



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Granuliuoto karbamido gamybos technologija ir produkto savybės

Baigiamasis magistro projektas

Simonas Krutulis

Projekto autorius

doc. dr. Rasa Šlinkšienė

Vadovė

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Baigiamojo projekto pavadinimas

Baigiamasis magistro projektas

Chemijos inžinerija (6211EX020)

Konsultantai:

Prof. dr. Irena Pekarskienė
Ekonominiai skaičiavimai

Doc. dr. Dalia Nizevičienė
Darbuotojų sauga ir sveikata

Prof. dr. Gintaras Denafas
Aplinkosauginis vertinimas

Lekt. dr. Odeta Viliūnienė
Statybiniai ir techniniai sprendimai

Simonas Krutulis
Projekto autorius

Doc. dr. Rasa Šlinkšienė
Vadovė

Doc. dr. R. Paleckienė
Recenzentė

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Simonas Krutulis

Granuliuoto karbamido gamybos technologija ir produkto savybės

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.

Simonas Krutulis

Patvirtinta elektroniniu būdu



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Tvirtinu:

Cheminės technologijos fakulteto dekanas

prof. dr. K. Baltakys

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

Suderinta:

Fizikinės ir neorganinės chemijos katedros

vedėja prof. dr. I. Ancutienė

2022 m. vasario mėn. 3 d.

Baigiamojo magistro projekto užduotis

Projekto tema

Granuliuoto karbamido gamybos technologija ir produkto savybės

Darbo tikslas ir uždaviniai

Darbo tikslas – įvertinant karbamido gamybos technologiją ir jo produkto savybes, pateikti granuliuoto karbamido gamybos ir kokybės gerinimo racionalizacinius pasiūlymus.

Darbo uždaviniai:

atlikti karbamido gamybos būdų ir jo savybių literatūros apžvalgą;

ištirti karbamido dangos įtaką jo savybėms;

atsižvelgiant į gautus rezultatus suprojektuoti karbamido 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 dekanu 2021 m. vasario 24 d. potvarkiu Nr. V25-02-03 patvirtintuose „Pirmosios pakopos Cheminė technologija ir inžinerija ir antrosios pakopos Chemijos inžinerija studijų programų baigiamųjų projektų rengimo ir gynimo metodiniuose reikalavimuose“.

Vadovė

doc. dr. Rasa Šlinkšienė

2022-02-03

(vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas)

(data)

Užduotį gavau: Simonas Krutulis

(studento vardas, pavardė)

2022-02-04

(parašas, data)

Simonas Krutulis. Granuliuoto karbamido gamybos technologija ir produkto savybės. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Rasa Šlinkšienė; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: karbamidas, technologija, granulės, danga, savybės.

Kaunas, 2022. p. 88

Santrauka

Karbamidas sintetinamas sumaišant amoniaką, anglies dioksidą ir vandenį atitinkamai santykiu 3–3,4:1:0,8. Taip pat į sintezės koloną tiekiamas anglies amonio druskų reciklas. Karbamidas yra labiausiai koncentruotos granuliuotos azoto trąšos. Taip pat tokiems augalams kaip bulvės, kukurūzai runkeliai ir pan. yra efektyvesnės nei amonio salietra, todėl patrauklesnės žemdirbiams. Beveik visas azotas karbamide yra amidinėje formoje.

Darbe nagrinėjama karbamido gamybos technologija. Atlikta susijusios literatūros apžvalga. Apžvalgoje pristatomos karbamido gamybos ir vartojimo tendencijos, bei prognozės. Įmanomi technologiniai sprendimai karbamido gamybai ir gamybos tobulinimui. Taip pat apžvelgiamos granuliuoto karbamido savybes gerinančios dangos.

Ištirtos „Insoft“ dangos savybės ir jų pokytis pridėnant papildomo vandens kiekį. „Insoft“ tai karbamido ir melamino polikondensacijos su formaldehidu produktų mišinys tirpale. Vandenyje tirpus neribotai. Pridėjus papildomo vandens granuliuotų savybės nepakito, tuo tarpu kai kurios dangos savybės tapo palankesnės gamybai pvz. klampa sumažėjo nuo 17,5 mm²/s iki 4,2 mm²/s. Šis ir kiti teigiami pokyčiai leidžia teigti jog papildomo vandens pridėjimas į dangą yra naudingi.

Darbe pateikiama granuliuoto karbamido gamybos technologinė schema, pagrindinis įrengimas sintezės kolona ir jų aprašymai. Suprojektuota karbamido dangos ir vandens sumaišymo talpa. Atlikti masės ir šilumų balanso, bei amoniako pašildytuvo šilumokaitos ploto skaičiavimai. Įvertinus darbo metu susidaranti rizikas pateikti pasiūlymai: darbo ir priešgaisrinės saugos klausimais. Atliktas aplinkosauginis vertinimas ir ekonominė projekto analizė. Pateikiami naujai projektuojamo operatorių pastato inžineriniai sprendimai, sklypo ir pastato brėžiniai.

Simonas Krutulis. Technology of Production Granular Urea and product properties. Masters Final Degree Project / supervisor assoc. doc. dr. Rasa Šlinkšienė; Chemical technology, Kaunas University of Technology.

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

Keywords: urea, technology, granules, coating, properties.

Kaunas, 2022. Number of pages 88

Summary

Urea produced by mixing ammonia, water and carbon dioxide in the synthesis column in ratio of 3,0–3,4:1:0,8. Also there is stream of recycle which consist of ammonia carbon salts. Urea is most condensed granulated fertilizer by nitrogen. For plants like potatoes, corns, beets and else urea is more effective than ammonium nitrate that makes it more attractive to farmers. Almost all nitrogen in urea is in amide form.

In this project, granular urea production technology is examined. Overview of related literature was made. Granular urea production technologies and consumption tendencies and forecasts were presented. Possible and recommended solutions for urea production and technological development. There was also an overview of slow release urea coatings.

During research part examination of “Insoft” coating properties were determined. Also properties of coating with additional water were examined. “Insoft” is product of urea and melamine polycondensation with formaldehyde. Soluble in water. During experiment, additional water was added. The properties of granules, which were coated with this new coating, has not changed. On the other hand properties of new coating were improved: viscosity decreased from 17.5 mm²/s to 4.2 mm²/s. These changes shows that additional water is useful for coating.

This project provides production of granular urea technology and synthesis column schemes and descriptions. Tank of granular urea coating was designed. Calculated mass and heat balances also ammonia heat exchanger area. Evaluated occurring safety problems of occupational safety and proposed solutions. Environmental protection and economical evaluation was made. Project of new process operators building is presented. Drawings of building and plot were made.

Turinys

Lentelių sąrašas	9
Paveikslų sąrašas	10
Įvadas.....	11
1. Literatūros apžvalga	12
1.1. Karbamido poreikio ir gamybos kitimas bei tendencijos	12
1.2. Pagrindinės granuliuoto karbamido savybės	14
1.3. Karbamido poreikio ir gamybos kitimas, bei tendencijos	14
1.4. Karbamidas – kaip lėto veikimo trąšos	19
1.6. Pagrindiniai karbamido dengimo metodai.....	22
2. Tiriamoji dalis.....	23
2.1. Medžiagos ir metodai	23
2.1.1. Pradinės medžiagos	23
2.1.2. Bandinio paruošimo metodai.....	23
2.1.3. Analizės metodai ir įranga.....	23
2.2. Rezultatai ir jų aptarimas.....	23
2.2.1. Pradinių medžiagų savybių tyrimas.....	23
2.2.2. Bandinių paruošimas	24
2.2.3. Granulių stiprio nustatymas.....	25
2.2.4. Higroskopiškumo nustatymas	25
3. Inžinerinė dalis.....	30
3.1. Karbamido gamybos technologija.....	30
3.2. Granuliuoto karbamido gamybos technologinė schema ir jos aprašas.....	30
3.3. Granuliuoto karbamido gamybos pagrindinių įrenginių specifikacijos	33
3.4. Pagrindinio projektuojamo įrenginio (sintezės kolonos) brėžinys ir aprašas	39
3.5. Karbamido sintezės kolonos medžiagų ir energijos balanso skaičiavimai.....	41
3.5.1. Medžiagų balansas.....	41
3.5.2. Šilumos srautų balansas.....	44
3.6. Karbamido dangos sumaišymo talpos skaičiavimai.....	47
3.7. Aplinkosauginis vertinimas	52
3.7.1. Fizikinė tarša	52
3.7.2. Biologinė tarša.....	52
3.7.3. Atliekos.....	52
3.7.4. Vandens tiekimas ir nuotekų valymas	53
3.7.5. Oro tarša	53
3.7.6. Apibendrinimas	55
3.8. Statybiniai sprendimai	55
3.8.1. Architektūriniai, konstrukciniai, inžineriniai projektiniai sprendimai	55
3.9. Ekonominiai sprendimai.....	56
3.9.1. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai	56
3.9.2. Ilgalaikio ir trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) vertės skaičiavimas.....	57
3.9.3. Produkcijos gamybos apimtys planavimas.....	58
3.9.4. Gamybos kaštai	59
3.9.5. Veiklos kaštai	66
3.9.6. Gaminių kainos skaičiavimas	68

3.9.7. Projekto grynieji pinigų srautai	68
3.9.8. Investicinio efektyvumo vertinimas	70
3.9.9. Lūžio taško skaičiavimas.....	72
3.9.10. Pagrindiniai ekonominiai rodikliai	74
4. Darbuotojų sauga ir sveikata	76
4.1. Projektuojamos linijos charakteristika	76
4.2. Profesinės rizikos vertinimas.....	76
4.3. Saugi gamyba	79
4.3.1. Elektrosauga	80
4.4. Darbo higiena	80
4.5. Gaisrinė sauga	81
Išvados	83
Literatūros sąrašas	84
Priedai.....	86
1 priedas. Granuliuoto karbamido gamybos technologinė schema	86
2 priedas. Karbamido sintezės kolona.	86
3 priedas. Sklypo planas	86
4 priedas. Pirmo aukšto planas	86
5 priedas. Pastato pjūviai.....	86

Lentelių sąrašas

1.1 lentelė. Granuliuoto karbamido galutinio produkto specifikacijos [8]	14
2.1 lentelė. Granuliuotinė tiriamojo karbamido sudėtis.....	24
2.2 lentelė. Paruoštų bandinių sudėtis	24
2.3 lentelė. Nustatytos skirtingų dangų savybės	29
3.1 lentelė. Pagrindinių karbamido sintezės skyriaus įrengimų specifikacijos.....	34
3.2 lentelė. Karbamido sintezės kolonos medžiagų balansas.....	42
3.3 lentelė. Karbamido sintezės kolonos medžiagų balansas 1 t karbamido pagaminti	43
3.4 lentelė. Sintezės kolonos srautai ir jų temperatūros	44
3.5 lentelė. Karbamido sintezės kolonos šilumų balansas 1t karbamido	46
3.6 lentelė. Karbamido sumaišymo talpos parametrai	51
3.7 lentelė. Karbamido gamyboje naudojamų žaliavų duomenys	52
3.8 lentelė. Karbamido gamyboje susidarančių produktų duomenys	52
3.9 lentelė. Gamyboje susidarančių atliekų kiekiai ir tvarkymo būdas.....	53
3.10 lentelė. Sanitarinės žvakės charakteristikos	54
3.11 lentelė. Į orą išmetamų dujų valymo įrengimų charakteristika.....	54
3.12 lentelė. Statinio techniniai rodikliai	55
3.13 lentelė. Į orą išmetamų dujų valymo įrengimų charakteristika.....	57
3.14 lentelė. Technologinių įrengimų vertė	57
3.15 lentelė. Suvestinė statybos kainos skaičiuotė.....	58
3.16 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis.....	58
3.17 lentelė. Produkcijos gamybos apimtys planavimas.....	59
3.18 lentelė. Pagrindinių medžiagų ir išlaidų planas.....	60
3.19 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui	61
3.20 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai (variklių darbui)	62
3.21 lentelė. Netiesioginės išlaidos vandeniui	62
3.22 lentelė. Netiesioginės išlaidos apšvietimui	63
3.23 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija).....	64
3.24 lentelė. Netiesioginių gamybos išlaidų sąmata	65
3.25 lentelė. Netiesioginių gamybos išlaidų paskirstymas	65
3.26 lentelė. Gamybos kaštai	65
3.27 lentelė. Veiklos sąnaudų paskirstymas.....	66
3.28 lentelė. Veiklos sąnaudų paskirstymas.....	67
3.29 lentelė. Gaminių kainų apskaičiavimas.....	68
3.30 lentelė. Įmonės pelno (nuostolio) ataskaita, Eur	69
3.31 lentelė. Finansinės būklės pakeitimų (pinigų srautų) ataskaita, tūkst. Eur.	69
3.32 lentelė. Investicijų efektyvumo vertinimo suvestinė.....	72
3.33 lentelė. Lūžio taško apskaičiavimas	73
3.34 lentelė. Projekto finansiniai ekonominiai rodikliai	74
4.1 lentelė. Patalpų, pastatų pagal jų pavojingumą sprogimo ir gaisro atžvilgiu kategorija.....	79
4.2 lentelė. Gamyboje naudojamų ir susidarančių medžiagų toksiškumo charakteristika [22].....	80

Paveikslų sąrašas

1.1 pav.	Lietuvoje ir Europoje suvartojamo karbamido pokytis 2010 – 2019m. [1]	12
1.2 pav.	Karbamido suvartojimo pasaulyje pokytis ir tendencija 2014 – 2024 m. [2]	12
1.3 pav.	Lietuvoje pagaminto ir eksportuojamo karbamido kiekis 2010–2019m. [1]	13
1.4 pav.	Karbamido sintezės be reciklo technologinė schema [9]	15
1.5 pav.	Karbamido sintezės su daliniu amoniako reciklu technologinė schema [9]	16
1.6 pav.	Principinė technologinė Snam Progeti schema su pilnu skysčio reciklu	17
1.7 pav.	Sūkurinis amoniako, anglies dioksido ir anglies amonio druskų sumaišytuvas [11]	18
1.8 pav.	Nedengta (kairiau) ir dengta (dešiniau) karbamido granulė [15]	21
1.9 pav.	Bendras prarasto azoto kiekis vandens tirpale [16]	21
1.10 pav.	Principinė pseudoverdančio sluoksnio dengtuvo schema [14].	22
2.1 pav.	Skirtingų bandinių vidutinių granulės stiprių matavimo vertės	25
2.2 pav.	Virš nitrito buvusių dengtų bandinių drėgmės dalis (masės %)	26
2.3 pav.	Virš vandens buvusių dengtų bandinių drėgmės dalis (masės %)	26
2.4 pav.	Virš nitrito buvusių nedengtų bandinių drėgmės dalis (masės %)	27
2.5 pav.	Virš vandens buvusių nedengtų bandinių drėgmės dalis (masės %)	27
2.6 pav.	Gryna danga dengtos granulės su smulkesne nei 2 mm frakcija	28
2.7 pav.	Be smulkesnės frakcijos dengtos granulės, 1 – gryna danga; 2 – su 10 % papildomo vandens; 3 – su 20 % papildomo vandens	28
2.8 pav.	Pusiau skeltos granulės 8 bandinio kairėje, antro bandinio dešinėje	29
3.1 pav.	Karbamido gamybos principinė technologinė schema	31
3.2 pav.	Karbamido sintezės kolona su vaizdu iš viršaus ir pjūviu	40
3.3 pav.	Lūžio taško grafinis atvaizdavimas	73
4.1 pav.	Operatorinės evakuacinis planas	82

Įvadas

Karbamidas yra viena populiariausių granuliuotų azoto trąšų. Patraukli žemdirbiams dėl didelės azoto, kuris yra viena iš pagrindinių augalų maisto medžiagų, koncentracijos (46 %). Karbamidas kai kuriems augalams (bulvėms, kukurūzams, runkeliams ir kt.) yra efektyvesnis nei amonio salietra, todėl šių trąšų suvartojimas auga. Jos darosi vis populiareesnės ir dėl savo savybių. Karbamidas gali būti barstomas granulėmis arba tirpinamas vandenyje ir laistomas kaip skystos trąšos ar maišomas su kitomis trąšomis ar mikroelementais. Taip pat išpuškstas ant augalų veikia kaip insekticidas.

Šiame darbe atliktoje literatūros apžvalgoje pateikiamos pagrindinės karbamido fizikinės ir cheminės savybės. Apžvelgiamos pagrindinės pasaulinės ir Europos rinkų tendencijos. Pristatomos ir palyginamos karbamido sintezės technologijos, bei naujausi inžineriniai sprendimai sintezei efektyvinti. Apžvelgiamos karbamido granuliuotųjų dangos ir jų poveikis karbamido granulėms. Tiriamos karbamido dangos „Insoft“ savybės ir jų pokytis keičiant dangos sudėtį (pridedant papildomo vandens). Technologinėje dalyje pateikiama karbamido gamybos technologinė schema su aprašu ir pagrindinių įrengimų specifikacijomis. Taip pat pagrindinis įrenginys (sintezės kolona) jos aprašymas, masės ir šilumų balansų skaičiavimai, amoniako pašildytuvo šilumokaitos ploto ir karbamido dangos sumaišymo talpos projektiniai skaičiavimai. Toliau aptariama darbuotojų ir priešgaisrinė sauga. Įvertinami aplinkosauginiai, bei statybiniai klausimai. Atliekama projekto ekonominė analizė. Grafinę dalį sudaro karbamido gamybos principinė technologinė schema, pagrindinio įrenginio (sintezės kolonos) brėžinys, naujo operatorių pastato statybiniai brėžiniai.

Darbo tikslas – įvertinant karbamido gamybos technologiją ir jo produkto savybes, pateikti granuliuoto karbamido gamybos ir kokybės gerinimo racionalizacinius pasiūlymus.

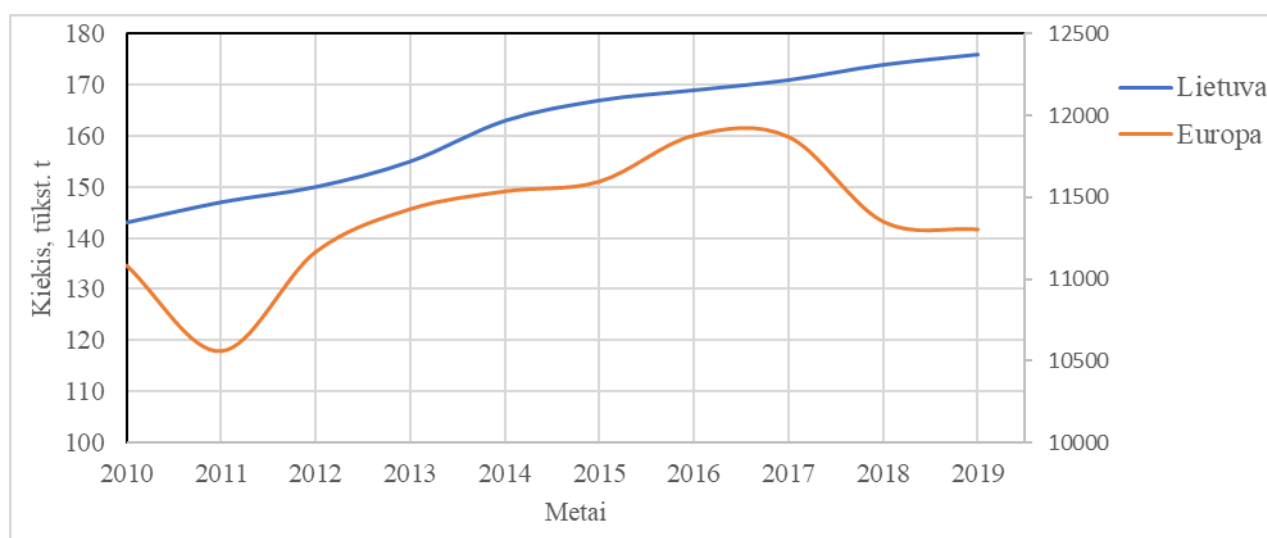
Darbo uždaviniai:

- atlikti karbamido gamybos būdų ir jo savybių literatūros apžvalgą;
- ištirti karbamido dangos įtaką jo savybėms;
- atsižvelgiant į gautus rezultatus suprojektuoti karbamido 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.

1. Literatūros apžvalga

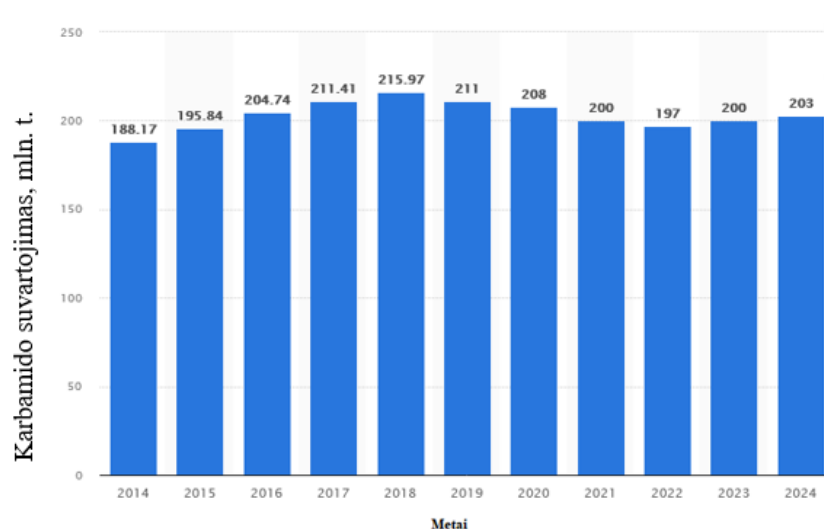
1.1. Karbamido poreikio ir gamybos kitimas bei tendencijos

Tiek Lietuvoje, tiek Europoje karbamido sunaudojimas tendencingai augo iki 2017 metų (žr. 1.1 pav.). Po to Europoje pastebimas sumažėjimas susijęs su „žaliojo“ kurso politika. Lietuvoje tuo tarpu karbamido suvartojimas vis dar auga, nors šio augimo tempas ir lėtėja, o ateityje suvartojamas kiekis panašu išvis turėtų normalizuotis ir nusistovėti pastovus. Tai gali būti susiję su vis labiau populiarėjančiais ir tobulėjančiais planinio tręšimo metodais.



1.1 pav. Lietuvoje ir Europoje suvartojamo karbamido pokytis 2010 – 2019m. [1]

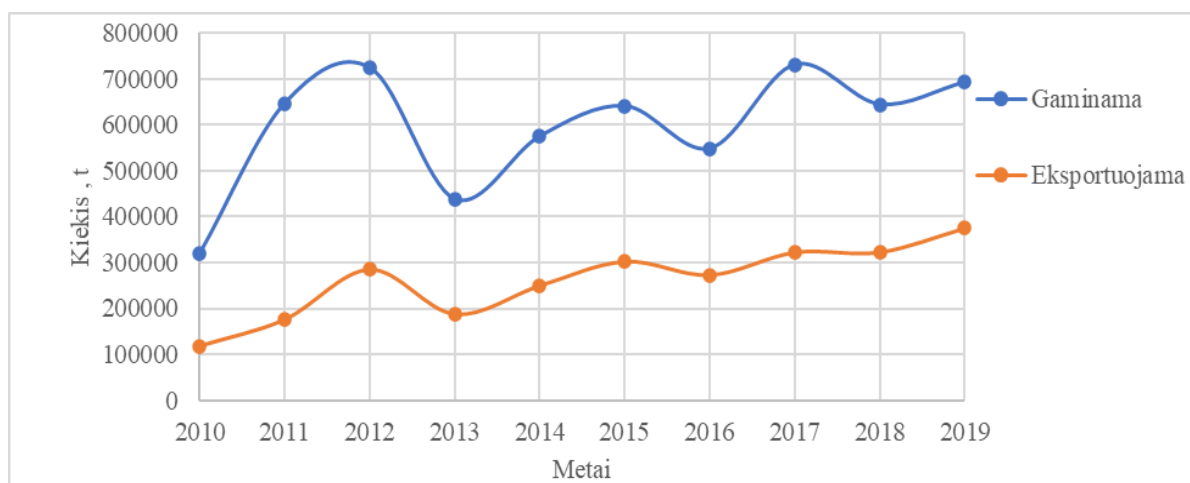
Pastarųjų metų stipriai augantį karbamido vartojimą Europoje galima susieti ir su technologiniu tobulėjimu šių trąšų gamybos procese. Kadangi karbamidas yra labiausiai koncentruotos azoto trąšos, todėl naudojant jas pastebimas geresnis atsiperkamumas, bei mažiau neigiamas ekologinis poveikis žemės ūkio sektoriuje. Suvartojamo karbamido kiekis pasaulyje kasmet tendencingai auga 2019 – 2022 metų nuosmukį būtų gali sieti su covid – 19 pandemija, kai dėl ribojimų ir prevencinių priemonių dalis azoto trąšų gamintojų buvo sustabdę savo veiklą.



1.2 pav. Karbamido suvartojimo pasaulyje pokytis ir tendencija 2014 – 2024 m. [2]

Literatūroje randami duomenys leidžia daryti prielaidą, kad daug metų karbamido suvartojimas augo ne tik Lietuvoje ar Europoje, bet ir pasaulyje.

Lietuvoje karbamidas pradėtas gaminti 1971 m. VĮ „Azotas“ (dabartinė AB „Achema“). Karbamido gamybos pasikeitimas nuo 2010 iki 2019 pateikiamas 1.3 paveiksle.



1.3 pav. Lietuvoje pagaminto ir eksportuojamo karbamido kiekis 2010–2019m. [1]

Našumas per beveik 10 metų laikotarpį pakito beveik 2 kartus nuo 300 000 tonų per metus iki 700 000 t tonų. Šiam pokyčiui įtaką padarė ne tik auganti karbamido paklausa pasaulyje, bet ir įrengimų modernizavimas bei atnaujinimai. Nors gamybinės apimtys auga sparčiai. Lietuvoje pagaminama vos 1,2 % viso pasaulyje susintetino karbamido. Lietuva yra 21 vietoje pagal pagaminamo karbamido kiekį. Literatūroje [3] randamoje statistikoje teigiama, kad 2016 metais daugiausia karbamido buvo pagaminama Indijoje (24,2 mln.t.), Kinijoje (14,0 mln.t.) ir Rusijoje (7,2 mln.t.). Tuo tarpu 2019 metais pastebimas gamybinių našumų sumažėjimas [4]. Daugiausiai pagaminančios vis dar išlieka Rusija (9 mln. t.) Indija (7 mln. t.) ir Indonezija(7,5 mln. t.). Taigi tendencija, kad vartojimas ir gamybos kiekiai vis dar auga, išlieka, bet augimo tempas po truputį mažėja. Daugiausia pagamina ir suvartoja Azijos regione esančios šalys. Tai tiesiogiai susiję su demografinė padėtimi regione. Sparčiai didėjant gyventojų skaičiui regione reikia daugiau maisto, o dirbamos žemės plotai mažėja. Vis labiau urbanizuojant kraštovaizdį žemės ūkio paskirties plotų lieka vis mažiau. Kinijoje žemės ūkio paskirties žemės per 5 metus (2016–2021 m.) sumažėjo ~300 tūkst. hektarų [5]. Todėl siekiant užauginti gausenį derlių laukai yra tręšiami daugiau ir produktyviau t.y. taikant įvairias tręšimo planavimo sistemas.

Tarptautinė trąšų gamintojų asociacija (IFA) 2021 metų rugpjūtį pateikė prognozes 2022 – 2025 metams[6]. Pranešime teigiama, kad azoto trąšų poreikis ir suvartojimas iki 2026 metų turėtų padidėti 4 – 6%. Šį padidėjimą turėtų lemti po Covid – 19 atsigaunanti ekonomika. Taip pat teigiama, kad poreikio patenkinimui našumus didina Rusijoje, Indijoje ir Nigerijoje esančios gamyklos. Paminėtina, kad Indijoje koncentruojamasi į vietinės rinkos patenkinimą siekiant sumažinti importuojamų azoto trąšų kiekį. Kadangi ataskaita ir prognozės pateiktos dar prieš prasidedant karui Ukrainoje gali neatspindėti realios trąšų rinkos situacijos.

1.2. Pagrindinės granulioto karbamido savybės

Granuliuotas karbamidas, tai labiausiai koncentruotos azoto trąšos (N ~46 %). Azoto kiekis (%) įvairiose kitose azoto trąšose:

amonio sulfatas	21,1 %;
amonio chloridas	26,1 %;
amonio salietra	34,5 %.

Karbamidu augalai tręšiami iki sėjos. Galima tręšti ir išpurškiant ant lapų. Karbamidas yra neutralios terpės todėl augalo nenudegina. Purškiant ant lapų šios trąšos gali veikti kaip insekticidas [7]. Ūkiuose karbamidas pagrinde naudojamas ištirpintas (grynas – vandenyje arba mišinyje su amonio nitratu), tačiau įprastai gaminamos ir parduodamos karbamido granulės arba kristalai. Tai supaprastina sandėliavimo ir transportavimo klausimus. Karbamido granulės turi atitikti tam tikrus standartus, kurie pateikti 1.1 lentelėje.

1.1 lentelė. Granulioto karbamido galutinio produkto specifikacijos [8]

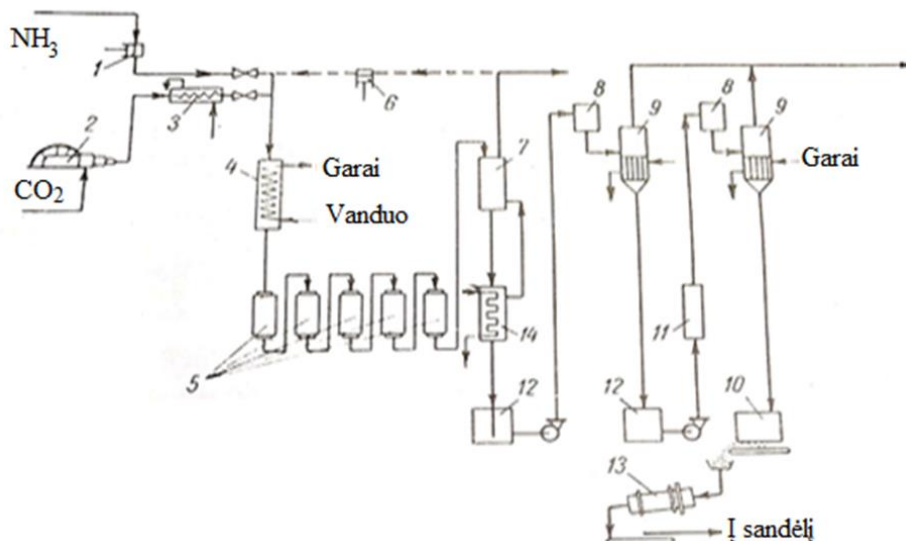
Eil. Nr.	Rodiklis	Norma
1.	Išvaizda	Baltos spalvos granulės
2.	Suminio karbamidinio azoto masės dalis, %	46,5±0,3
3.	Biureto masės dalis, %, ne didesnė kaip	1,2
4.	Vandens masės dalis, %, ne didesnė kaip: džiovinimo metodu	0,3
5.	Birumas, %	100
6.	Granulimetrinė sudėtis, % granulių nuo 2 mm iki 5 mm dalis ne mažesnė kaip granulių, mažesnių kaip 2 mm dalis, ne didesnė kaip granulių, mažesnių kaip 1 mm dalis, ne didesnė kaip granulių, didesnių kaip 6 mm, kiekis	93 5 Nenormuojama Neturi būti
7.	Vidutinis granulės dydis, mm, ne mažesnis kaip	2,3
8.	Statinis granulių stiprumas, N/granulę (kgf/granulę), ne mažesnis kaip	7 (0,7)
9.	Laisvo amoniako masės dalis, %, ne didesnė kaip	Nenormuojama

Nors karbamidas yra neutralus, bet dirvą šiek tiek rūgština. Mažiausiai iš visų naudojamų azoto trąšų. Karbamidas patrauklus žemdirbiams auginantiems grūdines kultūras ir kitokius augalus, nes yra labiausiai koncentruotos (pagal N) kietosios azoto trąšos. Kai kurioms kultūroms (kukurūzams, bulvėms, runkeliams ir kt.) karbamidas yra žymiai efektyvesnis nei amonio salietra. Taip pat karbamidas gali būti naudojamas galvijų pašaruose, nes yra tinkamas baltyminis priedas. Karbamido tirpalas yra šiek tiek šarminis, todėl reaguoja su rūgštimis sudarydamas druskų ir kompleksinių druskų junginius. Šarminėje terpėje ir šildant su formaldehidu sudaro įvairius stambiamolekulinius junginius, kurie naudojami baldų ir plastmasių gamyboje. Rūgščioje terpėje iš karbamido ir formaldehido kondensuojasi karbamido – formaldehido dervos, turinčios 40 % azoto.

1.3. Karbamido poreikio ir gamybos kitimas, bei tendencijos

Literatūroje [9] aprašomos įvairios karbamido sintezės proceso vykdymo schemas. Nuo paprastų kai procesas vykdomas tiesiogiai (be recirkuliacijos) iki sudėtingiausių su pilna medžiagų recirkuliacija

ir energijos išnaudojimu. Paprasčiausia technologija yra be recirkuliacijos. Agregato našumas 1,2 t/h. Proceso technologinė schema pateikta 1.4 paveiksle.



1.4 pav. Karbamido sintezės be reciklo technologinė schema [9]

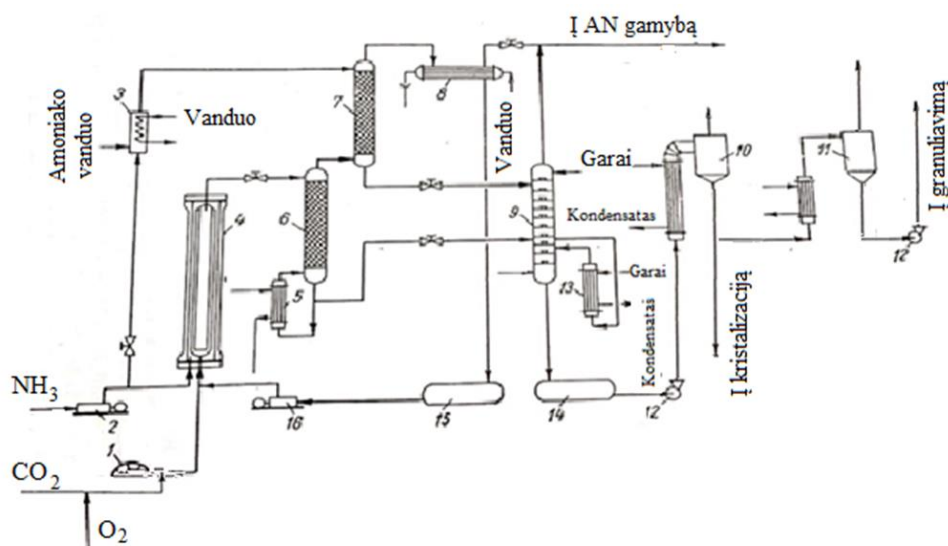
1 – skysto amoniako siurblys; 2 – CO₂ kompresorius; 3 – kondensatorius; 4 – reaktorius; 5 – autoklavas; 6 – karštų dujų reciklo kompresorius; 7 – separatorius; 8 – suspaudimo talpa; 9 – išgarinimo aparatas; 10 – išpurškiamasis džiovintuvas; 11 – filtras; 12 – tarpinis rinktuvas; 13 – būgninė džiovyklą; 14 – pumpavimo kolona, pagaminta iš aliuminio

CO₂ kompresoriumi (2) spaudžiamas iki 150 atm, sušyla iki 200 °C ir bronzos – nikelio katalizatoriumi išvalomas nuo deguonies. CO₂ kondensuojamas kondensatoriuje (3) ir reaktoriuje (4) maišomas su skysto amoniako pertekliumi. Amoniakas tiekiamas 150 atm slėgiu siurbliu (1). Srautas iš reaktoriaus yra 110–130 atm slėgio ir 160 °C temperatūros. Todėl gaminant 1t karbamido taip pat pagaminama ir 0,8 t garų, kurie panaudojami gamyboje. Reaktorius (4) pagamintas iš anglinio plieno futeruoto švinu (darbo trukmė apie 70 parų – dėl likusio deguonies stipriai veikiamas korozijos). Mišinys atvėsina ir nukreipiamas į 5 nuosekliai sujungtus švinu futeruotus autoklavus (5) šildomus proceso metu susidariusiais garais. Išlaikomas iki 2 valandų palaikant 160 – 170°C temperatūrą ir 100 atm slėgį. Iki 50 % amonio karbamato virsta į amonio karbamidą. Nesureagavę NH₃ ir CO₂ išskiriami separatoriuje (7) slėgį sumažinant iki atmosferinio, pašildant iki 80–95 °C perpumpavimo kolonoje (14). Iš kolonos (14) tirpalas, kuris susideda iš 4 % NH₃, 4 % CO₂ ir 85 % karbamido, tiekiamas į rinktuvą (12) ir išgarinimo sistemą. Išgarinimas (periodinis) vykdomas dviem pakopomis slėgį sumažinus iki 200 mmHg. Pirmą pakopą – temperatūra 97 °C, antra – 120 °C. Mišinys koncentruojamas pirmoje pakopoje nuo 72 % iki 80 % antroje – iki 93 %. Karbamido lydalas nuo švino karbonato nuosėdų (garų) valomas anglimi ir filtruojamas per filtrą (11). Po antros pakopos išgarinimo lydalas nukreipiamas į išpurškiamąjį džiovintuvą (10) šildomą 40 °C oru. Gauti 3 % drėgmės milteliai krinta ant transporterio ir yra transportuojami į būgninę džiovyklą (13) ir džiovinami iki 0,7 % drėgmės. Gauti karbamido milteliai pakuojami į džiuštinius maišus arba statines. Pagrindinis proceso be recirkuliacijos trūkumas – mažas konversijos laipsnis ir nepilnas žaliavų panaudojimas (30–35 % NH₃, 45–50 % CO₂), tai verčia turėti pastovias žaliavų atsargas.

Procesai su daline amoniako recirkuliacija pagrįsti amoniako sugrąžinimu į procesą, buvo realizuoti daugelyje gamybu. Ir suteikė sąlygas vėlesniam technologijų su pilnu amoniako ir CO₂ reciklu

kūrimui ir naudojimui. Pagrindinis schemų su recirkuliacija ir be jos skirtumas yra mišinio, gauto sintezės kolonoje, dviejų pakopų slėgio mažinimas ir distiliacija. Pirmoje distiliacijos pakopoje slėgis yra toks, kad aušinant vandeniu kondensuotūsi išsiskyręs amoniakas. Antroje pakopoje slėgis lygus atmosferiniam. Karbamido gamyba su daline recirkuliacija pavaizduota 1.5 paveiksle.

Dujinis anglies dioksidas spaudžiamas iki 200 atm. kompresoriumi (1) ir tiekiamas į vidinę sintezės kolonos (4) stiklinę, kuri gaminama iš nerūdijančio plieno, kad apsaugotų koloną nuo koroduojančio CO₂ poveikio. Kartu tiekiamas ir recirkuliacinis amoniakas siurbliu (16). Į tarpą tarp stiklinės ir kolonos korpuso siurbliu (2) tiekiamas šviežias amoniakas, korpusas pagamintas iš legiruoto anglinio plieno. Sintezės kolonoje palaikomas 200 atm slėgis ir 185–200 °C temperatūra. Tirpalo iš kolonos slėgis sumažinamas iki 18 atm ir distiliuojamas kolonoje (6), kuri apatinėje dalyje šildoma garais palaikant 135–145 °C temperatūrą (kolona gali dirbti ir be pašildytuvo – tuo atveju temperatūra palaikoma tarp 105–120 °C). Amoniako perteklius atskiriamas distiliacijos kolonoje, taip pat skyla ir nedidelis kiekis amonio karbamato. Šio skilimo produktais yra užteršiamas dujinis srautas, kuris tiekiamas į frakcionavimo koloną (7). Frakcionavimo kolona yra užpildoma amoniakiniu vandeniu (80–90 %), kuris pagamintas sumaišytuve (3) iš skysto amoniako ir 15–25 % amoniakinio vandens arba kondensato. Nuo CO₂ išvalyti ir išdžiovinti amoniako garai, kurių temperatūra 50–60 °C nukreipiami į du nuosekliai sujungtus kondensatorius (8) pirmasis pagamintas iš legiruoto nerūdijančio plieno, o antrasis iš anglinio plieno. Pirmasis kondensatorius yra gaminamas iš legiruoto plieno, nes susidarant dujoms pasigamina nedideli kiekiai CO₂ (0,02–0,05 %), kurie yra pavojingi vamzdžiams iš anglinio plieno, nes spartina jų koroziją. Skystas amoniakas surenkamas talpoje (15) ir siurbliu (16) grąžinamas į sintezės koloną. Iš distiliacijos kolonos (6), dalinai nuo amoniako išvalyto, karbamido tirpalo slėgis mažinamas iki 1,5–1,7 atm ir tiekiamas į antros pakopos distiliavimo koloną (9).



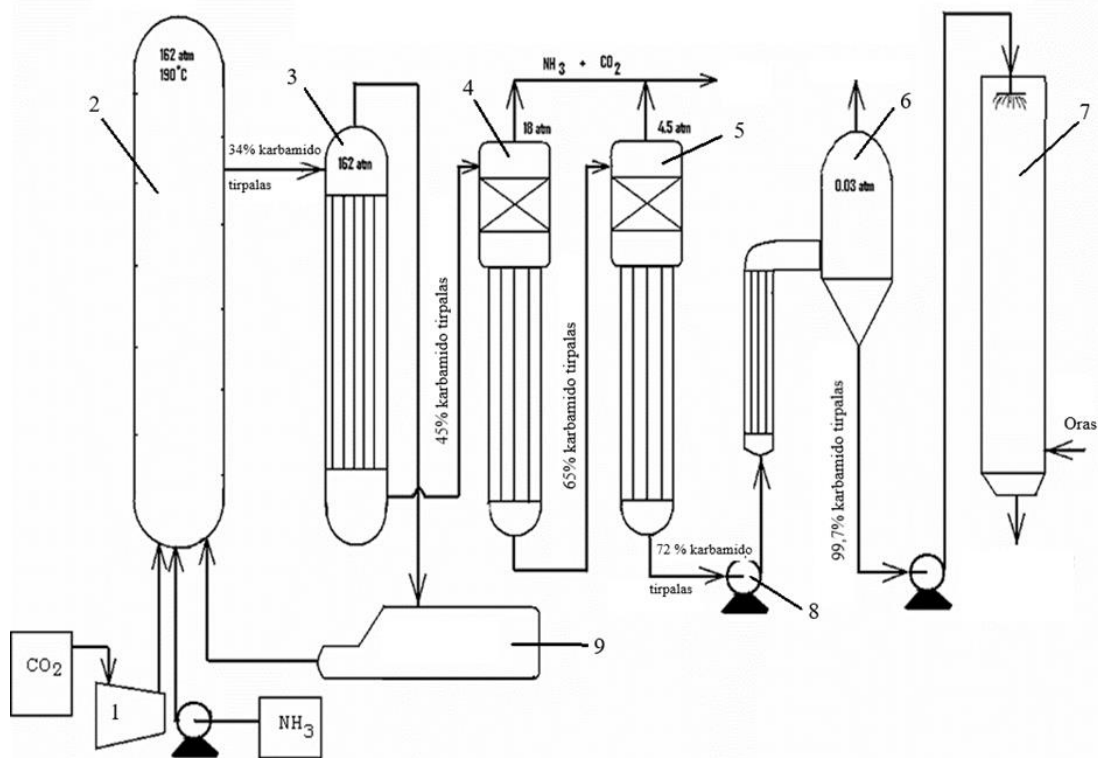
1.5 pav. Karbamido sintezės su daliniu amoniako reciklu technologinė schema [9]

1 – penkiapakopis CO₂ kompresorius; 2 – skysto amoniako siurblys; 3 – sumaišytuvus amoniakinio vandens paruošimui; 4 – sintezės kolona; 5 – pašildytuvus; 6 – pirmosios pakopos distiliacijos kolona; 7 – frakcionavimo kolona; 8 – amoniako kondensatorius; 9 – antrosios pakopos distiliavimo kolona; 10 – pirmosios pakopos išgarinimo aparatas; 11 – antrosios pakopos išgarinimo aparatas; 12 – išcentrinis siurblys; 13 – pašildytuvus; 14 – karbamido tirpalo rinktuvas; 15 – gražinamo amoniako rinktuvas; 16 – trijų plunžerių siurblys amoniako surinkimui

Frakcionavimo kolonoje gautu amonio druskų tirpalu laistoma trečia (iš viršaus) kolonos lėkštė (įmanomas ir technologinis sprendimas, kai tirpalas siekiant prisotinti tiekiamas į koloną (6)). Į viršutinę distiliavimo kolonos (9) lėkštę tiekiamas kondensato tirpalas, kuris iš uždaros lėkštės patenka į kaitintuvą (13) ir yra gražinamas į apatinę distiliavimo kolonos dalį, kur pilnai įvyksta amonio karbamido skilimas ir CO₂ desorbcija, CO₂ po karbamido pusrū atsiskyrimo susimaišo su dujomis, paliekančiomis pirmos pakopos kondensatorių, ir yra nukreipiamos į skruberį – neutralizatorių gaunant amonio nitrato tirpalą. Apatinėje II-osios pakopos distiliavimo kolonos dalyje temperatūra yra 95–115 °C, viršutinėje 65–70 °C. Nuo amoniako ir CO₂ išvalytas tirpalas, kuriame yra 70–80 % karbamido ir > 0,5 % NH₃, iš rinktuvo (14) išcentrinio siurbliu (12) tiekiamas per filtruojantį I-osios pakopos išgarinimo aparato kaitintuvą (10), kuriame slėgis yra 300 mmHg st, o temperatūra 125 °C, kaitintuve lydalas koncentruojamas iki 91–95. Kai produktas yra kristalizuotas karbamidas, lydalo koncentracija turi siekti 91–93 %.

Granuliuoto karbamido gamyboje lydalas po išgarinimo I-joje pakopoje, garinamas II-joje pakopoje yra sukcentruojamas iki 99,5–99,8 %. Tam, kad sutrumpintų tirpalo išlaikymą aukštos temperatūros zonoje (~140°C), kuri yra II-os pakopos išgarintuve (11), lydalas 94–95 % koncentraciją pasiekia I-joje pakopoje. Proceso su daline recirkuliacija metu daugiau amoniako konvertuojama į karbamidą, nei proceso be recirkuliacijos, metu.

Šiuolaikinės technologijos naudoja pilną skysčio reciklą. Vienas iš pavyzdžių yra Snam Progetti (Italija) technologinė schema su pilnu skysčio reciklu. (1.6 pav.)



1.6 pav. Principinė technologinė Snam Progetti schema su pilnu skysčio reciklu

- 1 – CO₂ kompresorius; 2 – sintezės kolona; 3 – striperis; 4 – aukšto slėgio distiliacijos kolona;
 5 – vidutinio slėgio distiliacijos kolona; 6 – išgarintuvas; 7 – granuliacijos bokštas; 8 – išcentrinis siurblys;
 9 – karbamato kondensatorius

CO₂ suspaustas kompresoriumi (1) kartu su amoniaku tiekiamu siurbliais ir anglies amonio druskų tirpalu patenka sintezės koloną (2) iš, kurios 34 % karbamido tirpalas tiekiamas į striperį (3). Striperyje baigiama karbamato dehidratavimo reakcija. Dujinėje fazėje susidarančioje striperyje yra karbamato ir amoniako garų, bei CO₂. Šis srautas patenka į karbamatų kondensatorių (9), kuriame yra kondensuojamas į amonio karbamatų tirpalą ir yra tiekiamas atgal į sintezės koloną. Po striperio tirpale karbamido koncentracija siekia 45 %. Karbamido tirpalas po striperio patenka į aukšto slėgio distiliacijos koloną (4). Nesureagavęs amoniakas ir CO₂ kolonoje iš tirpalo pašalinami, o iš kolonos ištekančias tirpalas koncentruojamas iki 65 %, ir patenka į vidutinio slėgio distiliacijos koloną (5). Joje pašalinami ištirpusių dujų likučiai, o lydalas koncentruojamas iki 72 %.

Karbamido gamybos technologija su pilna recirkuliacija įdiegus įvairius atnaujinimus visame pasaulyje naudojama iki šiandien. Kai kur yra taikoma automatinė kokybės kontrolės sistema, ji pritaikoma norint sumažinti nekondicinės produkcijos kiekius [10]. Taip pat nuolatos modernizuojamos ir atnaujinamos sintezės kolonos. Rusų mokslininkai siekdami pagerinti amoniako ir CO₂ sumaišymo laipsnį sumaišymo zonoje esančią paskirstymo/sumaišymo lėkštę pakeitė tangentiniu sumaišymo įrenginiu, kuris pavaizduotas 1.7 paveiksle. Sumaišytuvo viduje sukuriama sūkurys, kuriame dujų burbulai suskaidomi didinant jų paviršiaus ir tuo pačiu reakcijos plotą, pasiekiamas masės mainų paviršius yra du kartus didesnis nei naudojant sumaišymo lėkštę [11].



1.7 pav. Sūkurinis amoniako, anglies dioksido ir anglies amonio druskų sumaišytuvas [11]

Taip pat dėl dujų srauto tokiam sumaišytuve prie sienelių susidaro dujų sluoksnis, kuris apsaugo įrenginio vidinę korpuso dalį nuo korozijos. Procesai su pilna skysčio recirkuliacija yra pranašesni už procesus be recirkuliacijos, nes nešvaistomi energetiniai resursai, taip pat didėja CO₂ konversijos laipsnis. Karbamido gamybos technologijos

Temperatūros poveikis. Kylant temperatūrai, amonio karbamato dehidratacijos laipsnis į karbamidą didėja. Tokia reakcija vyksta ribotai iki apibrėžto maksimumo. Optimali temperatūra 185–195 °C.

Slėgio poveikis. Didinant slėgį pastoviam tūryje bei apkrovime, amonio karbamato konversijos į karbamidą laipsnis ryškiai didėja. Reakcijos greitis (kai visos sąlygos pastovios) auga proporcingai slėgio kvadratui. Kai sintezės kolonoje dujinės fazės daugėja, amonio karbamato virtimas į karbamidą lėtėja, didėjant dujinės fazės kiekiui konversijos laipsnis artėja prie nulio. Didinant mišinio tankį aparate, karbamido išeiga didėja. Kai kitos sąlygos pastovios, didinant slėgį, mažėja dujinės fazės

kiekis, o amonio karbamato dehidratacijos laipsnis aparate didėja. Praktiškai procesas vykdomas išlaikant 15 MPa slėgį.

Amoniako, anglies dioksido ir vandens pertekliaus įtaka. Karbamido susidarymo iš amonio karbamato reakcija geriausiai vyksta skystoje fazėje. Todėl vanduo pirminėje stadijoje, mažindamas karbamato lydymosi temperatūrą, greitina skystosios fazės susidarymą. Kai pasiekama pusiausvyra, vandens poveikis tampa neigiamas. Kiekvienas papildomas vandens procentas amonio karbamato konversiją sumažina 1 %. Todėl praktiškai naudojamas amoniako perteklius. Taip pat amoniako perteklius naudingas nes: pagreitina amonio karbamato skilimo į karbamidą, sumažina šalutinių produktų susidarymą ir aparatūros korozija. Perteklinis anglies dioksido naudojimas proceso eigai ar produktų skilimui didelės įtakos nedaro. Optimali koncentracija yra artima stochiometriniam kiekiui. Anglies dioksido koncentracijos sumažėjimas 1 %, karbamido išėigą sumažina apytiksliai 1 %.

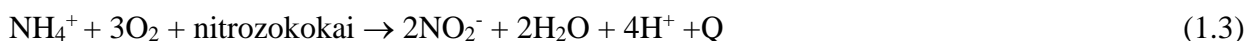
Inertinių dujų poveikis. Didžiausias inertinių dujų kiekis į sintezės ir distiliacijos skyrių patenka su anglies dioksidu. Su skystu amoniaku patenka tik nedidelis kiekis vandenilio. Inertinės dujos turi neigiamą poveikį karbamido išėigai, nes mažina amoniako ir anglies dioksido dalinį slėgį virš lydalo sintezės kolonoje. Anglies dioksido koncentracijai sumažėjus 1 % (tūrio), karbamido išėiga sumažėja apytiksliai 1 %.

Lydalo išbuvimo sintezės kolonoje trukmės įtaka. Amonio karbamato dehidratacijos į karbamidą reakcija intensyviausiai vyksta pirmąsias 20–30 minučių. Po to reakcija žymiai sulėtėja. Lydalo išlaikymas sintezės kolonoje priklauso ir nuo kolonos užpildymo, t. y., nuo „dujų pagalvės“ tūrio sintezės kolonoje, inertų kiekio anglies dioksido ir skystame amoniake. Metanas, azotas, vandenilis blogai tirpsta karbamido – karbamato sistemoje ($H_2O-NH_3-CO_2$) ir, išsiskirdami į dujinę fazę, didina „dujų pagalvės“ tūrį trumpindami lydalo buvimo sintezės kolonoje laiką. Optimalus lydalo buvimo sintezės kolonoje laikas nuo 45 min. iki 1 val. Ilgiau išlaikyti lydalą sintezės kolonoje netikslinga, nes mažėja sintezės kolonos našumo koeficientas [8].

1.4. Karbamidas – kaip lėto veikimo trąšos

Karbamidas yra higroskopiškas ir linkęs susigulėti. Kai jame yra 0,2 – 0,3 % drėgmės ši grėsmė sumažėja, karbamidas nesusiguli ir išlaiko gerą birumą. Susigulėjimą lemia geras karbamido tirpumas vandenyje. Tai apsunkina sandėliavimą transportavimą ir įterpimą į dirvą. Siekiant išvengti susigulėjimo naudojami kondicionuojantys priedai. Kadangi didžioji dalis karbamido gaminama granuliuojant iš lydalo, technologiškai įterpti priedus į pačią granulę yra sudėtinga. Todėl renkamas paprastesnis kelias – granulės yra dengiamos kondicionuojančiomis dangomis, kurios granulės apsaugo ne tik nuo susigulėjimo, bet ir nuo denitrifikacijos bei lakiųjų komponentų praradimo [12].

Pagrindinės karbamido skaidymo dirvoje reakcijos pateikiamos 1.1–1.6 lygtyse [13]:





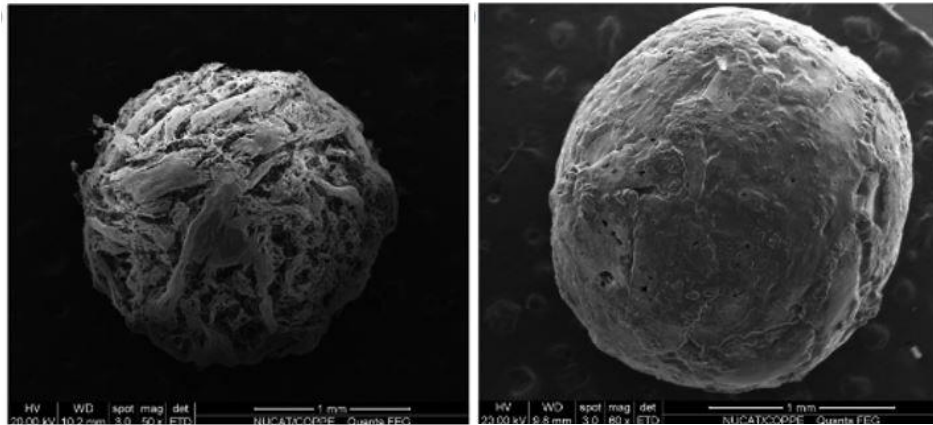
Lygtys 1.2 ir 1.4 apibrėžia reakcijas, kurių metu išsiskiria augalams priimtinas azotas. Tačiau ankstyvojoje augimo stadijoje augalai nesuvartoja viso jiems reikalingo azoto, todėl dalis jo prarandama išsiskiriant lakiesiems komponentams, tai matome 1.5 ir 1.6 lygtyse. Siekiant užkirsti tam kelią vis daugiau dėmesio skiriama lėto arba kontroliuojamo veikimo trąšoms, ne išimtis ir karbamidas [13].

Lėto veikimo trąšos pagrindu klasifikuojamos į kelias pagrindines grupes [14]:

- Trąšos sudarytos ir vandenyje mažai tirpių organinių junginių. Šios trąšos gali būti natūralios kilmės (mėšlas, nutekamojo vandens dumblas ir pan.) arba sintetinės (karbamido ir acetaldehido poli kondensacijos produktai). Vis dažniau stengiamasi naudoti bio – skaidžius junginius pvz.: karbamido ir formaldehido.
- Trąšos sudarytos iš vandenyje tirpių junginių, kurie įterpus į dirvą drėkinami dirvos tirpalu palapsniui atpalaiduoja maisto medžiagas. Tokios trąšos (dažniausiai granulės ar prilės) dėl savo tirpumo greitai suyra, todėl yra dengiamos polimerinėmis netirpiomis dangomis, kurios dėl savo struktūros azotą iš granulės į dirvą atpalaiduoja palapsniui. Šios dangos skirstomos į organines (termoplastikai, polimerinės dervos ir kt.), ir neorganines (siera, gipsas, dolomitas ir kt.).
- Trečioji grupė yra amonio fosfatai su skirtingais metalų jonais (KNH_4PO_4 , MgNH_4PO_4), kurie yra mažo tirpumo.

Pagal šią klasifikaciją karbamidas pristirtinas dviem grupėms. Kai karbamidas yra mišinyje su kita organine medžiaga priklauso pirmajai. Kai karbamido granulės ar prilės yra dengiamos danga siekiant sumažinti arba kontroliuoti jo tirpumą tai antroji grupė. Kadangi dažniausiai karbamidas gaminamas birus dangų klausimas yra aktualesnis ir vis dažniau bandomas išspręsti. Yra išbandyta ir tirta daugybė įvairių tiek organinių, tiek ir neorganinių dangų [15]. Plačiai naudojama nimbamedžio aliejus, sierra, polimerinės dervos. Taip pat į šias dangas gali būti pridedama cemento, aminių, aminių ir vaško mišinių bei polimerų ir vaško mišinių. Nors gaunami tirpumo lėtinimo rezultatai yra geri, tačiau šios dangos yra brangios, taršios ir dažnai nėra bioskaidžios.

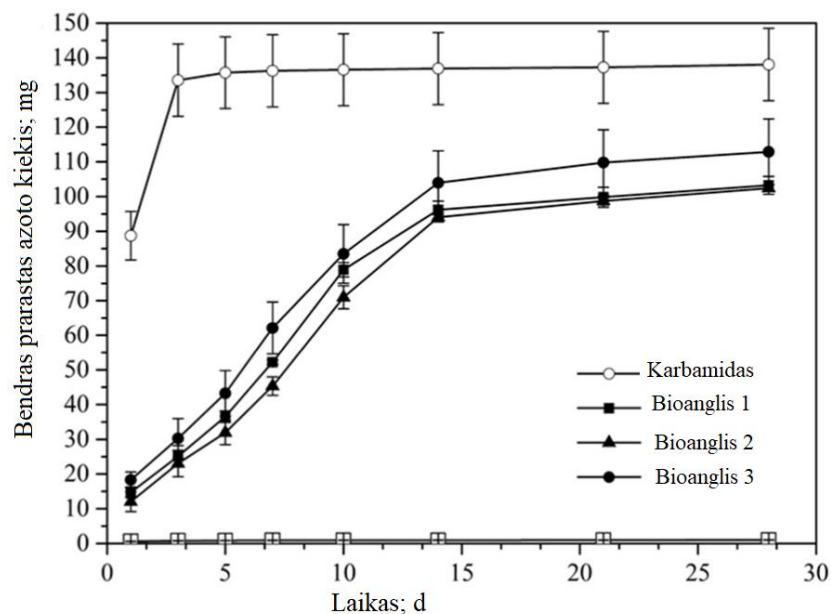
Viena iš pirmųjų, siekiant pagaminti kontroliuojamo veikimo karbamidą, buvo pradėta naudoti sierra. Iš pradžių granulės dengiamos „sandarikliu“, kurio paskirtis – užpildyti paviršines karbamido granulės poras taip sumažinant galimybę į granulę prasiskverbti drėgmei ir mažinant tirpumą. Skirtumas tarp dengtos ir nedengtos karbamido granulės matomas 1.8 paveiksle. Dengtos granulės paviršius lygesnis ir mažiau porėtas.



1.8 pav. Nedengta (kairiau) ir dengta (dešiniau) karbamido granulė [15]

Po to granulės dengiamos lydyta siera ir galiausiai į granuliavimo būgną tiekiamas vaškas tikintis, kad dirvos mikroorganizmai pirmiausia skaidys vašką, o ne sieros sluoksnį [14].

Vėliau imtos naudoti ir vis dar plačiai naudojamos polimerinės ar biopolimerinės dangos. Jos pakeitė sieros pagrindo dangas, nes pastarosios buvo lengvai skaidomos dirvos mikroorganizmų ir nebuvo tokios efektyvios. Polimerinės kilmės dangos gali sumažinti azoto nuostolius iki 57% [16]. Nors nėra polimerinė, tačiau dar viena danga, kuri galėtų būti naudojama karbamido padengimui, yra iš biomasės pirolizės metu išgaunama anglis (bioanglis). Ji maišoma su parafinu ar dervomis ir šiuo mišiniu dengiamos granulės. Dangos efektyvumas pateikiamas 1.9 paveiksle. Ankstyvuojau laikotarpiu iki 6–7 dienos matomas didžiausias skirtumas. Dengtas šia danga karbamidas prarado iki 80 mg mažiau azoto.



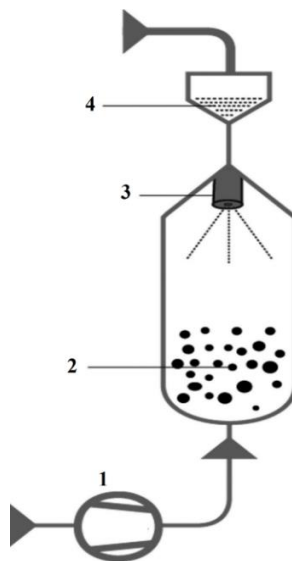
1.9 pav. Bendras prarasto azoto kiekis vandens tirpale [16]

Nuolat populiarėjant „žaliajai“ politikai vis daugiau dėmesio skiriama skaidžioms biopolimerinėms dangoms, kurios sulėtintų karbamido tirpimą, tačiau dirvoje suirtų nepalikdamos jokių kenksmingų polimerinių dalelių. Tyrinėjamos krakmolo, lignino ir kitų biopolimerų pagrindu gaminamos dangos, nors vis dar neišvengiama priedų, tačiau šios dangos pranašesnės, nes žaliavos yra atsinaujinančios, o jų pagrindu pagamintos dangos – bioskaidžios [13].

1.6 Pagrindiniai karbamido dengimo metodai

Dengiant granules naudojami skirtingi metodai. Tai besisukančios būgninės džiovyklos, lėkštiniai dengtuvai ar pseudoverdančio sluoksnio dengimo būdai. Pramonėje populiariausi būgninės ir lėkštinės konstrukcijos dengtuvai dėl savo paprastos konstrukcijos ir palyginus didelio našumo. Tačiau naudojant būgninius aparatus patiriami dideli žaliavos nuostoliai, o naudojant lėkštinius įrenginius sudėtinga kontroliuoti aplinkos drėgnumą dėl to granulės padengiamos netolygiai, o dangoje gali atsirasti defektų.

Pats pažangiausias ir efektyviausias, bet tuo pačiu ir sudėtingiausiai įvykdomas yra pseudoverdančio sluoksnio metodas (žr 1.10 pav.).



1.10 pav. Principinė pseudoverdančio sluoksnio dengtuvo schema [14].

1 – oro kompresorius, 2 – pseudoverdantis karbamido sluoksnis, 3 – dangos purkštukas, 4 – dangos talpykla.

Karbamido granulės tiekiamos ant pseudoverdančio sluoksnio į kurį iš apačios kompresoriumi (1) tiekiamas oras. Danga iš rezervuaro (4) purkštuku (3) laistoma ant pseudoverdančio sluoksnio. Šis metodas pranašesnis už prieš tai buvusius, nes granulės padengiamos tolygiau ir visapusiškiau. Taip dėl tiekiamo oro pseudoverdančiam sluoksniui sukurti granulės dengtuve ir išdžiovinamos [14].

Apžvelgus žinomas karbamido gamybos technologijas ir atsižvelgiant į žaliavų konversijos laipsnį, energetinių išteklių naudojimo efektyvumą ir nesureagavusių medžiagų antrinį panaudojimą, galima daryti išvadą, kad šiuo metu pažangiausia ir priimtinausia technologija karbamido gamybai yra su pilnu skysčio reciklu. Kadangi karbamidas labai higroskopiška medžiaga, jo granuliu padengimui naudojamos įvairios medžiagos, gerinančios karbamido savybes ir tuo pačiu lėtinančios jo tirpumą. Remiantis šiais apibendrinimais darbe projektuojama karbamido gamybos technologinė linija ir tiriama karbamido padengimui naudojamos dangos įtaka jo savybėms.

2. Tiriamoji dalis

Atlikus literatūros apžvalgą matyti, kad norint sulėtinti karbamido tirpumą reikia naudoti specialias dangas taip mažinti jo polinkį absorbuoti drėgmę, t. y. mažinti jo higroskopiškumą, didinti statinį stiprį ir t.t. Siekiant sumažinti karbamido dengimo kaštus, buvo tiriama šiuo metu naudojamos dangos koncentracijos įtaka granulių savybėms.

2.1. Medžiagos ir metodai

2.1.1. Pradinės medžiagos

Tyrimui naudotas AB „Achema“ pagamintas nedengtas karbamidas ir karbamido savybes gerinanti danga „Insoft“ (karbamido ir melamino polikondensacijos su formaldehidu produktų mišinys).

2.1.2. Bandinio paruošimo metodai

Dangos paruošimas. Į 25 cm³ cheminę stiklinę atitinkamu santykiu pvz. 1:9 supilami vanduo ir „Insoft“ maišoma kol tirpalas tampa homogeniškas.

Bandinio paruošimas. Karbamido granulės paruošta danga dengiamos numatytą dangos kiekį įpilant į porcelianinę lėkštutę, kurioje yra 50 g (+/- 1g) karbamido ir, kad nepažeisti, stikline lazdele maišomos ne trumpiau nei 4–5 minutės.

2.1.3. Analizės metodai ir įranga

Granulių stipris, kuris matuoja N/granulei, buvo nustatomas aparatu ИПГ-2, АО “УНИХИМ с ОЗ“, Екатеринбург. Iš kiekvieno bandinio buvo paimta bent 20 skirtingo dydžio granulių ir išvestas bandinio stiprumo vidurkis.

Higroskopiškumas buvo tiriamas eksikatoriuose, kuriuose buvo vanduo (santykinė drėgmė 94,5 % ± 1,6 %) ir NaNO₃ (santykinė drėgmė 60,4 % ± 1 %). Į eksikatorius patalpinti paruošti bandiniai ~ 2 g karbamido porcelianinėse lėkštutėse. Bandiniai sveriami kas parą, kol karbamido granulės absorbuoja tiek vandens, kad ištirpsta.

Skirtingų dangų tirpalų tankis buvo nustatytas areometru. Tirpalu užpildant 100 cm³ cilindrą ir į jį nardinant areometrus.

Klampa nustatyti naudota po 10 cm³ skirtingos dangos mėginių, aplinkos temperatūra 24 °C naudotas viskozimetras, kurio kapiliaro skersmuo 3,35 mm, o konstanta 1,045.

pH nustatyta pH-metru HANNA gauto signalo apdorojimui naudojamas to pačio gamintojo mikroprocesorius pH 211.

2.2. Rezultatai ir jų aptarimas

2.2.1. Pradinių medžiagų savybių tyrimas

Buvo tiriamas AB „Achema“ pagamintas nedengtas karbamidas. Buvo ištirti pagrindiniai granules charakterizuojantys parametrai.

Granulių statinis stipris:

- –nedžiovintų granulių vidutinis stipris 11,47 N/granulei;
- džiovintų granulių vidutinis stipris 12,01 N/granulei.

Drėgnumas – vidutinis drėgnumas 0,294 %

Piltinis tankis:

- laisvai supiltų granulių 725 kg/m³
- sutankintų granulių 755 kg/m³

Granulimetrinė produkto sudėtis, kurios rezultatai pateikiama 2.1 lentelėje

2.1 lentelė. Granulimetrinė tiriamojo karbamido sudėtis

Sieto skylių skersmuo, mm	Masė ant sieto, g	Granulių dalis, %
>5,00	1,27	0,32
3,15–4,00	14,15	3,63
2,00–3,15	85,05	21,86
1,00–2,00	238,96	61,43
0,50–1,00	10,25	2,635
0,20–0,50	27,80	7,14
<0,20	10,70	2,75
dulkės	0,81	0,21

Taip pat buvo ištirtos pradinio koncentruoto „Insoft“ tirpalo savybės:

- kinematinė klampa 17,572 mm²/s;
- tankis 1,23 g/cm³;
- pH 7,05.

2.2.2. Bandinių paruošimas

Tyrimo metu buvo paruošti 9 skirtingi bandiniai tarpusavyje besiskiriantys dangos kiekiu taip pat dangos koncentracija t. y. papildomu vandens kiekiu dangoje. Bandinių paruošimo sąlygos pateikiamos 2.2 lentelėje:

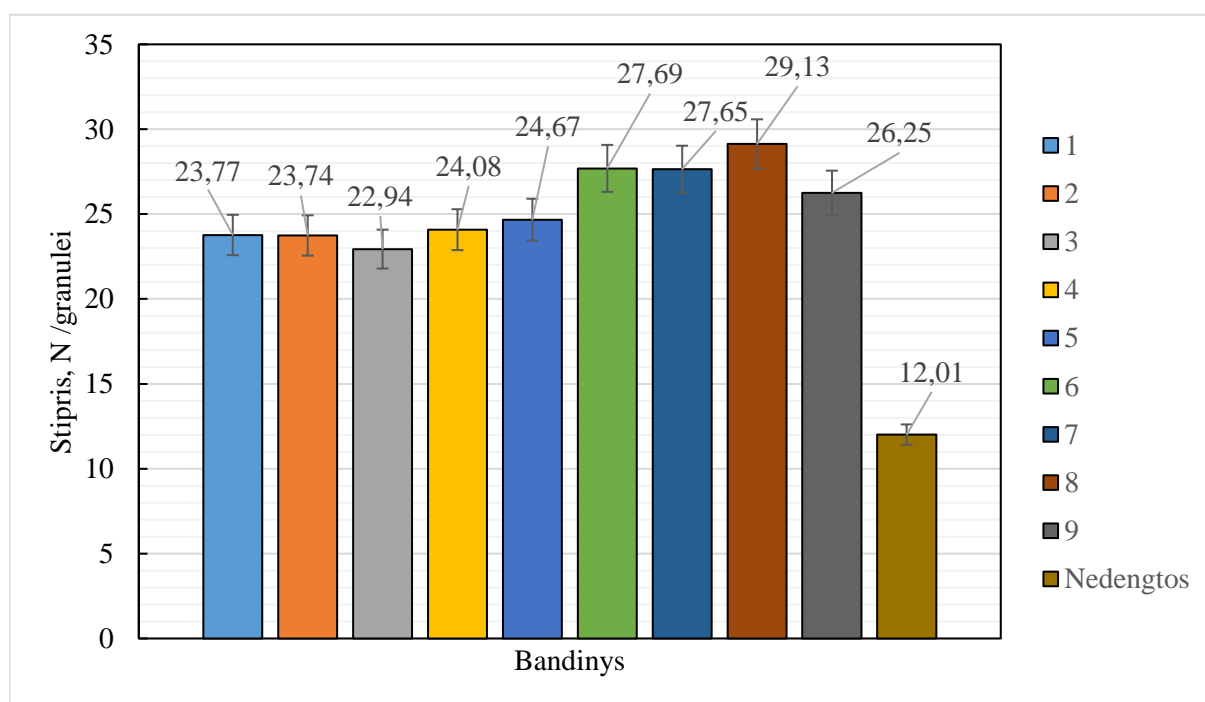
2.2 lentelė. Paruoštų bandinių sudėtis

Bandinio nr.	Karbamido kiekis, g	Dangos kiekis, g	Dangos tipas
1	50,125	0,22	Be vandens
2	50,127	0,16	Be vandens
3	50,060	0,08	Be vandens
4	50,265	0,21	10% vandens
5	50,050	0,15	10% vandens
6	50,385	0,09	10% vandens
7	50,245	0,26	20% vandens
8	50,210	0,15	20% vandens
9	50,340	0,06	20% vandens

Paruoštuose bandiniuose dangos kiekis kinta, nes tiriamas poveiki naudojant gamintojo rekomenduojamą normą, per pus sumažintą ir šiek tiek padidintą normą. Padidinta norma naudota, nes buvo tikimasi, kad dėl praskiedimo gali sumažėti dangos kiekis ant granulių ir taip prastinti savybes.

2.2.3. Granulių stiprio nustatymas

Paruoštiems bandiniams buvo atlikti statinio stiprio nustatymo bandymai. Iš kiekvieno bandinio atsitiktine tvarka išrinktos 20–25 granulės gautų stiprių vidutinės vertės pateikiamos 2.1 paveiksle.

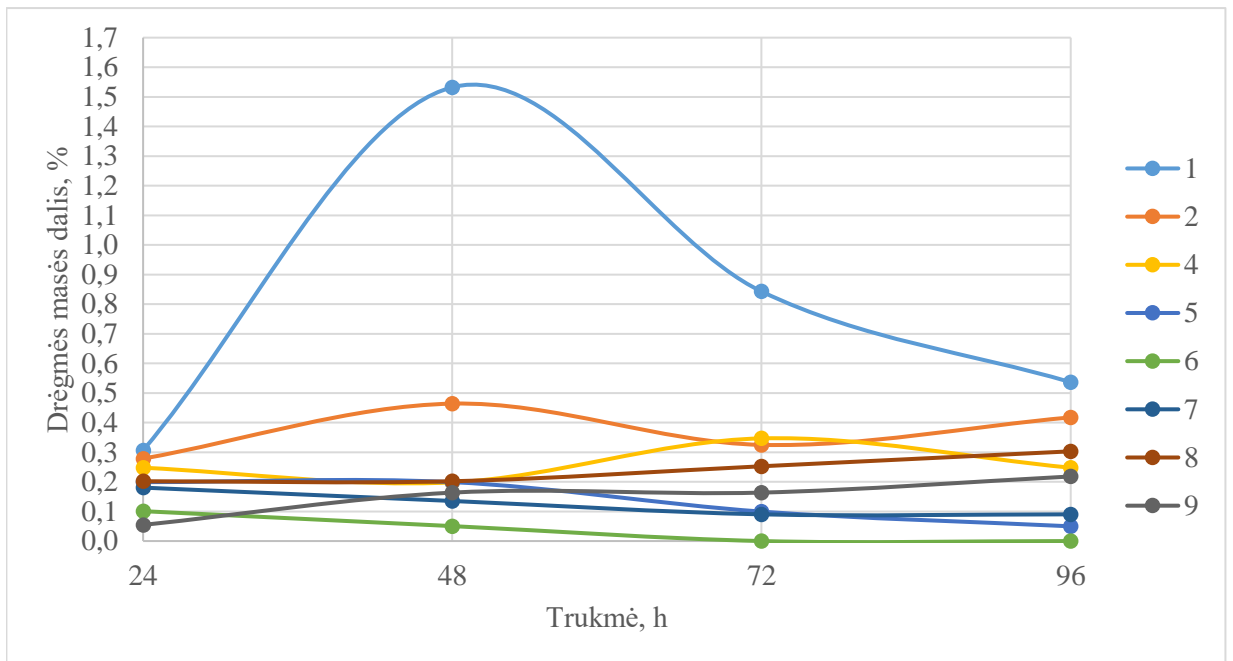


2.1 pav. Skirtingų bandinių vidutinių granulės stiprių matavimo vertės

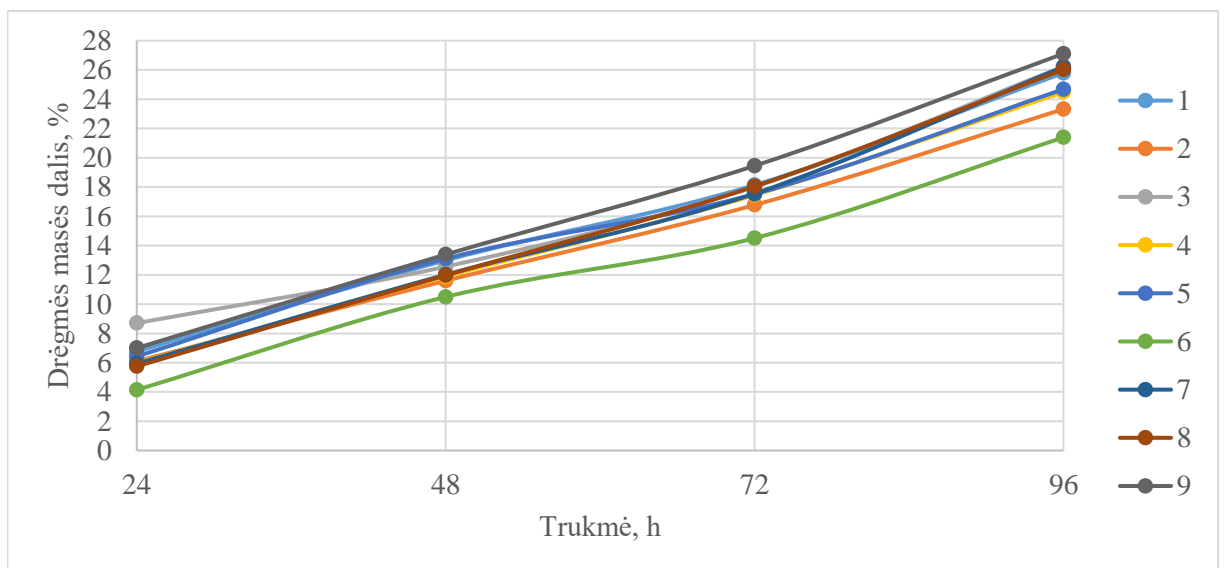
2.1 paveiksle matoma tendencija, kad didėjant dangos praskiedimui granulės stipris taip pat didėja. O lyginant su nedengtomis granulėmis, kurių stipris vidutiniškai yra 12 N, beveik visos dengtos granulės yra stipresnės dvigubai. Išsiskiria granulės, kurios buvo dengtos danga turinčia 20 % vandens kai dangos kiekis buvo 0,15 g t. y. gamintojo rekomenduojama norma. Šių granulių stipris vidutiniškai buvo 29,12 N. Taigi pagal stiprio matavimo rezultatus tinkamiausia danga karbamido granulių padengimui būtų 8 bandinio.

2.2.4. Higroskopiškumo nustatymas

Higroskopiškumo nustatymo metu bandiniai buvo patalpinti į du eksikatorius. Viename buvo natrio nitritas siekiant atkurti aplinkos sąlygas (santykinė oro drėgmė 67 %), kitame vanduo sukuriant 100 % drėgnumo aplinką. Matavimo metu laboratorijoje buvo 24 °C. Bandiniai buvo laikomi kol nustodavo keisti jų masė, arba priklausomai nuo sugerto drėgmės kiekio granulės ištiždavo. Gauti duomenys atvaizduojami 2.2–2.5 paveiksluose.

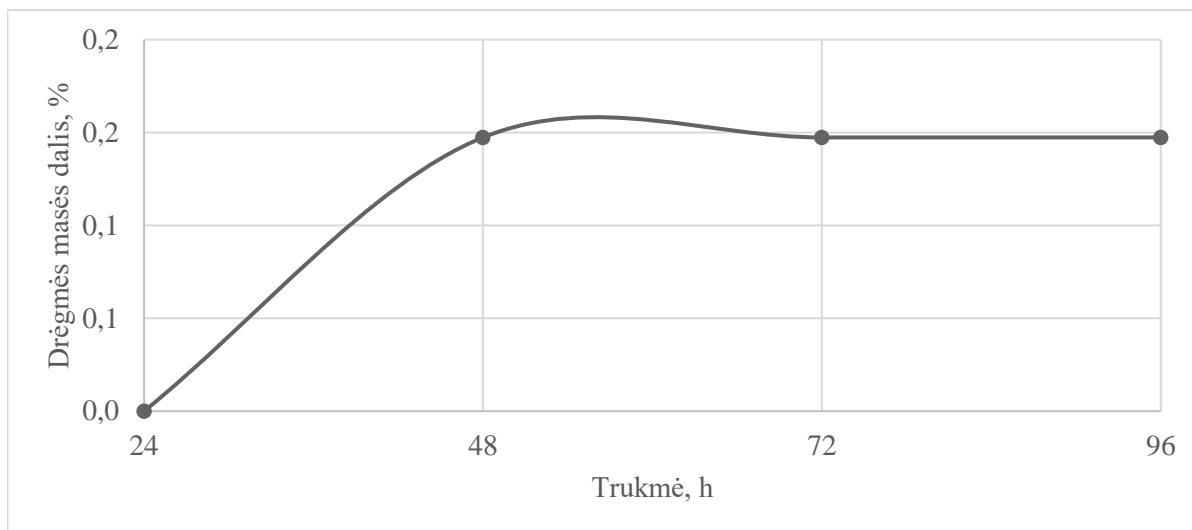


2.2 pav. Virš nitrito buvusių dengtų bandinių drėgmės dalis (masės %)

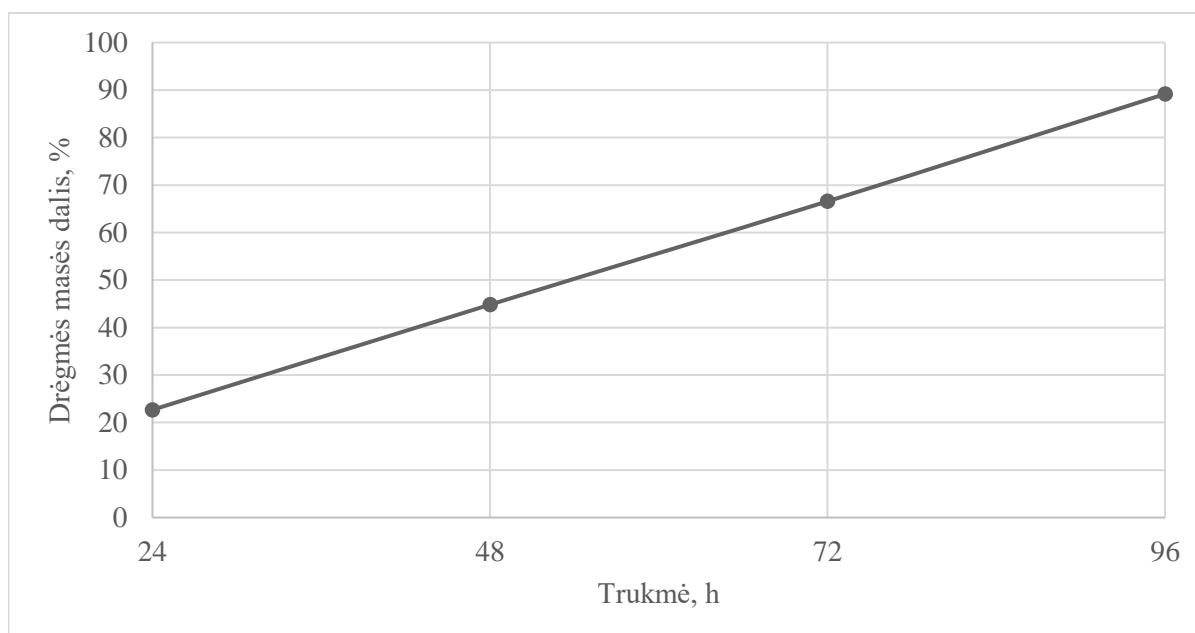


2.3 pav. Virš vandens buvusių dengtų bandinių drėgmės dalis (masės %)

Keičiantis dangai ir/ar jos kiekiui didelių pakitimų bandiniuose kurie buvo virš vandens nepastebima po 96 valandų stebėjimo visi bandiniai buvo absorbavę virš 20 % masės dalies drėgmės. Mažiausiai drėgmės 21,3 % turėjo 6 bandinys, o daugiausiai 27,1 % 9 bandinys. Bandiniai buvę eksikatoriuje virš nitrito, kuris atkartoja aplinkos sąlygas, beveik nedrėko masės pokytis buvo vidutiniškai apie 0,1 %. Tuo tarpu nedengtų granulių higroskopškumo tyrimo rezultatai, kurie pateikti 2.4 ir 2.5 paveiksluose yra prastesni, ypač lyginant virš vandens buvusių bandinius. Pastarieji per 96 valandas absorbavo 89,1 % drėgmės. Virš nitrito buvusių bandinių masės pokytis 0,2 % taip pat didesni nei dengtų granulių.



2.4 pav. Virš nitrito buvusių nedengtų bandinių drėgmės dalis (masės %)



2.5 pav. Virš vandens buvusių nedengtų bandinių drėgmės dalis (masės %)

Įvertinus visus higroskopiškumo tyrimo metu gautus duomenis galima daryti išvadą, kad šiuo aspektu tinkamiausia 6 bandinio dangos turinti 10 % papildomo vandens ir pusę gamintojo rekomenduojamos normos dangos.

Siekiant įsitikinti ir patikrinti ar visos granulės yra padengiamos tolygiai granulės buvo padengtos dangomis į jas įmaišant metilo mėlynojo indikatorius. Gauti rezultatai pateikti 2.6. paveiksle. Nors visos granulės padengtos, tačiau matomas netolygumas taip pat smulkiausia frakcija (iki 1,00 mm skersmens) linkusi aglomeruotis taip dar labiau prastindama dangos pasiskirstymo tolygumą, o taip pat apsunkindama produkto sandėliavimą ir transportavimą. Todėl buvo nuspręsta atskirti frakciją iki 2 mm skersmens ir toliau dangos vientisumo bandymus tęsti tik su stambesnės frakcijos granulėmis. Tokia riba pasirinkta atsižvelgiant į prekinę karbamido frakciją, kuri yra 2,00 – 5,00 mm.



2.6 pav. Gryna danga dengtos granulės su smulkesne nei 2 mm frakcija

Padengus granules be smulkiosios frakcijos buvo gauti rezultatai, kurie pateikiami 2.7 paveiksle. Granulės pasidengia tolygiau, nors dengiant gryna danga vis dar pastebimas spalvos t. y. dangos trūkumas ant dalies granulių. Spalvos intensyvumo nevienodumą lemia minimaliai, tačiau besiskiriantis indikatoriaus kiekis.



2.7 pav. Be smulkesnės frakcijos dengtos granulės, 1 – gryna danga; 2 – su 10 % papildomo vandens; 3 – su 20 % papildomo vandens

2.7 paveiksle matyti, kad bet koks papildomo vandens pridėjimas ir smulkiosios frakcijos atskyrimas gerina padengimo tolygumą. Tiek 2 tiek 3 nuotraukose matomos tolygiai padengtos granulės. Ant jų atsirandantys taškeliai tai džiūvimo metu iš tirpalo išsikristalizavę indikatoriaus kristalai. Todėl galima teigti jog didelio skirtumo tarp dangos su 10 % papildomo vandens ir tarp dangos su 20 % papildomo vandens nėra.

Paveiksle 2.8 pateiktas dengtų granulių pjūvis, iš kurio aiškiai matoma, kad danga ne tik dengia granulę paviršutiniškai, bet ir skverbiasi į gilesnius sluoksnius. Galbūt su šia savybe būtų galima sieti tendencingą granulių stiprio didėjimą pridedant papildomo vandens.



2.8 pav. Pusiau skeltos granulės 8 bandinio kairėje, antro bandinio dešinėje

Didėjant vandens koncentracijai mažėja dangos klampa (2.3 lentelė), todėl jai lengviau prasiskverbti į granulės vidų, kur dėl sąveikos tarp dangos ir granulės vidinių sluoksnių įvyksta pakitimai gerinantys granulių stiprį. Šiai hipotezei patikrinti reikalingi išsamesni struktūros ir jos pokyčio po dengimo tyrimai.

2.3 lentelė. Nustatytos skirtingų dangų savybės

Savybė	Gryna „Insoft“ danga	10 % vandens priedas	20 % vandens priedas
Tankis; g/cm ³	1,230	1,218	1,191
Klampa mm ² /s	17,572	8,748	4,201
pH	7,05	7,05	7,35

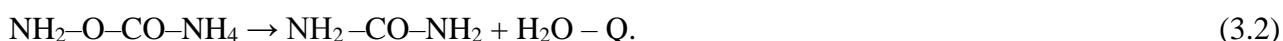
Nustačius dangų savybes pastebėta, kad pridedant papildomo vandens pH pradeda keistis į bazinę pusę, bet pokytis nėra žymus ir nedaro didelės įtakos pvz. sandėliavimui ar apipurškimo aparatūros projektavimui bei parinkimui. Taip pat kaip ir minėta anksčiau daugiau nei keturis kartus sumažėja tirpalo klampa nuo 17,572 mm²/s iki 4,201 mm²/s. Taip pat sumažėja ir tankis. Šių parametru sumažėjimas lemia mažesnius slėgio nuostolius tiekimo vamzdynuose, taip pat reikalingą minimalų darbinį slėgį dangos išpurškimui per purkštukus.

Apibendrinant visus tyrimo metu gautus rezultatus parenkama 8 bandinio danga. Ši danga parenkama, nes ja padengtos granulės pasižymi didžiausiu stipriu 29,12 N/granulei. Higroskopiškumo matavimo metu šio bandinio granulės buvusios virš nitrito absorbavo 0,1 % masės drėgmės kiekio, o buvusios virš vandens 26,02 %, mažiausiai absorbavo 6 bandinys. Virš nitrito džiuvo ir drėgmės nesugėrė visai, o virš vandens 21,38 %. Šis mažiau nei 5 % skirtumas nėra stipriai reikšmingas atsižvelgiant į kitus parinktos dangos privalumus. Tai danga turinti 20 % papildomo vandens 1 t karbamido jos turėtų būti sunaudojama 3 kg.

3. Inžinerinė dalis

3.1. Karbamido gamybos technologija

Karbamido gamyba vykdoma projektuojant technologinį procesą su pilna skysčio recirkuliacija. Technologiniame procese galima išskirti kelias pagrindines stadijas: sintezę, trijų laipsnių distiliaciją, išgarinimą ir granuliavimą/prilivimą. Sintezės metu kolonoje susidaro karbamido ir karbamato mišinys. Karbamato ir karbamido susidarymo procesas vyksta pagal reakcijas:



Šiluma, išsiskirianti pirmos reakcijos metu, iš dalies naudojama antrosios reakcijos metu. Optimalus komponentų molinis santykis: $\text{NH}_3:\text{CO}_2:\text{H}_2\text{O} = (3,0\text{--}3,4):1:(\text{ne daugiau } 1,0)$. Karbamatas baigiamas skaidyti striperyje.

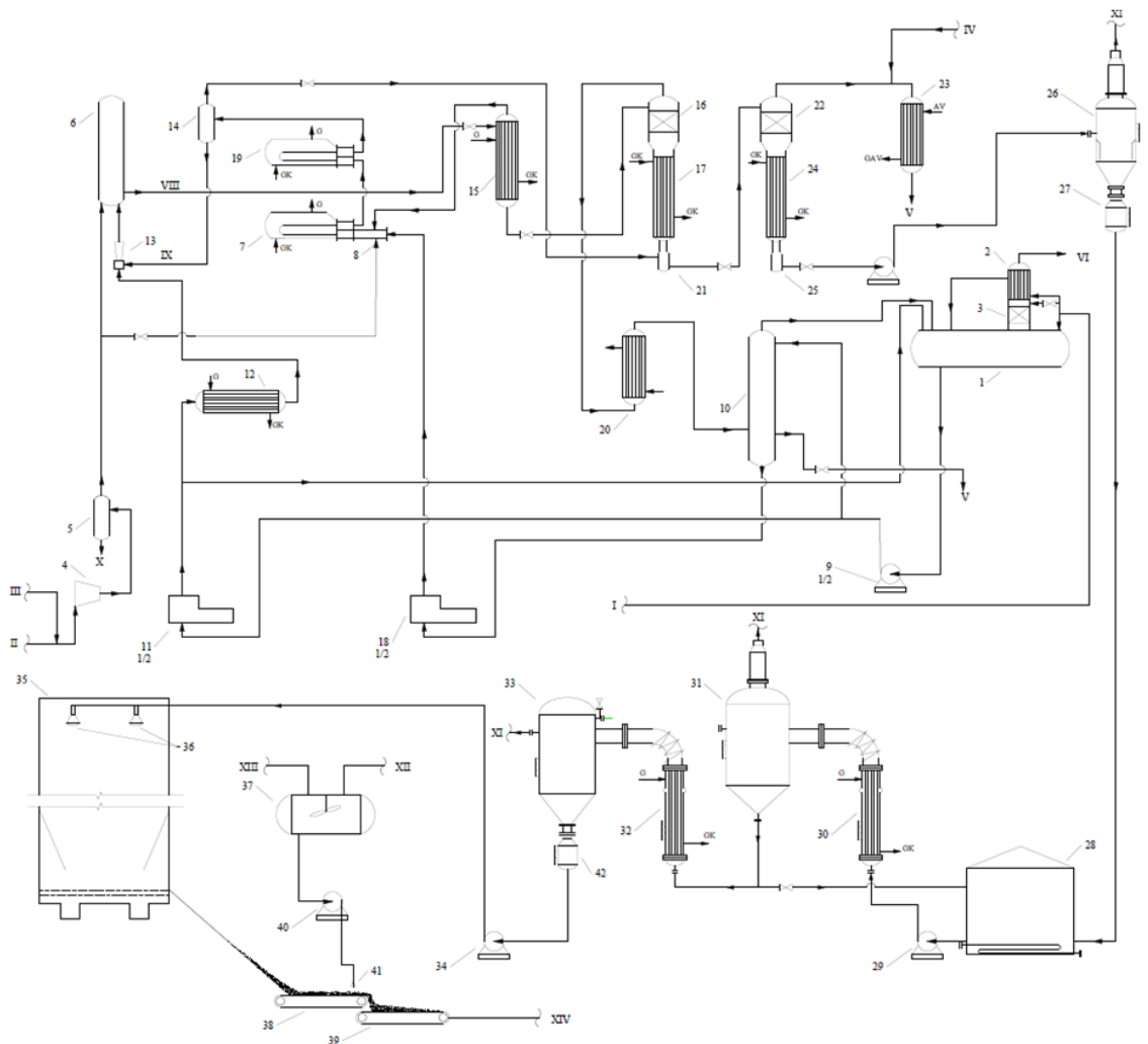
Karbamido tirpalas nuo perteklinio amoniako CO_2 likučių ir nesuskilusio karbamato atskiriamas trijų laipsnių distiliacijoje. Distiliacijos metu tirpalas koncentruojamas nuo 46 % po striperio iki 68 % po paskutinio distiliacijos laispnio. Toks koncentruotas tirpalas toliau tiekiamas į išgarinimui.

Išgarinimo metu karbamido tirpalas (68%) forišgarinimo ir dviejų laipsnių išgarinimo dėka koncentruojamas iki 97–99 %. Visų išgarinimų metu susidariusios dujos yra atskiriamos nuo srauto kondensuojamos ir gražinamos į sintezės koloną anglies amonio druskų (AAD) siurbliais. Lydalas iš išgarinimo tiekiamas granuliavimui.

Granuliavimo bokšte lydalas yra išpurškiamas per akustinių granuliatorių dugnuose esančias skylutes. Granulatoriai yra vibruojami, todėl išpurkštas srautas yra suskaidomas taip formuojant reikiamo dydžio lašelius. Kurie krisdami aušta kristalizuojasi ir patekę į pseudoverdantį sluoksnį yra galutinai ataušinami ir suformuojami. Susiformavę granulės/prilės nubyra ant juostinių transporterių yra padengiamos ir tiekiamos sandėliavimui.

3.2. Granuliuoto karbamido gamybos technologinė schema ir jos aprašas

Granuliuoto karbamido gamybos technologinė schema pateikiama 3.1 paveiksle. Skystas amoniakas, kurio temperatūra ir slėgis yra atitinkamai 6 – 16°C ir 2,0 – 2,2 MPa, tiekiamas į amoniako talpyklą (1). Prieš talpyklą (1) tiekiamas amoniakas padalijamas į du srautus: viena dalis tiekiamas į aušintuvą (2) tarpvamzdinę ertmę, kita – į inertų atplovimo kolonėlę (3). Šie įrenginiai sumontuoti ant amoniako talpyklos (1). Iš talpyklos (1) išeinančios inertinės dujos turinčios amoniako priemaišų yra tiekiamos į aušintuvą (2) siekiant jas ataušinti ir tuo pačiu sukondensuoti dalį išsiskiriančio dujinio amoniako. Į inertų atplovimo kolonėlę jai skirta skysto amoniako dalis tiekiamas kiekį palaikant reguliuojančiu vožtuvu. Kolonėlė (3) pašalina amoniaką iš inertinių dujų srauto. Atplovimo kolonėlėje siekiant pagerinti masių mainus tarp dujų srauto ir skysto amoniako sumontuota Rašigo žiedų įkrova. Šiuo skysto amoniako srautu talpykloje (1) yra reguliuojamas skysto amoniako lygis 40 – 92,5 % ribose.



3.1 pav. Karbamido gamybos principinė technologinė schema

- 1 – amoniako talpykla; 2 – amoniako aušintuvas; 3 – inertų atplovimo kolonėlė; 4 – CO₂ kompresorius; 5 – penkto suspaudimo laipsnio separatorius; 6 – karbamido sintezės kolona; 7 – I-asis karbamatų kondensatorius; 8 – karbamatų sumaišytuvas; 9 – išcentrinis amoniako siurblys; 10 – praplovimo kolona; 11 – aukšto slėgio plunžerinis amoniako siurblys; 12 – amoniako pašildytuvas; 13 – ežektorius; 14 – karbamatų separatorius; 15 – striperis; 16 – vidutinio slėgio distiliacijos kolonos separatorius; 17 – vidutinio slėgio distiliacijos kolonos pašildytuvas; 18 – aukšto slėgio plunžerinis AAD siurblys; 19 – antrasis karbamatų kondensatorius; 20 – vidutinio slėgio kondensatorius; 21 – vidutinio slėgio distiliacijos kolonos rinktuvas; 22 – žemo slėgio distiliacijos kolonos separatorius; 23 – žemo slėgio kondensatorius; 24 – žemo slėgio distiliacijos kolonos pašildytuvas; 25 – žemo slėgio distiliacijos kolonos rinktuvas; 26 – forišgarinimo separatorius; 27 – foriš-garinimo rinktuvas; 28 – karbamido tirpalo talpa rinktuvas; 29 – karbamido tirpalo siurblys; 30 – I-ojo laipsnio išgarinimo pašildytuvas; 31 – I-ojo laipsnio išgarinimo separatorius; 32 – II-ojo laipsnio išgarinimo pašildytuvas; 33 – II-ojo laipsnio išgarinimo separatorius; 34 – karbamido tirpalo siurblys; 35 – granuliavimo bokštas; 36 – akustiniai granulatoriai; 37 – karbamido dangos sumaišymo talpa; 38 – juostinis transporteris; 39 – juostinis transporteris; 40 – karbamido dangos siurblys; 41 – karbamido dangos purkštukai; 42 – II-ojo laipsnio išgarinimo lydalo rinktuvas;
- I – amoniakas iš gamyklinių tinklų, II – CO₂ iš gamyklinių tinklų; III – technologinis oras iš gamyklinių tinklų; IV – AAD tirpalas; V – I AAD tirpalo talpyklą; VI – į amoniako absorbciją; VII – 68 % karbamido tirpalas į išgarinimo skyrių; VIII – 29 % karbamido tirpalas; XI – išgarinimo metu susidariusi dujinė fazė; XII – vanduo dangos paruošimui; XIII – „Insoft“ dangos paruošimui; XIV – prekinis karbamidas į sandėlį

Anglies dioksidas 15,0 – 15,5 MPa slėgiu ir 105 – 125°C temperatūra turbininiu kompresoriumi (4) (našumas iki 18000 m³/h) tiekiamas į penktojo laipsnio separatorių (5). Technologijoje yra galimybė CO₂ į sintezės koloną tiekti dviem būdais: visą kiekį nukreipti į sintezės koloną (6). Arba srautą dalinti į dvi dalis ir iki 30 % CO₂ tiekti į karbamatų sumaišytuvą (8), o likusius 70% į sintezės koloną. Į karbamatų sumaišytuvą tiekiamo CO₂ kiekis reguliuojamas reguliuojančiu vožtuvu 0,0 – 5000 m³/h ribose. Tokiu būdu karbamatų kondensatoriuje (7) sukondensuojama daugiau anglies amonio druskų (toliau AAD) ir/arba sureguliuojama temperatūra sintezės kolonoje (6).

Anglies dioksidas į sintezės koloną (6) tiekiamas slėgiu, kuris palaikomas 15,0 – 15,2 MPa ribose. Karbamido sintezės kolonoje terpė yra stipriai korozinga, todėl siekiant sumažinti korozijos nuostolius, kompresoriaus (4) įsiurbime į CO₂ srautą dozuojamas technologinis oras ir deguonis, siekiant palaikyti deguonies koncentraciją 0,5–0,7 %. Technologinio oro srautas reguliuojančiu vožtuvu palaikomas toks, kad deguonies koncentracija CO₂ dujose atitiktų normos ribas. Amoniakas iš talpyklos (1) išcentrinu siurbliu (9), kurio suspaudimo linijoje slėgis yra 2,0 MPa, tiekiamas praplovimo kolonos (10) laistymui ir į aukšto slėgio plunžerinių amoniako siurblių (11) įsiurbimą. Siurblių (11) našumas reguliuojamas 37–64 m³/val ribose. Plunžerinių siurblių (11) suspaudimo linijose amoniako slėgis palaikomas 19,0–23,9MPa ribose. Amoniakas pašildytuve (12) pašildomas iki 75°C temperatūros ir tiekiamas į ežektorių (13).

Karbamatai iš aukšto slėgio separatoriaus į sintezės koloną tiekiami per ežektorių (13) kur kaip darbinis srautas naudojamas skystas amoniakas. Skysto amoniako slėgis prieš ežektorių (12) yra 19,0–23,9 MPa. Anglies dioksidas, amoniakas ir karbamatų tirpalas tiekiami į apatinę sintezės kolonos (6) dalį. Iš sintezės kolonos (6) srauto kiekį valdant reguliuojančiu vožtuvu karbamido tirpalas patenka į striperį (15). Striperyje tirpalas tolygiai paskirstomas ant viršutinės rėtinės plokštės. Tam tikslui striperyje sumontuotas žiedinis tirpalo paskirstymo įrenginys. Dėl šios plokštės iš karbamido tirpalo ant striperio vamzdinės erdvės vamzdelių vidinių sienėlių yra formuojama tirpalo plėvelė.

Aukšto slėgio distiliacijos dujos, kurių temperatūra yra 180–200°C, iš striperio (15) viršutinės dalies patenka į karbamatų sumaišytuvą (8), kuriame yra susimaišomos su anglies amonio druskomis, kurios tiekiamos siurbliais (18) iš praplovimo kolonos (10). Šis mišinys tiekiamas į karbamatų sumaišytuvo (8) ir nuosekliai jungiamo karbamatų kondensatoriaus (7) vamzdines ertmes. Iš absorbcijos ir kondensacijos šilumos kondensatoriuose (7) ir (19) atitinkamai pagaminami sotieji 0,45 MPa ir 0,25 MPa slėgių garai. Kondensatoriuose susidarę garai tiekiami į žemo slėgio garo tinklą. Iš kondensatoriaus (19) anglies amonio druskos patenka į separatorių (14). Separatoriuje dujinė fazė atskiriama nuo tirpalo, kurio temperatūra 150 – 178°C. Susidaręs tirpalas ežektoriumi (13) tiekiamas į sintezės koloną (6).

Karbamido tirpalo iš apatinės striperio (15) dalies slėgis mažinamas iki 1,5 – 1,8 MPa, o temperatūra iki 125–145 ° C. Toks tirpalas į vidutinio slėgio distiliacijos koloną (16) tiekiamas per paskirstymo įrenginį. Viršutinėje distiliavimo kolonos dalyje tirpalas atskiriamas nuo droseliavimo metu susidariusių dujų. Tirpalas paskirstomas į šildytuvo (17) vamzdelius, kurių tarpvamzdinė ertmė šildoma garų kondensatu. Šiluminio režimo palaikymui papildomai į kondensato vamzdyną tiekiami 2,5 MPa slėgio garai. 130–152°C temperatūros ir 1,5 – 1,8 MPa slėgio dujos susidariusios distiliacijos kolonoje nukreipiamos į vidutinio slėgio kondensatorių (20), kuriame susidaro 70 – 90° C temperatūros skysčio ir dujų mišinys. Toks dujų ir skysčio mišinys tiekiamas į praplovimo koloną (10). Ji skirta – išvalyti amoniako dujas nuo CO₂ priemaišų.

Karbamido tirpalo slėgis po vidutinio slėgio distiliacijos kolonos rinktuvo (21) yra mažinamas iki 0,2–0,4 MPa slėgio, o karbamido tirpalas tiekiamas į žemo slėgio distiliacijos kolonos separatorių (22). Jame atskiriamos droseliavimo metu iš tirpalo išsiskyrusios dujos. Dujų srautas nukreipiamas kondensacijai į žemo slėgio kondensatorių (23). Karbamido tirpalas po separatoriaus (22) tolygiai paskirstomas į pašildytuvo (24) vamzdelius, suformuojant plėvelę. Pašildytuve (24) karbamido tirpalas pašildomas 0,45 MPa slėgio garais. Veikiant kylančių dujų srautui vyksta temperatūros ir mesės mainai, o tai sukelia amonio karbamatų skilimą. Iš pašildytuvo (24) tirpalas nuteka į rinktuvą (25). Rinktuve (25) tirpalo temperatūra reguliuojama vožtuvu keičianti pašildymui į tarpvamzdinę pašildytuvo (17) ertmę tiekiamų 0,45 MPa garų kiekį ir palaikoma 138–145°C ribose. Karbamido tirpalo lygis rinktuve (25) palaikomas 33–66 % ribose.

Toliau karbamido tirpalo siurbliu (43) palaikant 0,03 MPa slėgį ir 138–145 °C temperatūrą tirpalas tiekiamas į vakuuminį forišgarinimo separatorių (26), kuriame palaikomas 30–50 kPa vakuumas. Iš separatoriaus (26) 100–120 °C temperatūros karbamido tirpalas, kuris forišgarinimo metu yra sukonzentruojamas iki 72 %, savitaka nuteka į rinktuvą (27) iš kurio į karbamido tirpalo rinktuvą (28). Rinktuve (28) palaikomas 7–88 % lygis ir 90–110 °C temperatūra. Temperatūra rinktuve palaikoma jame įmontuotu šildymo gyvatuku.

Iš rinktuvo (28) karbamido tirpalas siurbliu (29) tiekiamas į pirmojo laipsnio išgarinimo pašildytuvą (30). Tirpalo slėgis prieš pašildytuvą 0,75–1,0 MPa. Pašildytuve karbamido tirpalas pašildomas iki 125–135 °C temperatūros ir patenka į pirmojo laipsnio išgarinimo separatorių (31). Iš separatoriaus (31) tirpalas likutiniu slėgiu, kuris yra ne daugiau kaip 0,003 MPa, tiekiamas į antrojo laipsnio išgarinimo pašildytuvą (32), kuriame tirpalas pašildomas iki 135–141 °C, arba gali būti gražinamas į tirpalo rinktuvą (28). Iš pašildytuvo tirpalas tiekiamas į antrojo laipsnio išgarinimo separatorių (33) iš kurio nuteka į tirpalo rinktuvą (42) kuriame palaikomas 30–80 % tirpalo lygis.

Visuose išgarinimo separatoriuose (26, 31, 33) atskirta išgarinimų metu susidariusi dujinė fazė nukreipiamą į kondensatorius. Šis dujinis kondensatas reciklo metu gražinamas į sintezės koloną (6) anglies amonio druskų siurbliais (18 1/2). Iš antrojo laipsnio išgarinimo agregato karbamido lydalas, kurio koncentracija 97–99 %, į granuliavimo bokštą (35) tiekiamas siurbliu (34).

Granuliavimo bokšte (35) lydalas per spaudimo bakelį patenka į akustinius vibracinius granulatorius (36), kurie yra vibruojami 330–400 Hz dažniu siekiant suskaidyti per granulatoriaus dugne esančias skylutes ištekantį nenutrūkstamą srautą. Tokie lydalo lašeliai krisdami iš bokšto viršaus iki aušinimo tinklo ataušta iki 80 – 100 °C ir kristalizuojasi. Gautos granulės „pseudoverdančiame“ sluoksnyje aušinamos iki žemesnės nei 50 °C. Pseudoverdančio sluoksnio tinklas turi 0,3° pasvirimo kampą, todėl dalis granulių per lataką pastoviai nubyra ant juostinio transporterio (38) kurio gale sumontuoti purkštukai (41) granulių dangos išpurškimui. Danga iš sumaišymo bako (37) į purkštukus tiekiamą siurbliu (40). Tiekimo debitas 82,3 l/h arba 98 kg/h. Sumaišymo bako (37) maišoma danga „Insoft“ ir vanduo atitinkamai santykiu 4:1 t.y. „Insoft“ debitas 78,4 kg/h, vandens 19,6 kg/h. Geresniam dangos tarp granulių pasiskirstymui produktas perpilamas nuo juostinio transporterio ant juostinio transporterio (39), kuriuo yra tiekiamas į sandėlį.

3.3. Granuluoto karbamido gamybos pagrindinių įrenginių specifikacijos

Karbamido sintezės skyriuje naudojamų pagrindinių įrenginių specifikacijos (pagrindiniai matmenys, temperatūra, tūris, našumas, slėgis ir kt.) pateiktos 3.1 lentelėje

3.1 lentelė. Pagrindinių karbamido sintezės skyriaus įrengimų specifikacijos

Pozicija technologinėje schemoje	Įrenginio pavadinimas	Kiekis	Techninė charakteristika
1	2	3	4
1	Amoniako talpykla	1	Skersmuo – 2536 mm, ilgis – 7800 mm Temperatūra – 35°C Slėgis – 1,63 MPa
2	Amoniako šaldytuvas	1	Skersmuo – 580 mm, aukštis – 3520 mm Vamzdinė ertmė: Temperatūra –35 °C Slėgis – 1,7 MPa Tarpvamzdinė ertmė: Temperatūra –37°C Slėgis – 2,2 MPa
3	Amoniako absorberis	1	Vertikalus cilindrinis aparatas montuojamas į bendrą mazgą kartu su V-101A ir E-109 aparatais. D-1000 mm, H- 5722 mm. Vidaus įranga: skysčio paskirstymo, Rašigo žiedų įkrova. Terpė: skystas amoniakas; amoniako, deguonies , azoto, vandenilio dujos; T – 35°C; P – 1,63 MPa
5	V-o suspaudimo laipsnio separatorius	1	Skersmuo – 800 mm, aukštis – 2500 mm Temperatūra – 140°C Slėgis – 15,4 MPa
6	Karbamido sintezės kolona	1	Skersmuo – 1800 mm. Aukštis – 41680 mm. Temperatūra – 189°C .Slėgis – 15,2 MPa Vidaus tūris (V) – 102 m ³ . Svoris (m)- 175000 kg. Vidaus įranga: 1 paskirstymo ir 13 Urea Casale konstrukcijos lėkščių
7	Karbamatų kondensatorius	1	Skersmuo– 2100/1315 mm, ilgis (L) – 14630 mm, Tūris (V) – 41 m ³ , m- 48000 kg , F-1370 m ² ; Vamzdeliai ø19,05x2,11 mm, skaičius -1078, 1 -21960 mm (U formos). Vamzdinė ertmė: Temperatūra – 150°C Slėgis – 15,2 MPa Tarpvamzdinė ertmė: Temperatūra – 155°C Slėgis – 0,45 MPa

3.1 lentelės tęsinys

1	2	3	4
8	Karbamatų sumaišytuvas	1	D – 200 mm, L – 1500 mm.
9	Išcentrinis amoniako siurblys	2	Instaliuotas galingumas – 30 kW Sukimosi dažnis – 2950 aps./min. Našumas – 16÷79 m ³ /h H = 101,5 m Temperatūra – 35°C
10	Praplovimo kolona	1	Skersmuo – 1534 mm, aukštis – 9450 mm Temperatūra – 76°C Slėgis – 1,7 MPa
11	Aukšto slėgio plunžerinis amoniako siurblys, penkių plunžerių (PERONI)	2	Instaliuotas galingumas – 800 kW Sukimosi dažnis – 1487 aps./min. Našumas – 18÷66 m ³ /h, P _{susp.} = 21,5 MPa Temperatūra – 35°C
12	Amoniako pašildytuvas	1	Skersmuo – 406 mm, ilgis (L) – 4978 mm, m- 4950 kg. Vamzdeliai ø 16x3 mm, skaičius -226, L -4000 mm, F-44 m ² ; Vamzdinė ertmė: Temperatūra – 75 °C Slėgis – 23,9 MPa Tūris -170 dm ³ . Tarpvamzdinė ertmė: Temperatūra – 138°C Slėgis – 0,25 MPa Tūris -276 dm ³ .
13	Ežektorius	1	Ilgis – 1970 mm Slėgis: darbo srautas – amoniakas – 23,9 MPa, inžektuojamas srautas – amonio karbamatas – 15,0 MPa
14	Karbamatų separatorius	1	Skersmuo – 1505 mm, aukštis – 5070 mm Temperatūra – 150°C Slėgis – 15,2 MPa Tūris – 5,65 m ³
15	Striperis	1	Skersmuo – 1920/1410 mm; Aukštis (H) – 14570 mm, svoris (m)- 61000 kg. Vamzdeliai: ø 27x3,5 mm, l -6708 mm, skaičius -1221, F -621 m ² ; Vamzdinė ertmė: Temperatūra – 210°C Slėgis – 15,2 MPa Tūris -9500 dm ³ . Tarpvamzdinė ertmė: Temperatūra – 220°C Slėgis – 2,5 MPa Tūris -5500 dm ³
16	Vidutinio slėgio distiliacijos kolonos separatorius	1	Skersmuo – 1900 mm, aukštis – 4573 mm Temperatūra – 155°C Slėgis – 1,7 MPa

3.1 lentelės tęsinys

1	2	3	4
17	Vidutinio slėgio distiliacijos kolonos pašildytuvas	1	Skersmuo – 1013 mm, aukštis (H) – 5870 mm., svoris (m)- 10500 kg., F-217 m ² Vamzdeliai: ø38,1x2,5 mm, skaičius -363, L -5306 mm. Vamzdinė ertmė: Temperatūra – 156°C Slėgis – 1,7 MPa Tarpvamzdinė ertmė: Temperatūra – 220°C Slėgis – 2,5 MPa
18	Aukšto slėgio plunžerinis AAD tirpalo siurblys, penkių plunžerių (PERONI)	2	Instaliuotas galingumas – 250 kW Sukimosi dažnis – 1488 aps./min. Našumas – 9÷39 m ³ /h P _{susp.} = 13,6 MPa Temperatūra – 76°C
19	Karbamatų kondensatorius	1	Skersmuo – 1779/1066 mm, L – 14670 mm, Tūris (V) – 31 m ³ , m- 33000 kg , F- 845 m ² ; Vamzdeliai ø19,05x2,11 mm, skaičius -665, l -22445 mm (U formos). Vamzdinė ertmė: Temperatūra – 155°C Slėgis – 15,2 MPa Tarpvamzdinė ertmė: Temperatūra – 138°C Slėgis – 0,25 MPa
20	Vidutinio slėgio kondensatorius	1	Skersmuo – 1136/724 mm, aukštis – 7576 mm, m-3890 kg. Vamzdeliai: ø 19,05x1,65 mm, l -6096 mm; skaičius -672 vnt., F-240 m ² ; Vamzdinė ertmė: Temperatūra – 48°C Slėgis – 0,4÷0,45 MPa Tūris -1150 dm ³ . Tarpvamzdinė ertmė: Temperatūra – 125°C Slėgis – 1,7 MPa Tūris -1600 dm ³ .
21	Vidutinio slėgio distiliacijos kolonos rinktuvas	1	Skersmuo – 750 mm Aukštis – 990 mm Temperatūra – 156°C Slėgis – 1,7 MPa
22	Žemo slėgio distiliacijos kolonos separatorius	1	Skersmuo – 1280 mm Aukštis – 4330 mm Temperatūra – 135°C Slėgis – 0,35 MPa

3.1 lentelės tęsinys

1	2	3	4
23	Žemo slėgio kondensatorius	1	Vertikalus korpusinis 4 eigų šilumokaitis. D – 1184 mm, H – 6244 mm; m-7400 kg. Vamzdeliai: \varnothing 19,05x1,65 mm, l -4118 mm; skaičius - 1630 vnt., F~ 389 m ² ; Vamzdinė ertmė: terpė- aušinimo vanduo, T – 30÷38°C, P – 0,4÷0,45 MPa; V- 2600 dm ³ . Tarpvamzdinė ertmė: terpė- AAD, amoniakas, vanduo; T – 95°C; P – 0,35 MPa; V- 2500 dm ³ .
24	Žemo slėgio distiliacijos kolonos pašildytuvai	1	Skersmuo – 1200 mm, H-6780 mm, m- 12600kg. Vamzdeliai: \varnothing 38,1x2,5 mm, skaičius -522, L -6215 mm., F-379 m ² Vamzdinė ertmė: Temperatūra – 138°C Slėgis – 0,35 MPa Tarpvamzdinė ertmė: Temperatūra – 155°C Slėgis – 0,45 MPa
25	Žemo slėgio distiliacijos kolonos rinktuvas	1	Skersmuo – 850 mm, aukštis – 1340 mm Temperatūra – 138°C Slėgis – 0,35 MPa
26	Forišgarinimo separatorius	1	Skersmuo – 1300 mm, aukštis – 3570 mm Temperatūra – 115 °C Slėgis – 0,003 MPa (abs.)
27	Forišgarinimo rinktuvas	1	Skersmuo – 800 mm, aukštis – 1390 mm Temperatūra – 115 °C Slėgis – 0,003 MPa (abs.)
28	Karbamido tirpalo rinktuvas	1	Skersmuo – 6110 mm, aukštis – 6065 mm Temperatūra – 115 °C Slėgis – atmosferinis
29	Karbamido tirpalo siurblys	1	Instaliuotas galingumas – 30 kW, 2950 aps./min. Našumas – 7 – 24 m ³ /h P = 1,2 MPa Temperatūra – 115 °C
30	Išgarinimo I-o laipsnio šildytuvai	1	Skersmuo – 604 mm, aukštis – 6659 mm Vamzdinė ertmė: Temperatūra – 130 °C Slėgis – 0,03 MPa (abs.) Tarpvamzdinė ertmė: Temperatūra – 155 °C Slėgis – 0,45 MPa
31	I-ojo laipsnio išgarinimo separatorius	1	Skersmuo – 850 mm, aukštis – 8224 mm Vamzdinė ertmė: Temperatūra – 130 °C Slėgis – 0,003 MPa Tarpvamzdinė ertmė: Temperatūra – 38 °C Slėgis – 0,45 MPa

3.1 lentelės tęsinys

1	2	3	4
32	Išgarinimo II-o laipsnio šildytuvas	1	Skersmuo – 604 mm, aukštis – 3574 mm Vamzdinė ertmė: Temperatūra – 140 °C Slėgis – 0,003 MPa (abs.) Tarpvamzdinė ertmė: Temperatūra – 155 °C Slėgis – 0,45 MPa
33	II-ojo laipsnio išgarinimo separatorius	1	Skersmuo – 900 mm, aukštis – 8204 mm Vamzdinė ertmė: Temperatūra – 138 °C Slėgis – 0,003 MPa Tarpvamzdinė ertmė: Temperatūra – 38 °C Slėgis – 0,45 MPa
34	Išcentrinis karbamido lydalo siurblys	1	Našumas – 17,2 m ³ /h H = 153 m Temperatūra – 140 °C
35	Granuliavimo bokštas	1	H = 80000 mm D = 15000 m
36	Karbamido lydalo granulatorius	8	Tipas – akustinis vibracinis sukamas AV 1800K-02M El.variklis nesukeliantis sprogo. Dugneliuose yra : 632÷1001 skylutės 1,24 mm skersmens aukščiausios rūšies produkto gamybai; 542÷896 skylutės 1,4 mm skersmens vidutinės rūšies produkto gamybai.
37	Karbamido dangos sumaišymo talpa	1	Korpusas – nerūdijančio plieno (X18H10T) V = 6 m ³ D = 1500 mm L = 2000 mm
38	Juostinis transporteris	1	L = 5m D = 1,2 m
39	Juostinis transporteris	1	L = 20 m D = 1,2 m
40	Karbamido dangos siurblys	1	Našumas 82,3 l/h Temperatūra 30 °C Slėgis P = 0,8 MPa
41	Purkštukas	2	Purkštuko skylučių skersmuo 0,12 mm
42	Išgarinimo II-o laipsnio rinktuvas	1	Skersmuo – 750 mm, aukštis – 1380 mm Temperatūra – 140 °C Slėgis – 0,003 MPa (abs.)

3.4. Pagrindinio projektuojamo įrenginio (sintezės kolonos) brėžinys ir aprašas

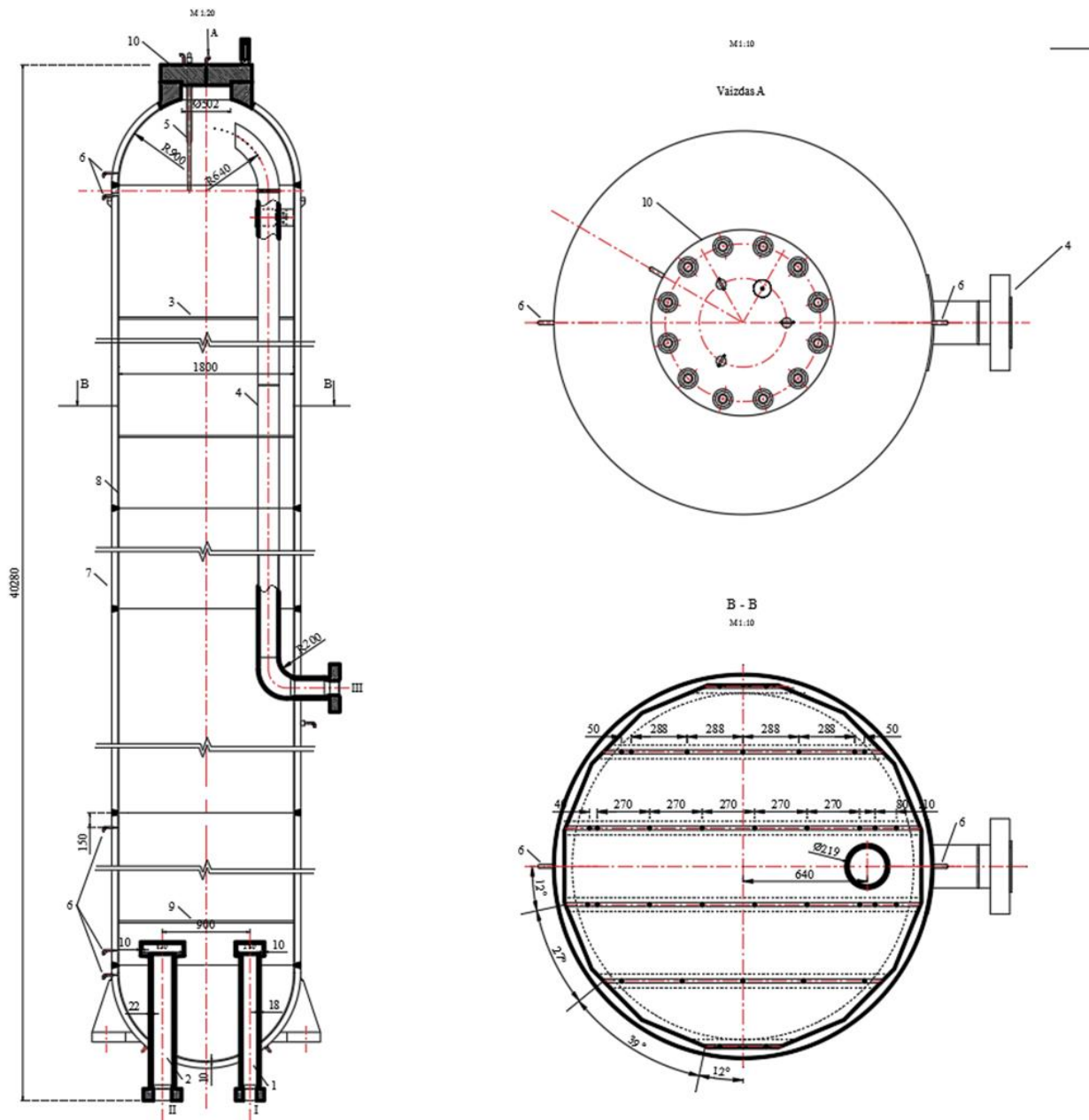
Sintezės kolona yra skirta anglies dioksidui, amoniako ir anglies amonio druskoms (AAD) sumaišyti bei reakcijai, kurios metu iš CO_2 ir NH_3 gaunamas karbamidas, įvykdyti. Sintezės kolonos konstrukcinis brėžinys su pjūviu ir vaizdu iš viršaus pateikta 2.2 paveiksle. Sintezės kolona vertikalus, cilindrinis aparatas. Korpuso (7) aukštis – 40280 mm, skersmuo – 1800 mm, tūris – 102 m^3 . Kolonos korpusas iš vidaus futeruotas molibdeniniu plieniu, taip siekiant sumažinti koroziją.

Sintezės kolona futeruota (8), norint sumažinti šiluminius nuostolius. Futeruotė yra nuolatos stebima, kad būtų užtikrintas vidinio klonos korpuso sandarumas yra įdiegta futeruotės kontrolės (6) sistema, kuri užpildyta dujomis nešėjomis (azotu). Dujos nešėjos pučiamos per indus su spalvotu indikatoriniu tirpalu ir pH metra. Futeruotės pažeidimą rodo pasikeitusi tirpalo spalva. Kolonos viduje sumontuota 13 „Urea Casale“ firmos lėkščių (3). Kolonos našumas 42,5 t/h karbamido, kuris toliau koncentruojamas išgarinant, priliuojamas, dengiamas kondicionuojančiomis dangomis ir naudojamas žemės ūkyje kaip galutinis produktas.

Sintezės kolonos lėkštės pagamintos iš tarpusavyje atitinkamai sujungtų „U – formos“ segmentų. Skystosios fazės pratekėjimui apatinėse segmentų briaunose padarytos didelio diametro kiaurymės, viršutinėse briaunose – mažo skersmens kiaurymės dujų fazės praėjimui. Tokios lėkščių konstrukcijos dėka dujų fazė tirpale pasiskirsto mažų burbuliukų pavidalu, tokiu būdu padidinamas masės mainų paviršius ir dujų bei skysčio sumaišymo efektyvumas. Kolonoje išskiriamos dvi pagrindinės zonos: sumaišymo ir reakcinės. Sumaišymo zona yra 4125 mm aukščio ir tęsiasi iki antrosios (nuo apačios) lėkštės. Sumaišymo zonoje susimaišo amoniako, anglies dioksido ir anglies amonio druskų tirpalo srautai. Į sumaišymo zoną $140 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūros CO_2 tiekiamas atvamzdžiu (1).

Amoniakas ir AAD tiekiami atvamzdžiu (2), temperatūros atitinkamai 75°C ir 155°C . Amoniakas ir anglies amonio druskos tiekiami skystoje fazėje, o CO_2 dujinėje. Iš atvamzdžių (1) ir (2) į koloną patekę srautai yra sumaišomi ant pirmosios lėkštės (9). Likusi kolonos dalis iki persipylimo atvamzdžio reakcinė. Į šią zoną tirpalas patenka per sumaišymo lėkštę (9). Iš pradžių susidarantis karbamatą lėtai dehidratuoja į karbamidą. Reakcinis tirpalas kolonoje išlaikomas nuo 45 minučių iki valandos. Išlaikymo trukmė reguliuojama keičiant srautų debitą arba slėgį kolonoje. Iš Sintezės kolonos tirpalas pašalinamas per persipylimo atvamzdį (4).

Tirpale didžioji dalis yra karbamatas, karbamido mišinyje yra 29% likę dalys yra vanduo, amoniako ir anglies dioksido likučiai. Karbamatą į karbamidą galutinai suskyla striperyje. Stengiamasi darbinį slėgį kolonoje palaikyti 15–15,2 MPa ribose. Esant tokiam slėgiui visos kolonoje esančios medžiagos išlieka skystoje fazėje, o tai didina reakcijos paviršių ir greitį, bei konversijos laipsnį. Sintezės kolonoje palaikoma 180–195 $^\circ\text{C}$ temperatūra. Temperatūra stebima kolonos dangtyje (10) sumontuotomis termopromis (5).



3.2 pav. Karbamido sintezės kolona su vaizdu iš viršaus ir pjūviu

1 – CO₂ tiekimo atvamzdis; 2 – NH₃ ir AAD tiekimo atvamzdis; 3 – lėkštės iš „U“ formos segmentų; 4 – persipylimo atvamzdis; 5 – termopora; 6 – futeruotės kontrolė; 7 – kolonos korpusas; 8 – kolonos futeruotė; 9 – sumaišymo lėkštė; 10 – kolonos dangtis.

I – šviežio CO₂ srautas; II – amoniako ir AAD srautas iš ežektoriaus; III – karbamido ir karbamato mišinys.

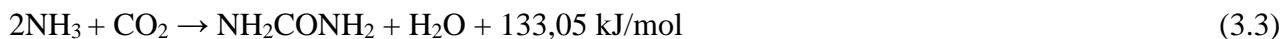
Temperatūrai pakilus aukščiau 195 °C didėja tikimybė susidaryti biuretui. Biuretas yra kenksmingas augalams. Jo koncentracija produkte griežtai reglamentuojama (biuretas karbamide gali sudaryti iki 2 %).

3.5. Karbamido sintezės kolonos medžiagų ir energijos balanso skaičiavimai

Skaičiuojamas pagrindinio karbamido sintezės skyriaus aparato (sintezės kolonos) medžiagų ir šilumų balansus remiantis. Įvertinus pasaulines karbamido vartojimo tendencijas projektuojamas kolonos našumas 750 t/parą.

3.5.1. Medžiagų balansas

Karbamido sintezės procesas vyksta pagal suminę lygtį:



Skaičiuojamas medžiagų balansas, kai kolonos našumas yra 750 t/parą, įvertinant 5 % nuostolių kurie susidaro dėl distiliacijos ir išgarinimo. Kartu su CO₂ srautu į koloną patenka ir inertai, kurie sudaro 1,9 % viso srauto. Amoniakio sraute yra 0,2 % vandens. CO₂ konversijos laipsnis 57%.

Skaičiuojamas našumas per valandą ir įverinami nuostoliai.

$$G_{\text{karbamido}} = \frac{750}{24} = 31,25 \text{ t/h}$$

$$G'_{\text{karbamido}} = 31250 \cdot 1,05 = 32812,5 \text{ kg/h}$$

Pagal suminę reakcijos lygtį (3.3) apskaičiuojami stecheomtriniai reakcijai reikalingų medžiagų kiekiai.

$$m_{\text{NH}_3} = \frac{(2 \cdot 17) \cdot 32812,5}{60} = 18593,75 \text{ kg/h}$$

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{44 \cdot 32812,5}{60} = 24062,5 \text{ kg/h}$$

Apskaičiuojamas reakcijos metu susidarantis vandens kiekis.

$$m_{\text{H}_2\text{O susidaręs}} = \frac{18 \cdot 32812,5}{60} = 9843,75 \text{ kg/h}$$

Apskaičiuojamas reikalingas anglies dioksido kiekis įvertinant konversijos laipsnį.

$$m_{\text{CO}_2 \text{ viso}} = \frac{24062,5 \cdot 100}{57} = 42214,91 \text{ kg/h}$$

Apskaičiuojamas nesureagavęs anglies dioksidas.

$$m_{\text{CO}_2 \text{ nesureagavęs}} = 42214,91 - 24062,5 = 18152,41 \text{ kg/h}$$

Įvertinamas amoniako perteklius. Stechiometriškai NH₃ : CO₂ = 2:1, tačiau technologijoje naudojamas santykis yra 3,4:1, nes amoniako perteklius spartina karbamato skilimą ir mažina biureto susidarymo tikimybę.

2 — 18593,75 kg/h

3,4 — $m_{\text{viso NH}_3}$

$$m_{\text{viso NH}_3} = \frac{3,4 \cdot 18593,75}{2} = 31609,37 \text{ kg/h}$$

Žinoma, kad su reciklu į koloną grįžta amoniakas (45,39 %), anglies dioksidas (35,10 %), vanduo (19,37 %) ir nedidelis kiekis karbamido (0,14 %). Taip pat žinoma, kad po reakcijos likęs anglies dioksidas papildomas 30 % šviežio anglies dioksido karbamatų sumaišytuve.

$$m_{\text{CO}_2 \text{ reciklo}} = 18152,41 \cdot 1,3 = 23598,13 \text{ kg/h}$$

Pagal CO₂ esantį recikle apskaičiuojami likę reciklo komponentai.

$$m_{\text{NH}_3 \text{ reciklo}} = \frac{23598,13 \cdot 45,39}{35,1} = 30516,22 \text{ kg/h}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O reciklo}} = \frac{23598,13 \cdot 19,37}{35,1} = 13022,67 \text{ kg/h}$$

$$m_{\text{karbamidas reciklo}} = \frac{23598,13 \cdot 0,14}{35,1} = 94,12 \text{ kg/h}$$

Įvertinamas žaliavų grynumas.

Apskaičiuojamas į koloną tiekiamas šviežio CO₂ srautas ir jame esančios priemaišos.

$$m_{\text{CO}_2 \text{ šviežias}} = 42214,91 - 23598,13 = 18616,85 \text{ kg/h}$$

$$m_{\text{inertų}} = 18616,85 \cdot 0,019 = 353,72 \text{ kg/h}$$

Apskaičiuojamas su amoniaku į koloną tiekiamas vandens kiekis.

$$m_{\text{H}_2\text{O šviežias}} = 31609,37 \cdot 0,002 = 63,22 \text{ kg/h}$$

Sudaromas medžiagų balansas.

3.2 lentelė. Karbamido sintezės kolonos medžiagų balansas

Į koloną			Iš kolonos		
Komponentas	Debitas, kg/h	Masės %	Komponentas	Debitas, kg/h	Masės %
CO ₂	42214,91		CO ₂	18152,41	
NH ₃	62125,6		NH ₃	43531,84	
H ₂ O	13085,9		H ₂ O	22923,64	
Karbamidas	94,12		Karbamidas	32912,64	
Inertai	353,72		Inertai	353,72	
Viso	117874,3	100	Viso	117874,3	100

Medžiagų balansas perskaičiuojamas 1 t karbamido pagaminti.

$$m'_{CO_2 \text{ į koloną}} = \frac{42214,91 \cdot 1000}{32812,5} = 1286,6 \text{ kg}$$

$$m'_{CO_2 \text{ šviežio}} = \frac{18616,85 \cdot 1000}{32812,5} = 567,4 \text{ kg}$$

$$m'_{CO_2 \text{ iš reciklo}} = \frac{23598,13 \cdot 1000}{32812,5} = 719,2 \text{ kg}$$

$$m'_{CO_2 \text{ iš kolonos}} = \frac{18152,41 \cdot 1000}{32812,5} = 553,2 \text{ kg}$$

$$m'_{NH_3 \text{ šviežio}} = \frac{31609,37 \cdot 1000}{32812,5} = 793,3 \text{ kg}$$

$$m'_{NH_3 \text{ iš reciklo}} = \frac{30516,22 \cdot 1000}{32812,5} = 930,1 \text{ kg}$$

$$m'_{NH_3 \text{ į koloną}} = 930,1 + 793,3 = 1723,4 \text{ kg}$$

$$m'_{NH_3 \text{ iš kolonos}} = \frac{43531,84 \cdot 1000}{32812,5} = 1156,8 \text{ kg}$$

$$m'_{H_2O \text{ į koloną}} = \frac{13085,9 \cdot 1000}{32812,5} = 398,5 \text{ kg}$$

$$m'_{H_2O \text{ iš kolonos}} = \frac{22923,64 \cdot 1000}{32812,5} = 698,5 \text{ kg}$$

$$m'_{\text{inertų}} = \frac{353,72 \cdot 1000}{32812,5} = 10,8 \text{ kg}$$

$$m'_{\text{karbamido recikle}} = \frac{94,12 \cdot 1000}{32812,5} = 2,9 \text{ kg}$$

3.3 lentelė. Karbamido sintezės kolonos medžiagų balansas 1 t karbamido pagaminti

Į koloną			Iš kolonos		
Komponentas	Kiekis, kg	Masės %	Komponentas	Kiekis, kg	Masės %
CO ₂	1286,6	37,6	CO ₂	553,2	16,2
NH ₃	1723,4	50,4	NH ₃	1156,8	33,8
H ₂ O	398,5	11,6	H ₂ O	698,5	20,4
Karbamidas	2,9	0,08	Karbamidas	1002,9	29,3
Inertai	10,8	0,32	Inertai	10,8	0,3
Viso	3422,2	100	Viso	3422,2	100

3.5.2. Šilumos srautų balansas

Į koloną medžiagos tiekiamos dviem atvamzdžiais ir skirtingų temperatūrų. O iš kolonos šalinamos per vieną atvamzdį. Srautai ir jų temperatūros naudojamos skaičiavimuose pateikiami 3.4 lentelėje.

3.4 lentelė. Sintezės kolonos srautai ir jų temperatūros

Srautas	Temperatūra	
	°C	K
Šviežias anglies dioksidas	140	413
Šviežias amoniakas	75	348
Recikle esantys amoniakas, anglies dioksidas ir karbamidas	155	428
Iš kolonos išeinantis srautas	185	458

Skaičiuojant šiluminius srautus naudojama lygtis $Q = G \cdot C_p \cdot T$. Norint suskaičiuoti C_p reikiamoje temperatūroje naudojama lygtis :

$$C_p^\circ = a + bT + cT^2 + \frac{c'}{T^2} \quad (3.4)$$

Čia – a , b , c , c' lygties koeficientai, T – temperatūra, C_p – savitoji specifinė šiluminė talpa.

Tolimesniems skaičiavimams naudoti lygties koeficientai parinkti iš žinyų [14].

Pagal (3.4) lygtį buvo apskaičiuoti srautų C_p ir perskaičiuoti į $J/kg \cdot K$:

$$\begin{aligned} C_{p_{NH_3}} \text{ šviežias} &= 117,09 J/mol \cdot K & C_{p_{NH_3}} \text{ šviežias} &= 6,9 J/kg \cdot K \\ C_{p_{NH_3}} \text{ reciklo} &= 137,94 J/mol \cdot K & C_{p_{NH_3}} \text{ reciklo} &= 8,1 J/kg \cdot K \\ C_{p_{NH_3}} \text{ iš kolonos} &= 145,7 J/mol \cdot K & C_{p_{NH_3}} \text{ iš kolonos} &= 8,57 J/kg \cdot K \\ C_{p_{CO_2}} \text{ šviežias} &= 42,86 J/mol \cdot K & C_{p_{CO_2}} \text{ šviežias} &= 0,97 J/kg \cdot K \\ C_{p_{CO_2}} \text{ reciklo} &= 43,33 J/mol \cdot K & C_{p_{CO_2}} \text{ reciklo} &= 0,985 J/kg \cdot K \\ C_{p_{CO_2}} \text{ iš kolonos} &= 43,33 J/mol \cdot K & C_{p_{CO_2}} \text{ iš kolonos} &= 1,004 J/kg \cdot K \\ C_{p_{H_2O}} \text{ į koloną} &= 78,51 J/mol \cdot K & C_{p_{H_2O}} \text{ į koloną} &= 4,36 J/kg \cdot K \\ C_{p_{H_2O}} \text{ iš kolonos} &= 80 J/mol \cdot K & C_{p_{H_2O}} \text{ iš kolonos} &= 4,44 J/kg \cdot K \\ C_{p_{inertų}} \text{ prieš koloną} &= 30,85 J/mol \cdot K & C_{p_{inertų}} \text{ prieš koloną} &= 1,01 J/kg \cdot K \\ C_{p_{inertų}} \text{ po kolonos} &= 31,24 J/mol \cdot K & C_{p_{inertų}} \text{ po kolonos} &= 1,02 J/kg \cdot K \end{aligned}$$

Karbamido C_p rastas žinyne [14] ir yra $3,98 J/kg \cdot K$

Šilumų balansas skaičiuojamas 1 t karbamido pagaminti. Skaičiuojamos visų į koloną įtekančių srautų šilumos.

Šviežiai tiekiamų žaliavų šilumos.

$$Q_{\text{šviežias}} = Q_{\text{CO}_2 \text{ šviežias}} + Q_{\text{NH}_3 \text{ šviežias}} + Q_{\text{inertų}}$$

$$Q_{\text{CO}_2 \text{ šviežias}} = 567,4 \cdot 0,97 \cdot 413 = 227306,11 \text{ J}$$

$$Q_{\text{NH}_3 \text{ šviežias}} = 793,3 \cdot 6,9 \cdot 348 = 1904871,96 \text{ J}$$

$$Q_{\text{inertų šviežias}} = 10,8 \cdot 1,01 \cdot 428 = 4714,9 \text{ J}$$

$$Q_{\text{šviežias}} = 2136892,92 \text{ J}$$

Skaičiuojamos su reciklu į koloną gražinamų medžiagų šilumos.

$$Q_{\text{reciklo}} = Q_{\text{CO}_2 \text{ reciklo}} + Q_{\text{NH}_3 \text{ reciklo}} + Q_{\text{H}_2\text{O} \text{ reciklo}} + Q_{\text{karbamido reciklo}}$$

$$Q_{\text{CO}_2 \text{ reciklo}} = 719,2 \cdot 0,985 \cdot 428 = 303116,02 \text{ J}$$

$$Q_{\text{NH}_3 \text{ reciklo}} = 930,05 \cdot 8,1 \cdot 428 = 3224297,34 \text{ J}$$

$$Q_{\text{H}_2\text{O} \text{ reciklo}} = 398,5 \cdot 4,36 \cdot 428 = 743632,9 \text{ J}$$

$$Q_{\text{karbamidas reciklo}} = 2,9 \cdot 3,98 \cdot 428 = 4888,9 \text{ J}$$

$$Q_{\text{reciklo}} = 4275935,16 \text{ J}$$

Reakcija yra egzoterminė. Reakcijos metu susidaranti šiluma pateikta suminėje lygtyje (2.3). $Q_{\text{reakcijos}}$ apskaičiuojama pagal proporciją :

$$60 \text{ kg} - 133050 \text{ J}$$

$$1000 \text{ kg} - x \text{ J}$$

$$Q_{\text{reakcijos}} = \frac{133050 \cdot 1000}{60} = 2217500 \text{ J}$$

Skaičiuojamos visų iš sintezės kolonos išeinančių srautų šilumos.

$$Q_{\text{išeinantis}} = Q_{\text{CO}_2 \text{ išeinantis}} + Q_{\text{NH}_3 \text{ išeinantis}} + Q_{\text{H}_2\text{O} \text{ išeinantis}} + Q_{\text{karbamidas išeinantis}} + Q_{\text{inertų iš.}}$$

$$Q_{\text{CO}_2 \text{ išeinantis}} = 553,2 \cdot 1,004 \cdot 458 = 254379,06 \text{ J}$$

$$Q_{\text{NH}_3 \text{ išeinantis}} = 1156,7 \cdot 8,57 \cdot 458 = 4540116,9 \text{ J}$$

$$Q_{\text{H}_2\text{O} \text{ išeinantis}} = 698,5 \cdot 4,44 \cdot 458 = 1420413,72 \text{ J}$$

$$Q_{\text{karbamidas išeinantis}} = 1002,87 \cdot 3,98 \cdot 458 = 1828071,5 \text{ J}$$

$$Q_{\text{inertų iš}} = 10,8 \cdot 1,02 \cdot 458 = 5045,3 \text{ J}$$

Šilumų balansas karbamido sintezės kolonoje pateikiamas 3.5 lentelėje.

3.5 lentelė. Karbamido sintezės kolonos šilumų balansas 1t karbamido

Į koloną		Iš kolonos	
Srautas	Q, kJ	Srautas	Q, kJ
Šviežias	2136,9	CO ₂	254,4
Reciklas	4275,9	NH ₃	4540,1
Reakcija	2217,5	H ₂ O	1420,4
		Karbamidas	1828,1
		Inertai	5,1
Iš viso	8630,3	Iš viso	8048,1

Šilumų balanso nesutapimas yra lygus $Q_i - Q_{i\bar{s}} = 8630,3 - 8048,1 = 582,2$ kJ (nesutapimas yra 6,7 %). Srautas po sintezės kolonos yra mažesnis, todėl kolona turėtų būti aušinama, siekiant išlaikyti sintezei tinkamą temperatūrinį režimą.

Prieš patekdamas į ežektorių ir sintezės koloną amoniakas yra pašildomas nuo 40 °C iki 75 °C vamzdiniame priešsroviniame šilumokaityje. Šildomas sausais 0,1 MPa garais, kurie yra 154 °C. Toliau apskaičiuojamas amoniakui pašildyti reikalingas šilumokaitos plotas, bei šildančių vandens garų debitas. Šilumokaityje suteikiamas šilumos srautas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$Q = G \cdot C \cdot t \quad (3.5)$$

čia Q – suteiktas šilumos kiekis, W; G – amoniako debitas, kg/s; C – amoniako savitoji šiluma, J/(kg·K); Δt – amoniako temperatūrų skirtumas, °C.

$$C = 1676 \text{ J/kgK} [15]$$

$$Q = 106,05 \cdot 1676 \cdot 35 = 6217960 \text{ W} = 6218 \text{ kW}$$

Apskaičiuojamas šilumos perdavimo koeficientas K .

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}; \text{ W/m}^2\text{K}$$

čia λ – laidumas [15], W/mK; δ – sienelės storis, m; α – šilumos atidavimo koeficientas, W/(m²K).

$$\alpha_{NH_3} = 880 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\alpha_{H_2O \text{ garų}} = 1430 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{880} + \frac{0,003}{17,5} + \frac{1}{1430}} = 526,3 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Apskaičiuojamas šilumokaitos plotas F .

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}$$

čia Δt – temperatūrų skirtumas abiejose sienelės pusėse.

$$F = \frac{6218000}{526,3 \cdot 113} = 104,5 \text{ m}^2$$

Apskaičiuojamas pašildymui reikalingų garų debitas D .

$$D = \frac{Q}{r}$$

čia r – garų susidarymo šiluma, J/kg [15];

$$D = \frac{6218000}{2160000} = 2,9 \text{ kg/s} = 1036,3 \text{ kg/h}$$

Taigi siekiant pašildyti amoniaką iki reikiamos temperatūros reikalingas šilumokaitis, kurio šilumokaitos plotas yra $104,5 \text{ m}^2$, o į jį tiekiamų garų debitas $1036,3 \text{ kg/h}$.

3.6. Karbamido dangos sumaišymo talpos skaičiavimai

Vidinis skersmuo $D = 1500 \text{ mm}$. Darbinis slėgis $P_d = 1,6 \text{ MPa}$. Maksimali darbinė temperatūra $T_d = 50 \text{ }^\circ\text{C}$. Kadangi dangos pH artimas neutraliam (7,35) parenkama konstrukcinė medžiaga paprastas anglinis plienas (20). Tiekimo ir ištekėjimo atvamzdžiai, kurių skersmuo 80 mm . Apžvalgos liukas 300 mm . Dugnai elipsiniai.

Iš žinynuose esančių lentelių parinkti duomenys:

Įtempimai skirtingose temperatūrose

	50 °C	20 °C
σ_t	240 MPa	270 MPa
σ_b	450 Mpa	470 MPa

Išilginio stiprumo ir eksploatacinių sąlygų stiprumo koeficientai

$$\varphi_m = 0,95 \quad \eta = 0,9$$

Atsargos koeficientai

$$n_b = 2,6$$

$$n_t = 1,5$$

Projektuojant horizontalų aparatą rekomenduojama laikytis sąlygos:

$$\frac{L}{D_{vid}} \leq 10 \tag{3.6}$$

L – aparato ilgis, mm.

Projektuojant naudojamas vidinis skersmuo todėl skaičiavimams naudojama formulė:

$$s' = \frac{D_{vid}P_{s\acute{a}l}}{2\sigma\varphi - P_{s\acute{a}l}} + C \quad (3.7)$$

s' – skaičiuotinas sienelės storis, φ – išilginio stiprumo koeficientas, C – priedas prie sienelės storio, mm.

Išilginio stiprumo koeficientas φ aprašo kiek susilpnėja korpusas jame esant liukams, atvamzdžiams, stebėjimo stiklams ir pan. Jei atvamzdžiai stiprinami, tai $\varphi = \varphi_m$.

Formulė (3.7) tinkama projektavimui jei tenkinama sąlyga:

$$\frac{s-C}{D_{vid}} \leq 0,1 \quad (3.8)$$

Taip pat turi būti patikrinama sąlyga:

$$\frac{\sigma_{\delta}\varphi_m}{P_{s\acute{a}l}} \geq 25 \quad (3.9)$$

Jei tenkinama ši sąlyga sienelės storį galima skaičiuoti pagal supaprastintą formulę

$$s' = \frac{P_{s\acute{a}l}D_{vid}}{2\sigma_{\delta}\varphi_m} + C \quad (3.10)$$

Priedas prie sienelės storio C yra skaičiuojamas sudedant C_K – priedą korozijai (kadangi danga mažai korozinga šis priedas parenkamas 1 mm), C_E – priedas erozijai (kadangi tirpale nenumatomos kietos dalelės šis priedas lygus 0) ir C_{δ} – priedas plieno lakšto netikslumui (0,8).

Apskaičiavus skaičiuotiną s' ir priėmus standartizuotą s , būtina patikrinti didžiausią galimą slėgį:

$$P_{max} = \frac{2\sigma_{\delta}\varphi(s-C)}{D_{vid}+s-C}, MPa \quad (3.11)$$

$$P_{max} > P_{s\acute{a}l}$$

Skaičiavimai:

Sienelės storio skaičiavimai:

Apskaičiuoti leistinieji įtempiai

50 °C 20 °C

σ^*_t 160 MPa 180 MPa

σ^*_b 173 Mpa 181 MPa

Leistini skaičiuotini įtempiai

50 °C 20 °C

σ 144 MPa 162 MPa

Apskaičiuotas priedas prie sienelės storio $C = 1,8$ mm

Priimamas suapvalintas priedas prie sienelės storio $C = 2$ mm

Skaičiuotinas darbinis slėgis:

$$P_{sk} = P_d \cdot 1,6 \quad (3.12)$$

$$P_{sk} = 2,56 \text{ MPa}$$

Sąlyginis slėgis $P_{sql} = 3,2 \text{ MPa}$

Patikrinama 4 sąlyga $42,75 \geq 25$ sąlyga tenkinama, todėl sienelės storis skaičiuotas pagal supaprastintą formulę (5).

Apskaičiuotas sienelės storis $s' = 19,5 \text{ mm}$

Standartizuotas storis $s = 20 \text{ mm}$

Tikrinama (3.8) sąlyga $0,012 \leq 0,1$, sąlyga tenkinama.

Tikrinama didžiausio slėgio sąlyga (3.11):

$$P_{max} > P_{sql}$$

$$3,24 > 3,2$$

Kadangi visos sąlygos tenkinamos – sienelė apskaičiuota teisingai.

Elipsinių dugnų skaičiavimas:

Sienelės storis skaičiuojamas pagal formulę (3.13), nes yra tenkinama sąlyga (3.12):

$$\frac{\sigma_\delta}{P_{sql}} \cdot K \varphi_m \geq 30 \quad (3.12)$$

$$s' = \frac{D_{vid} P_{sql}}{3,8 \cdot \sigma_\delta K \varphi_m - P_{sql}} \cdot \frac{D_{vid}}{2H_b} + C \quad (3.13)$$

Stiprumo koeficientas – K , yra bedimensinis dydis nustatomas pagal formulę:

$$K = 1 - \frac{d}{D_{vid}} \quad (3.14)$$

d – didžiausios dugne esančios nesutvirtintos angos skersmuo.

Kadangi dugne angų nenumatoma, tai $K = 1$

Dugno aukštis $h_b = 375 \text{ mm}$

Bortelio aukštis 54 mm

Apskaičiuotas sienelės storis $s' = 20,5 \text{ mm}$

Standartizuotas sienelės storis $s = 21 \text{ mm}$

Didžiausio slėgio sąlyga patikrinama pagal (3.11) formulę

$$3,42 \text{ MPa} > 3,2 \text{ MPa}$$

Visos sąlygos tenkinamos, todėl galima teigti jog sienelė apskaičiuota ir parinkta teisingai.

Atvamzdžių skaičiavimai:

Tiekimo ir išleidimo atvamzdžių skersmuo 80 mm

Atvamzdžio sienelės storis apskaičiuojamas pagal (3.10) formulę

Apskaičiuotas atvamzdžio sienelės storis $s'(1) = 2,94$ mm

Normalizuotas sienelės storis $s(1) = 3$ mm

Nominalus korpuso sienelės storis apskaičiuotas pagal (5) formulę, kai koeficientai K ir φ lygūs 1, o $C = 0$, sienelės storis $s'(0) = 22,22$ mm

Normalizuotas nominalus korpuso sienelės storis $s(0) = 23$ mm

Didžiausio slėgio sąlygos 3,4 MPa > 3,2 MPa

Angų stiprinimo sąlygos patikrinimas $s > s(1)$, kur s yra korpuso sienelės storis, atitinkamai 21mm > 3mm, tada taikoma formulė:

$$s_1 \geq 0,5[s_1 + \sqrt{(s_1)^2 + 0,8(2S_0 - s + C)d}] \quad (3.15)$$

$s(1) \geq 22,34$. Sąlyga netenkinama, todėl apskaičiuojama stiprumo būdo parinkimo sąlyga:

$$d \leq \frac{2,5s - s_1}{0,2(2\frac{s_0}{s} + \frac{C}{s} - 1)} \quad (3.16)$$

$d(a) \leq 192,5$ atitinkamai $80 \leq 192,5$.

Todėl stiprinama paprastu įvirinamos dalies pastorinimu, kuris apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$s'(2) = 0,2 \left(2\frac{s_0}{s} + \frac{C}{s} - 1 \right) d + s_1 \quad (3.17)$$

$s'(2) = 23,57$ mm. Normalizuotas pastorinimas $s(2) = 25$ mm.

Apžvalgos liuko skaičiavimas:

Apžvalgos liuko parametrai skaičiuojami analogiškai kaip ir tiekimo ir išleidimo atvamzdžių.

Apskaičiuotas atvamzdžio sienelės storis $s'(1) = 5,51$ mm

Normalizuotas sienelės storis $s(1) = 6$ mm

Nominalus sienelės storis $s'(0) = 22,22$ mm

Normalizuotas nominalus sienelės storis $s(0) = 23$ mm

Didžiausio slėgio sąlyga 3,6 MPa > 3,2 MPa

Angų stiprinimo sąlygos patikrinimas $s > s(1)$ atitinkamai 20mm > 6mm, tada $s(1) \geq 32,14$. Sąlyga netenkinama, todėl apskaičiuojama stiprumo būdo parinkimo sąlyga $d(a) \leq 314,28$ atitinkamai $300 \leq 314,28$. Todėl stiprinama paprastu įvirinamos dalies pastorinimu:

$s'(2) = 48$ mm. Normalizuotas pastorinimas $s(2) = 50$ mm.

Suprojektuota karbamido dangos sumaišymo talpa, kurios matmenys pateikti 3.6 lentelėje.

3.6 lentelė. Karbamido sumaišymo talpos parametrai

Korpuso sienelės storis, mm	20
Elipsinių dugnų sienelės storis, mm	21
Atvamzdžių sienelės storis, mm	3
Atvamzdžių sustiprintos pastorinimu dalies storis, mm	25
Apžvalgos liuko sienelės storis, mm	6
Apžvalgos liuko sustiprintos pastorinimu dalies storis, mm	50

3.7. Aplinkosauginis vertinimas

Aplinkosauginio vertinimo tikslas įvertinti karbamido gamybos technologinio proceso metu naudojamų žaliavų ir susidariusių produktų poveikį aplinkai. Duomenys pateikiami 3.7 ir 3.8 lentelėse.

3.7 lentelė. Karbamido gamyboje naudojamų žaliavų duomenys

Žaliavos pavadinimas	Sunaudojamas kiekis per metus, t	Cheminės medžiagos klasifikavimas		
		Signalinis žodis	Pavojaus nuoroda	Pavojingumo frazės
Amoniakas	541632	pavojinga	degi	H221 H280 H301 H311 H314 H331 H400
Anglies dioksidas	366912	atsargiai	-	H280 H281

3.8 lentelė. Karbamido gamyboje susidarantių produktų duomenys

Žaliavos pavadinimas	Sunaudojamas kiekis per metus, t	Cheminės medžiagos klasifikavimas		
		Signalinis žodis	Pavojaus nuoroda	Pavojingumo frazės
Karbamidas	279552	-	-	Karbamidas pagal Reglamentą (EB) Nr. 1907/2006 yra traktuojamas kaip vieninė medžiaga. Karbamido sudėtyje pavojingų sudėtinių dalių nėra.
Vandens garai	87360	-	-	-

3.7.1. Fizikinė tarša

Vykdamas karbamido gamybą nustatyta fizikinė tarša. Pagrindinis šios taršos šaltinis agregato siurbliuje veikiančios įrenginys (išcentriniai, plunžeriniai siurbliai). Pagal Lietuvos higienos normą HN 33:2001 gamybinėse patalpose triukšmo lygis negali viršyti 85dB. Siurbliuje ši riba viršijama, todėl darbuotojai privalo naudotis asmeninėmis apsaugos priemonėmis – ausinėmis ar ausų kištukais.

3.7.2. Biologinė tarša

Biologinė tarša nenustatyta.

3.7.3. Atliekos

Gamybos procese susidaro įvairių atliekų. Vienos iš jų susiję su procesu tiesiogiai, tuo tarpu kitos yra buitinės/komunalinės neišvengiamai atsirandančios dėl žmonių aptarnaujančių agregatą būtiniausių poreikių patenkinimo. Šios atliekos rūšiuojamos, tvarkomos ir surenkamos išvežimui į mechaninio – biologinio apdorojimo stotis. Naftos produktais užterštos pašluostės kaupiamos metaliniuose konteneriuose ir periodiškai išvežamos pavojingų atliekų tvarkytojams utilizavimui. Panaudoti tepalai iš aukšto ir žemo slėgio siurbliūse kaupiami metalinėse statinėse ir periodiškai perduodami atliekų perdirbėjams. Gamybos procese susidarantių atliekų kiekiai yra nurodomi 3.9 lentelėje.

3.9 lentelė. Gamyboje susidarančių atliekų kiekiai ir tvarkymo būdas

Atliekos		Atliekų susidarymo šaltinis technologiniame procese	Susidarymas		Atliekų susidarymo periodiškumas	Atliekų tvarkymo būdas
Pavadinimas	Pavojingumas		Projektinis kiekis (kg/parą)	Didžiausias projektinis kiekis (t/m)		
Mišrios komunalinės atliekos	Nepavojingos	Buitiniai poreikiai	50	18,25	Pastoviai	Priduodamos atliekų tvarkytojams
Kita variklio, pavarų dėžės ir tepalinė alyva	Pavojingos H14	Siurblių, kompresorių eksploatacija	50	18,25	Pastoviai	
Naftos produktais užterštos pašluostės	Pavojingos H14		3	1,095	Pastoviai	

3.7.4. Vandens tiekimas ir nuotekų valymas

Karbamido gamybos procese susidaro amonio jonais ir karbamidu užterštas procesinis kondensatas. Pagrindinę procesinio kondensato dalį sudaro išgarinimo garų kondensatas. Likusi dalis – drenažo ir praplovimo vandenys. Procesinis kondensatas, gautas karbamido gamyboje nuo amonio jonų valomas 2-jų laipsnių desorbcijos įrenginyje, nuo karbamido – hidrolizės įrenginyje. Procesinis kondensatas valomas pagal schemą: desorbcijos 1-as laipsnis – hidrolizė – desorbcijos 2-as laipsnis. Desorbcijos ir hidrolizės įrenginio efektyvumas, dirbant normaliu technologiniu režimu, yra ne mažesnis kaip 99,9%. Desorbcijos ir hidrolizės įrenginyje procesinis kondensatas nuo amonio jonų ir karbamido išvalomas iki likutinių teršalų koncentracijų atitinkamai ne daugiau 4,0 mg/l amonio jonų ir 5,0 mg/l karbamido. Išvalytas vanduo išleidžiamas į paviršinių (lietaus) ir pramonėje susidarančių nevalytinų nuotekų kolektorių, jei teršiančių medžiagų koncentracijos neviršija aukščiau nurodytų.

Jei amoniako ir karbamido koncentracija nutekamuosiuose vandenyse viršija nurodytas, nutekamieji vandenys nukreipiami į gamybinių nuotekų kolektorių. Į gamybinių nuotekų kolektorių vanduo išleidžiamas jei teršalų koncentracijos neviršija atitinkamai amonio jonų 50,0 mg/l, karbamido – 100 mg/l, naftos produktų – 5 mg/l. Viršijus minėtas koncentracijas reikšmes vanduo nukreipiamas pakartotiniam valymui. Valyto vandens temperatūra prieš išleidimą į gamyklinius tinklus neturi viršyti 45 °C, pH 6,5 – 8,5. Išleidžiamų į gamyklinius tinklus vandenų užterštumas kontroliuojamas analitiniais metodais. Nutekamųjų vandenų užterštumas nepertraukiamai kontroliuojamas automatinio analizatoriumi.

3.7.5. Oro tarša

Teršalai į atmosferą iš karbamido gamybos agregato patenka su dujų srautu iš valymo nuo teršiančių medžiagų įrenginių ir su technologinėmis dujomis. Išmetamų į atmosferą dujų valymo nuo teršiančių medžiagų įrenginiai eksploatuojami sekančia tvarka:

- ne rečiau kaip 1 kartą per pusmetį tikrinamas valymo įrengimų techninis stovis;

- ne rečiau kaip 1 kartą per metus tikrinamas valymo įrengimų darbo efektyvumas, tikrinimo rezultatai įrašomi į valymo įrengimo pasą;
- valymo įrengimų darbo efektyvumas papildomai tikrinamas po rekonstrukcijos ar kapitalinio remonto;
- neleidžiama eksploatuoti technologinės įrangos atjungus valymo įrengimus.

Stacionarių oro taršos šaltinių išmetamų teršalų kontrolė vykdoma pagal „Taršos integruotos prevencijos ir kontrolės (toliau TIPK) leidime“, išduotame LR Aplinkos ministerijos Kauno regiono aplinkos apsaugos departamento, patvirtintą AB „Achema“ aplinkos monitoringo programą.

Pagal procedūroje P-000-09 nurodytą tvarką, atliekama teršalų emisijos į atmosferą apskaita ir pildomas žurnalas Ž37-000-09//120. (Stacionarių aplinkos oro taršos šaltinių charakteristikų registravimo žurnalas)

Karbamido gamybos agregate pastovūs išmetimai yra per sanitarinę žvakę. Į sanitarinę žvakę nukreipiamos galutinės absorbcijos įrenginyje nuo amoniako išvalytos dujos ir technologinės dujos po valymo vidutinio slėgio absorberyje. Absorberyje valomos vidutinio slėgio distiliacijos sekcijos technologinės dujos, o galutinės absorbcijos įrenginio absorberyje nuo amoniako valomos dujos iš išgarinimo dujų absorberio ir dujos iš pirminės amoniako absorbcijos kolonos. Į galutinės absorbcijos absorberį yra nukreipti visi dujų fazės apsauginių vožtuvu išmetimai. Garų apsauginių vožtuvų išmetimai pajungti į sanitarinę žvakę. Per sanitarinę žvakę į atmosferą išmetamas bendras dujų srautas, kuriame yra ne daugiau 0,154 g/s amoniako. Dujų valymo sistemos efektyvumas ne mažiau kaip 80,3 %. Dujų valymo nuo amoniako sistemos veikimas pagrįstas amoniako absorbcija vandeniui. Absorbcijos procese gautas amoniako vanduo sunaudojamas ir perdirbamas karbamido gamybos procese. Amoniako koncentracija sanitarinės žvakės dujų fazėje nepertraukiamai kontroliuojama automatiniais analizatoriais. Atmosferos oro taršos šaltinio – sanitarinės žvakės – charakteristikos pateikiamos 3.10 lentelėje. Valymo sistemos charakteristikos 3.11 lentelėje. Agregato stabdymo – leidimo ir avarinio stabdymo metu galimi trumpalaikiai anglies dioksido išmetimai į atmosferą kiekiu iki 16500 m³/h (priklausomai nuo kompresoriaus našumo).

3.10 lentelė. Sanitarinės žvakės charakteristikos

Taršos šaltiniai			Išmetamų dujų rodikliai pavyzdžio paėmimo (matavimo) vietoje			Teršalų išmetimo trukmė, val./m
Pavadinimas	Aukštis, m	Išėjimo angos skersmuo, m	Srauto greitis, m/s	Temperatūra, °C	Tūrio debitas, Nm ³ /s	
Sanitarinė žvakė	42,6	0,25	6,13	40	0,301	8016

3.11 lentelė. Į orą išmetamų dujų valymo įrengimų charakteristika

Valymo įrenginiai	Teršalai	Prieš valymą		Po valymo		Valymo efektyvumas, %
		Maks. (g/s)	t/metus	Maks. (g/s)	t/metus	
Galutinės absorbcijos skruberis	Amoniakas	0,78	22,51	0,154	4,44	80,3

3.7.6. Apibendrinimas

Projektuojamame gamybos agregate pagrindiniai taršos šaltiniai yra sanitarinė žvakė ir nutekamieji vandenys, kurie yra išvalomi ir gražinami į gamybą. Pritaikius atitinkamas prevencines priemones tarša iš šių šaltinių yra arba visiškai likviduojama arba sumažinama iki leistinų normų. Gamybos metu susidaranti būtinos ir kitos atliekos yra utilizuojamos įstatymų numatyta tvarka.

3.8. Statybiniai sprendimai

Karbamido gamybos agregatas projektuojamas AB „Achema“ priklausančioje teritorijoje, adresu Jonalaukio k. 1, Ruklos sen. LT - 55296 Jonavos rajonas. Projektuojamų statinių vieta pasirinkta dėl lengvai pasiekiamų gamyklinių komunikacijų. Agregatui projektuojama operatorinė skirtingai aptarnaujančių operatorių patogumui – stebėti ir aptarnauti veikiančius įrengimus.

3.12 lentelė. Statinio techniniai rodikliai

Eilės numeris	Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
1	I. SKLYPAS		
	1.1. sklypo plotas	m ²	4161
	1.2. statinio užimtas žemės plotas	m ²	272,89
	1.3. apželdintas žemės plotas (žalasis plotas)	m ²	3459
	1.4. automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt.	8
2	II. PASTATAI		
	2.1. paskirties rodikliai (gamybos (kitos veiklos), paslaugų apimtys, aptarnaujamų žmonių skaičius, kiti rodikliai)		Produkcijos gamyba – 279552 t per metus. Aptarnaujančių žmonių skaičius 15.
	2.2. bendrasis plotas:	m ²	237,09
	2.2.1. pagrindinis	m ²	131,34
	2.2.2. pagalbinis	m ²	105,75
	2.4. aukštų skaičius	m ³	1
	2.5. pastato aukštis	m	4,75
	2.6. pastato atsparumo ugniai laipsnis		III

3.8.1. Architektūriniai, konstrukciniai, inžineriniai projektiniai sprendimai

Elektra. Pastatas prijungiamas prie viešojo elektros tiekėjo elektros tinklą.

Vanduo. Geriamas vanduo pastatui tiekiamas iš komunalinių vandentiekio tinklą.

Vėdinimas ir aušinimas. Buitinėms reikmėms įrengtas patalpų vėdinimas ventiliatoriais. Vėdinimas numatomas oro kondicionieriais.

Dujos. Pastate dujos nenaudojamos.

Konstrukcijos

Pastato sienos – sienos numatytos iš silikatinių blokelių mūro su apšiltinimu

Pamatai – juostiniai, gelžbetoniniai, kad atlaikytų pastato svorį, bei aplinkos pokyčius.

Grindys – grindys montuojamos ant įrengiamo drenuojančio skaldos skluoksnio. Klojamas polistirolas EPS 100, hidroizoliacija, armuotas betono sluoksnis ir grindų danga.

Stogas – plieninių dvišlaičių santvarų, dviejų šlaitų su 4 laipsnių nuolydžiu. Ant santvarų įrengiamos daugiasluoksnės stogo plokštės.

Langai ir vitrinos – Rėmai iš balto plastiko. Stiklas plastikinis, su sumažintu UV spinduliuotės pralaidumu, bet atitinkantis natūralaus apšvietimo reikalavimus.

Durys – Įėjimo pastatą durys iš nerūdijančio plieno, su aukštu sandarumo lygiu. Pastate esančios durys iš beržo medžio lakštų.

Apšvietimas – vidiniam apšvietimui naudojami pakabinami LED.

Stovėjimo aikštelė prie pastato projektuojama 8 vietų automobilių stovėjimo aikštelė.

Darbo gale pateikiami projektuojamų objektų brėžiniai:

3 priedas – Operatorinės brėžinys, 4 priedas – Operatorinės pjūvis, 5 priedas – Sklypo planas.

Projektuojamas pastatas yra 18,82 metrų ilgio ir 14,50 metrų pločio, pastato aukštis su 4,75 metro, stogo pasvirimo kampas 4°. Pastate suprojektuotas koridorius, rūbinė, dušai, rūkymo patalpa, valgomasis, CVP, pamainos inžinieriaus kabinetas, dvi pagalbinės patalpos, tualetas ir kontrolierių patalpa. Pastato užstatytas plotas 272,89 m².

3.9. Ekonominiai sprendimai

Projektuojant karbamido gamybos technologinę liniją svarbu atsižvelgti ir į ekonominius rodiklius. Susisteminius turimus duomenis apskaičiuojami gamybos kaštai, laukiamas pelnas, pagrindiniai investicijų efektyvumo rodikliai. Parenkami finansavimo šaltiniai. Atliekama rekonstrukcinio projekto analizė ir įvertinamas ekonominis efektas, jei efektas teigiamas rekonstrukcija priimtina. Vertinant šį projektą projekto rodikliai skaičiuojami penkeriems metams.

3.9.1. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai

Projekto investicijų skaičiavimas pradedamas nuo kaštų, reikalingų ilgalaikiam turtui įsigyti, skaičiavimo. Antras kaštų elementas – trumpalaikio – apyvartinio kapitalo įsigijimo kaštai. Projekto kaštuose taip pat reikia numatyti statybos ir montavimo darbų, personalo apmokymo ir kitus kaštus.

Finansavimo šaltiniai paprastai yra: nuosavos įmonės lėšos ir bankų ar kitų investuotojų paskolos. Projektuojama technologinė linija finansuojama akcininkų nuosavybe ir privačiu kapitalu. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai pateikiami 3.13 lentelėje.

3.13 lentelė. Į orą išmetamų dujų valymo įrengimų charakteristika

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	Eur	Struktūra	tūkst. Eur
1. Ilgalaikiam turtui įsigyti, tarp jo gamybos priemonėms	11 568 600,00	1. Akcininkų nuosavybė; akcinis kapitalas, rezervai	11 844 557,60
2. Trumpalaikiam turtui įsigyti, tarp jo žaliavoms ir pagrindinėms medžiagoms	-		
3. Statybos, montavimo darbų kaštai	275957,6		
Viso:	11 844 557,60	Viso:	11 844 557,60

3.9.2. Ilgalaikio ir trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) vertės skaičiavimas

Naujai statybai, išplėtimui ar rekonstrukcijai/reorganizacijai, techniniam pertvarkymui reikalingos investicijos nustatomos, atliekant skaičiavimus. Skaičiuojama apytiksliai, remiantis analogiškų ar panašių objektų apytikriais sąmatinės vertės rodikliais. Pradžioje apskaičiuojama technologinių įrengimų vertė 3.14 lentelė, po to suvestiniai duomenys perkeliama į suvestinę statybos kainos skaičiuotės lentelę 3.15.

3.14 lentelė. Technologinių įrengimų vertė

Eil. Nr.	Įrengimo pavadinimas	Vieneto kaina	Kiekis	Vertė, Eur
1.	Technologiniai įrengimai: 1. Sintezės kolona 2. Striperis 3. Distiliavimo kolonos 4. Forišgarinimo įrengimas 5. II-iejų laipsnių išgarinimo įrenginiai 6. Karbamido tirpalo ir dangos talpyklos 7. Kompresorius 8. Siurbliai 9. Granuliavimo	11500000	1	11500000
2.	Kėlimo ir transportavimo įrenginiai	15000	1	15000
3.	Vertingas inventorių	23600	1	23600
4.	Kiti įrengimai	30000	1	30000
6.	Iš viso			11 568 600

3.15 lentelė. Suvestinė statybos kainos skaičiuotė

Objekto, darbų ir išlaidų pavadinimas	Sąmatinė kaina, Eur			Viso
	Statybos ir montavimo darbų	Įrenginių baldų inventoriaus	Kitos išlaidos	
1. Statybos teritorijos paruošimas				
Sklypo kaina	0	0	0	0
Aikštelės paruošimas	9500	7500	5000	22000
2. Statybos objektai ir darbai				
Gamybinis korpusas	34550	22570	2100	59220
Kitų objektų statybos darbų išlaidos	155500	31200	0	186700
3. Kitos išlaidos	5986,5	1838,1	213	8037,6
Viso (ilgalaikio turto):	205536,5	63108,1	7313	275957,6

Apyvartinio kapitalo/lėšų poreikį pirmaisiais projekto gyvavimo metais galima nustatyti apytiksliai, remiantis formule:

$$AL_1 = B_{GK} / 360 \times n_{ap}; \quad (3.18)$$

čia: n_{ap} - apyvartos trukmė, dienomis; B_{GK} - gamybos kaštai, tūkst. Eur.

Pagal 6.1 formulę apskaičiuojamas apyvartinių lėšų poreikis kiekvieniems kitiems projekto metams (naudojant atitinkamų metų gamybos kaštus).

Apyvartinio kapitalo/lėšų poreikio prieaugis sekančiais metais nustatomas pagal formulę:

$$\Delta AL_i = AL_i - AL_{i-1} \quad (3.19)$$

Apyvartinių lėšų poreikis pateikiamas 3.16 lentelėje.

3.16 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis.

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai					
	0	1	2	3	4	5
1. Gamybos kaštai.. Eur.	-	77 216 044	248 986 412	248 986 412	99 277 770	93 762 339
2. Apyvartinių lėšų metinis poreikis, Eur	-	77 216 044	248 986 412	248 986 412	99 277 770	93 762 339
3. Apyvartinių lėšų papildomas poreikis, Eur	-	54 051 230	171 770 369	0	0	0
4. Apyvartinės lėšos, Eur	23 164 813	77 216 044	248 986 412	248 986 412	99 277 770	93 762 339

3.9.3. Produkcijos gamybos apimties planavimas

Planuojant gamybos procesą, yra nustatoma gamybos apimtis natūriniais vienetais prekės gyvavimo ciklui (vidutiniškai penkerių metų laikotarpiui), pradedant rinkos įsisavinimu ir baigiant pardavimo

masto smukimu. Brandos stadijoje 2-ais ir 3-iais metais laikytina, kad įsisavinimo koeficientas lygus 1. Kitais projekto eksploataavimo metais įsisavinimo koeficientą tikslinga priimti 0,6 – 0,9 ir pagal jį apskaičiuoti gamybos apimtis. Produkcijos gamybos apimties planavimas pateikiamas 3.17 lentelėje.

3.17 lentelė. Produkcijos gamybos apimties planavimas

Projekto metai	Įsisavinimo koeficientas	Gamybos apimtis, tonomis
		Karbamidas
1	0,7	195 686
2	1,0	279 552
3	1,0	279 552
4	0,9	251 597
5	0,85	237 619

3.9.4. Gamybos kaštai

Pagal kaštų priskyrimą atskiroms produkcijos rūšims, gamybos kaštai skirstomi į tiesioginius ir netiesioginius kaštus. Toks kaštų skirstymas svarbus, skaičiuojant gamybos kaštus ir savikainą. Tiesioginiams kaštams priskiriami pagrindinių žaliavų ir medžiagų kaštai, tiesioginio darbo užmokesčio ir atskaitymų socialiniam ir sveikatos draudimui kaštai ir kaštai technologinių procesų energijai). Tai - kaštai, kurie gali būti tiesiogiai priskirti atitinkamai produkcijos rūšiai (pvz., žaliavų, pagrindinių medžiagų išlaidos, nes jos skaičiuojamos kiekvienai gaminių rūšiai, pagal tiems gaminiams nustatytas medžiagų sunaudojimo normas).

Netiesioginiai kaštai yra tokios bendros išlaidos (dažniausiai susijusios su gamybos proceso organizavimu, aptarnavimu, valdymu; įmonės išlaikymu ir pan.), kurios apskaičiuojamos bendra suma ir kurių negalime tiesiogiai priskirti konkrečiam gaminiui (gamybinių cechų įrengimų ir patalpų išlaikymui reikalingų medžiagų vertė, gamybos vadovų, specialistų, techninių vykdytojų darbo užmokestis ir atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui, cechų apšvietimo, apšildymo ir buitiniams reikmėms skirtos energijos išlaidos, amortizaciniai atskaitymai, kitų tarnybų paslaugos ir kitos išlaidos).

Pagal kaštų priklausomybę nuo gamybos apimties kitimo gamybos kaštai skirstomi į pastoviuosius (sąlyginai pastovūs) ir kintamus (proporcinguosius) kaštus. Pastovieji kaštai nepriklauso (arba beveik nepriklauso) nuo gamybos apimties pokyčių (pvz., administracijos darbuotojų darbo užmokestis, patalpų apšildymo, nuomos ir kitos išlaikymo išlaidos). Kintamieji kaštai didėja arba mažėja proporcingai gamybos apimties pokyčiui (pvz. žaliavų, pagrindinių medžiagų, energijos technologijai kaštai, pagrindinių gamybinių darbininkų darbo užmokestis ir kt.). Toks išlaidų suskirstymas svarbus, nustatant kritinę gamybos programą lūžio taško metodu.

3.9.4.1. Tiesioginių gamybos išlaidų skaičiavimas

Kai žinomas gamybos/pardavimų planas, toliau galima skaičiuoti žaliavų, medžiagų, energijos, darbo ir kitų išteklių poreikį, reikalingą planuojamai gamybos apimčiai įvykdyti. Remiantis apskaičiuotu išteklių poreikiu natūriniais vienetais ir jų verte, sudaromas gamybos kaštų planas: apskaičiuojamos tiesioginės ir netiesioginės gamybos išlaidos kiekvieniems projekto gyvavimo metams atskirai.

Išlaidos pagrindinėms žaliavoms ir medžiagoms

Planuojant gamybos aprūpinimą žaliavomis ir pagrindinėmis medžiagomis, pirmiausia skaičiuojamas šių medžiagų poreikis. Po to, apskaičiuojamos išlaidos pagrindinėms medžiagoms kiekvieniems projekto gyvavimo metams atskirai. Pagrindinių medžiagų poreikį ir išlaidas galima skaičiuoti lentelėje (žr. 3.18 lent.):

3.18 lentelė. Pagrindinių medžiagų ir išlaidų planas

Medžiagos (žaliavos) pavadinimas	Gamybos planas, t.	Medžiagų sunaudojimo norma gaminiui, natūriniais vienetais	Medžiagos kaina, Eur/t.	Medžiagos poreikis, natūriniais vienetais	Medžiagų kaštai	
					Gaminio, Eur/t.	Viso, Eur
1	2	3	4	5	6	7
1 metai						
Karbamidas	195686,40					
CO2	256 838	0,73	80	187 492	58	14 999 363
Amoniakas	136 437	0,57	800	77 769	456	62 215 272
Insoft	587	0,00	800	2	2	1 409
Vanduo				0	0	0
Iš viso	-	-	-	-	-	77 216 044
Brandos metai (2 ir 3 metai)						
Karbamidas	279 552					
CO2	366 912	0,73	80	267 846	58	21 427 661
Amoniakas	194 910	0,57	800	111 099	456	88 878 960
Insoft	839	0,00	800	3	2	2 013
Vanduo				0	0	0
Iš viso:	-	-	-	-	-	110 308 634
4 metai						
Karbamidas	251 597					
CO2	330 221	0,73	80	241 061	58	19 284 895
Amoniakas	175 419	0,57	800	99 989	456	79 991 064
Insoft	755	0,00	800	2	2	1 811
Vanduo				0	0	0
Iš viso:		-	-	-	-	99 277 770
5 metai						
Karbamidas	237 619					
CO2	311 875	0,73	80	227 669	58	18 213 512
Amoniakas	165 674	0,57	800	94 434	456	75 547 116
Insoft	713	0,00	800	2	2	1 711
Vanduo				0	0	0
Iš viso:						93 762 339

Išlaidos pagrindinėms medžiagoms (medžiagų kaštai) apskaičiuojami, dauginant medžiagų kieki (B_{mi}) iš jų kainos (c_{mi}) ir jas sudedant:

$$MK_i = B_{mi} \times c_{mi}; MK_j = \sum MK_{ij} \quad (3.20)$$

Išlaidos pagrindinių gamybinių darbininkų darbo užmokesčiui

Gamybinių darbininkų darbo užmokestis tai suma, kurią reikės išmokėti darbininkams už pagamintą produkciją (atliktą darbą). Ši suma (DU) apskaičiuojama, remiantis normatyviniu technologiniu gaminių darbo imlumu (DI_j) ir vidutiniu valandiniu darbo užmokesčiu. Technologinis gaminio darbo imlumas parodo pagrindinių gamybinių darbininkų darbo laiką reikalingą gaminio vienetui pagaminti, išreikštą žm.val. Sandauga ($B_{ngj} \cdot DI_j$) parodo j-tojo gaminio visos gamybos programos darbo imlumą, t.y. kiek darbininkų darbo valandų reikia visai gamybos apimčiai pagaminti. DU skaičiuojamas kiekvienam gaminiui atskirai.

$$DU_j = DI_j \times B_{ngj} \times VA; DU_{darb} = \sum DU_j \quad (3.21)$$

3.19 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

Profesija	Darbuotojų skaičius	Mėnesio darbo užmokestis, Eur	Pagrindinis fondas, Eur	Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	Su darbuotojais susijusios išlaidos, Eur
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4=2×3×12 mėn.</i>	<i>5=1,79 % nuo 4</i>	<i>6=4+5</i>
Pamainos inžinierius	5	1500	18000	318,6	18318,6
Operatoriai	50	1200	14400	254,88	14654,88
Iš viso	55	2700	32400	573,48	32973,48

Nuo apskaičiuotos darbo užmokesčio sumos skaičiuojami darbdavio su darbo santykiais susiję mokesčiai. Nuo 2019 m. sausio 1 d. dalis darbdavio mokesčių perkelti darbuotojui, todėl pasirenkant valandinį darbo užmokestį tai įvertinkite (darbo užmokestis buvęs iki 2019 m. didinamas 1,289 koeficientu). Nuo 2019 sausio 1 d. su darbo santykiais susiję darbdavio mokesčiai - valstybiniam socialiniam draudimui (VSD) (nedarbo draudimas, nelaimingų atsitikimų darbe draudimas), įmokos į garantinį fondą (GF) ir ilgalaikio darbo išmokų fondo įmokos (IDIF) - sudaro 1,77 % darbo užmokesčio fondo.

Išlaidos technologinių procesų energijai

Pramonės įmonės naudoja įvairių rūšių energiją (elektros, šiluminę energiją, šaltį, vandenį ir kt.). Energija įmonėje naudojama įvairiems reikalams: technologijai, įrengimų variklių varymui (jėgai), apšvietimui, apšildymui ir t.t. Išlaidos įvairių rūšių technologinių procesų energijai laikomos tiesioginėmis. Prie jų pridedamos išlaidos įrengimų variklių varymui (jėgai).

3.20 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai (variklių darbui)

Įrengimų pavadinimas ir markė	Įrengimų skaičius, vnt.	Variklio galia, kW	Darbo valandų skaičius metuose, h	Elektros energijos poreikis, kWh	1kWh kaina, Eur	Išlaidos elektros energijai, tūkst. Eur
1	2	3	4	5=2x3x4	6	7=5x6
1 metai						
SiurbLIAI	9	2 198	8 256	163 305 331	0	25 475 632
Viso:						25 475 632
Brandos metai (2 ir 3 metai)						
SiurbLIAI	9	2 198	8 256	163 305 331	0	25 475 632
Viso:						25 475 632
4 metai						
SiurbLIAI	9	2 198	8 256	163 305 331	0	25 475 632
Viso:						25 475 632
5 metai						
SiurbLIAI	9	2 198	8 256	163 305 331	0	25 475 632
Viso:						25 475 632

3.9.4.2. Netiesioginių gamybinių ir veiklos išlaidų skaičiavimas

Į netiesiogines išlaidas energijai įtraukiamos išlaidos vandeniui (buičiai), apšildymui ir apšvietimui. Eksploatacinės išlaidos sudaro 15-20 % nuo bendrų išlaidų.

Vandens sunaudojimą per parą imti $30 \div 60$ l vienam darbuotojui. Vandens poreikis metams apskaičiuojamas:

$$(\text{sunaudojimas per parą} \times \text{dirbančiųjų skaičius} \times \text{darbo dienų skaičius}) / 1000 = \dots \text{ m}^3. \quad (3.22)$$

3.21 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
1	2	3	4	5=3x4
Šaltam vandeniui	60	834,90	1,53	1277,397
Šiltam vandeniui	30	417,45	1,53	638,6985
Viso:				1916,0955
Eksploatacinės išlaidos				0
Iš viso:				1916,0955

Eksploatacinės išlaidos sudaro 15-20 % nuo bendrų išlaidų.

Energijos kiekis patalpoms apšviesti apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\text{patalpų plotas} \times \text{apšvietimo norma} \times \text{apšvietimo laikas, kWh}. \quad (3.23)$$

Apšvietimo laikas priklauso nuo darbo režimo ir pastato konstrukcijos, bet dažniausiai jis apskaičiuojamas dauginant darbo dienų, pamainų ir darbo valandų skaičių:

$$\text{darbo dienų skaičius} \times \text{pamainų skaičius} \times \text{darbo valandų skaičius}, h. \quad (3.24)$$

3.22 lentelė. Netiesioginės išlaidos apšvietimui

Išlaidų pavadinimas	Patalpų plotas	Apšvietimo norma, W/m ²	Energijos kiekis patalpoms apšviesti, kWh	1 kWh kaina, Eur	Išlaidos šildymui per metus,
					tūkst. Eur
1	2	3	4	5	6=2×3×4×5
1 metai					
Patalpų apšvietimas	600	1	1 734 840	0,156	270 635
Eksploatacinės išlaidos					40 595
Viso:					311 230
Brandos metai (2 ir 3 metai)					
Patalpų apšvietimas	600	1	1 734 840	0,156	270 635
Eksploatacinės išlaidos					40 595
Viso:					311 230
4 metai					
Patalpų apšvietimas	600	1	1 734 840	0,156	270 635
Eksploatacinės išlaidos					40 595
Viso:					311 230
5metai					
Patalpų apšvietimas	600	1	1 734 840	0	270 635
Eksploatacinės išlaidos					40 595
Viso:					311 230

Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)

Amortizaciniai atskaitymai parodo pagrindinių priemonių vertės dalį, perkeliama į pagamintos produkcijos vertę (pagrindinių priemonių nusidėvėjimą). Pagrindinės priemonės savo vertę į pagamintos produkcijos savikainą perkelia (nusidėvi) palaipsniui per visą jų naudojimo įmonėje laikotarpį. Remiantis Naujausios redakcijos „Pelno mokesčio“ įstatyme nurodoma, kad amortizacijai (nusidėvėjimui) apskaičiuoti yra taikomi šie metodai:

1. Tiesiogiai proporcingas (tiesinis) metodas;
2. Dvigubas – mažėjančios vertės metodas.

Rekomenduojama naudoti tiesinį pagrindinių priemonių nusidėvėjimo apskaičiavimo metodą. Šiuo atveju metinė nusidėvėjimo suma NS apskaičiuojama, remiantis pagrindinių priemonių eksploatav. trukme T:

$$NS = (PF - LV)/T \quad (3.25)$$

Čia: PF – pagrindinių priemonių įsigijimo (pradinė) vertė, Eur;

LV – pagrindinių priemonių likvidacinė vertė, Eur (likvidacinę priemonių vertę nustato pati įmonė, tačiau ji neturi viršyti 10 % pradinės priemonių vertės);

T – normatyvinė pagrindinių priemonių eksploatavimo trukmė, metais.

$$A_m = NS \times 100/PF \quad (3.26)$$

Čia: A_m – metinė amortizacinių atskaitymų norma, % (parodo, kokia pagrindinių priemonių vertės dalis nusidėvi kiekvienais metais).

Pagrindinių priemonių amortizacinius atskaitymus skaičiuojame atskirai gamybiniais cechams ir administracijai bei kitiems negamybiniais įmonės padaliniais, nes šios sumos, apskaičiuojant netiesiogines išlaidas, įtraukiamos į skirtingas sąmatas: gamybinių cechų pagrindinių priemonių amortizaciniai atskaitymai - į netiesioginių gamybos išlaidų sąmatą; negamybinių padalinių amortizacija – į veiklos sąnaudas. Technologiniai įrengimai tai : sintezės kolona, striperis, distiliacijos kolonos, forišgarinimo ir dviejų laipsnių išgarinimo įrengimai, tirpalo ir dangos talpos, granuliavimo bokštas, CO2 kompresorius, aukšto slėgio žaliavų siurbliai, karbamido tirpalo ir lydalo siurbliai.

3.23 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)

Ilgalaikio turto rūšis	Įsigijimo vertė, tūkst. Eur	Normatyvinė eksploatavimo trukmė	Nusidėvėjimo suma, Eur metams					Likutinė vertė, Eur	
			1	2	3	4	5		
Technologiniai įrengimai : 1. Sintezės kolona 2. Striperis 3. Distiliavimo kolonos 4. Forišgarinimo įrengimas 5. II- iejų laipsnių išgarinimo įrenginiai 6. Karbamido tirpalo ir dangos talpyklos 7. Kompresorius 8. Siurbliai 9. Granuliavimo bokštas	1150000	5	2070000	2070000	2070000	2070000	2070000	2070000	1150000
Kėlimo ir transportavimo įrenginiai	15000	5	2700	2700	2700	2700	2700	2700	1500
Vertingas inventorius	23600	8	2655	2655	2655	2655	2655	2655	10325
Kiti įrengimai	30000	6	4500	4500	4500	4500	4500	4500	7500
Viso	11568600		2079855	2079855	2079855	2079855	2079855	2079855	1169325

Planuojant netiesiogines išlaidas pirmiausia nustatoma bendra metinė jų suma, vėliau pagal pasirinktą kriterijų šios išlaidos paskirstomos konkrečioms gaminių grupėms.

3.24 lentelė. Netiesioginių gamybos išlaidų sąmata

Išlaidų rūšys	Projekto metai				
	1	2	3	4	5
Pagalbinės medžiagos	77 216 044	110 308 634	110 308 634	99 277 770	93 762 339
Darbo užmokestis	0	0	0	0	0
Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	0	0	0	0	0
Elektros energija	311 230	311 230	311 230	311 230	311 230
Vanduo	1 916	1 916	1 916	1 916	1 916
Šiluminė energija	0	311 230	311 230	311 230	311 230
Amortizaciniai atskaitymai	2 079 855	2 079 855	2 079 855	2 079 855	2 079 855
Pagalbinių ir aptarnaujančių tarnybų paslaugos:	150 000	150 000	50 000	150 000	150 000
<i>Įrengimų remontas + vidaus transporto remontas</i>	<i>150 000</i>	<i>150 000</i>	<i>50 000</i>	<i>150 000</i>	<i>150 000</i>
Kitos išlaidos					
Iš viso:	79 759 045	113 162 865	113 062 865	102 132 002	96 616 570

Po to, nustatome, kokia jų dalis tenka atskiriems gaminiams (lent. 3.25) pagal gamybinių darbininkų darbo užmokesčio struktūrą.

3.25 lentelė. Netiesioginių gamybos išlaidų paskirstymas

Rodikliai	Viso	Karbamidai				
		1	2	3	4	5
Gamybinių darbininkų darbo užmokestis, %	100%	79 759 045	113 162 865	113 062 865	102 132 002	96 616 570
Netiesioginės gamybos išlaidos, tūkst. Eur		79 759 045	113 162 865	113 062 865	102 132 002	96 616 570

Gaminio gamybinė savikaina parodo vieno gaminio gamybos išlaidas ir apskaičiuojama, dalinant visą gaminio gamybos kaštų sumą iš jo gamybos apimties. Matomas gaminio gamybinės savikainos padidėjimas, kurį konkrečiam laikotarpyje lemia planinio remonto kaštai.

3.26 lentelė. Gamybos kaštai

Kaštų rūšys	Gamybos kaštai, tūkst.Eur
1	2
Brandos stadija	
1. Pagrindinės medžiagos	77 216 044
2. Energija (šiluminė, elektros)	17 832 942
3. Gamybinių darbininkų (pagrindinių) darbo užmokestis	22 680
4. Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	4 817

3.26 lentelės tęsinys

1	2
5. Netiesioginės gamybos išlaidos	79 214 006
Viso gamybos kaštų, tūkst. Eur	174 290 489
Viso gamybos kaštų, %.	100%
Produkcijos gamybos planas, tūkst. t.	279 552
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	623
Pirmaisiais projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, tūkst. Eur	77 216 044
Produkcijos gamybos planas, tūkst. t.	195 686
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	395
4-siais projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, tūkst. Eur	99 277 770
Produkcijos gamybos planas, tūkst. t.	251 597
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	395
5-siais projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, tūkst. Eur	93 762 339
Produkcijos gamybos planas, tūkst. t.	237 619
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	395

3.9.5. Veiklos kaštai

Į veiklos kaštus įtraukiamos:

- pagalbinių medžiagų administracijos patalpų išlaikymui išlaidos; -administracijos darbuotojų darbo užmokestis ir atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui;
- administracijos patalpų apšvietimo, apšildymo, vandens ir buitiniams reikmėms išlaidos;
- administracijos pagrindinių priemonių amortizaciniai atskaitymai; paslaugos
- produkcijos realizavimo išlaidos, mokesčiai, rinkliavos ir kitos išlaidos.

Veiklos sąnaudų elementai skaičiuojami analogiškai netiesioginių gamybos sąnaudų skaičiavimui. Išlaidos planuojamos atskirai kiekvieniems metams. Nustatant jų apimtį, galima remtis faktiniais įmonės duomenimis, įmonės – analogo duomenimis arba priimti, kad jos sudaro 5 - 30 % gamybos kaštų. 3.27 lentelėje pateikiamos veiklos sąnaudos.

3.27 lentelė. Veiklos sąnaudų paskirstymas

Išlaidų rūšys	1	2	3	4	5
1. Pardavimų sąnaudos:	0	0	0	0	0
2. Bendrosios ir administracinės sąnaudos:	79 877 490	112 970 081	112 870 081	101 939 217	96 423 786
• Pagalbinės medžiagos	77 216 044	110 308 634	110 308 634	99 277 770	93 762 339
• Energija	311 230	311 230	311 230	311 230	311 230
• Vanduo	1 916	1 916	1 916	1 916	1 916
• Amortizaciniai atskaitymai	2 079 855	2 079 855	2 079 855	2 079 855	2 079 855

3.27 lentelės tęsinys

	1	2	3	4	5
• Paslaugos	150 000	150 000	50 000	150 000	150 000
• Mokesčiai ir rinkliavos	118 446	118 446	118 446	118 446	118 446
Viso:	79 877 490	112 970 081	112 870 081	101 939 217	96 423 786

Skaičiavimuose galima priimti, kad:

- pardavimų sąnaudos sudaro (0,5-5 % pardavimo pajamų);
- įrengimų eksploatacijos išlaidos (1,0-5 % pradinės įrengimų sumos);
- išlaidos darbo apsaugai (10-30 Eur vienam darbuotojui).
- Veiklos mokesčiai:
 - patentas (žiūrėti galiojančius įstatymus);
 - žemės nuomos mokestis (konkreči suma);
 - kelių mokestis (0,1-0,5 % pardavimo pajamų);
 - nekilnojamojo turto mokestis (1 % pagrindinio kapitalo).

Veiklos sąnaudos yra netiesioginės, pastovios išlaidos, kurias atskiriems gaminiams paskirstome. Paskirstymas pateikiamas 3.28 lentelėje.

3.28 lentelė. Veiklos sąnaudų paskirstymas

Rodikliai	Viso	Gaminiai
		Karbamidas
1 metai		
Veiklos sąnaudos, Eur	79 877 490	79 877 490
Pardavimo planas, tūkst. vnt.		195 686
Gaminiui tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	-	408
2 metai		
Veiklos sąnaudos, Eur	112 970 081	112 970 081
Pardavimo planas, tūkst. vnt.		279 552
Gaminiui tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	-	404
3 metai		
Veiklos sąnaudos, Eur	112 870 081	112 870 081
Pardavimo planas, tūkst. vnt.		279 552
Gaminiui tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	-	404
4 metai		
Veiklos sąnaudos, Eur	101 939 217	101 939 217
Pardavimo planas, tūkst. vnt.		251 597
Gaminiui tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	-	405
5 metai		
Veiklos sąnaudos, tūkst. Eur	96 423 786	96 423 786
Pardavimo planas, tūkst. vnt.		237 619
Gaminiui tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	-	406

3.9.6. Gaminių kainos skaičiavimas

Apskaičiavus visas sąnaudas, nustatome gaminių kainas. Kad būtų galima planuoti realizacines pajamas, reikia nustatyti gaminių kainas. Gaminių kainas apskaičiuosime remdamiesi jų gamybos pilnomis išlaidomis ir planuojama pelno norma (P_i), kuri neturi būti mažesnė, negu 5 %. Gaminio kainą (c_i) sudaro jo pilnoji savikaina (sp_i) ir pelnas (pel_i), kuris apskaičiuojamas pagal gaminio pelningumą

$$c_i = sp_i + pel_i; \quad (3.27)$$

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

$$sp_i = sg_i + vs_i + fv_i \quad (3.28)$$

Gaminių kainų kiekvieniems projekto metams skaičiavimą atliekame 3.29 lentelėje. Pastaba: nustatčius gaminių kainas, galima apskaičiuoti pagamintos produkcijos vertę.

3.29 lentelė. Gaminių kainų apskaičiavimas

Gaminiai	Gamybinė savikaina,	Veiklos sąnaudos,	Gamybos apimtys	Veiklos sąnaudos, 1 vnt.	Pilnoji savikaina, Eur	Pelnas		Kaina
	Eur	Eur				%	Eur	
	1 metai							
Karbamidas	395	79 877 490	195 686	408	803	70%	561,95	1364,73
	2 - 3 metai							
Karbamidas	623	112 970 081	279552	404	1 028	80%	822,06	1849,63
	4 metai							
Karbamidas	395	101 939 217	251597	405	800	75%	599,82	1399,58
	5 metai							
Karbamidas	395	96 423 786	237619,2	406	800	75%	600,29	1400,67

3.9.7. Projekto grynieji pinigų srautai

Šioje dalyje bus pateiktos pelno (nuostolio) ataskaita, pelno paskirstymo ataskaita ir apskaičiuoti grynieji pinigų srautai. Bendras pelnas yra pardavimų apimtys ir parduodamos produkcijos gamybos kaštų skirtumas. Veiklos pelnas (nuostolis) apskaičiuojamas iš bendrojo pelno atimant veiklos sąnaudas. Finansinės veiklos pajamos tai - įmonės gautos palūkanos už banke laikomus pinigus ir suteiktas paskolas ir kt. Finansinės sąnaudos – už paskolą mokamos bankui palūkanos. Grynasis pelnas – tai pelnas liekantis įmonei, atskaičius pelno mokestį, kuris Lietuvos respublikoje sudaro 15 % nuo apmokestinamo pelno sumos. Projekto pelno (nuostolio) ataskaita kiekvieniems metams pateikiama 3.30 lentelėje.

3.30 lentelė. Įmonės pelno (nuostolio) ataskaita, Eur

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
1. Pardavimo apimtis	267 059 008	517 069 024	517 069 024	352 129 586	332 825 717
2. Parduodamos produkcijos gamybos kaštai	77 216 044	174 290 489	174 290 489	99 277 770	93 762 339
3. Bendras pelnas (nuostolis)	189 842 964	342 778 536	342 778 536	252 851 816	239 063 379
4. Veiklos sąnaudos	79 877 490	112 970 081	112 870 081	101 939 217	96 423 786
5. Veiklos pelnas (nuostolis)	109 965 474	229 808 455	229 908 455	150 912 599	142 639 593
6. Finansinė ir investicinė veikla	0	0	0	0	0
6.1. Pajamos					
5. Pelnas (nuostolis) prieš apmokestinimą	109 965 474	229 808 455	229 908 455	150 912 599	142 639 593
6. Pelno mokestis	16 494 821	34 471 268	34 486 268	22 636 890	21 395 939
7. Grynasis pelnas (nuostolis)	93 470 653	195 337 187	195 422 187	128 275 709	121 243 654

Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita

Pinigų srautų ataskaitoje, kuri pateikiama 3.31 lentelėje, parodomi per ataskaitinį laikotarpį gauti ir išleisti pinigai. Prognozuojant pinigų srautus atskirai nustatomi pinigų srautai iš įmonės veiklos, pinigų srautai iš investicinės veiklos, pinigų srautai iš finansinės veiklos. Apskaičiuojant investicijų efektyvumą, įvertinami kiekvieno laikotarpio grynujų pinigų srautai iš įmonės veiklos bei pinigų srautai iš investicinės veiklos. Pinigų srautai iš įmonės veiklos apskaičiuojami prie grynojo pelno pridėdant nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudas; atimant papildomas investicijas į apyvartinį kapitalą bei eliminavus finansinės ir investicinės veiklos sąnaudas.

3.31 lentelė. Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita, tūkst. Eur.

Eil. Nr.	Rodikliai	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
1	2	3	4	5	6	7	8
I.	Pinigų srautai iš įmonės veiklos						
1.1.	Grynasis pelnas (nuostolis)		93 470 652,71	195 337 187,01	195 422 187,01	128 275 708,93	121 243 654,08
1.2.	Nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudos		2 079 855,00	2 079 855,00	2 079 855,00	2 079 855,00	2 079 855,00
1.3.	Papildomos investicijos į apyvartinį kapitalą	23 164 813,05	77 216 043,50	174 290 488,58	174 290 488,58	99 277 770,22	93 762 338,54
1.4.	Finansinės ir investicinės veiklos sąnaudų eliminavimas						
	Grynieji pinigų srautai iš įmonės veiklos (1.1 +1.2 -1.3 -1.4*)	-23 164 813,05	18 334 464,21	23 126 553,42	23 211 553,42	31 077 793,71	29 561 170,54

3.31 lentelės tęsinys

1	2	3	4	5	6	7	8
II.	Pinigų srautai iš investicinės veiklos						
2.1.	Iš ilgalaikio turto perleidimas (įsigijimas)	11 568 600,00					
	Grynieji pinigų srautai iš investicinės veiklos	-11 568 600,00					
III.	Bendri metiniai pinigų srautai (I+II)	-34 733 413,05	18 334 464,21	23 126 553,42	23 211 553,42	31 077 793,71	29 561 170,54
	Suminis grynasis pinigų srautas	-34 733 413,05	-16 398 948,84	6 727 604,58	29 939 158,00	61 016 951,72	90 578 122,26
	Diskonto koeficientas	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
	Diskontuotas grynasis pinigų srautas	-1 563 003,59	825 050,89	1 040 694,90	1 044 519,90	1 398 500,72	1 330 252,67
	Suminis diskontuotas grynasis pinigų srautas	-1 563 003,59	-737 952,70	302 742,21	1 347 262,11	2 745 762,83	4 076 015,50

Pinigų srautai iš investicinės veiklos investiciniu laikotarpiu („0“-niais metais) bus lygūs investicijoms į pagrindinį kapitalą (su minuso ženklu). Paskutiniaisiais metais jie bus lygūs ilgalaikio turto likutinei vertei (su pliuso ženklu).

3.9.8. Investicinio efektyvumo vertinimas

Efektyvumo rodikliai praktikoje naudojami kaip absoliutaus ir lyginamojo efektyvumo kriterijai lyginant investicinius projektus:

- skirstant juos į dvi grupes: efektyvius ir neefektyvius projektus. Antroji grupė atmetama, o pirmoji tampa tolimesnio vertinimo objektu;
- efektyvių projektų grupės tolimesnei analizei, siekiant priimti sprendimą, kuris iš jų yra efektyviausias.

Efektyvūs projektai tarpusavyje konkuruoja dviem atvejais:

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

Investicinis projektas (sumanymas) apibūdinamas ne tik ekonominio efektyvumo, bet ir socialinio, ekologinio, politinio efekto rodikliais. Ekonominio projekto vertinimo metu turi būti parodyti projekto įgyvendinimo reikšmė, kuriant darbo vietas, galimybės naudoti vietinius išteklius, projekto įtaka aplinkos būklei, atlikta kapitalinių įdėjimų efektyvumo analizė ir kt.

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

$$KK = \sum_{i=1}^n w_i r_i \quad (3.29)$$

$$KK = 11834 \text{ tūkst. Eur}$$

čia: W_j - finansavimo šaltinių dalis kapitalo struktūroje; r_i - finansavimo šaltinio kaina.

Kapitalo kaštai parodo kokią kapitalo dalį, procentais, įmonė turi sumokėti viena ar kita forma už galimybę juo naudotis. Projekte investicijos finansuojamos iš nuosavo kapitalo. Daroma prielaida, kad akcininkai pageidauja 4,5 proc. pelningumo. Ši pelningumo norma bus kapitalo kaštai ir pagal ją bus diskontuojami grynieji pinigų srautai.

Vertinant investicijas dažniausiai skaičiuojami šie rodikliai:

- Diskontuotas investicijų atsipirkimo laikas (T),
- Grynoji esamoji vertė (GEV),
- Vidinė pelno norma (IRR)
- Pelningumo indeksas skaičiavimas (PI)

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

Atsipirkimo laikas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$T = T_{t-1} + \frac{BGPS_{t-1}}{GPS_t} \quad (3.30)$$

$T = 3,58$ 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.

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

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

$$GEV = GPS_0 + \sum_{t=1}^n \frac{GPS_t}{(1+KK)^t} \quad (3.31)$$

$GEV = 42643814$ Eur.

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

Taikant šį metodą, reikia atlikti šiuos žingsnius:

- Apskaičiuoti kiekvieno laikotarpio diskontuotus GPS (diskontuokite kapitalo kainą);
- Susumuoti metinius diskontuotus GPS, įskaitant ir „0“ metų;
- Jei GEV yra teigiama, projektas priimtinas, jei neigiama - atmestinas; jei yra du alternatyvūs projektai, reikia pasirinkti tą, kurio GEV didesnė.

Teigiama GEV reiškia, kad tokia suma padidės įmonės turtas.

3.9.8.2. Vidinės pelno normos (angl. IRR) skaičiavimas

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

$$GEV = 0 = \sum_{t=1}^n \frac{GPS_t}{(1+KK)^t} \quad (3.32)$$

$$IRR = 26,73\%.$$

Norint apskaičiuoti IRR, diskonto norma koreguojama tol, kol GEV pasidaro lygi 0. Kad finansinė rizika neturėtų didelės įtakos investiciniam projektui (įmonei), reikia, kad vidinė pelno norma būtų didesnė už vidutinius svertinius kapitalo kaštus.

3.9.8.3. Pelningumo indekso (PI) skaičiavimas

Pelningumo indeksas apskaičiuojamas diskontuotų pinigų sumą (pradedant pirmaisiais metais), padalinus iš nulinių metų GPS.

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{GPS_t}{(1+KK)^t}}{GPS_0} \quad (3.33)$$

$PI = 6,76$, čia: $\sum_{t=1}^n \frac{GPS_t}{(1+KK)^t}$ – diskontuotų GPS suma, pradedant pirmaisiais metais; GPS_0 - nulinių metų GPS.

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 priimtinesnis.

3.32 lentelė. Investicijų efektyvumo vertinimo suvestinė

Rodikliai	Matavimo vienetai	Reikšmės
Pirmieji metai, kai suminis pinigų srautas teigiamas		4
Modifikuotas investicijų atsipirkimo laikas, metais	metai	3,57
Grynoji esamoji vertė NPV	Eur	42 969 608
Vidinė pelno norma (IRR)	%	27%
Pelningumo indeksas (PI)	koeficientas	6,79

3.9.9. Lūžio taško skaičiavimas

Lūžio taškas (arba Lūžio momentas) - tai tokia gamybos ir pardavimų apimtis, kuriai esant bendrosios pajamos lygios bendriesiems gamybos kaštams (kintamų ir pastovių kaštų sumai), o įmonės pelnas lygus nuliui. Pagal lūžio taško grafiką galima nustatyti, kokį kiekį produkcijos reikia pagaminti ir

parduoti, kad įmonės veikla taptų pelninga. Lūžio taškas randamas skaičiuojant pasirinktam gaminiui (paprastai pelningiausiam)

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

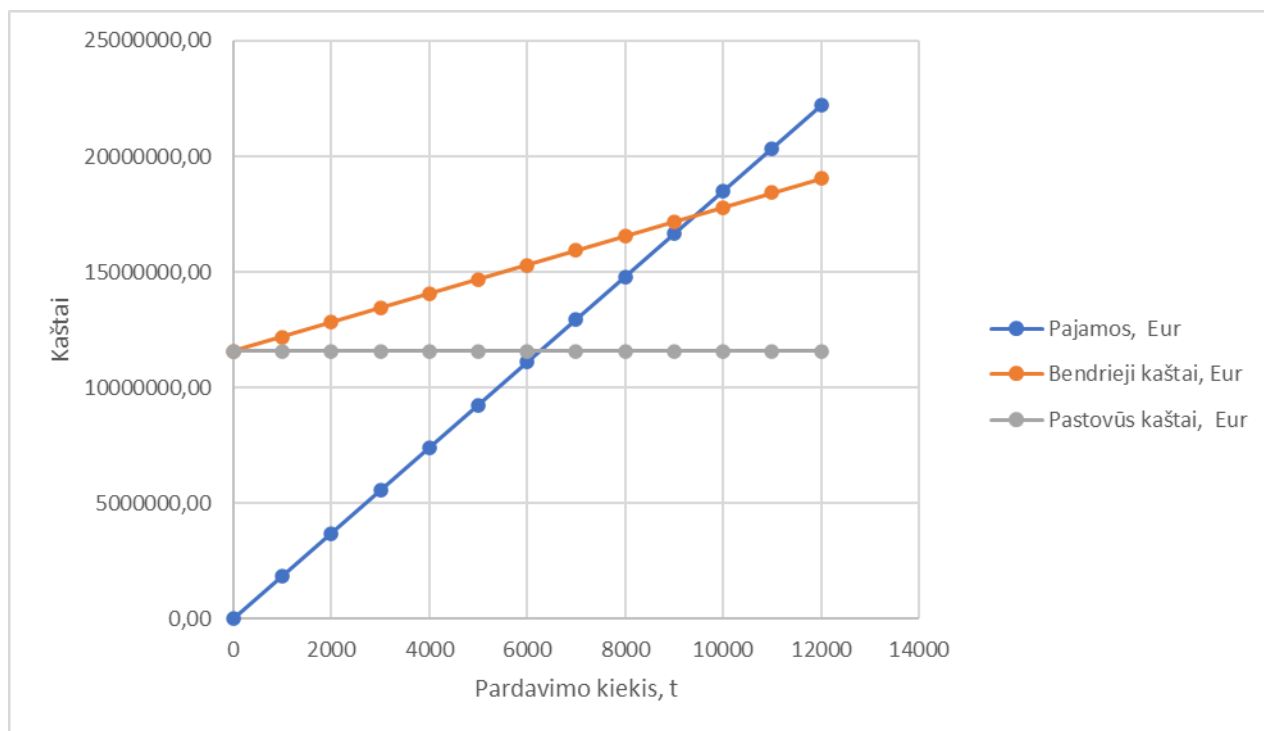
$$B_{Lj} = \frac{PK_j}{(C_j - VKK_j)} \quad (3.34)$$

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

Lūžio tašką skaičiuojate brandos metams. Pastovūs kaštai yra investicijos į ilgalaikį turtą. Kadangi lūžio taškas skaičiuojamas atskiriems gaminiams, tai pastovius kaštus jiems reikia priskirti pagal jų lyginamąją dalį bendroje produkcijoje. Apskaičiavus lūžio tašką, duomenys pateikiami 3.33 lentelėje.

3.33 lentelė. Lūžio taško apskaičiavimas

Rodikliai	Karbamidas
Pastoviųjų kaštų suma, Eur	11 568 600
Gaminio kaina, Eur	1849,63
Gaminio kintamieji kaštai, Eur	623,4635724
Lūžio taškas, vnt.	9435
Pardavimų planas, vnt.	279 552



3.3 pav. Lūžio taško grafinis atvaizdavimas

3.9.10. Pagrindiniai ekonominiai rodikliai

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

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

$$P_{bendrasis} = (Pel_{bendrasis} \times 100) / B_{pard} \quad (3.35)$$

$$P_{veiklos} = (Pel_{veiklos} \times 100) / B_{pard} \quad (3.36)$$

$$P_{grynasis} = (Pel_{grynasis} \times 100) / B_{pard} \quad (3.37)$$

$$Rg_{investicijų} = (Pe_{grynasis} \times 100) / (PF + AL) \quad (3.38)$$

$$Rg_{veiklos} = (Pel_{grynasis} \times 100) / (GK + VS) \quad (3.39)$$

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 apimtį.

Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai brandos stadijoje pateikti 3.34 lentelėje.

3.34 lentelė. Projekto finansiniai ekonominiai rodikliai

Rodikliai	
1	2
1. Produkcijos pardavimo apimtis, natūriniais vienetais brandos stadijoje:	655 140 525
2. Realizacinės pajamos, tūkst. Eur	655136529,2
3. Įmonės personalas, žmonėmis:	55
5. Vidutinis metinis darbo užmokestis, Eur:	2700
6. Gamybos kaštai, tūkst. Eur	250 326 323
7. Gaminio pilnoji savikaina, Eur:	1 302
8. Grynas pelnas, tūkst. Eur	247 497 532
10. Investicijų apimtis, tūkst. Eur	11574600
11. Bendrasis pelningumas, %	61,79%
12. Veiklos pelningumas, %	44,44%
13. Grynas pelningumas, %	37,78%
14. Investicijų grąža (rentabilumas) %	94,401%

3.34 lentelė tęsinys

1	2
15. Veiklos rentabilumas, %	68%
16. Apyvartos trukmė, dienos	360
17. Produkcijos imlumas apyvartinėms lėšoms, Eur	895
18. Projekto investicijų diskontuotas atsipirkimo laikas, metais	3,57
19. Projekto grynoji esamoji vertė, tūkst. Eur	42 969 608
20. Kapitalo kaštai, %	4,50%
21. Vidinė pelno norma, %	27%
22. Pelningumo indeksas	6,79

4. Darbuotojų sauga ir sveikata

Šiame skyriuje yra atsižvelgiama į projektuojamą technologinę liniją aptarnaujančių darbuotojų darbų saugą, sveikatą, darbo vietos higieną, bei gaisrinę saugą. Siekiant išsaugoti darbuotojų sveikatą ir darbingumą yra nustatomos darbo vietoje kylančios rizikos ir imamasi priemonių jas pašalinti, kai tai neįmanoma kiek galima labiau sumažinti.

4.1. Projektuojamos linijos charakteristika

Projektuojama technologinė linija įdiegiant naujus įrengimus taip modernizuojant liniją ir ją pritaikant tolimesnei gamybai. Technologinė linija yra kompleksiška. Dalis jos yra lauke, dalis – pastatuose, kuriuose jau yra įrengta: vandens ir oro tiekimo sistemos, ištraukiamoji ventiliacija. Technologinė linija skirta gaminti karbamidą, jį sintetinant kolonoje, koncentruojant išgarintuvuose ir granuliuojant bokšte.

Karbamido gamybos agregato eksploatavimo metu susiduriama su šiais pagrindiniais pavojais:

- Technologinių parametrų normų pažeidimai.
- Įrengimų eksploatavimo taisyklių pažeidimai.
- Darbuotojų saugos ir sveikatos taisyklių pažeidimai
- Priešgaisrinės saugos taisyklių pažeidimai
- Darbų saugos ir sveikatos instrukcijų pažeidimai stabdant arba leidžiant įrengimus
- Įrengimų paruošimo, atidavimo ir/ar priėmimo po remonto instrukcijų pažeidimai
- Chemiškai aktyvios medžiagos
- Basisukantys mechanizmai
- Garai, karštas vanduo
- Slėginiai indai
- Veikiantys elektros įrenginiai
- Triukšmas
- Vibracija
- Karšti vamzdynai
- Netvarkingi kontrolės prietaisai, signalizacijos ar automatinės blokuotės

Remiantis sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklėmis pasirenkamas sanitarinės apsaugos zonos dydis – 500 m. aplink įmonės teritoriją.

4.2. Profesinės rizikos vertinimas

Profesinės rizikos vertinimo tikslas yra nustatyti ir įvertinti esamą ar galimą riziką darbe, ją pašalinti, o jei negalima pašalinti, įdiegti prevencijos priemonės, kad darbuotojai būtų apsaugoti nuo rizikos arba ji būtų kiek įmanoma sumažinta [17]. Rizikos vertinimas atliekamas vadovaujantis Lietuvos respublikoje galiojančiais teisės aktais, kurie numato tokią tvarką:

- parengiamieji darbai;
- rizikos veiksnių tyrimas, rizikos dydžio nustatymas, sprendimo dėl rizikos priimtumo priėmimas;
- rizikos pašalinimas ar sumažinimas;
- rizikos stebėjimas.

Siekiant užtikrinti saugias darbo sąlygas, bei darbuotojų saugumą visi darbuotojai turi būti supažindinti su saugaus darbo ir įrengimų eksploatacijos taisyklėmis ar instrukcijomis, darbo metu naudoti kolektyvines ir/ar asmenines apsaugos priemones, taip pat mokėti atpažinti saugos ženklus, bei jais vadovautis.

Vertinant riziką darbo metu ir siekiant parinkti tinkamiausias apsaugos priemones įvertinami įtaką darbo saugai darantys veiksniai veiksniai.

Fizikiniai veiksniai:

Dirbtinis apšvietimas. Dirbtinis apšvietimas neigiamai veikia regos organus.

Veiksnių ribinis dydis > 200 Lx. (CVP – ne mažiau kaip 300 Lx., gamybinėse patalpose - ne mažiau kaip 100 Lx.) [18]

Šiluminė aplinka. Veikia kūno termoreguliaciją:

- oro temperatūra (šaltuoju periodu). Veiksnių ribinis dydis $15 \div 28$ °C;
- santykinis oro drėgnumas. Veiksnių ribinis dydis ≤ 75 %;
- oro judėjimo greitis. Veiksnių ribinis dydis $< 0,2$ m/s. [19]

Elektromagnetiniai laukai (operatorinė ir siurblinė). Neigiamai veikia centrinę nervų sistemą.

Triukšmas. Siurblinėje yra galimas klausos organų pakenkimas triukšmu. Leistinas maksimalus triukšmo lygis yra 85 decibelai. Didesnis kaip 85 dB triukšmas sukelia kasdien pasikartojantį klausos nuovargį. [20]

Vibracija. Virpesiai kenkia žmogaus organizmui. Dėl to žmogus suseraga kaulų ir raumenų, širdies ir kraujagyslių, nervų sistemos ir kitomis ligomis. Ilgesnį laiką dirbant tokiomis sąlygomis, žmogus suseraga profesine liga, vadinama virpesių liga. Ja sergant, organizme atsiranda negrįžtamų pakitimų, dėl kurių žmogus gali tapti invalidu [21].

Cheminiai veiksniai:

Amoniakas. Siurblinėje yra galimas uždujinimas amoniaku. Leistinas ilgalaikio poveikio ribinis dydis (IPRD) – 14 mg/m^3 , trumpalaikio poveikio ribinis dydis (TPRD) – 36 mg/m^3 . [22]

Amoniakas - degios dujos, mišinyje su oru sprogs. Sprogumo riba su oru: apatinė - 15 %, viršutinė - 28 %. Amoniakas dirgina, dusina, nuo jo ašaroja akys. Įkvėpus didelį kiekį amoniako, sukelia jaudulį, traukulius, plaučių pabrinkimą. Apsaugos priemonės: dujokaukės su filtruojančia A2-B2-E2-K2-P3 markės dėžute, apsauginiai akiniai, guminės pirštinės [23]. Naudojama, kai amoniako koncentracija ne aukštesnė 0,5 % ir deguonies ne mažiau 18 %, guminės pirštinės. Pirma medicininė pagalba nukentėjus nuo amoniako:

- išnešti nukentėjusį į gryną orą;
- atlaisvinti drabužius, trukdančius kvėpuoti, saugoti, kad nesusaltų;
- nustojus kvėpuoti, būtina daryti dirbtinį kvėpavimą;
- nukentėjusį šiltai apkloti ir iškviesti greitąją medicininę pagalbą.

Anglies dioksidas. Uždujinimas anglies dioksidu galimas kompresoriaus korpuse. Anglies dioksidas turi narkotinių savybių, dirgina odą ir gleivinę. Nedidelės anglies dioksido koncentracijos sužadina kvėpavimą, bet, didėjant koncentracijai, užgniaužia kvėpavimą. Esant anglies dioksido

koncentracijai ore apie 5 ÷ 8 %, prasideda kvėpavimo takų gleivinės dirginimas, kosulys, krūtinėje jaučiama šiluma, dirginamos akys, prasideda prakaitavimas, spaudimas galvoje, sutankėja pulsas. Leistinas ilgalaikio poveikio ribinis dydis (IPRD) - 9000mg/m³ , trumpalaikio poveikio ribinis dydis (TPRD) –18000 mg/m³. [22] Apsaugos priemonės: žarninės dujųkukės ŽD-1, ŽD-2. Pirmoji pagalba: grynas oras, deguonis. Sutrikus kvėpavimui, daryti dirbtinį kvėpavimą, iškviešti medicininę pagalbą.

Azotas.

Azotas yra pagrindinis oro komponentas, sudaro 78 % tūrio. Fiziologiškai inertinis azotas, sumažindamas deguonies koncentraciją plaučiuose, žalingai veikia žmogaus organizmą. Esant deguonies trūkumui, ypač uždaruose tūriuose ir susidarius padidintai azoto koncentracijai, žmogus miršta dėl nepakankamo organizmo maitinimo deguonimi (uždūsta). Apsaugos priemonės azoto aplinkoje yra izoliuojanti arba žarninė dujųkukė, suslėgto oro arba deguoniniai kvėpavimo aparatai. Pirmoji pagalba nukentėjusiam: dirbtinis kvėpavimas, panaudojant medicininį deguonį.

Ergonominiai veiksniai:

- Nuolat pasikartojantys rankų judesiai dalyvaujant plaštakos ir pirštų raumenims. Sukelia komuliacinės traumos sutrikimus. Veiksnių ribinis dydis < 40000 sk/pam.
- Darbinis aukštis kai darbas reikalauja laisvų rankų judesių. Veiksnių ribinis dydis – žemiau alkūnės lygio.
- Dėmesio koncentravimas. Veiksnių ribinis dydis – < 75 %.
- Regos įtampa. Veiksnių ribinis dydis 0,6 ir daugiau mm.
- Krovinių kėlimas rankomis. Moterims leidžiama kelti ne daugiau kaip 10 kg, vyrams - ne daugiau kaip 30 kg [24].

Fiziniai veiksniai:

- Kritimo iš aukščio pavojus šalia laiptų, landų žemyn, praėjimų.
- Kritimo ant slidaus pagrindo pavojus (vanduo, tepalai).
- Pavojus, susijęs su buvimu šalia dirbančių krovinių kėlimo mechanizmų.
- Gaisro ir sprogimo pavojus susidarius avarinei situacijai.
- Prisilietimo prie karštų paviršių pavojus.
- Apsiliejimo karštu vandeniu ir terminio nudegimo vandens garais pavojus.

Įvertinus ankščiau paminėtų cheminių medžiagų gaisrinio pavojingumo rodiklius, bei vadovaujantis pagrindiniais gaisrinės saugos reikalavimais vidinėms gamybinėms patalpoms yra priskiriama kategorija pagal gaisro ir sprogimo pavojų. Priskiriant kategoriją yra atsižvelgiama į naudojamą chemines medžiagas, vykstančius technologinius procesus, galimą sprogstamos terpės susidarymą. Pastatų ir patalpų pavojingumo pagal gaisro ir sprogimo galimybę kategorijos pateikiamos 4.1 lentelėje.

4.1 lentelė. Patalpų, pastatų pagal jų pavojingumą sprogimo ir gaisro atžvilgiu kategorija

Skyriaus, įrenginio, patalpų pavadinimas	Patalpų, pastatų pagal jų pavojingumą sprogimo ir gaisro atžvilgiu kategorija
CVP	Eg
Aukšto ir žemo slėgio siurblinė 0,00 m. atž.	Asg
Sintezės, aukšto, vidutinio ir žemo slėgio distiliacijos, forišgarinimo ir išgarinimo skyriai (lauko įrengimai)	Asg
Išgarinimo skyriaus siurblinė	Cg
Absorbcijos, desorbcijos, hidrolizės ir galutinės absorbcijos skyriai (lauko įrengimai)	Asg

4.3. Saugi gamyba

Visi anksčiau įvardinti rizikos veiksniai sukelia pavojų sveikatai, o avariniais atvejais ir gyvybei. Siekiant išvengti pavojaus, užtikrinti sau ir aplinkiniams sveikas ir saugias darbo sąlygas, personalas, aptarnaujantis karbamido gamybos agregato įrengimus, privalo:

- Vykdyti darbo vietos pareigų, saugos ir sveikatos, priešgaisrinės saugos, elektrosaugos ir civilinės saugos, o taip pat įrengimų, mašinų, agregatų eksploatavimo instrukcijas.
- Technologinį režimą vykdyti nepažeidžiant technologinių reglamentų normų.
- Visą laiką dirbti su įjungtomis ir techniškai tvarkingomis blokuotės, signalizacijos, elektrinės bei mechaninės apsaugos sistemomis.
- Visą darbo laiką būti atidžiu ir atsargiu.
- Visą darbo laiką turėti dujokaukę ir dėvėti apsauginį šalną.
- Rūkyti tik specialiai tam skirtose vietose.
- Darbo metu neužsiimti pašaliniais darbais, o atlikti tik savo tiesioginį darbą.
- Darbo vietoje palaikyti švarą ir tvarką.
- Mokėti ir suteikti nukentėjusiam pirmąją pagalbą.
- Mokėti iškviešti avarines tarnybas.
- Mokėti teisingai įvertinti susidariusią padėtį ir priimti atitinkančius sąlygas teisingus sprendimus.
- Aptarnaujant arba paimant garo, kondensato, karbamido tirpalo mėginius reikalinga naudoti darbo aprangą ir pirštines, veidą saugoti skydeliu, apsaugos akiniais arba dujokauke.
- Siurblinėje apsaugai nuo triukšmo naudojami antifonai.
- Visi cecho dirbantieji aprūpinami individualiomis apsaugos priemonėmis. Individualios apsaugos priemonės yra kiekvieno darbuotojo darbo vietoje.

Ceche (Operatorinėje, siurblinėje) yra avarinės atsargos dujokaukių A2B2E2K2P3 markės dėžučių.

Apsaugai nuo jonizuojančios spinduliuotės jokių priėmimo ir periodinių kokybės kontrolės bandymų gamintojas šaltiniui nereikalauja atlikti. Jokių kokybės kontrolės rodiklių, parodančių, kada reikia atlikti šaltinio remonto operacijas nėra. Galimos spinduliuotės zona pažymėta raudonomis linijomis ir radiacinės saugos ženklais. Pažymėtoje zonoje galima dirbti ne ilgiau kaip 10 min. per pamainą.

4.3.1. Elektrosauga

Elektrosauga – techninių, organizacinių priemonių ir teisinių normų visuma, skirtų žmonėms apsaugoti nuo pavojingos ir kenksmingo elektros srovės, elektros lanko, elektromagnetinio lauko ir statinės elektros poveikio, žingsnio įtampos visuma [25].

Pavojingi yra veikiantys elektros įrenginiai. Pratekėjusi per žmogaus kūną 90 ÷ 100 mA srovė yra mirtina. Apsaugos nuo elektros būdai: apsauginiai aptvarai ir širmos, apdangalai, gaubtai, skiriamieji transformatoriai, papildoma (dviguba) izoliacija, elektros srovei laidžių korpusų įžeminimas arba įnulinimas, įtampos ir srovės kontrolė, garsinė ir vizualinė signalizacija, apsaugai skirtų įtaisų ir priemonių panaudojimas, signalinės spalvos ir ženklai. Pirmoji pagalba: atjungti nukentėjusį nuo elektros srovės poveikio. Atlaisvinti drabužius, daryti dirbtinį kvėpavimą, jei nekvėpuoja - netiesioginį širdies masažą, kvieisti medicininę pagalbą.

4.4. Darbo higiena

Darbo aplinka – tai darbuotoją tiesiogiai veikianti aplinka, kurioje esantys rizikos veiksniai daro poveikį darbuotojo sveikatai. Kai darbo aplinka netinkamai organizuota, netinkamai parinktos kolektyvinės ar asmeninės apsaugos priemonės, poilsio pertraukos daromos per trumpos ar per retai ir pan. darbuotojai pavargsta greičiau, blogėja darbų atlikimo kokybė ir didėja nelaimingų atsitikimų darbe rizika. Todėl darbdavys turi užtikrinti tinkamą darbo aplinkos organizavimą ir imtis visų įmanomų priemonių, kad darbo aplinka būtų saugi ir atitiktų visas higienos normas [26, 18, 19, 21, 23, 24].

Chemines medžiagas į žmogaus organizmą gali patekti kvėpuojant, per odą, su vandeniu ar maistu. Patekę į organizmą jį gali apnuodyti. 4.2 lentelėje pateikiama karbamido gamyboje naudojamų ir susidarantių cheminių medžiagų toksiškumo charakteristika. Karbamido gamybos ceche didžiausia tikimybė apsinuodyti įkvėpiant ar nesilaikant darbo higienos normų.

4.2 lentelė. Gamyboje naudojamų ir susidarantių medžiagų toksiškumo charakteristika [22]

Žaliavų, pusgaminių, gatavo produkto, atliekų pavadinimas	Toksinė charakteristika (poveikio žymuo)	Kenksmingų medžiagų koncentracijų ribiniai dydžiai darbo aplinkoje (mg/m ³)	Apsaugos priemonės
1	2	3	4
Amoniakas	Toksiškas. Dirgina viršutinius kvėpavimo takus, esant didelėms koncentracijoms sužaloja centrinę nervų sistemą, sukelia traukulius. Nuo didelės koncentracijos ašaroja, skauda akis, prasideda kosulio priepuoliai, skauda skrandį, pykina. Skystas amoniakas, patekęs ant kūno chemiškai nudegina ir nušaldo.	Ilgalaikio poveikio ribinis dydis – 14 mg/m ³ (IPRD) Trumpalaikio poveikio ribinis dydis – 36 mg/m ³ (TPRD)	Filtruojanti dujokaukė su A2B2E2K2P3 markės dėžute.
Anglies dioksidas	Bespalvės, bekvapės, rūgštoko skonio dujos. Jei ore yra 5 % anglies dioksido skauda galvą ir dusina, o jei yra 10 % netenkama sąmonės ir dėl deguonies trūkumo gali ištikti mirtis.	Ilgalaikio poveikio ribinis dydis – 9000 mg/m ³ (IPRD) Trumpalaikio poveikio ribinis dydis – 18000 mg/m ³ (TPRD)	Žarninė dujokaukė, suslėgto oro kvėpavimo aparatai

4.2 lentelės tęsinys

1	2	3	4
Azotas	Bespalvės, bekvapės inertinės dujos. Lyginamasis svoris 1,25 kg/m ³ . Azotas yra pagrindinis sudedamasis oro komponentas (78 % tūrio). Fiziologiškai inertiškas azotas, sumažindamas deguonies parcialinį slėgį plaučiuose, žalingai veikia žmogaus organizmą. Esant deguonies trūkumui, ypač uždaruose tūriuose ir susidarius padidintai azoto koncentracijai, žmogus miršta dėl nepakankamo organizmo maitinimo deguonimi (uždūsta).	–	Žarninė dujųkaukė, suslėgto oro kvėpavimo aparatai
Metanas (priemaiša anglies dioksido)	Bespalvės, bekvapės dujos, degančios beveik nematoma liepsna. Pavojų sudaro didelės koncentracijos, išstumdamos iš oro deguonį.	–	Ceche nėra galimybių susidaryti pavojingai koncentracija
Vandenilis (priemaiša anglies dioksido)	Bespalvės, bekvapės, lengvai užsiliepsnojančios, fiziologiškai inertiškos dujos. Esant didelei koncentracijai, sumažėja deguonies koncentracija ore.	–	Ceche nėra galimybių susidaryti pavojingai koncentracija
Karbamidas	Esant temperatūrai 160 – 190 °C skyla, sudarydamas amonio cianatą. Atmosferos slėgyje, esant 160 – 190 °C skyla, sudarydamas biuretą, cianurinę rūgštį ir amelidą.	Trumpalaikio poveikio ribinis dydis – 10 mg/m ³ (TPRD)	Filtruojanti dujųkaukė su A2B2E2K2P3 markės dėžute, respiratorius

Prieš pradėdami darbą ceche darbuotojai turi būti instruktuojami ir supažindinami pasirašytinai su: saugaus darbo taisyklėmis, saugaus įrengimų eksploatavimo ir pareigybinėmis instrukcijomis, taip pat pabaigę pirmosios pagalbos kursus.

4.5. Gaisrinė sauga

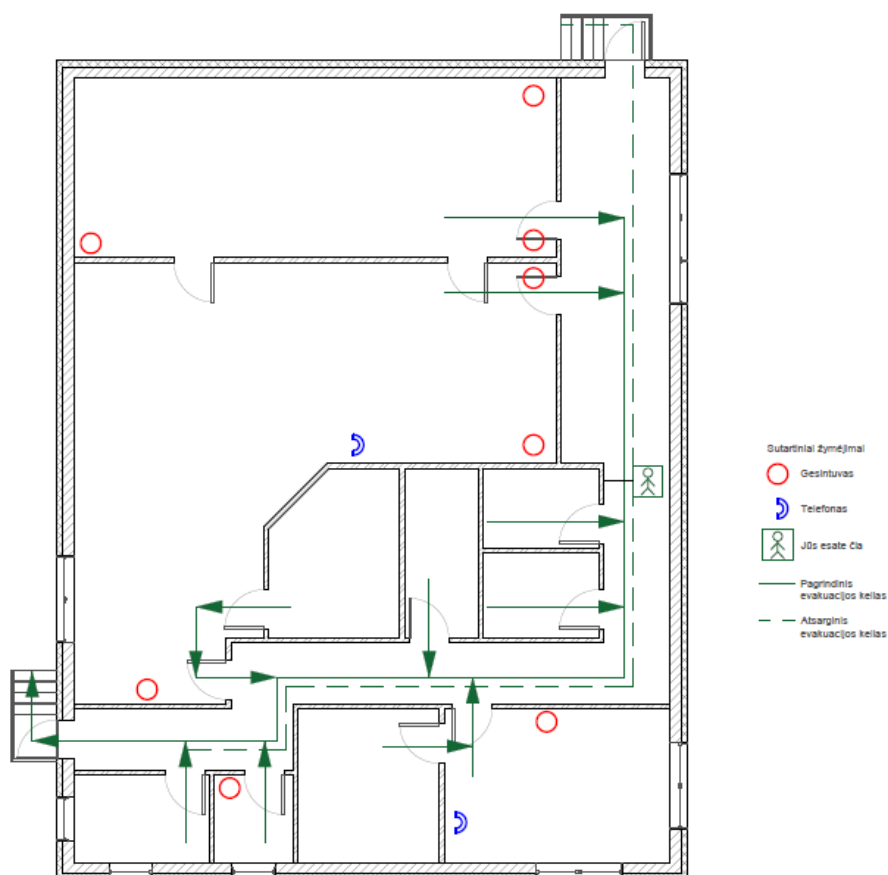
Projektuojamame karbamido gamybos agregate susiduriama ir su gaisro rizika. Siekiant sumažinti kilusio gaisro plitimo riziką yra naudojamos prieš gaisrinės saugos priemonės: gesintuvai, dėžės su smėliu ar specialiais sorbentais, gaisrinės saugos sistema ir gaisriniai hidrantais. Šios priemonės turi būti nuolat kontroliuojamos ir stebimos, kad kilus gaisrui veiktų patikimai ir tvarkingai.

Gesintuvai pagal savo tipą yra skirstomi į kelias grupes:

- Vandens putų gesintuvai. Dėl užpildo gali būti laikomi tik teigiamoje temperatūroje. Tinkami „A“ ir „B“ kategorijų gaisrams gesinti
- Milteliniai gesintuvai. Užpildyti gesinančiais milteliais. Tinkami gesinti kietoms medžiagoms, degiems skysčiams, elektros įrengimams iki 1000 V. Dėl užpildo savybių laikymo temperatūra gali būti ir neigiama. Tinkami „B“, „C“, „D“ ir „E“ kategorijos gaisrams gesinti.
- Anglies dioksido gesintuvai. Užpildyti anglies dioksidu. Tinkami gesinti degiems skysčiams ir elektros įrangai iki 1000 V. Dėl užpildo savybių nekenkia gesinamiems daiktams. Tinkami „C“ ir „E“ kategorijos gaisrams gesinti.

Gesintuvai turi būti laikomi lengvai prieinamose ir matomose vietose. Apsaugoti nuo tiesioginių saulės spindulių ir šilumos šaltinių. Gesintuvai statomi specialiose spintelėse, dėžėse ar stovuose ant žemės. Užrašai esantys ant gesintuvų turi būti aiškūs ir įskaitomi [28]. Įvertinus pastato kategoriją pagal sprogimo ir gaisro pavojų taip pat atsižvelgiant į plotą buvo parinkti 8 milteliniai gesintuvai.

Taip pat patalpose turi būti ir evakuaciniai planai su aiškiai pažymėtais evakuaciniais keliais, kai pagrindinis žymimas ryškia ištisine linija, o atsarginis punktyrine, jų buvimo vieta, gesintuvų ar gaisrinių čiaupų vietomis taip pat ir telefono ryšio vieta. Operatorinės evakuacinis planas pateikiamas 4.1 paveiksle. Operatorinėje prielaidų susidaryti sprogiai aplinkai nėra, todėl apsauga nuo sprogimo nėra taikoma.



4.1 pav. Operatorinės evakuacinis planas

Išvados

1. Atlikus karbamido gamybos būdų apžvalgą nustatyta, kad dažniausiai naudojama ir pažangiausia karbamido gamybos technologija su pilnu skysčio reciklu.
2. Ištirta karbamido dangos „Insoft“ koncentracijos įtaka granulių savybėms (granulių stipriui, higroskopiskumui). Įvertinus gautus tyrimo rezultatus granulių dengimui buvo parinkta danga su 20 % papildomai pridėto vandens, kurios norma 1 t karbamido yra 3 kg.
3. Atsižvelgiant į gautus rezultatus rekonstruota granuliuoto karbamido gamybos technologija, papildomai įmontuojant karbamido dangos sumaišymo talpą bei transportavimo siurbį.
4. Atsižvelgiant į siūlomus pakeitimus atlikti inžinerinės dalies masės ir šilumų balanso (1 t karbamido), amoniako pašildytuvo šilumokaitos ploto (104,7 m²) ir dangos sumaišymo talpos projektiniai skaičiavimai (korpuso sienelės storis 20 mm; elipsinių dugnų sienelės storis 21 mm; atvamzdžių sienelės storis 3 mm).
5. Atsižvelgiant į siūlomus pakeitimus atlikti statybinės ir ekonominės dalies skaičiavimai parodė, kad rekonstrukcijos atsiperkamumas yra ~100 tūkst. Eur. per metus. Padarytos investicijos atsipirks per 3,57 metų.
6. Atlikus aplinkos apsaugos ir darbo profesinės rizikos veiksnių vertinimą, siūloma darbuotojus aprūpinti asmeninėmis apsaugos priemonėmis (šalmais, darbo rūbais, ausinėmis ir kt.), diegti kolektyvines apsaugos priemones, mokyti ir instruktuoti darbuotojus įstatymuose numatyta tvarka.
7. Grafinėje dalyje pateikiami žemės sklypo plano, statinių, technologinės schemos ir pagrindinio aparato A1 formato brėžiniai (priedai 1 – 5).

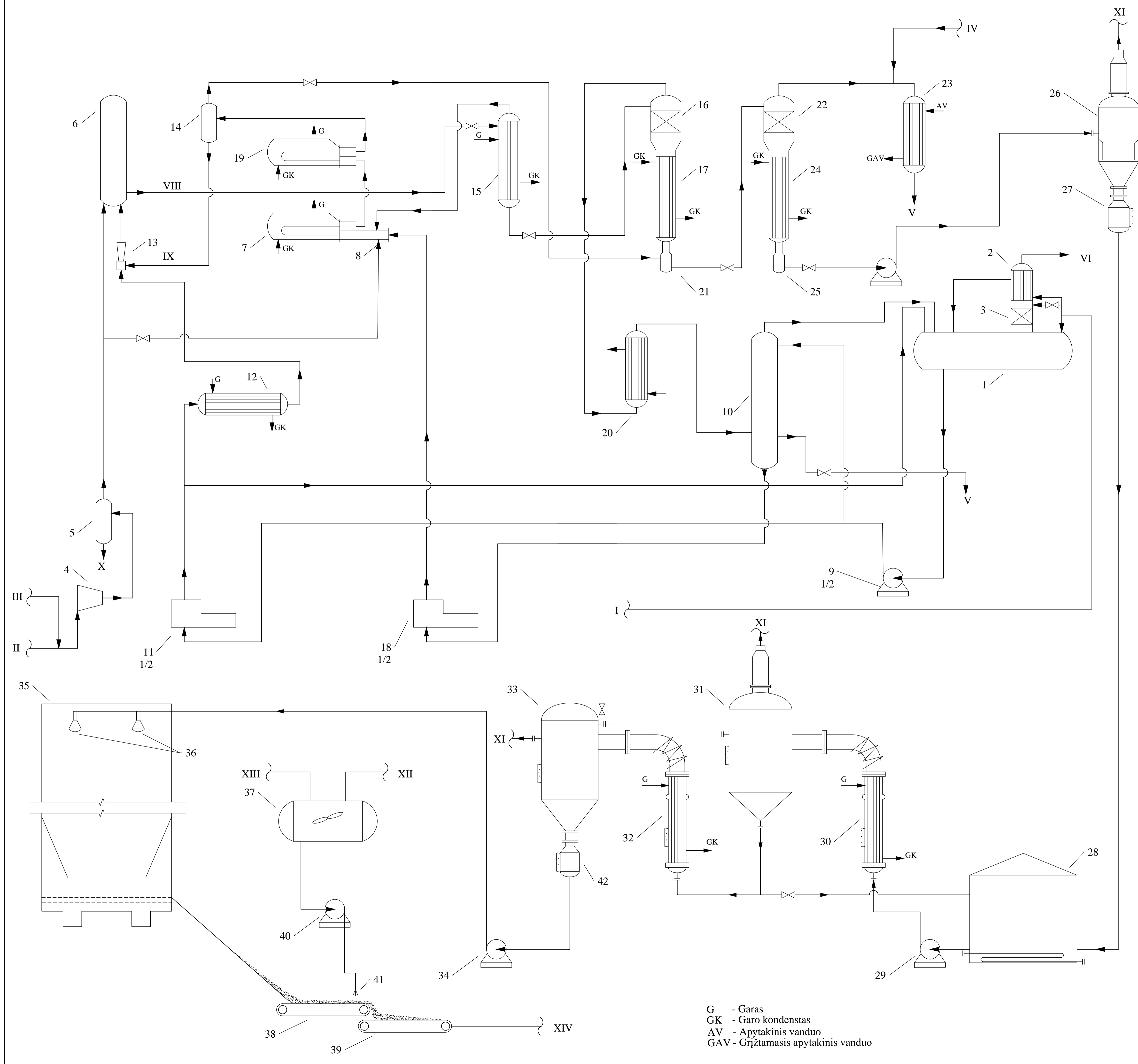
Literatūros sąrašas

1. IFA: *Databases* [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2022-04-25]. Prieiga per: <https://www.ifastat.org/databases/plant-nutrition>.
2. STATISTA: *Potential suply of urea fertilizer worldwide from 2014 to 2024*. [interaktyvus]. 2022. [žiūrėta 2022-06-01]. Prieiga per: <https://www.statista.com/statistics/438987/potential-supply-of-urea-fertilizer-worldwide/?fbclid=IwAR022Q8SGSM8IqkT2gzPHAUbH6-L2bOqUnegs52g1D7HO34206NBHhnO8Xo>
3. FAOSTAT. *Databases* [interaktyvus]. 2019. [žiūrėta 2022-03-26]. Prieiga per: <http://www.factfish.com/statistic-country/lithuania/urea%2C%20production>
4. NationMaster. *Databases* [interaktyvus]. 2022 [žiūrėta 2022-05-19]. Prieiga per : <https://www.nationmaster.com/nmx/ranking/urea-fertilizer-production>
5. CHINA STATISTICAL YEAR BOOK. [interaktyvus]. 2017. [žiūrėta 2019-05-17]. Prieiga per: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2017/indexeh.htm>
6. IFA. *Public Summary Medium-Term Fertilizer Outlook 2021 – 2025*. [interaktyvus] 2022. [žiūrėta 2022-05-19] prieiga per : <https://api.ifastat.org/reports/download/13362>
7. AICHEMA.LT: *Karbamidas N46,5*. [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2019-03-25]. Prieiga per: <http://www.achema.lt/karbamidas-n46-5>. *Specifikacija* [ineraktyvus]. 2016 [žiūrėta 2019-03-25] Prieiga per: <http://www.achema.lt/uploads/files/Azoto%20trasos/Karbamidas%20N46,5/20180419%20Karbamidas%20Auksciausia%20rusis%20specifikacija%20LT.pdf>.
8. AB „ACHEMA“: *Karbamido gamybos ketvirto agregato nuolatinis technologinis reglamentas*. AB „Achema“, 2017 m. keitimas Nr. 3, TR-120-07B.
9. КУЧЕРЯВЫЙ В.И., ЛЕБЕДЕВ В. В. *Синтез и применение карбамида*. Leningradas: Chemija, 1970. УДК 547.495
10. WAGGELING R. *The digital revoliution*. WorldFertilizers December/November. 2018; 47 ISSN 2398-4384
11. VOROBIEV A. *An inside job*. WorldFertilizers December/November, 2018, 42 ISSN 2398-4384
12. KUTTENKULER D. ir MUEHLING Ch. *Enchancing Efficiency*. WorldFertilizers July/august 2018, 39. ISSN 2398-4384
13. AZEEM B., KUSHAARI K., B. MAN Z., BASIT A., THANH T. *Review on materials & methods to produce controlled release coated urea fertilizer*. Journal of Controlled Release 2014, 11-21. ISSN 0168-3659
14. BILAL BEIG, MUHAMMAD BILAL KHAN NIAZI, ZAIB JAHAN, ARSHAD HUSSAIN, MUNIR HUSSAIN ZIA, MUHAMMAD TAQI MEHRAN, *Coating materials for slow release of nitrogen from urea fertilizer: a review*. Journal of Plant Nutrition, 2020, ISSN 1532-4087
15. FERNANDES B. S., PINTO J. C., LOPES R., FIALHO L., *Coating of urea granules by in situ polymerization in fluidized bed reactors*. Polimeros: Ciencia e Tecnologia. 2019, ISSN 1678-5169
16. YIMAN JIA, ZHENGYI HU, JING MU, WANTONG ZHANG, ZIJIAN XIE, GUOXI WANG, *Preparation of biochar as a coating material for biochar-coated urea*. Science of The Total Environment. 2020, ISSN 0048-9697
17. Profesinės rizikos bendrieji vertinimo nuostatai. Valstybės žinios, 2012, Nr. 126-6350.

18. HN 98:2014. Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai. TAR, 2014, Nr. 5119.
19. HN 69:2003. Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai. Valstybės žinios, 2004, Nr. 45-1485.
20. HN 33:2011. „Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“. Valstybės žinios, 2011, Nr. 75-3638.
21. Darbuotojų apsaugos nuo vibracijos keliamos rizikos nuostatai. Valstybės žinios, 2004, Nr.41-1350.
22. HN 23:2011. Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai. Valstybės žinios, 2011, Nr. 112-5274.
23. Darbuotojų apsaugos nuo cheminių veiksnių darbe nuostatai. Valstybės žinios, 2001, Nr.65-2396; (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2005, Nr.55-1907).
24. Ergonominių rizikos veiksnių tyrimo metodiniai nurodymai. Valstybės žinios, 2005-08-06, Nr. 95-3536;
25. Elektrosauga. [interaktyvus] 2016. [žiūrėta 2022-05-19] prieiga per:
<http://web.vu.lt/ff/g.sliauzys/files/2012/06/elektrosauga.pdf>
26. Darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsauginėmis priemonėmis nuostatai. Valstybės žinios, 2007, Nr. 123 -5055.
27. Bendrosios gaisrinės saugos taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 99 -5167 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios Nr. 118-5970).

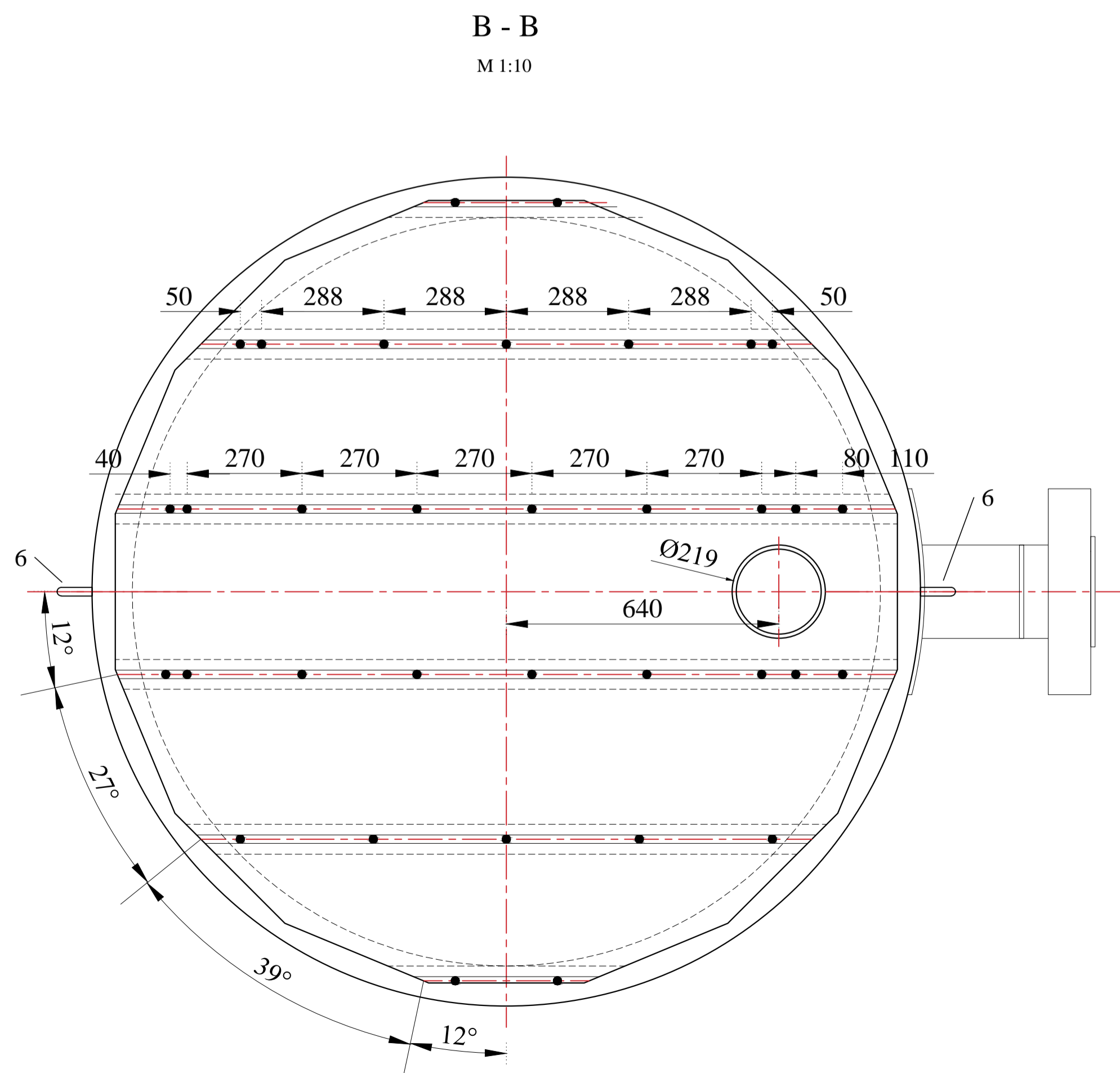
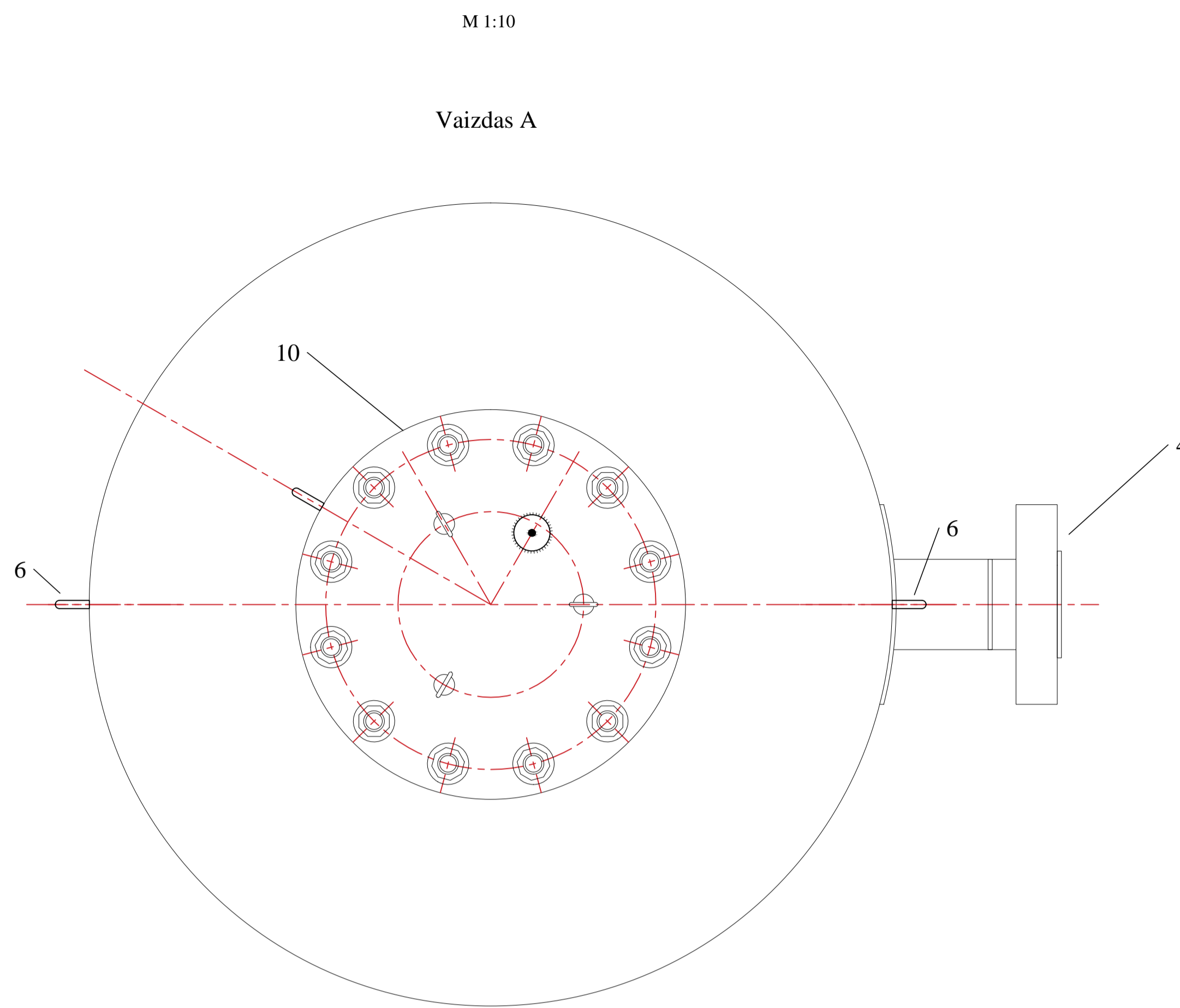
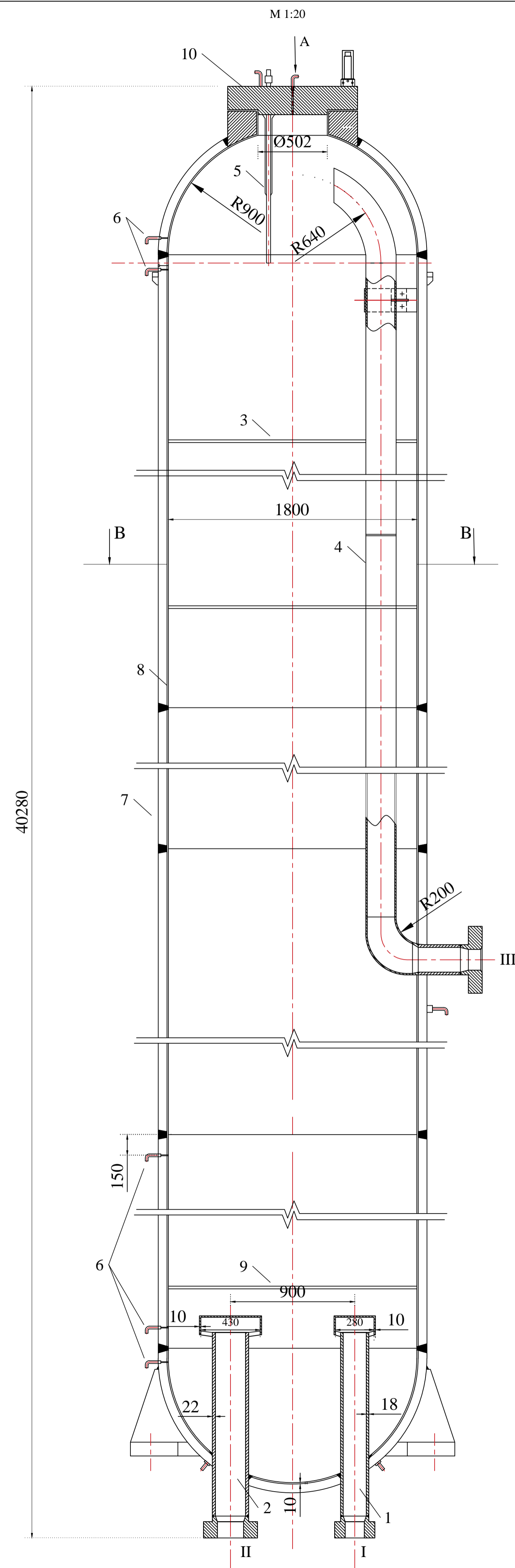
Priedai

- 1 priedas. Granuliuoto karbamido gamybos technologinė schema**
- 2 priedas. Karbamido sintezės kolona.**
- 3 priedas. Sklypo planas**
- 4 priedas. Pirmo aukšto planas**
- 5 priedas. Pastato pjūviai**



ŽYMĖJIMAS	PRODUKTO PAVADINIMAS	
I	Amoniakas iš gamyklinių tinklų	
II	CO ₂ iš gamyklinių tinklų	
III	Technologinis oras iš gamyklinių tinklų	
IV	Anglies amonio druskų tirpalas	
V	I anglies amonio druskų tirpalo talpyklą	
VI	I amoniako absorbciją	
VII	68 % karbamido tirpalas į išgarinimo skyrių	
VIII	29 % karbamido tirpalas	
IX	Anglies amonio druskų tirpalo reciklas	
X	Iš CO ₂ atskirta drėgmė	
XI	Išgarinimo metu susidariusi dujinė fazė	
XII	Vanduo dangos paruošimui	
XIII	"Insoft"dangos paruošimui	
XIV	Prekinis karbamidas į sandėlį	
POZICIJA	PAVADINIMAS	KIEKIS
1	Amoniakio talpykla	1
2	Amoniakio šaldytuvas	1
3	Amoniakio absorberis	1
4	CO ₂ kompresorius	1
5	Penkto suspaudimo laipsnio separatorius	1
6	Karbamido sintezės kolona	1
7	Pirmasis karbamatų kondensatorius	1
8	Karbamatų sumaišytuvas	1
9	Išcentrinis amoniako siurblys	2
10	Praplovimo kolona	1
11	Aukšto slėgio plunžerinis amoniako siurblys	2
12	Amoniakio pašildytuvas	1
13	Ežektorius	1
14	Karbamatų separatorius	1
15	Striperis	1
16	Vidutinio slėgio distiliacijos kolonos separatorius	1
17	Vidutinio slėgio distiliacijos kolonos pašildytuvas	1
18	Aukšto slėgio plunžerinis AAD siurblys	2
19	Antrasis karbamatų kondensatorius	1
20	Vidutinio slėgio kondensatorius	1
21	Vidutinio slėgio distiliacijos kolonos rinktuvas	1
22	Žemo slėgio distiliacijos kolonos separatorius	1
23	Žemo slėgio kondensatorius	1
24	Žemo slėgio distiliacijos kolonos pašildytuvas	1
25	Žemo slėgio distiliacijos kolonos rinktuvas	1
26,27	Forišgarinimo separatorius ir rinktuvas	1
28	Karbamido tirpalo talpa/rinktuvas	1
29,34	Karbamido tirpalo siurblys	2
30,32	I-ojo ir II-ojo laipsnio išgarinimo pašildytuvai	2
31,33	I-ojo ir II-ojo laipsnio išgarinimo separatoriai	1
35	Granuliuavimo bokštas	1
36	Akustiniai granulatoriai	1
37	Karbamido dangos sumaišymo talpa	1
38,39	Juostiniai transporteriai	1
40	Karbamido dangos siurblys	1
41	Karbamido dangos purkštukai	2
42	II-ojo laipsnio išgarinimo lydalo rinktuvas	1
Grupė	KTU cheminės technologijos fakultetas	Magistro baigiamasis projektas
TMC-0		Karbamido gamybos technologinė schema
	Vardas Pavardė Parašas Data	
Atliko	S. Krutulius	
Varėvas	R. Šlinkšienė	
Recenzentas	0	
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas	2022-BBP-FNCHK
BBP		Lapas Lapų
		1 1

G - Garas
 GK - Garo kondensatas
 AV - Apytakinis vanduo
 GAV - Grižtamasis apytakinis vanduo



SINTEZĖS KOLONOS SRAUTŲ ŽYMĖJIMO LENTELĖ

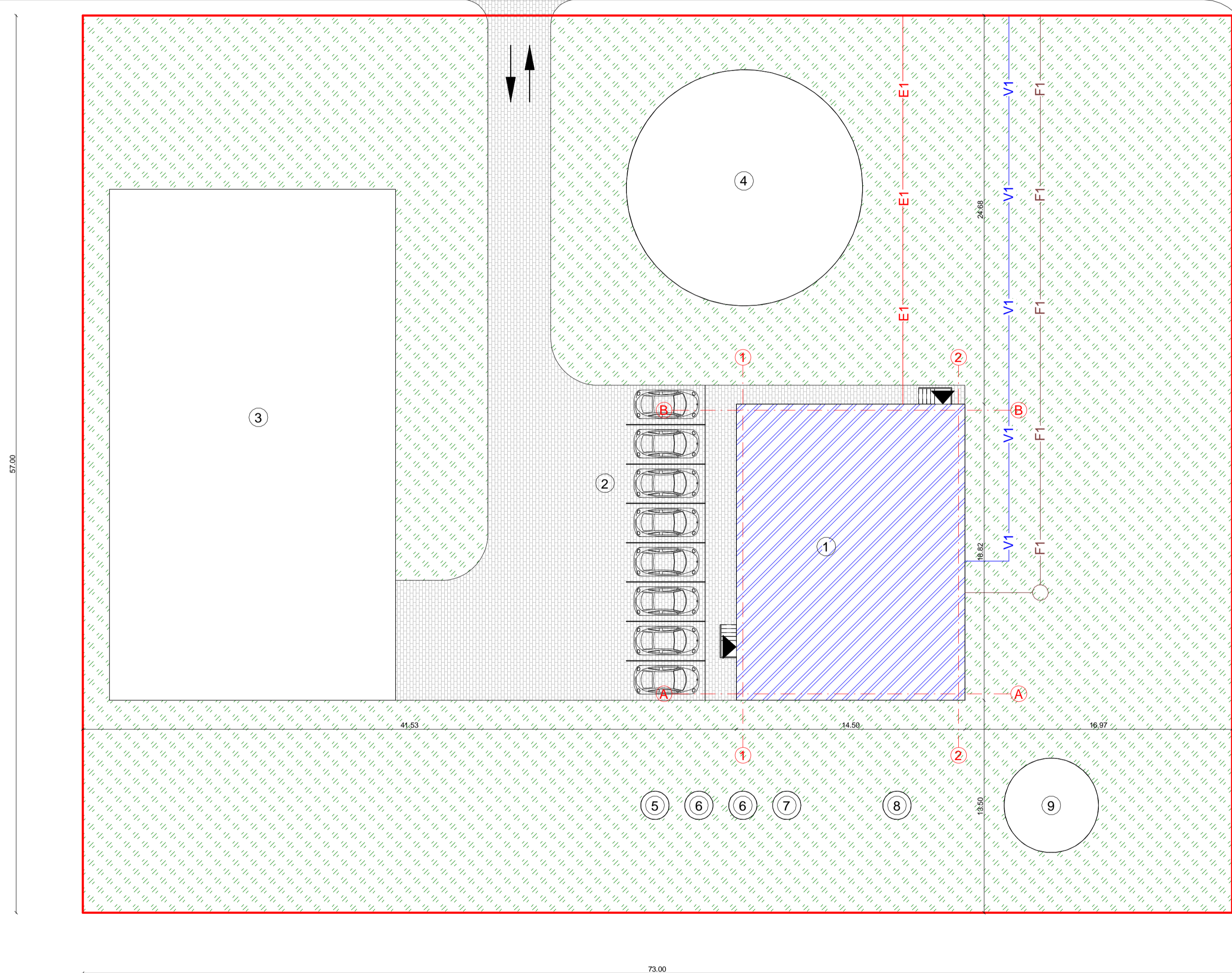
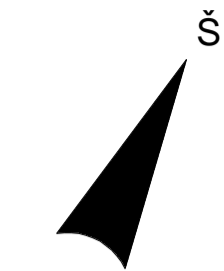
Ženklinimas	Pavadinimas
1	Šviežias CO ₂
2	NH ₃ ir AAD srautas iš ežektoriaus
3	Karbamido ir karbamato tirpalas

SINTEZĖS KOLONOS DETALIŲ ŽENKLINIMO LENTELĖ

Ženklinimas	Pavadinimas	Kiekis
1	CO ₂ tiekimo atvamzdis	1
2	NH ₃ ir AAD tiekimo atvamzdis	1
3	Lėkštės iš "U" formos segmentų	13
4	Persipylimo atvamzdis	1
5	Termopora	1
6	Futeruotės kontrolė	7
7	Kolonos korpusas	1
8	Kolonos futeruotė	1
9	Sumaišymo lėkštė	1
10	Kolonos dangtis	1

Grupė	KTU cheminės technologijos fakultetas	Magistro baigiamasis projektas	
TMC-0		Karbamido gamybos skyrius	
	Vardas Pavardė	Parašas	Data
	Atliko S. Krutulis		
	Vadovavo R. Šlinkienė		
	Recenzavo R. Paleckienė		
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra		
BMP	LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas	2022-BMP-FNCHK	
		Lapas	Lapų
		1	1

SKLYPO PLANAS M 1:200



Sutartiniai žymėjimai

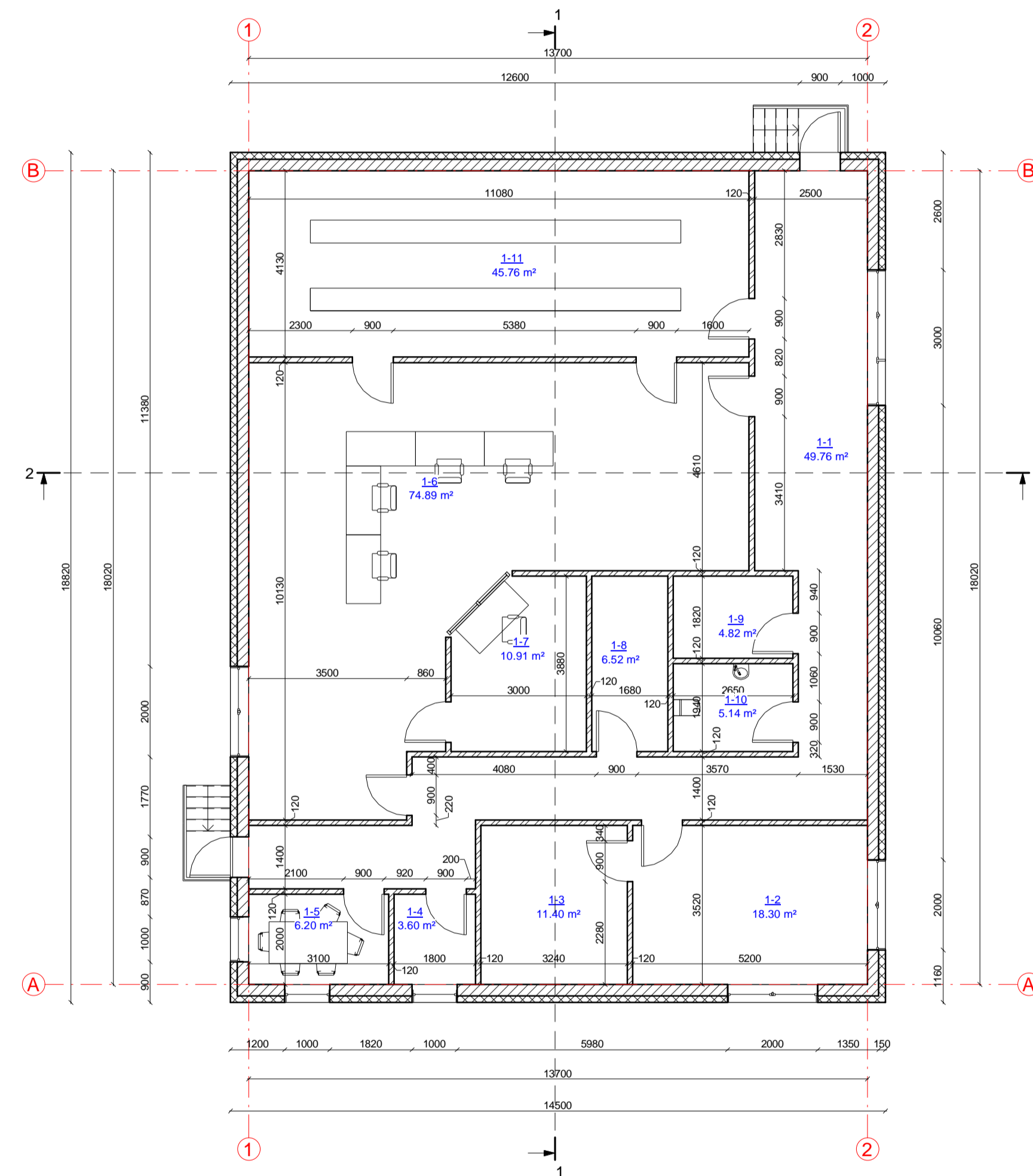
Žymėjimas	Pavadinimas
	Sklypo riba
	Įėjimai į pastatą
	Įvažiavimas/išvažiavimas
	Projektuojami elektros tinklai
	Projektuojami vandentiekio tinklai
	Projektuojami nuotekų tinklai
	Betoninės trinkelės
	Veja

Statinių eksplikacija

Numeris	Pavadinimas
1	Projektuojamas pastatas
2	Automobilių stovėjimo aikštelė
3	Kompresorinė
4	Granuliavimo bokštas
5	Striperis
6	Distiliacijos kolonos
7	Forišgarinimo įrenginys
8	Sintezės kolona
9	Karbamido tirpalo talpykla

Grupė	KTU cheminės technologijos fakultetas	Magistro baigiamasis darbas	
TMC-0		Karbamido gamybos operatorių pastatas	
	Vardas Pavardė	Paraišas	Data
	Konsultantas: O. Vilioniene		
	Atliko: S. Knužulis		
	Važiavo: R. Širvikiene		
	Recenzantas: R. Paieckiene		
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas	2022-MBP-01	Lapas 1 / Lpų 1
MBP			0

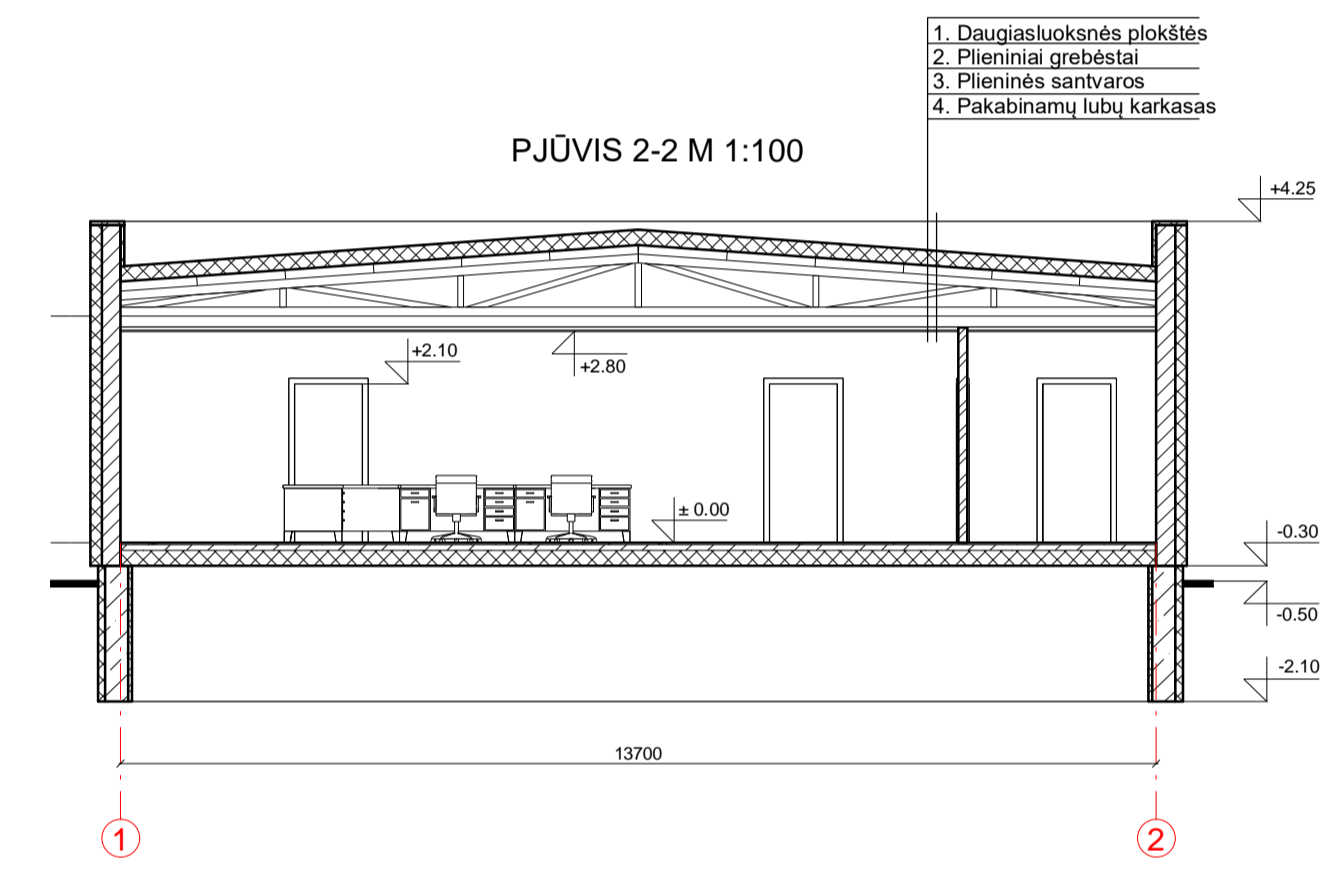
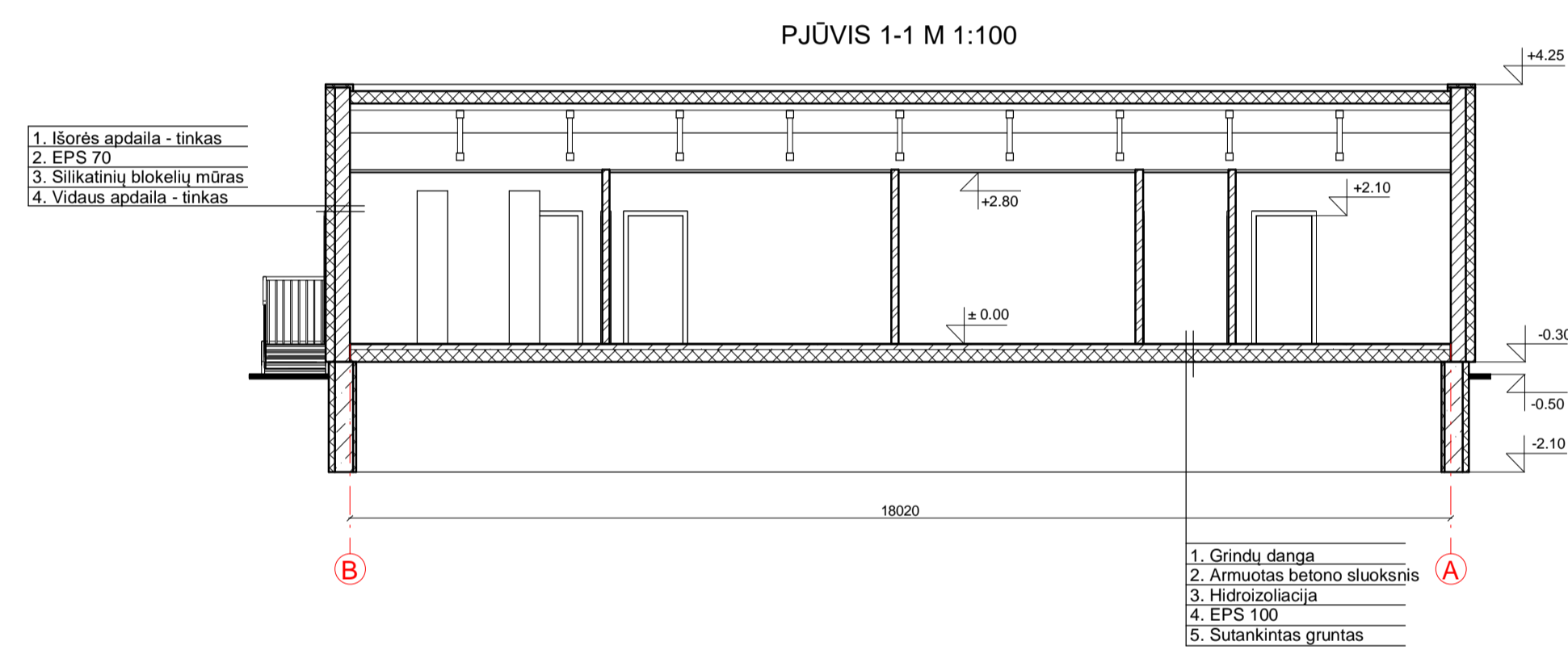
PIRMO AUKŠTO PLANAS M 1:100



Pirmo aukšto patalpų eksplikacija

Numeris	Pavadinimas	Plotas
1-1	Koridorius	49.76 m ²
1-2	Rūbinė	18.30 m ²
1-3	Dušai	11.40 m ²
1-4	Rūkyklos patalpa	3.60 m ²
1-5	Valgomasis	6.20 m ²
1-6	CVP	74.89 m ²
1-7	Pamainos inžinieriaus kabinetas	10.91 m ²
1-8	Pagalbinė patalpa	6.52 m ²
1-9	Pagalbinė patalpa	4.82 m ²
1-10	Tualetas	5.14 m ²
1-11	Kontrolerių patalpa	45.76 m ²
	Suma	237.31 m²

Grupė	KTU cheminės technologijos fakultetas	Magistro baigiamasis darbas	
TMC-0		Karbamido gamybos operatorių pastatas	
	Vardas Pavardė	Parasas	Data
	Konsultantas: O. Vilioniene		
	Atliko: S. Knučulis		
	Važiavo: R. Širvickienė		
	Recenzentas: R. Paieckienė		
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas	2022-MBP-02	Lapas 1 / 1
MBP			Lapų 1 / 1



Grupė	KTU cheminės technologijos fakultetas	Magistro baigiamasis darbas	
TMC-0		Karbamido gamybos operatorių pastatas	
	Vardas Pavardė	Parasas	Data
	Konsultantas: O. Vilioniene		
	Atliko: S. Knulis		
	Važiavo: R. Širvėšienė		
	Recenzentas: R. Pačickienė		
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas	2022-MBP-03	Lapas 1 / Lpų 1
MBP			1 1