



Kauno technologijos universitetas
Cheminės technologijos fakultetas

Sintezės dujų gamybos tobulinimas
Baigiamasis magistro projektas

Valdas Vainoris
Projekto autorius

Lekt. dr. Andrius Jaskūnas
Vadovas

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas
Cheminės technologijos fakultetas

Sintezės dujų gamybos tobulinimas

Baigiamasis magistro projektas

Chemijos inžinerija (6211EX020)

Konsultantai:

Lekt. dr. Odeta Viliūnienė

Statybų sprendimai

Valdas Vainoris

Projekto autorius

Prof. dr. Irena Pekarskienė

Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai

Lekt. dr. Andrius Jaskūnas

Vadovas

Prof. dr. Gintaras Denafas

Aplinkosauginis vertinimas

Doc. dr. Anatolijus Eisinis

Recenzentas

Doc. dr. Dalia Nizevičienė

Darbuotojų sauga ir sveikata

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Valdas Vainoris

Sintezės dujų gamybos tobulinimas

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.

Valdas Vainoris

Patvirtinta elektroniniu būdu



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Tvirtinu:
Cheminės technologijos fakulteto dekanas
prof. K. Baltakys

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

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

2021 m. kovo mėn. 03 d.

Baigiamojo magistro projekto užduotis

Projekto tema

Sintezės dujų gamybos tobulinimas

Darbo tikslas ir uždaviniai

Darbo tikslas – išanalizuoti pramonėje naudojamus vandenilio gamybos būdus, žinomus technologinius sprendimus, įvertinti nagrinėjamos sintezės dujų gamybos tobulinimo galimybes.

Darbo uždaviniai:

atlikti vandenilio gamybos būdų literatūros apžvalgą techniniais ir ekonominiais aspektais;

atlikti technologinio proceso bei žaliavų analizę ir vertinimą taikant pasirinktą skaičiavimo/modeliavimo/analizės metodiką ir pateikti technologijos tobulinimo galimybių vertinimą;

pateikti gamybinio proceso vykdymo technologinę schemą ir pagrindinio aparato brėžinį;

pateikti statybinius sprendimus, finansinius ir ekonominius skaičiavimus, aplinkosauginį vertinimą bei reikalavimus dėl darbuotojų saugos ir sveikatos.

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“.

Vadovas

Lekt. dr. Andrius Jaskūnas

(vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas)

(data)

Užduotį gavau:

Valdas Vainoris

(studento vardas, pavardė)

(parašas, data)

Vainoris, Valdas. Sintezės dujų gamybos tobulinimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas lekt. dr. Andrius Jaskūnas; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: sintezės dujos, vandenilis, vandenilio gamyba, metano konversija.

Kaunas, 2021. 73 p.

Santrauka

Viena iš svarbiausių amoniako gamybos stadijų yra sintezės dujų gamybos procesas. Plačiausiai naudojamas sintezės dujų gamybos būdas yra dviejų laipsnių metano konversija vandens garais. Proceso metu, aparatų išorėje, deginamos gamtinės dujos, kad būtų palaikoma reikiama proceso temperatūra. Gamtinių dujų degimo metu yra išmetamas didelis CO₂ kiekis į atmosferą. Norint pasiekti Europos žalią susitarimo tikslus būtina tobulinti esamas sintezės dujų gamybos technologijas. Magistro baigiamajame projekte buvo atliekamas tyrimas, kuriuo bandoma išsiaiškinti kaip galima sumažinti sudeginamų gamtinių dujų kiekį, sintezės dujų gamybos procese. Tyrimo metu buvo didinama, gamyboje naudojamo aplinkos oro, deguonies koncentracija ir stebima kaip keičiasi sudeginamų gamtinių dujų kiekis. Rezultatai parodė, kad padidinus deguonies koncentraciją, naudojamame ore iki 30 %, viso proceso metu sudeginama apie 4900 kg/h mažiau gamtinių dujų ir tuo pačiu išmetama 13450 kg/h mažiau CO₂ į atmosferą.

Pagal technologinį patobulinimą, pateikti statybiniai sprendimai. Projekte tobulinama sintezės dujų gamybos linija yra Jonalaukio kaime šalia Neries ir Šventosios upių santakos, netoli Jonavos. Gamyklos vietą lėmė patogi geografinė padėtis su šalia esančiomis automagistralės ir geležinkelio linijomis, kurios jungia įmonę su didžiaisiais Lietuvos miestais bei Baltijos jūros uostu. Modernizuojamo gamybinio objekto sklypas užima 1,3 ha. Sklypas yra gamyklos, šiaurės – rytų, teritorijos dalyje. Technologinė linija užima 1231 m², tai 9,5 % sklypo ploto. Tobulinamoje technologinėje linijoje suprojektuotos inžinerinės sistemos: vanduo, oras, deguonis, gamtinės dujos.

Atliktas technologinio patobulinimo finansinis ir ekonominis įvertinimas. Iš jo nustatyta, kad modernizacijai atlikti reikia investuoti 1,39 mln. Eur. Po patobulinimo, pagaminti 1 tonai amoniako, iš sintezės dujų, sutaupoma 30,78 Eur. Grynas pelnas padidėja 14,44 mln. Eur. Planuojama, kad investicijos atsipirks po 2,09 m., o veikla taps pelninga pardavus 110160 tonų produkto.

Atlikus sintezės dujų gamybos aplinkosauginį vertinimą, didžiausią žalą gamtai daro teršalų išmetimas į aplinkos orą. Išmetamosios dujos valomos naudojant homogeninį valymo įrenginį. Planuojamas patobulinimas leistų sumažinti anglies dioksido, azoto oksidų ir anglies monoksido išmetimą į atmosferą.

Taip pat pateikti darbuotojų saugos ir sveikatos reikalavimai, kurie keliami projektuojamai gamybos linijai. Nustatytos galimos profesinės rizikos ir numatytos prevencinės priemonės joms mažinti. Pateikiama informacija apie gamyboje naudojamas kenksmingas medžiaga ir jų ribines vertes. Taip pat pateikti saugios gamybos ir gaisrinės saugos reikalavimai.

Vainoris, Valdas. Improvement of Synthesis Gas Production. Master's Final Degree Project / supervisor lekt. dr. Andrius Jaskūnas; Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

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

Keywords: synthesis gas, hydrogen, hydrogen production, methane conversion.

Kaunas, 2021. 73 p.

Summary

One of the most important stages in ammonia manufacturing is the synthesis gas production process. Most commonly used synthesis gas production method is two-step steam methane conversion. Throughout the process, outside the equipment, natural gas is being burned to maintain constant temperature. During combustion of natural gas, a significant amount of CO₂ is emitted into the atmosphere. In order to achieve the objectives of the European Green Agreement, it is vital to improve existing synthesis gas production technologies. For the Master Thesis, a research was conducted, which aims to find out how to reduce the amount of natural gas burned in the process of synthesis gas production. During the study, the concentration of ambient oxygen used in the production was increased and the change in the amount of natural gas combusted was monitored. The outcome showed that increasing the oxygen concentration in the air by 30 %, results in 4900 kg/h reduced natural gas combustion and, at the same time, 13450 kg/h less CO₂ emissions into the atmosphere.

According to technological improvement, construction solutions are provided. The synthesis gas production line that is under development in the project is located in Jonalaukis village, near the confluence of the Neris and Šventoji rivers, nearby Jonava. The location of the plant was determined by the convenient geographical location with the close-by highway and railway lines that connect the company with major Lithuanian cities and the Baltic Sea port. The plot of the modernized production facility occupies 1.3 ha. The plot is located in the north - eastern part of the factory territory. The technological line occupies 1231 m², which is 9.5 % of the plot area. In the technological line that is being improved, engineering systems are designed: water, air, oxygen, natural gas.

A financial and economic evaluation of the technological improvement was performed. It was determined that 1.39 million Eur should be invested in modernization. After the improvement, 30.78 Eur are saved after producing 1 ton of ammonia from synthesis gas. Net profit increases by 14.44 million Eur. It is predicted that the investment will pay off after 2.09 yr and the activity will become profitable following the sales of 110160 tons of the product.

Following an environmental assessment of synthesis gas production, the greatest damage to nature is caused by the emissions of pollutants into the ambient air. Gas emissions are cleaned using a homogeneous purification appliance. The planned improvement would reduce emissions of carbon dioxide, nitrogen oxides and carbon monoxide into the atmosphere.

The safety and health requirements for the designed production line are also presented. Potential occupational risks have been identified and preventive measures have been taken to reduce them. Information on harmful substances used in production and their limit values are provided. Requirements for safe production and fire safety are also presented.

Turinys

Lentelių sąrašas	9
Paveikslų sąrašas	11
Įvadas.....	12
1. Literatūros apžvalga	13
1.1. Sintezės dujos	13
1.2. Sintezės dujų gamyba naudojant dviejų laipsnių metano konversiją	13
1.2.1. Fizikiniai ir cheminiai dviejų laipsnių metano konversijos pagrindai.....	14
1.2.2. Šalutiniai procesai	16
1.2.3. Metano konversijos katalizatoriai.....	16
1.2.4. Katalizatoriaus nuodai	18
1.3. Dvylaipsnės metano konversijos patobulinimai.....	18
1.3.1. <i>Johnson Matthey</i> endoterminis konverteris šildomas sintezės dujomis	18
1.3.2. <i>Haldor Topsoe</i> konvekcinis konverteris.....	19
1.4. Nauji sintezės dujų gamybos būdai iš gamtinių dujų	20
1.4.1. Sintezės dujų gamyba naudojant dujų perjungimo reformerį.....	20
1.5. Sintezės dujų gamyba naudojant membraninį dujų perjungimo reformerį	22
2. Tiriamoji dalis.....	23
2.1. Sukurtas esamos sintezės dujų gamybos technologijos modelis.....	23
2.2. Modelio aprašymas.....	24
2.2.1. Gamtinių dujų kompresija ir sieros valymas	25
2.2.2. Pirmo laipsnio konversija	26
2.2.3. Antro laipsnio konversija	27
2.2.4. Sudeginimo dujos	29
2.3. Sintezės dujų gamybos modernizavimas.....	29
2.3.1. Medžiagų balansas patobulintai sintezės dujų gamybai	33
2.4. Tyrimo apibendrinimas	35
3. Inžinerinė dalis.....	36
3.1. Sintezės dujų gamybos technologinė schema ir aiškinamasis raštas.....	36
3.1.1. Gamtinių dujų suslėgimas	36
3.1.2. Sieros junginių šalinimas.....	36
3.1.3. Azoto ir deguonies mišinio suslėgimas	37
3.1.4. Pirmo ir antro laipsnio konversija	37
3.1.5. Kūryklinės dujos.....	39
3.1.6. Technologinės linijos pakeitimai.....	39
3.2. Statybiniai sprendimai	40
3.2.1. Bendrieji duomenys.....	40
3.2.2. Statinio architektūrinė ir konstrukcinė sandara	41
3.2.3. Bendrųjų pastato inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai	41
3.3. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai.....	41
3.3.1. Technologinio patobulinimo projektavimas ir diegimas, bei aplinkos analizė: ekonominių ir organizacinių problemų nustatymas	41

3.3.2. Investicijų bei finansų šaltiniai, projektuojamam patobulinimui	42
3.3.3. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas	43
3.3.4. Produkcijos gamybos apimtis ir gaunamosios pajamos	43
3.3.5. Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas	44
3.3.6. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas	46
3.3.7. Veiklos kaštai	47
3.3.8. Finansinės ir investicinės sąnaudos	48
3.3.9. Gaminio kainos skaičiavimas	48
3.3.10. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai	49
3.3.11. Grynujų pinigų srautų ir pelno skaičiavimas	50
3.3.12. Investicijų efektyvumo vertinimas	51
3.3.13. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai	54
3.4. Aplinkosauginis vertinimas	54
3.4.1. Įvadas	54
3.4.2. Ūkinės veiklos teritorija	55
3.4.3. Bendrieji duomenys	56
3.5. Atliekos	57
3.6. Aplinkos oro tarša	58
3.7. Vandens naudojimas	61
3.8. Apibendrinimas	61
4. Darbuotojų sauga ir sveikata	62
4.1. Projektuojamo objekto charakteristika	62
4.2. Profesinės rizikos vertinimas	62
4.3. Saugi gamyba	64
4.4. Darbo higiena	65
4.5. Gaisrinė sauga	67
Išvados	69
Literatūros sąrašas	70
Priedai	73
1 priedas. Sintezės dujų gamybos technologinė schema	73
2 priedas. Šachtinio konverterio brėžinys	73
3 priedas. Technologinės linijos plano brėžinys	73
4 priedas. Technologinės linijos fasado brėžinys	73
5 priedas. Technologinės linijos sklypo plano brėžinys	73

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Metano konversijoje naudojami katalizatoriai	17
2 lentelė. Metano konversijos vandens garais vamzdinėje krosnyje medžiagų balansas	27
3 lentelė. Metano sudeginimo vamzdinių reaktorių išorėje medžiagų balansas	27
4 lentelė. Metano konversijos oru-vandens garais šachtiniame konverteryje medžiagų balansas....	28
5 lentelė. Vandenilio išeigos pokytis, keičiantis oro sudėčiai ir KD temperatūrai po vamzdinio reaktoriaus	32
6 lentelė. Metano konversijos vandens garais vamzdinėje krosnyje medžiagų balansas po patobulinimo.....	34
7 lentelė. Šachtinio konverterio medžiagų balansas po patobulinimo	34
8 lentelė. Metano sudeginimo reaktoriaus medžiagų balansas po patobulinimo	35
9 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai	40
10 lentelė. Technologinio patobulinimo kaštai ir finansavimo šaltiniai	42
11 lentelė. Ilgalaikis turtas	43
12 lentelė. Produkcijos gamybos apimtis ir gaunamosios pajamos	43
13 lentelė. Išlaidos pagrindinei žaliavai, gamtinėms dujoms.....	44
14 lentelė. Pagrindinių darbininkų metinis darbo užmokestis	45
15 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai.....	45
16 lentelė. Išlaidos šiluminei energijai.....	46
17 lentelė. Amortizaciniai atskaitymai.....	47
18 lentelė. Gamybos kaštai	47
19 lentelė. Veiklos sąnaudų paskirstymas.....	48
20 lentelė. Paskolos grąžinimo planas ir palūkanų mokėjimas.....	48
21 lentelė. 1 tonos amoniako kainos skaičiavimas.....	49
22 lentelė. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai.....	49
23 lentelė. Sąnaudų pasikeitimas, įvykdžius projektą.....	50
24 lentelė. Projekto grynujų pinigų srautų skaičiavimas	51
25 lentelė. Diskontuotų investicijų atsipirkimo periodo skaičiavimas.....	52
26 lentelė. Projekto ekonominio vertinimo rodikliai	53
27 lentelė. Lūžio taško skaičiavimas.....	53
28 lentelė. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai.....	54
29 lentelė. Duomenys apie produkciją.....	56
30 lentelė. Duomenys apie naudojamą žaliavas, chemines medžiagas ar preparatus	56
31 lentelė. Gamyboje naudojamos žaliavos ir energija.....	57
32 lentelė. Atliekos, atliekų tvarkymas	57
33 lentelė. Stacionarių taršos šaltinių fiziniai duomenys	59
34 lentelė. Tarša į aplinkos orą	60
35 lentelė. Išmetamųjų dujų valymo įrenginiai.....	61
36 lentelė. Naudojamo vandens balansas.....	61
37 lentelė. Rizikos veiksniai, jų ribiniai dydžiai ir prevencijos priemonės	62
38 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai	64
39 lentelė. Pastatų, patalpų ir išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų	64
40 lentelė. Elektros įrangos parinkimas	65
41 lentelė. Kenksmingų medžiagų ribiniai dydžiai.....	66

42 lentelė. Projektuojamo objekto regos darbų kategorija ir norminė apšvieta.....	67
43 lentelė. Darbo patalpos komfortinės sąlygos	67
44 lentelė. Gaisro klasė ir ugnį gesinanti medžiaga.....	68

Paveikslų sąrašas

1 pav. Vandenilio gamyba iš skirtingų žaliavų	13
2 pav. Dvilaipsnė metano konversija	14
3 pav. Gamtinių dujų konversijos vandens garais katalizatorius	17
4 pav. Johnson Matthey sintezės dujų pašildomas endoterminis konverteris.....	19
5 pav. <i>Haldor Topsoe</i> konvekcinis konverteris	20
6 pav. Dujų perjungimo reformeris	21
7 pav. Sintezės dujų gamybos schema dujų perjungimo būdu	22
8 pav. Membraninis dujų perjungimo reformeris	22
9 pav. Sintezės dujų gamybos modelio schema esamai technologijai	23
10 pav. Reakcijų rinkinys vamzdinėje krosnyje	24
11 pav. Reakcijų rinkinys šachtiniame konverteryje	24
12 pav. Reakcija metano deginimui	25
13 pav. Modernizuota sintezės dujų gamybos modelio schema	30
14 pav. Vandenilio išeigos priklausomybė nuo konvertuotų dujų temperatūros	31
15 pav. Vandenilio išeigos priklausomybė nuo konvertuotų dujų, po vamzdinės krosnies, temperatūros ir naudojamo oro mišinio, deguonies koncentracijos	31
16 pav. Sudeginamo metano kiekio ir konvertuotų dujų (XI) srauto temperatūros kitimas nuo deguonies koncentracijos.....	33
17 pav. Principinė oro skaidymo bloko schema	40
18 pav. Projektuojamos ūkinės veiklos situacijos planas.....	56
19 pav. Centrinio valdymo pulto evakuacijos planas	68

Įvadas

Daugelį metų mokslininkai stebi klimato kaitą, kuri smarkiai neramina dėl sparčiai šylančios atmosferos. Šiltnamio efektas didėja ir tą reikia stabdyti. Mokslininkai įspėja, kad jei skubiai nebus imtasi veiksmų, tikėtina, kad pasaulio klimatas iki 2060 m. sušils daugiau negu 2 °C, lyginant su iki pramoninio laikotarpio lygiu. Iki šio amžiaus pabaigos temperatūra gali pakilti net 5 °C [1]. Šis faktas verčia rimtai sunerimti ir visom mokslo šakom siekti, kad prognozės neišsipildytų. Didelį žingsnį to link žengė Europa, sudarydama „Europos žaliąjį susitarimą“, kurio tikslas iki 2050 m. užtikrinti neutralų poveikį klimatui. Taip pat šio susitarimo tikslas iki 2030 m. bent 55 % sumažinti išmetamųjų, šiltnamio efektą sukeliančių, dujų kiekį, lyginant su 1990 m. [2]. Šis tikslas paveiks daugelį sričių, ir visą žmoniją. Pramonės, transporto, energetikos ir kiti sektoriai turi sparčiai daryti pakeitimus savo sektoriuose, siekiant bendro tikslo.

Pagal apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemą bus reguliuojama, kiek daugiausia anglies dioksido (CO₂) gali išmesti sunkioji pramonė [3]. Didelę įtaką žaliojo susitarimas darys vienam iš svarbiausių chemijos pramonės produktų amoniakui, kurio per 2019 m. buvo pagaminta 260 mln. tonų. Prognozuojama, kad iki 2030 m. amoniako gamyba didės iki 320 mln. tonų [4].

Viena iš svarbiausių amoniako gamybos stadijų yra sintezės dujų gamybos procesas. Plačiausiai naudojamas sintezės dujų gamybos būdas yra dviejų laipsnių metano konversija vandens garais [5]. Gamybos metu susidaro šalutinis produktas CO₂, kuris yra atskiriamas ir gali būti panaudojamas karbamido ir angliarūgštės gamybai. Taip pat proceso metu, aparatų išorėje, deginamos gamtinės dujos, kad būtų palaikoma reikiama proceso temperatūra. Gamtinių dujų degimo metu yra išmetamas didelis CO₂ dujų kiekis į atmosferą. Kadangi yra prognozuojamas amoniako gamybos didėjimas, dėl to lygiagrečiai didės ir sintezės dujų gamyba. Norint pasiekti Europos žaliojo susitarimo tikslus būtina tobulinti esamas sintezės dujų gamybos technologijas, bei diegti naujas, siekiant sumažinti šiltnamio efektą.

Darbo tikslas – išanalizuoti pramonėje naudojamus vandenilio gamybos būdus, žinomus technologinius sprendimus, įvertinti nagrinėjamos sintezės dujų gamybos tobulinimo galimybes.

Darbo uždaviniai:

- atlikti vandenilio gamybos būdų literatūros apžvalgą techniniais ir ekonominiais aspektais;
- atlikti technologinio proceso bei žaliavų analizę ir vertinimą, taikant pasirinktą skaičiavimo/modeliavimo/analizės metodiką ir pateikti technologijos tobulinimo galimybių vertinimą;
- pateikti gamybinio proceso vykdymo technologinę schemą ir pagrindinio aparato brėžinį;
- pateikti statybinius sprendimus, finansinius ir ekonominius skaičiavimus, aplinkosauginį vertinimą bei reikalavimus, dėl darbuotojų saugos ir sveikatos.

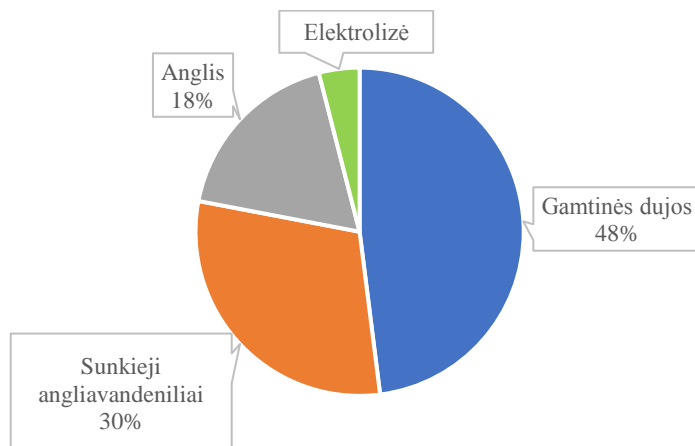
1. Literatūros apžvalga

Šiame skyriuje apžvelgiami, plačiausiai naudojamo sintezės dujų gamybos būdo, fizikiniai ir cheminiai pagrindai, šalutiniai procesai, naudojami katalizatoriai. Aprašomi dvilaispės metano konversijos patobulinimo būdai, kurių metu būtų sumažinamas sudeginamų gamtinių dujų kiekis. Taip pat aptariamos naujos sintezės dujų gamybos, iš gamtinių dujų, technologijos, kurių metu nėra išmetamas CO₂ į atmosferą, o surenkamas.

1.1. Sintezės dujos

Sintezės dujose pagrindinius komponentus sudaro anglies monoksidas (CO) ir vandenilis (H₂). Nevalytose sintezės dujose taip pat yra anglies dioksido (CO₂), vandens garų, metano (CH₄) ir azoto (N₂) dujų. Sintezės dujos gaminamos iš įvairių angliavandenilių turinčių žaliavų ir naudojamos įvairiausiems cheminiams junginiams gaminti. Sintezės dujų gamyba buvo žinoma jau kelis šimtmečius, nuo anglies kuro sudujinimo. Tačiau sintezės dujų svarba buvo realizuota tik komercializavus *Fišerio-Tropscho* reakciją [6].

Šiuo metu pasaulinė sintezės dujų gamyba daugiausia priklauso nuo procesų, kurių metu vandenilis išgaunamas iš iškastinio kuro žaliavų, kaip parodyta 1 pav. Iš paveikslo matyti, kad 96 % vandenilio gaminama tiesiogiai iš iškastinio kuro, o tik apie 4 % vandenilio pagaminama elektrolizės būdu. Apytiksliai 49 % pagaminto vandenilio sunaudojama amoniako sintezei, 37 % naftos perdirbimui, 8 % metanolio gamybai ir apie 6 % kitiems tikslams [7].



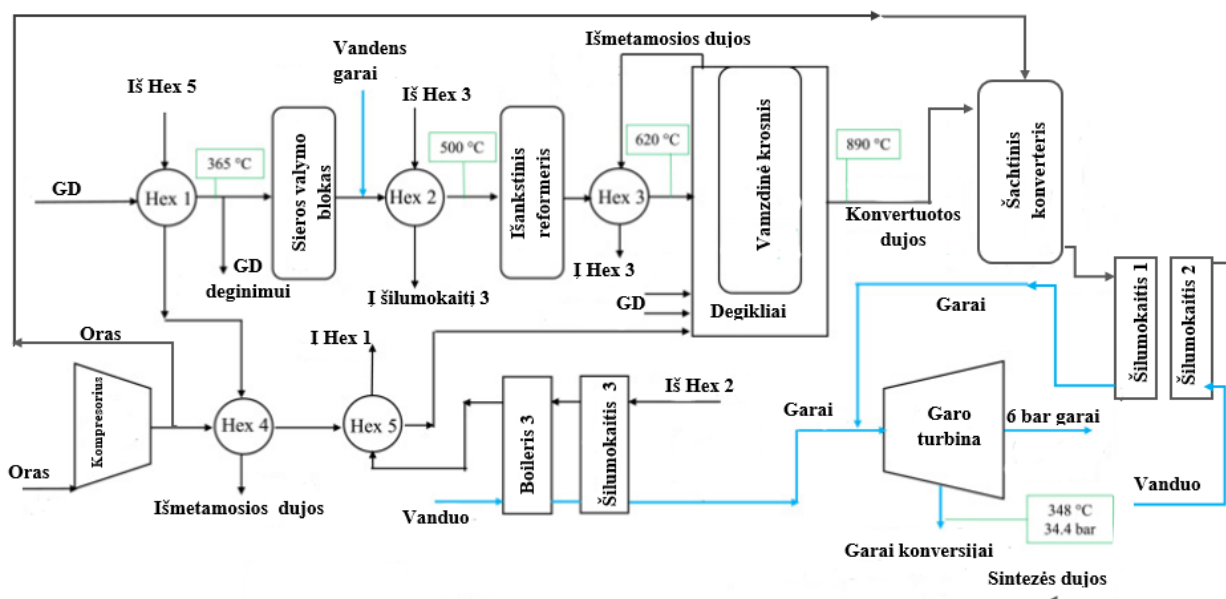
1 pav. Vandenilio gamyba iš skirtingų žaliavų [8]

1.2. Sintezės dujų gamyba naudojant dviejų laipsnių metano konversiją

Nors žinomi įvairūs sintezės dujų gamybos būdai, tačiau plačiausiai šiuo metu naudojama dviejų laipsnių metano konversija (2 pav.). Pirmame etape gamtinėse dujose esantys angliavandeniliai konvertuojami vandens garais. Šioje stadijoje vyksta endoterminė metano konversija ant nikelio katalizatoriaus vamzdinėje krosnyje. Kitoje stadijoje metanas konvertuojamas ore esančiu deguonimi ir vandens garais. Šioje stadijoje vyksta egzoterminė metano konversija šachtiniame aparate [9].

Gamtinės dujos pirmiausia pašildomos iki 365 °C ir tiekiamos į sieros valymo bloką. Visų pirma sieros junginiai hidrinami, kad virtų vandenilio sulfidu (H₂S). Tuomet H₂S adsorbuojamas cinko junginių turinčiame adsorbente. Išvalytos gamtinės dujos sumaišomos su H₂O garais, kad būtų pasiektas apie 3,4 (vandens garai / dujos) santykis. Išankstinis reformavimas atliekamas naudojant

nikelio (Ni) pagrindu pagamintą katalizatorių, 300–525 °C temperatūros intervale. Jame pašalinami sunkesni angliavandeniliai, esantys gamtinėse dujose, kad būtų išvengta per didelio anglies nusėdimo, tolimesnėje stadijoje. Iš anksto reformuotos gamtinės dujos pašildomos iki 620 °C ir tiekiamos į vamzdinę krosnį. Dujų mišinys paverčiamas sintezės dujomis 800 °C temperatūroje, Ni katalizatoriumi užpildytuose vamzdžiuose. Vamzdinėje krosnyje apie 80 % CH₄ paverčiama į H₂ ir CO. Tada dalinai konvertuotas mišinys tiekiamas į šachtinį konverterį, kuriame nesureagavęs metanas reaguoja su aplinkos oro deguonimi ir vandens garais. Procesas vyksta apie 30 barų slėgyje, kad būtų išnaudojamas visas katalizatoriaus paviršius. Po konversijos sintezės dujos atvėsinašamos iki 350 °C, gaminant sočius, 100 barų slėgio, vandens garus.



2 pav. Dvilaisnė metano konversija [10]

1.2.1. Fizikiniai ir cheminiai dviejų laipsnių metano konversijos pagrindai

Endoterminė metano konversija

Konvertuojant gamtines dujas vandens garais, vykdomos šios reakcijos [11]:



Kadangi metanui reaguojant su vandens garais reikalinga šiluma (1 reakcija), tai ši reakcija yra endoterminė. Keliant temperatūrą reakcija slenkasi į vandenilio susidarymo pusę ir pusiausvyros konstanta (K_{p1}) padidėja. Didinant slėgį procese, išnaudojamas didesnis katalizatoriaus savitasis paviršius, tačiau tai turi ir neigiamos įtakos pusiausvyros konstantai. Taip pat naudojant vandens garų perteklių, reakcijos pusiausvyra persistumia į vandenilio susidarymo pusę.

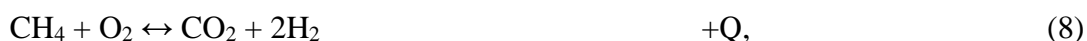
$$K_{p1} = \frac{p_{\text{CO}} \cdot p_{\text{H}_2}^3}{p_{\text{CH}_4} \cdot p_{\text{H}_2\text{O}}}. \quad (5)$$

Temperatūros didėjimas CO reakcijai (3) su vandens garais daro priešingą efektą, nei metano reakcijai su garais, todėl konstanta (K_{p2}) sumažėja. Kadangi tai CO konversija su vandens garais yra egzoterminis procesas, todėl ši stadija atliekama kitame etape.

$$K_{p2} = \frac{p_{CO_2} \cdot p_{H_2}}{p_{CO} \cdot p_{H_2O}}. \quad (6)$$

Egzoterminė metano konversija

Antroje stadijoje atliekama likusio metano konversija deguonimi ir vandens garais. Šachtiniame aparate vyksta reakcijos [12]:



Metanui reaguojant su deguonimi vyksta egzoterminė reakcija (7). Šios reakcijos pusiausvyros konstanta (K_{p7}) yra didelis skaičius (10^{10}), todėl metanas ir deguonis reaguoja kol nelieka vieno iš jų.

$$K_{p7} = \frac{p_{CO} \cdot p_{H_2}^2}{p_{CH_4} \cdot p_{O_2}^{0.5}}. \quad (16)$$

Kadangi egzoterminės metano sąveikos su deguonimi metu išsiskiria šiluma, ji kompensuoja CH_4 konversijai su vandens garais reikalingą šilumos kiekį. Todėl šachtinio aparato nereikia šildyti, deginant gamtines dujas. Kadangi sintezės dujos toliau naudojamos amoniakui gaminti, reikalingas azotas. Reikiamas azoto santykis yra pasiekiamas įmaišant orą iš aplinkos. Orą reikia dozuoti, kad būtų pasiektas $N_2/(CO+H_2) \sim 1/3$ santykis, dujų mišinyje po šachtinio aparato. Šachtiniame aparate azotas nereaguoja su kitais komponentais. Šiame procese jis veikia kaip inertas, dėl kurio blogėja proceso kinetika, bei reikalingi didesni aparatai. Jei sintezės dujos toliau nebūtų ruošiamos amoniako sintezei, tai CH_4 konversiją, šachtiniame aparate, būtų tikslinga vykdyti tik deguonimi. Dėl metano reakcijos su deguonimi šachtiniame aparate pasiekama 1200–1250 °C temperatūra. Metanui sureagavus su visu įmaišytu deguonimi likusi jo dalis konvertuojama vandens garais, naudojant nikelio katalizatorių [11].

1.2.2. Šalutiniai procesai

Vykdamas metano konversiją yra galimybė išsiskirti elementinei angliai (C), kuri gali užkimšti katalizatorių. Jeigu vandens garų ir metano tūrinis santykis sumažėja daugiau nei numatyta, prasideda terminis CH₄ krekingas, kuris dar žinomas kaip pirolizės reakcija. Angliavandenilių krekingas aprašomas lygtimis:



Elementinė anglis gali išsiskirti vamzdinės krosnies vamzdžiuose, jei temperatūra nukrenta žemiau normos ir pradeda vykti Buduaro reakcija:



Pirolizės reakcijos tikimybė padidėja aukštesnėje temperatūroje, o Buduaro reakcija priešingai, vyksta žemesnėje temperatūroje. Aukštesnėje negu 680 °C temperatūroje Buduaro reakcijos tikimybė maža. Pirolizė vyksta lengviau, esant didesnei angliavandenilio molinei masei ir jei trūksta oksidatoriaus. Išsiskyrusi anglis sėsta katalizatoriaus paviršiuje ir yra užkemšamos katalizatoriaus poros. Todėl padidėja slėgio perkrytis ir tuo pačiu mažėja katalizatoriaus aktyvumas. Katalizatorius apsaugomas nuo anglies išsiskyrimo naudojant vandens garų perteklių ir specialius aktyvatorius katalizatoriuje. Išsiskyrusi anglis, naudojant nemažesnę nei 1 / 2,7 (metanas / vandens garai) dujų santykį, vandens garų pertekliuje yra sudujinama:



Heterogeninė reakcija katalizuojama šarminiais ir šarminiais žemių metalais, tokiais kaip magnis ir kalcis. Todėl į metano konversijos katalizatorių yra įvestos MgO ir CaO priemaišos, kad didintų anglies dujinimo greitį [13].

1.2.3. Metano konversijos katalizatoriai

Metano konversijoje katalizatorius naudojamas, kad būtų sparčiau pasiekama reakcijos pusiausvyra. Taip pat katalizatorius neturi sukelti didelio slėgio perkryčio, bei tolygiai paskirstyti dujų srautą, kad neperkaistų atskiros katalizatoriaus vietos. Pramonėje naudojamą metano konversijos katalizatorių veikia apie 3 MPa slėgis ir didesnė negu 850 °C temperatūra. Todėl katalizatorius gaminamas, kad būtų atsparus jį veikiančioms sąlygoms ir neprarastų savo savybių. Katalizatorių sudaro: korėtas pagrindas (nešiklis), aktyvūs komponentai, aktyvatoriai, struktūriniai priedai [14].



3 pav. Gamtinių dujų konversijos vandens garais katalizatorius [15]

Katalizatoriaus pagrindas sudarytas iš magnio aluminato špinelio. Magnio aluminatas ($MgAl_2O_4$) katalizatoriui suteikia tvirtumą ir atsparumą, naudojant jį aukštoje temperatūroje. Tačiau veikiant katalizatorių skystu H_2O vyksta hidratacija. Metano konversijos procesą su vandens garais katalizuoja nikelis ir platinos grupės metalai. Katalizinis aktyvių metalų aktyvumas konversijos reakcijoje rikiuojasi tokia eile: rutenis > rodis > iridis > nikelis > platina > paladis. Kadangi Ni kaina santykinai maža, lyginant su platinos grupės metalais, todėl jis plačiai naudojamas katalizatorius [13].

Katalizatoriaus aktyvumą lemia aktyvių centrų kiekis, todėl katalizinis aktyvumas priklauso nuo aktyvių metalų dispersijos ant pagrindo paviršiaus. Metano konversijos katalizatoriuje nikelio dalelės yra paskirstytos ant magnio aluminato pagrindo, kuriame taip pat yra įvairių aktyvatorių. Anglies susidarymui išvengti, katalizatoriuje panaudojami šarminiai metalai.

Katalizatorių formą (3 pav.) lemia tai, kad ji turi užtikrinti didelį paviršiaus plotą, optimalų šilumos ir masės perdavimą, mažą slėgio perkrytį ir didelį stiprumą. Pramonėje naudojamų garų reformingo katalizatorių eksploatacija trunka apie 2 metus [16]. Metano konversijoje naudojamų katalizatorių sudėtys pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė. Metano konversijoje naudojami katalizatoriai [17]

Aparatas	Katalizatoriaus medžiaga	Masės dalis
Vamzdinis konverteris	NiO	> 15 %
	Korėtas pagrindas $MgAl_2O_4$	Likusi dalis
Šachtinis konverteris	NiO	> 8 %
	Korėtas pagrindas $MgAl_2O_4$	Likusi dalis

Šachtinio aparato katalizatoriuje aktyvaus komponento masės dalis yra mažesnė negu vamzdinio konverterio katalizatoriuje, kadangi šachtinis aparatas dirba aukštesnėje temperatūroje.

Prieš naudojimą katalizatorius yra redukuojamas vandeniliu ir anglies monoksidu, nes metano konversiją spartina metalinis nikelis:



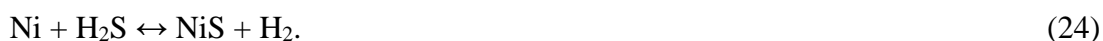
Katalizatoriaus redukcija vyksta 800 °C temperatūroje, kadangi žemoje temperatūroje Ni gali oksiduotis vandens garais. Redukcijos mišinyje esant dideliame kiekiui anglies monoksido ir redukciją vykdančiam žemesnei nei 600 °C, gali susidaryti anglis.



Taip pat metalinis Ni gali oksiduotis vandens garais, esant žemesnei nei 600 °C temperatūrai. Virš 600 °C vandens garų priemaišos redukcijos procesui nedaro įtakos.

1.2.4. Katalizatoriaus nuodai

Medžiagos, dėl kurių mažėja aktyvių katalizatoriaus centrų kiekis, vadinamos kataliziniais nuodais. Kataliziniai nuodai į procesą gali patekti su naudojamomis žaliavomis. Gamtinėse dujose yra sieros junginių, kurie nuodija metano konversijos katalizatorių:



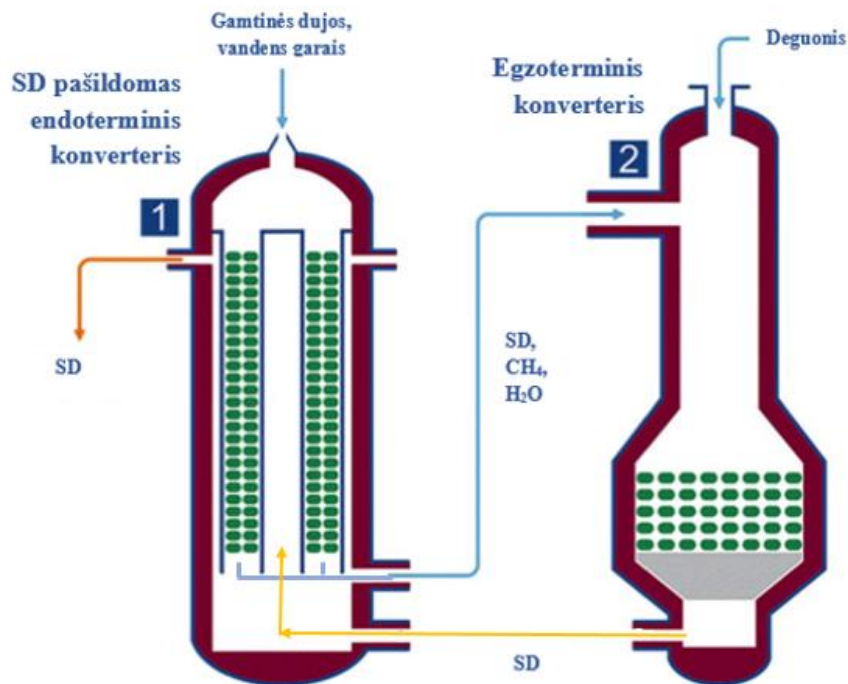
Nors katalizatoriaus reakcija su vandenilio sulfidu pusiausviroji, tačiau praktikoje, naudojant vandenilio perteklių, visas katalizatoriaus aktyvumas negrįžta. Taip pat katalizatoriaus aktyviuosius centrus nuodija druskos, patenkančios su vandens garais. Tai kalcio ir magnio karbonatai, įvairūs sulfatai, todėl vanduo, iš kurio gaminami garai, turi būti chemiškai valomas. Aplinkos ore esantys azoto ir sieros oksidai, organiniai junginiai, dulkės, taip pat nuodija katalizatorių, todėl oras filtruojamas aukščiausios klasės filtrais [18].

1.3. Dvilaisnės metano konversijos patobulinimai

1.3.1. *Johnson Matthey* endoterminis konverteris šildomas sintezės dujomis

Sintezės dujomis (SD) šildomas konverteris sudarytas iš ugniai atsparaus vertikalaus indo su vertikaliai sumontuotais vamzdžiais, užpildytais katalizatoriumi (4 pav.) [19]. Endoterminis konverteris yra šildomas karštomis sintezės dujomis, kurios susidaro egzoterminiame konverteryje.

Iš anksto pašildytas gamtinių dujų ir garų mišinys patenka į endoterminio konverterio (1) viršų. Pro vamzdžius, kurie pripildyti katalizatoriumi, tiekiamas mišinys iš dalies reformuojasi ir susidaro sintezės dujų (CO, CO₂ ir H₂), nereagavusio metano ir garo mišinys. Mišinys po endoterminio konverterio (1) patenka į egzoterminį konverterį (2), į kurį papildomai dozuojamas deguonis. Egzoterminės konversijos metu, pilnai konvertuojamas likęs metanas ir susidariusios sintezės dujos išsyla iki 1000 °C. Tada įkaitusios dujos grąžinamos į endoterminio konverterio (1) tarpvamzdinę dalį, kuriame dujos šildo endoterminės konversijos reakcinius vamzdžius. Toks srautų išdėstymas leidžia nedeginti ar sumažinti deginamų gamtinių dujų kiekį endoterminės konversijos temperatūrai palaikyti [19].

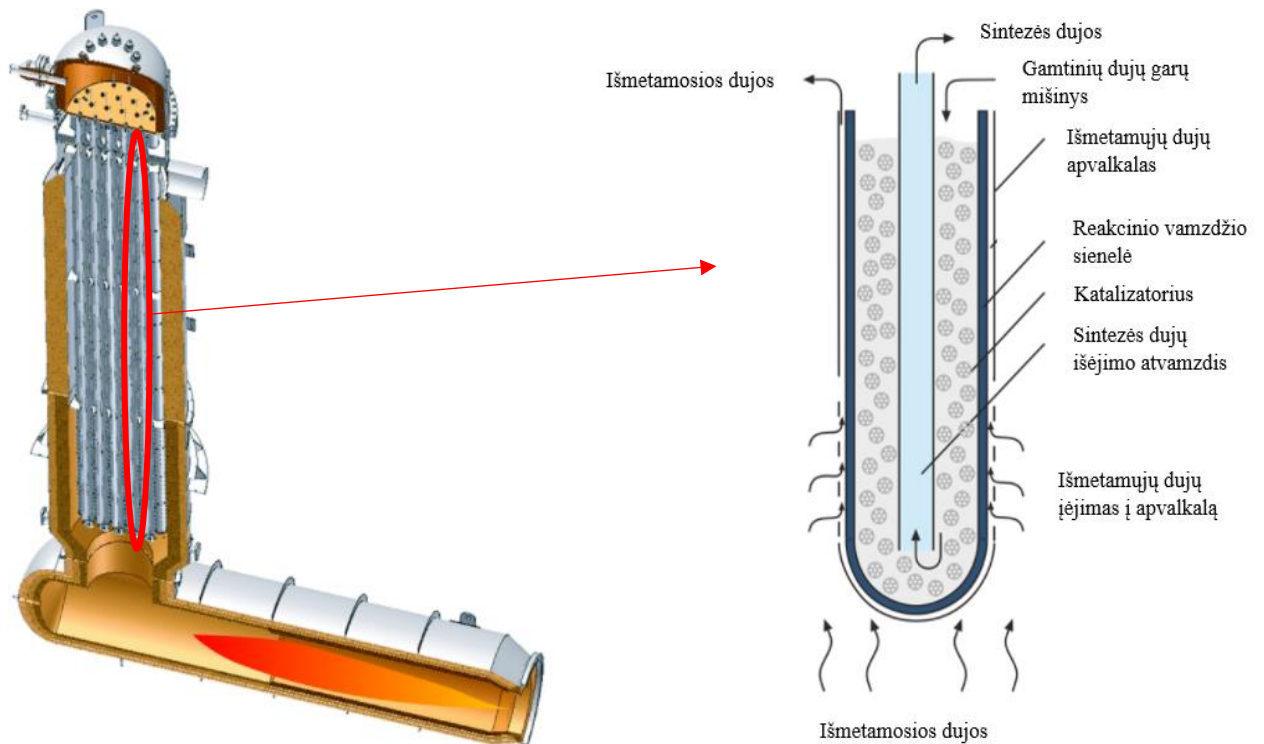


4 pav. Johnson Matthey sintezės dujų pašildomas endoterminis konverteris[20]

1.3.2. *Haldor Topsoe* konvekcinis konverteris

Haldor Topsoe konveciniame konverteryje vyksta endoterminė metano konversija, kaip ir vamzdinėje krosnyje. Konvecinį konverterį sudaro vertikalus ugniai atsparus indas, kurio viduje yra reakcinių vamzdžių ryšulys (5 pav.). Kiekvieną reakcinį vamzdį supa kitas vamzdis, kuris nukreipia karštas išmetamąsias dujas aplink reakcinio vamzdžio išorę, kuriame yra konvertuojamas mišinys. Šilumos srautas reguliuojamas naudojant *Haldor Topsoe* išmetamųjų dujų kontrolės sistemą.

Po vertikalios sekcijos yra horizontali degimo kamera, kurioje sumontuotas degiklis. Šiluma konvekcijos būdu perduodama į konvertuojamą mišinį. Konvekcinis konverteris sugeria apie 80 % šilumos, kurią išskiria degiklis. Šis procesas sunaudoja net 20 % mažiau kuro lyginant su vamzdinės krosnies veikimu [21]. Didesnis energijos vartojimo efektyvumas sumažina išmetamą CO₂ kiekį.

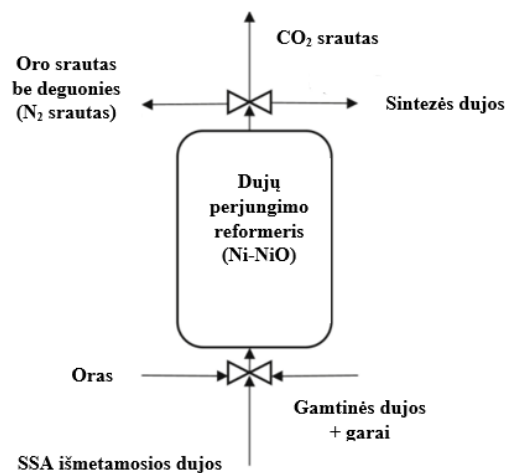


5 pav. Haldor Topsoe konvekcinis konverteris[21]

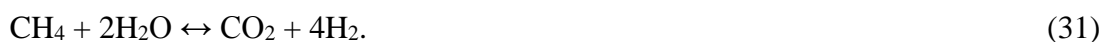
1.4. Nauji sintezės dujų gamybos būdai iš gamtinių dujų

1.4.1. Sintezės dujų gamyba naudojant dujų perjungimo reformerį

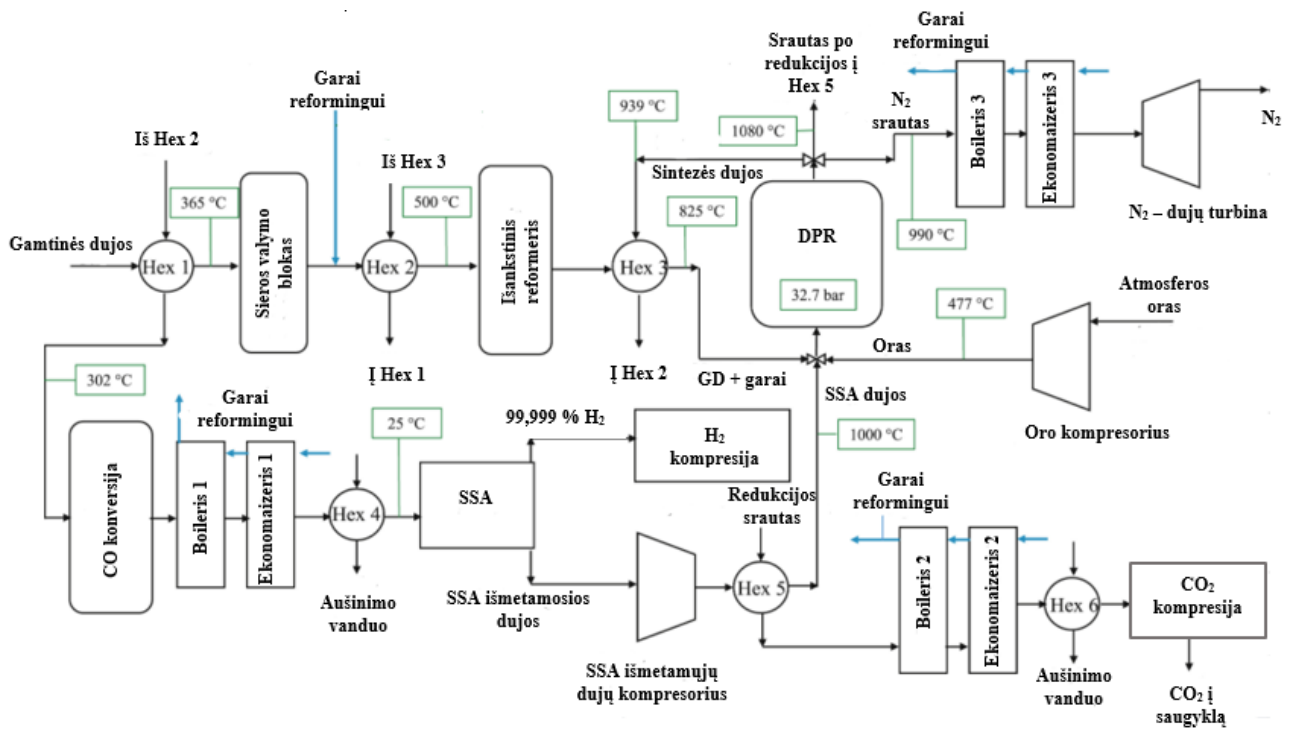
Dujų perjungimo reformeris (DPR) taikomas gamtinių dujų konversijai perjungiant dujų srautus (6 pav.). Deguonies nešiklis nikelio oksidas yra laikomas burbuliuojančio skystojo sluoksnio reaktoriaus viduje, o dujų srautai keičiasi skirtingais oksidacijos, redukcijos ir reformavimo etapais [22]. Oro srautas oksiduoja deguonies nešiklį (28 reakcija), o po oksidacijos etapo deguonies praktiškai nelieka, todėl ištekamčiame sraute lieka tik azotas. Vėliau deguonies nešiklis redukcijos etape redukuojamas, iš slėgio svyravimo adsorbcijos (SSA) įrenginio, išmetamosiomis dujomis (25, 26, 27 reakcijos). Tada redukuotas deguonies nešėjas veikia kaip metano ir vandens garų mišinio katalizatorius, trečiame DPR proceso etape (29, 30, 31 reakcijos). Tačiau norint pakeisti dujas, tarp skirtingų pakopų, DPR reikia didelio slėgio įleidimo ir išleidimo vožtuvų. Be to DPR reikia reaktorių grupės, kad proceso metu būtų užtikrinta tolygi produkto išeiga [22].



6 pav. Dujų perjungimo reformeris [22]



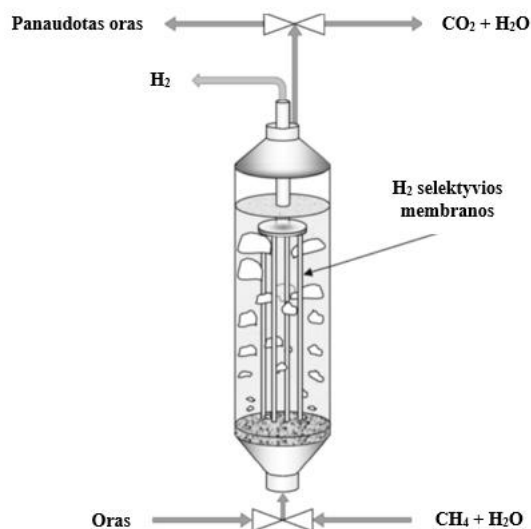
Sintezės dujų gamybos schema naudojant DPR pateikta 7 pav. Sieros junginių valymo blokas ir išankstinio reformavimo skyrius yra panašus į garų metano konversiją. Į DPR įvedamas srautas, kuriame šiek tiek mažesnis garų ir anglies (S / C) santykis 2,66. Srautas po išankstinio reformatoriaus yra pašildomas iki 825 °C ir tiekiamas į dujų perjungimo reformerį. DPR dirba 32,7 bar slėgyje, panašiomis sąlygomis kaip vamzdinė krosnis garų metano konversijoje. Sintezės dujos iš DPR reformavimo etapo atvėsinašamos iki 302 °C ir tiekiamos į CO konversijos pakopą, kad apie 77 % molių CO būtų konvertuojamas į CO₂ ir vanduo į H₂. Po CO konversijos reaktoriaus sintezės dujos atvėsinašamos iki 25 °C, kad kondensuotųsi visas srauto vanduo ir būtų išvengta SSA adsorbentų degradacijos. Apie 87,9 % H₂ išgaunamas slėgio svyravimo adsorbcijos metu ir suspaudžiamas trimis etapais iki 150 barų ir 25 °C temperatūros, transportavimui ir saugojimui. Išmetamosios dujos iš SSA suspaudžiamos ir pašildomos iki 1000 °C, prieš tiekiant jas į DPR redukcijos etapą. Po redukcijos dujose yra tik CO₂ ir H₂O. Vandens garai kondensuojami ir CO₂ srautas suspaudžiamas iki 110 barų ir 25 °C temperatūros, transportavimui ir saugojimui. Suslėgtas oras oksiduoja deguonies nešiklį DPR oksidacijos etape, po kurio oro sraute lieka daugiausia azoto. N₂ srautas iš DPR yra aušinamas ir išplečiamas dujų turbinoje, kurioje gaminama elektra. Iš proceso galima išgauti daug šilumos, taip pašildyti proceso srautus ir paruošti vandens garus reformavimui. Šiluma, gauta vėsinant sintezės dujas iš DPR, naudojama gamtinių dujų ir garų mišiniui pašildyti prieš DPR ir gamtinėms dujoms prieš sieros junginių valymo etapą. CO konversijos srautas ir N₂ srautas iš DPR oksidacijos etapo atvėsinašami, kad būtų sukurti vandens garai reformavimui. Dujos po redukcijos etapo, kuriose daugiausia yra CO₂ ir H₂O, pašildo SSA išmetamąsias dujas, kurios tiekiamos į DPR. Likusi šiluma po redukcijos etapo taip pat naudojama garui gaminti [23].



7 pav. Sintezės dujų gamybos schema dujų perjungimo būdu [24]

1.5. Sintezės dujų gamyba naudojant membraninį dujų perjungimo reformerį

Membraninio dujų perjungimo reformerio (MDPR) koncepcija, sujungia ypač gryną vandenilio gamybą su integruotu CO₂ surinkimu, iš garo metano konversijos (8 pav.) [25]. Proceso metu naudojamas deguonies nešiklis, kuris veikia kaip katalizatorius ir šilumos nešiklis endoterminio reformavimo reakcijai. Deguonies nešiklis periodiškai veikiamas metano-garo ir oro srautų. Kai oras tiekiamas į reaktorių, deguonies nešiklis reaguoja su deguonimi, šios reakcijos metu išsiskiria šiluma, kuri įkaitina membraninį reformerį. Susidariusi šiluma naudojama endoterminės redukcijos ir katalizės reakcijoms, kurių metu regeneruojamas deguonies nešiklis ir gaminamos sintezės dujos. Selektyvios membranos (Pd pagrindu), panaudotos į suspensiją, atskiria gryną vandenilį, susidariusį per garo-metano ir CO konversijos reakcijas. Šis vandenilio regeneravimo metodas leidžia gaminti gryną vandenilį ir kartu jį atskirti [25].



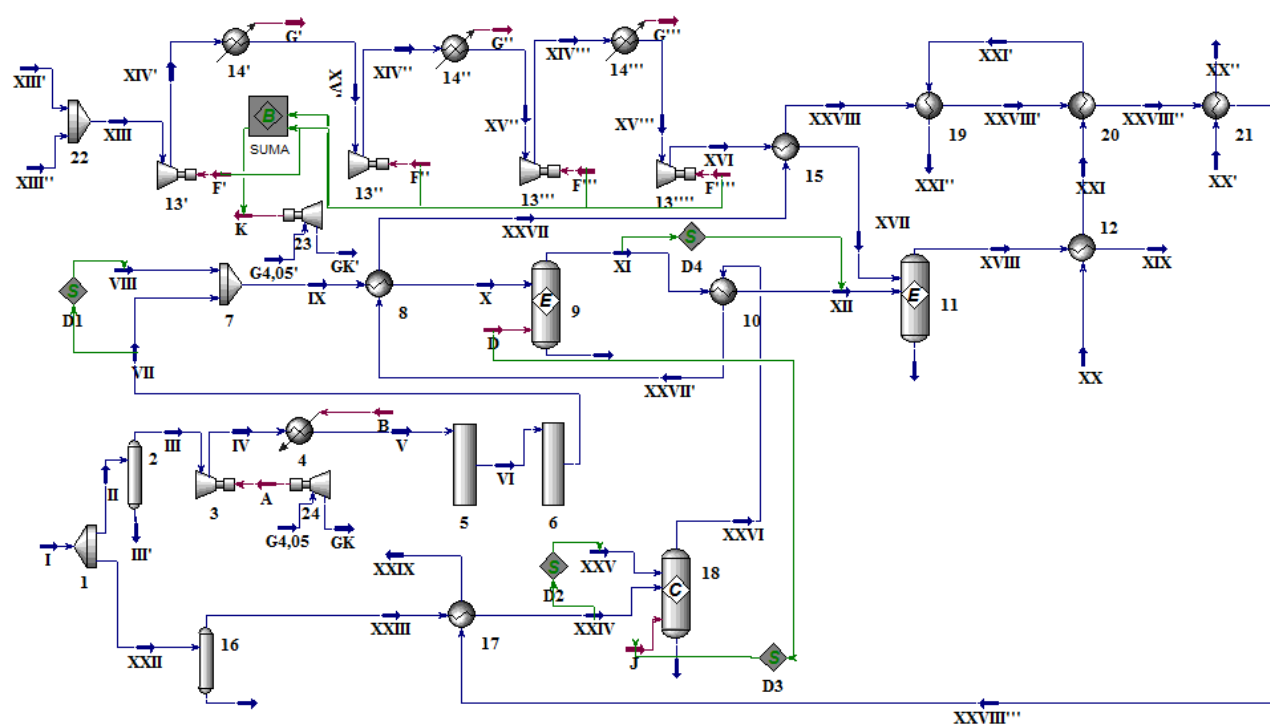
8 pav. Membraninis dujų perjungimo reformeris [25]

2. Tiriamoji dalis

Šiame skyriuje tiriama sintezės dujų gamybos technologija. Technologijos analizavimui pasinaudota *Aspen HYSYS* modeliavimo programa. Tyrimui buvo sukurtas esamos sintezės dujų gamybos modelis, su kuriuo vėliau analizuojami technologinių sprendimų rezultatai.

2.1. Sukurtas esamos sintezės dujų gamybos technologijos modelis

Sumodeliuota reali sintezės dujų gamybos linija naudojantis chemijos inžinerijos procesams projektuoti skirtą programą *Aspen HYSYS*. Pagrindinės gamybos stadijos yra gamtinių dujų konversija vandens garais vamzdinėje krosnyje ir gamtinių dujų konversija, oro-vandens garų mišiniu šachtiniame konverteryje.



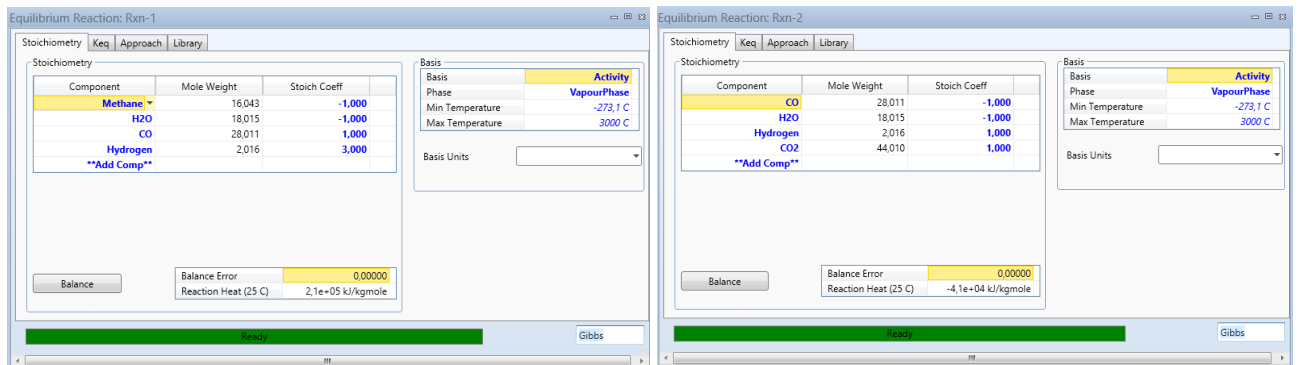
9 pav. Sintezės dujų gamybos modelio schema esamai technologijai

Kuriant sintezės dujų gamybos modelį panaudoti įvairūs modeliavimo aparatai (9 pav.). Modelyje naudojamas trišakis, (tee) gamtinių dujų (GD) paskirstymui (1). Separatoriai (separator) GD kondensato surinkimui (2; 16). Kompresorius (compressor) GD suslėgimui (3). Šildytuvas (heater) dujų šildymui prieš sieros junginių valymą (4). Hidrinimo aparatas (5) ir adsorberis (6) H_2S adsorbavimui. Maišytuvas (mixer) GD vandens garams sumaišyti (7). Šilumokaitis (heat exchanger) garų-dujų mišiniui pašildyti (8). Pusiausvyros reaktorių (equilibrium reactor) pirmo laipsnio metano konversijai su vandens garais (9). Šilumokaitis konvertuotoms dujoms šildyti (10). Kompresoriai (13'; 13''; 13''' ; 13'''') oro suslėgimui, prieš antro laipsnio metano konversiją. Aušintuvai (cooler) oro aušinimui, po suslėgimo (14'; 14''; 14'''). Šilumokaitis (15) suslėgto oro šildymui. Pusiausvyros reaktorių (11) antro laipsnio metano konversijai su oru ir vandens garais. Šilumokaitis (heat exchanger) (12) sotaus garo gamybai. Šilumokaitis (17) sudeginamoms gamtinėms dujoms šildyti. Konversijos reaktorių (conversion reactor) (18) deginti gamtines dujas šilumai gauti. Šilumokaičiai (19, 20) sotaus garo perkaitinimui. Šilumokaitis (21) deaeruoti maitinimo vandeniui sušildyti. Maišytuvas (22) aplinkos orui su dujiniu deguonimi sumaišyti. Garo turbina (expander) (23) sukurti keturių laipsnių kompresorių (13'; 13''; 13''' ; 13'''') ir garo turbina (24) sukurti gamtinių dujų

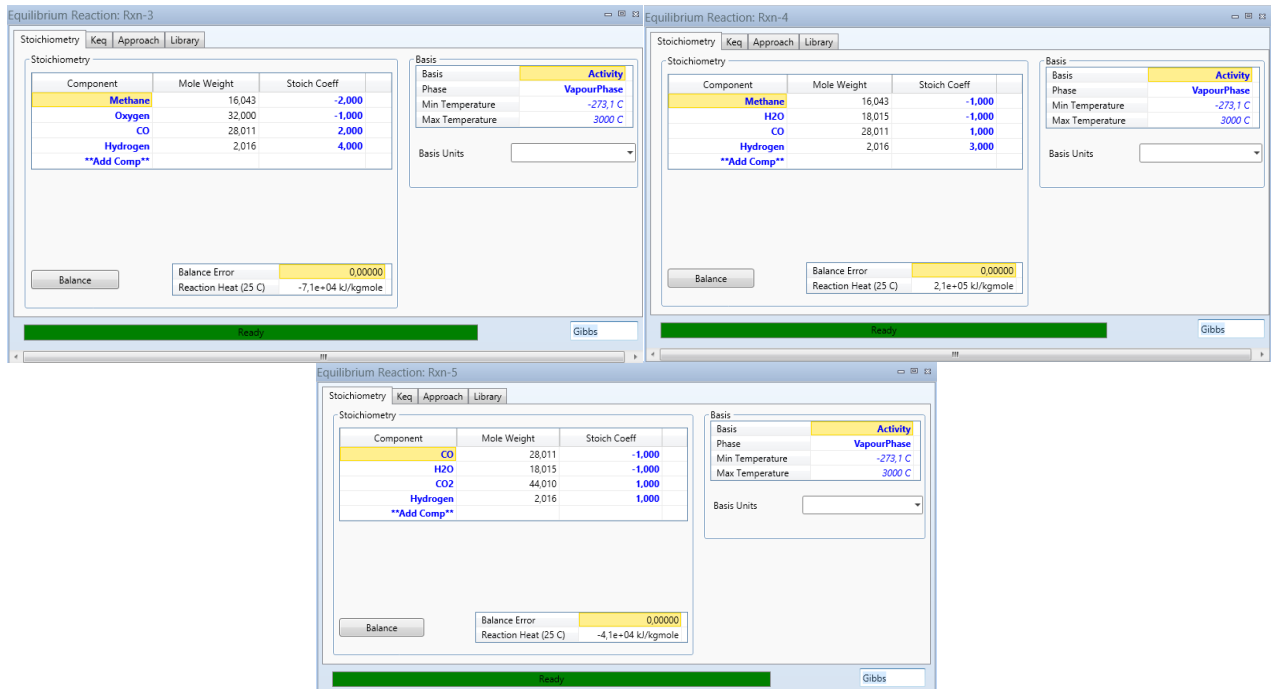
kompresorių (3). Dozatoriai (set) (D1; D2; D3, D4) srautams dozuoti reikiamu santykiu. Sumos funkcija (balance) (SUMA) šilumos srautams (F' , F'' , F''' , F'''') susumuoti. Šilumos srautai pažymėti raidėmis A, B, C, D, F, G, J ir K. Romėniškais skaičiais pažymėti technologiniai srautai. Garų turbinoms (23, 24) sukti, naudojami 4,05 MPa slėgio perkaitinti vandens garai (G4,05 ir G4,05'). Garų turbinose susidaro vandens garų kondensatas (GK ir GK').

2.2. Modelio aprašymas

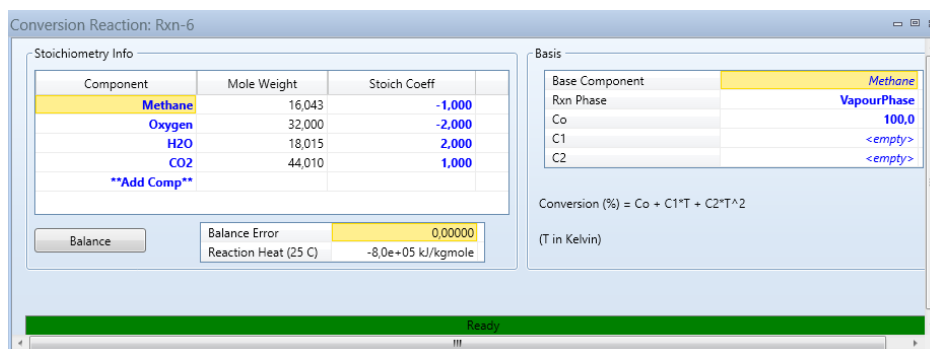
Aspen HYSYS aplinkoje pasirinktas termodinaminių duomenų paketas *Peng-Robinson*, kadangi šis paketas geriausiai aprašo nagrinėjamą procesą. Parenkami komponentai su kuriais bus dirbama: metanas, vanduo, anglies monoksidas, anglies dioksidas, vandenilis, deguonis ir azotas. Sudaromi reakcijų rinkiniai vamzdinei krosniai (9), šachtiniam konverteriui (11) ir metano deginimo reaktoriui (18) (10, 11, 12 pav.).



10 pav. Reakcijų rinkinys vamzdinėje krosnyje



11 pav. Reakcijų rinkinys šachtiniame konverteryje

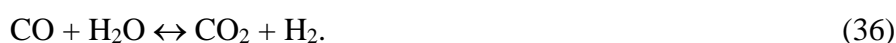
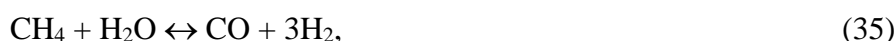


12 pav. Reakcija metano deginimui

Vamzdinėje krosnyje vyksta metano reakcija su vandens garais ir anglies monoksido reakcija su vandens garais:



Šachtiniame konverteryje vyksta metano reakcija su deguonimi ir vandens garais bei anglies monoksido reakcija su vandens garais:



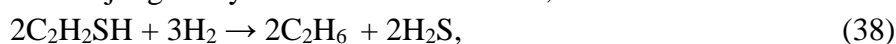
Metano degimo reakcija:



2.2.1. Gamtinių dujų kompresija ir sieros valymas

Modeliavimo lange, procesas pradedamas modeliuoti nuo gamtinių dujų kompresijos. Pagrindinė sintezės dujų gamybos žaliava yra gamtinės dujos, kurios tiekiamos iš dujų skirstymo įmonių. Dujų temperatūra yra tokia pat, kaip ir aplinkos oro temperatūra. Priimta, kad pradinis gamtinių dujų srautas (I), kurio slėgis 17 atm ir 25 °C temperatūra, yra grynos metano dujos. Toliau gamtinių dujų srautas yra dalinamas į du srautus: dujos technologijai (II) ir į sudeginimo dujas (XXII). Sudeginimo dujos patenka į separatorių (16) ir yra palaikomas 10 atm slėgis. Gamtinės technologinės dujos (II), praleidžiamos pro separatorių (2) ir palaikomas 17 atm slėgis kompresoriaus (3) įsiurbime. Gamtinių dujų kompresorių suka garo turbina (24), kurioje naudojami 4,05 MPa slėgio perkaitinti vandens garai. Po suslėgimo, gamtinės dujos (IV), 33 atm slėgio ir 89 °C temperatūros, patenka į dujų šildytuvą (4), kuriame dujos pašildomos iki 383 °C temperatūros.

Gamtinėse dujose esantys sieros junginiai yra metano konversijos katalizatoriaus nuodai. Dujose jų gali būti iki 16 mg/m³, perskaičius į elementinę sierą. Gamtinių dujų valymas nuo sieros atliekamas dviem etapais. Pirmame etape sieros junginiai yra hidrinami vandeniliu, iki vandenilio sulfido:



Vėliau susidaręs vandenilio sulfidas adsorbuojamas adsorberiuose:



Po šildytuvo (4) gamtinės dujos (V) tiekiamos į hidrinimo aparatą (5) su kobalto-molibdeniniu katalizatoriumi. Po hidrinimo dujos (VI) tiekiamos į vandenilio sulfido adsorberį (6) su cinko oksido katalizatoriumi. Modeliavimo sistemoje hidrinimo aparatas (5) ir adsorberis (6) yra imitacinės talpos ir juose srautai nesikeičia, kadangi modeliavimas vyksta su grynu metanu. Po sieros junginių valymo bloko, gamtinės dujos (VII), kurių slėgis 32 atm ir 383 °C temperatūra, maišomos su vandens garais (VIII), kurie 37 atm slėgio ir 363 °C temperatūros. Gamtinės dujos ir vandens garai maišomi moliniu santykiu 3,2 maišytuve (7). Vandens garų srautą (VIII) reguliuoja dozatorius (D1), pagal gamtinių dujų srautą (VII).

2.2.2. Pirmo laipsnio konversija

Toliau modeliavimo aplinkoje gautas garų dujų mišinys (IX) pašildomas šilumokaityje (8) iki 550 °C temperatūros ir pašildytas garų dujų mišinys (X) tiekiamas į vamzdinę krosnį. *Aspen HYSYS* aplinkoje tai pusiausvyros reaktorių (9), kuriame užduodami darbiniai parametrai: slėgio pokytis 300 kPa, ištekančių konvertuotų dujų srautas (X) ir parenkamas vamzdinės krosnies reakcijų rinkinys (10 pav.). Vamzdinio konverterio reakciniai vamzdžiai užkrauti nikelio katalizatoriumi, kur vyksta katalitinė gamtinių dujų konversija vandens garais. Tai endoterminis procesas, kuriam reikalinga šiluma. Metano konversijos metu gali išsiskirti anglis, kuri užkemša katalizatorių. Galimybė susidaryti angliai, metano konversijos technologiją daro pavojinga. Sumažėjus garų-gamtinių dujų tūriniam santykiui, negu numatyta parametruose, pradeda vykti terminis metano krekingas, kurio metu išsiskiria anglis (pirolizės reakcija):



Reakcinių vamzdžių išėjime, temperatūrai nukritus žemiau normos, didėja Buduaro reakcijos termodinaminė tikimybė:



Metano krekingas prasideda sumažėjus garų : dujų santykiui mažiau negu 2,5, dėl šios sąlygos išsiskyrusi anglis užkemša katalizatoriaus poras. Tai lemia, kad lėtėja endoterminė reakcija ir išauga vamzdinio reaktoriaus slėgio perkrytis. Pirolizės reakcijos termodinaminė galimybė didėja didinant temperatūrą, todėl proceso metu ribojama konvertuotų dujų temperatūra iš vamzdinės krosnies iki 830 °C. Buduaro reakcijos termodinaminė tikimybė didėja mažinant temperatūrą, todėl virš 680 °C Buduaro reakcijos įtaka minimali.

Garų dujų mišinio (X) sudėtis, prieš pusiausvyros reaktorių (9) ir konvertuotų dujų (XI) sudėtis, po pirmo laipsnio konversijos, pateikta 2 lentelėje.

2 lentelė. Metano konversijos vandens garais vamzdinėje krosnyje medžiagų balansas

Komponentas	Srautas			
	Garų dujų mišinys (X)		Konvertuotos dujos (XI)	
	Debitas, kg/h	Masės %	Debitas, kg/h	Masės %
CH ₄	27140	21,8	9394	7,5
H ₂ O	97524	78,2	67444	54,1
CO	-	-	15197	12,2
H ₂	-	-	7826	6,3
CO ₂	-	-	24804	19,9
N ₂	-	-	-	-
Suma:	124665	100	124665	100

Konvertuotose dujose (XI), po vamzdinės krosnies, nesureagavęs metanas sudaro 7,5 % viso mišinio. Metano sureagavimo laipsnis priklauso nuo vamzdinių reaktorių temperatūros ir naudojamo dujų-garų santykio. Konvertuotos dujos (XI) po pirmo laipsnio konversijos yra 800 °C temperatūros ir 29 atm slėgio. Ištekantių konvertuotų dujų (XI) temperatūra priklauso, nuo suteikto šilumos kiekio reaktoriuje (9). Pusiausvyros reaktoriui (9) reikia suteikti 327198587 kJ/h šilumos srautą (D), kad pasiektumėme 800 °C temperatūrą. Šiluminė energija suteikiama deginant gamtines dujas (XXIV), todėl sudeginamo metano kiekį mažinti būtų svarbu tiek ekonomiškai efektyvinant technologiją, tiek ir aplinkosaugos atžvilgiu, nes deginant metaną į aplinką išsiskiria CO₂.

3 lentelė. Metano sudeginimo vamzdinių reaktorių išorėje medžiagų balansas

Komponentas	Srautas					
	Sudeginamos gamtinės dujos (XXIV)		Oras deginimui (XXV)		Dūmai (XVIII)	
	Debitas, kg/h	Masės %	Debitas, kg/h	Masės %	Debitas, kg/h	Masės %
CH ₄	11900	100	-	-	-	-
H ₂ O	-	-	-	-	26727	10,8
CO ₂	-	-	-	-	32646	13,2
N ₂	-	-	180569	76,7	180569	73,0
O ₂	-	-	54831	23,3	7358	3,0
Suma:	11900	100	235400	100	247300	100

Sudeginant 11900 kg/h metano į atmosferą išsiskiria 32646 kg/h CO₂. Sudeginamų GD kiekį sumažinti būtų galima mažinant konvertuotų dujų (XI), po vamzdinės krosnies, temperatūrą. Reakcija su vandens garais vykta silpniau todėl ir nekonvertuoto metano likutis padidėtų. Šį nesureagavusį metaną reikėtų konvertuoti šachtiniame konverteryje, egzoterminės ir endoterminės reakcijų metu.

2.2.3. Antro laipsnio konversija

Toliau modeliuojama antro laipsnio konversija. Antroje stadijoje konvertuojamas likęs metano kiekis oro deguonies ir vandens garų mišiniu. Metanui reaguojant su deguonimi, vyksta egzoterminė reakcija, kuri praktiškai vyksta iki galo. CH₄ reakcija su deguonimi išskiria šilumą, dėl kurios konverteryje pasiekiami 1250 °C temperatūra. Ši šiluma kompensuoja endoterminį metano

konversijos, H₂O garais, efektą. Egzoterminės reakcijos metu nesureagavęs metanas toliau konvertuojamas vandens garais perleidžiant jį per katalizatoriaus sluoksnį ir mažėjant konvertuojamų dujų temperatūrai iki 970 °C. Amoniako sintezei reikalingas azoto kiekis yra įmaišomas dozuojant orą iš atmosferos, kad būtų pasiektas reikiamas (H₂ + CO) : N₂ santykis. Įmaišytas azotas reakcijose nedalyvauja, tačiau blogina procesų kinetiką, reikalauja didesnių aparatų.

Palaikant reikiamą azoto santykį į šachtinį konverterį įmaišomas ribotas deguonies kiekis, toks koks yra aplinkos ore. Tad oro sudėtis (79 % N₂ ir 21 % O₂) riboja egzoterminę metano konversiją su deguonimi. Iš to galima daryti prielaidą, kad didinant nekonvertuoto metano kiekį po vamzdinės krosnies, reikia metano reakcijas su vandens garais ir deguonimi įvykdyti labiau šachtiniame konverteryje. Tam reiktų didesnio šilumos kiekio, kad pakankamai konvertuotųsi metanas. Todėl turi būti didinama deguonies koncentracija su įmaišomu oru. Padidinus deguonies koncentraciją, egzoterminė reakcija vyktų intensyviau ir taip būtų kompensuojamas endoterminės reakcijos efektas.

Konvertuotos dujos (XI), po vamzdinio reaktoriaus, šilumokaityje (10) pašyla 10 °C. Tada KD (XII) tiekiamos į šachtinį konverterį, modeliavimo aplinkoje tai pusiausvyros reaktorius (11), į kurį papildomai dozuojamas aplinkos oras. Pusiausvyros reaktoriuje nurodoma, kad jame vyksta šachtinio konverterio reakcijų rinkinys (11 pav.). Atmosferos oras (XIII') keturių laipsnių kompresoriumi (13';...13''''') yra suslegiamas iki 29,5 atm slėgio ir 150 °C temperatūros. Kompresorių suka perkaitinto garo turbina (23), kurioje naudojami perkaitinti vandens garai (G4,05'). Šilumos srautams (F', F'', F''', F''''') susumuoti ir prilyginti turbinos sukuriama šilumos srautui (K), pasitelkta balanso funkcija. Oro aušinimui naudojami aušintuvai (14'; 14''; 14'''), kurie orą aušina po pirmų trijų suslėgimo laipsnių, iki 50 °C. Prieš patekdamas į reaktorių suslėgtas oro srautas (XVI) dar pašildomas šilumokaityje (15) iki 460 °C. Dozuojant 69000 kg/h oro (XVII), gaunamas reikalingas azoto kiekis amoniako sintezei (N₂ : (H₂+CO) = 1 : 3). Sintezės dujos (XVIII srautas) iš šachtinio konverterio išteka 990 °C temperatūros ir 29 atm slėgio, srauto sudėtis pateikta 4 lentelėje.

4 lentelė. Metano konversijos oru-vandens garais šachtiniame konverteryje medžiagų balansas

Komponentas	Srautas					
	Konvertuotos dujos iš vamzdinės krosnies (XII)		Oras į šachtinį konverterį (XVII)		Sintezės dujos (XVIII)	
	Debitas, kg/h	Masės %	Debitas, kg/h	Masės %	Debitas, kg/h	Masės %
CH ₄	9394	7,5	-	-	246	0,13
H ₂ O	67444	54,1	-	-	75092	38,8
CO	15197	12,2	-	-	30897	16,0
H ₂	7826	6,3	-	-	9270	4,8
CO ₂	24804	19,9	-	-	25232	13,0
N ₂	-	-	52928	76,7	52928	27,3
O ₂	-	-	16072	23,3	-	-
Suma:	124665	100	69000	100	193665	100

Iš 4 lentelės matyti, kad sraute nesureagavusio metano lieka 0,13 %, o vandenilio susidaro 9270 kg/h. Susidariusi dujų šiluma po pirmo laipsnio konversijos yra panaudojama katiluose-utilizatoriuose. *Aspen HYSYS* aplinkoje panaudojame šilumokaitį (12), kuris gamina, 105,5 atm slėgio ir 315 °C temperatūros, sočiuosius vandens garus (XXI). Į šilumokaičio tarp vamzdinę dalį tiekiamas

maitinimo vanduo (XX), kuris yra 105,5 atm slėgio ir 315 °C temperatūros. Į vamzdinę dalį tiekiamos konvertuotos dujos (XVIII), po antro laipsnio konversijos. Iš šilumokaičio ištekantių konvertuotų dujų (XIX) temperatūra 380 °C, o slėgis 28 atm. Panaudojant iš šachtinio konverterio ištekantių dujų šilumą, pagaminama 214 t/h sočiųjų vandens garų, kurių slėgis 105,5 atm ir 315 °C temperatūra.

2.2.4. Sudeginimo dujos

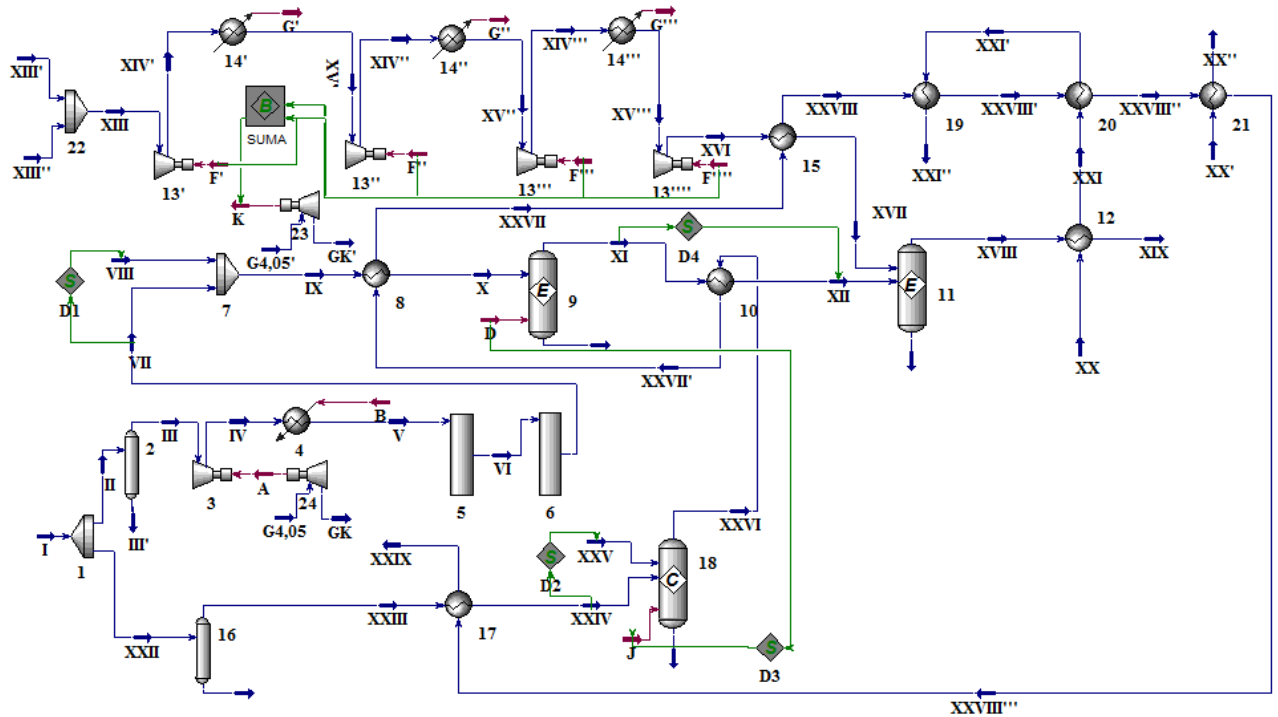
Grįžtama prie gamtinių dujų degimo modeliavimo. Gamtinės dujos (XXII) prieš sudeginimą yra šildomos šilumokaityje (17) jau sudegintų dujų dūmais (XXIX) iki 170 °C. Pašildytos dujos tiekiamos į vamzdinės krosnies degiklius, modeliavimo aplinkoje tai atitinka konversijos reaktorių (18) su degimo reakcija (12 pav.). Gamtinės dujos sudeginamos naudojant oro perteklių (XXV srautas), kad dūmų tūryje būtų 2,5 % deguonies, o metanas būtų pilnai sudegęs. Pasiiekti 800 °C KD (XI) temperatūrai po vamzdinio reaktoriaus reikia sudeginti 11900 kg/h metano. Išeinantys dūmai (XXVI) iš vamzdinės krosnies radiacinės zonos yra 1050 °C temperatūros. Dūmų šiluma vėliau panaudojama kitų srautų šildymui. Panaudojant išeinančių dūminių dujų šilumą konvekciniame vamzdinio konverterio dalyje sumontuotas ŠPAB (šilumos perdavimo aparatūros blokas). Modelyje ŠPAB atitinka šilumokaičiai: 8, 10, 17, 19, 20, 21.

Pirmiausia dūmai (XXVI) pašildo išeinančias iš vamzdinės krosnies konvertuotas dujas (XI srautas), tai atitinka šilumokaitį (10). Šilumokaityje (8) dūmai (XXVII) pašildo GDM (X) iki 520 °C temperatūros. Vėliau dūmai šilumokaityje (8) sušildo orą (XVI), prieš šachtinį metano konverterį (11), iki 460 °C temperatūros. Jau atvėšę ~ 800 °C temperatūros dūmai (XXVIII) perkaitina 105,5 atm slėgio ir 315 °C temperatūros sočiuosius vandens garus (XXI), šilumokaičiuose 19, 20. Šilumokaityje (21) dūmai pašildo maitinimo vandenį (XX) garų gamybai, iki 305 °C temperatūros. Paskutiniame šilumokaityje (17) sušildomos gamtinės dujos (XXII) prieš sudeginimą. Po šilumokaičių dūmų (XXIX) temperatūra 245 °C.

Taigi pagrindinis sintezės dujų gamybos trūkumas yra sudeginamas metanas aparatų išorėje. Todėl reiktų atlikti patobulinimą, kuris leistų sumažinti vamzdinėje krosnyje sudeginamų gamtinių dujų kiekį. Tam toliau analizuojama, kaip keičiasi proceso efektyvumas didinant, į šachtinį konverterį įmaišomo oro, deguonies koncentraciją. Gamtinių dujų vartojimo sumažėjimas leistų, sumažinti išmetamo į atmosferą CO₂ kiekį bei sumažinti ekonominius kaštus.

2.3. Sintezės dujų gamybos modernizavimas

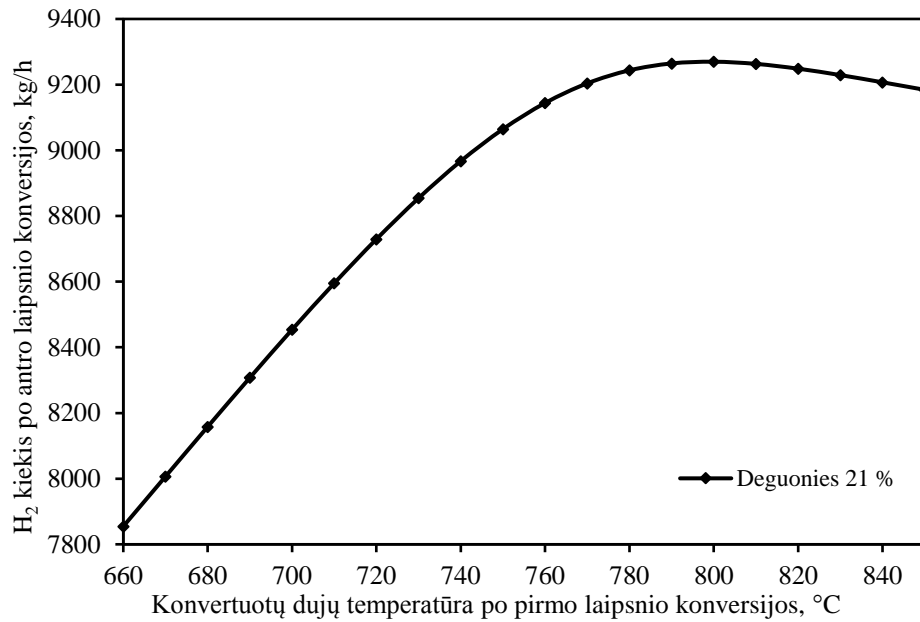
Pasinaudojant sintezės dujų gamybos modeliu, tiriama iki kokios ribos galima padidinti deguonies koncentraciją, įmaišomame azoto ir deguonies mišinyje, kad būtų išlaikytos reikiamos, saugios proceso ribos ir pasiektas didžiausias technologinis, aplinkosauginis efektas.



13 pav. Modernizuota sintezės dujų gamybos modelio schema

Kadangi metano reakcija su deguonimi yra egzoterminė, tai didinant deguonies koncentraciją, didesnis kiekis metano reaguotų su deguonimi. Reakcijos metu išsiskirtų daugiau šilumos ir dujų mišinys išiltų labiau. Padidėjusi dujų mišinio šiluma, šachtiniame konverteryje, leistų konvertuoti didesnę kiekį metano su vandens garais, endoterminės reakcijos metu. Į šachtinį konverterį patenkančio metano kiekis priklauso nuo to, kiek metano sureaguoja su vandens garais vamzdinėje krosnyje. Metano sureagavimo laipsnis, vamzdinėje krosnyje, priklauso nuo palaikomos reakcijos temperatūros, ir kuo ji didesnė tuo CH_4 reaguoja intensyviau. Iš to galime daryti prielaidą, kad sumažinę konvertuotų dujų (XI), iš vamzdinės krosnies, temperatūrą, sraute liks daugiau nesureagavusio metano. Šis metanas būtų konvertuojamas šachtiniame aparate endoterminės reakcijos metu, padidinus dujų mišinio temperatūrą egzoterminės reakcijos metu.

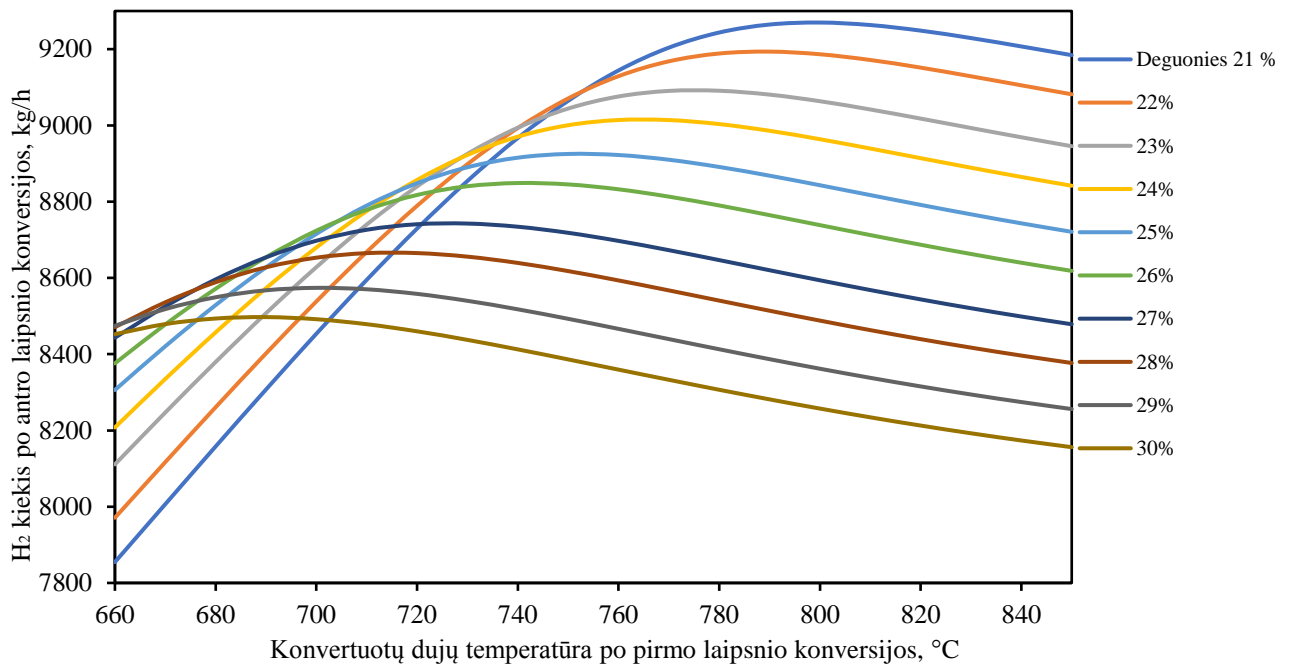
Pradžioje nustatoma kaip keičiasi vandenilio išeiga sintezės dujose (XVIII) po šachtinio konverterio, keičiant konvertuotų dujų (XI) temperatūrą, po vamzdinio reaktoriaus, antro laipsnio konversijoje naudojant įprastą aplinkos orą. Pasitelkiama *Aspen HYSYS* funkcija „case studies“ ir suvedami parametrai, kurie bus sekami ir kurie bus keičiami. Sekama vandenilio išeiga po šachtinio konverterio (11), keičiant konvertuotų dujų (XI) iš vamzdinės krosnies temperatūrą intervale 660–850 °C. Iš gautų duomenų nubrėžiamas grafikas (14 pav.).



14 pav. Vandenilio išėigos priklausomybė nuo konvertuotų dujų temperatūros

Iš grafiko matyti, kad naudojant įprastą aplinkos orą, norint pasiekti didžiausią vandenilio išėigą po šachtinio konverterio, vamzdinėje krosnyje reikia palaikyti 800 °C temperatūrą.

Toliau didinama deguonies koncentracija po 1 % oro sraute (XIII), maišytuvus (22) sumaišo aplinkos orą (XIII') ir dujinį deguonį (XIII'') reikiamu santykiu. Pasitelkiant „case studies“ funkciją, gaunamos vandenilio išėigos sintezės dujose priklausomybės, nuo konvertuotų dujų (XI) temperatūros, esant skirtingai deguonies koncentracijai oro sraute (XIII). Rezultatai pavaizduoti 15 pav.



15 pav. Vandenilio išėigos priklausomybė nuo konvertuotų dujų, po vamzdinės krosnies, temperatūros ir naudojamo oro mišinio, deguonies koncentracijos

Deguonies koncentracija didinta po 1 % visame azoto ir deguonies mišinysje iki 30 %. Iš grafiko matyti (15 pav.), kad didinant O₂ koncentraciją, temperatūra, kurią reikia palaikyti po vamzdinių reaktorių, mažėja norint gauti didžiausią vandenilio išėigą. Deguonies koncentraciją padidinus iki 22 %, vandenilio išėigos maksimumas atsiduria ties 790 °C temperatūra, tačiau sumažėja susidarancio vandenilio kiekis iki 9193 kg/h. Atitinkamai didinant deguonies koncentraciją iki 30 %, vandenilio išėigos maksimumai slenkasi į mažesnės temperatūros pusę, kol pasiekama 690 °C temperatūra. Temperatūrai nukritus, reakcinių vamzdžių išėjime žemiau normos (< 680 °C), didėja Buduaro reakcijos termodinaminė tikimybė, todėl deguonies koncentracijos nepatartina didinti virš 30 %. Duomenis pateikti 5 lentelėje.

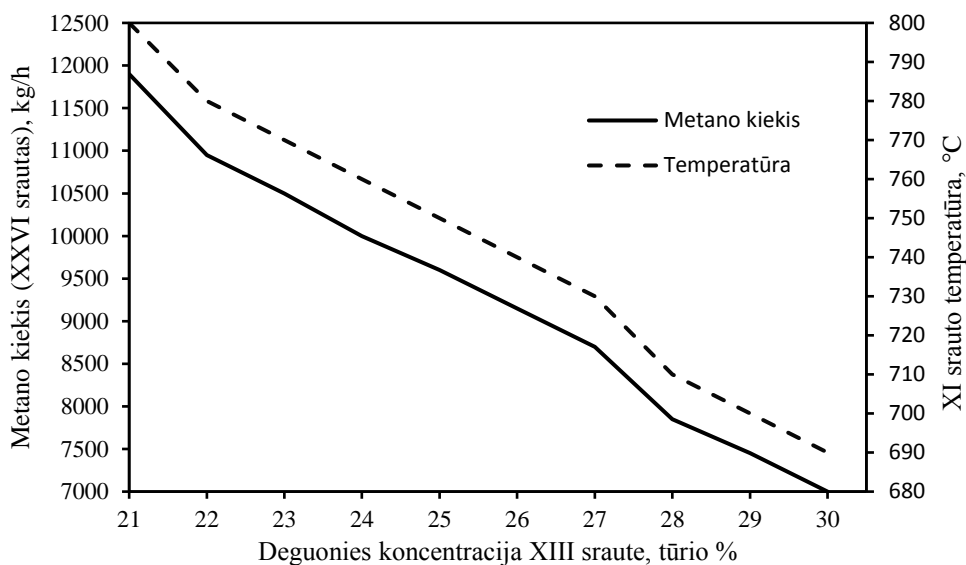
5 lentelė. Vandenilio išėigos pokytis, keičiantis oro sudėčiai ir KD temperatūrai po vamzdinio reaktoriaus

XVII srauto temperatūra, °C	Deguonies koncentracija XVII sraute, tūrio %									
	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21
	Vandenilio debitas XVIII sraute, kg/h									
660	8452	8474	8471	8443	8376	8306	8208	8111	7971	7855
670	8479	8518	8536	8525	8478	8421	8335	8247	8117	8007
680	8493	8549	8589	8596	8572	8529	8457	8380	8261	8158
690	8497	8568	8628	8654	8654	8628	8573	8507	8402	8307
700	8492	8574	8653	8697	8724	8715	8680	8628	8538	8454
710	8479	8570	8665	8726	8779	8790	8775	8740	8668	8595
720	8460	8558	8665	8741	8817	8848	8857	8840	8789	8729
730	8437	8540	8656	8743	8840	8890	8922	8925	8898	8854
740	8413	8518	8639	8734	8849	8915	8970	8994	8993	8967
750	8386	8493	8618	8718	8845	8925	9000	9044	9071	9064
760	8359	8466	8593	8697	8832	8922	9014	9076	9129	9144
770	8333	8440	8567	8673	8813	8910	9014	9090	9168	9204
780	8307	8413	8540	8647	8790	8891	9003	9091	9189	9244
790	8281	8387	8514	8620	8765	8868	8986	9081	9193	9265
800	8257	8362	8488	8594	8738	8843	8964	9063	9187	9270
810	8234	8338	8463	8568	8712	8817	8939	9042	9172	9263
820	8213	8315	8439	8544	8687	8792	8914	9018	9151	9249
830	8192	8294	8417	8520	8663	8767	8889	8993	9129	9229
840	8174	8274	8396	8499	8640	8743	8865	8969	9105	9207
850	8156	8256	8377	8478	8618	8721	8842	8945	9082	9184

Taigi didinant deguonies koncentraciją iki 30 %, galima sumažinti KD temperatūrą iš vamzdinės krosnies nuo 800 °C iki 690 °C. Toks temperatūros pokytis daro neigiamą įtaką vandenilio išėigai, sintezės dujų sraute (XVIII), kuri sumažėja 777 kg/h. Vandenilio išėigos sumažėjimą lemia egzoterminė reakcija, kadangi jos metu reaguojant 1 moliui metano susidaro 2 moliai vandenilio (34 reakcija), o endoterminės reakcijos metu reaguojant 1 moliui metano susidaro 3 moliai vandenilio (35 reakcija). Todėl naudojant didesnę deguonies kiekį, egzoterminė reakcija vyksta intensyviau ir vandenilio yra susintetinama mažiau.

Toliau analizuojama kaip keičiasi sudeginamų gamtinių dujų kiekis. Modelyje buvo didinama deguonies koncentracija ir stebima, kaip keičiasi sudeginamo metano kiekis. Kiekvienu atveju metano sudeginama tiek, kad būtų palaikoma tokia vamzdinės krosnies temperatūra, kuriai esant

pasiekama didžiausia vandenilio išeiga sintezės dujose. Vamzdinės krosnies temperatūra parenkama, pagal 5 lentelės duomenis. Grafiškai pateikiama, kaip keičiasi sudeginamo metano kiekis, kuris reikalingas palaikyti tinkamiausią KD (XI) temperatūrą, po vamzdinės krosnies, didinant įmaišomo oro (XIII) deguonies koncentraciją.



16 pav. Sudeginamo metano kiekio ir konvertuotų dujų (XI) srauto temperatūros kitimas nuo deguonies koncentracijos

Taigi padidinus deguonies koncentraciją iki 30 %, galima žymiai sumažinti konvertuotų dujų (XI) temperatūrą, po vamzdynių reaktorių, nuo 800 °C iki 690 °C. Dėl to sudeginamo metano kiekis sumažėja nuo 11900 kg/h iki 7000 kg/h (16 pav.). Taip būtų sutaupoma 4900 kg/h metano. Lyginant su vandenilio išeigos sumažėjimu, sudeginamo metano kiekis sumažėja reikšmingai ir kompensuoja vandenilio kiekio sumažėjimą.

2.3.1. Medžiagų balansas patobulintai sintezės dujų gamybai

Pasinaudojant modelio duomenimis sudaromas medžiagų balansas, sintezės dujų gamybos technologijai, naudojant oro mišinį, kuriame 30 % deguonies. Modelyje pakeičiama oro srauto (XII) sudėtis, kad jame būtų 30 % deguonies. Pasikeitus oro mišinio sudėčiai ir galutinei vandenilio ir CO išeigai, pasikeičia oro mišinio debitas nuo 69000 kg/h iki 72000 kg/h, kadangi turi būti išlaikytas reikiamas $N_2 / (H_2 + CO) = 1 / 3$ santykis. Srautų parametrai nuo II iki X modelyje nesikeičia. Konvertuotų dujų, po vamzdinės krosnies, temperatūra 690 °C. Konvertuotų dujų, po šachtinio konverterio, temperatūra 985 °C. Sudeginamo metano (XXIV) debitas keičiasi į 7000 kg/h, atitinkamai dozatorius (D2) pakeičia oro srautą (XXV) dujų deginimui. Dūminių dujų (XXVI) temperatūra išlieka ~1050 °C. Pasinaudojant modelio duomenimis sudaromas vamzdinės krosnies medžiagų balansas, kuris pateiktas 6 lentelėje.

6 lentelė. Metano konversijos vandens garais vamzdinėje krosnyje medžiagų balansas po patobulinimo

Komponentas	Srautas			
	Garų dujų mišinys (X)		Konvertuotos dujos (XI)	
	Debitas, kg/h	Masės %	Debitas, kg/h	Masės %
CH ₄	27140	21,8	16163	13,0
H ₂ O	97524	78,2	76118	61,1
CO	-	-	5046	4,0
H ₂	-	-	5154	4,1
CO ₂	-	-	22184	17,8
N ₂	-	-	-	-
Suma:	124665	100	124665	100

Matoma, kad sumažinus KD temperatūrą iki 690 °C, po vamzdinės krosnies nesureagavusio metano lieka 16163 kg/h, tai 6769 kg/h daugiau nei prieš modernizaciją. Likęs nesureagavęs metanas yra konvertuojamas šachtiniame konverteryje, egzoterminės ir endoterminės reakcijų metu. Toliau, kaip ir vamzdinėje krosnyje, yra sudaromas šachtinio konverterio medžiagų balansas, kuris pateiktas 7 lentelėje.

7 lentelė. Šachtinio konverterio medžiagų balansas po patobulinimo

Komponentas	Srautas					
	Konvertuotos dujos iš vamzdinės krosnies (XII)		Oras į šachtinį konverterį (XVII)		Sintezės dujos (XVIII)	
	Debitas, kg/h	Masės %	Debitas, kg/h	Masės %	Debitas, kg/h	Masės %
CH ₄	16163	13,0	-	-	265	0,13
H ₂ O	76118	61,1	-	-	81954	41,7
CO	5046	4,0	-	-	28210	14,3
H ₂	5154	4,1	-	-	8497	4,3
CO ₂	22184	17,8	-	-	29403	15,0
N ₂	-	-	48336	67,1	48336	24,6
O ₂	-	-	23664	32,9	-	-
Suma:	124665	100	72000	100	196665	100

7 lentelės duomenis lyginant su 4 lentelės duomenimis, matoma, kad po patobulinimo nesureagavusio metano lieka tiek pat, kiek ir prieš modernizaciją, 0,13 %. Vandens garų srautas padidėja 2,9 %, anglies monoksido sumažėja 1,7 %, anglies dioksido padidėja 2 %. Galutiniame sraute, dėl pakeitimų, pakinta vandenilio išeiga ir sumažėja 777 kg/h, kadangi reakcijų metu susidaro daugiau vandens garų ir CO₂. Padidinus deguonies koncentraciją iki 30 %, į šachtinį konverterį papildomai turi būti dozuojama 8986 kg/h deguonies.

Taip pat sudaromas metano sudeginimo reaktoriaus (18) medžiagų balansas, kuriame metano degimo šiluma kompensuoja reikalingą šilumos kiekį vamzdiniams reaktoriams (9).

8 lentelė. Metano sudeginimo reaktoriaus medžiagų balansas po patobulinimo

Komponentas	Srautas					
	Sudeginamos gamtinės dujos (XXIV)		Degimo oras (XXV)		Dūmai (XVIII)	
	Debitas, kg/h	Masės %	Debitas, kg/h	Masės %	Debitas, kg/h	Masės %
CH ₄	7000	100	-	-	-	-
H ₂ O	-	-	-	-	15721	10,8
CO ₂	-	-	-	-	19203	13,2
N ₂	-	-	106217	76,7	106217	73,0
O ₂	-	-	32254	23,3	4328	3,0
Suma:	7000	100	138471	100	145471	100

Iš 8 lentelės matyti, kad sumažinus sudeginamo metano kiekį iki 7000 kg/h, išsiskiria 19203 kg/h anglies dioksido. Lyginant su 3 lentelės duomenimis CO₂ kiekis sumažėja 13433 kg/h.

2.4. Tyrimo apibendrinimas

Tyrimo metu ištirta, kokią įtaką sintezės dujų gamybai daro deguonies koncentracijos padidinimas ore, kuris naudojamas šachtiniame konverteryje. Rezultatai rodo, kad padidinus deguonies koncentraciją iki 30 %, nesureagavusio metano galutiniame konvertuotų dujų sraute lieka, tiek pat kiek ir prieš pakeitimą 0,13 %. Galutiniame sraute dėl pakitimų pasikeičia vandenilio išeiga, sumažėja 777 kg/h, kadangi reakcijų metu susidaro daugiau vandens garų ir anglies dioksido. Padidinus deguonies koncentraciją iki 30 %, papildomai turi būti dozuojama 8986 kg/h deguonies. Deguonies koncentracijos nepatartina didinti virš 30 %, kadangi mažėtų temperatūra vamzdinėje krosnyje, kas lemtų didesnę Buduaro reakcijos tikimybę. Patobulinimas leidžia sumažinti sudeginamo metano kiekį 4900 kg/h, o išmetamą į atmosferą CO₂ srautą 13443 kg/h. Atsižvelgiant į šiuos rezultatus, bus tobulinama sintezės dujų technologinė linija. Taip pat priimti statybiniai sprendimai, sudaromi finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai bei atliekamas aplinkosauginis vertinimas.

3. Inžinerinė dalis

Šiame skyriuje atsižvelgiant į tyrimo rezultatus, tobulinama sintezės dujų technologinė linija. Sudaromi statybiniai sprendimai, atliekami finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai bei modernizacijos aplinkosauginis vertinimas.

3.1. Sintezės dujų gamybos technologinė schema ir aiškinamasis raštas

Sintezės dujų gamybos technologinė schema pateikta priede (žr. 1 priedas).

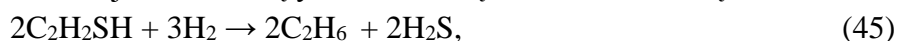
Šachtinio konverterio brėžinys pateiktas priede (žr. 2 priedas).

3.1.1. Gamtinių dujų suslėgimas

Viena iš svarbiausių sintezės dujų gamybos žaliava yra metanas, kuris tiekiamas iš gamtinių dujų skirstymo įmonių. Naudojamų gamtinių dujų parametrai: slėgis yra 2,5–4,3 MPa, temperatūra priklauso nuo aplinkos temperatūros. Dujų temperatūra įmonės įėjime yra tokia pat, kaip ir aplinkos temperatūra. Esant šaltajam metų laikui gamtinės dujos pašildomos šildytuve (1) iki reikiamos temperatūros naudojant 0,35 MPa vandens garus. Kadangi gamtinėse dujose gali būti mechaninių priemaišų, sumontuotas filtras (4). Toliau dujų srautas yra dalinamas į du srautus: technologijai (I srautas) ir į sudeginimo dujas (II srautas). Sudeginimo dujos patenka į separatorių (2). Dujų slėgis yra palaikomas 0,8–1,2 MPa. Dujos technologijai tiekiamos pro separatorių (3) ir palaikomas pastovus jų slėgis 2,0 MPa, kompresoriaus (25) įsiurbime. Naudojamų gamtinių dujų srautas nedidesnis negu 45000 m³/h. Separatoriuje (3) susidaręs kondensatas reguliuojamu vožtuvu nukreipiamas į separatorių (2). Jame naudojant šildymo gyvatuko šilumą, dujinis kondensatas išgarinamas ir naudojamas kartu su sudeginamomis gamtinėmis dujomis. Iš separatoriaus (3) technologinės gamtinės dujos (IV srautas) tiekiamos į išcentrinį vieno korpuso kompresorių (25). Minimaliam dujų kiekiui į kompresorių palaikyti, sumontuota apsaugos sistema, kuri tiekia dujas iš kompresoriaus išėjimo, per oru aušinamą aparatą (26) į įsiurbimą.

3.1.2. Sieros junginių šalinimas

Gamtinėse dujose yra iki 16 mg/m³ organinių sieros junginių, kurie tolimesniame procese yra katalizatorių nuodai. Tam yra atliekamas sieros junginių valymas, kuris suskirstytas į du etapus. Pirmame etape sieros junginiai naudojant vandenilį yra hidrinami į vandenilio sulfidą:



Sieros junginių hidrinimui reikalingas vandenilis, gaunamas iš azoto vandenilio mišinio (AVM). Mišinys (III srautas) yra tiekiamas prieš gamtinių dujų separatorių (3). Gamtinėse dujose esant iki 16 mg/m³ sieros junginių, prieš jų šalinimą mišinyje, turi būti 5,0 % tūrio vandenilio. Antrame etape gamtinių dujų mišinys tiekiamas pro adsorberius, kur vandenilio sulfidas adsorbuojamas:



Adsorbicijai naudojamas adsorbentas, turintis cinko ir vario junginių. Jis yra prisotinamas sieros junginiais ir keičiamas nauju.

Toliau aprašomas sieros junginių šalinimas technologinėje schemoje. Suslėgtų gamtinių dujų mišinys 33 atm slėgio ir 90 °C temperatūros, tiekiamas į dujų šildytuvą (5), kuriame dujos, konvekcinės ir radialinės zonos gyvatukais, šildomos iki ~ 380 °C temperatūros. Po šildytuvo (5) gamtinės dujos tiekiamos į hidrinimo aparatą (6) užpildytą kobalto-molibdeniniu katalizatoriumi. Po hidrinimo dujų mišinys tiekiamas į sieros junginių adsorberius (7) ir (8), kuriuose yra adsorbentai turintys cinko ir vario oksidų. Vienas adsorberis, dirbant technologinei linijai atjungiamas adsorbento keitimui, remontui. Atlikus sieros junginių šalinimą, gamtinių dujų srautas (V srautas) 32 atm slėgio ir 380 °C temperatūros, kuriame lieka mažiau nei 0,5 mg/m³ katalizatoriaus nuodų, tiekiamas į metano konversijos skyrių.

3.1.3. Azoto ir deguonies mišinio suslėgimas

Antro laipsnio konversijai reikalingas 29 atm slėgio azoto ir deguonies mišinys, kuris tiekiamas kompresoriumi (18). Oro kompresorius (18) yra dviejų korpusų, keturių laipsnių, dvylikos darbo ratų įrenginys su tarp laipsniniu oro aušinimu ir separavimu. Garo turbina, naudojanti G_{4,05} garus, suka kompresoriaus darbo ratą. Oras į kompresorių siurbiamas per įsiurbimo vamzdį, prieš tai sulaikant dulkes filtre (22). Taip pat į įsiurbimo vamzdį tiekiamas dujinis deguonis iš oro skaidymo bloko. Po pirmo dujų suspaudimo laipsnio, oro mišinys aušinamas aušintuve (19) iki 50 °C temperatūros ir nukreipiamas į sekantį suslėgimo laipsnį. Po antro suslėgimo laipsnio, oras aušinamas aušintuve (20) iki 50 °C temperatūros ir po separatoriaus (23) nukreipiamas į kompresoriaus trečią suslėgimo laipsnį. Po trečio suslėgimo laipsnio, oras aušinamas aušintuve (21) iki 50 °C temperatūros ir po separatoriaus (24) nukreipiamas į kompresoriaus (18) ketvirtą suslėgimo laipsnį. Ketvirto laipsnio suslėgime dujų mišinys 270 °C temperatūros ir 29 atm slėgio neaušinamas, o nukreipiamas į vamzdinės krosnies gyvatuką, kuriame pašildomas iki 460 °C. Dujų mišinys aušintuvuose aušinamas apytakinio ciklo vandeniu.

3.1.4. Pirmo ir antro laipsnio konversija

Sintezės dujų gamyboje gamtinės dujos konvertuojamas dvejomis stadijomis. Pirmoje stadijoje gamtinės dujos konvertuojamos naudojant vandens garus vamzdinėje krosnyje (9). Iš vamzdinės krosnies ištekančiose dujose lieka iki 12 % nesureagavusio metano. Antroje stadijoje gamtinės dujos konvertuojamos, naudojant vandens garų-deguonies mišinį, šachtiniame konverteryje (13), kai metano lieka mažiau negu 0,13 %.

Toliau aprašomas technologinės schemos metano konversijos etapas. Po katalizinių nuodų šalinimo gamtinės technologinės dujos (V srautas) yra 32 atm slėgio ir 380 °C temperatūros, jos sumaišomos su G_{4,05} vandens garais (VI srautas). Srautai maišomi tūriniu santykiu: vandens garai : gamtinės dujos = 3,2 : 1. Susidaręs 360 °C temperatūros garų-dujų mišinys (GDM) (VII srautas) yra šildomas, dūminių dujų šiluma, iki 520 °C temperatūros. Toliau GDM tiekiamas į 12 paskirstymo kolektorių, kurie sujungia 504 reakcinius vamzdžius. Kiekvieno kolektoriaus eilėje sumontuoti 42 vamzdžiai, kurie yra užpildyti nikelio katalizatoriumi. Garų dujų mišinys per reakcinius vamzdžius tiekiamas iš viršaus į apačią. Vamzdžiuose vykstanti reakcija yra endoterminė, todėl vamzdžių išorė yra šildoma. Šiam tikslui, vamzdinės krosnies viršuje sumontuoti lubiniai degikliai, kurie išdėstyti trylikoje eilių,

kai kiekvienoje eilėje yra po 20 degiklių. Degikliuose deginamos gamtinės dujos ir susidariusi liepsna yra nukreipiama iš viršaus į apačią. Dūminių dujų išretėjimas (–50)–(–120) Pa palaikomas dūmsiurbiais (16 A, B). Trauka reguliuojama keičiant dūmsiurbių apskukas ir užsklandų padėtį.

Nuo reakcinių vamzdžių sienelių temperatūros priklauso katalizatoriaus ilgaamžiškumas. Sienelių temperatūra neturi būti didesnė negu 930 °C, kadangi esant aukštesnei temperatūrai, pažeidžiamas katalizatorius. Reakcinių vamzdžių išėjime GDM temperatūra 690 °C, o dūminės dujos ištraukiamos ne didesnės negu 1050 °C temperatūros. Konvertuotos dujos, iš reakcinių vamzdžių, patenka į 12 surinkimo kolektorių. Iš jų, per 12 vamzdžių, tiekiamos į futeruotą kolektorių (10), kuriuo dujos patenka į šachtinį konverterį (13). Konvertuotos dujos į antro laipsnio konversiją tiekiamos 700 °C temperatūros ir 29 atm slėgio.

Sudegintų gamtinių dujų dūmai, iš vamzdinių reaktorių šildymo zonos, ištraukiami pro 13 tunelių, kurie įrengti šildymo zonos apačioje. Tuneliai yra išdėstyti šachmatine tvarka, todėl tai leidžia reguliuoti ir nukreipti dūmus, juos veiksmingai išnaudojant reakcinių vamzdžių šildymui. Dūmų tuneliuose dozuojamas amoniako ir vandens garų mišinys. Mišinys naudojamas sumažinti dūminėse dujose susidarančių azoto oksidų kiekį. Tai homogeninis dūmų valymas, kuris plačiau aptariamasis aplinkosauginės dalies vertinime. Toliau dūmų šiluma yra panaudojama technologinių srautų šildymui. Tai atliekama vamzdinės krosnies konvekciniėje dalyje, kur yra sumontuota šilumos perdavimo aparatūra. Šilumos perdavimo bloke (ŠPAB) yra pašildomi šie srautai:

- Garų-dujų mišinys (VII srautas) iki 520 °C temperatūros, kuris tiekiamas į vamzdinės krosnies (9) reakcinius vamzdžius;
- Garų-oro mišinys (IX srautas) iki 500 °C temperatūros, kuris tiekiamas į šachtinio konverterio (13) viršutinę dalį;
- G_{10,55} vandens garai iki 410 °C temperatūros dviejų laipsnių garų kaitintuve;
- Deaeruotas maitinimo vanduo iki 305 °C temperatūros, kuris tiekiamas į garų surinktuvą (12);
- Gamtinės dujos iki 170 °C temperatūros, kurios tiekiamos į lubinius degiklius.

Prie konvekcinės, vamzdinės krosnies dalies yra prijungta, pagalbinio garų gamybos katilo (11), kamera. Pagalbinėje kameroje susidariusi dūmų šiluma yra naudojama papildomam ŠPAB gyvatukų pašildymui. Dūmai po šilumos perdavimo bloko yra mažesnės nei 250 °C temperatūros. Po ŠPAB dūmsiurbiais (16 A, B), per kaminą (17), dūmus išmeta į aplinkos orą.

Antra gamtinių dujų konversijos stadija su deguonimi ir vandens garais, vyksta šachtiniame konverteryje (13). Konverteryje dalinai konvertuotas garų-dujų mišinys reaguoja su deguonimi ir vandens garais. Deguonis įmaišomas kartu su azotu ir taip suteikiamas reikalingas azoto kiekis amoniako sintezei. Azoto konvertuotose dujose turi būti tiek, kad būtų pasiektas azoto dujų santykis su vandenilio ir anglies monoksido dujų suma $N_2 : (H_2 + CO) = 1 : 3$. Į šachtinį konverterį azoto ir deguonies mišinys (IX srautas), 460 °C temperatūros ir 29 atm slėgio, tiekiamas per viršutinę aparato dalį. Garų-dujų mišinys, futeruotu kolektoriumi (10), tiekiamas į aparatą tangentiškai. Srautai šachtiniame konverteryje pirmiausia patenka į maišytuvą. Esančioje erdvėje reaguoja likęs metanas su deguonimi. Papildoma erdvė neleidžia perkaisti konverterio katalizatoriui, kadangi konvertuotos dujos sušyla iki 1300 °C temperatūros. Susidariusios šilumos užtenka sekančiai endoterminei reakcijai. Aparato viduje sumontuotas nikelio katalizatoriaus sluoksnis, todėl jame vyksta

endoterminės metano konversijos stadija ir dujų temperatūra mažėja iki 980 °C (X srautas). Po antro gamtinių dujų konversijos etapo, nesureagavusio metano lieka 0,13 % . Kadangi sintezės dujos vėliau naudojamos amoniako gamybai, tam atliekama anglies monoksido konversijos stadija, kuriai reikalinga mažesnė dujų temperatūra. Dujų temperatūra mažinama pirmo laipsnio katiluose-utilizatoriuose (14 A,B) iki 380 °C temperatūros. Toliau konvertuotos dujos papildomai aušinamos iki 350 °C temperatūros, panaudojant antro laipsnio katilą-utilizatorių (15). Po aušinimo sintezės dujos tiekiamos į CO konversiją. Katiluose-utilizatoriuose pagaminami G_{10,55} garai.

3.1.5. Kūryklinės dujos

Dujos deginimui iš separatoriaus (2), 17 atm slėgio ir 25 °C temperatūros, skirstomos į 3 srautus:

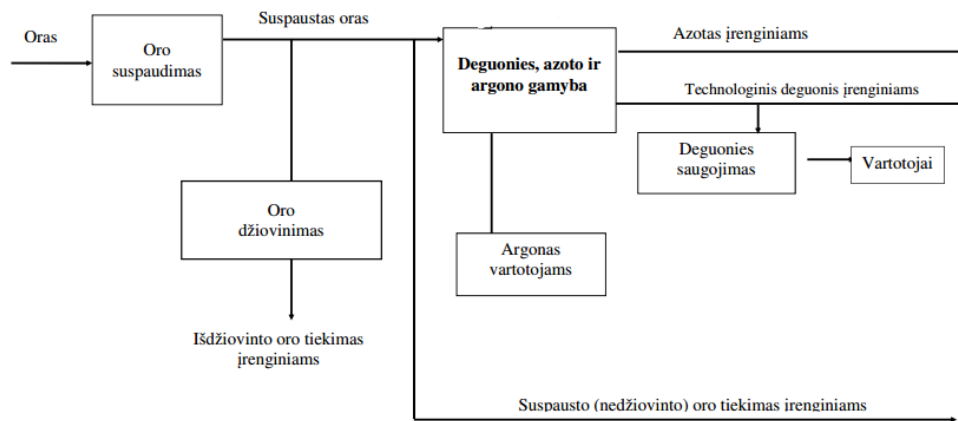
- Pagalbinio katilo (11) degiklius;
- Gamtinių dujų šildytuvo (5) degiklius;
- Vamzdinės krosnies (9) degiklius.

Didžiausia gamtinių dujų dalis tiekama į 260 lubinių degiklių, kurie sumontuoti vamzdinėje krosnyje. Į lubiniuose degikliuose sudeginamas gamtines dujas, papildomai dozuojamos tankinės ir prapūtimo dujos. Dalį sudeginamų dujų sunaudoja tuneliniai degikliai, kurie sumontuoti apatinėje kameros dalyje. Kita deginamų gamtinių dujų dalis tiekama į pagalbinio katilo (11) 24 degiklius.

3.1.6. Technologinės linijos pakeitimai

Sintezės dujų technologinė linija modernizuota remiantis tiriamosios dalies rezultatais. Patobulinimui yra reikalingas dujinio deguonies srautas (iki 10000 kg/h), kuris technologinėje dalyje atitinka XI srautą. Dujinis deguonis bus tiekiamas iš oro skaidymo bloko (OSB), kuris įmonėje eksploatuojamas nuo 2015 metų.

Oro skaidymo blokas skirtas gaminti skystą argoną, azotą ir deguonį, bei dujinį azotą ir deguonį. Toliau aprašomas principinis bloko veikimas. Aplinkos oras per filtrus tiekiamas į turbokompresorių, kuriame suslegiamas ir ataušinamas. Po turbokompresoriaus iš oro atskiriama susikondensavusi drėgmė. Pašalinus drėgmę oras tiekiamas į adsorberį, kuriame oras išvalomas nuo papildomos drėgmės bei adsorbuojamas anglies dioksidas ir angliavandeniliai. Po adsorbcijos oras yra išvalomas nuo dulkių ir papildomai suslegiamas. Dalis suslėgto oro tiekama vartotojams, o likęs oro kiekis atšaldomas ir nukreipiamas į rektifikavimo koloną. Kolonoje gilaus atšaldymo metu rektifikuojami ore esantys komponentai – azotas, deguonis ir argonas. Susidariusios dujos tiekiamos vamzdiniais į įmonės cechus dujinėje fazėje arba kondensuojami ir laikomi rezervuaruose.



17 pav. Principinė oro skaidymo bloko schema

Kadangi oro skaidymo bloke lieka perteklinis dujinio deguonies kiekis, todėl dalis jo grąžinama į atmosferą. Šis deguonies kiekis būtų nukreipiamas į sintezės dujų gamybos liniją. Deguonies tiekimui nuo oro skaidymo bloko iki sintezės dujų gamybos linijos, turi būti sumontuotas ilgesnis negu 500 metrų vamzdynas. Sumontuotas ventiliatorius, kuris deguonį (~10000 kg/h) vamzdynu tiekis į kompresoriaus (18) įsiurbimo vamzdį. Taip pat numatyta automatikos ir kontrolės prietaisų įranga. Modernizacijos įrangai planuojama skirti apie 1,5 mln. eurų.

3.2. Statybiniai sprendimai

3.2.1. Bendrieji duomenys

Projekte tobulinama sintezės dujų gamybos linija, esanti įmonės, AB „Achema“, teritorijoje. Gamybos įmonė įsikūrusi Jonalaukio kaime (Ruklos seniūnija, Jonavos rajonas, LT-55550) šalia Neries ir Šventosios upių santakos, netoli Jonavos. Gamyklos vietą lėmė patogi geografinė padėtis su šalia esančiomis automagistralės ir geležinkelio linijomis, kurios jungia įmonę su didžiaisiais Lietuvos miestais bei Baltijos jūros uostu. Teritorijoje tarp cechų išasfaltuoti keliai, įrengti šaligatviai, kurie leidžia judėti autotransportui bei pėstiesiems. Bendrovėje 2020 m. dirbo apie 1300 darbuotojų [26].

Modernizuojamo gamybinio objekto sklypas užima 1,3 ha. Sklypas yra gamyklos, šiaurės – rytų, teritorijos dalyje. Sklypas rytų pusėje turi įvažiavimą iš gamyklos gatvės. Kitoje kelio pusėje įrengtas šaligatvis. Aplink gamybinį objektą betono danga, kėlimo kranams ir gelbėjimo tarnyboms privažiuoti. Technologinė linija užima 1231 m², tai 9,5 % sklypo ploto. Bendrieji statinio techniniai rodikliai pateikti 9 lentelėje.

9 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
1	I. Sklypas		
	1.1. Sklypo plotas	ha	1,3
	1.2. Statinio užimtas žemės plotas	m ²	1231
	1.3. Apželdintas žemės plotas	m ²	0
	1.4. Automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt.	Už sklypo ribų
	1.5. Sanitarinės apsaugos zona	m	500

3.2.2. Statinio architektūrinė ir konstrukcinė sandara

Technologinės linijos ilgis tarp ašių 38,57 m, plotis 36,46 m, aukščiausia technologinės linijos vieta 40,86 m. Technologinės linijos įrengimai išdėstyti ant gelžbetoninių pamatų. Technologinėje linijoje naudojamos sprogios, kenksmingos dujos, kurių srautų slėgiai dideli, todėl įrengimai sumontuoti ne pastate, o atviroje vietoje. Pagrindinė technologinės linijos įranga – vamzdinė krosnis, kuri stovi ant gelžbetoninių kolonų, išdėstytų 3,59 m atstumu viena nuo kitos. Šachtinis konverteris ir katilai-utilizatoriai sumontuoti ant betono pamatų. Vandens garų surinktuvas sumontuotas ant metalinės konstrukcijos 33,33 m aukštyje. Įrenginių aptarnavimui įrengtos plieninės aptarnavimo aikštelės ir laiptai.

3.2.3. Bendrųjų pastato inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai

Tobulinamoje technologinėje linijoje suprojektuotos inžinerinės sistemos: vanduo, oras, deguonis, gamtinės dujos. Vanduo gamybai tiekiamas iš Neries upės, jis chemiškai išvalomas ir paskirstomas į cechus. Gamtinės dujos tiekiamos į gamyklą skirstymo įmonės AB „AMBER GRID“. Gamtinės dujos naudojamos technologiniame procese ir šiluminiai energijai gaminti. Elektros energija įmonė apsirūpina pati veikiančiomis kogeneracinėmis jėgainėmis. Oras technologijai tiekiamas iš aplinkos. Modernizavus technologinę liniją dujinis deguonis bus tiekiamas iš oro skaidymo bloko, esančio kitame ceche.

Pagrindiniai technologinės linijos įrenginiai – vamzdinė krosnis ir šachtinis konverteris. Vamzdinė krosnis susideda iš radiacinės kameros, konvekcinės kameros ir izoliuoto jungiančiojo vamzdyno iki šachtinio konverterio. Įrenginio ilgis 26120 mm, plotis 21560 mm, aukštis 19200 mm. Konstrukcinė medžiaga – anglinis legiruotas plienas. Šachtinis konverteris – vertikalus, cilindrinis aparatas su kūginiu dugnu ir vandeniniu apvalkalu. Skersmuo 4000 mm, aukštis 17410 mm, aparato tūris 100 m³. Dėl technologinių procesų įrenginiai įkaista, todėl jie bus izoliuoti, kad darbininkams nekeltų pavojaus.

Statybiniai brėžiniai pateikti prieduose (žr. 3 priedas, 4 priedas, 5 priedas).

3.3. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai

3.3.1. Technologinio patobulinimo projektavimas ir diegimas, bei aplinkos analizė: ekonominių ir organizacinių problemų nustatymas

Kiekvienas inovacinis sprendimas vertinamas technologiniu, aplinkosauginiu bei ekonominiu požiūriu. Pirmiausia atsiranda idėja, kurią vystant ir tobulinant, gaunamas galutinis projektas. Visos inovacijos yra atidžiai įvertinamos ir pagrindžiamos skaičiavimais. Dažnai technologiniai sprendimai taikomi esamoms technologijoms pagerinti, siekiant kokybiškesnio produkto, sumažinant naudojamų žaliavų ir energijos kiekius ar siekiant aplinkosauginio efekto. Analizuojant sintezės dujų gamybos technologiją ekonominiu požiūriu, bus įvertinamas modernizacijos finansinis efektyvumas.

Sintezės dujos plačiausiai naudojamos amoniako sintezei, kuris yra svarbi žaliava trąšų pramonei. Trąšų gamybos mastai didėja, dėl didelio maisto poreikio, bei sparčiai augant žmonių skaičiui planetoje. Todėl itin svarbu, kad sintezės dujos būtų gaminamos kuo ekonomiškiau bei tausojant gamtos išteklius.

Rinkos išorinei aplinkai gali turėti įtakos: demografiniai, ekonominiai, technologiniai, gamtos, sociokultūriniai ir valstybės reguliavimo veiksniai, kurie darys įtaką gaminamo produkto kainai. Todėl aplinkos veiksniai nuolat analizuojami ir bandoma kuo naudingiau prie jų prisitaikyti. Vidinę rinkos aplinką veikia pirkėjai, žaliavų tiekėjai, esami ir nauji konkurentai. Įmonėms vienas iš svarbiausių tikslų yra patenkinti visus klientų galimus poreikius, kad gautų maksimalų pelną, įvertinant bendrą rinkos kainą. Siekiant šio tikslo, įmonė turi užmegzti gerus ryšius su žaliavų, medžiagų, įrengimų bei kitų gamybos išteklių tiekėjais. Įmonėje vykdant gamybą, kuri negali būti pertraukiama, turi nuolatos būti tiekiamos žaliavos, todėl tokio pobūdžio gamyboje svarbu geri sandoriai su tiekėjais.

Apžvelgus į rinkos išorinius ir vidinius veiksnius, projektuojamame objekte tikslinga mažinti patiriamus kaštus. Todėl bus vertinama kaip pasikeis ekonominis efektyvumas prieš įgyvendinant modernizaciją ir po jos. Sintezės dujų technologinės linijos efektyvumas labai priklauso nuo sunaudojamų žaliavų: gamtinių dujų, vandens, oro. Vandens ir oro kaina yra sąlyginai maža, kadangi šios žaliavos naudojamos iš šalia įmonės esančios upės ir atmosferos. Didžiausią įtaką galutinei produkto kainai daro, sunaudojamų gamtinių dujų kiekis ir jų kaina. Remiantis valstybinės energetikos reguliavimo tarnybos duomenimis, dabartinė gamtinių dujų kaina lygi 0,29 €/m³ [27]. Pritaikius inžinerinius sprendimus, šiluminei energijai gauti, sumažinamas sudeginamų gamtinių dujų kiekis 7400 m³ per valandą, sumažinant galutinę amoniako išėigą 6 %. Taip pat technologijai papildomai su aplinkos oru bus reikalingas dujinis deguonis. Apibendrinant galima teigti, kad įmonės kaštai tenkantys sudeginamoms gamtinėms dujoms turėtų sumažėti 18,79 mln. Eur. per metus, tačiau tada sumažėja pagaminamo amoniako kiekis, todėl ekonominė modernizacijos nauda analizuojama finansiniais skaičiavimais.

3.3.2. Investicijų bei finansų šaltiniai, projektuojamam patobulinimui

Pirmiausia pradedami skaičiuoti projektuojamos inovacijos kaštai, reikalingi įsigyti elementams, kurie bus naudojami rekonstrukcijoje. Tobulinamos technologinės inovacijos skaičiavimai bus atliekami tik pakeičiant technologiją. Tačiau skaičiavimuose nebus skiriamas dėmesys trumpalaikio turto vertės vertinimui. Projektui reikalingi kaštai ir finansavimo šaltiniai pateikti 10 lentelėje.

10 lentelė. Technologinio patobulinimo kaštai ir finansavimo šaltiniai

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	mln. Eur	Struktūra	mln. Eur
Ilgalaikiam turtui įsigyti	0,82	Akcininkų nuosavybė, akcinis kapitalas, rezervai	0,973
Statybos ir montavimo darbų kaštai	0,31	Paskolos: ilgalaikės	0,417
Kiti kaštai	0,26		
Viso kaštų:	1,39	Viso šaltinių:	1,39

Projekto kaštams padengti bus naudojamas akcinis kapitalas, įmonės rezervai, bei prireiks ilgalaikės paskolos, kurios vertė siekia 0,417 mln. Eur. Ilgalaikė paskola imama penkeriems metams.

3.3.3. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas

Atliekant ilgalaikio turto vertės skaičiavimus labai svarbu įvertinti ir tiksliai žinoti naudojamų technologinių įrengimų kainas. Rezultatai pateikti 11 lentelėje.

11 lentelė. Ilgalaikis turtas

Ilgalaikio turto pavadinimas	Viso, mln. Eur
Ventiliatorius	0,42
Vamzdynas	0,30
Papildoma įranga	0,10
Viso (ilgalaikio turto)	0,82

Iš 11 lentelės duomenų matoma, kad modernizuojant sintezės dujų technologinę liniją daugiausia išlaidų atsiranda perkant inventorių. Ventiliatorius yra reikalingas deguonies tiekimui iš oro skaidymo bloko. Vamzdynas, kurio ilgis daugiau negu 500 metrų, reikalingas deguoniui transportuoti nuo oro skaidymo bloko iki technologinės linijos. Taip pat reikalinga papildoma įranga, srautų kontrolės ir automatikos sistemoms.

3.3.4. Produkcijos gamybos apimtis ir gaunamosios pajamos

Sintezės dujos gamybos linija yra amoniako gamybos technologinė dalis, todėl tikslinis produktas yra amoniakas. Po rekonstrukcijos amoniako pagaminama tiek pat, dėl šios priežasties gamybos įsisavinimo koeficientas lygus 1. Produkcijos gamybos apimtys ir gaunamosios pajamos pateiktos 12 lentelėje.

12 lentelė. Produkcijos gamybos apimtis ir gaunamosios pajamos

Rodikliai	Gamybos įsisavinimo koeficientas	Gaminys, t/metus	Iš viso, mln. Eur
Prieš rekonstrukciją			
Produkcijos gamybos (pardavimo) apimtis brandos stadijoje, vnt.	1	551880	-
Gaminio kaina, Eur	500,34		
Gaunamosios pajamos brandos stadijoje, mln. Eur	-	-	276,13
Po rekonstrukcijos			
Produkcijos gamybos (pardavimo) apimtis brandos stadijoje, vnt.	1	551880	-
Gaminio kaina, Eur	500,34		
Gaunamosios pajamos brandos stadijoje, mln. Eur	-	-	276,13

Prieš ir po rekonstrukcijos amoniako pagaminama 551880 tonų per metus, o amoniako kaina (500,34 Eur). Po rekonstrukcijos bus siekiama išlaikyti tokią pačią amoniako kainą. Pardavimo pajamų gauta 276,13 mln. Eur.

3.3.5. Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Tiesioginiai gamybos kaštai, tai kaštai, kurie yra tiesiogiai susiję su gamybos procesu (išlaidos reikalingoms žaliavoms, darbui, energijai). Pagrindinės žaliavos amoniako gamybai yra gausiai naudojamos gamtinės dujos, atmosferos oras, deguonis ir vanduo. Oras naudojamas iš atmosferos, vanduo iš upės ir modernizuojant technologinę liniją bus reikalingas techninis deguonis, kuris bus tiekiamas iš oro skaidymo bloko. Oro skaidymo bloke dujinio deguonies lieka perteklius ir jis vėl išmetamas į atmosferą, todėl jo dalis bus panaudojama modernizuojamame projekte. Kadangi oras, techninis deguonis ir vanduo sąlyginai pigūs, todėl vertinama yra tik gamtinių dujų kaina. Išlaidos gamtinėms dujoms pateiktos 13 lentelėje.

13 lentelė. Išlaidos pagrindinei žaliavai, gamtinėms dujoms

Žaliavos pavadinimas	Gamybos planas, t/metus	Medžiagų sunaudojimo norma gaminiui, m ³ /t produkto	Medžiagos kaina, Eur/m ³	Medžiagos poreikis natūriniais vienetais, mln. m ³	Medžiagų kaštai	
					Gaminio, Eur/t	Iš viso, mln. Eur
Prieš rekonstrukciją						
Gamtinės dujos	551880	635	0,29	350,4	184,15	101,63
Po rekonstrukcijos						
Gamtinės dujos	551880	678	0,29	374,17	196,62	108,51

Prieš rekonstrukciją iš pagaminamų sintezės dujų yra pagaminama 63 tonos per valandą amoniako, kai pastovus agregato apkrovimas gamtinėmis dujomis 27140 kg/h arba apytiksliai 40000 m³/h. Gamtinių dujų poreikis 1 tonai amoniako, prieš rekonstrukciją:

$$V_{CH_4} = \frac{40000}{63} = 635 \text{ m}^3/1 \text{ tonai NH}_3.$$

Po rekonstrukcijos esant tam pačiam agregato apkrovimui gamtinėmis dujomis, linija pagamina 59 tonas per valandą amoniako. Gamtinių dujų poreikis 1 tonai amoniako, po rekonstrukcijos:

$$V_{CH_4} = \frac{40000}{59} = 678 \text{ m}^3/1 \text{ tonai NH}_3.$$

Normalus agregato apkrovimas pagal gamtines dujas palaikomas 40000–43000 m³/h, todėl po rekonstrukcijos norint išlaikyti tokį patį našumą agregatas bus apkraunamas leistinu kiekiu dujų. Po rekonstrukcijos žaliavų kaštai padidėja 6,88 mln. Eur.

Tiesioginėms gamybos išlaidoms priskiriamas pagrindinių gamybos darbininkų darbo užmokestis. Tiesiogiai su gamyba susijusių darbininkų įmonėje yra 24 (operatoriai), kurie išskirstyti į keturias pamainas po 6. Operatorių valandinis tarifinis atlyginimas yra 6,7 Eur/h. Darbdavio atskaitymai nuo 2020 m. sausio 1 d. sudaro 1,79 % bendro darbo užmokesčio. Kadangi darbas tęsiasi visus metus, todėl programos darbo imlumas 8760 val./metus. Išlaidos pagrindinių gamybos darbininkų darbo užmokesčiui pateiktos 14 lentelėje.

14 lentelė. Pagrindinių darbininkų metinis darbo užmokestis

Gaminys	Metinė gamybos apimtis, t/metus	Programos darbo imlumas, val.	Darbininkų skaičius	Valandinis atlyginimas, Eur/val.	Darbo užmokestis, mln. Eur	Atskaitymai VSD, GF, IDIF, tūkst. Eur
Prieš rekonstrukciją						
Amoniakas	551880	8760	24	6,7	352,1	6,3
Po rekonstrukcijos						
Amoniakas	551880	8760	24	6,7	352,1	6,3

Atlikus rekonstrukciją pagrindinių darbininkų darbo užmokestis išlieka toks pat, kadangi bus atliekamas toks pats darbas.

Toliau skaičiuojama elektros energija reikalinga gamybai. Elektros energiją naudoja vandens siurbiai, tepalo siurbiai, automatikos sistemos ir kiti įrenginiai.

15 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai

Įrengimų pavadinimas	Suminis aktyvinis galingumas, kW	Darbo valandų skaičius per metus, val.	Elektros energijos poreikis, kWh	1 kWh kaina, Eur	Išlaidos elektros energijai, mln. Eur
Prieš rekonstrukciją					
Įrengimų varikliai	1512	8760	9271584	0,12	1,11
Po rekonstrukcijos					
Įrengimų varikliai	1622	8760	9946104	0,12	1,19

1 kWh kaina remiantis AB „Ignitis“ duomenimis [28] yra lygi 0,12 euro už kilovatvalandę. Po rekonstrukcijos suminis galingumas padidėjo iki 1622 kW, todėl analogiškai padidėjo išlaidos elektros energijai. Įvykdžius rekonstrukciją, papildomą kiekį energijos sunaudoja deguonies tiekimo įrenginiai.

Tiesioginėms išlaidoms taip pat priskiriami kaštai šiluminei energijai. Gamtinės dujos naudojamos ne tik kaip sintezės dujų gamybos žaliava, tačiau ir kaip kuras šiluminei energijai gauti. Remiantis modeliavimo sistemos duomenimis, pateiktas inžinerinėje dalyje, išlaidos šiluminei energijai pateiktos 16 lentelėje.

16 lentelė. Išlaidos šiluminei energijai

Žaliavos pavadinimas	Gamybos planas, t/metus	Medžiagų sunaudojimo norma gaminiui, m ³ /t produkto	Medžiagos kaina, Eur/m ³	Medžiagos poreikis natūriniais vienetais, mln. m ³	Energijos kaštai, mln. Eur
Prieš rekonstrukciją					
Gamtinės dujos	551880	281	0,29	155,08	44,97
Po rekonstrukcijos					
Gamtinės dujos	551880	174	0,29	96,03	27,85

Prieš rekonstrukciją, šiluminei energijai išgauti, gamtinių dujų sudeginama 11900 kg/h arba apytiksliai 17700 m³/h. Gamtinių dujų poreikis šiluminei energijai prieš rekonstrukciją:

$$V_{CH_4} = \frac{17700}{63} = 281 \text{ m}^3/1 \text{ tonai NH}_3$$

Po rekonstrukcijos, šiluminei energijai išgauti gamtinių dujų sudeginama 7000 kg/h arba apytiksliai 10300 m³/h. Gamtinių dujų poreikis šiluminei energijai po rekonstrukcijos:

$$V_{CH_4} = \frac{10300}{59} = 174 \text{ m}^3/1 \text{ tonai NH}_3$$

Po rekonstrukcijos išlaidos šiluminei energijai sumažėja 17,12 mln. Eur.

Projekte tiesiogines išlaidas sudaro: naudojamos žaliavos, šiluminė energija, pagrindinių darbininkų darbo užmokestis ir elektros energija.

3.3.6. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Netiesioginiai gamybos kaštai yra sudaryti iš išlaidų, nesusijusių su sintezės dujų gamyba, tai yra tokios išlaidos kaip: viršininkų, technologų, meistrų, valytojų, inžinierių ir kitų darbuotojų užmokestis, darbo medžiagos ir energija. Paprastai šių išlaidų suma sudaro 60–80 % apskaičiuotų tiesioginių išlaidų. Priimame, jog netiesioginiai gamybos kaštai sudaro 60 % tiesioginių gamybos kaštų (18 lentelė).

Kadangi atliekame proceso modernizaciją, tai išlaidos nusidėvėjimui skaičiuojamos tik rekonstrukcijos įrenginiams. Likvidacinės priemonių vertės sudaro 10 % nuo pradinės vertės.

17 lentelė. Amortizaciniai atskaitymai

Ilgalaikio turto rūšis	Įsigijimo vertė, mln. Eur	Normatyvinė eksploataavimo trukmė	Nusidėvėjimo suma, mln. Eur metams					Likutinė vertė, mln. Eur
			I	II	III	IV	V	
Įrenginiai:								
Ventiliatorius	0,42	15	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,294
Vamzdynas	0,30	10	0,027	0,004	0,004	0,004	0,004	0,165
Papildoma įranga	0,10	5	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,010
Viso:	0,82	-	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,469

Atliktų skaičiavimų duomenys sukelti į 18 lentelę, kurioje pateikti gamybos kaštai prieš ir po modernizacijos.

18 lentelė. Gamybos kaštai

Kaštų rūšys	Gamybos kaštai, mln. Eur	
	Prieš rekonstrukciją	Po rekonstrukcijos
Pagrindinės medžiagos	101,63	108,51
Šiluminė energija	44,97	27,85
Elektros energija	1,11	1,19
Pagrindinių darbininkų darbo užmokestis	0,35	0,35
Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	0,006	0,006
Tiesioginės gamybos išlaidos	148,07	137,91
Netiesioginės gamybos išlaidos	88,84	82,75
Viso gamybos kaštų (įvertinus amortizaciją)	236,91	220,72
Produkcijos gamybos planas, t/metus	551880	551880
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	429,28	399,94

Įvertinant kaip pasikeitė gamybos kaštai, iš 18 lentelės, matyti, kad įvykdžius modernizavimą išaugo gamybos kaštai pagrindinėms medžiagoms ir elektros energijai, tačiau sumažėjo išlaidos šiluminei energijai. Išlaidos pagrindinių darbininkų darbo užmokesčiui išliko tokios pat. Apibendrinant galima teigti, kad po modernizacijos pagaminti 1 tonai amoniako reikia 399,94 Eur, tai 29,34 Eur arba 6,8 % mažiau.

3.3.7. Veiklos kaštai

Veiklos kaštus sudaro įvairios pagalbinių medžiagų bei administracinių patalpų išlaikymo išlaidos, administracijos darbuotojų darbo užmokestis, atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui ir kitos išlaidos. Norint išsiaiškinti šiuos kaštus galima priimti, jog jie sudaro nuo 5 iki 30 % gamybos kaštų. Priimta, jog jie sudaro 5 % gamybos kaštų.

19 lentelė. Veiklos sąnaudų paskirstymas

Rodikliai	Suma, mln. Eur	
	Prieš rekonstrukciją	Po rekonstrukcijos
Veiklos sąnaudos	11,85	11,04
Pardavimo planas, t/metus	551880	551880
Gaminiui tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	21,47	20,00

Po rekonstrukcijos veiklos sąnaudų sumažėjo 0,81 mln. Eur.

3.3.8. Finansinės ir investicinės sąnaudos

Finansinėms ir investicinėms sąnaudoms yra priskiriamos palūkanos už banko paskolas. Banke pasirenkama ilgalaikė paskola projekto rekonstrukcijai, bei naujai įrangai įsigyti. Taip pat pasirenkamas palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas, kuris pateiktas 20 lentelėje.

20 lentelė. Paskolos grąžinimo planas ir palūkanų mokėjimas

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	2021	2022	2023	2024	2025
Paskolos suma, tūkst. Eur	417,0	333,6	250,2	166,8	83,4
Metinė palūkanų norma, %	3	3	3	3	3
Palūkanos, tūkst. Eur	16,7	13,3	10,1	6,7	3,4
Paskolos padengimas, tūkst. Eur	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4
Iš viso, tūkst. Eur	100,1	96,7	93,4	90,1	86,7

Remiantis *Lietuvos banko* duomenimis [29], palūkanų dydis įmonėms 2021 m. balandžio mėnesį buvo apie 3 %. Priimta, kad paskola bus grąžinta per penkerius metus, esant 3 % palūkanoms.

3.3.9. Gaminio kainos skaičiavimas

Pagal gamybos, veiklos ir finansines bei investicines sąnaudas, nustatoma 1 tonos amoniako kaina.

21 lentelė. 1 tonos amoniako kainos skaičiavimas

Gaminys	Gaminio gamybinė savikaina, Eur	Gaminiui tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	Gaminiui tenkančios investicinės sąnaudos, Eur	Gaminio pilnoji savikaina, Eur	Pelnas		Kaina
					%	Eur/1 t	Eur
Prieš rekonstrukciją							
Amoniakas	429,28	21,47	-	450,75	11,0	49,58	500,34
Po rekonstrukcijos							
Amoniakas	399,94	20,00	0,03	419,97	19,0	80,38	500,34

Pilnoji savikaina apskaičiuojama sudėjus gamybinę savikainą, veiklos sąnaudas ir investicinės veiklos sąnaudas. Rentabilumo vertė neturėtų būti mažesnė negu 5 %, dėl šios priežasties rentabilumo vertė parinkta 11 % gaminiui prieš rekonstrukciją. Po jos, parinktas 19 % rentabilumas, siekiant išlaikyti tą pačią gaminio kainą.

3.3.10. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai

22 lentelė. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai

Rodiklis	Suma, mln. Eur	
	Prieš rekonstrukciją	Po rekonstrukcijos
Pardavimų pajamos	276,13	276,13
Parduodamos produkcijos gamybos kaštai	236,91	220,72
Bendras pelnas	39,22	55,41
Veiklos sąnaudos	11,85	11,04
Veiklos pelnas	27,37	44,37
Finansinės ir investicinės veiklos sąnaudos	-	0,02
Pelnas prieš apmokestinimą	27,37	44,35
Pelno mokestis (15 %)	4,11	6,65
Grynasis pelnas	23,26	37,70

Norint apskaičiuoti bendrąjį pelną, reikia iš pardavimo pajamų atimti parduodamos produkcijos gamybos kaštus, o veiklos pelnas gaunamas iš bendrojo pelno atimant veiklos sąnaudas. Valstybės nustatytas pelno mokestis lygus 15 %. Po modernizacijos gaunamas papildomas 14,44 mln. Eur pelnas.

3.3.11. Grynujų pinigų srautų ir pelno skaičiavimas

Grynujų pinigų srautų bei pelno skaičiavimuose modernizacijos atveju yra įvertinamos visos išlaidos produkto vienetui pagaminti prieš sintezės dujų rekonstrukciją ir po jos. Suminiai elektros ir šiluminės energijos dydžiai yra įvertinti kaip energijos išlaidos. Bazinė gamybos apimtis sutampa su projekte numatytu kiekiu. Rezultatai pateikti 23 lentelėje.

23 lentelė. Sąnaudų pasikeitimas, įvykdžius projektą

Sąnaudų rūšis	Išlaidos/sąnaudos prieš rekonstrukciją		Išlaidos/sąnaudos po rekonstrukcijos		Išlaidų/sąnaudų pokytis gaminio vienetui, Eur/t
	Iš viso sąnaudų, mln. Eur	Sąnaudos gaminio vienetui, Eur/t	Iš viso sąnaudų, mln. Eur	Sąnaudos gaminio vienetui, Eur/t	
Kaštai pagrindinėms medžiagoms	101,63	184,15	108,51	196,62	12,47
Kaštai pagalbinėms medžiagoms	88,84	160,98	82,75	149,94	-11,04
Energijos išlaidos	46,08	83,49	29,04	52,62	-30,87
Amortizacinės išlaidos	0	0	0,06	0,11	0,11
Išlaidos darbuotojų atlyginimams	0,35	0,63	0,35	0,63	0
Kitos išlaidos	0,01	0,02	0,01	0,02	0
Bazinė gamybos apimtis, t	551880				
Gamybos apimtis projekte, t	551880				
Viso išlaidų ekonomija tonai amoniako (be amortizacijos), Eur/t	29,44				
Viso išlaidų ekonomija, mln. Eur	16,25				

Atlikus sintezės dujų gamybos modernizaciją, matoma, kad išlaidų ekonomija vienetui yra 29,44 Eur tonai amoniako, o įgyvendinus projektinius sprendimus bus sutaupoma 16,25 mln. Eur. Taigi galima daryti išvadą, kad sintezės dujų gamybos modernizacija yra pelninga.

24 lentelė. Projekto grynujų pinigų srautų skaičiavimas

Metai	„0“	1	2	3	4	5
Pardavimo kiekis, t	551880	551880	551880	551880	551880	551880
Pardavimo kaina, Eur/t	500,34	500,34	520,35	541,17	562,81	585,33
Pajamos, mln. Eur	276,13	276,13	287,17	298,66	310,61	323,03
Gamybinė savikaina, Eur/t	429,28	399,94	415,94	432,56	449,88	467,87
Gamybiniai kaštai, mln. Eur	236,91	220,72	229,55	238,73	248,28	258,21
Bendrasis pelnas, mln. Eur	39,22	55,41	57,63	59,92	62,32	64,81
Veiklos kaštai, mln. Eur	11,85	11,04	11,48	11,94	12,42	12,92
Veiklos pelnas, mln. Eur	27,37	44,37	46,15	47,98	49,90	51,89
Finansinės ir investicinės veiklos kaštai, mln. Eur	-	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Pelnas prieš apmokestinimą, mln. Eur	27,37	44,35	46,14	47,97	49,89	51,88
Pelno mokestis, mln. Eur	4,11	6,65	6,92	7,19	7,49	7,79
Grynasis pelnas, mln. Eur	23,26	37,70	39,22	40,78	42,40	44,09
Apyvartinis kapitalas, mln. Eur	-	73,57	76,52	79,58	82,76	86,07
Apyvartinio kapitalo pokytis, mln. Eur	-	73,57	2,95	3,06	3,18	3,31
Grynasis pelnas, mln. Eur	-	37,70	39,22	40,78	42,40	44,09
Nusidėvėjimas, mln. Eur	-	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Projekto pagrindinės veiklos pinigų srautai, mln. Eur	-	-35,93	36,33	37,72	39,28	40,84
Investicijos, mln. Eur	-1,39	-	-	-	-	-
Likutinė vertė, mln. Eur	-	-	-	-	-	0,47
Projekto grynas pinigų srautas, mln. Eur	-1,39	-35,93	36,33	37,72	39,28	41,30
Suminis grynas pinigų srautas, mln. Eur	-1,39	-37,32	-0,99	36,73	76,01	117,31

Atliekant skaičiavimus buvo priimta, kad pardavimo kaina, gamybinė savikaina, veiklos kaštai kasmet didės po 4 %. Apyvartos trukmė yra 120 dienų. Įvertinus lentelės duomenis, suminis grynujų pinigų srautas nuo trečiųjų metų teigiamas, todėl rekonstrukcija yra pelninga.

3.3.12. Investicijų efektyvumo vertinimas

Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai

Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai – tai visų projekto įgyvendinimui skirtų investicijų svertinis vidurkis. Šį vidurkį galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$KK = W_{js} \cdot k_{js} + W_{pr} \cdot k_{pr}$$

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

k_{js} skaičiuojamas pagal formulę:

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

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

Projekte skolintas kapitalas sudaro 30 %, palūkanos 3 %, nuosavas kapitalas – 70 % ir akcininkai reikalauja 7 % gražos. Apskaičiuoti vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai:

$$KK = 5,67 \%$$

Diskontuoto investicijų atsipirkimo periodo skaičiavimas

Diskontuotas investicijų atsipirkimo periodas yra svarbus rodiklis, kuris nusako laiko tarpą, per kurį gauta ekonominė nauda padengia išlaidas.

25 lentelė. Diskontuotų investicijų atsipirkimo periodo skaičiavimas

Rodikliai	Metai					
	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Projekto metiniai GPS, tūkst. Eur	-1,39	-35,93	36,33	37,72	39,28	40,84
Suminis GPS, tūkst. Eur	-1,39	-37,32	-0,99	36,73	76,01	117,31
Diskontuotas GPS, tūkst. Eur	-1,39	-34,00	32,54	31,97	31,51	31,35
Suminis diskontuotas GPS, tūkst. Eur	-1,39	-35,39	-2,85	29,12	60,63	91,98

Atsipirkimo laikas skaičiuojamas naudojant 25 lentelės duomenis ir pagal formulę:

$$T = T_{t-1} + \frac{BGPS_{t-1}}{GPS_t};$$

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 grynas pinigų srautas.

Investicijų atsipirkimo laikotarpis lygus:

$$T = 2 + \frac{-2,85}{31,97} = 2,09 \text{ metai.}$$

Vidinės pelno normos skaičiavimas

Vidinė pelno norma tai diskonto norma, kuri projekto būsimųjų grynujų pinigų įplaukų dabartinę vertę prilygina projekto būsimųjų išlaidų dabatinei vertei. Skaičiavimai atlikti naudojant „Excel“ programą, IRR funkciją. Vidinė pelno norma lygi 89,72 %, dėl to ji viršija vidutinius svertinius kapitalo kaštus, todėl rekonstrukcijai skirtos investicijos buvo panaudotos naudingai.

Pelningumo indekso skaičiavimas

Pelningumo (rentabilumo) indeksas yra santykis tarp pelno ir išlaidų. Jis randamas:

$$PI = \sum_{i=1}^n \frac{\left(\frac{GPS_i}{(1+KK)^n} \right)}{GPS_0}; \quad PI = \frac{93,37}{-1,39} = 67,17.$$

čia $\left(\frac{GPS_i}{(1+KK)^n} \right)$ – 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.

Apskaičiuoti projekto ekonominio vertinimo rodikliai apibendrintai pateikiami 26 lentelėje.

26 lentelė. Projekto ekonominio vertinimo rodikliai

Rodikliai	Matavimo vienetai	Reikšmės
Diskontuotas atsipirkimo laikas	metai	2,09
Vidinė pelno norma (IRR)	%	89,72
Pelningumo indeksas (PI)	koeficientas	67,17

Lūžio taško skaičiavimas

Lūžio taško skaičiavimas yra vienas iš investicijų efektyvumo vertinimo kriterijų. Jis parodo, kokią kiekį produkcijos reikia pagaminti ir parduoti, kad įmonės veikla būtų pelninga. Lūžio taškas randamas pagal lygtį:

$$B_{Lj} = \frac{PK}{c_j - kk_j}; \quad B_{Lj} = \frac{11,06 \cdot 10^6}{500,34 - 399,94} = 110160 \text{ t.}$$

čia B_{Lj} – j – ojo gaminio pardavimo apimtis lūžio taške, tonomis; c_j – j – ojo gaminio tonos kaina, Eur; kk_j – j – ojo gaminio tonos kintamieji kaštai, Eur.

Gaminio pastovieji kaštai yra lygūs veiklos ir investicinių sąnaudų sumai (24 lentelė):

$$PK = 11,04 + 0,02 = 11,06 \text{ mln. Eur.}$$

Atlikus skaičiavimus, duomenys pateikti 27 lentelėje.

27 lentelė. Lūžio taško skaičiavimas

Rodikliai	Amoniakas
Pastoviųjų kaštų suma, mln. Eur	11,06
Gaminio kaina, Eur	500,34
Gaminio kintamieji kaštai, Eur	399,94
Lūžio taškas, t.	110160
Pardavimo planas, t.	551880

Pardavus 110160 tonas amoniako yra pasiekiamas lūžio taškas, kuris sudaro 20 % pardavimo plano.

3.3.13. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai

28 lentelės suvestinėje, pateikiami visi pagrindiniai modernizuojamo projekto ekonominiai rodikliai: pajamos, gamybos kaštai, darbo našumas, pelno ir pelno santykiniai rodikliai.

28 lentelė. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai

Rodikliai	Prieš rekonstrukciją	Po rekonstrukcijos	Pokytis
Produkcijos pardavimo apimtis brandos stadijoje, t	551880	551880	-
Gaunamosios pajamos, mln. Eur	276,13	276,13	-
Įmonės personalas, žmonėmis:	-	-	-
Pagrindiniai darbininkai	24	24	-
Darbo našumas, mln. Eur:	-	-	-
Pagrindinio darbininko	0,35	0,35	-
Vidutinis metinis darbo užmokestis, Eur:	-	-	-
Pagrindinio darbininko	14583	14583	-
Gamybos kaštai, mln. Eur	236,91	220,72	16,19
Gaminio pilnoji savikaina, Eur.	450,75	419,97	30,78
Grynasis pelnas, mln. Eur	23,26	37,70	14,44
Papildomas pelnas, gautas įgyvendinus projektinius sprendimus, mln. Eur	-	16,25	16,25
Investicijų apimtis, mln. Eur	1,39		1,39
Veiklos pelningumas, %	8,42	13,65	5,23
Veiklos rentabilumas, %	9,35	16,27	6,92
Projekto investicijų atsipirkimo trukmė, metais	-	2,09	2,09
Projekto grynoji esamoji vertė, mln. Eur	-	91,98	91,98
Kapitalo kaštai, %	-	5,67	5,67
Vidinė pelno norma, %	-	89,72	89,72

Atlikus sintezės dujų technologijos rekonstrukciją, iš finansinio ir ekonominio vertinimo nustatyta, kad modernizacijai atlikti reikia investuoti 1,39 mln. eurų. Po patobulinimo, pagaminti 1 tonai amoniako, sutaupoma 30,78 Eur. Grynasis pelnas padidėja 14,44 mln. eurų. Investicijos atsipirks po 2,09 metų, o veikla taps pelninga pardavus 110160 tonų produkto. Daroma išvada, kad ši rekonstrukcija yra ekonomiškai efektyvi.

3.4. Aplinkosauginis vertinimas

3.4.1. Įvadas

Susirūpinimas dėl aplinkosaugos, nuolatos augantis visuomenės spaudimas bei valstybinės reguliavimo priemonės, daro didelę įtaką ir keičia verslo sąlygas visame pasaulyje. Vartotojai ir įvairių verslų akcininkai pateikinėja vis didesnius reikalavimus įmonėms ir siekia gauti kuo daugiau

aplinkosaugos požiūriu nepavojingų produktų ir paslaugų. Daugumai organizacijų tampa vis svarbiau parodyti, kad ne tik jų filosofija, bet ir investicijų strategijos yra nukreiptos į aplinkosaugos veiksmingumo gerinimą. Atliekama sintezės dujų gamybos modernizacija taip pat akcentuota į aplinkosaugos gerinimą, kadangi jos metu yra sumažinamas naudojamų gamtinių dujų kiekis. Modernizacija ne tik leistų tausoti gamtos išteklius, bet būtų sumažinamas į atmosferą išmetamų teršalų kiekis.

3.4.2. Ūkinės veiklos teritorija

Aplinkosauginis vertinimas atliekamas modernizuojamai sintezės dujų gamybos technologinei linijai. Ūkinės veiklos vieta Jonalaukio k. 1, Ruklos seniūnijoje. Gamyklos teritorijoje stovi įvairūs pramoninės, komercinės, administracinės ir kitos paskirties pastatai ir statiniai. Visų objektų nuosavybės teisės priklauso AB „Achema“ bei kitoms įvairioms veiklą teritorijoje vykdančioms įmonėms.

Aplinkui AB „Achema“ teritoriją, nėra gyvenamosios, visuomeninės ar rekreacinės paskirties teritorijų. Artimiausios gyvenamosios teritorijos (sklypai) ir gyvenamosios paskirties pastatai, nutolę nuo gamyklos žemės sklypo yra įvairiais atstumais ir įvairiomis kryptimis, arčiausiai esantys yra 372 m ir 479 m atstumu šiaurės vakarų kryptimi nuo gamyklos sklypo ribos. Pietvakarinėje pusėje pagal geležinkelį yra išsidėsčiusi gana didelę teritoriją užimanti pramoninių ir komercinių objektų zona.

Teritorija yra gerai išvystyta susisiekimo atžvilgiu. Sklype yra asfaltuotas grindinys. Dėl asfaltuotos, kietos dangos yra puikus susisiekimas, bei pravažumas tarp įmonėje esančių pastatų, inžinerinių statinių ir kietos dangos aikštelės prie jų. Tiek krovinio, tiek lengvojo autotransporto stovėjimo bei apsisukimo aikštelės yra esamos įmonės teritorijoje. Teritorijoje yra įrengtas pramoninis geležinkelis.

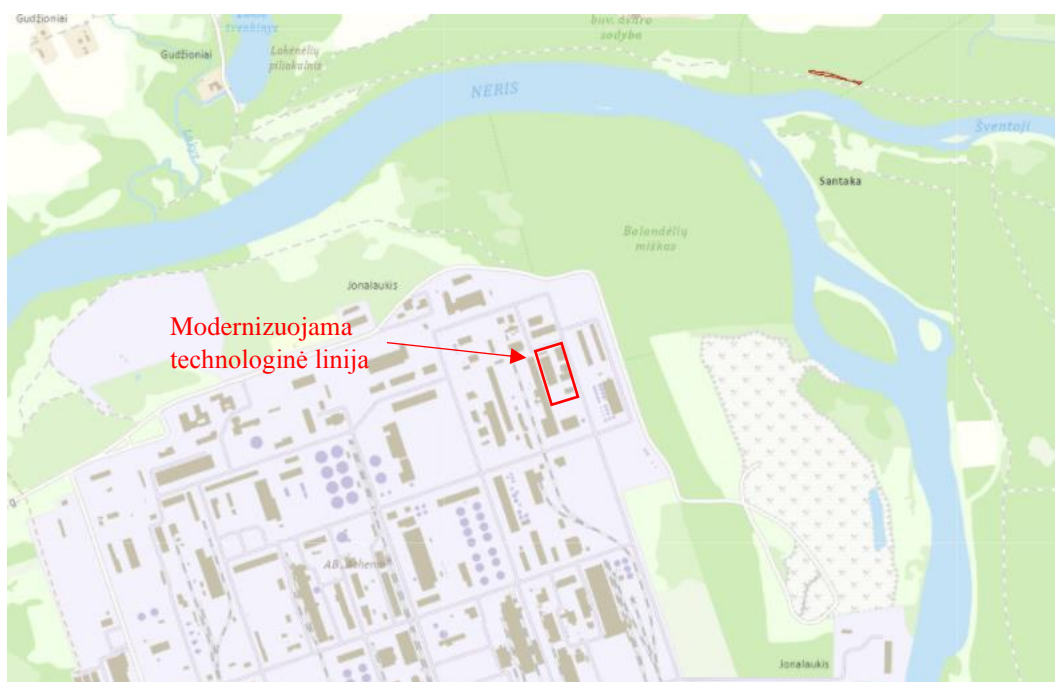
Esama inžinerinė infrastruktūra sklype – vandentiekio, buitinių ir lietaus nuotekų tinklai, elektros, ryšių, dujų tiekimo linijos, technologiniai vamzdiniai. Ši infrastruktūra sklype yra gerai išvystyta ir jos pilnai užtenka vykdomai veiklai.

Gamykla savo poreikiams naudoja įmonėje esančią vandenvietę, kuri įrengta įmonės šiaurės vakaruose netoli dešiniojo Neries upės kranto. Ši įmonėje esanti vandenvietė pilnai aprūpina gamyklą geriamuoju vandeniu. Iš Neries upės, gamybinis vanduo, specialų vandens siurblių pagalba yra paaimamas iš rytinės gamyklos teritorijos, kur stovi vandens paėmimo įrenginiai. Taip pat įmonėje yra įrengtas priešgaisrinis vandens tinklas, bei veikia kelios nuotekų surinkimo ir nuvedimo sistemos, tokios kaip: gamybinių nuotekų, ūkio-buities nuotekų ir paviršinio vandens. Svarbu paminėti, kad taip pat gamykloje yra nuotekų sistema, kuri yra įrengta susidarančioms nevalytoms nuotekoms. Gamybinių nuotekų sistema kartu su ūkio-buities nuotekų sistema, sudaro bendrą nuotekų sistemą. Iš jungtinės nuotekų sistemos, visos nuotekos patenka į UAB „Jonavos vandenys“ biologinio valymo įrenginius. Paviršinės ir pramonėje susidarančios nevalytos nuotekos taip pat sudaro bendrą sistemą. Šios sistemos nuotekos iš pradžių patenka į laikymo rezervuarus, ir tik po to yra išleidžiamos į šalia esančią Neries upę [30].

Energijos resursai gamyklos technologiniais tinklais gaunami iš esamų gamyklos kogeneracinių jėgainių, garų ir šilumos gamybos baro katilinės, paleidimo katilinių.

Veiklos sklype saugomų ar „Natura 2000“ teritorijų nėra. Gamyklos sklypas šiaurinėje dalyje ribojasi su Neries upe. Artimiausia kita saugoma teritorija ~ 600 m atstumu šiaurės rytų kryptimi yra

Šventosios ichtiologinis draustinis. Įmonei priklausančioje teritorijoje nėra jokių istorinę ar archeologinę prasmę turinčių objektų.



18 pav. Projektuojamos ūkinės veiklos situacijos planas

3.4.3. Bendrieji duomenys

Šios ūkinės veiklos metu gaminamos sintezės dujos, iš kurių vėliau gaminamas tikslinis produktas amoniakas. Pagrindinė gamybos žaliava yra gamtinės dujos. Taip pat proceso metu deginamos gamtinės dujos, todėl susidariusi šiluma jas deginant ir vykstant cheminėms reakcijoms panaudojama vandens garams gaminti. Ūkinės veiklos produktai pateikti 29 lentelėje.

29 lentelė. Duomenys apie produkciją

Pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis per metus
Amoniakas	tonos	551880

Įvertinant pateiktos ūkinės veiklos galimą poveikį aplinkai bei gamtai, privalo būti įvardintos naudojamos žaliavos ir energijos rūšys. Sintezės dujų gamyboje pagrindinė naudojama žaliava yra gamtinės dujos. Apie 95 % gamtinių dujų sudaro metanas, kuris pagal CLP reglamentą priskiriamas labai degioms medžiagoms.

30 lentelė. Duomenys apie naudojamas žaliavas, chemines medžiagas ar preparatus

Žaliavos, cheminės medžiagos ar preparato pavadinimas	Cheminės medžiagos ar preparato klasifikavimas ir ženklavimas		
	Kategorija	Pavojaus nuoroda	Rizikos frazės
Gamtinės dujos	Labai degi	Labai degi	R11, R15, R17

Elektros energija naudojama įrengimams sukurti ir apšvietimui. Šiluminė energija gaunama deginant gamtines dujas. Kadangi atliekamas technologinės linijos patobulinimas, pasikeičia sunaudojamų žaliavų ir energijos sunaudojimas, duomenys pateikti 31 lentelėje.

31 lentelė. Gamyboje naudojamos žaliavos ir energija

Žaliavos pavadinimas		Prieš rekonstrukciją, kiekis per metus	Po rekonstrukcijos, kiekis per metus
Gamtinės dujos	Produkcijai	350 mln. m ³	374 mln. m ³
	Šiluminei energijai	155 mln. m ³	96 mln. m ³
	Viso:	505 mln. m ³	470 mln. m ³
Vanduo	Produkcijai	590 tūkst. t	630 tūkst. t
	Garų gamybai	2510 tūkst. t	2470 tūkst. t
	Viso:	3100 tūkst. t	3100 tūkst. t
Aplinkos oras		604 tūkst. t	604 tūkst. t
Deguonis		-	83 tūkst. t
Elektros energija		9271 MWh	9946 MWh

Po rekonstrukcijos būtų sumažinamas suminis gamtinių dujų sunaudojimas gamyboje 35 mln. m³ per metus. Tai reikšmingai prisidėtų prie gamtos išteklių tausojimo strategijos. Modernizavus technologinę liniją, papildomai būtų naudojamas deguonis.

3.5. Atliekos

Sintezės dujų gamyboje, keičiant katalizatorius, tepalus, nuolatos prižiūrint gamyboje naudojamus įrenginius, patalpas, kurioje jie stovi, susidaro įvairios atliekos. Susidariusios atliekos rūšiuojamos ir laikomos tam skirtose identifikuotose vietose, bei taroje. Išrūšiuotos atliekos perduodamos į atliekų saugojimo vietas. Taip pat atliekos gali būti atiduodamos specialioms atliekų tvarkymo įmonėms. Naudojamame katalizatoriuje yra pereinamųjų metalo oksidų, kurie gali būti išgaunami ir naudojami tolimesniam perdirbimui. Dažniausiai panaudoto katalizatoriaus atliekos yra grąžinamos gamintojui, kuris gali jas pakartotinai perdirbti.

32 lentelė. Atliekos, atliekų tvarkymas[31]

Atliekos			Atliekų susidarymo šaltinis technologiniame procese	Cheminė sudėtis	Susidarymas		Atliekų susidarymo periodiškumas	Atliekų tvarkymo būdas
Kodas	Pavadinimas	Pavojingumas			Projektinis kiekis (t/m)	Didžiausias kiekis (t/m)		
16 08 03	Sieros junginių hidrinimo katalizatorius	Nepavojingos	Sieros junginių hidrinimo reaktoriai	CoO, MoO ₃ , Fe ₂ O ₃ , Na ₂ O	22,6	22,6	1 kartą per 3 metus	R13
16 08 03	Sieros junginių adsorbentas	Nepavojingos	Sieros junginių adsorbcijos reaktoriai	ZnO	131,3	131,3	1 kartą per 3 metus	R13
16 08 03	Gamtinių dujų pirmo laipsnio konversijos katalizatorius	Nepavojingos	Gamtinių dujų pirmo laipsnio konversijos reaktoriai	NiO, CaO, Al ₂ O ₃ , SO ₃	25,0	25,0	1 kartą per 3 metus	R13

32 lentelės tęsinys.

16 08 03	Gamtinių dujų antro laipsnio konversijos katalizatorius	Nepavojingos	Gamtinių dujų antro laipsnio konversijos reaktorius	NiO, CrO ₃ , SO ₃	49,5	49,5	1 kartą per 3 metus	R13
16 08 03	Terminiškai atsparus katalizatorius	Nepavojingos	Gamtinių dujų antro laipsnio konversijos reaktorius	CrO ₃ , Al ₂ O ₃	7,7	7,7	1 kartą per 3 metus	R13
15 02 03	KMP oro džioviklis (ceolitai)	Nepavojingos	KMP oro džiovavimo blokas	SiO ₂ , Al ₂ O ₃	2,056	2,056	1 kartą per 3 mėnesius	R13
20 03 01	Buitinės atliekos	Nepavojingos	-	-	25,0	25,0	-	D15
13 02 05	Panaudoti tepalai	H14 pavojingos aplinkai	Mašinų tepimo ir sandarinimo sistemos	-	6,0	6,0	1 kartą per 3 metus	R13
15 02 02	Tepaluoti skudurai	H14 pavojingos aplinkai	-	-	1,2	1,2	-	R13
17 06 04	Stiklo vatos atliekos, m ³	Nepavojingos	Izoliacija	-	10,0	10,0	-	D15

Iš 32 lentelės matoma, kad sintezės dujų gamybos metu daugiausia atliekų susidaro, iš sieros junginių valymo ir gamtinių dujų konversijos etapų, prisisotinus adsorbentui ir keičiant katalizatorius.

3.6. Aplinkos oro tarša

Sintezės dujų gamybos metu susidaro dujos, deginant gamtines dujas vamzdinėje krosnyje ir kaip termoporų apsaugai naudojamas azotas aukštoje temperatūroje oksiduojasi iki NO_x. Dūminės dujos siurbiamos dūmsiurbiais. Atsiurbtos dūminės dujos išmetamos per kaminą į atmosferą. Jose yra NO_x, CO ir CO₂. Taip pat galimi dujų išmetimai cecho paleidimo ir stabdymo metu bei avariniais atvejais. Toliau nagrinėjama kaip keičiasi aplinkos oro tarša prieš modernizaciją ir po jos.

Sintezės dujų gamybos metu veikia du atmosferos taršos šaltiniai, tai vamzdinės krosnies kaminas ir ugninio šildytuvo kaminas.

33 lentelė. Stacionarių taršos šaltinių fiziniai duomenys

Taršos šaltiniai			Išmetamų dujų rodikliai pavyzdžio paėmimo (matavimo) vietoje			Teršalų išmetimo trukmė, val./metus
Pavadinimas	Aukštis, m	Išėjimo angos matmenys, m	Srauto greitis, m/s	Temperatūra, °C	Tūrio debitas, m ³ /s	
Prieš rekonstrukciją						
Ugninio šildytuvo (5) kaminas	33,35	1,27	1,75	290	2,21	8760
Vamzdinės krosnies (9) kaminas	40,0	4,0	4,68	247	58,75	8760
Po rekonstrukcijos						
Ugninio šildytuvo (5) kaminas	33,35	1,27	1,75	290	2,21	8760
Vamzdinės krosnies (9) kaminas	40,0	4,0	3,01	247	37,69	8760

Po modernizacijos sumažėja dūmų kiekis iš vamzdinės krosnies 21 m³/s, kadangi sudeginama mažiau gamtinių dujų šiluminei energijai išgauti.

Kadangi yra sumažinamas sudeginamų gamtinių dujų kiekis vamzdinėje krosnyje, dėl to pasikeičia išmetamų teršalų kiekiai. Toliau skaičiuojama kaip pasikeičia teršalų kiekiai po modernizacijos.

Pagal technologinio proceso duomenis azoto oksidų ir anglies oksido koncentracijos vamzdinės krosnies dūmuose:

$$C_{NO_x} = 251,20 \text{ mg/m}^3;$$

$$C_{CO} = 137,25 \text{ mg/m}^3.$$

Prieš modernizaciją susidaro dūmų:

$$V_{dūmai} = 211500 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Azoto oksidų ir anglies oksido kiekiai dūmuose:

$$m_{NO_x} = C_{NO_x} \cdot V_{dūmai} \cdot 24 \cdot 365 = 251,20 \cdot 211500 \cdot 24 \cdot 365 = 465,41 \text{ t/metus}$$

$$m_{CO} = C_{CO} \cdot V_{dūmai} \cdot 24 \cdot 365 = 137,25 \cdot 211500 \cdot 24 \cdot 365 = 254,29 \text{ t/metus}.$$

Po modernizacijos susidaro dūmų:

$$V_{dūmai} = 135700 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Azoto oksidų ir anglies oksido kiekiai dūmuose:

$$m_{NO_x} = C_{NO_x} \cdot V_{dūmai} \cdot 24 \cdot 365 = 251,20 \cdot 135700 \cdot 24 \cdot 365 = 298,61 \text{ t/metus};$$

$$m_{CO} = C_{CO} \cdot V_{dūmai} \cdot 24 \cdot 365 = 137,25 \cdot 135700 \cdot 24 \cdot 365 = 163,15 \text{ t/metus}.$$

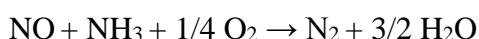
Taip pat vertinama kaip pasikeičia anglies dioksido kiekis. Prieš modernizaciją pagal modeliavimo duomenis CO₂ dujų iš vamzdinės krosnies išmetama 32,64 t/h, po modernizacijos išlaikant tokį pat sintezės dujų našumą, išmetama 21,11 t/h anglies dioksido. Taršos į aplinkos orą duomenys surašyti 34 lentelėje.

34 lentelė. Tarša į aplinkos orą [30]

Veiklos rūšis	Taršos šaltiniai	Teršalai		Esama	Numatoma
	Pavadinimas	Pavadinimas	Kodas	Metinė (t/m)	Metinė (t/m)
Prieš modernizaciją					
Sintezės dujų gamyba	Ugninio šildytuvo kaminas	Azoto oksidai (NO _x)	6044	9,92	9,92
		Anglies monoksidas (CO)	6069	10,26	10,26
	Vamzdinės krosnies kaminas	Azoto oksidai (NO _x)	6044	465	233
		Anglies monoksidas (CO)	6069	254	254
		Anglies dioksidas	6201	285926	285926
	Po modernizacijos				
Sintezės dujų gamyba	Ugninio šildytuvo kaminas	Azoto oksidai (NO _x)	6044	9,92	9,92
		Anglies monoksidas (CO)	6069	10,26	10,26
	Vamzdinės krosnies kaminas	Azoto oksidai (NO _x)	6044	299	150
		Anglies monoksidas (CO)	6069	163	163
		Anglies dioksidas	6201	184924	184924

Iš 34 lentelės duomenų matoma, kad atlikus patobulinimą sumažinama tarša į aplinkos orą, iš vamzdinės krosnies. Po modernizacijos per metus susidaro 101002 tonomis mažiau anglies dioksido, bei 91 tona mažiau anglies monoksido ir 166 tonomis mažiau azoto oksidų.

NO_x kiekio sumažinimui naudojamas homogeninis valymo įrenginys, kuris susideda iš 13 vienetų zondu vamzdinės krosnies, kuri yra dūminių dujų nuvedimo kanaluose. Per zondus tiekiamas amoniakas ir vandens garai, kurie reikalingi zondu apsaugai, kai nutrūksta amoniako tiekimas. Dūmų nuvedimo kanaluose vyksta reakcija:



Reakcijos metu reaguoja azoto oksidai su amoniaku ir deguonimi, kuris dūmuose lieka po gamtinių dujų degimo, naudojant oro perteklių. Valymo esmė, kad kenksmingi NO_x yra paverčiami inertiniu azotu. Esant apie 970 °C temperatūrai NO_x redukcijos laipsnis svyruoja nuo 50,0–53,0 %. Optimalioje temperatūroje nesureagavusio amoniako neturėtų likti.

35 lentelė. Išmetamųjų dujų valymo įrenginiai [17]

Taršos šaltinio Nr.	Valymo įrenginiai		Teršalai		Prieš valymą	Po valymo	Valymo efektyvumas (%)
	Pavadinimas	Kodas	Pavadinimas	Kodas	t/metus	t/metus	
Prieš rekonstrukcija							
351	Homogeninio valymo nuo azoto oksidų (NO _x) įrenginys	90	Azoto oksidai (NO _x)	6044	465	233	50,1
Po rekonstrukcijos							
351	Homogeninio valymo nuo azoto oksidų (NO _x) įrenginys	90	Azoto oksidai (NO _x)	6044	299	150	50,2

Vertinant 35 lentelės duomenis, homogeninio valymo įrenginys sumažina išmetamų azoto oksidų kiekį dvigubai, o modernizacija leidžia jį dar sumažinti 83 tonomis per metus.

3.7. Vandens naudojimas

Įmonės technologinėms reikmėms naudojamas Neries upės vanduo. Sintezės dujų gamybos metu, įvairiuose proceso etapuose naudojamas apytakinis vanduo, iš apytakinio vandens ciklo. Apytakinis vanduo yra naudojamas aušintuvuose ir kondensatoriuose, įvairiems srautams aušinti. Šis vanduo tiesioginio sąlyčio su įrenginiuose esančiomis darbinėmis terpėmis neturi. Panaudotas vanduo aušinamas aušinimo sistemose ir gražinamas pakartotiniam naudojimui į apytakinio vandens ciklą.

Garų ir produkcijos gamybai naudojamas bedruskis vanduo, kuris tiekiamas iš cheminio vandens paruošimo skyriaus. Bedruskis vanduo gaunamas upės vandeniui praėjus vandens nuskaidrinimo, suminkštavimo ir gilaus nudruskinimo pakopas. Naudojamo vandens balansas pateiktas 36 lentelėje.

36 lentelė. Naudojamo vandens balansas

Vandens tiekimo šaltinis	Vandens naudojimo sritis	Didžiausias paros debitas, m ³ /d	Vidutinis metinis kiekis, mln. m ³	Apsaugos priemonės
Apytakinio vandens ciklas	Aušinimas	300000	109,5	Sandarūs aparatai
Upės vanduo	Produkcijos gamybai ir garo gamybai	8500	3,1	Pakartotinas panaudojimas

Naudojant apytakinį vandenį svarbu, kad aparatai būtų sandarūs ir neužterštų vandens. Taip pat labai svarbu, kad garo kondensatas būtų išvalomas ir pakartotinai panaudojamas.

3.8. Apibendrinimas

Atlikus aplinkosauginį vertinimą sintezės dujų gamybos veiklai prieš ir po planuojamos rekonstrukcijos, galima teigti, kad didžiausią žalą gamtai daro teršalų išmetimas į orą. Planuojamas patobulinimas leistų sumažinti išmetamų teršalų kiekius. Mažinant sudeginamų gamtinių dujų kiekį vamzdinėje krosnyje, reikšmingai sumažėja anglies dioksido, azoto oksidų ir anglies monoksido kiekiai į aplinkos orą. Po modernizacijos per metus susidaro 101002 tonomis mažiau anglies dioksido, 91 tona mažiau anglies monoksido ir 83 tonomis mažiau azoto oksidų. Taip pat per metus būtų sutaupoma 35 mln. m³ gamtinių dujų, taip sumažinant gamtos išteklių naudojimą.

4. Darbuotojų sauga ir sveikata

4.1. Projektuojamo objekto charakteristika

Modernizuojamas objektas – sintezės dujų gamybos linija. Technologinės linijos paskirtis yra pagaminti dujų mišinį ($N_2 : H_2 + CO$) santykiu 1 : 3. Šis mišinys naudojamas amoniako gamybai. Gamykloje naudojamos medžiagos: vanduo, oras, gamtinės dujos, trinatrio fosfatas, bei hidrazino hidrato tirpalas. Šiluminei energijai gauti, procesų metu yra deginamos gamtinės dujos, o sudegęs jų mišinys yra atsiurbiamas ir po to išmetamas į atmosferą. Dėl dūminėse dujose esančių NO_x , CO ir CO_2 yra teršiamas aplinkos oras. Sintezės dujų gamyba yra pavojinga, nes vamzdynuose esančios dujos su oru sudaro mišinius, kurie yra sprogdūs bei degūs. Taip pat sintezės dujų gamybos metu išsiskiria aukšta temperatūra, kuri siekia daugiau negu 1000 °C.

Remiantis specialiuųjų žemės naudojimo sąlygų įstatymo priedu [32], sanitarinės zonos riba yra 500 m.

4.2. Profesinės rizikos vertinimas

Darbuotojų saugai ir sveikatai yra svarbus profesinės rizikos vertinimas, kurio tikslas yra iširti riziką, tiek esamą, tiek galimai susidarantią darbo metu [33]. Svarbu numatyti prevencines priemones ir kuo labiau sumažinti riziką. Galimi rizikos veiksniai bei jų prevencinės priemonės yra pateikti 37 lentelėje.

37 lentelė. Rizikos veiksniai, jų ribiniai dydžiai ir prevencijos priemonės [34, 35, 36, 37, 38, 39]

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio veikimo vieta	Rizikos veiksnio dydis (lygis), matavimo vnt.	Rizikos veiksnio leidžiamas dydis (lygis), ribinė vertė, matavimo vnt.	Rizikos veiksnio poveikio trukmė, dažnis	Prevencinės priemonės
Cheminiai veiksniai					
Amoniakas	Technologiniai įrengimai	5 mg/m ³	IPRD – 14 mg/m ³	Gamybos proceso metu	Izoliuojanti dujokaukė, apsauginės pirštinės
Anglies monoksidas	Technologiniai įrengimai	11 mg/m ³	IPRD – 40 mg/m ³	Gamybos proceso metu	Filtruojanti dujokaukė
Anglies dioksidas	Technologiniai įrengimai	7500 mg/m ³	IPRD – 9000 mg/m ³	Gamybos proceso metu	Izoliuojanti dujokaukė
Vandenilis	Technologiniai įrengimai	-	-	Gamybos proceso metu	Izoliuojanti dujokaukė
Metanas	Technologiniai įrengimai	55 mg/m ³	300 mg/m ³	Gamybos proceso metu	Izoliuojanti dujokaukė
Hidrazino-hidratas	Siurblinė	0,009 mg/m ³	0,013 mg/m ³	Gamybos proceso metu	Apsauginiai akiniai, spec. pirštinės, respiratorius

37 lentelės tęsinys.

Trinatrio fosfatas	Siurblinė	-	-	Gamybos proceso metu	Respiratorius
Fizikiniai veiksniai					
Triukšmas	Technologiniai įrengimai	80 dBA	87 dBA	Gamybos proceso metu	Apsauginės ausinės
	Siurblinė				
Apšvieta	Įrengimų aikštelės	200 lx	200 lx	Nuolatos	-
	Centrinis valdymo pultas	300 lx			
	Siurblinė	300 lx			
Statinės elektros pavojus	Technologiniai įrengimai, siurblinė	-	-	Nuolatos	Įžeminimas Įnulinimas
Šiluminė aplinka, oro drėgnis	Technologiniai įrengimai	40–60 %	iki 75 %	Nuolatos	-
	Siurblinė	18–23	18–27		
Fiziniai veiksniai					
Galimybė apsideginti nuo karštų įrenginių paviršių	Technologiniai įrengimai, siurblinė	140 °C	-	Gamybos proceso metu	Apsauginiai drabužiai, avalynė
Slėginiai indai	Technologiniai įrengimai	105 bar	0,5 bar	Gamybos proceso metu	Apsauginiai vožtuvai, patikros
Ergonominiai veiksniai					
Nuovargis	Centrinis valdymo pultas	-	-	-	Pertraukos darbo metu (po 10 minučių kas 2 valandas)
Darbo poza		Sėdimas darbas, 80 % darbo laiko	Sėdimas darbas, 25 % darbo laiko	Pamainos metu	

Norint nustatyti pastatų, patalpų, išorinių įrenginių kategorijas pagal sprogimo ir gaisro pavojų, pirmiausia atsižvelgiama į medžiagų gaisrinio pavojingumo rodiklius (38 lentelė).

38 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai [40]

Medžiagos pavadinimas	Sunaudojama (pagaminama) per pamainą,	Pliūpsnio temperatūra, °C	Sprogumo ribos		Savaiminio užsidegimo temperatūra, °C
			apatinė	viršutinė	
Gamtinės dujos	~644000 m ³	-188	5	15	530
Anglies monoksidas	~370700 kg	-	12,5	74	610
Vandenilis	~111000 kg	-	4	77	510
Amoniakas	~756000 kg	-	16	28	650
Hidrazino tirpalas	~ 5 kg	40	-	-	280
Trinatrio fosfatas	~ 23 kg	-	-	-	-

Pagal 38 lentelėje pateiktus duomenis, nustatoma centrinio valdymo pulto, siurblinės, technologinių įrengimų kategorija pagal sprogo ir gaisro pavojų. Taip pat įvertinus naudojamas chemines medžiagas, technologinius procesus, į zonas suskirstomos tos vietos, kuriose gali susidaryti sprogi aplinka. Rezultatai pateikti 39 lentelėje.

39 lentelė. Pastatų, patalpų ir išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų [40]

Pastatų ir patalpų kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų		
Objekto, kuriam suteikiama kategorija, klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas	Požymis, nulemiantis kategoriją, pavojingos vietos zoną	Kategorija, pavojingos vietos zona
Centrinis valdymo pultas	Pastatas nepriskiriamas A _{sg} , B _{sg} , C _g , D _g kategorijoms	E _g
Siurblinė	Naudojami ypač degūs skysčiai	A _{sg} ; 2 zona
Išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų		
Technologiniai įrengimai	Naudojamos ypač degios dujos	A _{sgi} ; 2 zona

4.3. Saugi gamyba

Siekiant, kad gamyba būtų saugi, reikia atsižvelgti, kad rekonstruojamame gamybos linijos procese bus degių bei kenksmingų medžiagų. Technologinių įrengimų aikštelėse gali būti neišvengiama rizika, kadangi proceso metu gali išsiveržti medžiagos, kurios galimai sukeltų sprogo, gaisrą, bei padarytų kenksmingą poveikį žmonėms.

Darbai, kurie reikalauja ypatingų sąlygų yra vykdomi pagal darbo planus ir instrukcijas. Dirbant laikomasi šių reikalavimų:

- Visi cecho darbuotojai turi turėti pažymėjimus, leidžiančius savarankiškai dirbti.
- Laiku, nustatyta tvarka papildyti arba daryti pakeitimus technologiniuose reglamentuose ir darbo vietos instrukcijose.
- Centriname valdymo pulte turi būti darbo vietos instrukcijos, technologinės schemas, darbo saugos, priešgaisrinės saugos ir kitos numatytos privalomos instrukcijos.
- Nuolat kontroliuoti technologinio režimo normų ir galiojančių instrukcijų bei reglamento laikymąsi.

- Užtikrinti kontrolinių matavimo prietaisų, automatinio reguliavimo sistemų, signalizacijos ir blokuočių tvarkingą techninę būklę ir nepertraukiamą darbą.
- Užtikrinti įrengimų, vamzdynų, apsaugos priemonių ir gaisro apsaugos sistemų tvarkingą techninę būklę.
- Periodiškai kontroliuoti įrengimų ir vamzdynų stovį.
- Palaikyti nepertraukiamą aparatų, vamzdynų, matavimo prietaisų ir automatikos prietaisų apšildymą šaltu metų laiku.
- Užtikrinti, kad būtų įžeminti įrengimai, vamzdynai, judančios įrengimų dalys uždengtos gaubtais, tvarkingi turėklai, aikštelės ir laiptai.
- Turėti reikalingą oro atsargą, MP ir AP sistemų darbo užtikrinimui, o taip pat azoto atsargą vamzdynų ir aparatų prapūtumui ir inertinių pagalvių sudarymui aparatuose.
- Lengvai užsidegančius skysčius ir medžiagas saugoti tam tikslui skirtose vietose.
- Laikytis mašinų profilaktikos ir eksploatavimo taisyklių.
- Remonto darbus vykdyti prisilaikant įmonėje veikiančių instrukcijų.
- Darbo vietose, kur galimas sprogių mišinių susidarymas, naudoti nekibirkščiuojančius instrumentus.
- Periodiškai tikrinti saugos vožtuvų veikimą.
- Visi elektros įrengimai ir aparatai turi būti įžeminti.
- Aptarnaujantis personalas privalo periodiškai tikrinti mašinų ir vamzdynų vibracijas, pastoviai kontroliuoti besisukančių kompresorių ir siurblių darbą.
- Rūkyti tik tam skirtose vietose.

Elektros įrenginiai, kurie dirbs A_{sg} , B_{sg} , C_g , kategorijų patalpose, kuriose yra vietų, kur gali susidaryti potencialiai sprogi aplinka, parenkami pagal „Specialių patalpų ir technologinių procesų elektros įrenginių įrengimo taisyklės“. Atitinkamai tinkanti elektros įranga, parenkama sprogioms zonoms ir pateikiama 40 lentelėje.

40 lentelė. Elektros įrangos parinkimas [35]

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

Naudojama elektros įranga II 3 G ir II 2 G kategorijos, kadangi ji bus naudojama 1 ir 2 tipo sprogiuose zonose.

4.4. Darbo higiena

Darbo higiena analizuoja darbo aplinkoje esančius kenksmingus veiksnius ir jų daromą įtaką žmogaus sveikatai. Sintezės dujų gamybos metu, technologiniuose įrengimuose susidaro žmonių sveikatai pavojingos medžiagos, todėl yra nustatomos jų ribinės vertės. Ribiniai dydžiai yra nustatomi tokie,

kad darbuotojas nepatirtų šių medžiagų žalingo poveikio. Atitinkamoms medžiagoms yra numatytos asmeninės apsaugos priemonės. Kenksmingos medžiagos ir jų ribiniai dydžiai pateikti 41 lentelėje.

41 lentelė. Kenksmingų medžiagų ribiniai dydžiai [34]

Cheminė medžiaga	Ribinis dydis						Poveikio sveikatai ypatumų žymenys	Poveikio sveikatai žymenų reikšmė
	Ilgalaikio poveikio ribinis dydis (IPRD)		Trumpalaikio poveikio ribinis dydis (TPRD)		Neviršytinas ribinis dydis (NRB)			
Pavadinimas	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm		
Hidrazinas ir jo junginiai	0,013	0,01	-	-	-	-	KOJ	Kancerogeninis ir jautrinantis poveikis, medžiaga į odą gali prasiskverbti per nepažeistą odą
Amoniakas	14	20	36	50	-	-	-	-
Anglies dioksidas	9000	5000	-	-	-	-	-	-
Anglies monoksidas	23	20	117	100	-	-	RŪ	Reprodukcijai toksiškas ir ūmus poveikis

Apsaugos priemonės yra labai svarbios kiekvienam darbuotojui ir visi įmonėje turi jas naudoti, siekiant apsaugoti savo sveikatą nuo nuodingų dujų ir garų, radioaktyviųjų medžiagų dalelių ir biologinių medžiagų (bakterijų, virusų, grybelių) žalojančio ar mirtino poveikio, taip pat nuo mechaninio, terminio, elektros ir drėgmės poveikio. Apsauginės priemonės, saugančios darbuotojus skirstomos į:

- Asmenines apsaugos priemones;
- Kolektyvines apsaugos priemones.

Kolektyvinės apsaugos priemonės yra labai svarbios tiek įmonės padaliniuose, tiek darbo vietose, kurioje yra naudojamos kenksmingos sveikatai, bei aplinkai cheminės, biologinės medžiagos, jų preparatai. Asmeninės apsaugos priemonės, tai priemonės, kurios naudojamos tuo atveju kada nepavyksta išvengti rizikos naudojant kolektyvines apsaugos priemones

Darbdavys nemokamai turi išduoti AAP, kurios privalo [36]:

- Apsaugoti nuo galimų kenksmingų, pavojingų veiksnių, esančių darbo aplinkoje, pačios nesukeldamos papildomos rizikos;
- Atitikti darbo vietoje esančias sąlygas;
- Atitikti ergonominius reikalavimus ir darbuotojo sveikatos būklę.

Darbo vietoje yra vertinami šie parametrai: apšvietimas, darbo patalpos šiluminiai parametrai, triukšmas.

Remiantis HN98:2014 [37], nustatoma regos darbų kategorija ir projektuojamo objekto norminė apšvieta. Duomenys pateikti 42 lentelėje.

42 lentelė. Projektuojamo objekto regos darbų kategorija ir norminė apšvieta [37]

Vieta	Regos darbų charakteristika	Mažiausio matomo objekto dydis, mm	Regos darbų kategorija	Mažiausia ribinė vertė, lx	Natūralus apšvietimas, NAK, proc.	Vykdomų darbų rūšys
Centrinis valdymo pultas	Vidutiniškai tikslūs	0,5–1,0	IV	300	3,0	Darbas prie videoterminalų
Technologinių įrengimų aikštelės	Netikslūs	Daugiau kaip 5,0	VI	100	3,0	Laiptai ir gamybos įrenginiai, nereikalaujantys nuolatinės priežiūros

Svarbūs darbo patalpos šiluminiai parametrai yra: oro temperatūra, santykinis oro drėgnumas bei oro judėjimo greitis. Atsižvelgiant į metų laiką (šiltasis ar šaltasis), darbų kategoriją, bei darbo patalpos šiluminius parametrus, sudaromos darbo patalpoms komfortinės sąlygos [38].

43 lentelė. Darbo patalpos komfortinės sąlygos

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

Centriniame valdymo pulte operatoriai atlieka lengvą Ib kategorijos darbą, kadangi patiriamos nedidelės fizinės įtampos sėdint ar vaikstant.

4.5. Gaisrinė sauga

Gairinė sauga nustato reikalingus sprendimus dėl gaisrų ir sprogimų prevencijos. Įmonėje turi būti įrengtos gaisro aptikimo ir signalizavimo schemas, gaisriniai hidrantai, gaisriniai čiaupai bei gesintuvai. Taip pat, kiekvienas darbuotojas turi būti apmokytas, pagal gaisrinės saugos instrukcijų reikalavimus. Darbuotojai privalo dirbti tik su tvarkinga darbo įranga, žinoti pagrindines naudojamų ir susidarančių medžiagų pavojingumo charakteristikas, baigus darbą turi susitvarkyti darbo vietą ir išjungti elektrinius prietaisus. 44 lentelėje nurodyta, kokią medžiagą naudoti gesinant skirtingų klasių gaisrus.

44 lentelė. Gaisro klasė ir ugnį gesinanti medžiaga [40]

Gaisro klasė	Gaisro	Gesinimo medžiaga					
	Charakteristika	Vanduo	Putos	Dujos	Milteliai		
					ABC tipo	BC tipo	D tipo
A	Kietųjų medžiagų gaisrai	+	+	-	++	-	-
B	Skystųjų arba galinčių suskystėti kietųjų medžiagų gaisrai	-	++	+	++	++	-
C	Dujų gaisrai	-	-	+	++	++	-
D	Metalų gaisrai	-	-	-	-	-	++

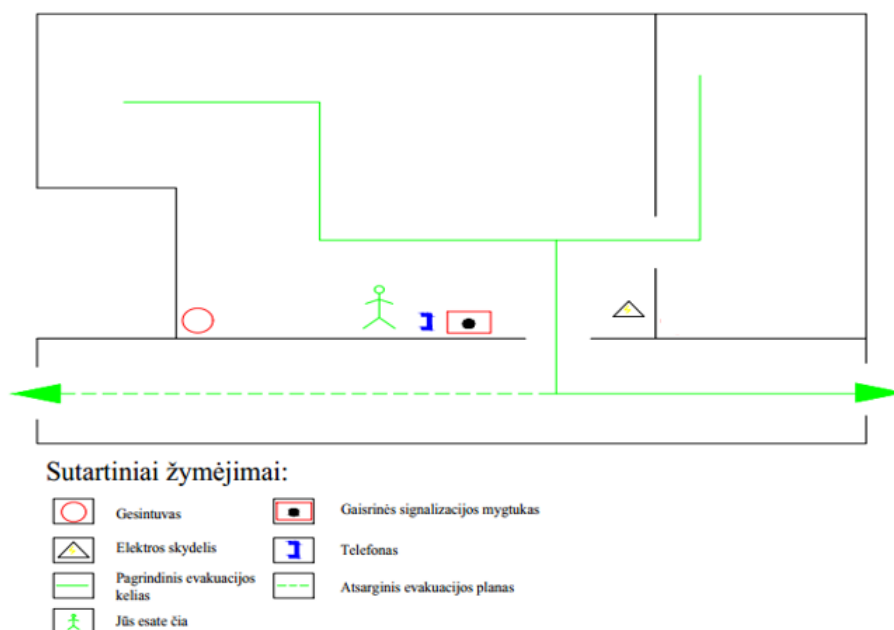
Sutartiniai ženklai: „++“ veiksmingiausia; „+“ veiksminga; „-“ ne tokia veiksminga.

Patalpose kur yra elektros įrenginių, nuolat turinčių įtampas, ne mažiau kaip 50 % gesintuvų turi būti tinkami elektros įrenginiams gesinti neišjungus įtampos.

Gesintuvų tipas ir skaičius, sintezės dujų gamybos objektui, nustatomas atsižvelgiant į galimo gaisro klasę, gesinimo medžiagos tinkamumą gaisrui gesinti, maksimalų gesinimo plotą, patalpų pavojingumo gaisrui ir sprogimui kategoriją, jose naudojamų ir laikomų medžiagų fizikines ir chemines savybes [40]. Projektuojant šią liniją reikalingi yra:

- Nešiojami miltelių bei putų gesintuvai;
- Vandens hidrantai;
- Smėlio dėžės su kastuvais bei nedegiu audiniu;
- Priešgaisrinis azotas, vandenilio dujų gesinimui.

Pateiktas centrinio valdymo pulto evakuacijos planas (19 pav.). Pagal bendrąsias priešgaisrinės saugos taisykles [41], patalpoje turi būti vienas 6 kg miltelių gesintuvas.



19 pav. Centrinio valdymo pulto evakuacijos planas

Išvados

1. Literatūros apžvalgoje nagrinėti pramonėje plačiausiai naudojamo sintezės dujų gamybos būdo teoriniai pagrindai, jos tobulinimo būdai, bei aptartos naujos vandenilio gamybos technologijos.
2. Sumodeliuotas sintezės dujų gamybos technologinis modelis, naudojant *Aspen HYSYS* procesų modeliavimo programą. Technologinio vertinimo metu nustatyta, kad šachtiniame konverteryje panaudojus orą, kuriame 30 % deguonies, galima sumažinti sudeginamų gamtinių dujų kiekį vamzdinėje krosnyje, nuo 11900 kg/h iki 7000 kg/h, bei išmetamą CO₂ nuo 32646 kg/h iki 19203 kg/h.
3. Atsižvelgiant į tyrimo rezultatus pateiktas patobulintos sintezės dujų gamybos technologijos aprašymas ir numatyti reikalingi sprendimai apie 10000 kg/h dujiniam deguoniui tiekti į technologinę liniją. Pateikta patobulinto gamybinio proceso technologinė schema, bei šachtinio konverterio brėžinys.
4. Pagal technologinį patobulinimą, pateikti statybiniai sprendimai. Tobulinama sintezės dujų gamybos linija yra Jonalaukio kaime, šalia Neries ir Šventosios upių santakos, netoli Jonavos. Modernizuojamo gamybinio objekto sklypas užima 1,3 ha. Technologinė linija užima 1231 m².
5. Atliktas technologinio patobulinimo finansinis ir ekonominis įvertinimas. Iš jo nustatyta, kad modernizacijai atlikti reikia investuoti 1,39 mln. Eur. Po patobulinimo, pagaminti 1 tonai produkto sutaupoma 30,78 Eur. Grynas pelnas padidėja 14,44 mln. Eur. Planuojama, kad investicijos atsipirks po 2,09 m, o veikla taps pelninga pardavus 110160 tonų produkto.
6. Atliktas aplinkosauginis vertinimas sintezės dujų gamybos veiklai prieš ir po planuojamos rekonstrukcijos. Po modernizacijos per metus susidaro 101002 tonomis mažiau anglies dioksido, 91 tona mažiau anglies monoksido ir 83 tonomis mažiau azoto oksidų. Taip pat per metus būtų sutaupoma 35 mln. m³ gamtinių dujų, taip sumažinant gamtos išteklių naudojimą.
7. Pateikti darbuotojų saugos ir sveikatos reikalavimai, kurie keliami projektuojamai gamybos linijai. Nustatytos galimos profesinės rizikos ir numatytos prevencinės priemonės joms mažinti. Pateikiama informacija apie gamyboje naudojamą kenksmingą medžiagą ir jų ribines vertes.

Literatūros sąrašas

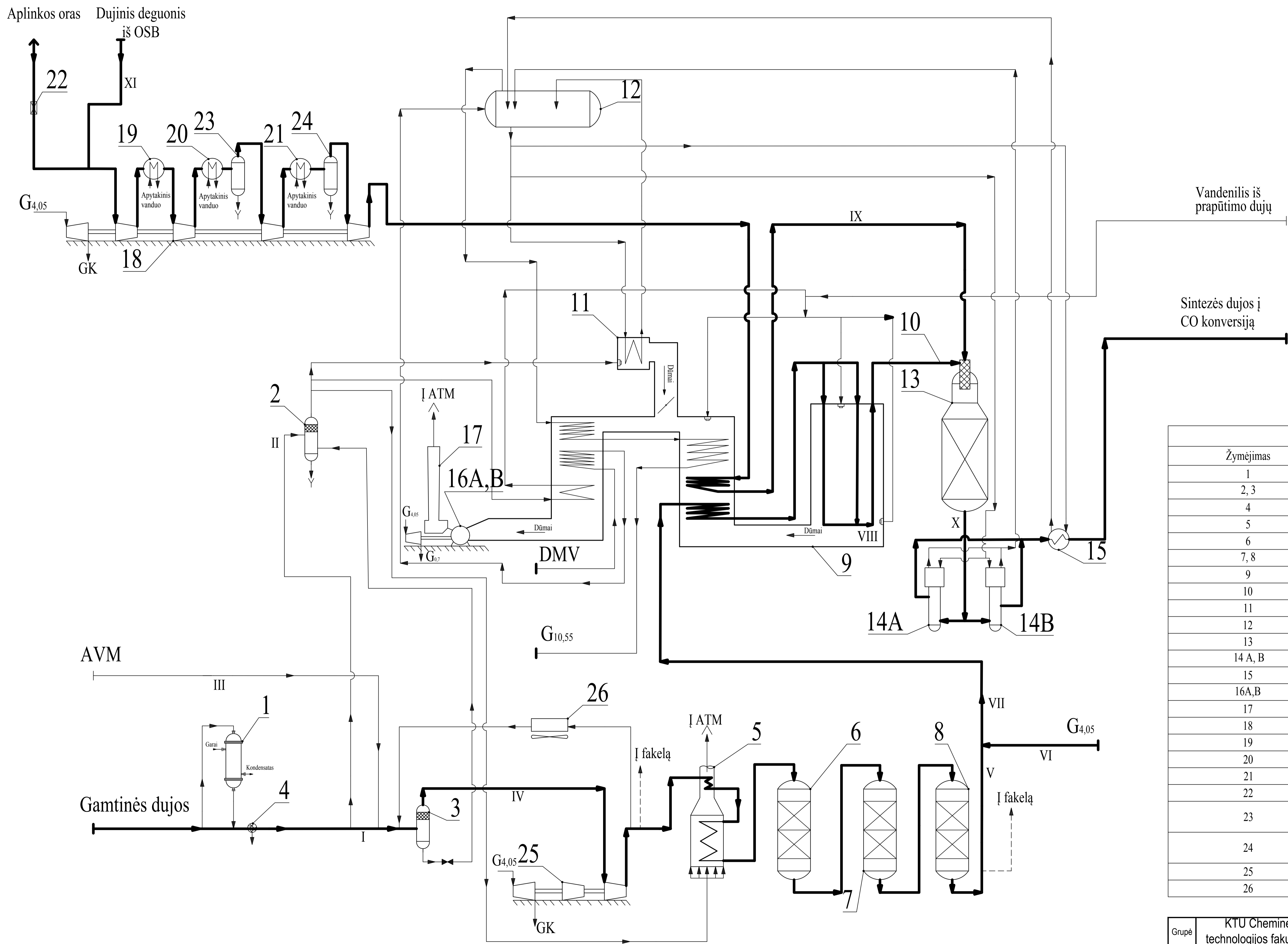
1. ROGELJ Joeri et al. Mitigation pathways compatible with 1.5°C. iš: *Special report: Global warming of 1.5°C*. IPCC, 2008, 93-174. ISBN 9789291691517
2. A European Green Deal. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021.05.10]. Prieiga per: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
3. Europos klimato teisės aktas. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021.05.06]. Prieiga per: <https://www.consilium.europa.eu/lt/policies/climate-change/>
4. GARSIDE M. Global production capacity of ammonia 2018-2030. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021.04.01]. Prieiga per: <https://www.statista.com/statistics/1065865/ammonia-production-capacity-globally/>
5. SIMPSON Adam, LUTZ Andrew. Exergy analysis of hydrogen production via steam methane reforming. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2007, t. 32, nr 18, pp. 4811-4820. ISBN
6. EL-NAGAR Raghda, GHANEM Alaa. Syngas production, properties, and its importance. Sustainable alternative syngas fuel. IntechOpen, 2019, ISBN 9781789845802
7. KOTHARI Richa, BUDDI D., SAWHNEY R. Comparison of environmental and economic aspects of various hydrogen production methods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2008, t.12, nr. 2, pp 553-563. ISSN 13640321
8. KOTHARI Richa., BUDDHI D., SAWHNEY L.R. *Comparison of environmental and economic aspects of various hydrogen production methods*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2006, t.12, pp 553-563. ISSN 13640321
9. MARTINEZ I. et al. Hydrogen production through sorption enhanced steam reforming of natural gas: Thermodynamic plant assessment. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2013, t.38, nr. 35, pp. 15180-15199. ISSN 03603199
10. NAZIR Shareq et al. Efficient hydrogen production with CO₂ capture using gas switching reforming. *Energy*. 2019, t. 185, pp. 372-385. ISSN 03605442.
11. NIKOLAIDIS Pavlos, POULLIKKAS Andreas. A comparative overview of hydrogen production process. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017, t. 67, pp. 597-611. ISSN 16340321
12. ASSABUMRUNGAT S., LAOSIRIPOJANAN. Fuels- Hydrogen production. Autothermal reforming. *Encyclopedia of Electrochemical Power Sources*. 2009, pp. 238-248. ISBN 9780444527455
13. ROSTRUP-NIELSEN Jens, CHRISTIANSEN Lars. Concepts in syngas manufacture. 1-oji laida, Imperial College Press, 2011. ISBN 1848465676.
14. ROCKWAY Jonathan. Catalyst. 1-oji laida, Packt Publishing, 2007. ISBN 9781847190956
15. Steam reforming catalysts. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021.03.21]. Prieiga per: <https://matthey.com/en/products-and-services/chemical-processes/chemical-catalysts/steam-reforming-catalysts>
16. Tubular reforming catalyst. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021.03.21]. Prieiga per: <https://www.topsoe.com/products/catalysts/r-67-7h>
17. Praktikos metu iš AB „Achema“ gauta informacija.
18. HASHEMNEJAD Seyed, PARVARI Martin. Deactivation and regeneration of nickel-based catalyst for steam- methane reforming. *Chinese Journal of Catalysis*. 2011, t. 32, nr 1-2, pp. 273-279. ISSN 18722067.
19. WHITE Vince. World Scale Hydrogen Production. ImechE/IchemE Evening Seminar:2009 Hydrogen event Birdcage Walk, 7th March.

20. CANS Novel Reactors. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021.03.02]. Prieiga per: <http://davyprotech.com/what-we-do/licensed-processes-and-core-technologies/core-technologies/CANs-novel-reactors/specification/?fbclid=IwAR3hUM4IAsIGAr3hWNhPO4yx-xw0YiMuaLYiBsfvOyXozCqAroCDF9R-IHg>
21. Convection reformer HTCR. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021.03.02]. Prieiga per: <https://www.topsoe.com/products/equipment/convection-reformer-htcr?hsLang=en>
22. NAZIR Shareq, CLOETE Jan Hendrik, SCLOETE Schalk, AMINI Shahriar. *Pathways to low-cost clean hydrogen production with gas switching reforming*. International Journal of Hydrogen Energy. 2021, t. 46, nr 38, pp. 20142-20158. 2021. ISSN 03603199.
23. NAZIR Shareq, CLOETE Jan Hendrick, CLOETE Schalk, AMINI Shahriar. *Gas switching reforming (GSR) for power generation with CO₂ capture: Process efficiency improvement studies*. Energy. 2019, t. 167, pp. 757-765. 2019. ISSN 03605442.
24. NAZIR Shareq, CLOETE Jan Hendrick, CLOETE Schalk, AMINI Shahriar. *Efficient hydrogen production with CO₂ capture using gas switching reforming*. Energy. 2019, t. 185, pp. 372-385. 2019. ISSN 03605442
25. WASSIE Solomon et al. *Hydrogen production with integrated CO₂ capture in a membrane assisted gas switching reactor: Proof-of-Concept*. International Journal of Hydrogen Energy. 2018, t. 43, nr. 12, pp. 6177-6190. 2018. ISSN 03603199
26. AB „Achema“, Jonava, 2021. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021.04.25]. Prieiga per internetą: <https://www.achema.lt/personalas>
27. VALSTYBINĖ ENERGETIKOS REGULIAVIMO TARNYBA. Rinkos stebėseną. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021.05.07]. Prieiga per: <https://www.regula.lt/dujos/Puslapiai/duju-rinkos-apzvalga/rinkos-stebesena.aspx>
28. Visuomeninės elektros energijos kainos ir tarifų planai, galiojančios nuo 2020 m. liepos 1 d. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021.05.07]. Prieiga per: <https://ignitis.lt/lt/elektros-kainos>
29. Paskolų palūkanų normos. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021.05.07]. Prieiga per: <https://www.lb.lt/lt/paskolu-palukanu-normos>
30. APLINKOS APSAUGOS AGENTŪRA. Taršos integruotos prevencijos ir kontrolės leidimas Nr. 2/15 / T-K.1-23/2019. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021.05.15]. Prieiga per: https://atliekos.gamta.lt/files/Achema%20TIPK%20pakeistas%202019-08-09_MR%20.pdf
31. LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTRAS. ĮSAKYMAS DĖL ATLIEKŲ TVARKYMO TAISYKLIŲ PATVIRTINIMO. 1999 m. liepos 14 d. Nr. 217, Vilnius TAR, 2017-10-11, Nr. 63-2065. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.84302/asr>
32. LIETUVOS RESPUBLIKOS SPECIALIŲJŲ ŽEMĖS NAUDOJIMO SĄLYGŲ ĮSTATYMAS. 2019 m. birželio 6 d. Nr. XIII-2166, Vilnius TAR, 2019-06-19, Nr. 9862. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/46c841f290cf11e98a8298567570d639?jfwid=-14oiz1tx7m>
33. Profesinės rizikos bendrieji vertinimo nuostatai. Valstybės žinios, 2012, Nr. 126-6350. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.435935?jfwid=rivwzvvpvg>
34. HN 23:2011. Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai. Valstybės žinios, 2011, Nr. 112-5274. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.405920>
35. Elektros įrenginių įrengimo bendrosios taisyklės. Valstybės žinios, 2012, Nr. 18-816. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.418124>
36. Darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsauginėmis priemonėmis nuostatai. Valstybės žinios, 2007, Nr. 123 -5055. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.456050/asr>

37. HN 98:2014. Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai. TAR, 2014, Nr. 5119. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.101854/asr>
38. HN 69:2003. Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametų norminės vertės ir matavimo reikalavimai. Valstybės žinios, 2004, Nr. 45-1485. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.230880>
39. Slėginių indų naudojimo taisyklės DT 12-02. Valstybės žinios, 2002, Nr. 115-5165.
40. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.196494?jfwid=>
41. Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai. Valstybės žinios, 2010-12-14, Nr. 146-7510. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.388658/asr>
42. Bendrosios gaisrinės saugos taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 99 -5167 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios Nr. 118-5970). Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.250714/asr>

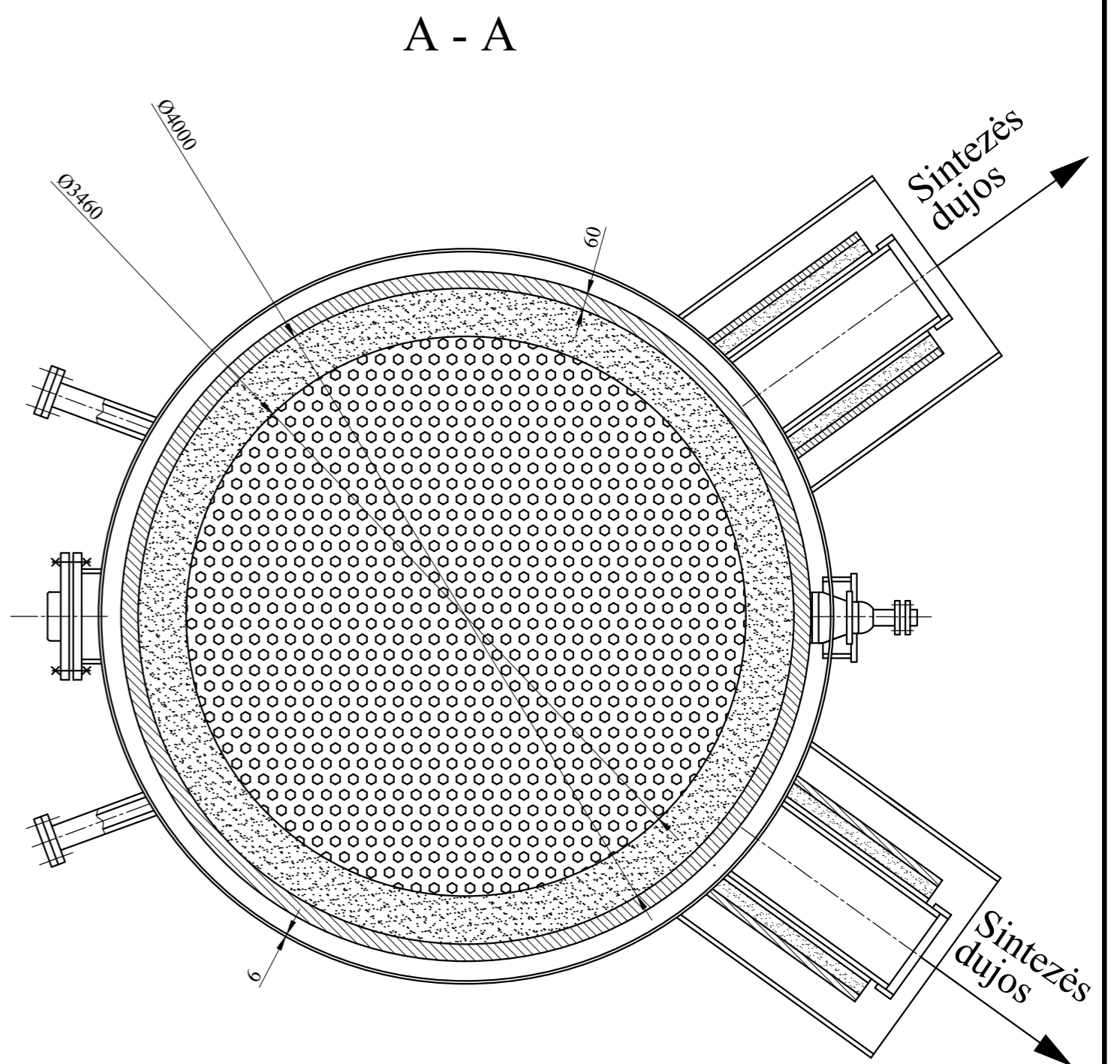
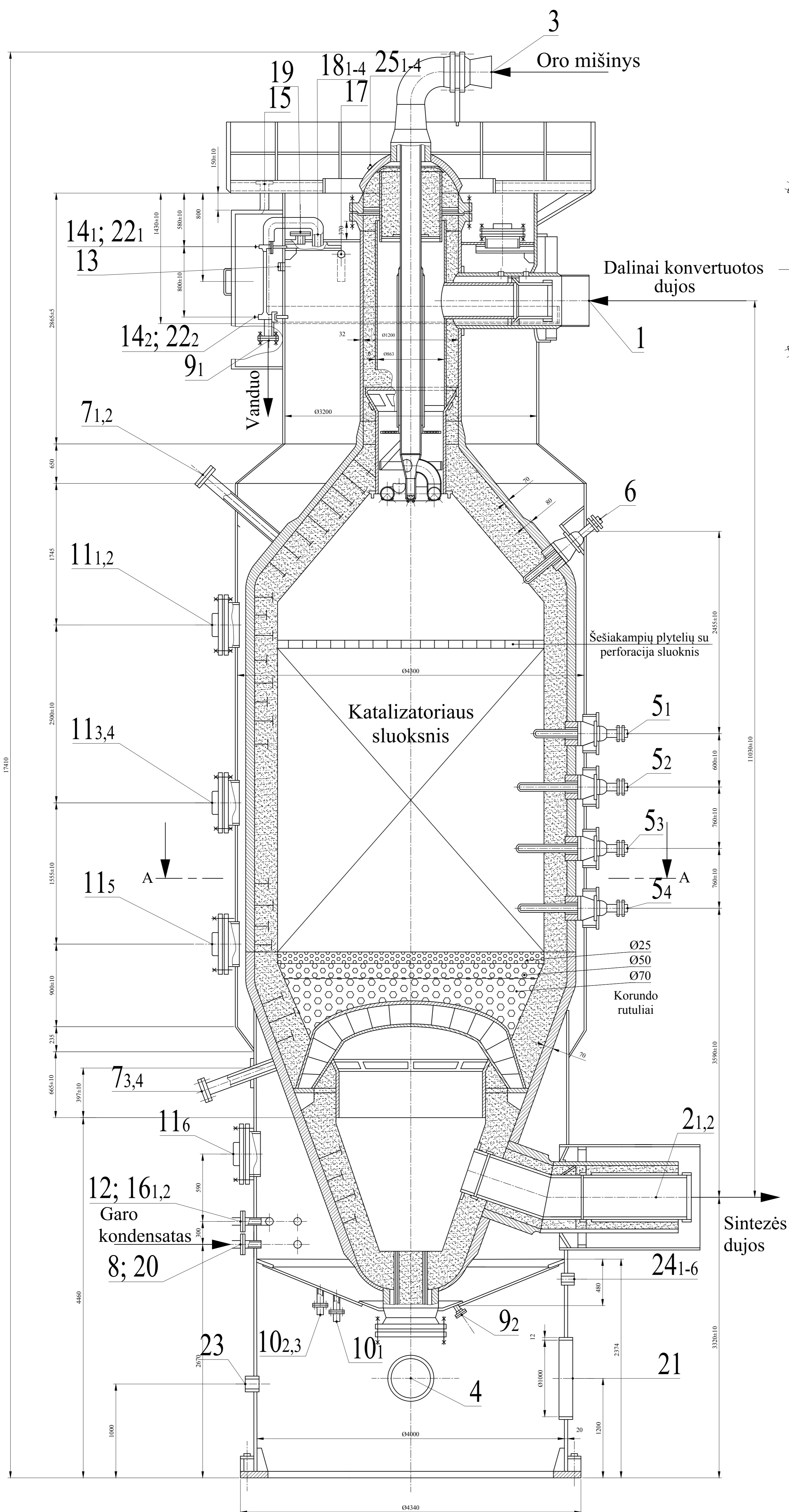
Priedai

- 1 priedas. Sintezės dujų gamybos technologinė schema**
- 2 priedas. Šachtinio konverterio brėžinys**
- 3 priedas. Technologinės linijos plano brėžinys**
- 4 priedas. Technologinės linijos fasado brėžinys**
- 5 priedas. Technologinės linijos sklypo plano brėžinys**



Įrenginiai	
Žymėjimas	Pavadinimas
1	Gamtinių dujų pašildytuvas
2, 3	Gamtinių dujų separatoriai
4	Gamtinių dujų filtras
5	Gamtinių dujų ugninis pašildytuvas
6	Sieros junginių hidrinimo aparatas
7, 8	Sieros junginių adsorbcijos aparatai
9	Vamzdinė krosnis
10	Perdavimo kolektorius
11	Pagalbinė krosnis
12	Garų rinktuvas
13	Šachtinis konverteris
14 A, B	1 laipsnio katilai - utilizatoriai
15	2 laipsnio katilai - utilizatoriai
16A,B	Dūmsiurbiai
17	Kaminas
18	Oro kompresorius
19	1 laipsnio oro aušintuvas
20	2 laipsnio oro aušintuvas
21	3 laipsnio oro aušintuvas
22	Oro filtras
23	Oro kompresoriaus 2 laipsnio separatorius
24	Oro kompresoriaus 3 laipsnio separatorius
25	Gamtinių dujų kompresorius
26	Oro aušintuvas

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas	Magistro baigiamasis projektas
TMC - 9	Studentas V. Vainoris Vadovas A. Jaskūnas Recenzentas A. Esinas	Sintezės dujų gamybos tobulinimas Technologinė schema
Pr. etapas MBP	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra Radvilėnų pl. 19 C, Kaunas	2021-MBP-FNCK
		Lapas 1 Lapų 1



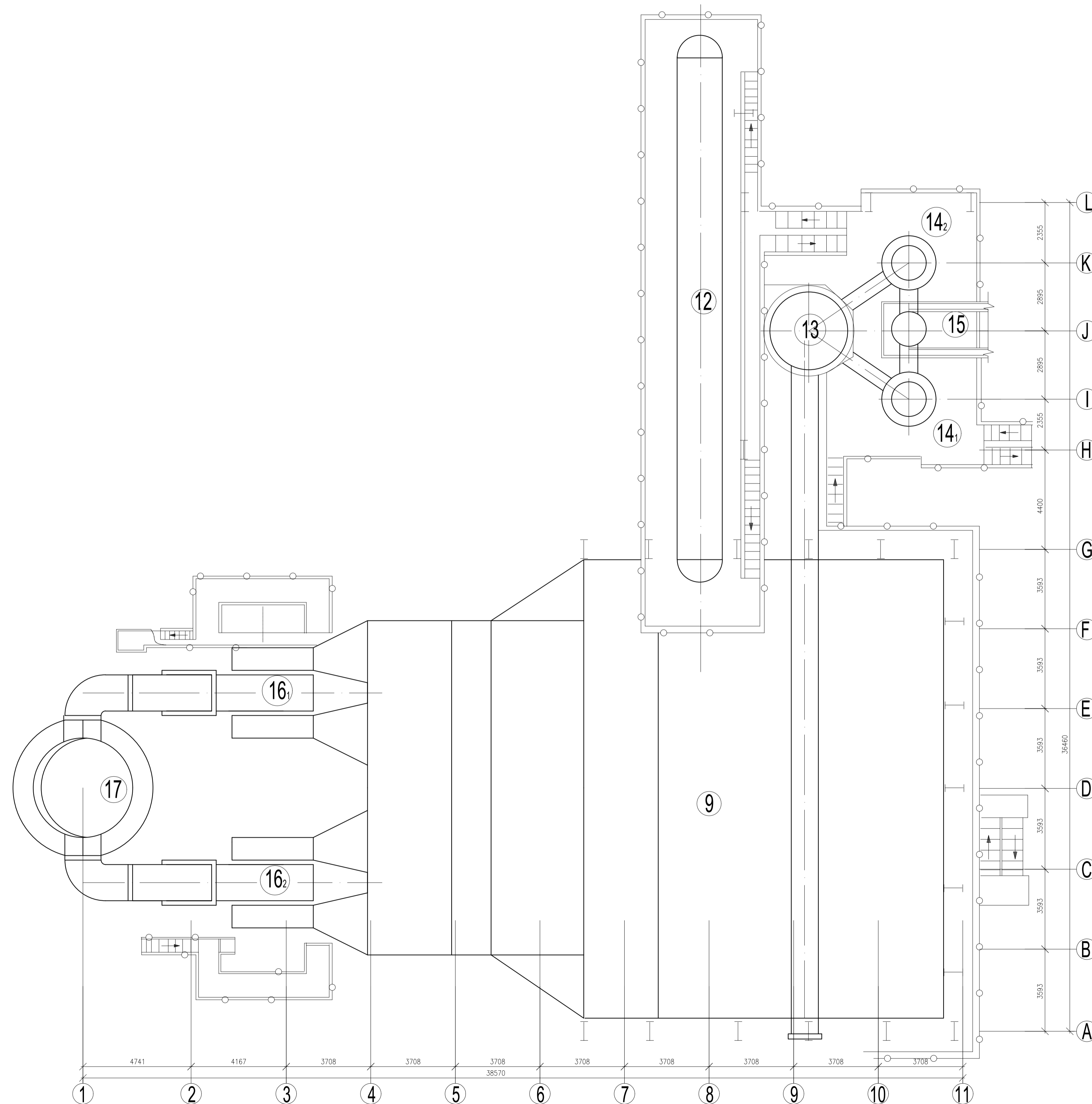
Įrenginio konstrukcinės detalės			
Žymėjimas	Paskirtis	Kiekis	Skersmuo, mm
1	Dujų įleidimo anga	1	700
21,2	Konvertuotų dujų išėjimo anga	2	850
3	Oro įleidimo anga	1	250
4	Liukas	1	600
51-4	Kat. sluoksnio termopora	4	50
6	Dujų degimo erdvės termopora	1	50
71-4	Vandens apvalko termopros	4	20
8	Vandens pripildymo atvamzdis	1	80
91,2	Vandens išleidimo atvamzdis	2	150
101-3	Vandens nuleidimo atvamzdžiai	3	50
111-7	Liukai	7	500
12	Manometras	1	20
13	Lygio indikatorius	1	20
141,2	Lygio matuoklis	2	15
15	Lygio reguliatorius	1	25
161,2	Garų įėjimui	2	80
17	Vandens persipylimui	1	100
181-4	Oro alsuokliai	4	100
19	Oro alsuoklis	1	250
20	Recirkuliacijai	1	50
21	Apžiūros anga	1	1000
221,2	Lygio reguliatoriai	2	50
23	Anga	1	200
241-6	Angos	6	100
251-4	Dangčio termopora	4	-

Įrenginio parametrai			
Parametrai	Parametru vertės		
	Aparatas	Apvalkalas	
Įrenginio paskirtis	Metano konversijai		
Slėgis, MPa	Darbinis	3,55	-
	Skaičiuotinas	3,55	Vandens stulpo
Temperatūra, °C	Darbinė	1245	100
	Terpė	Terpės sudėtis	Garų-dujų mišinys, konvertuotos dujos
Vidinis tūris, m ³	100	52	
Priedas dėl korozijos, mm/metams	2	2	
Šilumos perdavimo paviršius	135	-	
Matmenys	8500 x 17410 x 7660		

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis projektas	
TMC-9	Studentas	V. Varnas	Sintezės dujų gamybos tobulinimas	Laida
	Valovas	A. Jasikinas	Šachtinio konverterio brėžinys	0
	Recenzentas	A. Eišinas		
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra Radvilėnų pl. 19 C, Kaunas		2021-MBP-FNCK	Lapas 1
MBP				Lapų 1

Sintezės dujų technologinės linijos planas

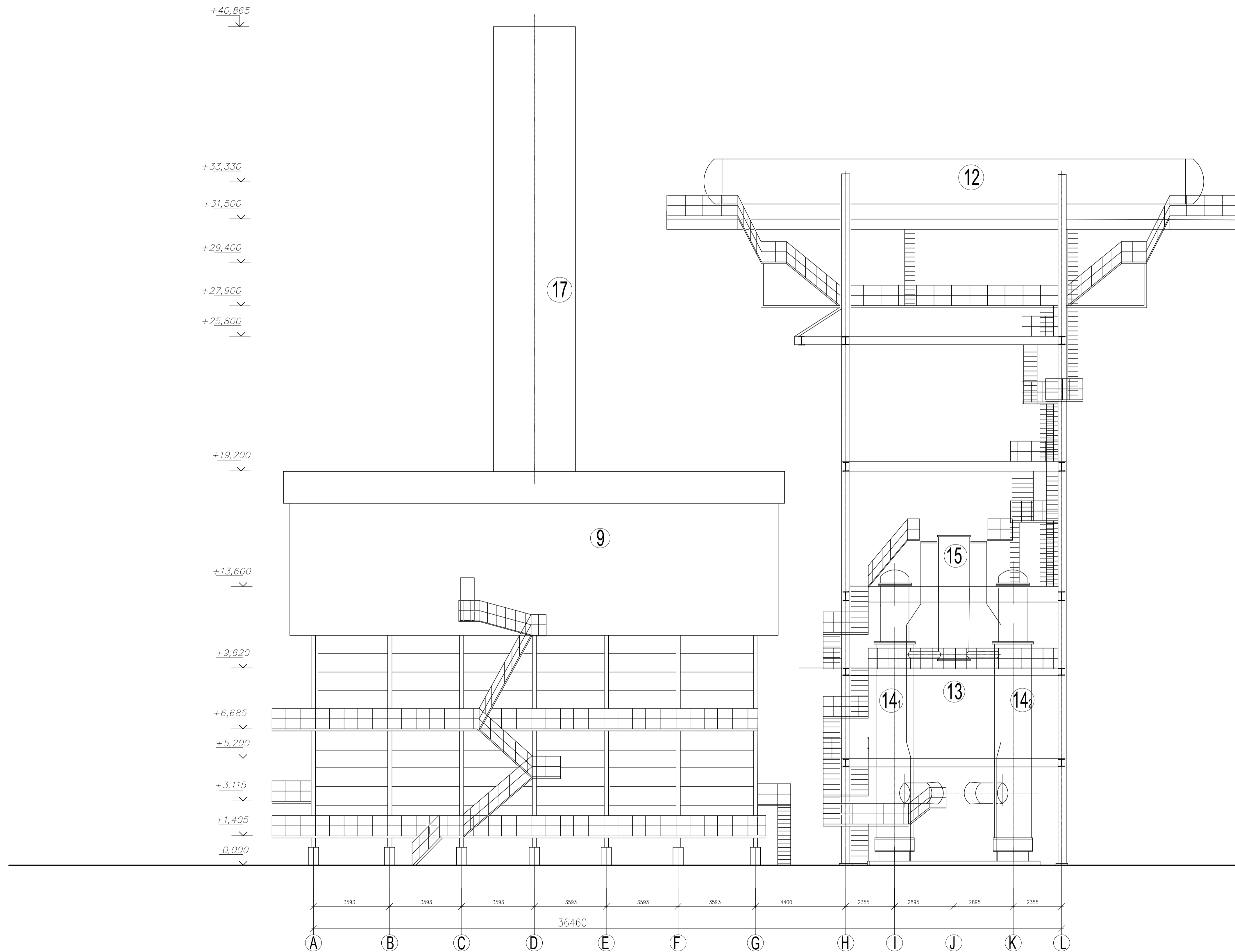
Mastelis 1:200



Įrengimų eksplikacija			
Eil. Nr.	Pavadinimas	Žymuo	Kiekis
1	Vamzdinė krosnis	9	1
2	Dūmsiurbis	16	2
3	Kaminas	17	1
4	Vandens garų surinktuvas	12	1
5	Šachtinis konverteris	13	1
6	1-ojo laipsnio katilas-utilizatorius	14	2
7	2-ojo laipsnio katilas-utilizatorius	15	1

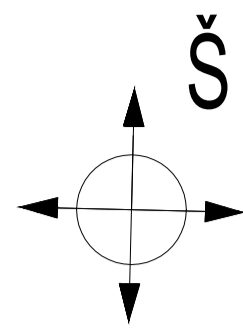
Grupė		KTU Cheminės technologijos fakultetas	Magistro baigiamasis projektas	
TMC-9	Studentas	V. Vanoris	Sintezės dujų gamybos tobulinimas	
	Vadovas	A. Jaskūnas	Laida	
	Konsultantas	O. Vilkonienė	Technologinės linijos planas iš viršaus	
	Recenzentas	A. Ešinas	0	
Pr. etapas	Fizinės ir neorganinės chemijos katedra Radvilėnų pl. 19 C, Kaunas		2021-MBP-FNCK	Lapas
MBP				Lapų
			1	3

Technologinės linijos fasadas tarp A-L ašių Mastelis 1:200

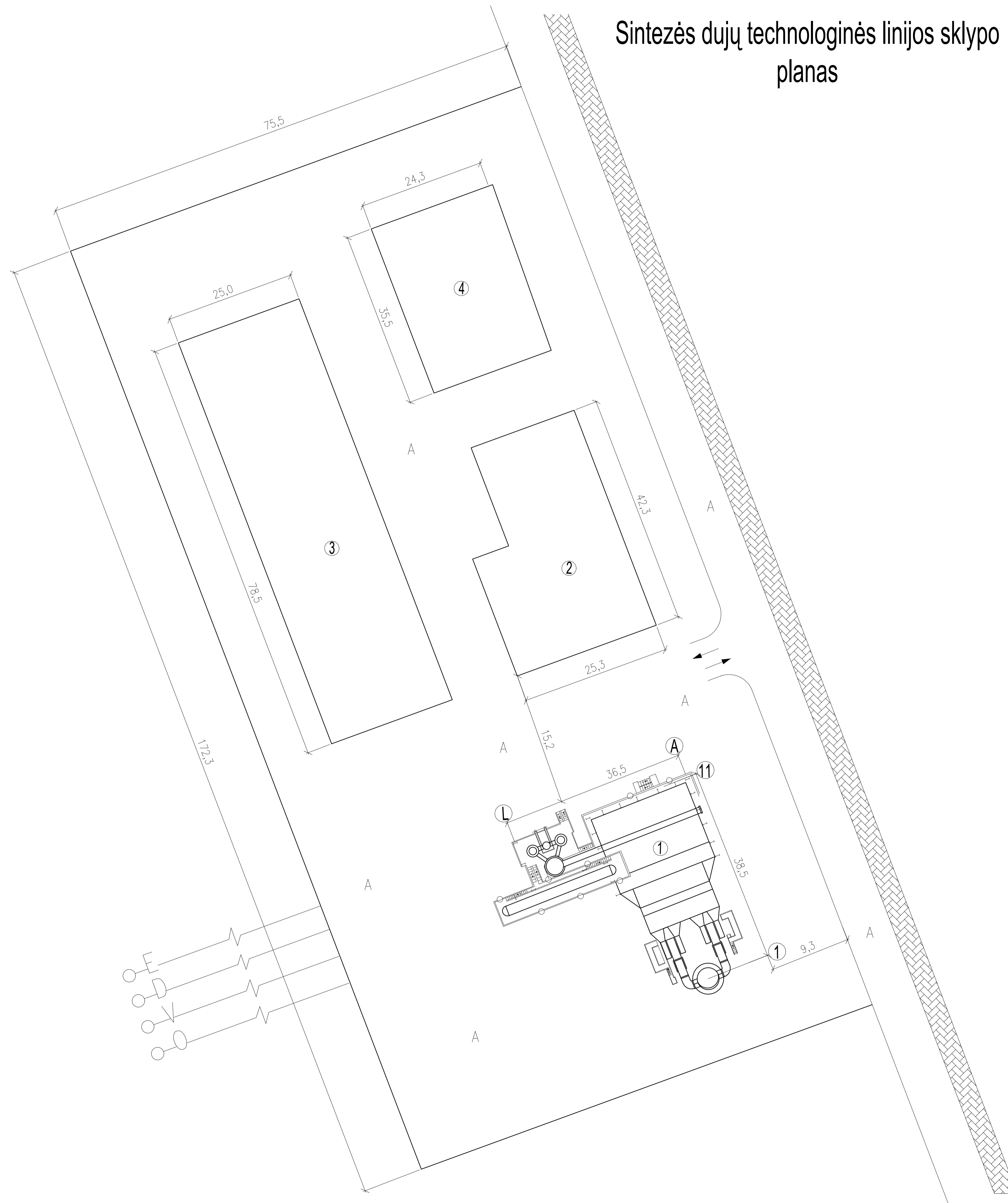


Įrengimų eksplikacija			
Eil. Nr.	Pavadinimas	Žymuo	Kiekis
1	Vamzdinė krosnis	9	1
2	Kaminas	17	1
3	Vandens garų surinktuvas	12	1
4	Šachtinis konverteris	13	1
5	1-ojo laipsnio katilas-utilizatorius	14	2
6	2-ojo laipsnio katilas-utilizatorius	15	1

Grupė		KTU Cheminės technologijos fakultetas	Magistro baigiamasis projektas	
TMC-9	Studentas	V. Vainoris	Sintezės dujų gamybos tobulinimas	Laida
	Vadovas	A. Jaskūnas	Technologinės linijos fasadas tarp A-L ašių	0
	Konsultantas	O. Vilkonienė		
	Recenzentas	A. Eišinas		
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra Radvilėnų pl. 19 C, Kaunas		2021-MBP-FNCK	Lapas
MBP				Lapų
				2 3



Sintezės dujų technologinės linijos sklypo planas



Situacijos planas Mastelis 1:1000



Sutartiniai žymėjimai:

	Asfalto danga		Vandentekio įvedas
	Trinkelų danga		Elektrinis įvedas
	Gamtinių dujų įvedas		Technologinis oras

Pastatų, statinių eksplikacija

Eil. Nr.	Pavadinimas	Žymuo	Plotas, m ²
1	Sintezės dujų technologinė linija	1	—
2	Centrinio valdymo pulto ir administracijos pastatas	2	1060
3	Papildomų įrengimų pastatas	3	1962
4	Gamybinio įrenginio statinys	4	863

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis projektas	
TMC - 9	Studentas	V. Vainoris	Sintezės dujų gamybos tobulinimas	
	Vadovas	A. Jaskūnas	Technologinės linijos sklypo planas	
	Konsultantas	O. Vilkūnė	Lapas	0
	Recenzentas	A. Eišinas	3	3
Pr. etapas	Fizinės ir neorganinės chemijos katedra Radvilėnų pl. 19 C, Kaunas		2021-MBP-FNCK	
MBP				



AKCINĖ BENDROVĖ „LIFOSA“

Kauno technologijos universitetui
Cheminės technologijos fakultetui

PAŽYMA

2021-02-17 Nr. 24
Kėdainiai

Pažymime, kad Valdas Vainoris, Amofoso cecho kompleksinių trąšų gamybos operatorius, 2020-10-14 dalyvavo „Eurochem“ jaunų specialistų tarptautinėje mokslinėje techninėje konferencijoje, kurioje pristatė projektą „Cinko efektyvumo didinimas NP(S)+B+Zn kompleksinėse mineralinėse trąšose“.

Personalo ir bendrųjų reikalų direktorius



Juozas Baniota

A.Dapkienė, 66550

Juodkiškio g. 50,
LT-57502 Kėdainiai
Tel. (8-347) 66 483; 66 463
Faksas (8-347) 66 166; 66 686;
El.paštas: info@lifosa.com
www.lifosa.com

Įmonės kodas 161110455
PVM mokėtojo kodas
LT611104515
Juridinių asmenų registras.
VĮ Registrų centras.

AB SEB BANKAS
SWIFT: CBVILT2X
Kodas: 70440
S-ta:
LT657044060001801964





AKCINĖ BENDROVĖ „LIFOSA“

Kauno technologijos universitetui
Cheminės technologijos fakultetui

PAŽYMA

2020-09-18 Nr. 164
Kėdainiai

Pažymime, kad Valdas Vainoris, Amofoso cecho kompleksinių trąšų gamybos operatorius, 2020-07-03 dalyvavo AB „Lifosa“ jaunų specialistų mokslinėje techninėje konferencijoje, kurioje pristatė projektą „Cinko efektyvumo didinimas NP(S)+B+Zn kompleksinėse mineralinėse trąšose“. Jaunų specialistų mokslinės techninės konferencijos komisijos sprendimu Valdas Vainoris buvo pripažintas 1 vietos laimėtoju už pateiktą projektą.

Personalo skyriaus viršininkė, pavaduojanti
personalo ir bendrųjų reikalų direktoriaus



Asta Švobienė

A.Dapkienė, 66550

Juodkiškio g. 50,
LT-57502 Kėdainiai
Tel. (8-347) 66 483; 66 463
Faksas (8-347) 66 166; 66 686;
El.paštas: info@lifosa.com
www.lifosa.com

Įmonės kodas 161110455
PVM mokėtojo kodas
LT611104515
Juridinių asmenų registras.
VĮ Registrų centras.

AB SEB BANKAS
SWIFT: CBVILT2X
Kodas: 70440
S-ta:
LT657044060001801964





EUROCHEM
LIFOSA

**JAUNŲJŲ SPECIALISTŲ
MOKSLINĖ - TECHNINĖ
KONFERENCIJA**

**DIPLOMAS
I VIETA**

VALDAS VAINORIS

Komisijos pirmininkas
AB „LIFOSA“ technikos direktorius
Rimantas Prosevičius

2020 m. liepos 3 d.