



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Biriųjų azoto fosforo trąšų su boru gamybos technologija

Baigiamasis magistro projektas

Edvinas Meižys

Projekto autorius

Doc. dr. Rasa Šlinkšienė

Vadovė

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Biriųjų azoto fosforo trąšų su boru gamybos technologija

Baigiamasis magistro projektas

Chemijos inžinerija (6211EX020)

Konsultantai:

Lekt. dr. Odeta Viliūnienė

Statybinių sprendimų

Prof. dr. Irena Pekarskienė

Finansinių ir ekonominių
skaičiavimų

Prof. dr. Gintaras Denafas

Aplinkosauginis vertinimas

Doc. dr. Dalia Nizevičienė

Darbuotojų saugos ir sveikatos

Edvinas Meižys

Projekto autorius

Doc. dr. Rasa Šlinkšienė

Vadovė

Doc. dr. Rasa Paleckienė

Recenzentė



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Edvinas Meižys

Biriųjų azoto fosforo trąšų su boru gamybos technologija

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

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

Edvinas Meižys

Patvirtinta elektroniniu būdu



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Tvirtinu:
Cheminės technologijos fakulteto dekanas
prof. dr. K. Baltakys

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

Dekano potvarkis Nr. V25-02-10, 2022 gegužės 16 d. 2022 m. vasario mėn. 3 d.

Baigiamojo magistro projekto užduotis

Projekto tema	Biriųjų azoto fosforo trąšų su boru gamybos technologija	
Darbo tikslas ir uždaviniai	<p>Darbo tikslas – įvertinant biriųjų azoto fosforo trąšų gamybos technologiją ir mikroelementų pridėjimo galimybes, pateikti šių trąšų praturtinimo boru racionalizacinius pasiūlymus.</p> <p>Darbo uždaviniai: atlikti mikroelementų poreikio ir pridėjimo į azoto fosforo trąšas būdų apžvalgą; ištirti boro įtaką biriųjų azoto fosforo trąšų gavimo procesui ir savybėms; suprojektuoti biriųjų azoto fosforo trąšų su boru gamybos technologiją; atsižvelgiant į siūlomus pakeitimus atlikti inžinerinės dalies skaičiavimus; atsižvelgiant į siūlomus pakeitimus atlikti statybinės ir ekonominės dalies skaičiavimus; aprašyti galimus aplinkos ir darbo profesinės rizikos veiksnius; grafinėje dalyje pateikti reikalingus (žemės sklypo plano, statinių, technologinės schemos ir pagrindinio aparato) A1 formato brėžinius.</p>	
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. dr. Rasa Šlinkšienė (vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas)	2022-03-03 (data)
Užduotį gavau:	<u>Edvinas Meižys</u> (studento vardas, pavardė)	<u>2022-03-03</u> (parašas, data)

Meižys, Edvinas. Biriųjų azoto fosforo trąšų su boru gamybos technologija. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Rasa Šlinkšienė; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: amonio dihidrofosfatas, granuliavimas, fosforo rūgštis, mikroelementai.

Kaunas, 2022. 86 p.

Santrauka

Magistro baigiamojo projekto tema – „Biriųjų azoto fosforo trąšų su boru gamybos technologija“. Pasirinkus plačiai naudojamas azoto fosforo trąšas – amonio dihidrofosfatą ir išnagrinėjus gamybos technologiją, buvo norima pagaminti patobulintas trąšas, kurių sudėtyje yra įterptas pasirinktas mikroelementas. Kadangi dirbamos žemės plotai nedidėja, bet sparčiai didėja pasaulyje gyvenančių žmonių skaičius, kuriuos reikia aprūpinti maistu, būtina užauginti kuo didesnę derlių, tačiau aprūpinus augalą tik pagrindinėmis maisto medžiagomis negausime gausaus derliaus, todėl svarbus yra augalo aprūpinimas mikroelementais ir jų įvedimas į pagrindinių trąšų sudėtį. Todėl norint įterpti mikroelementą buvo pasirinkta tai padaryti kristalinių trąšų granuliavimo metu. Sėkmės atveju, tai leistų kristalinėms trąšoms pakeisti išorinę formą, suteikti naujų savybių ir įvesti mikroelementą į jų sudėtį.

Darbe buvo tirta amonio dihidrofosfato sąveika su boraksu – medžiaga pasirinkta, kaip mikroelemento šaltinis, ir ar mišinys yra tinkamas granuluoti. Laboratorijos sąlygomis kristalinės trąšos buvo granuliuojamos būgniniu granuliatoriumi-džiovykla ir iširtos gauto produkto pagrindinės cheminės ir fizikinės savybės. Norint kokybiškai identifikuoti žaliavas ir susidariusio produkto cheminę sudėtį atlikta rentgeno spindulių difrakcinė analizė (RSDA). Žaliavų ir produkto terminiam stabilumui įvertinti atlikta vienalaikė terminė analizė (VTA). Identifikuoti funkcines grupes ir chemines jungtis esančias žaliavose ir produkte, įvertinti ar granuliavimo-džiovinimo procese nevyksta cheminės reakcijos ir nesusidaro nauji cheminiai ryšiai atlikta Furjė transformacijos infraraudonųjų spindulių spektroskopija (FTIR). Sugranuliuotų trąšų fizikinėms savybėms įvertinti atlikti 10 % tirpalo pH, drėgmės kiekio, piltinio tankio, granulių stiprio matavimai.

Tyrimo metu nustatyta, kad amonio dihidrofosfato su mikroelementu granuliometrinė sudėtis priklauso nuo naudojamo sauso krakmolo kiekio granuliavimo metu. Kristalinės trąšos efektyviausiai granuliuojasi, kai granuliuojama žaliava sudaryta iš kristalinių trąšų, mikroelemento, sauso krakmolo, 3 % krakmolo tirpalo ir tiesiogiai purškiamo vandens į granuliatorių.

Baigiamajame projektiniame darbe pateikta granuluoto amonio dihidrofosfato su mikroelementu gavimo technologijos schema, kurioje yra pagrindinis įrenginys būgninis granuliatorius-džiovykla, kurio apskaičiuoti pagrindiniai parametrai. Apskaičiuoti medžiagų ir šilumos balansai norint gauti toną produkto. Taip pat pateikta informacija darbuotojų saugos ir sveikatos klausimais, pastato planas su evakuaciniu planu, sklypo planas įmonės teritorijoje, pastato brėžiniai, inžineriniai sprendimai, apskaičiuoti naujojo produkto gamybai reikalingi finansiniai srautai ir pateiktas aplinkosauginis vertinimas.

Meižys, Edvinas. Technology of Production of Bulk Nitrogen Phosphorus Fertilizers with Boron. Master's Final Degree Project / supervisor doc. dr. Rasa Šlinkšienė; Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

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

Keywords: ammonium dihydrogen phosphate, granulation, phosphoric acid, micronutrient.

Kaunas, 2022. Number of pages 86.

Summary

The final Master's thesis theme – „Technology of Production of Bulk Nitrogen Phosphorus Fertilizers with Boron“. The choice of a widely used nitrogen phosphorus fertilizer, ammonium dihydrogen phosphate, and the study of the production technology, led to the development of improved fertilizers containing the selected trace element. As the area of arable land does not increase, but the number of people in the world who need to be fed is growing rapidly, it is necessary to grow as much as possible, but providing the plant with only the basic nutrients will not get a rich harvest, therefore it is important to provide the plant with microelements and their introduction into the composition of the main fertilizer. Therefore, in order to insert the microelement, it was chosen to do so during the granulation of the crystalline fertilizer. If successful, this would allow the crystalline fertilizer to change its external shape, give new properties and introduce a trace element into its composition.

The interaction of ammonium dihydrogen phosphate with borax was investigated - the substance was selected as a source of trace element and whether the mixture is suitable for granulation. Under laboratory conditions, the crystalline fertilizer was granulated in a drum dryer-granulator and the main chemical and physical properties of the obtained product were investigated. X-ray diffraction analysis was performed to qualitatively identify the raw materials and the chemical composition of the resulting product. Simultaneous thermal analysis was performed to evaluate the thermal stability of the raw materials and the product. Fourier transform infrared spectroscopy was performed to identify the functional groups and chemical bonds present in the raw material and product, to assess whether a chemical reaction takes place in the granulation-drying process and no new chemical bonds are formed. To evaluate the physical properties of granular fertilizers, the pH, moisture content, bulk density and granule strength of the 10 % solution were measured.

The granulometric composition of ammonium dihydrogen phosphate with a trace element was found to be dependent on the amount of dry starch used during granulation. Crystalline fertilizers are most efficiently granulated when the raw material to be granulated consists of crystalline fertilizer, microelement, dry starch, 3 % starch solution and water sprayed directly into the granulator.

The final design work presents a scheme of the technology for the production of granular ammonium dihydrogen phosphate with a trace element, in which the main unit is a drum granulator-dryer, the main parameters of which are calculated. Material and heat balances were calculated to obtain a ton of product. Information on occupational safety and health, a plan of the building with an evacuation plan, a plan of the site on the site, building drawings, engineering solutions, an estimate of the financial flows required to produce the new product and an environmental assessment are also provided.

Turinys

Lentelių sąrašas	9
Paveikslų sąrašas	11
Santrumpų ir terminų sąrašas	13
Įvadas.....	14
1. Literatūros apžvalga	15
1.1. Augalų maisto medžiagų poveikis.....	15
1.2. Mikroelementų druskos	16
1.3. Mikroelementų chelatai	16
1.4. Amonio dihidrofosfato ir mikroelementinių trąšų rinka	17
1.5. Priedų įtaka amonio dihidrofosfato kristalizacijai.....	21
1.6. MAP trąšų įtaka augalams.....	24
1.7. Gryno amonio dihidrofosfato ir su mikroelementais gamybos technologijos.....	25
2. Tiriamoji dalis.....	30
2.1. Granuliavimo pagrindai	30
2.2. Naudotos medžiagos ir metodikos.....	31
2.2.1. Pradinių medžiagų charakteristika	31
2.2.2. Bandinio paruošimas	31
2.2.3. MAP granuliavimas.....	31
2.2.4. Instrumentiniai, cheminiai, fizikiniai analizės metodai.....	32
2.3. Rezultatai ir jų aptarimas	32
2.3.1. Amonio dihidrofosfato su boru granuliavimas.....	32
3. Inžinerinė dalis.....	46
3.1. Amonio dihidrofosfato gamybos cheminiai pagrindai	46
3.2. Amonio dihidrofosfato gamybos technologinė schema ir jos aprašas	46
3.2.1. Žaliavų sandėliavimas, tiekimas, paruošimas reakcijai.....	48
3.2.2. Fosforo rūgšties neutralizacija dujiniu amoniaku ir priemaišų atskyrimas	48
3.2.3. MAP tirpalo kristalizacija ir centrifugavimas	48
3.2.4. MAP pulpos džiovinimas	49
3.2.5. Džiovinimo dujų valymas.....	50
3.2.6. Produkcijos saugojimas, fasavimas	50
3.3. Amonio dihidrofosfato gamybos pagrindinių įrenginių specifikacijos	50
3.4. Medžiagų ir šilumos srautų skaičiavimai monoamonio fosfato granuliuotuvėje	51
3.5. Šilumų balansas	54
3.6. Statybiniai sprendimai	56
3.6.1. Bendroji dalis.....	56
3.6.2. Sklypo planas.....	57
3.6.3. Projektuojamo pastato sprendimai	57
3.6.4. Statinio architektūrinė, konstrukcinė sandara.....	58
3.7. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai.....	58
3.7.1. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai	58
3.7.2. Produkcijos gamybos apimtys planavimas.....	60
3.7.3. Gamybos kaštai	60
3.7.4. Išlaidos energijai.....	60
3.7.5. Veiklos kaštai	63
3.7.6. Finansinės ir investicinės sąnaudos	64

3.7.7. Gaminių kainos skaičiavimas	64
3.7.8. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai.....	65
3.7.9. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai.....	69
3.8. Aplinkosauginis vertinimas	70
3.8.1. Bendroji dalis.....	70
3.8.2. Žaliavų naudojimas	71
3.8.3. Apibendrinimas	73
4. Darbuotojų sauga ir sveikata	74
4.1. Projektuojamo objekto charakteristika	74
4.2. Profesinės rizikos vertinimas.....	74
4.3. Saugi gamyba	78
4.4. Gaisrinė sauga	80
Išvados	82
Literatūros sąrašas	83
Mokslinių ir kitų publikacijų bei darbų sąrašas	87
Priedai.....	88
1 priedas. Borakso, krakmolo ir MAP VTA kreivės: 1 – TG; 2 – DSK	88
2 priedas. Krakmolo, kristalinio MAP, borakso FTIR kreivės.....	89
3 priedas. Kristalinio MAP, borakso, krakmolo RSDA kreivės.....	90
4 priedas. Įrenginių specifikacijos	91
5 priedas. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms	94
6 priedas. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui.....	95
7 priedas. Tiesioginės išlaidos elektros energijai	97
8 priedas. Gamybos kaštai	98
9 priedas. Projekto finansiniai ekonominiai rodikliai.....	99
10 priedas. Amonio dihidrofosfato su mikroelementu gamybos technologinė schema	100
11 priedas. Būgninio granulatoriaus-džiovyklos brėžinys	100
12 priedas. Gamybinės patalpos planas ir įrenginių išdėstymas	100
13 priedas. Gamybinės patalpos linijinis pjūvis	100
14 priedas. Technologinės linijos sklypo planas	100

Lentelių sąrašas

1.1 lentelė. Mikroelementai ir jų funkcijos augaluose [5]	15
1.2 lentelė. Plačiausiai naudojamų mikroelementinių medžiagų sąrašas [5]	16
1.3 lentelė. MAP trąšų fizikinės cheminės savybės prieš ir po gryninimo [27].....	24
2.1 lentelė. Smulkinto granuliuoto MAP frakcinė sudėtis prieš granuliavimą	33
2.2 lentelė. Smulkinto granuliuoto MAP granuliavimo sąlygos	33
2.3 lentelė. Kristalinio amonio dihidrofosfato frakcinė sudėtis	34
2.4 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai naudojamas rišiklis – vanduo	34
2.5 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai naudojamas rišiklis – 1 % krakmolo tirpalas	35
2.6 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai naudojamas rišiklis – 3 % krakmolo tirpalas	35
2.7 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai naudojamas rišiklis – 3 % krakmolo tirpalas ir purškiamas H ₂ O	36
2.8 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai purškiamas vanduo, naudojamas 3 % krakmolo tirpalas ir sausas krakmolas	37
2.9 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai purškiamas H ₂ O, naudojamas 3 % krakmolo tirpalas ir sausas krakmolas	38
2.10 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai purškiamas H ₂ O, naudojamas 3 % krakmolo tirpalas, sausas krakmolas ir 10 % returo	39
2.11 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai purškiamas H ₂ O, naudojamas 3 % krakmolo tirpalas, sausas krakmolas ir 30 % returo	40
2.12 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai purškiamas H ₂ O, naudojamas 3 % krakmolo tirpalas, sausas krakmolas ir 50 % returo	40
2.13 lentelė. Sugranuliuotų trąšų fizikinės-cheminės savybės.....	42
2.14 lentelė. Sugranuliuotų bandinių granulių stipris	42
3.1 lentelė. Medžiagų balansas granuliatoriuje	52
3.2 lentelė. Žaliavų charakteristikos.....	54
3.3 lentelė. Šilumos srautų balansas granuliatoriuje	56
3.4 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai	57
3.5 lentelė. Pradiniai duomenys projektavimui	57
3.6 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai.....	58
3.7 lentelė. Technologinių įrengimų vertė	59
3.8 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis.....	59
3.9 lentelė. Produkcijos gamybos apimtys planavimas.....	60
3.10 lentelė. Tiesioginės išlaidos šiluminei energijai.....	60
3.11 lentelė. Netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui.....	61
3.12 lentelė. Netiesioginės išlaidos vandeniui	61
3.13 lentelė. Netiesioginės išlaidos gamybinių patalpų šildymui	61
3.14 lentelė. Netiesioginės išlaidos apšvietimui	62
3.15 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija).....	62
3.16 lentelė. Netiesioginių gamybos išlaidų sąmata	62
3.17 lentelė. Veiklos sąnaudos	63
3.18 lentelė. Veiklos sąnaudų paskirstymas.....	64
3.19 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas	64

3.20 lentelė. Gaminių kainų apskaičiavimas.....	65
3.21 lentelė. Įmonės pelno ataskaita, tūkst. Eur.....	65
3.22 lentelė. Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita.....	66
3.23 lentelė. Lūžio taško skaičiavimas.....	69
3.24 lentelė. Duomenys apie naudojamas žaliavas [36]	71
3.25 lentelė. Duomenys energetinėms reikmėms.....	72
3.26 lentelė. Fizikinės taršos šaltiniai [37].....	72
3.27 lentelė. Atliekos, atliekų tvarkymas [38]	72
3.28 lentelė. Aplinkos oro šaltinių fiziniai duomenys [39].....	73
3.29 lentelė. Išmetamųjų dujų valymo įrenginiai ir kitos taršos prevencijos priemonės [39]	73
4.1 lentelė. Profesinės rizikos veiksniai [40]	74
4.2 lentelė. Profesinė rizikos vertinimas [40]	75
4.3 lentelė. Profesinės rizikos veiksniai ir jų kiekybinis įvertinimas [40, 41, 42, 43]	76
4.4 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai [45].....	78
4.5 lentelė. Išorinių įrenginių ir pastatų kategorijos pagal sprogumo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonos [45]	78
4.6 lentelė. Šiluminis komfortas [46].....	79
4.7 lentelė. Cheminių medžiagų profesinio poreikio ribiniai dydžiai [47]	79
4.8 lentelė. Gaisro klasė ir ugnį gesinanti medžiaga [45]	80

Paveikslų sąrašas

1.1 pav. Chelato susidarymas [6]	16
1.2 pav. Maisto medžiagų išskyrimas augale [6]	17
1.3 pav. Amonio dihidrofosfato gamyba, t (2010–2017 m.) [11]	18
1.4 pav. Pasaulinė amonio dihidrofosfato gamyba 2019 m. [14].....	18
1.5 pav. Trašų su ME rinka Europoje 2019 m. [15].....	19
1.6 pav. Pasaulinė ME rinka pagal jų formą, 2018–2025 m. [18]	20
1.7 pav. Pasaulinė ME rinka pagal tipą, 2018–2025 m. [18].....	21
1.8 pav. Pasaulinė ME rinka pagal pasėlių tipą, 2018–2025 m. [18].....	21
1.9 pav. MAP tirpumas įvairiose priedų koncentracijose, esant 45 °C temperatūrai [23]	22
1.10 pav. MAP pH kitimas, esant įvairioms priedų koncentracijoms, 45 °C temperatūroje [23].....	23
1.11 pav. MAP metastabilios zonos pločio kitimas, esant skirtingoms priedų koncentracijoms, 45 °C temperatūroje [23]	23
1.12 pav. MAP kristalizacinių centrų susidarymo trukmė, esant skirtingoms priedų koncentracijoms, 45 °C temperatūroje [23]	24
1.13 pav. Sunkiųjų metalų koncentracija pomidorų derliuje, esant skirtingoms išgryninto ir neišgryninto MAP koncentracijoms. Kontrolinis – 0 g/l negryninto MAP ir 0 g/l gryninto MAP; T1 – 0,5 g/l negryninto MAP; T2 – 0,5 g/l gryninto MAP; T3 – 1 g/l negryninto MAP; T4 – 1 g/l gryninto MAP; T5 – 2 g/l negryninto MAP; T6 – 2 g/l gryninto MAP [27]	25
1.14 pav. Amonio dihidrofosfato gamybos, naudojant neutralizatorių, technologinė schema [10] .	26
1.15 pav. Granuliuoto amonio fosfato su mikroelementais technologinė schema [30].....	28
1.16 pav. Vamzdinis kryžminis reaktorius [30]	29
2.1 pav. Aglomeracija [31].....	30
2.2 pav. Būgninis granulatorius-džiovykla	31
2.3 pav. Sugranuliuotų trašų granulimetrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas H ₂ O kiekis: 1 – 10,0 %; 2 – 12,5 %; 3 – 13,5 %; 4 – 13,75 %; 5 – 14,25 %; 6 – 15,0 %	33
2.4 pav. Sugranuliuoto kristalinio MAP granulimetrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas H ₂ O kiekis: 1 – 10,0 %; 2 – 15,0 %; 3 – 20,0 %	34
2.5 pav. Sugranuliuoto kristalinio MAP granulimetrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas drėgmės kiekis, 1 % krakmolo tirpalo pavidale: 1 – 5,0 %; 2 – 12,5 %; 3 – 17,5 %; 4 – 20,0 %; 5 – 25,0 %	35
2.6 pav. Sugranuliuoto kristalinio MAP granulimetrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas drėgmės kiekis, 3 % krakmolo tirpalo pavidale: 1 – 15,0 %; 2 – 16,5 %; 3 – 20,0 %.....	36
2.7 pav. Sugranuliuoto kristalinio MAP trašų granulimetrinė sudėtis, kai 1,6 ml/min purškta H ₂ O, naudotas sausas krakmolas ir 3 % krakmolo tirpalo skirtingas kiekis: 1 – 5,0 %; 2 – 7,5 %; 3 – 10,0 %	37
2.8 pav. Sugranuliuoto kristalinio MAP trašų granulimetrinė sudėtis, kai 2,4 ml/min purškta H ₂ O, naudotas 12,5 % krakmolo tirpalo (3 % koncentracijos) kiekis ir skirtingas sauso krakmolo kiekis: 1 – 7,5 %; 2 – 8,5 %; 3 – 10,0 %; 4 – 12,5 %	38
2.9 pav. Sugranuliuoto kristalinio MAP trašų granulimetrinė sudėtis, kai naudota 10 % sauso krakmolo, 10 % returo ir skirtingas 3 % krakmolo tirpalo kiekis: 1 – 12,5 %; 2 – 15,0 %; 3 – 16,0 %; 4 – 17,5 %	39
2.10 pav. Sugranuliuoto kristalinio MAP trašų granulimetrinė sudėtis, kai naudota 10 % sauso krakmolo, 30 % returo ir skirtingas 3 % krakmolo tirpalo kiekis: 1 – 15,0 %; 2 – 17,5 %; 3 – 19,0 %	40

2.11 pav. Sugranuliuoto kristalinio MAP trąšų granulimetrinė sudėtis, kai naudota 10 % sauso krakmolo, 50 % returo ir skirtingas 3 % krakmolo tirpalo kiekis: 1 – 17,5 %; 2 – 20,0 %; 3 – 21,0 %; 4 – 22,5 %	41
2.12 pav. Sugranuliuoto produkto VTA kreivės: 1 – TG; 2 – DSK.....	43
2.13 pav. Sugranuliuoto produkto FTIR kreivė	44
2.14 pav. Sugranuliuoto produkto RSDA kreivė	45
3.1 pav. Granuliuoto amonio dihidrofosfato praturtintu mikroelementu gamybos technologinė schema	47
3.2 pav. Lūžio taškas.....	69
3.3 pav. Planuojamo pastato rekonstrukcijos vieta	70
4.1 pav. Evakuacinis planas	80

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrumpos:

ME – mikroelementas

EDTA – etilendiamintetraacto rūgštis

DTPA – dietilentriaminpentaacto rūgštis

HEDTA – hidroksietilendiamintriacto rūgštis

EDDHA – etilendiaminacto rūgštis

MAP – amonio dihidrofosfatas (monoamonio fosfatas)

DAP – amonio hidrofosfatas (diamonio fosfatas)

FTIR – Furjė transformacijos infraraudonųjų spindulių spektroskopija

RSDA – rentgeno spindulių difrakcijos analizė

VTA – vienalaikė terminė analizė

Įvadas

Norint užtikrinti maksimalų derlių reikia ne tik aprūpinti augalą pagrindinėmis maisto medžiagomis, bet ir mikroelementais. Nors mikroelementų augalui reikia nedidelio kiekio, bet jų trūkumas gali riboti gausų derlių ir joks kito mikroelemento trūkumas negali būti pakeistas kitu. Didėjantis gyventojų skaičius pasaulyje, būtinybė didinti užauginamą derlių skatina trąšų pramonę tobulinti gaminamus ir į rinką išleidžiamus naujus produktus. Todėl gamintojai ieško naujų būdų, kaip ūkininkams palengvinti darbą ir užtikrinti maksimalų derlių. Amonio dihidrofosfatas – labai gerai vandenyje tirpios, be priemaišų, azoto fosforo trąšos. Azotas yra sudėtinė baltymų, chlorofilo, fermentų, hormonų, vitaminų, ribonukleino ir dezoksiribonukleino rūgšties sudėtinė dalis. Fosforas atsakingas už organinių medžiagų sintezę ir medžiagų apykaitą. Boras būtinas ląstelės sienelių formavimuisi, augalo vystymuisi ir maisto medžiagų pasisavinimui pagerinti.

Užtikrinti augalą pagrindinėmis maisto medžiagomis į rinką yra realizuojamas naujas produktas, kurio sudėtyje nėra natrio, chloro, sunkiųjų metalų ir kitų priemaišų, pasižymi geru tirpumu vandenyje granuluotos amonio dihidrofosfato su boru trąšos. Šios trąšos gaminamos naudojant fosforo rūgštį ir amoniaką, reakciją vykdant reaktoriuje-neutralizatoriuje ir kristalizatoriuje susidarant kristalinėms trąšoms, kurios granuliuojamos būgniniame granuliaciniame reaktoriuje-džiovykloje praturtinant mikroelementu.

Darbo tikslas – įvertinant biriųjų azoto fosforo trąšų gamybos technologiją ir mikroelementų pridėjimo galimybes, pateikti šių trąšų praturtinimo boru racionalizacinius pasiūlymus.

Darbo uždaviniai:

1. atlikti mikroelementų poreikio ir pridėjimo į azoto fosforo trąšas būdų apžvalgą;
2. ištirti boro įtaką biriųjų azoto fosforo trąšų gavimo procesui ir savybėms;
3. suprojektuoti biriųjų azoto fosforo trąšų su boru gamybos technologiją;
4. atsižvelgiant į siūlomus pakeitimus atlikti inžinerinės dalies skaičiavimus;
5. atsižvelgiant į siūlomus pakeitimus atlikti statybinės ir ekonominės dalies skaičiavimus;
6. aprašyti galimus aplinkos ir darbo profesinės rizikos veiksnius;
7. grafinėje dalyje pateikti reikalingus (žemės sklypo plano, statinių, technologinės schemos ir pagrindinio aparato) A1 formato brėžinius.

1. Literatūros apžvalga

1.1. Augalų maisto medžiagų poveikis

Pagrindinės augalų maisto medžiagos yra azotas (N), fosforas (P) ir kalis (K), vadinami NPK. Svarbiausia trąšose naudojama azoto žaliava yra amoniakas (NH_3), o fosforo ir kalio žaliavos yra įvairios mineralinės uolienos, kurios išgaunamos tiesiogiai iš gamtos [1].

Azotas yra sudėtinė baltymų, chlorofilo, fermentų, hormonų, vitaminų, ribonukleino ir dezoksiribonukleino rūgšties sudėtinė dalis. Didžiausia dalis (90 %) azoto tenka baltymams, kurių trūkumas sustabdo ląstelių dalijimąsi ir augalo augimą. Tręšiant mažomis normomis, padidėja tik augalų derlius, bet baltymų kiekis nedidėja ir produkcijos kokybė negerėja [2].

Fosforas ir jo junginiai yra būtini visiems gyviems organizmams, be jo negali egzistuoti ne tik augalai, bet ir mikroorganizmai. Augaluose fosforas atlieka svarbų vaidmenį organinių medžiagų sintezėje ir medžiagų apykaitoje. Augaluose jis būna neorganinio ir organinio pavidalo, svarbiausia fosforo dalis, kuri būna organiniuose junginiuose, t. y. nukleino rūgštyse, nepakeičiamose svarbiausiuose augalų gyvybinės veiklos procesuose: paveldimumo, baltymų sintezės ir t. t. [2].

Mikroelementai (ME) yra mineralai, esantys augalų ir gyvūnų audiniuose, nors jų reikia nedideliais kiekiais, tačiau mitybos požiūriu jie visi yra būtini [3]. Yra 6 pagrindiniai augalams būtini mikroelementai: boras (B), cinkas (Zn), manganas (Mn), geležis (Fe), varis (Cu), molibdenas (Mo). Jie sudaro mažiau nei 1 % sauso augalo masės [4]. 1.1 lentelėje pateiktos šių elementų funkcijos augaluose.

1.1 lentelė. Mikroelementai ir jų funkcijos augaluose [5]

Mikroelementas	Funkcijos augaluose
Boras	Būtinai ląstelių sienelių formavimuisi, sparčiam augalo vystymuisi, pagerina maisto medžiagų pasisavinimą.
Cinkas	Dalyvauja baltymų sintezėje ir augimo procesuose, atsakingas už hormonų gavimą.
Manganas	Atlieka svarbų vaidmenį fotosintezėje, dalyvauja chlorofilo sintezėje, pagreitina daigumą ir vystymąsi, padidina fosforo ir kalcio prieinamumą.
Geležis	Būtinai pasėlių augimui, taip pat yra daugelio fermentų, susijusių su energijos perdavimu, azoto fiksacija, komponentas; chlorofilo susidarymo katalizatorius.
Varis	Aktyvina fermentus, katalizuoja augalų augimo reakcijas, užtikrina baltymų sintezę, būtinai chlorofilo susidaryme.
Molibdenas	Svarbus fermentacijos procesuose, azoto fiksavimui.

Augalo vystimosi procese labai svarbus fiziologinis ir agrocheminis ME vaidmuo. Mikroelementų reikšmę augalų gyvybiniams procesams lemia jų atomų sandara. Daugelis mikroelementų yra aktyvūs katalizatoriai dėl esančio nelyginio elektronų skaičiaus atomų orbitose, dėl to jie lengvai prisijungia arba atiduoda elektronus cheminėse reakcijose [2].

Labiausiai ME trūkumas pasireiškia intensyvios žemdirbystės sąlygomis, kai ilgą laiką naudojamos didelės mineralinių trąšų normos. Dažniausiai tokia situacija susidaro lengvame priemolio ir priemolio, durpiniame dirvožemyje, laistomuose plotuose. Tokiomis sąlygomis augalai itin greitai

teigiamai reaguoja į mikroelementų trąšas. ME vaidmuo itin svarbus uždareme grunte auginamiems augalams, taip pat pagal intensyvias technologijas auginamiems augalams [2].

1.2. Mikroelementų druskos

Tradiciškai žemdirbystėje yra naudojamos boro, mangano, molibdeno, geležies, vario ir cinko trąšos, kurios iš esmės yra gana koncentruotos mikroelementų druskos (žr. 1.2 lentelę), gerai tirpstančios vandenyje, todėl dažnai naudojamos papildomam augalų tręšimui per lapus, sėklų mirkymui [5].

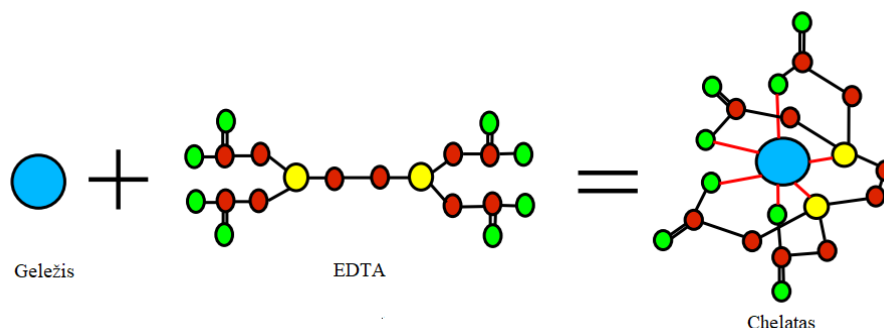
1.2 lentelė. Plačiausiai naudojamų mikroelementinių medžiagų sąrašas [5]

Mikroelementas	Cheminio junginio pavadinimas	Veikliosios medžiagos koncentracija, %
Boras	Boro rūgštis	17
	Natrio boratas	11
Cinkas	Cinko sulfatas	22
Manganas	Mangano sulfatas	31
	Kalio permanganatas	35
Geležis	Geležies sulfatas	21–24
	Geležies chelatas	iki 13
Varis	Vario sulfatas	24
Molibdenas	Molibdeno rūgštis	53
	Amonio molibdatas	54
	Natrio amonio molibdatas	36

Mikroelementų koncentracijos, reikalingos augalams, yra gana skirtingos ir priklauso nuo augalo rūšies, naudojimo būdo bei dirvožemio aprūpinimo. Jos yra reglamentuotos tręšiamųjų produktų reglamente.

1.3. Mikroelementų chelatai

Chelatiniai ME trąšų technologijoje tai neorganinės maisto medžiagos, kurias uždaro organinė kompleksadario molekulė. 1.1 paveiksle parodyta, kaip maisto medžiaga, pvz., geležis, susijungia su etilendiamintetraacto rūgštimi (EDTA) ir sudaro chelatą:

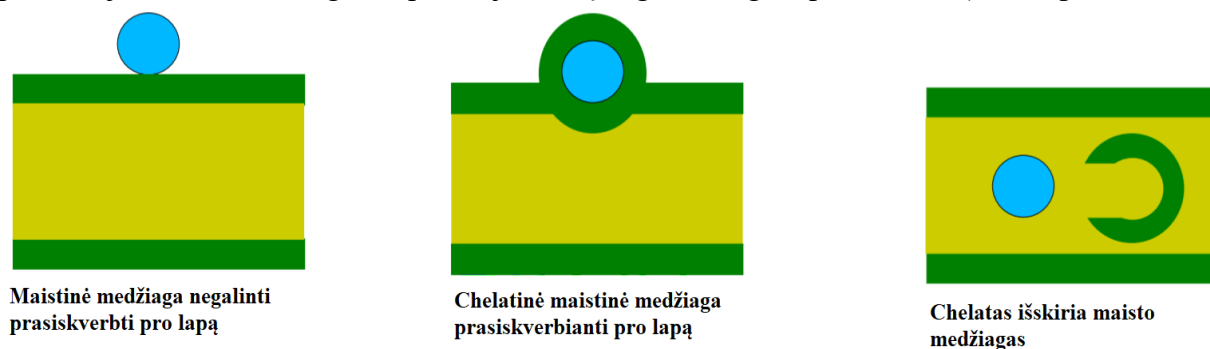


1.1 pav. Chelato susidarymas [6]

EDTA yra geras chelatinis agentas, susidedantis iš dviejų amino ir keturių karboksi grupių, kurios gali būti naudojamos kaip metalo jonų jungimosi vietos. EDTA beveik su visais metalų jonais gali

sudaryti stabilius ir vandenyje tirpius junginius. EDTA apsupa bet kurį mikroelementą, šiuo atveju – geležį, ir su juo sudaro silpnus ryšius, suteikdami maisto medžiagai organinę dangą [7].

Chelatai dažniausiai naudojami šarminiame dirvožemyje. Esant aukštam pH, geležis, manganas, cinkas ir varis reaguoja su dirvos tirpale esančiais jonais ir sudaro netirpius junginius, kurie yra neprieinami augalams. Organinė chelato danga neleidžia šioms reakcijoms vykti. Augalų šaknys įsisavina chelatinį junginį, o šis augale išskiria maisto medžiagas. Chelato pavidalo mikroelementais taip pat galima tręšti augalus per lapus. Augalų lapai yra padengti vaško sluoksniu, kuris neleidžia augalui išdžiūti. Iš kitos pusės, šis vaškas neleidžia prasiskverbti vandeniui ir neorganinėms maisto medžiagoms į augalo vidų, todėl neorganinių medžiagų pasisavinimo greitis būna mažas, tačiau organinės molekulės gali prasiskverbti pro vaško sluoksnį ir augalo vidų. Patekęs į augalą, chelatas atpalaiduoja maisto medžiagas taip, kad jos būtų augalui lengvai prieinamos (žr. 1.2 pav.) [6].



1.2 pav. Maisto medžiagų išskyrimas augale [6]

Organinių ir neorganinių maisto medžiagų ryšys turi būti pakankamai stiprus, kad tinkamai surištu maisto medžiagas, tačiau turi būti pakankamai silpnas, kad atpalaiduotų maisto medžiagas patekimo į augalą metu. Yra žinoma, kad ne visos maisto medžiagos ir ne visi mikroelementai gali būti chelatinio pavidalo. Geležis, cinkas, varis, manganas, kalcis ir magnis gali būti chelatinio pavidalo, o kiti – ne.

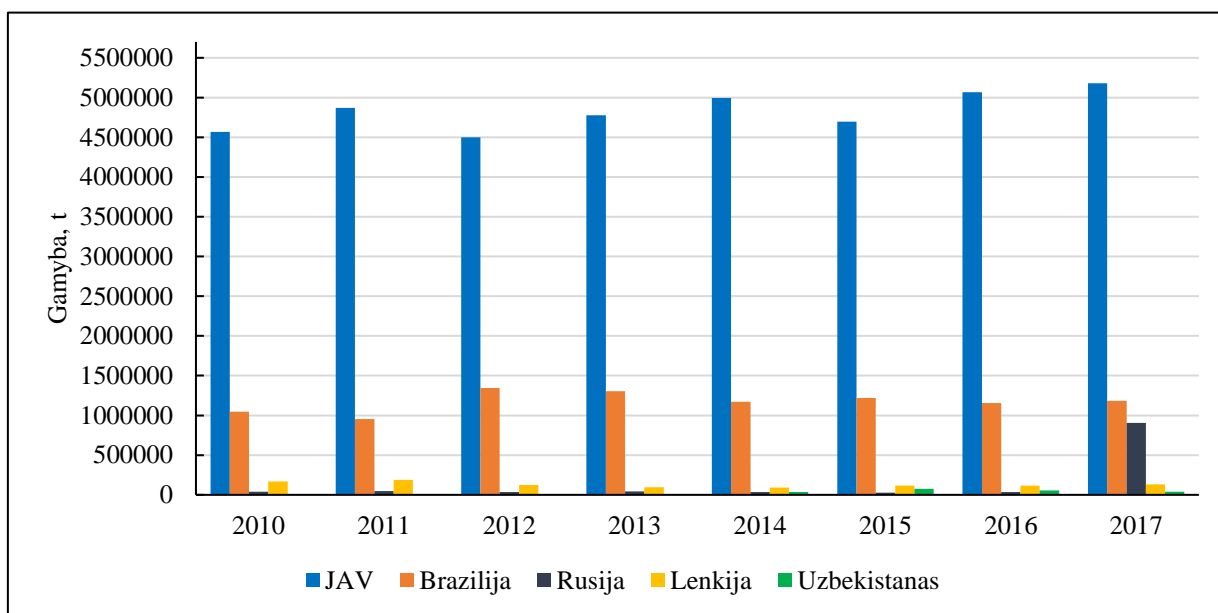
Be EDTA, kuri yra labiausiai paplitusi chelatinė medžiaga, naudojama tręšimui per lapus ir tiesiogiai į dirvožemį, dar žinoma dietilentriaminpentaacto rūgštis (DTPA), kuri taip pat daugiausia naudojama chelatams gauti ir naudoti šarminiuose dirvožemiuose. DTPA yra efektyvesnė nei EDTA, tačiau ir brangesnė. Geležies chelatai, pagaminti su hidroksietilendiamintriacto rūgštimis (HEDTA) ir etilendiaminacto rūgštimi (EDDHA) yra efektyviausios mikroelementinės geležies trąšos aukšto pH dirvožemyje, bet yra ir pačios brangiausios [6]. Apskritai, geležis yra dažniausiai chelatuojamas ME iš visų.

1.4. Amonio dihidrofosfato ir mikroelementinių trąšų rinka

Monoamonio fosfatas (MAP) – visiškai tirpios vandenyje, kristalinės, birios, koncentruotos azoto- fosforo trąšos. Jų sudėtyje nėra natrio, chloro ir sunkiųjų metalų. Šios trąšos pasižymi hidrofilinėmis savybėmis, t. y. lengvai sugeria drėgmę iš aplinkos [8, 9].

Daugiausiai amonio dihidrofosfatą gaminančios šalys yra JAV, Brazilija, Rusija, Lenkija ir Uzbekistanas (žr. 1.3 pav.). Viena iš didžiausių amonio dihidrofosfatą gaminančių šalių pasaulyje yra Jungtinės Amerikos Valstijos. 2017 m. JAV MAP gamyba buvo 5,18 milijono tonų, tai sudaro 69,38 % visos pasaulinės amonio dihidrofosfato produkcijos. Apskaičiuota, kad 2017 m. pasaulyje pagaminta 7,47 milijono tonų MAP. Nuo 2016 m. amonio dihidrofosfato gamyba augo dideliu mastu,

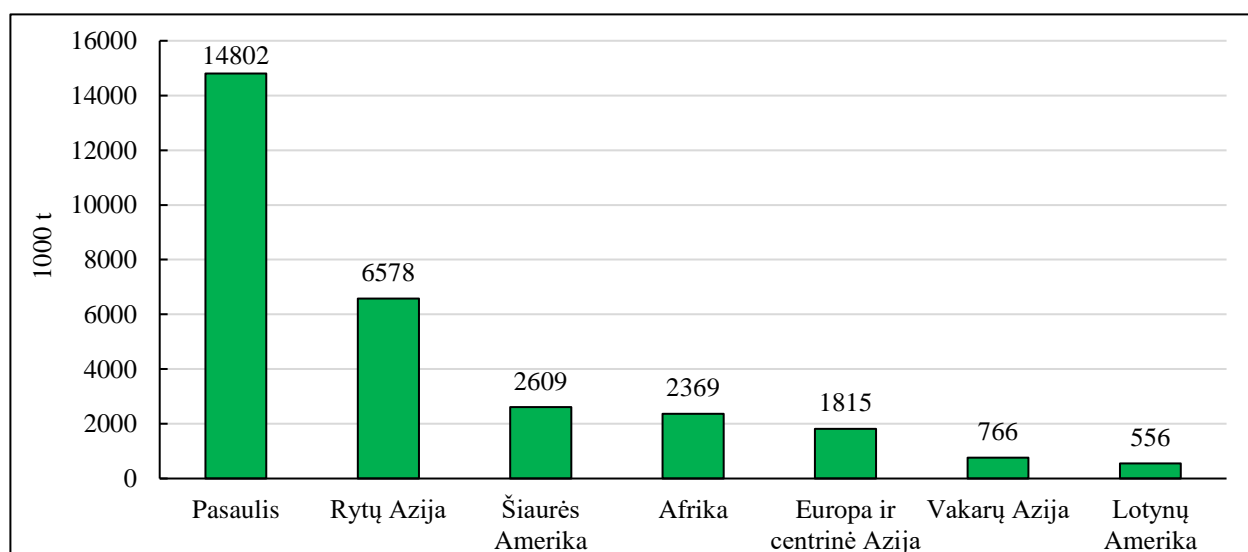
didelis gamybos šuolis matomas Rusijoje, kai per metus gamybos našumas padidėjo 26 kartus, t. y. nuo 34 tūkst. tonų iki 900 tūkst. tonų [10].



1.3 pav. Amonio dihidrofosfato gamyba, t (2010–2017 m.) [11]

Amonio dihidrofosfato trąšų gamybos technologijos pasiekia didžiausią našumą pasaulinėje trąšų pramonėje. Jos yra populiarios, nes yra visiškai tirpios vandenyje, grynos, beveik be vandenyje netirpių priemaišų, kurios galėtų sukelti purškimo sistemų ar dozavimo įrenginių užsikimšimą tręšimo metu. Todėl šios trąšos yra išvirtinūsios rinkoje, kasmet gamyba ir pardavimai vis didėja [12].

Pasaulinėje amonio dihidrofosfato rinkoje (žr. 1.4 pav.) dominuojantis regionas yra Rytų Azija, kuri per 2019 metus pagamino apie 6,6 mln. tonų. Azija užima didelę fosforo rūgšties gamybos rinką gaminant ir naudojant.



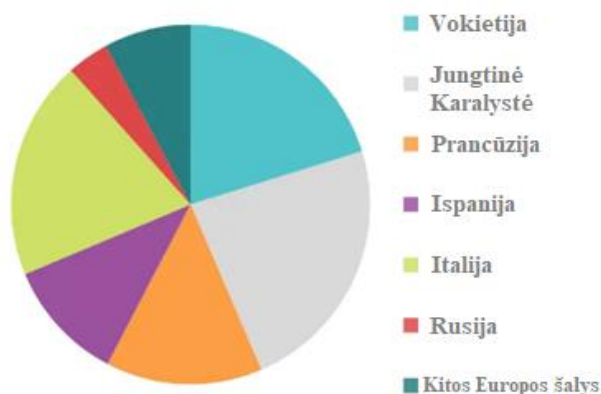
1.4 pav. Pasaulinė amonio dihidrofosfato gamyba 2019 m. [14]

Tikėtina, kad nuolat didėjant maisto poreikiui, o nedidėjant ariamos žemės plotams, žemės ūkyje didėja trąšų paklausa ir tai lemia trąšų pramonės augimą [13]. Pirmoje vietoje yra Rytų azija, pagaminanti 6,6 mln. tonų, o antroje vietoje yra Šiaurės Amerika, pagaminanti 2,6 mln. tonų.

Mikroelementai atlieka svarbų vaidmenį užtikrindami subalansuotą augalų mitybą. Bet kurio mikroelemento trūkumas gali riboti augalų augimą. Didėjant mikroelementų poreikiui, buvo galvojami sprendimai, kaip įterpti mažus mikroelementų kiekius į trąšas. Praktikoje naudojant trąšas su mikroelementais yra efektyviau ir paprasčiau nei naudojant grynus mikroelementus [15, 16]. Rinkoje yra daugybė mikroelementinių trąšų produktų ir dėl mažo jų poreikio jie paprastai naudojami kartu su NPK trąšomis ypač su monoamonio fosfatu $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ir diamonio fosfatu $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, kurios tapo lyderiaujančiomis fosforo trąšomis visame pasaulyje [17].

Mikroelementų trūkumas augaluose ir dirvožemyje nuolat didėja ir tapo rimta problema Europos Sąjungoje. Norint pašalinti didėjantį mikroelementų trūkumą pasėliuose, įvairūs pagrindiniai rinkos dalyviai užsiima mokslinių tyrimų ir plėtros veikla ir išleidžia į rinką naujus, patobulintus mikroelementų produktus. Pavyzdžiui, Italijos kompanija „Valagro“ sukūrė specialių maistinių preparatų grupę, greitai absorbuojamą ir turinčią labai mažą poveikį aplinkai, kad augalai pasisavintų elementus, kurių jiems reikia, norint užtikrinti sveiką ir kokybišką augimą. Be to, šie tyrėjai aprašo trąšas, kurios yra pritaikytos kaip įvairių maisto medžiagų nešikliai, skirti konkrečioms kultūroms ir konkrečioms geografinėms vietovėms, kuriose yra makro- ir antrinių ir mikroelementų iš organinių ir neorganinių šaltinių. Šios trąšos tampa vis populiareesnės tarp ūkininkų, nes jų sudėtyje yra mikroelementų [15].

Jungtinė Karalystė yra viena iš pagrindinių mikroelementinių trąšų rinkų Europoje (žr. 1.5 pav.). Per metus dirvožemio mikroelementinių trąšų deficitas šalyje nuolat didėjo, nes į azotą reaguojantys ir derlingesni pasėliai pašalino daugybę elementų. Todėl tai padidino mikroelementinių trąšų paklausą šalyje. Cinko trūkumas pastebimas 10–15 % lauko augalų, daugiausia smėlingose dirvose, kurių pH ir fosfatų lygis yra aukštas, o molibdeno trūkumas siejamas su rūgščiomis dirvomis. Įmonės sutelkia dėmesį į cheminių trąšų, kurių sudėtyje yra mikroelementų, įjungimą į rinką. Pavyzdžiui, „Tracegrow Oy“ 2019 m. balandžio mėn. išleido skystąsias trąšas, skirtas tręšti per lapus, kurių sudėtyje yra cinko ir mangano. Tai greičiausiai ilgainiui padidins mikroelementinių trąšų poreikį ir paklausą [15].



1.5 pav. Trąšų su ME rinka Europoje 2019 m. [15]

Mikroelementai yra būtinos maisto medžiagos, reikalingos augalams augti ir medžiagų apykaitos veiklai užtikrinti. Jie vaidina svarbų vaidmenį gerinant trąšų kokybę, spalvą, efektyvumą, vandens

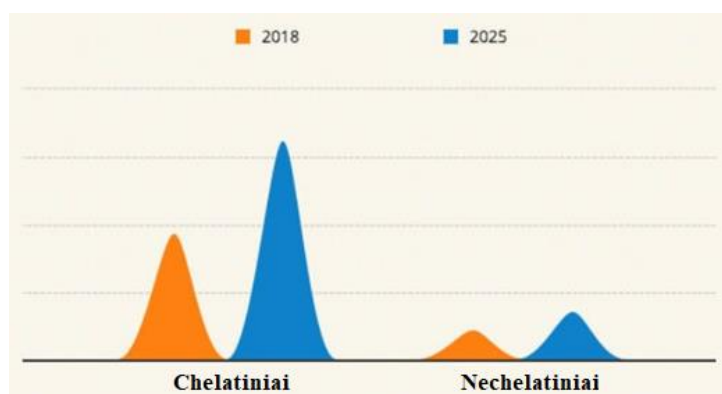
naudojimą, atsparumą ligoms, taip pat padeda vystyti didelėms ir stiprioms šaknims, padeda sukurti pilnaverčius baltymus ir junginius, skatina geresnį augalų imunitetą [15].

Tokie veiksniai kaip mikroelementų efektyvumas pasėlių derlingumui ir produktyvumui, išaugęs augintojų supratimas apie mikroelementų naudą ir žemės ūkio susitraukimas skatina pasaulinę mikroelementų produkcijos rinką. Tačiau mikroelementų atsargų gamtiniai išteklių, pigių alternatyvių ir nekokybiškų produktų prieinamumas, žemdirbių nepakankamas informavimas apie normas ir tinkamą mikroelementų naudojimą yra mikroelementų pramonės vystymąsi ir rinkos plėtrą ribojantys veiksniai [15].

Pasaulinė mikroelementų rinka skirstoma pagal ME formą, produkto tipą, pasėlių tipą, paskirtį ir geografiją. Pagal ME formą, rinka yra padalyta į chelatininius ir nechelatininius mikroelementus. Pagal produkto tipą suskirstyta į borą, varį, geležį, manganą, molibdeną, cinką ir kitus. Pagal pasėlius, klasifikuojama į javus ir grūdus, vaisius ir daržoves, ankštinius ir aliejinius augalus ir pan. Geografiškai rinka analizuojama visoje Šiaurės Amerikoje, Europoje, Azijos ir Ramiojo vandenyno regione bei Lotynų Amerikoje, Viduriniuose Rytuose ir Afrikoje [18].

Pagal vertę ir kiekį 2018 m. didžiausią mikroelementinių trąšų rinką užėmė Azijos ir Ramiojo vandenyno regionas. Didėjantis susidomėjimas aukštos kokybės maisto produktais ir augantis besivystančių Azijos ir Ramiojo vandenyno šalių ūkininkų supratimas apie mikroelementus ir jų naudą. Tikimasi, kad išaugęs žemės ūkis ir aukštos kokybės žemės ūkio produktų poreikis paskatins mikroelementų rinką šiame regione [18].

Chelatiniai – mikroelementai labiausiai prisidėjo prie mikroelementų rinkos plėtros. Prognozuojama, kad lyginant su 2018 m., 2025 m. ME produkcijos metinis augimas bus 8,7 % (žr. 1.6 pav.). Šį padidėjimą labiausiai lems chelatiniai mikroelementai, kurie vis plačiau naudojami žemės ūkyje. Chelatiniai junginiai yra stabilesni nei nechelatiniai, todėl jų poveikis yra didesnis tais atvejais, kai augalus reikia skubiai aprūpinti mikroelementais (geležimi, manganu, cinku ir variu). Dažniausiai žemės ūkyje naudojami chelatai yra EDTA, DTPA ir EDDHA [18].



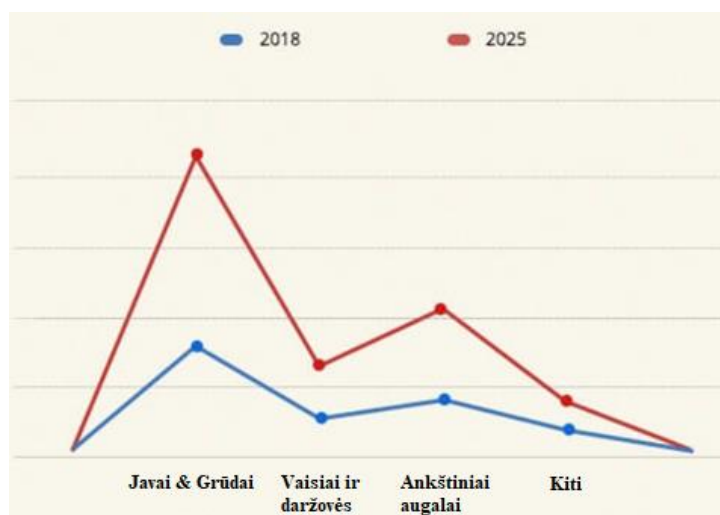
1.6 pav. Pasaulinė ME rinka pagal jų formą, 2018–2025 m. [18]

2018 m. cinkas užėmė didžiausią mikroelementų rinkos dalį pagal vertę (žr. 1.7 pav.). Cinkas atlieka svarbų vaidmenį augalų augimo metu, nes reguliuoja auksiną, gyvybiškai svarbų augimo hormoną žiedadulkėms formuoti. Jis taip pat veikia kaip fermento aktyvatorius baltymų sintezėje ir dalyvauja reguliuojant bei vartojant cukrų, o tai padidina pasaulinį cinko vartojimą rinkoje [18].



1.7 pav. Pasaulinė ME rinka pagal tipą, 2018–2025 m. [18]

Numatoma, kad javų ir kitų grūdinių augalų poreikis rinkoje augs sparčiausiai, nes jie yra labiausiai paplitę pasėliai visame pasaulyje (žr. 1.8 pav.).



1.8 pav. Pasaulinė ME rinka pagal pasėlių tipą, 2018–2025 m. [18]

Maisto vartojimas didėja dėl gyventojų skaičiaus ir ekonomikos augimo besivystančiose šalyse. Todėl svarbu išlaikyti maisto medžiagų kiekį javų pasėliuose ir dirvožemyje, kad padidėtų grūdų produktyvumas ir augimas [18].

1.5. Priedų įtaka amonio dihidrofosfato kristalizacijai

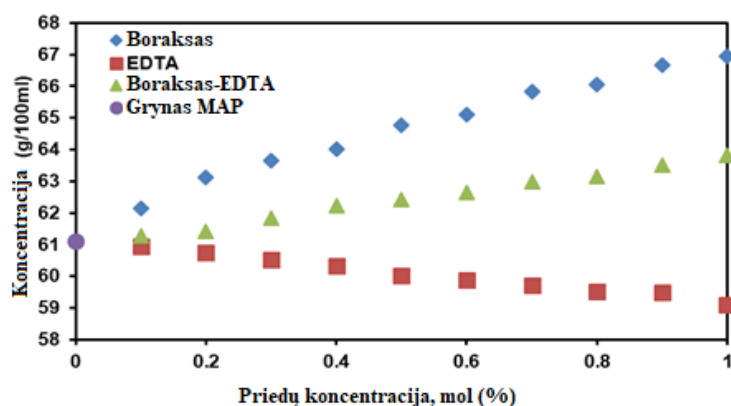
Amonio dihidrofosfatas priklauso izomorfinių fosfatų grupei. Šie kristalai pasižymi puikiomis netiesinėmis optinėmis savybėmis ir galimybe išauginti didelio dydžio kristalus. Pridėjus etanolio amonio dihidrofosfato kristalizacijos metu gaunami ploni kristalai [19]. MAP turi papildomų N–H–O vandenilinių jungčių, jungiančių PO_4 tetraedrą su NH_4 grupe. Eksperimento metu iširta, kad pridėdamas chelato EDTA į amonio dihidrofosfato tirpalą yra veiksmingai slopinami metalų jonai ir pagerinama kristalų kokybė [20]. Taip pat padidėja kristalinių centrų susidarymas ir metastabilios zonos plotis. Kristalų augimo pradžia su priedais ir gryna sistema vizualiai užfiksuota naudojant optinį mikroskopą. Gerai žinoma, kad įvairios priemaišos daro didelę įtaką kristalų augimo greičiui ir kokybei [21]. Šiame tyrime nustatyta, kad pridėjus borakso, kaip dažniausiai naudojamo boro šaltinio [22] ir EDTA gali išaugti dideli, skaidrūs ir geros kokybės kristalai. Trašų savybės tokios, kaip tirpumas, pH intervalas ir metastabilios zonos plotis, buvo nustatytos ir išanalizuotos su skirtingomis borakso, EDTA ir borakso–EDTA mišinio koncentracijomis [23].

Metastabilios zonos plotis yra temperatūros skirtumas tarp persotinimo ir kristalizacinio centro susidarymo, tai esminis dalykas, norint išgauti didelių kristalų augimo greitį iš tirpalų ir priklauso nuo maišymo, aušinimo greičio ir priemaišų. Pagamintų trašų sudėtyje gali būti šie metalų jonai: K^+ , Ti^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Mg^{2+} ir Al^{3+} . Kai kurie trašų sudėtyje esantys jonai, ypač Mg^{2+} sumažina kristalų dydį [24] ir metastabilios zonos plotį. Šias problemas galima pašalinti pridendant specialių priedų ir gamybos metu nepakeičiant kristalinės struktūros. Įdėjus į tirpalą borakso, sunkiųjų metalų katijonai jungiasi tarpusavyje su deguonies atomais ir sudaro sudėtingą struktūrą. Borakso sąveika su sunkiųjų metalų katijonais tirpale vyksta pagal šias reakcijas [23]:



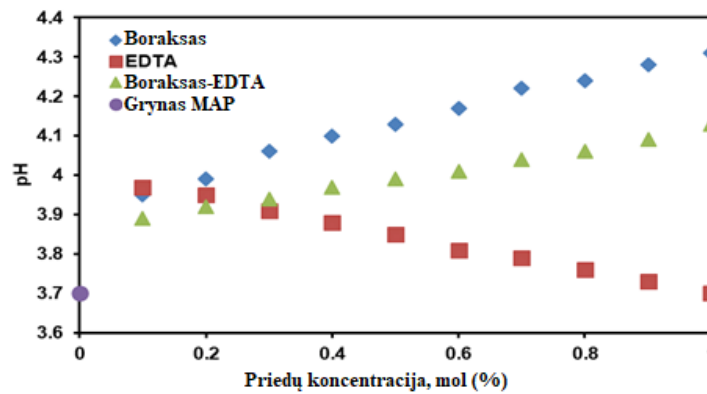
Reakcijos metu išsiskyrę Na^+ jonai neturi įtakos MAP struktūrai. Į tirpalą pridėjus EDTA, priedų molekulės jungiasi su sunkiųjų metalų katijonais per amino, karboksi grupes ir vandenilinę jungtį, dėl kurios susidaro kompleksas [23].

MAP tirpumo tyrimo rezultatai, esant skirtingai priedų koncentracijai yra pateikti 1.9 paveiksle. Kai grynas amonio dihidrofosfatas ištirpinamas vandenyje, jis visiškai disocijuoja į NH_4^+ ir $[H_2PO_4]^-$ jonus ir šie jonai sąveikauja su vandens molekulėmis. Gryno MAP tirpumas yra 61,12 g / 100 ml. Kai į MAP tirpalą įpilama borakso, tirpumas padidėja nuo 61,12 g / 100 ml iki 67 g / 100 ml. Pridėjus EDTA, MAP tirpumas sumažėja nuo 61,12 g / 100 ml iki 59,10 g / 100 ml. Esant borakso ir EDTA mišiniui, tirpumas padidėja nuo 61,12 g / 100 ml iki 63,82 g / 100 ml. Padidėjęs tirpumas su boraksu tirpumu ir sumažėjęs tirpumas su EDTA gali būti siejamas su didesne borakso hidratacijos energija ir mažesne EDTA hidratacijos energija, palyginti atitinkamai su MAP [23].



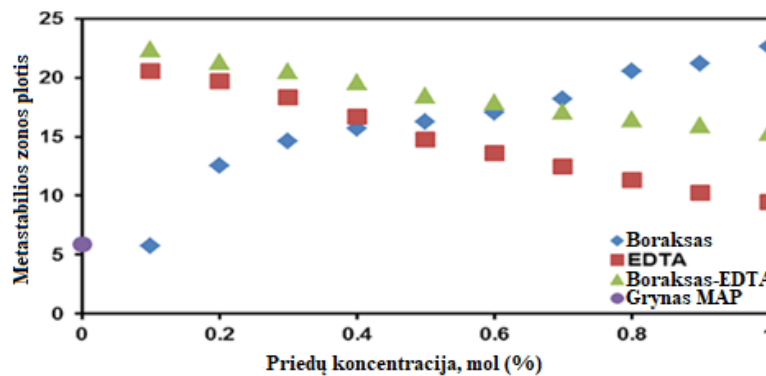
1.9 pav. MAP tirpumas įvairiose priedų koncentracijose, esant 45 °C temperatūrai [23]

MAP tirpalo pH, esant skirtingai priedų koncentracijai, pateikiama 1.10 paveiksle. Esant 45 °C temperatūrai, gryno MAP tirpalo pH yra 3,70. Didėjant borakso koncentracijai tirpale, pH padidėja nuo 3,70 iki 4,31. Didėjant EDTA koncentracijai, pH sumažėja nuo 3,97 iki 3,70. Didėjant borakso ir EDTA mišinio koncentracijai, pH šiek tiek padidėja nuo 3,89 iki 4,13.



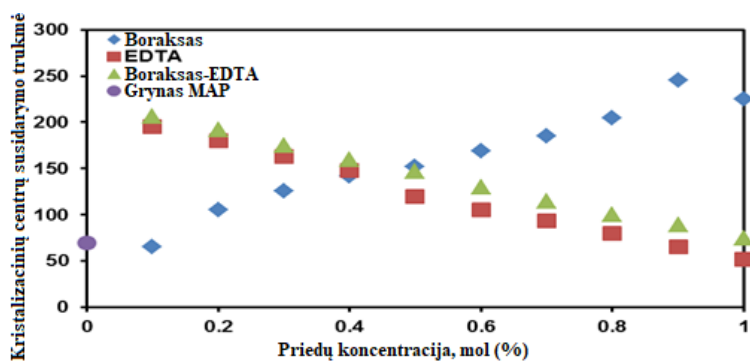
1.10 pav. MAP pH kitimas, esant įvairioms priedų koncentracijoms, 45 °C temperatūroje [23]

MAP metastabilios zonos pločio kitimas, esant skirtingoms priedų koncentracijoms, pavaizduotas 1.11 paveiksle. Gryno MAP atveju metastabilios zonos plotis yra 5,86 °C. Didėjant borakso koncentracijai, metastabilios zonos plotis padidėjo nuo 5,75 iki 22,64. Šis padidėjimas patvirtina metalo jonų slopinimą. Didėjant EDTA ir borakso–EDTA mišinio koncentracijai, metastabilios zonos plotis sumažėjo atitinkamai nuo 20,55 iki 9,46 ir nuo 22,41 iki 15,3. Nustatyta, kad pridėdant priemaišų, metastabilios zonos plotis padidėja. Tačiau, palyginti su tokiomis medžiagomis kaip karbamidas, metastabilios zonos pločio padidėjimas yra mažas [23].



1.11 pav. MAP metastabilios zonos pločio kitimas, esant skirtingoms priedų koncentracijoms, 45 °C temperatūroje [23]

MAP kristalizacinių centrų susidarymo trukmės kitimas, esant skirtingoms priedų koncentracijoms, pateiktas 1.12 paveiksle. Gryno MAP tirpalo kristalizacinio centro susidarymo trukmė yra 70 minučių. Didėjant borakso koncentracijai prisotintame MAP tirpale, kristalizacinių centrų susidarymo laikas pailgėjo nuo 65 iki 225 min. Padidinus EDTA koncentraciją prisotintame MAP tirpale, kristalizacinių centrų susidarymo laikas sumažėjo nuo 195 iki 52 min. Padidėjus borakso–EDTA priemaišų koncentracijai, kristalizacinių centrų susidarymo laikas sumažėjo nuo 206 iki 75 min.



1.12 pav. MAP kristalizacinių centrų susidarymo trukmė, esant skirtingoms priedų koncentracijoms, 45 °C temperatūroje [23]

Eksperimento rezultatai parodė, kad priedai gali daryti įtaką MAP tirpumui, pH, metastabilios zonos pločiui, kristalizacinių centrų susidarymo trukmei. Boraksas su MAP tirpalu sudaro kompleksą, dėl kurio kinta tirpumas ir metastabilios zonos plotis. EDTA veikia kaip chelatas, kuris slopina metalų jonus ir sudaro kompleksą, kontroliuojantį metalų jonų aktyvumą, tirpumą ir metastabilios zonos plotį. Didėjant borakso koncentracijai, padidėja pH intervalas. Naudojant borakso–EDTA mišinį, mažėja kristalų augimo greitis.

1.6. MAP trąšų įtaka augalams

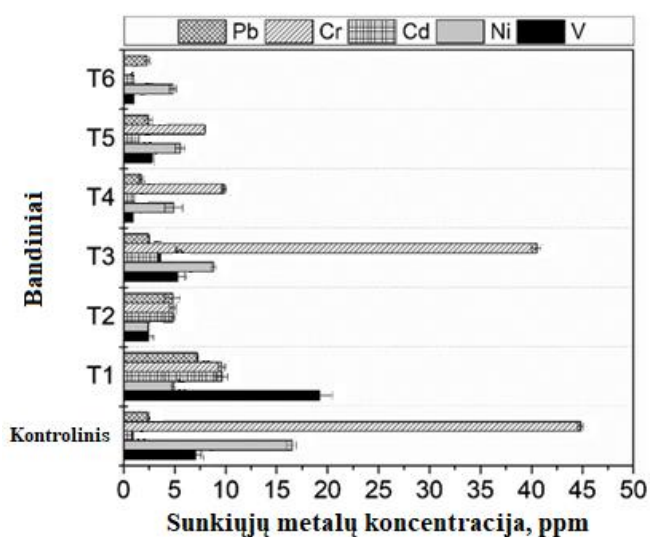
Fosforo trąšos, kurių sudėtyje yra mikroelementų, dirvai gali būti ilgalaikis šių elementų šaltinis [25]. Tačiau nuolatinis trąšų naudojimas sukelia kenksmingų metalų kaupimąsi augaluose ir dirvožemyje. Eksperimento metu iširta, kad monoamonio fosfato trąšos didina derlių ir sumažina sunkiųjų metalų kiekį pomidoruose. Svarbu tai, kad tyrimai parodė reikšmingą sunkiųjų metalų Pb, Cr, Cd, Ni ir V sumažėjimą vaisiuose ir dirvožemyje, tręšiant grynu monoamonio fosfatu. Šie metalų elementai patekę į žemę trąšų pavidalu gali būti lengvai pasisavinami augalų, iš dirvožemio įterpiant į maisto grandines, o tai padidina metalų toksiškumo riziką augaluose [26]. Dėl riboto sunkiųjų metalų biologinio skaidumo ir ilgo patvarumo dirvožemyje, vegetaciniu laikotarpiu gali būti pasiektas toksiškas kiekis daržovėse, tokiu atveju sunkieji metalai gali veikti kaip augimo proceso lėtintojai, kurie sumažina derlių ir kokybę [27]. Be to, tai yra gerai žinomas vaisius – pomidoras, kuris yra stiprus sunkiųjų metalų kaupiklis, galintis sukelti didelį pavojų žmonių sveikatai [28]. Eksperimento metu buvo naudojamos dviejų rūšių trąšos, t. y. grynas MAP ir negrynintas MAP, kurių savybės pateikiamos 1.3 lentelėje.

1.3 lentelė. MAP trąšų fizikinės cheminės savybės prieš ir po gryninimo [27]

Savybės	MAP trąšos	
	Negrynintas MAP	Grynintas MAP
pH	4,8	4,8
Pb	4,5	2,13
Cr	70,51	49,55
Cd	6,76	2,14
Ni	38,29	25,64
V	3,04	0,39
Visas N (%)	11,67	12,05
Visas P ₂ O ₅ (%)	50,92	60,57

Išvalyto MAP sunkiųjų metalų Pb, Cr, Cd, Ni ir V rodikliai rodo reikšmingą sumažėjimą, lyginant su neišvalytu MAP. Be to, po valymo, P₂O₅ ir N kiekis padidėjo, lyginant su neišvalytu MAP. Autoriai teigia, kad gauti rezultatai sutampa su anksčiau atliktais tyrimais [29].

1.13 paveiksle parodytas sunkiųjų metalų kiekis sukauptas pomidorų vaisiuose, tręštuose su skirtingu kiekiu gryninto ir negryninto MAP. Didėnis kiekis Pb, Cr, Cd, Ni ir V pastebėtas, naudojant negrynintą MAP, bandiniuose T1, T3 ir T5, lyginant su išgrynintu MAP, atitinkamai bandiniuose T2, T4 ir T6. Įdomu tai, kad augalai, apdoroti T4, turi mažiausiai Pb ir Cd, atitinkamai 1,67 ppm ir 1 ppm. Cr koncentracija vaisiuose žymiai sumažėja, didėjant gryninto ir negryninto MAP kiekiui, palyginti su kontroliniu. Eksperimentas parodė, kad pomidorų vaisiai išauginti dirvožemyje, naudojant išgrynintą MAP (T2, T4, T6) turi mažesnę sunkiųjų metalų koncentraciją, lyginant su negrynintu MAP (T1, T3 ir T5) [27].



1.13 pav. Sunkiųjų metalų koncentracija pomidorų derliuje, esant skirtingoms išgryninto ir neišgryninto MAP koncentracijoms. Kontrolinis – 0 g/l negryninto MAP ir 0 g/l gryninto MAP; T1 – 0,5 g/l negryninto MAP; T2 – 0,5 g/l gryninto MAP; T3 – 1 g/l negryninto MAP; T4 – 1 g/l gryninto MAP; T5 – 2 g/l negryninto MAP; T6 – 2 g/l gryninto MAP [27]

1.7. Gryno amonio dihidrofosfato ir su mikroelementais gamybos technologijos

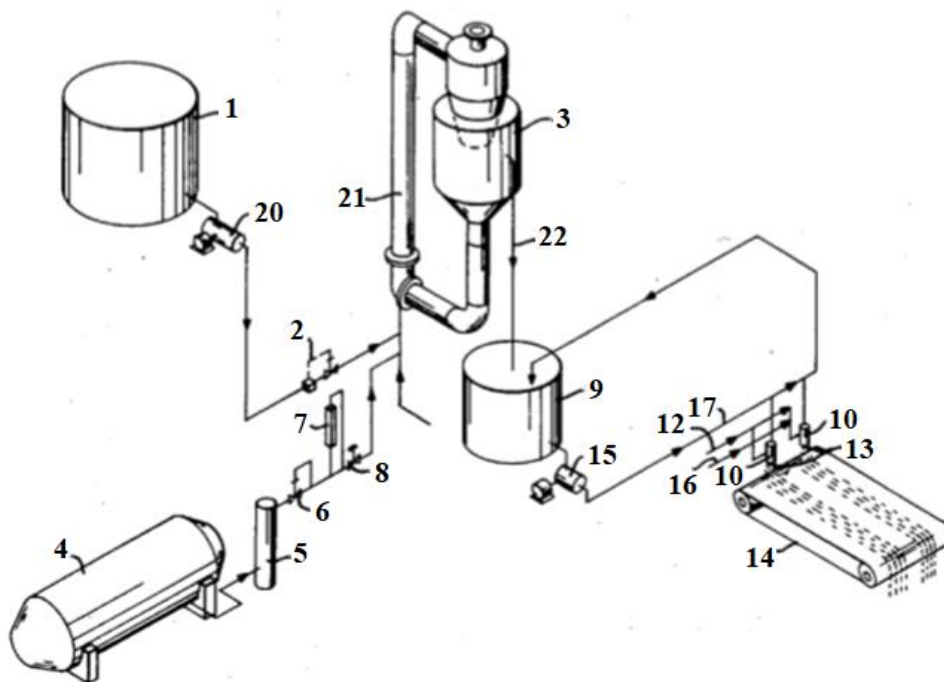
Neutralizuojant ortofosforo rūgštį su amoniaku (1.3), kai NP molinis santykis yra 1 : 1, gaminamas amonio dihidrofosfatas:



Norint, kad reakcijos terpė taptų takiu skysčiu, vykdoma esant pakankamam vandens kiekiui. Kadangi išsiskiria didelis šilumos kiekis egzoterminės reakcijos metu, o gautą mišinį reikia pašildyti iki virimo temperatūros, perteklinis šilumos kiekis sunaudojamas vandeniui pašalinti. Reikia naudoti papildomą kiekį vandens, jei naudojama koncentruota rūgštis ir norima išvengti polisulfatų susidarymo [10].

Amonio dihidrofosfato gamybos, naudojant neutralizatorių, technologinė schema pateikta 1.14 paveiksle. Fosforo rūgštis siurbliu (20) iš fosforo rūgšties talpyklos (1) per magnetinį srauto matuoklį (2) tiekama į apatinę neutralizacijos reaktoriaus vamzdžio dalį (21). Skystas amoniakas tuo pačiu metu iš talpyklos (4) prateka pro garintuvą (5). Dujų slėgį iki 4,5 bar sumažina slėgio reguliatorius

(6). Pro rotametą (7), kuris matuoja srautą, prateka amoniakas, kurio srautas tiekiamas reguliuojant rankiniu vožtuvu (8) į neutralizacijos reaktorių vienodu greičiu kaip fosforo rūgšties tekėjimo srautas, norint išlaikyti molinį N:P santykį nuo 0,2 iki 0,9. Reaktoriaus vamzdinėje dalyje (21) vyksta reakcija, gauta suspensija gaunama neutralizatoriuje (3). N:P santykis kontroliuojamas norint, kad suspensijos kietėjimo taškas būtų nuo 38 °C iki 93 °C (geriausia 65–70 °C) ir būtų išlaikomas žemas klampumas transportavimui. Iš neutralizatoriaus vamzdynu (22) perteklius nukreipiamas į talpyklą (9), iš kurios siurbliu (15), per vamzdyną (17) nukreipama į vamzdinį reaktorių (10). Suspensijos srautas vamzdynu (17) vamzdiame reaktoriuje yra sumaišomas su srautu iš vamzdyno (16), kuris yra su garais iš vamzdyno (12) ir papildomu amoniako kiekiu. Per angą (13) ant transporterio juostos (14) iškraunama perkaitinta suspensija, tarp transporterio juostų atstumas yra nuo 0,15 m iki 1 m [10].



1.14 pav. Amonio dihidrofosfato gamybos, naudojant neutralizatorių, technologinė schema [10]

1 – H_3PO_4 talpykla; 2 – magnetinis srauto matuoklis; 3 – neutralizatorius; 4 – NH_3 talpykla; 5 – garintuvas; 6 – slėgio reguliatorius; 7 – rotametas; 8 – rankinis vožtuvas; 9 – talpykla; 10 – vamzdinis reaktorių; 12 – garų vamzdynas; 13 – iškrovimo anga; 14 – transporteris; 15, 20 – siurblys; 16 – H_3PO_4 vamzdynas; 17 – suspensijos vamzdynas; 21 – reaktoriaus vamzdis; 22 – iškrovimo vamzdynas

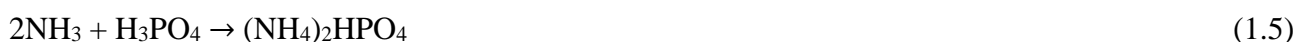
Ši gamybos technologija skirta gaminti amonio dihidrofosfatą arba amonio hidrofosfatą (DAP). Technologijos privalumas, kad naudojant negrynas žaliavas galima gauti grynus amonio fosfatus. Šis procesas yra tiesioginis, kurio metu amoniakas, esantis šalutinėse dujose, yra tiesiogiai veikiamas fosforo rūgštimi. Žinomas amonio fosfatų gavimo būdas, kai iš krosnies gaunamos amoniako dujos, jungiamos su fosforo rūgštimi, bet toks būdas nėra priimtinas dėl proceso sudėtingumo [10].

Šiame procese (1.14 pav.) fosforo rūgštis yra pusiaukelėje neutralizuojama tarp amonio dihidrofosfato ir amonio hidrofosfato, po reakcijos mišinys yra pašalinamas iš prisotintuvo ir papildomai rūgštinamas fosforo rūgštimi, kad amonio hidrofosfatas virstų mono druska. Reaguojant fosforo rūgščiai, iš anksto nustatant vandenilio jonų koncentraciją reakcijos mišinyje, ir dujiniam amoniakui gali būti gaunami amonio fosfatai. MAP susidaro vandenilio jonų diapazone – nuo pH = 3 iki pH = 6,5, tačiau išgauti kristalus, kuriuos galima nuolatos ir lengvai pašalinti grynuoju pavidalu,

įmanoma tik rūgštinėje terpėje. Amonio hidrofosfato kristalai susidaro vykdamt panašią reakciją ir yra žinoma, kad šie kristalai susidaro vandenilio jonų koncentracijų diapazone, kai pH yra 6,8–7,8 [10].

Kita gamyba yra skirta gaminti MAP su mikroelementais. Šis metodas (1.15 pav.) paremtas tuo, kad pirmoji fosfatų dalis gaminama kryžminiame vamzdiniame reaktoriuje, o antroji dalis – neutralizatoriuje. Tiek pirmoji, tiek antroji fosfatų dalys tiekiamos į granuliatorių. Amoniakas tiekiamas į granuliatorių, kad sureaguotų su abejomis fosfatų dalimis. Norint pagaminti pirmąją fosfatų dalį, į fosforo rūgštį įpilama mikroelementų, kad gautųsi praturtinta mikroelementais rūgštis. Amoniakas tiekiamas į vamzdinį kryžminį reaktorių, kad gautume amonio fosfatą [30].

1.15 paveiksle pavaizduota amonio fosfato su mikroelementais gamybos technologija. Amonio fosfato trąšos gaminamos fosforo rūgštį veikiant amoniaku. Monoamonio fosfatas (MAP) arba diamonio fosfatas gali būti gaminamos pagal šias reakcijas, atsižvelgiant į dviejų reagentų molinį santykį:

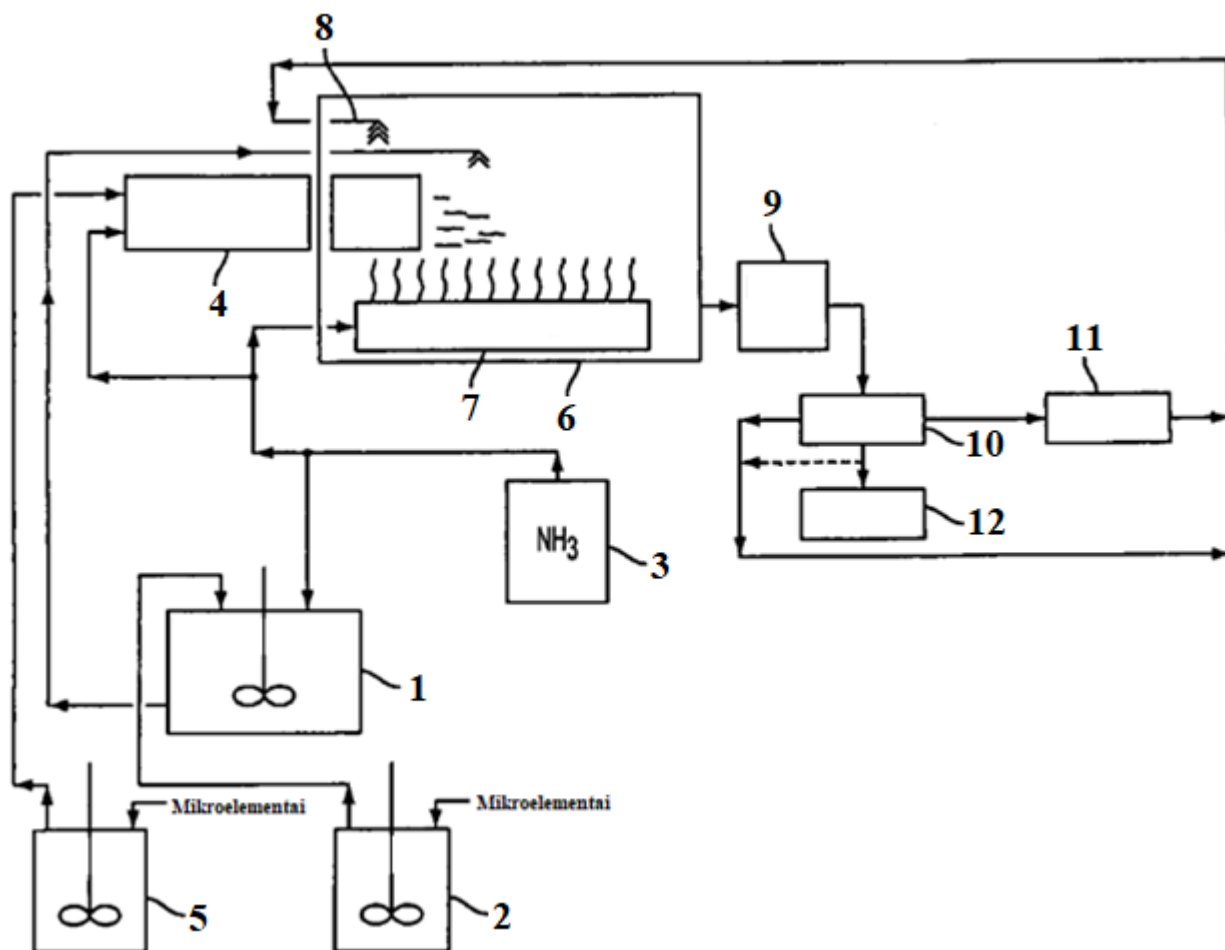


Procesas (1.15 pav.) apima tiesioginės reakcijos ir kryžminio vamzdinio reaktoriaus derinį. Į neutralizatorių (1) tiekama fosforo rūgštis iš pirmosios rūgšties talpyklos (2) ir amoniakas iš talpyklos (3). Reakcija vykdoma vamzdiniame kryžminiame reaktoriuje (4), į kurį tiekama fosforo rūgštis iš antrosios talpyklos (5) ir amoniakas iš talpyklos (3). Mikroelementai gali būti tiekiami į trąšas pirmiausiai juos ištirpinant pirmoje rūgšties talpykloje (2) ir (arba) antroje rūgšties talpykloje (5). Nors gali būti naudojami skirtingi reaguojančių medžiagų santykiai, amonio fosfatas pagaminamas nuo 33 % masės iki 99 % masės, o likusi dalis gaminama neutralizatoriuje (1) [30].

Neutralizatorius (1) yra reaktorius su maišykle, gaminantis amonio fosfato pulpą. Neutralizatoriuje, priklausomai nuo amoniako ir fosforo rūgšties santykio, gali būti gaunamas amonio dihidrofosfatas arba amonio hidrofosfatas, arba jų mišinys. Neutralizatoriuje pagamintas amonio fosfatas tiekiamas į granuliatorių (6). Kontaktinis laikas reaktoriuje yra nuo 5 min iki 55 min [30].

Vamzdiniame kryžminiame reaktoriuje (4) amonio fosfatas susidaro reaguojant amoniakui ir fosforo rūgščiai. Kaip ir neutralizatoriuje (1), vamzdiniame kryžminiame reaktoriuje gali būti gaunamas MAP arba DAP, arba jų mišinys [30].

Iš vamzdinio kryžminio reaktoriaus (4) skystas amonio fosfatas išpurškiamas į granuliatorių (6), nes amonio fosfatas yra išlydytas dėl aukštos temperatūros vamzdiniame kryžminiame reaktoriuje (4). Išpurškstas lydalas iškart atvėsta, kad susidarytų granulės. Šių granuliu forma gali būti netaisyklinga, turinti nelygumų. Šie nelygumai gali būti pašalinti, jei amonio fosfatas toliau reaguotų su amoniaku granuliatoriuje (6). Granuliatoriuje suformuojamos trąšos – produktas. Į granuliatorių taip pat tiekiamas amoniakas iš amoniako purkštuko (7), amoniakas užbaigia amonio fosfato reakciją, į granuliatorių reciklu (8) grįžta ir perdirbtos trąšos [30].



1.15 pav. Granuliuoto amonio fosfato su mikroelementais technologinė schema [30]

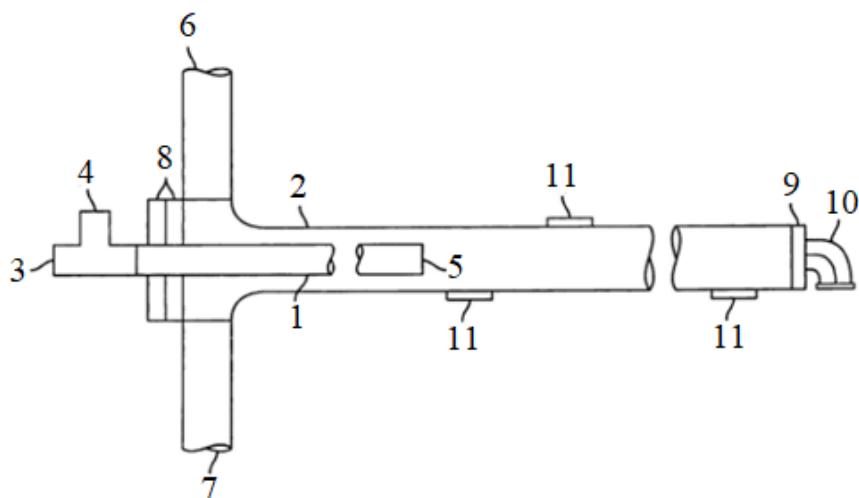
1 – neutralizatorius; 2 – pirmoji rūgšties talpykla; 3 – amoniako talpykla; 4 – vamzdinis kryžminis reaktorius; 5 – antroji rūgšties talpykla; 6 – granuliatorius; 7 – amoniako purkštukas; 8 – reciklas; 9 – būgninė džiovyklą; 10 – sietas; 11 – malūnas; 12 – kolektorius

Iš granulatoriaus produktas tiekiamas į būgninę džiovyklą (9), kurioje naudojamas karštas oras. Džiovinimui naudojamo oro temperatūra kinta nuo 200 °C iki 370 °C. Karštas oras gali būti gaunamas iš dujų degiklio ir nukreipiamas į džiovyklą. Išdžiovintas produktas tiekiamas ant sietų (10). Sietuose atskiriamos per mažos arba per didelės daleles, palyginti su iš anksto nustatytu tiksliniu dydžiu. Stambi frakcija tiekiamas į malūną (11), kuriame susmulkinamos dalelės, kurios kartu su smulkia frakcija grąžinamos atgal į granuliatorių (6). Sietai taip pat atskiria ir produkcinę frakciją, atitinkančią iš anksto nustatytą tikslinį dydį. Produkto srautas atvėsina kolektoriuje (12) [30].

Granuliatoriuje (6) suformuotas amonio fosfatas iš esmės neturi nelygumų ir sudaro didelio sferiškumo granules. Kuo didesnis amonio fosfato granulių sferiškumas, tuo lengviau granulės byra, kad būtų padidintas sandėliavimo ir eksploatavimo efektyvumas. Sferiškumas didėja, kai amonio fosfato granulės reciklu pakartotinai grąžinamos atgal į granuliatorių (6) [30].

Bet kokie lakūs junginiai, išsiskiriantys aušinimo proceso metu, taip pat lakūs junginiai gauti džiovykloje (9) ir granuliatoriuje (6) tiekiami į valymo įrenginį, kur išvalytas oras išleidžiamas į atmosferą [30].

1.16 paveiksle pavaizduotas gamyboje naudojamas vamzdinis kryžminis reaktorius. Šis reaktorius turi vidinį vamzdį (1) ir išorinį vamzdį (2). Vidiniame vamzdyje (1) yra dvi angos, per pirmąją angą (3) įleidžiamas skystas amoniakas, o per antrąją (4) – garai. Vidiniame vamzdyje (1) yra išmetimo anga (5). Vamzdis (1) gali išsiplėsti nuo 1 % iki 25 % per išorinio vamzdžio (2) ilgį. Įleidus garus su amoniaku, galima išvengti vamzdinio kryžminio reaktoriaus užsikimšimo.



1.16 pav. Vamzdinis kryžminis reaktorius [30]

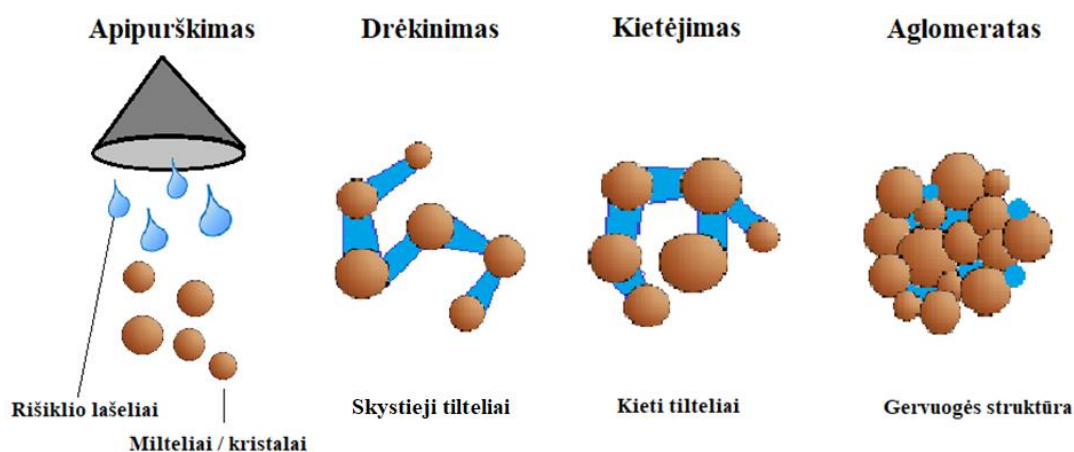
1 – vidinis vamzdis; 2 – išorinis vamzdis; 3 – amoniako įleidimo anga; 4 – garų įleidimo anga; 5 – vidinio vamzdžio išleidimo; 6 – fosforo rūgšties įleidimo anga; 7 – vandens įleidimo anga; 8 – sutvirtinimo plokštės; 9 – reaktoriaus išleidimo anga; 10 – alkūnė; 11 – termoelementai

Egzoterminė reakcija reaktoriuje vyksta greitai, todėl per gan trumpą laiką susidaro didelis amonio fosfato kiekis, kuris gali sukelti užsikimšimą. Išorinis vamzdis (2) užpildomas fosforo rūgštimi, kuri tiekama per įleidimo angą (6), ir vandeniu iš angos (7). Vanduo veikia kaip aušinimo skystis, siekiant kontroliuoti reaktoriaus temperatūrą. Vidinio vamzdžio išleidimo gale (5) fosforo rūgštis reaguoja su amoniaku. Plokštės (8) naudojamos vidinio ir išorinio vamzdžio pritvirtinimui, jos užtikrina, kad amonio fosfatas neišsiskirtų reaktoriaus gale. Priešais plokštes (8) reaktoriuje yra išleidimo anga (9), kurios skersmuo yra mažesnis, palyginti su išoriniu vamzdžiu (2). Sumažintas skersmuo palaiko reaktoriuje aukštą slėgį, kuris reikalingas, kad reakcija įvyktų greitai ir smarkiai, gaunant produktą. Reaktoriaus pabaigoje įmontuota alkūnė (10), kuri skirta amonio fosfato lydalui nukreipti į granuliatorių. Vamzdinis kryžminis reaktorius eksploatuojamas temperatūros intervale nuo 105 °C iki 194 °C. Jei reaktorius užsikemša, temperatūra per kelias sekundes padidėja keliais šimtais laipsnių, todėl norint to išvengti yra sumontuoti termoelementai (11). Dėl padidėjusios temperatūros didžioji dalis vandens iš angų (4) ir (7) išeina kaip garai. Ištekant išlydytam amonio fosfatui alkūne (10), įvyksta staigus temperatūros kritimas, dėl kurio lydalas sukietėja [30].

2. Tiriamoji dalis

2.1. Granuliavimo pagrindai

Drėgno granuliavimo metu sausi milteliai sujungiami tarpusavyje naudojant skystąją fazę, vadinamą rišikliu. Granuliavimo tikslas yra pagerinti produkto fizikines savybes, ypač leidžiančias išvengti higroskopiškų medžiagų sulipimo į gabalus. Pradinė granulių formavimosi stadija yra aglomeracija. Tai smulkių dalelių susijungimas tarpusavyje norint gauti didesnę aglomeratą. Pagrindinis būdas priversti daleles aglomeruotis yra apipurškšti rišikliu išorinį dalelių paviršių taip susiformuojant aglomeracijos branduoliams, prie kurių gali prisijungti sausesnės dalelės ir granulės gali „augti“ iki reikiamo dydžio. Kuo paviršius tolygiau sudrėkinamas, tuo užtikrinama geresnė dalelių tarpusavio sąveika. Būtina rišklio savybė – gebėjimas sujungti daleles tarpusavyje, tam įtaką daro rišklio klampa ir lipnumas. Lipnumas – rišklio savybė, dėl kurios lengviau prisitvirtina kitos dalelės prie branduolio, todėl susidaro didesni aglomeratai. Tačiau, jei naudojamo rišklio klampa yra per maža, riškliškis pasklinda per visą dalelės paviršių ir sudaro ploną plėvelę, kuri per greitai išdžiūsta [31]. Aglomeracijos procesą vaizduoja ir paaiškina 2.1 paveikslas.



2.1 pav. Aglomeracija [31]

Pirmojoje stadijoje – vykdomas sausos medžiagos apipurškimas rišikliu, kai riškliškis prasiskverbia į tuščias erdves tarp dalelių. Antrojoje – drėkinimo stadijoje vyksta skystųjų tiltelių susidarymas tarp įvairaus dydžio sudrėkusių dalelių. Kuo didesnis susidariusių tiltelių skaičius, tuo daugiau dalelių gali sukibti tarpusavyje. Kietėjimo metu (trečioji stadija) tilteliai kietėja ir stabilizuoja būsimo aglomerato struktūrą. Paskutinėje stadijoje tilteliai galutinai sukietėja ir iš įvairaus dydžio išdžiovintų dalelių sujungtų tilteliais susiformuoja aglomeratas. Susidaręs aglomeratas pasižymi gervuogės struktūra. Toliau, dėl kietųjų dalelių trinties vienu į kitas ir granulatoriaus sienelės, granulės įgauna apvalią sferos pavidalo formą. Jeigu granulės granulatoriuje išbūna per ilgai, dėl jame veikiančių tarpusavio trinimosi ir smūgiavimo jėgų, gali prasidėti nepageidaujama lūžio ir dilimo stadija, kurioje granulės skyla susidarydamos smulkesnės daleles ir dulkes [31].

Tikslingai vykdoma smulkiadispersių (smulkiagrūdžių) medžiagų dalelių aglomeracija sąlygoja šiuos procesus [31]:

1. dulkių išsiskyrimo sumažinimas transportavimo ir sandėliavimo metu;
2. tirpių medžiagų tirpimo sumažinimas (tirpumo sulėtinimas);
3. naujų mechaninių ir fizikinių savybių suteikimas (tvirtumo padidėjimas);
4. reikalingos granulometrinės sudėties sudarymas.

Trąšų gamybos pramonėje gali būti naudojami skirtingi granuliavimo metodai, tačiau vienas iš dažniausiai naudojamų yra šlapiasis granuliavimas, kuris vykdomas šiais etapais [31]:

1. sausų miltelių homogenizavimas;
2. drėkinimas rišikliu;
3. drėgnos masės granuliavimas;
4. produkto džiovinimas.

2.2. Naudotos medžiagos ir metodikos

Eksperimentiniai tyrimai buvo atliekami norint įvertinti kokius sprendimus reikėtų priimti, siekiant rekonstruoti veikiančią kristalinio MAP gamybos technologinę liniją, kad joje būtų galima gaminti granuluotą boru praturtintą MAP.

2.2.1. Pradinių medžiagų charakteristika

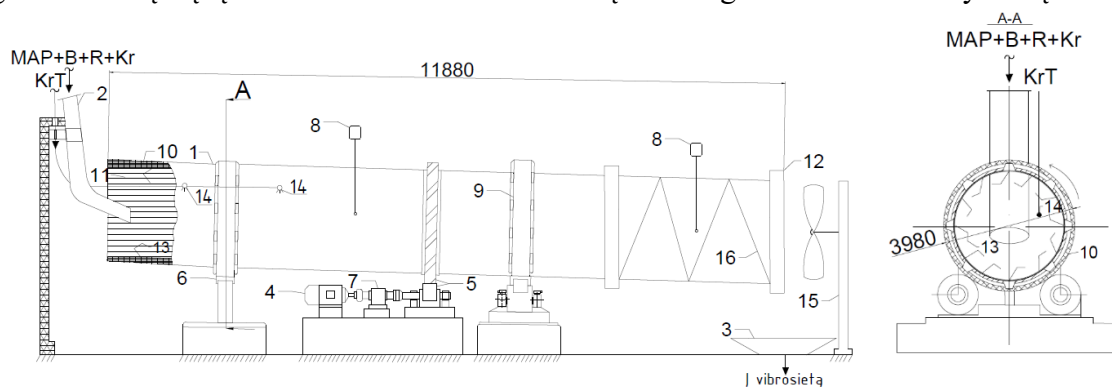
Tiriamajoje dalyje naudojamas kristalinis amonio dihidrofosfatas (MAP– $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$), pagamintas AB „Lifosa“ (0,2–2,0 mm frakcija), kurio drėgnis 2 %; granuluotas amonio dihidrofosfatas $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ pagamintas AB „Lifosa“, boraksas ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$); bulvių krakmolai, pagamintas AB „Roquette Amilina“; distiliuotas vanduo.

2.2.2. Bandinio paruošimas

Eksperimentinio tyrimo metu pagal užduotą maisto medžiagų koncentraciją buvo siekiama pagaminti NP+B (12–61+2B) trąšas, ir nustatyti granuliavimo parametrus, kurie bus reikalingi projektuojant technologinę tokių trąšų gamybos liniją. Buvo sveriamas reikalingas išfrakcionuoto (0,2–2,0 mm) amonio dihidrofosfato, borakso ir sauso krakmolo kiekis, viskas sumaišoma ir tiekama į būgninį granuliatorių, kuriame vykdomas granuliavimas ir žaliavos drėkinimas vandeniu. Granuliatoriuje dalelių judėjimą užtikrina besisukančios mentelės, gravitacijos ir išcentrinės jėgos bei 5° būgno posvyrio kampas.

2.2.3. MAP granuliavimas

Norint nustatyti optimalias granuliavimo sąlygas paruošta žaliava granuluojama būgniniame granuliatoriuje-džiovykloje (žr. 2.2 pav.), esant įvairiam drėgmės ir sauso krakmolo kiekiui žaliavose. Prieš granuliavimą trąšų žaliava išfrakcionuota norint įvertinti granuliavimo efektyvumą.



2.2 pav. Būgninis granuliatorius-džiovykla

1 – būgnas; 2 – pakrovimo latakas; 3 – produkto tarpinė talpa; 4 – variklis; 5 – krumpliaratinė pavara; 6 – atraminis ritinys; 7 – reduktorius; 8 – termopora; 9 – bandažas; 10 – izoliacinis sluoksnis; 11 – korpuso sienelė; 12 – iškrovimo latakas; 13 – kreipiančiosios mentelės; 14 – karšto oro tiekimas; 15 – ventilatorius; 16 – kaitinimo elementas

Po granuliavimo buvo atlikta ~60 °C temperatūroje išdžiovinto produkto fizikinių ir cheminių savybių analizė, kurios metu nustatyta 10 % tirpalo pH, drėgmės kiekis, granuliometrinė sudėtis, piltinis tankis, granuliuotųjų stipris. Norint įvertinti granuliavimo produkto struktūros pakitimus lyginant su žaliavomis atlikta Furjė transformacijos infraraudonųjų spindulių spektroskopija (FTIR) ir rentgeno spindulių difrakcijos analizė (RSDA), o terminiam stabilumui įvertinti – vienalaikė terminė analizė (VTA).

2.2.4. Instrumentiniai, cheminiai, fizikiniai analizės metodai

Produkto ir žaliavų VTA atlikta naudojant *SDT 650* terminį analizatorių, ir pagal tyrimo rezultatus įvertinant žaliavų ir sugranuliuoto bandinio terminį stabilumą. Naudoti keraminiai bandinio laikikliai ir viso bandymo metu pasirinktas temperatūros kėlimo greitis 10 °C/min, kaitinama iki 300 °C.

Žaliavų ir produkto kokybinė RSDA atlikta naudojant *ADVANCE D 8* rentgeno difraktometrą ir standartinį mėginių laikiklį, pritaikytą buriems bandiniams.

Žaliavų ir produkto FTIR spektroskopija atlikta naudojantis *SPECTRUM GX 2000* spektrofotometrą, kai prietaiso horizontalaus daugkartinio atspindžio IR spektro registravimas vyksta 4000–400 cm⁻¹ ribose. Formuojant tabletes, inertine medžiaga naudotas KBr.

Bulvių krakmolo, borakso, amonio dihidrofosfato ir sugranuliuoto produkto 10 % tirpalų pH išmatuoti *HANNA pH 211* pH-metru, kai aplinkos darbinė temperatūra 20 °C.

Granulių drėgmės kiekis buvo nustatytas naudojant drėgmės analizatorių *KERN MLS*, kuriame temperatūros intervalas kinta nuo 35 °C iki 120 °C. Analizuojamos medžiagos masė ~1 g, kiekvienas bandinys buvo tiriamas 3 kartus ir rezultatas pateikiamas kaip trijų matavimų aritmetinis vidurkis.

Sugranuliuoto produkto piltinis tankis nustatytas gravimetriniu metodu: pasvėrus tuščią matavimo cilindą, o po to pripylus produkto iki 100 cm³ žymos ir pakartotinai pasvėrus. Rodiklis apskaičiuotas naudojantis gautais svėrimo rezultatais.

Sugranuliuoto produkto granuliometrija buvo nustatyta naudojantis sietų purtykle *RETSCH AS 200*, kurios sietų komplekto akučių skersmens diapazonas 0,2–7,0 mm.

Granulių stipris buvo nustatytas naudojant *IIII-IM* granuliuotųjų stiprio matuoklį, kurio matavimo diapazonas 5–200 N ir leistinoji paklaida ±1 %.

2.3. Rezultatai ir jų aptarimas

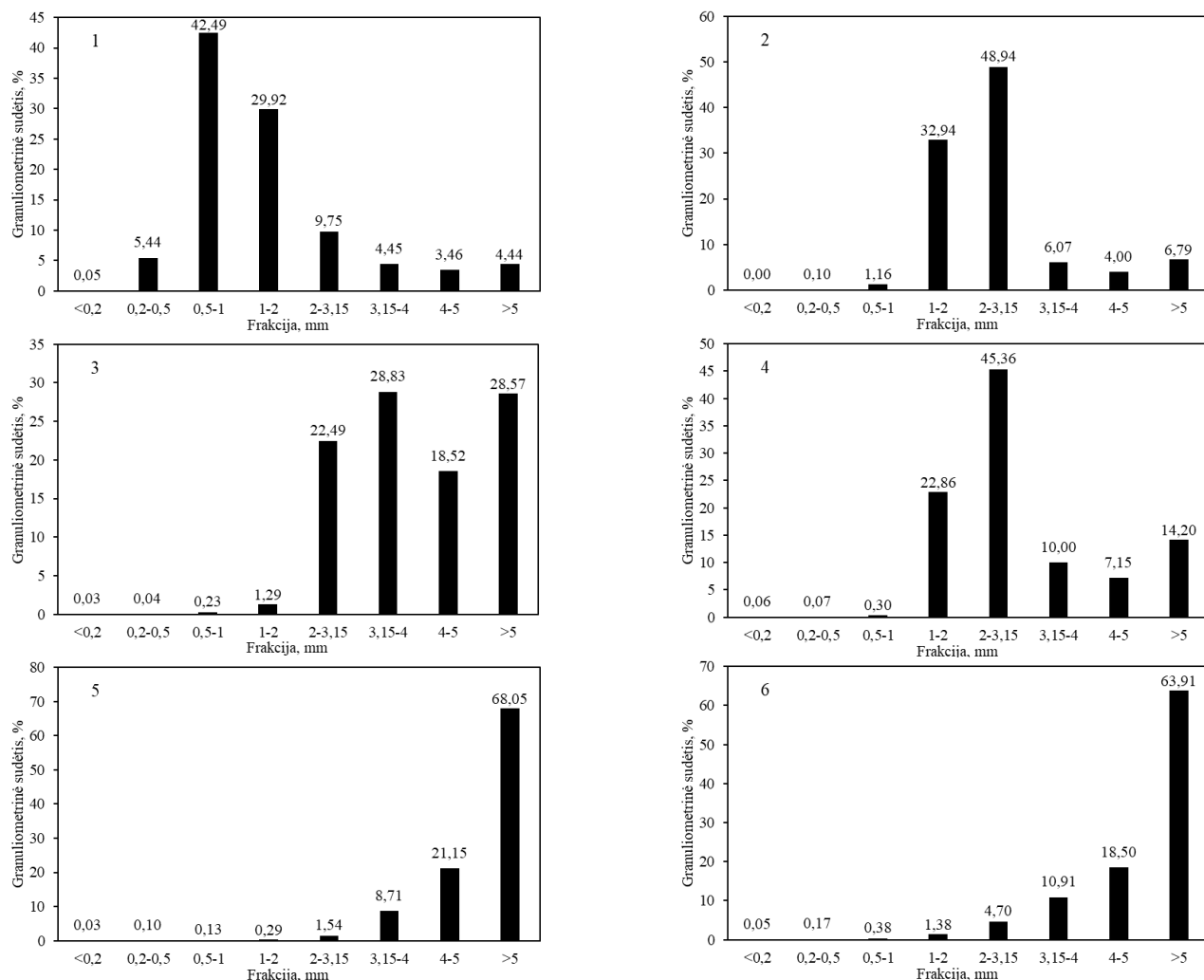
2.3.1. Amonio dihidrofosfato su boru granuliavimas

Norint pagaminti 200 g trašų, kurių markė yra NP+B (12–61+2B), granuliavimo žaliava sudaryta iš smulkinto 198,96 g NH₄H₂PO₄ ir 1,04 g Na₂B₄O₇ · 5H₂O. Žaliavos buvo granuliuojamos 8 minutes būgniniame granuliuotųjų džiovykloje, palaikant 80 °C temperatūrą. Norint įvesti borą į granuliuotą AB „Lifosa“ amonio dihidrofosfatą, jis buvo susmulkintas propeleriniu smulkintuvu *MILLS KM-400* ir išfrakcionuotas. Gautas dalelių pasiskirstymas pagal dydį pateikiamas 2.1 lentelėje.

2.1 lentelė. Smulkinto granuliuoto MAP fracinė sudėtis prieš granuliavimą

Dalelių skersmuo, mm	1,0–2,0	0,5–1,0	0,2–0,5	<0,2	Viso
Masė, g	63,18	318,2	485,53	371,94	1238,85
Masė, %	5,10	25,69	39,18	30,03	100,00

Sugranuliuotus mišinį būgniniu granulatoriumi-džiovykla gauto produkto granulimetrinė sudėtis pateikta 2.3 paveiksle.



2.3 pav. Sugranuliuotų trašų granulimetrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas H₂O kiekis:

1 – 10,0 %; 2 – 12,5 %; 3 – 13,5 %; 4 – 13,75 %; 5 – 14,25 %; 6 – 15,0 %

Smulkinto granuliuoto amonio dihidrofosfato granuliavimo sąlygos pateikiamos 2.2 lentelėje.

2.2 lentelė. Smulkinto granuliuoto MAP granuliavimo sąlygos

Rišiklis	Vanduo					
Bandymo nr.	1	2	3	4	5	6
Rišiklio kiekis, cm ³	20,0	25,0	27,0	27,5	28,5	30,0
Rišiklio kiekis, %	10,0	12,5	13,5	13,75	14,25	15,0

Iš 2.3 paveiksle pateiktų rezultatų matyti, kad į įkrovą pridėdam mažiausią 10,0 % naudojamo rišiklio (vandens) kiekį, po granuliavimo vyrauja mažesnė nei 2 mm frakcija. Padidinus rišiklio kiekį iki 15 % buvo gauta per stambi frakcija. Optimalus drėgmės kiekis yra 13,75 %, nes tada gaunamas didžiausias produkcinės frakcijos kiekis (55,36 %), o smulkioji ir stambioji frakcijos sudaro atitinkamai 23,29 %

ir 21,35 %. Nors šios frakcijos yra netinkamos, kaip produktas, tačiau technologinėse linijose jos yra naudojamos kaip returas. Ekonomiškai efektyviau tiesiogiai returo pavidalu naudoti smulkesniąją frakciją, nes didesnis stambiosios frakcijos kiekis labiau apkrauna smulkinimo įrenginius. Toliau buvo granuliuojamas kristalinis AB „Lifosa“ amonio dihidrofosfatas, kurio frakcinė sudėtis pateikta 2.3 lentelėje.

2.3 lentelė. Kristalinio amonio dihidrofosfato frakcinė sudėtis

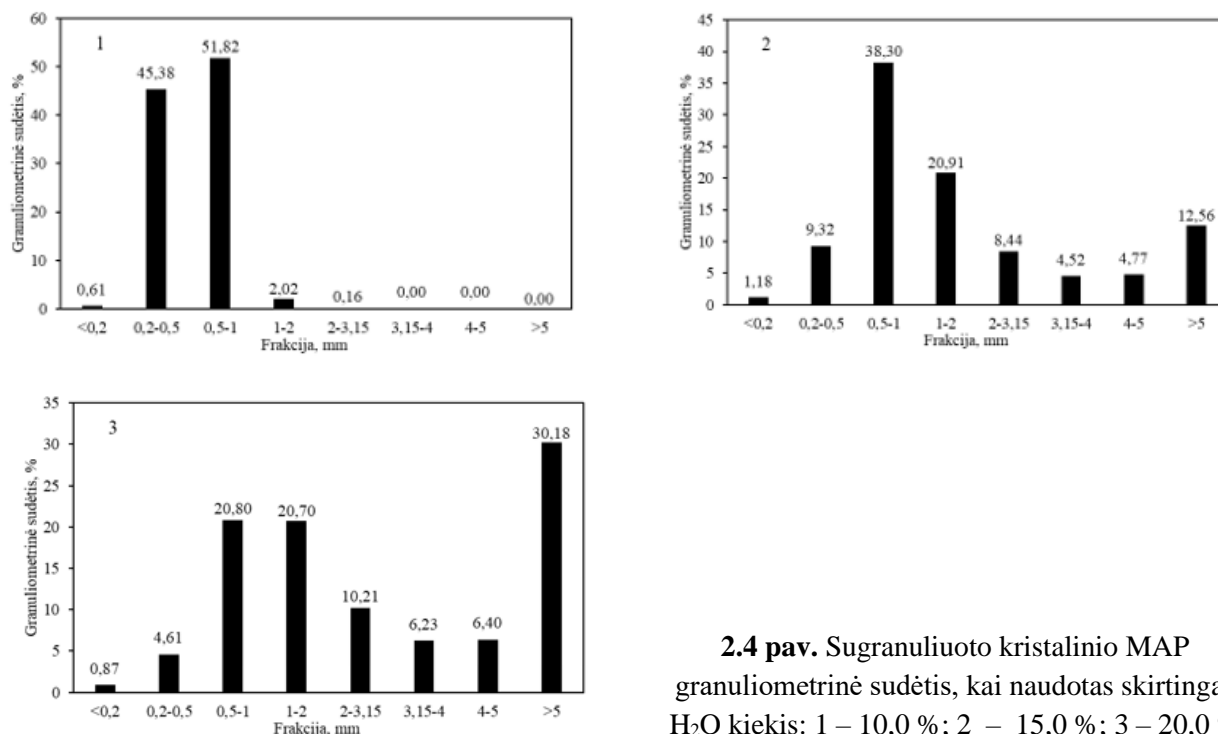
Dalelių skersmuo, mm	1,0–2,0	0,5–1,0	0,2–0,5	<0,2	Viso
Masė, g	986,47	4124,99	2211,41	248,82	7571,69
Masė, %	13,03	54,48	29,21	3,28	100,0

Kristalinio amonio dihidrofosfato granuliavimo sąlygos pateikiamos 2.4–2.12 lentelėje.

2.4 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai naudojamas rišiklis – vanduo

Rišiklis	Vanduo		
Bandymo nr.	1	2	3
Rišiklio kiekis, cm ³	20,0	30,0	40,0
Rišiklio kiekis, %	10,0	15,0	20,0

Granulimetrinė sudėtis, kuri buvo nustatyta sijoant įvairiomis sąlygomis sugrąnuluotus ir ~60 °C temperatūroje išdžiovintus bandinius, pateikta 2.4–2.12 paveiksluose.



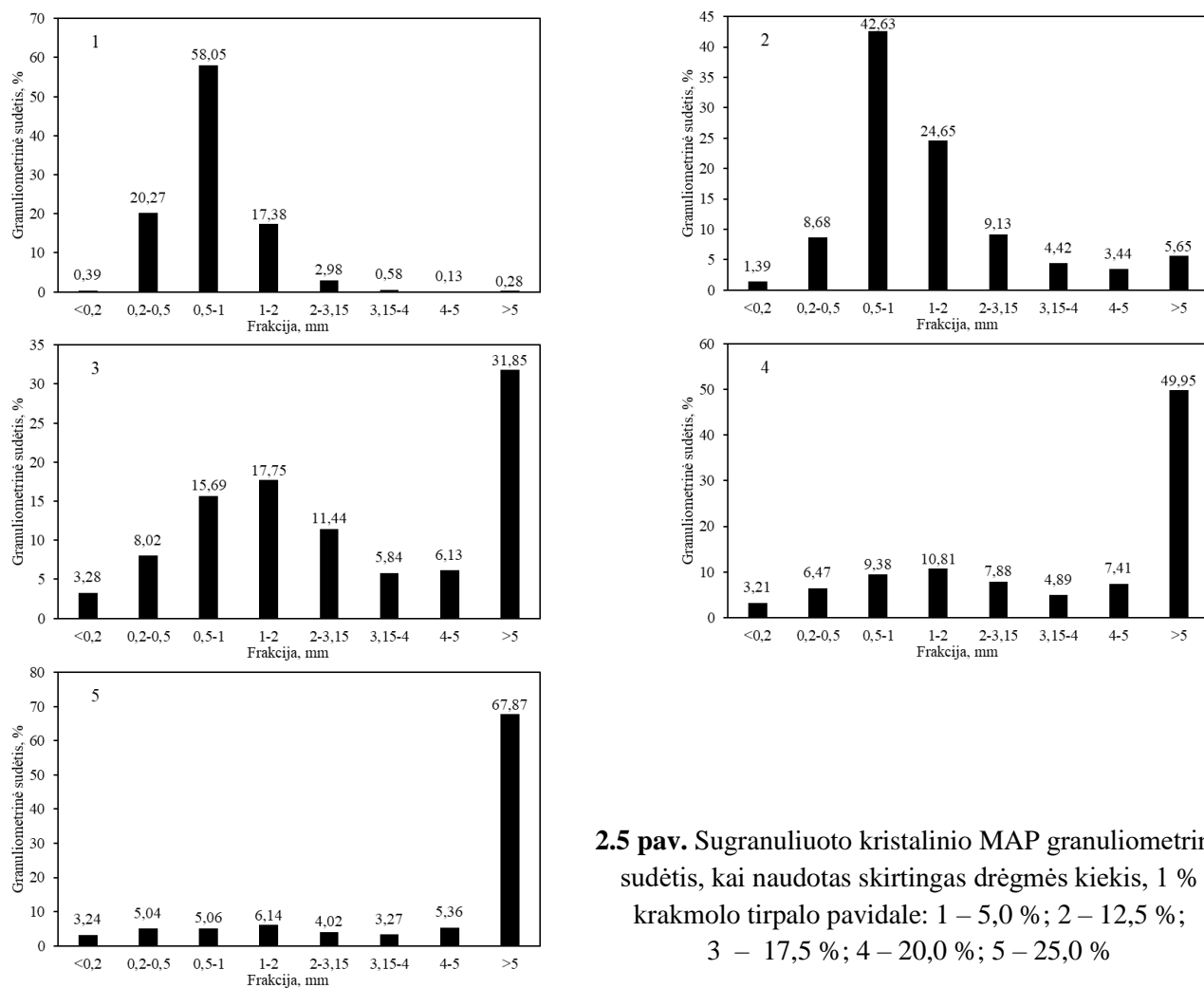
2.4 pav. Sigranuluoto kristalinio MAP granulimetrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas H₂O kiekis: 1 – 10,0 %; 2 – 15,0 %; 3 – 20,0 %

Iš pateiktų rezultatų matyti, kad naudojant iki 15,0 % vandens vyrauja smulkioji granuliu frakcija, o padidinus rišiklio kiekį iki 20,0 % gaunama stambi granuliu frakcija, todėl buvo keičiamos granuliavimo sąlygos. Kristalinio amonio dihidrofosfato granuliavimo sąlygos, kai naudojamas rišiklis 1 % krakmolo tirpalas pateikiamos 2.5 lentelėje.

2.5 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai naudojamas rišiklis – 1 % krakmolo tirpalas

Rišiklis	1 % krakmolo tirpalas				
Bandymo nr.	1	2	3	4	5
Rišiklio kiekis, cm ³	10,0	25,0	35,0	40,0	50,0
Rišiklio kiekis, %	5,0	12,5	17,5	20,0	25,0

Šiomis sąlygomis gauti bandinių granulimetrinė sudėtis pateikta 2.5 paveiksle.



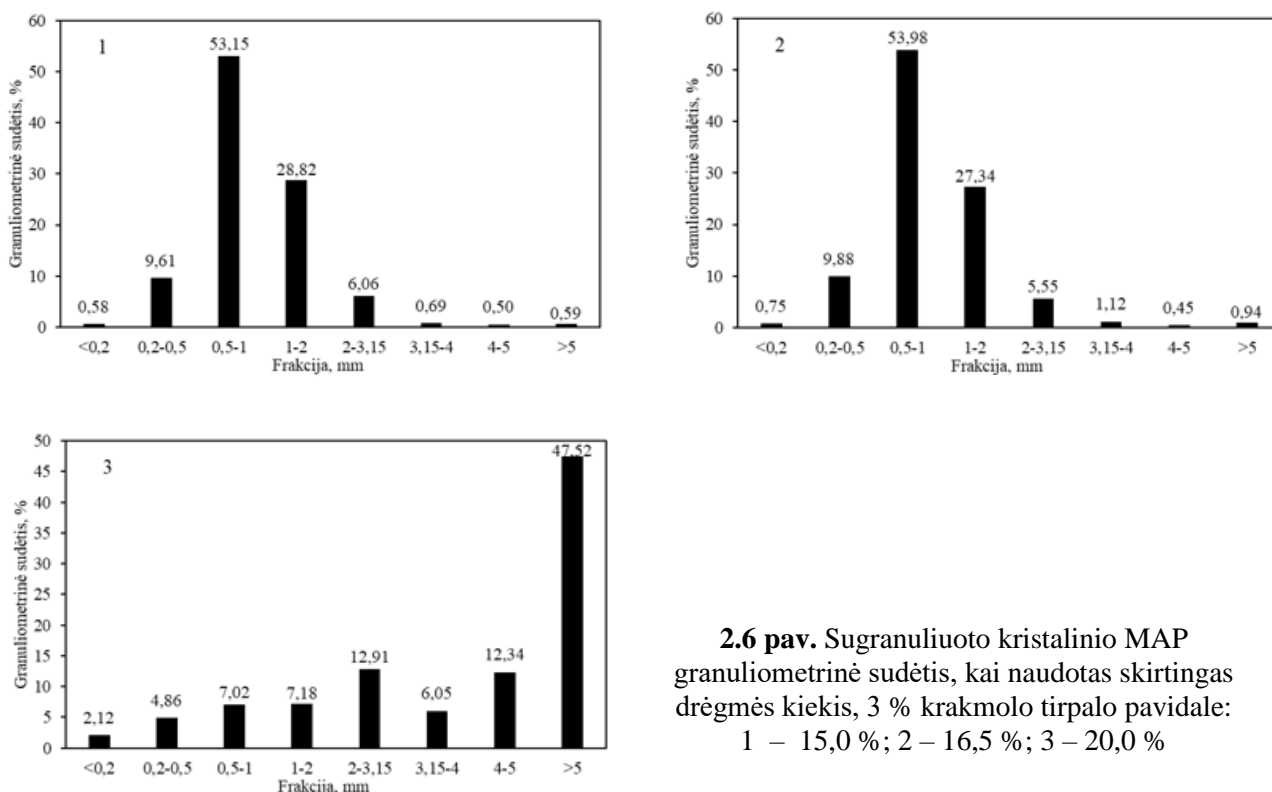
2.5 pav. Sugranuliuoto kristalinio MAP granulimetrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas drėgmės kiekis, 1 % krakmolo tirpalo pavidale: 1 – 5,0 %; 2 – 12,5 %; 3 – 17,5 %; 4 – 20,0 %; 5 – 25,0 %

Iš pateiktų rezultatų matyti, kad naudojant iki 12,5 % rišiklio, vyraujanti granuliuojanti frakcija yra smulki. Granuliuojant su 17,5 % ir didesniu rišiklio kiekiu gauname vyraujančią stambią granuliuojanti frakciją. Ieškant tinkamesnių granuliavimo sąlygų buvo didinama krakmolo tirpalo koncentracija. Kristalinio amonio dihidrofosfato granuliavimo sąlygos, kai naudojamas rišiklis 3 % krakmolo tirpalas pateikiamos 2.6 lentelėje.

2.6 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai naudojamas rišiklis – 3 % krakmolo tirpalas

Rišiklis	3 % krakmolo tirpalas		
Bandymo nr.	1	2	3
Rišiklio kiekis, cm ³	30,0	33,0	40,0
Rišiklio kiekis, %	15,0	16,5	20,0

Granulimetrinė sudėtis bandinių, kurie buvo gauti naudojant 3 % krakmolo tirpalą, pateikta 2.6 paveiksle.



2.6 pav. Sugranuliuoto kristalinio MAP granulimetrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas drėgmės kiekis, 3 % krakmolo tirpalo pavidale: 1 – 15,0 %; 2 – 16,5 %; 3 – 20,0 %

Iš pateiktų rezultatų matyti, kad šiuo atveju, t. y. naudojant 15,0 % ir 16,5 % rišiklio, produkcinės frakcijos susidaro mažai (6–7 %) ir vyrauja (53–54 %) smulkioji (<2 mm) frakcija. Padidinus rišiklio kiekį iki 20,0 % vyrauja (~48 %) stambioji granulių frakcija. Tačiau galima pastebėti, kad kaip rišiklį naudojant 3 % krakmolo tirpalą ir esant žaliavų mišinyje 20,0 % šio rišiklio sudaro didesnis (~19 %) prekinės frakcijos (2,0–4,0 mm) kiekis.

Toliau eksperimentas buvo tęsiamas naudojant tos pačios koncentracijos krakmolo tirpalą, o į granuliatorių papildomai purškiant pastovų tūrį vandens. Kristalinio amonio dihidrofosfato granuliavimo sąlygos, kai kaip rišiklis naudojamas 3 % krakmolo tirpalas ir purškiamas H₂O pateikiamos 2.7 lentelėje.

2.7 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai naudojamas rišiklis – 3 % krakmolo tirpalas ir purškiamas H₂O

Rišiklis	3 % krakmolo tirpalas			
	1	2	3	4
Bandymo nr.	1	2	3	4
Rišiklio kiekis, cm ³	25,0	27,0	29,0	33,0
Rišiklio kiekis, %	12,5	13,5	14,5	16,5
Purškiamo H ₂ O debitas, cm ³ /min	1,6	1,6	1,6	1,6

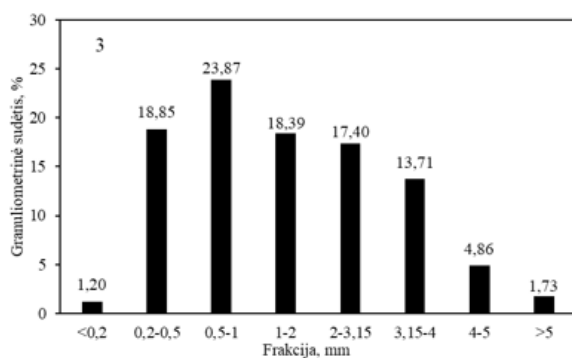
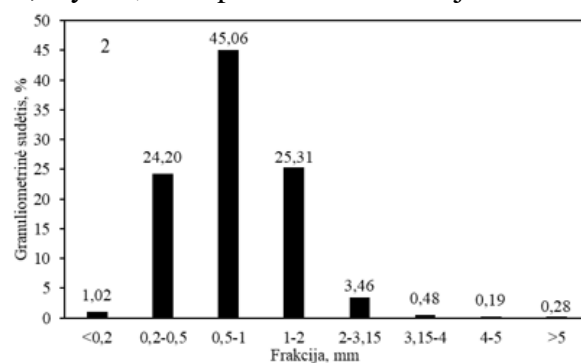
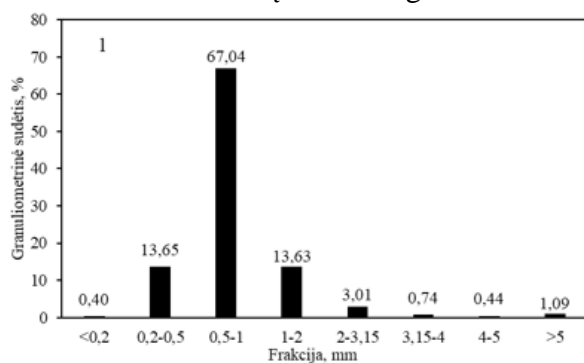
Naudojant 12,5 %, 14,5 % ir 16,5 % rišiklio, vyrauja smulkioji frakcija. Tačiau naudojant 13,5 % rišiklio gaunamas didesnis produkcinės frakcijos kiekis (25 %), nei prieš tai atliktų bandinių. Tačiau toks prekinės frakcijos kiekis yra nepakankamas, todėl toliau buvo vykdomas eksperimentas ir ieškoma tinkamesnių kristalinio MAP su boro priedu granuliavimo sąlygų. Tuo tikslu į granuliuojamą mišinį buvo bandoma įdėti tam tikra kiekį (nuo 5 iki 10 %) sauso krakmolo.

Kristalinio amonio dihidrofosfato granuliavimo sąlygos, kai naudojamas rišiklis 3 % krakmolo tirpalas, purškiamas H₂O ir naudojamas sausas krakmolas pateikiamos 2.8 lentelėje.

2.8 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai purškiamas vanduo, naudojamas 3 % krakmolo tirpalas ir sausas krakmolas

Bandymo nr.	Rišiklio kiekis		Purškiamo H ₂ O debitas, cm ³ /min	Sauso krakmolo kiekis		Rišiklis
	cm ³	%		g	%	
1	30	15	1,6	10	5,0	3 % krakmolo tirpalas
2	30	15	1,6	15	7,5	
3	30	15	1,6	20	10,0	

Šiomis sąlygomis sugrąnuluotų bandinių granuliometrinė sudėtis pateikta 2.7 paveiksle. Iš šių rezultatų matyti, kad naudojant mažesnę kiekį, t. y. 5 % ir 7,5 % sauso krakmolo, tarp susidariusių granulių vyrauja smulkioji frakcija, ji sudaro net iki 70 % viso granulioto produkto kiekio. Padidinus sauso krakmolo kiekį iki 10 % gautas didžiausias kiekis, t. y. 31,11 % produkcinės frakcijos.



2.7 pav. Sugrąnuluoto kristalinio MAP trąšų granuliometrinė sudėtis, kai 1,6 ml/min purškta H₂O, naudotas sausas krakmolas ir 3 % krakmolo tirpalo skirtingas kiekis: 1 – 5,0 %; 2 – 7,5 %; 3 – 10,0 %

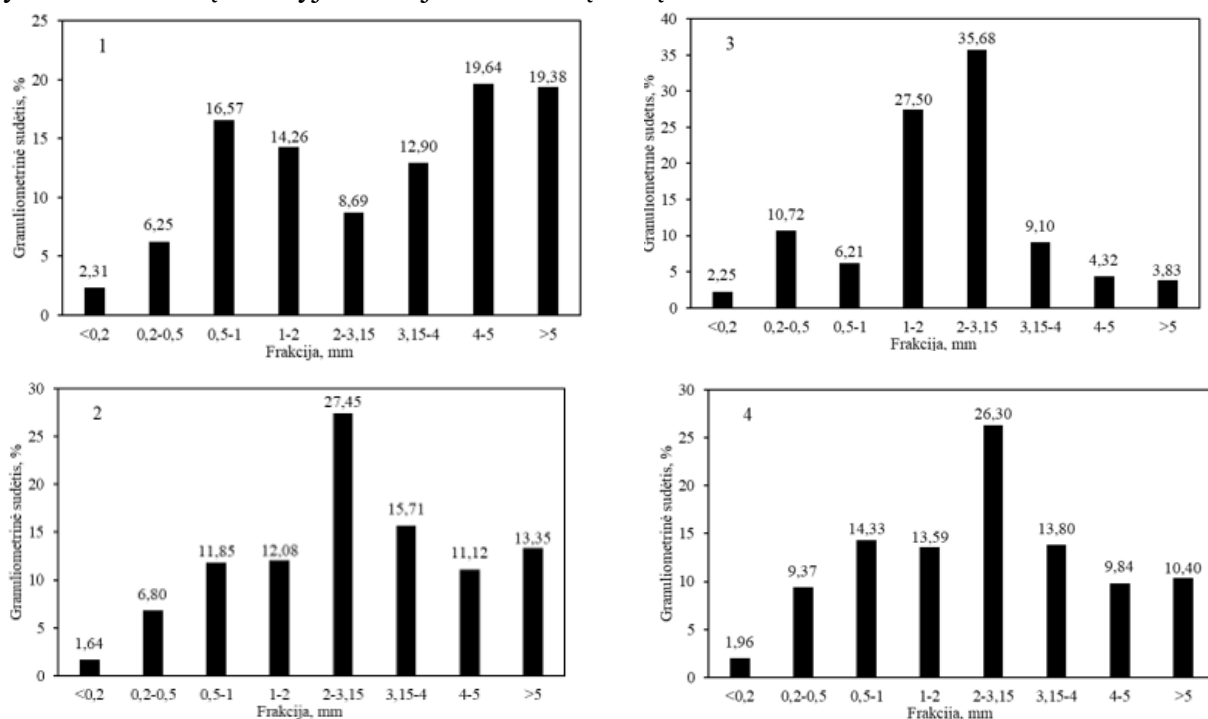
Vykdamas kristalinio amonio dihidrofosfato granuliavimą toliau buvo kaip rišiklis ir toliau buvo naudojamas 3 % krakmolo tirpalas, purškiamas didesnis tūris H₂O ir keičiamas (dar didinamas) naudojamo sauso krakmolo kiekis. Šios sąlygos yra pateikiamos 2.9 lentelėje, o šiomis sąlygomis gauta granuliometrinė produkto sudėtis 2.8 paveiksle.

2.9 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai purškiamas H₂O, naudojamas 3 % krakmolo tirpalas ir sausas krakmolas

Bandymo nr.	Rišklio kiekis		Purškiamo H ₂ O debitas, cm ³ /min	Sauso krakmolo kiekis		Riškis
	cm ³	%		g	%	
1	25	12,5	2,4	15	7,5	Krakmolo tirpalas 3 %
2	25	12,5	2,4	17	8,5	
3	25	12,5	2,4	20	10,0	
4	25	12,5	2,4	25	12,5	

Iš pateiktų rezultatų matyti, kad naudojant 7,5 % sauso krakmolo, gaunamas mažiausias produkcinės frakcijos kiekis – 21,59 %. Granuliavimui paruoštame žaliavų mišinyje didinant sauso krakmolo kiekį (8,5 %, 10,0 % ir 12,5 %) žymiai padidėja ir produkcinės frakcijos kiekis – atitinkamai 43,16 %, 45,19 % ir 40,17 %. Kadangi didžiausias produkcinės frakcijos kiekis gautas naudojant 10 % sauso krakmolo, 3 % krakmolo tirpalą ir 2,4 cm³/min debitu purškiant į granuliatorių vandenį, galima teigti, kad tai yra optimalios MAP su borokso priedu granuliavimo sąlygos.

Kiekvieno granuliavimo metu susidaro ne tik produkcinė, bet ir smulkioji bei stambioji frakcijos. Norint padidinti granuliavimo efektyvumą šios dvi frakcijos dažnai naudojamos kaip papildomas žaliavų mišinio srautas – returas, kurio kiekis priklauso nuo technologijos. Svarbu tai, kad returas nekeičia produkto cheminės sudėties ir leidžia vykdyto procesą be atliekų. Todėl toliau tyrimas buvo vykdomas žaliavų mišinyje naudojant tam tikrą kiekį returo.



2.8 pav. Sugranuliuoto kristalinio MAP trąšų granulometrinė sudėtis, kai 2,4 ml/min purkštas H₂O, naudotas 12,5 % krakmolo tirpalo (3 % koncentracijos) kiekis ir skirtingas sauso krakmolo kiekis: 1 – 7,5 %; 2 – 8,5 %; 3 – 10,0 %; 4 – 12,5 %

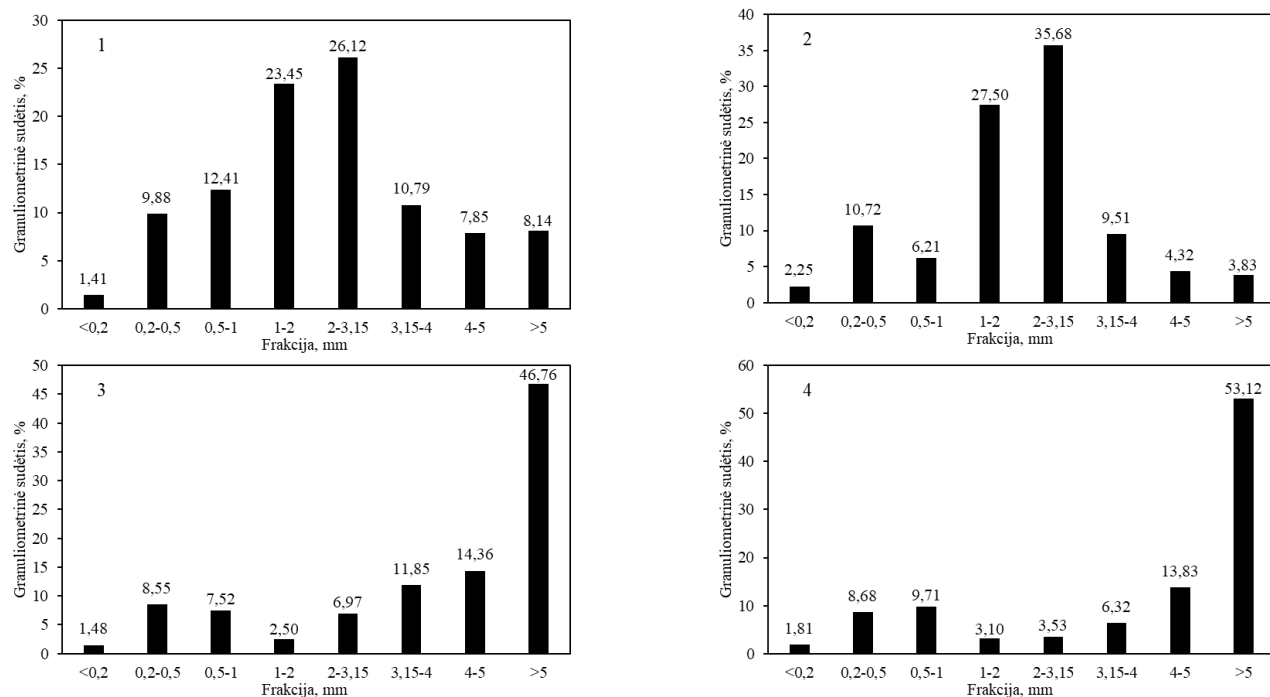
Kristalinio amonio dihidrofosfato granuliavimo sąlygos, kai keičiamas naudojamo rišklio 3 % krakmolo tirpalo kiekis, purškiamas H₂O, naudojamas sausas krakmolas ir 10 % returo pateikiamos 2.10 lentelėje, o šiomis sąlygomis gautų bandinių granulometrinė sudėtis 2.9 paveiksle.

2.10 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai purškiamas H₂O, naudojamas 3 % krakmolo tirpalas, sausas krakmolas ir 10 % returo

Bandymo nr.	Rišiklio kiekis		Purškiamo H ₂ O debitas, cm ³ /min	Sauso krakmolo kiekis		Returo kiekis		Rišiklis
	cm ³	%		g	%	g	%	
1	25	12,5	2,4	20	10	20	10	3 % krakmolo tirpalas
2	30	15,0	2,4	20	10	20	10	
3	32	16,0	2,4	20	10	20	10	
4	35	17,5	2,4	20	10	20	10	

Iš 2.9 paveiksle pateiktų rezultatų matyti, kad geriausios granuliavimo sąlygos buvo žaliavų mišinyje naudojant 15 % rišiklio (3 % krakmolo tirpalas) ir 10 % returo ir gaunamas didžiausias produkcinės frakcijos kiekis – 45,19 %. Tačiau naudojamas didesnis rišiklio kiekis skatina stambiosios frakcijos susidarymą.

Norint padidinti granuliavimo efektyvumą, būtina naudoti kuo didesnę neprodukcinės frakcijos kiekį pakartotiniam perdirbimui. Kadangi pavyko pasiekti didelį produkcinės frakcijos kiekį naudojant 10 % masės kiekiu returo, tikimasi padaryti tai ir su 30 % returo kiekiu.



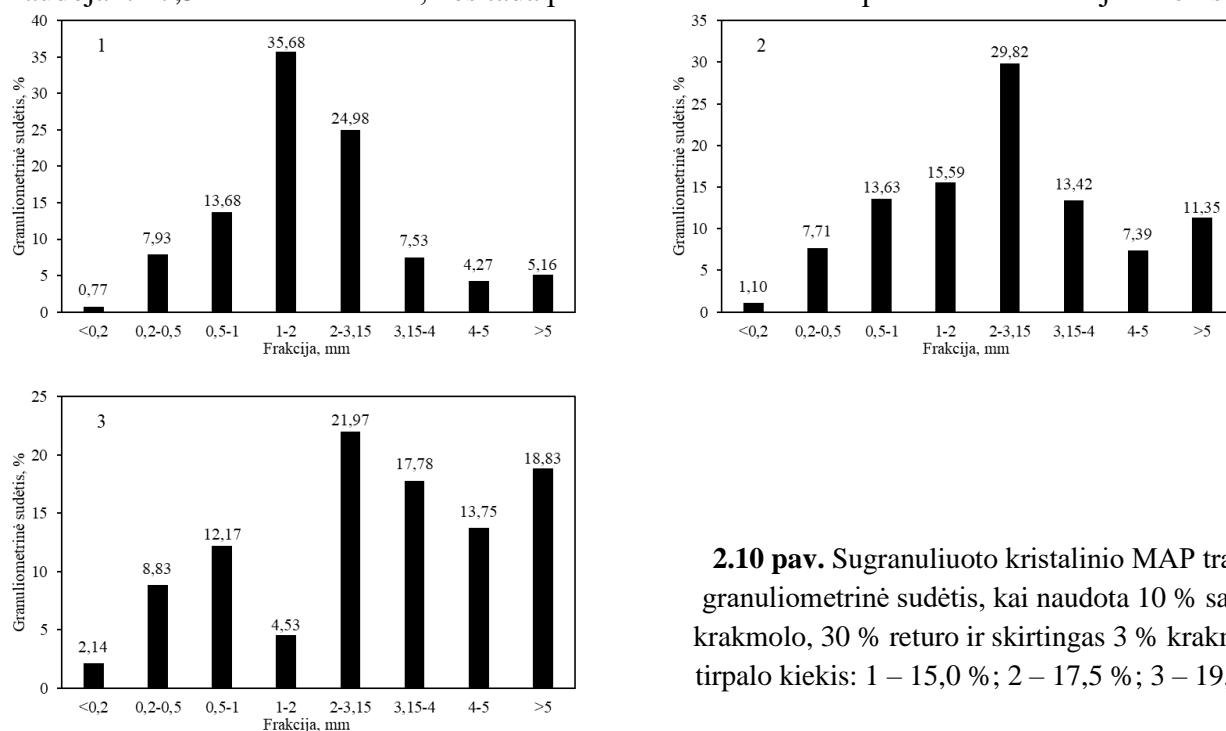
2.9 pav. Sugranuliuoto kristalinio MAP trąšų granulometrinė sudėtis, kai naudota 10 % sauso krakmolo, 10 % returo ir skirtingas 3 % krakmolo tirpalo kiekis: 1 – 12,5 %; 2 – 15,0 %; 3 – 16,0 %; 4 – 17,5 %

Kristalinio amonio dihidrofosfato granuliavimo sąlygos, kai keičiamas naudojamo rišiklio 3 % krakmolo tirpalo kiekis, purškiamas H₂O, naudojamas sausas krakmolas ir 30 % returo pateikiamos 2.11 lentelėje.

2.11 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai purškiamas H₂O, naudojamas 3 % krakmolo tirpalas, sausas krakmolis ir 30 % returo

Bandymo nr.	Rišiklio kiekis		Purškiamo H ₂ O kiekis, cm ³ /min	Sauso krakmolo kiekis		Returo kiekis		Rišiklis
	cm ³	%		g	%	g	%	
1	30	15,0	2,4	20	10	60	30	Krakmolo tirpalas 3 %
2	35	17,5	2,4	20	10	60	30	
3	38	19,0	2,4	20	10	60	30	

2.11 lentelėje aprašytomis sąlygomis sugranuliuotų bandinių granulimetrinė sudėtis pateikta 2.10 paveiksle. Iš pateiktų rezultatų matyti, kad norint naudoti 30 % returo kiekį, efektyviausia granuluoti naudojant 17,5 % rišiklio kiekio, nes tada pasiekiamas didžiausias produkcinės frakcijos kiekis.



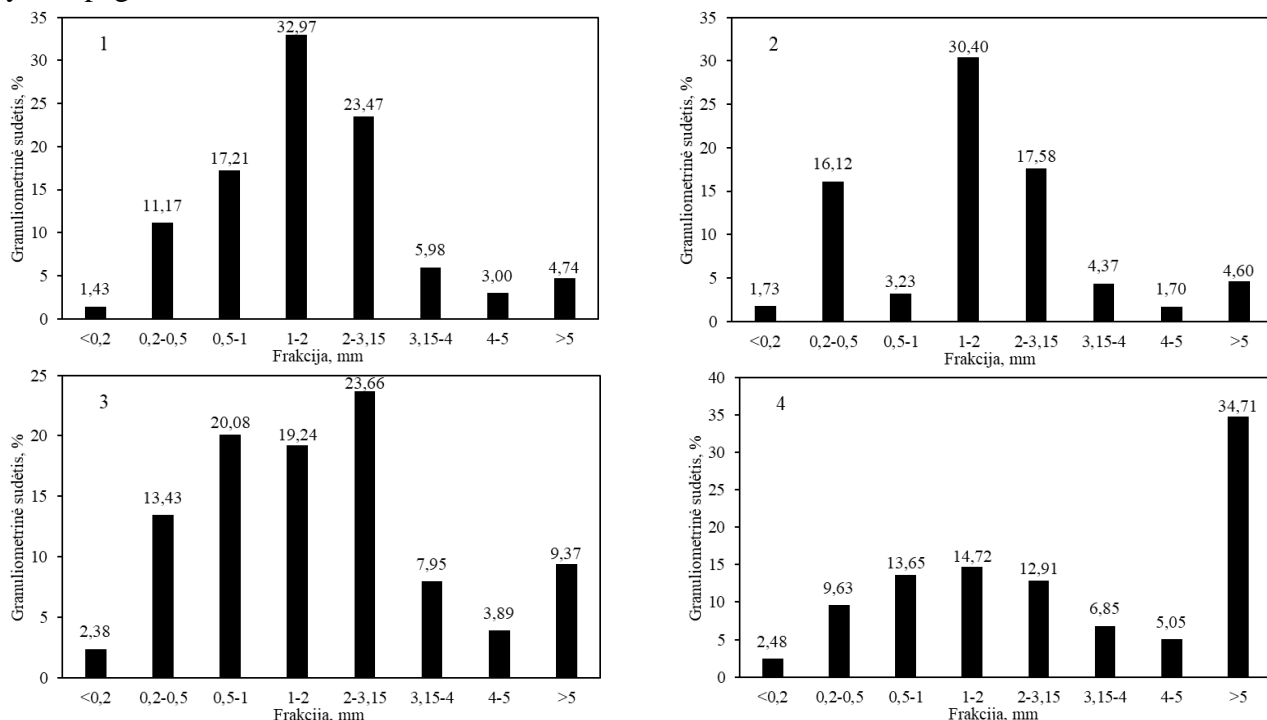
Kadangi stambiatonažėje gamyboje granuliavimo metu naudojamas 50 % ir didesnis returo kiekis, buvo siekiama išmėginti šias granuliavimo sąlygas laboratorijoje. Kristalinio amonio dihidrofosfato granuliavimo sąlygos, kai keičiamas naudojamo rišiklio 3 % krakmolo tirpalo kiekis, purškiamas H₂O, sauso krakmolo kiekis ir naudojamas 50 % returo kiekis pateikiamas 2.12 lentelėje.

2.12 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai purškiamas H₂O, naudojamas 3 % krakmolo tirpalas, sausas krakmolis ir 50 % returo

Bandymo nr.	Rišiklio kiekis		Purškiamo H ₂ O kiekis, cm ³ /min	Sauso krakmolo kiekis		Returo kiekis		Rišiklis
	cm ³	%		g	%	g	%	
1	35	17,5	2,4	20	10	100	50	3% krakmolo tirpalas
2	40	20,0	2,4	20	10	100	50	
3	42	21,0	2,4	20	10	100	50	
4	45	22,5	2,4	20	10	100	50	

Iš 2.11 paveiksle pateiktų rezultatų matyti, kad naudojant didžiausią returo kiekį – 50 %, nebuvo pasiektas didesnis produkcinės frakcijos kiekis, lyginant su tais atvejais, kai buvo naudojama 10 %

ar 30 % returo. Naudojant 50 % returo yra efektyviausia granuliuoti naudojant 21 % rišiklio (3 % krakmolo tirpalas). Tačiau reikia pažymėti, kad gauti frakcinės sudėties rezultatai su 50 % returo yra ne tik ne geresni, bet ir prasteni nei su mažesniu returo kiekiu, todėl toks didelis returo kiekis žaliavose yra nepagėdautinas.



2.11 pav. Sugranuliuoto kristalinio MAP trąšų granulimetrinė sudėtis, kai naudota 10 % sauso krakmolo, 50 % returo ir skirtingas 3 % krakmolo tirpalo kiekis: 1 – 17,5 %; 2 – 20,0 %; 3 – 21,0 %; 4 – 22,5 %

Apibendrinant, atlikus kristalinio MAP su borakso granuliavimo tyrimo rezultatus, galima teigti, kad naudojant, kaip rišiklį vandenį, 1 % ir 3 % krakmolo tirpalą – vyraujanti frakcija yra smulki arba stambi, priklausomai nuo naudojamo rišiklio kiekio. Norimos granulimetrinės sudėties nebuvo pasiekta naudojant ir 3 % krakmolo tirpalą bei keičiant į granuliatorių tiesiogiai purškiamo vandens kiekį granuliavimo metu. Išskeltus tikslus pavyko įgyvendinti tik tuo atveju, kai buvo naudojama 10 % sauso krakmolo, 12,5 % drėgmės, į žaliavų mišinį patenkančios su 3 % krakmolo tirpalu. Tokiomis sąlygomis gauta smulkioji frakcija (<2 mm) sudaro 46,68 %, produkcinė (2–5 mm) sudaro 45,19 %, o stambioji (>5 mm) sudaro 8,15 %. Kadangi granuliavimo procese susidaro iki 50 % nekondicinės frakcijos, kuri gali būti naudojama returo pavidalu grąžinant į technologinę liniją, buvo tirta returo įtaka granuliavimo procesui ir produkto savybėms. Naudojant returą efektyviausia granuliuoti su papildomu 10 % returo kiekiu, 15 % drėgmės, 10 % sauso krakmolo. Granulimetrinė sudėtis sudaryta iš 46,68 % smulkiosios frakcijos, 45,19 % produkcinės frakcijos ir 17,66 % stambiosios frakcijos. Palyginus rezultatus, kurie gauti keičiant returo kiekį nuo 10 % iki 50 %, galima teigti, kad didesnis returo kiekis nepadidina prekinės frakcijos kiekį, atvirkščiai – jį sumažina, todėl returo didinimas iki 50 % žaliavose yra netikslingas.

Įvertinat aptartas sąlygas ir įvairių faktorių įtaką buvo atrinkta 5 geriausi bandiniai ir ištirtos šių bandinių savybės, kurios pateiktos 2.13–2.14 lentelėse.

2.13 lentelė. Sugranuliuotų trąšų fizikinės-cheminės savybės

Eil. nr.	Bandinys	10 % tirpalo pH	Drėgmės kiekis, %	Piltinis tankis, kg/m ³
1	10 % krakmolo tirpalo kiekis (3 % koncentracijos), 10 % sauso krakmolo, purškiant 2,4 ml/min H ₂ O	3,70	1,09	780
2	21,0 % krakmolo tirpalo kiekis (3 % koncentracijos), 10 % sauso krakmolo, purškiant 2,4 ml/min H ₂ O, 50 % returo	3,70	1,10	760
3	12,5 % krakmolo tirpalo kiekis (3 % koncentracijos), 8,75 % sauso krakmolo, purškiant 2,4 ml/min H ₂ O	3,70	1,29	770
4	17,5 % krakmolo tirpalo kiekis (3 % koncentracijos), purškiant 2,4 ml/min H ₂ O, 30 % returo	3,70	1,36	770
5	12,5 % krakmolo tirpalo kiekis (3 % koncentracijos), 10 % sauso krakmolo, purškiant 2,4 ml/min H ₂ O	3,65	1,39	770

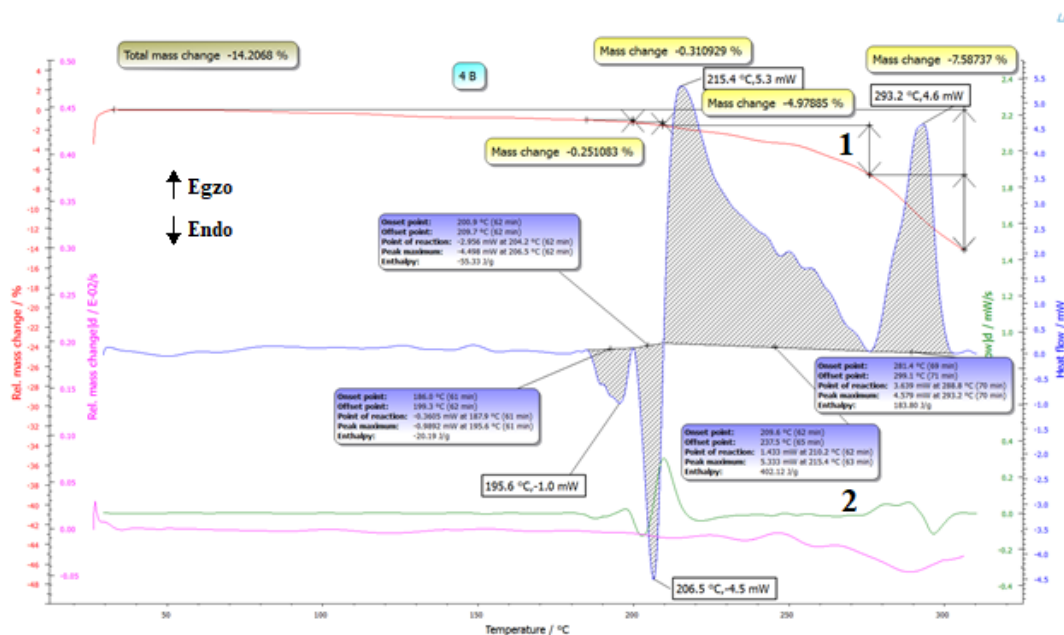
2.14 lentelė. Sugranuliuotų bandinių granulių stipris

Bandiniai					
Granulės eil. nr.	10 % krakmolo tirpalo kiekis (3 % koncentracijos), 10 % sauso krakmolo, purškiant 2,4 ml/min H ₂ O	12,5 % krakmolo tirpalo kiekis (3 % koncentracijos), 8,75 % sauso krakmolo, purškiant 2,4 ml/min H ₂ O	12,5 % krakmolo tirpalo kiekis (3 % koncentracijos), 10 % sauso krakmolo, purškiant 2,4 ml/min H ₂ O	17,5 % krakmolo tirpalo kiekis (3 % koncentracijos), purškiant 2,4 ml/min H ₂ O, 30 % returo	21,0 % krakmolo tirpalo kiekis (3 % koncentracijos), 10% sauso krakmolo, purškiant 2,4 ml/min H ₂ O, 50 % returo
Granulių stipris, N/granulei					
1	5,5	6,0	5,3	5,3	5,3
2	5,5	6,5	5,5	5,8	5,5
3	6,0	7,0	5,5	6,0	5,8
4	6,0	7,3	5,8	6,5	6,0
5	6,3	7,3	5,8	7,5	6,5
6	6,5	7,3	6,8	7,9	6,8
7	7,3	8,0	7,3	9,1	7,0
8	7,3	11,6	7,3	9,6	7,5
9	7,8	13,6	7,8	11,8	10,8
10	8,6	15,1	8,3	13,9	10,8
Vidurkis	6,7	9,0	6,5	8,3	7,2

Ištyrus produkto savybes nustatyta, kad gautų granulių 10 % tirpalo pH svyruoja ribose apie 3,7 ir yra nežymiai didesnis lyginant su kristalinių trąšų pH, kurios vertė yra 3,55. Todėl, galima teigti, kad krakmolo priedas nežymiai padidina trąšų pH. Išdžiovintų trąšų drėgmė yra maža ir svyruoja ribose nuo 1,09 iki 1,39 %. Granuliuotų trąšų bandinių piltinis tankis visais atvejais panašus ir svyruoja nuo 760 iki 780 kg/m³. Išmatavus prekinės frakcijos granulių stiprį, tarp bandinių pastebimas didelis duomenų išsibarstymas. Pirmojo bandinio mažiausia reikšmė yra 5,5 N/granulei, o didžiausia 8,6 N/granulei. Šio bandinio apskaičiuotas granulių stiprio vidurkis yra 6,7 N/granulei. Antrojo bandinio atveju skirtumas žymiai didesnis, nes mažiausia reikšmė yra 6,0 N/granulei, didžiausia –

15,1 N/granulei, o apskaičiuotas granuliu stiprio vidurkis yra 9,0 N/granulei. Trečiojo bandinio mažiausia reikšmė yra 5,3 N/granulei, o didžiausia – 8,3 N/granulei ir apskaičiuotas granuliu stiprio vidurkis yra 6,5 N/granulei. Ketvirtojo bandinio mažiausia reikšmė yra 5,3 N/granulei, didžiausia – 13,9 N/granulei, o apskaičiuotas granuliu stiprio vidurkis yra 8,3 N/granulei. Penktojo bandinio mažiausia reikšmė yra 5,3 N/granulei, didžiausia 10,8 N/granulei, apskaičiuotas granuliu stiprio vidurkis yra 7,2 N/granulei.

Projektuojamoje gamyboje, technologinio proceso stadijose, žaliavos ir produktas yra veikiami aukšta temperatūra (90 °C), todėl naudojant VTA metodą buvo siekiama iširti produkto bei žaliavų terminį stabilumą (žr. 1 priede ir 2.12 pav.).



2.12 pav. Sugranuliuoto produkto VTA kreivės: 1 – TG; 2 – DSK

Iš gautų VTA rezultatų galima teigti, kad produktas pasižymi terminiu stabilumu iki 180 °C. Analizuojant žaliavų VTA kreives matyti, kad gryno amonio dihidrofosfato terminio stabilumo riba yra 200 °C, o borakso 120 °C, todėl galima teigti, kad produkto terminį stabilumą sumažina borakso buvimas galutinio produkto sudėtyje.

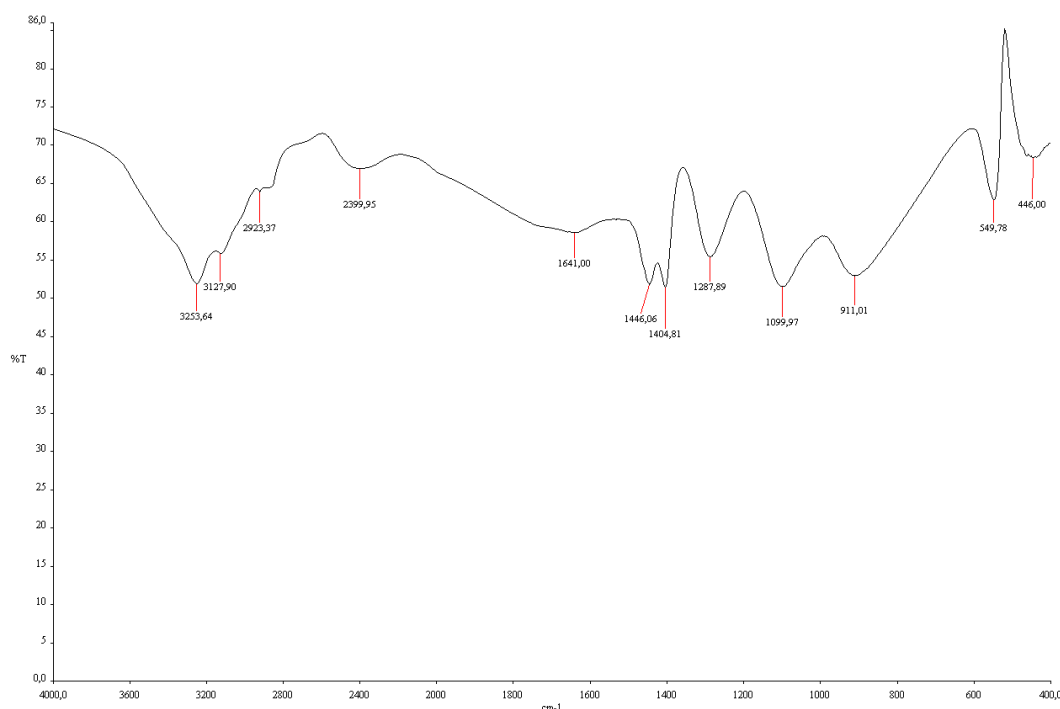
FTIR analizė naudojama norint identifikuoti funkcines grupes ir chemines jungtis esančias žaliavose ir produkte, taip pat įvertinti ar granuliavimo-džiovinimo procese nevyksta cheminės reakcijos ir nesudaro nauji cheminiai ryšiai. Analizei naudojama infraraudonųjų spindulių šviesa medžiagai iširti, išmatuojamas sugertos šviesos ir atspindėtos šviesos kiekis (žr. 2 priede ir 2.13 pav.).

Krakmolą identifikuojantys virpesiai matomi ties $1\ 652\ \text{cm}^{-1}$ tai rodo surištą vandenį, taip pat smailė ties $2\ 931\ \text{cm}^{-1}$ intensyvumo yra būdinga C–H grupei. Plati smailė, esant atitinkamai $3244\ \text{cm}^{-1}$, rodo vandenilinės jungties hidroksilo grupės O–H egzistavimą.

MAP virpesiai matomi ties $2342\ \text{cm}^{-1}$, PO_4^{3-} grupė identifikuojama ties $910\ \text{cm}^{-1}$ ir $1288\ \text{cm}^{-1}$. P=O grupė identifikuoja ties $1098\ \text{cm}^{-1}$, o P=O-H identifikuoja dvi smailės ties 472 ir $547\ \text{cm}^{-1}$.

Borakse matomi stiprūs virpesiai ties $3366\ \text{cm}^{-1}$, tai rodo O–H grupių koordinaciją borakso struktūroje ir vandenilinį ryšį tarp O-H grupių. Smailė ties $1698\ \text{cm}^{-1}$ atitinka H-O-H, smailės ties $1457\ \text{cm}^{-1}$, $1341\ \text{cm}^{-1}$, $1001\ \text{cm}^{-1}$ ir $944\ \text{cm}^{-1}$ priklauso BO_3 grupei, intensyvumo smailė ties

1132 cm^{-1} identifikuoja B-O-H grupę, o 1132 cm^{-1} , 1080 cm^{-1} ir ties 824 cm^{-1} smailės priklauso BO_4 grupei.

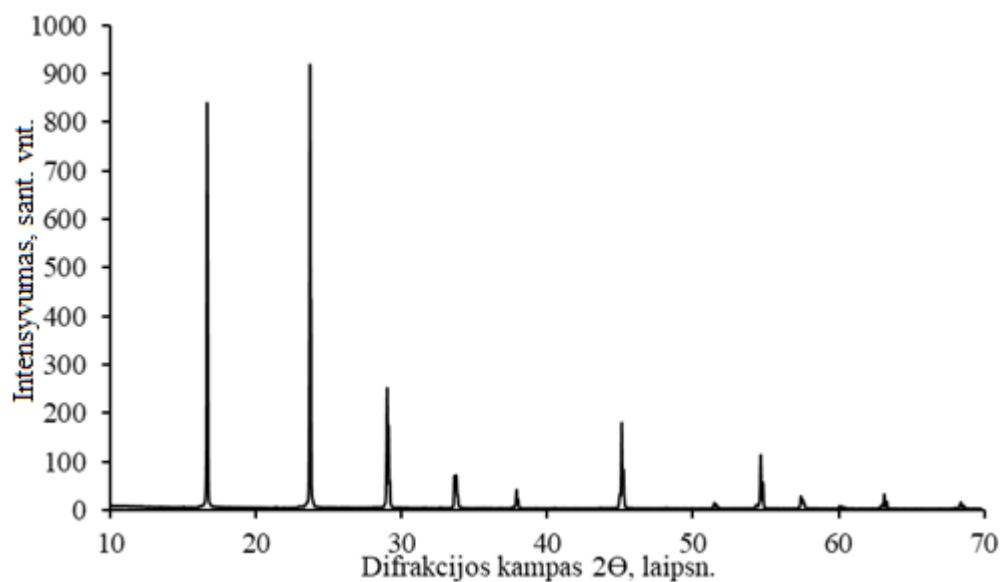


2.13 pav. Sugranuliuoto produkto FTIR kreivė

Iš gautų duomenų matyti, kad granuliuotame produkte atsiranda krakmolo sudėtyje esančio vandens smailė ties 1641 cm^{-1} , C–H grupė nustatoma produkte pagal 2923 cm^{-1} smailę, ir O–H grupę identifikuojama ties 3253 cm^{-1} . Mikroelementą sugranuliuotame produkte galima pastebėti ties 1446 cm^{-1} , 1287 cm^{-1} , 1099 cm^{-1} , 911 cm^{-1} smailėmis, kai identifikuojama BO_3 grupė. Pagrindinio trąšų komponento – amonio dihidrofosfato PO_4^{3-} grupė identifikuojama ties 911 cm^{-1} ir 1288 cm^{-1} , P=O grupė identifikuoja ties 1099 cm^{-1} , o P=O-H identifikuoja dvi smailės ties 446 ir 549 cm^{-1} .

Rentgeno spindulių difrakcinė analizė yra neardomas instrumentinis tyrimo metodas, kai naudojamos miltelių pavidalu fizinės būsenos medžiagas norint kokybiškai identifikuoti naudotas žaliavas ir susidariusį produktą (žr. 3 priede ir 2.14 pav.).

Iš gautų duomenų matyti, kad kristaliniame MAP yra būdingo intensyvumo smailės, kai difrakcijos kampas $2\theta = 16\text{--}17^\circ$, $24\text{--}25^\circ$, 29° ir $33\text{--}34^\circ$. Paprastai šifruojama naudojant tarplokštuminį atstumą iš duomenų bazių lentelių. Boraksą identifikuoja būdingo intensyvumo smailės, kai difrakcijos kampas $2\theta = 10^\circ$, $12\text{--}13^\circ$, 20° . Krakmolo RSDA kreivė yra būdinga amorfinėms medžiagoms, tačiau galima identifikuoti dvi būdingąsias smailes, kai difrakcijos kampas $2\theta = 6\text{--}7^\circ$, $17\text{--}18^\circ$.



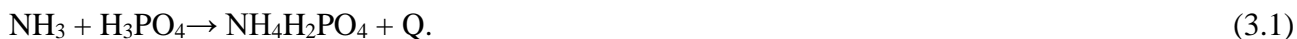
2.14 pav. Sugranuliuoto produkto RSDA kreivė

Visos junginiams būdingos smailės sutapo su duomenų bazėje pateiktomis smailėmis. Sugranuliuoto produkto RSDA kreivėje matomos kristaliniam MAP būdingos smailės, kai difrakcijos kampas $2\theta = 17\text{--}18^\circ$, 29° . Boraksui būdinga smailė, kai difrakcijos kampas $2\theta = 45^\circ$. Krakmolui būdingų smailių nepastebime dėl mažos koncentracijos junginyje.

3. Inžinerinė dalis

3.1. Amonio dihidrofosfato gamybos cheminiai pagrindai

MAP gaminamas neutralizuojant dujiniu amoniaku (NH_3) nufluorintą, nusulfatintą ekstrakcinę fosforo rūgštį (H_3PO_4) pagal (3.1) reakcijos lygtį. Efektyviausia reakciją vykdyti 70–85 °C temperatūros ribose, kad nepakistų fosfatų struktūra ir nesusidarytų netirpūs fosfatai, kurie susidaro pasiekus 95 °C [32].



Esant $\text{NH}_3:\text{H}_3\text{PO}_4 = 1:1$ moliniam santykiui, vyksta tiksliai pirmojo H_3PO_4 vandenilio jono neutralizacija, kurios metu susidaro amonio dihidrofosfatas. Susidariusi pulpa yra netaki, klampi. Druskų kristalizacija vyksta pulpos temperatūrai sumažėjus, ji nusėda vamzdynuose, įrenginiuose. Norint išlaikyti pulpą takią, ji reaktoriuje skiedžiama vandeniu, palaikomas 1275 kg/m³ tankis [32].

Esant amoniako pertekliui reakcijos (3.2) metu susidaro amonio hidrofosfatas:



Pagal norimą amoniako ir fosforo rūgšties molinį santykį dozuojami reakcijos komponentai, keičiant šį santykį galima gauti produktą, turintį pageidaujama azoto (N) ir fosforo (P_2O_5) masės dalį. Naudojamoje fosforo rūgštyje yra tirpios Mg, Ca, Fe, Al monofosfatų pavidalo priemaišos. Neutralizacijos reakcijos metu, šios druskos iš pradžių sudaro sudėtingus kompleksinius junginius, po to pereina į difosfatus arba trifosfatus [32]. Supaprastintos šio proceso reakcijos:



Dauguma fosforo rūgšties neutralizavimo reakcijų yra egzoterminės, kurių metu išsiskiria dideli šilumos kiekiai. Dėl šios priežasties iš pulpos išgaruoja dalis vandens.

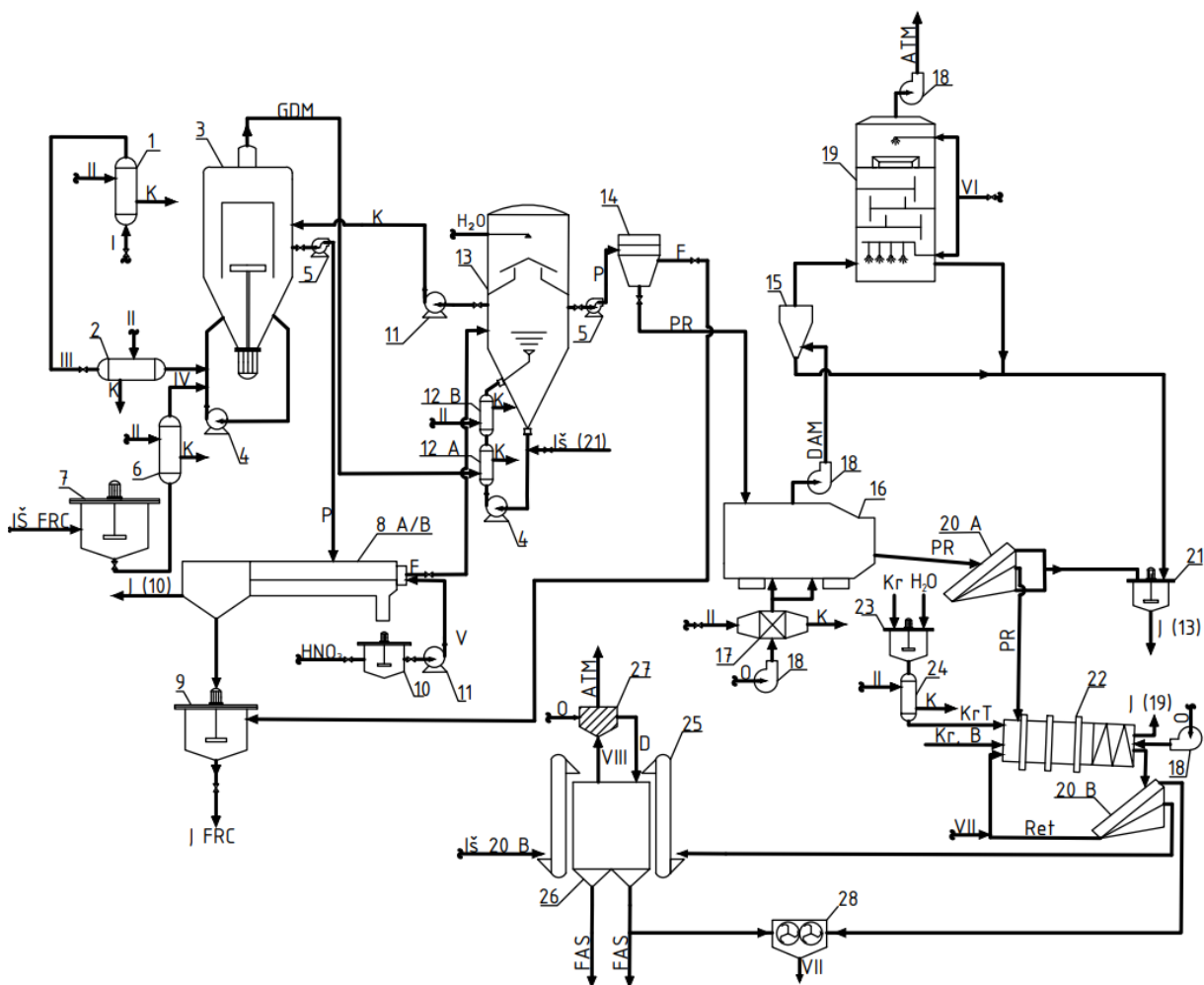
MAP gamyboje naudojamoje fosforo rūgštyje yra iki 2,76 % MgO, todėl susidaro didelis kiekis netirpaus NH_4MgPO_4 , kuris blogina galutinio produkto kokybę. Norint gerinti produkto kokybę, netirpios priemaišos pašalinamos tuoj pat po reakcijos dekanteriuose. Galutinio produkto – kristalinio amonio dihidrofosfato gamyba remiasi MAP kristalų susidarymu iš persotinto tirpalo [32].

3.2. Amonio dihidrofosfato gamybos technologinė schema ir jos aprašas

Technologinė amonio dihidrofosfato schema su technologiniais modernizavimo pokyčiais yra pateikta 3.1 paveiksle. Šioje mikroelementinių trąšų technologijoje įterptas būgninis granulatorius-džiovykla, vibrosietas, naudojamo rišiklio – 3 % krakmolo tirpalo paruošimo talpa ir šilumokaitis krakmolo tirpalui pašildyti.

Proceso stadijos:

- 1) žaliavų sandėliavimas, tiekimas, paruošimas reakcijai;
- 2) fosforo rūgšties neutralizacija dujiniu amoniaku ir priemaišų atskyrimas;
- 3) MAP tirpalo kristalizacija ir centrifugavimas;
- 4) MAP pulpos džiovinimas;
- 5) džiovinimo dujų valymas;
- 6) kristalų granuliavimas, produkcijos saugojimas, fasavimas.



3.1 pav. Granuliuoto amonio dihidrofosfato praturtintu mikroelementu gamybos technologinė schema

1 – amoniako išgarintuvas; 2 – amoniako šildytuvas; 3 – reaktorius su maišykle; 4 – cirkuliacinis siurblys; 5 – sraigtinis siurblys; 6 – rūgšties šildytuvas; 7 – H₃PO₄ talpa su maišykle; 8 A/B – dekanteris; 9 – nuosėdų bakas; 10 – praplovimo bakas; 11 – išcentrinis siurblys; 12 A/B – šilumokaitis; 13 – kristalizatorius; 14 – centrifuga; 15 – ciklonas; 16 – verdančio sluoksniu džiovykla; 17 – kaloriferis; 18 – ventilatorius; 19 – skruberis; 20 A/B – vibrosietas; 21 – tirpinimo bakas; 22 – būgninis granuliatorius; 23 – tirpalo paruošimo bakas; 24 – tirpalo šildytuvas; 25 – elevatorius; 26 – bunkeris; 27 – kasetinis filtras; 28 – malūnas

I – skystas amoniakas; II – garai iš šiluminės elektrinės; III – dujinis amoniakas; IV – fosforo rūgštis; V – azoto rūgštis; VI – nudruskintas vanduo; VII – susmulkintos granulės; VIII – nešvarus dulketas oras; D – dulkės; B – boraksas; Kr – krakmolai; KrT – krakmolo tirpalas; Ret – returas; FRC – fosforo rūgšties cechas; ATM – į atmosferą; O – oras; FAS – į fasavimą; P – pulpa; DAM – dulkių ir amoniako mišinys; GDM – garų ir dujų mišinys; F – filtratas; K – kondensatas; PR – produktas

3.2.1. Žaliavų sandėliavimas, tiekimas, paruošimas reakcijai

Amonio dihidrofosfatui gaminti dujinis amoniakas gaunamas šildant ir išgarinant skystą techninį amoniaką išgarintuve (1). 10 bar ir 15 °C temperatūros skystas amoniakas tiekiamas į išgarintuvo (1) apačioje esančius atvamzdžius ir užpildo tarpvamzdinę įrenginio dalį. Išgarintuve slėgis palaikomas 6,0–11,0 bar ribose. Iš šiluminės elektrinės į išgarintuvo vamzdelius tiekiamas garas, kuris pašildo iki 40 °C ir išgarina skystą amoniaką. Skystas amoniakas intensyviai garuoja ir yra tiekiamas į dujinio amoniako šildytuvą (2). Dujinis amoniakas, prieš patenkant į reaktorių (3), pašildomas iki 50 °C temperatūros garais iš šiluminės elektrinės dujinio amoniako šildytuve (2), siekiant padidinti jo temperatūrą ir išvengti skystos fazės amoniako patekimo į reaktorių neutralizacijos reakcijos metu. 6,0–11,0 bar slėgio dujinis amoniakas tiekiamas į dujinio amoniako šildytuvo vamzdelius. 6 bar ir 165 °C garai tiekiami į dujinio amoniako šildytuvo tarpvamzdinę ertmę ir cirkuliuodami pašildo dujinį amoniaką. 6 bar slėgiu amoniakas tiekiamas į reaktorių. Iš fosforo rūgšties cecho koncentruota nusulfatinta, nufluorinta fosforo rūgštis tiekiamą į fosforo rūgšties talpą (7). Po talpyklos (7) H₃PO₄ pašildoma šildytuve (6) ir tiekiamą į reaktorių (3).

3.2.2. Fosforo rūgšties neutralizacija dujiniu amoniaku ir priemaišų atskyrimas

Reaktoriuje (3) vykdoma reakcija tarp fosforo rūgšties ir dujinio amoniako. Reaktorius (3) su cirkuliaciniu siurbliu (4) vamzdžiais sujungtas į cirkuliacinį kontūrą. Norint tinkamai sumaišyti žaliavas, per specialų purkštuką fosforo rūgštis reakcijai tiekiamą į cirkuliacinį kontūrą. Per amoniako purkštuką dujinis amoniakas tiekiamas į cirkuliacinį kontūrą. Reaktoriaus konstrukcija užtikrina, kad reakcijos mišinio išbuvimo laikas būtų ne mažesnis nei 2 val., tam, kad priemaišos esančios rūgštyje spėtų sudaryti kristalus, kurie bus pašalinti dekanteriuose.

Dekanteris (8 A/B) – tai įrenginys, kuriame veikiant išcentrinei jėgai vyksta pulpos skystos ir kietos fazių atskyrimas. Pagrindinė dekanterio dalis yra besisukantis būgnas, sudarytas iš cilindrinės ir kūginės dalies, su viduje kintamu greičiu besisukančiu sraigtu. Besisukantis būgnui, į jo vidų siurbliu tiekiamą pulpa. Priemaišų kristalai, esantys pulpoje, yra didesnio tankio už skystą fazę, todėl veikiant išcentrinei jėgai yra spaudžiami prie būgno sienelių. Skysčio nuskaidrinimas vyksta dekanterio būgno cilindrinėje dalyje, 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 (9). Iš dekanterių filtratas tiekiamas į kristalizatorių (13). Kad suskystėtų, nuosėdos atskiedžiamos filtratu iš centrifugos (14). Gamybiniame ceche įrengti du, lygiagrečiai dirbantys, vienodi dekanteriai (8 A/B), į kuriuos sraigtiniais siurbliais tiekiamą pulpa, kurios kiekis reguliuojamas keičiant siurblių apsukas. Dirbant pastoviu režimu, pulpos kiekis skirstomas po lygiai abiem dekanteriams. Dekanterių darbo metu jų darbo paviršiai apauga priemaišomis, padidėja įrenginio vibracija, susidaro disbalansas. Norint pašalinti susidariusias nuosėdas, vykdomi 2,5 % HNO₃ tirpalu praplovimai. Iš praplovimo bako (10) azoto rūgšties tirpalas išcentrinu siurbliu (11) pumpuojamas į plaunamą dekanterį. Plaunant vieną dekanterį, kitas dekanteris dirba pilnu našumu (~27,8 m³/h). Iš dekanterių panaudota HNO₃ grąžinama į praplovimo baką (10).

3.2.3. MAP tirpalo kristalizacija ir centrifugavimas

Kristalizatoriuje (13) palaikomas 0,89 bar vakuumas, todėl cirkuliuojantis tirpalas užverda, vyksta MAP koncentravimas ir kristalizacija. Kristalizatorius sujungtas į cirkuliacinį kontūrą, su dviem nuosekliai sumontuotais šilumokaičiais (12 A/B) ir cirkuliaciniu siurbliu (4), kurie tarpusavyje sujungti vamzdžiais. Siurblys (4) sudaro pulpos cirkuliaciją uždaru ciklu: šilumokaitis (12 A) →

šilumokaitis (12 B) → kristalizatorius (13) → siurblys (4). Iš reaktoriaus (3) išsiskiriančiu garų ir dujų mišiniu šildomas pirmasis šilumokaitis (12 A), antrasis šilumokaitis (12 B) naudoja garą iš šiluminės elektrinės. MAP koncentravimui ir kristalizacijai reikalingą šilumą tiekia šilumokaičiai. Kristalizatorius (13) sudarytas iš dviejų dalių. MAP kristalizacija vyksta apatinėje kristalizatoriaus dalyje. Karšta pulpa iš šilumokaičių patenka į išsiplečiančią vamzdžio dalį ir joje smarkiai užverda. Išgaruojant vandeniui, tirpalas persisotina, koncentracija didėja ir susidaro MAP kristalai. Didėjant pulpos koncentracijai, lygis kristalizeriuje mažėja. Amoniako garų absorbcija vyksta viršutinėje kristalizatoriaus dalyje, laistant absorbuojančiu skysčiu – vandeniu. Kristalizeriuje (13) susidariusi MAP kristalų pulpa siurbliu tiekama į centrifugą (14), kurioje MAP kristalai atskiriami nuo skysčio. Tam naudojama – inercinio iškrovimo filtruojamoji centrifuga. Į perforuotą kūginį būgną, kuris sukasi 1500 aps/min greičiu, siurbliu tiekama pulpa. Jame ta pačia kryptimi, mažesniu greičiu sukasi kūginis sraigtas. Pulpa, veikiamą didelės išcentrinės jėgos, spaudžiama prie būgno sienelių. Pratekėjęs pro kūginio būgno skylutes, filtratas vamzdžiu subėga į baką (9). Iš produkto su centrifugos filtratu pašalinamos tirpios priemaišos. Centrifugoje įmontuotas kūginis sraigtas stumia nuosėdas (MAP kristalus) kūgine būgno sienele žemyn per lataką į verdančio sluoksnio džiovyklą (16).

3.2.4. MAP pulpos džiovinimas

Verdančio sluoksnio džiovykla (16) – aparatas skirtas produkto džiovinimui (drėgmės, likusios po centrifugavimo, pašalinimui). Tai cilindro formos plieninis aparatas su horizontalia perforuota plokšte viduje ir dviem vibrovarikliais. Į priekinę džiovyklos (16) dalį ant perforuotos plokštės patenka drėgnas produktas.

Į džiovyklą (16) ventiliatoriumi (18) tiekiamas oras. Oras iš džiovyklos ištraukiamas kitu ventiliatoriumi. Per perforuotą plokštę į džiovinimo sluoksnį tiekiamas oras, kuris judėdamas per sluoksnį pakankamu greičiu išlaiko daleles pakibusias. Sluoksnyje susidarantys ir suyrantys oro burbulai sukelia intensyvų dalelių judėjimą. Kietosios dalelės elgiasi kaip verdantis laisvai tekantis skystis. Gaunami labai geri masių ir šilumos mainai dėl glaudaus kontakto tarp oro ir judančių dalelių.

Žemiau perforuotos plokštės esanti dalis, į kurią tiekiamas oras, sudaryta iš dviejų kamerų. Ventiliatoriaus tiekiamas oras, gariniu kaloriferiu (17) pašildomas iki 150 °C, patenka į pirmąją džiovyklos (16) kamerą. Produkto džiovinimas vyksta virš šios kameros esančioje džiovyklos dalyje. Džiovinimui tiekiamo oro temperatūra reguliuojama, keičiant tiekiamų garų kiekį į kaloriferį. Džiovykloje palaikoma 110 °C temperatūra, iš džiovyklos ištraukiamų dujų temperatūra – 88 °C. Į antrąją kamerą ventiliatoriumi tiekiamas ~60 °C temperatūros oras, pagal poreikį atvėsintas arba pašildomas kaloriferiu (17). Įkaitusio produkto aušinimas vyksta virš šios kameros esančioje džiovyklos (16) dalyje. Po džiovyklos (16) produkto temperatūra palaikoma 40 °C. Oro temperatūra aušinimui reguliuojama keičiant garų kiekį į kaloriferį (17).

Išdžiovinintas, atvėsęs produktas latakų byra į vibrosietą (20A), kuriame atskiriamas netinkamas produktas – gabaliukai smulkesni už 1 mm ir stambesni už 3 mm patenka į tirpinimo baką (21), kuriame yra ištirpinami ir tiekiami atgal į kristalizerių (13). Produkcinės frakcijos kristalai tiekiami į būgninį granulatorių-džiovyklą (22) kartu su rišikliu – 3 % krakmolo tirpalu, boraksu ir sausu krakmolu. Riškis gaminamas tirpalo paruošimo bake (23) maišymo metu tolygiai tiekiant sausą krakmolą ir vandenį. Paruoštas tirpalas pašildomas iki 60 °C tirpalo šildytuve (24). Susidariusių granulių efektyviam džiovinimui tiekiamas oras ventiliatoriumi (18) ir susidaręs produkto dulkių ir

oro mišinys tiekiamas į skruberį išvalymui. Sugranuliuotas produktas tiekiamas į vibrosietą (20B). Stambi frakcija tiekama į malūną (28) smulkinimui ir kartu su smulkiąją frakcija returo pavidalu pakartotinai granuliuojama granuliuojamoje (22). Produkcinė frakcija elevatoriais (25) tiekama į gatavos produkcijos saugojimo bunkerį (26), kuris yra 300 m³ talpos.

3.2.5. Džiovinimo dujų valymas

Naudotas oras MAP kristalų džiovinimui ir aušinimui džiovykloje (16) yra užterštas amoniaku ir produkto dulkėmis, todėl, prieš išleidžiant jį į atmosferą, yra išvalomas ciklone (15) ir skruberyje (19). Oras iš džiovyklos (16) siurbiamas ventiliatoriumi (18) ir dujovamzdžiu nukreipiamas į cikloną (15). Ciklonas sudarytas iš cilindrinio korpuso su kūginiu dugnu. Į korpusą dulketos dujos tiekiamos liestinės kryptimi. Tiekimo srautas dėl tangentinio dujų pradeda sukintis apie išvalytų dujų išleidimo atvamzdį, įtaisytą ciklono ašyje. Išcentrinės jėgos dulkių dalelės bloškiamos prie korpuso sienelės. Įrenginyje susidaro du spiralės formos srautai: išorinis dulketų dujų, kuris juda žemyn išilgai ciklono sienelių ir vidinis, išvalytų dujų, kuris, judėdamas į viršų išsidėsto arti ciklono centro ir iš jo pasišalina. Arti sienelių koncentruojasi dulkės ir patenka į iškrovimo bunkerį, iš kurio latakais byra į baką (21). Ciklone pasiekiamas ~85 % dulkių išvalymo laipsnis. Likusio amoniako ir dulkių pašalinimui, skruberyje (19) oras valomas šlapiu būdu. Skruberis yra laistomas nudruskintu vandeniu. Didžioji dalis vandens (17 m³/h) tiekama ant perforuotų lėkščių, 4 m³/h tiekama į purkštukus sumontuotus žemiau lėkščių. Apatinėje įrenginio dalyje susirenka vanduo, kuris tiekiamas į tirpinimo baką (21).

3.2.6. Produkcijos saugojimas, fasavimas

Byrantis produktas iš elevatoriaus (25) patenka į saugojimo bunkerį (26), susidarę stambūs gabalai tiekiami į malūną (28), kuriame jie yra susmulkinami ir gražinami į granuliuojamoje (22). Iš bunkerio (26) produktas tiekiamas į fasavimo įrenginį, esantį amonio dihidrofosfato sandėlyje. Transportuojant produktą, ypač jo persipylime iš vieno įrenginio į kitą, darbo vietose galimas produkto dulkių išsiskyrimas. Kasetinis oro valymo filtras (27) sumontuotas virš persipylimo nuo transporterio į fasavimo bunkerį, norint pagerinti darbo vietų sanitarinį stovį. Filtrai yra suprojektuoti oro su sausomis dulkėmis valymui ir pagaminti iš standartinių filtro kasečių. Filtro darbo metu kasetės yra nupurtomos. Nešvarus oras patenka į filtrą per tiekimo atvamzdį ir praeina per išsiplėtimo kamerą, kurioje jo greitis sumažėja. Į filtro piltuvo apačią patenka didelės dulkių dalelės ir atsiskiria netgi nepasiekus filtravimo medžiagos paviršiaus. Į filtravimo kasetes oras yra paskirstomas. Oras, kartu su smulkiomis dulkėmis, pakyla tarp kasečių eilių ir praeina per filtro medžiagą. Ant kasetės filtravimo medžiagos kaupiasi dulkės ir atsiradus suslėgto oro impulsui, nukrenta į filtro piltuvą. Per išėjimo angą iš filtro išleidžiamas visiškai išvalytas oras.

3.3. Amonio dihidrofosfato gamybos pagrindinių įrenginių specifikacijos

Amonio dihidrofosfato gamyboje naudojamų pagrindinių įrenginių specifikacijos [33] (išmatavimai, našumas, temperatūra, slėgis ir kt.) pateiktos 4 priede.

3.4. Medžiagų ir šilumos srautų skaičiavimai monoamonio fosfato granuliuotėje

Apskaičiuotas pagrindinio granuliuoto monoamonio fosfato su mikroelementu aparato granulatoriaus medžiagų ir šilumų balansas. Įvertinus pasaulines monoamonio fosfato vartojimo tendencijas projektuojamas granulatoriaus našumas 3,425 t/h.

Pagamintas kristalinis amonio dihidrofosfatas tiekiamas į granuliatorių. Priimame, kad tiekiamas kiekis yra 1000 kg trašų, 100 kg sauso bulvių krakmolo, 5,2 kg borakso, 125 l bulvių krakmolo tirpalo 3 % ir 12 l/min purškiamas H₂O kiekis ir 100 kg returo.

Reikalingas kristalinio amonio dihidrofosfato kiekis, kg:

$$G_{\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \text{ kristalinis}} = 1000 \text{ kg} \quad (3.8)$$

Reikalingas sauso krakmolo kiekis, kg:

$$G_{(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n} = 100 \text{ kg} \quad (3.9)$$

Reikalingas borakso kiekis, kg:

$$G_{\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}} = 5,2 \text{ kg} \quad (3.10)$$

Skaičiuojamas 3 % krakmolo tirpalo kiekis, kg:

$$G_{3\%(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n \text{ tirpalas}} = 125 \cdot 0,994 = 124,25 \text{ kg} \quad (3.11)$$

$$\rho_{3\%(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n} = 0,994 \text{ kg/m}^3$$

Skaičiuojamas sauso krakmolo kiekis 3 % krakmolo tirpalo pavidale, kg:

$$G_{(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n \text{ sausas}} = \frac{124,25 \cdot 3}{100} = 3,73 \text{ kg} \quad (3.12)$$

Skaičiuojamas H₂O kiekis tiekiamas 3 % krakmolo tirpalo pavidale, kg:

$$G_{\text{H}_2\text{O}} = 124,25 - 3,73 = 120,52 \text{ kg} \quad (3.13)$$

Skaičiuojamas H₂O kiekis įkrovos drėkinimui pro purkštukus, kg. Medžiagos prabuvimo laikas

$$\tau = 120 \text{ s}$$

$$G_{\text{H}_2\text{O drėkinimui}} = 12 \cdot 2 = 24 \text{ kg} \quad (3.14)$$

Skaičiuojamas bendras H₂O kiekis tiekiamas į granuliatorių, kg:

$$G_{\text{H}_2\text{O bendras}} = G_{\text{H}_2\text{O}} + G_{\text{H}_2\text{O drėkinimui}} = 120,52 + 24 = 144,52 \text{ kg} \quad (3.15)$$

Reikalingas returo kiekis, kg:

$$G_{\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \text{ returas}} = 100 \text{ kg} \quad (3.16)$$

Skaičiuojamas tiekiamas medžiagų kiekis į granuliatorių, kg:

$$G_{\text{granul.}} = G_{\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \text{ kristalinis}} + G_{(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n} + G_{\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}} + G_{(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n \text{ sausas}} + G_{\text{H}_2\text{O bendras}} + G_{\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \text{ returas}} = 1000 + 100 + 5,2 + 3,73 + 144,52 + 100 = 1353,45 \text{ kg} \quad (3.17)$$

Granuliatoriuje H₂O kiekis lieka nepakitęs t.y. 144,52 kg. Remiantis šiais duomenimis apskaičiuojamas masės drėgnis, %:

$$G_{dr} = \frac{G_{H_2O_{benras}}}{G_{granul.}} \cdot 100 = \frac{144,52}{1253,45} = 11,53 \% \quad (3.18)$$

H₂O kiekis, kg:

$$G_{H_2O \text{ dž.}} = 144,52 - 25 - (103,73 + 5,2) \cdot \frac{18}{126} = 103,96 \text{ kg} \quad (3.19)$$

Apskaičiuojama srauto drėgmė, %:

$$G_{Dž.dr.} = \frac{103,96}{1353,45} \cdot 100 = 7,68 \% \quad (3.20)$$

Išgaravęs H₂O kiekis granuliatoriuje, kg:

$$G_{išg.H_2O} = 103,96 - 100 \cdot \frac{1,4}{100} = 102,56 \text{ kg} \quad (3.21)$$

Išdžiovintas produktas po džiovynos, kg:

$$G_{NH_4H_2PO_4B} = 1353,45 - 127,56 = 1225,89 \text{ kg} \quad (3.22)$$

Po džiovynos reture esantis H₂O kiekis, kg:

$$G_{NH_4H_2PO_4B_{returo H_2O}} = 100 \cdot \frac{1,4}{100} = 1,4 \text{ kg} \quad (3.23)$$

Amonio dihidrofosfato su boru produkcijos kiekis, kg:

$$G_{NH_4H_2PO_4B} = 1225,89 - 100 - 103,96 = 1021,93 \quad (3.24)$$

Esantis vandens kiekis produkte:

$$G_{H_2O} = 1021,93 \cdot 0,014 = 14,3 \text{ kg} \quad (3.25)$$

3.1 lentelė. Medžiagų balansas granuliatoriuje

Medžiaga	Į reaktorių, kg	Į džiovyklą, kg	Po džiovynos, kg
Amoniakas	154,8	–	–
Fosforo rūgštis	1719,4	–	–
Amonio dihidrofosfatas	–	1000,0	–
Amonio dihidrofosfatas su boru	–	–	1021,9
Vandens kiekis rūgšties skiedimui	2970,1	–	–
Boraksas	–	5,2	–
Krakmolas	–	103,7	–
Vandens kiekis 3 % tirpale	–	120,5	–
Returas	–	100,0	100,0
Išgaravęs vanduo	–	–	102,6
Drėgmė, %	2	11,5	1,4
Viso	4844,32	1329,4	1224,5

Kadangi žinomas granulatoriaus tūrinis debitas $Q = 0,125 \text{ m}^3/\text{s}$; medžiagos prabuvimo laikas būgno analoge $\tau_{an} = 120 \text{ s}$; būgno analogo skersmuo $D_{an} = 4 \text{ m}$; būgno analogo kampinis greitis $\omega_{an} = 0,5 \text{ s}^{-1}$; būgno analogo užpildymo koeficientas $\Phi_{an} = 10 \%$. Apskaičiuojamas granulatoriaus skersmuo D , m; kampinis greitis ω , s^{-1} ; granulatoriaus ilgis L , m; atraminio žiedo skylės skersmuo D_0 , m;

Apskaičiuojamas granulatoriaus skersmuo pagal lygtį:

$$D = 1,70 \cdot \sqrt[4]{Q \frac{D_{an}}{2} \cdot \tau_{an}} \quad (3.26)$$

čia: τ_{an} – medžiagos prabuvimo laikas būgno analoge; D_{an} – būgno skersmuo; Q – granulatoriaus tūrinis debitas.

$$D = 1,70 \cdot \sqrt[4]{Q \frac{D_{an}}{2} \cdot \tau_{an}} = 1,70 \cdot \sqrt[4]{0,125 \frac{4}{2} \cdot 120} = 3,98 \approx 4 \text{ m} \quad (3.27)$$

Apskaičiuojamas granulatoriaus kampinis greitis pagal lygtį:

$$\omega = \omega_{an} \cdot \sqrt{\frac{D_{an}}{D}} \quad (3.28)$$

čia: ω_{an} – būgno analogo kampinis greitis; D_{an} – būgno skersmuo.

$$\omega = \omega_{an} \cdot \sqrt{\frac{D_{an}}{D}} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{4}{5}} = 0,5 \text{ s}^{-1} \quad (3.29)$$

Apskaičiuojamas medžiagos poslinkio ašinis greitis pagal lygtį:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D \cdot \Phi_{an}} \quad (3.30)$$

čia: Q – granulatoriaus tūrinis debitas; Φ_{an} – būgno analogo užpildymo koeficientas.

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2 \cdot \Phi_{an}} = \frac{4 \cdot 0,125}{\pi \cdot 4^2 \cdot 0,10} = 0,099 \text{ m/s} \quad (3.31)$$

Apskaičiuojamas granulatoriaus ilgis pagal lygtį:

$$L = v \cdot \tau_{an} \quad (3.32)$$

$$L = v \cdot \tau_{an} = 0,099 \cdot 120 = 11,88 \approx 12,0 \text{ m}$$

Granuliavimo metu 3 % krakmolo tirpalas yra pašildomas šilumokaityje. Toliau apskaičiuojamas krakmolui pašildyti reikalingas šilumokaitos plotas bei šildančių H_2O garų debitas. Krakmolo tirpalas pašildomas nuo $18 \text{ }^\circ\text{C}$ iki $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Šilumokaityje suteikiamos šilumos srautas apskaičiuojamas:

$$Q = G \cdot C_p \cdot \Delta t \quad (3.33)$$

čia: Q – suteiktas šilumos kiekis, W; G – krakmolo tirpalo debitas, kg/h; C_p – krakmolo savitoji šiluma, J/(kgK); Δt – amoniako temperatūrų skirtumas, $^\circ\text{C}$.

$$C_p = 1795 \text{ J/kg} \cdot \text{K} \quad (3.34)$$

$$\Delta t = 60 - 25 = 35 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (3.35)$$

$$Q = 124,25 \cdot 1795 \cdot 35 = 7806006,25 \text{ W} \quad (3.36)$$

Apskaičiuojamas šilumos perdavimo koeficientas (K):

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (3.37)$$

čia: λ – laidumas [34], W/m·K; δ – sienelės storis, m; α – šilumos atidavimo koeficientas, W/(m²·K).

$$\alpha_{(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n} = 992 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$\alpha_{\text{H}_2\text{O garų}} = 1430 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$\lambda_{\text{nerūdijančio plieno}} = 17,5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{992} + \frac{0,003}{17,5} + \frac{1}{1430}} = 532,26 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \quad (3.38)$$

Apskaičiuojamas šilumokaitos plotas F:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t} = \frac{7806006,25}{532,26 \cdot 140} = 104,75 \text{ m}^2 \quad (3.39)$$

$$\Delta t = 165 - 25 = 140 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (3.40)$$

čia Δt – temperatūrų skirtumas abiejose sienelės pusėse.

Apskaičiuojamas pašildymui reikalingų garų debitas D:

$$D = \frac{Q}{r} = \frac{10036293}{2075000} = 4,8 \text{ kg/h} \quad (3.41)$$

čia: r – garų susidarymo šiluma, J/kg [34], $r = 2075 \text{ kJ/kg}$.

Taigi, siekiant pašildyti 3 % krakmolo tirpalą iki reikiamos temperatūros, reikalingas šilumokaitis, kurio šilumokaitos plotas yra 134,69 m², o į jį tiekiamų garų debitas 4,8 kg/h.

3.5. Šilumų balansas

Šilumos balanso granulatoriuje naudojamų žaliavų charakteristikos pateiktos 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė. Žaliavų charakteristikos

Žaliavos	Molinė masė	C _p , J/kg K
Amonio dihidrofosfatas	115	1278,89
Boraksas	382	1001,28
Bulvių krakmolas	162	1795,84
Vanduo (garai)	18	1867,22
Vanduo (skystis)	18	4183,33

Skaičiuojant amonio dihidrofosfato su boru granulatoriaus šilumos balansą, iš pradžių apskaičiuojamas šilumos kiekis įvedamas su kiekvienu komponentu ir įneštas šilumos kiekis yra

susumuojamas ir apskaičiuojamas bendras šilumos kiekis Q_1 , patenkantis šilumos kiekis šildančiųjų dujų Q_2 , išeinantis atvėsęs oras Q_3 ir iš granulatoriaus išeinantis su sausu produktu šilumos kiekis Q_4 .

$$Q = m \cdot C_p \cdot T_1 \quad (3.42)$$

$$Q_{\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4} = 1000 \cdot 1278,89 \cdot (273 + 20) = 374,71 \text{ MJ} \quad (3.43)$$

$$Q_{\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_7(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}} = 5,2 \cdot 1001,28 \cdot (273 + 20) = 1,53 \text{ MJ} \quad (3.44)$$

$$Q_{(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n} = 103,73 \cdot 1795,84 \cdot (273 + 20) = 54,58 \text{ MJ} \quad (3.45)$$

$$Q_{\text{H}_2\text{O}} = 144,52 \cdot 4183,33 \cdot (273 + 20) = 177,14 \text{ MJ} \quad (3.46)$$

Apskaičiuojamas į granuliatorių ateinantis šilumos kiekis:

$$Q_1 = Q_{\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4} + Q_{\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_7(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}} + Q_{(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n} + Q_{\text{H}_2\text{O}} \quad (3.47)$$

$$Q_1 = 374,71 + 1,53 + 54,58 + 177,14 = 607,96 \text{ MJ} \quad (3.48)$$

Iš granulatoriaus išeinantis šilumos kiekis kartu su produktu Q_4 skaičiuojamas analogiškai, kaip Q_1 .

$$Q = m \cdot C_p \cdot T_4 \quad (3.49)$$

$$Q_{\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4+B} = 1000 \cdot 1278,89 \cdot (273 + 65) = 432,26 \text{ MJ} \quad (3.50)$$

$$Q_{\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_7(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}} = 5,2 \cdot 1001,28 \cdot (273 + 65) = 1,76 \text{ MJ} \quad (3.51)$$

$$Q_{(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n} = 103,73 \cdot 1795,84 \cdot (273 + 65) = 62,96 \text{ MJ} \quad (3.52)$$

$$Q_{\text{H}_2\text{O}} = 102,56 \cdot 4183,33 \cdot (273 + 65) = 145,01 \text{ MJ} \quad (3.53)$$

$$Q_4 = Q_{\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4} + Q_{\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_7(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}} + Q_{(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n} + Q_{\text{H}_2\text{O}} \quad (3.54)$$

$$Q_4 = 432,26 + 1,76 + 62,96 + 145,01 = 641,99 \text{ MJ} \quad (3.55)$$

Su srautu Q_3 išeina atvėsęs oras, bet ir H_2O garai, todėl apskaičiuojamas šilumos kiekis kurį išneša išgarintas H_2O .

$$Q_3 \text{ H}_2\text{O}_g = m \cdot C_p \cdot T_3 \quad (3.56)$$

$$Q_3 \text{ H}_2\text{O}_g = 102,56 \cdot 1867,2 \cdot (273 + 80) = 67,6 \text{ MJ} \quad (3.57)$$

Apskaičiuojamas šilumos kiekis, kuris išnešamas su produkte esančiais H_2O garais.

$$Q_4 \text{ H}_2\text{O}_g = m \cdot C_p \cdot T_4 = 14,3 \cdot 1867,2 \cdot (273 + 65) = 9,2 \text{ MJ} \quad (3.58)$$

Apskaičiuojamus Q_1 ir Q_4 srautus galima rasti Q_2 ir Q_3 kintamuosius

$$Q_1 + Q_2 = Q_4 + Q_3 + Q_3 \text{ H}_2\text{O}_g + Q_4 \text{ H}_2\text{O}_g + Q_n \quad (3.59)$$

Nuostoliai įvertinami

$$Q_1 + x \cdot C_p \cdot T_2 = Q_4 + x \cdot C_p \cdot T_3 + Q_3 \text{ H}_2\text{O}_g + Q_4 \text{ H}_2\text{O}_g + Q_n \quad (3.60)$$

$$607,96 + x \cdot C_p \cdot T_2 = 641,99 + x \cdot C_p \cdot T_3 + 9,2 + 67,6 \quad (3.61)$$

$$607,96 + x \cdot 29,2 \cdot (273 + 95) = 641,99 + x \cdot 29,2 \cdot (273 + 80) + 9,2 + 67,6 \quad (3.62)$$

$$x = 0,25$$

Apskaičiuotus kintamąjį galima apskaičiuoti Q_2 ir Q_3 šilumos kiekius.

$$Q_2 = m \cdot C_p \cdot T_2 \quad (3.63)$$

$$Q_2 = 0,25 \cdot 29,2 \cdot (273 + 95) = 2686,4 \text{ MJ} \quad (3.64)$$

Priimama, kad gautas šilumos kiekis sudeginus 1 m^3 dujų yra 35 MJ. Galima apskaičiuoti, kiek reikia sudeginti dujų, kad išsiskirtų 2686,4 MJ/h šilumos.

$$V = \frac{2686,4}{35} = 76,75 \text{ m}^3 \quad (3.65)$$

Priimame, kad nuostoliai sudaro 5 %, todėl reikiamas papildomas dujų kiekis:

$$V_{\text{dujų}} = 80,59 \text{ m}^3 \quad (3.66)$$

Šilumos srauto Q_3 skaičiavimas:

$$Q_3 = m \cdot C_p \cdot T_3 \quad (3.67)$$

$$Q_3 = 0,25 \cdot 29,2 \cdot (273 + 80) = 2576,9 \text{ MJ} \quad (3.68)$$

3.3 lentelė. Šilumos srautų balansas granuliatoriuje

Prieš granuliatorių		Po granulatoriaus	
Šilumos	MJ/h	Šilumos	MJ/h
Q_1	607,96	Q_3	2576,9
Q_2	2686,4	Q_4	641,99
		Q_{3H_2Og}	67,6
Suma	3294,36	Suma	3286,49

Apskaičiuotus šilumos srautus, patenkančius į granuliatorių ir išeinančius iš jo, matyti, kad šilumos nuostoliai yra 0,24 %.

3.6. Statybiniai sprendimai

3.6.1. Bendroji dalis

AB „Lifosa“ pagrindinė įmonės veikla – azoto-fosforo trąšų gamyba (diamonio fosfatas, monokalcio fosfatas, monoamonio fosfatas, karbamido fosfatas). Įmonė yra įsikūrusi Kėdainiuose. Gamyklos teritorija užima 292 ha plotą. Statybai buvo parinkta aikštelė lygiu reljefu. Vanduo gamybai naudojamas iš Nevėžio upės, dujos tiekiamos iš ESO dujotiekio, šilumos energija išgaunama technologinių procesų metu ir naudojant 1MW saulės jėgainę. Įmonė pradėjo dirbti 1963 metais. Šiuo metu AB „Lifosa“ pagamina 3,2 mln. tonų produkcijos. Projektuojamo statinio techniniai rodikliai pateikti 3.4 lentelėje.

3.4 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai

Eil.Nr.	Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
Sklypas			
1.	Sklypo plotas	ha	292
2.	Statinio užimtas žemės plotas	m ²	576
3.	Apželdintas žemės plotas (žalasis plotas)	m ²	224
4.	Automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt.	35
5.	Sanitarinės (apsaugos) zonos plotas	m	
Pastatas			
6.	Paskirties rodikliai (gamybos (kitos veiklos), paslaugų apimtys, aptarnaujamų žmonių skaičius, kiti rodikliai)		
7.	Bendrasis plotas	m ²	588
8.	Pagrindinis	m ²	576
9.	Pagalbinis	m ³	12
10.	Pastato tūris	vnt.	22890
11.	Aukštų skaičius	m	6
12.	Pastato aukštis	MJ/m ²	32,7
13.	Pastato atsparumas ugniai (I, II ar III)	m ²	I

Statinio projektuojami duomenys pateikti 3.5 lentelėje.

3.5 lentelė. Pradiniai duomenys projektavimui

Pastato aukštų skaičius	6
Pastato plotis (tarp ašių), m	18
Pastato ilgis (tarp ašių), m	32
Darbuotojų skaičius	22
Miestas	Kėdainiai
Pastato orientacija	Į šiaurę
Instaliuota galia	220 kW

3.6.2. Sklypo planas

Projektuojamoje įmonėje vyrauja intensyvus žaliavų atvežimas ir pagamintų produktų išvežimas, tam turi būti įrengti automobilių keliai. Įmonės teritorijoje yra numatyti lengvųjų ir krovininių automobilių keliai. Šie keliai yra reikalingi žaliavų atvežimui, bei greitam ir efektyviam avarinių tarnybų mašinų privažiavimui avarijų metu. Automobilių kelio plotis 4–6 m, pravažiuojamasis aukštis po vamzdynais turi būti ne mažesnis kaip 4,5 m. Darbuotojams vaikščioti yra projektuojami 1 m pločio asfaltuoti takeliai. Takeliai, esantys pakelėse, turi būti 0,8 m atstumu nuo kelio. Nuo pastatų iki žalios vejų turi būti 5 m atstumas.

3.6.3. Projektuojamo pastato sprendimai

Projektuojamas gamybos pastatas bus statomas AB „Lifosa“ įmonės teritorijoje. Pastato fasadas orientuotas į šiaurę. Pastato ilgis L = 32 m, plotis B = 18 m, aukštis H = 32,7 m. Pastato statybai

naudojamos metalinės konstrukcijos: kraštinės ir vidurinės kolonos, perdangos ir denginio plokštės, kolonų pamatai, pamatų sijos ir kt. Pastato kolonų tinklelio išmatavimai 6x6 m. Pastato išorinėms sienoms naudojamos daugiasluksniai paneliai ir vidaus pertvaros su garso izoliacija, lygaus profilio. Pastato vidaus temperatūra lygi 18 °C. Naudojami langai – „GEALAN“ profilio 2-jų kamerų. Pastato šildymui naudojama šiluma išsiskirianti technologinio proceso metu. Pastato vėdinimui sumontuotas ventiliatorius gamina firma Soler Palau, jo tipas ILHT – 4. Darbininkų skaičius, kurie dirbs pastate, yra 22.

3.6.4. Statinio architektūrinė, konstrukcinė sandara

Gamybos paskirties pastatas projektuojamas priestatas statomas greta esančių gamybos ir administracijos pastatų. Projektuojamo priestato gabaritas plane 32x18. Aukštis iki laikančių konstrukcijų nuo nulinės alt. 32,7 m. Numatomi sanitariniai mazgai, bei darbuotojų poilsio patalpa. Sienos – daugiasluksnių panelių. Grindys – betoninės su rūgščiai atspariomis plytomis. Pastato erdvė dalinama į 3 atskiras patalpas. Pertvaros – daugiasluksnių sieninių plokščių su garso izoliacija. Lauko vartai, pakeliami segmentiniai, su sandarikliais. Langai - plastikinių profilių, nevarstomi. Pamatai – sutankinto grunto ir skaldos sluoksnis, kolonos – surenkamo gelžbetonio. Denginio laikančios konstrukcijos – daugiasluksnė denginio plokštė.

3.7. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai

Chemijos pramonė kiekvienais metais sparčiai auga ir tobulėja. Taip pat pastebima didelė konkurencija ir tarp gamintojų, kurių tikslas – išleisti į rinką geriausią produktą. Trašų kainos yra labai nepastovus rodiklis, kuris kinta nuo ekonominės ir politinės padėties visame pasaulyje. Todėl būtina stebėti gaminamo produkto rinką, realizavimo galimybes. Projektuojamo amonio dihidrofosfato su mikroelementu gamybos technologiją, reikia įvertinti ar technologija yra ekonomiškai palanki. Pritaikyti įgytas inžinerijos ekonomikos žinias technologinės linijos modernizacijos būtinumui, apskaičiuojant apyvartinių lėšų poveikį ir pagrindinio kapitalo parenkant pagrindinius finansavimo šaltinius. Ekonominiai skaičiavimai atliekami penkeriems metams.

3.7.1. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai

Investicijos skaičiuojamos nuo reikalingų kaštų įsigyti ilgalaikį turtą. Rengiamo projekto kaštuose taip pat turi būti įtraukti statybos ir montavimo darbai. Finansavimo šaltiniai gali būti akcininkų nuosavybė, akcinis kapitalas ar paskolos. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai pateikti 3.6 lentelėje.

3.6 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	tūkst. Eur	Struktūra	tūkst. Eur
1. Ilgalaikiam turtui įsigyti, tarp jo gamybos priemonėms	969,00	1. Akcininkų nuosavybė; akcinis kapitalas, rezervai	1272,59
2. Trumpalaikiam turtui įsigyti, tarp jo žaliavoms ir pagrindinėms medžiagoms	1021,98	2. Paskolos	848,39
3. Statybos, montavimo darbų kaštai	80,00	3. Kiti finansinių lėšų šaltiniai.	0,00
4. Kiti kaštai	50,00		
Viso kaštų:	2120,98	Viso šaltinių:	2120,98

3.7.1.1. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas

Ilgalaikis turtas yra įrengimai, kurie bus įsigyti modernizacijos metu. Įrengimų vertės pateiktos 3.7 lentelėje.

3.7 lentelė. Technologinių įrengimų vertė

Eil. Nr.	Įrengimo pavadinimas	Vieneto kaina, tūkst. Eur.	Kiekis	Vertė, tūkst. Eur.
1.	Šilumokaitis	86,00	1	86,00
2.	Krakmolo tirpalo paruošimo talpa	5,00	1	5,00
3.	Vibrosietas	26,00	1	26,00
4.	Granuliatorius	938,00	1	938,00
Iš viso			4	1 055,00

3.7.1.2. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) vertės skaičiavimas

Reikiamą kiekį apyvartinio kapitalo pirmaisiais projekto veiklos metais galima nustatyti, pagal formulę:

$$AL_1 = B_{GK1} / 360 \cdot n_{ap}; \quad (3.69)$$

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

Apskaičiuojamos investicijos apyvartiniam kapitalui, kintant gamybos apimčiai kiekvienais projekto gyvavimo metais, apskaičiuojama praėjusių metų apyvartinį kapitalą perskaičiuojant pagal gamybinės apimties prieaugio koeficientą, kuris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$k = B_{BKj} / B_{GKj-1}; \quad (3.70)$$

čia: B_{BKj} – gamybos kaštai einamaisiais metais; B_{GKj} – gamybos kaštai ankstesniais metais.

Apyvartinių lėšų poreikis (AL_i) projekto gyvavimo metais nustatoma pagal formulę:

$$AL_i = AL_1 \cdot k \quad (3.71)$$

Apyvartinio kapitalo/lėšų poreikio prieaugis tam tikrais metais nustatomas pagal formulę:

$$\Delta AL_i = AL_i - AL_{i-1} \quad (3.72)$$

Trumpalaikio turto poreikis pateikiamas 3.8 lentelėje.

3.8 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai					
	0	1	2	3	4	5
1. Gamybos kaštai, tūkst. Eur.	-	12263,78	20237,11	20242,17	18263,06	17871,08
2. Apyvartinių lėšų metinis poreikis, tūkst. Eur	-	3406,61	5621,42	5622,82	5073,07	4964,19
3. Apyvartinių lėšų papildomas poreikis, tūkst. Eur	-	2384,62	2214,81	1,41	-549,75	-108,88
4. Apyvartinės lėšos, tūkst. Eur*	1021,98	3406,61	5621,42	5622,82	5073,07	4964,19

3.7.2. Produkcijos gamybos apimties planavimas

Gamybos planavimo metu yra nustatoma gamybos apimtis natūriniais vienetais prekės gyvavimo ciklui, pradedant rinkos įsisavinimu ir baigiant pardavimo masto smukimu. Brandos stadijoje gamybos įsisavinimo koeficientas turi būti lygus 1. Brandos metais laikyti antrus ir trečius metus. Kitais projekto eksploatavimo metais įsisavinimo koeficientą galima priimti 0,6–0,9 ribose ir pagal jį apskaičiuoti gamybos apimtis. Produkcijos gamybos apimties planavimas pateikiamas 3.9 lentelėje.

3.9 lentelė. Produkcijos gamybos apimties planavimas

Projekto metai	Įsisavinimo koeficientas	Gamybos apimtis, tūkst. t
		Amonio dihidrofosfatas su boru (NH ₄)H ₂ PO ₄ + B
1	0,60	18,00
2	1,00	30,00
3	1,00	30,00
4	0,90	27,00
5	0,88	26,40

3.7.3. Gamybos kaštai

Gamybos kaštai gali būti skirstomi į tiesioginius ir netiesioginius. Taip skirstoma norint apskaičiuoti gaminio savikainą ir gamybos kaštus. Tiesioginiams kaštams priskiriami pagrindinių žaliavų ir medžiagų kaštai, tiesioginio darbo užmokesčio, socialinio ir sveikatos draudimo kaštai ir kaštai reikalingi technologinio proceso energijai.

Netiesioginiai kaštai yra susiję su gamybos valdymu, organizavimu, priežiūra, kurių bendra suma negalime tiesiogiai priskirti gaminiui (gamybinių patalpų ir įrengimų išlaikymas, gamybos vadovų, specialistų darbo užmokesčiai, gamybinių patalpų apšvietimo, šildymo ir buitiniams reikmėms skirtos energijos išlaidos, amortizaciniai atskaitymai. Išlaidos skirtos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms pateiktos 5 priede. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui pateikiamos 6 priede.

3.7.4. Išlaidos energijai

Produkto gamybos metu naudojama įvairių rūšių energija – šiluminė, elektros. Ši energija naudojama tokiems gamybos procesams atlikti, kaip elektros variklių darbui, šilumokaičių, apšvietimui, apšildymui. Šios išlaidos priskiriamos prie tiesioginių išlaidų [35]. Elektros energijos, vandens ir šilumos išlaidos pateikiamos 7 priede ir 3.10 lentelėje.

3.10 lentelė. Tiesioginės išlaidos šiluminei energijai

Gaminys	Gamybos apimtis, tūkst. t.	Energijos sunaudojimo norma, Gkal/t	Energijos kaina, Eur/Gkal	Energijos poreikis, Gkal	Energijos kaštai, tūkst.Eur
1	2	3	4	5	6
1 metai					
Amonio dihidrofosfatas su boru (NH ₄)H ₂ PO ₄ + B	18,00	0,80	24,00	14400,00	345,60
Brandos metai (2 , 3 metai)					
Amonio dihidrofosfatas su boru (NH ₄)H ₂ PO ₄ + B	30,00	0,80	24,00	24000,00	576,00

3.10 lentelės tęsinys

1	2	3	4	5	6
4 metai					
Amonio dihidrofosfatas su boru (NH ₄)H ₂ PO ₄ + B	27,00	0,80	24,00	21600,00	518,40
5 metai					
Amonio dihidrofosfatas su boru (NH ₄)H ₂ PO ₄ + B	26,40	0,80	24,00	21120,00	506,88

3.7.4.1. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Prie netiesioginių gamybos išlaidų priskiriamos su esama produkto gamyba nesusijusios, bet sudarančios sąlygas gamybai t. y. meistrų, viršininkų, reikiamo personalo darbuotojų darbo užmokestis, amortizacijos, energijos ir darbo medžiagų išlaidos. Netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui pateikiamos 3.11 lentelėje.

3.11 lentelė. Netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

Profesija	Darbuotojų skaičius	Mėnesinis darbo užmokestis, Eur	Pagrindinis DU fondas, Eur	Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	Su darbuotojais susijusios išlaidos, tūkst. Eur
Pagalbiniai darbininkai	5	1100,00	66000,00	1168,20	67,17
Gamybinio ceho vadovai, specialistai	5	2100,00	126000,00	2230,20	128,23
Viso:	10	3200,00	192000,00	3398,40	195,40

Į netiesiogines gamybos išlaidas taip pat yra įtraukiamos ir išlaidos sunaudojamam vandeniui buitinėms reikmėms, patalpų šildymui ir apšvietimui. Vienam darbuotojui pasirinktas vandens sunaudojimas per parą yra 42 l. Netiesioginės gamybos išlaidos vandeniui, gamybinių patalpų šildymui ir apšvietimui pateikiamos 3.12-3.14 lentelėse.

3.12 lentelė. Netiesioginės išlaidos vandeniui

Išlaidų pavadinimas	Sunaudojimas per parą, l darb.	Poreikis metams, m ³	1 m ³ vandens kaina, Eur	Ekspluatacinės išlaidos, tūkst. eur	Išlaidos vandeniui, tūkst. Eur
Šaltam vandeniui	42,00	105,84	0,28	1,20	29,64
Iš viso:					30,84

3.13 lentelė. Netiesioginės išlaidos gamybinių patalpų šildymui

Projekto metai	Šiluminės energijos poreikis, Gkal	Šiluminės energijos kaina, Eur/Gkal.	Išlaidos šildymui per metus, tūkst. Eur	Ekspluatacinės išlaidos, tūkst. Eur	Viso išlaidų, tūkst. Eur
1	300,00	25,00	7,50	1,13	8,63
2	300,00	26,00	7,80	1,17	8,97
3	300,00	27,00	8,10	1,22	9,32
4	300,00	28,00	8,40	1,26	9,66
5	300,00	29,00	8,70	1,31	10,01

3.14 lentelė. Netiesioginės išlaidos apšvietimui

Projekto metai	Patalpų plotas	Apšvietimo norma, W/m ²	Energijos kiekis patalpoms apšviesti, kWh	1 kWh kaina, Eur	Išlaidos šildymui per metus, tūkst. Eur	Ekspluatacinės išlaidos, tūkst. Eur	Viso išlaidų, tūkst. Eur
1	576,00	50,00	57600,00	0,05	2,88	0,43	3,31
2	576,00	50,00	57600,00	0,06	3,46	0,52	3,97
3	576,00	50,00	57600,00	0,07	4,03	0,60	4,64
4	576,00	50,00	57600,00	0,07	4,03	0,60	4,64
5	576,00	50,00	57600,00	0,06	3,46	0,52	3,97

3.7.4.2. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)

Projekte naudojamas tiesinis pagrindinių priemonių nusidėvėjimo apskaičiavimo metodas. Šiuo metodu, metinė nusidėvėjimo suma apskaičiuojama, atsižvelgiant į pagrindinių įrengimų eksploatavimo trukmę T:

(3.73)

čia: N – metinė nusidėvėjimo vertė, Eur;
$$N = \frac{V_1 - V_2}{T}$$

V₁ – turto pradinė vertė, Eur;

V₂ – turto likvidacinė vertė, Eur (neturi viršyti 10 proc. pradinės vertės);

T – normatyvinė pagrindinių priemonių eksploatavimo trukmė, metais.

Pagrindinių priemonių nusidėvėjimo skaičiavimai atliekami 3.15 lentelėje.

3.15 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)

Ilgalaikio turto rūšis	Išsigijimo vertė, tūkst. Eur	Normatyvinė eksploatavimo trukmė, metai	Nusidėvėjimo suma, tūkst. Eur metams					Likutinė vertė, tūkst. Eur
			1	2	3	4	5	
Šilumokaitis	86,00	20,00	3,87	3,87	3,87	3,87	3,87	66,65
Krakmolo tirpalo paruošimo talpa	5,00	20,00	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	3,88
Vibrosietas	26,00	20,00	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	20,15
Granuliatorius	938,00	20,00	42,21	42,21	42,21	42,21	42,21	726,95
Viso:	1055,00		47,48	47,48	47,48	47,48	47,48	817,63

Visos apskaičiuotos netiesioginės išlaidos apibendrintai pateikiamos 3.16 lentelėje.

3.16 lentelė. Netiesioginių gamybos išlaidų sąmata

Išlaidų rūšys	Projekto metai				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
Pagalbinės medžiagos	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75
Darbo užmokestis	192,00	201,60	201,60	211,68	222,26
Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	7,43	7,81	7,81	8,20	8,61
Elektros energija	3,31	3,97	4,64	4,64	3,97

3.16 lentelės tęsinys

1	2	3	4	5	6
Vanduo	30,84	30,84	30,84	30,84	30,84
Šiluminė energija	3,31	3,97	4,64	4,64	3,97
Amortizaciniai atskaitymai	47,48	47,48	47,48	47,48	47,48
Pagalbinių ir aptarnaujančių tarnybų paslaugos					
Įrengimų remontas	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04
Vidaus transporto remontas	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Gamybinių cechų pastatų remontas	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40
Kitos išlaidos	19,16	19,16	19,16	19,16	19,16
Iš viso:	326,05	337,34	338,67	349,14	358,81

Apskaičiavus visas gamybos išlaidas (tiesiogines ir netiesiogines) jos surašomos į gamybos kaštų suvestinę 8 priede.

3.7.5. Veiklos kaštai

Į veiklos sąnaudas yra įtraukiama: išlaidos skirtos pagalbinėms medžiagoms, skirtoms administracinių patalpų išlaikymui, išlaidos. Darbuotojų dirbančių administracijoje darbo užmokestis ir darbo išteklių atsiskaitymai (VSD, GF ir IDIF). Administracinių patalpų apšvietimo, apšildymo, vandens ir buitinėms reikmėms energijos išlaidos, naudojamų pagrindinių priemonių amortizaciniai atskaitymai, ryšių paslaugos, rinkliavos, mokesčiai ir produkcijos realizavimo išlaidos. Veiklos sąnaudos pateikiamos 3.17 lentelėje.

3.17 lentelė. Veiklos sąnaudos

Išlaidų rūšys	Suma, tūkst.. Eur
1. Pardavimų sąnaudos:	
Reklama ir skelbimai	4,46
Prekių išvežimas	11,16
2. Bendrosios ir administracinės sąnaudos:	
Pagalbinės medžiagos	1,75
Administracijos darbuotojų darbo užmokestis	82,80
Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	1,48
Energija (šiluminė ir elektros)	1,81
Amortizaciniai atskaitymai	20,02
Administracijos transporto remonto ir išlaikymo išlaidos	3,60
Administracijos pastatų remontas	5,46
Ryšių paslaugos	15,00
Komandiruotės	25,00
Mokesčiai ir rinkliavos	-
Viso:	172,54

Apskaičiuojamos veiklos sąnaudos, kurios pateiktos 3.18 lentelėje.

3.18 lentelė. Veiklos sąnaudų paskirstymas

Rodikliai	Viso	Gaminys
Gamybos kaštai, %	100,00	100,00
Veiklos sąnaudos, tūkst. Eur	172,54	172,54
Pardavimo planas, t		30000
Gaminiui tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	-	5,71

3.7.6. Finansinės ir investicinės sąnaudos

Finansinės ir investicinės veiklos yra palūkanos už banko suteiktas paskolas. Naudingiausia ieškoti, kuo pigesnių investicinių šaltinių, todėl tikslinga skolintis ilgalaikę paskolą. Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas pateikiamas 3.19 lentelėje.

3.19 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
1. Paskolos suma, tūkst. Eur	847,77	678,22	508,66	339,11	169,55
2. Metinė palūkanų norma, proc.	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
3. Palūkanos, tūkst. Eur	29,67	23,74	17,80	11,87	5,93
4. Paskolos padengimas, tūkst. Eur	169,55	169,55	169,55	169,55	169,55
5. Palūkanos su paskolos padengimu, tūkst. Eur	199,23	193,29	187,36	181,42	175,49

3.7.7. Gaminių kainos skaičiavimas

Apskaičiavus visas galimas sąnaudas tenkančias gaminiui, nustatomos gaminių kainos.

Gaminio kainą (c_i) sudaro jo pilnoji savikaina (sp_i) ir pelnas (pel_i), kuris apskaičiuojamas, įvertinus gaminio pelningumą.

$$c_i = sp_i + pel_i \quad (3.74)$$

Gaminio pilnąją savikainą sudaro jo gamybinė savikaina (sg_i), veiklos sąnaudos (vs_i) ir finansinės veiklos (fv_i) sąnaudos (palūkanos).

$$sp_i = sg_i + fv_i + vs_i \quad (3.75)$$

Gaminių kainos skaičiavimų rezultatai pateikiami 3.20 lentelėje.

3.20 lentelė. Gaminių kainų apskaičiavimas

Gaminys	Gaminio gamybinė savikaina,	Gaminiui, tenkančios veiklos sąnaudos,	Gaminiui, tenkančios investicinės veiklos sąnaudos, Eur/t	Gaminio pilnoji savikaina, Eur/t	Pelnas		Kaina Eur/t
	Eur/t	Eur/t	%		Eur/t		
1 metai							
Amonio dihidrofosfatas su boru (NH ₄)H ₂ PO ₄ + B	680,28	9,59	1,65	691,52	22,00	152,13	843,65
2 metai							
Amonio dihidrofosfatas su boru (NH ₄)H ₂ PO ₄ + B	673,82	6,04	0,79	680,65	30,00	204,20	884,85
3 metai							
Amonio dihidrofosfatas su boru (NH ₄)H ₂ PO ₄ + B	673,82	6,34	0,59	680,76	30,00	204,23	884,98
4 metai							
Amonio dihidrofosfatas su boru (NH ₄)H ₂ PO ₄ + B	675,44	7,40	0,44	683,28	27,00	184,49	867,76
5 metai							
Amonio dihidrofosfatas su boru (NH ₄)H ₂ PO ₄ + B	676,93	7,94	0,22	685,10	22,00	150,72	835,83

3.7.8. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai

Šioje dalyje apskaičiuojama galimo pelno ir grynujų pinigų srautų ataskaita. Pagrindiniai pelno rodikliai:

- Bendras pelnas yra pardavimų pajamų ir parduodamos produkcijos gamybos kaštų skirtumas;
- Veiklos pelnas (nuostolis) apskaičiuojamas iš bendrojo pelno atimant veiklos sąnaudas;
- Finansinės veiklos pajamos tai įmonės gautos palūkanos už banke laikomus pinigus ir suteiktas paskolas ir kt.;
- Finansinės sąnaudos – palūkanos už banko paskolą;
- Grynasis pelnas – tai pelnas liekantis įmonei, atskaičius pelno mokestį, pelno mokesčio norma 15 %.

Įmonės pelno (nuostolio) ataskaita kiekvieniems projekto gyvavimo metams pateikiama 3.21 lentelėje.

3.21 lentelė. Įmonės pelno ataskaita, tūkst. Eur

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
1. Pardavimų pajamos	15185,73	26545,48	26549,54	23429,62	22065,82
2. Parduodamos produkcijos gamybos kaštai	12245,11	20214,69	20216,02	18236,92	17871,08

3.21 lentelės tęsinys

1	2	3	4	5	6
3. Bendras pelnas (nuostolis)	2940,62	6330,78	6333,52	5192,71	4194,74
4. Veiklos sąnaudos	172,54	181,17	190,23	199,74	209,72
5. Veiklos pelnas (nuostolis)	2768,08	6149,62	6143,30	4992,97	3985,02
6. Finansinė ir investicinė veikla	29,67	23,74	17,80	11,87	5,93
7. Pelnas (nuostolis) prieš apmokestinimą	2738,41	6125,88	6125,49	4981,10	3979,08
8. Pelno mokestis	410,76	918,88	918,82	747,17	596,86
9. Grynasis pelnas (nuostolis)	2327,65	5207,00	5206,67	4233,94	3382,22

3.7.8.1. Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita

Finansinės būklės pakitimų skaičiavimais parodomi gauti ir išleisti pinigai. Prognozuojant pinigų srautus yra nustatomi pinigų srautai iš finansinės ir investicinės įmonės veiklos. Pinigų srautai iš įmonės veiklos skaičiuojami netiesioginiu būdu: prie grynojo pelno pridedant nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudas, atimant papildomas investicijas į apyvartinį kapitalą ir bei eliminavus finansinės veiklos sąnaudas. Pinigų srautų ataskaita pateikta 3.22 lentelėje.

3.22 lentelė. Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita

Eil. Nr.	Rodikliai	Projekto metai					
		0	1	2	3	4	5
I.	Pinigų srautai iš įmonės veiklos						
1.1.	Grynasis pelnas (nuostolis)		2327,65	5207,00	5206,67	4233,94	3382,22
1.2.	Nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudos		29,10	29,10	29,10	29,10	29,10
1.3.	Papildomos investicijos į apyvartinį kapitalą	1020,43	2380,99	2213,77	0,37	-549,75	-101,62
1.4.	Finansinės veiklos sąnaudų eliminavimas		199,23	193,29	187,36	181,42	175,49
	Grynieji pinigų srautai iš įmonės veiklos	-1020,43	-223,47	2829,03	5048,04	4631,36	3337,45
II.	Pinigų srautai iš investicinės veiklos						
2.1.	Ilgalaikio turto perleidimas (išsigijimas)	969,00					823,50
	Grynieji pinigų srautai iš investicinės veiklos	-969,00					823,50
III.	Bendri metiniai pinigų srautai	-1989,43	-223,47	2829,03	5048,04	4631,36	4160,95

3.7.8.2. Investicijų efektyvumo vertinimas

Investiciniai projektai skirstomi į dvi grupes: efektyvius ir neefektyvius projektus. Antroji grupė atmetama, o pirmoji tampa tolimesnio vertinimo objektu. Efektyvūs projektai tarpusavyje konkuruoja dviem atvejais:

- jeigu keletas projektų leidžia pasiekti identišką rezultatą (kai projektai yra skirtingi), kiekvienu atveju esant nevienodoms sąnaudoms;

- kai keletas projektų yra nukreipta tam, kad pasiektume skirtingų rezultatų, ir kai konkurencija tarp jų išskyla dėl finansinių lėšų stokos.

Investicinis projektas apibūdinamas ne tik ekonominio efektyvumo, bet ir socialinio, ekologinio, politinio efekto rodikliais.

3.7.8.3. Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai

Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai – visų projekto investicijų finansavimo šaltinių kainų svertinis vidurkis:

Šį vidurkį galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$KK = W_{js} \cdot k_{js} + W_{pr} \cdot k_{pr} \quad (3.76)$$

čia: W_{js} – skolinto kapitalo dalis; W_{pr} – nuosavo kapitalo dalis; k_{js} – skolinto kapitalo kaštai; k_{pr} – nuosavo kapitalo kaštai (pageidaujamas pelningumas, %).

k_{js} skaičiuojamas pagal formulę:

$$k_{js} = (1 - t) \cdot i \quad (3.77)$$

čia: t – pelno mokesčio tarifas; i – palūkanų norma.

Šiame projekte skolintas kapitalas sudaro – 40 %, palūkanos – 5 %, nuosavas kapitalas – 60 % ir akcininkai reikalauja 5 % grąžos. Apskaičiuoti vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai: $KK = 2,98$ %.

Vertinant projekto ekonominį tikslumą bus skaičiuojami šie rodikliai:

- Diskontuotas investicijų atsipirkimo laikas (T);
- Grynoji esamoji vertė (GEV);
- Vidinė pelno norma (IRR);
- Modifikuota vidinė pelno norma (MIRR);
- Pelningumo indeksas skaičiavimas (PI);
- Diskontuoto investicijų atsipirkimo periodo (T) skaičiavimas.

Diskontuotas investicijų atsipirkimo periodas T – tai laikas per kurį diskontuoti projekto gryniesi pinigų srautai padengia investicines išlaidas. Apskaičiuojamas, sumuojant diskontuotus GPS ir stebint, kada jų suma taps lygi nuliui.

Atsipirkimo laikas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$T = T_{t-1} + \frac{BGPS_{t-1}}{GPS_t} \quad (3.78)$$

$T = 1,84$ metai.

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

Kadangi projekto įgyvendinimas trunka 5 metus, tai projektas priimtinas, jei $T < 5$ metai.

3.7.8.4. Grynosios esamosios vertės (GEV, angl. NPV) skaičiavimas

Sumuojant grynuosius pinigų srautus (GPS), diskontuotus pagal kapitalo kaštus, gauname grynąją esamąją vertę (GEV). GEV – tai visų projekto diskontuotų GPS suma, pradedant nuliniiais metais.

$$GEV = GPS_0 + \sum_{t=1}^n \frac{GPS_t}{(1+KK)^t} \quad (3.79)$$

GEV = 12298,56 tūkst. eur

čia: GPS – grynas pinigų srautas; n – metai, t – metų skaičius; KK – kapitalo kaina/diskonto norma.

3.7.8.5. Vidinės pelno (gražos) normos skaičiavimas

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

$$GEV = 0 = \sum_{t=0}^n \frac{GPS_t}{(1+IRR)^t} \quad (3.80)$$

IRR = 88 %

3.7.8.6. Pelningumo (PI) indekso skaičiavimas

Pelningumo indeksas apskaičiuojamas kaip diskontuotų įplaukų (teigiamų GPS) sumos santykis su diskontuotų išmokų (neigiamų GPS) suma, įskaitant ir pradinę investicijų sumą.

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n (+)GPS_t}{\sum_{t=1}^n (-)GPS_t} \quad (3.81)$$

PI = 7,18

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

Pelningumo indeksas parodo santykinį projekto pelningumą arba dabartinę pelno vertę, tenkančią dabartinių išlaidų vienam piniginiam vienetui. Projektas yra priimtinas, jei PI yra didesnis už vienetą. Kuo jis didesnis, tuo projektas yra patrauklesnis.

3.7.8.7. Lūžio taško skaičiavimas

Šioje darbo dalyje reikia apskaičiuoti lūžio tašką ir nubrėžti lūžio taško grafiką. Lūžio taškas (arba lūžio momentas) – tai tokia gamybos ir pardavimų apimtis, kuriai esant bendrosios pajamos lygios bendriesiems gamybos kaštams (kintamų ir pastovių kaštų sumai), o įmonės pelnas lygus nuliui. Pagal lūžio taško grafiką galima nustatyti, kokį kiekį produkcijos reikia pagaminti ir parduoti, kad įmonės veikla taptų pelninga. Lūžio taškas skaičiuojamas abiemis gaminiais pagal brandos metų duomenis.

Lūžio taško gamybos apimtis apskaičiuoja pagal formulę:

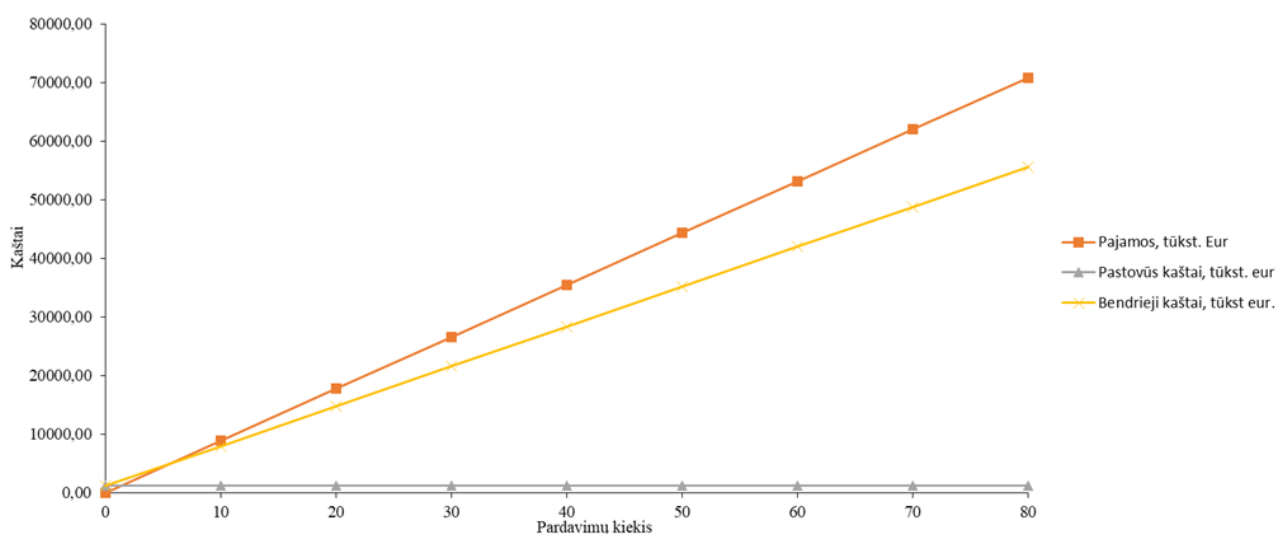
$$B_{Lj} = \frac{PK_j}{(C_j - VKK_j)} \quad (3.82)$$

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

Lūžio tašką skaičiuojame naudodami brandos metų duomenis (gamybinė savikaina, gaminio kaina). Kadangi lūžio taškas skaičiuojamas atskiriems gaminiams, tai pastovius kaštus gaminiams reikia priskirti pagal jų lyginamąją dalį bendroje produkcijoje. Skaičiavimai pateikiami 3.23 lentelėje.

3.23 lentelė. Lūžio taško skaičiavimas

Rodikliai	Gaminys
Pastoviųjų kaštų suma, priskirta gaminiui Eur	1099000,00
Gaminio kaina, Eur	884,85
Gaminio kintamieji kaštai, Eur	680,28
Lūžio taškas, tūkst. vnt.	5,37
Pardavimų planas, vnt.	30,00



3.2 pav. Lūžio taškas

3.7.9. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai

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

Pelningumo ir grąžos (rentabilumo) rodikliai išreiškiami procentais ir skaičiuojami bendrojo, veiklos ir grynojo pelno atžvilgiu:

$$P_{bendrasis} = (Pel_{bendrasis} \times 100) / B_{pard} \quad (3.83)$$

$$P_{veiklos} = (Pel_{veiklos} \times 100) / B_{pard} \quad (3.84)$$

$$P_{grynasis} = (Pel_{grynasis} \times 100) / B_{pard} \quad (3.85)$$

$$Rg_{investicijų} = (Pel_{grynasis} \times 100) / (PF + AL) \quad (3.86)$$

$$Rg_{veiklos} = (Pel_{grynasis} \times 100) / (GK + VS) \quad (3.87)$$

čia: $P_{bendrasis}$ – bendrasis pelningumas; $P_{veiklos}$ – veiklos pelningumas; $P_{grynasis}$ – grynas pelningumas; $Rg_{investicijų}$ – investicijų grąža (rentabilumas); $Rg_{veiklos}$ – veiklos rentabilumas; $Pel_{bendrasis}$ – bendrasis pelnas; $Pel_{veiklos}$ – veiklos pelnas; $Pel_{grynasis}$ – grynas pelnas; B_{pard} – pardavimų pajamos; PF ir AL – pagrindinių priemonių ir apyvartinių lėšų vertė; GK ir VS – paroduodamos produkcijos gamybos kaštai ir veiklos sąnaudos.

Produkcijos imlumo apyvartinėms lėšoms rodiklis (K_i) parodo, kokia apyvartinių lėšų suma tenka vienam parduotos produkcijos eurui, ir apskaičiuojamas apyvartinių lėšų sumą dalinant iš pardavimų apimties. Apskaičiuoti investicijų efektyvumo rodikliai pateikiami 9 priede.

3.8. Aplinkosauginis vertinimas

Vis didėjantis susirūpinimas aplinkosauga, visuomenės susidomėjimas ir griežtėjančios valstybės reguliavimo priemonės, daro didelę įtaką stambiatonažės gamybos specifikai aplinkosaugos klausimais. Todėl šioje baigiamojo projekto dalyje įvertinamas amonio dihidrofosfato su mikroelementu aplinkosauginis vertinimas.

Svarbiausias aplinkosauginis aspektas yra, kuo efektyviau naudoti žaliavas ir mažinti aplinkos oro, dirvožemio vandens užterštumą ir numatyti, kaip projektuojama gamyba siekia šių tikslų. Gamykla privalo užtikrinti, kad nebūtų žaliavų ir energetinių resursų švaistymo. Taip pat norint apsaugoti nuo aplinkosauginių nelaimių turi būti užtikrintas įrengimų ir gamybinio proceso priežiūra. Iškilus nesklandumams, privalo operatyviai pašalinti norint sumažinti arba, išvengti aplinkosauginės nelaimės.

Technologinės linijos projektavimo etape svarbiausi aspektai yra medžiagų ir šilumų balansai. Juos įvertinus galima apskaičiuoti reikalingus žaliavų ir pagaminamų produktų kiekius, susidariusius šilumos kiekius, įrenginių našumus ir jų parametrus, proceso srautus.

Amonio dihidrofosfato su mikroelementu praturtintoms trąšoms pagrindinės žaliavos yra amoniakas, fosforo rūgštis, boraksas, tačiau galutinio produkto gavimo metu atsiranda papildomas energetinis ir kitų žaliavų poreikis. Naudojamos gamtinės dujos, vanduo, elektros energija, bulvių krakmolai [36].

3.8.1. Bendroji dalis

Ūkinės veiklos vieta numatoma veikiančios įmonės AB „Lifosa“ teritorijoje, Juodkiškio g., LT-57502 Kėdainiuose. Aplink įmonės teritoriją, nėra visuomeninės, gyvenamosios ar rekreacinės paskirties teritorijų. Gamyklos teritorijai priklauso įvairūs pramoninės, administracinės, komercinės ir kitos paskirties pastatai, kurių nuosavybės teisės priklauso AB „Lifosa“. Įmonė įsikūrusi pietrytiniame Kėdainių miesto pakraštyje, 1,5 km iki miesto centro. Iš šiaurės ir rytų pusės bendrovės teritorija ribojasi su geležinkeliu. Iš šiaurės vakarų pusės ribojasi su Obelies upe. Iš vakarų pusės teritorija ribojasi su Kėdainių pramonės parku, pietinėje pusėje fosfogipso laukais ir šlamo tvenkiniais. Gamyklos teritorijos reljefas – lygus.



3.3 pav. Planuojamo pastato rekonstrukcijos vieta

Įmonės teritorijoje puikiai išvystytas susisiekimas. Teritorijoje yra asfaltuotas grindinys. Dėl šios dangos užtikrinamas puikus susisiekimas, bei įmonės lengvojo ir sunkiojo transporto pravažumas tarp įmonės pastatų.

Planuojama ūkinė veikla – amonio dihidrofosfato su mikroelementu gamybos modernizavimas su pastato rekonstrukcija numatomas AB „Lifosa“ teritorijoje Juodkiškio g. 50, Kėdainiuose. Gamybinio pastato plotas – 576 m², teritorijos bendras plotas – 588 m², tūris – 22890 m³, pastato aukštų skaičius – 5, pastato aukštis – 32,7 m, projektuojamos technologinės įrangos poreikis numatomas iki 25 m aukščio. Gamybinis pastatas bus statomas šalia aliuminio fluorido cecho ir karbamido fosfato cecho.

Amonio dihidrofosfatas NH₄H₂PO₄ – kristalinės, brios, visiškai tirpios vandenyje, koncentruotos azoto-fosforo trąšos, kurių sudėtyje nėra natrio, chloro ir sunkiųjų metalų. Produktas gaminamas naudojant amoniaką ir nufluorintą, nusulfatintą ekstrakcinę fosforo rūgštį reaguojant žaliavoms santykiu 1:1. Egzoterminė reakcija vyksta reaktoriuje-neutralizatoriuje, susidaręs šilumos kiekis tiekiamas į vieną iš šilumokaičių reikalingas technologijai, kuriame gaunama produkto pulpa ir kristalinio produkto gavimas išgaunamas kristalizatoriuje. Tinkamos frakcijos kristalai tiekiami į būgninį granuliatorių-džiovyklą su pasirinktu mikroelementu ir 3 % krakmolo tirpalu siekiant padidinti granuliavimo efektyvumą.

3.8.2. Žaliavų naudojimas

AB „Lifosa“ naudoja gamybos reikmėms vandenį iš Nevėžio upės, vandenį tiekia Kauno gatvėje esanti siurblinė, kuri pilnai gali aprūpinti įmonės vandens poreikį geriamu vandeniu, siurblinėje yra du įmontuoti siurbliai. Jos pajėgumas 3000 m/h. Darbuotojų buitiniams poreikiams naudojamas požeminių telkinių vanduo iš įmonės vandenvietės. Taip pat įmonėje įrengtas priešgaisrinis vandentiekis, nuotekų surinkimo ir nuvedimo sistemos.

Naudojamos žaliavos, jų kiekiai, klasifikavimas ir ženklavimas pateikiamas 3.24 lentelėje.

3.24 lentelė. Duomenys apie naudojamas žaliavas [36]

Žaliava	Kiekis, t/metus	Cheminės medžiagos klasifikavimas ir ženklavimas		
		Kategorijos pavadinimas	Pavojaus nuoroda	Rizikos, saugumo frazės
Amoniakas	4505	Degios dujos	GHS04 GHS05 GHS06 GHS09	Degios dujos Toksiška prarijus Gali sprogti Toksiška vandens organizmams
Fosforo rūgštis	51586	Ėsdinanti medžiaga	GHS05	Ėsdinanti metalus
Boraksas	46	Toksiška	GHS07 GHS08	Sukelia smarkų akių dirginimą Gali pakenkti vaisingumui. Gali pakenkti negimusiam kūdikiui
Azoto rūgštis	3000	Ėsdinanti medžiaga	GHS03 GHS05 GHS06	Ėsdinanti metalus Toksiška įkvėpus Gali smarkiai nudeginti odą Pažeidžia akis Gali padidinti gaisrą, oksidatorius

Duomenys apie produktui pagaminti reikalingų energetinių išteklių kiekius pateikta 3.25 lentelėje.

3.25 lentelė. Duomenys energetinėms reikmėms

Energetinių reikmių ištekliai		
Pavadinimas	Kiekis per metus	Šaltiniai
Šiluminė energija	2686,4 MJ	Įmonės šaltiniai
Elektros energija	1393459 kW/h	Įmonės šaltiniai

Fizikinė tarša – tai yra triukšmas, kurio šaltinis yra gamybinėse patalpose dirbantys įrengimai. Fizikinės taršos šaltiniai pateikti 3.26 lentelėje.

3.26 lentelė. Fizikinės taršos šaltiniai [37]

Taršos rūšis	Taršos šaltinis	Taršos šaltinių skaičius	Taršos šaltinio skleidžiamo triukšmo lygis, dB
Triukšmas	Reaktorius	1	90
	Dekanteris	2	90
	Kristalizatorius	1	90
	Būgninis granulatorius-džiovykla	1	105

Trąšų gamybos metu technologiniame procese nuotekų nesusidaro. Garų kondensatai, panaudotas vanduo ir kiti skysčiai pakartotinai panaudojami grąžinant į pagrindinį įrenginį – reaktorių, užtikrinant gamybinių nuotekų cirkuliacija uždaru ratu. Tačiau susidaro tokios atliekos, kaip buitinės, komunalinės, stiklo, metalo, plastiko, popieriaus atliekos, kurios pateikiamos 3.27 lentelėje.

3.27 lentelė. Atliekos, atliekų tvarkymas [38]

Atliekos			Atliekų susidarymo šaltinis technologiniame procese	Projektinis kiekis, t/m	Atliekų susidarymo periodiškumas	Atliekų tvarkymo būdas
Kodas	Pavadinimas	Pavojingumas				
20 03 01	Mišrios komunalinės atliekos	Nepavojingos	-	11	-	D15
17 06 04	Stiklo vatos atliekos	Nepavojingos	Izoliacija	3	-	D15
13 02 05	Panaudoti tepalai	H14 pavojingos aplinkai	Mašinų tepimo sistema	2	1 kartą per mėnesius	R13
15 02 02	Tepaluoti skudurai	H14 pavojingos aplinkai	-	1	-	R13

Trąšų gamybos metu, susidaro produkto dulkės, kurios blogina patalpų sanitarinį stovį. Taršos sumažinimui technologijoje naudojama dviejų laipsnių išsiskiriančių dulkių valymo sistema. Pirmasis laipsnis susideda iš didesnių dalelių nusodinimo ciklone, o smulkesnės nusodinamos skruberyje laistant vandeniu. Mikroelementinių trąšų gamybos metu pagrindinė aplinkos tarša yra amoniako emisija į aplinką. Tačiau laikantis technologinių parametrų ir užtikrinus efektyvų valymo įrenginių darbą išmetimai nėra viršijami leidžiamų normų. Trąšų gamybos metu, galimos amoniako emisijos iš būgninio granulatoriaus-džiovyklos ir skruberio per oro valymo atvamzdžius. Numatoma, kad įrenginių veikia 8000 val/metus. Aplinkos oro šaltinių fiziniai duomenys pateikti 3.28 lentelėje ir išmetamųjų dujų valymo įrenginiai ir kitos taršos prevencinės priemonės pateikiamos 3.29 lentelėje.

3.28 lentelė. Aplinkos oro šaltinių fiziniai duomenys [39]

Taršos šaltinis	Atmosferos teršimo šaltinių parametrai		Iš teršimo šaltinio išeinančio dujų-oro mišinio parametrai			Atmosfera teršiančios medžiagos pavadinimas	Į atmosferą išmetamų teršiančių medžiagų kiekis	
	Aukštis, m	Angos skersmuo, m	Greitis, m/s	Tūris, Nm ³ /s	Temperatūra °C		Maksimalus g/s	Suminis (t/metus)
Skruberis	32,30	0,60	30,9	0,778	35,0	Amoniakas (NH ₃)	0,09722	2,8
Dekanteris	18,80	0,10	5,2	0,045	60,0	Amoniakas (NH ₃)	0,01388	0,4

3.29 lentelė. Išmetamųjų dujų valymo įrenginiai ir kitos taršos prevencijos priemonės [39]

Taršos šaltinis	Teršalas	Teršalo kodas	Prieš valymą, kg/metus	Po valymo, kg/metus	Valymo efektyvumas, %
Skruberio kaminas	Amoniako dujos	134	14000	2800	80
Dekanterio dujų išleidimo anga	Amoniako dujos	134	2000	400	80

3.8.3. Apibendrinimas

Atlikus aplinkosauginį vertinimą amonio dihidrofosfato su mikroelementu gamybos veiklai, galime teigti, kad didelę žalą gamtai daro naudojamos žaliavos, komunalinės, stiklo, metalo, plastiko, popieriaus atliekos. Technologiniai įrenginiai atmosferą teršia amoniako dujomis, bet naudojant valymo įrenginius pasiekiamas 80 % valymo efektyvumas, todėl normos nėra viršijamos.

4. Darbuotojų sauga ir sveikata

Šiame skyriuje nagrinėjama projektuojamos technologinės linijos darbo higiena, gaisrinė sauga ir darbuotojų sauga neatsižvelgiant į darbo sutarties rūšį, darbuotojų skaičių, darbo vietą, darbo pobūdį, darbo dienos ar pamainos trukmę. Darbuotojų darbingumui ir sveikatai išsaugoti taikomos visos prevencinės priemonės įmonės veiklos metu.

4.1. Projektuojamo objekto charakteristika

Tobulinama technologinė linija gaminti mikroelementu praturtintas ir išorinę formą pakeistas trąšas įterpiančią technologiją papildomus įrenginius. Objektas būtų granulatorius su rišiklio paruošimo talpa ir šilumokaitis tirpalo pašildymui. Technologija projektuojama pastato viduje, kuriame yra numatytas žaliavų paruošimas: skysto amoniako išgarinimas, fosforo rūgšties ir vandens tiekimas į procesą, produkcijos džiovinimas, fasavimas, sandėliavimas ir išvežimas. Technologijos tikslas yra gaminti amonio dihidrofosfatą su pasirinktu mikroelementu, kai reaktoriuje-neutralizatoriuje pagaminamos kristalinės trąšos, o mikroelementas įterpiamas granuliavimo metu būgniniame granulatoriuje-džiovykloje.

Gaminant amonio dihidrofosfatą su mikroelementu susiduriama su šiais darbo vietoje esančiais pavojais:

- darbuotojų saugos ir sveikatos taisyklių pažeidimų;
- chemiškai aktyvių medžiagų;
- slėginių indų;
- triukšmo;
- besisukančių mechanizmų;
- autotransporto priemonių;
- technologinių parametrų pažeidimų;
- priešgaisrinės saugos taisyklių pažeidimų;
- įrenginių eksploatavimo taisyklių pažeidimų;
- įrenginių paruošimo remontui, atidavimo į remontą taisyklių pažeidimų;
- veikiančių elektros įrenginių;
- garų, karšto vandens;
- karštų vamzdynų;
- vibracijos;
- fosforo rūgšties, garų, gamtinių dujų vamzdynų pažeidimų.

4.2. Profesinės rizikos vertinimas

Profesinės rizikos vertinimo tikslas yra nustatyti ir įvertinti esamą ar galimą riziką darbe, pašalinti atitinkamomis priemonėmis, o jei negalima pašalinti, įdiegti kolektyvines ar asmenines prevencijos priemones, kad darbuotojai būtų apsaugoti nuo rizikos arba ji būtų kiek įmanoma sumažinta [40]. Profesinės rizikos veiksniai pateikti 4.1 lentelėje.

4.1 lentelė. Profesinės rizikos veiksniai [40]

Rizikos veiksnys	Reikšmė
1	2
Biologinis	Mikroorganizmai taip pat gali būti ir genetiškai modifikuoti, ląstelių bei žmogaus endoparazitai galintys darbuotojui sukelti apsinuodijimą, alergiją ar infekciją.

4.1 lentelės tęsinys

1	2
Cheminis	Cheminis elementas ar junginys, grynas ar esantis mišinio sudėtyje, galintis egzistuoti natūraliai arba gaminamas, naudojamas arba išskiriamas į aplinką, įskaitant atliekas, bet kokios technologijos ar darbo proceso metu, pagamintas tikslingai ar ne, teikiamas rinkai ar ne.
Ergonominis	Sudaro fizinio darbo krūvis ir įtampa bei darbo vietos pritaikymas darbuotojo galimybėms.
Fizikinis	Veiksny, kurio pagrindą sudaro fizikinių substancijų kitimai aplinkoje.
Fizinis	Veiksny, kuris kelia pavojų dėl netinkamo darbo vietos įrengimo, darbo priemonių, jų judančių dalių, kėlimo įrangos, keliamo krovinio, transporto priemonių, krentančių daiktų fizinio poveikio, taip pat dėl galimo sprogdimo, gaisro, statinių stabilumo ir tvirtumo neužtikrinimo.
Psichosocialinis	Veiksny, kuris dėl darbo sąlygų, darbo reikalavimų, darbo organizavimo, darbo turinio, įmonės darbuotojų tarpusavio ar darbdavio ir darbuotojo tarpusavio santykių sukelia darbuotojui psichinį stresą.

Rizikos vertinimas – tai procesas, kurio metu nustatomi pavojai ir rizikos veiksniai, nustatomas galimas jų sukeltos sveikatai žalos sunkumas ir žalos pasireiškimo tikimybė, atsižvelgiant į taikomas kolektyvines ar asmenines apsaugos priemones, nustatomas galimas rizikos dydis bei priimamas įvertinimas t. y. nusprendžiama, ar nustatyta rizika priimtina, toleruotina ar nepriimtina. Profesinės rizikos vertinimas pateikiamas 4.2 lentelėje [40].

4.2 lentelė. Profesinė rizikos vertinimas [40]

Rizikos dydis	Rizikos įvertinimas	Reikšmė
Labai maža rizika	Priimtina	Nereikia jokių papildomų veiksmų.
Maža rizika	Toleruotina rizika	Nereikia jokių papildomų rizikos mažinimo ar šalinimo priemonių, išskyrus atvejus, kai joms įgyvendinti nereikia galimai didelių laiko, pinigų ar pastangų sąnaudų. Užtikrinti, kad veiktų esamos rizikos šalinimo ir mažinimo priemonės.
Vidutinė rizika		Reikėtų nagrinėti, ar riziką galima pašalinti arba sumažinti iki priimtino lygio. Rizikos šalinimo ir mažinimo priemonės turėtų būti įgyvendintos per nustatytą laikotarpį. Užtikrinti, kad veiktų esamos rizikos šalinimo ir mažinimo priemonės.
Didelė rizika		Reikėtų užtikrinti, kad būtų nustatytos rizikos šalinimo ir mažinimo priemonės. Šios priemonės turi būti įgyvendintos nedelsiant per nustatytą laikotarpį. Jas įgyvendinant reikėtų spręsti klausimą dėl veiklos sustabdymo arba apribojimo arba, laukiant rizikos mažinimo priemonių įgyvendinimo pabaigos, taikyti laikinas rizikos šalinimo ir mažinimo priemones.
Labai didelė rizika	Nepriimtina	Būtina iš esmės pagerinti rizikos šalinimo ir mažinimo priemones, kad rizika būtų sumažinta iki toleruotino arba priimtino dydžio. Veikla turi būti sustabdyta tol, kol bus įgyvendintos rizikos šalinimo ir mažinimo priemonės, kurios sumažintų riziką iki toleruotino arba priimtino dydžio. Jei rizikos sumažinti neįmanoma, turi būti draudžiama dirbti.

Profesinės rizikos vertinimo tikslas nustatyti ir įvertinti esamą riziką darbo aplinkoje, bei numatyti priemones rizikos išvengimui ar sumažinimui. Šie veiksniai ir jų kiekybinis įvertinimas surašytas į 4.3 lentelę.

4.3 lentelė. Profesinės rizikos veiksniai ir jų kiekybinis įvertinimas [40, 41, 42, 43]

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio atsiradimo ir veikimo vieta	Rizikos veiksnio dydis ir matavimo vienetas	Rizikos veiksnio ribinė vertė	Prevencijos priemonės
1	2	3	4	5
Fizikiniai veiksniai				
Vibracija	Įrengimai	5 Hz	Visą kūną, ribinė 0,5 m/s ² arba veikiančios vibracijos dozės vertė neturi viršyti 9,1 m/s ^{1.75} . Rankas ribinė kasdienio veikimo vertė paskaičiuota aštuonių valandų darbo laiko trukmei neturi viršyti 5 m/s ²	Naudojamos antivibracinės AAP, išlaikomas tinkamas atstumas, daromos specialios pertraukėlės
Triukšmas	Gamybinė patalpos	85 dBA	87 dBA	Ausinės, ausų kamštukai
Apšvietimas	Gamybinės patalpos	300 lx	300 lx	Šviestuvai
Statinės elektros pavojus	Įrengimai	–	–	Įžeminimas ir įnulinimas
Aukšta temperatūra	Įrengimai	90 °C	50 °C	Batų, pirštinių, darbo drabužių atspariems aukštai temperatūrai naudojimas, įrenginių ir vamzdynų izoliacija
Fiziniai veiksniai				
Slėginiai indai	Įrengimai	–	–	Apsauginiai vožtuvai, apsauginės membranos
Besisukančios ar judančios mašinų dalys	Įrengimai	–	–	Uždengtos besisukančios dalys, apsauginės tvorelės
Darbo vietos priešgaisrinis parengimas	Gamybinės patalpos	–	–	Evakuaciniai išėjimai, tinkamos klasės ugnies gesinimo gesintuvai, vanduo, nedegus audeklas, smėlis
Pavojus nukristi iš aukščio	Gamybinės patalpos	–	–	Stabilios kopėčios, mobilūs stelažai su atitvarais
Krintančių daiktų mechaninis poveikis	Gamybinės patalpos	–	–	Šalmas
Cheminiai veiksniai				
Fosforo rūgštis	Įrengimai, vamzdynai	3 mg/m ³	1 mg/m ³ IPRD 2 mg/m ³ TPRD	Ištraukiamoji ventiliacija, batai, pirštinės ir darbo drabužiai atsparūs rūgščių ir šarmų poveikiui, dujokaukės, apsauginiai akiniai

4.3 lentelės tęsinys

1	2	3	4	5
Amoniakas	Įrengimai, vamzdynai	2 mg/m ³	14 mg/m ³ IPRD 36 mg/m ³ TPRD	Batai, pirštinės ir darbo drabužiai atsparūs rūgščių ir šarmų poveikiui, dujokaukės, apsauginiai akiniai
Boraksas	Įrengimai, vamzdynai	1 mg/m ³	2 mg/m ³ IPRD 5 mg/m ³ TPRD	Batai, pirštinės ir darbo drabužiai atsparūs rūgščių ir šarmų poveikiui, dujokaukės, apsauginiai akiniai
Amonio dihidrofosfatas	Įrengimai, vamzdynai	1 mg/m ³	2 mg/m ³ IPRD	Batai, pirštinės ir darbo drabužiai, dujokaukės, apsauginiai akiniai
Azoto rūgštis	Įrengimai, vamzdynai	3 mg/m ³	1 mg/m ³ IPRD 2 mg/m ³ TPRD	Batai, pirštinės ir darbo drabužiai, dujokaukės, apsauginiai akiniai
Ergonominiai veiksniai				
Nuovargis	Gamybinės patalpos	–	–	Speciali pertraukėlė
Darbo sunkumas (statinis darbas)	Gamybinės patalpos	35 kg	30 kg	Speciali pertraukėlė, krovinio vietos pakeitimas,
Netinkama poza	Gamybinės patalpos	Netinkama poza 15 % darbo laiko	Netinkama poza 35 % darbo laiko	Mankšta, speciali pertraukėlė
Judėjimo atstumas darbo aplinkoje	Gamybinės patalpos	4,5 km	4,0–8,0 km	Mankšta, speciali pertraukėlė

Modernizuojant technologinę liniją ir stengiantis palengvinti darbuotojų darbą vis plačiau gamyboje naudojamos programinės įrangos su video terminalais. Norint išvengti ir apsaugoti darbuotojus nuo sveikatos sutrikimų pagrindiniai reikalavimai dirbant su video terminalais yra šie [44]:

- video terminalo įrenginiai turi būti nepavojingi darbuotojų sveikatai;
- ženklai vaizduoklyje turi būti ryškaus kontūro, lengvai skaitomi;
- vaizdas turi būti stabilus ir nemirgėti;
- vaizduoklis turi būti lengvai bei laisvai pasukamas ir pakreipiamas pagal darbuotojų poreikius;
- atstumas nuo operatoriaus akių iki vaizduoklio turi būti ne mažesnis kaip 40 cm;
- vaizduoklis turi turėti reguliuojamą stovą, kad būtų galima keisti jo padėtį;
- klaviatūros vietos aukštis turi būti toks, kad leistų išlaikyti taisyklingą kūno laikyseną, išvengti plaštakų, riešų ir pečių juostos nuovargio;
- riešų padėtis turi būti neutrali: plaštaka ir dilbis turi būti vienodame aukštyje, kad nereikėtų lenkti riešo;
- klaviatūra ir pelė turi būti viename aukštyje;
- darbo kėdė turi būti stabili, leidžianti darbuotojui lengvai ir laisvai judėti bei pasirinkti patogią kūno padėtį;
- kėdės sėdimo paviršiaus priekinė briauna turi būti nuožulni.

Kompleksinių mikroelementinių trąšų gamyboje naudojamos šios žaliavos: amoniakas, fosforo rūgštis, boraksas, azoto rūgštis. Jų gaisrinio pavojingumo rodikliai aprašyti 4.4 lentelėje.

4.4 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai [45]

Medžiagos pavadinimas	Plūpsnio temperatūra	Sprogumo ribos, %		Savaiminio užsidegimo temperatūra, °C	Užsidegimo temperatūra, °C
		apatinė	viršutinė		
Amoniakas	-	15	28	650	450
Fosforo rūgštis	-	-	-	Nedegus	Nedegus
Azoto rūgštis	-	-	-	Nedegus	Nedegus
Boraksas	-	-	-	Nedegus	Nedegus
Amonio dihidrofosfatas	-	-	-	Nedegus	Nedegus

Išorinių įrenginių ir pastatų kategorijos pagal sprogdumo ir gaisro pavojų pateikiamos 4.5 lentelėje.

4.5 lentelė. Išorinių įrenginių ir pastatų kategorijos pagal sprogdumo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonos [45]

Objekto, kuriam suteikiama kategorija, klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas	Požymis, nulemiantis kategoriją, pavojingą vietą	Kategorija, pavojingos vietos zona
Amoniako išgarintuvas	Prieš garinimą degus skystis, išgarinus susidariusios amoniako dujos	A _{sg} , 2 zona
Gamybinis cechas	-	E _g , 22 zona

4.3. Saugi gamyba

Visiems įmonėje dirbantiems darbuotojams yra privaloma sudaryti saugias ir sveikas darbo sąlygas, nepaisant darbuotojo darbo specifikos, įmonės veiklos rūšies, darbuotojų skaičiaus, darbo sutarties, darbo pobūdžio, darbo aplinkos, pilietybės, tautybės, politinių ar religinių įsitikinimų. Visi nauji darbuotojai yra instruktuojami ir apmokami darbo vietoje, kaip elgtis pavojingose situacijose. Norint išvengti ar bent kuo labiau sumažinti iškilusios situacijos padarinius visi darbuotojai yra apmokami pravedant įvadinį, pirminį, periodinį ir papildomą saugaus darbo instruktažą. Siekiant išvengti gaisrų, sprogdimų ir apsinuodijimu dirbant su pavojingomis medžiagomis yra privaloma laikytis saugos reikalavimų: darbuotojas turi turėti darbuotojų saugos, gaisrinės saugos ir specialybės atestatus, leidžiančius savarankiškai dirbti darbo vietoje. Taip pat darbo vietoje gerai matomoje vietoje turi būti su darbu susiję dokumentai tokie kaip: technologinės schemos, darbuotojo pareiginiai nuostatai, technologinis reglamentas, darbuotojų saugos ir priešgaisrinės saugos instrukcijos, sklandus gamybos blokuočių ir signalizacinių sistemų darbas, užtikrinti naudojamų vamzdynų ir įrenginių tvarkingą techninę būklę, pastebėjus trūkumus pranešti darbų vadovui, užduotam darbui atlikti aprūpinti darbuotojus asmenines apsaugos priemonės, dirbti tvarkingoje darbo aplinkoje, popierių, medieną, stiklą, plastmasines šiukšles rūšiuoti ir mesti tik į jiems skirtus konteinerius, darbuotojus prieš pavojingų darbų pradžia instruktuoti apie galimus pavojus. Nesilaikant saugaus įrenginių eksploatavimo taisyklių, saugaus darbo taisyklių reikalavimų ar nenaudojant paskirtų asmeninių apsaugos priemonių gali: judančių mechanizmų sužeidimai; apsinuodijimas agresyviomis medžiagomis; vamzdynų nesandarumai; įrenginių nepriežiūra; elektros srovės pavojus; degiųjų skysčių užsiliepsnojimas; susidaryti degiųjų dujų mišiniai [45].

Darbinė aplinka, tai erdvė kurioje darbuotojas atlieka pavidamą darbą ir gali jį veikti kenksmingi ir pavojingi veiksniai. Darbo metu darbuotoją veikia jo aplinkoje esantys dirgikliai: klausos, uoslės, regėjimo ir lytėjimo organų poveikį. Darbuotojas greičiau pavargsta, kai yra veikiamas psichosocialinių veiksnių: netinkamai organizuotas darbas ir netinkamos darbo sąlygos [46].

Darbo higiena – tiria darbo proceso ir gamybinės aplinkos veiksnių poveikį darbuotojų organizmui ir numatanti reikalingas saugos priemones išvengti profesinių ligų. Pagrindiniai higieniniai ir ergonominiai reikalavimai kiekvienai darbo vietai yra nustatomi atskirai [46].

Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Meteorologinės sąlygos darbo aplinkoje, kurios nustatomos pagal veikiančius oro temperatūros, oro judėjimo greičio ir drėgmės parametrų derinius bei įrengimų ir atitvarų temperatūrą ir šiluminį spinduliavimą [46].

Šiluminio komforto dydžiai pateikiami 4.6 lentelėje.

4.6 lentelė. Šiluminis komfortas [46]

Laikotarpis	Patalpos	Šiluminio komforto vertės
Šiltasis	Valdymo pultas	Lengvas – Ib; oro temperatūra 22–24 °C; Oro santykinis drėgnumas 40–60 %; Oro judėjimo greitis ne daugiau kaip 0,2 m/s,
	Gamybinės patalpos	Sunkus – III; oro temperatūra 18–20 °C; Oro santykinis drėgnumas 40–60 %; Oro judėjimo greitis ne daugiau kaip 0,4 m/s
Šaltasis	Valdymo pultas	Lengvas – Ib; oro temperatūra 21–23 °C; Oro santykinis drėgnumas 40–60 %; Oro judėjimo greitis ne daugiau kaip 0,1 m/s
	Gamybinės patalpos	Sunkus – III; oro temperatūra 18–20 °C; Oro santykinis drėgnumas 40–60 %; Oro judėjimo greitis ne daugiau kaip 0,4 m/s,

Cheminės medžiagos gali patekti į žmogaus organizmą kartu su vandeniu, kvėpuojant, tiesioginio kontakto su oda metu, maistu, nesilaikant asmeninės higienos reikalavimų ir to pasakoje gali apnuodyti darbuotoją [47]. Produkto gamybos metu naudojamų medžiagų toksiškumo charakteristika pateikta 4.7 lentelėje.

4.7 lentelė. Cheminių medžiagų profesinio poreikio ribiniai dydžiai [47]

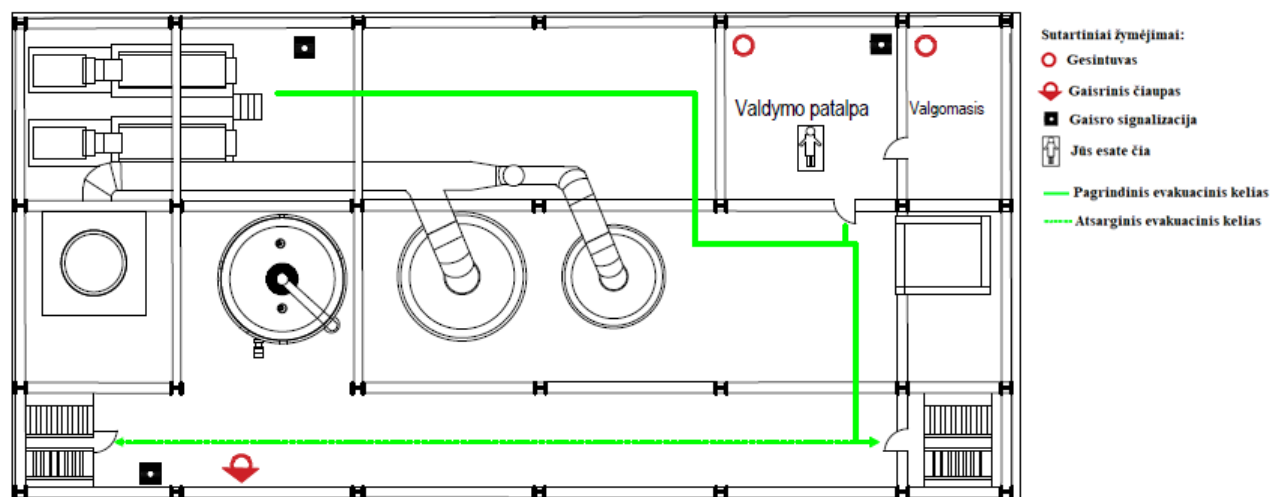
Cheminė medžiaga	Toksiškumo charakteristika	Kenksmingų cheminių medžiagų koncentracijų ribiniai dydžiai	Asmeninės apsaugos priemonės
1	2	3	4
Fosforo rūgštis	H290 Gali ėsdinti metalus, H302 Kenksminga prarijus, H314 Smarkiai nudegina odą ir pažeidžia akis, H335 – gali dirginti kvėpavimo takus	Ilgalaikio poveikio ribinis dydis 1 mg/m ³ , trumpalaikio poveikio ribinis dydis 2 mg/m ³	Filtruojančios dujokaukės, batai, pirštinės ir darbo drabužiai atsparūs rūgščių ir šarmų poveikiui, apsauginiai akiniai, kremai
Amoniakas	H221 Degios dujos. H280 Turi slėgio veikiamų dujų, kaitinant gali sprogti. H301 Toksiška prarijus. H311 Toksiška susilietus su oda. H314 Smarkiai nudegina odą ir pažeidžia akis. H331 Toksiška įkvėpus. H400 Labai toksiška vandens organizmams	Ilgalaikio poveikio ribinis dydis 14 mg/m ³ , trumpalaikio poveikio ribinis dydis 36 mg/m ³	Filtruojančios dujokaukės, batai, pirštinės ir darbo drabužiai atsparūs apsauginiai akiniai, kremai

4.7 lentelės tęsinys

1	2	3	4
Boraksas	H319 Sukelia smarkų akių dirginimą H360FD Gali pakenkti vaisingumui. Gali pakenkti negimusiam kūdikiui	Ilgalaikio poveikio ribinis dydis 2 mg/m ³ , trumpalaikio poveikio ribinis dydis 5 mg/m ³	Filtruojančios dujokaukės, batai, pirštinės ir darbo drabužiai atsparūs apsauginiai akiniai, kremai
Amonio dihidrofosfatas	H302 – kenksminga prarijus, H319 – stipriai dirgina akis, H301 – toksiška prarijus, H331 – toksiška įkvėpus, H311 – toksiška patekus ant odos,	Ilgalaikio poveikio ribinis dydis 300 mg/m ³	Filtruojančios dujokaukės, batai, pirštinės ir darbo drabužiai atsparūs apsauginiai akiniai, kremai

4.4. Gaisrinė sauga

Granuliuotų trąšų gamybos cecho pastatas pastatytas iš nedegių medžiagų. Granuliuotų trąšų gamybos cecho evakuacinis penkto aukšto planas pavaizduotas 4.1 paveiksle.



4.1 pav. Evakuacinis planas

Gelžbetoninės grindys, pastato laikančiosios konstrukcijos – plieninės, daugiasluoksnės sienų plokštės yra nedegios ir neleidžia plisti gaisrui. Kadangi patalpoje esant elektros įrenginių, kurių dauguma yra nuolatinę įtampą turintys elektros varikliai, tai ne mažiau kaip pusę gesintuvų esančių gamybinėse patalpose turi būti tinkami elektros įrenginiams gesinti neišjungus įtampos. Elektros įrenginius, efektyviausia gesinti dujų arba miltelių priklausančių ABC klasės gesintuvais. Gamybos metu naudojamas amoniakas, avarijos atveju gali būti degus ir gamybinėse patalpose sudaryti sprogia aplinką. Numatytose amoniako transportavimo vietose, avarijos atveju įrengiama gaisro gesinimo sistema. Bendrai, gamybinio pastato kiekviename aukšte turi būti bent 2 gesintuvai, kurių masė yra ne mažesnė, kaip 4 kg. Gesintuvai parenkami pagal pavojingumą gaisrui kilti (žr. 4.8 lentelė).

4.8 lentelė. Gaisro klasė ir ugnį gesinanti medžiaga [45]

Gaisro klasė	Gaisro charakteristika	Gesinimo medžiaga					
		Vanduo	Putos	Dujos	Milteliai		
					ABC tipo	BC tipo	D tipo
1	2	3	4	5	6	7	8
A	Kietųjų medžiagų gaisrai	+	+	-	++	-	-

4.8 lentelės tęsinys

1	2	3	4	5	6	7	8
B	Skystųjų arba galinčių suskystėti kietųjų medžiagų gaisrai	-	++	+	++	++	-
C	Dujų gaisrai	-	-	+	++	++	-
D	Metalų gaisrai	-	-	-	-	-	++

Išvados

1. Išsamiai išanalizuota amonio dihidrofosfato gamybos technologija, kai produktas gaminamas NH_3 ir H_3PO_4 neutralizacijos reakcijos būdu, žaliavas imant santykiu 1:1. Optimalios amonio dihidrofosfato gavimo sąlygos: 40 % nusulfatinta, nuflourinta fosforo rūgštis ir dujinis amoniakas, o reaktoriuje produkto pulpa brandinasi 2 valandas.
2. Kristalinis produktas granuliuojamas ir įterpiamas mikroelementas – boras, būgniniame granuliatoriuje-džiovykloje naudojant 3 % krakmolo tirpalą, pašildytą iki 60 °C, ir sausą krakmolą. Granuliavimo metu nevyksta cheminė reakcija, o produkto savybės (granulimetrinė sudėtis, granulių stipris, piltinis tankis ir kt.) priklauso nuo naudojamų priedų kiekio granuliavimo metu.
3. Apskaičiuota, kad tiekiant į būgninį granuliatorių-džiovyklą 1000 kg kristalinio amonio dihidrofosfato, 5,2 kg borakso, 103,7 kg krakmolo, 120,5 vandens, galima pagaminti 1021,9 kg sugranuliuoto produkto. Šilumos nuostoliai sudaro 0,24 %. Siekiant pašildyti krakmolo tirpalą iki reikiamos temperatūros, reikalingas šilumokaitis, kurio plotas = 134,69 m².
4. Grafinėje dalyje pateikti A1 formato amonio dihidrofosfato su mikroelementu gamybos technologija ir būgninio granulatoriaus-džiovyklos brėžiniai.
5. Amonio dihidrofosfato su mikroelementu gamybos pastato charakteristika pateikta statybinėje dalyje, kurioje nubraižyti 3 pastato brėžiniai (A1 formatu): gamybinės patalpos planas ir įrenginių išdėstymas, pastato pjūvis ir sklypo planas.
6. Atlikus modernizuojamos technologijos ekonominius ir finansinius skaičiavimus, nustatyta, kad modernizacijai reikalinga 2,12 mln. Eur finansavimas, kuris atsipirktų po 1,84 metų, kai gamybos našumas 30 tūkst. tonų per metus. Norint pasiekti lūžio tašką, reikia pagaminti 5,37 tūkst. tonų produkto.
7. Pagal darbo saugos taisykles ir reikalavimus darbuotojams būtinos asmeninės apsaugos priemonės: šalmas, apsauginiai akiniai, dujokaukės, respiratoriai, darbo rūbai ir pirštinės, darbo batai, klausos apsaugos priemonės.
8. Aplinkosauginio vertinimo metu nustatyta, kad vykdomos technologijos teršalų šaltinis yra išmetimas į atmosferą, tačiau ribiniai dydžiai nėra viršijami.

Literatūros sąrašas

1. C. DE CASTRO Robson, DE MELO BENITES Vinicius, CÉSAR TEIXEIRA Paulo, JOSÉ DOSANJOS Marcelino, FERNANDO DE OLIVEIRA Luis. Phosphorus migration analysis using synchrotron radiation in soil treated with Brazilian granular fertilizers. *Applied Radiation and Isotopes*. [interaktyvus]. Elsevier, 2015. [žiūrėta 2021-04-28]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/>
2. PALECKIENĖ, Rasa ir Rasa ŠLINKŠIENĖ. *Trąšos. Gavimas ir analizė*. Mokomoji knyga. Kaunas: Technologija, 2018, p. 40. ISBN 978-609-02-147-8
3. National Research Council (US) Committee on Diet and Health. *Diet and Health: Implications for Reducing Chronic Disease Risk*. [interaktyvus]. Washington (DC): National Academies Press (US); 1989. 14. [žiūrėta 2021-04-28]. Prieiga per: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218751/?fbclid=IwAR22QpqtHGskdfGyIz5BqbipGxgOOjztc6Z3YHJyhqLOhR3COC3VZQxyz4>
4. CLEMSON UNIVERSITY. *Micronutrients*. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-04-27]. Prieiga per: <https://www.clemson.edu/search/>
5. MOSAIC. *Micronutrient nutrition*. [interaktyvus]. 2021. [žiūrėta 2021-04-27]. Prieiga per: <https://www.cropnutrition.com/nutrient-management/micronutrients>
6. FULLERTON, Terrence. Chelated Micronutrients. *Agro Services International Inc*. [interaktyvus]. Florida, 2005. [žiūrėta 2021-04-26]. Prieiga per: <http://www.agroservicesinternational.com/Articles/Chelates.pdf>
7. ZHANG Kai, DAI Zhengwei, ZHANG Wanglong, GAO Qiang, DAI Yu, XIA Fan, ZHANG Xiaojin. EDTA-based adsorbents for the removal of metal ions in wastewater. *Coordination Chemistry Reviews*. [interaktyvus]. Elsevier, 2021. [žiūrėta 2021-04-27]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/>
8. LIFOSA: *Monoamonio fosfatas*. [interaktyvus]. 2021. [žiūrėta 2021-04-28]. Prieiga per: <https://www.lifosa.com/gamyba-ir-paslaugos/produktai/monoamonio-fosfatas/19>
9. ZHANG Xiaojing, SHEN Zhigang, CAI Chujiang, Yu Xiaozheng, DU Jun, XING Yushan, MA Shulin. Modification of ADP extinguishing powder by siliconization in spray drying. *Particuology*. [interaktyvus]. Elsevier, 2012. [žiūrėta 2021-04-28]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/>
10. ŠLINKŠIENĖ, RASA, Rasa PALECKIENĖ ir Edvinas MEIŽYS. *Amonio dihidrofosfato (MAP) gamyba*. Kaunas, 2020.
11. KNOEMA: World Data Atlas [interaktyvus]. 2015. [žiūrėta 2021-04-28]. Prieiga per: <https://knoema.com/atlas/topics/Agriculture/Fertilizers-Production-Quantity-in-Nutrients/Monoammonium-phosphate-production>
12. Crystal Clear. *World Fertilizers*. 2019, spalio, 60 (1), 42. ISSN No: 2398–4384.
13. GLOBAL MARKET INSIGHTS. *Phosphoric Acid Market Size, Industry Analysis Report, Regional Outlook, Application Development Potential, Price Trends, Competitive Market Share & Forecast, 2021 – 2027*. [interaktyvus]. 2020. [žiūrėta 2021-04-28]. Prieiga per: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/phosphoric-acid-market>
14. IFASTAT. *Regional Overview by Product*. [interaktyvus]. 2019. [žiūrėta 2021-04-28]. Prieiga per: https://www.ifastat.org/databases/graph/2_1?fbclid=IwAR0SWf7VLL2FRmz0LgQSRHVLs0nWYK42KP-TVrBGUryRIg-fk4u6M_rDNQ

15. MORDOR INTELLIGENCE. *Europe micronutrient fertilizer market - growth, trends, covid-19 impact, and forecasts (2021–2026)*. [interaktyvus]. 2020. [žiūrėta 2021-04-20]. Prieiga per: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/micronutrient-market-europe>
16. SILVERBERG, Julius ir Roland D. YOUNG. *Preparation of Fertilizers Containing Micronutrients*. [interaktyvus]. Alabama, 1977 [žiūrėta 2021-04-27]. Prieiga per: <https://books.google.lt>
17. UTOMO, Johan, ASAKUMA Yusuke, MAYNARD Nicoleta, MAEDA Kouji, FUKUI Keisuke, TADE O. Moses. Semi-batch reactive crystallisation of mono-ammonium phosphate: An experimental study. *Chemical Engineering Journal*. [interaktyvus]. 2009. [žiūrėta 2021-04-01]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/>
18. ALLIED MARKET RESEARCH. *Crop Micronutrients Market by Form (Chelated, and Non-Chelated), Product Type (Boron, Copper, Iron, Manganese, Molybdenum, Zinc, Others), Crop Type (Cereals & Grains, Fruits & Vegetables, Pulses & Oilseeds, and Others), and Application (Fertigation, Soil, Foliar, Seed Treatment, Others) - Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2018–2025*. [interaktyvus]. 2018. [žiūrėta 2021-04-21]. Prieiga per: <https://www.alliedmarketresearch.com/crop-micronutrients-market>
19. XU, Dongli, XUE Dongfeng. Chemical bond analysis of the crystal growth of KDP and ADP. *Journal of Crystal Growth* [interaktyvus]. Elsevier, 2008. [žiūrėta 2021-04-14]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/>
20. RAJESH, P., RAMASAMY P.. A study on optical, thermal, mechanical, dielectric, piezoelectric and NLO properties of unidirectional ammonium chloride added ammonium dihydrogen phosphate crystal. *Material Letters* [interaktyvus]. Elsevier, 2009. [žiūrėta 2021-03-10]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/>
21. RAJESH, P., BOOPATHI K., RAMASAMY P.. Investigations on the solubility, growth, structural, optical, mechanical, dielectric and SHG behaviour of ammonium acetate doped ammonium dihydrogen phosphate crystals. *Journal of Crystal Growth* [interaktyvus]. Elsevier, 2010. [žiūrėta 2021-03-10]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/>
22. VOSS, R. *Micronutrients*. Department of Agronomy Iowa State University Ames. 1998, p. 24.
23. KRISHNAMOORTHY, Sritharan, KARUPPANNAN Srinivasan. Influence of additives on the crystal growth kinetics and growth rate of Ammonium dihydrogen phosphate (ADP) single crystals. *Materials Science and Engineering: B*. [interaktyvus]. 2021, vol. 263. [žiūrėta 2021-04-25]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/>
24. XU, Dehua, XIONG Xing, XU Dejun, ZHONG Yanjun, WANG Xinlong, ZHANG Zhiye, YANG Xiushan. Experimental determination of solubility and metastable zone width of ammonium dihydrogen phosphate in (NH₄)₂SO₄ + water and NH₄F + water systems. *Fluid Phase Equilibria*. [interaktyvus]. Elsevier, 2018. [žiūrėta 2021-04-26]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/>
25. VERBEECK Mieke, SALAETS Peter, SMOLDERS Erik. Trace element concentrations in mineral phosphate fertilizers used in Europe: A balanced survey. *Science of the Total Environment*. [interaktyvus]. Elsevier, 2020. [žiūrėta 2021-04-28]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/>
26. BÜCKER-NETO Lauro, SOBRAL PAIVA Ana L., MACHADO Ronei D., ARENHART Rafael A., MARGIS-PINHEIRO Marcia. Interactions between plant hormones and heavy metals responses. *Genetics and Molecular Biology*. [interaktyvus]. Brazil, 2017. [žiūrėta 2021-04-27]. Prieiga per: doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2016-0087
27. SALAH, Y. Ben, OUDADESSE H., LEFEUVRE B., TOUNSI S., FEKI H. El. Purified monoammonium phosphate fertilizer promotes the yield and reduces heavy metals accumulation in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *International Journal of Environmental Science and*

- Technology*. [interaktyvus]. 2021. [žiūrėta 2021-04-15]. Prieiga per: doi.org/10.1007/s13762-021-03223-3
28. GARGOURI Manel, CHTARA Chaker, SHARROCK Patrick, NZIHOU Ange, EL FEKI Hafed. Experimental Study of the Purification of an Industrial Fertilizer (Mono-Ammonium Phosphate) to Larger Scale Using an Experimental Design. *International Journal of Materials Engineering*. [interaktyvus]. 2012. [žiūrėta 2021-04-27]. doi: 10.5923/j.ijme.20120204.01
 29. KHAN, Anwarzeb, KHAN Sardar, KHAN M. Amjad, QAMAR Zahir, WAQAS Muhammad. The uptake and bioaccumulation of heavy metals by food plants, their effects on plants nutrients, and associated health risk: a review. *Environmental Science and Pollution Research*. [interaktyvus]. 2015. [žiūrėta 2021-04-15] Prieiga per: doi.org/10.1007/s11356-015-4881-0
 30. THE MOSAIC COMPANY (US). *Method for producing a fertilizer with micronutrients*. Inventors: Lawrence Alan Peacock. US patent US 7497891 B2. 2009-03-03. United States Patent [žiūrėta 2021-03-10]. Prieiga per: <https://patents.google.com/patent/US7497891B2>
 31. IPC DRESDEN. *AGGLOMERATION*. [interaktyvus]. 2022. [žiūrėta 2022-05-05]. Prieiga per: shorturl.at/rvKMY
 32. AB „Lifosa“ technologijos reglamentas. TR-05-03:2018. Skyrius 4.
 33. AB „Lifosa“ technologijos reglamentas. TR-05-03:2018. Skyrius 12.
 34. BALANDIS, Alfredas, Benonas LESKAUSKAS, Giedrius VAICKELIONIS, ir Zenonas VALANČIUS. Chemijos inžinerija III knyga. Kaunas: Leidykla „Technologija“, 2010, p. 164, p. 168, p. 179. ISBN 987-9955-25-805-6
 35. Elektros kaina. [žiūrėta 2022-05-11] Prieiga per: <https://ignitis.lt/lt/elektros-kainos>
 36. Poveikio aplinkai vertinimai. [ŽIŪRĖTA 2022-05-08]. Prieiga per: [HTTPS://OLD.GAMTA.LT/CMS/INDEX](https://old.gamta.lt/cms/index)
 37. DĖL DARBUOTOJŲ APSAUGOS NUO TRIUKŠMO KELIAMOS RIZIKOS NUOSTATŲ PATVIRTINIMO. 2005 M. BALANDŽIO 15 D. NR. A1-103V-265 VILNIUS. [žiūrėta 2022-05-08]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.254877/asr>
 38. SVEIKATA IR SAUGA. PAVOJINGUMO IR ATSARGUMO FRAZĖS. [žiūrėta 2022-05-11] Prieiga per: https://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/LT/Safety/HP_LT.htm
 39. AB „Lifosa“ technologijos reglamentas. TR-05-03:2018. Skyrius 11.
 40. DĖL PROFESINĖS RIZIKOS VERTINIMO BENDRŲJŲ NUOSTATŲ PATVIRTINIMO. 2012 m. spalio 25 d. Nr. A1-457/V-961. [žiūrėta 2022-05-08]. Prieiga per: [Dėl Profesinės rizikos vertinimo bendrųjų nuostatų patvirtinimo \(lrs.lt\)](https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.254877/asr)
 41. „DĖL DARBUOTOJŲ APSAUGOS NUO VIBRACIJOS KELIAMOS RIZIKOS NUOSTATŲ PATVIRTINIMO“ PAKEITIMO. 2014 m. birželio 27 d. Nr. A1-343/V-742. [žiūrėta 2022-05-22]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/72ecc2b000bf11e4b0ef967b19d90c08>
 42. DĖL LIETUVOS HIGIENOS NORMOS HN 69:2003 „ŠILUMINIS KOMFORTAS IR PAKANKAMA ŠILUMINĖ APLINKA DARBO PATALPOSE. PARAMETRŲ NORMINĖS VERTĖS IR MATAVIMO REIKALAVIMAI“ PATVIRTINIMO 2003 m. gruodžio 24 d. Nr. V-770 Vilnius [žiūrėta 2022-05-08]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.230880>
 43. DĖL LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTRO 2003 M. GRUODŽIO 31 D. ĮSAKYMO NR. V-791 „DĖL LIETUVOS HIGIENOS NORMŲ HN 50:2003 „VISĄ ŽMOGAUS KŪNĄ VEIKIANTI VIBRACIJA: DIDŽIAUSI LEIDŽIAMY DYDŽIAI IR MATAVIMO REIKALAVIMAI GYVENAMUOSIUOSE BEI VISUOMENINIUOSE PASTATUOSE“ IR HN 51:2003 „VISĄ ŽMOGAUS KŪNĄ VEIKIANTI VIBRACIJA: DIDŽIAUSI LEIDŽIAMY DYDŽIAI IR MATAVIMO REIKALAVIMAI DARBO VIETOSE“

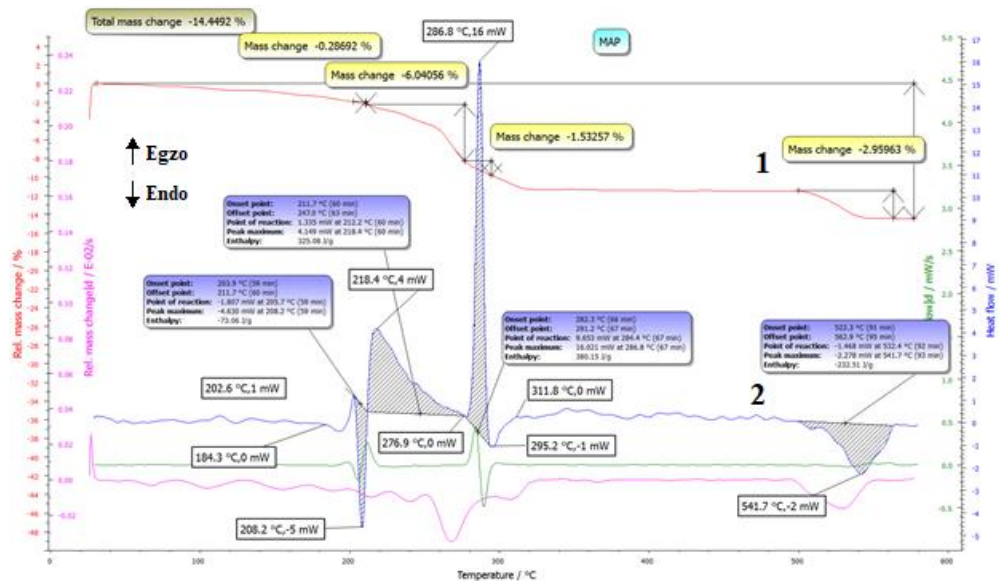
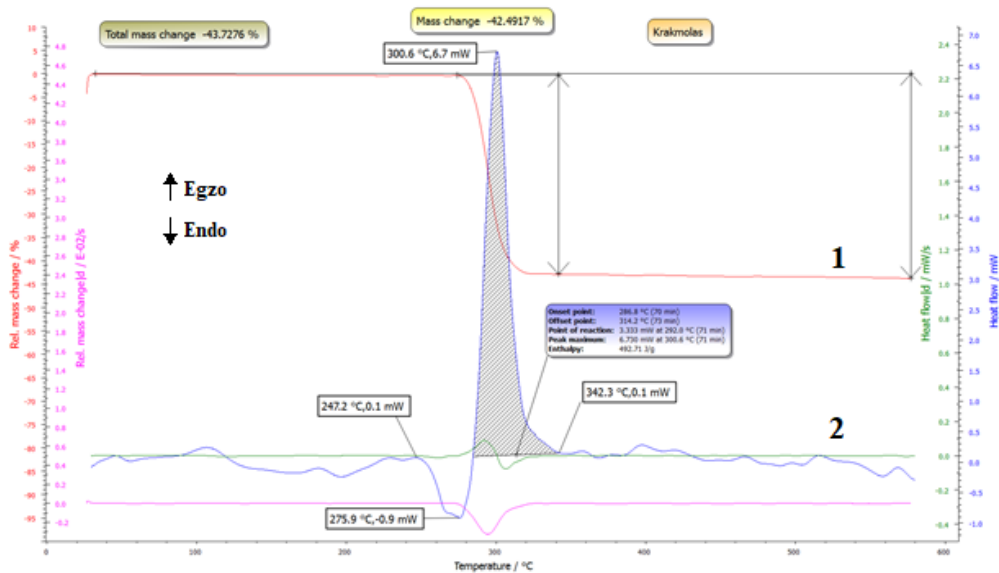
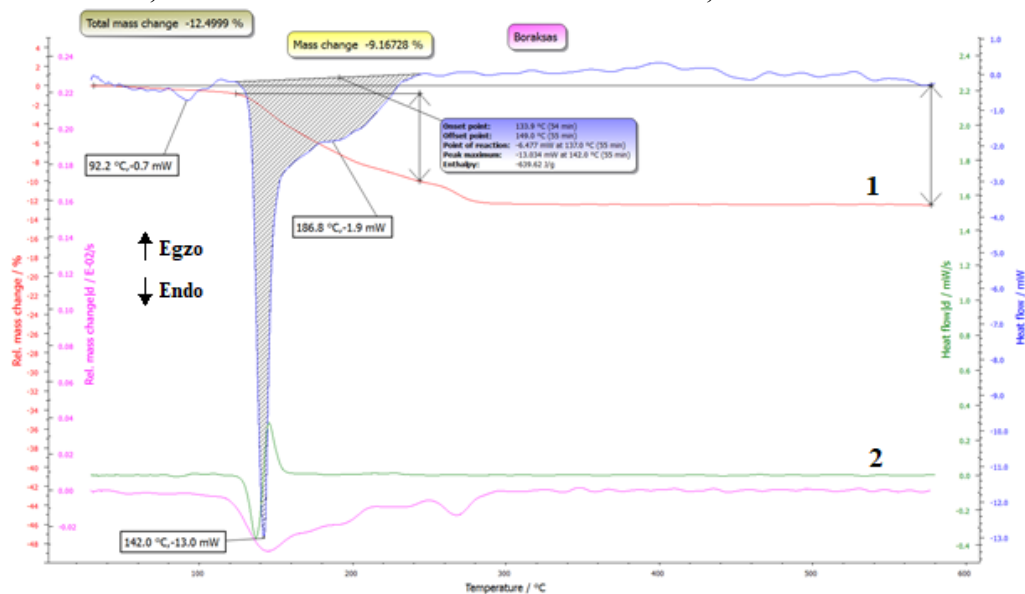
- PATVIRTINIMO“ PAKEITIMO. 2016 m. gruodžio 9 d. Nr. V-1420 Vilnius. [žiūrėta 2022-05-08].
Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/eea3d5d0c05011e6a3e9de0fc8d85cd8>
44. ĮSAKYMAS DĖL LIETUVOS HIGIENOS NORMOS HN 32:2004 „DARBAS SU VIDEOTERMINALAIS. SAUGOS IR SVEIKATOS REIKALAVIMAI“ PATVIRTINIMO. 2004 m. vasario 12 d. Nr. V-65 Vilnius. [žiūrėta 2022-05-08]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.227778>
45. ĮSAKYMAS DĖL GAISRINĖS SAUGOS PAGRINDINIŲ REIKALAVIMŲ PATVIRTINIMO. 2010 m. gruodžio 7 d. Nr. 1-338 Vilnius. [žiūrėta 2022-05-20]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.388658>
46. LIETUVOS RESPUBLIKOS DARBO KODEKSO PATVIRTINIMO, ĮSIGALIOJIMO IR ĮGYVENDINIMO ĮSTATYMAS. 2016 m. rugsėjo 14 d. Nr. XII-2603 Vilnius [žiūrėta 2022-05-08]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/f6d686707e7011e6b969d7ae07280e89/asr>
47. DĖL LIETUVOS HIGIENOS NORMOS HN 23:2011 „CHEMINIŲ MEDŽIAGŲ PROFESINIO POVEIKIO RIBINIAI DYDŽIAI. MATAVIMO IR POVEIKIO VERTINIMO BENDRIEJI REIKALAVIMAI“ PATVIRTINIMO. 2011 M. RUGSĖJO 1 D. NR. V-824/A1-389 VILNIUS [žiūrėta 2022-05-08]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.405920>

Mokslinių ir kitų publikacijų bei darbų sąrašas

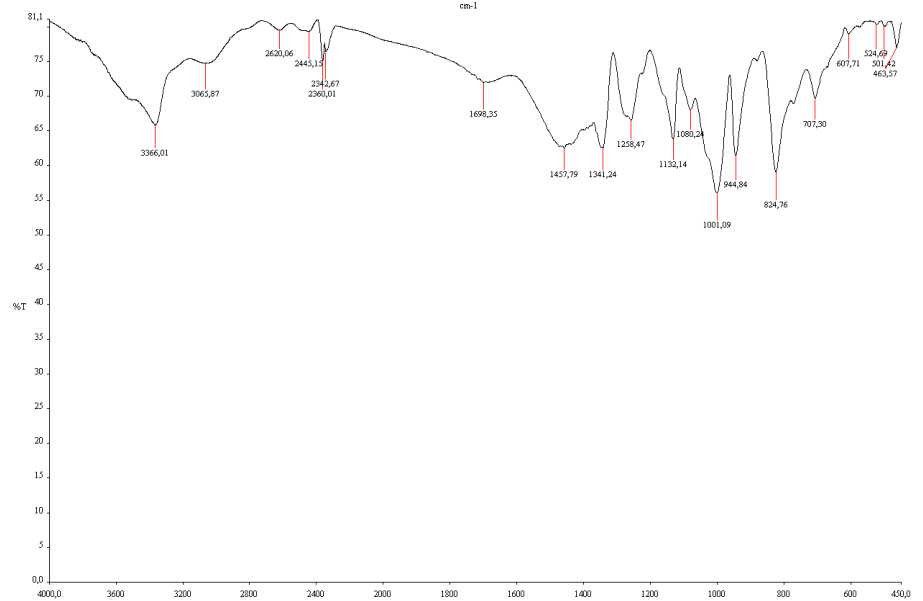
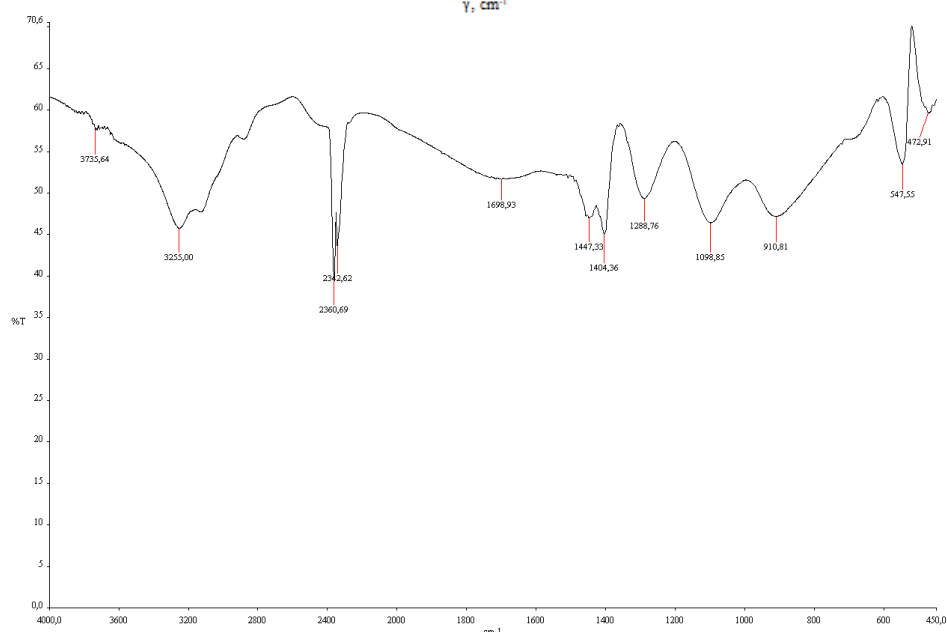
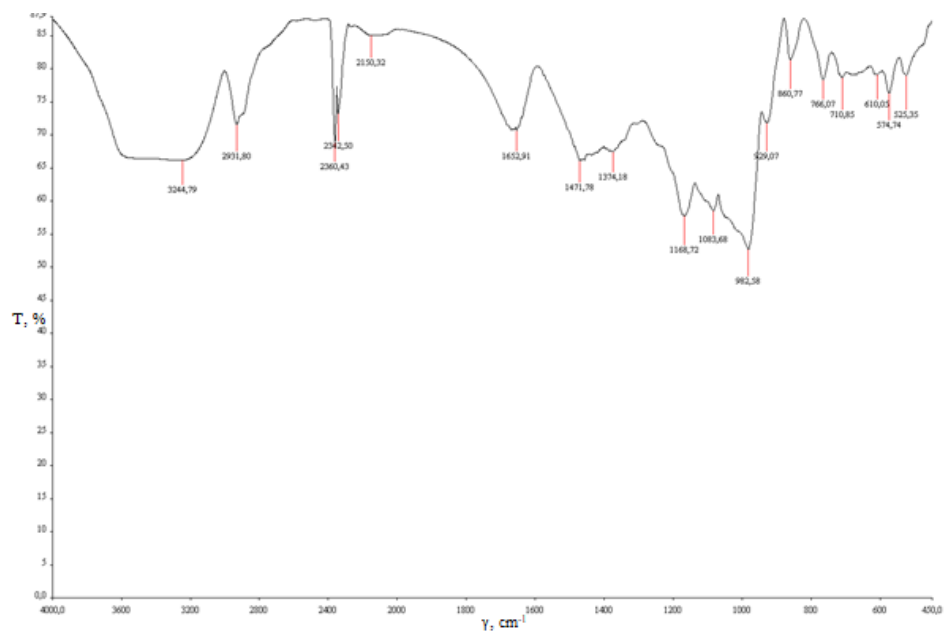
1. Meižys, Edvinas; Krasauskaitė, Klaudija; Šlinkšienė, Rasa. Krakmolo priedo įtaka granuluoto ir boru praturtinto amonio dihidrofosfato savybėms // Chemija ir cheminė technologija 2022: studentų mokslinė konferencija, skirta Vilniaus universiteto Chemijos instituto 225 metų jubiliejui paminėti: respublikinės studentų mokslinės konferencijos pranešimų medžiaga. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla. eISSN 2538-7332. 2022, p. 98-100. (Vilnius university proceedings). [M.kr.: T 005]
2. Meižys, Edvinas; Krasauskaitė, Klaudija; Šlinkšienė, Rasa. Boru praturtintos granuluotos azoto fosforo trąšos // Technorama 2022. Kaunas: 2022-05-26.

Priedai

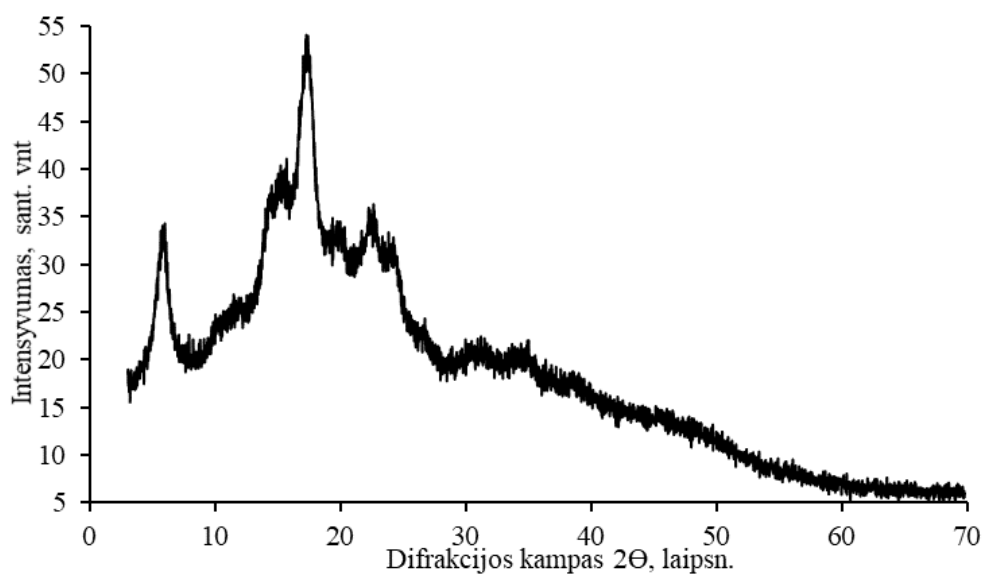
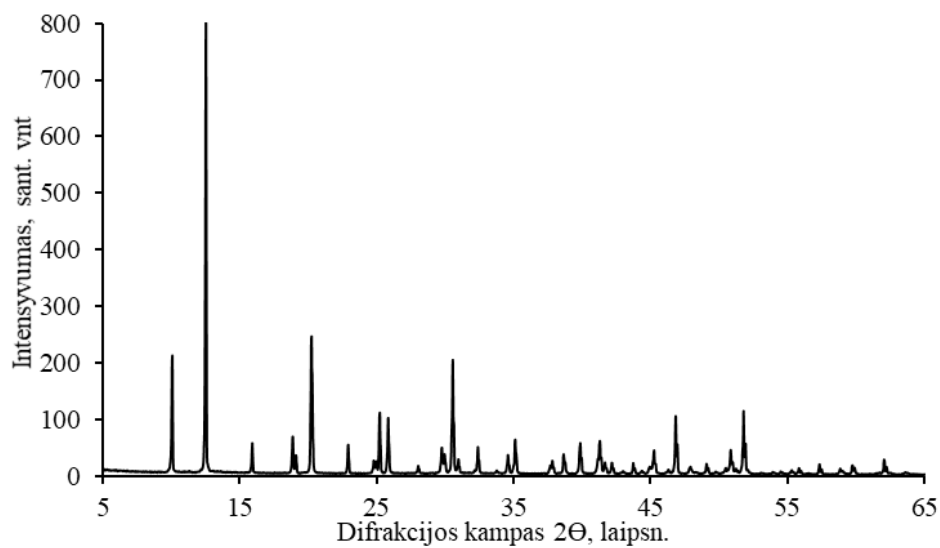
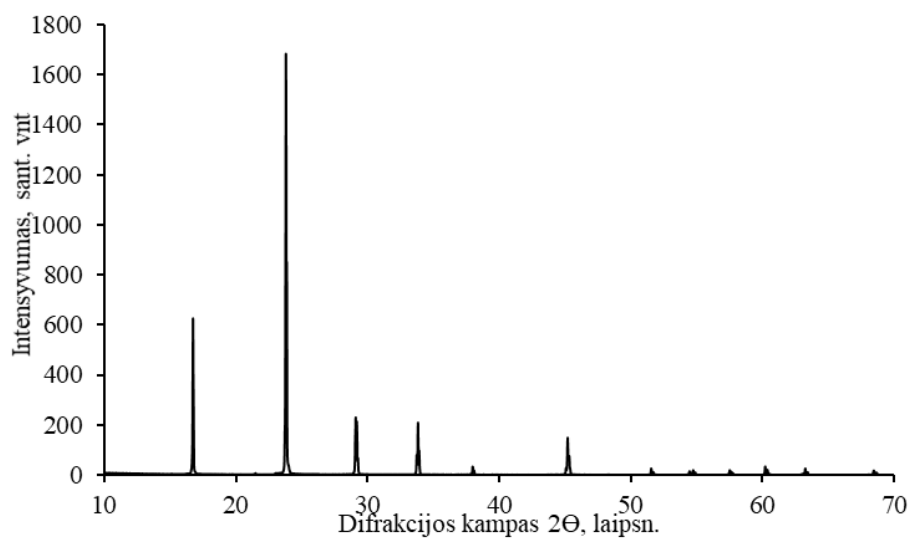
1 priedas. Borakso, krakmolo ir MAP VTA kreivēs: 1 – TG; 2 – DSK



2 priedas. Krakmolo, kristalinio MAP, borakso FTIR kreivės



3 priedas. Kristalinio MAP, borakso, krakmolo RSDA kreivės



4 priedas. Įrenginių specifikacijos

Poz. Nr.	Įrenginio pavadinimas	Kiekis	Medžiaga, apsaugos būdai	Techninė charakteristika
1	2	3	4	5
1	Amoniako išgarintuvas	1	Plienas	L = 7690 mm; D = 1000 mm; vamzdelių ilgis = 5990 mm; vamzdelių sk. = 189; šilumokaitos plotas F = 130 m ² ; tarpvamzdinė ertmė: terpė NH ₃ , V = 3,39 m ³ ; P _n = 25 bar; vamzdinė ertmė: terpė – vanduo, P _n = 5 bar; V = 0,91 m ³
2	Amoniako šildytuvas	1	Plienas	L = 4150 mm; D = 350 mm; vamzdelių ilgis = 2990 mm; vamzdelių skersmuo = 25 mm; vamzdelių skaičius = 85; šilumokaitos plotas F = 20 m ² ; vamzdinė ertmė: terpė – NH ₃ , P _n = 16 bar, V = 0,088 m ³ ; tarpvamzdinė ertmė: terpė garas, P _n = 6 bar; V = 0,296 m ³
3	Reaktorius su maišyklė	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	H = 8900 mm; D = 4800 mm; V = 113 m ³ ; V _n = 61 m ³
4	Cirkuliacinis siurblys	2	Nerūdijantis plienas AISI 316L	Tipas: Ensival Moret CAHRM 600-1B; Q = 4300 m ³ /h; el.variklis: N = 132 kW, n = 744 aps/min
5	Sraigtinis siurblys	2	Nerūdijantis plienas AISI 316L	Mono Epsilon E1AB; Q = 94 m ³ /h; n _{max} = 400 min ⁻¹ ; el.variklis: N = 9,2 kW, n = 1500 aps/min
6	Rūgšties šildytuvas	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	H = 3700 mm; vamzdelių ilgis = 3000 mm; D = 350 mm, vamzdelių sk. – 19; šilumokaitos plotas – 9,1 m ²
7	H ₃ PO ₄ talpa su maišykle	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	H = 10000 mm; D = 7000 mm; V = 384 m ³ ; V _n = 350 m ³
8 A/B	Dekanteris	2	Nerūdijantis plienas AISI 316L	Tipas: DRYMASTER CF 7000, Q = 30 m ³ /h; Būgno el. variklis: N = 90 kW; n = 1500 min ⁻¹ Sraigto el. variklis: N = 45 kW; n = 1500 min ⁻¹
9	Nuosėdų bakas	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	H = 4180 mm; D = 4200 mm; kūginės dalies H = 1180 mm; V = 47,2 m ³ ; darbinis tūris V _n = 26,4 m ³ ; didžiausias leistinas tūris V _{max} = 42 m ³
10	Praplovimo bakas	1	Nerūdijantis plienas AISI 304L	L = 13500 mm; D = 3000 mm; V = 92 m ³ ; V _n = 80 m ³
11	Išcentrinis siurblys	2	Nerūdijantis plienas AISI 316L	Sulzer AHLSTAR A22-32; Q = 8,6 m ³ /h; el.variklis: N = 7,5 kW, n = 3000 min ⁻¹
12 A	Šilumokaitis	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	H = 1500 mm (vamzdelių ilgis); D = 1350 mm, vamzdelių sk. – 349; šilumokaitos plotas – 83,5 m ²

4 priedo tęsinys

1	2	3	4	5
12 B	Šilumokaitis	1	Nerūdijantis plienas 316L/ Plienas	H = 4900 mm (vamzdelių ilgis); D = 1350 mm, vamzdelių sk. – 349; šilumokaitos plotas – 272,8 m ²
13	Kristalizatorius	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	H = 12150 mm; D = 4620 mm; V = 158 m ³ ; V _n = 48 m ³ , darbinis slėgis (vakuumas) = 0,89 bar
14	Centrifuga	1	Būgnas nerūdijantis plienas 1.4462/1.4472 Korpusas, sraigtas nerūdijantis plienas 1.4571 Sietas nerūdijantis plienas 1.4404	KONTURBEX H 600 K; našumas = 27 t/h; maksimalus kietų dalelių kiekis 6,6 t/h; centrifugos el. variklis: N = 45 kW; n = 1500 min ⁻¹ ; V _{būgno} = 1400–2000 min ⁻¹ ; Tepalo siurblio el. variklis: N = 0,37 kW, n = 1500 min ⁻¹
15	Ciklonas	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	H = 5500 mm; D = 1500 mm
16	Verdančio sluoksnio džiovykla	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	H = 2970 mm; L = 6666 mm; W = 1390 mm; F = 7,2 m ² ; našumas = 4741 kg/h drėgno produkto (max 5 % drėgmės); Vibromotorai (2 vnt.) N = 2,7 kW; n = 740 min ⁻¹
17	Kaloriferis	1	Korpusas – nerūdijantis plienas AISI 304L, vamzdeliai – nerūdijantis plienas AISI 316L, plokštelės – aliuminis	H = 1180 mm; W = 1500 mm; L = 500 mm; šilumokaitos plotas 205,9 m ² ; šildoma terpė – oras, srautas 13000 kg/h, šildanti terpė – garas 6 bar; kiekis 1144 kg/h, P _n = 9 bar
18	Ventiliatorius	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	Tipas: FERRARI FQ631 – LG0, Q = 20000 m ³ /h, el. variklis: N = 37 kW, n = 2960 min ⁻¹
19	Skruberis	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	H = 7000 mm; D = 1500 mm
20A/B	Vibrosietas	2	Plienas DIN10025 S235JR	Tipas: Rewhum WA 8/75x180/2; Q = 8 t/h; sijojimo paviršiaus plotas = 750 mm, ilgis = 1800 mm; sieto akutės dydis = 8x2 mm, sijojimo paviršiaus plotas = 1,35 m ² ; 8 vnt. Elektromagnetiniai vibratoriai, N = 1,28 kW
21	Tirpinimo bakas	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	H = 1300 mm; D = 1800 mm; V = 3,3 m ³ ; V _n = 2,54 m ³
22	Būgninis granulatorius-džiovykla	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	D – 4 m; L – 7 m; Q – 3,425 t/h; apsukos 20 aps/min, posvyrio kampas 5°, el. variklis N–110 kW, būgno paviršius – nerūdyjantis plienas 316L
23	Tirpalo paruošimo bakas	2	Plienas	H = 2000 mm; D = 1500 mm; V = 5 m ³ ; V _n = 4,0 m ³
24	Tirpalo šildytuvas	1	Plienas	L = 2150 mm; H = 1200 mm (vamzdelių ilgis); D = 300 mm, vamzdelių sk. – 55; šilumokaitos plotas – 104,75 m ²

4 priedo tęsinys

1	2	3	4	5
25	Elevatorius	1	Nerūdijantis plienas AISI 304L	„RUD“, H = 24233 mm, kaušo tūris 4,6 l, kaušo plotis B = 250 mm, Q = 30 t/h, v = 1,12 m/s, reduktorius: SEW, i = 44, el. variklis: N = 7,5 kW, n = 1500 min ⁻¹
26	Bunkeris	1	Plienas	H = 13480 mm, kūginės dalies H = 5500 mm, D = 6000 mm, V = 300 m ³
27	Kasetinis filtras	1	Nerūdijantis plienas AISI	Tipas: SA-F50HF; filtravimo medžiagos plotas – 5 m ² ; 4 vnt. filtravimo elementų po 1,25 m ² ; ventiliatoriaus el. variklis: N = 0,75 kW; n = 2855 aps/min
28	Malūnas	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	Tipas: pirštinis; Q = 5 t/h; el. variklis: N = 4 kW; n = 1500 min ⁻¹

5 priedas. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms

Medžiagos (žaliavos) pavadinimas	Gamybos planas, tūkst. t	Medžiagų sunaudojimo norma gaminiui, santykis	Medžiagos kaina, Eur/t	Medžiagos poreikis, tūkst. t	Medžiagų kaštai	
					Gaminio, Eur/t	viso, tūkst. Eur
1 metai						
Amonio dihidrofosfatas su boru (NH ₄)H ₂ PO ₄ + B	18,00					
Fosforo rūgštis H ₃ PO ₄		0,87	682,00	15,60	591,13	10640,32
Amoniakas NH ₃		0,08	571,00	1,41	44,66	803,92
Boraksas		0,01	665,00	0,18	6,65	119,70
Bulvių krakmolas		0,05	415,00	0,90	20,75	373,50
Viso:		1,00			663,19	11563,93
Brandos metai (2 ir 3 metai)						
Amonio dihidrofosfatas su boru (NH ₄)H ₂ PO ₄ + B	30,00					
Fosforo rūgštis H ₃ PO ₄		0,91	682,00	26,00	591,13	17733,86
Amoniakas NH ₃		0,08	571,00	2,35	44,66	1339,86
Boraksas		0,01	665,00	0,30	6,65	199,50
Bulvių krakmolas		0,05	415,00	1,50	20,75	622,50
Viso:		1,00			663,19	19273,22
4 metai						
Amonio dihidrofosfatas su boru (NH ₄)H ₂ PO ₄ + B	27,00					
Fosforo rūgštis H ₃ PO ₄		0,91	682,00	23,40	591,13	15960,47
Amoniakas NH ₃		0,08	571,00	2,11	44,66	1205,88
Boraksas		0,01	665,00	0,27	6,65	179,55
Bulvių krakmolas		0,05	415,00	1,35	20,75	560,25
Viso:					663,19	17345,90
5 metai						
Amonio dihidrofosfatas su boru (NH ₄)H ₂ PO ₄ + B	26,40					
Fosforo rūgštis H ₃ PO ₄		0,91	682,00	22,88	591,13	15605,80
Amoniakas NH ₃		0,08	571,00	2,06	44,66	1179,08
Boraksas		0,01	665,00	0,26	6,65	175,56
Bulvių krakmolas		0,05	415,00	1,32	20,75	547,80
Viso:		1,00			663,19	16960,44

6 priedas. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

Amonio dihidrofosfatas su boru (NH ₄)H ₂ PO ₄ + B	Gamybos apimtis, tūkst. t	Gaminio darbo imluma, nh	Valandinis atlyginimas, Eur	Gamybinės programos darbo imlumas, tūkst. nh	Darbo užmokestis, tūkst. Eur			Atskaitymai VSD, GF, IDIF tūkst. Eur
					Pagrindinis	Papildomas	Bendras	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 metai								
	18,00	0,55	16,50					
Pagalbiniai darbininkai				6,88	66,00			1,17
Pagrindiniai gamybininkai				8,40	132,00	13,20	145,20	2,57
Gamybinio ceho vadovai, specialistai				13,12	126,00			2,23
Įmonės vadovai				14,38	82,80			1,47
Iš viso			42,78		406,80		7,43	
Brandos metai (2 ir 3 metai)								
	30,00	0,55	16,50					
Pagalbiniai darbininkai				7,22	69,30			1,23
Pagrindiniai gamybininkai				8,82	138,60	13,86	152,46	2,70
Gamybinio ceho vadovai, specialistai				13,78	132,30			2,34
Įmonės vadovai				15,09	86,94			1,54
Iš viso			44,91		427,14		7,81	
4 metai								
	27,00	0,55	16,50					
Pagalbiniai darbininkai				7,59	72,77			1,29
Pagrindiniai gamybininkai				9,26	145,53	14,55	160,08	2,83
Gamybinio ceho vadovai, specialistai				14,46	138,92			2,46
Įmonės vadovai				15,85	91,29			1,62
Iš viso			47,16		448,50		8,20	

6 priedo tęsinys

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5 metai								
	26,40	0,55		16,50				
Pagalbiniai darbininkai			7,96		76,40			1,35
Pagrindiniai gamybininkai			9,72		152,81	15,28	168,09	2,98
Gamybinio ceho vadovai, specialistai			15,19		145,86			2,58
Įmonės vadovai			16,64		95,85			1,70
Iš viso			49,52		470,92			8,61

7 priedas. Tiesioginės išlaidos elektros energijai

Įrengimų variklių suminis aktyvinis galingumas, kW	Variklių galingumo panaudojimo koeficientas	Įrengimų metinis efektyvus darbo laikas, h	Elektros energijos poreikis jėgai, kWh	Elektros 1 kWh kaina, Eur	Išlaidos elektros energijai, tūkst. Eur
1 metai					
320,00	0,80	5443,20	1393459,20	0,030	41,80
Brandos metai (2, 3 metai)					
320,00	0,80	5443,20	1393459,20	0,025	34,84
4 metai					
320,00	0,80	5443,20	1393459,20	0,025	34,84
5 metai					
320,00	0,80	5443,20	1393459,20	0,032	44,59

Netiesioginės išlaidos vandeniui

Gaminio pavadinimas	Gamybos apimtis, tūkst. t.	Vandens sąnaudos reikalingos visam pagaminamam trąšų kiekiui, m ³	Vandens sąnaudos vienai tonai trąšų, m ³	1m ³ vandens kaina, Eur	Išlaidos vandeniui, Eur
1 metai					
Amonio dihidrofosfatas su boru (NH ₄)H ₂ PO ₄ + B	18,00	2160	0,12	0,70	1512,0
2 ir 3 metai					
Amonio dihidrofosfatas su boru (NH ₄)H ₂ PO ₄ + B	30,00	3600	0,12	0,70	2520,0
4 metai					
Amonio dihidrofosfatas su boru (NH ₄)H ₂ PO ₄ + B	27,00	3240	0,12	0,70	2268,0
5 metai					
Amonio dihidrofosfatas su boru (NH ₄)H ₂ PO ₄ + B	26,40	3168	0,12	0,70	2217,6

8 priedas. Gamybos kaštai

Kaštų rūšys (komponentai)	Gamybos kaštai, tūkst. Eur
Gaminys	
Amonio dihidrofosfatas su boru (NH₄)H₂PO₄ + B	
Brandos stadijoje	
1. Pagrindinės medžiagos	19895,72
2. Energija	
Šiluminė	576,00
Elektros	34,84
3. Gamybinių darbininkų (pagrindinių) darbo užmokestis	152,46
4. Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	2,70
5. Gamybinės netiesioginės išlaidos	341,38
Viso gamybos kaštų, tūkst. Eur	20237,11
Produkcijos gamybos planas, tūkst. t	30,00
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	674,57
Pirmaisiais projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, tūkst. Eur	12263,78
Produkcijos gamybos planas, tūkst. t	18,00
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	681,32
4-siais projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, tūkst. Eur	18263,06
Produkcijos gamybos planas, tūkst. t	27,00
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	676,41
5-siais projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, tūkst. Eur	17871,08
Produkcijos gamybos planas, tūkst. t	26,40
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	676,93

9 priedas. Projekto finansiniai ekonominiai rodikliai

Rodikliai	Projekte
1. Gaminys	Amonio dihidrofosfatas su boru (NH ₄)H ₂ PO ₄ + B
2. Produkcijos pardavimo apimtis, brandos stadijoje, tūkst. t	30,00
3. Pardavimų pajamos, tūkst. Eur	26545,48
4. Įmonės personalas, žmonėmis, tame skaičiuje darbininkai	22
5. Darbo našumas, tūkst. Eur	
Darbuotojo	1206,61
Darbininko	1896,11
6. Vidutinis metinis darbo užmokestis, tūkst. eur	
Darbuotojo	20,05
Darbininko	15,84
7. Gamybos kaštai, tūkst. Eur	20214,69
8. Gaminių pilnoji savikaina, Eur	680,65
9. Grynasis pelnas, tūkst. Eur	5207,00
10. Investicijų apimtis, tūkst. Eur	2119,43
11. Bendrasis pelningumas, %	23,85
12. Veiklos pelningumas, %	23,17
13. Grynasis pelningumas, %	19,62
14. Investicijų grąža %	245,68
15. Veiklos rentabilumas, %	25,53
16. Apyvartų skaičius per metus	3,65
17. Apyvartos trukmė, dienomis	100,00
18. Produkcijos imlumas apyvartinėms lėšoms, eur	0,21
19. Projekto kapitalo kaštai, %	3,99
20. Projekto investicijų diskontuotas atsipirkimo laikas, metais	1,84
21. Projekto grynoji esamoji vertė, tūkst. Eur	12284,08
22. Vidinė pelno norma, %	0,88
23. Modifikuota vidinė pelno norma, %	0,52
24. Pelningumo indeksas	7,17

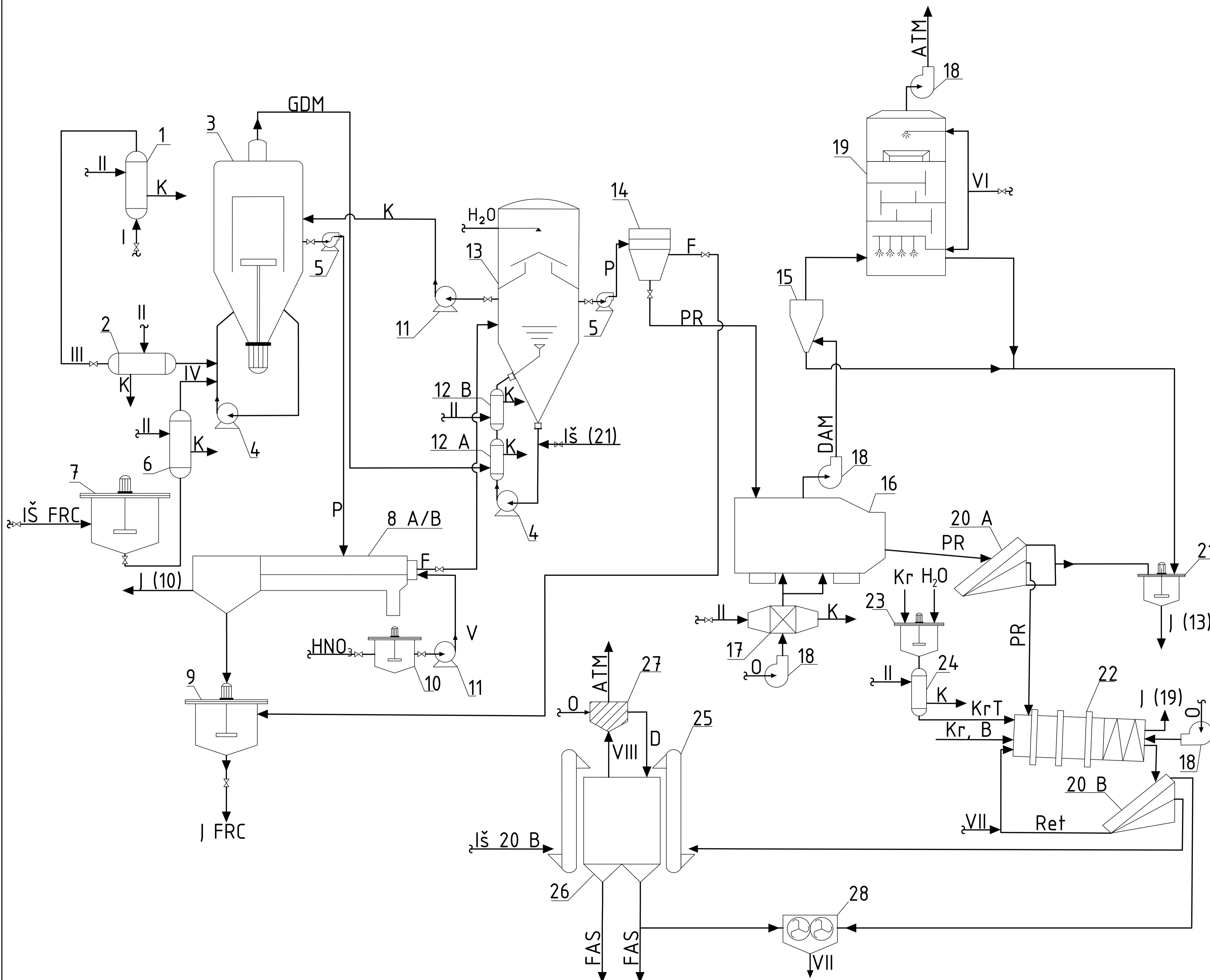
10 priedas. Amonio dihidrofosfato su mikroelementu gamybos technologinė schema

11 priedas. Būgninio granulatoriaus-džiovyklos brėžinys

12 priedas. Gamybinės patalpos planas ir įrenginių išdėstymas

13 priedas. Gamybinės patalpos linijinis pjūvis

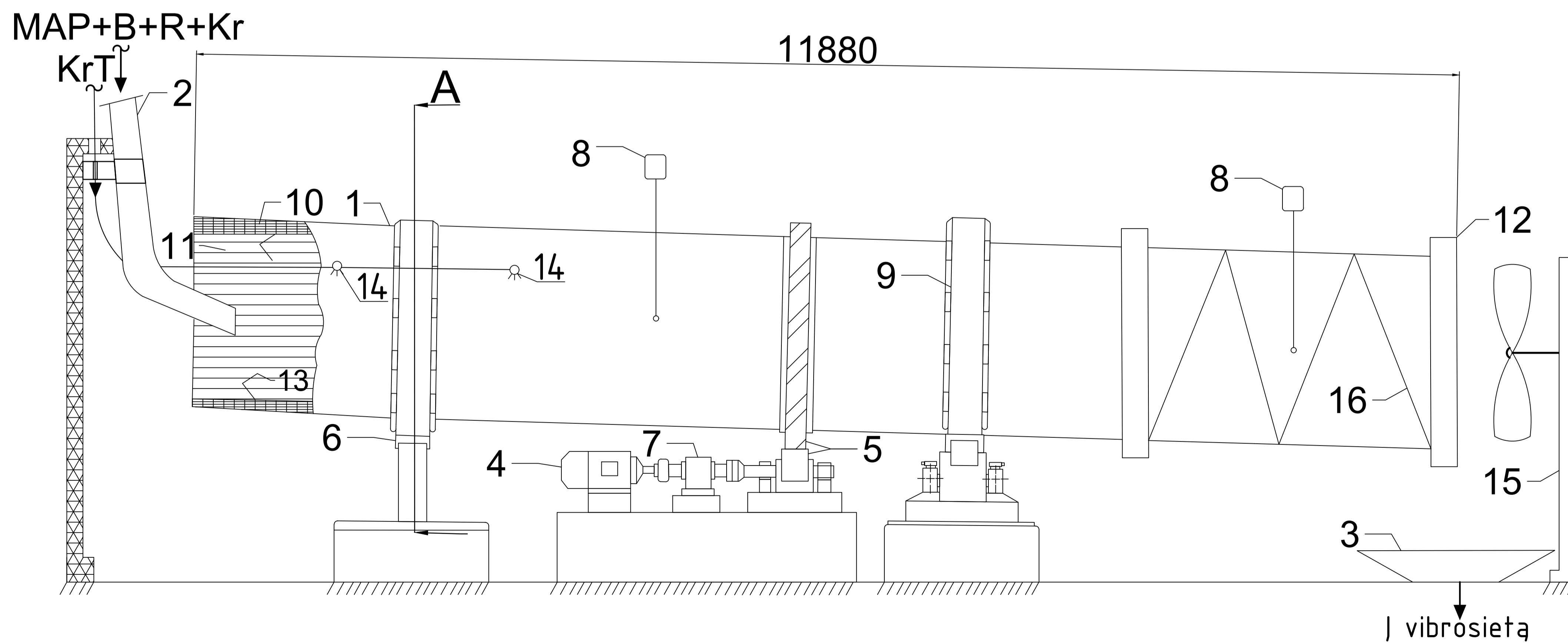
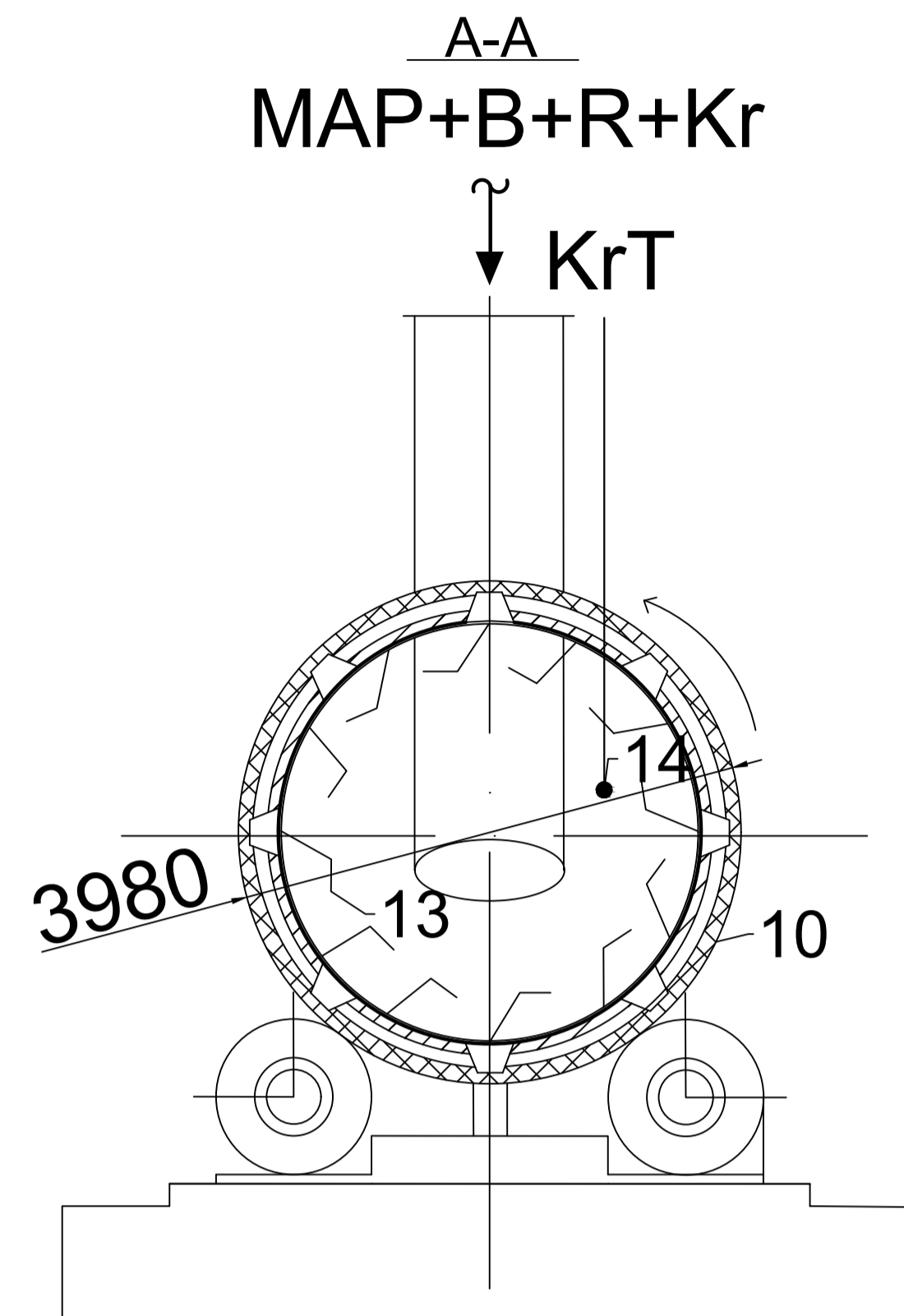
14 priedas. Technologinės linijos sklypo planas



Žymėjimas	Pavadinimas
I	Skystas amoniakas
II	Garai iš šiluminės elektrinės
III	Dujinis amoniakas
IV	Fosforo rūgštis
V	Azoto rūgštis
VI	Nudruskintas vanduo
VII	Sušulkintos granulės
VIII	Nesvarus dulketas oras
D	Dulkės
B	Boraksas
Kr	Krakmolas
KrT	Krakmolo tirpalas
Ret	Returas
FRC	Fosforo rūgšties cechas
ATM	Atmosfera
O	Oras
FAS	I fasavima
P	Pulpa
DAM	Dulkių ir amoniako mišinys
GDM	Garų ir dujų mišinys
F	Filtratas
K	Kondensatas
PR	Produktas

Pozicija	Pavadinimas	Kiekis
1	Amoniako išgarintuvas	1
2	Amoniako šildytuvas	1
3	Reaktorius su maišykle	1
4	Cirkuliacinis siurblys	2
5	Sraigtinis siurblys	2
6	Rūgšties šildytuvas	1
7	H ₃ PO ₄ talpa su maišykle	1
8 A/B	Dekanteris	1
9	Nuosėdų bakas	1
10	Praplovimo bakas	1
11	Išcentrinis siurblys	2
12 A/B	Šilumokaitis	1
13	Kristalizatorius	1
14	Centrifuga	1
15	Ciklonas	1
16	Verdancio sluoksniu džiovykla	1
17	Kaloriferis	1
18	Ventiliatorius	4
19	Skruberis	1
20 A/B	Vibrosietas	2
21	Tirpinimo bakas	1
22	Būgninis granuliatorius	1
23	Tirpalo paruošimo bakas	1
24	Tirpalo šildytuvas	1
25	Elevatorius	2
26	Bunkeris	1
27	Kasetinis filtras	1
28	Malūnas	1

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis projektas
TMC-0	Artiko	E. Meižys	Amonio dihidrofosfato su mikroelementu gamyba
	Vadovas	R. Štinkšienė	
	Reцензentas	R. Paleckienė	
Prėtapis	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra LT-50254 Radvilėnu pl. 19, Kaunas		Lapas Lapų
MBD	Technologinė schema		1 1



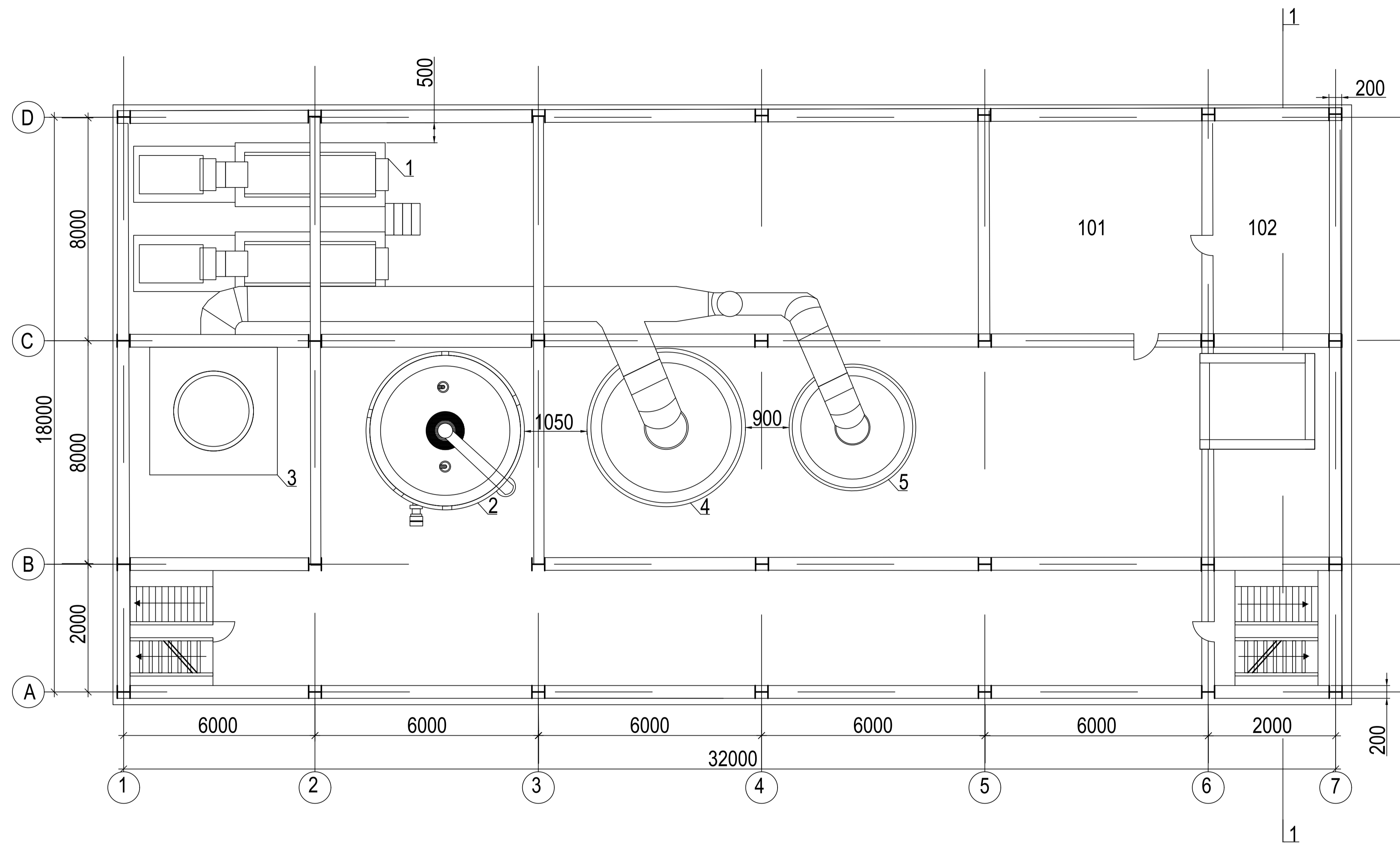
Būgninio granuliatoriaus-džiovyklos
srautų žymėjimo lentelė

Žymėjimas	Pavadinimas
MAP	Amonio dihidrofosfatas
B	Boraksas
R	Returas
Kr	Krakmolas
KrT	Krakmolo tirpalas

Būgninio granuliatoriaus-džiovyklos
detalių žymėjimo lentelė

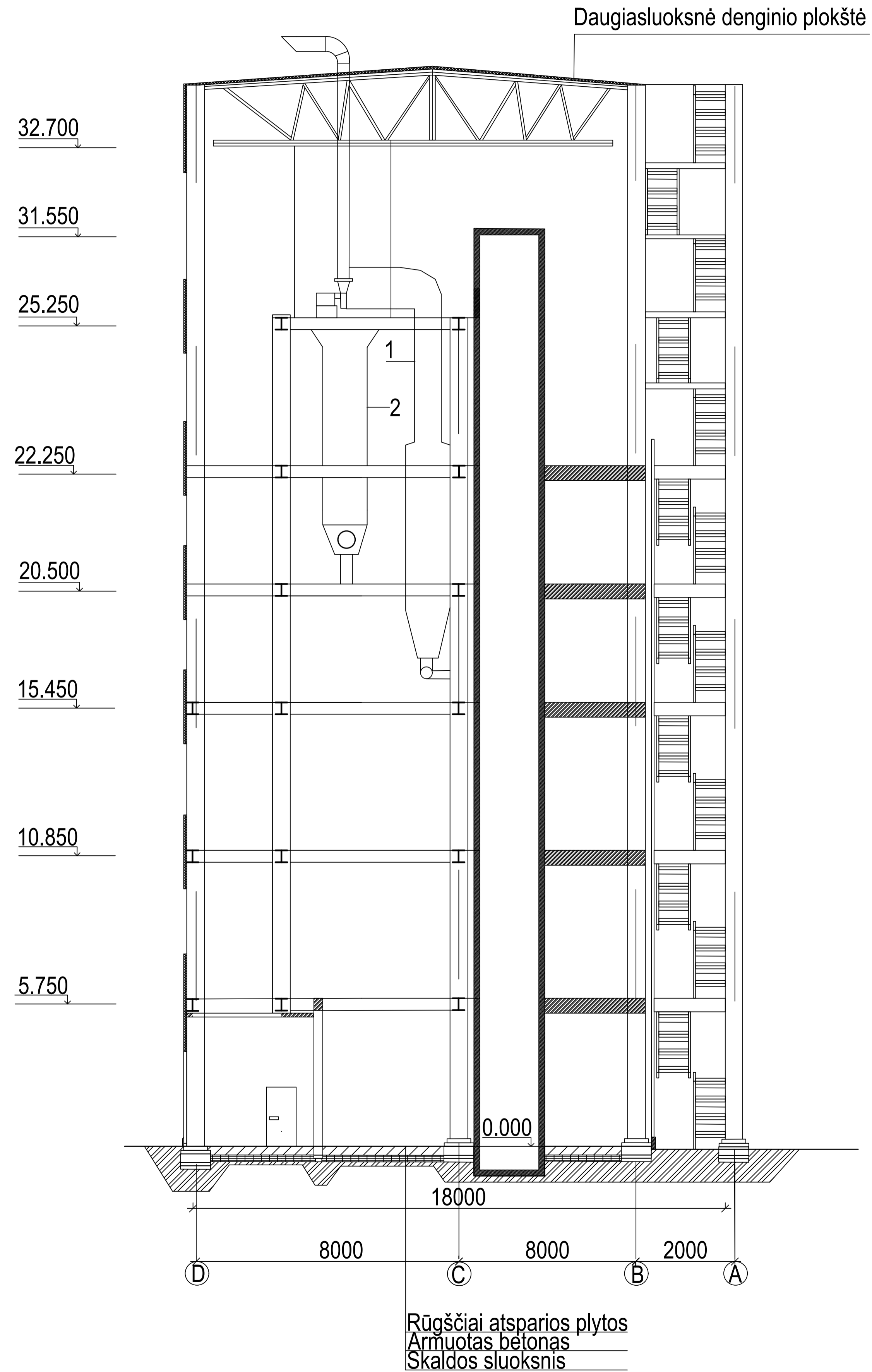
Poz.	Pavadinimas	Kiekis
1	Būgnas	1
2	Pakrovimo latakas	1
3	Produkto tarpinė talpa	1
4	Variklis	1
5	Krumpliaratinė pavara	1
6	Atraminis ritinys	1
7	Reduktorius	1
8	Termopora	2
9	Bandažas	1
10	Izoliacins sluoksnis	1
11	Korpuso sienelė	1
12	Iškrovimo latakas	1
13	Kreipiančios mentelės	48
14	Purkštukas	2
15	Ventilatorius	1
16	Kaitinimo elementas	1

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis projektas	
TMC-0	Artiko	E. Meižys		Laida
	Vadovas	R. Šlinkšienė		Būgninis granuliatoriaus-džiovykla
	Recenzentas	R. Paleckienė		
Pretapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas		2022-MBD-ST	Lapas Lapų
MBD				1 1

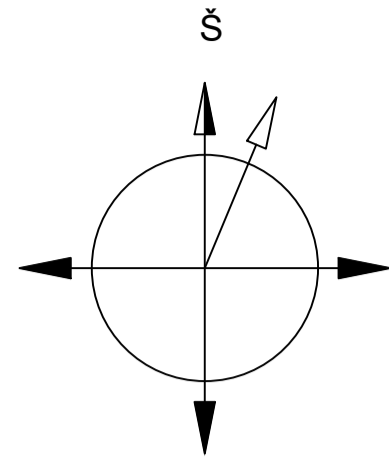


Patalpos nr.	Patalpos pavadinimas
101	Valdymo patalpa
102	Valgomasis
Obj. Nr.	Objekto pavadinimas
1	Dekanteris
2	Reaktorius
3	Skruberis
4	Kristalizatorius
5	Ciklonas

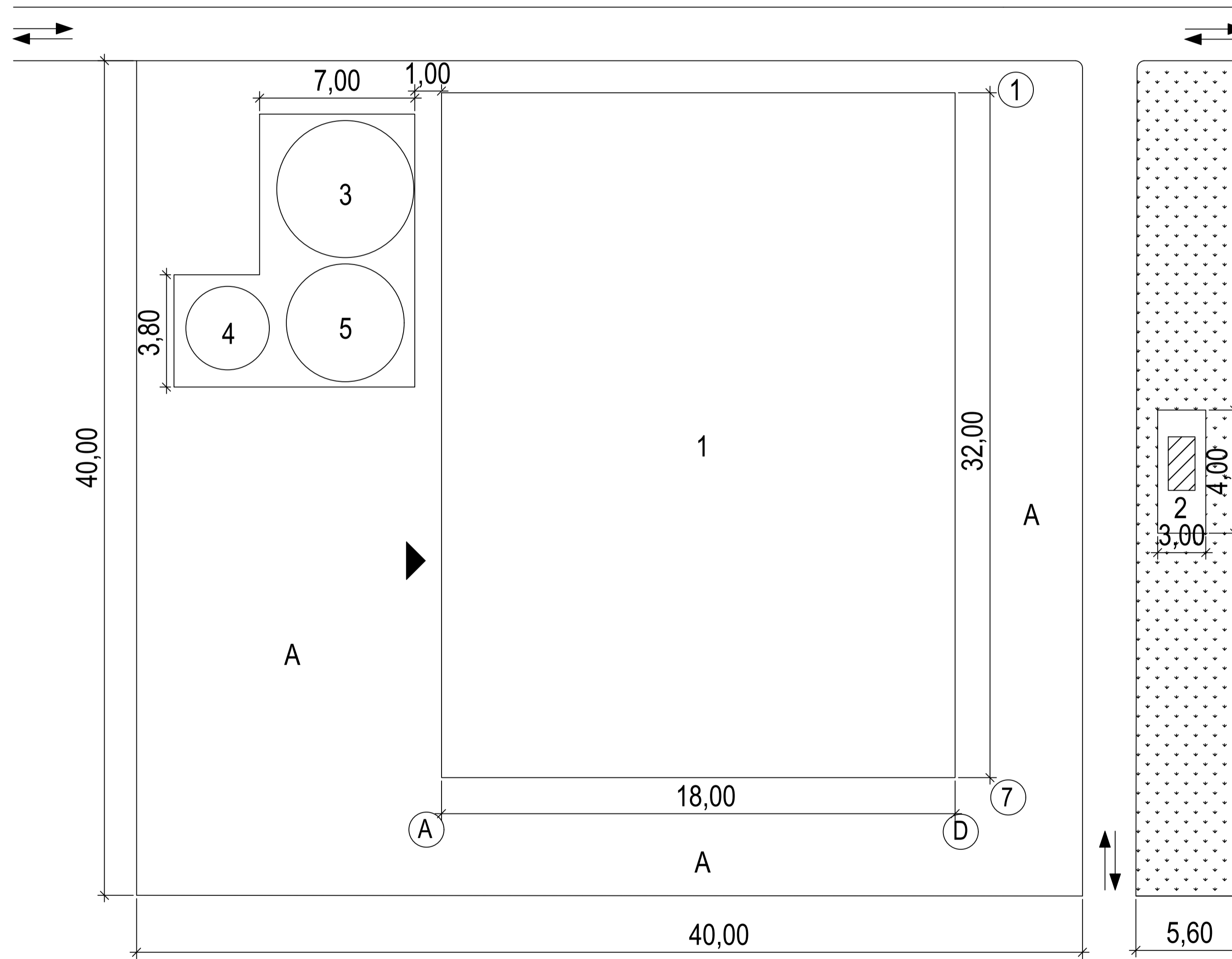
Grupė		KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis projektas	
TMC-0	Altko	E. Mežys			Maštelis
	Vadovas	R. Šimkšienė			Amonio dihidrofosfato gamybos proceso modifikavimas
	Recezentas	R. Paleckienė			1:100
	Konsultantė	O. Vilioniūtė			
Prėtapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas			Gamybinės patalpos planas ir įrenginių išdėstymas	Lapas
MBD					Lapu 1 3



Sutartiniai ženklai	
	Vidaus pertvara su garso iziacija
	Daugiasluoksniai paneliai
Obj. Nr.	Objekto pavadinimas
1	Reaktorius
2	Skruberis
Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas
Magistro baigiamasis projektas	
TMC-0	Atliko E. Medys
	Vadovavo R. Simkštanė
	Reцензентas R. Paleckienė
	Konsultante O. Vilūnienė
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas
MBD	Gamybinės patalpos linijinis pjūvis
	Lapas 2
	Lapu 3



Situacijos planas 1:1000



Sutartiniai žymėjimai

- Žolė
- Asfalto danga
- [važiavimas, išvažiavimas]

Eil. nr.	Pavadinimas	Plotas / Tūris
1	Amonio dihidrofosfato cechas	700 m ²
2	Amoniako išgarintuvas	12 m ²
3	H ₃ PO ₄ talpa	400 m ³
4	Vandens praplovimo talpa	100 m ³
5	MAP tirpalo talpa	200 m ³

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas	Magistro baigiamasis projektas
TMC-0	Atliko: E. Medžiūga Vadovavo: R. Šimkšteinė	Amonio dihidrofosfato gamybos proceso modifikavimas
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas	Mastelis: 1:500
MBD		Technologinės linijos sklypo planas
		Lapas: 3
		Lapų: 3



TECHNORAMA

CODE: INNOVATION ————— 22



CERTIFICATE OF PARTICIPATION

This certifies that

Edvinas Meižys

has presented innovative solution in the innovation exhibition-contest TECHNORAMA'22

MINDAUGAS BULOTA

Head of National Innovation and
Entrepreneurship Centre



Co-funded by the
European Union

Vilnius

Ch

2022

Chemija ir cheminė technologija 2022

Studentų mokslinė konferencija

*Konferencija skirta Vilniaus universiteto
Chemijos instituto 225 metų jubiliejui paminėti*

SERTIFIKATAS


Pažymima, kad

Edvinas Meižys

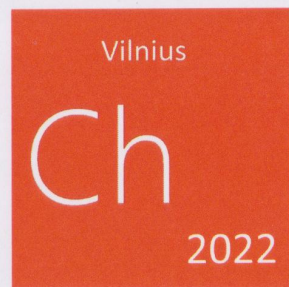
pristatė žodinį pranešimą studentų mokslinėje
konferencijoje

"Chemija ir cheminė technologija 2022"




**Prof. habil. dr.
Sigitas Tumkevičius**

Pirmininkas



Chemija ir cheminė technologija 2022

Studentų mokslinė konferencija

*Konferencija skirta Vilniaus universiteto
Chemijos instituto 225 metų jubiliejui paminėti*

DIPLOMAS

Edvinas Meižys

už vieną geriausiai pristatytų pranešimų
studentų mokslinėje konferencijoje
"Chemija ir cheminė technologija 2022"



Sigita Tumkevičius
**Prof. habil. dr.
Sigitas Tumkevičius**

Pirmininkas