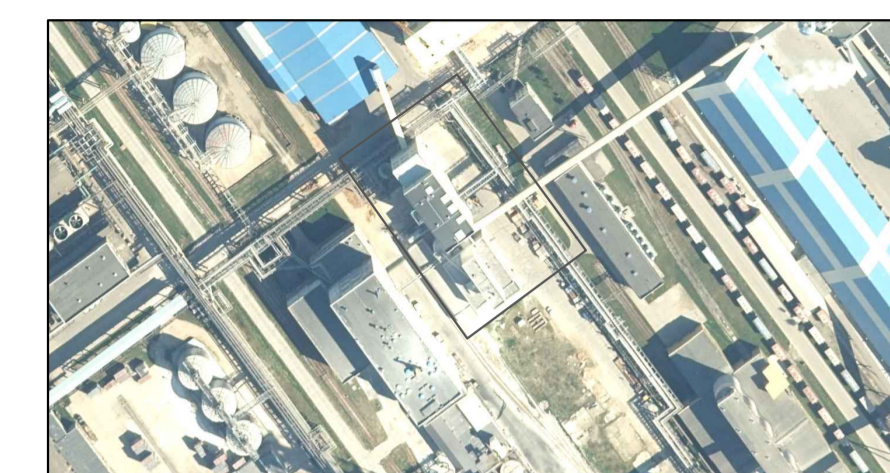
## Literatūros sąrašas

1. AB „Lifosa“. Kėdainiai, 2021. Saugos duomenų lapas Nr. SDL(B)-11
2. AB „Lifosa“. Kėdainiai, 2021. [žiūrėta 2021-05-16] Prieiga per internetą: <https://www.lifosa.com/gamyba-ir-paslaugos/produktai/monoamonio-fosfatas-map/19>
3. SVIKLAS Alfredas Martynas, PALECKIENĖ Rasa, ŠLINKŠIENĖ Rasa. Fosforo trąšos: vadovėlis. Kaunas: Technologija, 2006. ISBN 9955-25-036-4
4. NIELSSON, Francis T. Manual of Fertilizer Processing: fertilizer science and technology series – volume 5. 1987 by Taylor and Francis Group, LCC.
5. PILIPAITIS, Lukas. Amonio fosfatų gamybos technologiniai sprendimai. Baigiamasis bakalauro projektas. 2019
6. AB „Lifosa“ technologijos reglamentas TR-05-03:2020. Kėdainiai, 2020.
7. AB „Lifosa“. Kėdainiai, 2021. [žiūrėta 2021-04-19] Prieiga per internetą: <https://www.lifosa.com/gamyba-ir-paslaugos/produktai/ekstrakcine-fosforo-rugstis/23>
8. GEA Group Aktiengesellschaft. Vokietija, 2021. [žiūrėta 2021-04-05] Prieiga per internetą: <https://www.gea.com/en/products/centrifuges-separation/decanter-centrifuge/2-phase-decanter/2-phase-separating-decanter-chemmaster.jsp>
9. Porex Filtration Division. Jungtinės Amerikos Valstijos, 2021. [žiūrėta 2021-04-06] Prieiga per internetą: <http://www.porexfiltration.com/learning-center/technology/what-is-microfiltration/>
10. NAGROCKIENĖ, D., SKRIPKIŪNAS, G. 2012. Statybinių dirbinių gamybos procesai ir įranga: mokomoji knyga. Vilnius: Technika
11. CRS Deutschland GmbH. Leipzig, Vokietija, 2021. [žiūrėta 2021-05-14] Prieiga per internetą: <https://www.crs-reprocessing.com/en/crs-solutions/filter-press/>
12. Aplinkos apsaugos agentūra. Vilnius, 2017. Atrankos išvada dėl AB „Lifosa“ fosfatinių trąšų gamybos modernizavimo poveikio aplinkai vertinimo Nr. (28.2)-A4-12156. [žiūrėta 2021-05-25] Prieiga per internetą: <https://gamta.lt/files/Atr.%20Lifosa.pdf>
13. Aplinkos apsaugos agentūra. Vilnius, 2021. Fosfatinių trąšų gamybos modernizavimas. Gamybinės paskirties pastato statyba Juodkiškio g. 50, Kėdainiai. [žiūrėta 2021-05-16] Prieiga per internetą: <https://gamta.lt/files/LIFOSA.inf.PDF>
14. AB „Lifosa“. Kėdainiai, 2021. [žiūrėta 2021-05-16] Prieiga per internetą: <https://www.lifosa.com/socialine-atsakomybe/sauga/aplinkos-apsauga/35>
15. Lietuvos Respublikos specialiųjų žemės naudojimo sąlygų įstatymas, 2019-06-06 Nr. XIII-2166. (2019)[žiūrėta 2021-05-17] Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/46c841f290cf11e98a8298567570d639>
16. Dėl Lietuvos higienos normos HN 23:2011 „Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai" patvirtinimo, 2011-09-01 Nr. V-824/A1-389. (2011) [žiūrėta 2021-05-20] Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.405920>
17. Dėl Bendrųjų priešgaisrinės saugos taisyklių patvirtinimo ir kai kurių Priešgaisrinės apsaugos departamento prie Vidaus reikalų ministerijos ir Priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamento prie Vidaus reikalų ministerijos direktoriaus įsakymų pripažinimo netekusiais galios, 2005-02-18 Nr. 64. (2005) [žiūrėta 2021-05-20] Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.250714/asr>

18. Dėl Įrangos ir apsaugos sistemų, naudojamų potencialiai sprogioje aplinkoje, techninio reglamento tvirtinimo, 1999-12-27 Nr. 432. (2000) [žiūrėta 2021-05-25] Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.94529/jOCFZXRtyo>
19. Dėl Lietuvos higienos normos HN 98 : 2000 "Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai", 2000-05-24 Nr. 277. (2000) [žiūrėta 2021-05-26] Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.101854>
20. Amoniako saugos duomenų lapas. [žiūrėta 2021-05-25] Prieiga per internetą: [http://www.achema.lt/uploads/files/03\\_21/Amoniakas%20SDL%20LT%202017%20\(1\).pdf](http://www.achema.lt/uploads/files/03_21/Amoniakas%20SDL%20LT%202017%20(1).pdf)
21. Fosforo rūgštis 75 %, extra pure, saugos duomenų lapas. [Žiūrėta 2021-05-25] Prieiga per internetą: [https://www.carlroth.com/downloads/sdb/lt/2/SDB\\_2614\\_LT\\_LT.pdf](https://www.carlroth.com/downloads/sdb/lt/2/SDB_2614_LT_LT.pdf)
22. Monoamonio fosfatas (MAP) saugos duomenų lapas. [žiūrėta 2021-05-27] Prieiga per internetą: [https://balticagro.lt/Admin/Public/DWSDownload.aspx?File=%2FFiles%2FFiles%2FBalticAgroLit%2Fhuania%2FPDF%2FSaugos+duomenu+lapai%2FMAP+12-52\\_+PhosAgro+\(Saugos+duomenu%CC%A8+lapas\).pdf](https://balticagro.lt/Admin/Public/DWSDownload.aspx?File=%2FFiles%2FFiles%2FBalticAgroLit%2Fhuania%2FPDF%2FSaugos+duomenu+lapai%2FMAP+12-52_+PhosAgro+(Saugos+duomenu%CC%A8+lapas).pdf)
23. Dėl Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatų patvirtinimo, 2005-04-15 Nr. A1-103/V-265. (2005) [žiūrėta 2021-05-25] Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.254877/asr>
24. AB „Lifosa“. Kėdainiai, 2021. Bendroji gaisrinės saugos instrukcija IN-B17

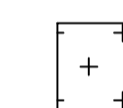


Situacijos planas  
Mastelis 1:1000



Eil. nr.	Pavadinimas	Žymuo	Matavimo vnt.	Plotas
1	Filtrpreso linijos pastatas	1	m <sup>2</sup>	325.0
2	Amonio dihidrofosfato gamybos skyrius	2	m <sup>2</sup>	663.0
3	Amoniako išgarintuvas	3	m <sup>2</sup>	38.8

Sutartiniai žymėjimai



Žalia veja

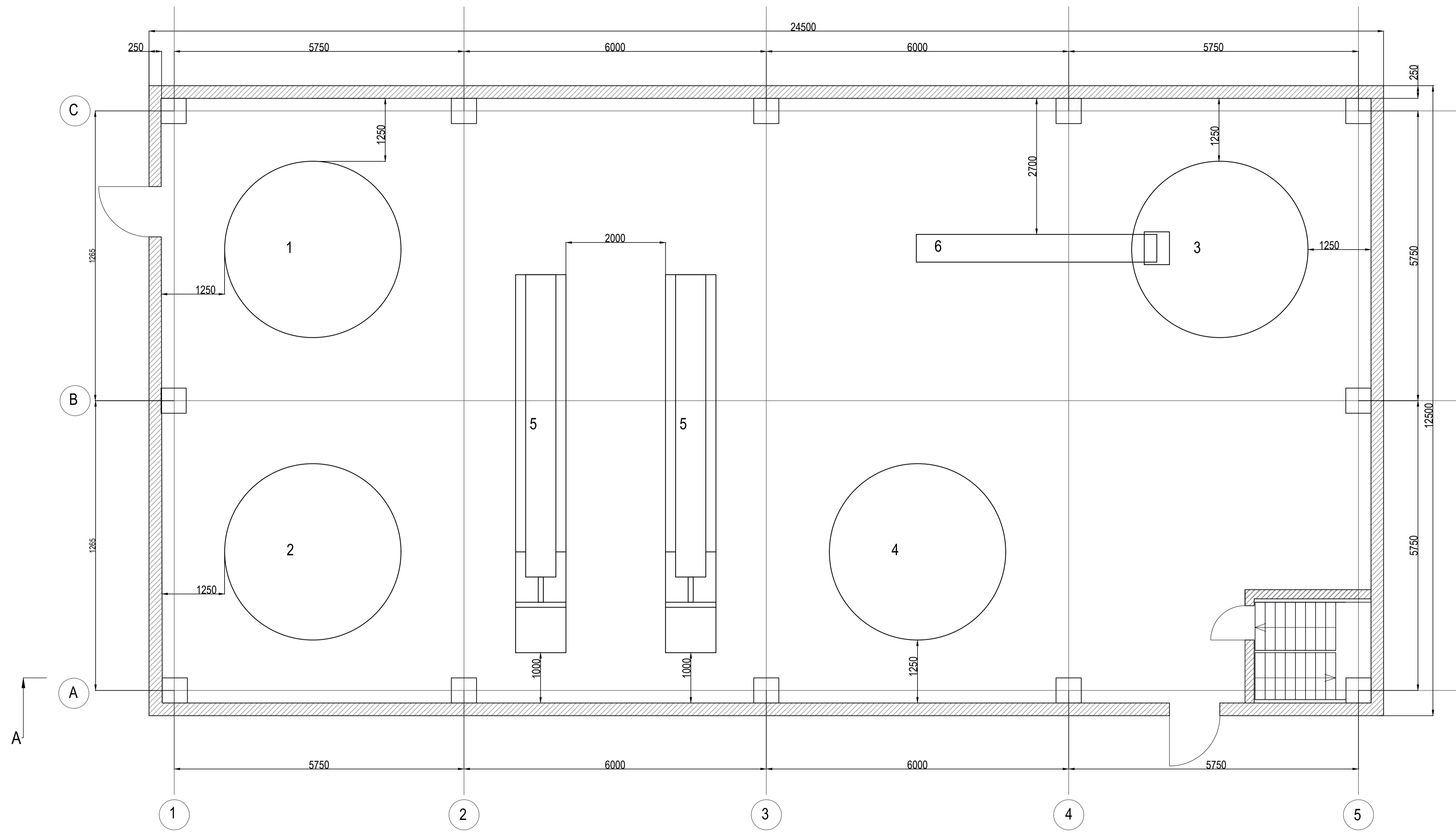


Betonas / asfaltas



Įvažiavimas / išvažiavimas

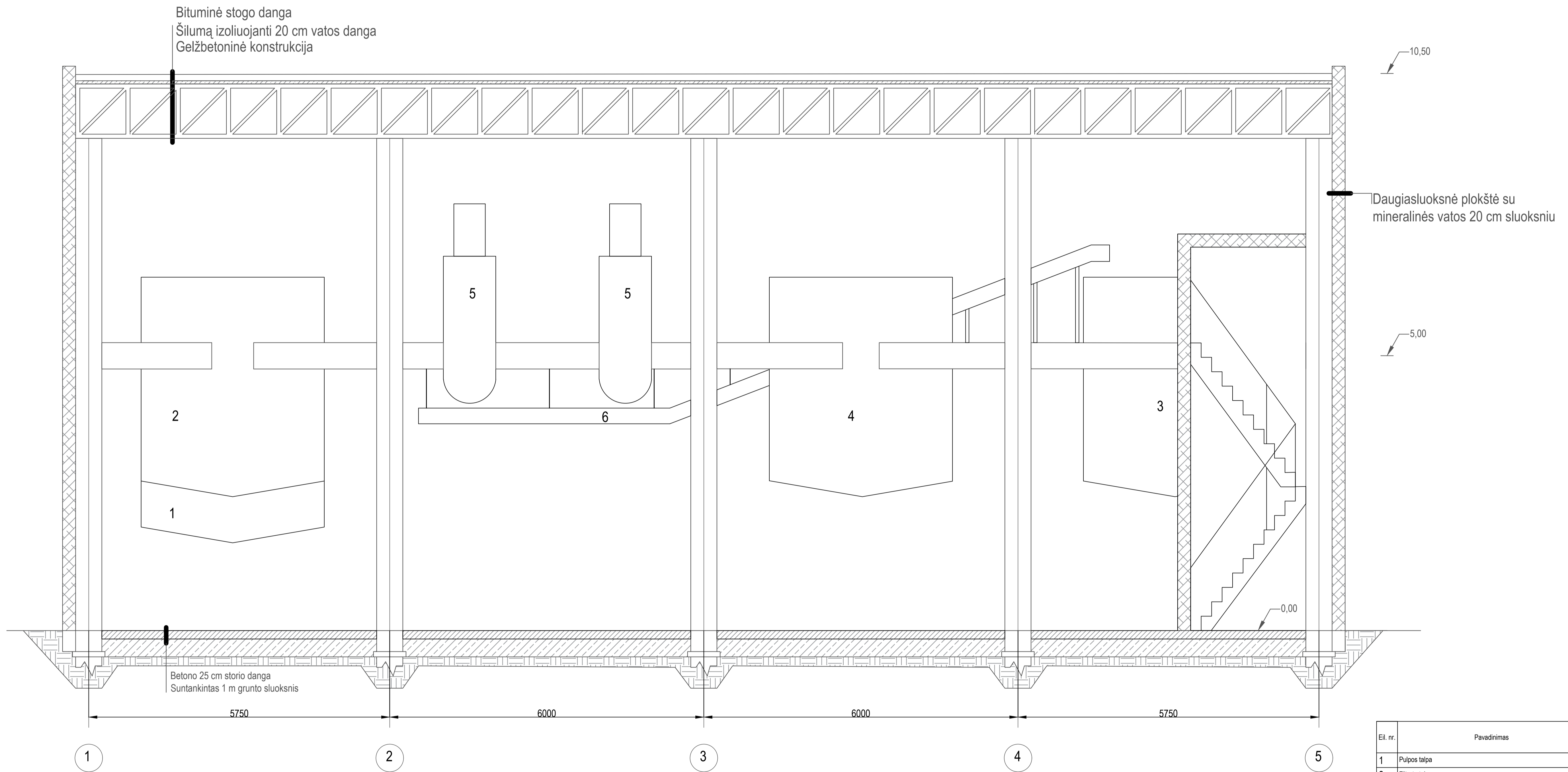
Grupė		KTU Cheminės technologijos fakultetas			Magistro baigiamasis darbas	
TMC-9	Pareigos	Vardas, Pavardė	Parašas	Data	Amonio dihidrofosfato gamybos proceso modifikavimas	
	Studentas	Lukas Pilipaitis		2021-05-21	Amonio dihidrofosfato gamybos skyriaus skylo planas	
	Vadovė	Rasa Paleckienė			Laida	A
	Recenzentė	Rasa Širinskienė			Lapas	1
	Konsultantė	Odeta Vilūnienė			Lapų	4
Pr. etapas	MBD				2021-MBD-FNCK	
	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas					



Eil. nr.	Pavadinimas	Žymuo	Kiekis
1	Pulpos talpa	1	1
2	Filtrato talpa	2	1
3	Nuosėdų tirpinimo talpa	3	1
4	Praskiestos azoto rūgšties talpa	4	1
5	Filtrpresai	5	2
6	Juostinis transporteris	6	1

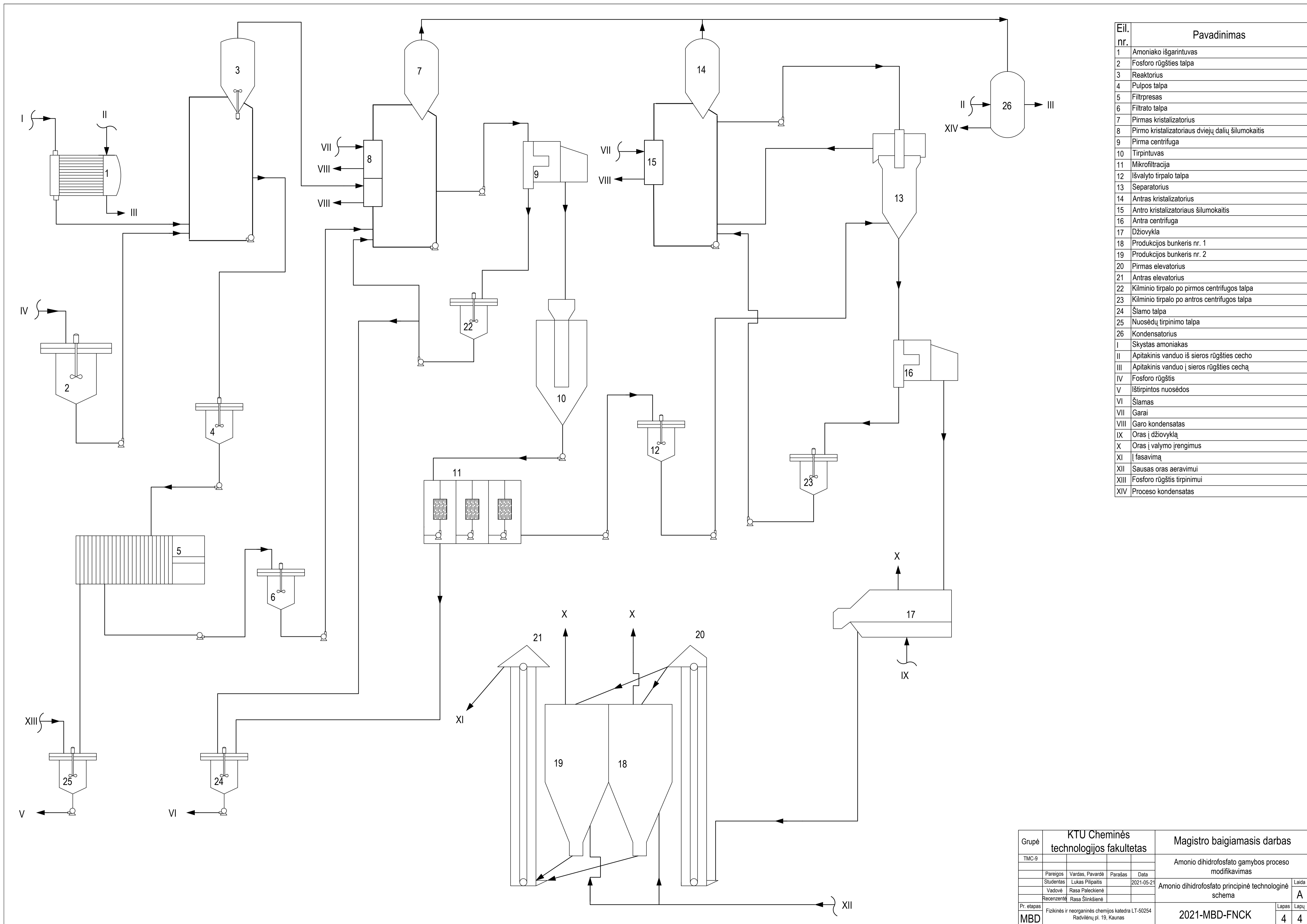
Grupė		KTU Cheminės technologijos fakultetas			Magistro baigiamasis darbas	
TMC-9	Pareigos	Vardas, Pavardė	Parašas	Data	Amonio dihidrofosfato gamybos proceso modifikavimas	
	Studentas	Lukas Filipaitis		2021-05-21	Filtrpreso gamybinių patalpų planas bei įrengimų išdėstymas	
	Vadovė	Rasa Paleckienė			Laida	A
	Recenzentė	Rasa Širinskienė			Lapas	2
	Konsultantė	Odeta Vilūnienė			Lapų	4
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas				2021-MBD-FNCK	
MBD						

A - A



Eil. nr.	Pavadinimas	Žymuo	Kiekis
1	Pulpos talpa	1	1
2	Filtrato talpa	2	1
3	Nuosėdų tirpinimo talpa	3	1
4	Praskiestos azoto rūgšties talpa	4	1
5	Filtrpresai	5	2
6	Juostinis transporteris	6	1

Grupė		KTU Cheminės technologijos fakultetas			Magistro baigiamasis darbas	
TMC-9	Pareigos	Vardas, Pavardė	Parašas	Data	Amonio dihidrofosfato gamybos proceso modifikavimas	
	Studentas	Lukas Filipaitis		2021-05-21	Filtrpreso technologinės linijos pjūvis	
	Vadovė	Rasa Paleckienė			Laida	A
	Recenzentė	Rasa Šinkšienė			Lapas	3
	Konsultantė	Odeta Vilūnienė			Lapų	4
Pr. etapas	MBD				Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas	2021-MBD-FNCK



Eil. nr.	Pavadinimas
1	Amoniaکو išgarintuvas
2	Fosforo rūgšties talpa
3	Reaktorius
4	Pulpos talpa
5	Filtrpresas
6	Filtrato talpa
7	Pirmas kristalizatorius
8	Pirmo kristalizatoriaus dviejų dalių šilumokaitis
9	Pirma centrifuga
10	Tirpintuvas
11	Mikrofiltracija
12	Išvalyto tirpalo talpa
13	Separatorius
14	Antras kristalizatorius
15	Antra kristalizatoriaus šilumokaitis
16	Antra centrifuga
17	Džiovykla
18	Produkcijos bunkeris nr. 1
19	Produkcijos bunkeris nr. 2
20	Pirmas elevatorius
21	Antras elevatorius
22	Kilminio tirpalo po pirmos centrifugos talpa
23	Kilminio tirpalo po antros centrifugos talpa
24	Šlamo talpa
25	Nuosėdų tirpinimo talpa
26	Kondensatorius
I	Skystas amoniakas
II	Apitakinis vanduo iš sieros rūgšties cecho
III	Apitakinis vanduo į sieros rūgšties cechą
IV	Fosforo rūgštis
V	Ištirpintos nuosėdos
VI	Šlamos
VII	Garai
VIII	Garų kondensatas
IX	Oras į džiovyklą
X	Oras į valymo įrengimus
XI	Į fasavimą
XII	Sausas oras aeravimui
XIII	Fosforo rūgštis tirpinimui
XIV	Proceso kondensatas

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
TMC-9			Amonio dihidrofosfato gamybos proceso modifikavimas	
Parėigos	Vardas, Pavardė	Parašas	Data	Amonio dihidrofosfato principinė technologinė schema
Studentas	Lukas Filipaitis		2021-05-21	
Vadovė	Rasa Paleckienė			
Recenzentė	Rasa Štinkšienė			
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas			2021-MBD-FNCK
MBD			Lapas	Lapų
			4	4