



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Sudėtinių biriųjų azoto fosforo trąšų su cinku gamybos technologija

Baigiamasis magistro projektas

Klaudija Krasauskaitė

Projekto autorė

doc. dr. Rasa Šlinkšienė

Vadovė

Kaunas, 2023



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Sudėtinių biriųjų azoto fosforo trąšų su cinku 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

Klaudija Krasauskaitė

Projekto autorė

doc. dr. Rasa Šlinkšienė

Vadovė

doc. dr. Rasa Paleckienė

Recenzentė

Kaunas, 2023



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Klaudija Krasauskaitė

Sudėtinių biriųjų azoto fosforo trąšų su cinku 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.

Klaudija Krasauskaitė

Patvirtinta elektroniniu būdu



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Tvirtinu:

Cheminės technologijos fakulteto dekanas
prof. K. Baltakys

Suderinta:

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

Dekano potvarkis Nr. V25-02-11, 2023-05-15

2023 m. vasario 3 d.

Baigiamojo magistro projekto užduotis

Projekto tema

Sudėtinių biriųjų azoto fosforo trąšų su cinku gamybos technologija

Darbo tikslas ir
uždaviniai

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

Darbo uždaviniai:

atlikti augalų maisto medžiagų poreikio, naudojimo bei azoto fosforo trąšų su mikroelementais gamybos literatūros apžvalgą;

ištirti cinko pridėjimo įtaką biriųjų azoto fosforo trąšų granuliavimo procesui ir savybėms;

suprojektuoti biriųjų azoto fosforo trąšų su cinku 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.

Reikalavimai ir sąlygos

Turi būti visos privalomos baigiamojo projekto sudėtinės dalys kaip nurodyta dekanų 2023 m. kovo 17 d. potvarkiu Nr. V25-02-4 patvirtintuose „Pirmosios pakopos studijų programos Cheminė technologija ir inžinerija ir antrosios pakopos studijų programos Chemijos inžinerija baigiamųjų projektų rengimo ir gynimo metodiniuose reikalavimuose“.

Vadovė

doc. dr. Rasa Šlinkšienė

2023-02-02

(vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas)

(data)

Užduotį gavau:

Klaudija Krasauskaitė

2023-02-02

(studento vardas, pavardė)

(parašas, data)

Krasauskaitė, Klaudija. Sudėtinių biriųjų azoto fosforo trąšų su cinku gamybos technologija. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Rasa Šlinkšienė; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: amonio dihidrofosfatas, mikroelementai, chelatai.

Kaunas, 2023. 90 p.

Santrauka

Magistro baigiamojo projekto tema – „Sudėtinių biriųjų azoto fosforo trąšų su cinku gamybos technologija“. Pasirinkus vis labiau populiarėjančias ir kasmet pasauliniu mastu gamybos apimtis didinančias trąšas – amonio dihidrofosfatą ir išnagrinėjus šių trąšų gamybos technologiją, buvo norima ją patobulinti, sugrąnuliuojant, kristalinės formos trąšas, įterpiančias granuliavimo metu pasirinktą mikroelementą cinką – cinko sulfato (ZnSO_4) ir cinko chelato (Zn-EDTA) pavidalu. Cinkas augalui reikalingas, kaip baltymų, lipidų, angliavandenių reguliatorius, atsakingas už fosforo apykaitą, vitaminų ir auksinų biosintezę. Kadangi dirvožemyje jaučiamas mikroelementų trūkumas, todėl cinko ir kitų mikroelementų nepakankamumas yra rimta problema norint gauti gausų ir kokybišką derlių. Sėkmės atveju, sugrąnuliotos trąšos ne tik būtų praturtintos mikroelementu, bet ir pakeistų išorinę formą ir įgautų naujų savybių.

Projektiniame darbe buvo tirta amonio dihidrofosfato sąveika su cinko sulfatu ir cinko chelatu – medžiagos pasirinktos kaip naudingas mikroelemento šaltinis ir norėta iširti, ar produktų mišinys yra tinkamas granuliuoti. Laboratorijoje kristalinės amonio dihidrofosfato trąšos buvo granuliuojamos naudojant kaip pagrindinį įrenginį būgninį granuliatorių-džiovyklą ir iširtos sugrąnulioto produkto fizikinės-cheminės savybės. Granuliavimui naudotų žaliavų ir sugrąnulioto produkto terminiam stabilumui nustatyti atlikta vienašalė terminė analizė (VTA), cheminės sudėties nustatymui atlikta rentgeno spindulių difrakcinė analizė (RSDA), dalelių sferinei formai nustatyti atlikta skenuojamoji elektronų mikroskopija (SEM). Norint nustatyti produkto ir žaliavų chemines jungtis bei funkcines grupes, ar nevyksta cheminė reakcija granuliavimo metu ir nesusidaro nauji junginiai, atlikta Furjė transformacijos infraraudonųjų spindulių spektroskopija (FTIR). Granuliuotų bandinių fizikinėms savybėms nustatyti atlikti drėgmės kiekio, piltnio tankio, 10 % tirpalų pH, statinio granulių stiprio bei higroskopiškumo matavimai.

Tyrimo metu nustatyta, kad amonio dihidrofosfato su mikroelementu granuliometrinė sudėtis priklauso nuo naudojamo rišklio (bulvių krakmolo tirpalo) koncentracijos bei kiekio. Granuliavimo procesas efektyviausiai vyko, kai žaliavos granuliuojamos su cinko sulfatu naudojant 2 % krakmolo tirpalą, o jo kiekis bendrame žaliavų mišinyje yra 22,5 %.

Baigiamajame projektiniame darbe pateikta granulioto amonio dihidrofosfato su cinku gamybos technologinė schema, apskaičiuoti pagrindinio įrenginio, būgninio granulioriaus-džiovyklos, pagrindiniai parametrai ir medžiagų bei šilumos balansai. Taip pat pateikti projekto gamybai reikalingi finansiniai sratai, pastato planas su evakuaciniu planu, pastato brėžiniai, bendras sklypo planas įmonės teritorijoje, inžineriniai sprendimai, aplinkosauginis vertinimas bei informacija darbuotojų saugos ir sveikatos klausimais.

Krasauskaitė, Klaudija. Production Technology of Complex Bulk Nitrogen-Phosphorus Fertilizers with Zinc. 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, micronutrients, chelates.

Kaunas, 2023. Number of pages 90.

Summary

The topic of the Master's final project is „Production Technology of Complex Bulk Nitrogen-Phosphorus Fertilizers with Zinc“. After choosing ammonium dihydrogen phosphate, which is becoming more and more popular and annually increasing its global production volume, and after examining the production technology of this fertilizer, it was wanted to improve crystalline fertilizer by adding selected microelement zinc during granulating. Zinc is needed by the plant as a regulator of proteins, lipids, carbohydrates, responsible for phosphorus metabolism, biosynthesis of vitamins and auxins. As the lack of micronutrients is felt in the soil, the deficiency of zinc and other micronutrients is a serious problem for obtaining an abundant and high-quality harvest, but also a global health problem. If successful, the granulated fertilizer would not only be enriched with micronutrients, but would also change its external form and acquire new properties.

The project work investigated the interaction of ammonium dihydrogen phosphate with zinc sulfate and zinc chelate – materials chosen as a useful source of the trace element and wanted to investigate whether the mixture of products is suitable for granulation. In the laboratory, crystalline ammonium dihydrogen phosphate fertilizers were granulated using a drum granulator-dryer as the main device and the physico-chemical properties of the granulated product were investigated. Simultaneous thermal analysis (VTA) was performed to determine the thermal stability of the raw materials used for granulation and the granulated product, X-ray diffraction analysis (RSDA) was performed to determine the chemical composition, and scanning electron microscopy (SEM) was performed to determine the spherical shape of the particles. To determine the chemical connections and functional groups of the product and raw materials, whether a chemical reaction occurs during granulation and new compounds are not formed, Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) was performed. To determine the physical properties of the granular samples, measurements of moisture content, bulk density, pH of 10% solutions, static strength of granules and hygroscopicity were performed.

It was established that the granulometric composition of ammonium dihydrogen phosphate with micronutrient depends on the concentration and amount of the binder (potato starch solution) used. The granulation process was most efficient when the raw materials were granulated with zinc sulfate using a 2% starch solution, and its amount in the total mixture of raw materials is 22.5%.

In the final project, the technological scheme for the production of granular ammonium dihydrogen phosphate with zinc is presented, the main parameters and material and heat balances of the main device, drum granulator-dryer are calculated. The financial flows required for the production of the project, building plan with evacuation plan, building drawings, general site plan in the company territory, engineering solutions, environmental assessment and information on worker safety and health issues are also presented.

Turinys

Lentelių sąrašas	10
Paveikslų sąrašas	12
Įvadas.....	14
1. Literatūros apžvalga	15
1.1. Augalų maisto medžiagos, svarba ir poreikis.....	15
1.2. Mikroelementų druskos	16
1.3. Chelatiniai mikroelementai	16
1.4. Amonio dihidrofosfato ir mikroelementinių trąšų rinka	18
1.5. Priedų įtaka MAP kristalų savybėms	21
1.5.1. Kalio nitratas ir chelatinis agentas.....	21
1.5.2. Geležis (Fe^{2+} ir Fe^{3+})	23
1.5.3. Cinko (Zn^{2+}) poveikis kristalizacijos procesui	25
1.6. Amonio dihidrofosfato gamybos technologijos	26
2. Tiriamoji dalis.....	30
2.1. Naudotos medžiagos ir metodikos.....	30
2.1.1. Pradinių medžiagų charakteristika	30
2.1.2. Bandinio paruošimas	30
2.1.3. Amonio dihidrofosfato granuliavimas.....	30
2.1.4. Instrumentiniai, cheminiai, fizikiniai analizės metodai.....	31
2.2. Rezultatai ir jų aptarimas.....	32
2.2.1. Amonio dihidrofosfato su cinku granuliavimas	32
2.2.2. Instrumentinės analizės rezultatai.....	43
3. Inžinerinė dalis.....	48
3.1. MAP gamybos technologinė schema ir jos aprašas	48
3.1.1. Pasirinktų žaliavų sandėliavimas, tiekimas ir paruošimas reakcijai.....	49
3.1.2. Fosforo rūgšties neutralizacija dujiniu amoniaku ir priemaišų atskyrimas presfiltruose	49
3.1.3. Amonio dihidrofosfato tirpalo filtravimas.....	50
3.1.4. Amonio dihidrofosfato tirpalo kristalizacija ir centrifugavimas	50
3.1.5. Amonio dihidrofosfato kristalų džiovinimas, džiovinimo dujų valymas	51
3.1.6. Kristalų granuliavimas ir mikroelemento įterpimas į granulių sudėtį.....	51
3.1.7. Produkcijos fasavimas ir saugojimas.....	52
3.2. MAP gamybos pagrindinių įrenginių specifikacijos	52
3.3. Medžiagų ir šilumos srautų skaičiavimai MAP granuliuotoryje	53
3.3.1. Šilumų balansas	56
3.4. Statybiniai sprendimai	58
3.4.1. Bendroji dalis.....	58
3.4.2. Sklypo planas.....	59
3.4.3. Projektuojamo pastato sprendimai	59
3.4.4. Statinio architektūrinė, konstrukcinė sandara.....	59
3.5. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai.....	60
3.5.1. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai	60
3.5.2. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas	60
3.5.3. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) vertės skaičiavimas	60
3.5.4. Produkcijos gamybos apimtys planavimas.....	61

3.5.5. Gamybos kaštai	61
3.5.6. Išlaidos energijai.....	62
3.5.7. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas	63
3.5.8. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija).....	64
3.5.9. Veiklos kaštai	65
3.5.10. Finansinės ir investicinės sąnaudos	65
3.5.11. Gaminių kainos skaičiavimas	66
3.5.12. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai.....	67
3.5.13. Finansinės būklės pakeitimų (pinigų srautų) ataskaita.....	67
3.5.14. Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai.....	68
3.5.15. Grynosios esamosios vertės skaičiavimas	69
3.5.16. Vidinės pelno (grąžos) normos skaičiavimas	69
3.5.17. Lūžio taško skaičiavimas.....	70
3.5.18. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai.....	71
3.6. Aplinkosauginis vertinimas	71
3.6.1. Bendroji dalis.....	71
3.6.2. Žaliavų naudojimas	72
3.6.3. Energijos sunaudojimas.....	73
3.6.4. Fizikinė tarša	73
3.6.5. Atliekos ir jų tvarkymas	74
3.6.6. Nuotekos.....	74
3.6.7. Aplinkos oro tarša.....	74
3.6.8. Apibendrinimas	75
4. Darbuotojų sauga ir sveikata	76
4.1. Projektuojamo objekto charakteristika	76
4.2. Profesinės rizikos vertinimas.....	76
4.3. Saugi gamyba	80
4.4. Darbo higiena	82
4.5. Gaisrinė sauga	84
Išvados	86
Literatūros sąrašas	87
Mokslinių ir kitų publikacijų bei darbų sąrašas	91
Priedai.....	92
1 priedas. Sugranuliuotų MAP trąšų granuliometrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas 3 % krakmolo tirpalo kiekis.....	92
2 priedas. Sugranuliuotų trąšų granuliometrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas 4 % krakmolo tirpalo kiekis	92
3 priedas. Sugranuliuotų trąšų granuliometrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas 2 % krakmolo tirpalo kiekis	92
4 priedas. MAP, krakmolo, cinko sulfato ir cinko chelato VTA kreivės: 1 – TG; 2 – DSK.....	93
5 priedas. MAP, krakmolo, cinko sulfato ir cinko chelato FT-IR kreivės	94
6 priedas. MAP, krakmolo, cinko sulfato ir cinko chelato RSDA kreivės.....	95
7 priedas. Įrenginių specifikacijos	97
8 Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms	100
9 priedas. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui.....	101
10 priedas. Gamybos kaštai	102

11	priedas. Projekto finansiniai ekonominiai rodikliai.....	103
12	priedas. Amonio dihidrofosfato su cinku gamybos technologinė schema (A1).....	103
13	priedas. Būgninio granulatoriaus-džiovyklos brėžinys (A1).....	103
14	priedas. Gamybinės patalpos planas ir įrenginių išdėstymas (A1).....	103
15	priedas. Gamybinės patalpos linijinis pjūvis (A1)	103
16	priedas. Technologinės linijos sklypo planas (A1).....	103

Lentelių sąrašas

1.1 lentelė. Mikroelementai ir jų funkcijos augale.....	15
1.2 lentelė. Chelatų pavyzdžiai [7].....	16
1.3 lentelė. Dažniausiai naudojami ligandai [7].....	17
2.1 lentelė. MAP granuliavimo sąlygos, kai naudojamas rišiklis – 3 % krakmolo tirpalas.....	32
2.2 lentelė. MAP granuliavimo sąlygos, kai naudojamas rišiklis – 4 % krakmolo tirpalas.....	33
2.3 lentelė. MAP granuliavimo sąlygos, kai naudojamas rišiklis – 5 % krakmolo tirpalas.....	33
2.4 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai naudojamas 2 % koncentracijos krakmolo tirpalas ir 20, 40, 60 % returo	35
2.5 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai naudojamas 3 % koncentracijos krakmolo tirpalas ir skirtingas returo kiekis	36
2.6 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai naudojamas 4 % krakmolo tirpalas ir 20, 40, 60 % returo	38
2.7 lentelė. MAP granuliavimo sąlygos su 1 % cinko, kai naudojamas skirtingas krakmolo tirpalo koncentracija ir kiekis.....	38
2.8 lentelė. MAP granuliavimo sąlygos su Zn-EDTA, kai naudojamas skirtingas krakmolo tirpalo koncentracija ir kiekis.....	40
2.9 lentelė. MAP su ZnSO ₄ (0,2 % cinko) gautų granulių fizikinės cheminės savybės	41
2.10 lentelė. MAP su ZnSO ₄ (1 % cinko) gautų granulių fizikinės cheminės savybės	41
2.11 lentelė. MAP su Zn-EDTA (0,2 % cinko) gautų granulių fizikinės cheminės savybės.....	41
3.1 lentelė. Medžiagų balansas būgninio granulatoriaus-džiovyklos 1 tonai produkto gaminti.....	54
3.2 lentelė. Žaliavų charakteristikos.....	56
3.3 lentelė. Šilumos srautų balansas būgniniame granuliatore-džiovykloje	58
3.4 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai [31]	58
3.5 lentelė. Pradiniai duomenys projektavimui.....	59
3.6 lentelė. Statinio architektūrinė, konstrukcinė sandara.....	59
3.7 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai.....	60
3.8 lentelė. Technologinių įrengimų vertė	60
3.9 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis.....	61
3.10 lentelė. Produkcijos gamybos apimtys planavimas.....	61
3.11 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai.....	62
3.12 lentelė. Tiesioginės išlaidos šiluminei energijai.....	62
3.13 lentelė. Netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui.....	63
3.14 lentelė. Netiesioginės išlaidos vandeniui	63
3.15 lentelė. Netiesioginės išlaidos gamybinių patalpų šildymui	63
3.16 lentelė. Netiesioginės išlaidos apšvietimui	63
3.17 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija).....	64
3.18 lentelė. Netiesioginių gamybos išlaidų sąmata	64
3.19 lentelė. Veiklos sąnaudos	65
3.20 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas	66
3.21 lentelė. Gaminių kainų apskaičiavimas.....	66
3.22 lentelė. Įmonės pelno ataskaita, tūkst. Eur.....	67
3.23 lentelė. Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) rezultatai.....	67
3.24 lentelė. Lūžio taško skaičiavimo rezultatai	70
3.25 lentelė. Duomenys apie naudojamas žaliavas [34]	73

3.26 lentelė. Produktui pagaminti reikalingas energetinių išteklių kiekis	73
3.27 lentelė. Fizikinės taršos šaltiniai [35].....	73
3.28 lentelė. Atliekos ir jų tvarkymas [36, 37].....	74
3.29 lentelė. Taršos šaltinių fiziniai duomenys [38]	75
3.30 lentelė. Išmetamųjų dujų valymo įrenginių duomenys [37]	75
4.1 lentelė. Profesinės rizikos veiksniai ir jų reikšmė [39]	77
4.2 lentelė. Rekomendacijos dėl rizikos šalinimo ar mažinimo veiksmų [39].....	77
4.3 lentelė. Rizikos veiksniai ir jų prevencijos priemonės [39–43]	78
4.4 lentelė. Pastatų ir patalpų kategorijos pagal sprogimo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonas [44]	80
4.5 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai [45–49].....	80
4.6 lentelė. Šiluminis komfortas [41].....	82
4.7 lentelė. Cheminių medžiagų profesinio poreikio ribiniai dydžiai [51]	82
4.8 lentelė. Leidžiamieji triukšmo lygiai darbo aplinkoje [54]	83
4.9 lentelė. Projektuojamo cecho regos darbų kategorija ir norminė apšvieta [55].....	84
4.10 lentelė. Gesintuvų tipai ir galimi gesinimo šaltiniai [52].....	85

Paveikslų sąrašas

1.1 pav. pH ir chelatų, įskaitant EDTA, DTPA ir EDDHA, poveikis chelatinės geležies stabilumui (A) ir pasėlių derliui (B) [7]	17
1.2 pav. Amonio dihidrofosfato rinkos tendencija pagal regioną, 2016–2029 m. [9]	18
1.3 pav. Pasaulinė mikroelementų rinka, 2021–2028 m. [12]	20
1.4 pav. Pasaulinė chelatų rinka pagal regioną, 2021–2028 m. [12]	20
1.5 pav. Pasaulinė mikroelementų rinka pagal regioną, 2019 m. [15].....	21
1.6 pav. MAP kristalų pagamintų grynoje terpėje ir dalyvaujant KNO_3 duomenys: a – kristalų ilgio pasiskirstymas FBRM metodu, b – dalelių vaizdai ir matavimai PVM metodu, c – mikroskopinės nuotraukos [19].....	22
1.7 pav. MAP kristalų pagamintų grynoje terpėje ir dalyvaujant chelatiniam agentui duomenys: a – kristalų ilgio pasiskirstymas FBRM metodu, b – dalelių vaizdai ir matavimai PVM metodu, c – mikroskopinės nuotraukos [19]	23
1.8 pav. MAP kristalai: a – grynas MAP, b – MAP su 1 mol Fe^{2+} , c – MAP su 1 mol Fe^{3+} [21]....	24
1.9 pav. SEM vaizdai: a – grynas MAP, b – su Fe^{2+} , c – su Fe^{3+} [21].....	24
1.10 pav. Vicker kietumo priklausomybė nuo apkrovos diagrama [24]	25
1.11 pav. Takumo stiprumo (a) ir elastinio standumo (b) priklausomybė nuo apkrovos [24].....	26
1.12 pav. Amonio dihidrofosfato gamybos technologija [28]	27
1.13 pav. Granuliuotų amonio dihidrofosfato su mikroelementais trąšų gamybos technologija [29]	28
2.1 pav. Būgninis granulatorius-džiovykla	30
2.2 pav. Sugranuliuotų trąšų granulimetrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas 3 % krakmolo tirpalo kiekis.....	32
2.3 pav. Sugranuliuotų trąšų granulimetrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas 4 % krakmolo tirpalo kiekis.....	33
2.4 pav. Sugranuliuotų trąšų granulimetrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas 5 % krakmolo tirpalo kiekis.....	34
2.5 pav. Sugranuliuotų trąšų granulimetrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas 2 % krakmolo tirpalo kiekis.....	34
2.6 pav. Sugranuliuotų trąšų granulimetrinė sudėtis, kai naudojamas skirtingas returo kiekis, o žaliavų mišinyje buvo 22,5 % krakmolo tirpalo, kurio koncentracija 2 %	35
2.7 pav. Sugranuliuotų trąšų granulimetrinė sudėtis, kai naudojamas skirtingas returo kiekis, o žaliavų mišinyje buvo 20,0 % krakmolo tirpalo, kurio koncentracija 3 %	36
2.8 pav. Sugranuliuotų trąšų granulimetrinė sudėtis, kai naudojamas skirtingas returo kiekis, o žaliavų mišinyje buvo 21,5 % krakmolo tirpalo, kurio koncentracija 3 %	37
2.9 pav. Sugranuliuotų trąšų granulimetrinė sudėtis, kai naudojamas skirtingas returo kiekis, o žaliavų mišinyje buvo 22,5 % krakmolo tirpalo, kurio koncentracija 3 %	37
2.10 pav. Sugranuliuotų trąšų granulimetrinė sudėtis, kai naudojamas skirtingas returo kiekis, o žaliavų mišinyje buvo 17,5 % krakmolo tirpalo, kurio koncentracija 4 %	38
2.11 pav. MAP su 1 % cinko granulių granulimetrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas krakmolo tirpalo kiekis ir koncentracija: 1 – 2 %; 2 – 3 %; 3 – 4 %.....	39
2.12 pav. MAP su cinko chelatu granulių granulimetrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas krakmolo tirpalo kiekis ir koncentracija: 1 – 2 %; 2 – 3 %; 3 – 4 %.....	40
2.13 pav. Granuliuoto MAP + Zn nuotraukos: 2 – virš sotos NaNO_2 tirpalo, 1 – virš vandens	42

2.14 pav.	Higroskopiškumo kreivės: a – virš sotaus NaNO_2 tirpalo, b – virš vandens, kai krakmolo tirpalo koncentracija / kiekis, %: 1 – 2 / 22,5; 2 – 3 / 20,0; 3 – 4 / 17,5; 4 – 2 / 20,0; 5 – 4 / 17,5 ...	43
2.15 pav.	MAP + cinko sulfatas (0,2 % Zn) granuliuojant su 2 % koncentracijos krakmolo tirpalu, kurio kiekis bendrame žaliavų mišinyje yra 22,5 %, VTA kreivė: 1 – TG; 2 – DSK.....	44
2.16 pav.	MAP + cinko chelatas (0,2 % Zn) granuliuojant su 4 % koncentracijos krakmolo tirpalu, kurio kiekis bendrame žaliavų mišinyje yra 17,5 %, VTA kreivė: 1 – TG; 2 – DSK.....	44
2.17 pav.	MAP + cinko sulfatas (0,2 % Zn) granuliuojant su 2 % koncentracijos krakmolo tirpalu, kurio kiekis bendrame žaliavų mišinyje yra 22,5 %, FT-IR kreivė.....	45
2.18 pav.	MAP + cinko chelatas (0,2 % Zn) granuliuojant su 4 % koncentracijos krakmolo tirpalu, kurio kiekis bendrame žaliavų mišinyje yra 17,5 %, FT-IR kreivė.....	45
2.19 pav.	RSDA kreivės: 1 – grynas amonio dihidrofosfatas; 2 – MAP + cinko sulfatas (0,2 % Zn) granuliuojant su 2 % krakmolo tirpalu, kurio kiekis bendrame žaliavų mišinyje yra 22,5 %.....	46
2.20 pav.	RSDA kreivės: 1 – grynas amonio dihidrofosfatas; 2 – MAP + cinko chelatas (0,2 % Zn) granuliuojant su 4 % krakmolo tirpalu, kurio kiekis bendrame žaliavų mišinyje yra 17,5 %.....	46
2.21 pav.	Dalelių forma (SEM) ir elementų žemėlapis (EDS): a – MAP ($\times 100$); b – krakmolas ($\times 500$); c – Zn-EDTA ($\times 500$); d – produktas ($\times 100$); e – ZnSO_4 ($\times 55$)	47
3.1 pav.	Modernizuota amonio dihidrofosfato su cinku gamybos technologinė schema	48
3.2 pav.	Lūžio taškas.....	70
3.3 pav.	Planuojamo pastato rekonstrukcijos vieta	72
4.1 pav.	Evakuacinis planas	84

Ivadas

Subalansuota augalų mityba jiems reikalingomis mineralinėmis medžiagomis yra svarbi ne tik siekiant didesnio žemės ūkio produktyvumo norint patenkinti vis didesnius maisto poreikius dėl pasaulyje nuolat augančio žmonių skaičių, bet ir saugant mus supančią aplinką, dirvožemį, vandens išteklius. Tausojant kuro ir laiko sąnaudas tikslinga tręšimą planuoti taip, kad vienu metu augalai gautų visas tuo metu jiems reikalingas ir pagrindines, ir mikroelementines (ME) medžiagas. Todėl svarbu kurti ir gaminti sudėtines trąšas, kuriose būtų vienas ar keli mikroelementai. Sudėtinėmis vadinamos trąšos, kuriose yra bent dvi pagrindinės augalų maisto medžiagos, o vienos iš tokių yra amonio dihidrofosfatas (MAP). Tai naujos kartos, ekologiškos, vandenyje tirpios, kristalinės azoto fosforo trąšos. Cinkas (Zn) yra vienas iš daugelio mikroelementų, kuris būtinas norint užauginti gausų ir kokybišką derlių. Cinkas atsakingas už baltymų, lipidų, angliavandenių reguliavimą, fosforo apykaitą, vitaminų ir auksinų biosintezę. Dažniausiai tręšiama lengvai pasisavinamomis cinko trąšomis, kurios būna vandenyje tirpios druskos arba chelatai. Norint užtikrinti efektyvią žemdirbystę ir gausų augalų derlių tikslinga būtų sukurti, pagaminti ir naudoti geru tirpumu vandenyje pasižyminčias granuliuotas amonio dihidrofosfato su cinku trąšas. Jų sudėtyje nėra sunkiųjų metalų, chloro, natrio ir netirpių priemaišų, kurios blogina produkto kokybę ir pasisavinimą. Šios trąšos galėtų būti gaminamos modernizavus esamą monoamonio fosfato cechą, kuriame produktui gaminti, kaip žaliavos naudojama fosforo rūgštis, amoniakas, o pagrindinė reakcija vykdoma reaktoriuje-neutralizatoriuje ir kristalizatoriuje susidarant kristalinėms trąšoms. Gauta kristalinė medžiaga granuliuojama būgniniame granuliatoriuje-džiovykloje praturtinant mikroelementu – cinku. Mikroelemento šaltinis gali būti cinko sulfatas ($ZnSO_4$) arba cinko chelatas (Zn-EDTA).

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

Darbo uždaviniai:

1. atlikti augalų maisto medžiagų poreikio, naudojimo bei azoto fosforo trąšų su mikroelementais gamybos literatūros apžvalgą;
2. ištirti cinko pridėjimo įtaką biriųjų azoto fosforo trąšų granuliavimo procesui ir savybėms;
3. suprojektuoti biriųjų azoto fosforo trąšų su cinku 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 medžiagos, svarba ir poreikis

Augalų maisto medžiagos – tai cheminiai elementai, būtini augalams augti. Patenkinamam augalų augimui reikia bent 22 skirtingų elementų. Augalams reikalingų ir juose esančių cheminių elementų kiekis priklauso nuo rūšies, augimo sąlygų, aplinkos. Augalams natūraliomis sąlygomis reikalingų maisto elementų yra aplinkoje: vandenyje, dirvoje, sėkloje, ore. Tačiau vykstant intensyvesnei žemdirbystei ir siekiant didesnio derlingumo būtinas papildomas augalų maitinimas – tręšimas [1].

Augalų maisto medžiagos skirstomos į pagrindines, antrines ir mikroelementines maisto medžiagas. Pagrindinės maisto medžiagos yra azotas, fosforas, kalis. Azotas stimuliuoja ir reguliuoja daugelį augalo gyvybinių ir su augimu susijusių procesų, įeina į baltymų, fermentų, chlorofilo, vitaminų, hormonų sudėtį. Fosforas svarbus energijos ir maisto medžiagų apykaitos, ląstelių dalijimosi ir dauginimosi procesuose. Antrinės maisto medžiagos yra kalcis, magnis, siera ir natriis. Maistinės medžiagos, kurių koncentracija augalų audiniuose gali būti apie 100 milijonų dalių (ppm), yra apibūdinamos kaip mikroelementai ir apima geležį (Fe), cinką (Zn), manganą (Mn), varį (Cu), borą (B), molibdeną (Mo) ir kobaltą (Co) [2]. Jų funkcijos augale pateiktos 1.1 lentelėje [1].

1.1 lentelė. Mikroelementai ir jų funkcijos augale

Mikroelementai ir jų formos	Funkcijos augale
Boras (H_3BO_3)	Dalyvauja formuojant ląstelių struktūras ir suteikia joms tvirtumo, pagerina maisto medžiagų pasisavinimą bei angliavandenių pernešimą iš lapų į dauginimosi organus šaknis [3]
Cinkas (Zn^{2+})	Dalyvauja oksidacijos atstatomuosiuose procesuose, aktyvuoja ~13 fermentų bei patenka į kai kurių iš šių fermentų sudėtį, dalyvauja augimo stimuliatorių biosintezėje [4]
Geležis (Fe^{2+} ir Fe^{3+})	Dalyvauja augalų medžiagų apykaitos procesuose, įeina į fermentų sudėtį, skatina chlorofilo susidarymą, aktyvina kvėpavimą [5]
Varis (Cu^{2+})	Fermentų sudedamoji dalis, didina kvėpavimo ir fotosintezės intensyvumą, dalyvauja augalo gyvybiniuose procesuose, daugelio oksidacijos atstatomųjų fermentų susidaryme [5]
Molibdenas (MoO_4^{2-})	Dalyvauja fosforo ir baltymų apykaitoje, pektino ir kai kurių fermentų susidaryme, molekulinio azoto fiksavimo procese [5]
Manganas (Mn^{2+})	Dalyvauja augalo ląstelių apykaitos reakcijose, fotosintezės procesuose, chlorofilo susidaryme, baltymų apykaitoje, vitamino C (askorbo rūgšties) sintezėje [6]
Kobaltas (Co^{2+})	Dalyvauja azoto fiksacijos procese, įeina į vitamino B12 sudėtį, įeina į fermentų ir baltymų sudėtį [7]

Visi aptarti mikroelementai yra būtini, kad augalai galėtų užbaigti savo biologinį ciklą ir pratęstų rūšies gyvavimą [1].

Augalų gyvybiniais procesams mikroelementų reikšmę lemia jų atomų sandara. Daugelio mikroelementų atomų orbitose elektronų skaičius yra nelyginis, dėl to jie lengvai prisijungia arba atiduoda elektronus ir cheminėse reakcijose yra aktyvūs katalizatoriai. Jų vaidmuo organizme susijęs

su audinių fermentiniu aktyvumu, baltymų, vitaminų ir hemoglobino sinteze, maisto medžiagų bei vandens įsiurbimu, pasisavinimu ir kt. [1]. Mikroelementai, tokie kaip Fe, Mn, Zn ir Cu, lengvai oksiduojasi arba nusėda dirvožemyje, todėl jų panaudojimas nėra efektyvus ir būtinas papildomas pridėjimas su trąšomis. Mikroelementų žaliavos gali būti skirtingo pavidalo – neorganinių druskų (sulfatų, nitratų arba fosfatų) ir chelatų.

1.2. Mikroelementų druskos

Mikroelementai naudojami neorganinių paprastųjų druskų, polifosfatinių ar sudėtingų kompleksinių junginių, tačiau dažniausiai sulfatų, nitratų ar fosfatų pavidalu. Įvairių mikroelementų nitratai (NO_3^-) labai gerai tirpūs vandenyje, todėl augalų lengvai pasisavinami. Augalai papildomai gauna azoto, tačiau kartu yra higroskopiški, todėl blogina galutinio produkto savybes ir naudojami tik skystosiose trąšose. Dažniausiai augalininkystėje naudojami sulfatai, nes jie nesukelia chlorozės, gerai tirpsta vandenyje, bei augalus aprūpina siera. Be to, junginiai su sulfato grupe (SO_4^{2-}) pasižymi stipriomis nemetališkomis savybėmis bei gera chelatine geba. Fosfato grupę (PO_4^{3-}) turintys junginiai, taip pat pasižymi gera chelatine geba, emulsuojančiomis savybėmis, kitų komponentų stabilizavimu, augalus aprūpina pagrindine maisto medžiaga – fosforu [1–3].

1.3. Chelatiniai mikroelementai

Siekiant padidinti mikroelementų panaudojimo efektyvumą, buvo sukurtos chelatinės trąšos. Chelatas – cheminis junginys, turintis trimatę struktūrą, kurios viduje yra daugiavalenčio metalo jonas, kurį koordinuoja kovalentiškai sujungtos tarpusavyje 2, 4 arba 6 funkcinės grupės. Graikiškai *chelatos* reiškia žnyplės. Iš tiesų, tokių cheminių junginių struktūros primena kelias poras žnyplių, suėmusių metalo joną [1]. 1.2 lentelėje išvardyti keli cheminiai sintetiniai ligandai. Kiekvienas iš išvardytų ligandų, susijungęs su mikroelementu, gali sudaryti chelatinę trąšą. Chelatiniai mikroelementai tam tikromis sąlygomis yra apsaugoti nuo oksidacijos, nusodinimo ir imobilizacijos, nes organinė molekulė (ligandas) gali susijungti ir sudaryti mikroelementą juosiantį žiedą. Mikroelemento surišimo su ligandu būdas, pakeičia mikroelemento paviršiaus savybes ir pagerina ant lapų naudojamų mikroelementų įsisavinimo efektyvumą [7].

1.2 lentelė. Chelatų pavyzdžiai [7]

Santrumpa	Pavadinimas	Formulė
DTPA	Dietilentriamino pentaacto rūgštis	$\text{C}_{14}\text{H}_{23}\text{O}_{10}\text{N}_3$
EDDHA	Etilendiaminodiaminodi-o-hidroksifenilacto rūgštis	$\text{C}_{18}\text{H}_{20}\text{O}_6\text{N}_2$
EDTA	Etilendiamintetraacto rūgštis	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}_6\text{N}_2$

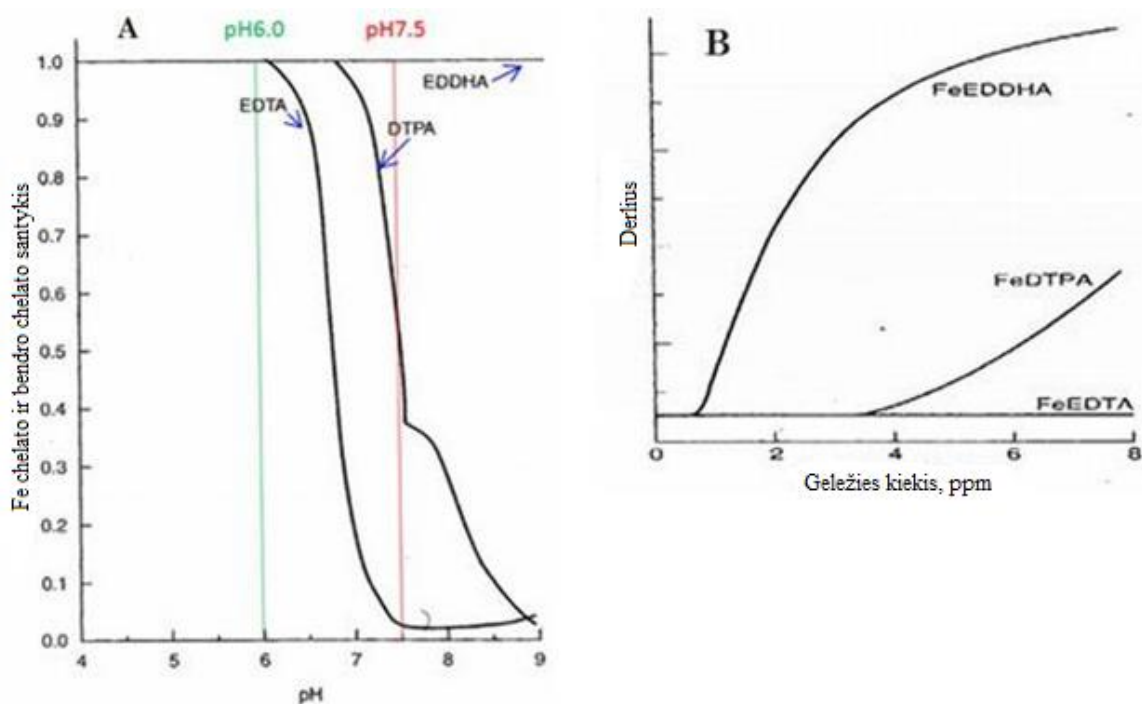
Maistinių medžiagų, tokių kaip Fe, Mn, Zn ir Cu, naudojimas tiesiai į dirvą yra neefektyvus, nes dirvožemio tirpale jie yra teigiamai įkrautų metalų jonų pavidalu ir lengvai reaguoja su deguonimi ir (arba) neigiamai įkrautais hidroksido jonais (OH^-). Jei jie reaguoja su deguonies ar hidroksido jonais, susidaro nauji junginiai, kurie nėra biologiškai prieinami augalams. Taip pat deguonies ir hidroksido jonų gausu dirvožemyje ir augimo metu. Ligandas gali apsaugoti mikroelementą nuo oksidacijos ar nusodinimo. Tręšimas chelatinėmis trąšomis yra paprastas ir praktiškas koregavimo būdas siekiant išvengti šio maistinių medžiagų sutrikimo. Pavyzdžiui, oksiduota geležies forma yra geležis (Fe^{3+}), kuri nėra biologiškai prieinama augalams ir dažniausiai sudaro rudos spalvos geležies hidroksido ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) nuosėdas. Geležies sulfatas, kuris nėra chelatinės trąšos, dažnai naudojamas kaip geležies šaltinis. Jo tirpalas turi būti žalias. Jei tirpalas paruduoja, biologiškai prieinama geležies forma buvo

oksiduota, todėl Fe augalams nepasiekiamas [7]. Ligandai EDTA, DTPA ir EDDHA dažnai naudojami chelatinėse trąšose (žr. 1.3 lentelė).

1.3 lentelė. Dažniausiai naudojami ligandai [7]

Chelatas	Santrumpa	Maistinės medžiagos kiekis, %
Geležies chelatai	NaFeEDTA	5–14
	NaFeEDDHA	6
	NaFeDTPA	10
Vario chelatas	Na ₂ CuEDTA	13 Cu
Mangano chelatas	Na ₂ MnEDTA	5–12 Mn
Cinko chelatas	Na ₂ ZnEDTA	14 Zn

Jų veiksmingumas labai skiriasi. Fe-EDDHA chelatas yra stabiliausias, kai dirvožemio pH yra didesnis nei 7. Chelatinių trąšų stabilumas yra teigiamas požymis, nes tai reiškia, kad chelatinis mikroelementas išliks biologiškai prieinamos formos daug ilgesnį laiką, taip padidindamas mikroelementų naudojimo efektyvumą daržovių ir vaisių auginimo procese. Trijų tipinių Fe chelatinių trąšų stabilumas skiriasi esant skirtingoms pH sąlygoms (žr. 1.1 pav. A).

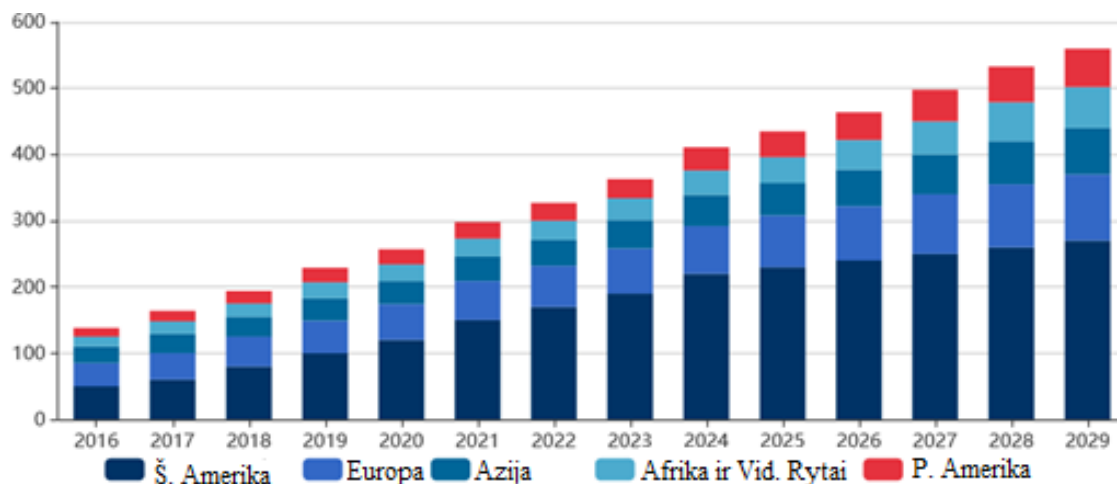


1.1 pav. pH ir chelatų, įskaitant EDTA, DTPA ir EDDHA, poveikis chelatinės geležies stabilumui (A) ir pasėlių derliui (B) [7]

Y ašis rodo chelatuoto Fe ir bendro chelato santykį, kuris svyruoja nuo 0 iki 1,0. 1,0 reikšmė reiškia, kad chelatas yra stabilus. X ašis rodo dirvožemio pH. Esant 6,0, visų trijų Fe chelatinių trąšų santykis yra 1,0 (stabilus), tačiau esant pH 7,5, tik chelato Fe-EDDHA santykis yra 1,0. Chelato Fe-DTPA yra 0,5, o chelato Fe-EDTA yra tik 0,025. Taigi, praktiškai Fe-EDDHA chelatinės trąšos yra veiksmingiausios, kai pH yra didesnis nei 7, tačiau jos yra brangiausios. Atitinkamai, šių trijų chelatinių trąšų įtaka derlingumui aprašoma tokia tvarka: Fe- EDDHA > Fe-DTPA > Fe-EDTA (žr. 1.1 pav. B) [7].

1.4. Amonio dihidrofosfato ir mikroelementinių trąšų rinka

Amonio dihidrofosfatas – vandenyje tirpios, koncentruotos azoto-fosforo trąšos. Tirpiosiomis trąšomis tręšiami augalai lengvai pasisavina augimui ir vystymuisi reikalingą azoto ir fosforą. Naujos kartos, aukštos kokybės, efektyvios MAP trąšos naudojamos žemės ūkyje įvairiems dirvožemiams ir daugeliui kultūrų tręšti [8]. Prognozuojama, kad trąšų rinka iki 2029 metų tik didės (žr. 1.2 pav.). Iš pateiktų duomenų matyti, kad didžiausią rinkos dalį užima Šiaurės Amerika, antroje vietoje Europa.



1.2 pav. Amonio dihidrofosfato rinkos tendencija pagal regioną, 2016–2029 m. [9]

Mikroelementinės trąšos su kompleksiniais junginiais tampa vis plačiau naudojamos ir labiau vertinamos, nes užtikrina tvarumą ir stabilumą didinant įvairių maistinių grūdų, aliejinių augalų sėklų ir ankštinių augalų augimą [10]. Mikroelementai yra būtini žemės ūkyje siekiant pagerinti žemės ūkio produkcijos kokybę ir padidinti derlių. Nors šių esminių elementų reikia labai mažais kiekiais, augalai suvartoja juos svarbioms funkcijoms atlikti. Juos efektyviai aprūpina kompleksai, kuriuose yra chelatininių junginių, šie junginiai yra stabilesni nei jų nechelatiniai junginiai [11].

Chelatinės medžiagos yra organinės molekulės, galinčios sulaikyti arba įkapsuliuoti tam tikrus metalų jonus, tokius kaip kalcio, magnio, geležies, kobalto, cinko ir mangano [10]. Chelatiniai junginiai pašalina toksiškumą, galintį atsirasti dėl mikroelementų pertekliaus ir atlieka svarbų vaidmenį padedant augalams įveikti mikroelementų trūkumą, taip padidinant žemės ūkio pelną. Tokie veiksniai kaip didelė kaina, susijusi su kompleksiniais junginiais ir didėjantis susirūpinimas dėl biologiškai neskaidžių chelatų, yra pagrindiniai rinkos augimą ribojantys apribojimai. Tačiau įmonėms vis daugiau dėmesio skiriant tyrimams ir naujų produktų kūrimui, siekiama gaminti organinius ir biologiškai skaidomus chelatus [11]. Cinko trūkumas paveikia daugelį kultūrų, tokias kaip kukurūzai, ryžiai ir kviečiai, ir yra labiausiai paplitęs mikroelementų trūkumas visame pasaulyje. Boro trūkumas yra antras pagal paplitimą, o geležies trūkumas yra paplitęs regionuose, kuriuose vyrauja Viduržemio jūros klimatas ir kalkingas dirvožemis. Europoje ir Australijoje kalcio trūkumas yra gana dažnas reiškinys [10].

Azijos regionas turi didžiausią žemės ūkio chelatų rinką. Pirmaujančios šalys yra Kinija, Indija ir Australija. Azijos žemės ūkio chelatų rinka 2019–2024 m. auga sparčiau dėl didėjančio gyventojų skaičiaus regione. Apskaičiuota, kad Azijos regione Kinija užima didžiausią rinkos dalį – 43 %, po to eina Indija, Australija ir Japonija. Manoma, kad Australijos augimo tempas prognozuojamu

laikotarpiu bus didžiausias. Spartus gyventojų skaičiaus augimas ir didėjanti maisto paklausa privertė ūkininkus auginti didesnio derlingumo augalus, taip padidinant chelatų poreikį regione [10].

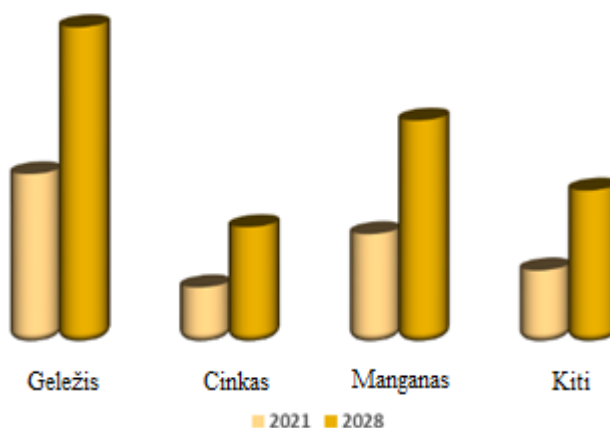
Didėjantis informacijos duomenų srautas apie žemės ūkio chelatų naudojimą ir augantis laistymo sistemų pritaikymas tręšimui po truputį didina pasaulinės chelatų rinkos paklausą. Tačiau yra tam tikrų suvaržymų ir kliūčių, kurie gali trukdyti bendram rinkos augimui. Tokie veiksniai, kaip biologiškai neskaidžių chelatų kaupimasis, daugiausia gali pakenkti pasėliams ir dirvožemiui. Manoma, kad tai pristabdys intensyvų šios rinkos augimą 2021–2028 metais. Be to, organinių trąšų pramonės augimas ir ūkininkų sąmoningumo stoka yra galimi apribojimai, trukdantys bendram pasaulinės rinkos augimui. Nepaisant to, technologijų pažanga, spartus trąšų vartojimo augimas besiformuojančios ekonomikos šalyse ir biologiškai skaidžių chelatų kūrimas suteikia palankias augimo galimybes [12].

COVID-19 paveikė visus procesus, kurie sieja visų sričių gamybą su galutiniu vartotoju. Siekdama sustabdyti virusą, vyriausybė ėmėsi įvairių priemonių, įskaitant gamyklų uždarymą ir socialinę atsiribojimą. Dėl to daugelis chemijos gamyklų, įskaitant chelatų gamybos gamyklas, pandemijos metu dirbo sumažintu darbo jėgos kiekiu. Kadangi dauguma gamyklų veikė mažesniu nei įprasta pajėgumu, dėl to trūko žaliavų, reikalingų trąšoms gaminti ir sumažėjo jų pasiūla [13].

Didėjant chelatų paklausai, bėgant metams paspartėjo biologiškai skaidžių chelatų kūrimo tyrimai. Pagal tipą etilendiamintetraacto rūgštį (EDTA) užima didžiausią rinkos dalį chelatų rinkoje. Jo gebėjimas sumažinti kenksmingą dirvožemio apnuodijimą sunkiaisiais metalais pašalinant toksinus, tokius kaip gyvsidabris, kadmis ir švinas, skatina EDTA chelatų naudojimo augimą. Didėjantis dėmesys tvariam požiūriui žemės ūkyje Europoje ir visame pasaulyje skatina iminodisucino rūgšties (IDHA) kompleksono paklausą žemės ūkyje. Todėl tikimasi, kad visiškai biologiškai skaidaus chelato IDHA gamyba ir sunaudojimas greičiausiai augs tarp visų žemės ūkyje sunaudojamų chelatų. [13].

Tačiau kol kas EDTA yra vienas iš plačiausiai žemės ūkyje naudojamų sintetinių kompleksonų ir yra naudojamas tiek dirvožemyje, tiek ant lapų kartu su įvairiomis augalų maisto medžiagomis. EDTA taip pat gali būti naudojamas tręšimui atvirose laukuose, kuriuose dirvos pH yra 6,0. Platus jo taikymas yra pagrindinė priežastis, kodėl jis užima didžiausią rinkos dalį. Be to, EDTA chelatai efektyviai pasisavina mikroelementus Zn, Mn, Cu ir Fe iš dirvožemio ir perduoda juos į augalo šaknis [13].

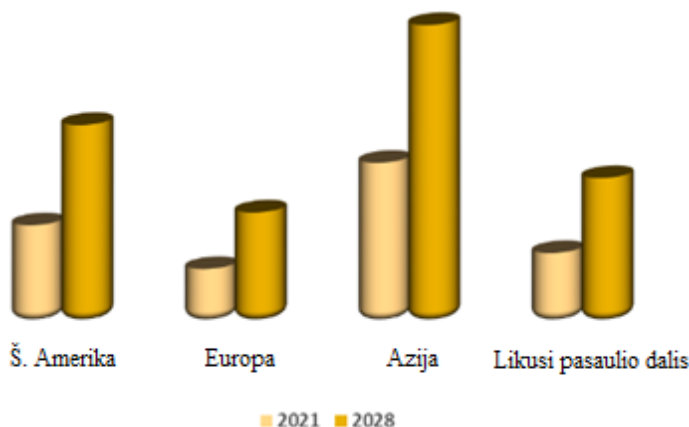
Mikroelementų rinkoje didžiausia dalis tenka geležei, manganui, cinkui, o po to jau visiems kitiems (žr. 1.3 pav.). Geležis 2021–2028 metais užima didžiausią rinkos dalį. Daug vartotojų renkasi perėjimą prie sveiką mitybą praturtinančios dietos, o tai padidino geležies sunaudojimą javų auginimo procese ir šių chelatų poreikį žemės ūkio rinkoje [12].



1.3 pav. Pasaulinė mikroelementų rinka, 2021–2028 m. [12]

Cinkas, trečiasis pagal populiarumą, ir kaip mikroelementas yra labai svarbus augalų hormonų pusiausvyrai ir augsino veiklai bei gyvybiškai svarbus augalų augimui. Organiniai chelatiniai cinko šaltiniai, tokie kaip Zn-EDTA (kuriame yra 12 % Zn), paprastai laikomi pranašesniais už neorganinius cinko šaltinius [13]. Vienas iš pirmųjų mikroelementų, pripažintų svarbiais dideliame derliui, yra cinkas (Zn) [14]. Pranešama, kad visame pasaulyje cinko trūksta 49 % dirvožemio, todėl tai yra labiausiai pastebimas mikroelementų trūkumas pasaulyje. Cinkas yra būtinas baltymų sintezei, nes jis veikia kaip fermentų ir chlorofilo bei kelių angliavandenių sintezės aktyvatorius. Zn augalai pasisavina kaip dvivalentį Zn^{2+} katijoną. Cinko trąšos žemės ūkio pramonėje dažniausiai naudojamos chelatų pavidalu [15].

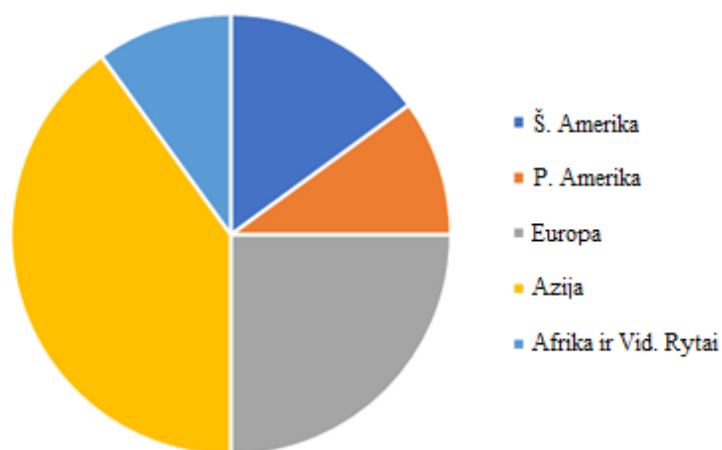
Pagal geografiją pasaulinė žemės ūkio chelatų rinka skirstoma į Šiaurės Ameriką, Europą, Azijos regioną ir likusį pasaulį (žr. 1.4 pav.). Didžiausią rinkos dalį užima Azijos regionas.



1.4 pav. Pasaulinė chelatų rinka pagal regioną, 2021–2028 m. [12]

Vykstant sparčiai urbanizacijai ir didelės vertės grynųjų kultūrų paklausai, ūkininkai imasi naujoviškų sprendimų, kad išlaikytų efektyvų žemės ūkį. Taip pat vykdomos vyriausybės iniciatyvos didinant žemės ūkio plotus, kuriuose įrengtos drėkinimo sistemos [12].

Jau nuo 2019 metų Azijos regionas išsivystė kaip didžiausia žemės ūkio mikroelementų rinka (žr. 1.5 pav.).



1.5 pav. Pasaulinė mikroelementų rinka pagal regioną, 2019 m. [15]

Regione pastebima didelė cinko, vario ir boro paklausa žemės ūkio reikmėms, kurios pirmiausia naudojamos auginant ryžius, kviečius ir kitus maisto produktus. Kinija ir Indija yra pagrindiniai regionai mikroelementų rinkoje kartu su plačiai išvystyta žemės ūkio veikla ir augalų maisto medžiagų poreikiu. Didelės pasaulio gyventojų dalies buvimas šiame regione lemia didesnio pasėlių gamybos apimčių poreikį, todėl mikroelementų naudojimas yra gyvybiškai svarbus norint pasiekti reikiamo produktyvumo derlių. Dėl didelio žemės ūkio veiklos masto šiose šalyse labai sumažėjo maisto medžiagų atsargos dirvožemyje, todėl reikalinga nuolatinė jų kiekio kontrolė ir papildomas tiekimas. Europa yra antra pagal dydį rinka pasaulyje. Tikimasi, kad dėl sparčiai augančio žmonių skaičiaus padidėjusi maisto paklausa ir dirbamos žemės plotai, skatins mikroelementų rinkos augimą ne tik Azijos regione, bet ir visame pasaulyje [15].

1.5. Priedų įtaka MAP kristalų savybėms

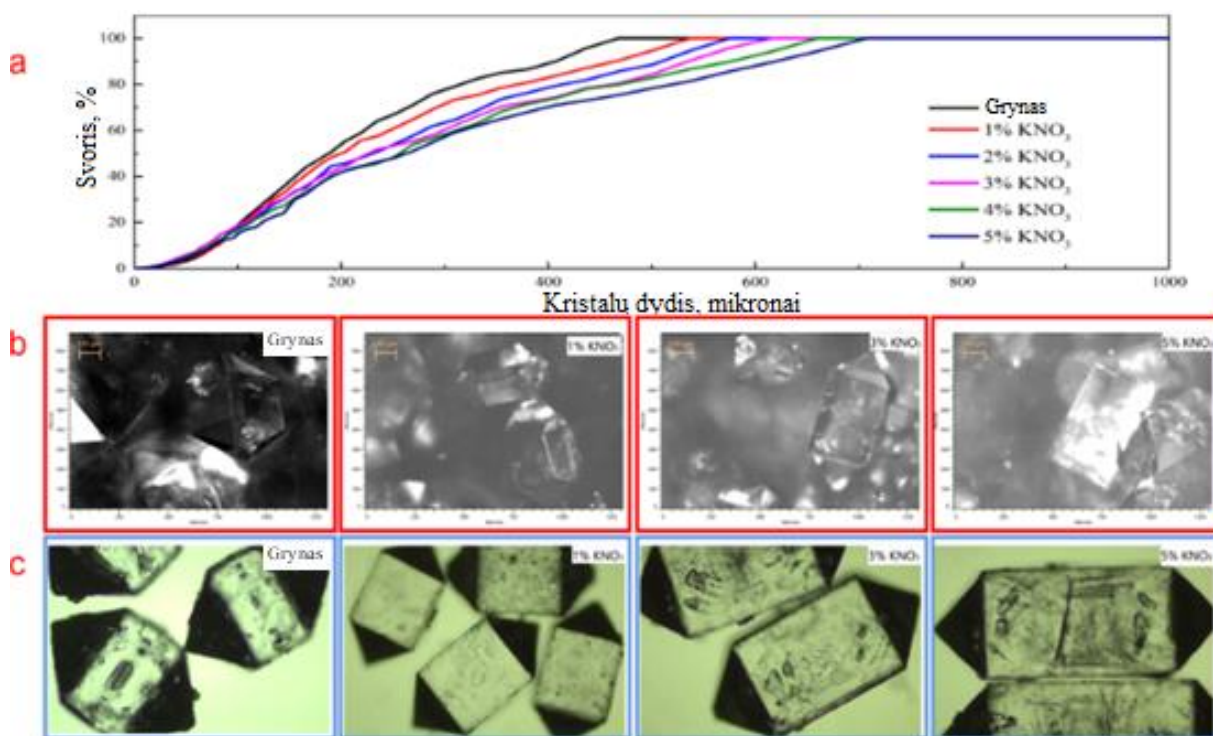
1.5.1. Kalio nitratas ir chelatinis agentas

Amonio dihidrofosfatas (MAP) dažniausiai gaminamas iš ekstrakcinės fosforo rūgšties, kurioje yra metalų jonų priemaišų, tokių kaip Fe^{3+} , Al^{3+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} ir Mn^{2+} [16]. Daugumą metalo katijonų galima pašalinti gamybos proceso metu [17, 18]. Tačiau visuomet yra kai kurių metalų katijonų, kurie koncentruojant, aušinant ir kristalizuojantis sudaro vandenyje netirpias medžiagas. Tuo pačiu metu nedidelis likusių metalo katijonų kiekis taip pat turi įtakos MAP kristalų morfologijai, todėl susidaro adatiniai kristalai arba kristalai, kuriuos nėra lengva auginti. Pokristalizacinis tirpalas, kuriame yra chelatinų metalų elementų, yra naudojamas gaminti vandenyje tirpias trąšas, turinčias antrinių ir mikroelementinių medžiagų. Procesas ne tik efektyviai panaudoja metalo priemaišų jonus ekstrakcinėje fosforo rūgštyje, bet ir pagerina MAP išeigą [19].

Eksperimentiniame tyrime [19] naudotas 99,5 % grynumo MAP gautas iš cheminių reagentų gamyklos, esančios Kinijoje. Kaip priedai naudojami kalio nitratas (KNO_3) ir naujas chelatinis agentas (angl. *new chelating agent (NCA)*). Chelatinis agentas turi geras chelatinės savybes metalo jonams, tokiems kaip geležis ir magnis, ir gali sumažinti metalo jonų įtaką MAP kristalams kristalizacijos proceso metu. Kristalizacijos proceso parametrų optimizavimo eksperimentai atlikti su grynu MAP tirpalu, esant įvairiems maišymo greičiams (450–600 aps./min.), dozavimo greičiams (10–25 ml/min.) ir persotinimo lygiams (80–40, 70–40, 60–40 ir 50–40 °C). Optimizuotomis darbo

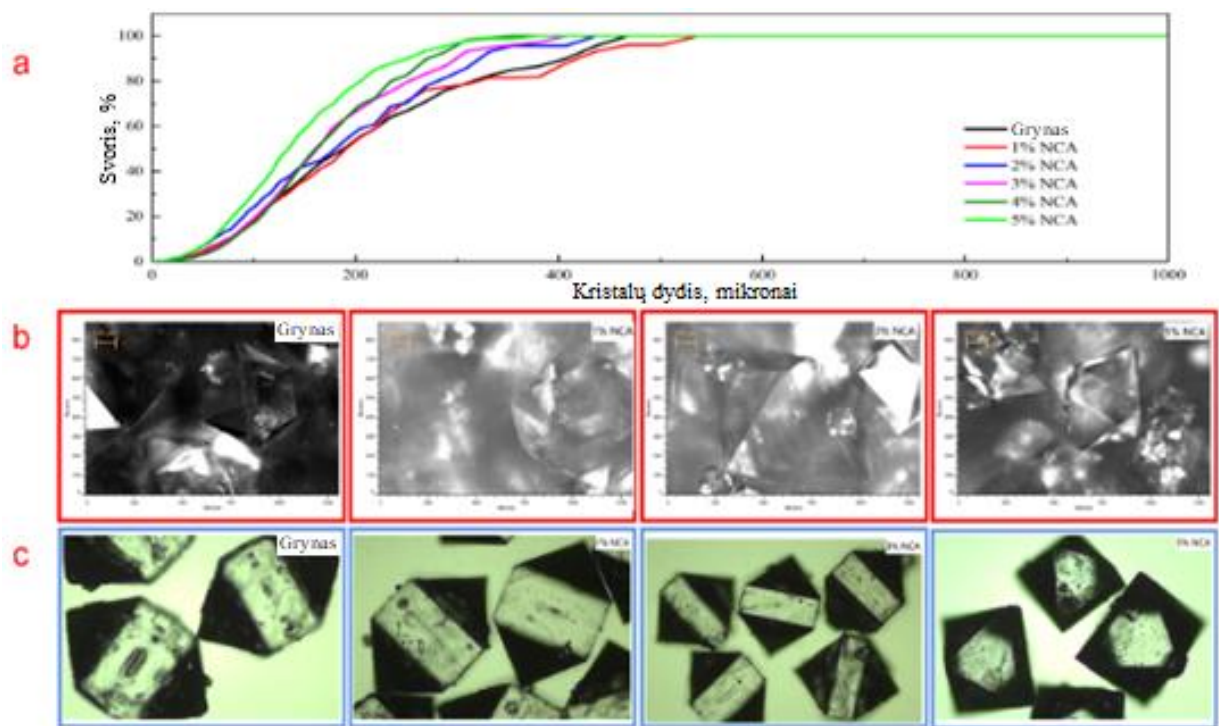
sąlygomis 1–5 % KNO_3 ir chelatinis agentas naudojami kaip priedai nuolatiniam MAP aušinimo ir kristalizacijos eksperimentams.

Eksperimente nustatyta kalio nitrato bei chelatinio agento įtaka kristalitų dydžiui ir MAP kristalų formai. 1.6 paveiksle parodytas sufokusuoto pluošto atspindžio matavimo metodu (angl. *Focused Beam Reflectance Measurement* – FBRM) nustatytas kristalitų dydžio pokytis (a), zondų gauti dalelių vaizdai ir matavimai (angl. *Particle Vision and Measurement* – PVM) (b) ir mikroskopu padarytos kristalų nuotraukos (c). Į MAP tirpalą pridedama nuo 1 % iki 5 % koncentracijos kalio nitrato. Kaip matyti (žr. 1.6 pav. a), kristalitų ilgis didėja, didėjant kalio nitrato koncentracijai. Kai KNO_3 koncentracija 5 %, 40 % kristalų, kurių ilgis didesnis nei 300 μm , o nesant kalio nitrato, tik 20 % kristalitų, kurių dydis didesnis nei 300 μm . Matyti (žr. 1.6 pav. a ir b), kad MAP kristalizacija gryname vandeniniame tirpale sudaro tetragoninę formą. Galima teigti, kad kristalizacijos procese esantys priedai sukelia kristalų dydžio pasiskirstymo pokyčius, paveikdami tam tikrus kristalografinius kristalų paviršius. Pridėjus KNO_3 , kristalinis cilindras tapo ilgesnis, o kraštinių santykis padidėjo pridėjus KNO_3 , todėl kristalai tapo platesni [19].



1.6 pav. MAP kristalų pagamintų grynoje terpėje ir dalyvaujant KNO_3 duomenys: a – kristalų ilgio pasiskirstymas FBRM metodu, b – dalelių vaizdai ir matavimai PVM metodu, c – mikroskopinės nuotraukos [19]

1.7 paveiksle parodytas FBRM (a) nustatytas kristalitų dydžio pokytis, PVM gauti vaizdai (b) ir nuotraukos, padarytos mikroskopu (c) iš kristalų, dalyvaujant chelatiniam agentui. Į MAP tirpalą pridedama 1–5 % koncentracijų chelatinio agento.



1.7 pav. MAP kristalų pagamintų grynoje terpėje ir dalyvaujant chelatiniam agentui duomenys: a – kristalų ilgio pasiskirstymas FBRM metodu, b – dalelių vaizdai ir matavimai PVM metodu, c – mikroskopinės nuotraukos [19]

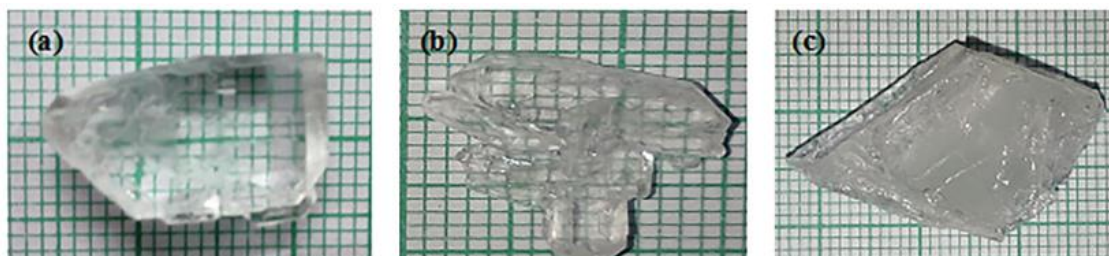
Matyti (žr. 1.7 pav. a), kad esant 1 % koncentracijos chelatiniam agentui, kristalų ilgis šiek tiek padidėjo, o vėliau ilgis palaipsniui mažėja, didėjant koncentracijai. Kai nebuvo chelatinio agento, 50 % kristalų ilgis didesnis nei 200 μm , o kai pridėta 5 % chelato, tik 20 % kristalų ilgis didesnis nei 200 μm . Matyti (žr. 1.7 pav. b ir c), kad pridėjus chelato kristalinis cilindrinis paviršius sutrumpėjo. Kai koncentracija pasiekė 5 %, stulpelinė kristalo dalis visiškai išnyko, kristalo kraštinių santykis sumažėjo [19].

Remiantis eksperimentiniais rezultatais, KNO_3 ir nedidelis chelatinio agento kiekis (<1 %) gali padidinti MAP kristalų dydį. Kuo didesnis KNO_3 kiekis, tuo akivaizdesnis poveikis. Tinkami priedai gali ne tik apsaugoti nuo metalo jonų įtakos kristalizacijos procesui, bet galima gauti ir stambiagrūdžius kristalus su vienodu dalelių dydžio pasiskirstymu [19, 20].

1.5.2. Geležis (Fe^{2+} ir Fe^{3+})

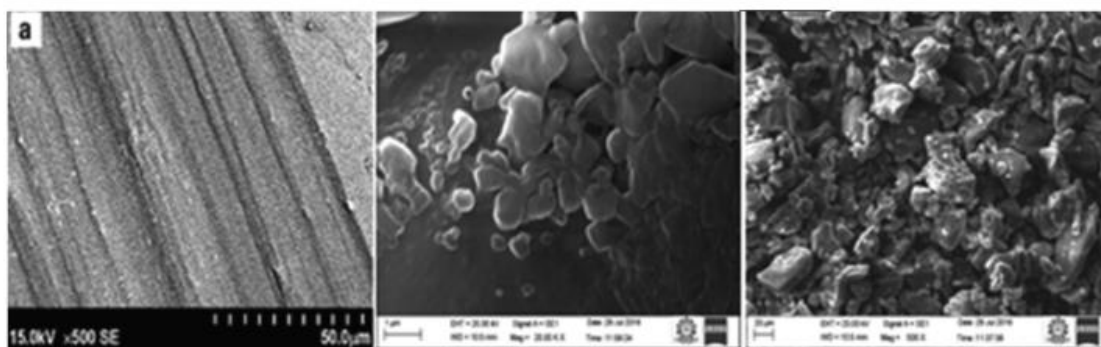
Amonio dihidrofosfatas kristalizuojasi tetragoninėje geometrijoje. MAP, kaip neorganinė netiesinė optinė medžiaga, privertė mokslininkus [21] tyrinėti jos optinį skaidrumą, gerą jautrumą ir mažą šiluminį bei mechaninį stabilumą. Priedai teigiamai veikia kristalų augimą. Anksčiau pateikta daug mokslinių darbų [21], susijusių su MAP kristalų priedu. Metalų jonų įtraukimas į MAP kristalus visada suteikia įdomių rezultatų. Atliktas eksperimentas, kurio pagrindinis tikslas buvo surinkti skaidrius MAP kristalus, turinčius geležies (Fe) su kai kuriomis Fe oksidacijos būsenomis, ir išsiaiškinti Fe jonų įtaką MAP. Atliktas visų užaugintų kristalų, t. y. MAP, $\text{MAP}/(\text{Fe}^{2+})$, $\text{MAP}/(\text{Fe}^{3+})$, lyginamasis tyrimas, naudojant Furjė transformacijos infraraudonųjų spindulių spektroskopijos (FTIR) analizės, miltelių rentgeno spindulių difrakcinės analizės (RSDA), termogravimetrinės analizės (TGA), skenuojamosios elektronų mikroskopijos (SEM) apibūdinimo metodus [21].

Gryni MAP kristalai ir MAP kristalai su Fe jonais (Fe^{2+} ir Fe^{3+}) auginami tirpalo lėto garinimo metodu. MAP tirpalas be priedų paruoštas dedant 18 g MAP į 50 ml dejonizuoto vandens ir maišoma 3–4 valandas kambario temperatūroje. Nuolat maišant, gautas tirpalas filtruojamas. Geležimi praturtintiems produktams gauti po 1 mol Fe^{2+} ir Fe^{3+} sudedami atskirai į prisotintą MAP tirpalą, maišomi ir laikomi kol išsikristalizuoja. Kristalai išauginti per 10–15 d. Pridėjus ribinį priedo kiekį, padidėjo aukštos kokybės skaidrių kristalų augimas. Išaugusiems kristalams toliau taikomi įvairūs analizės metodai. Kristalų nuotraukos pateiktos 1.8 paveiksle [21].



1.8 pav. MAP kristalai: a – grynas MAP, b – MAP su 1 mol Fe^{2+} , c – MAP su 1 mol Fe^{3+} [21]

Pateikiamos be priedų MAP ir Fe(II), Fe(III) legiruoto MAP SEM nuotraukos (žr. 1.9 pav.). Mėginiai turi skirtingą struktūrą su įvairiomis struktūrinėmis formomis. SEM vaizdas be priedų MAP atrodo kaip sluoksniuotos plėvelės išdėstymas. Skenuojantis Fe^{2+} įterptų MAP kristalų elektroninis mikroskopas rodo, kad pridėtas metalo jonas yra surenkamas kristalinės gardelės centre. Fe^{3+} įtraukto MAP atveju įvyko priemaišų aglomeracija [21].



1.9 pav. SEM vaizdai: a – grynas MAP, b – su Fe^{2+} , c – su Fe^{3+} [21]

Eksperimente buvo stebimi nedideli geležimi praturtintų mėginių FTIR spektrų pokyčiai. Fe^{2+} ir Fe^{3+} legiruoti MAP kristalai pasižymi dideliu skaidrumu visoje UV spinduliuotės srityje. Fe^{2+} ir Fe^{3+} priedas atskleidžia įvairių SEM morfologijų egzistavimą. TGA tyrimai atskleidė, kad Fe^{2+} legiruotų MAP kristalų pradinė skilimo temperatūra yra aukštesnė ir abu kristalai išaugo nesant jokių adsorbuotų vandens molekulių. Milteliniai RSDA modeliai akivaizdžiai rodo, kad įtraukti Fe^{2+} ir Fe^{3+} nepakeitė pirminio MAP kristalų išdėstymo. Gali būti, kad priedai užima tarpinę padėtį ir daro įtaką kristalų savybėms. Be to, monokristaliniuose RSDA tyrimuose buvo nustatytas tik nedidelis RSDA gardelės parametrų reikšmių pokytis, lyginant su gryno MAP reikšmėmis. Kadangi Fe^{2+} ir Fe^{3+} legiruotų MAP kristalų juostos tarpas yra mažesnis nei gryno MAP kristalo, jis gali turėti didelį optinį skaidrumą [21].

1.5.3. Cinko (Zn^{2+}) poveikis kristalizacijos procesui

MAP kristalai pasižymi patraukliomis savybėmis, tokiomis kaip feroelektrinis, pjezoelektrinis, didelis optinis homogeniškumas, mažas bangos ilgis, stiprus terminis ir fizinis stabilumas [22, 23], dėl kurių mokslininkų bendruomenė visame pasaulyje stengiasi įvairiais būdais labiau tobulinti MAP būdingas kristalo savybes [24].

Eksperimentiniame tyrime nagrinėjama metalinių priemaišų įtaka amonio dihidrofosfato (MAP) kristalų mechaninėms savybėms. Naudojamas lėtas tirpiklio garinimo metodas nelegiruotų ir Zn^{2+} legiruotų MAP (MAP-Zn) pavienių kristalų auginimui. *Vickers* mikro kietumo tyrimas naudojamas siekiant įvertinti metalo vaidmenį didinant MAP kristalų kietumo parametrus. Mechaninis MAP-Zn kristalų tyrimas palygintas su apkrova nuo 25 g iki 100 g [24].

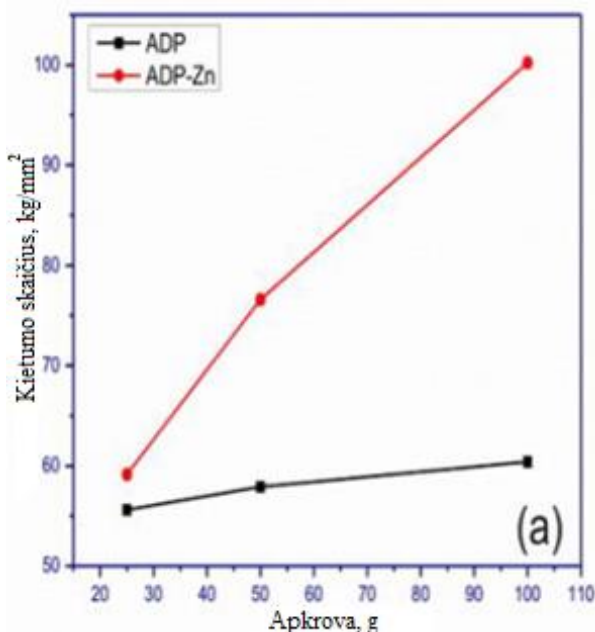
MAP druska ištirpinama distiliuotame vandenyje ir išpilstoma į atskiras stiklines. Tada į stiklines įpilamas 1 molis cinko chlorido (ZnCl_2) ir mišinys gerai maišomas šešias valandas, kad būtų pasiektas homogeninis MAP dopingas. Gauti tirpalai filtruojami naudojant membraninį filtravimo popierių, o nufiltruotas tirpalas supilamas į stiklinę. Stiklinės laikomos vandens vonioje, palaikomoje $34\text{ }^\circ\text{C}$ temperatūroje $\pm 0,01\text{ }^\circ\text{C}$ tikslumu. Pavieniai kristalai susidaro ir surenkami per 18–20 dienų [24].

Mikrokietumo tyrimas naudojamas išaugusių kristalų mechaninėms savybėms ištirti. Kadangi kietumo savybės yra susijusios su kristalų struktūra, sukibimu, šilumos susidarymu ir medžiagos temperatūra, todėl mechaninis kristalų tyrimas leidžia suprasti skirtingus poveikius [25, 26]. MAP ir MAP-Zn kristalų paviršiaus tyrimas atliktas *Vicker* statinio įspaudimo bandymu kambario temperatūroje. Tyrimui naudojamas kietumo testeris su skirtingo dydžio apkrovomis. Įtraukimo laikas laikomas 10 s visoms apkrovoms [24]. Apskaičiuojamas *Vicker* kietumo skaičius:

$$H_v = 1,8544 \cdot P/d^2; \quad (1.1)$$

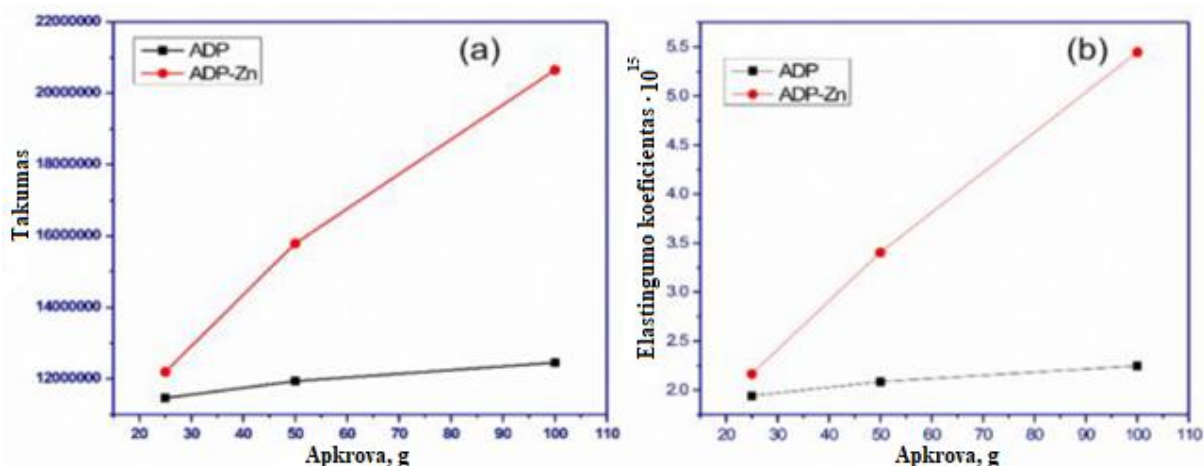
čia: H_v – *Vicker* kietumo skaičius, kg/mm^2 ; P – apkrova, kg; d – įstrižainės ilgis, mm.

Nelegiruotų MAP ir MAP-Zn kristalų apkrovos (P) ir *Vicker* kietumo (H_v) diagrama parodyta 1.10 paveiksle. Iš grafiko matyti, kad MAP-Zn kristalų kietumas yra didesnis nei nelegiruotų MAP kristalų.



1.10 pav. *Vicker* kietumo priklausomybė nuo apkrovos diagrama [24]

Apskaičiuota abiejų kristalų kietumo n vertė yra didesnė nei 1,6, o tai reiškia, kad kristalai priklauso minkštesnių medžiagų kategorijai. Grynųjų ir MAP-Zn kristalų takumo stiprumas ir elastinio standumo koeficientas įvertinti ir sistemingai pavaizduoti atitinkamai 1.11 (a) ir 1.11 (b) paveiksluose [24].



1.11 pav. Takumo stiprumo (a) ir elastinio standumo (b) priklausomybė nuo apkrovos [24]

Pastebėta, kad Zn^{2+} įtraukimas gali turėti gerą ryšį tarp susijusių gretimų atomų, taigi pagerina pagrindinio kristalo takumo ribą bei elastinio standumo koeficientą [27]. Bendras padidintas mechaninis MAP-Zn kristalo veikimas rodo, kad tai gali palengvinti medžiagos lūžimą/įtrūkimą apdorojant medžiagą, skirtą mechanškai standžiam įrenginiui gaminti [24].

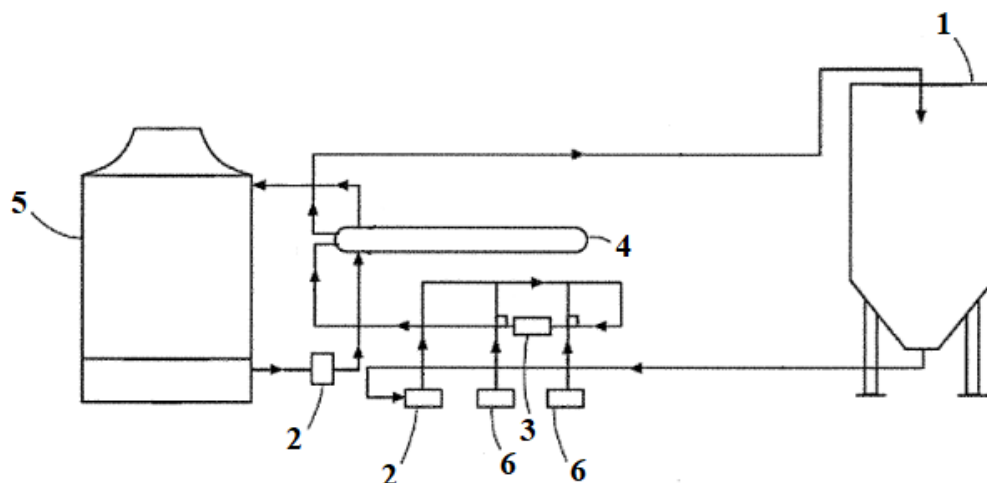
Vicker mikrokietumo tyrimas patvirtino pagrindinio MAP kristalo mechaninio stiprumo padidėjimą dėl Zn^{2+} įtraukimo. Trumpai tariant, MAP-Zn kristalas, pasižymintis puikia takumo riba ir elastinio standumo koeficientu, gali būti naudojamas projektuojant įvairius mechaninius standžius įrenginius [24].

1.6. Amonio dihidrofosfato gamybos technologijos

Trąšų, kuriose yra optimalus fosforo ir azoto kiekis, naudojimas yra labai svarbus daugelio augalų rūšių augimo greičiui ir bendrai sveikatai. Nors bendras fosforo kiekis dirvožemyje gali būti didelis, jis dažnai būna augalams neprieinamomis formos. Dėl to neturėti dirvožemiai paprastai neišskiria fosforo pakankamai greitai, kad būtų patenkinti daugelio augalų rūšių energijos poreikiai ir pasiektas didelis augimo greitis. Todėl savaime suprantama, kad didelės koncentracijos fosforo ir azoto naudojimas yra labai pageidautinas. Tačiau žinomos NP trąšos turi daug trūkumų, pavyzdžiui, jų naudojimas sukelia dirvožemio rūgštėjimą, drėkinimo įrangai daromą žalą dėl jų ėsdinančios prigimties, pH svyravimų, vandens migracijos dėl didelio druskos indekso ir, svarbiausia, ribotų kiekių, kuriuos galima saugiai išberti. Todėl buvo atlikti tyrimai [28], kurių tikslas pašalinti bent kai kuriuos ankstesnės technikos trūkumus.

1.12 paveiksle pavaizduota amonio dihidrofosfato gamybos technologija. Fosforo rūgštis, kurios koncentracija apie 54 %, tiekama į pirmąjį indą (1), į kurį taip pat tiekiamas vanduo. Naudojamo vandens tūris parenkamas taip, kad po sumaišymo būtų gautas galutinis praskiestas fosforo rūgšties tirpalas, kurio koncentracija yra nuo 20 % iki maždaug 30 %. Pirmasis indas (1) yra sujungtas su siurbliu (2) per vamzdžio sekciją. Vamzdžio sekcija jungia reakcijos zoną (3) su šilumokaičiu (4), kuris savo ruožtu yra sujungtas su grįžtamuju vamzdžiu, kuris veda atgal į pirmąjį indą (1).

Pradiniuose metodo etapuose, prieš įvedant bet kokius kitus reagentus, siurblys (2) cirkuliuoja fosforo rūgštį ir vandenį per reakcijos zoną (3) ir per šilumokaitį (4) atgal į pirmąjį indą (1) per grįžtamąjį vamzdį.



1.12 pav. Amonio dihidrofosfato gamybos technologija [28]

1 – indas; 2 – siurblys; 3 – reakcijos zona; 4 – šilumokaitis; 5 – rezervuaras; 6 – įleidimo anga

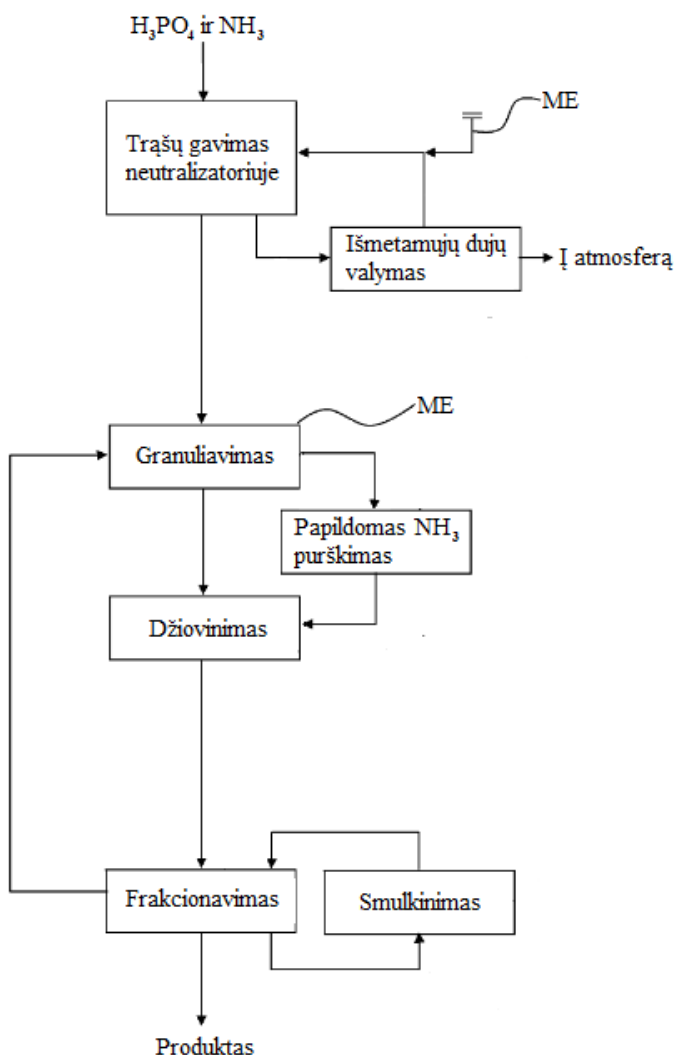
Mišinys cirkuliuojamas maždaug 10–15 minučių. Šilumokaitis (4) užpildomas vandeniu per vandens rezervuarą (5), siurblių (2) ir vamzdžio sekciją, jungiančią vandens rezervuarą, siurblių ir šilumokaitį. Vanduo nuolat cirkuliuoja per šilumokaitį (4), kad būtų galima reguliuoti reakcijos zonos temperatūrą (36 °C). Kai sistema pasiekia iš anksto nustatytą temperatūrą, o fosforo rūgštis ir vanduo yra pakankamai sumaišyti, amoniakas įleidžiamas iš bet kurios tinkamos talpyklos arba rezervuaro (neparodyta) per reagento įleidimo angą (6). Tuo metu amoniako tirpalas susimaišo su fosforo rūgšties srautu. Fosforo rūgšties reakcija su amoniaku yra egzoterminė reakcija, o tai reiškia, kad susidaro didelis šilumos kiekis. Manoma, kad šios reakcijos metu padidėja aukštesnės eilės polifosfatų koncentracija, priešingai nei norimo monoamonio fosfato koncentracija, jei jų temperatūra nėra tinkamai kontroliuojama. Daugelis šių aukštesnės eilės polifosfatų yra netirpūs ir todėl nepageidaujami. Tačiau kai reakcijos temperatūra kontroliuojama ir palaikoma žemesnėse ribose, pavyzdžiui, 25–40 °C, tada dėl temperatūros kritimo gali kristalizuotis druskos ir kiti reakcijos metu susidarę junginiai. Todėl, kad būtų lengviau kontroliuoti temperatūrą, fosforo rūgštis naudojama arba atskiedžiama iki maždaug 20–30 % koncentracijos. Pageidautina, kad prieš amoniako įvedimą į gamybos procesą fosforo rūgšties koncentracija būtų maždaug 25 %. Reakcijos temperatūra kontroliuojama vandens cirkuliacija iš rezervuaro (5) per šilumokaitį (4). Be to, reakcijos temperatūra toliau valdoma pagal amoniako, patenkančio į procesą per reagento įleidimo angą, srautą. Reakcija stebima reguliariais intervalais tikrinant reakcijos mišinio pH. Reakcija baigiama, kai reakcijos mišinio pH pasiekia pH vertę intervale apie 5,5 ir apie 7,5. Idealiu atveju reakcija baigiasi, kai reakcijos mišinio pH vertė yra maždaug 6–7 ribose. Neutralus monoamonio fosfato tirpalo pH turi keletą privalumų. Produktas nedaro neigiamo poveikio dirvožemio pH, kai naudojamas produktas, mikrobus veikla dirvožemyje neturi įtakos, o svarbiausia, kad produktas gali būti naudojamas naudojant standartinę žemės ūkio drėkinimo įrangą [28].

Įterpimas gamybos metu – tai vieno ar kelių mikroelementų įterpimas tiesiogiai į monoamonio fosfato (MAP) arba diamonio fosfato (DAP) trąšų gamybą. Ši technologija užtikrina kiekvienoje trąšų granulėje pastovią pageidaujamo mikroelemento koncentraciją ir vienodą mikroelemento pasiskirstymą granuliuotose trąšose. Šioje gamyboje mikroelementas yra ištirpinamas tiekimo sraute

arba granuliavimo etape. Mikroelementas į trąšų gamybą įtraukiamas kaip nereaguojanti medžiaga, kad tolygiai pasiskirstytų gautose trąšų granulėse [29].

Amonio fosfatų su mikroelementais gamybos technologiją (žr. 1.13 pav.) sudaro keturi pagrindiniai etapai: trąšų gavimas neutralizatoriuje, granuliavimas, džiovinimas ir frakcionavimas. Technologijoje naudojamas neutralizatorius, kuriame gaunama amonio fosfato suspensija iš fosforo rūgšties ir amoniako. Pavyzdžiui, MAP, DAP arba jų derinys gali būti gaminami priklausomai nuo amoniako ir fosforo rūgšties santykio, tiekiamo į neutralizatorių [29].

Kaip parodyta, mikroelementai, įskaitant borą, varį, geležį, manganą, molibdeną, cinką, tiekiami per angą. Vienas arba keli mikroelementai yra ištirpinami tiekimo sraute, oksidų, sulfidų, karbonatų arba sulfatų ir/arba jų hidratų pavidalu. Šie junginiai gali būti, pavyzdžiui, cinko oksidas (ZnO), natrio tetraboratas arba kiti panašūs junginiai.



1.13 pav. Granuliuotų amonio dihidrofosfato su mikroelementais trąšų gamybos technologija [29]

Mikroelementas nereaguoja pirminių maistinių medžiagų formavimosi reakcijose, bet tolygiai pasiskirsto trąšų granulėje. Gautą mikroelemento koncentraciją atskirose trąšų granulėse galima keisti reguliuojant mikroelementų, tiekiamų per mikroelementų tiekimo srautą, kiekį. Granuliavimo etape gauta trąšų suspensija tiekama į besisukantį granuliavimo būgną, kad susidarytų trąšų granulės. Kaip parodyta, į besisukantį granuliavimo būgną gali būti papildomai tiekiamas mikroelemento kiekis. Tam kad būtų užbaigta amonio fosfato reakcija, trąšų granulės apipurškiamos papildomu amoniako

kiekiu. Džiovinimo etape trąšų granulės džiovinamos, norint sumažinti drėgmės kiekį ir pašalinti nesureagavusias lakiąsias medžiagas. Frakcionavimo etape granuluotos trąšos sufrakcionuojamas pagal dalelių dydį. Gautos trąšų granulės praleidžiamos per skirtingo dydžio akelių sietus, kur atskiriama produkcinė frakcija, kurios dalelių dydis yra nuo 2 mm iki 4 mm skersmens, stambioji frakcija, kurios dalelių dydis didesnis nei 4 mm, ir smulkioji frakcija, kurios dalelių dydis yra mažesnis nei 2 mm, ir returu grąžinama į granuliatorių. Stambioji frakcija smulkinama ir pakartotinai frakcionuojama [29].

Apibendrinus literatūros apžvalgą matyti, kad MAP ir mikroelementų paklausa nuolat auga, todėl vykdomi tyrimai ir tobulinamos technologijos, kaip MAP praturtinti įvairiais ME. Skirtingi mikroelementai dedami kaip kristalų priedas, maišomi į MAP suspensiją arba pulpą, o šio darbo tikslas pridėti Me (Zn) į kristalinę MAP ir sugranuliuoti, taip pagaminant naudojimui patogias granuluotas NP+Zn trąšas.

2. Tiriamoji dalis

2.1. Naudotos medžiagos ir metodikos

Tyrimai atlikti norint rekonstruoti veikiančią amonio dihidrofosfato gamybos technologiją, kad joje būtų galima gaminti granuliuotas MAP su cinku trąšas. Kaip mikroelemento šaltinis buvo pasirinktas druska – cinko sulfatas (ZnSO_4), bei chelatas – cinko chelatas (Zn-EDTA).

2.1.1. Pradinių medžiagų charakteristika

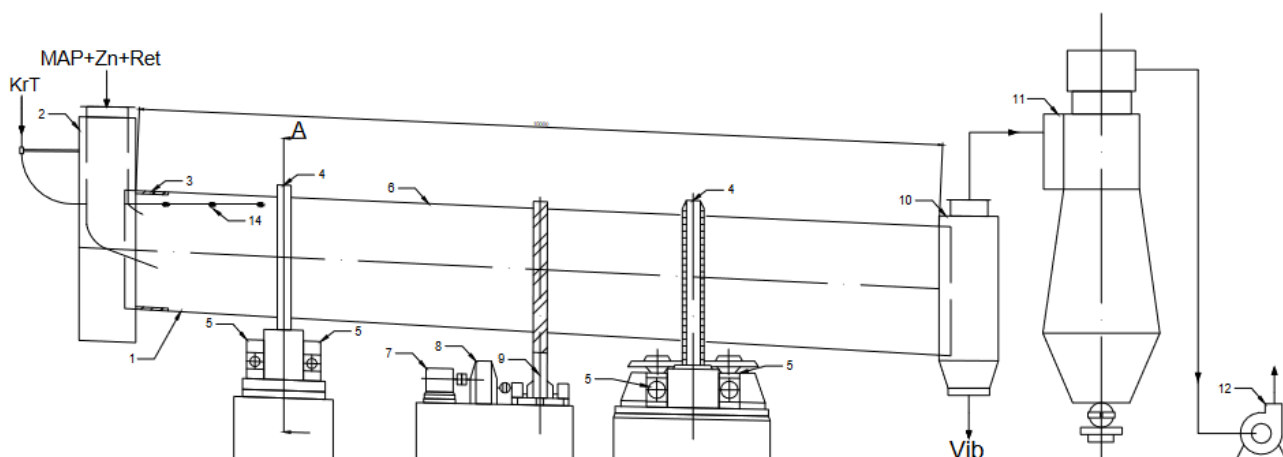
Eksperimentiniuose tyrimuose naudotas kristalinis amonio dihidrofosfatas, pagamintas AB „Lifosa“, 12-61-0 markės, 2 % drėgnio, pH vertė yra 3,55; cinko sulfatas (ZnSO_4), kurio pH yra 2,85; cinko chelatas (Zn-EDTA), kurio pH yra 3,65; bulvių krakmolai, pagamintas AB „Roquette Amilina“.

2.1.2. Bandinio paruošimas

Tyrimo metu buvo siekiama pagaminti, pagal užduotą maisto medžiagų koncentraciją, MAP + Zn (12–61+0,2Zn arba 1,0Zn) granuliuotas trąšas, bei nustatyti optimaliausius granuliavimo parametrus, reikalingus projektuojant gamybos technologiją. Tyrimo metu buvo sveriamas reikalingas amonio dihidrofosfato, cinko sulfato / cinko chelato ir krakmolo tirpalo kiekis, viskas sumaišoma ir tiekiamą į BGD, kuriame vykdomas granuliavimas. Granuliatoriuje-džiovykloje dalelių judėjimą užtikrina 5° posvyrio kampas, besisukančios mentelės, išcentrinė ir gravitacijos jėgos.

2.1.3. Amonio dihidrofosfato granuliavimas

Norint nustatyti optimaliausias granuliavimo sąlygas paruošta žaliava buvo granuliuojama BGD (žr. 2.1 pav.), esant skirtingai krakmolo tirpalo koncentracijai ir kiekiui žaliavose.



2.1 pav. Būgninis granuliatorius-džiovykla

KrT – krakmolo tirpalas; MAP – amonio dihidrofosfatas; Zn – cinkas; Ret – returas; Vib – į vibrosietą

1 – korpusas; 2 – pakrovimo latakas; 3 – izoliacinis sluoksnis; 4 – bandažas; 5 – atraminiai ritiniai; 6 – džiovinimo krosnis; 7 – variklis; 8 – reduktorius; 9 – krumpliaratinė pavarą; 10 – iškrovimo latakas; 11 – cikloninis separatorius; 12 – ventiliatorius

Po granuliavimo produktas buvo džiovinamas 60 °C temperatūroje iki pastovios masės ir nustatytos išdžiovinto produkto fizikinės ir cheminės savybės (drėgmės kiekis, 10 % tirpalo pH, granuliometrinė sudėtis, granulų stipris, piltinis tankis, higroskopiskumas). Norint įvertinti granuliuoto produkto

struktūros pakitimus lyginant su žaliavomis atlikta rentgeno spindulių difrakcijos analizė (RSDA) ir Furjė transformacijos infraraudonųjų spindulių spektroskopija (FTIR), terminiam stabilumui įvertinti – vienalaikė terminė analizė (VTA), o dalelių sferinei formai ir elementų pasiskirstymo tolygumui nustatyti, t. y. elementų pasiskirstymo žemėlapiui gauti, atlikta skenuojamoji elektronų mikroskopija (SEM, EDS).

2.1.4. Instrumentiniai, cheminiai, fizikiniai analizės metodai

Žaliavų ir produkto 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 skenuojamoji elektronų mikroskopija (SEM, EDS) atlikta naudojant *Hitachi* kompanijos skenuojantį elektroninį mikroskopą, o jo modelis *S-3400N*. Jame yra įmontuotas *Bruker Quad 5040 EDS* detektorius.

Žaliavų ir produkto kokybinė RSDA atlikta naudojant *ADVANCE D 8* rentgeno difraktometrą ir standartinį mėginių laikiklį, pritaikytą biriems 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 tabletę, inertine medžiaga naudotas KBr.

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

Granulių drėgmės kiekis nustatytas naudojant drėgmės analizatorių *KERN MLS*, kuriame temperatūros intervalas kinta nuo 35 °C iki 120 °C. Analizuojamos medžiagos masė ~0,2 g, kiekvienas bandinys buvo tiriamas 3 kartus ir rezultatas pateikiamas kaip trijų matavimų aritmetinis vidurkis.

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

Granulių stipriui nustatyti buvo naudojamas granulių stiprio matuoklis *IPG-2*, kurio didžiausia galia 200 N/granulei. Stipris nustatytas traiskant 20 granulių ir skaičiuojant aritmetinį vidurkį.

Laisvai supiltų trąšų piltinis tankis nustatytas pagal LR standartą LST EN 1235:2002/A1:2005. Pirmiausiai elektroninėmis svarstyklėmis ±0,001 g tikslumu pasveriamas tuščias graduotas matavimo cilindras, o paskui cilindras su granulėmis. Laisvai supiltų trąšų piltinis tankis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\rho_{pilt.} = \frac{m_2 - m_1}{V}, \text{ kg/m}^3; \quad (2.1)$$

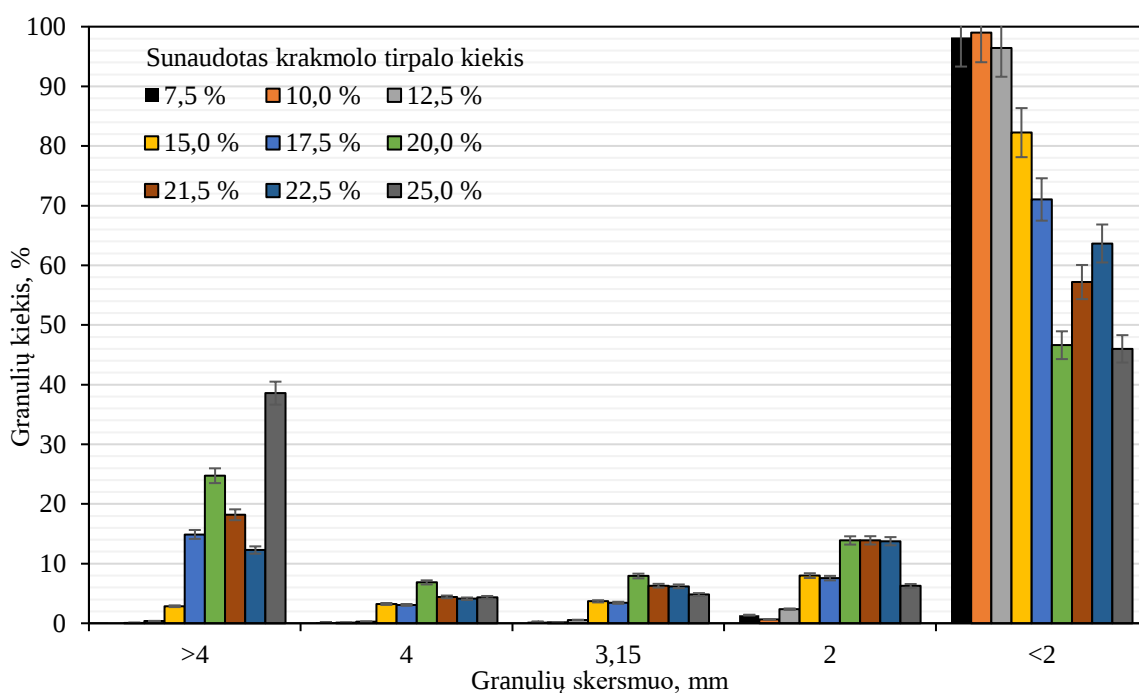
čia: m_1 – tuščio cilindro masė; m_2 – cilindro su granulėmis masė; V – matavimo cilindro tūris.

Higroskopiškumas buvo nustatytas laikant granuliuotas MAP trąšas ekstremaliomis sąlygomis virš vandens, t. y. 100 % drėgmės ir 23±1 °C temperatūros aplinkoje, ir virš sotaus NaNO₂ tirpalo, t. y. ~62 % drėgmės ir 23±1 °C temperatūros aplinkoje.

2.2. Rezultatai ir jų aptarimas

2.2.1. Amonio dihidrofosfato su cinku granuliavimas

Norint pagaminti 200 g trąšų, kurių markė yra NP + Zn (12–61 + 0,2 Zn), granuliavimo mišinys sudaryta iš kristalinio 199,01 g $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ir 0,99 g ZnSO_4 , kaip rišiklis į žaliavų mišinį buvo įterpiamas skirtingas kiekis skirtingos koncentracijos krakmolo tirpalo. Žaliavos buvo granuliuojamos 8 minutes būgniniame granuliatoriuje-džiovykloje, palaikant 60 °C temperatūrą. Pradžioje bandymai atlikti su 3 % koncentracijos krakmolo tirpalu. Sugranuliuoto produkto granuliometrinė sudėtis pateikta 2.2 paveiksle ir 1 priede, o granuliavimo sąlygos pateiktos 2.1 lentelėje.



2.2 pav. Sugranuliuotų trąšų granuliometrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas 3 % krakmolo tirpalo kiekis

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

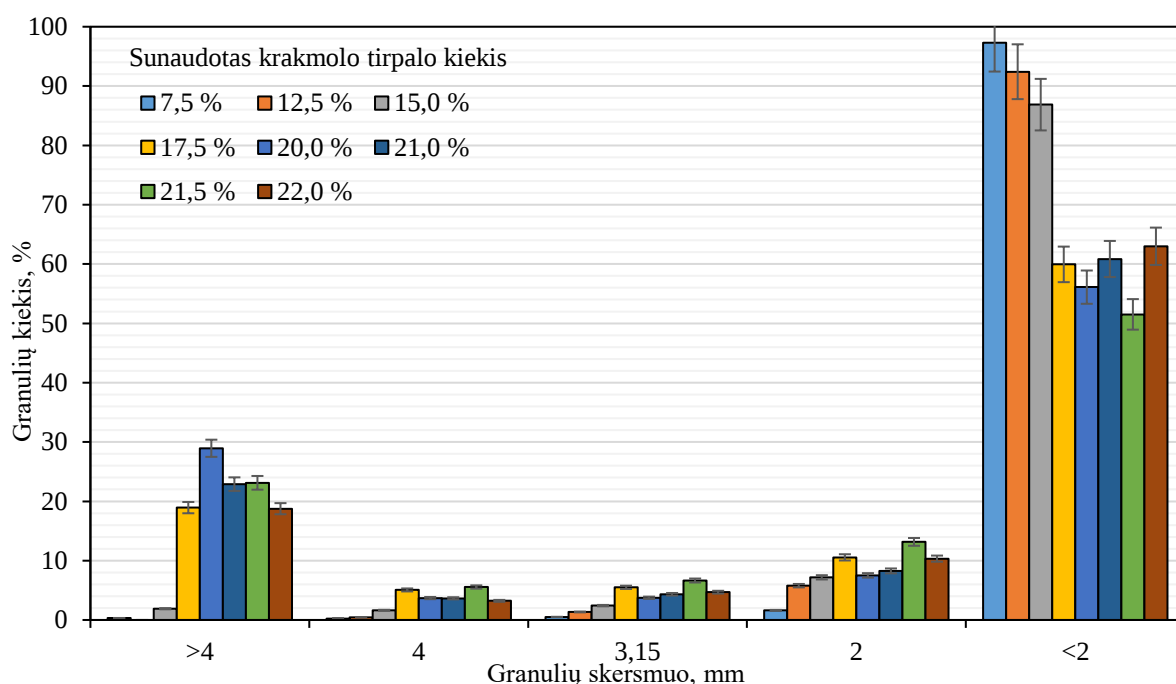
Rišiklis	3 % krakmolo tirpalas								
Rišiklio kiekis, g	15	20	25	30	35	40	43	45	50
Rišiklio kiekis, %	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	21,5	22,5	25
Pradinio mišinio drėgmė, %	-	-	-	-	-	9,52	17,90	14,73	20,72

Iš 2.2 paveiksle pateiktų rezultatų matyti, kad į žaliavų mišinį pridėjus mažiausią 7,5 % naudojamo rišiklio (3 % koncentracijos krakmolo tirpalo) kiekį, po granuliavimo vyrauja mažesnė nei 2 mm frakcija. Padidinus rišiklio kiekį iki 25 % vyrauja stambi (>4 mm) ir smulki (<2 mm) frakcijos. Optimaliausias rišiklio kiekis, kai gaunama daugiausiai produkcinės frakcijos (28,56 %), yra 20 %, o smulkioji ir stambioji frakcijos sudaro atitinkamai 46,45 % ir 24,65 %. Kaip produktas, šios frakcijos nėra tinkamos, tačiau technologinėse linijose jos panaudojamos kaip returas. Ekonomiškai efektyviau tiesiogiai returo pavidalu naudoti smulkesniąją frakciją, nes naudojant daugiau stambesnės frakcijos reikės ją papildomai smulkinti.

Toliau kristalinis amonio dihidrofosfatas buvo granuliuojamas su 4 % koncentracijos krakmolo tirpalu. Granuliavimo sąlygos pateikiamos 2.2 lentelėje, o gautų granulių granuliometrinė sudėtis pateikiama 2.3 paveiksle ir 2 priede.

2.2 lentelė. MAP granuliavimo sąlygos, kai naudojamas rišiklis – 4 % krakmolo tirpalas

Rišiklis	4 % krakmolo tirpalas							
Rišiklio kiekis, g	15	25	30	35	40	42	43	44
Rišiklio kiekis, %	7,5	12,5	15,0	17,5	20,0	21,0	21,5	22,0
Pradinio mišinio drėgmė, %	8,81	10,39	13,65	13,51	16,14	18,12	17,51	13,79



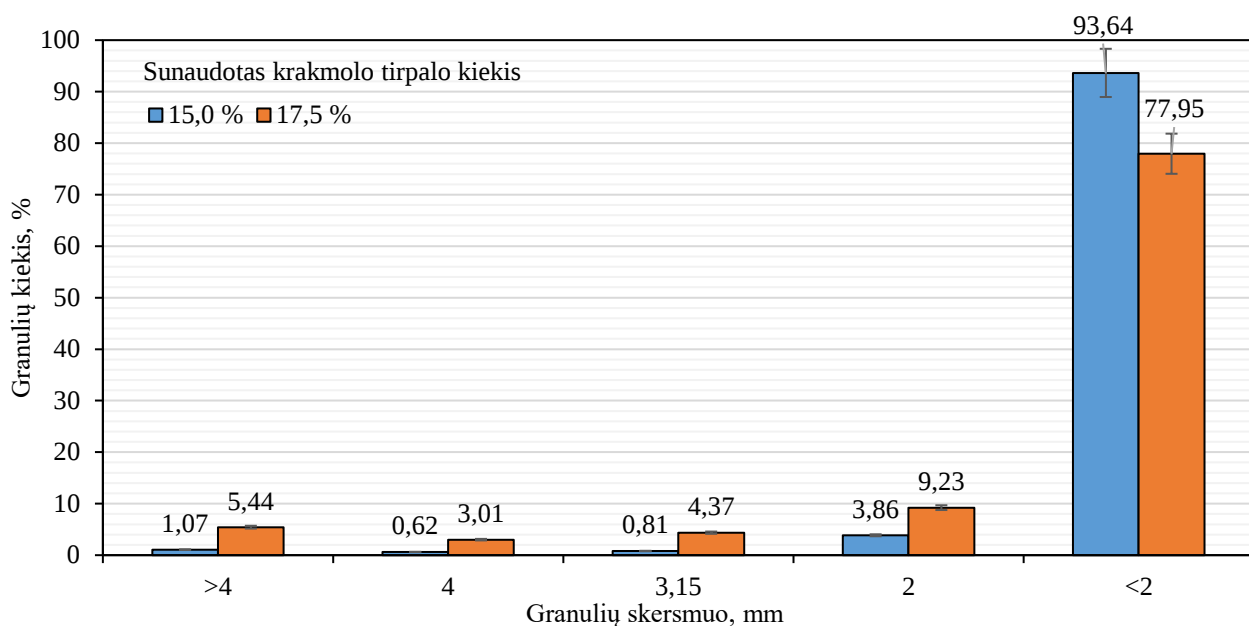
2.3 pav. Sugranuliuotų trąšų granuliometrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas 4 % krakmolo tirpalo kiekis

Iš pateiktų rezultatų matyti, kad naudojant 4 % koncentracijos krakmolo tirpalą ir bendrame žaliavų mišinyje jo dedant iki 15,0 %, vyrauja smulkioji granulių frakcija. Rišiklio kiekį padidinus iki 21,5 % gaunamas didžiausias kiekis produkcinės frakcijos (25,34 %), o smulkioji ir stambioji frakcijos atitinkamai sumažėja ir atitinkamai sudaro 23,12 % ir 51,51 %.

Norint įsitikinti, kad didinant krakmolo tirpalo koncentraciją produkcinės frakcijos kiekis didėja, buvo keičiamos granuliavimo sąlygos ir granuliavimas atliekamas su 5 % koncentracijos krakmolo tirpalu, sąlygos pateikiamos 2.3 lentelėje, gautų granulių granuliometrinė sudėtis pateikiama 2.4 paveiksle.

2.3 lentelė. MAP granuliavimo sąlygos, kai naudojamas rišiklis – 5 % krakmolo tirpalas

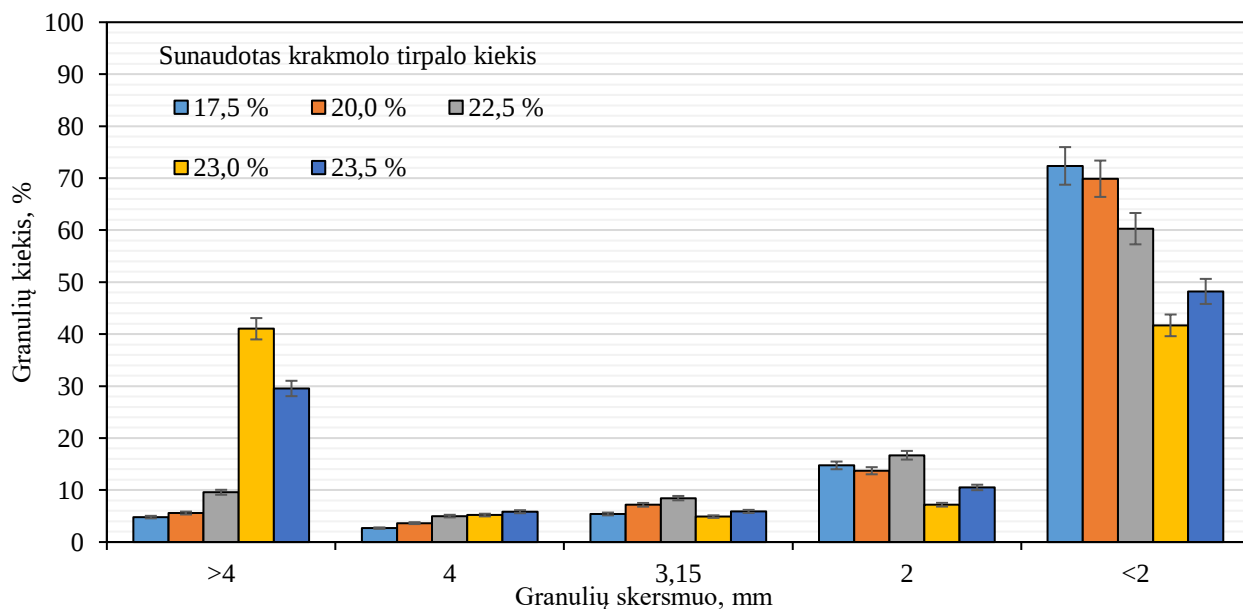
Rišiklis	5 % krakmolo tirpalas	
Rišiklio kiekis, g	30	35
Rišiklio kiekis, %	15,0	17,5
Pradinio mišinio drėgmė, %	13,79	18,26



2.4 pav. Sugranuliuotų trąšų granulimetrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas 5 % krakmolo tirpalo kiekis

Iš gautų duomenų matyti, kad naudojant 5 % koncentracijos krakmolo tirpalą vyraujanti frakcija yra smulki (93,64 % ir 77,95 %), produkcinės frakcijos susidaro atitinkamai 5,29 % ir 16,61 %. Matyti, kad produkcinės frakcijos kiekis nedidėja, didinant krakmolo tirpalo koncentraciją.

Toliau eksperimentas atliekamas naudojant 2 % krakmolo tirpalą. Gautų granulių granulimetrinė sudėtis pateikiama 2.5 paveiksle ir 3 priede.



2.5 pav. Sugranuliuotų trąšų granulimetrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas 2 % krakmolo tirpalo kiekis

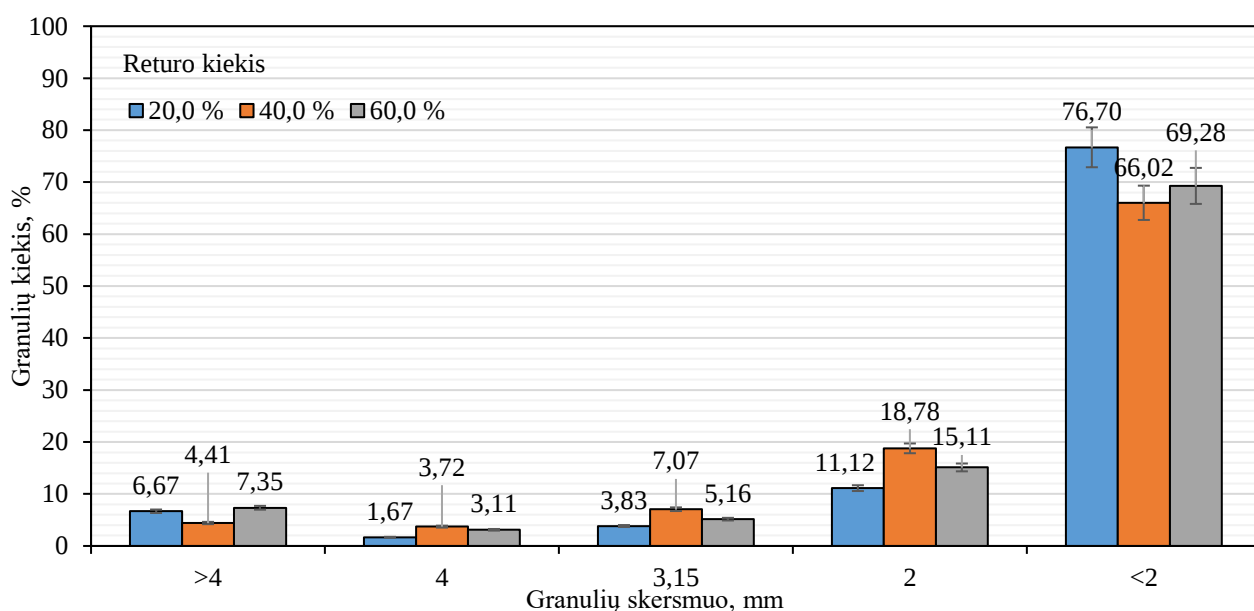
Iš gautų rezultatų matyti, kad didinant 2 % koncentracijos krakmolo tirpalo kiekį, produkcinės frakcijos kiekis didėja, esant 22,5 % rišiklio gaunama 30,09 % produkcinės frakcijos. Tačiau labiausiai vyraujanti frakcija išlieka smulki, jos gaunama apie 60–70 %.

Kaip matyti iš pateiktų rezultatų, kiekvieno granuliavimo metu susidaro ne tik produkcinė, bet ir smulki bei stambi frakcijos. Šios dvi frakcijos dažnai naudojamos kaip papildomas žaliavų mišinio

srautas – returas, kuris padidina granuliavimo efektyvumą. Returas nekeičia cheminės sudėties ir leidžia vykdyti granuliavimo procesą be atliekų. Todėl toliau eksperimentas vykdomas tiekiant žaliavų mišinį su tam tikru kiekiu returo, tuo pačiu keičiant rišiklio – krakmolo tirpalo – koncentraciją. Todėl, naudojant 2 % koncentracijos krakmolo tirpalą, žaliavų mišinyje buvo keičiamas jo kiekis ir sudarė 20, 40 ir 60 %. Visos šios granuliavimo serijos sąlygos pateikiamos 2.4 lentelėje, o gautų granulių granuliometrinė sudėtis pateikiama 2.6 paveiksle.

2.4 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai naudojamas 2 % koncentracijos krakmolo tirpalas ir 20, 40, 60 % returo

Rišiklio kiekis		Returo kiekis		Rišiklis
g	%	g	%	2 % krakmolo tirpalas
45	22,5	40	20	
		80	40	
		120	60	



2.6 pav. Sugrąžintų trąšų granuliometrinė sudėtis, kai naudojamas skirtingas returo kiekis, o žaliavų mišinyje buvo 22,5 % krakmolo tirpalo, kurio koncentracija 2 %

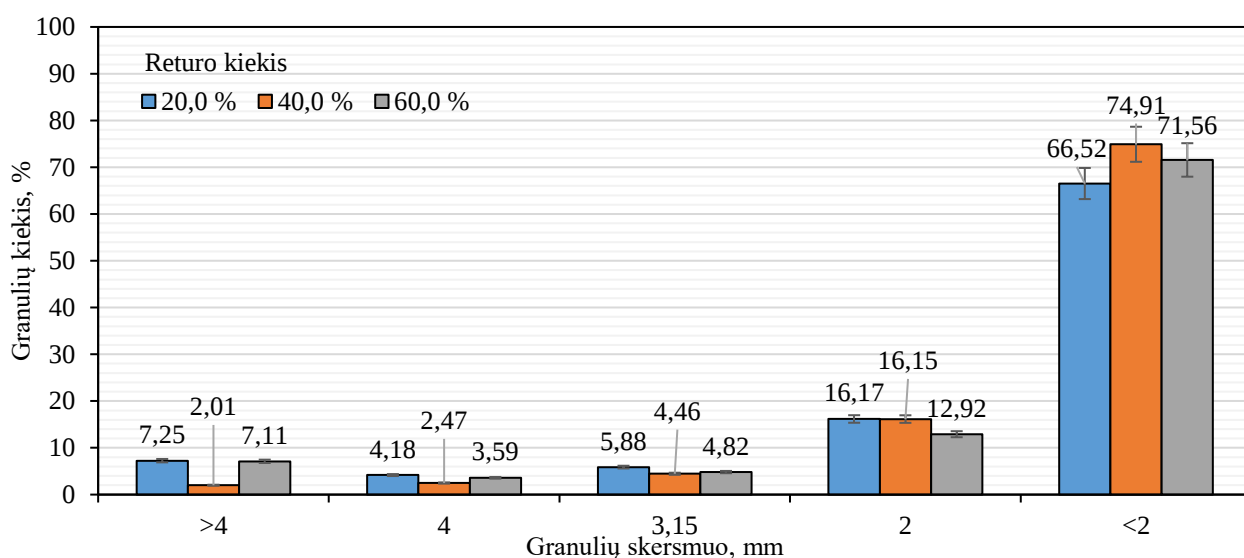
Iš gautų rezultatų matyti, kad vyraujanti frakcija išlieka smulki (<2 mm), t. y. apie 66–76 %. Didžiausias kiekis (29,52 %) produkcinės frakcijos gaunamas, naudojant 40 % returo kiekį. Tačiau iš esmės returo pridėjimas nepagerino granuluoto produkto granuliometrinės sudėties.

Kristalinio amonio dihidrofosfato granuliavimo sąlygos, kai naudotas 3 % koncentracijos krakmolo tirpalas ir skirtingas (20, 40 ir 60 %) returo kiekis, pateikiamos 2.5 lentelėje.

2.5 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai naudojamas 3 % koncentracijos krakmolo tirpalas ir skirtingas returo kiekis

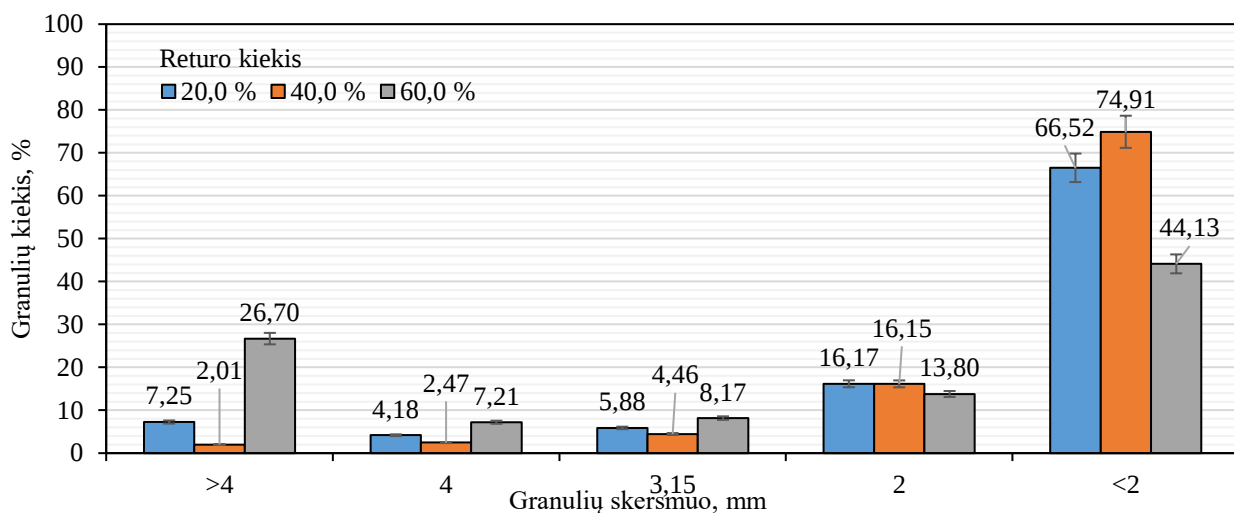
Rišklio kiekis		Returo kiekis		Riškis
g	%	g	%	
40	20,0	40	20	3 % krakmolo tirpalas
		80	40	
		120	60	
43	21,5	40	20	
		80	40	
		120	60	
45	22,5	40	20	
		80	40	
		120	60	

Gauto granuliuto amonio dihidrofosfato granulių granulimetrinė sudėtis pateikiama 1.7–1.9 paveiksluose.



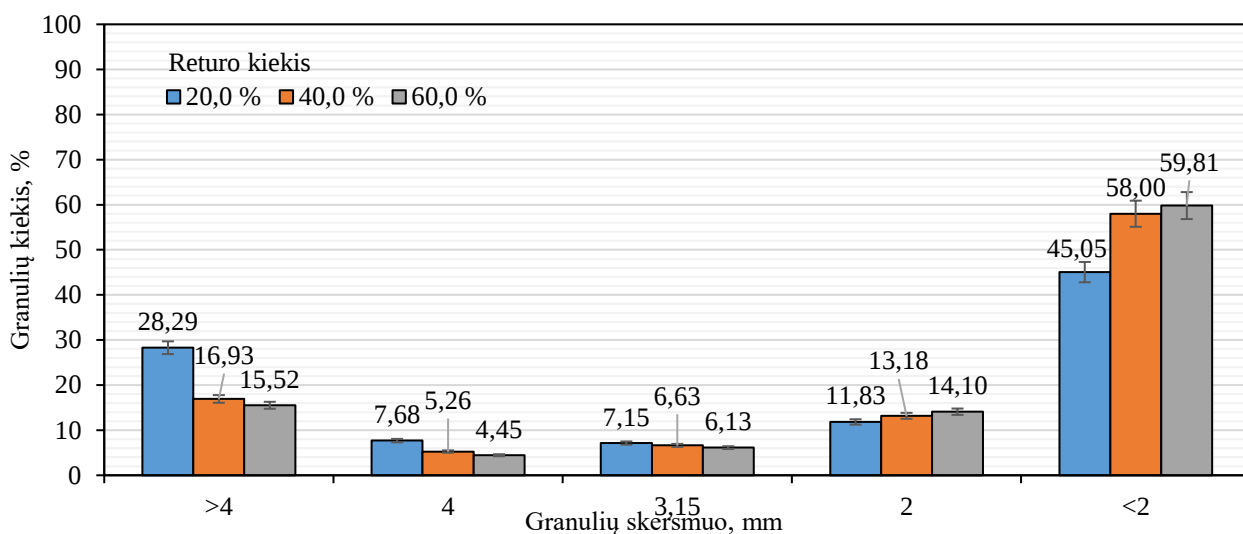
2.7 pav. Sugrąžintų trąšų granulimetrinė sudėtis, kai naudojamas skirtingas returo kiekis, o žaliavų mišinyje buvo 20,0 % krakmolo tirpalo, kurio koncentracija 3 %

Iš 2.7 paveikslo matyti, kad naudojant 20 % rišklio ir skirtingą kiekį returo, produkcinės frakcijos kiekis nepadidėjo, vyrauja frakcija yra smulki. Didžiausias kiekis produkcinės frakcijos (26,20 %) gaunama, kai naudojamas 20 % returo kiekis.



2.8 pav. Sugranuliuotų trąšų granuliometrinė sudėtis, kai naudojamas skirtingas returo kiekis, o žaliavų mišinyje buvo 21,5 % krakmolo tirpalo, kurio koncentracija 3 %

Iš 2.8 paveikslo matyti, kad naudojant 21,5 % rišiklio (3 % koncentracijos krakmolo tirpalo) ir skirtingą returo kiekį, vyrauja smulkioji ir stambioji frakcijos. Didžiausias kiekis produkcinės frakcijos (29,15 %) gaunama, kai naudojama 60 % returo.



2.9 pav. Sugranuliuotų trąšų granuliometrinė sudėtis, kai naudojamas skirtingas returo kiekis, o žaliavų mišinyje buvo 22,5 % krakmolo tirpalo, kurio koncentracija 3 %

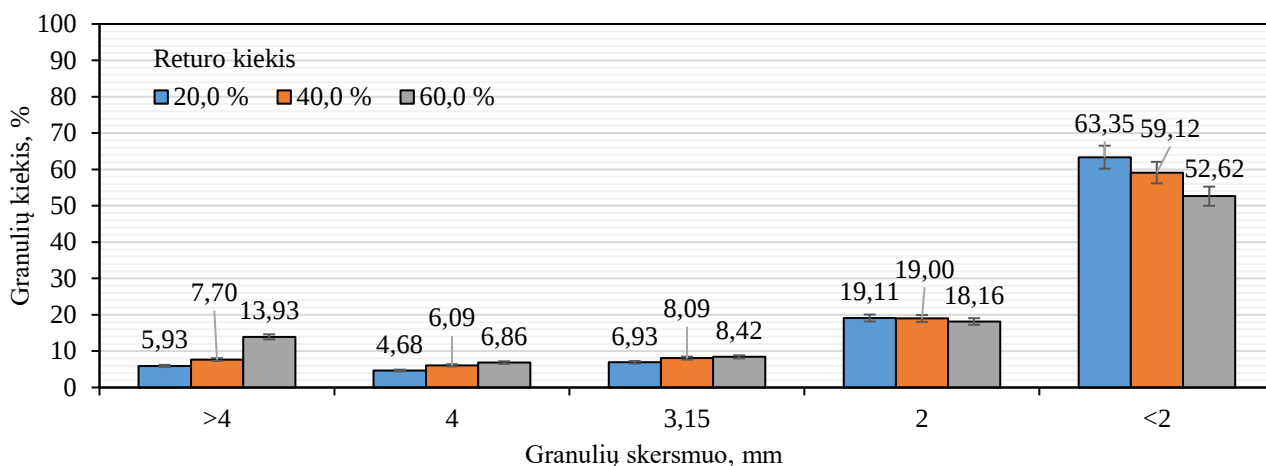
Iš 2.9 paveikslo matyti, kad naudojant 22,5 % rišiklio (3 % koncentracijos krakmolo tirpalo) ir didinant returo kiekį, mažėja produkcinės frakcijos kiekis. Didžiausias kiekis (26,63 %) produkcinės frakcijos gaunamas, naudojant 20 % returo.

Iš 2.7–2.9 paveikslų matyti, kad geriausios sąlygos, norint gauti didžiausią kiekį produkcinės frakcijos, kai naudojamas 3 % koncentracijos krakmolo tirpalo kiekis 21,5 % ir returo kiekis 60 %.

Toliau naudojant tuos pačius returo kiekius, t. y. 20, 40 ir 60 %, buvo bandoma atlikti granuliavimo procesą su rišikliu – 4 % koncentracijos krakmolo tirpalu, granuliavimo sąlygos pateikiamos 2.6 lentelėje, granuliometrinė sudėtis pateikiama 2.10 paveiksle.

2.6 lentelė. Kristalinio MAP granuliavimo sąlygos, kai naudojamas 4 % krakmolo tirpalas ir 20, 40, 60 % returo

Rišklio kiekis		Returo kiekis		Riškis
g	%	g	%	
35	17,5	40	20	
		80	40	4 % krakmolo tirpalas
		120	60	



2.10 pav. Sugrąnuliuotų trąšų granulimetrinė sudėtis, kai naudojamas skirtingas returo kiekis, o žaliavų mišinyje buvo 17,5 % krakmolo tirpalo, kurio koncentracija 4 %

Iš 2.10 paveikslo matyti, kad naudojant 17,5 % rišklio (4 % koncentracijos krakmolo tirpalo) ir 60 % returo, gaunamas didžiausias kiekis produkcinės frakcijos, t. y. 33,41 %. Iš ankščiau pateiktų duomenų, tai yra geriausios sąlygos naudojant returą.

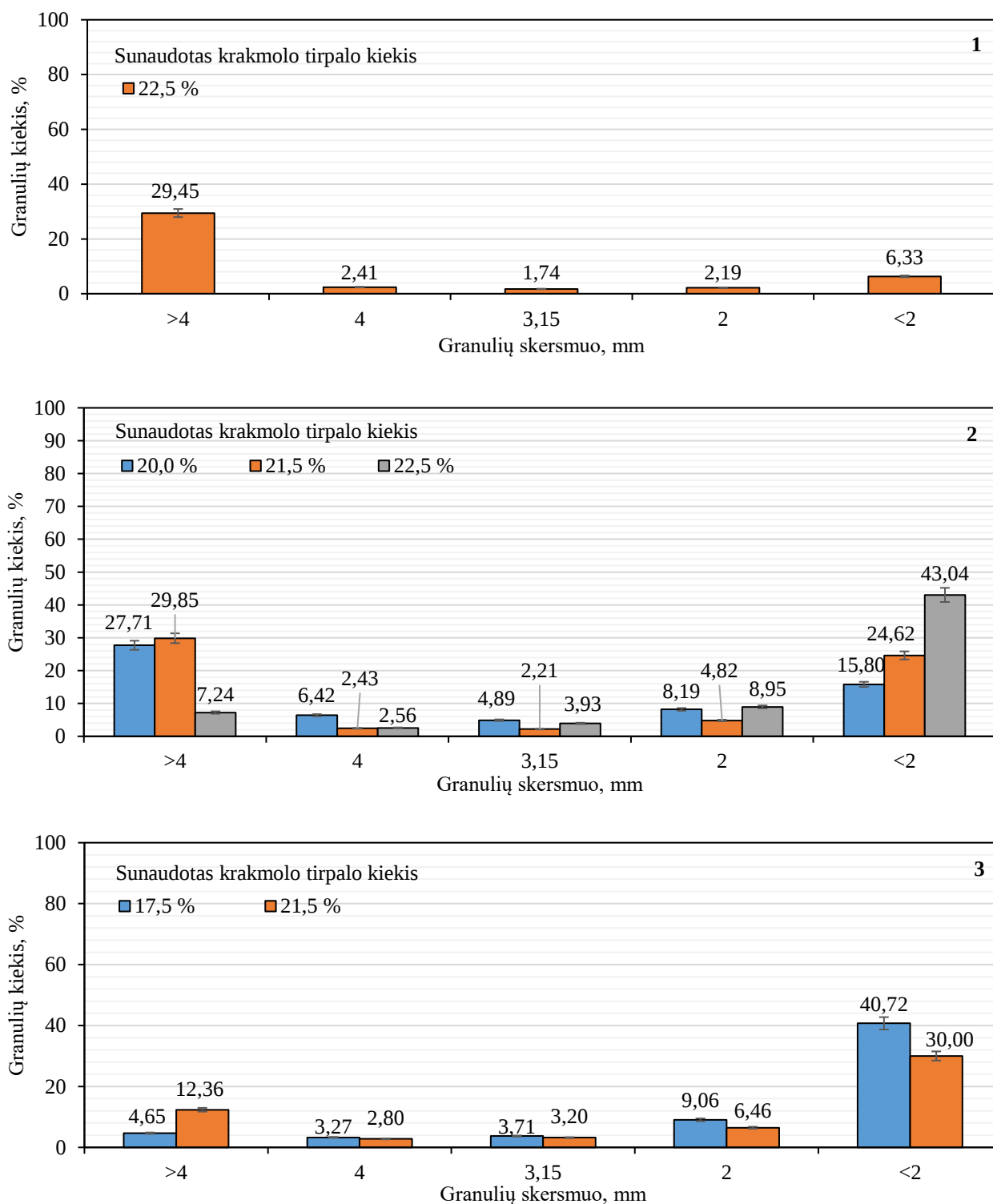
Apibendrinant atliktus kristalinio MAP su cinko sulfatu, kai cinko kiekis yra 0,2 %, granuliavimo, naudojant kaip riškį krakmolo tirpalą, tyrimo rezultatus, galima teigti, kad optimaliausios sąlygos, kuriomis gaunamas didžiausias prekinės frakcijos kiekis yra: 2 % koncentracijos krakmolo tirpalas, o jo kiekis bendrame žaliavų mišinyje yra 22,5 %. Tačiau granuliavimo procesą atliekant su returu, optimaliausia naudoti 4 % krakmolo tirpalą ir 60 % returo.

Toliau eksperimentas atliekamas padidinus cinko kiekį iki 1 %, trąšų markė yra NP+Zn (12–61+Zn), granuliavimo mišinys sudarytas iš kristalinio 195,05 g $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ir 4,95 g ZnSO_4 , kaip riškis į žaliavų mišinį buvo įterpiamas įvairus kiekis skirtingos koncentracijos krakmolo tirpalas. Rišklio koncentracija ir kiekiai parinkti optimaliausi iš ankščiau pateiktų rezultatų. Granuliavimas atliekamas su 2 % krakmolo tirpalu, o jo kiekis bendrame žaliavų mišinyje yra 22,5 %; su 3 % krakmolo tirpalu, kiekis bendrame žaliavų mišinyje buvo keičiamas 20,0, 21,5 ir 22,5 %; su 4 % krakmolo tirpalu, kiekis buvo keičiamas 17,5 ir 21,5 % (2.7 lentelė).

2.7 lentelė. MAP granuliavimo sąlygos su 1 % cinko, kai naudojamas skirtingas krakmolo tirpalo koncentracija ir kiekis

Rišklio (krakmolo tirpalo) koncentracija	2 %	3 %			4 %	
Rišklio kiekis, g	45	35	40	43	35	40
Rišklio kiekis, %	22,5	17,5	20,0	21,5	17,5	20,0
Pradinio mišinio drėgmė, %	26,895	14,143	18,834	11,423	15,113	17,915

Gautų granulių granulimetrinės sudėties rezultatai pateikiami 2.11 paveiksle.



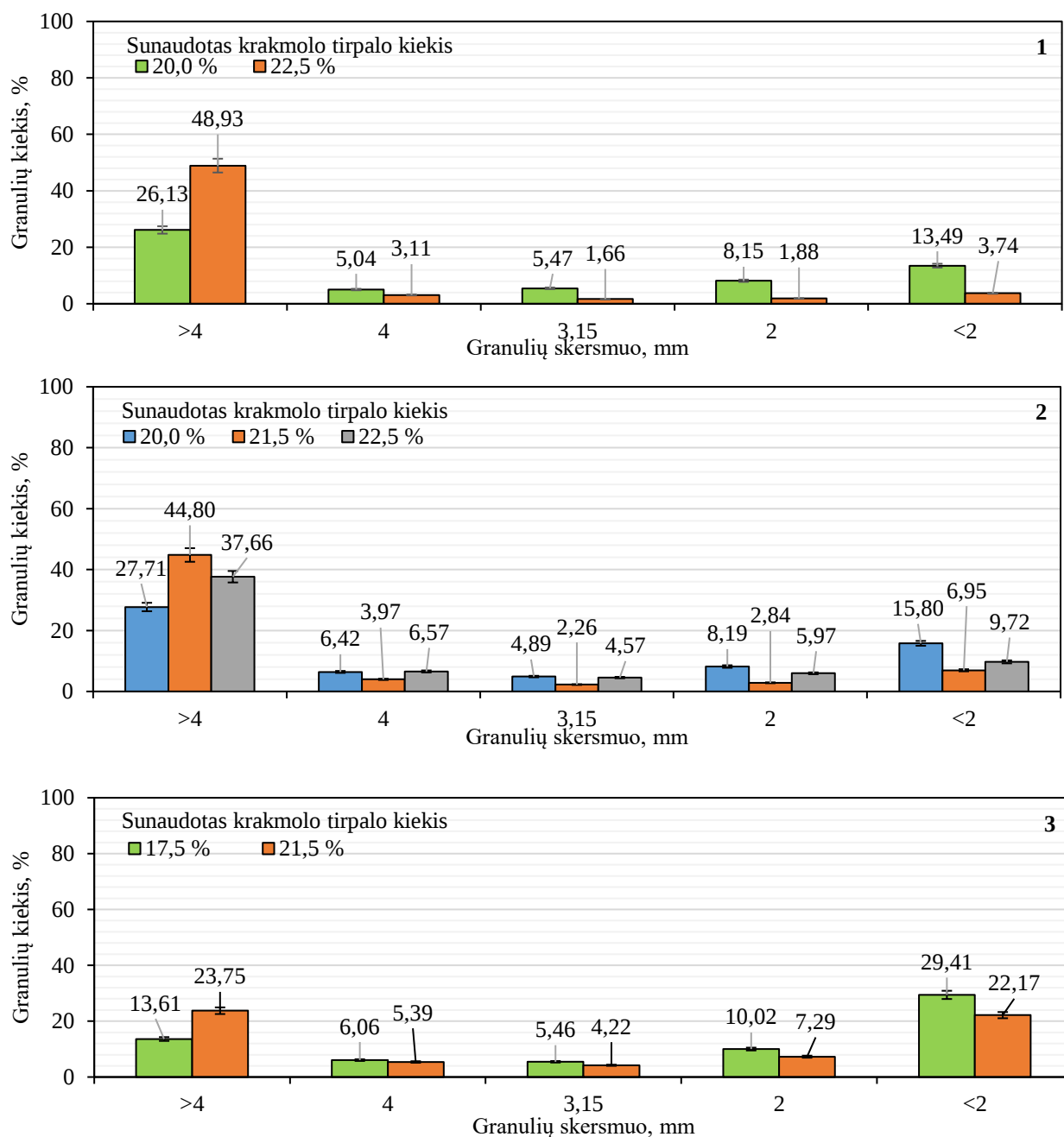
2.11 pav. MAP su 1 % cinko granulių granulimetrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas krakmolo tirpalo kiekis ir koncentracija: 1 – 2 %; 2 – 3 %; 3 – 4 %

Iš rezultatų matyti, kad padidinus cinko kiekį žaliavoje, produkcinės frakcijos susidaro mažiau nei naudojant 0,2 % cinko. Eksperimentiniai rezultatai nesutampa su ankščiau pateiktais rezultatais, nes 2.11 paveiksle matyti, kad didžiausias kiekis (26,98 %) produkcinės frakcijos (2–4 mm) susidaro naudojant 3 % koncentracijos krakmolo tirpalą, kurio kiekis bendrame žaliavų mišinyje yra 20,0 %.

Toliau eksperimentiniuose tyrimuose taip pat buvo bandoma mikroelementą – cinką – įterpti chelato pavidalu, t. y. panaudojant cinko chelatą (Zn-EDTA), taikant tas pačias anksčiau aptartas optimaliausias sąlygas. Granuliavimo sąlygos pateikiamos 2.8 lentelėje, o granulimetrinės sudėties rezultatai pateikiami 2.12 paveiksle.

2.8 lentelė. MAP granuliavimo sąlygos su Zn-EDTA, kai naudojamas skirtingas krakmolo tirpalo koncentracija ir kiekis

Rišklio (krakmolo tirpalo) koncentracija	2 %		3 %			4 %	
Rišklio kiekis, g	40	45	40	43	45	35	40
Rišklio kiekis, %	20,0	22,5	20,0	21,5	22,5	17,5	20,0
Pradinio mišinio drėgmė, %	7,919	5,361	5,899	5,523	7,594	8,902	5,879



2.12 pav. MAP su cinko chelatu granulių granulimetrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas krakmolo tirpalo kiekis ir koncentracija: 1 – 2 %; 2 – 3 %; 3 – 4 %

Iš gautų rezultatų matyti, kad granuliavimo metu naudojant 2 ir 3 % koncentracijos krakmolo tirpalą (žr. 2.12 pav. 1 ir 2) visuose bandiniuose, vyrauja stambioji frakcija (>4 mm) frakcija. Daugiausiai stambiosios frakcijos (48,93 %) susidaro, kai amonio dihidrofosfatas granuliuojamas su 2 % koncentracijos krakmolo tirpalu, o jo kiekis bendrame žaliavų mišinyje yra 22,5 %. Panašus stambiosios frakcijos kiekis (44,80 %) susidaro granuliavimo metu naudojant 3 % koncentracijos krakmolo tirpalą, o jo kiekį žaliavų mišinyje sumažinus iki 21,5 %. Kai krakmolo tirpalo koncentracija buvo padidinta iki 4 % (žr. 2.12 pav. 3), sumažėjo stambiosios frakcijos kiekis (13,61–23,75 %). Tačiau lyginant su bandiniais, kai krakmolo tirpalo koncentracija buvo mažesnė (2.12 pav. 1 ir 2), smulkiosios frakcijos (<2 mm) kiekis padidėjo (22,17–29,41 %). Tačiau produkcinė frakcija (2–4 mm) sudaro mažą dalį: 6,65–18,6 % (kai krakmolo tirpalo koncentracija 2 %); 9,07–19,5 % (kai krakmolo tirpalo koncentracija 3 %) – 16,90–21,54 % (kai krakmolo tirpalo koncentracija 4 %). Bet galima pastebėti, kad didinant krakmolo tirpalo koncentraciją didėja ir produkcinės frakcijos kiekis.

Įvertinus ankščiau aptartas sąlygas ir įvairių faktorių įtaką buvo atrinkti 5 geriausiai bandiniai, naudojant 0,2 % cinko, 6 bandiniai, naudojant 1 % cinko, 7 bandiniai, naudojant cinko chelatą. Ištirtos šių bandinių savybės pateikiamos 2.9–2.11 lentelėse.

2.9 lentelė. MAP su ZnSO₄ (0,2 % cinko) gautų granulių fizikinės cheminės savybės

Fizikinės savybės	Krakmolo tirpalo koncentracija / kiekis, %				
	2 / 22,5	3 / 20,0	3 / 21,5	3 / 22,5	4 / 17,5
10 % tirpalo pH	3,60	3,70	3,70	3,65	3,75
Piltinis tankis, kg/m ³	554,0	612,4	603,4	590,4	611,6
Granulių stipris, N/gran	6,54	11,66	9,39	8,74	9,70
Granulių drėgmė, %	1,644	1,624	2,078	1,899	2,405

2.10 lentelė. MAP su ZnSO₄ (1 % cinko) gautų granulių fizikinės cheminės savybės

Fizikinės savybės	Krakmolo tirpalo koncentracija / kiekis, %					
	2 / 22,5	3 / 17,5	3 / 20,0	3 / 21,5	4 / 17,5	4 / 20,0
10 % tirpalo pH	3,55	3,50	3,40	3,45	3,50	3,55
Piltinis tankis, kg/m ³	519,2	598,0	575,8	550,8	578,0	562
Granulių stipris, N/gran	8,96	9,40	9,53	8,93	8,15	8,81
Granulių drėgmė, %	1,770	2,230	2,237	2,158	2,128	2,096

2.11 lentelė. MAP su Zn-EDTA (0,2 % cinko) gautų granulių fizikinės cheminės savybės

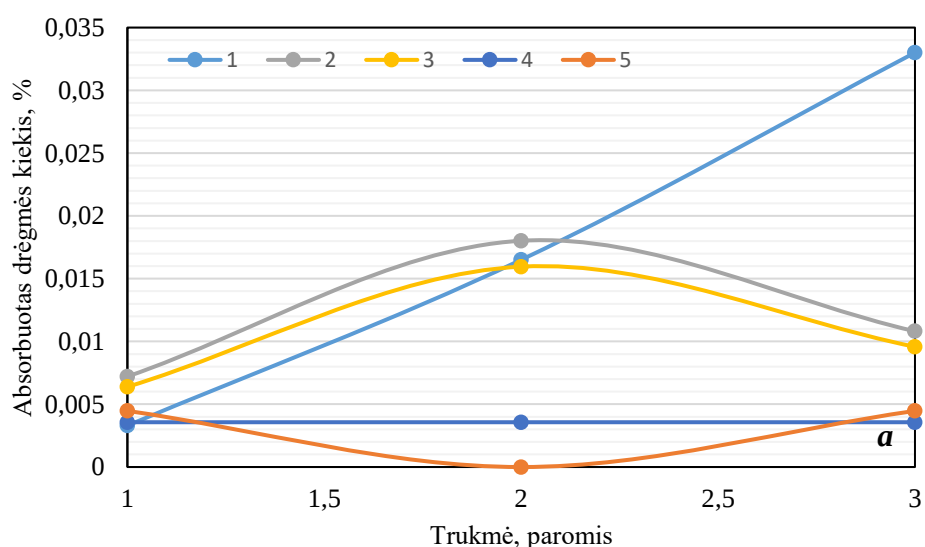
Fizikinės savybės	Krakmolo tirpalo koncentracija / kiekis, %						
	2 / 20,0	2 / 22,5	3 / 20,0	3 / 21,5	3 / 22,5	4 / 17,5	4 / 21,5
10 % tirpalo pH	3,55	3,60	3,85	3,90	3,95	3,6	3,7
Piltinis tankis, kg/m ³	588,4	518,4	557,2	580,2	547,2	593,2	556,4
Granulių stipris, N/gran	15,80	9,31	13,81	18,39	15,34	13,45	13,18
Granulių drėgmė, %	2,093	1,727	1,675	1,608	1,664	1,822	1,013

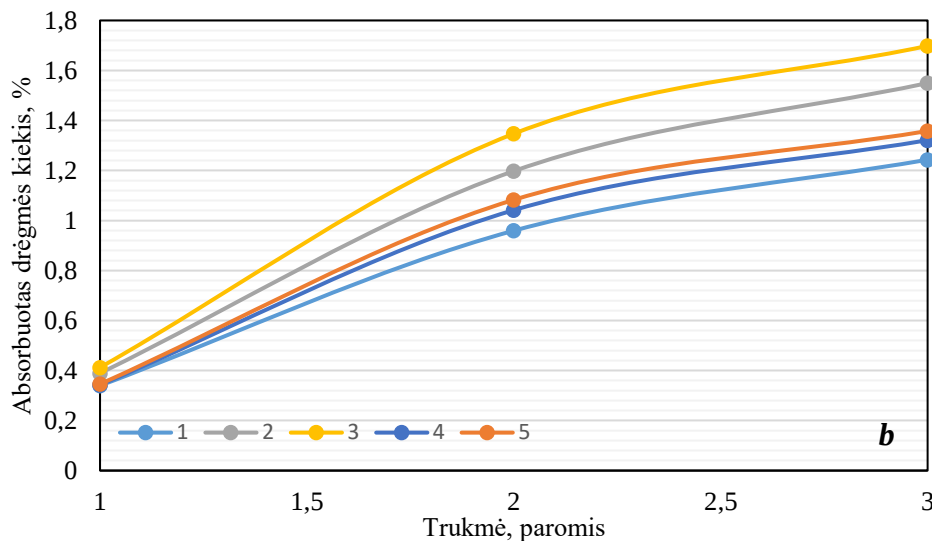
Ištirus granulioto produkto savybes nustatyta, kad gautų granulių 10 % tirpalų pH svyruoja ribose apie 3,7 ir yra nežymiai didesnis lyginant su kristalinių MAP trąšų pH, kurios vertė yra 3,5. Todėl galima teigti, kad krakmolo tirpalas nežymiai padidina trąšų pH, nes cinko sulfato pH yra 2,85, tačiau granuliavimo metu įterpiant cinko chelatą, kurio pH yra 3,65, galima manyti, kad jis taip pat padidina trąšų pH. Išdžiovintų trąšų drėgmė nėra didelė ir svyruoja ribose nuo 1,0 iki 2,4 %. Granuliuotų trąšų piltinis tankis visais atvejais panašus, svyruoja nuo 518 iki 611 kg/m³. Išmatavus produkcinės frakcijos granulių stiprį, pastebimas duomenų išsibarstymas tarp bandinių. Iš 2.9 lentelės duomenų matyti, kad mažiausias stipris 6,54 N/granulei, o didžiausias 11,66 N/granulei, 2.10 lentelėje matyti, kad granulių stipriai didesni ir svyruoja nuo 8,15 iki 9,53 N/granulei, o labiausiai išsiskiria MAP trąšų su cinko chelatu stipriai, kurie svyruoja nuo 9,31 iki 18,39 N/granulei. Galima teigti, kad cinko chelatas sustiprina gautas granules.

Taip pat buvo ištirtas granuliuotų produktų, kurie buvo gauti MAP granuliuojant su cinko sulfato ir su cinko chelatu, higroskopiškumas (žr. 2.13–2.14 pav.). Po atlikto tyrimo nustatyta, kad produktai yra labai higroskopiški, kai laikomi ekstremaliomis sąlygomis virš vandens (žr. 2.13 pav. 2), t. y. 100 % drėgmės ir 23±1 °C temperatūros aplinkoje, tačiau visiškai nehigroskopiški, kai laikomi virš sotos NaNO₂ tirpalo (žr. 2.13 pav. 1), t. y. ~62 % drėgmės ir 23±1 °C temperatūros aplinkoje.



2.13 pav. Granulioto MAP + Zn nuotraukos: 2 – virš sotos NaNO₂ tirpalo, 1 – virš vandens





2.14 pav. Higroskopiskumo kreivės: a – virš sotaus NaNO_2 tirpalo, b – virš vandens, kai krakmolo tirpalo koncentracija / kiekis, %: 1 – 2 / 22,5; 2 – 3 / 20,0; 3 – 4 / 17,5; 4 – 2 / 20,0; 5 – 4 / 17,5

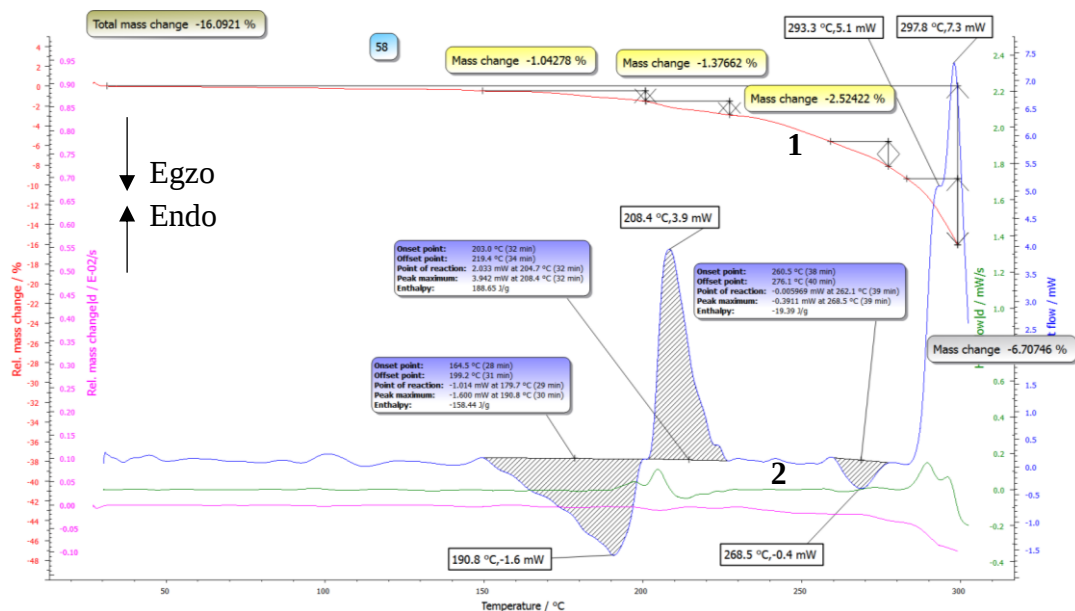
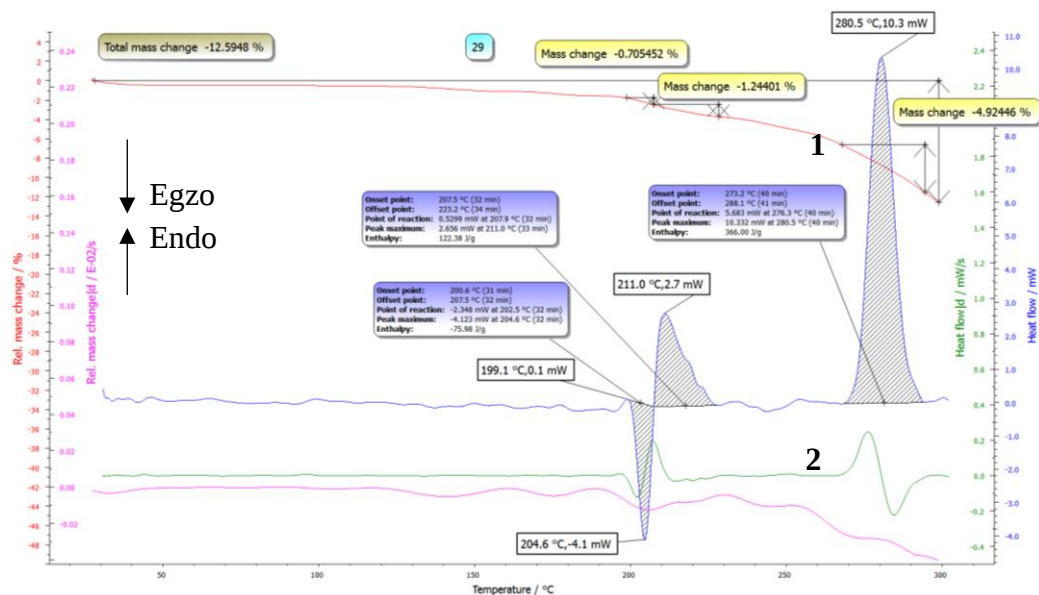
Iš 2.14 paveiksle pateiktų kreivių matyti, kad granuliuotus bandinius laikant ekstremaliomis sąlygomis virš sotaus NaNO_2 tirpalo, drėgmės kiekis kinta netolygiai, tačiau laikant virš vandens, visų bandinių masė padidėja ribose nuo 1,24 iki 1,70 %.

2.2.2. Instrumentinės analizės rezultatai

Siekiant išsamiai išanalizuoti sukurto produkto cheminę sudėtį ir savybes buvo atlikta vienalaiškė terminė analizė (VTA), rentgeno spindulių difrakcinė analizė (RSDA), infraraudonųjų spindulių analizė (FT-IR) ir skenuojanti elektroninė mikroskopija su elementų žemėlapiu (SEM-EDS). Visų granuliuoto produkto gavimui naudotų žaliavų minėtų analizių rezultatai pateikti prieduose, o tekste pateikti ir aprašyti tik granuliuoto produkto su cinko sulfato ir su cinko chelato priedu rezultatai.

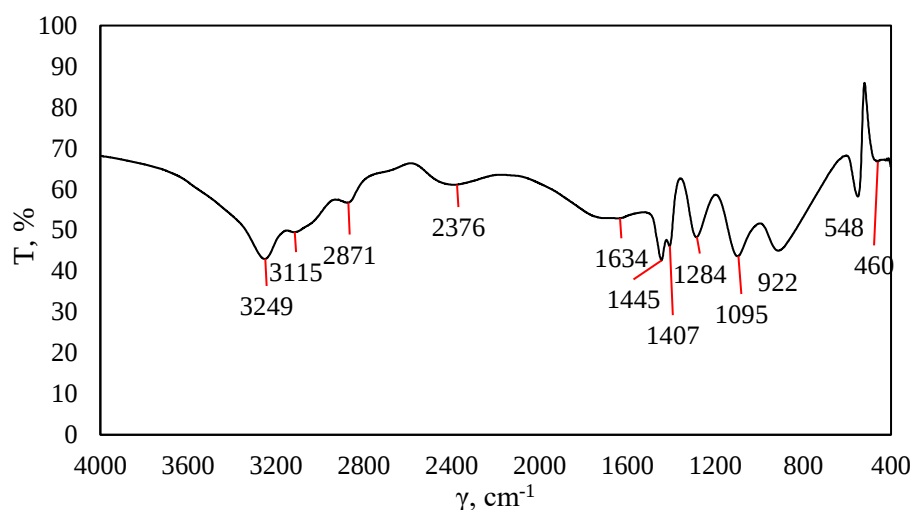
Projektuojamos gamybos proceso stadijose, žaliavos ir produktas veikiami aukšta temperatūra (90 °C), todėl naudojant VTA metodą siekiama ištirti produkto bei žaliavų terminį stabilumą. Žaliavų VTA kreivės pateikiamos 4 priede. Galima daryti išvadą, kad pagal MAP, kaip pagrindinės žaliavos, parametrus, tokios sudėties žaliavų mišinio terminio stabilumo riba galėtų būti 196 °C, tačiau reikia atsižvelgti, kad cinko junginių, ypač chelato, terminio stabilumo riba yra kur kas žemesnė (88,5 °C), todėl granuliavimo procesas buvo vykdomas palaikant kiek įmanoma žemesnę, t. y. 60 °C temperatūrą.

2.15 paveiksle pateikiama VTA kreivė, kai MAP granuliuojamas su cinko sulfatu, 2.16 paveiksle – MAP su cinko chelatu.

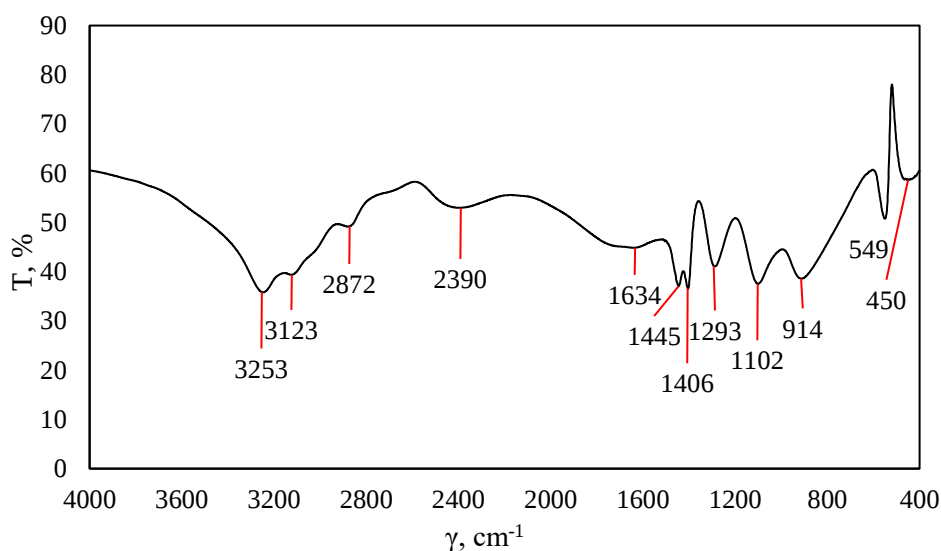


Iš gautų rezultatų matyti, kad granuliuotas produktas, kuriame yra cinko sulfato (žr. 2.15 pav.), pasižymi terminiu stabilumu iki 204 °C, o MAP su cinko chelatu (žr. 2.16 pav.) pasižymi terminiu stabilumu iki 190 °C. Iš rezultatų matyti, kad galutinio granuliuoto produkto terminis stabilumas yra didesnis, nei atskirų jį sudarančių komponentų.

Norint identifikuoti chemines jungtis ir funkcines grupes esančias žaliavose ir produkte, atliekama FT-IR analizė, taip pat įvertinama ar granuliuojimo-džiovinimo procese nevyksta cheminės reakcijos ir nesusidaro nauji cheminiai ryšiai. Analizei naudojama infraraudonųjų spindulių šviesa medžiagai ištirti, išmatuojamas sugertos šviesos ir atspindėtos šviesos kiekis. Žaliavų FT-IR kreivės pateikiamos 5 priede, MAP su cinko sulfatu produkto kreivė pavaizduota 2.17 paveiksle, o su cinko chelatu 2.18 paveiksle.



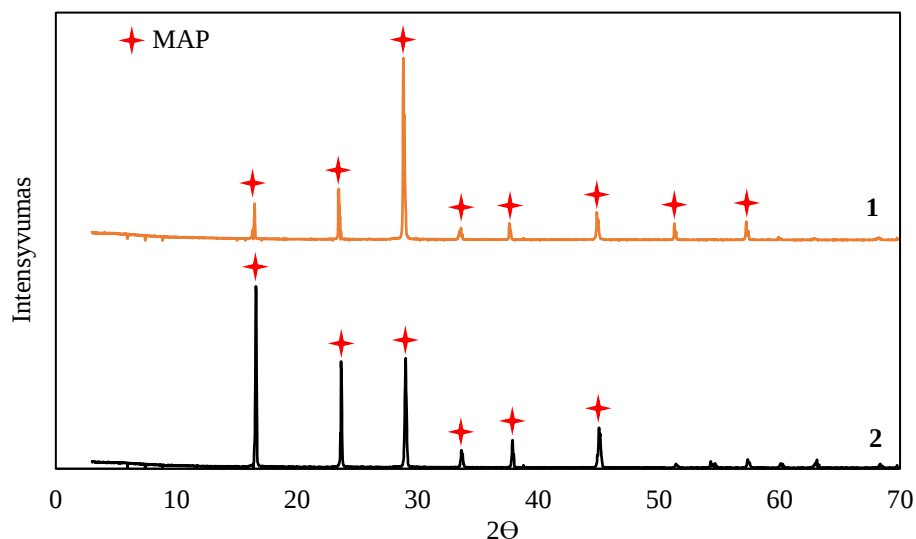
2.17 pav. MAP + cinko sulfatas (0,2 % Zn) granuliuojant su 2 % koncentracijos krakmolo tirpalu, kurio kiekis bendrame žaliavų mišinyje yra 22,5 %, FT-IR kreivė



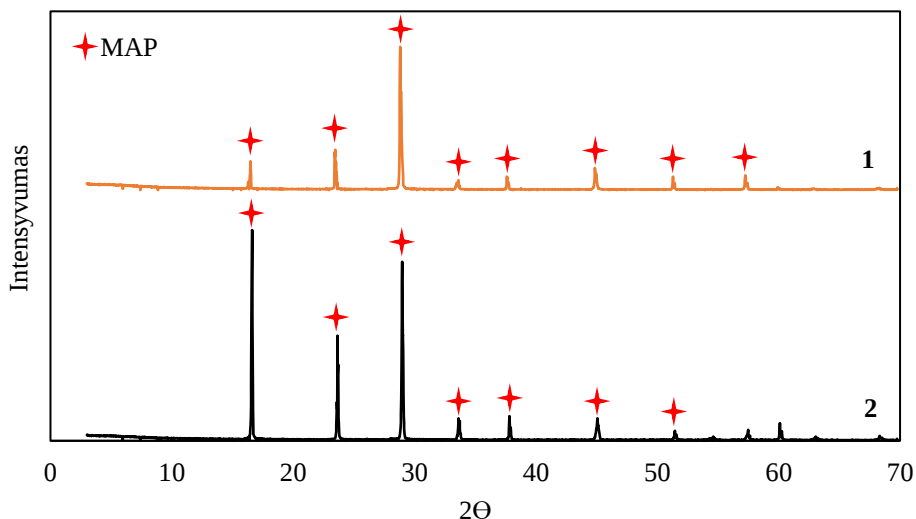
2.18 pav. MAP + cinko chelatas (0,2 % Zn) granuliuojant su 4 % koncentracijos krakmolo tirpalu, kurio kiekis bendrame žaliavų mišinyje yra 17,5 %, FT-IR kreivė

Iš analizės rezultatų matyti, kad aptinkamos amonio dihidrofosfatą identifikuojančios smailės: PO_4^{3-} (1286 cm^{-1}), P=O (1101 cm^{-1}) ir P=O-H (549 cm^{-1}), krakmolą identifikuoja produkto sudėtyje atsirandantis vanduo, C-H (2880 cm^{-1}) ir O-H (3248 cm^{-1}) grupės. Mikroelementas identifikuojamas randant SO_4^{2-} (912 cm^{-1}), kai naudojamas cinko sulfatas ir ZnO (450 cm^{-1}) ir N-H (3248 cm^{-1}), kai naudojamas cinko chelatas.

Taip pat atlikta rentgeno spindulių difrakcinė analizė (RSDA). RSDA yra neardomas instrumentinis tyrimo metodas, kai naudojamos miltelių pavidalu fizinės būsenos medžiagos, norint kokybiškai identifikuoti naudotas žaliavas (6 priedas) ir susidariusį produktą.



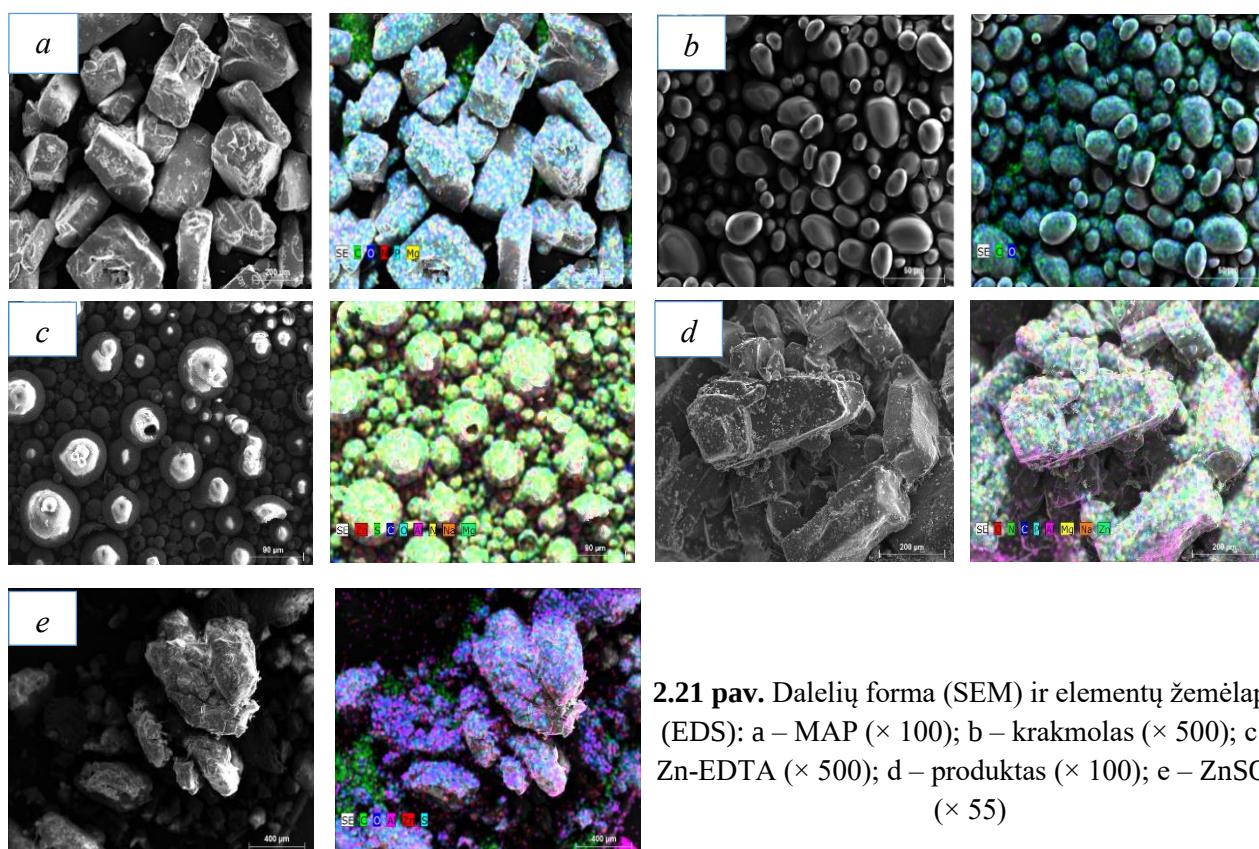
2.19 pav. RSDA kreivės: 1 – grynas amonio dihidrofosfatas; 2 – MAP + cinko sulfatas (0,2 % Zn) granuliuojant su 2 % krakmolo tirpalu, kurio kiekis bendrame žaliavų mišinyje yra 22,5 %



2.20 pav. RSDA kreivės: 1 – grynas amonio dihidrofosfatas; 2 – MAP + cinko chelatas (0,2 % Zn) granuliuojant su 4 % krakmolo tirpalu, kurio kiekis bendrame žaliavų mišinyje yra 17,5 %

Iš gautų duomenų matyti, kad produktų RSDA smailės sutampa su pagrindinės žaliavos, t. y. amonio dihidrofosfato, smailėmis, todėl galime teigti, kad tarp MAP, krakmolo, cinko sulfato ar cinko chelato nevyksta jokia cheminė reakcija, nesusidaro netirpūs junginiai, o granulės susiformuoja dėl fizikinių jėgų sąveikos.

Norint įvertinti granuliuoto produkto paviršių, cinko sulfato ir cinko chelato pasiskirstymą granulėje, buvo atlikta SEM ir EDS analizės, rezultatai pateikiami 2.19 paveiksle. SEM nuotraukose matyti, kad MAP, krakmolo, cinko chelato bei cinko sulfato dalelių forma labai skiriasi, tačiau galutinio produkto dalelių forma panaši į MAP, kuris yra pagrindinis trąšų komponentas.



2.21 pav. Dalelių forma (SEM) ir elementų žemėlapis (EDS): a – MAP ($\times 100$); b – krakmolas ($\times 500$); c – Zn-EDTA ($\times 500$); d – produktas ($\times 100$); e – ZnSO₄ ($\times 55$)

Analizuojant elementų žemėlapius, matyti, kad cinko sulfatas ir cinko chelatas gana tolygiai pasiskirstę visame amonio dihidrofosfato tūryje, todėl naudojant tokias trąšas visi augalai gautų vienodą šio mikroelementų kiekį. Taip pat svarbu paminėti, kad iš SEM elementų žemėlapio matyti, jog granuliuotame produkte identifikuojamos ir kitos, visos augalui reikalingos maisto medžiagos (N, P, C, O).

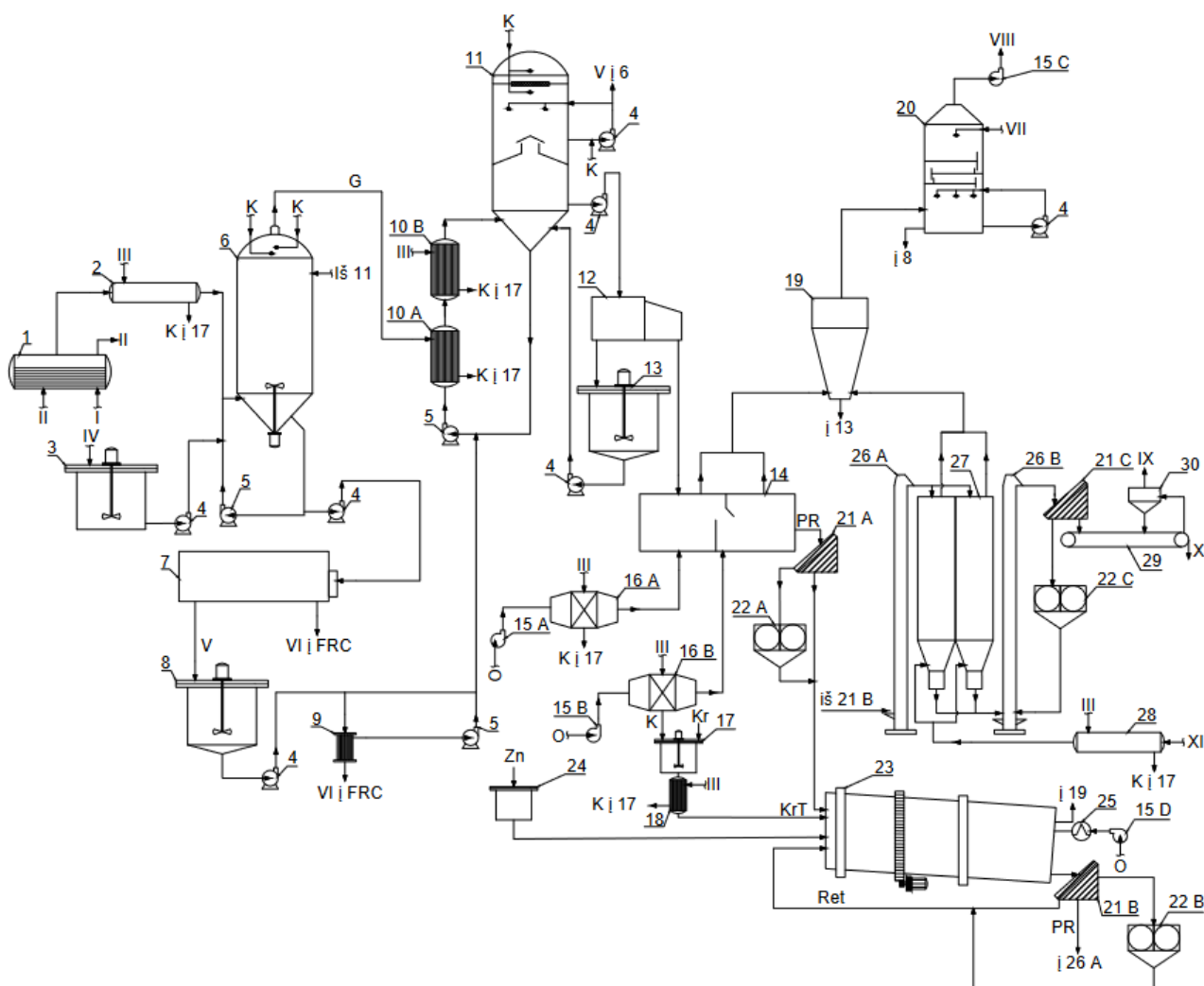
Apibendrinus eksperimentinio tyrimo rezultatus galima teigti, kad norint sugrąžinti MAP su Zn galima naudoti būgninį granuliatorių, tačiau technologinėje linijoje reikia numatyti returo panaudojimo galimybes, nes tirtomis sąlygomis produkcinės frakcijos susidaro tik apie 30 %.

3. Inžinerinė dalis

3.1. MAP gamybos technologinė schema ir jos aprašas

Amonio dihidrofosfato gamybos technologinė schema su modernizavimo pokyčiais pateikta 3.1 paveiksle. Šioje gamyboje įterptas būgninis granulatorius-džiovykla (BGD), naudojamo rišiklio – 2 % krakmolo tirpalo paruošimo talpa. Proceso stadijos yra:

- 1) pasirinktų žaliavų sandėliavimas, tiekimas ir paruošimas reakcijai;
- 2) fosforo rūgšties neutralizacija dujiniu amoniaku ir susidariusių priemaišų atskyrimas;
- 3) amonio dihidrofosfato tirpalo filtravimas;
- 4) amonio dihidrofosfato tirpalo kristalizacija ir centrifugavimas;
- 5) amonio dihidrofosfato kristalų džiovinimas ir džiovinimo dujų valymas;
- 6) kristalų granuliavimas ir mikroelemento įterpimas į granulių sudėtį;
- 7) produkcijos fasavimas ir saugojimas.



3.1 pav. Modernizuota amonio dihidrofosfato su cinku gamybos technologinė schema

I – skystas amoniakas; II – apytakinis vanduo iš SRC; III – 6 bar garai; IV – fosforo rūgštis iš FRC; V – MAP tirpalas; VI – nuosėdos; VII – nudruskintas vanduo; VIII – į atmosferą; IX – išvalytas oras; X – į fasavimą; XI – suslėgtas oras; FRC – fosforo rūgšties cechas; Kr – krakmolai; KrT – 2 % krakmolo tirpalas; PR – produktas; Ret – returas; Zn – cinko žaliava ($ZnSO_4$ / $Zn-EDTA$); G – garai; K – kondensatas; O – oras; SRC – sieros rūgšties cechas

1 – amoniako išgarintuvas; 2 – amoniako pakaitintuvas; 3 – H_3PO_4 talpa su maišykle; 4 – išcentrinis siurblys; 5 – cirkuliacinis siurblys; 6 – reaktorius su maišykle; 7 – presfiltras; 8 – MAP tirpalo talpa; 9 – mikrofiltracijos įrenginys; 10 A/B – šilumokaitis; 11 – kristalizatorius; 12 – centrifuga; 13 – filtrato bakas su maišykle; 14 – verdančio sluoksnio džiovykla; 15 A/B/C/D – ventiliatorius; 16 A/B – džiovinimo oro kaloriferis; 17 – tirpalo paruošimo bakas; 18 – tirpalo šildytuvas; 19 – ciklonas; 20 – absorberis; 21 A/B/C – vibrosietas; 22 A/B/C – rutulinis malūnas; 23 – būgninis granulatorius-džiovykla; 24 – cinko žaliavos talpa; 25 – oro pašildytuvas; 26 A/B – elevatorius; 27 – produkto bunkeris; 28 – oro pašildytuvas aeravimui; 29 – juostinis transporteris; 30 – kasetinis oro valymo filtras

3.1.1. Pasirinktų žaliavų sandėliavimas, tiekimas ir paruošimas reakcijai

Amonio dihidrofosfato gamybai naudojamas dujinis amoniakas gaunamas šildant ir išgarinant skystą amoniaką išgarintuve (1). 8–12 bar slėgio ir 15–20 °C temperatūros skystas amoniakas tiekiamas į išgarintuvo (1) apačioje esančius atvamzdžius ir užpildo tarpvamzdinę įrenginio dalį. Proceso metu slėgis palaikomas 5–8 bar ribose. 40 °C temperatūros sieros rūgšties cecho (SRC) apytakinis ciklo vanduo tiekiamas į išgarintuvo vamzdelius, vanduo cirkuliuodamas pašildo skystą amoniaką. Garuojant skystam amoniakui, susidaro dujinis amoniakas, kuris tiekiamas į dujinio amoniako pakaitintuvą (2) [30, 31].

Norint išvengti amoniako skystosios fazės patekimo į reaktorių neutralizacijos reakcijos metu, prieš patenkant į reaktorių, dujinis amoniakas pašildomas nuo 40 °C iki 50 °C temperatūros amoniako pakaitintuve (2). 6–11 bar slėgio dujinis amoniakas tiekiamas į dujinio amoniako pakaitintuvo vamzdelius. 6 bar slėgio ir 165 °C temperatūros garai tiekiami į dujinio amoniako pakaitintuvo tarpvamzdinę ertmę, garai cirkuliuodami pašildo dujinį amoniaką. Į reaktoriaus (6) cirkuliacinį kontūrą amoniakas tiekiamas 5–8 bar slėgiu [30, 31].

Koncentruota nufluorinta, nusulfatinta fosforo rūgštis iš fosforo rūgšties cecho (FRC) saugyklos tiekama į talpą (3). H_3PO_4 iš talpos (3) siurbliu (4) tiekama į reaktoriaus (6) cirkuliacinį kontūrą. Rūgšties debitas palaikomas 5–12,2 m³/h ribose [30, 31].

3.1.2. Fosforo rūgšties neutralizacija dujiniu amoniaku ir priemaišų atskyrimas presfiltruose

Reakcija tarp dujinio amoniako ir fosforo rūgšties vykdoma reaktoriuje (6) su maišykle. Reaktorius sujungtas į cirkuliacinį kontūrą su cirkuliaciniu siurbliu (5). Reakcijai fosforo rūgštis tiekama į cirkuliacinį kontūrą per specialų purkštuką, norint pasiekti gerą sumaišymą. Per amoniako purkštuką dujinis amoniakas taip pat tiekiamas į cirkuliacinį kontūrą. [30, 31].

Reaktoriuje palaikomas 0,70 bar vakuumas. Reakcija vyksta 75–90 °C temperatūroje, bet neviršijant 95 °C, nes gali susidaryti netirpūs fosfatai. Reakcija tarp H_3PO_4 ir NH_3 yra egzoterminė, o susidaranti šiluma pašalinama išgaruojant vandeniui. Susidarę garai panaudojami kitame gamybos etape, MAP kristalizavime. Vamzdiniame šilumokaityje (10 A) šiais garais pašildoma cirkuliuojanti pulpa [30, 31].

Reakcijos metu susidariusi pulpa siurbliu (4) tiekama į presfiltrus (7), kuriuose nucentrifuguojamos susidariusios priemaišų dalelės. Presfiltruose išvalytas MAP tirpalas be nuosėdų tiekiamas į MAP filtrato talpą (8), pH norma palaikoma 4,50–4,75 ribose. Kadangi tirpale yra smulkiadispersinių nepageidaujamų priemaišų, kurios daro įtaką produkto kokybei, MgO 2,4–3,2 %, Al 0,5 %, Fe 0,5 %, Ca < 1 %, SiO₂ ir kt., tirpalas papildomam filtravimui iš talpos (8) išcentrinio siurbliu (4) tiekiamas į mikrofiltracijos įrenginį (9) [30, 31].

3.1.3. Amonio dihidrofosfato tirpalo filtravimas

Mikrofiltracijos įrenginys turi tris, lygiagrečiai dirbančius cirkuliacinius kontūrus. Kiekvieną jų sudaro vamzdžiais tarpusavyje sujungtos mikrofiltracijos kasetės. Mikrofiltracijos įrenginio cirkuliaciniuose kontūruose cirkuliaciniai siurbliai sukuria kryžminį srautą – cirkuliuojantis tirpalas (koncentratas) juda išilgai membranų kasečių, o filtratas skverbiasi pro membranų poras (juda statmenai tirpalo srautui). Siurblių apsukos reguliuojamos dažnio keitikliais, taip sukuriant reikalingos intensyvumo srautą. Tirpalui cirkuliuojant kontūruose, nuosėdos koncentruojasi. Filtravimo metu susidarančios nuosėdos pašalinamos ir tiekiamos į perdirbimą, o išvalytas MAP tirpalas tiekiamas į kristalizatoriaus (11) cirkuliacinį kontūrą [30, 31].

3.1.4. Amonio dihidrofosfato tirpalo kristalizacija ir centrifugavimas

Kristalizatoriuje (11) palaikomas 0,89 bar vakuumas, todėl cirkuliuojantis tirpalas verda, vyksta amonio dihidrofosfato koncentravimas ir kristalizacija. Kristalizatorius sujungtas į cirkuliacinį kontūrą su cirkuliaciniu siurbliu (5) ir dviem nuosekliai sumontuotais šilumokaičiais (10 A ir B). Šilumokaičiai ir cirkuliacinis siurblys tarpusavyje sujungti vamzdynu. Siurblys (5) sudaro galingą uždaro ciklo pulpos cirkuliaciją (šilumokaitis (10 A) → šilumokaitis (10 B) → kristalizatorius → cirkuliacinis siurblys (5)). Pirmasis šilumokaitis (10 A) šildomas antriniais vandens garais, išsiskiriančiais iš reaktoriaus (6), antrasis šilumokaitis (10 B) naudoja garus iš ŠE. Šilumokaičiai tiekia šilumą, reikalingą amonio dihidrofosfato koncentravimui ir kristalizacijai [30, 31].

Šilumokaičiai (10 A ir B) sumontuoti į vieną bloką. Jie yra vamzdelinės konstrukcijos, pagaminti iš nerūdijančio plieno. Šilumokaičių viršutinėse ir apatinėse dalyse į nerūdijančio plieno plokštes sumontuoti nerūdijančio plieno vamzdeliai. Vamzdeliais iš apačios į viršų cirkuliuoja MAP pulpa, tarp šilumokaičio (10 A) vamzdelių – antriniai garai iš reaktoriaus (6), o tarp šilumokaičio (10 B) vamzdelių – garai iš ŠE. Per šilumokaičių vamzdelių sienelės MAP pulpa sušyla nuo 52 °C iki 56 °C temperatūros [30, 31].

Kristalizatorius (11) sudarytas iš dviejų dalių. Amonio dihidrofosfato kristalizacija vyksta apatinėje kristalizatoriaus dalyje. Karšta pulpa iš šilumokaičių patenka į išsiplečiančią vamzdžio dalį ir sumažėjus slėgiui užverda. MAP kristalai susidaro padidėjus koncentracijai, kai dėl išgaravusio vandens tirpalas persisotina. Lygis kristalizatoriuje mažėja, didėjant pulpos koncentracijai. Viršutinėje kristalizatoriaus dalyje vyksta NH₃ garų absorbcija, laistant absorbcijos skysčiu, kuris tiekiamas siurbliu (4). Laistančio skysčio debitas yra 190 m³/h. Viršutinėje kristalizatoriaus dalyje absorbcijos skysčio lygis palaikomas, siurbliu (4) perteklių nupumpuojant į reaktorių (6) [30, 31].

Tam, kad atskirti MAP kristalus nuo skysčio, kristalizatoriuje susidariusi MAP kristalų pulpa siurbliu (4) tiekiamą į centrifugą (12). Pulpos, tiekiamos į centrifugą, debitas reguliuojamas siurblio (4) dažnio keitikliu pagal pulpos tankį kristalizatoriuje (1420–1520 kg/m³) [30, 31].

Technologijoje naudojama filtruojamoji inercinio iškrovimo centrifuga (12). Į kūginį perforuotą būgną, kuriame ta pačia kryptimi, mažesniu greičiu sukasi kūginis sraigtas, siurbliu (4) tiekiamą pulpa, kuri prispaudžiama prie būgno sienelių dėl didelės išcentrinės jėgos. Pratekėjusi pro kūginio būgno skylutes, skystoji fazė vamzdžiu subėga į baką (13), iš kurio grąžinama į kristalizatorių (11) pakartotinai kristalizacijai. MAP kristalai kūginiu sraigtu stumiami žemyn ir per lataką beriami į verdančio sluoksnio džiovyklą (14) [30, 31].

3.1.5. Amonio dihidrofosfato kristalų džiovinimas, džiovinimo dujų valymas

Produkto džiovinimui, drėgmės, likusios po centrifugavimo, pašalinimui, naudojama verdančio sluoksnio džiovykla (14), cilindro formos plieninis aparatas su viduje esančia perforuota horizontalia plokšte ir dviem vibrovarikliais. Ant perforuotos plokštės į priekinę džiovyklos dalį lataku subyra drėgnas produktas (4,5 t/h). Oras į džiovyklą tiekiamas ventiliatoriais (15 A) ir (15 B), ištraukiamas ventiliatoriumi (15 C). Į džiovinimo sluoksnį per perforuotą plokštę tiekiamas oras, kuris judėdamas išlaiko daleles pakibusias. Pakibusiame sluoksnyje dėl nuolat susidarančių ir greitai suyrančių burbulų vyksta intensyvus dalelių judėjimas. Kietosios dalelės pradeda elgtis kaip laisvai tekantis verdantis skystis. Gaunami labai geri masių ir šilumos mainai dėl glaudaus kontakto tarp judančių dalelių ir oro. Apačioje perforuotos plokštės yra džiovyklos sritis, į kurią tiekiamas oras, ir ji padalinta į dvi atskiras kameras. Oras, kuris tiekiamas ventiliatoriumi (15 A), pašildomas gariniu kaloriferiu (16 A) iki 150 °C ir patenka į pirmąją džiovyklos kamerą, kurioje vyksta produkto džiovinimas. Priklausomai nuo dujų, ištraukiamų iš džiovyklos, temperatūros ir nuo temperatūros džiovinimo kameroje, džiovinimui tiekiamo oro temperatūra reguliuojama keičiant garų kiekį į kaloriferį (16 A). Džiovykloje palaikoma 110 °C temperatūra (ribinė leistina temperatūra – 125 °C), ištraukiamų dujų iš džiovyklos temperatūra – 88 °C. Apie 60 °C temperatūros oras ventiliatoriumi (15 B) tiekiamas į antrąją kamerą, pagal poreikį oras gali būti pašildomas arba atvėsintas kaloriferiu (16 B). Šioje džiovyklos dalyje vyksta karšto produkto aušinimas. Produkto po džiovyklos temperatūra palaikoma apie 60 °C. Priklausomai nuo to, kokia būna produkto temperatūra po džiovyklos, aušinimui tiekiamo oro temperatūra reguliuojama keičiant garų kiekį į kaloriferį (16 B) [30, 31].

Oras, kuris buvo naudotas MAP kristalų džiovinimui ir aušinimui džiovykloje (14) bei granuliavimo metu, būna užterštas amoniaku ir produkto dulkėmis, todėl, prieš išleidžiant į atmosferą, yra išvalomas ciklone (19) ir absorberijoje (20). Ventiliatoriumi (15 C) iš džiovyklos (14) siurbiamas oras dujų vamzdžiu nukreipiamas į cikloną (19), kurį sudaro cilindrinis korpusas su kūginiu dugnu. Liestinės kryptimi dulkėtos dujos tiekiamos į korpusą. Srautas, dėl tangentinio dujų tiekimo, pradeda sukrtis apie išvalytų dujų pašalinimo atvamzdį, esantį ciklono ašyje. Dėl išcentrinės jėgos dulkių dalelės nukreipiamos prie korpuso sienelės. Įrenginyje susidaro du spiralės formos srautai: žemyn išilgai ciklono sienelių judantis išorinis dulkėtų dujų srautas ir vidinis, išvalytų dujų, kuris judėdamas į viršų būna arčiau ciklono centro ir nukreipiamas į filtrato baką (13). Ciklone pasiekiamas ~85 % dulkių išvalymo laipsnis [30, 31].

Siekiant pašalinti amoniaką ir likusias dulkes, šlapiu būdu oras valomas absorberijoje (20), kuris yra laistomas apdorotu (nuduruskintu iki tam tikros koncentracijos) vandeniu. Didžioji dalis vandens (17 m³/h) tiekama ant perforuotų lėkščių, 4 m³/h tiekama į žemiau lėkščių sumontuotus purkštukus. Apatinėje įrenginio dalyje susirenka vanduo, kuris siurbliu (4) tiekiamas į absorberį patenkančio valomų dujų srauto laistymui. Skysčio papildymui tiekiamas nudruskintas vanduo iš SRC. Ventiliatoriumi (15 C) ištraukiamas išvalytas oras ir išleidžiamas į atmosferą [30, 31].

3.1.6. Kristalų granuliavimas ir mikroelemento įterpimas į granulių sudėtį

Išdžiovintas, ataušintas produktas tiekiamas į vibrosietą (21 A), kuriame atskirtas netinkamas produktas, t. y. stambesni už 4 mm gabaliukai, patenka į rutulinį malūną (22 A). Malūne (22 A) gabaliukai yra susmulkinami iki > 1,1 mm dydžio frakcijos ir nukreipiami į būgninį granuliatorių-džiovyklą (23), į kurią taip pat tiekiamos smulkioji ir produkcinės frakcijos. Sugranuliuotam produktui gauti, į būgninį granuliatorių-džiovyklą (23) tiekiamas 2 % koncentracijos krakmolo tirpalas, kaip

rišiklis, kuris gaminamas tirpalo paruošimo bake (17), maišymo metu į jį tiekiant sausą krakmolą ir susikondensavusį vandenį, kuris darbo metu gaunamas iš amoniako pakaitintuvo (2), šilumokaičių (10 A/B), džiovinimo oro kaloriferių (16 A/B) ir tirpalo šildytuvo (18). Rišiklis tiekiamas į tirpalo šildytuvą (18) norint pašildyti iki 65 °C. Šioje gamyboje, kaip pasirinktas mikroelemento šaltinis naudojamas cinko sulfatas ($ZnSO_4$) arba cinko chelatas (Zn-EDTA). Cinko žaliava tiesiogiai tiekiamą iš cinko žaliavos talpos (24) į būgninį granuliatorių-džiovyklą. Kristalų granuliavimo metu, džiovinimui efektyvinti ventiliatoriumi (15 D) tiekiamas oras, kuris dar papildomai pašildomas oro pakaitintuvu (25). Produkto dulkėmis užterštas oras tiekiamas į cikloną (19) valymui, o sugrąžinamas produktas tiekiamas į (21 B) vibrosietą atskirti smulkiąją, produkcinę ir stambiają frakcijas. Stambioji frakcija tiekiamą į rutulinį malūną (22 B) smulkinimui ir kartu su smulkiąją frakcija returo pavidalu grąžinama į būgninį granuliatorių-džiovyklą (23). Produkcinė frakcija tiekiamą į elevatorių (26 A). Elevatoriumi (26 A) produkcinė frakcija keliama į produkcijos saugojimo bunkerius (25) [30, 31].

3.1.7. Produkcijos fasavimas ir saugojimas

Iš elevatoriaus (26 A/B) byrantis produktas persijojamas vibrosietu (21 C), kuriame vyksta sušokusio MAP gabalų atskyrimas nuo gero produkto. Tokie sušokę gabalai nukreipiami į rutulinį malūną (22 C), jame susmulkinami ir grąžinami į elevatorių (26 B). Produktas juostiniu transporteriu (29) tiekiamas į fasavimo įrenginį, esantį aliuminio fluorida ir amonio dihidrofosfato sandėlyje [30, 31].

Darbo vietose, kai produktas transportuojamas, ypač jo persipylime iš vieno įrenginio į kitą, gali išsiskirti produkto dulkės, todėl virš persipylimo nuo transporterio (29) yra sumontuotas kasetinis oro valymo filtras (30), pagamintas iš standartinių filtro kasečių, kurios filtro darbo metu yra nupurtomos. Į filtrą nešvarus oras tiekiamas per įėjimo atvamzdį. Oro greitis sumažėja valomoms dujomis praeinant per išsiplėtimo kamerą. Stambesnės dulkių dalelės atsiskiria ir patenka į filtro piltuvo apačią, nepasiekus filtravimo medžiagos paviršiaus. Į filtravimo kasetes paskirstomas oras, kuris kartu su smulkiomis dulkėmis, pakyla aukštyje tarp kasečių eilių ir praeina per filtruojantį audinį. Kasetėse ant filtruojančios medžiagos kaupiasi dulkės ir atsiradus suslėgto oro impulsui, jos nukrenta į filtro piltuvą. Pilnai išvalytas oras išeina iš filtro per pašalinimo angą. Darbo metu filtro kasetės nupurtomos, impulsais paduodant suslėgtą orą į kasetės švaraus oro išėjimą [30, 31].

Virš bunkerio (27) yra sumontuotas dulkių nutraukimas į cikloną (19). Kartais technologijoje susidaro netinkamas galutinis produktas, jame padidėja drėgmės kiekis, dėl to produktas pakuotėje sandėliavimo metu sukieta ar persikristalizuoja. Toks produktas elevatoriumi (26 A/B) grąžinamas į bunkerį (27), pakartotiniam produkto aeravimui (drėgmės šalinimui). Išaeruotas produktas tiekiamas į fasavimą [30, 31].

Papildomam produkto aeravimui į produkcijos saugojimo bunkerius (27) tiekiamas pašildytas sausas suslėgtas oras. Oras pašildomas 6 bar garu oro pašildytuve (28) nuo 40 °C iki 50 °C temperatūros [30, 31].

3.2. MAP gamybos pagrindinių įrenginių specifikacijos

Amonio dihidrofosfato gamybos procese naudojamų įrenginių specifikacijos (matmenys, darbiniai parametrai) pateiktos 7 priede [30, 31].

3.3. Medžiagų ir šilumos srautų skaičiavimai MAP granuliatoriuje

Apskaičiuojamas pagrindinio įrenginio, būgninio granulatoriaus-džiovyklos (BGD), naudojamo gauti granuluotas trąšas su mikroelementu medžiagų ir šilumų balansas. Įvertinus pasaulines pasirinktų tirpiųjų trąšų vartojimo tendencijas numatomas granulatoriaus našumas 4,0 t/h.

Pagamintas kristalinis monoamonio fosfatas tiekiamas į įrenginį granuluoti. Priimame, kad tiekiamas kiekis yra 1000 kg trąšų, 4,5 kg cinko sulfato, 225 kg bulvių krakmolo tirpalo 2 % ir 400 kg returo.

Reikalingas kristalinio amonio dihidrofosfato kiekis, kg:

$$G_{\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \text{ kristalinis}} = 1000 \text{ kg.} \quad (3.1)$$

Reikalingas cinko sulfato kiekis, kg:

$$G_{\text{ZnSO}_4} = 4,5 \text{ kg.} \quad (3.2)$$

Skaičiuojamas sauso krakmolo kiekis 2 % krakmolo tirpalo pavidale, kg:

$$G_{(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n \text{ sausas}} = \frac{225 \cdot 2}{100} = 4,5 \text{ kg.} \quad (3.3)$$

Skaičiuojamas vandens kiekis tiekiamas 2 % krakmolo tirpalo pavidale, kg:

$$G_{\text{H}_2\text{O}} = 225 - 4,5 = 220,5 \text{ kg.} \quad (3.4)$$

Reikalingas returo kiekis, kg:

$$G_{\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \text{ Cu}_{\text{returas}}} = 400 \text{ kg.} \quad (3.5)$$

Skaičiuojamas tiekiamas medžiagų kiekis į granuliatorių, kg:

$$G_{\text{granul.}} = G_{\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \text{ kristalinis}} + G_{\text{ZnSO}_4} + G_{(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n \text{ sausas}} + G_{\text{H}_2\text{O}} + G_{\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \text{ Zn}_{\text{returas}}} = 1000 + 4,5 + 4,5 + 220,5 + 400 = 1629,5 \text{ kg.} \quad (3.6)$$

Vandens kiekis granuliatoriuje lieka nepakitęs t.y. 220,5 kg. Remiantis šiais duomenimis apskaičiuojamas masės drėgnis, %:

$$G_{\text{dr}} = \frac{G_{\text{H}_2\text{O benras}}}{G_{\text{granul.}}} \cdot 100 = \frac{220,5}{1629,5} = 13,53 \%. \quad (3.7)$$

H₂O kiekis, kg:

$$G_{\text{H}_2\text{O dž.}} = 220,5 - 125 - (4,5 + 4,5) \cdot \frac{18}{126} = 94,21 \text{ kg.} \quad (3.8)$$

Apskaičiuojama srauto drėgmė, %:

$$G_{\text{Dž.dr.}} = \frac{94,21}{1629,5} \cdot 100 = 5,78 \%. \quad (3.9)$$

Išgaravęs H₂O kiekis granuliatoriuje, kg:

$$G_{\text{išg. H}_2\text{O}} = 94,21 - 100 \cdot \frac{1,4}{100} = 92,81 \text{ kg.} \quad (3.10)$$

Išdžiovinas produktas po džiovyklos, kg:

$$G_{\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4\text{Zn}} = 1629,5 - 92,81 = 1536,69 \text{ kg.} \quad (3.11)$$

Po džiovynos reture esantis H_2O kiekis, kg:

$$G_{\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4\text{Zn}_{\text{returo H}_2\text{O}}} = 400 \cdot \frac{1,4}{100} = 5,6 \text{ kg.} \quad (3.12)$$

Amonio dihidrofosfato su cinku produkcijos kiekis, kg:

$$G_{\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4\text{Zn}} = 1536,69 - 400 - 94,21 = 1042,48. \quad (3.13)$$

Esantis vandens kiekis produkte:

$$G_{\text{H}_2\text{O}} = 1042,48 \cdot 0,056 = 58,38 \text{ kg.} \quad (3.14)$$

3.1 lentelė. Medžiagų balansas būgninio granulatoriaus-džiovynos 1 tonai produkto gaminti

Medžiaga	Į reaktorių, kg	Į džiovyklą, kg	Po džiovynos, kg
Amoniakas	154,8	–	–
Fosforo rūgštis	1719,4	–	–
Amonio dihidrofosfatas	–	1000,0	–
Amonio dihidrofosfatas su cinku	–	–	1042,48
Vandens kiekis rūgšties skiedimui	2970,1	–	–
Cinko sulfatas	–	4,5	–
Bulvių krakmolas	–	4,5	–
Vandens kiekis 2 % tirpale	–	220,5	–
Returas	–	400,0	400,0
Išgaravęs vanduo	–	–	92,81
Drėgmė, %	2	13,5	5,8
Viso	4844,32	1629,5	1535,29

Pasirenkame granulatoriaus tūrinį debitą $Q = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$; būgno analogo skersmuo $D_{\text{an}} = 4 \text{ m}$; medžiagos prabuvimo laikas būgno analoge $\tau_{\text{an}} = 180 \text{ s}$; būgno analogo užpildymo koeficientas $\Phi_{\text{an}} = 15 \%$; būgno analogo kampinis greitis $\omega_{\text{an}} = 0,5 \text{ s}^{-1}$; Apskaičiuojamas granulatoriaus ilgis L , m; granulatoriaus skersmuo D , m; atraminio žiedo skylės skersmuo D_0 , m; kampinis greitis ω , s^{-1} ;

Apskaičiuojamas granulatoriaus skersmuo pagal lygtį:

$$D = 1,70 \cdot \sqrt[4]{Q \frac{D_{\text{an}}}{2} \cdot \tau_{\text{an}}}; \quad (3.15)$$

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

$$D = 1,70 \cdot \sqrt[4]{Q \frac{D_{\text{an}}}{2} \cdot \tau_{\text{an}}} = 1,70 \cdot \sqrt[4]{0,1 \frac{4}{2} \cdot 180} = 4,16 \approx 4 \text{ m.} \quad (3.16)$$

Apskaičiuojamas granulatoriaus kampinis greitis pagal lygtį:

$$\omega = \omega_{an} \cdot \sqrt{\frac{D_{an}}{D}}; \quad (3.17)$$

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

$$\omega = \omega_{an} \cdot \sqrt{\frac{D_{an}}{D}} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{4}{4}} = 0,5 \text{ s}^{-1}; \quad (3.18)$$

Apskaičiuojamas medžiagos poslinkio ašinis greitis pagal lygtį:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D \cdot \Phi_{an}}; \quad (3.19)$$

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

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2 \cdot \Phi_{an}} = \frac{4 \cdot 0,1}{\pi \cdot 4^2 \cdot 0,15} = 0,053 \text{ m/s}. \quad (3.20)$$

Apskaičiuojamas granulatoriaus ilgis pagal lygtį:

$$L = v \cdot \tau_{an}; \quad (3.21)$$

$$L = v \cdot \tau_{an} = 0,053 \cdot 180 = 9,54 \approx 10 \text{ m}.$$

Granuliavimo metu norint gauti efektyvų procesą reikia naudoti rišiklį ir jį pašildyti, todėl 2 % krakmolo tirpalas yra pašildomas. Toliau apskaičiuojamas rišikliui pašildyti reikalingas šilumokaitos plotas bei šildančių vandens garų debitas. Krakmolo tirpalas pašildomas nuo 25 °C iki 65 °C. Šilumokaityje suteikiamos šilumos srautas apskaičiuojamas:

$$Q = G \cdot C_p \cdot \Delta t; \quad (3.22)$$

čia: Q – suteiktas šilumos kiekis, W; G – krakmolo tirpalo debitas, kg/h; C_p – krakmolo savitoji šiluma, J/(kgK); Δt – amoniako temperatūrų skirtumas, °C.

$$C_p = 1795 \text{ J/kg} \cdot \text{K}, \quad (3.23)$$

$$\Delta t = 65 - 25 = 40 \text{ °C}, \quad (3.24)$$

$$Q = 124,25 \cdot 1795 \cdot 40 = 8921150 \text{ W}. \quad (3.25)$$

Apskaičiuojamas šilumos perdavimo koeficientas (K):

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}; \quad (3.26)$$

čia: λ – laidumas [32], W/m·K; δ – sienelės storis, m; α – šilumos atidavimo koeficientas, W/(m²·K).

$$\alpha_{(C_6H_{10}O_5)_n} = 990 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}, \quad (3.27)$$

$$\alpha_{H_2O \text{ garų}} = 1435 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}, \quad (3.28)$$

$$\lambda_{\text{nerūdijančio plieno}} = 17,5 \text{ W/m} \cdot \text{K}, \quad (3.29)$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{990} + \frac{0,003}{17,5} + \frac{1}{1435}} = 532,37 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}. \quad (3.30)$$

Apskaičiuojamas šilumokaitos plotas F:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t} = \frac{8921150}{532,37 \cdot 135} = 124,13 \text{ m}^2, \quad (3.31)$$

$$\Delta t = 160 - 25 = 135 \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (3.32)$$

čia Δt – temperatūrų skirtumas abiejose sienelės pusėse.

Apskaičiuojamas pašildymui reikalingų garų debitas D:

$$D = \frac{Q}{r} = \frac{8921150}{2075000} = 4,3 \text{ kg/h}; \quad (3.33)$$

čia: r – garų susidarymo šiluma, J/kg [32], r = 2075 kJ/kg.

Taigi, siekiant pašildyti 2 % krakmolo tirpalą iki reikiamos temperatūros, reikalingas šilumokaitis, kurio šilumokaitos plotas yra 124,13 m², o į jį tiekiamų garų debitas 4,3 kg/h.

3.3.1. Šilumų balansas

Šilumos balanso būgnyname granuliatoriuje-džiovykloje naudojamų žaliavų charakteristikos pateiktos 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė. Žaliavų charakteristikos

Žaliavos	Molinė masė	C _p , J/kg K
Amonio dihidrofosfatas	115	1277,14
Cinko sulfatas	161	1208,49
Bulvių krakmolas	162	1797,12
Vanduo (garai)	18	1865,28
Vanduo (skystis)	18	4180,54

Skaiciuojant amonio dihidrofosfato su cinku granulatoriaus šilumos balansą, pirmiausiai apskaičiuojamas šilumos kiekis įvedamas su kiekvienu komponentu ir įneštas šilumos kiekis, kurie susumuojami ir apskaičiuojamas bendras šilumos kiekis Q₁, patenkantis šilumos kiekis šildančiųjų dujų Q₂, išeinantis atvėsęs oras Q₃ ir iš granulatoriaus išeinantis su sausu produktu šilumos kiekis Q₄.

$$Q = m \cdot C_p \cdot T_1, \quad (3.34)$$

$$Q_{\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4} = 1000 \cdot 1277,14 \cdot (273 + 20) = 374,2 \text{ MJ}, \quad (3.35)$$

$$Q_{\text{ZnSO}_4} = 4,5 \cdot 1208,49 \cdot (273 + 20) = 1,59 \text{ MJ}, \quad (3.36)$$

$$Q_{(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n} = 4,5 \cdot 1797,12 \cdot (273 + 20) = 2,37 \text{ MJ}, \quad (3.37)$$

$$Q_{\text{H}_2\text{O}} = 220,5 \cdot 4180,54 \cdot (273 + 20) = 270,01 \text{ MJ}. \quad (3.38)$$

Apskaičiuojamas į būgninį granuliatorių-džiovyklą ateinantis šilumos kiekis:

$$Q_1 = Q_{\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4} + Q_{\text{ZnSO}_4} + Q_{(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n} + Q_{\text{H}_2\text{O}}, \quad (3.39)$$

$$Q_1 = 374,2 + 1,59 + 2,37 + 270,01 = 648,17 \text{ MJ}. \quad (3.40)$$

Iš būgninio granulatoriaus-džiovyklos išeinantis šilumos kiekis kartu su produktu Q_4 skaičiuojamas analogiškai, kaip Q_1 :

$$Q = m \cdot C_p \cdot T_4, \quad (3.41)$$

$$Q_{\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4\text{Zn}} = 1000 \cdot 1277,14 \cdot (273 + 65) = 431,67 \text{ MJ}, \quad (3.42)$$

$$Q_{\text{ZnSO}_4} = 4,5 \cdot 1208,49 \cdot (273 + 65) = 1,84 \text{ MJ}, \quad (3.43)$$

$$Q_{(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n} = 4,5 \cdot 1797,12 \cdot (273 + 65) = 2,73 \text{ MJ}, \quad (3.44)$$

$$Q_{\text{H}_2\text{O}} = 220,5 \cdot 4180,54 \cdot (273 + 65) = 311,57 \text{ MJ}, \quad (3.45)$$

$$Q_4 = Q_{\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4} + Q_{\text{ZnSO}_4} + Q_{(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n} + Q_{\text{H}_2\text{O}}, \quad (3.46)$$

$$Q_4 = 431,67 + 1,84 + 2,73 + 311,57 = 747,81 \text{ MJ}. \quad (3.47)$$

Su srautu Q_3 išeina atvėsęs oras, bet ir vandens garai, todėl apskaičiuojamas šilumos kiekis kurį išneša išgarintas vanduo:

$$Q_3 \text{ H}_2\text{O}_g = m \cdot C_p \cdot T_3, \quad (3.48)$$

$$Q_3 \text{ H}_2\text{O}_g = 220,5 \cdot 1865,28 \cdot (273 + 80) = 145,19 \text{ MJ}. \quad (3.49)$$

Apskaičiuojamas šilumos kiekis, kuris išnešamas su produkte esančiais vandens garais:

$$Q_4 \text{ H}_2\text{O}_g = m \cdot C_p \cdot T_4 = 58,38 \cdot 1865,28 \cdot (273 + 65) = 36,8 \text{ MJ}. \quad (3.50)$$

Apskaičiavus Q_1 ir Q_4 srautus galima rasti Q_2 ir Q_3 kintamuosius:

$$Q_1 + Q_2 = Q_4 + Q_3 + Q_3 \text{ H}_2\text{O}_g + Q_4 \text{ H}_2\text{O}_g + Q_n. \quad (3.51)$$

Įvertinami nuostoliai:

$$Q_1 + x \cdot C_p \cdot T_2 = Q_4 + x \cdot C_p \cdot T_3 + Q_3 \text{ H}_2\text{O}_g + Q_4 \text{ H}_2\text{O}_g + Q_n; \quad (3.52)$$

$$648,17 + x \cdot C_p \cdot T_2 = 747,81 + x \cdot C_p \cdot T_3 + 36,8 + 145,19; \quad (3.53)$$

$$648,17 + x \cdot 29,2 \cdot (273 + 95) = 747,81 + x \cdot 29,2 \cdot (273 + 80) + 36,8 + 145,19; \quad (3.54)$$

$$x = 0,643.$$

Apskaičiavus kintamąjį galima apskaičiuoti Q_2 ir Q_3 šilumos kiekius:

$$Q_2 = m \cdot C_p \cdot T_2, \quad (3.55)$$

$$Q_2 = 0,643 \cdot 29,2 \cdot (273 + 95) = 6909,4 \text{ MJ}. \quad (3.56)$$

Priimama, kad gautas šilumos kiekis sudeginus 1 m^3 dujų yra 35 MJ. Galima apskaičiuoti, kiek reikia sudeginti dujų, kad išsiskirtų 6909,4 MJ/h šilumos.

$$V = \frac{6909,4}{35} = 197,4 \text{ m}^3. \quad (3.57)$$

Priimame, kad nuostoliai sudaro 3 %, todėl reikiamas papildomas dujų kiekis:

$$V_{\text{dujų}} = 202,91 \text{ m}^3. \quad (3.58)$$

Šilumos srauto Q_3 skaičiavimas:

$$Q_3 = m \cdot C_p \cdot T_3, \quad (3.59)$$

$$Q_3 = 0,643 \cdot 29,2 \cdot (273 + 80) = 6627,8 \text{ MJ}. \quad (3.60)$$

3.3 lentelė. Šilumos srautų balansas būginiame granuliatoriuje-džiovykloje

Prieš granuliatorių		Po granulatoriaus	
Šilumos	MJ/h	Šilumos	MJ/h
Q_1	648,17	Q_3	6627,8
Q_2	6909,4	Q_4	747,81
		Q_{3H_2Og}	145,19
Suma	7557,57	Suma	7520,8

Apskaičiavus šilumos srautus, patenkančius į granuliatorių ir išeinančius iš jo, matyti, kad šilumos nuostoliai yra 0,48 %.

3.4. Statybiniai sprendimai

3.4.1. Bendroji dalis

AB „Lifosa“ įsikūrusi rytinėje Kėdainių miesto dalyje ir užimanti 292 ha teritorijos plotą. Pagrindinė įmonės veikla – azoto-fosforo trąšų (monoamonio fosfato, diamonio fosfato, monokalcio fosfato, karbamido fosfato) gamyba. Statybai parinkta aikštelė lygiu reljefu. Technologiniame procese naudojamas vanduo imamas iš Nevėžio upės, dujos tiekiamos iš ESO dujotiekio, šilumos energija išgaunama iš technologinių procesų ir naudojant 1 MW saulės jėgainę. Šiuo metu AB „Lifosa“ pagamina 3,5 mln. tonų produkcijos. Bendrieji projektuojamo statinio techniniai rodikliai pateikiami 3.4 lentelėje, pradiniai duomenys projektavimui pateikti 3.5 lentelėje [30].

3.4 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai [31]

Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
Sklypas		
Sklypo plotas	ha	292
Apželdintas žemės plotas (žaliasis plotas)	m ²	224
Statinio užimtas žemės plotas	m ²	576
Sanitarinės (apsaugos) zonos plotis	m	300
Automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt.	35
Pastatas		
Bendrasis pagrindinis plotas	m ²	588
Bendrasis pagalbinis plotas	m ²	576
Pastato tūris	m ³	22890
Aukštų skaičius	vnt.	7
Pastato aukštis	m	32,7
Pastato atsparumas ugniai (I, II ar III)	-	I

3.5 lentelė. Pradiniai duomenys projektavimui

Pastato aukštų skaičius	7
Pastato ilgis (tarp ašių), m	32
Pastato plotis (tarp ašių), m	20
Darbuotojų skaičius	23
Miestas	Kėdainiai
Pastato orientacija	Į šiaurę
Instaliuota galia	220 kW

3.4.2. Sklypo planas

Kadangi projektuojamoje įmonėje vyksta intensyvus žaliavų atvežimas ir pagamintos produkcijos išvežimas, todėl turi būti įrengti automobilių keliai. Įmonės teritorijoje turi būti 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, po vamzdiniais turi būti ne mažesnis kaip 4,5 m pravažiuojamasis aukštis. Darbuotojams yra projektuojami 1 m pločio asfaltuoti takeliai vaikščiojimui. Takeliai, kurie yra pakelėse, turi būti 0,8 m atstumu nuo kelio. Turi būti 5 m atstumas nuo pastatų iki žalios vejės.

3.4.3. Projektuojamo pastato sprendimai

Projektuojamas gamybinis pastatas (cechas) bus statomas AB „Lifosa“ įmonės teritorijoje. Pastato fasadas orientuotas į šiaurę. Pastato ilgis $L = 32$ m, plotis $B = 20$ m, aukštis $H = 32,7$ m. Pastato statybai naudojamos metalinės konstrukcijos: vidurinės ir kraštinės kolonos, denginio ir perdangos plokštės, pamatų sijos, kolonų pamatai ir kt. Cecho kolonų tinklelio išmatavimai 6x6 m. Pastato išorinėms sienoms naudojami vidaus pertvaros su garso izoliacija, lygaus profilio, ir daugiasluoksniai paneliai. Pastato vidaus temperatūra ~ 20 °C. Naudojami langai – „GEALAN“ profilio, 3-jų kamerų. Pastato šildymui naudojama technologinio proceso metu išsiskirianti šiluma. Pastato vėdinimui sumontuotas *Soler Palau ILHT 4* ventiliatorius.

3.4.4. Statinio architektūrinė, konstrukcinė sandara

Projektuojamas gamybos paskirties pastato priestatas statomas greta esančių administracijos ir gamybos pastatų, konstrukcinė sandara ir medžiagos pateikiamos 3.6 lentelėje.

3.6 lentelė. Statinio architektūrinė, konstrukcinė sandara

Aukštis iki laikančiųjų konstrukcijų nuo nulinės alt., m	32,7
Patalpų skaičius	3
Grindys	betoninės su rūgščiai atspariomis plytomis
Sienos	daugiasluoksnės panelės
Pertvaros	daugiasluoksnės sieninės plokštės su garso izoliacija
Lauko vartai	su sandarikliais, pakeliami segmentiniai
Langai	nevarstomi, plastikinių profilių
Pamatai	sutankintas gruntas ir skaldos sluoksnis
Kolonos	surenkamas gelžbetonis

3.5. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai

Prieš projektuojant technologinę liniją ir gamybos pastatą, reikia įvertinti projekto atsiperkamumą, kiek ir kokių finansinių išteklių reikės ir po kiek laiko technologija atsipirks. Norint tai įvertinti atliekami finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai.

3.5.1. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai

Investicijos reikalingos įsigyti ilgalaikį turtą. Projekto kaštai taip pat susideda iš pastatų statybos ir montavimo darbų. Pagrindiniai projektui įgyvendinti finansavimo šaltiniai yra akcinis kapitalas, akcininkų nuosavybė arba paskola. Projektui įgyvendinti finansavimo šaltiniai ir poreikis pateikti 3.7 lentelėje.

3.7 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	tūkst. Eur	Struktūra	tūkst. Eur
1. Ilgalaikiam turtui įsigyti, tarp jo gamybos priemonėms	1 630,00	1. Akcininkų nuosavybė; akcinis kapitalas, rezervai	1 492,35
2. Trumpalaikiam turtui įsigyti, tarp jo žaliavoms ir pagrindinėms medžiagoms	727,25	2. Paskolos	994,90
3. Statybos, montavimo darbų kaštai	80,00	3. Kiti finansinių lėšų šaltiniai.	0,00
4. Kiti kaštai	50,00		
Viso kaštų:	2 487,25	Viso šaltinių:	2 487,25

3.5.2. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas

Prie ilgalaikio turto taip pat priskiriami ir įrenginiai, kurie bus naudojami gamybos metu. Įrengimų vertės pateiktos 3.8 lentelėje.

3.8 lentelė. Technologinių įrengimų vertė

Eil. Nr.	Įrengimo pavadinimas	Vieneto kaina, tūkst. eur.	Kiekis	Vertė, tūkst.eur.
1.	Šilumokaitis	130,00	1	130,00
2.	Granuliatorius	1 200,00	1	1 200,00
3.	Pastatas	300,00	1	300,00
Iš viso		1 630,00		1 630,00

3.5.3. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) vertės skaičiavimas

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

$$AL_1 = B_{GK1} / 360 \cdot n_{ap}; \quad (3.61)$$

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 apimtys prieaugio koeficientą, kuris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$k = B_{BKj} / B_{GKj-1}; \quad (3.62)$$

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

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

$$AL_i = AL_1 \cdot k. \quad (3.63)$$

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

$$\Delta AL_i = AL_1 - AL_{i-1}. \quad (3.64)$$

Trumpalaikio turto poreikis pateikiamas 3.9 lentelėje.

3.9 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai					
	0	1	2	3	4	5
1. Gamybos kaštai, tūkst. Eur.	-	15 867,33	26 321,84	26 322,24	23 708,28	23 188,08
2. Apyvartinių lėšų metinis poreikis, tūkst. Eur	-	2 424,18	4 021,39	4 021,45	3 622,10	3 542,62
3. Apyvartinių lėšų papildomas poreikis, tūkst. Eur	-	1 696,92	1 597,22	0,06	-399,35	-79,48
4. Apyvartinės lėšos, tūkst. Eur*	727,25	2 424,18	4 021,39	4 021,45	3 622,10	3 542,62

3.5.4. Produkcijos gamybos apimtys planavimas

Gamybos planavimo metu yra nustatoma gamybos apimtis natūriniais vienetais prekės gyvavimo ciklui, pradedant rinkos įsisavinimu ir baigiant pardavimo masto smukimu. Brandos stadijoje (antrais ir trečiais metais) gamybos įsisavinimo koeficientas lygus 1. Kitais projekto eksploatavimo metais įsisavinimo koeficientas priimtas 0,6–0,9 ribose ir pagal jį apskaičiuota gamybos apimtis. Produkcijos gamybos apimtys planavimas pateikiamas 3.10 lentelėje.

3.10 lentelė. Produkcijos gamybos apimtys planavimas

Projekto metai	Įsisavinimo koeficientas	Gamybos apimtys, tūkst. t
		Amonio dihidrofosfatas su cinku $(NH_4)H_2PO_4 + Zn$
1	0,60	21,00
2	1,00	35,00
3	1,00	35,00
4	0,90	31,50
5	0,88	30,80

3.5.5. Gamybos kaštai

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

Netiesioginiai kaštai yra susiję su gamybos valdymu, priežiūra, organizavimu, kurių bendrą sumą negalime tiesiogiai priskirti gaminiui (gamybos vadovų, specialistų darbo užmokestis, gamybinių patalpų ir įrengimų išlaikymas, gamybinių patalpų apšvietimo, amortizaciniai atskaitymai, šildymo ir buitinėms reikmėms skirtos energijos išlaidos). Išlaidos skirtos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms pateiktos 8 priede. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui pateikiamos 9 priede.

3.5.6. Išlaidos energijai

Produkto gamybos metu naudojama šiluminė ir elektros energijos, naudojama tokiems gamybos procesams atlikti, kaip elektros variklių darbui, šilumokaičių, apšvietimui, apšildymui. Šios išlaidos priskiriamos prie tiesioginių išlaidų [33]. Vandens, šilumos ir elektros energijos išlaidos pateikiamos 3.11 ir 3.12 lentelėse.

3.11 lentelė. 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	5 421,60	1 387 929,60	0,20	277,59
Brandos metai (2, 3 metai)					
320,00	0,80	5 421,60	1 387 929,60	0,15	208,19
4 metai					
320,00	0,80	5 421,60	1 387 929,60	0,15	208,19
5 metai					
320,00	0,80	5 421,60	1 387 929,60	0,18	249,83

3.12 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 metai					
Amonio dihidrofosfatas su cinku $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{Zn}$	21,00	0,01	28,00	210,00	5,88
Brandos metai (2–3 metai)					
Amonio dihidrofosfatas su cinku $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{Zn}$	35,00	0,01	28,00	350,00	9,80
4 metai					
Amonio dihidrofosfatas su cinku $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{Zn}$	31,50	0,01	28,00	315,00	8,82
5 metai					
Amonio dihidrofosfatas su cinku $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{Zn}$	30,80	0,01	28,00	308,00	8,62

3.5.7. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Prie netiesioginių gamybos išlaidų priskiriamos su esama produkto gamyba nesusijusios, bet sudarančios sąlygas gamybai, t. y. viršininkų, meistrų, reikiamo personalo darbuotojų darbo užmokestis, amortizacijos, darbo medžiagų ir energijos išlaidos. Netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui pateikiamos 3.13 lentelėje.

3.13 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	1 200,00	72 000,00	1 274,40	73 274,40
Gamybinio ceho vadovai, specialistai	5	2 500,00	150 000,00	2 655,00	152 655,00
Viso:	10	3 700,00	222 000,00	3 929,40	225 929,40

Išlaidos sunaudojamam vandeniui buitinėms reikmėms, patalpų šildymui ir apšvietimui taip pat yra įtraukiamos į netiesiogines gamybos išlaidas. Vienam darbuotojui pasirinktas vandens sunaudojimas per parą yra 40 l. Netiesioginės gamybos išlaidos vandeniui, gamybinių patalpų šildymui ir apšvietimui pateikiamos 3.14–3.16 lentelėse.

3.14 lentelė. Netiesioginės išlaidos vandeniui

Išlaidų pavadinimas	Sunaudojimas per parą, l/1 dirb.	Poreikis metams, m ³	1 m ³ vandens kaina, Eur	Išlaidos vandeniui, tūkst. Eur
Šaltam vandeniui	40,00	100,40	0,50	50,20
Viso:	40,00	100,40	0,50	50,20
Ekspluatacinės išlaidos, tūkst. eur	1,20			
Iš viso:	–	–	–	51,40

3.15 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	350,00	28,00	9,80	1,47	11,27
2	350,00	29,00	10,15	1,52	11,67
3	350,00	30,00	10,50	1,58	12,08
4	350,00	31,00	10,85	1,63	12,48
5	350,00	32,00	11,20	1,68	12,88

3.16 lentelė. Netiesioginės išlaidos apšvietimui

Projekto metai	Patalpų plotas, m ²	Apšvietimo norma, W/m ²	Energijos kiekis patalpoms apšviesti, kWh	1 kWh kaina, Eur	Išlaidos šildymui per metus, tūkst. Eur	Ekspluatacinės išlaidos, tūkst. Eur	Viso išlaidų, tūkst. Eur
1	2	3	4	5	6	7	8
1	640,00	50,00	64 000,00	0,20	12,80	1,92	14,72

3.16 lentelės tęsinys

1	2	3	4	5	6	7	8
2	640,00	50,00	64 000,00	0,15	9,60	1,44	11,04
3	640,00	50,00	64 000,00	0,15	9,60	1,44	11,04
4	640,00	50,00	64 000,00	0,15	9,60	1,44	11,04
5	640,00	50,00	64 000,00	0,18	11,52	1,73	13,25

3.5.8. 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:

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 rezultatai pateikiami 3.17 lentelėje.

3.17 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)

Ilgalaikio turto rūšis	Įsigijimo vertė, tūkst. eur	Normatyvinė eksploatavimo trukmė, metai	Nusidėvėjimo suma, tūkst. eur metams					Likutinė vertė, tūkst. eur
			1	2	3	4	5	
Pastatas	300,00	30,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	250,00
Šilumokaitis	130,00	25,00	4,68	4,68	4,68	4,68	4,68	106,60
Granuliatorius	1 200,00	30,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	1 020,00
Viso:	1 630,00		50,68	50,68	50,68	50,68	50,68	1 376,60

3.18 lentelėje apibendrintai pateikiamos visos apskaičiuotos netiesioginės išlaidos.

3.18 lentelė. Netiesioginių gamybos išlaidų sąmata

Išlaidų rūšys	Projekto metai				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
Pagalbinės medžiagos	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Darbo užmokestis	3,70	3,70	3,70	3,70	3,70
Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	1,33	1,40	1,40	1,47	1,54
Elektros energija	14,72	11,04	11,04	11,04	13,25
Vanduo	51,40	51,40	51,40	51,40	51,40
Šiluminė energija	11,27	11,67	12,08	12,48	12,88
Amortizaciniai atskaitymai	50,68	50,68	50,68	50,68	50,68
Pagalbinių ir aptarnaujančių tarnybų paslaugos					
Įrengimų remontas	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80

3.18 lentelės tęsinys

1	2	3	4	5	6
Vidaus transporto remontas	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Gamybinių cechų pastatų remontas	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Kitos išlaidos	25,52	25,52	25,52	25,52	25,52
Iš viso:	180,75	177,54	177,94	178,41	181,10

Visos gamybos išlaidos (tiesioginės ir netiesioginės) pateiktos 10 priede.

3.5.9. Veiklos kaštai

Veiklos sąnaudoms priklauso: išlaidos skirtos pagalbinėms medžiagoms ir administracinių patalpų išlaikymui; darbuotojų, dirbančių administracijoje, darbo užmokestis ir darbo išteklių atsiskaitymai (VSD, GF ir IDIF); administracinių patalpų apšildymo, apšvietimo, buitinėms reikmėms, vandens ir energijos išlaidos; naudojamų pagrindinių priemonių amortizaciniai atsiskaitymai, ryšių paslaugos, mokesčiai, produkcijos realizavimo ir rinkliavos išlaidos. Veiklos sąnaudos pateikiamos 3.19 lentelėje.

3.19 lentelė. Veiklos sąnaudos

Išlaidų rūšys	Suma, tūkst. Eur
1. Pardavimų sąnaudos:	1 933,15
Reklama ir skelbimai	552,33
Prekių išvežimas	1 380,82
2. Bendrosios ir administracinės sąnaudos:	186,03
Pagalbinės medžiagos	2,00
Administracijos darbuotojų darbo užmokestis	120,00
Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	2,15
Energija (šiluminė ir elektros)	3,50
Amortizaciniai atsiskaitymai	16,38
Administracijos transporto remonto ir išlaikymo išlaidos	3,00
Administracijos pastatų remontas	4,00
Ryšių paslaugos	15,00
Komandiruotės	20,00
Mokesčiai ir rinkliavos	–
Viso:	2 119,18

3.5.10. 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 3.20 lentelėje.

3.20 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
1. Paskolos suma, tūkst. Eur	994,90	795,92	596,94	397,96	198,98
2. Metinė palūkanų norma, proc.	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
3. Palūkanos, tūkst. Eur	44,77	35,82	26,86	17,91	8,95
4. Paskolos padengimas, tūkst. Eur	198,98	198,98	198,98	198,98	198,98
5. Palūkanos su paskolos padengimu, tūkst. Eur	243,75	234,80	225,84	216,89	207,93

3.5.11. Gaminių kainos skaičiavimas

Gaminių kainos nustatomos apskaičiavus visas galimas sąnaudas tenkančias gaminiui. Gaminio kainą (c_i) sudaro jo pilnoji savikaina (sp_i) ir pelnas (pel_i), kuris apskaičiuojamas, įvertinus gaminio pelningumą.

$$c_i = sp_i + pel_i. \quad (3.65)$$

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

$$sp_i = sg_i + fv_i + vs_i. \quad (3.66)$$

Gaminių kainos skaičiavimų rezultatai pateikiami 3.21 lentelėje.

3.21 lentelė. Gaminių kainų apskaičiavimas

Gaminys	Gaminio gamybinė savikaina,	Gaminiui, tenkančios veiklos sąnaudos,	Gaminiui, tenkančios investicinės veiklos sąnaudos,	Gaminio pilnoji savikaina,	Pelnas		Kaina
	Eur/t	Eur/t	Eur/t	Eur/t	%	Eur/t	Eur/t
1 metai							
Amonio dihidrofosfatas su cinku	755,59	100,91	2,13	858,63	22,00	188,90	1 047,53
2 metai							
Amonio dihidrofosfatas su cinku	752,05	63,58	1,02	816,65	30,00	245,00	1 061,65
3 metai							
Amonio dihidrofosfatas su cinku	752,05	66,75	0,77	819,57	30,00	245,87	1 065,45
4 metai							
Amonio dihidrofosfatas su cinku	752,64	77,88	0,57	831,09	22,00	182,84	1 013,93
5 metai							
Amonio dihidrofosfatas su cinku	752,86	83,63	0,29	836,78	20,00	167,36	1 004,14

3.5.12. 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;
- Finansinės veiklos pajamos tai įmonės gautos palūkanos už banke laikomus pinigus ir suteiktas paskolas ir kt.;
- Veiklos pelnas (nuostolis) apskaičiuojamas iš bendrojo pelno atimant veiklos sąnaudas;
- Finansinės sąnaudos – palūkanos už banko paskolą;
- Grynasis pelnas – tai pelnas liekantis įmonei, atskaičius pelno mokestį, pelno mokesčio norma 15 %.

Įmonės pelno (nuostolio) rezultatai kiekvieniems projekto gyvavimo metams pateikiama 3.22 lentelėje.

3.22 lentelė. Įmonės pelno ataskaita, tūkst. Eur

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
1. Pardavimų pajamos	21 998,16	37 157,63	37 290,62	31 938,88	30 927,49
2. Parduodamos produkcijos gamybos kaštai	15 867,33	26 321,84	26 322,24	23 708,28	23 188,08
3. Bendras pelnas (nuostolis)	6 130,83	10 835,79	10 968,38	8 230,59	7 739,41
4. Veiklos sąnaudos	2 119,18	2 225,14	2 336,40	2 453,22	2 575,88
5. Veiklos pelnas (nuostolis)	4 011,65	8 610,65	8 631,99	5 777,38	5 163,54
6. Finansinė ir investicinė veikla	44,77	35,82	26,86	17,91	8,95
7. Pelnas (nuostolis) prieš apmokestinimą	3 966,88	8 574,84	8 605,13	5 759,47	5 154,58
8. Pelnas mokestis	595,03	1 286,23	1 290,77	863,92	773,19
9. Grynasis pelnas (nuostolis)	3 371,85	7 288,61	7 314,36	4 895,55	4 381,39

3.5.13. Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita

Gautų ir išleistų pinigų skaičiavimais parodomi finansinės būklės pakitimai. Prognozuojant pinigų srautus yra nustatomi pinigų srautai iš investicinės ir finansinės 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 rezultatai pateikiami 3.23 lentelėje.

3.23 lentelė. Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) rezultatai

Rodikliai	Projekto metai					
	0	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
Pinigų srautai iš įmonės veiklos						
Grynasis pelnas (nuostolis)		3 371,85	7 288,61	7 314,36	4 895,55	4 381,39

3.23 lentelės tęsinys

1	2	3	4	5	6	7
Nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudos		50,68	50,68	50,68	50,68	50,68
Papildomos investicijos į apyvartinį kapitalą	727,25	1 696,92	1 597,22	0,06	-399,35	-79,48
Finansinės veiklos sąnaudų eliminavimas		243,75	234,80	225,84	216,89	207,93
Grynieji pinigų sratai iš įmonės veiklos	-727,25	1 481,86	5 507,28	7 139,13	5 128,70	4 303,62
Pinigų sratai iš investicinės veiklos						
Ilgalaikio turto perleidimas (įsigijimas)	1 760,00					1 376,60
Grynieji pinigų sratai iš investicinės veiklos	-1 760,00					1 376,60
Bendri metiniai pinigų sratai	-2 487,25	1 481,86	5 507,28	7 139,13	5 128,70	5 680,22

3.5.13.1. Investicijų efektyvumo vertinimas

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

- kai keletas projektų yra nukreipta tam, kad pasiektume skirtingų rezultatų, ir kai konkurencija tarp jų iškyla dėl finansinių lėšų stokos;
- jeigu keletas projektų leidžia pasiekti identišką rezultatą (kai projektai yra skirtingi), kiekvienu atveju esant nevienodoms sąnaudoms.

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

3.5.14. Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai

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

Šį vidurkį galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$KK = W_{js} \cdot k_{js} + W_{pr} \cdot k_{pr}; \quad (3.67)$$

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:

$$k_{js} = (1 - t) \cdot i; \quad (3.68)$$

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: $KK = 10,53$ %.

Vertinant projekto ekonominį tikslingumą bus skaičiuojami šie rodikliai:

- Diskontuotas investicijų atsipirkimo laikas (T);
- Vidinė pelno norma (IRR);

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

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

Atsipirkimo laikas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$T = T_{t-1} + \frac{BGPS_{t-1}}{GPS_t}; \quad (3.69)$$

T = 1,25 metų.

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.

3.5.15. Grynosios esamosios vertės 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.

$$GEV = GPS_0 + \sum_{t=1}^n \frac{GPS_t}{(1 + KK)^t}; \quad (3.70)$$

GEV = 15527,78 tūkst. eur.

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

3.5.16. Vidinės pelno (grąžos) normos skaičiavimas

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

$$GEV = 0 = \sum_{t=0}^n \frac{GPS_t}{(1 + IRR)^t}, \quad (3.71)$$

IRR = 90 %.

3.5.16.1. 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.

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n (+)GPS_t}{\sum_{t=1}^n (-)GPS_t}, \quad (3.72)$$

PI = 7,24.

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.

3.5.17. Lūžio taško skaičiavimas

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

Lūžio taško gamybos apimtis apskaičiuoja pagal formulę:

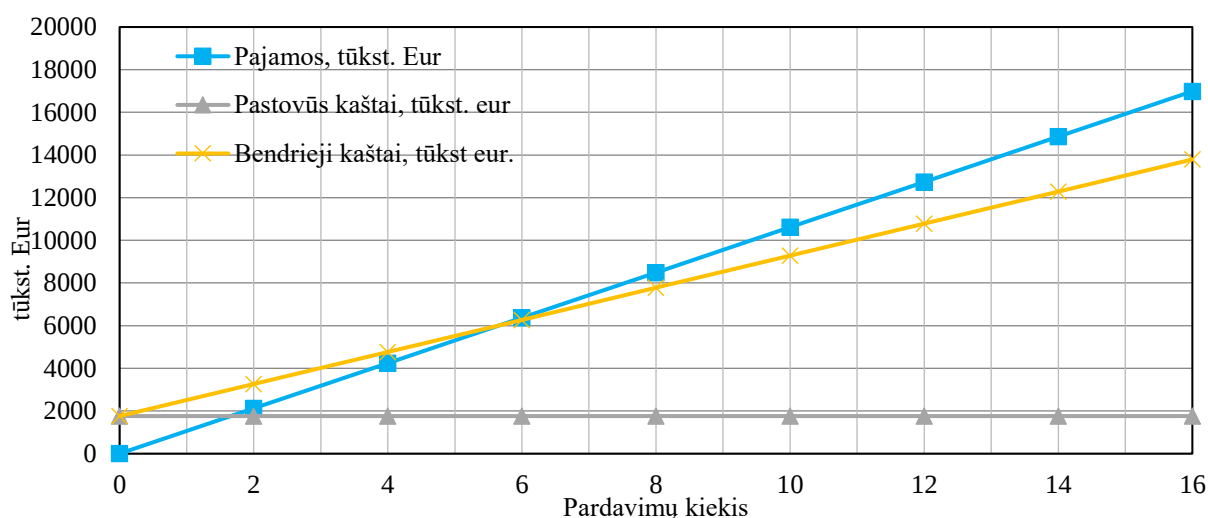
$$B_{Lj} = \frac{PK_j}{(C_j - VKK_j)}; \quad (3.73)$$

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 taškas skaičiuojamas naudojant brandos metų duomenis (gamybinė savikaina, gaminio kaina). Kadangi lūžio taškas skaičiuojamas atskiriems gaminiais, tai pastovius kaštus gaminiais reikia priskirti pagal jų lyginamąją dalį bendroje produkcijoje. Skaičiavimai pateikiami 3.24 lentelėje.

3.24 lentelė. Lūžio taško skaičiavimo rezultatai

Rodikliai	Gaminys
Pastoviųjų kaštų suma, priskirta gaminiui Eur	1 760 000,00
Gaminio kaina, Eur	1 061,65
Gaminio kintamieji kaštai, Eur	752,05
Lūžio taškas, tūkst. t.	5,68
Pardavimų planas, vnt.	35,00



3.2 pav. Lūžio taškas

3.5.18. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai

Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai: pajamos, darbo našumas, gamybos kaštai, pelno ir pelno santykiniai rodikliai, grąžos rodikliai ir kt. rodikliai, pateikiami suvestinėje 11 priede.

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

$$P_{bendrasis} = (Pel_{bendrasis} \times 100) / B_{pard}, \quad (3.74)$$

$$P_{veiklos} = (Pel_{veiklos} \times 100) / B_{pard}, \quad (3.75)$$

$$P_{grynasis} = (Pel_{grynasis} \times 100) / B_{pard}, \quad (3.76)$$

$$Rg_{investicijų} = (Pel_{grynasis} \times 100) / (PF + AL), \quad (3.77)$$

$$Rg_{veiklos} = (Pel_{grynasis} \times 100) / (GK + VS). \quad (3.78)$$

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 – parduodamos 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 8 priede.

3.6. Aplinkosauginis vertinimas

Kasmet didėjantis susirūpinimas aplinkosaugos tema, griežtėjančios valstybės valdymo priemonės ir gyventojų didėjantis dėmesys, daro didelę įtaką norint užtikrinti, kad stambiatonažė gamyba būtų kuo draugiškesnė aplinkai. Labai svarbu gamybos metu naudoti išteklius apgalvotai ir mažinti į aplinką išmetamų taršos šaltinių kiekius, kurie kaupiasi ore, vandenyje ir dirvožemyje, nes šie veiksniai daro įtaką gamtai, žmonių sveikatai ir gyvūnams. Todėl šioje projektinio darbo dalyje įvertinamas amonio dihidrofosfato praturtinto mikroelementu aplinkosauginis vertinimas.

Visos įmonės gaminančios produktus, privalo užtikrinti draugišką aplinkai gamybos technologiją visais gamybos etapais. Atsakingai ir efektyviai naudoti žaliavas ir energetinius resursus norint įrodyti, kad gamyba vykdoma remiantis darnaus vystymosi principais. Tai užtikrina tinkamą poveikį aplinkai ir žmogui, taip pat siekti tobulinti ir diegti naujas technologijas.

Projektuojant technologinę liniją pagrindiniai aspektai yra šilumų ir medžiagų balansai. Jais remiantis galime įvertinti reikalingus žaliavų ir pagaminto produkto kiekius, šilumos kiekius, reikalingus įrenginių našumus ir parametrus, proceso srautus.

Praturtintoms amonio dihidrofosfato su mikroelementu trąšoms pagaminti naudojamos pagrindinės žaliavos yra koncentruota fosforo rūgštis, amoniakas, cinko sulfatas arba cinko chelatas, tačiau gamybos metu atsiranda papildomas etapas, kai vykdomas mikroelemento įterpimas, kada naudojamos papildomos žaliavos (bulvių krakmolos) ir elektros energija.

3.6.1. Bendroji dalis

Numatoma ūkinė veikla esamos veikiančios įmonės AB „Lifosa“ teritorijoje, Juodkiškio g. 50, LT-57502, Kėdainiuose. Įmonė įsikūrusi Kėdainių miesto pakraštyje, esanti nutolusi apie 1,5 km nuo

miesto. Aplink įmonės teritoriją, nėra gyvenamosios, rekreacinės ar visuomeninės paskirties teritorijų. Gamyklos teritorijoje yra ir jai priklauso įvairūs administracinės, komercinės, pramoninės ir kitos paskirties pastatai. Iš šiaurės ir rytų įmonė ribojasi su geležinkeliu, Obelies upe ribojasi iš šiaurės vakarų pusės. Vakarų pusėje įmonės teritorija ribojasi su Kėdainių pramonės parku, o pietinėje pusėje ribojasi su fosfogipso laukais ir šlamo tvenkiniais. Gamyklos teritorijos lygus reljefas.



3.3 pav. Planuojamo pastato rekonstrukcijos vieta

Planuojama ūkinė veikla – monoamonio fosfato su mikroelementu (cinku) gamybos tobulinimas su esamo pastato rekonstrukcija numatomas AB „Lifosa“ teritorijoje Juodkiškio g. 50, Kėdainiuose. Gamybinio pastato tūris – 22890 m³, plotas – 576 m², teritorijos bendras plotas – 588 m², pastato aukštis – 32,7 m, pastato aukštų skaičius – 7.

Monoamonio fosfatas (NH₄H₂PO₄) – birios, kristalinės, labai geru tirpumu vandenyje pasižyminčios, koncentruotos azoto-fosforo trąšos, kurių sudėtyje nėra sunkiųjų metalų, chloro ir natrio. Trąšos gaminamos naudojant, kaip žaliavas skystą techninį amoniaką išgarinus išgarintuve ir nusulfatintą, nufluorintą ekstrakcinę fosforo rūgštį, reaguojant žaliavoms santykiu 1:1. Reakcija vykdoma reaktoriuje-neutralizatoriuje ir iš egzoterminės reakcijos, susidaręs perteklinis šilumos kiekis, siekiant sutaupyti energetinius resursus, tiekiamas į vieną iš šilumokaičių, kuriame gaunama produkto pulpa ir kristalizatoriuje išgaunamas kristalinis produktas. Produkto kristalai, kurie yra tinkami granuliavimui tiekiami į būgninį granuliatorių-džiovyklą kartu naudojant ir pasirinktą mikroelementą, o rišiklis naudojamas norint paskatinti aglomeracijos procesą.

3.6.2. Žaliavų naudojimas

Įmonė vandenį gamybos reikmėms naudoja iš Nevėžio upės. Kėdainių mieste esančioje Kauno gatvėje tam skirta siurblinė. Siurblinės pajėgumas 3100 m³/h arba 0,86 m/s. Siurblinėje naudojami du siurbliai, kurių našumai yra 500 m³/h, kito 1500 m³ /h, tačiau nėra didelio poreikio vandens, nes įmonė turi kitus vandens aprūpinimo šaltinius, todėl nėra pilnai išnaudojami siurbliai.

Naudojamos žaliavos, ženklavimas, klasifikavimas ir jų kiekiai pateikiami 3.25 lentelėje.

3.25 lentelė. Duomenys apie naudojamą žaliavą [34]

Žaliava	Kiekis, t/metus	Cheminės medžiagos klasifikavimas ir ženklavimas			
		Kategorijos pavadinimas	Pavojaus nuoroda	Ženklavimas	Rizikos, saugumo frazės
Azoto rūgštis	3000	Ėsdinanti medžiaga	GHS03 GHS05 GHS06 GHS09		Ėsdinanti metalus, sukelia odos ir akių pažeidimus toksiška įkvėpus
Fosforo rūgštis	60179	Ėsdinanti medžiaga	GHS03 GHS05 GHS06 GHS09		Ėsdinanti metalus, sukelia odos ir akių pažeidimus toksiška įkvėpus
Amoniakas	5418	Degios dujos	GHS04 GHS05 GHS06 GHS09		degios dujos, gali sprogti, toksiška vandens organizmams, toksiška prarijus
Cinko sulfatas	1575	Sveikatai pavojinga	GHS07		sukelia odos ir akių pažeidimus, toksiška įkvėpus

3.6.3. Energijos sunaudojimas

Reikalingas produktui pagaminti energetinių išteklių kiekis pateiktas 3.26 lentelėje.

3.26 lentelė. Produktui pagaminti reikalingas energetinių išteklių kiekis

Pavadinimas	Kiekis per metus	Šaltiniai
Elektros energija	41200000 kWh	Įmonės šaltiniai
Šiluminė energija	6909,4 MJ	Įmonės šaltiniai

3.6.4. Fizikinė tarša

Fizikinė tarša gamybinėse patalpose yra triukšmas, kurio šaltinis gali būti vienas arba keli darbo metu esantys įrenginiai. Tai gali būti siurbiai, reaktoriai, kristalizatoriai, ventiliatoriai arba pneumatinių plaktukų skleidžiamas triukšmas įrenginių valymo metu. Fizikinės taršos šaltiniai pateikti 3.27 lentelėje.

3.27 lentelė. Fizikinės taršos šaltiniai [35]

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

3.6.5. Atliekos ir jų tvarkymas

Produkto gamybos metu radioaktyvios atliekos nesusidaro. Gamybos metu susidariusios nuosėdos yra pakartotinai tiekiamos į gamybą perdirbimui. Statybinės atliekos susidarys planuojamos veiklos metu ir jos bus susijusios su technologinių įrenginių priežiūra, pastato eksploatacija ir esamais žmonių poreikiais. Atliekos, kurių neįmanoma perdirbti ar rūšiuoti, bus tvarkomos pagal atliekų tvarkymo įstatymą. Numatoma, kad pastato eksploatacijos atliekos bus sudarytos iš mišrių komunalinių atliekų ir antrinių žaliavų (plastiko, stiklo, metalo, kartono ir popieriaus atliekų). Atliekos ir jų tvarkymas pateikiamas 3.28 lentelėje.

3.28 lentelė. Atliekos ir jų tvarkymas [36, 37]

Atliekos			Atliekų susidarymo šaltinis gamybos metu	Projektinis kiekis t/metus	Atliekų susidarymo periodiškumas	Atliekų tvarkymo būdas
Kodas	Pavadinimas	Pavojingumas				
15 01 01	Popieriaus ir kartono pakuotės	Nepavojingos	-	0,5	-	R401
13 02 05	Panaudoti tepalai	H14 – pavojingos aplinkai	Įrenginių tepimas	2	1 kartą per metus	R13
17 06 04	Stiklo vatos atliekos	Nepavojingos	Izoliacija	3	-	D15
20 03 01	Mišrios komunalinės atliekos	Nepavojingos	-	12	-	D15
15 02 02	Tepaluoti skudurai	H14 – pavojingos aplinkai	-	1	-	R13
15 02 02	Filtrų medžiagos (įskaitant kitaip neapibrėžtus tepalų filtrus), pašluostės, apsauginiai drabužiai, užteršti pavojingosiomis medžiagomis	H14 – pavojingos aplinkai	-	0,5	-	R13

3.6.6. Nuotekos

Mikroelementinių trąšų gamybos metu nuotekų nesusidaro. Technologijoje susidarę skysčiai tokie, kaip panaudotas vanduo ir garų kondensatas tiekiamas į reaktorių-neutralizatorių užtikrinant nuotekų pakartotinį panaudojimą. Gamybinės nuotekos cirkuliuoja uždaru ciklu.

3.6.7. Aplinkos oro tarša

Granuliuotų trąšų gamybos linijoje iš vibrosietų, būgninio-granuliatoriaus džiovyklos, elevatorių išsiskiria amoniakas ir produkto dulkės. Norint sumažinti išsiskiriančias emisijas į aplinką iki minimalių reikšmių tam yra sumontuoti oro valymo įrenginiai. Iš verdančio sluoksnio džiovyklos

dulkių ir amoniako mišinys tiekiamas į cikloną, jame vykdomas kietųjų dalelių valymas. Išvalytas srautas tiekiamas į absorberį kartu su būgninio granulatoriaus-džiovyklos džiovinimui panaudotu oru, kuriame vykdomas valymas šlapiuoju būdu. Nudruskintas vanduo tiekiamas per purkštukus, dujų-skysčio kontakto metu, amoniakas absorbuojamas ir išvalytas oras ventiliatoriumi tiekiamas į atmosferą [30, 31].

Produkto transportavimo linijoje ir virš vibrosietų įrengti kasetiniai filtrai, kurie naudojami norint išlaikyti tinkamą sanitarinį stovį nuo produkto kietųjų dalelių. Oro srautas patenką tarp filtro kasečių, dulkės ir kitos kietosios dalelės kaupiasi ant filtravimo medžiagos ir suslėgto oro impulsu surinktos dalelės iškrenta pro filtro apatinę dalį. Išvalytas oras išleidžiamas per išėjimo angą [30, 31].

Aplinkos oro taršos šaltinių duomenys pateikiami 3.29 lentelėje, o išmetamųjų dujų valymo įrenginių duomenys pateikiami 3.30 lentelėje.

3.29 lentelė. Taršos šaltinių fiziniai duomenys [38]

Taršos šaltinis	Atmosferos teršimo šaltinių parametrai		Iš teršimo šaltinio išeinančio dujų-oro mišinio parametrai			Atmosferą 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)
Absorberis	32,3	0,6	32,1	0,778	40,0	Amoniakas (NH ₃)	0,09722	2,8

3.30 lentelė. Išmetamųjų dujų valymo įrenginių duomenys [37]

Taršos šaltinis	Teršalas	Teršalo kodas	Prieš valymą, kg/metus	Po valymo, kg/metus	Valymo efektyvumas, %
Absorberio kaminas	Amoniako dujos	134	1400	2800	85

3.6.8. Apibendrinimas

Atlikus projektuojamos gamybos aplinkosaugos vertinimą, galime teigti, kad gamyboje naudojamos žaliavos, susidariusios komunalinės, metalo, plastiko, stiklo, kartono ir popieriaus atliekos daro gamtai didelę žalą, tačiau jos yra sutvarkomos atsižvelgiant į Lietuvos Respublikos įsakymo taisykles. Gamybos metu išsiskiria produkto dulkės, amoniako dujos, bet valymo įrenginiai pasiekia 85 % valymo efektyvumą, todėl normos nėra viršijamos.

4. Darbuotojų sauga ir sveikata

Cheminių produktų gamyboje, nuolat susiduriama su įvairiais profesinės rizikos veiksniais. Todėl šiame skyriuje analizuojama projektuojamos technologijos gaisrinė sauga, darbo higiena, darbuotojų sauga, kuri užtikrinama nepriklausomai nuo darbo sutarties rūšies, įmonėje dirbančių darbuotojų skaičių, darbuotojo darbo dienos ar dirbamos pamainos trukmės, darbo pobūdžio bei darbo vietos.

4.1. Projektuojamo objekto charakteristika

Technologinė linija projektuojama įterpiančią papildomus įrenginius, kurių tikslas gauti granuliuotą amonio dihidrofosfatą, kurio sudėtyje yra įterptas mikroelementas cinkas. Įrenginiai: krakmolo tirpalo paruošimo talpa, būgninis granulatorius-džiovykla. Technologija vykdoma pastato viduje, kuriame jau yra paruoštas žaliavų paruošimas gamybai. Fosforo rūgšties pašildymas iki reikiamos temperatūros, amoniako išgarinimas ir tiekimas į reaktorių-neutralizatorių, papildomo vandens ir kondensato tiekimas į įrenginius, pulpos atskyrimas nuo netirpių priemaišų, pulpos kristalizacija, susidariusių kristalų džiovinimas, granulių su mikroelementu gamyba, kai kristalai tiekiami į būgninį granuliatorių-džiovyklą kartu su rišikliu ir mikroelementu, susidariusių granulių frakcionavimas ir produkcinės frakcijos sandėliavimas.

Eksplatuojant granuliuoto amonio dihidrofosfato su mikroelementu technologinę liniją, gali darbuotojus veikti kenksmingi ir pavojingi veiksniai:

- Karšti įrenginių ar vamzdynų paviršiai;
- Chemiškai aktyvios medžiagos;
- Basisukantys mechanizmai;
- Technologinių parametrų normų nukrypimai;
- Karštas vanduo ir jo garai;
- Cheminių medžiagų garai;
- Triukšmas;
- Vibracija;
- Slėginiai indai;
- Autotransportas;
- Amoniako, fosforo rūgšties, garo, vamzdynų hermetiškumo pažeidimai;
- Įspėjamųjų signalizacijų, automatinųjų blokuočių ir kontrolės matavimo prietaisų gedimai;
- Veikiantys elektros įrenginiai.

Taip pat gali būti neatjungti elektros įrenginiai remonto metu; priešgaisrinės saugos taisyklių pažeidimai; įrenginių eksploatavimo pažeidimai; darbuotojų saugos ir sveikatos taisyklių pažeidimai; planinių – perspėjamųjų remontų grafiko nevykdymas; darbuotojų saugos ir sveikatos instrukcijų pažeidimai stabdant arba paleidžiant cechą; įrenginių paruošimo remontui, atidavimo į remontą, remonto ir priėmimo iš remonto taisyklių pažeidimai. Remiantis sanitarinių apsaugos zonų nustatymo ir režimo taisyklių priedu, pasirenkamas sanitarinis apsaugos zonų ribinis dydis – 300 m už įmonės teritorijos [39].

4.2. Profesinės rizikos vertinimas

Profesinės rizikos vertinimas – tai yra nelaimingų atsitikimų ir profesinių ligų prevencija. Profesinės rizikos vertinimo tikslas yra nustatyti ir įvertinti esamą ar galimą riziką darbe, ją pašalinti, o jei

negalima pašalinti, įdiegti prevencijos priemonės, kad darbuotojai būtų apsaugoti nuo rizikos arba ji būtų kiek įmanoma sumažinta [39]. Profesinės rizikos veiksniai pateikiami 4.1 lentelėje.

4.1 lentelė. Profesinės rizikos veiksniai ir jų reikšmė [39]

Rizikos veiksnys	Reikšmė
Cheminis	Cheminis elementas ar junginys, grynas ar mišinyje, egzistuojantis natūraliai arba gaminamas, naudojamas arba išskiriamas į aplinką, įskaitant atliekas, bet kokio darbo proceso metu, pagamintas tikslingai ar ne, teikiamas rinkai ar ne.
Biologinis	Mikroorganizmai, įskaitant genetiškai modifikuotus, ląstelių kultūros bei žmogaus endoparazitai, galintys darbuotojui sukelti infekciją, alergiją ar apsinuodijimą.
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.
Fizikinis	Veiksny, kurio pagrindą sudaro fizikinių substancijų kitimai aplinkoje.
Ergonominis	Pagrindė sudaro fizinio darbo krūvis ir įtampa bei darbo vietos pritaikymas darbuotojo galimybėms.
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 sprogimo, gaisro, statinių stabilumo ir tvirtumo neužtikrinimo.

Profesinės rizikos vertinimas – tai procesas, kurio metu nustatomi darbo vietoje pavojus sukeliantys rizikos veiksniai, nustatomas galimas darbuotojui sukeltos sveikatos žalos sunkumas, atsižvelgiant į naudojamas kolektyvines ar asmenines apsaugos priemones, nustatomas sukeliamas rizikos dydis bei nusprendžiama, ar profesinė rizika yra priimtina, toleruotina ar nepriimtina [39]. Rekomendacijos dėl rizikos šalinimo ar mažinimo veiksmų pateiktos 4.2 lentelėje.

4.2 lentelė. Rekomendacijos dėl rizikos šalinimo ar mažinimo veiksmų [39]

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.

Kolektyvinės ir asmeninės apsaugos priemonės, naudojamos įmonėje dirbančių darbuotojų darbingumui ir sveikatai išsaugoti įmonės veiklos metu. Gamybos metu kolektyvinė apsaugos priemonė gali būti oro valymo įrenginiai ar oro ventiliacija, kuri užtikrina šviežio oro tiekimą į

gamybinės patalpos darbuotojų darbo metu. Tačiau jei profesinės rizikos kolektyvinėmis priemonėmis neįmanoma sumažinti iki priimtinos, tada turi būti darbuotojams išduodamos asmeninės apsaugos priemonės: darbo drabužiai, šalmai, akiniai, ausų kamštukai arba ausinės, avalynė, dujokaukės ir respiratoriai. Profesinės rizikos vertinimo tikslas nustatyti konkrečioje darbo vietoje galimus profesinės rizikos veiksnus. Šie veiksniai įvardinti ir kiekybiškai įvertinti 4.3 lentelėje.

4.3 lentelė. Rizikos veiksniai ir jų prevencijos priemonės [39–43]

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio atsiradimo ir veikimo vieta	Rizikos veiksnio dydis (lygis), matavimo vienetas	Rizikos veiksnio leidžiamas dydis (lygis), ribinė vertė, matavimo vienetas	Rizikos veiksnio poveikio trukmė	Prevencijos priemonės
1	2	3	4	5	6
Ergonominiai veiksniai					
Netinkama poza	Gamybinės patalpos	Netinkama poza 20 % darbo laiko	Netinkama poza 35 % darbo laiko	3 valandos	Speciali pertraukėlė, mankšta
Nuovargis	Gamybinės patalpos	–	–	4 valandos	Speciali pertraukėlė
Darbo sunkumas	Gamybinės patalpos	35 kg	30 kg	4 valandos	Speciali pertraukėlė, mankšta
Judėjimo atstumas darbo aplinkoje	Gamybinės patalpos	5,5 km	4,0–8,0 km	4 valandos	Speciali pertraukėlė, mankšta
Netaisyklinga sėdėsena	Darbo kėdės	–	–	12 valandų	Ergonominės, tinkamai sureguliuotos kėdės, daromos pertraukėlės
Cheminiai veiksniai					
Fosforo rūgštis	Reaktorius, technologiniai vamzdynai	3mg/m ³	1mg/m ³ (IPRD) 2mg/m ³ (TPRD)	12 valandų	Respiratorius, dujokaukės, guminiai batai, nitrilinės pirštinės
Amoniakas	Reaktorius, technologiniai vamzdynai	2 mg/m ³	14 mg/m ³ IPRD 36 mg/m ³ TPRD	12 valandų	Respiratorius, darbo drabužiai, batai ir pirštinės atsparūs rūgščių ir šarmų poveikiui, dujokaukės, apsauginiai akiniai
Azoto rūgštis	Presfiltrai, technologiniai vamzdynai	3 mg/m ³	1 mg/m ³ IPRD 2 mg/m ³ TPRD	12 valandų	Respiratorius, dujokaukės, guminiai batai, nitrilinės pirštinės

4.3 lentelės tęsinys

1	2	3	4	5	6
Amonio dihidrofosfatas	Įrengimai, vamzdynai	1 mg/m ³	2 mg/m ³ IPRD	12 valandų	Respiratorius, darbo drabužiai, batai ir pirštinės atsparūs rūgščių ir šarmų poveikiui, dujokaukės, apsauginiai akiniai
Cinko sulfatas	Technologiniai vamzdynai	1 mg/m ³	2 mg/m ³ IPRD	12 valandų	Respiratorius, darbo drabužiai, batai ir pirštinės atsparūs rūgščių ir šarmų poveikiui, dujokaukės, apsauginiai akiniai
Fizikiniai veiksniai					
Vibracija	Dirbantys 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	3 valandos	Naudojamos AAP pasižyminčios antivibracinėmis savybėmis, daromos specialios pertraukėlės
Triukšmas	Gamybinės patalpos	80 dBA	87 dBA	12 valandų	Ausinės, ausų kamštukai
Statinės elektros pavojus	Įrengimai	–	–	12 valandų	Ižeminimas ir įnulinimas. Naudoti antistatinius batus
Apšvieta	Gamybinės patalpos	300lx	300lx	12 valandų	–
Aukšta temperatūra	Technologiniai įrenginiai	170 °C	50 °C	12 valandų	Įrenginių izoliacija, futeruotės, naudoti pirštines
Fiziniai veiksniai					
Slėginiai indai	Įrengimai	–	–	–	Apsauginiai vožtuvai, apsauginės membranos
Krintančių daiktų mechaninis poveikis	Gamybinės patalpos	–	–	–	Šalmas
Pavojus nukristi iš aukščio	Gamybinės patalpos	–	–	–	Stabilios kopėčios, mobilūs stelažai su atitvarais

4.3 lentelės tęsinys

1	2	3	4	5	6
Darbo vietos priešgaisrinis parengimas	Gamybinės patalpos	–	–	–	Evakuaciniai išėjimai, tinkamos klasės ugnies gesinimo gesintuvai, vanduo, nedegus audeklas, smėlis
Besisukančios ar judančios mašinų dalys	Įrengimai	–	–	–	Uždengtos besisukančios dalys, apsauginės tvorelės

Įvertinus visus gaisrinio pavojingumo rodiklius ir remiantis pagrindiniais gaisrinės saugos reikalavimais, nustatoma įrenginių ir gamybinių patalpų kategorija pagal sprogo ir gaisro galimus pavojus. Įvertinama naudojamos gamyboje cheminės medžiagos, technologinio proceso sudėtingumas, galimybė susidaryti sprogiai aplinkai ir jos išsilaikymo trukmė 4.4 lentelėje.

4.4 lentelė. Pastatų ir patalpų kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonas [44]

Vietos, kurioms suteikiama kategorija, pavadinimas	Pastatų, patalpų kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų	Sprogimui pavojinga zona	Požymis, nulemiantis kategoriją, pavojingos zonos vietą
MAP gamybinės patalpos	D _g	2 – oji zona	Dirbant pastoviu režimu, nėra galimybės susidaryti pavojingai zonai
Valdymo patalpa	E _g	2 – oji zona	Nėra naudojamos degios medžiagos
MAP gamybos įrenginiai	D _g	2 – oji zona	Dirbant pastoviu režimu, nėra galimybės susidaryti pavojingai zonai
Amoniako išgarintuvas	A _{sg}	2 – oji zona	Dirbant pastoviu režimu, nėra galimybės susidaryti pavojingai zonai

Mikroelementinių, granuliuotų trąšų gamyboje naudojamos šios žaliavos: amoniakas, fosforo rūgštis, cinko sulfatas, azoto rūgštis. Žaliavų gaisrinio pavojingumo rodikliai aprašyti 4.5 lentelėje.

4.5 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai [45–49]

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

4.3. Saugi gamyba

Visiems darbuotojams būtina sudaryti saugias ir sveikas darbo sąlygas, nepriklausomai nuo darbuotojo stažo, įmonės veiklos, darbo sutarties, darbuotojų skaičiaus, lyties, politinių ar religinių įsitikinimų, tautybės, darbo aplinkos ir pobūdžio. Visi nauji darbuotojai pradėję dirbti įmonėje yra

apmokami kol įgyja kvalifikaciją. Taip pat darbo metu visi darbuotojai yra apmokami pravedant įvadinį, priminį, periodinį ir reikalui esant papildomą saugaus darbo instruktažus. Tik po šių atestacijų, darbuotojas įrodo, kad gali saugiai dirbti darbo vietoje išvengiant pavojaus kilti gaisrui, sprogitumui ar kitaip padaryti žalą aplinkiniams. Darbuotojas viso darbo metu turi užtikrinti saugią gamybą, darbo vietoje visada turi būti atnaujinti darbų saugos ir priešgaisrinės instrukcijos, gamybos technologinė schema ir reglamentas, apsaugos sistemų tinkamas darbas tokių, kaip blokiruočių ir signalizacinių sistemų, kurios turi atitikti gerą techninę būklę ir pastebėjus gedimus, būtina pranešti darbų vadovui, palaikyti švarą ir tvarką darbo vietoje, prieš užduodant darbą atlikti, instruktuoti apie galimus pavojus ir aprūpinti darbuotojus asmeninėmis apsaugos priemonėmis, medieną, popierių, stiklą ir plastmasines šiukšles rūšiuoti ir mesti tik į reikiamus konteinerius, rūkyti tik tam skirtose vietose. Nesilaikant eksploataavimo įrenginių, saugaus darbo taisyklių reikalavimų ar nenaudojant asmeninių apsaugos priemonių gali įvykti [50]:

- Judančių mechanizmų sužeidimai;
- Apsinuodijimas agresyviomis medžiagomis;
- Degių skysčių užsiliepsnojimas;
- Elektros srovės pavojus;
- Vamzdinių ir įrenginių nesandarumas;
- Įrenginių nepriežiūra;
- Neišvalytų dujų išsiveržimas į atmosferą;
- Susidaryti degių dujų mišiniai.

Norint išvengti minėtų pavojų, darbuotojų saugos ir sveikatos specialistas kontroliuoja, kaip darbuotojai laikosi nustatytų taisyklių. Esant pažeidimams, darbuotojai privalo iš naujo būti instruktuojami.

Elektroauga – organizacinių ir techninių priemonių, teisinių normų, skirtų žmonėms apsaugoti nuo pavojingų ir kenksmingų elektros srovės, elektromagnetinio lauko, elektros lauko, statinės elektros poveikio, žingsnio įtampos visuma. Apsaugos būdai ir priemonės, apsaugančios nuo elektros srovės poveikio, turi būti parenkami taip, kad nebūtų viršijamos leistinos žmogaus kūnu tekančios srovės ir jo tekėjimo trukmės. Todėl labai svarbios techninės ir organizacinės apsaugos priemonės ir būdai: darbuotojų apmokymai, individualių apsaugos priemonių suteikimas, teisinga darbo vietų organizacija bei darbo režimas, įspėjamųjų ženklų panaudojimas, signalizacija, įspėjanti apie įtampos jungimą, apsauginis įžeminimas, įnulinimas [51].

Elektros įrenginiai, kurie bus naudojami gamybos patalpose, turi atitikti jiems taikomų techninių reglamentų, norminių teisės aktų ir Lietuvoje galiojančių standartų reikalavimus [51].

Pagal elektros srovės keliamą pavojų žmogui patalpos skirstomos į [51]:

- Pavojingos (labai drėgna, elektrai laidžios dulkės, karštis, srovę praleidžiančios grindys);
- Labai pavojingos (šlapia, chemiškai ir biologiškai aktyvi terpė);
- Normalios (sausa, nėra dulkių, cheminiu ir biologiniu požiūriu neagresyvi aplinka, neaukšta temperatūra).

Projektuojamas gamybos cechas priskiriamas prie labai pavojingų patalpų, todėl įrenginiai, kurie naudoja aukštesnę kaip 50 V įtampą, privalo būti įnulininti.

4.4. Darbo higiena

Darbo higiena – sritis, kuri tiria darbuotojo organizmą veikiančių darbo proceso ir gamybinės aplinkos veiksnių poveikį ir nuspėti reikalingas saugos priemones norint išvengti profesinius susirgimus. Nepriklausomai nuo įmonės veiklos yra privaloma kiekvienai darbo vietai nustatyti reikalavimus darbuotojo higienai ir ergonomikai [52].

Šiluminė aplinka darbo patalpoje – darbo aplinkos meteorologinės sąlygos, kurios nustatomos pagal žmogaus organizmą veikiančius drėgmės, oro temperatūros ir judėjimo greičio parametrų derinius bei technologinės įrangos, šiluminį spinduliavimą ir atitvarų paviršių temperatūrą [41]. Šiluminio komforto dydžiai pateikiami 4.6 lentelėje.

4.6 lentelė. Šiluminis komfortas [41]

Laikotarpis	Patalpos	Šiluminio komforto vertės
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
Šiltasis	Valdymo pultas	Lengvas – Ia; oro temperatūra 23–25 °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 į žmogaus organizmą gali patekti kartu su vandeniu, tiesioginio kontakto per odą metu, kvėpuojant ar su maistu ir jį apnuodyti ar sukelti sunkesnius sveikatos sutrikimus. 4.7 lentelėje pateikta gamyboje naudojamų cheminių medžiagų toksiškumo charakteristika.

4.7 lentelė. Cheminių medžiagų profesinio poreikio ribiniai dydžiai [51]

Cheminė medžiaga	Toksiškumo charakteristika	Kenksmingų cheminių medžiagų koncentracijų ribiniai dydžiai	Asmeninės apsaugos priemonės
1	2	3	4
Amonio dihidrofosfatas	H290 – Gali ėsdinti metalus, H301 – toksiška prarijus, H302 – kenksminga prarijus, H319 – stipriai dirgina akis, H311 – toksiška susilietus su oda, smarkiai nudegina odą ir H314 – smarkiai nudegina odą ir pažeidžia akis	Ilgalaikio poveikio ribinis dydis 300 mg/m ³	Respiratoriai, darbo drabužiai atsparūs rūgščių ir šarmų poveikiui, filtruojančios dujų kaukės, batai, apsauginiai akiniai, pirštinės, kremai
Fosforo rūgštis	H290 – Gali ėsdinti metalus, H302 – kenksminga prarijus, H311 – toksiška susilietus su oda, 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	Respiratoriai, darbo drabužiai atsparūs rūgščių ir šarmų poveikiui, filtruojančios dujų kaukės, batai, apsauginiai akiniai, pirštinės, kremai

4.7 lentelės tęsinys

1	2	3	4
Amoniakas	H221 – Degios dujos, H280 – turi slėgio veikiamų dujų, kaitinant gali sprogti, H290 – gali ėsdinti metalus, H301 – toksiška prarijus. H311 – toksiška susilietus su oda. H314 – smarkiai nudegina odą ir pažeidžia akis. H319 – stipriai dirgina 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	Respiratoriai, apsauginė kaukė, darbo drabužiai atsparūs rūgščių ir šarmų poveikiui, filtruojančios dujokaukės, batai, apsauginiai akiniai, pirštinės, kremai
Azoto rūgštis	H290 – Gali ėsdinti metalus, H301 – toksiška prarijus, H302 – kenksminga prarijus, H319 – stipriai dirgina akis, H311 – toksiška susilietus su oda, smarkiai nudegina odą ir H314 – smarkiai nudegina odą ir pažeidžia akis	Ilgalaikio poveikio ribinis dydis 2,6 mg/m ³ , trumpalaikio poveikio ribinis dydis 1 mg/m ³	Respiratoriai, darbo drabužiai atsparūs rūgščių ir šarmų poveikiui, filtruojančios dujokaukės, batai, apsauginiai akiniai, pirštinės, kremai
Cinko sulfatas	H302 – kenksminga prarijus, H318 – smarkiai pažeidžia akis, H400 – labai toksiška vandens organizmams,	Ilgalaikio poveikio ribinis dydis 2 mg/m ³	Saugoti, kad nepatektų į aplinką, mūvėti apsaugines pirštines ir naudoti akių/veido apsaugos priemonės.

Pagal higienos normą HN 33:2001 nustatyti leidžiamieji triukšmo lygiai pateikti 4.8 lentelėje. Esant didesniai nei leistinai garso lygiui, darbuotojui privaloma dėvėti ausines, apsaugančias nuo triukšmo.

4.8 lentelė. Leidžiamieji triukšmo lygiai darbo aplinkoje [54]

Objekto pavadinimas	Garso lygis ir ekvivalentinis garso lygis, dBA
Gamybos valdymo aparato patalpos	60
Kitos darbo vietos ir zonos įmonių gamybinėse patalpose ir teritorijoje	85

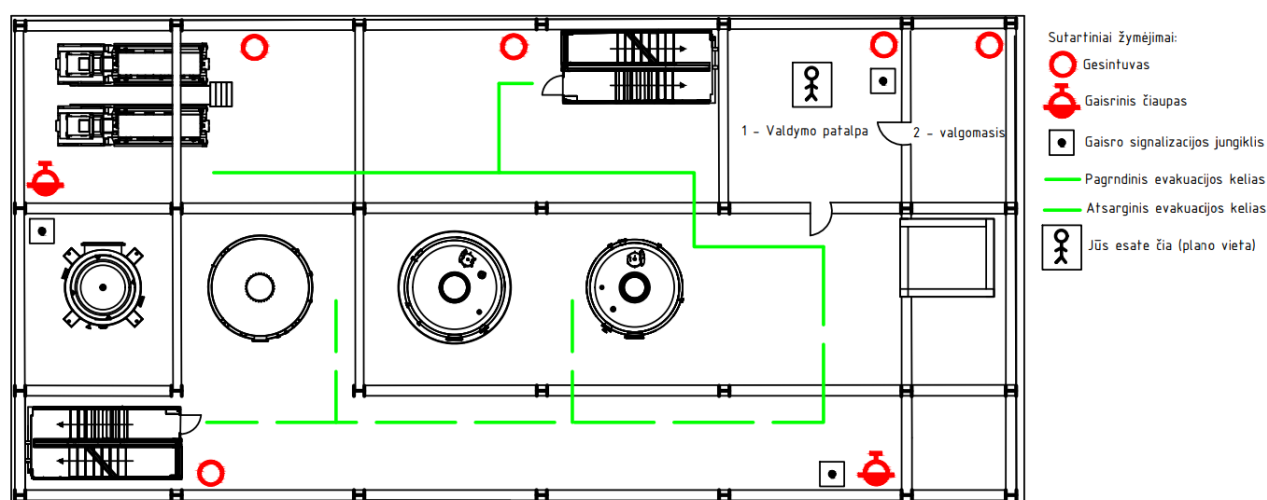
Turi būti atliktas darbo vietų higieninis įvertinimas pagal galiojančius teisės aktus. Darbo vietų ir patalpų natūralaus ir dirbtinio apšvietimo išmatuotos apšvietos vertės turi būti ne mažesnės kaip natūralaus ir dirbtinio apšvietimo mažiausios apšvietos ribinės vertės [55]. Remiantis HN 98:2014, nustatoma regos darbų kategorija ir projektuojamo cecho norminė apšvieta (žr. 4.9 lentelė).

4.9 lentelė. Projektuojamo cecho regos darbų kategorija ir norminė apšvieta [55]

Darbo vieta	Regos darbų charakteristika	Mažiausio matomo objekto dydis, m	Regos darbų kategorija	Mažiausia ribinė vertė, lx	Natūralus apšvietimas, NAK, %	Vykdomų darbų rūšys
Technologinių įrenginių aikštelės	Netikslūs	> 5,0	VI	100	3,0	Įrenginiai, nereikalaujantys nuolatinės priežiūros; laiptai
Valdymo pultas	Vidutiniškai tikslūs	0,5–1,0	IV	300	3,0	Darbas prie videoterminalų

4.5. Gaisrinė sauga

Granuliuotų trąšų modifikuojamas gamybos cecho pastatas pastatytas naudojant nedegias medžiagas. Norint pažaboti susidarančių gaisrų plitimą, pastate naudojamos tokios gesinimo priemonės, kaip gesintuvai, gaisrinis čiaupas, gaisro signalizacija. Granuliuotų trąšų pastato pagrindinio penktojo aukšto evakuacijos planas pateiktas 4.1 paveiksle.



4.1 pav. Evakuacinis planas

Pagrindinis evakuacijos kelias žmonių evakavimo plane yra pažymėtas ištisine linija, atsarginis – punktyru. Žmonių evakavimo planas turi būti pakabintas kiekvieno pastato visuose aukštuose, gerai matomoje vietoje, prie kiekvieno įėjimo ir (ar) išėjimo. Žmonių evakavimo planas, jo simboliai ir tekstas turi būti matomi iš ne mažesnio kaip 1 m atstumo [56].

Pastatą sudaro gelžbetoninės grindys, sienas – daugiasluoksnės sienų plokštės, o pastatą laikančios konstrukcijos – plieninės yra nedegios ir gaisro atveju neleidžia plisti gaisrui. Gamybinėse patalpose esant daugybei įrenginių, kurie yra nuolatinę įtampą turintys elektros varikliai, turi būti ne mažiau kaip pusė gesintuvų tinkamų gesinti elektros įrenginius, todėl parinkti miltelių ir angliarūgštės tipo gesintuvai. Gesintuvai privalo būti laikomi gerai matomose ir lengvai prieinamose vietose, turi būti pakabinti užrašai (ženklai), nurodantys gesintuvų laikymo vietą [56]. Taip pat turi būti įrengtas rankinis gaisro signalizacijos jungiklis. Gesintuvų tipai ir galimos gesinimo priemonės pateiktos 4.8 lentelėje.

4.10 lentelė. Gesintuvų tipai ir galimi gesinimo šaltiniai [52]

Gesintuvo tipas	Gaisro pobūdis
Miltelių	Tai universali ugnies gesinimo priemonė, tinkanti gesinti A, B, C, D klasės gaisrus (priklausomai nuo miltelių rūšies). Taip pat juo galima gesinti elektros įrenginius. Miltelinis gesintuvas chemiškai stabdo degimą. Šie gesintuvai efektyviai gesina ne tik A, B bei C klasių gaisrus, bet tinka gesinti ir neišjungtus elektros prietaisus. Dėl to juos galima vadinti universaliais gesintuvais, galinčiais puikiai padėti apsisaugoti nuo gaisro jūsų namuose
Vandens putų	Pagrindinė gesinimo medžiaga – putos. Putos – tai oro, vandens ir putokšlio (putodario) mišinys. Tinka gesinti A (degant kietoms medžiagoms susidaro įkaitusios anglys) ir B (dega degūs skysčiai ar tokios medžiagos, kurios degdamos skystėja) klasės gaisrus, bet juo negalima gesinti dujas ir elektros įrenginius. Būtina laikyti šildomose patalpose
Angliarūgštės	Pagrindinė gesinimo medžiaga – anglies dioksidas. Gesina B ir C (dega degios dujos) klasės gaisrus, tinka elektros įrenginių gesinimui. Mažai veiksmingas gesinant A ir D (dega degūs metalai) klasės gaisrus. Gesintuvai su angliarūgštės užpildu rekomenduojami elektros gaisrams gesinti (kompiuterių, jungiklių, garso įrangos, įvairių mechanizmų gaisrams). Gesinimo medžiaga pilnai išsisklaido ore ir nepalieka jokių pėdsakų. Šio tipo gesintuvai taip pat gali būti naudojami B klasės gaisrams, degiems skysčiams arba skystėjančioms medžiagoms (benzinui, naftos produktams, riebalams, lakams, dervai, vaškui, eteriui, alkoholiui ir kt.) gesinti. Rekomenduojama papildomai turėti vandens putų arba miltelinius gesintuvus, kurie užtikrintų apsaugą nuo A klasės gaisrų.

Išvados

1. Atlikta esamos MAP gamybos rekonstrukcija, po kurios bus gaminamos granuluotos cinku praturtintos azoto fosforo trąšos, kai pradinės žaliavos nesikeičia ir yra vykdoma neutralizacijos reakcija tarp amoniako (NH_3) ir fosforo rūgšties (H_3PO_4), žaliavų santykį išlaikant 1:1.
2. Susidarę MAP kristalai 60–65 °C temperatūroje granuliuojami būginiame granuliatoriuje-džiovykloje, kaip mikroelemento šaltinį naudojant ZnSO_4 , arba Zn-EDTA, kaip rišiklį – nustatytą kiekį 2–4 % koncentracijos krakmolo tirpalo ir iki 60 % returo. Susidaro iki 30 % prekinio produkto, kurio savybės yra: granulių stipris 6,54 N/granulei, 10 % tirpalo pH 3,60, piltinis tankis 554 kg/m³ ir atitinka biriosioms trąšoms keliamus reikalavimus.
3. Apskaičiuotas masės ir šilumos balansas. Nustatyta, kad tiekiant granuliuoti 1000 kg amonio dihidrofosfato kristalų, 4,5 kg cinko, 4,5 kg bulvių krakmolo ir 220,5 vandens, galime gauti 1042,48 kg granuluoto produkto. Siekiant pašildyti krakmolo tirpalą iki reikiamos temperatūros, reikalingas šilumokaitis, kurio plotas = 124,13 m². Šilumos nuostoliai sudaro 0,48 %. Granuliavimui naudojamo BGD matmenys: ilgis 10 m, skersmuo 4 m.
4. Grafinėje dalyje pateikti A1 formato amonio dihidrofosfato su mikroelementu gamybos technologija ir būginio granulioriaus-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. Modernizuoti gamybinį cechą atlikti ekonominiai ir finansiniai skaičiavimai, apskaičiuota, kad modernizacijai reikės 2,49 mln. Eur finansavimas, kuris sėkmingai pradėjus veiklą atsipirktų po 1,25 metų, kai planuojamas gamybos našumas bus 35 tūkst. tonų per metus. Lūžio taškas pasiekiamas, kai pagaminama 5,68 tūkst. tonų produkto.
7. Aplinkosauginio vertinimo metu nustatyta, kad vykdomos technologijos teršalų šaltinis yra išmetimas į atmosferą, tačiau ribiniai dydžiai nėra viršijami. Atliekos sutvarkomos pagal LR įstatyme nustatytą tvarką.
8. Pagal darbų saugos taisykles ir reikalavimus darbuotojams būtinos asmeninės apsaugos priemonės: šalmas, apsauginiai akiniai, dujokaukės, respiratoriai, darbo rūbai ir pirštinės, darbo batai, klausos apsaugos priemonės.

Literatūros sąrašas

1. PALECKIENĖ, Rasa ir Rasa ŠLINKŠIENĖ. *Trąšos. Gavimas ir analizė*. Mokomoji knyga. Kaunas: Technologija, 2018, p. 40. ISBN 978-609-02-147-8
2. GUODONG Liu, EDWARD Hanlon, YUNCONG Li. Understanding and Applying Chelated Fertilizers Effectively Based on Soil pH. *IFAS Extension* [interaktyvus]. 2019. [žiūrėta 2022-04-13]. Prieiga per: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/HS1208>
3. MILKA Brdar-Jokanović. Boron Toxicity and Deficiency in Agricultural Plants. *International Journal of Molecular Sciences* [interaktyvus]. 2020. [žiūrėta 2022-04-12]. Prieiga per: https://mdpi-res.com/d_attachment/ijms/ijms-21-01424/article_deploy/ijms-21-01424-v2.pdf
4. MARIA J Salgueiro Bioch, MARCELA Zubillaga Ph.S, ALEXIS Lysionek Pharm ir kt. Zinc as an essential micronutrient: A review. *Nutrition Research* [interaktyvus]. Elsevier, 2000. [žiūrėta 2022-04-12]. Prieiga per: [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(00\)00163-9](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(00)00163-9)
5. ROBERT Hansch, RALF R Mendel, Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current Opinion in Plant Biology* [interaktyvus]. Elsevier, 2009. [žiūrėta 2022-04-12]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.05.006>
6. R. Millaleo, M. Reyes-Diaz, A. G. Ivanov, M. L. Mora and M. Alberdi. Manganese As Essential And Toxic Element For Plants: Transport, Accumulation And Resistance Mechanisms. *Journal of soil science and plant nutrition* [interaktyvus]. 2010. [žiūrėta 2022-04-12]. Prieiga per: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162010000200008>
7. XIU Hu, XIANGYING Wei, JIE Ling, JIANJUN Chen. Cobalt: An Essential Micronutrient for Plant Growth. *Micronutrients: the Bordeline Between their Beneficial Role and Toxicity in Plants* [interaktyvus]. 2021. [žiūrėta 2022-04-12]. Prieiga per: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.768523>
8. LIFOSA: *Monoamonio fosfatas*. [interaktyvus]. 2022. [žiūrėta 2022-04-19]. Prieiga per: <https://www.lifosa.com/gamyba-ir-paslaugos/produktai/monoamonio-fosfatas/19>
9. YARA, POTASH Corp, J. R. Simplot ir kt. Global Ammonium Dihydrogen Phosphate Market Report 2022. *Chemical & Materials* [interaktyvus]. 2021. [žiūrėta 2022-04-15]. Prieiga per: <https://www.cognitivemarketresearch.com/ammonium-dihydrogen-phosphate-market-report>
10. REPORT LINKER. Global Agricultural Chelates Market - Growth, Trends, and Forecast (2019–2024). *Mordor Intelligence LLP* [interaktyvus]. 2019. [žiūrėta 2022-04-15]. Prieiga per: <https://www.reportlinker.com/p05865773/Global-Agricultural-Chelates-Market-Growth-Trends-and-Forecast.html>
11. MARKET DATA FORECAST. Agricultural Chelates Market By Type (EDTA, EDDHA, DTPA, & IDHA), Application (Soil, Seed Dressing, Foliar Sprays, & Hydroponics), Crop Type (cereals And Grains, Oilseeds And Pulses, And Fruits And Vegetables) And By Region - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, And Forecast To 2027. *Agricultural Chelates Market* [interaktyvus]. 2022. [žiūrėta 2022-04-15]. Prieiga per: <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/agricultural-chelates-market>
12. VERIFIED MARKET RESEARCH. Global Agricultural Chelates Market Size By Chelate Type (Ethylenediamine Tetraacetic Acid (EDTA), Diethylenetriaminepentaacetic Acid Or Pentetic Acid (DTPA)), By Micronutrient (Iron, Zinc, Manganese), By Geographic Scope And Forecast. *Agricultural Chelates Market* [interaktyvus]. 2022. [žiūrėta 2022-04-15]. Prieiga per: <https://www.verifiedmarketresearch.com/product/agricultural-chelates-market/>

13. RESEARCH AND MARKET. Agricultural Chelates Market - Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2022–2027). *Agricultural Chelates Market* [interaktyvus]. 2022. [žiūrėta 2022-04-15]. Prieiga per: <https://www.researchandmarkets.com/reports/4763967/agricultural-chelates-market-growth-trends>
14. CROP LIFE. Micronutrients Shine in 2020. [interaktyvus]. 2020. [žiūrėta 2022-04-15]. Prieiga per: <https://www.croplife.com/crop-inputs/micronutrients/micronutrients-shine-in-2020/>
15. DATA INTELLIGENCE. Agricultural Micronutrients Market Size & Growth. [interaktyvus]. 2022. [žiūrėta 2022-04-16]. Prieiga per: <https://www.datamintelligence.com/research-report/agricultural-micronutrients-market>
16. Z. Zhang, J. Lin, J. Xi, P. Xu, D. Gong, Industrial Production of High Quality Monoammonium Phosphate. *Chem. Bioeng.* 35 [interaktyvus]. 2018. [žiūrėta 2022-04-16]. Prieiga per: <https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-5425.2018.12.01>
17. JIANHONG Luo, JUN Li, YANG Jin, YI Zhang, DONGSHENG Zheng. Study on Mg²⁺ Removal from Ammonium Dihydrogen Phosphate Solution by Predispersed Solvent Extraction. *I&EC Research* [interaktyvus]. ACS Publications, 2009. [žiūrėta 2022-04-20]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1021/ie801277t>
18. YAN Cao, XIAOWEI Liu, XIAN'E Ren, YONGCHUN Huang. Removal of Fe³⁺ from ammonium dihydrogen phosphate solution in an impact-jet hydraulic cavitation extractor. *Arabian Journal of Chemistry* [interaktyvus]. 2022. [žiūrėta 2022-04-08]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103637>
19. XIAOBIN Li, DEHUA Xu, JINGXU Yang ir kt. Utilization of FBRM and PVM to analyze the effects of different additives on the crystallization of ammonium dihydrogen phosphate. *Journal of Crystal Growth* [interaktyvus]. Elsevier, 2021. [žiūrėta 2022-03-12]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2021.126378>
20. P. Rajesh, P. Ramasamy. Growth of dl-malic acid-doped ammonium dihydrogen phosphate crystal and its characterization. *Journal of Crystal Growth* [interaktyvus]. Elsevier, 2009. [žiūrėta 2022-04-20]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2009.04.020>
21. M. Dhanalakshmi, S. Parthiban, M. Swaminathan. Crystal growth and optical properties of ammonium dihydrogen phosphate (ADP) crystals doped with Fe(II) and Fe(III): Oxidation number effects. *Materials Today: Proceedings* [interaktyvus]. Elsevier, 2020. [žiūrėta 2022-04-16]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.200>
22. MITSURU Yoshimatsu. Some Observations of Imperfections in ADP Single Crystals by X-Ray Diffraction Micrography. *The Japan Society of Applied Physics* [interaktyvus]. 1966. [žiūrėta 2022-04-20]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1143/JJAP.5.29>
23. MARK J. Gunning, ROGER E. Raab, PIOTR Goski, WLODZIMIERZ Kucharczyk. The quadratic electrooptic effect and estimation of antipolarization in ADP. *Taylor & Francis Online* [interaktyvus]. 1998. [žiūrėta 2022-04-20]. Prieiga per: <https://doi.org/10.1080/07315179808204457>
24. MIRZA Irshad Baig, BENESAB Rajesh Shalkh. Mechanical Study of Pure and Zn²⁺ Doped Ammonium Dihydrogen Phosphate Crystal for Device Applications. [interaktyvus]. Research Gate, 2022. [žiūrėta 2022-04-13]. Prieiga per: <https://www.researchgate.net/publication/357672077>
25. G. K. Rollefson. Chemical Kinetics. *The Journal of Physical Chemistry* [interaktyvus]. 1951. [žiūrėta 2022-04-20]. Prieiga per:

- [https://www.eng.uc.edu/~beaucag/Classes/AdvancedMaterialsThermodynamics/Books/Keith%20J%20Laidler%20-%20Chemical%20Kinetics-HarperCollins%20\(1987\).pdf](https://www.eng.uc.edu/~beaucag/Classes/AdvancedMaterialsThermodynamics/Books/Keith%20J%20Laidler%20-%20Chemical%20Kinetics-HarperCollins%20(1987).pdf)
26. CLARE P. Marshall, Rhodes W. Fairbridge. Crystal Chemistry. [interaktyvus]. Springer Link, 1999. [žiūrėta 2022-04-20]. Prieiga per: https://doi.org/10.1007/1-4020-4496-8_70
 27. RISCOB Bright, MOHD. Shkir, VIJAYAN Narayanasamy. Effect of Mn(II) doping on crystalline perfection, nonlinear, optical and mechanical properties of KDP single crystals. *Applied Physics A* [interaktyvus]. Research Gate, 2012. [žiūrėta 2022-04-20]. Doi: [10.1007/s00339-012-6773-1](https://doi.org/10.1007/s00339-012-6773-1)
 28. LIQUIGRO HOLDINGS PTY LTD. Method of producing a monoammonium phosphate containing fertilizer solution. Inventors: Gerhardus tredoux BOTHA. US patent US 20190322596A1. 2019-10-24. United States Patent [žiūrėta 2022-04-26]. Prieiga per: <https://patents.google.com/patent/US20190322596A1/>
 29. MOSAIC CO. Fertilizer compositions containing micronutrients and methods for preparing the same. Inventors: Lawrence Alan Peacock, Ryan Johnston. US patent US 20150251962A1. 2015-09-10. United States Patent [žiūrėta 2022-04-26]. Prieiga per: <https://patents.google.com/patent/US20150251962A1/>
 30. AB „Lifosa“ technologijos reglamentas. TR-05-03:2018. Skyriai: 4, 12.
 31. K. Krasauskaitė. Baigiamasis bakalauro projektas. Sudėtinių azoto fosforo trąšų technologija. 2022, Kaunas.
 32. Balandis, A., Leskauskas, B. ir kt. Chemijos inžinerija III knyga. Kaunas: Leidykla „Technologija“, 2010, p. 164, p. 168, p. 179. ISBN 987-9955-25-805-6
 33. Elektros kaina. [žiūrėta 2023-03-15]. Prieiga per: <https://ignitis.lt/lt/elektros-kaina>
 34. Poveikio aplinkai vertinimai. [žiūrėta 2023-04-12]. Prieiga per: <https://old.gamta.lt/cms/index>
 35. Dėl darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatų patvirtinimo. 2005-04-15. Nr. A1-103V-265 Vilnius. [žiūrėta 2023-04-12]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.254877/asr>
 36. Sveikata ir sauga. Pavojingumo ir atsargumo frazės. [žiūrėta 2023-04-25]. Prieiga per: https://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/LT/Safety/HP_LT.htm
 37. Dėl atliekų tvarkymo taisyklių patvirtinimo. Nr. 63-2065. 2023-01-31. [žiūrėta 2023-04-25]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.84302/asr>
 38. AB „Lifosa“ technologijos reglamentas. TR-05-03:2018. Skyrius 11.
 39. Dėl profesinės rizikos vertinimo bendrųjų nuostatų patvirtinimo. 2012-10-25. Nr. A1-457/V-961 Vilnius. [žiūrėta 2023-04-25]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalActPrint/lt?jfwid=&documentId=TAIS.435935&category=TAD>
 40. Dėl Darbuotojų apsaugos nuo vibracijos keliamos rizikos nuostatų patvirtinimo. 2014-11-01. Nr. A1-55/V-91. [žiūrėta 2023-04-25]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.228686/asr>
 41. Dėl Lietuvos higienos normos HN 69:2003 "Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai" patvirtinimo. 2003-12-24. Nr. V-770. [žiūrėta 2023-04-25]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.230880>

42. Dėl Lietuvos higienos normos HN 32:2004 "Darbas su videoterminalais. Saugos ir sveikatos reikalavimai" patvirtinimo. 2011-03-30. Nr. V-65. [žiūrėta 2023-04-25]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.227778/asr>
43. Ergonominių profesinės rizikos veiksnių tyrimo metodiniai nurodymai Valstybės žinios, 2005-08-06, Nr. 95- 3536 (Aktuali redakcija: Nr. A1-626/V-1933, 2021-08-25, paskelbta TAR 2021-08-25, i. k. 2021-17898). [žiūrėta 2023-05-02].
44. Dėl Gaisrinės saugos pagrindinių reikalavimų patvirtinimo. 2022-01-01. Nr. 1-338. [žiūrėta 2023-04-25]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.388658/asr>
45. SDL Amonio dihidrofosfatas. Nr. 1907/2006. Prieiga per: <https://shorturl.at/uz126>
46. SDL Azoto rūgštis. Prieiga per: <https://shorturl.at/djpyF>
47. SDL Amoniakas. Prieiga per: <https://shorturl.at/gIRT4>
48. SDL Fosforo rūgštis. Prieiga per: <https://shorturl.at/beHK8>
49. SDL Cinko sulfatas. Prieiga per: <https://shorturl.at/rQRX1>
50. Lietuvos Respublikos darbo kodekso patvirtinimo, įsigaliojimo ir įgyvendinimo įstatymas. 2023-05-31. Nr. XII-2603. [žiūrėta 2023-04-25]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/10c6bfd07bd511e6a0f68fd135e6f40c>
51. Dėl Elektros įrenginių įrengimo bendrųjų taisyklių patvirtinimo įstatymas. 2020-07-31. Nr. 1-22. [žiūrėta 2023-05-04]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.418124/asr>
52. Lietuvos Respublikos visuomenės sveikatos priežiūros įstatymas. 2023-01-01. Nr. IX-886. [žiūrėta 2023-04-25]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.167900>
53. Dėl Lietuvos higienos normos HN 23:2011 „Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai" patvirtinimo. 2023-02-21. Nr. V-824/A1-389. [žiūrėta 2023-04-25]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.405920>
54. Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatai. Valstybės žinios, 2005, Nr.53-1804. [žiūrėta 2023-04-25]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.254877/asr>
55. Dėl Lietuvos higienos normos HN 98 : 2000 "Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai". 2014-11-01. Nr. 277. [žiūrėta 2023-05-04]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.101854>
56. Dėl bendrųjų priešgaisrinės saugos taisyklių patvirtinimo ir įsigaliojimo. 1997-02-14. Nr. 59. [žiūrėta 2023-04-25]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/rs/legalact/TAD/TAIS.36043/>

Mokslinių ir kitų publikacijų bei darbų sąrašas

1. Krasauskaitė, Klaudija; Meižys, Edvinas; Šlinkšienė, Rasa. Krakmolo priedo įtaka granuliuoto 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. Boron enriched granular nitrogen-phosphorus fertilizers // Technorama 2022: Code: innovation: catalogue. Kaunas : KTU. 2022, p. 15-16. [M.kr.:T 005]
3. Krasauskaitė, K.; Šlinkšienė, R. The interaction of monoammonium phosphate with zinc sulphate and starch solutions // Chemistry and chemical technology: international conference CCT-2023, March 10, 2023, Vilnius: conference book. Vilnius : Vilnius university press, 2023, P 041. ISBN 9786090708330. p. 78. [M.kr.:N 003]
4. Krasauskaitė, K.; Šlinkšienė, R. Sudėtinių biriųjų azoto fosforo trąšų praturtinimas mikroelementais // Studentų moksliniai tyrimai: 2022/2023 konferencijos pranešimų santrauka. Vilnius : Lietuvos mokslo taryba. ISSN 2669-2074. 2023, p. 112-114. [M.kr.: N 003]
5. Krasauskaitė, Klaudija; Šlinkšienė, Rasa. Cinko chelato įtaka granuliuoto amonio dihidrofosfato savybėms // Chemija ir cheminė technologija 2023: studentų mokslinės konferencijos pranešimų medžiaga, Klaipėda, 2023 m. gegužės 12 d. / Klaipėdos universitetas. Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakultetas. Klaipėda: Klaipėdos universitetas. ISSN 2538-7332. 2023, p. 31-34. [M.kr.: N 003]

Priedai

1 priedas. Sugranuliuotų MAP trąšų granulimetrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas 3 % krakmolo tirpalo kiekis

Sunaudotas krakmolo tirpalo kiekis, %	Granulių skersmuo, mm				
	>4	4	3,15	2	<2
7,5	0,00	0,15	0,26	1,37	98,22
10,0	0,08	0,10	0,16	0,67	98,99
12,5	0,38	0,26	0,57	2,36	96,42
15,0	2,86	3,24	3,68	7,98	82,24
17,5	14,89	3,08	3,43	7,57	71,04
20,0	24,73	6,85	7,92	13,88	46,61
21,5	18,19	4,43	6,29	13,90	57,20
22,5	12,28	4,12	6,19	13,76	63,66
25,0	38,57	4,35	4,82	6,27	45,99

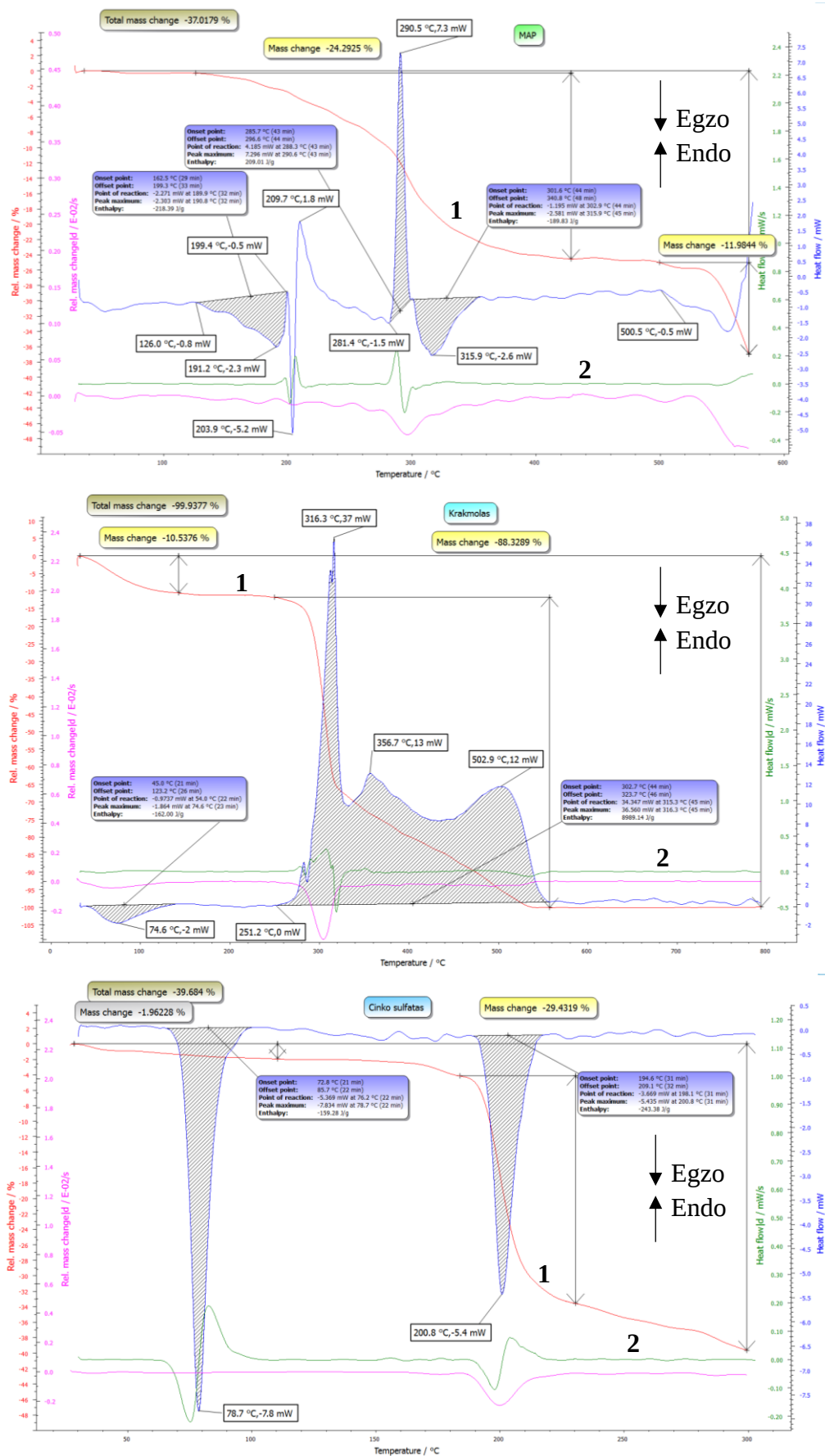
2 priedas. Sugranuliuotų trąšų granulimetrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas 4 % krakmolo tirpalo kiekis

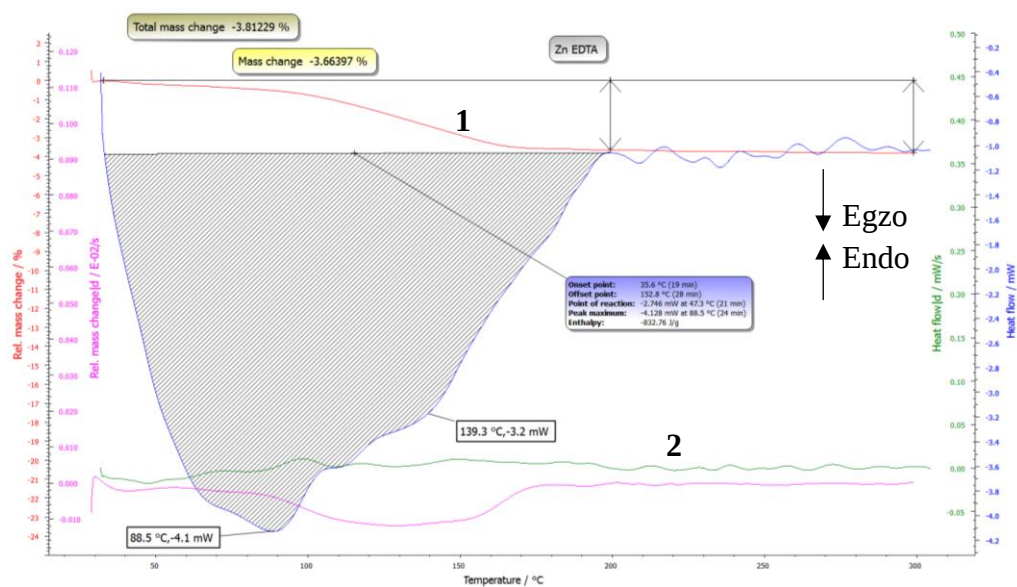
Sunaudotas krakmolo tirpalo kiekis, %	Granulių skersmuo, mm				
	>4	4	3,15	2	<2
7,5	0,32	0,24	0,51	1,62	97,31
12,5	0,00	0,46	1,35	5,78	92,41
15,0	1,90	1,64	2,42	7,19	86,86
17,5	18,94	5,06	5,51	10,55	59,94
20,0	28,94	3,69	3,75	7,52	56,10
21,0	22,90	3,65	4,34	8,27	60,85
21,5	23,12	5,56	6,65	13,16	51,51
22,0	18,76	3,22	4,68	10,34	62,99

3 priedas. Sugranuliuotų trąšų granulimetrinė sudėtis, kai naudotas skirtingas 2 % krakmolo tirpalo kiekis

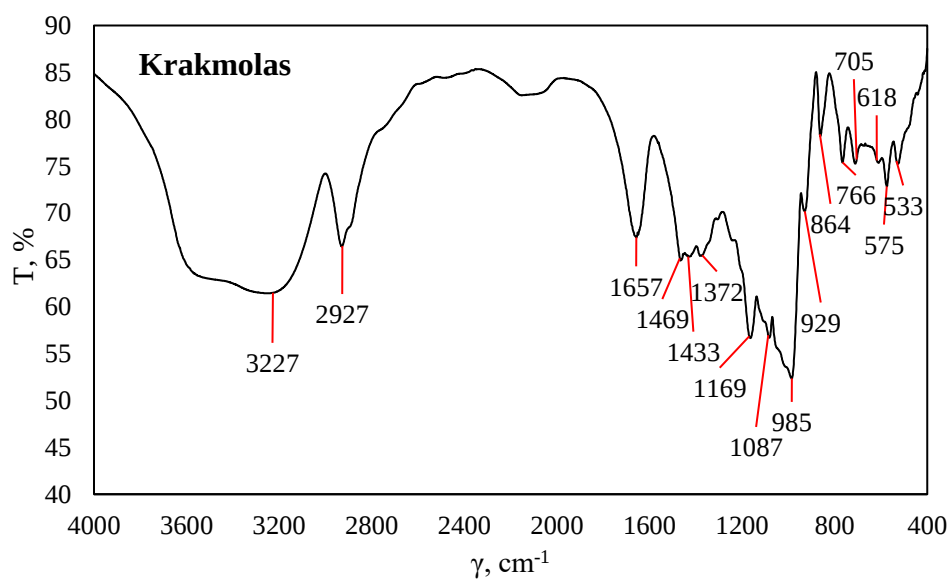
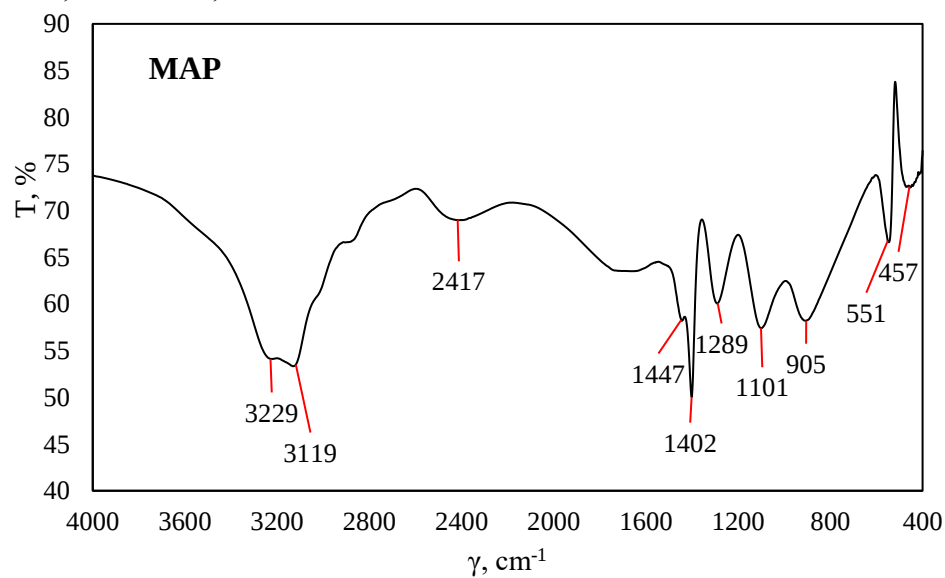
Sunaudotas krakmolo tirpalo kiekis, %	Granulių skersmuo, mm				
	>4	4	3,15	2	<2
17,5	4,80	2,68	5,41	14,75	72,36
20,0	5,58	3,64	7,17	13,72	69,89
22,5	9,57	4,99	8,45	16,70	60,29
23,0	41,04	5,19	4,90	7,19	41,69
23,5	29,54	5,84	5,90	10,51	48,22

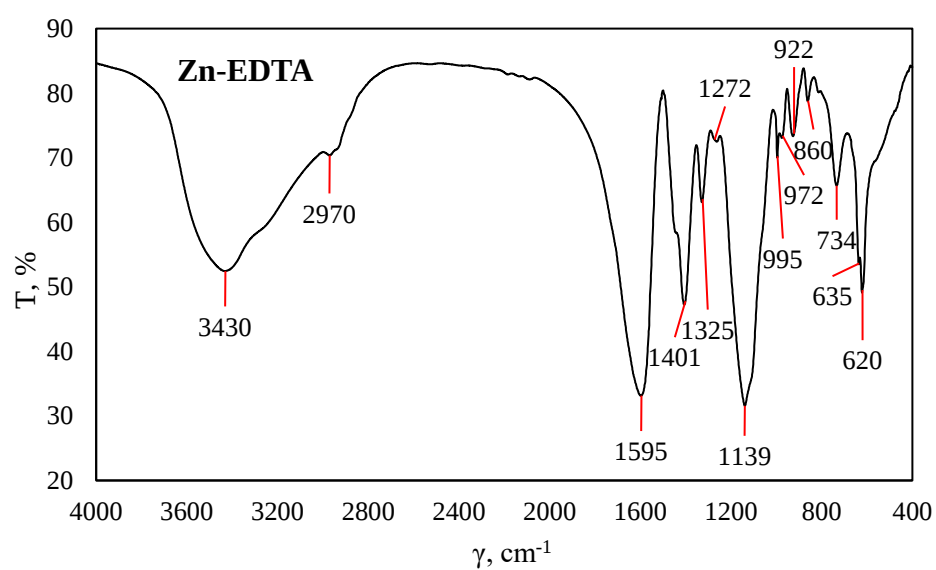
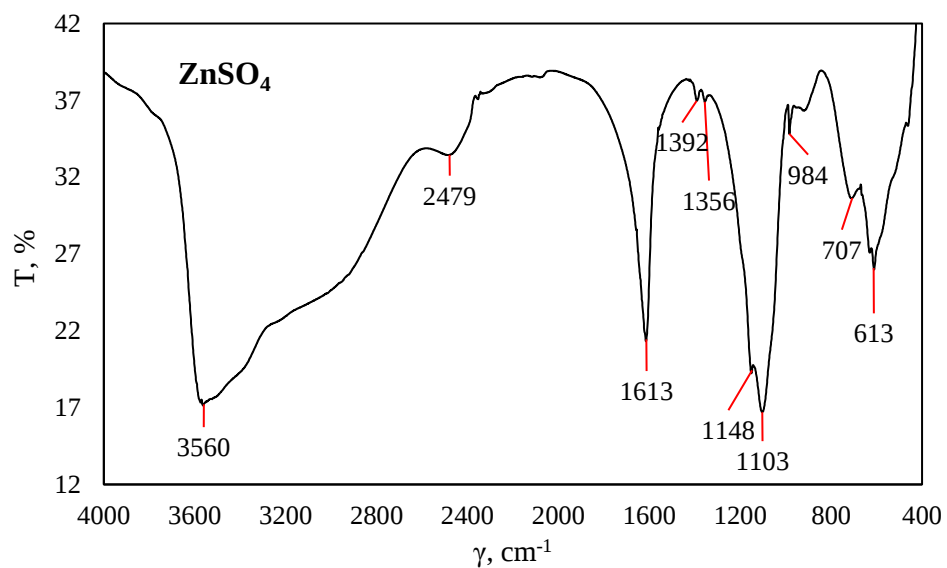
4 priedas. MAP, krakmolo, cinko sulfato ir cinko chelato VTA kreivės: 1 – TG; 2 – DSK



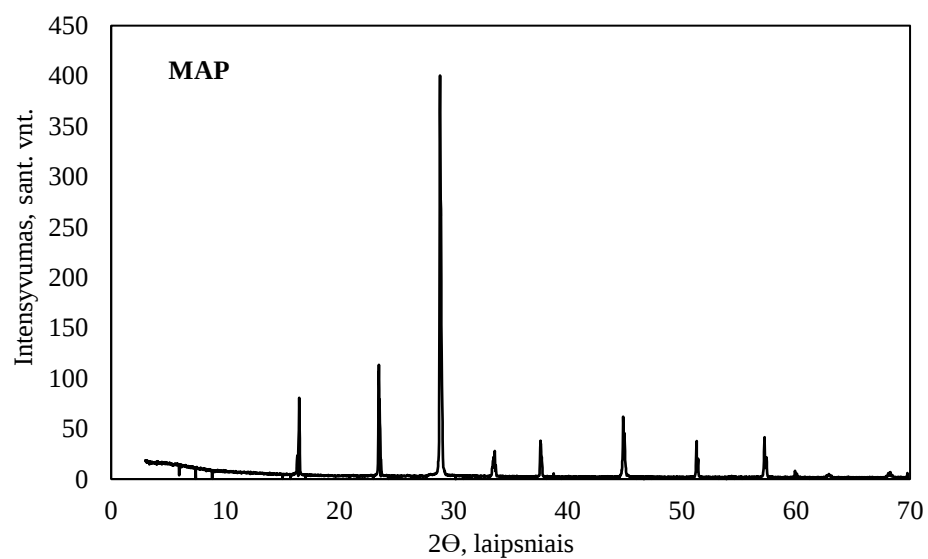


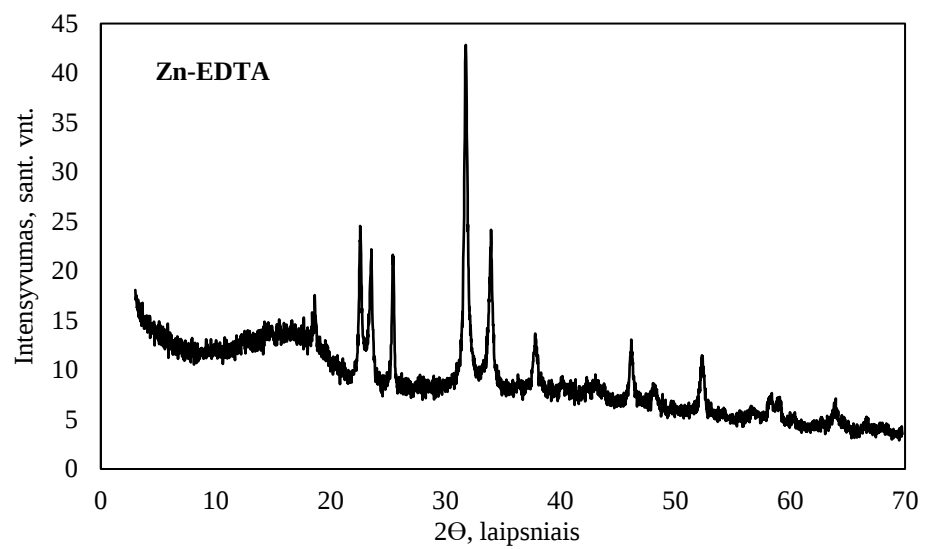
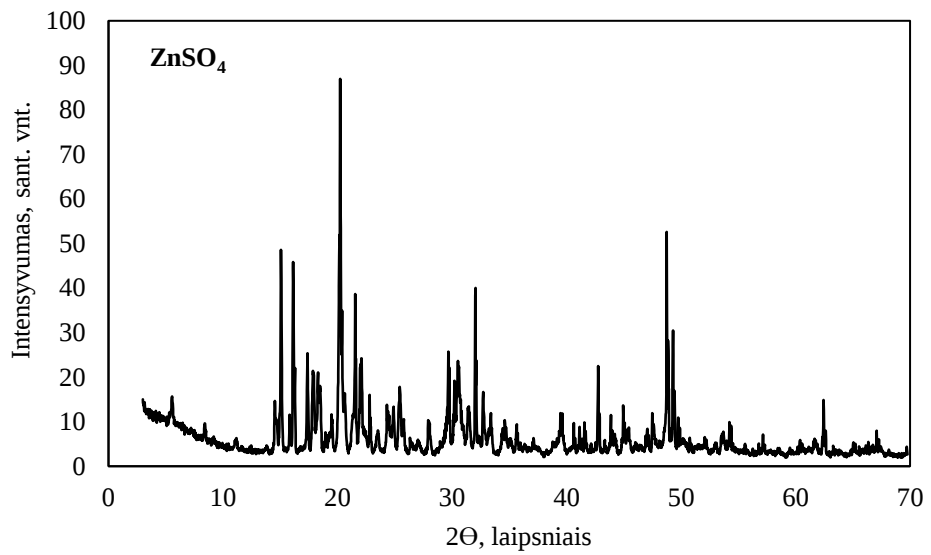
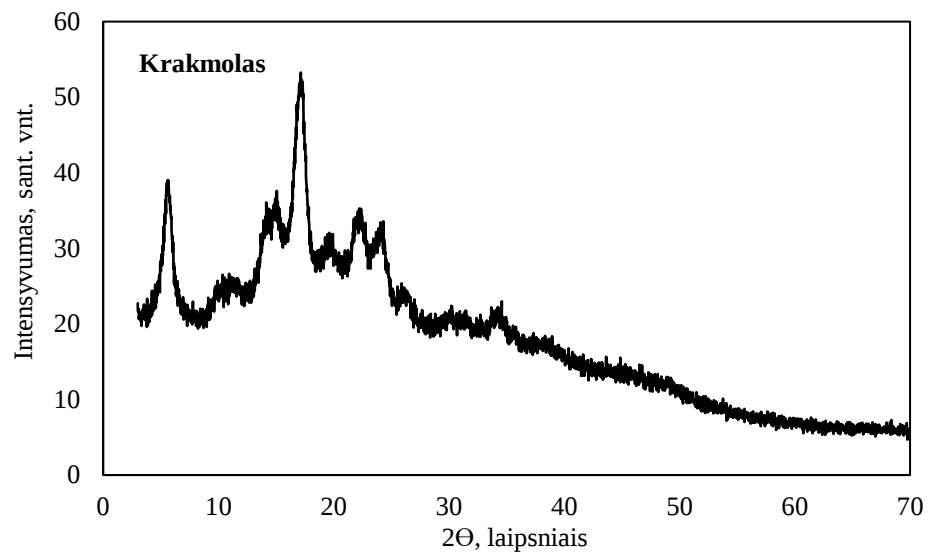
5 priedas. MAP, krakmolo, cinko sulfato ir cinko chelato FT-IR kreivės





6 priedas. MAP, krakmolo, cinko sulfato ir cinko chelato RSDA kreivės





7 priedas. Įrenginių specifikacijos

Poz. Nr.	Įrengimo pavadinimas	Kiekis	Medžiaga, apsaugos būdai	Techninė charakteristika
1	2	3	4	5
1	Amoniako išgarintuvas	1	Plienas	D = 1000 mm, vamzdelių ilgis = 5990 mm; vamzdelių sk. = 189; L = 7690 mm; 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 pakaitintuvas	1	Plienas	D = 350 mm; L = 4150 mm; vamzdelių ilgis = 2990 mm; vamzdelių skersmuo = 25 mm; vamzdelių sk. = 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	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
4	Išcentrinis siurblys	6	Nerūdijantis plienas AISI 316L	Q = 25,2 m ³ /h; el. variklis: N = 7,5 kW; n = 1500 min ⁻¹
5	Cirkuliacinis siurblys	3	Nerūdijantis plienas AISI 316L	Q = 800 m ³ /h; el. variklis: N = 18,5 kW, n = 1477 min ⁻¹
6	Reaktorius su maišykle	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	D = 4800 mm; H = 8900 mm; V = 113 m ³ ; V _n = 61 m ³
7	Presfiltras	2	Nerūdijantis plienas AISI 316L	Segmentų audinys – polipropilenas, segmentų sk. 55; vienos plokštės plotas 1,627 m ² , bendras plotas 87,86 m ² ; maksimalus slėgis 12 bar; debitas 90-120 m ³ /h; L = 8250 mm; H = 2450 mm; plotis – 2280 mm; vidutinis porų dydis – 0,2-10 μm
8	MAP tirpalo talpa	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	D = 3200 mm; H = 4700 mm; kūginės dalies H = 900 mm; V = 31,4 m ³ ; darbinis tūris V _n = 14,5 m ³ , V _{max} = 28,4 m ³
9	Mikrofiltracijos įrenginys	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	Membranų kasetė (SiC): L = 1308 mm, D = 273 mm, 47 vnt; P _n = 10 bar; Vidutinis membranų porų dydis ~10 μm.
10 A	Šilumokaitis	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	D = 1350 mm, vamzdelių sk. – 349; H = 1500 mm (vamzdelių ilgis); šilumokaitos plotas – 83,5 m ²
10 B	Šilumokaitis	1	Nerūdijantis plienas 316L/ Plienas	D = 1350 mm, vamzdelių sk. – 349; H = 4900 mm (vamzdelių ilgis); šilumokaitos plotas – 272,8 m ²
11	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
12	Centrifuga	1	Korpusas, sraigtas nerūdijantis plienas 1.4571; Būgnas nerūdijantis plienas 1.4462/1.4472; Sietas nerūdijantis plienas 1.4404	Q = 27 t/h; maksimalus kietų dalelių kiekis 6,6 t/h; centrifugos el. variklis: N = 45 kW; n = 1500 min ⁻¹ ; būgno sukimosi greitis 1400–2000 min ⁻¹ Tepalo siurblio el. variklis: N = 0,37 kW, n = 1500 min ⁻¹
13	Filtrato bakas su maišykle	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

7 priedo tęsinys

1	2	3	4	5
14	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
15 A	Džiovyklos ventiliatorius	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	Q = 10800 m ³ /h; el. variklis: N = 15 kW; n = 2935 min ⁻¹
15 B	Džiovyklos ventiliatorius	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	Q = 7200 m ³ /h; el. variklis: N = 7,5 kW; n = 2930 min ⁻¹
15 C	Sanitarinis ventiliatorius	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	Q = 20000 m ³ /h; el. variklis: N = 37 kW; n = 2960 min ⁻¹
16 A	Džiovinimo oro 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
16 B	Aušinimo oro kaloriferis	1	Korpusas – nerūdijantis plienas AISI 304L, vamzdeliai – nerūdijantis plienas AISI 316L, plokštelės – aliuminis	H = 790 mm; W = 1150 mm; L = 250 mm, šilumokaitos plotas 13,9 m ² ; šildoma terpė – oras, srautas 8650 kg/h, šildanti terpė garas 6 bar, kiekis 192 kg/h; P _n = 9 bar
17	Tirpalo paruošimo bakas	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	L = 4300 mm; D = 2000 mm; V = 25 m ³
18	Tirpalo pašildytuvas	1	Plienas	L = 2200 mm; H = 1200 mm; D = 300 mm; vamzdelių sk. 50; šilumokaitos plotas 124,13 m ²
19	Ciklonas	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	D = 1500 mm; H = 5500 mm;
20	Absorberis	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	D = 1500 mm; H = 7000 mm;
21 A/B/C	Vibrosietas	3	Plienas DIN10025 S235JR	Q = 8 t/h; sijojimo paviršiaus plotis = 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
22 A/B/C	Rutulinis malūnas	3	Nerūdijantis plienas AISI 304L	Q = 1 t/h; el. variklis: N = 1,5 kW; n = 1430 aps/min
23	Būgninis granulatorius-džiovykla	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	D = 4m; L = 10 m; Q = 4,0 t/h; apsukos 20 aps/min; posvyrio kampas 5°, el. variklis N = 110 kW
24	Cinko žaliavos talpa	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	L = 2000 mm; H = 1000 mm; D = 300 mm;
25	Oro pašildytuvas	1	Nerūdijantis plienas AISI 316L	D = 350 mm
26 A/B	Elevatorius	2	Plienas, guma	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
27	Produkto bunkeris	1	Plienas	H = 13480 mm, kūginės dalies H = 5500 mm, D = 6000 mm, V = 300 m ³

7 priedo tęsinys

1	2	3	4	5
28	Oro pašildytuvas produkto aeravimui	1	Plienas	L = 4150 mm; D = 350 mm; vamzdelių ilgis 2990 mm; vamzdelių skersmuo 25 mm; vamzdelių sk. – 85; šilumokaitos plotas 20 m ² ; vamzdinė ertmė: terpė – suslėgtas oras, P _n = 6 bar; V = 0,088 m ³ , tarpvamzdinė ertmė: terpė – garas, P _n = 6 bar; V = 0,296 m ³
29	Juostinis transporteris	1	Plienas 3, guma	B = 650 mm; L = 38000 mm; Q = 20 t/h; v = 52 aps/min; el. variklis: N = 4 kW; n = 1500 min ⁻¹
30	Kasetinis oro valymo filtras	1	Cinkuotas plienas	Filtravimo medžiagos plotas – 5 m ² ; 4 vnt filtravimo element po 1,25 m ² ; el. variklis: N = 0,75 kW; n = 2855 aps/min

8 Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms

Medžiagos (žaliavos) pavadinimas	Gamybos planas, tūkst. t	Medžiagų sunaudojimo norma gaminiui, tūkst. t.	Medžiagos kaina, tūkst. eur.	Medžiagos poreikis, tūkst. t	Medžiagų kaštai	
					Gaminio, Eur/t	viso, tūkst. Eur
1 metai						
Amonio dihidrofosfatas su cinku	21,00					
Fosforo rūgštis		1,00	426,80	21,00	426,80	8,96
Amoniakas		1,00	242,50	21,00	242,50	5,09
Cinko sulfatas		0,20	388,40	4,20	77,68	1,63
Viso:					746,98	15,69
Brandos metai (2 ir 3 metai)						
Amonio dihidrofosfatas su cinku	30,00					
Fosforo rūgštis		1,00	426,80	35,00	426,80	14,94
Amoniakas		1,00	242,50	35,00	242,50	8,49
Cinko sulfatas		0,20	388,40	7,00	77,68	2,72
Viso:					746,98	26,14
4 metai						
Amonio dihidrofosfatas su cinku	27,00					
Fosforo rūgštis		1,00	426,80	31,50	426,80	13,44
Amoniakas		1,00	242,50	31,50	242,50	7,64
Cinko sulfatas		0,20	388,40	6,30	77,68	2,45
Viso:					746,98	23,53
5 metai						
Amonio dihidrofosfatas su cinku	26,40					
Fosforo rūgštis		1,00	426,80	30,80	426,80	13,15
Amoniakas		1,00	242,50	30,80	242,50	7,47
Cinko sulfatas		0,20	388,40	6,16	77,68	2,39
Viso:					746,98	23,01

9 priedas. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

Amonio dihidrofosfatas su cinku	Gamybos apimtis, tūkst. t	Gaminio darbo imlumas, nh	Valandinis atlyginimas, Eur	Gamybinės programos darbo imlumas, tūkst. nh	Darbo užmokestis, tūkst. Eur			
					Pagrindinis	Papildomas	Bendras	Atskaitymai VSD, GF, IDIF tūkst. Eur*
1 metai								
	21,00	0,55		11,55				
Pagrindiniai gamybininkai			6,50		75,08	7,51	82,58	1,33
Iš viso					75,08			1,33
Brandos metai (2 ir 3 metai)								
	35,00	0,55		19,25				
Pagrindiniai gamybininkai			6,83		78,83	7,88	86,71	1,40
Iš viso					78,83			1,40
4 metai								
	31,50	0,55		17,33				
Pagrindiniai gamybininkai			7,17		82,77	8,28	91,05	1,47
Iš viso					82,77			1,47
5 metai								
	30,80	0,55		16,94				
Pagrindiniai gamybininkai			7,52		86,91	8,69	95,60	1,54
Iš viso					86,91			1,54

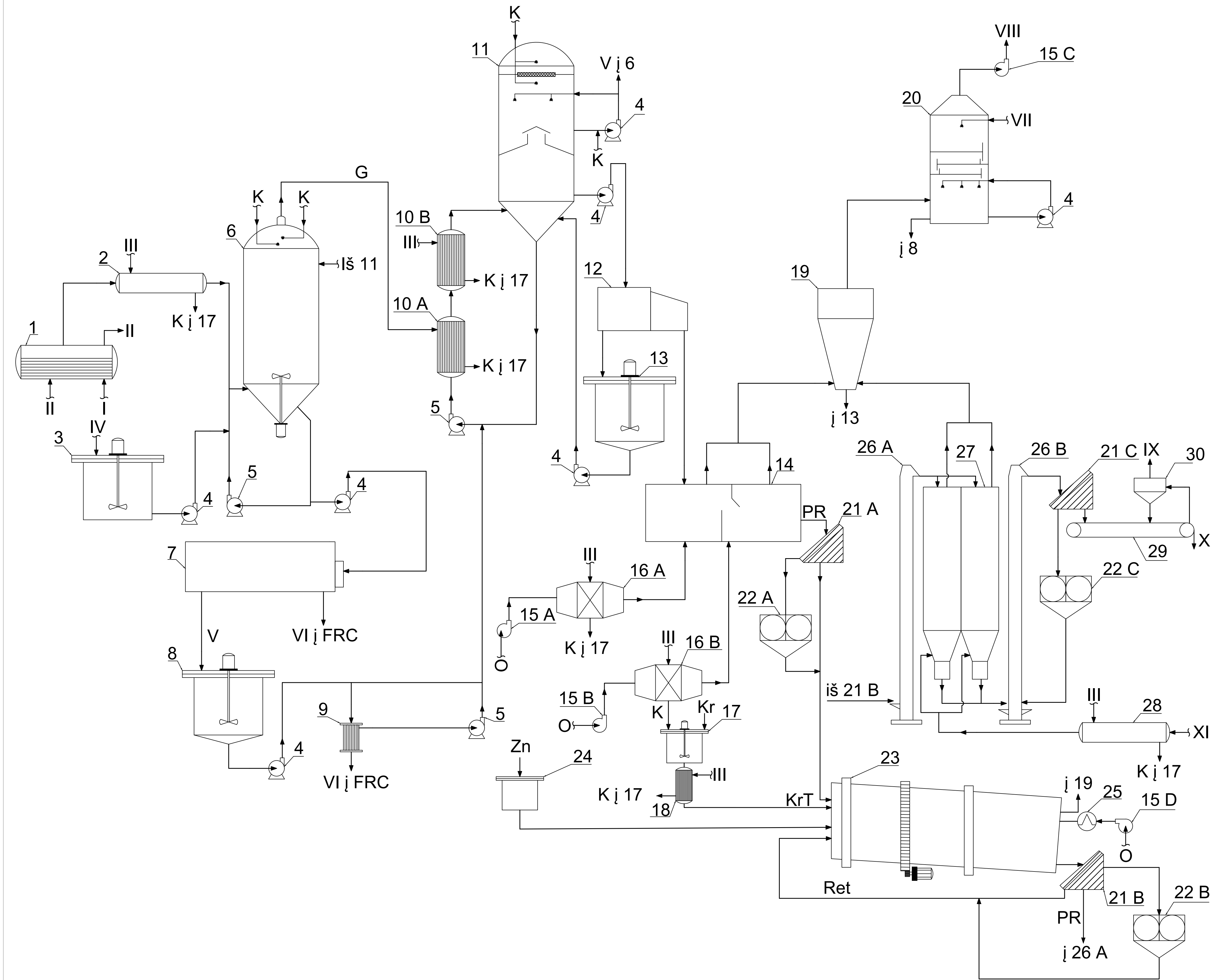
10 priedas. Gamybos kaštai

Kaštų rūšys (komponentai)	Gamybos kaštai, tūkst. Eur
Gaminys	
Amonio dihidrofosfatas su cinku	
Brandos stadijoje	
1. Pagrindinės medžiagos	26 144,30
2. Energija	
Šiluminė	11,67
Elektros	208,19
3. Gamybinių darbininkų (pagrindinių) darbo užmokestis	86,71
4. Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	1,40
5. Gamybinės netiesioginės išlaidos	177,54
Viso gamybos kaštų, tūkst. Eur	26 321,84
Produkcijos gamybos planas, tūkst. t	35,00
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	752,05
Pirmaisiais projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, tūkst. Eur	15 867,33
Produkcijos gamybos planas, tūkst. t	21,00
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	755,59
4-siais projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, tūkst. Eur	23 708,28
Produkcijos gamybos planas, tūkst. t	31,50
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	752,64
5-siais projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, tūkst. Eur	23 188,08
Produkcijos gamybos planas, tūkst. t	30,80
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	752,86

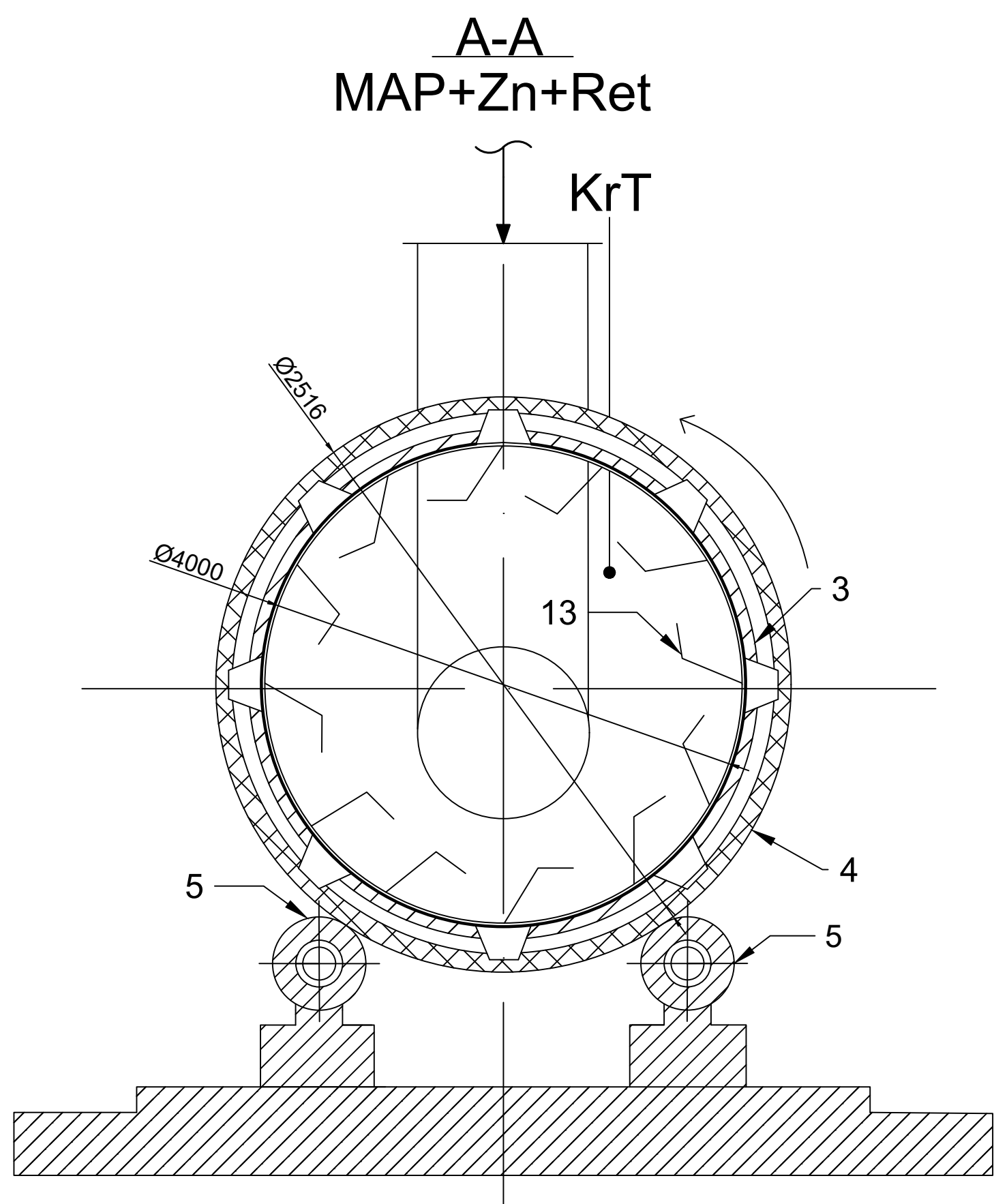
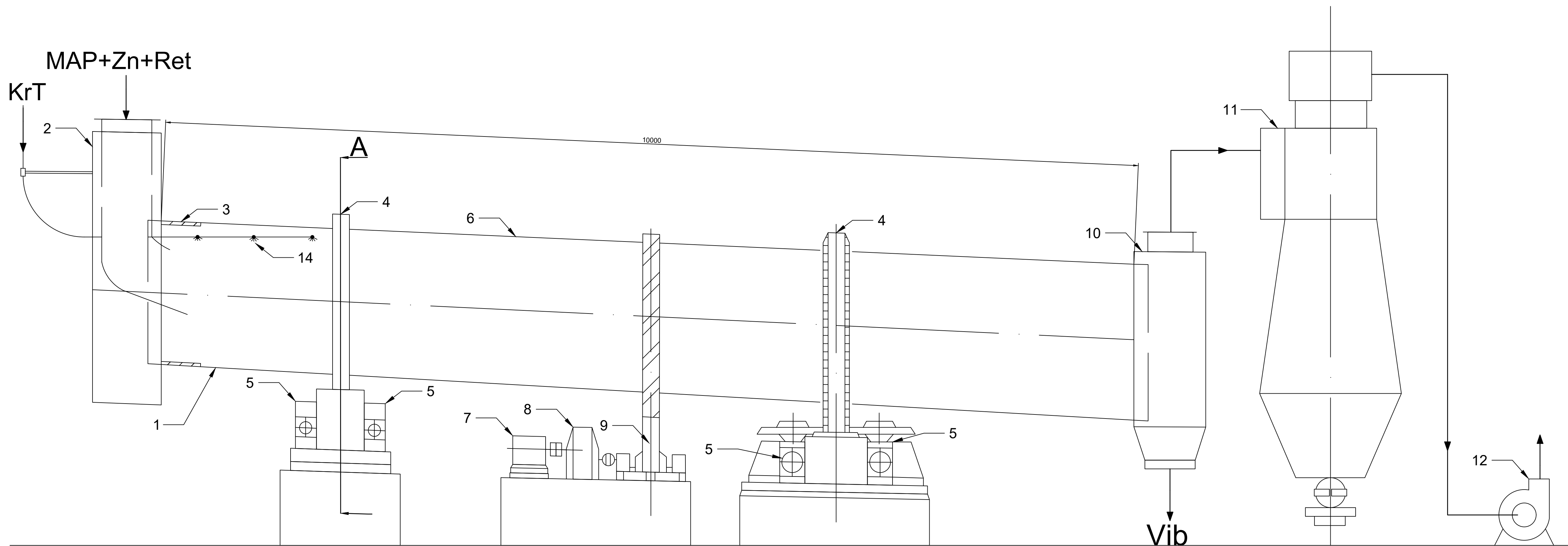
11 priedas. Projekto finansiniai ekonominiai rodikliai

Rodikliai	Projekte
1. Gaminys	Amonio dihidrofosfatas su cinku
2. Produkcijos pardavimo apimtis, brandos stadijoje, tūkst. t	35,00
3. Pardavimų pajamos, tūkst. Eur	37 157,63
4. Įmonės personalas, žmonėmis, tame skaičiuje darbininkai	23,00
5. Darbo našumas, tūkst. Eur	
5.1. Darbuotojo	1 615,55
5.2. Darbininko	2 654,12
6. Vidutinis metinis darbo užmokestis, tūkst. eur	
6.1. Darbuotojo	18,64
6.2. Darbininko	11,34
7. Gamybos kaštai, tūkst. Eur	26 321,84
8. Gaminio pilnoji savikaina, Eur	816,65
9. Grynasis pelnas, tūkst. Eur	7 288,61
10. Investicijų apimtis, tūkst. Eur	2 487,25
11. Bendrasis pelningumas, %	29,16
12. Veiklos pelningumas, %	23,17
13. Grynasis pelningumas, %	19,62
14. Investicijų grąža, %	293,04
15. Veiklos rentabilumas, %	25,53
16. Apyvartų skaičius per metus	6,64
17. Apyvartos trukmė, dienomis	55,00
18. Produkcijos imlumas apyvartinėms lėšoms, eur	0,11
19. Projekto kapitalo kaštai, %	10,53
20. Projekto investicijų diskontuotas atsipirkimo laikas, metais	1,25
21. Projekto grynoji esamoji vertė, tūkst. Eur	15 527,78
22. Vidinė pelno norma, %	132,33
23. Modifikuota vidinė pelno norma, %	58,57
24. Pelningumo indeksas	7,24

12 priedas. Amonio dihidrofosfato su cinku gamybos technologinė schema (A1)**13 priedas. Būgنینio granulatoriaus-džiovyklos brėžinys (A1)****14 priedas. Gamybinės patalpos planas ir įrenginių išdėstymas (A1)****15 priedas. Gamybinės patalpos linijinis pjūvis (A1)****16 priedas. Technologinės linijos sklypo planas (A1)**



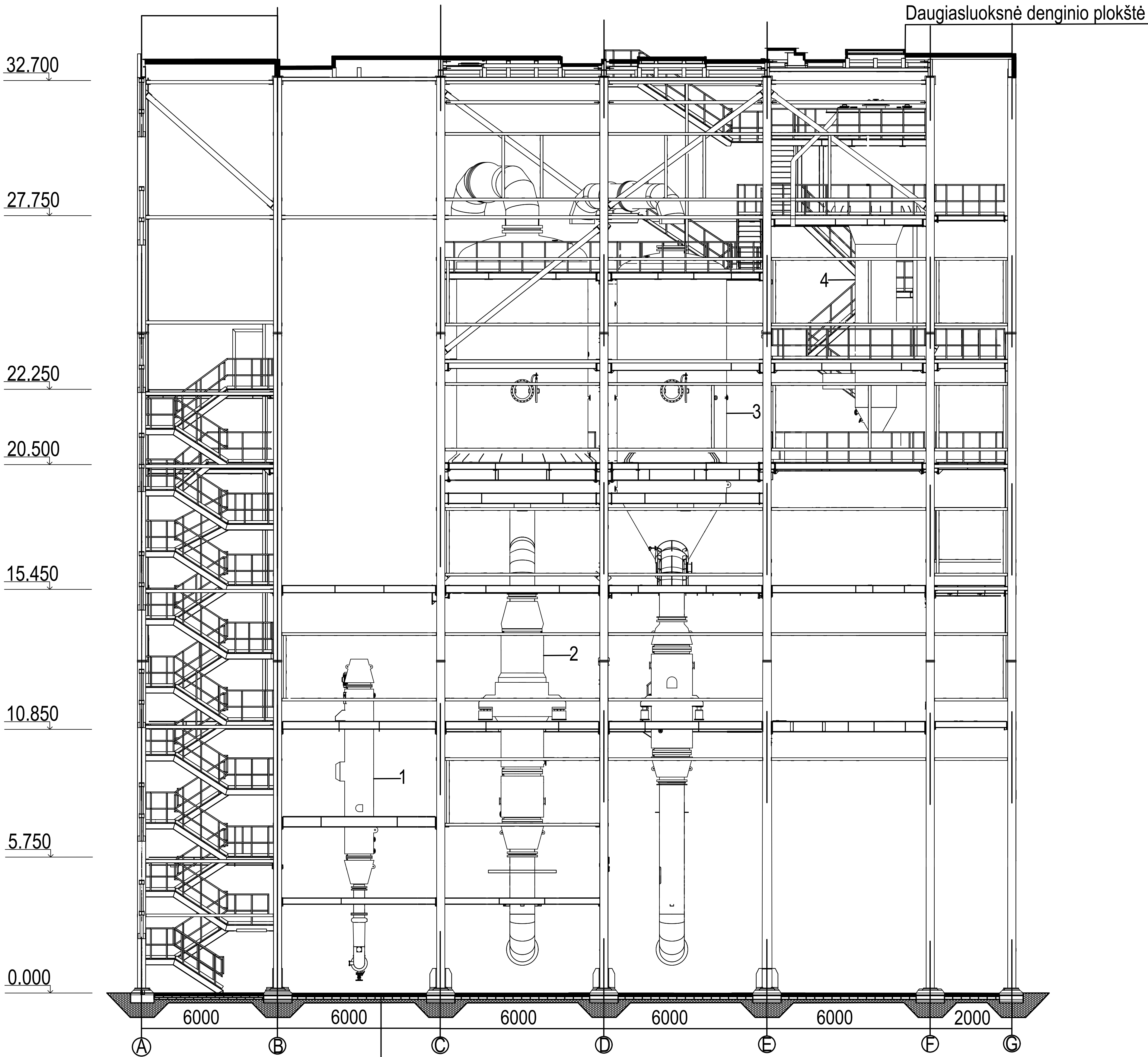
Žymėjimas	Pavadinimas		
I	Skystas amoniakas		
II	Apytakinis vanduo iš SRC		
III	6 bar garai		
IV	Fosforo rūgštis iš FRC		
V	MAP tirpalas		
VI	Nuosėdos		
VII	Nudruskintas vanduo		
VIII	Į atmosferą		
IX	Išvalytas oras		
X	Į fasavimą		
XI	Suslėgtas oras		
FRC	Fosforo rūgšties cechas		
Kr	Krakmolas		
KrT	2 % Krakmolo tirpalas		
PR	Produktas		
Ret	Returas		
Zn	Cinko žaliava (ZnSO ₄ / Zn-EDTA)		
G	Grai		
K	Kondensatas		
O	Oras		
SRC	Sieros rūgšties cechas		
Poz.	Pavadinimas	Kiekis	
1	Amoniako išgarintuvas	1	
2	Amoniako pakaitintuvas	1	
3	H ₃ PO ₄ talpa su maišykle	1	
4	Išcentrinis siurblys	7	
5	Cirkuliacinis siurblys	3	
6	Reaktorius su maišykle	1	
7	Presfiltras	1	
8	MAP tirpalo talpa	1	
9	Mikrofiltracijos įrenginys	1	
10 A/B	Šilumokaitis	2	
11	Kristalizatorius	1	
12	Centrifuga	1	
13	Filtrato bakas su maišykle	1	
14	Verdančio sluoksnio džiovykla	1	
15 A/B/C/D	Ventiliatorius	4	
16 A/B	Džiovinimo oro kaloriferis	2	
17	Tirpalo paruošimo bakas	1	
18	Tirpalo šildytuvas	1	
19	Ciklonas	1	
20	Absorberis	1	
21 A/B/C	Vibrosietas	3	
22 A/B/C	Rutulinis malūnas	3	
23	Būgninis granulatorius-džiovykla	1	
24	Cinko žaliavos talpa	1	
25	Oro pašildytuvas	1	
26 A/B	Elevatorius	2	
27	Produkto bunkeris	1	
28	Oro pašildytuvas aeravimui	1	
29	Juostinis transporteris	1	
30	Kasetinis oro valymo filtras	1	
Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas		Baigiamasis magistro projektas
TMC-1	Studentė	Klaudija Krasauskaitė	Sudėtinių birųjų azoto fosforo trąšų su cinku gamybos technologija
	Vadovė	doc. dr. Rasa Šlinkšienė	
	Recenzentas	doc. dr. Rasa Paleckienė	Amonio dihidrofosfato su cinku gamybos technologija
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra LT - 50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas		Laida
BMP			100
	2023 - BMP - ST		Lapas
			1
			5



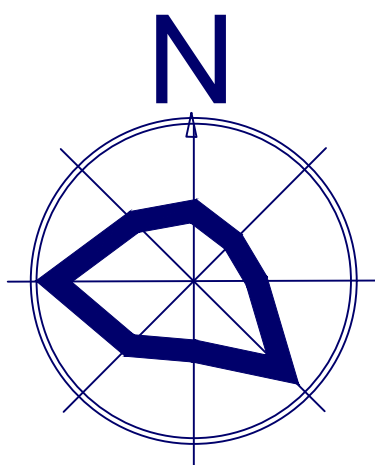
Žymėjimas		Pavadinimas	
KrT		Krakmolo tirpalas	
MAP		Amonio dihidrofosfatas	
Zn		Cinkas	
Ret		Returas	
Vib		Vibrosietą	
Poz.	Pavadinimas		Kiekis
1	Korpusas		1
2	Pakrovimo latakas		1
3	Izoliacinis sluoksnis		1
4	Bandažas		2
5	Atraminiai ritiniai		4
6	Džiovinimo krosnis		1
7	Variklis		1
8	Reduktorius		1
9	Krumpliaratinė pavara		1
10	Iškrovimo latakas		1
11	Cikloninis separatorius		1
12	Ventiliatorius		1
13	Procesą intensyvinančios mentės		1
14	Purkštukas		3
Grupė		KTU Cheminės technologijos fakultetas	
TMC - 1		Baigiamasis magistro projektas	
Studentas		Klaudija Krasauskaitė	
Vadovas		doc. dr. Rasa Šlinkšienė	
Recenzentas		doc. dr. Rasa Paleckienė	
Pr. etapas		Sudėtinių biriųjų azoto fosforo trąšų su cinku gamybos technologija	
BMP		Būgninio granulatoriaus džiovyklos detalūs brėžinys	
Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra LT - 50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas		Laida	
2023 - BMP - ST		Lapas	
		Lapu	
		2 5	

Grupė		KTU Cheminės technologijos fakultetas		Baigiamasis magistro projektas	
TMC-1	Atliko	K. Krusauskaitė	Sudėtinių briurių azoto fosforo trąšų su cinku gamybos technologija	Maksimali	1:100
	Vadovavo	R. Šinkienė			
	Recenzavo	R. Paleckienė			
	Konsultavo	O. Vilioniūtė			
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas		Gamybinės patalpos planas ir įrenginių išdėstymas	Lapas	Lapų
MBD				3	5

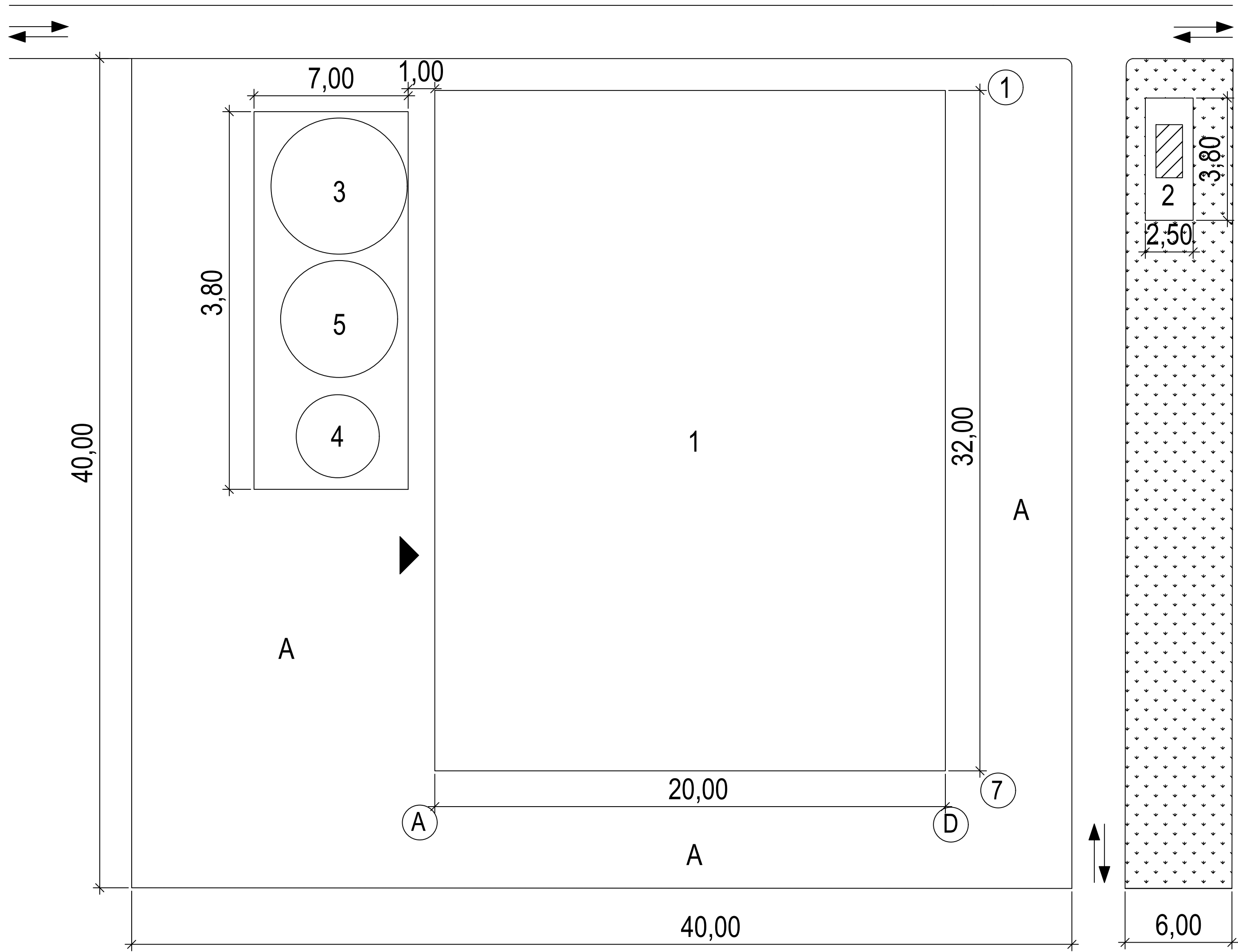
Pjūvis 1-1



Sutartiniai ženklai							
		Daugiasluoksniai paneliai					
Obj. Nr.		Objekto pavadinimas					
1		Šilumokaitis					
2		Absorberis					
3		Kristalizatorius					
4		Ciklonas					
KTU Cheminės technologijos fakultetas							
Grupė		Baigiamasis magistro projektas					
TMC-1		Atliko K. Krasauskaitė			Sudėtinių biriųjų azoto fosforo trąšų su cinku gamybos technologija	Mastelis 1:100	
		Vadovas R. Slinkienė					
		Recenzentas R. Paleckienė					
		Konsultantė O. Vilūnienė					
Pretapas		Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas				Lapas	Lapų
MBD						4	5



Situacijos planas 1:1000



Sutartiniai žymėjimai

- Žolė
- A Asfalto danga
- važiavimas, išvažiavimas

Eil. nr.	Pavadinimas	Plotas / Tūris
1	Amonio dihidrofosfato cechas	700 m ²
2	Amoniako garintuvas	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	Baigiamasis magistro projektas	
TMC-1	Atliko K. Krasauskaitė	Sudėtinių birijų azoto fosforo trąšų su cinku gamybos technologija	Maštelis 1:500
	Vadovavo R. Simkšienė		
	Recenzentas R. Paleckienė		
	Konsultantas O. Vilijūnienė		
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas	Technologinės linijos sklypo planas	Lapas 5
MBD			Lapų 5



TECHNORAMA
CODE: INNOVATION ————— 22



CERTIFICATE OF PARTICIPATION

This certifies that

Klaudija Krasauskaitė

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

MINDAUGAS BULOTA

Head of National Innovation and
Entrepreneurship Centre





**CHEMISTRY &
CHEMICAL
TECHNOLOGY**

CONFERENCE 2023 VILNIUS



CERTIFICATE OF PARTICIPATION

THIS CERTIFIES THAT

Klaudija Krasauskaitė

has delivered a poster presentation

**„The interaction of Monoammonium Phosphate with
Zinc Sulphate and Starch Solutions“**

in the International Conference
"Chemistry and Chemical Technology 2023",
which was held on 10th March, 2023 in Vilnius, Lithuania.

Assoc. prof. dr. Lina Mikoliūnaitė
Conference Chair





Lietuvos
mokslo
taryba

PADĖKA

Klaudijai Krasauskaitei

*Už dalyvavimą studentų mokslinėje konferencijoje „Naujoji
mokslininkų karta“, 2023 m. balandžio 18 d.*

Lietuvos mokslo tarybos
pirmininkas

Dr. Gintaras Valinčius

PAŽYMĖJIMAS

Šiuo pažymima, kad

Klaudija Krasauskaitė

dalyvavo 27-oje respublikinėje studentų mokslinėje konferencijoje

„CHEMIJA IR CHEMINĖ TECHNOLOGIJA 2023“

Prof. dr. Viktor Senčila

Klaipėdos universiteto
Jūros technologijų ir gamtos mokslų
fakulteto dekanas