



Kauno technologijos universitetas
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

METANO KONVERSIJOS AGREGATO TECHNOLOGINIS ĮVERTINIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Juozas Šileika
Projekto autorius

Prof. Saulius Kitrys
Vadovas

Kaunas, 2020



Kauno technologijos universitetas
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

METANO KONVERSIJOS AGREGATO TECHNOLOGINIS ĮVERTINIMAS

Baigiamasis magistro projektas
Studijų programa Chemijos inžinerija (kodas 6211EX020)

Juozas Šileika
Projekto autorius

Prof. Saulius Kitrys
Vadovas

Lekt. Andrius Jaskūnas
Recenzentas

Kaunas, 2020



Kauno technologijos universitetas
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
Juozas Šileika

METANO KONVERSIJOS AGREGATO TECHNOLOGINIS ĮVERTINIMAS

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Juozo Šileikos, baigiamasis projektas tema „Metano konversijos agregato technologinis įvertinimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

Juozas Šileika

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)



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
2020 m. balandžio mėn. 22 d.

2020 m. vasario mėn. 11 d.

Magistro projekto užduotis

Projekto tema	Metano konversijos agregato technologinis įvertinimas
Darbo tikslas ir uždaviniai	<p>Darbo tikslas – Išanalizuoti dviejų laipsnių metano konversijos technologija ir įvertinti galimus technologinius pakeitimus.</p> <p>Darbo uždaviniai:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Atlikti dviejų laipsnių metano konversijos literatūros analizę;2. Atlikti technologinį vertinimą, pateikti skaičiavimus ir aptarti jų rezultatus;3. Pateikti technologijos tobulinimo galimybes ir įrodyti, tai skaičiavimais. Pateikti schemas pakeitimus;4. Aptarti statybinės dalies aspektus ir pateikti brėžinius;5. Pateikti dviejų laipsnių metano konversijos aplinkosaugos, darbų saugos ir ekonominius sprendimus ir rodiklius;
Reikalavimai ir sąlygos	Turi būti visos privalomos baigiamojo projekto sudėtinės dalys kaip nurodyta dekanų 2019 m. kovo 28 d. potvarkiu Nr. V25-02-02 patvirtintuose „Pirmosios pakopos Cheminė technologija ir inžinerija ir antrosios pakopos Chemijos inžinerija studijų programų baigiamųjų projektų rengimo ir gynimo metodiniuose reikalavimuose“.
Vadovas	Prof. Saulius Kitrys (vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas) 2020-02-11 (data)
Užduotį gavau:	Juozas Šileika (studento vardas, pavardė) 2020-02-11 (parašas, data)

Juozas Šileika. Metano konversijos agregato technologinis įvertinimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas Prof. Saulius Kitrys; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: Metanas, konversija, vandenilis, gamtinės dujos, reformingas

Kaunas, 2020. 62 p.

Santrauka

Dviejų laipsnių metano konversija vandens garais yra viena iš pažangiausių ir labiausiai paplitusių vandenilio gamybos būdų visame pasaulyje. Magistro darbe ši technologija yra rekonstruojama dujų šildytuvą pakeičiant papildomu gyvatuku, kuris yra įdiegiamas šilumos panaudojimo aparate. Darbe teigiama, kad atlikus tokius pakeitimus galima sutaupyti iki 800 m³/h dujų. Darbe pateikti rekonstrukciją iliustruojantys inžineriniai brėžiniai ir aprašyta statybinė dalis. Taip pat atlikti finansiniai bei ekonominiai skaičiavimai, apskaičiuotas rekonstrukcijos investicijos atsipirkimo laikotarpis, palygintos savikainos bei įmonės pelnas prieš ir po technologijos pakeitimo. Įvertinta žala aplinkai, įvertinta, kad atlikus rekonstrukciją yra išmetama mažiau didžiausią neigiamą poveikį aplinkai darančių azoto oksidų. Atlikta darbuotojų saugos ir sveikatos analizė, atsižvelgiant į kenksmingų medžiagų ribinius dydžius pateiktos kenksmingų darbo sąlygų prevencinės priemonės. Taip pat pateiktas valdymo pulto evakuacijos planas.

Juozas Šileika. Technological Assessment of Methane Conversion Unit. Master's Final Degree Project. Supervisor prof. Saulius Kitrys; Chemical technology Faculty, Kaunas University of Technology.

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

Keywords: Methane, conversion, hydrogen, gas, reforming.

Kaunas, 2020. 62 p.

Summary

The two-stage conversion of methane to water vapor is one of the most advanced and common methods of hydrogen production in the world. In the master's thesis, this technology is reconstructed by replacing the gas heater with an additional coil, which is installed in the heat recovery apparatus. The paper states that such changes can save up to 800 m³/h of gas. Drawings illustrating the reconstruction is and construction part presented in the paper. Financial and economic calculations were also performed, the payback period of the reconstruction investment was calculated, the costs and the company's profit before and after the change of technology were compared. The damage to the environment has been assessed, and it is estimated that less nitrogen oxides, which have the greatest negative impact on the environment, are emitted after the reconstruction. Taking into account the limit values for harmful substances an analysis of the safety and health of workers has been carried out, preventive measures for harmful working conditions have been presented. An evacuation plan for the control panel is also provided.

Turinys

Lentelių sąrašas	9
Paveikslų sąrašas	10
Įvadas.....	11
1. Projekto apibūdinimas.....	12
1.1. Pradinė padėtis.....	12
1.2. Projektuojamo objekto aprūpinimas žaliavomis	12
1.3. Amoniako gamybos agregato vieta	13
2. Literatūros apžvalga	14
2.1. Vandenilio gamybos ir panaudojimo statistika	14
2.2. Vandenilio fizikinės, cheminės savybės ir gamybos būdai.....	17
2.2.1. Vandenilio fizikinės, cheminės savybės.....	17
2.2.2. Vandenilio gamybos būdai ir panaudojimas	18
2.3. Metano konversija vandens garais.....	20
2.3.1. Proceso teorija	20
2.4. Katalizatoriai ir jų nuodai	21
2.4.1. Gamtinių dujų nusierinimo katalizatoriai.....	21
2.4.2. Metano konversijos katalizatoriai.....	21
3. Tiriamoji dalis.....	23
3.1. Atliekamas tyrimas ir skaičiavimai naudojantis aspen hysys v9 programa.	23
3.2. Atliekami skaičiavimai šilumos ir medžiagų balansui.	26
4. Inžinerinė dalis.....	32
4.1. Dviejų laipsnių metano konversijos technologinės schemas aprašymas	32
4.1.1. Gamtinių dujų redukavimas	32
4.1.2. Gamtinių dujų valymas nuo sieros junginių.....	32
4.1.3. Metano konversija	32
4.1.4. Anglies monoksido konversija	33
4.1.5. Kūryklinės dujos.....	34
4.1.6. Aukštų parametrų garų gamybos schema.....	34
4.2. Statybiniai sprendimai	35
4.2.1. Bendrieji duomenys.....	35
4.2.2. Statinio architektūrinė, konstrukcinė sandra.	35
4.2.3. Pastato inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai.....	37
4.3. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai.....	37
4.3.1. Inovacijos projektavimo ir diegimo aplinkos analizė: ekonominių ir organizacinių problemų nustatymas	37
4.3.2. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai	38
4.3.3. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas	39
4.3.4. Produkcijos gamybos apimtis ir gautinos pajamos.	39
4.3.5. Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas	40
4.3.6. Netiesioginiai gamybos kaštai.....	42
4.3.7. Veiklos kaštai.	44
4.3.8. Parduodamo gaminio kainos skaičiavimas.....	44
4.3.9. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai.....	45

4.4. Aplinkosauginis vertinimas	46
4.4.1. Bendrieji duomenys.....	46
4.4.2. Atliekos.....	47
4.4.3. Aplinkos oro tarša.....	49
4.4.4. Apibendrinimai ir išvados	51
4.5. Darbuotojų sauga ir sveikata	51
4.5.1. Projektuojamo objekto charakteristika	51
4.5.2. Profesinės rizikos vertinimas.....	52
4.5.3. Saugi gamyba	53
4.5.4. Darbo higiena	54
4.5.5. Gaisrinė sauga	56
Išvados	58
Literatūros sąrašas	59
Priedai.....	62

Lentelių sąrašas

2.1 lentelė. Vandenilio fizikinės savybės.....	18
3.1 lentelė. Pirmo laipsnio metano konversijos eksperimento duomenys.	25
3.2 lentelė. Pradiniai duomenys.	27
3.3 lentelė. Medžiagų balansas remiantis termodinamikos lygtimis.	28
3.4 lentelė. Savitoji šiluminė talpa.	28
3.5 lentelė. 1 mol. realiųjų dujų tūriai.	29
3.6 lentelė. Sudeginimo dujų medžiagų balansas.....	30
4.1 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai	35
4.2 lentelė. Projekto kaštai ir finansavimo šaltiniai	38
4.3 lentelė. Ilgalaikis turtas.	39
4.4 lentelė. Gamybos apimtis ir gautinos pajamos.....	40
4.5 lentelė. Gamybos medžiagų kaštai.	40
4.6 lentelė. Darbuotojų darbo užmokestis.....	41
4.7 lentelė. Išlaidos energijai.....	42
4.8 lentelė. Šiluminės energijos išlaidos.	42
4.9 lentelė. Netiesioginiai gamybos kaštai.	43
4.10 lentelė. Įrengimų amortizaciniai atskaitymai.	43
4.11 lentelė. Gamybos kaštai.	43
4.12 lentelė. Veiklos kaštai.	44
4.13 lentelė. Apskaičiuota gaminio kaina.	45
4.14 lentelė. Grynujų pinigų srautai.....	45
4.15 lentelė. Sąnaudų pasikeitimas įvykdžius projektą.....	45
4.16 lentelė. Duomenys apie gaminius.	46
4.17 lentelė. Kuro ir energijos sąnaudos.	46
4.18 lentelė. Duomenys apie naudojamą žaliavą	47
4.19 lentelė. Atliekos ir jų tvarkymas.	48
4.20 lentelė. Stacionaraus taršos šaltinio fiziniai duomenys.....	49
4.21 lentelė. Aplinkos oro tarša.	50
4.22 lentelė. Išmetamų dujų valymo įrenginio prevencijos priemonė.	50
4.23 lentelė. Profesinės rizikos veiksniai, jų rybiniai didžiai ir prevencijos priemonės. [20, 21]. .	52

Paveikslų sąrašas

2.1 pav. Cechų gamybos pajėgumai.....	14
2.2 pav. Amoniaکو panaudojimo vietos.....	14
2.3 pav. Vandenilio gamyba iš įvairių išteklių.....	15
2.4 pav. 10 didžiausių pasaulyje amoniako gamintoju	15
2.5 pav. Vandenilio suvartojimas pasaulyje.....	16
2.6 pav. Vandenilio rinkos pasiskirstymas.....	16
2.7 pav. Vandenilio gamybos technologijų santrauka	17
2.8 pav. Vandenilio gavimo šaltiniai.....	18
2.9 pav. Vandenilio panaudojimas Jungtinėse Amerikos valstijose.	19
2.10 pav. Vandenilio poreikis. Šaltinis: Vandenilio ateitis, naudojantis šiandienos.....	19
3.1 pav. Aspen hysys parinkti komponentai	23
3.2 pav. 1-ojo laipsnio metano konversijos aprašytos reakcijos	23
3.3 pav. 2-ojo laipsnio metano konversijos aprašytos reakcijos	24
3.4 pav. 1-ojo ir 2-ojo laipsnio konversijos technologinės schemos	24
3.5 pav. 2-ojo laipsnio metano konversijos rezultatai.....	25
3.6 pav. Įtekantis ir ištekantis srautai vamzdinėje krosnyje.....	26
3.7 pav. Pusiausvyros konstantos priklausomybė nuo temperatūros.	27
4.1 pav. SSGG analizės vertinimo kriterijai.....	38
4.2 pav. Taršos sklaidos grafikas	51
4.3 pav. Šiluminių darbo patalpų komforto parametrų norminės vertės.....	56
4.4 pav. Centrinio valdymo pulto evakuacijos planas.	57

Įvadas

Vandenilis tai plačiai naudojamas elementas visoje planetoje. Kadangi vandenilis yra labai svarbus elementas trąšų gamyboje, didėjant žmonių populiacijai didėja ir jo poreikis. Daugiausiai vandenilio sunaudojama amoniako gamybai, kuris naudojamas įvairioms trąšoms gaminti, tokioms kaip amonio salietra, azoto rūgštis, karbamido trąša, ir t.t.

Pasaulyje vandenilį galime pagaminti įvairiais būdais. Šiai dienai pats populiariausias, efektyviausias ir ekonomiškiausias vandenio gaminimo būdas yra dviejų laipsnių metano konversija vandens garais. Reakcijos vyksta ant nikelio katalizatorių esant aukštai temperatūrai. Metano konversijos reakcijos metu susidaro: vandenilis, anglies oksidas, įvedamas į technologija azoto elementas, kuris reikalingas tolimesnei amoniako sintezei.

Pagrindinė dviejų laipsnių metano konversijos problema – reakcijų metu suvartojami labai dideli gamtinių dujų kiekiai. O būtent didesnis gamtinių dujų suvartojimas lemia didesnę aplinkos taršą, todėl yra atliekama labai daug tyrimų tiriančių, kaip būtų galima sumažinti dujų suvartojimą gaminant vandenilį iš gamtinių dujų.

Magistro baigiamajame darbe buvo rekonstruota dviejų laipsnių metano konversijos technologija, kurioje vietoj dujų šildytuvo buvo įdiegtas į šilumos panaudojimo aparatūros bloką naujas gyvatukas, kurio dėka sutaupoma apie 800 m³/h dujų. Taip pat buvo keičiamas technologinis režimas, mažinant temperatūra pirmojo laipsnio konversijoje labiau apkraunant antro laipsnio konversiją. Visa technologija buvo įvertinta aplinkosauginiu aspektu, įvertinta darbuotojų sauga ir sveikata, pateikti ekonominiai bei finansiniai skaičiavimai pagrindžiantys modernizacijos naudą. Taip pat prieduose pateikti brėžiniai.

Darbo tikslas – Išanalizuoti dviejų laipsnių metano konversijos technologiją ir įvertinti galimus technologinius pakeitimus.

Darbo uždaviniai:

- 1) Atlikti dviejų laipsnių metano konversijos literatūros analizę;
- 2) Atlikti technologinį vertinimą, pateikti skaičiavimus ir aptarti jų rezultatus;
- 3) Pateikti technologijos tobulinimo galimybes bei įrodyti tai skaičiavimais. Pateikti schemos pakeitimus;
- 4) Aptarti statybinės dalies aspektus ir pateikti brėžinius;
- 5) Pateikti dviejų laipsnių metano konversijos aplinkosaugos, darbų saugos ir ekonominius sprendimus bei rodiklius;

1. Projekto apibūdinimas

Atliekama modernizacija dviejų laipsnių metano konversijos technologijai. Šio objekto vieta: Jonalaukio kaime, Jonavos rajone. Šios vietovės strateginė padėtis palanki daugeliu aspektu: patogus transporto susisiekimas, randasi netoli miesto, prie pat yra upė, kurios vanduo naudojamas.

Šios technologijos paskirtis yra pagaminti azoto – vandenilio mišinį, kuris reikalingas amoniako sintezei, aukštų parametrų garus, kurie naudojami sukurti kompresorių ir siurblių turbinoms, gaminti elektros energiją, šildyti patalpas. Galutinis produktas - skystas amoniakas labai plačiai panaudojamas įvairiose srityse tokiose kaip: azoto rūgšties gamyba, karbamido, amonio salietros, KAN, skystų trąšų gamyba, taip pat amoniakas naudojamas, medicinoje, dažų, metalurgijos pramonėje ir dar daug kitų įvairių sričių.

Dviejų laipsnių metano konversijos modernizacija atliekama remiantis eksperimentiniais duomenimis bei skaičiavimais. Ši modernizacija atliekama įvertinant ne tik technologinę naudą bet ir aplinkosauginius, finansinius, ekonominius, darbų saugos ir statybinius aspektus.

1.1. Pradinė padėtis

Modernizacija atliekama veikiančio amoniako gamybos agregato, dviejų laipsnių metano konversijos technologijai.

Atliekant šią rekonstrukciją buvo atsižvelgiama į kelias svarbiausias vertes – ekonominę ir aplinkosauginę naudą. Rekonstrukcija atliekama siekiant sumažinti pagrindinės žaliavos (gamtinių dujų) sunaudojamą kiekį. Sumažinus gamtinių dujų suvartojimą nemažinant gamybos apimtį, pagerinami ekonominiai rodikliai, taip pat sumažinama tarša gamtai.

Vykdamas šią rekonstrukciją reikalingas papildomas gyvatukas, kuris bus įdiegtas į šilumos perdavimo aparatūros bloką (ŠPAB), ir nauja vamzdinė linija jungianti naują gyvatuką su senuoju vamzdynu. Prieš modernizaciją buvo naudojamas papildomas šildytuvas, kuris šildydavo naudojamas dujas, deginant gamtines dujas. Po šios rekonstrukcijos dujos bus pašildytos naudojant gyvatuką esanti ŠPAB, kuriame teka karšti dūmai, kurie gaunami palaikant temperatūras pirminio reformingo metu. Šio gyvatuko dėka būtų sudeginama mažiau dujų, nes nereikėtų naudoti papildomo šildytuvo, kuris degina dujas. Taip pat siekiant padidinti ekonominius rodiklius, bus keičiamas technologinis režimas. Pirminio reformingo metu bus naudojama mažesnė temperatūra ir didesnis garų dujų santykis, o antrinio reformingo metu bus naudojama didesnis oro – dujų santykis. Kadangi pirminio reformingo metu vyksta endoterminė reakcija, norint, kad ši reakcija vyktų reikalinga aukšta temperatūra. Technologijoje siekiant sutaupyti deginimui ir temperatūros kėlimui reikalingas dujas šią temperatūrą mažinsime. Antrinio reformingo metu vyksta egzoterminė reakcija, tai reiškia, kad šiluma susidaro reakcijos metu, dėl to padidinsime oro – dujų santykį, kad temperatūra būtų didesnė ir kompensuotų metano dujų konversijos išėigą galutiniame rezultate.

1.2. Projektuojamo objekto aprūpinimas žaliavomis

Dviejų laipsnių metano konversijos pagrindinės žaliavos: gamtinės dujos, oras ir vanduo. Naudojamos gamtinės dujos valomos nuo sieros junginių ir sumaišomos su vandens garais ir tiekiamos į I – ojo laipsnio metano konverterį, pilnai nesureagavęs metanas, tiekiamas į II – ojo laipsnio metano konverterį, į kurį papildomai tiekiamas oras. Tiekiamas oras imamas bendrovės teritorijoje, paruošiamas ir kompresoriais tiekiamas į gamybą. Taip pat bendrovėje naudojamas

vanduo garų gamybai, kuris imamas iš netoliese esančios upės, chemiškai apdorojamas ir panaudojamas gamybos reikmėms. Gamtines dujas tiekia „Gazprom“.

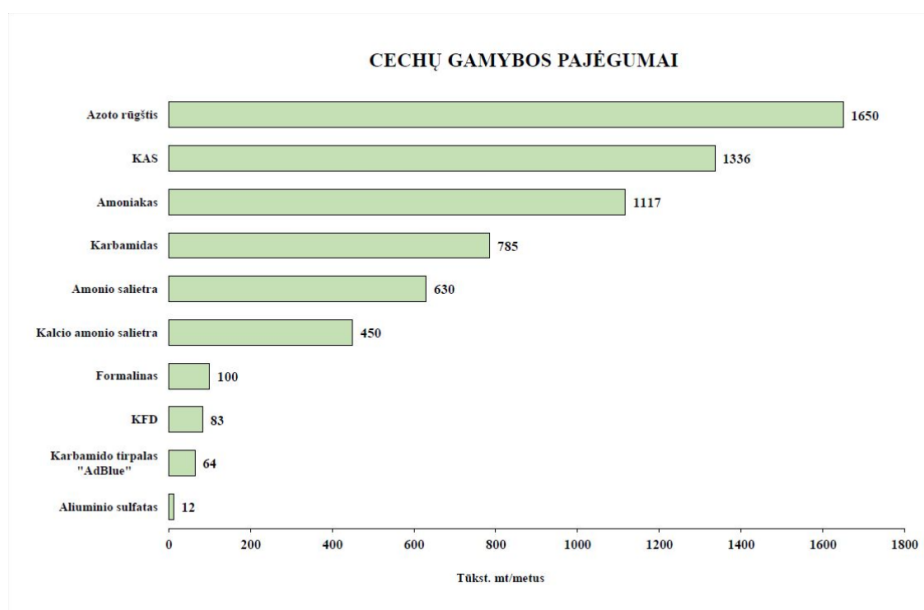
1.3. Amoniako gamybos agregato vieta

Modernizuojamos dviejų laipsnių metano konversijos technologija randasi, Jonavos r. Jonalaukio k. šalia esančios neries. Kelių kilometrų atstumu nuo pagrindinio kelio A6, tai pagrindinis susisiekimo kelias, tai pat įmonėje yra geležinkelio transportas. Ši bendrovė pastatyta ir atsižvelgiant į vyraujančias oro sąlygas, tokias kaip vėjas, kuris yra palankus didžiausiam netoli bendrovės esančiam Jonavos miestui, nes vyraujantis vėjai yra priešingos krypties. Atstumas iki artimiausios gyvenvietės yra apie 5 kilometrus.

2. Literatūros apžvalga

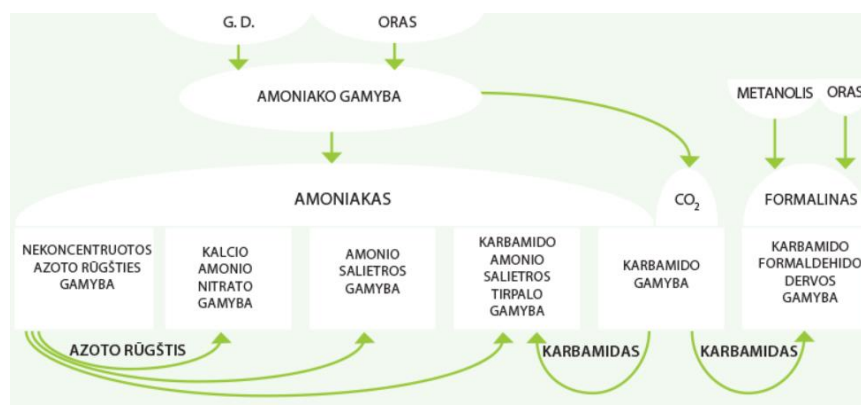
2.1. Vandenilio gamybos ir panaudojimo statistika

Amoniakas yra vienas iš svarbiausių cheminių produktų pasaulyje. Pasaulyje didėjant žmonių populiacijai ir augant maisto poreikiui sparčiai auga ir chemijos pramonės poreikiai - vis daugiau reikia pagaminti trąšų. Amoniakas daugelyje besivystančių ir augančių šalių yra augančios pramonės pagrindas, nes būtent amoniakas yra visų azoto trąšų pagrindas. Lietuvoje vienintelis amoniako gamintojas yra AB „Achema“ turinti du amoniako gamybos cechus ir gaminanti jį iš gamtinių dujų naudojant dviejų laipsnių metano konversijos garais technologiją. Achemos gamybos pajėgumas pateiktas 2.1 pav. [1]



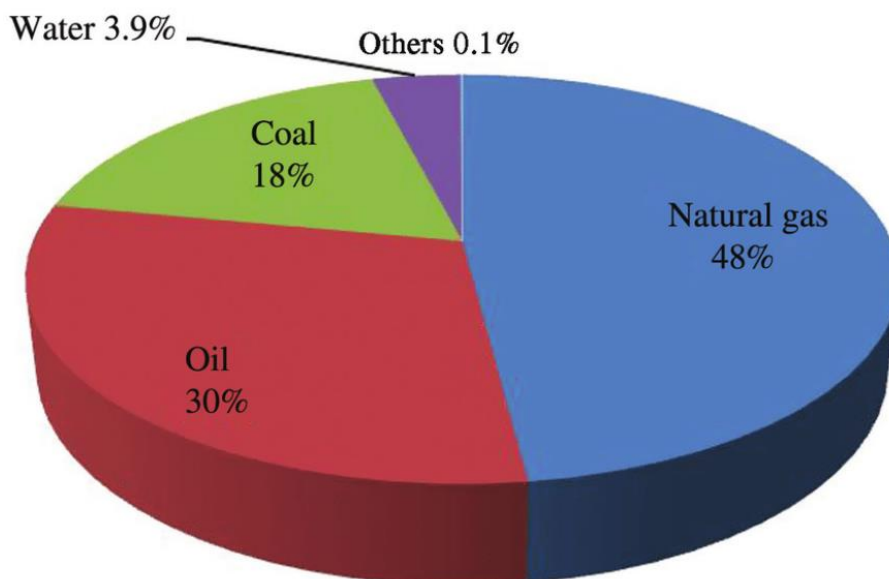
2.1 pav. Cechų gamybos pajėgumai

Kaip matome Achema pagamina apie 1117 tūkst. Tonų per metus. Didžioji dalis amoniako skysto arba dujinio naudojama kituose cechuose azoto trąšoms gaminti tokioms kaip karbamidas, amonio salietra, kalcio amonio salietra ir nekoncentruotai azoto rūgščiai. Blokinė schema rodanti, kur reikalingas amoniakas pateiktas 2.2 paveiksle. [1]



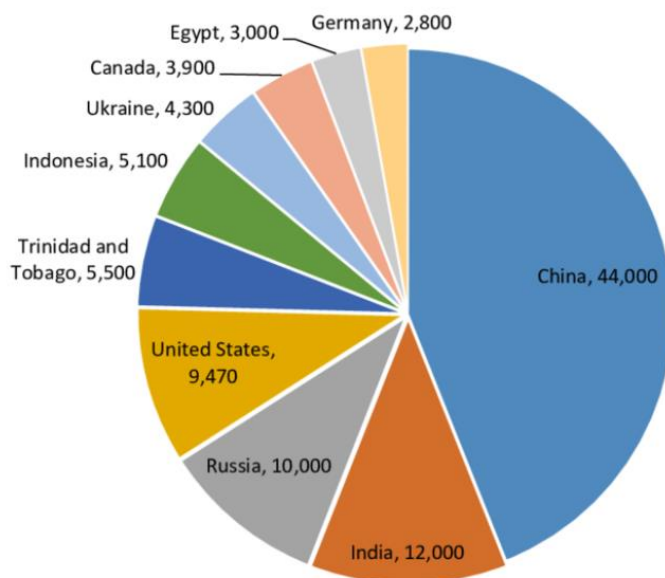
2.2 pav. Amoniakos panaudojimo vietos

Bendrą vandenilio gamybą visame pasaulyje yra sunku įvertinti, nes yra labai daug būdų ir technologijų kaip galime išgauti vandenilį. Pagrindiniai gamybos būdai yra gamtinių dujų reformingas, šarminė chloro elektrolizė, akmens anglių dalinė oksidacija. Remiantis researchgate.net pateiktais duomenimis pateikta diagrama, kurioje rodoma vandenilio gamyba iš įvairių šaltinių 2.3 paveikslas. Taip pat researchgate.net pateikė 10 didžiausių pasaulyje amoniako gamintojų. [2;5].



2.3 pav. Vandenilio gamyba iš įvairių išteklių

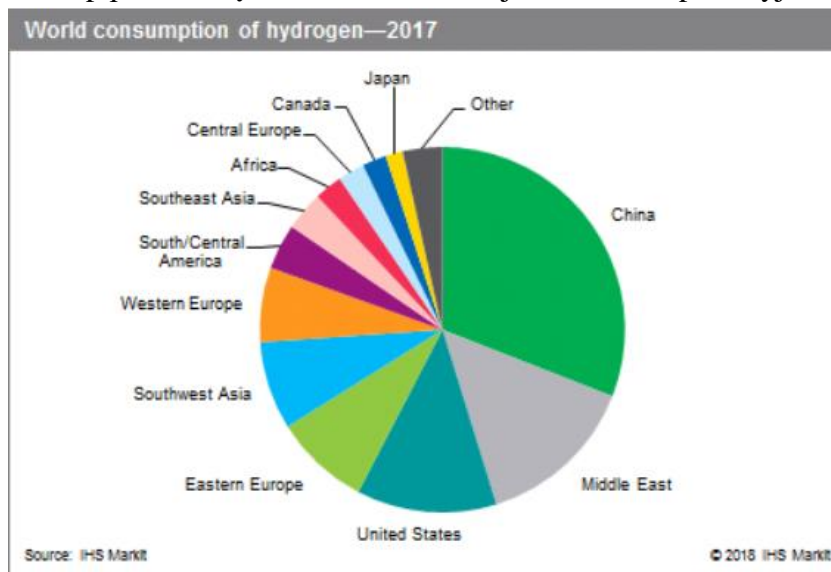
Kaip matome 2.3 paveiksle, beveik 96% vandenilio yra gaunama iš iškastinio kuro; dažniausiai naudojamos gamtinės dujos (maždaug 48%), po to skysti angliavandeniliai sudaro 30%, 18% - anglis, o maždaug 4% - elektrolizė ir kiti šalutiniai produktai. vandenilio šaltiniai.



2.4 pav. 10 didžiausių pasaulyje amoniako gamintoju

Kaip matome iš pateiktos diagramos 2.4 paveiksle, daugiausiai pasaulyje amoniako pagamina Kinija net 44000 tūkst. t/metus, Indija 12 tūkst. t/metus ir Rusija 10000 tūkst. t/metus, šiek tiek mažiau Jungtinės valstijos 9470 tūkst. t/metus.

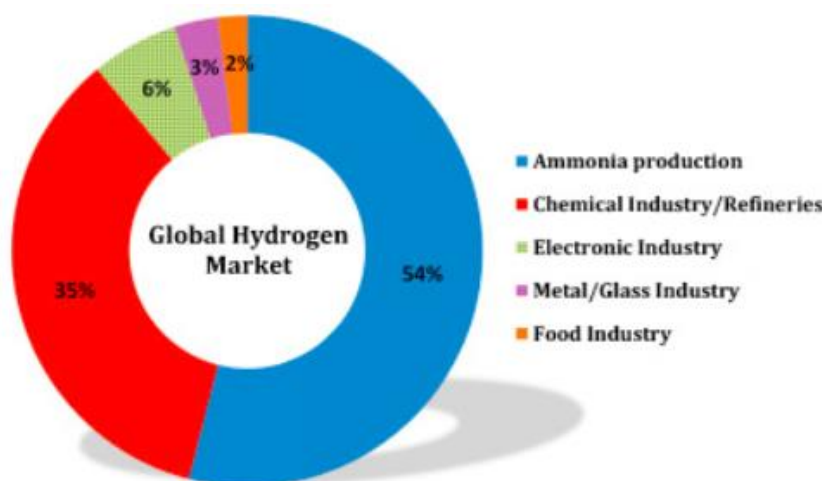
Tikimasi, kad bendra vandenilio paklausa per ateinančius penkerius metus kiekvienais metais didės maždaug po 4–5%, pirmiausia dėl naftos perdirbimo gamyklų paklausos ir amoniako bei metanolio gamybos. Azijoje ir toliau augs paklausa, atsižvelgiant į didėjančia vidaus ekonomiką. 4 paveiksle pateikta kaip pasiskirstęs vandenilio suvartojimas visame pasaulyje. [3].



2.5 pav. Vandenilio suvartojimas pasaulyje

Kaip matome iš pateiktos diagramos 2.5 paveiksle, daugiausiai vandenilio suvartoja Kinija, Vidurio rytai, Europa, ir Jungtinės valstijos.

Vandenilio gamyba ir poreikis auga kasmet. Šių dujų daugiausia sunaudojama amoniako, metanolio gamybai, įvairių medžiagų perdirbime, metalų pramonėje, elektronikoje, riebalų hidrinimui bei kita. Mueller Langer pateikti duomenys 2007 metais teigė, kad Jungtinėse Valstijose 95% vandenilio pagaminama iš gamtinių dujų ir daugiausiai jo suvartojama amoniako gamybai, detalesnė informacija pateikta 2.6 paveiksle. [4].



2.6 pav. Vandenilio rinkos pasiskirstymas.

Vandenilio (H₂) generavimo technologijoms plėtoti yra atlikta labai daug tyrimų. Šiuo metu labiausiai išplėtotą ir naudojamą technologiją yra angliavandenilių pertvarkymas. Siekiant sumažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro, svarstomi svarbūs pokyčiai kitose H₂ kartos technologijose,

gaunamose iš atsinaujinančių išteklių, tokių kaip biomasė ir vanduo. 2.7 paveiksle apibendrintos technologijos kartu su naudojamomis žaliavomis ir pasiektas efektyvumas. Svarbu paminėti, kad H₂ gali būti gaminamas iš įvairių žaliavų, prieinamų beveik visur. Vystoma daugybė procesų, kurių poveikis aplinkai yra minimalus. Šių technologijų plėtra gali sumažinti pasaulio priklausomybę nuo degalų, kurie daugiausia gaunami iš nestabilių regionų. „Vidaus“ H₂ gamyba gali padidinti tiek šalies energetinį tiek ekonominį saugumą. Vandenilis gaminamas iš įvairių žaliavų ir naudojant įvairius procesus, kuriuos gali atlikti kiekvienas pasaulyje regionas ir gali pagaminti daug savo energijos. Akivaizdu, kad tobulėjant technologijoms H₂ gali pasirodyti kaip visur esantis kuras. Duomenys pateikti 2.7 paveiksle [6].

Technologija	Žaliava	Efektyvumas	Brandos
Garų reformavimas	Angliavandeniliai	70–85 proc.	Komercinis
Dalinė oksidacija	Angliavandeniliai	60–75 proc.	Komercinis
Autoterminis pertvarkymas	Angliavandeniliai	60–75 proc.	Artimiausias terminas
Plazmos reforma	Angliavandeniliai	9–85% *	Ilgas terminas
Biomasės dujinimas	Biomasė	35–50 proc.	Komercinis
Vandeninės fazės reformavimas	Angliavandeniliai	35–55 proc.	Med. terminas
Elektrolizė	H ₂ O + elektra	50–70 proc.	Komercinis
Fotolizė	H ₂ O + saulės spinduliai	0,5% *	Ilgas terminas
Termocheminis vandens padalijimas	H ₂ O + šiluma	NA	Ilgas terminas

* Vandenilio valymas neįeina.

2.7 pav. Vandenilio gamybos technologijų santrauka

2.2. Vandenilio fizikinės, cheminės savybės ir gamybos būdai.

2.2.1. Vandenilio fizikinės, cheminės savybės

Vandenilis tai paprasčiausias atomas žemėje, kurio branduolys sudarytas iš vieno protono ir elektrono. Vandenilis yra lengviausios dujos iš visų žinomų periodinės elementų lentelės elementas, taip pat labiausiai paplitęs cheminis elementas visoje žemėje. Normalioje būsenoje vandenilis yra bespalvės, bekvapės, neturinčios skonio, netoksiškos dujos. [7]. Vandenilio savaiminio užsiliepsnojimo temperatūra 510 °C, vandenilio sprogimo ribos su oru (tūrio %): apatinė riba 4,12 % , viršutinė riba 75 %.[8] Nors vandenilis nėra toksiškas, tačiau įkvėpus vandenilio organizme gali susidaryti degūs mišiniai. Per didelis įkvėptas vandenilio kiekis gali sukelti dusuli, taip pat galima

prarasti sąmonę. Vandeniliui reaguojant su kitomis medžiagomis, tokiomis kaip anglis ar metalai, sudaro su jomis kovalentinius junginius, jis dalyvauja kaip anijonas (H⁻) arba katijonas (H⁺). [7] Platesnė informacija apie vandenilio fizikines savybes pateikta 2.1 lentelėje. [9].

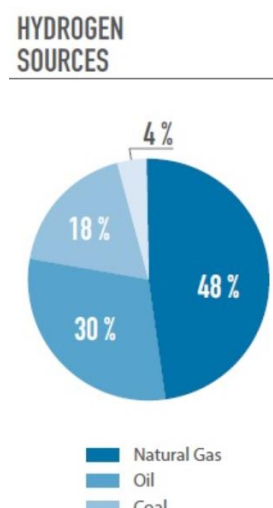
2.1 lentelė. Vandenilio fizikinės savybės

Savybė	Reikšmė
Cheminis simbolis	H ₂
Molekulinė masė	2,02
Skysto vandenilio	
Specifinė šilumos talpa	9,668 kJ/kg °C
Virimo temperatūra	-252,8 °C esant 1,013 bar slėgiui
Slaptoji garavimo šiluma	446 kJ/kg
Dujinio vandenilio	
Specifinė šiluminė talpa	14,34 kJ/kg °C
Tankis	0,08988 kg/m ³
Krizinė temperatūra	-239,96 °C
Krizinis slėgis	1315 kPa
Krizinis tankis	30,12 kg/m ³
Šilumos laidumas	0,1869 W/m °K esant 300K

2.2.2. Vandenilio gamybos būdai ir panaudojimas

Vandenilis yra plačiai pripažintas kaip švarus ir efektyvus ateities energijos šaltinis, kuriame yra didžiausias visų žinomų degalų energijos kiekis, be to jis yra vienintelis kuras, kuris nėra chemiškai pririštas prie anglies. Todėl naudojant vandenili kaip kurą nėra prisidedama prie šiltnamio efekto, ozono ardymo ir rūgščių lietaus susidarymo.

Maždaug 96 % komerciškai pagaminto vandenilio gaunama iš angliavandenilių, dažniausiai naudojami iškastiniai kurai (naftos produktai).[10] Vandenilio gamybai yra naudojamos tokios technologijos: gamtinių dujų reformavimais vandens garais, anglies dujų fiksavimas, vandens elektrolizė, naudojant branduoline energija, biomasės ardymas bakterijomis.[11] Tai pat pateikta diagrama 2.8 [12]



2.8 pav. Vandenilio gavimo šaltiniai

pav.

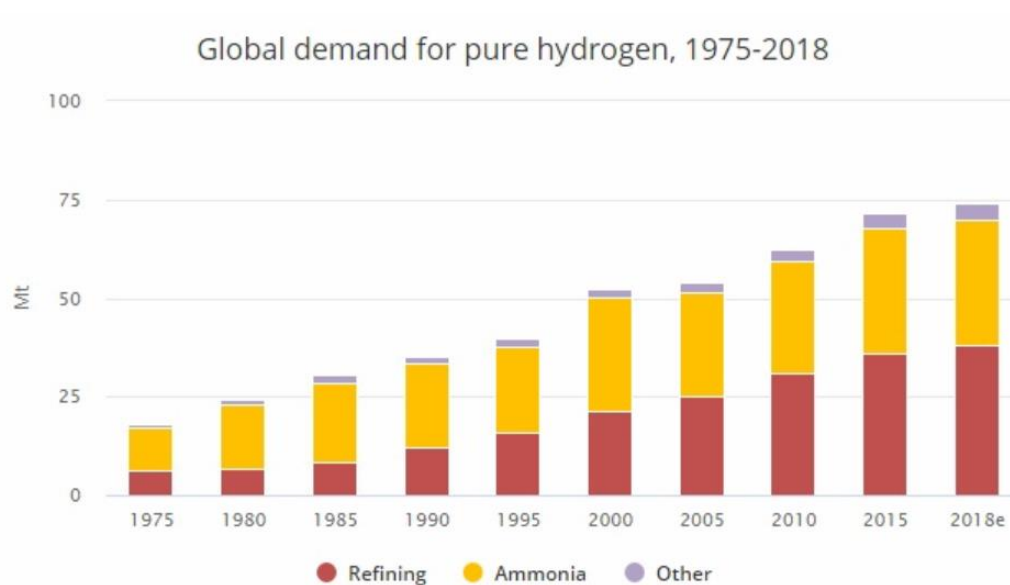
Vandenilis naudojamas kaip žaliava naftos pramonėje, maisto pramonėje, mikroelektronikoje, juodųjų ir spalvotųjų metalų metalurgijoje, polimerų sintezėje, metalurgijos procesų pramonėje ir kaip energijos nešiklis švarios ir tvarios energijos sistemose. Taip pat vandenilis labai svarbus žemės ūkio srityje, jis naudojamas amoniako gamybai, o amoniakas labai svarbus azoto trąšų gamyboje, nes iš jo gaminamos karbamido trąšos, amonio salietra, kalcio amonio salietra, amoniakinis vanduo ir t.t. Taip pat vandenilis naudojamas farmacijoje vitaminų gamybai, kosmetikoje ir buitinių prekių gamyboje kaip įvairius valikliai ir t.t [13] Remiantis „hydrogen fuel – production, transport, storage“ knyga, kurios leidimo metai 2009, pateiktas Jungtinių Amerikos valstijų vandenilio panaudojimas 2.9 paveiksle. [14].

United States and World Hydrogen Consumptions by End-Use Category

Captive Users	United States		World Total		U.S. Share of World Total (%)
	Billion m ³	Share (%)	Billion m ³	Share (%)	
Ammonia producers	33.7	38	273.7	61	12
Oil refiners	32.9	37	105.4	23	31
Methanol producers	8.5	10	40.5	9	21
Other	3.4	4	13.6	3	25
Merchant users	10.8	12	16.1	4	67
Total	89.3	100	449.3	100	20

2.9 pav. Vandenilio panaudojimas Jungtinėse Amerikos valstijose.

Kaip matyti iš žemiau pateikto grafiko, nuo 1975m iki 2018m vandenilio poreikis išaugo daugiau nei trigubai. Tiek dėl didėjančios populiacijos pasaulyje tiek dėl energijos vartojimo poreikių vandenilio paklausa ir toliau augs. Pasaulinė vandenilio paklausa pateikta 2.10 pav. [15].

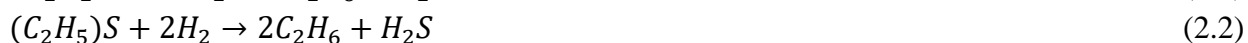


2.10 pav. Vandenilio poreikis. Šaltinis: Vandenilio ateitis, naudojantis šiandienos

2.3. Metano konversija vandens garais

2.3.1. Proceso teorija

Amoniakio gamyba susideda iš dviejų stadijų: 1) vandenilio ir azoto dujų mišinio paruošimas; 2) amoniako sintezė. Pagrindinė žaliava vandeniliui gauti yra gamtinės dujos turinčios 90 – 98 % metano. Norint pagaminti vandenilį pirmiausiai reikia iš gamtinių dujų išvalyti sieros junginius, nes sieros junginiai yra stiprūs katalizatorių nuodai, kurie sukelia aparatūros koroziją. Gamtinėse dujose galime rasti organinių ir neorganinių sieros junginių, šie junginiai valomi dvejomis stadijomis: 1) Pirmoje stadijoje naudojant katalizatorius sieros junginiai aukštoje temperatūroje ir slėgyje sujungiami į H_2S :



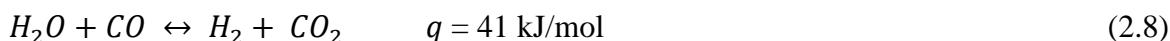
(2) antroje stadijoje H_2S reaguoja su ZnO ir CuO sorbentais ir vyksta šios reakcijos:



Konvertuojant gamtines dujas, oksidatoriais gali būti naudojami: 1) vandens garai ir deguonis; 2) vandens garai ir oras; 3) vandens garai, deguonis ir oras. Konvertuojamas metanas veikiant jį vandens garais aprašoma (6 reakcija), deguonimi (7 reakcija). [16]



Kadangi (6) ir (7) reakcijų metu susidaro CO ir reakcijoje dalyvauja vandens garai susidaro šalutinė reakcija (8):



Visos šios reakcijos yra grįžtamosios, reakcija (6) yra endoterminė, o kitos egzoterminės. Vykstant reakcijoms (6) ir (7) dujų tūris didėja, o reakcijai (8) dujų tūris nekinta. Visos šios reakcijos vyksta dideliame slėgyje, todėl dujų mišinio suslėgimo sąnaudos, nes pradinio mišinio tūris mažesnis už konvertuotų dujų tūrį. Tai pat šios reakcijos vykdomos dideliame slėgyje todėl, kad reakcijos esant dideliame slėgiui vyksta greičiau.

Metano konversijos vandens garų (6) reakcijos pusiausviroji sudėtis priklauso nuo šių parametru: temperatūra, slėgis, reaguojančių medžiagų santykis. Tam kad pusiausvyra persistumtu į produkto susidarymo puse, šiuo atveju H_2 naudojamas vandens garų perteklius, o kad greičiau vyktu reakcija naudojamas nikelio katalizatorius ant Al_2O_3 pagrindo. Šis katalizatorius yra jautrus sieros junginiams, nes šie junginiai nuodija katalizatorių, todėl prieš konversija dujos valomos nuo sieros junginių.

Metano ir oro konversija taip pat vykdoma dideliame slėgyje ir aukštoje temperatūroje. Metano ir oro konversija vyksta labai greitai, be katalizatorių. Vykstant šiai reakcijai (7), dujų tūris nekinta, todėl padidinus slėgį, reakcijos pusiausvyra nepersistumia, tačiau slėgį verta didinti dėl to, jog greičiau vyktų reakcija, dėl to yra ekonomiška reakcija vykdyti didesniame slėgyje. Kadangi ši reakcija yra egzoterminė, tai reakcijos metu išskirta šiluma panaudojama garo gamybai. Šios reakcijos sureagavimo laipsnį galima padidinti didinant vandens garų koncentraciją, šalinant CO₂ iš reakcijos zonos mažinant temperatūrą. Ši reakcija vykdoma dviem stadijomis ir dar kitaip vadinama CO konversija: 1) aukštoje temperatūroje naudojant geležies ir chromo katalizatorius, kurie tai pat jautrūs sieros, fosforo, silicio ir chloro junginiams; 2) žema-temperatūriniai katalizatoriai, kurie susideda iš vario, aliuminio, cinko ir chromo. Po šių reakcijų gautas dujų mišinys vadinamas konvertuotomis dujomis, kurios tiekiamos tolimesnius apdorojimus.[17].

2.4. Katalizatoriai ir jų nuodai

2.4.1. Gamtinių dujų nusierinimo katalizatoriai.

Sieros junginiai daugumai pramoninių katalizatorių, įskaitant ir naudojamus amoniako gamybai yra labai stiprūs nuodai. Labiausiai jautrus sieros junginiams, nikelio katalizatoriai, garų vamzdinės metano konversijos katalizatoriams, žema-temperatūriniam anglies monoksido konversijos katalizatoriams, mažiau jautrus metano konversijos katalizatoriams ir vidutinės temperatūros anglies oksido katalizatoriams. Gamtinės dujos valomos nuo sieros junginių dėl to, kad šie junginiai tai pat sukelia įrangos koroziją, todėl siera šalinama prieš visus technologinius etapus. Sieros junginiai būna organiniai arba neorganiniai. Gamtinėse dujose neorganinių sieros junginių sudėtyje yra tik vandenilio sulfidas. Organiniai sieros sulfidai, esantys gamtinėse dujose būna įvairūs merkaptanai, tokie kaip metilmerkaptanai, etilmerkaptanai. Tyrimais nustatyta, kad kuo didesnė molekulinė masė sieros junginių, tuo sunkiau jie pasišalina iš dujų.

Toliau aprašyti pagrindiniai sieros pašalinimo metodai iš gamtinių dujų. Beveik visiškai sieros junginius galima pašalinti iš gamtinių dujų naudojant kietus absorberius, kurių pagrindą sudaro cinko oksidas. Norint pašalinti sieros junginius iš gamtinių dujų, pirmiausia vykdomas dujų hidrinimas, kuris vyksta esant 350 – 400 °C temperatūroje, šis procesas yra negrįžtamas todėl beveik visą sierą galima surišti į vandenilio sulfidą. Gautas vandenilio sulfidas absorbuojamas 380 – 410 °C temperatūroje, ant cinko oksido absorberio. Ši reakcija taip pat vyksta negrįžtamai, todėl užtikrina labai aukštą išvalymo laipsnį. Šį sieros pašalinimo metodą patartina naudoti, kai gamtinėse dujose grynos sieros yra 50 – 100 mg/m³. Jei gamtinėse dujose yra daugiau nei 100 mg/m³ sieros, tai tokiu atveju yra sukurtos valymo technologijos pramoniniai technologijai naudojant ceolitus arba absorbcija desulfarizavimo metodu.

Amoniako gamybos technologijoje valant sierą iš gamtinių dujų, hidrinimo procesui dažniausiai naudojamas azoto ir vandenilio mišinys. Esančiose dujose neturėtų būti daugiau kaip 5 % anglies oksidų, nes tokiu atveju ant katalizatoriaus gali hidrintis į metaną, o tai padidina vandenilio sunaudojimą ir padidina proceso temperatūrą. Jei valomose dujose yra sočiųjų angliavandenilių ir žemesniųjų olifinų tuomet atsiranda tikimybė, kad ant katalizatoriaus pradės vykti karbonizacija, todėl tokiu atveju azoto ir vandenilio mišinį reiktu padidinti iki 15 – 17 %. [18]

2.4.2. Metano konversijos katalizatoriai

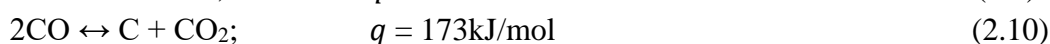
Metano konversijos metu vyksta katalitinis procesas. Šio proceso metu naudojamas katalizatorius pagamintas nikelio pagrindu. Šiame katalizatoriuje aktyvi nikelio koncentracija yra apie 15 – 25 %, o likusi dalis sudaro aliuminio oksido ir silicio oksido pagrindas, bei įvairus aktyvatoriai, tokie kaip bario ir kalio oksidai. Pirminio reformingo metu, slėgyje nuo 2 iki 4 MPa katalizatoriaus darbinga temperatūra siekia nuo 750 iki 830 °C, o antrinio reformingo metu temperatūra siekia 1000 – 1200 °C, o slėgis išlaikomas toks pats kaip ir pirminio reformingo metu [19].

Pagrindiniai faktoriai, kurie lemia katalizatoriaus aktyvumą, yra nikelio kiekis ir dalelių pasiskirstymas. Padidinus nikelio koncentraciją katalizatoriuje, jo aktyvumas padidėja, nes padidėja aktyvių centrų kiekis katalizatoriuje. Bet norint pasiekti didžiausią aktyvumą negalima labai didinti nikelio koncentracijos katalizatoriuje, nes didinant kiekį prastėja dalelių pasiskirstymas, todėl kad dalelės susijungia į stambesnes daleles, dėl šios priežasties mažėja katalizatoriaus aktyvumas, nes mažėja reakcijos plotas. Siekiant geriau susmulkinti nikelio daleles naudojami smulkios nanometro dalelės. [20].

Pagrindiniai sunkumai naudojant nikelio katalizatoriu:

- Katalizatoriaus sukepimas dėl didelės temperatūros
- Katalizatoriaus užnuodijimas dėl sieros junginių dujose
- Katalizatoriaus užteršimas dėl anglies susiformavimo ir padengimo

Tyrimais įrodyta, kad anglies nusėdimas ant katalizatoriaus vyksta anglies atomams difunduojant ant nikelio paviršiaus ir pradėdant formuotis branduoliams, susidaro anglies sluoksnis ant katalizatoriaus paviršiaus, tuomet užkiša katalizatoriaus poras, mechaniškai ardo katalizatorių. To pasekmėje stipriai išauga reakcinių vamzdžių slėgio perkritis, dėl to nebevyksta normalus dujų srauto pratekėjimas ir krinta katalizatoriaus aktyvumas. Tam kad neįvyktų šis reiškinys reikia laikytis tokių sąlygų: išėjime iš reakcinių vamzdžių garų – dujų santykis skaitomas normalus, kai yra mažiau už 5, bet didesnis už 3. Terminis metano krekingas pradeda vykti, kai garų – dujų santykis nukrinta žemiau 2,5. Taip pat metano krekingas gali įvykti, kai temperatūra nukrenta žemiau 750 °C temperatūros. Anglis krekingo metu susidaro pagal šias reakcijas:



Esant optimaliam garų kiekiui ir išlaikant optimalias temperatūras, konversijos procese anglis gazifikuojasi:



Šio proceso dėka metano konversijos katalizatoriaus aktyvumas dalinai atsistato. [8].

Antrinio reformingo metu vykstant egzoterminei metano konversijos reakcijai temperatūra pasiekama aukštesnė nei 1000 °C, todėl katalizatorius gali būti paveiktas termiškai. Šio proceso reakcija:



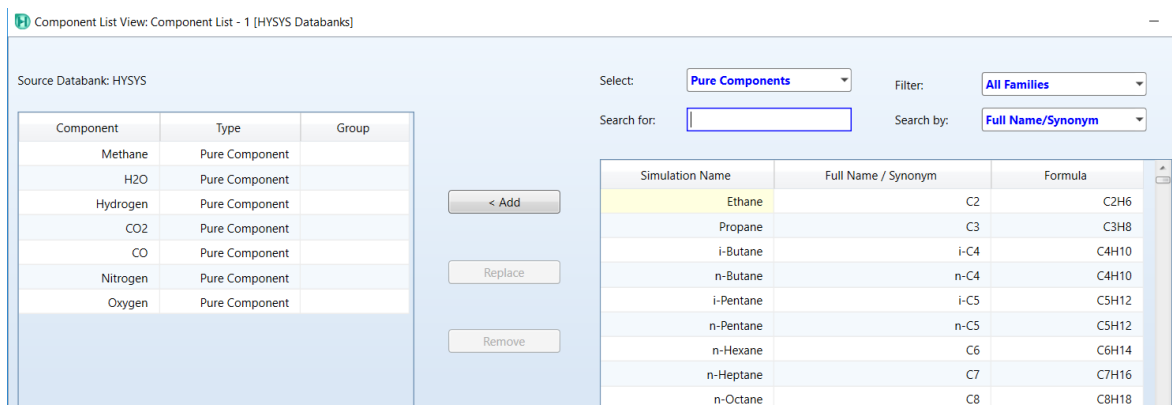
Nikelio katalizatoriaus nuodais taip pat gali būti šie cheminiai junginiai ir elementai: arsenas, chloridas, varis, švinas, halogenai ir fosfatai.

3. Tiriamoji dalis

3.1. Atliekamas tyrimas ir skaičiavimai naudojantis aspen hysys v9 programa.

Atliekant tyrimą naudojantis aspen hysys v9 programa, kurios tikslas yra suprojektuoti jau esamą technologiją ir patobulinti patį gamybos procesą sunaudojant kuo mažiau gamtinių dujų.

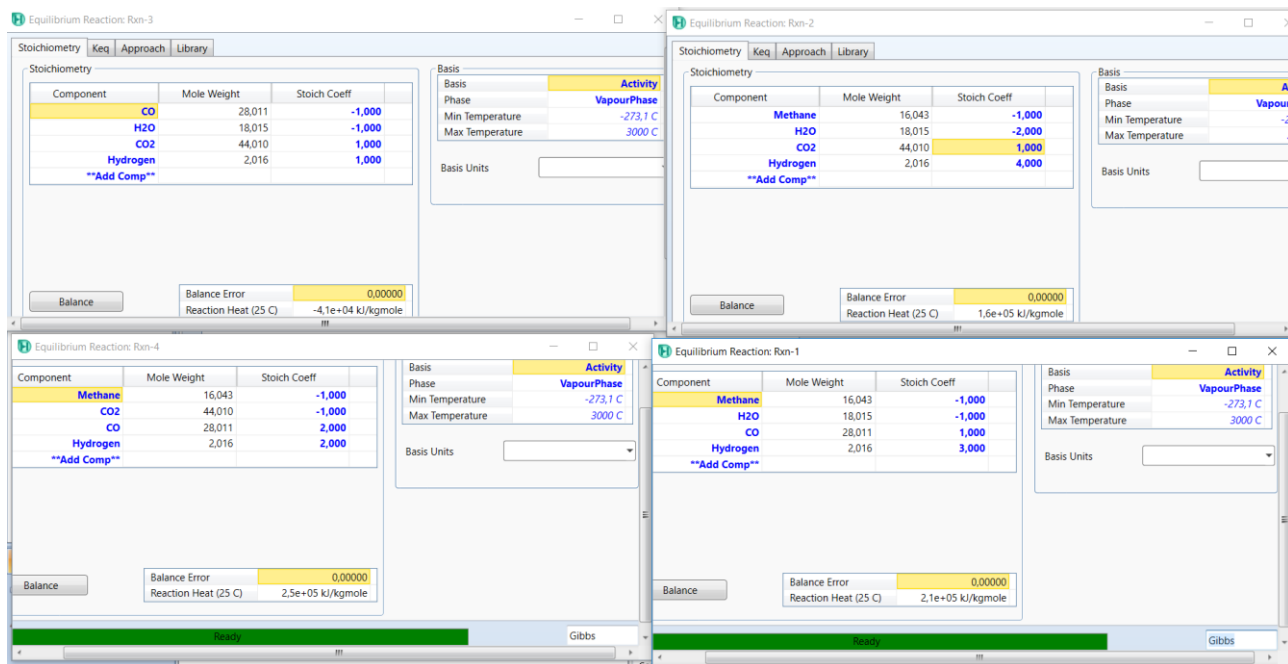
Aspen hysys projektuojamos technologijos aprašymas: Projektuojant technologiją buvo pasirinkti šie komponentai: metanas, vandens garai, vandenilis, anglies dioksidas, anglies oksidas, azotas ir deguonis. Pasirinkti elementai pateikti 3.1 paveiksle.



3.1 pav. Aspen hysys parinkti komponentai

Pasirinkus komponentus, vėliau buvo pasirinktas PRSV termodinaminis duomenų paketas ir aprašytos šios reakcijos:

1-ojo laipsnio konversijos reakcijos pateiktos 3.2 pav.



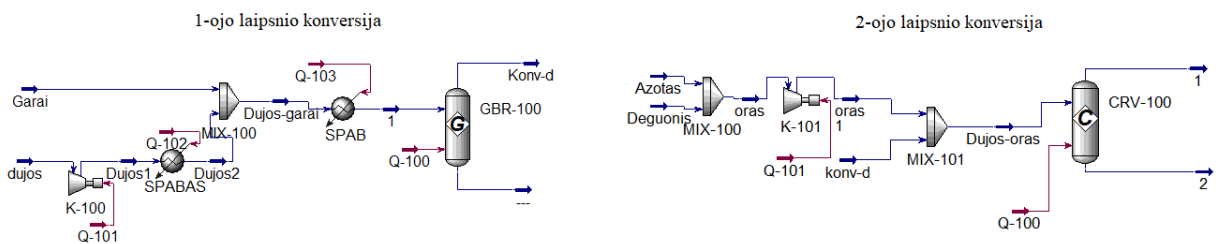
3.2 pav. 1-ojo laipsnio metano konversijos aprašytos reakcijos

2-ojo laipsnio metano konversijos reakcijos pateiktos 3.3 pav.

Reaction	Component	Mole Weight	Stoich Coeff	Reaction Heat (25 C)
Rxn-5	Methane	16,043	-2,000	-3,6e+04 kJ/kgmole
	Oxygen	32,000	-1,000	
	CO	28,011	2,000	
	Hydrogen	2,016	4,000	
Rxn-7	Methane	16,043	-1,000	-8,0e+05 kJ/kgmole
	Oxygen	32,000	-2,000	
	CO2	44,010	1,000	
	H2O	18,015	2,000	
Rxn-6	Methane	16,043	-1,000	-3,2e+05 kJ/kgmole
	Oxygen	32,000	-1,000	
	CO2	44,010	1,000	
	Hydrogen	2,016	2,000	
Rxn-11	Methane	16,043	-1,000	2,1e+05 kJ/kgmole
	Hydrogen	2,016	3,000	
	H2O	18,015	-1,000	
	CO	28,011	1,000	
Rxn-8	Methane	16,043	-1,000	2,5e+05 kJ/kgmole
	CO2	44,010	-1,000	
	CO	28,011	2,000	
	Hydrogen	2,016	2,000	
Rxn-9	Hydrogen	2,016	-2,000	0,00000
	Oxygen	32,000	-1,000	
	H2O	18,015	2,000	
	Add Comp			
Rxn-10	CO	28,011	-2,000	0,00000
	Oxygen	32,000	-1,000	
	CO2	44,010	2,000	
	Add Comp			
Rxn-12	CO	28,011	-1,000	-4,1e+04 kJ/kgmole
	H2O	18,015	-1,000	
	CO2	44,010	1,000	
	Hydrogen	2,016	1,000	
Rxn-13	Methane	16,043	-1,000	0,00000
	H2O	18,015	-2,000	
	CO2	44,010	1,000	
	Hydrogen	2,016	4,000	

3.3 pav. 2-ojo laipsnio metano konversijos aprašytos reakcijos

Atlikus visus šiuos veiksmus buvo projektuojama 1-ojo ir 2-ojo laipsnio konversijos technologijos kurios pateiktos 3.4 pav.



3.4 pav. 1-ojo ir 2-ojo laipsnio konversijos technologinės schemas

Projektuojant technologiją buvo naudojami šie įrenginiai: kompresoriai, šildytuvai, maišytuvai, reaktoriai.

Naudojantis aspen hysys v9 programa buvo atliktas eksperimentas ir konversijos rezultatai gauti tūrio procentais pateikti 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė. Pirmo laipsnio metano konversijos eksperimento duomenys.

Komponentai	Temperatūra, °C			
	781 °C	771 °C	750 °C	731 °C
CH4	13 %	14,2 %	16,6 %	18,9 %
H2	67,6 %	67,2 %	65,5 %	63,8 %
CO	11,1 %	11,3 %	11,7 %	11,9 %
CO2	7,7 %	7,3 %	6,2 %	5,4 %
Sunaudojama energija GJ/h	333	319	290	265

Kaip matome iš pateiktų duomenų mažinant temperatūrą mažėja konversijos laipsnis, tai reiškia jog susidaro mažiau vandenilio ir lieka daugiau metano. Tačiau šį nuostolį galime kompensuoti 2-ojo laipsnio metano konversijoje nesunaudojant papildomai gamtinių dujų, kurios reikalingos aukštai temperatūrai palaikyti. 2-ojo laipsnio šachtinis konverteris pajėgus sukonvertuoti 18,9 % likusio metano nekeičiant jo sąlygų. Gauti rezultatai pateikti 3.5 pav.

	Mole Fractions	Vapour Phase	Liquid Phase
Hydrogen	0,3787	0,3787	
H2O	0,3654	0,3654	
Methane	0,0024	0,0024	
Oxygen	0,0000	0,0000	
CO2	0,0479	0,0479	
CO	0,0839	0,0839	
Nitrogen	0,1217	0,1217	

Total: 1,00000

3.5 pav. 2-ojo laipsnio metano konversijos rezultatai

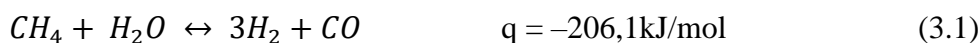
Perskaičius gautus rezultatus į tūrio procentus gauname: H₂ – 59,7 %, CH₄ – 0,38 %, CO₂ – 7,5 %, CO – 13,2 %, N₂ – 19,2 %. Remiantis AB „Achema“ amoniako cecho nr.1 reglamentu galiu teigti, jog konversija vyksta tinkamai ir atitinka visas normas.

Atlikus šį eksperimentą galime paskaičiuoti, kiek galima sutaupyti gamtinių dujų, kurios naudojamos sudeginimui, kad palaikyti aukštą temperatūrą. Aspen hysys programa paskaičiuoja, kiek reikia šiluminės energijos tam, kad gauti reikalingą temperatūrą, todėl galime paskaičiuoti, kiek šiluminės energijos galime sutaupyti. Remiantis 3.1 lentele matome, kad vykdant reakciją 781 °C temperatūroje sunaudojama 333 GJ/h šiluminės energijos, o atliekant reakciją prie 731 °C sunaudojama 265 GJ/h

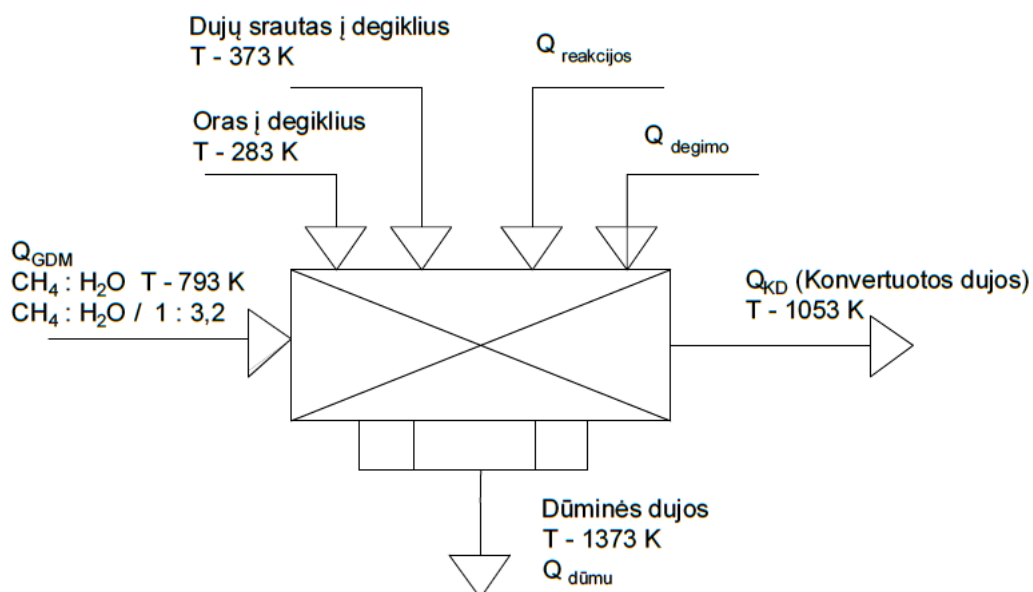
šiluminės energijos. Jei vykdysime konversiją prie 731 °C temperatūros, tai sutaupysime 68 GJ/h šiluminės energijos.

3.2. Atliekami skaičiavimai šilumos ir medžiagų balansui.

Skaičiuojant dviejų laipsnių metano konversijos šilumos ir medžiagų balansus, naudojamos termodinaminės lygtis. Tam, kad tiksliai apskaičiuoti balansus, reikalingos vykstančios reakcijos metano konversijos metu, naudojant nikelio katalizatorių. Vykstančios reakcijos aprašytos (3.1 ir 3.2) lygtimis.



Vykdamas pirmo laipsnio metano konversiją vamzdinėje krosnyje, reikalinga papildoma šiluma, kuri panaudojama endoterminei reakcijai vyksti. Šiluma gaunama deginant gamtines dujas. Norint apskaičiuoti sudeginamų dujų kiekį, reikia žinoti įtekantį ir ištekantį srautus, kurie pateikti principinėje schemoje. 3.6 pav.



3.6 pav. Įtekantis ir ištekantis srautai vamzdinėje krosnyje.

Pirmo laipsnio reformingas atliekamas 780 °C temperatūroje ir 3,2 MPa slėgyje. Pradinį mišinį sudaro metano ir vandens garų mišinys, kurių santykis 1 : 3.2

Atliekant pirmo laipsnio metano konversijos skaičiavimus reikia žinoti pradinį mišinį, pusiausvyros mišinį ir dalinius slėgius. Šie duomenys pateikti 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė. Pradiniai duomenys.

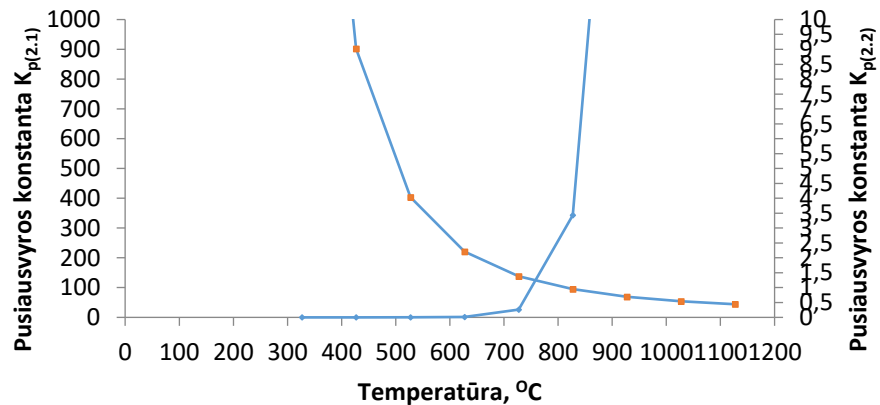
Komponentas	Pradinis mišinys	Pusiausvyrisis mišinys	Dalinis slėgis, p_i
CH ₄	1	1- α	$\frac{1-\alpha}{1+A+B+C+D+2\alpha} \cdot P_{bendras}$
H ₂ O	$\frac{H_2O}{CH_4} = A$	A- α - β	$\frac{A-\alpha-\beta}{1+A+B+C+D+2\alpha} \cdot P_{bendras}$
CO	$\frac{CO}{CH_4} = B$	B+ α - β	$\frac{B+\alpha-\beta}{1+A+B+C+D+2\alpha} \cdot P_{bendras}$
H ₂	$\frac{H_2}{CH_4} = C$	C+3 α + β	$\frac{C+3\alpha+\beta}{1+A+B+C+D+2\alpha} \cdot P_{bendras}$
CO ₂	$\frac{H_2O}{CH_4} = D$	D+ β	$\frac{D+\beta}{1+A+B+C+D+2\alpha} \cdot P_{bendras}$
Σ	1+A+B+C+D	1+A+B+C+D+2 α	$P_{bendras}$

Žinant šiuos pradinius duomenis, toliau norint atlikti skaičiavimus reikia žinoti pusiausvyros konstantas K_p . Pusiausvyros konstantos (3.1 ir 3.2) reakcijų pateikta:

$$K_{p(3.1)} = \frac{\left(\frac{C+3\alpha+\beta}{1+A+B+C+D+2\alpha} \cdot P_{bendras}\right)^3 \left(\frac{B+\alpha-\beta}{1+A+B+C+D+2\alpha} \cdot P_{bendras}\right)}{\left(\frac{A-\alpha-\beta}{1+A+B+C+D+2\alpha} \cdot P_{bendras}\right) \left(\frac{1-\alpha}{1+A+B+C+D+2\alpha} \cdot P_{bendras}\right)} \quad (3.3)$$

$$K_{p(3.2)} = \frac{\left(\frac{C+3\alpha+\beta}{1+A+B+C+D+2\alpha} \cdot P_{bendras}\right) \left(\frac{D+\beta}{1+A+B+C+D+2\alpha} \cdot P_{bendras}\right)}{\left(\frac{A-\alpha-\beta}{1+A+B+C+D+2\alpha} \cdot P_{bendras}\right) \left(\frac{B+\alpha-\beta}{1+A+B+C+D+2\alpha} \cdot P_{bendras}\right)} \quad (3.4)$$

Skaičiuojant K_p konstanta pradiniame mišinyje yra CH₄ ir H₂O, todėl A = 3,2, o B,C,D lygus nuliui. Atlikus konstantos skaičiavimus sudaromas grafikas rodantis konstantos priklausomybę nuo temperatūros. Kadangi reakcija vyksta esant 780 °C temperatūrai tai $K_{p(3.1)} = 219$, o $K_{p(3.2)} = 1,2$. Grafikas ir tolimesnės K_p lygtis pateiktos 3.7 paveiksle.



3.7 pav. Pusiausvyros konstantos priklausomybė nuo temperatūros.

$$219 = \frac{\left(\frac{3\alpha+\beta}{4,2+2\alpha} \cdot 32\right)^3 \left(\frac{\alpha-\beta}{4,2+2\alpha} \cdot 32\right)}{\left(\frac{3,2-\alpha-\beta}{4,2+2\alpha} \cdot 32\right) \left(\frac{1-\alpha}{4,2+2\alpha} \cdot 32\right)} \quad (3.5)$$

$$1,2 = \frac{\left(\frac{3\alpha+\beta}{4,2+2\alpha} \cdot 32\right) \left(\frac{\beta}{4,2+2\alpha} \cdot 32\right)}{\left(\frac{3,2-\alpha-\beta}{4,2+2\alpha} \cdot 32\right) \left(\frac{\alpha-\beta}{4,2+2\alpha} \cdot 32\right)} \quad (3.6)$$

Suskaičiavus α ir β nežinomuosius gauname: $\alpha = 0,66$ ir $\beta = 0,35$. Medžiagų balansas pirmo laipsnio metano konversijos pateiktas 3.3 lentelėje.

3.3 lentelė. Medžiagų balansas remiantis termodinamikos lygtimis.

Komponentas	Pradinis mišinys			Pusiausvyris mišinys		
	Sureagavus 1 m ³ /h CH ₄	Sureagavus 44000 m ³ /h CH ₄	Tūrio %	Sureagavus 1 m ³ /h CH ₄	Sureagavus 44000m ³ /h CH ₄	Tūrio %
CH ₄	1	44000	23,8	0,34	14960	6,16
H ₂ O	3,2	140800	76,2	2,19	96360	39,67
CO	-	-	-	0,31	13640	5,62
H ₂	-	-	-	2,33	102520	42,21
CO ₂	-	-	-	0,35	15400	6,34
Σ	4,2	184800	100	5,52	242880	100

Skaičiuojame gamtinių dujų kiekį pirmo laipsnio metano konversijos vamzdiniai krosniai, pagal 3.6 pav. principinę schemą :

$$Q_{GDM} + Q_{degimo} + Q_{oro} + Q_{GD} + Q_{reakcijos} = Q_{KD} + Q_{dūmų} + Q_n \quad (3.7)$$

Norint apskaičiuoti gamtinių dujų kiekį į pirmo laipsnio reaktorių reikia sužinoti, įtekančių ir ištekančių srautų šilumos kiekius. Šilumos kiekiams apskaičiuoti reikalingos savitosios šiluminės talpos C_p , kurias galima rasti žinyuose, jos pateiktos 3.4 lentelėje.

3.4 lentelė. Savitoji šiluminė talpa.

Komponentas	Šiluminė talpa C_p , J/mol·K
N ₂	29,12
H ₂ O	33,61
CH ₄	35,71
H ₂	28,83
CO	29,14
CO ₂	37,11

Kadangi medžiagų balansą skaičiavome tūriniu debitu, tai savitosios šiluminės talpos dimensiją perskaičiuojame iš J/mol·K į J/m³·K. Tai padaryti reikia susirasti vieno molio realiųjų dujų tūrius V_m , kurie pateikti 3.5 lentelėje.

3.5 lentelė. 1 mol. realiųjų dujų tūriai.

Komponentas	Realiųjų dujų tūris V_m , l
N_2	22,4
H_2O	22,14
CH_4	22,36
H_2	22,43
CO	22,4
CO_2	22,26

Kai turime realiųjų dujų tūrius galime paskaičiuoti šiluminę talpą C_p :

$$C_p(N_2) = 29,12 \cdot \frac{1000}{22,4} = 1302 \text{ J/m}^3 \cdot \text{K} \quad (3.8)$$

$$C_p(H_2O) = 33,61 \cdot \frac{1000}{22,14} = 1518 \text{ J/m}^3 \cdot \text{K} \quad (3.9)$$

$$C_p(H_2) = 28,83 \cdot \frac{1000}{22,43} = 1285 \text{ J/m}^3 \cdot \text{K} \quad (3.10)$$

$$C_p(CO) = 29,14 \cdot \frac{1000}{22,4} = 1300 \text{ J/m}^3 \cdot \text{K} \quad (3.11)$$

$$C_p(CO_2) = 37,11 \cdot \frac{1000}{22,26} = 1667 \text{ J/m}^3 \cdot \text{K} \quad (3.12)$$

$$C_p(CH_4) = 35,71 \cdot \frac{1000}{22,36} = 1597 \text{ J/m}^3 \cdot \text{K} \quad (3.13)$$

Skaičiuojame šilumos kiekį, kuris patenka į pirmo laipsnio metano konversiją:

$$Q_{GDM} = 44000 \cdot 1597 \cdot 793 + 140800 \cdot 1518 \cdot 793 = 225,2 \text{ GJ} \quad (3.14)$$

Toliau skaičiuosime reakcijų šiluminius efektus, tačiau joms apskaičiuoti reikia žinoti komponentų entalpijas, kurios lygios:

$$\Delta H_{298}^0(H_2) = 0 \text{ kJ/mol} \quad (3.15)$$

$$\Delta H_{298}^0(CH_2) = -74,85 \text{ kJ/mol} \quad (3.16)$$

$$\Delta H_{298}^0(CO) = -110,53 \text{ kJ/mol} \quad (3.17)$$

$$\Delta H_{298}^0(CO_2) = -393,51 \text{ kJ/mol} \quad (3.18)$$

$$\Delta H_{298}^0(H_2O) = -241,81 \text{ kJ/mol} \quad (3.19)$$

Susirašius atskirų komponentų entalpijas, tuomet galime paskaičiuoti šiluminį efektą $\Delta H_{r(298)}^0$:

$$\Delta H_{r(298)}^0 = (\sum \Delta H_{298}^0(\text{produktų}) - (\sum \Delta H_{298}^0(\text{reagentų}))) \quad (3.20)$$

$$\Delta H_{r(298)}^0 = (3 \cdot 0 + (-110,53)) - (-74,85 + (-241,81)) = -206,1 \text{ kJ/mol} \quad (3.21)$$

$$\Delta H_{r(298)}^0 = (-393,51 + 0) - (-110,53 + (-241,81)) = 41,2 \text{ kJ/mol} \quad (3.22)$$

Šiluminį efektą reikalinga apskaičiuoti, nes jis parodo šilumos kiekį sureagavus 1 mol metano dujų arba 22,36 l. Todėl turint šiluminius efektus, galime paskaičiuoti, kiek reikia šilumos, jog įvyktu mūsų reakcijos.

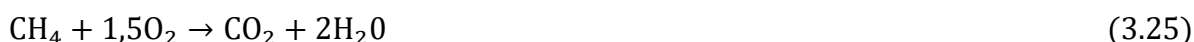
$$Q_{reakcijų} = (0,66 \cdot 206,1 + 0,35 \cdot 41,2) \cdot 1966800 = -296 \text{ GJ} \quad (3.23)$$

Skaičiuojame šilumos kiekį patenkančią su gamtinėmis dujomis į degiklius

Gamtinių dujų patenkančių į pirmo laipsnio metano konversijos vamzdinę krosnį parametrai 100 °C arba 373 K. Kadangi nežinome, kiek reikia dujų sudeginimui, šilumos kiekis skaičiuojamas priimant gamtinių dujų kiekį kaip x nežinomąjį.

$$Q_{GD} = 373 \cdot x \cdot 1597 = x \cdot 0,000595 \text{ GJ} \quad (3.24)$$

Taip pat reikia įvertinti oro kiekį, kuris patenka į vamzdinės krosnies lubinius degiklius, jog vyktų geras degimas. Naudojamas oro perteklius $\alpha = 1,1$. Metano degimo lygtis:



$$1 \text{ m}^3 \text{ oro} - 0,21 \text{ O}_2$$

$$x \text{ m}^3 \text{ oro} - 1,5 \text{ O}_2$$

$$x = 7,1 \text{ m}^3 \text{ oro}$$

$$V = 7,1 \cdot 1,1 = 7,81 \text{ m}^3 \quad (3.26)$$

Apskaičiavus matome, kad norint sudeginti 1 m³ dujų reikia 7,81m³ oro. Žinome, kad oro sudėtyje yra: 21% deguonies ir 79% azoto.

$$V_{\text{O}_2} = 7,81 \cdot 0,21 = 1,64 \text{ m}^3 \quad (3.27)$$

$$V_{\text{N}_2} = 7,81 \cdot 0,79 = 6,17 \text{ m}^3 \quad (3.28)$$

Degimo metu pagal reakciją (3.25) sureaguoja 1,5 mol deguonies, todėl galime paskaičiuoti, kiek deguonies lieka po reakcijos:

$$V_{\text{O}_2} = 1,64 - 1,5 = 0,164 \text{ m}^3 \quad (3.29)$$

Sudeginimo dujų 1 m³ medžiagų balansas pateiktas 3.6 lentelėje.

3.6 lentelė. Sudeginimo dujų medžiagų balansas.

Komponentai	Reagentai		Produktai	
	Sureagavus 1 m ³ /h CH ₄	Tūrio %	Sureagavus 1 m ³ /h CH ₄	Tūrio %
CH ₄	1	11,3	-	-
H ₂ O	-	-	2	21,5
N ₂	6,17	70	6,17	66,3
O ₂	1,64	18,7	0,164	1,76
CO ₂	-	-	1	10,7
Σ	8,81	100	9,3	100

Iš lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad deginant 1 m³ dujų su oro pertekliumi, susidaro 9,3x dūminių dujų. Kadangi žinome įtekančio srauto oro temperatūra, kieki, procentinę sudėti ir savitąsias šilumines talpas C_p, galima suskaičiuoti šilumos kiekį patenkančią su oru į degiklius :

$$Q_{oro} = 7,81x(278 \cdot 0,21 \cdot 1312 + 278 \cdot 0,79 \cdot 1302) = 7,81x \cdot 0,00036 \text{ GJ} \quad (3.30)$$

Skaičiuojamas šilumos kiekis konvertuotose dujose Q_{KD}.

$$Q_{KD} = T \cdot (V_i \cdot C_p) \quad (3.31)$$

$$Q_{KD} = 1053 \cdot (14960 \cdot 1597 + 96360 \cdot 1518 + 13640 \cdot 1300 + 102520 \cdot 1285 + 15400 \cdot 1667) = 363,6 \text{ GJ} \quad (3.32)$$

Skaičiuojamas šilumos kiekis dūminėse dujose:

$$Q_{dumai} = 9,3 \cdot x(T(V_i \cdot C_p)) \quad (3.33)$$

$$Q_{dumai} = 9,3 \cdot x (1373 \cdot (0,0176 \cdot 1312 + 0,663 \cdot 1302 + 0,107 \cdot 1667 + 0,215 \cdot 1518)) = x \cdot 0,0025 \text{ GJ} \quad (3.34)$$

Kadangi jau žinome visus įtekančių ir ištekančių srautų šiluminius efektus, galima apskaičiuoti reikalingą metano kiekį sudeginimui, kurio lygtis:

$$Q_{reagentų} + Q_{degimo} + Q_{oro} + Q_{GD} + Q_{reakcijos} = Q_{KD} + Q_{dūmų} + Q_n \quad (3.35)$$

$$225,2 + (x \cdot 0,0356) + (7,81x \cdot 0,00036) + (x \cdot 0,000595) - 296 = (363,6 + (9,3x \cdot 0,0025)) \cdot 1,05$$

Skaičiuojant buvo įvertinta 5% nuostolių, tai x = 30998 m³/h tiek dujų reikės norint konvertuoti 44000 m³/h dujų.

4. Inžinerinė dalis

4.1. Dviejų laipsnių metano konversijos technologinės schemos aprašymas

4.1.1. Gamtinių dujų redukavimas

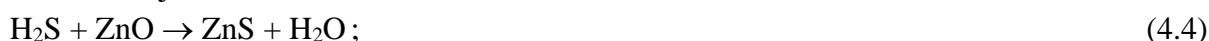
Pagrindinė medžiaga, reikalinga amoniako gamybai, yra gamtinės dujos, kurios gaunamos iš bendrovės tinklo apie 3,5 – 4,2 MPa slėgiu. Gamtinių dujų redukavimo mazge reguliuojamų vožtuvų pagalba palaikomas pastovus sudeginimo ir gamybos procese naudojamų dujų slėgis 2,0 – 2,7 MPa. Taip pat įrengti filtrai, kurie išvalo dujas nuo mechaninių priemaišų ir gamtinių dujų šildytuvas (1), kuris šaltuoju metų laikotarpiu naudodamas 0,35 MPa arba 0,7 MPa slėgio garus palaiko pastovia teigiama gamtinių dujų temperatūra. Po redukavimo mazgo gamtinės dujos paskirstomos dviem srautais: kūryklinės dujos, kurios naudojamos sudeginimui, ir dujos naudojamos technologijai, dar kitaip vadinamos technologinėmis dujomis. Taip pat redukavimo mazge yra įrengtas gamtinių dujų kompresoriaus (3) apvadas, naudojamas sustojus kompresoriui.

4.1.2. Gamtinių dujų valymas nuo sieros junginių

Po gamtinių dujų kompresoriaus (3) gamtinių dujų ir azoto vandenilio mišinys, kuriame vandenilio turi būti ne mažiau kaip 3 % tūrio, apie 100 °C temperatūros ir 4 MPa slėgiu patenka į gamtinių dujų ugninį šildytuvą (4), kuriame gamtinių dujų srautas pašildomas iki 360 - 400 °C temperatūros, deginant gamtines dujas. Po šildytuvo gamtinės dujos pasiduoda į lentyninio tipo sieros junginių hidrinimo reaktoriu (5), pakrauta aliuminio – kobalto – molibdeno katalizatoriumi, kuriame įvyksta šios reakcijos:



Po hidrinimo reaktoriaus (5) dujų mišinys nuosekliai prateka pro du lentyninio tipo sieros junginių adsorberius (6A ir 6B), kurie yra užkrauti cinko ir vario oksido katalizatoriais, šiuose adsorberiuose vyksta šios reakcijos:



4.1.3. Metano konversija

Konversijos procesas vyksta dviem etapais: katalitinė gamtinių dujų konversija vandens garais vamzdinėje krosnyje (7) ir katalitinė gamtinių dujų konversija vandens garų – oro mišinių šachtiniame konvertoriuje (9). Išvalytas nuo sieros, dujų mišinys maišomas su perkaitintais garais tūriniu santykiu garai – dujos ne mažesniu kaip 2,9 : 1. Susidaręs garų – dujų mišinys pašildomas iki 470 – 520 °C temperatūros pirminio reformingo krosnies ŠPAB šildytuve. Pakaitintas garų – dujų mišinys patenka į reakcinius vamzdžius, esančius vamzdinėje krosnyje (7). Vamzdinėje krosnyje sumontuota 504 vnt. vertikalių reakcinių vamzdžių. Reakciniuose vamzdžiuose ant nikelio katalizatoriaus, esant 3,7 MPa slėgiui ir 760 – 830 °C temperatūrai, dujų išėjime vyksta katalitinė gamtinių dujų konversija vandens garais. Optimali gamtinių dujų sudėtis išėjime iš vamzdinės krosnies (7) turi būti 9 – 11 % pagal metaną.

Dūminių dujų šiluma iš krosnies radiacinės zonos ir pagalbinio katilo panaudojama šilumos panaudojimo aparatūros bloke (ŠPAB) . Šilumos panaudojimo aparatūros bloke šildomi:

- Garų – dujų mišinys, paduodamas į reakcinius vamzdžius, įkaista nuo 370 iki 520 °C temperatūros.
- Garų oro mišinys, paduodamas į šachtinį konverterį (9), įkaista nuo 280 iki 510 °C temperatūros.
- 10,55 MPa garai, paduodami į kompresorių, įkaista nuo 314 iki 490 °C temperatūros.
- Maitinimo vanduo, paduodamas į garų rinktuvą, įkaista nuo 102 iki 314 °C temperatūros.
- Kūryklinės dujos, paduodamos į vamzdine krosnį (7), pašildomas iki 140 °C temperatūros.
- Procesinis kondensatas, paduodamas į išgarinimo koloną, pašildomas iki 169 °C temperatūros.

Panaudotos dūminės dujos, ne didesne kaip 240 °C temperatūra, atsiurbiamos dūmsiurbliais (13) ir išmetamos pro kaminą į atmosferą.

Garų – oro metano konversija šachtiniame konvertoriuje (9), galutiniai konvertuojamas metanas oro deguonimi ir garais. Metano konversijos procesas vyksta prie 1000 °C temperatūros ant nikelio katalizatoriaus. Procesui reikalingas oras imamas iš atmosferos ir suspaudžiamas kompresoriumi iki 3,5 MPa slėgio. Prieš paduodant orą į konvertorių, jis maišomas su garais santykiu 1 : 0,1 ir pašildomas ŠPAB šildytuve iki 510 °C temperatūros. Pašildytas iki 510 °C garų-oro mišinys pasiduoda į firmos Topsøe degiklį. Dalinai konvertuotos dujos iš pirminio reformingo poz.107, tūriniu santykiu garai-dujos 0,7:1,0 ir temperatūra iki 860 °C teka apie degiklio tūtas ir, susimaišius su oro-garų mišiniu, dega. Kad išvengti katalizatoriaus perkaitimo ir pasiekti normalų jo funkcionavimą, konvertoriuje yra laisva erdvė virš katalizatoriaus, kur vyksta dalinis degimas. Temperatūra pakyla iki 1245 °C, kas pagerina likusio metano konversiją žemutiniuose katalizatoriaus sluoksniuose. Įkaitintas iki 1245 °C garų-dujų mišinys tolygiai pasiskirsto, praeidamas pro šešiakampių ugniai atsparių plytų sluoksnį, ir patenka ant katalizatoriaus. Po šachtinio konverterio (9) maksimalus metano kiekis sausose konvertuotose dujose sudaro iki 0,16÷0,5 % tūrio. Konvertuotų dujų sudėtis po antrinio reformingo (perskaičiavus į sausas dujas):

- CO₂ - 6,5÷9,0 %
- CO - 10÷12 %
- H₂ - 56÷60 %
- CH₄ - 0,2÷0,5 %
- N₂ + Ar - 20÷24 %

Konvertuotų dujų šiluma utilizuojama dvejuose lygiagrečiai pajungtuose katiluose utilizatoriuose (10A ir 10B) iki 380 °C temperatūros ir antro laipsnio katilė utilizatoriuje (11) iki 320 °C temperatūros. Pirmo ir antro laipsnio katiluose utilizatoriuose konvertuotų dujų šiluma panaudojama 10,55 MPa slėgio garų gamybai.

Kad apsaugoti perdavimo kolektoriaus ir metano konvertoriaus sienelių metalą nuo perkaitimo, kolektorius ir konvertorius išfuteruotas ugniai atspariu betonu ir turi vandens marškinius. Vandens marškinius taip pat turi ir katilai utilizatoriai. Į marškinius pasiduoda bedruskis vanduo iš vandens paruošimo bloko. Marškiniuose vandens lygis palaikomas toks, kad vyktų pastovus vandens persipylimas.

4.1.4. Anglies monoksido konversija

Metano konversijos šalutinis produktas anglies monoksidas (CO) yra nuodas amoniako sintezės katalizatoriams, todėl būtina jį pašalinti. Anglies monoksido konversija vykdoma dviem laipsniais: pirmas laipsnis – aukštatemperatūrinė CO konversija, antras laipsnis – žematemperatūrinė konversija.

Garų katalitinė anglies monoksido konversija vyksta aukštatemperatūriniame, radialino tipo CO konvertoriuje. Čia ant geležies – chromo katalizatoriaus, tūriniu santykiu garai dujos 0,57 : 1 esant 360 – 450 °C temperatūrai vyksta garinė anglies monoksido konversija.

Konvertuotos dujos po katilo utilizatoriaus (11) temperatūra apie 320 °C prateka pro drėkintuvą ir patenka į konverterį. Įvykus konversijai, CO lieka ne daugiau kaip 4% tūrio. Po konverterio konvertuotų dujų šiluma panaudojama garų 10,55 MPa gamybai katile utilizatoriuje atšaldant dujas iki 320 °C temperatūros, toliau dujos atšaldomos iki 200 – 230 °C temperatūros šilumokaityje ir pasiduoda į žematemperatūrinį konverterį. Priklausomai nuo katalizatoriaus aktyvumo, dujų temperatūra įėjime į konverterį palaikoma nuo 190 iki 230 °C temperatūros. Ši temperatūra po truputį keliama senėjant katalizatoriui. Žematemperatūriniame konvertoriuje įvyksta galutinė CO konversija ant cinko – vario katalizatoriaus. Anglies monoksido kiekis sumažėja iki ne daugiau kaip 0,65 %, o dujos išėjime įkaista nuo 220 iki 260 °C temperatūros. Šių dujų sudėtis perskaičiavus į sausas dujas) :

- CO₂ - 16÷18 %
- CO - 0,55÷0,65 %
- H₂ - 60÷63 %
- CH₄ - 0,35÷0,55 %
- N₂ - 20÷21 %
- Ar - 0,25 %

4.1.5. Kūryklinės dujos

Po gamtinių dujų redukavimo mazgo, reguliuojančių vožtuvų pagalba, kūryklinių dujų slėgis palaikomas 0,8 – 1,0 MPa. Dujos toliau patenka į gamtinių dujų separatorių (2) ir pasiskirsto į:

- Pagalbinės krosnies (15) penkiems rotaciniams degikliams;
- Vamzdinės krosnies (7) dvylikai tunelinių degiklių;
- Vamzdinės krosnies (7) konvekcinės dalies garų perkaitos dvidešimt keturiems degikliams;
- Gamtinių dujų šildytuvui (5) keturiems degikliams;
- Vamzdinės krosnies (7) lubinius degiklius (13 eilių po 20 degiklių kiekvienoje eilėje)

4.1.6. Aukštų parametrų garų gamybos schema

10,55 MPa slėgio vandens garų gamybai naudojamas bedruskis daeruotas vanduo. Bedruskis vanduo paruošiamas vandens paruošimo bloke ir pašildomas iki 80 – 95 °C temperatūros ir tiekiamas į du lygiagrečiai sujungtus terminius daeratorius (18A ir 18B), į kuriuos pasiduoda 0,35 MPa slėgio garai. Terminės daeracijos principas paduodant 0,35 MPa slėgio 293 °C temperatūros garus į barbotажinį įrenginį, kuriame borbuotuoju kaitinamas vanduo. Keliant vandens temperatūrą mažėja deguonies ir angliarūgštės tirpumas vandenyje, atsiskyrusios dujos išmetamos į atmosfera, o vanduo atšaldomas šaldytuvu ir sugražinamas atgal į daeratoriaus baką. Šis procesas reikalingas tam, kad sumažinti vamzdynų ir įrengimų koroziją. Iš daeratorių išeinančio vandens temperatūra siekia 100 – 105 °C ir jis tiekiamas į aukšto slėgio siurblius, kuriuose vanduo suslegiamas iki 11 – 15 MPa slėgio. Papildomai į siurblių įsiurbimo linija tiekiamas hidrazino tirpalas, tam kad visiškai pašalinti deguonį iš vandens. Suslėgtas vanduo patenka į vamzdinės krosnies konvekcinę dalį, kur vandens temperatūra pašildoma iki 314 °C temperatūros. Pašildytas vanduo patenka į garų rinktuvą (19). Garų rinktuve sumontuoti cikloniniai ir žaliuziniai separatoriai, kurių paskirtis atskirti vandens lašelius nuo garų. Tarp garų rinktuvo ir katilų utilizatorių (10A,10B ir 11) bei pagalbinės

krosnies (15), vyksta natūrali cirkuliacija. Po garų rinktuvo garai patenka į vamzdinės krosnies (7) konvekcines dalies dviejų laipsnių perkaitintuvą, kur deginant gamtines dujas garų temperatūra pakeliama iki 470 – 490 °C temperatūros ir patenka į amoniako sintezės kompresoriaus turbiną. Kompresoriaus turbinoje atidirbę garai sumažinami iki 4,0 MPa slėgio. Šie garai naudojami vandens siurblių, dūmsriubių turbinos, gamtinių dujų, oro kompresoriams bei naudojami pirminio reformingo metano konversijai, dujų – garų mišinio sumaišymui.

4.2. Statybiniai sprendimai

4.2.1. Bendrieji duomenys

Dviejų laipsnių metano konversijos technologinė linija suprojektuota remiantis statybos įstatymo techniniais reglamentais. Šioje technologijoje gamtinės dujos konvertuojamos į vandenilį. Šiai technologijai reikalinga: gamtinės dujos, oras, vanduo, garai, azotas, elektros įvadai. Projektuojama technologija priklauso AB „Achema“. Gamykla randasi Jonalaukio k. Jonavos r. Šios gamyklos vieta yra patogi ir tinkama vykdyti gamybos procesus, nes šalia yra Neris, kurios vanduo naudojamas, taip pat šalia yra magistralinis A6 kelias, ir turi geležinkelio transportą.

Achemos amoniako cecho nr.1 sklypo plotas yra 0,875 ha. Į šį sklypą galima įvažiuoti iš Azoto gatvės. (Azoto gatvė tai achemos teritorijoje suformuota vidinė gatvė). Ši gatvė išasfaltuota ir turi šaligatvi pėstiesiems. Sklypo perimetras apželdintas, didžiąją dali sudaro žolė, želdinių užimamas plotas yra 0,126 ha. Bendrieji statinio rodikliai pateikti 4.1 lentelėje.

4.1 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai

Eil nr.	Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
1	Sklypo plotas	ha	0,875
2	Statinio užimas žemės plotas	ha	0,223
3	Apželdintas žemės plotas (žaliasis plotas)	ha	0,126
4	Automobilio stovėjimo vietų skaičius	Vnt.	20
5	Sanitarinės (apsaugos) zonos plotis	m.	500

4.2.2. Statinio architektūrinė, konstrukcinė sandra.

Suprojektuota dviejų laipsnių metano konversijos linija stovi lauke, naudojama konstrukcija – metalinis karkasas, betoniniai pamatai. Metano konversijos suprojektuota linija yra 51.96 m. ilgio ir 54.81 m. pločio. Ši technologinė linija statoma lauke dėl šių priežasčių:

- Proceso metu naudojamos sprogios, degios dujos;
- Technologijos metu naudojami aukšti slėgiai (iki 10,5 MPa);
- Esant uždujinimui, kenksmingos medžiagos gryname ore greičiau sklaidosi, dėl to greičiau sumažėja jų koncentraciją.

Šioje technologijoje naudojami sudėtingos ir didelės konstrukcijos įrengimai, kurie turi atlaikyti didelius karščius ir slėgius. Pagrindinių įrengimų specifikacijos ir konstrukcinė sandara:

- I-mo laipsnio metano konversijos krosnis. Naudojama dalinei katalitinei gamtinių dujų ir garų mišinio konversijai. Susideda iš radiacinės ir konvekcinės sekcijų. Radiacinę sekciją sudaro metalinis karkasas, futeruotas ugniai atspariomis plytomis. Karkaso viduje išdėstyta 12 eilių reakcinių vamzdžių po 42 vamzdžius kiekvienoje eilėje. Reakciniai vamzdžiai susideda iš dviejų dalių ir išlieti išcentrinu būdu. Šiluma endoterminei reakcijai gaunama degant gamtinėms dujoms 260 lubinių degiklių, 13 eilių po 20 degiklių eilėje. Konvekcinę sekciją sudaro rusiškos „II“ raidės tipo šachta, kurioje išdėstyti gyvatukai: dujų mišinio pašildytuvo, garų-oros pašildytuvo, garų perkaitintojo, maitinimo vandens pašildytuvo, kūryklinių dujų pašildytuvo. Šilumos nešėjas-dūminės dujos. Radiacinės sekcijos bendri duomenys: reakcinių vamzdžių skaičius – 504, vamzdžio bendras ilgis-10830 mm, viršutinės dalies-ilgis 1225 mm, diametras 109x10 mm; pakėlimo vamzdžių skaičius - 12; katalizatoriaus tūris - 30,2 m³; dujų temperatūra įėjime – iki 525 °C; dujų temperatūra išėjime - iki 830 °C. Dujų-garų mišinio kolektorius: įėjime į poz.107 slėgis ne didesnis kaip 4,05 MPa ir temperatūra 525 °C; išėjime iš poz 107 slėgis ne didesnis kaip 3,31 MPa ir temperatūra 852 °C;
- II-ro laipsnio konvertorius. Skirtas giliai metano konversijai dalinai konvertuotų dujų ir oro mišinyje, taip pat, azoto, reikalingo amoniako sintezės sistemai įvedimui į konvertuotas dujas. Tai yra cilindrinis aparatas kūginiu dugnu ir kūginiu kakliuku. Vidinė aparato dalis – futeruota ugniai atspariu betonu, išorinė dalis turi vandens marškinius, bendrus su perdavimo kolektoriumi. Į kolektoriaus kakliuką įmontuotas sumaišytuvas, skirtas dalinai konvertuotoms dujoms sumaišyti su technologiniu oru. Bendri duomenys: Dv - 4270 mm; Dv marškinių - 4600 mm; cilindrinės dalies ilgis - 4235 mm; darbinė temperatūra - 1245 °C; darbinis slėgis - 3,55 MPa; skaičiuojamoji korpuso temperatūra -205°C; skaičiuojamoji viršutinės galvutės temperatūra -540°C; yra užkraunama apie 38,5 m³ katalizatoriaus. Medžiagos - nerūdijantis plienas, legiruotas plienas ir anglinis plienas.
- Katilai utilizatoriai. Skirti utilizuoti technologinių dujų po II – ojo laipsnio konvertoriaus šilumą, išnaudojant ją 10,2 – 10,9 MPa garų gamybai. Katilai utilizatoriai pajungti lygiagrečiai, tai yra vertikalūs cilindriniai aparatai. Vidus futeruotas ugniai atspariu betonu, o išorėje turi vandens marškinius. 9 A,B katilai utilizatoriai sudaryti iš Fildo vamzdelių. Vanduo patenka į vidinius vamzdelius ir leidžiasi jais žemyn, o garų – vandens emulsija išoriniai vamzdeliais kyla aukštyn. Technologinės dujos tarpvamzdine erdve kyla aukštyn, aplenkdamos pertvaras. Aparatų bendri duomenys: skersmuo D_v – 1500 mm; aukštis h_b; šilumos mainų plotas 266 m²; šiluminė apkrova 34 · 10⁶ kkal/val. 10 katilas utilizatorius, taip pat skirtas 10,55 MPa garų gamybai. Tai vertikalus šilumokaitis, turintis technologinių dujų apvadą. Technologinės dujos pasiduoda į aparato apačia ir kyla aukštyn. Vandens eiga tarpvamzdinėje erdvėje, iš apačios į viršų. Vidus futeruotas, o išorė turi šilumines izoliacijas. Bendri duomenys: D_v – 1500 mm; h_b – 7675 mm; šilumos paviršiaus plotas 200 m²; šiluminė apkrova – 11,3 · 10⁶ kkal/val.
- Pagalbinis katilas (17). Tai garų katilas su natūralia cirkuliacija skirtas garų 10,55 MPa gamybai, deginant kuryklines dujas. Susideda iš radialinės ir konvekcinės zonų. Krosnis

viduje futeruota ugniai atspariomis medžiagomis. Darbo režimas: darbinis slėgis – 10,55 MPa; darbinė temperatūra 314 °C; terpė vandens – garų emulsija.

- Garų rinktuvas (19). Atskiria garus iš garų – vandens emulsijos, ateinančios į garų surinkėją iš katilų utilizatorių ir pagalbinio katilo (17). Tai cirkuliacinis, horizontalus aparatas su sferiniais dugnais. Iš išorės turintis šiluminę izoliaciją. Bendri duomenys: D_v – 1870, sienelės storis 115mm; cilindrinės dalies ilgis 23390 mm; talpa 66 m³. Darbo režimas: darbinis slėgis 10,55 MPa; darbinė temperatūra 314°C; terpė – vanduo, garai.

4.2.3. Pastato inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai.

Projektuojamos metano konversijos technologinės linijos pagrindiniai inžinerinės sistemos sprendimai yra: vanduo, aukštos įtampos kabelių linijos, gamtinės dujos, priešgaisrinio azoto taškai, vandens gesinimo taškai (hidrantai). Gamtinės dujos naudojamos technologijai ir jas deginant šiluminiai energijai išgauti. Gamtinės dujas įmonei tiekia „Gazprom“. Vanduo šioje technologijoje naudojamas aukštų parametrų garų gamybai ir kaip aušinimo agentas įrenginiams. Įmonėje sunaudojami dideli kiekiai vandens, kurio šaltinis yra šalia įmonės esanti upė. Upės vanduo chemiškai apdorojamas ir naudojamas technologijoje. Aukštos įtampos kabelių linija, naudojama tiekti elektros energija į įvairius įrengimus, tokius kaip siurbliai, ventiliatoriai ir t.t. Priešgaisrinis vanduo ir azotas labai svarbūs ir reikalingi šioje technologijoje, nes naudojamos sprogyos medžiagos ir yra didelis pavojus gaisro atžvilgiu.

Technologijoje naudojami įrengimai – gamtinių dujų separatorius, gamtinių dujų kompresorius, gamtinių dujų šildytuvas, sieros junginių hidrinimo aparatas, sieros junginių absorbcijos aparatai (2 vnt.), I – ojo laipsnio konversijos vamzdinė krosnis su radiacinė ir konvekcine dalimis, pagalbinė krosnis, katilai utilizatoriai, II – ojo laipsnio šachtinis konverteris, vandens garų rinktuvas, dūmsiurbliis, kaminas, daeratoriai, oro kompresorius, siurbliai.

4.3. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai

4.3.1. Inovacijos projektavimo ir diegimo aplinkos analizė: ekonominių ir organizacinių problemų nustatymas

Kuriant gamybos technologinę liniją, svarbu įvertinti daugybę faktorių tokių kaip: geografinė, geologinė padėtis, aplinkosauginius, techninius aspektus ir vieną iš svarbiausių ekonomikos naudą. Kiekvieną norimą vykdyti veiklą ją reikia pagrįsti ekonominiais bei finansiniais skaičiavimais, nes kiekviena vykdoma technologija turi būti naudinga finansiškai. Rekonstruojamai technologijai atliekant įmonės mikro ir makro aplinkos bei SSGG analizes nustatomos ekonominės ir organizacinės problemos.

Makroaplinkos analizė - tai išorinės aplinkos vertinimas. Aplinkos pokyčiai veikia marketingo strategijos rengimo proceso sprendimus, todėl įmonei būtina atlikti aplinkos analizę, kuri leistų nustatyti esamas ir būsimas galimybes bei grėsmes, kurios gali turėti įtaką įmonės tikslų įgyvendinimui. Esminis makroaplinkos bruožas yra tas, jog ji veikia įmonės veiklą ir jos plėtros galimybes, tačiau įmonė negali pakeisti makroaplinkos įtakos. Makroaplinką sudaro: politinė – teisinė aplinka, ekonominė, socialinė – kultūrinė, technologinė, gamtos aplinka. [28].

Mikroaplinka – tai vidinė įmonės aplinka, kurią sudaro pirkėjai, tiekėjai, darbuotojai ir konkurentai, visi šie veiksniai daro didelę įtaką. [29]. Vienas iš svarbiausių įmonės uždavinių - patekti į rinką parodant pirkėjams, jog jų produktas yra patrauklesnis nei jų konkurentų. Įmonės tikslas yra

susirasti kuo geresnius tiekėjus už mažiausia geros kokybės kainą. Labai svarbus aspektas mikroaplinkoje yra konkurentai. Konkurencija rinkoje neleidžia išaugti kainoms. Bet svarbiausias aspektas yra vartotojai, nes būtent nuo vartotojų paklausos ir priklauso įmonės pelnas. Tačiau gaminant bet koki produktą, jis turi būti orientuotas į medžiagų ir aplinkos tausojimą.

SSGG – tai analizės matrica naudojama organizacijos gebėjimo prisitaikyti prie išorinės aplinkos pokyčių vertinimui. SSGG matrica dažnai naudoja įvairių organizacijų vadybininkai. SSGG analizės susideda iš įmonės stiprybių, silpnybių, galimybių ir grėsmių. SSGG analizės pavyzdys pateiktas 4.1 paveiksle. [30].

SSGG analizė

STIPRYBĖS	SILPNYBĖS
<ol style="list-style-type: none"> 1. Aukšta prekių kokybė; 2. Stiprus prekės ženklas; 3. Gera bendrovės reputacija; 4. Greitas reagavimas į rinkos poreikius; 5. Kvalifikuoti darbuotojai; 6. Naujausios technologijos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Siauras prekių asortimentas; 2. Neatliekami tyrimai, siekiant išsiaiškinti nepatenkintus vartotojų poreikius bei jų elgseną.
GALIMYBĖS	GRĖSMĖS
<ol style="list-style-type: none"> 1. ES struktūrinių fondų parama, diegiant naujausias technologijas; 2. Vartotojų perkamosios galios didėjimas; 3. Rinkos dalies didinimas, įeinant į globalią rinką. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Naujų konkurentų atėjimas į Lietuvos rinką; 2. Politinės – teisinės aplinkos nestabilumas.

4.1 pav. SSGG analizės vertinimo kriterijai

Viena didžiausių dviejų laipsnių metano konversijos problemų, tai didelis gamtinių dujų ir vandens suvartojimas. Šios problemos sprendimo būdas - įdiegti technologinės linijos atnaujinimus, rekonstrukciją, kuri sumažintu technologinio proceso metu patiriamus kaštus. Šiai gamybos technologijai daugiausiai sunaudojama oro, vandens ir gamtinių dujų. Vandens ir oro kaštai sąlyginai maži, nes įmonėje naudojamas vanduo paimamas iš upės, o oras iš atmosferos, didžiausius kaštus gamyboje sudaro sunaudojamos gamtinės dujos. Taigi, atliekant rekonstrukcijas reikia paskaičiuoti, kiek įmonė patirs išlaidų, kiek sumažins gamybos kaštus ir per kiek laiko ši investicija atsipirks.

4.3.2. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai

Rekonstruojamas objektas – dviejų laipsnių metano konversija. Skaičiavimai pradedami nuo investicinių kaštų, reikalingų rekonstrukcijos elementams ir medžiagoms įsigyti. Šie skaičiavimai atliekami pakeičiant technologiją, todėl nebus vertinama trumpalaikio turto vertė. Projekto kaštai ir finansavimo šaltiniai pateikti. 4.2 lentelėje.

4.2 lentelė. Projekto kaštai ir finansavimo šaltiniai

Projekto kaštai	Finansavimo šaltiniai
------------------------	------------------------------

Struktūra	mln. Eur	Struktūra	mln. Eur
1. Ilgalaikiam turtui įsigyti, tarp jo gamybos priemonėms. 2. Statybos ir montavimo darbų kaštai. 3. Kiti kaštai.	1,86 0,75 0,45	1. Akcininkų nuosavybė; akcinis kapitalas, rezervai.	3,24
Viso kaštų:	3,24	Viso šaltinių:	3,24

Projekto kaštams bus naudojamas akcinis kapitalas ir įmonės rezervas, kadangi įmonė jau dirba daugelį metų ir turi sukaupus didelį finansinį rezervą, įmonei neprireiks pasinaudoti ilgalaikės paskolos paslaugomis. Apie 20% visų pinigų sudaro statybos ir montavimo darbai, apie 24% sudaro įvairūs kaštai, šią sumą sudaro įvairios transportavimo išlaidos, matavimo prietaisų įdiegimo ir jų derinimo darbai, hidrauliniai bandymai, popierinių dokumentų tvarkymas ir daug kitų išlaidų. Šios išlaidų kainos yra preliminaros, nustatytos remiantis šios bendrovės analogiškai atliktų darbų sąmatomis.

4.3.3. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas

Apskaičiuojant ilgalaikio turto vertę, reikalinga žinoti: rekonstrukcijos metu naudojamų įrengimų ir jų sumontavimo darbų kainas. Rezultatai pateikti 4.3 lentelėje.

4.3 lentelė. Ilgalaikis turtas.

Objekto, darbų ir išlaidų pavadinimas	Sąmatinė kaina, mln. Eur			Viso, mln. Eur.
	Statybos ir montavimo darbų	Įrenginių, baldų, inventoriaus	Kitos išlaidos	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5=2+3+4</i>
Gyvatuko išlaidos	0,34	1,26	0,26	1,86
Vamzdyno paruošimo išlaidos	0,31	0,51	0,11	0,93
Kitos išlaidos	-	-	0,45	0,45
Viso (ilgalaikio turto)				3,24

Kaip matyti iš 4.3 lentelės duomenų, rekonstruojant šį technologinį procesą yra reikalingas gyvatukas, kuris montuosis į krosnies konvekcinę dalį vadinama (ŠPAB), ir vamzdynų išlaidos, kurios naudojamos gyvatuko sujungimui su dujų vamzdynų.

4.3.4. Produkcijos gamybos apimtis ir gautinos pajamos.

Projektuojamos dviejų laipsnių konversijos technologinės linijos pagamintas produktas yra vandenilis, tačiau jis nėra laikomas galutiniu produktu. Vandenilis naudojamas amoniako gamybai, kuris ir yra šio cecho galutinis produktas. Rekonstruojamos technologijos gamybos našumas nepasikeis ir išliks visus metus toks pats, dėl to gamybos įsisavinimo koeficientas prilyginamas vienetai. Produkcijos apimtis ir pajamos pateiktos 4.4 lentelėje.

4.4 lentelė. Gamybos apimtis ir gautinos pajamos.

Rodikliai	Gamybos įsisavinimo koeficientas	Gaminys, t/metus	Iš viso, mln. Eur
Prieš rekonstrukciją			
Produkcijos gamybos (pardavimo) apimtis brandos stadijoje, vnt.	1	569400	-
Gaminio kaina, Eur	624,98		
Gautinosios pajamos brandos stadijoje, mln. Eur	-	-	355,86
Po rekonstrukcijos			
Produkcijos gamybos (pardavimo) apimtis brandos stadijoje, vnt.	1	569400	-
Gaminio kaina, Eur	632,24		
Gautinosios pajamos brandos stadijoje, mln. Eur	-	-	359,99

Gamybos apimtis prieš rekonstrukciją ir po rekonstrukcijos nekinta, todėl amoniako pagaminama 569400 t/metus. Amoniako kaina siekia 624,98 Eur/t. Taigi šio cecho metinės gautinosios pajamos siekia 567,84 mln. Eur.

4.3.5. Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Tiesioginiai gamybos kaštai - tai tokie kaštai, kurie yra tiesiogiai susiję su gamybos procesu. Į šiuos gamybos kaštus įeina: žaliavų, darbo, energijos išlaidos. Šių kaštų pokytis tiesiogiai proporcingas gamybos apimčiai, tai reiškia, kad kuo daugiau produkto norime pagaminti tuo daugiau žaliavų ir energijos turime suvartoti, o tai lemia kaštų išaugimą.

Pagrindinės naudojamos žaliavos: gamtinės dujos, oras ir vanduo. Vanduo imamas iš šalia esančios upės, o oras iš atmosferos, todėl į kainą nėra įskaičiuojama šių žaliavų kaina ir ji yra prilyginama 0, todėl vertinama tik sunaudojamų gamtinių dujų kaina. Išlaidos pateiktos 4.5 lentelėje.

4.5 lentelė. Gamybos medžiagų kaštai.

Medžiagos (žaliavos) pavadinimas	Gamybos planas, t/metus.	Medžiagų sunaudojimo norma gaminiui, natūriniais vienetais, m ³ /t amoniako	Medžiagos kaina, Eur/m ³ .	Medžiagos poreikis, natūriniais vienetais	Medžiagų kaštai	
					Gaminio, Eur/t.	Iš viso, mln. Eur
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Prieš rekonstrukciją						
Gamtinės dujos	569400	1077	0,35	613200000	376,95	214,64
Po rekonstrukcijos						
Gamtinės dujos	569400	1077	0,35	613200000	376,95	214,64

Skaičiuojant medžiagų kaštus, sunaudojamos žaliavos kaina paskaičiuota naudojantis šios dienos Ignitis tiekėjo taikomais tarifais. [31].

Amoniako cechas per vieną valandą pagamina vidutiniškai 65 tonas amoniako. Gamybos planas metams lygus:

$$m_{NH_3} = 63 \cdot 24 \cdot 365 = 569400 \text{ t/metus.} \quad (4.6)$$

Pastovus agregato apkrovimas pagal gamtines dujas norint pagaminti 65 tonas amoniako, palaikomas apytiksliai 70000 m³/h. Apie 44000 m³/h dujų sunaudojama technologijai, o apie 26000 m³/h sunaudojama sudegimui, kad gauti reikiamą temperatūrą. Apskaičiuojamas metinis poreikis dujų:

$$V_{NH_3} = 70000 \cdot 24 \cdot 365 = 613200000 \text{ m}^3/\text{metus} \quad (4.7)$$

Taigi, vienai tonai pagaminti amoniako sunaudojama 1077 m³/h gamtinių dujų, gamtinių dujų kaina 0,35 Eur. už 1 m³. Todėl norint pagaminti vieną toną amoniako išleidžiama 376,95 Eur. O per metus medžiagų kaštai siekia 214,64 mln. Eur.

Toliau aprašomos gamybos išlaidos darbininkų darbo užmokesčiui. Įmonėje gamyba vyksta nepertraukiamai, o tai reiškia 24h per diena ir 7 dienas per savaitę. Įmonėje dirba 28 žmonės, jie suskirstyti į 4 pamainas po 12 valandų. Valandinis tarifinis atlyginimas darbuotojui yra 5,5 Eur/h, tačiau darbuotojas priklauso ir skatinamosios premijos, kurios sudaro 1,5 Eur/h, išviso darbuotojas uždirba 7 Eur/h. Atskaitymai soc. Draudimui sudaro 1,79 % darbo užmokesčio sumos. Įmonė dirba visus metus nepertraukiamai, todėl darbo imlumas yra lygus 8760 h. Išlaidos darbuotojams pateiktos 4.6 lentelėje.

4.6 lentelė. Darbuotojų darbo užmokestis.

Gaminys	Metinė gamybos apimtis, t/metus	Programos darbo imlumas, tūkst. h	Darbininkų skaičius	Valandinis tarifinis atlyginimas, Eur/val	Darbo užmokestis, mln. Eur	Atskaitymai soc.draudimui, mln.Eur
1	2	3	4	5	6	7
Prieš rekonstrukciją						
Amoniakas	569400	8,76	28	7	1,72	0,03
Viso suma:			-		1,75	
Po rekonstrukcijos						
Amoniakas	569400	8,76	28	7	1,72	0,03
Viso suma:			-		1,75	

Atlikus rekonstrukciją, darbuotojų darbo užmokestis nepakito, ne naujai įdiegtas gyvatukas nereikalauja papildomos priežiūros ar gebėjimų.

Toliau skaičiuojamos patiriamos išlaidos energijai gamybos proceso metu. Pagrindinė energija sunaudojama gamybos metu tai yra elektros energija. Elektros energijos išlaidos pateiktos 4.7 lentelėje.

4.7 lentelė. Išlaidos energijai.

Įrenginių pavadinimas	Įrengimų skaičius, vnt.	Darbo valandų skaičius metuose, h	1 tonai amoniako pagaminti sunaudojama elektros energija. kWh/t	Per diena sunaudojama elektros energija. kWh	Per metus sunaudojama elektros energija. kWh	1 kWh kaina, Eur	Išlaidos elektros energijai, mln. Eur/metus
1	2	3	4	5	6	7	8
Prieš rekonstrukciją							
Įvairūs įrengimai	-	8760	129	201240	7345260	0,128	0,94
Po rekonstrukcijos							
Įvairūs įrengimai	-	8760	129	201240	7345260	0,128	0,94

Šioje technologijoje naudojami įvairūs dozatoriai, elektriniai siurbliai ventiliatoriai, elektriniai prietaisai, kurie naudoja elektros energiją. Prieš ir po rekonstrukcijos elektros sąnaudos nesiskiria, nes nebuvo įdiegta papildomų įrengimų, kurie naudotų elektros energiją. Elektros energijos išlaidos apskaičiuotos remiantis AB „Ignitis“ tiekėjo taikomais tarifais už elektros suvartojimą. 1 kWh kaina šiai dienai yra 0,128 Eur. Už kilovatvalandę. [32].

Išlaidos šiluminei energijai. Kaip minėjau ir anksčiau, 1 tonai amoniako pagaminti sudeginama apie 24000 m³/h dujų, kad išgauti reikiama temperatūrą. Duomenys pateikti 4.8 lentelėje.

4.8 lentelė. Šiluminės energijos išlaidos.

Energijos rūšis	Kiekis, m ³ /h	Kiekis, m ³ /metus	Vieno m ³ kaina, Eur	Išlaidos šiluminei energijai, mln. Eur
1	2	3	4	5
Prieš rekonstrukciją				
Gamtinės dujos	24000	210240000	0,35	73,58
Po rekonstrukcijos				
Gamtinės dujos	23200	203232000	0,35	71,13

Po rekonstrukcijos, buvo įdiegtas naujas gyvatukas vietoj dujų šildytuvo, kuriame buvo deginamos gamtinės dujos. Dujų šildytuvus vidutiniškai per valanda sunaudodavo apie 800 m³ gamtinių dujų. O tai reiškia, kad per metus sutaupoma 7 mln. m³. dujų. Per metus tiesioginių gamybos kaštų sutaupoma 2,45 mln. Eur.

4.3.6. Netiesioginiai gamybos kaštai.

Prie netiesioginių gamybos išlaidų priskiriamos tiesiogiai su gamyba nesusijusios, bet sudarančios sąlygas gamybai (cechų meistrų, viršininkų, kontrolierių, sandėlininkų, valytojų ir kt. darbuotojų darbo užmokestis), darbo medžiagų, energijos ir amortizacijos (nusidėvėjimo) išlaidos. Šias išlaidas galima skaičiuoti sustambintai, šių išlaidų suma sudaro 70 % apskaičiuotų tiesioginių išlaidų sumos. Duomenys pateikti 4.9 lentelėje.

4.9 lentelė. Netiesioginiai gamybos kaštai.

Netiesioginiai gamybos kaštai	Prieš rekonstrukciją	Po rekonstrukcijos
	Suma, mln. Eur	
Išlaidos šiluminei energijai	73,58	71,13
Išlaidos technologinių procesų energijai	0,94	0,94
Pagrindinių darbininkų darbo užmokestis ir atskaitymai soc.draudimui	2,41	2,41
Išlaidos žaliavoms	134,9	134,9
Viso:	211,83	209,38
Netiesioginiai gamybos kaštai		
Viso:	148,28	146,57
Viso (įvertinus amortizaciją):	148,28	146,57

Amortizaciniai atskaitymai - tai naudojamų įrengimų nusidėvėjimas ir likutinės vertės apskaičiavimas. Rekonstrukcijos metu naujai įrengtu įrengimu amortizacijos pateiktos 4.10 lentelėje.

4.10 lentelė. Įrengimų 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	
1.Įrenginiai:								
Gyvatukas	1,26	15	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,885
Vamzdynas	0,51	15	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,357
Viso:	1,77	-	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	1,242

Paskaičiavus visas gamybos išlaidas, tiesioginius ir netiesioginius gamybos kaštus, visi duomenys surašomi į gamybos kaštų 4.11 lentelę.

4.11 lentelė. Gamybos kaštai.

Kaštų rūšys	Gamybos kaštai, mln. Eur	
	Gaminys	
	Amoniakas	
Prieš rekonstrukciją		
Pagrindinės medžiagos	134,9	
Energija technologijai	0,94	
Gamybos darbininkų užmokestis	1,72	
Atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui	0,69	
Gamybinės netiesioginės išlaidos	148,28	
Iš viso gamybos kaštų, mln. Eur	286,53	
Produkcijos gamybos planas, t/metus	569400	
Gaminio gamybinė savikaina, Eur/t	503,21	
Po rekonstrukcijos		
Pagrindinės medžiagos	134,9	
Energija technologijai	0,94	
Gamybos darbininkų užmokestis	1,72	
Atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui	0,69	

Gamybinės netiesioginės išlaidos	146,57
Iš viso gamybos kaštų, mln. Eur	284,82
Produkcijos gamybos planas, t/metus	569400
Gaminio gamybinė savikaina, Eur/t	500,2

Atlikus šiuos skaičiavimus matome, jog po atliktos rekonstrukcijos gaminio savikaina sumažėjo 3 Eur. Atrodo nežymus skirtumas, bet turint omenyje jog gamyba vyksta nepertraukiamai ir gamina labai daug produkcijos, per metus gali sutaupyti virš kelių milijonų eurų.

4.3.7. Veiklos kaštai.

Į veiklos sąnaudas (kaštus) įtraukiamos: pagalbinių medžiagų, skirtų administracijos patalpų išlaikymui išlaidos, administracijos darbuotojų darbo užmokestis ir atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui, administracijos patalpų apšvietimo, apšildymo, vandens ir buitiniams reikmėms energijos išlaidos, administracijos pagrindinių priemonių amortizaciniai atskaitymai ir įvairios paslaugos.

Nustatyti tiksliai veiklos kaštų negalime, nes neturime įmonės duomenų, bet priimsime, jos veiklos kaštai sudaro 8 % gamybos kaštų. Duomenys pateikti 4.12 lentelėje.

4.12 lentelė. Veiklos kaštai.

Kaštų rūšis	Suma, mln. Eur
Prieš rekonstrukciją	
Veiklos kaštai	22,92
Po rekonstrukcijos	
Veiklos kaštai	22,78

Apskaičiavus veiklos kaštus, matome, jog po dviejų laipsnių metano konversijos rekonstrukcijos yra sutaupoma net veiklos kaštų, sutaupoma suma per metus yra 0,14 mln. Eur.

4.3.8. Parduodamo gaminio kainos skaičiavimas.

Apskaičiavus visas sąnaudas, nustatome gaminių kainas. Gaminių kainos apskaičiuojamos remiantis jų pilnomis gamybos ir veiklos išlaidomis ir planuojamo gaminio pelno norma.

Veiklos sąnaudos apskaičiuojamos taip : Bendra veiklos kaštų suma padalinus iš gamybos plano.

$$n_{\text{veiklos}} = \frac{\text{veiklos kaštai}}{\text{gamybos planas}} = \frac{22,92 \text{ mln.Eur.}}{569400} = 40,25 \text{ Eur.} \quad (4.8)$$

Analogiškai skaičiuojama investicinės veiklos sąnaudos vienam gaminiui.

Pilnoji savikaina apskaičiuojama sudėjus, gamybinę savikainą, veiklos sąnaudas ir investicinės veiklos sąnaudas. Rentabilumo vertė negali būti mažesnė nei 5 %. Todėl aš pasirinkau 15 proc. rentabilumą prieš rekonstrukciją ir 17 proc. rentabilumą po rekonstrukcijos, tam kad palaikyti panašų pajamų dydį įmonėje.

Gaminių kainos skaičiavimų rezultatai pateikiami 4.13 lentelėje.

4.13 lentelė. Apskaičiuota gaminio kaina.

Gaminys	Gamybinė savikaina, Eur	Veiklos sąnaudos, Eur	Investicinės veiklos sąnaudos, Eur	Pilnoji savikaina, Eur	Pelnas		Viso
					Rentabilumo procentas	Eur/vnt.	Eur/vnt.
Prieš rekonstrukciją							
Amoniakas	503,21	40,25	-	543,46	15	81,52	624,98
Po rekonstrukcijos							
Amoniakas	500,2	40,0	0,18	540,38	17	91,86	632,24

4.3.9. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai.

Šioje dalyje sudaroma pelno (nuostolio) ataskaita ir apskaičiuojami projekto grynujų pinigų srautai. Įmonės pelno (nuostolio) ataskaita pateikta 4.14 lentelėje.

4.14 lentelė. Grynujų pinigų srautai

Rodiklis	Prieš rekonstrukciją	Po rekonstrukcijos
	Suma, mln. Eur	
1. Pardavimo apimtis	355,86	359,99
2. Parduodamos produkcijos gamybos kaštai	286,53	284,82
3. Bendrasis pelnas (nuostolis)	69,33	75,17
4. Veiklos sąnaudos	22,92	22,78
5. Veiklos pelnas (nuostoliai)	46,41	52,39
6. Finansinė ir investicinė veikla:		
a. Pajamos	-	-
b. Sąnaudos	-	-
7. Pelnas (nuostoliai) prieš apmokestinimą	46,41	52,39
8. Pelno mokestis	6,96	7,86
9. Grynasis pelnas (nuostoliai)	39,45	44,53

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

Atlikus šiuos skaičiavimus matome jog po rekonstrukcijos įmonės pelnas paaugo 5,08 mln. Eur. per metus.

4.15 lentelė. Sąnaudų pasikeitimas įvykdžius projektą.

Sąnaudų rūšis	Išlaidos prieš rekonstrukciją		Išlaidos po rekonstrukcijos		Išlaidų / sąnaudų pokytis gaminių vienetui, Eur
	Viso sąnaudų, mln. Eur.	Sąnaudos tenkančios vienam produkcijos vienetui, Eur/t	Viso sąnaudų, mln. Eur.	Sąnaudos tenkančios vienam produkcijos vienetui, Eur/t	
Išlaidos pagrindinėms medžiagoms	134,9	376,95	134,9	376,95	0

Išlaidos pagalbinėms medžiagoms	148,28	260,41	146,57	257,41	3
Energijos išlaidos (elektros ir šiluminė)	74,52	130,87	72,07	126,57	4,3
Amortizacija	-	-	0,106	0,186	0,186
Darbo užmokesčio išlaidos	1,72	3,02	1,72	3,02	0
Soc. Draudimo išlaidos	0,69	1,21	0,69	1,21	0
Bazinė gamybos apimtis, t	569400				
Gamybos apimtis projekte, t	569400				
Iš viso išlaidų ekonomija gaminio vienetui (be amortizacijos), Eur/t.					7,486
Iš viso išlaidų ekonomija (nuostoliai), mln.Eur.					4,05

Atlikus šiuos skaičiavimus matome, jog po dviejų laipsnių metano konversijos rekonstrukcijos įmonė gauna 4,05 mln. papildomo pelno. O išlaidų ekonomija vienai tonai yra 7,486 Eur. Remiantis šiais skaičiais galime daryti prielaidą, jog ši rekonstrukcija įmonei yra naudinga ir atneša papildomo pelno.

4.4. Aplinkosauginis vertinimas

4.4.1. Bendrieji duomenys

Ūkinė veikla, kuriai atliekamas poveikio aplinkai vertinimas (PAV) – suskystinto amoniako gamybos cechas „Amoniako cechas nr. 1“ Jonalaukio k., Jonavos raj. Suskystinto amoniako gamyba iš gamtinių dujų, konkrečiau bus aptarinėjama reformingo skyriaus analizė, tai yra gamtinių dujų konversija į vandenilį. Gaminama produkcija – vandenilis konvertuotas iš gamtinių dujų.

Parengtoje ūkinės veiklos poveikio aplinkai vertinimo ataskaitoje pateikiama: pagrindinius išsiskiriančius teršalus, taršos šaltinius, jų patekimą į aplinką ir sklaidą bei išmetimų mažinimo būdus.

Šio proceso tikslas yra gauti vandenilio dujas, reikalingas amoniako sintezei. Dviejų laipsnių metano konversijos našumas pagal vandenilį yra 9871 kg/h. Duomenys apie gaminius pateikti 4.16 lentelėje.

4.16 lentelė. Duomenys apie gaminius.

Pavadinimas (asortimentas)	Mato vnt., t.	Kiekis per metus
Vandenilio dujos	T	86471

Dviejų laipsnių metano konversijai sunaudojami dideli kiekiai gamtinių dujų, kurios naudojamos ne tik reakcijai į vandenilį, tačiau ir deginamos kaip kuras šilumai išgauti. Elektros energija ir dalis šiluminės energijos gaunama iš įmonės kogeneracinės jėgainės, o gamtinės dujos iš įmonės tinklo. Duomenys apie energijos sąnaudas pateiktos 4.17 lentelėje.

4.17 lentelė. Kuro ir energijos sąnaudos.

Energetiniai ir technologiniai ištekčiai	Matavimo vnt.	Sunaudojamas kiekis per metus	Išteklių gavimo šaltiniai
a)Elektros energija	MW	687,42	Jėgainė

b) Šiluminė energija	MJ	858941178	Katilai – utilizatoriai, kogeneracinė jėgainė, katilinė
c) Gamtinės dujos	m ³ ·10 ⁶	402,96	Bendrovės tinklas
d) Gamtinės dujos (kuras)	m ³ ·10 ⁶	245,28	Bendrovės tinklas

Šioje gamyboje pagrindinė žaliava sunaudojama norint gauti produktą yra gamtinės dujos. Gamtinių dujų sudėtis: CH₄ - (85,9 - 98,2) %, C₂H₆ - (0,1 - 5,0) %, C₃H₈ - (0,05 - 1,50) %, C₄H₁₀ - (0,00 - 0,7) %, C₅H₁₂ ir aukštesni angliavandeniliai (0,00 - 0,5) %, CO₂ - (0,00 - 3,5) %, N₂ - (0,00 - 5,0) %, H₂ - (0,00 - 0,56) %, O₂ - (0,00 - 0,13) %. Išsamesnė informacija pateikta 4.18 lentelėje.

4.18 lentelė. Duomenys apie naudojamą žaliavas

Žaliavos, cheminės medžiagos ar preparato pavadinimas	Kiekis per metus	Cheminės medžiagos ar preparato klasifikavimas ir ženklavimas		
		kategorija	pavojaus nuoroda	rizikos frazės
Gamtinės dujos	402,96 · 10 ⁶ m ³	Labai degi	Labai degi	R11,R15,R17

4.4.2. Atliekos

Dviejų laipsnių metano konversijos technologinio proceso metu susidariusios atliekos yra katalizatoriai, kurių paskirtis greitinti reakciją technologiniame procese. Katalizatorių eksploatacinis laikotarpis yra nuo 6 iki 10 metų. Duomenys apie katalizatorių atliekas paimti iš AB „Achema“ bendrovės amoniako cecho reglamento ir pateikti 4.19 lentelėje.

4.19 lentelė. Atliekos ir jų tvarkymas.

Technologinis procesas	Atliekas						Atliekų saugojimas objekte		Numatomi atliekų tvarkymo būdai
	Pavadinimas	Kiekis		Agregatinis būvis	Kodas pagal atliekų sąrašą	Pavojingumas	Laikymo sąlygos	Didžiausias kiekis	
		t/d	t/m						
Gamtinių dujų valymas nuo sieros junginių	panaudoti katalizatoriai, kuriuose yra pavojingų pereinamųjų metalų arba pavojingų pereinamųjų metalų junginių	0,021	7,53	kietas	16 08 02	Nepavojingos	Atliekų aikštelė	51,29	D5,R8,S6
	panaudoti katalizatoriai, kuriuose yra pavojingų pereinamųjų metalų arba pavojingų pereinamųjų metalų junginių	0,12	43,76	kietas					
Metano konversija į vandenilį	panaudoti katalizatoriai, kuriuose yra pavojingų pereinamųjų metalų arba pavojingų pereinamųjų metalų junginių	0,023	8,33	kietas	16 08 02	Nepavojingos	Atliekų aikštelė	24,83	D5,R8,S6
	panaudoti katalizatoriai, kuriuose yra pavojingų pereinamųjų metalų arba pavojingų pereinamųjų metalų junginių	0,04	16,5	kietas					

Kaip matome iš lentelės duomenų, atliekų kiekiai susidaro labai dideli ir jie turi būti sutvarkyti. Įmonės teritorijoje yra įrengta atliekų tvarkymo aikštelė, kurioje ir sandėliuojamos visos susidariusios įmonės atliekos. Panaudotame katalizatoriuje yra metalų oksidų, todėl labai tikslinga panaudotus katalizatorius perdirbti ir vėl atitinkamai panaudoti, tačiau dažniausiai katalizatorius pasiima pats katalizatoriaus gamintojas.

4.4.3. Aplinkos oro tarša.

Pagrindinis taršos šaltinis dviejų laipsnių metano konversijos yra vamzdinė krosnis, kurioje sudeginama labai daug gamtinių dujų dėl reikalingos šilumos endoterminei reakcijai. Sudegusios dujos atsiurbiamos dumsiurbliais. Utilizuoti šių dujų šilumą įrengtas ekonomazeris pašildyti septyniems technologiniams srautams. Atsiurbtos dūminės dujos išmetamos per kaminą į atmosferą. Šio taršos šaltinio fiziniai duomenys pateikti 4.20 lentelėje.

4.20 lentelė. Stacionaraus taršos šaltinio fiziniai duomenys

Taršos šaltiniai					Išmetamų dujų rodikliai			Teršalų išmetimo trukmė, val/m
pavadinimas	Nr.	koordinatės	aukštis, m	išmetimo angos matmenys, m	srauto greitis, m/s	temperatūra, °C	tūrio debitas m ³ /s	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kaminas	1	-	40	4	9,3	200	116,6	8760

Šiuose sudegusių dujų dūmuose yra azoto oksidų, anglies monoksidų ir kitų medžiagų. Jų kiekiai apskaičiuojami pagal dūmų tūrinį debitą ir naudojamas analizatorius. Taip pat tam, kad sumažinti išmetamų teršalų kiekį yra įrengtas homogeninis valymas.

$$C_{NO_x} = 64,2 \text{ mg/m}^3 \quad (4.9)$$

$$C_{CO} = 30,51 \text{ mg/m}^3 \quad (4.10)$$

$$V_{dumai} = 9,3 \cdot x = 9,3 \cdot 26453 = 246012 \text{ m}^3/h \quad (4.11)$$

Analizatorių duomenys paimti iš AB „Achema“ amoniako cecho nr.1 metano konversijos skyriaus. Tad galime apskaičiuoti taršos kiekius per metus:

$$m_{NO_x} = C_{NO_x} \cdot V_{dumai} \cdot 365 = 64,2 \cdot 246012 \cdot 365 = 576 \text{ t/metus} \quad (4.12)$$

$$m_{CO} = C_{CO} \cdot V_{dumai} \cdot 365 = 30,51 \cdot 246012 \cdot 365 = 274 \text{ t/metus} \quad (4.13)$$

Taršos į aplinkos orą informacija pateikta 4.21 lentelėje.

4.21 lentelė. Aplinkos oro tarša.

Veiklos rūšis	Cecho ar kitų pavadinimas, gamybos rūšies pavadinimas	Taršos šaltiniai		Teršalai		Esama tarša				Numatoma tarša		
		pavadinimas	Nr.	pavadinimas	kodas	vienkartinis dydis			metinė t/m	vienkartinis dydis		
						vnt.	vidut.	maks.		vnt.	vidut.	maks.
0315	Dviejų laipsnių metano konversija	Kaminas	1	Azoto oksidai	6044	g/s	-	-	576	g/s	-	-
				Anglies monoksidas	6069	g/s	-	-	274	g/s	-	-

Azoto oksidų sumažinimui naudojamas homogeninis valymo įrenginys su amoniaku, kuriame pagal reakcijos lygtį:

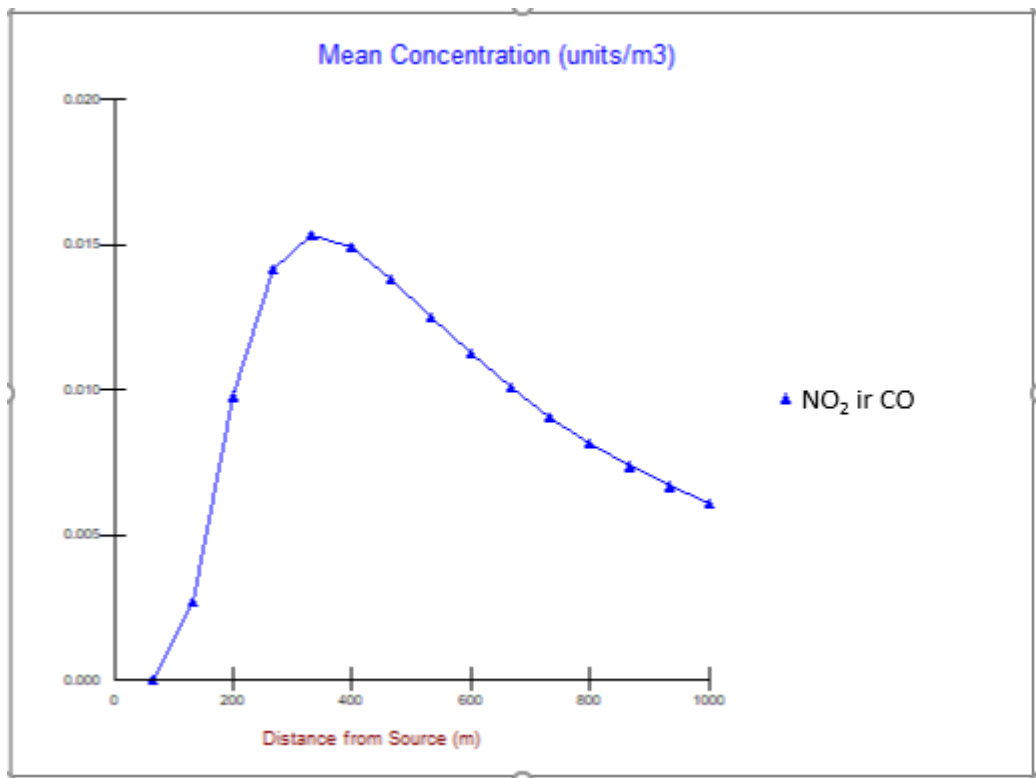


Vykstant šiai reakcijai azoto oksidai paverčiami inertiniu azotu. Esant 950 – 1000 °C temperatūrai NO₂ redukcijos laipsnis svyruoja tarp 50 – 53 %. O tai reiškia, kad azoto oksidų kiekį galime sumažinti per pus ar net daugiau. Išmetamų dujų valymo įrenginio priemonė pateikta 4.22 lentelėje.

4.22 lentelė. Išmetamų dujų valymo įrenginio prevencijos priemonė.

Taršos šaltinio Nr.	Valymo įrenginiai		Teršalai		Prieš valymą		Po valymo		Valymo efektyvumas, %
	pavadinimas	kodas	pavadinimas	kodas	vidut.v ienk.	t/m	vidut.v ienk.	t/m	
1	Kiti įrenginiai (homogeninis dūminių dujų valymo įrenginys naudojant skystą amoniaką)	90	Azoto oksidai	6044	-	576	-	282,24	51%

Naudojant specialią programą buvo apskaičiuota ir sudarytas sklaidos grafikas, kuris pateiktas 4.2 paveiksle.



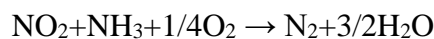
4.2 pav. Taršos sklaidos grafikas

Kaip matome iš grafiko tolstant nuo taršos šaltinio iki 400 metrų tarša pagal koncentraciją didėja, tačiau dar labiau tolstant nuo taršos šaltinio teršalų koncentracija pradeda mažėti.

4.4.4. Apibendrinimai ir išvados

Vykdam dviejų laipsnių metano konversiją į vandenilį susidaro didelis kiekis katalizatoriaus atliekų bei išmetami į atmosferą dideli kiekiai azoto oksidų ir anglies monoksido.

Katalizatoriaus atliekas dauguma atvejų pasiima perdirbimui gamintojas. Anglies monoksido išmetimus galima sumažinti reguliuojant oro kiekį sudeginimui, o azoto oksidų sumažinimui naudojamas homogeninis valymo įrenginys su amoniaku, kuriame pagal reakciją:



Azoto oksidai paverčiami inertiniu azotu. Esant 970 +/- 50 °C temperatūrai NO₂ redukcijos laipsnis svyruoja tarp 50,0-53,0 %.

4.5. Darbuotojų sauga ir sveikata

4.5.1. Projektuojamo objekto charakteristika

Renovacija atliekama dviejų laipsnių metano konversijos technologinei linijai. Šios technologijos paskirtis gaminti azoto – vandenilio mišinį (N₂ : H₂) santykiu 3:1, kuris naudojamas toliau amoniako sintezei gaminti suskystintą amoniaką. Kadangi šioje technologijoje reikalingos aukštos temperatūros, tai aukštos temperatūros dujos naudojamos aukštų parametrų garų gamybai, kurios naudojamos garų turbinoms sukurti. Šioje technologijoje naudojamos šios medžiagos: bedruskis daerutas vanduo, gamtinės dujos, hidrazino tirpalas, trinatrio ortofosfatas. Procesu metu reikalinga aukšta temperatūra. Norint ją pasiekti deginamos gamtinės dujos, o sudegusios gamtinės dujos atsiurbiamos dūmsurbliais ir išmetamos per kaminą į atmosferą. Deginant gamtines dujas išsiskiria šios medžiagos: azotas, anglies monoksidas, sieros oksidai, visi šie junginiai teršia atmosferą, bet tam

kad sumažinti taršą yra suprojektuotas homogeninis valymas. Naudojami įrankiai technologijoje: aukšto slėgio vamzdynai, reaktoriai, siurbliai, turbo kompresoriai, pečius, katilai utilizatoriai, šildytuvai ir t.t.

Dėl šių pavojingumų dviejų laipsnių metano konversijos:

- Proceso metu išsiskiriančios aukštos temperatūros virš 1000 °C;
- Dėl technologijoje naudojamų dujų, kurios su oru sudaro degius ir sprogus mišinius;
- Dėl didelių slėgių vamzdynuose;
- Didelis triukšmas dėl siurblių ir turbo kompresorių.

Remiantis Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro įsakymu, dėl sanitarinės apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklių patvirtinimo, AB Achemos gamyklos sanitarinės zonos riba yra 500 m. [19].

4.5.2. Profesinės rizikos vertinimas

Profesinės rizikos vertinimas atliekamas gamyboje norint ištirti esamus ir galimus pavojus tam, kad sumažinti profesinę riziką numatant prevencines priemones. AB Achemos pirmo amoniako gamybos agregato rizikos veiksniai ir prevencinės priemonės pateiktos 2.23 lentelėje.

4.23 lentelė. Profesinės rizikos veiksniai, jų rybiniai didžiai ir prevencijos priemonės. [20, 21].

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, min	Prevencinės priemonės
Cheminiai veiksniai					
Amoniakas	Technologiniai įrengimai	20 mg/m ³	IPRD - 14 mg/m ³	480	Izoliuojanti dujokaukė
Anglies monoksidas	Technologiniai įrengimai	55 mg/m ³	IPRD - 40 mg/m ³	480	Filtruojanti dujokaukė
Anglies dioksidas	Technologiniai įrengimai	12000 mg/m ³	IPRD - 9000 mg/m ³	480	Izoliuojanti dujokaukė
Vandenilis	Technologiniai įrengimai	-	-	480	Izoliuojanti dujokaukė
Metanas	Technologiniai įrengimai	480 mg/m ³	300 mg/m ³	480	Izoliuojanti dujokaukė
Fizikiniai veiksniai					
Triukšmas	Technologiniai įrengimai, siurblinė	91dBA	87 dBA	480	Apsauginės ausinės
Apšvieta	Centrinis valdymo pultas, siurblinė	300 lx	200 lx	480	-
Statinės elektros pavojus	Technologiniai įrengimai, siurblinė	-	-	480	Įžeminimas Įnulnimas

Šiluminė aplinka, oro drėgnis	Technologiniai įrengimai, siurblinė	40-60 %	iki 75 %	480	-
		18-23	18-27		
Ergonominiai veiksniai					
Nuovargis	Centrinis valdymo pultas	-	-	480	Pertraukos darbo metu po 10 minučių kas 2 valandas
Darbo poza		Sėdimas darbas, 80 % darbo laiko	Sėdimas darbas, 25% darbo laiko	480	
Fiziniai veiksniai					
Galimybė apsideginti nuo karštų įrenginių paviršių	Technologiniai įrengimai, siurblinė	140 °C	45 °C	480	Apsauginiai drabužiai, avalynė
Slėginiai indai	Technologiniai įrengimai	15 MPa	0,05 bar	480	Apsauginiai vožtuvai, patikros, manometrai

4.5.3. Saugi gamyba

Amoniako cecho gamybinėse patalpose ir atvirose aikštelėse yra daug sprogių, kenksmingų ir degių medžiagų. Dėl aukštų temperatūrų ir aukštų slėgių vamzdynuose, gali išsiveržti įvairios medžiagos, kurios gali sukelti sprogimus, gaisro ar kenksmingus pavojus žmogui. Vykdamas įvairius darbus įmonės teritorijoje yra paruošiami specialūs darbų vykdymo planai ir instrukcijos kurių privaloma laikytis visiems toje vietoje dirbantiems darbuotojams. Dirbant cecho teritorijoje privaloma laikytis šių reikalavimų:

Dirbant cechui privaloma jog apsauginiai įrenginiai, matavimo ir kontrolės prietaisai, apsaugos sistemos, signalizacijos būtų tvarkingos ir tinkamai veiktu. Darbo vietoje darbuotojui privaloma su savimi nešiotis asmenines apsaugos priemones, turėti dujokaukę. Esant sprogioje zonoje pažymėtais ženklais naudoti tik kibirščių nesukeliančius įrankius, sprogimo atžvilgiu nepavojingus pernešamus šviestuvus, ne didesnės kaip 24 V maitinimo įtampos. Visi gamykloje esantis aparatai, vamzdynai ir elektros įrenginiai privalo būti įžeminti ar įnulinti, Atliekant darbus pavojingus įmonės teritorijoje, kur galimas degių, nuodingų ar inertinių dujų išsiveržimas į aplinką ar atliekami darbai indų viduje, atliekamas tik vadovaujant inžinieriui ir gelbėjimo tarnybos darbuotojams.

Labai svarbu gamybinėse patalpose laikytis šių taisyklių: Neužkrauti praėjimų, laiptų, avarinių išėjimų, avarinis inventorių turi būti lengvai ir greitai prieinamas, imant analizinius bandinius ventilius atidarinti pamažu, kad nesusidarytų stiprios čiurkšlės, imant nuodingas, kenksmingas medžiagas analizei, dėvėti apsaugines priemones (Akiniai, pirštines, dujokaukės), Neleisti susidaryti vamzdynuose hidrauliniams smūgiams, kurie gali mechaniškai pažeisti vamzdyną. Visų įrengimų judančios ar besisukančios dalys, privalo būti tvarkingos, aptvertos ar uždengtos gaubtais, jei to nėra draudžiama dirbti.

Vienas iš pavojingų faktorių darbe yra elektros srovės poveikis žmogui. Pirminis pavojus yra tiesioginis elektros srovės poveikis pratekantis jai žmogaus kūną, antrinis pavojus yra dėl elektros lanko išlydžio atsirandanti aukšta temperatūra. Žmogus pradeda jausti 0,5 – 1,5 mA per jo kūną pratekančią srovę, tekant 10 – 15 mA srovei prasideda raumenų spazmai, tekant 20 – 25 žmogus paralyžuojamas, veikiant ilgiau šiai srovei gali ištikti mirtis, o 90 – 100 mA srovė yra mirtina.

Saugiam darbui su elektros įrengimais privaloma laikytis šių darbo taisyklių:

- Dirbti leidžiama su elektros įrengimais tik darbuotojui turint atitinkamus pažymėjimus leidžiančius dirbti;
- Draudžiama įeiti į elektros paskirstymo patalpas be leidimo ir lydinčio asmens, atsakingo už elektros įrengimus;
- Kilnojami šviestuvai naudojami ne didesnės kaip 50 V kintamos įtampos ir 75 V nuolatinės įtampos;
- Gesinant užsidegusius elektros įrengimus mažos įtampos galima naudojant šias gesinimo priemones: vandenį, inertines dujas (pvz. azotas), o iki 1000V elektros įrenginius galima gesinti tik milteliniais ABC klasės arba angliarūgštiniais gesintuvais. [22].

4.5.4. Darbo higiena

Vykdamas dviejų laipsnių metano konversijos procesą, jo metų įrengimuose vyksta įvairios reakcijos, tuo metu susidaro įvairios pavojingos medžiagos, kurios pavojingos žmogaus sveikatai, todėl yra nustatomos tų medžiagų ribinės vertės. Visų naudojamų medžiagų gamybos procese ribiniai dydžiai ir apsaugos priemonės pateiktos: [23].

- Amoniakas (NH_3) tai bespalvės, labai aštraus kvapo, degios dujos. Amoniakas žemutinė sprogumo riba 16 % tūrio, viršutinė – 25% tūrio. Savaiminio užsidegimo temperatūra 651 °C. Ilgalaikio poveikio ribinis dydis (IPRD) 14 mg/m^3 arba 20 ppm, trumpalaikio poveikio ribinis dydis (TPRD) 36 mg/m^3 arba 50 ppm. Amoniakas labiausiai dirgina viršutinius kvėpavimo takus, esant didelėms koncentracijoms sužadina centrinę nervų sistemą ir sukelia traukulius. Nuo didelės koncentracijos ašaroja akys, atsiranda kosulio priepuoliai, svaigta galva, skauda skrandį, pykina. Skystas amoniakas patekęs ant kūno, chemiškai nudegina bei nušaldo odą. Amoniakas vanduo sukelia stiprų skausmą, paraudimą, o veikdamas ilgiau sukelia pūsles. Patekęs į akis amoniakas gali apakinti žmogų. Naudojamos apsaugos priemonės: akių ir veido apsaugos, chemiškai atsparios pirštinės, chemiškai atsparūs kūno drabužiai, filtruojanti dujokaukė su K tipo markės filtru.
- Anglies dioksidas (CO_2). Bespalvės, bekvapės, rūgštoko skonio dujos. Anglies dvideginis ore sudaro 0,03 – 0,06 %. Jei ore yra 5% anglies dvideginio skauda galva, atsiranda dusulys, jei yra 10% - netenkama sąmonės ir dėl deguonies trūkumo gali ištirti mirtis. Ilgalaikio poveikio ribinis dydis 9000 mg/m^3 . Apsaugos priemonės suslėgto oro kvėpavimo aparatas, žarninė dujokaukė.
- Anglies monoksidas (CO). I kategorijos toksiškos reprodukcijai, bespalvės, beskonės ir beveik bekvapios dujos. Dega melsva spalva. Mišinių su oru sprogimo ribos 12,5 – 74 % tūrio. IPRD – 23 mg/m^3 , TPRD – 117 mg/m^3 . Apsinuodijus šiomis dujomis atsiranda dusulys, nesuteikus pirmajai pagalbai žmogus gali mirti. Apsaugos priemonės: Filtruojanti dujokaukė su CO markės filtru.
- Hidrazino hidratas (N_2H_4). Toksiškas, II kategorijos kancerogenas, bespalvis bekvapis skystis, tirpus vandenyje. Virimo temperatūra nuo 74 °C iki 93 °C. Lengvai užsiliepsnojantis skystis, pliūpsnio temperatūra 40 °C. IPRD 0,1 mg/m^3 . Pavojingas nervų sistemai, kraujui, odai ir akims. Stiprus reduktorius, sukelia daugelio metalų koroziją. Apsaugos priemonės: respiratoriai, chemiškai atsparios pirštinės, hermetiški akiniai, apsauginiai drabužiniai.

- Metanas (CH₄). Bepalvės, bekvapės dujos, dega beveik nematoma liepsna. Susimaišiusios su oru sprogs. Sprogimo ribos 5 – 15 % tūrio. Pavojų sudaro didelės koncentracijos, išstumdomos iš oro deguonį. Apsaugos priemonės: žarninė dujokaukė arba suslėgto oro kvėpavimo aparatas.
- Vandenilis (H₂). Bepalvės, bekvapės, lengvai užsiliepsnojančios dujos. Savaiminio užsidegimo temperatūra 400°C. Sprogimo ribos mišiniuose su oru 4,1 – 74,2 % tūrio. Vandenilis fiziologiškai nenuodingos dujos, tik esant didelei koncentracijai, sumažėja deguonies koncentracija ore. Apsauginės priemonės: žarninės dujokaukės ir suslėgto oro kvėpavimo aparatai.

Apsaugos priemonės privalomos žmonių apsaugai nuo įvairių nuodingų ar kitaip kenksmingų medžiagų, smulkių dalelių ar biologinių medžiagų, tai pat apsaugo nuo mechaninio, terminio ar elektros poveikio. Apsaugos priemonės skirstomos į:

- Asmenines apsaugos priemones;
- Kolektyvines apsaugos priemones.

Kiekvienam darbuotojui dirbančiam amoniako gamybos ceche išduodamos šios asmeninės apsaugos priemonės: [24].

- Apsauginiai akiniai;
- Akustinės ausinės;
- Apsauginis šalmas su paminkštinimu;
- Chemiškai apsaugančios pirštinės;
- Apsauginiai batai;
- Apsauginiai drabužiai
- Izoliuojančios dujokaukės

Tai pat įmonės teritorijoje yra įrengtos kolektyvinės apsaugos priemonės, kurios apsaugo žmogaus sveikatą nuo cheminių medžiagų, biologinių medžiagų. Į kolektyvines apsaugos priemones įeina statiniai, kuriuose darbuotojai gali pasislėpti įvykus įmonės teritorijoje avarijai, uždujinimui, apsauginiai vožtuvai, kurių tikslas numesti slėgi pasiekus maksimalias ribas, įspėjamieji ženklai, kurie informuoja darbuotoja kaip ir kur turi elgtis, kad būtų saugus.

Darbovietė sukuria darbuotojui tinkamas darbo patalpos komfortines sąlygas. Kad atitiktų darbo vieta komfortines sąlygas yra matuojami šie parametrai: vidaus patalpų apšvietimas, darbo patalpos šiluminiai parametrai, triukšmas. Apšvietimas – darbo vietoje yra natūralus šoninis apšvietimas su papildomu dirbtiniu apšvietimu, kadangi pagal visus reikalavimus natūralaus apšvietimo neužtenka (<200lx), naudojamas papildomas dirbtinis apšvietimas. [25]. Darbo patalpos šiluminiai parametrai yra: oro temperatūra, oro judėjimo greitis, santykinis oro drėgnumas. Šių parametų vertės skiriasi pagal metų laikotarpį ir skirstomą į šiltąjį ir šaltąjį metų laikotarpius. Darbo patalpų šiluminiai parametrai pateikti 4.3 paveiksle. [26].

Metų laikotarpis	Darbų kategorija	Oro temperatūra, °C	Oro santykinis drėgnumas, %	Oro judėjimo greitis, m/s, ne daugiau kaip
1	2	3	4	5
Šaltasis	Lengvas – Ia	22–24	40–60	0,1
	Lengvas – Ib	21–23	40–60	0,1
	Vidutinio sunkumo – IIa	18–20	40–60	0,2
	Vidutinio sunkumo – IIb	17–19	40–60	0,2
	Sunkus – III	16–18	40–60	0,3
Šiltasis	Lengvas – Ia	23–25	40–60	0,1
	Lengvas – Ib	22–24	40–60	0,2
	Vidutinio sunkumo – IIa	21–23	40–60	0,3
	Vidutinio sunkumo – IIb	20–22	40–60	0,3
	Sunkus – III	18–20	40–60	0,4

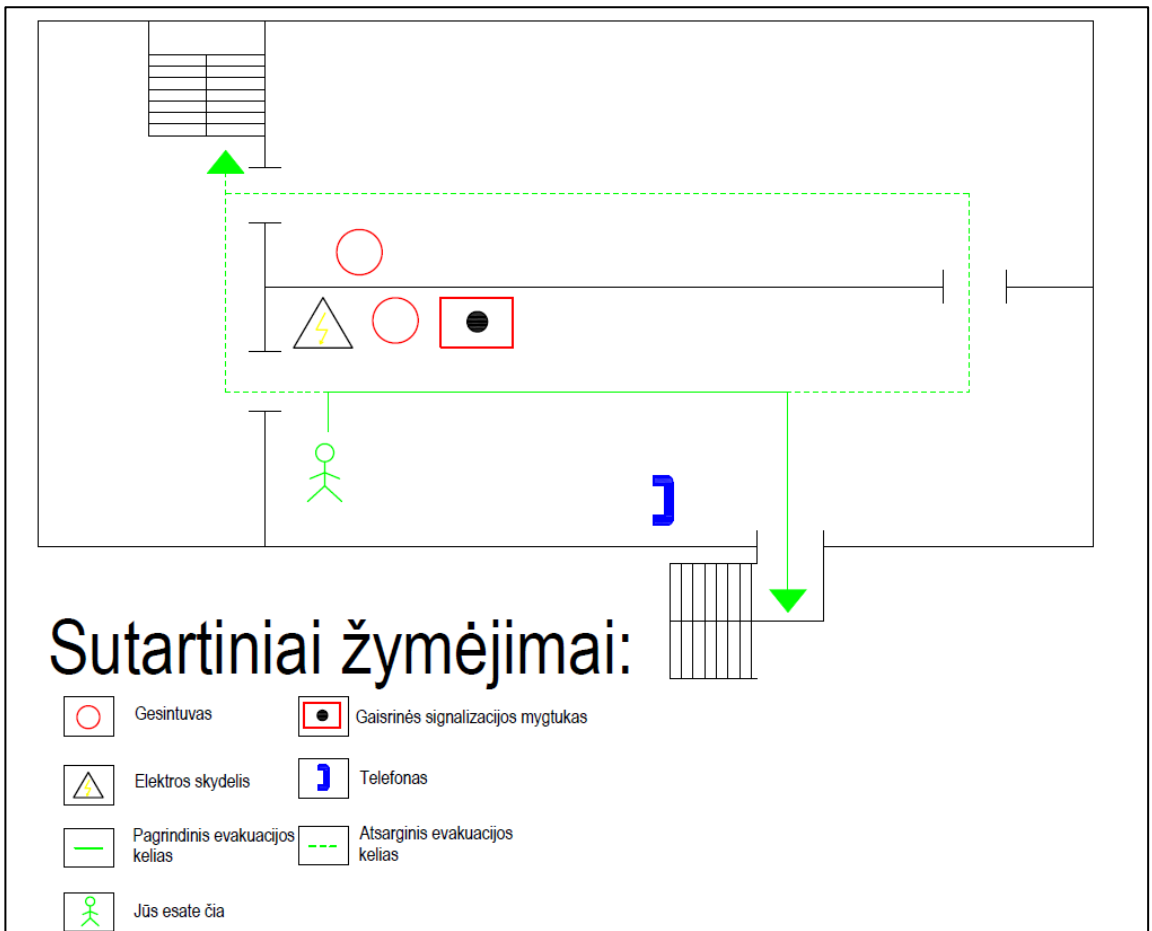
4.3 pav. Šiluminių darbo patalpų komforto parametrų norminės vertės

4.5.5. Gaisrinė sauga

Projektuojant technologinę liniją būtina vertinti gaisrinę saugą. Amoniako ceche pagrindinės naudojamos medžiagos technologijoje yra skystos arba dujinės agregatinės būsenos, dėl to šioje teritorijoje gali susidaryti B ir C klasės gaisrai. B klasės gaisrai gesinami putų arba milteliniais gesintuvais, o C klasės tik milteliniais. Siurblinėje numatyti du gesintuvai : 20 kg miltelinis ir 20 vienas putų gesintuvas, prie dumsiurblių stovi po vieną 20 kg miltelinius gesintuvą, centriniame valdymo pulte stovi vienas miltelinis 20 kg gesintuvas. Projektuojant visą gamybos liniją įrengiami šie gesinimo taškai:

- Nešiojami gesintuvai (milteliniai, putų);
- Smėlio dėžės, nedegus audeklai;
- Vandens hidrantai;
- Priešgaisrinis azotas.

4.4 paveiksle pateiktas evakuacijos planas.



4.4 pav. Centrinio valdymo pulto evakuacijos planas.

Išvados

1. Atlikus dviejų laipsnių metano konversijos agregato technologinį įvertinimą, apskaičiuotas teorinis dujų kiekis, kuris reikalingas sudeginimui, kad gauti reikalingą temperatūrą pirmojo laipsnio konversijoje. Technologinis apkrovimas 44000 m³/h. tokiam apkrovimui reikia 30998 m³/h dujų.
2. Įvertinus visą technologiją, buvo priimti du sprendimai kaip būtų galima sutaupyti gamtinių dujų.
1) Pakeičiant dujų šildytuvą, kuriame naudojamos gamtinės dujos sudeginimui, į gyvatuką esantį šilumos panaudojimo aparate - taip galima sutaupyti iki 800 m³/h. 2) Keičiant technologinį režimą, tam buvo pasinaudota aspen hysys programa ir apskaičiuota, kad galima sutaupyti iki 68 GJ/h šiluminės energijos.
3. Atlikus technologinį pakeitimą nubraižyta technologinė schema pagal aprašytus pakeitimus.
4. Atlikti ekonominiai ir finansiniai skaičiavimai. Gauta, kad įmonės pelnas po vienerių metų padidėtų 5,08 mln. eur., gaminio savikaina vienai tonai pagaminti sumažėtų 3,08 eur. Taip pat gauta, kad rekonstrukcijos atsipirkimo laikas būtų trumpesnis nei dveji metai.
5. Atliktas metano konversijos technologijos aplinkosauginis vertinimas. Kadangi pirmo laipsnio konversijos reakcijos yra endoterminės, joms reikalinga šiluma gaunama deginant gamtines dujas, dėl to į aplinką išmetami degimo metu susidarę azoto oksidai ir anglies dioksidas. Per metus į atmosfera išmetama 274 t. anglies dioksido ir 567 t. azoto oksidų. Taršos mažinimui technologijoje yra įrengtas homogeninio valymo įrenginys, kuris sumažina azoto oksidų kiekį iki 235,5 tonos per metus.
6. Darbuotojų sauga ir sveikata išanalizuota įvertinant: profesinę riziką, saugią gamybą, darbo higieną ir gaisrinę saugą. Kadangi gamybos metu naudojamos cheminės medžiagos, saugai palaikyti yra parinktos pirminės gaisro gesinimo priemonės, darbuotojų apsauginės priemonės ir nubraižytas evakuacijos planas iš valdymo pulsto

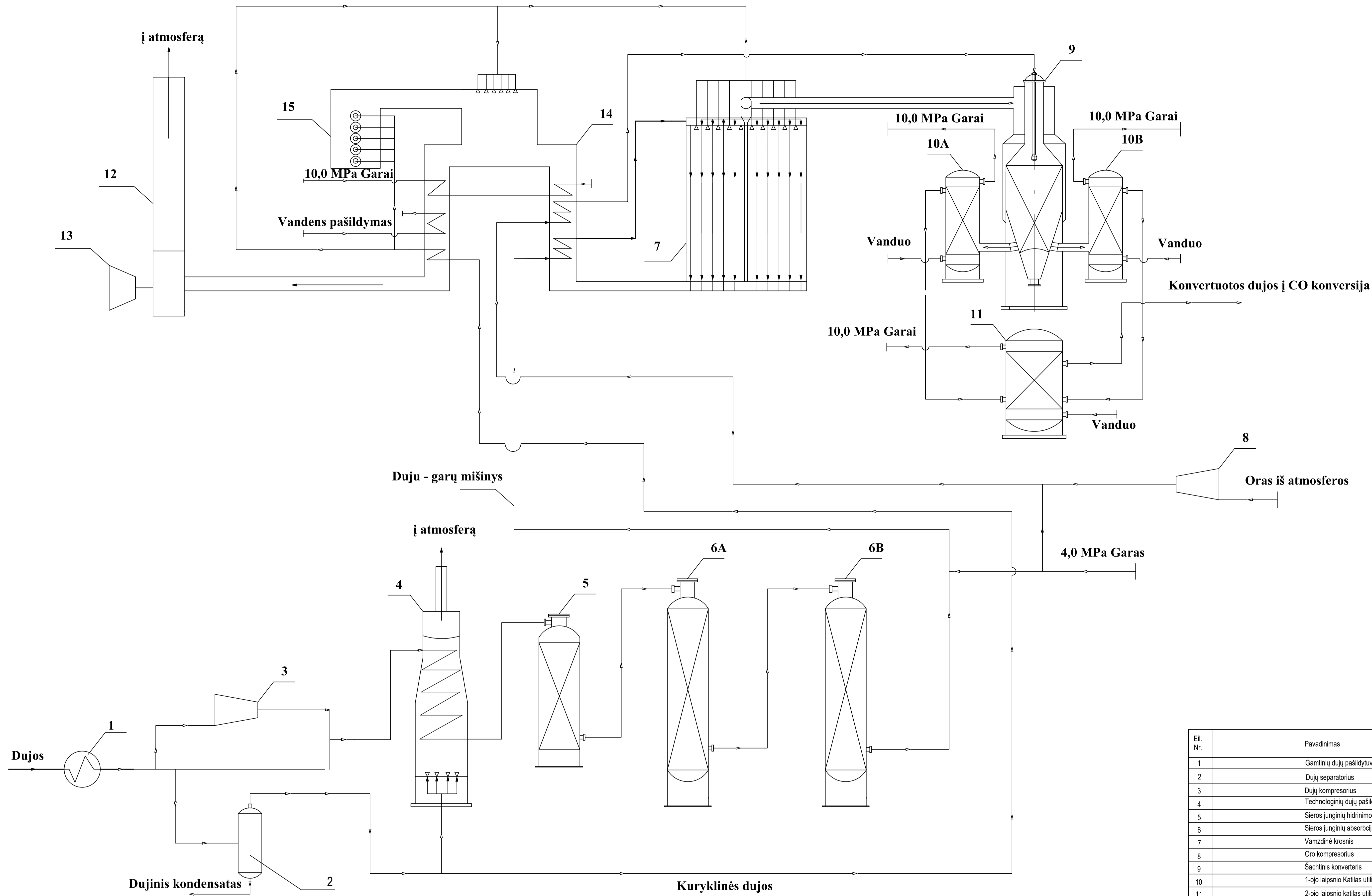
Literatūros sąrašas

1. AB „Achema” [interaktyvus] 2020 [žiūrėta 2020-02-16]. Prieiga per: <http://www.chema.lt/gamyba>
2. Luqmanulhakim Baharudin, Matthew Watson. Hydrogen applications and research activities in its production routes through catalytic hydrocarbon conversion. [interaktyvus] 2017 [žiūrėta 2020-02-20]. DOI: 10.1515/revce-2016-0040
3. HIS Markit [interaktyvus] 2020 [žiūrėta 2020-02-25]. Prieiga per: <https://ihsmarkit.com/products/hydrogen-chemical-economics-handbook.html>
4. Liang Chih Ma, Bernardo Castro-Dominguez, Nikolaos K.Kazantzis. Integration of membrane technology into hydrogen production plants with CO2 capture: An economic performance assessment study. [Interaktyvus]. Center of Inorganic Membrane Studies, Department of Chemical Engineering, Worcester Polytechnic Institute, 100 Institute Road, Worcester, MA 01609, USA. Volume 42, November 2015, Pages 424-438. [Žiūrėta 2020-02-28] doi: 10.1016/j.ijggc.2015.08.019
5. Christian Egenhofer, Lorna Schrefler, Vasileios Rizos. Composition and Drivers of Energy Prices and Costs in Energy Intensive Industries: The Case of Ceramics, Flat Glass and Chemical Industries. [Interaktyvus] 2014. [žiūrėta 2020-03-05]. Prieiga per: https://www.researchgate.net/figure/Top-ten-global-ammonia-producers-2012-k-tonnes_fig4_283122394
6. Christos M. Kalamaras, Angelos M. Efstathiou. Hydrogen Production Technologies: Current State and Future Developments. [Interaktyvus]. Chemistry Department, University of Cyprus, 1678 Nicosia, Cyprus. 2013. Doi: /10.1155/2013/690627
7. Emokykla [Interaktyvus] 2017 [žiūrėta 2020-03-5]. Prieiga per: https://www.emokykla.lt/upload/files/2017/08/30/23-idomioji-vandenilio-energetika_155806.pdf
8. AB „Achema” Technologinis reglamentas AT-109-01. [Žiūrėta 2020-01-16]
9. Agata Blaszczak-Boxe - Staff Writer. Facts About Hydrogen. [Interaktyvus] 2015. [žiūrėta 2020-03-05] Prieiga per: <https://www.livescience.com/28466-hydrogen.html>
10. Kaushik Nath, Debabrata Das. Improvement of fermentative hydrogen production: various approaches. [Interaktyvus]. Applied Microbiology and Biotechnology volume 65, pages 520–529 2004. [Žiūrėta 2020-03-05]. Prieiga per: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00253-004-1644-0>
11. Canan Acar, Ibrahim Dincer. Comparative assessment of hydrogen production methods from renewable and non-renewable sources. International Journal of Hydrogen Energy. [Interaktyvus]. Faculty of Engineering and Applied Science, University of Ontario Institute of Technology, 2000 Simcoe Street North, Oshawa, Ontario L1H 7K4, Canada. [Žiūrėta 2020-03-06]. Doi: 10.1016/j.ijhydene.2013.10.060
12. AVENSTON. Hydrogen and RES: global applying practices. [Interaktyvus] 2019. [Žiūrėta 2020-03-06]. Prieiga per: <https://avenston.com/en/articles/hydrogen/>
13. I.Dincer, M.A.Rosen, A.Midilli, M.Ay. On hydrogen and hydrogen energy strategies: I: current status and needs. [Interaktyvus]. Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 9, Issue 3, June 2005, Pages 255-271. Energy Division, Mechanical Engineering Department, Nigde University, 51100 Nigde, Turkey. Faculty of Engineering and Applied Science, University of Ontario Institute of Technology, 2000 Simcoe Street North, Oshawa, Ont., Canada L1H 7K4. [Žiūrėta 2020-03-10] Doi: 10.1016/j.rser.2004.05.003
14. Ram B. Gupta. Hydrogen fuel: production, transport, and storage. [Interaktyvus] 2009. [Žiūrėta 2020-03-13] Prieiga per: <https://books.google.lt/books?id=UIVhpl0XnRcC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

15. IEA [Interaktyvus] 2020. [Žiūrėta 2020-03-13] Prieiga per: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/hydrogen>
16. Smet de C.R.H. Partial oxidation of methane to synthesis gas : reaction kinetics and reactor Modelling. [Interaktyvus]. Partial oxidation of methane to synthesis gas : reaction kinetics and reactor modelling. 2000. Technische Universiteit Eindhoven. [Žiūrėta 2020-03-18] doi: 10.6100/IR535178
17. Nijolė Marija MANDEIKYTĖ. Bendroji cheminė technologija [interaktyvus]. Leidykla „Technologija“, 2008 [žiūrėta 2020-04-02]. ISBN 9789955256199. Prieiga per: <https://www.ebooks.ktu.lt/eb/38/bendroji-chemine-technologija/>
18. Б.П.СЕМЕHOB, Г. Ф. КИСЕЛIEB, А.А.ОПЛОB, Т.А.СЕМЕHOBA, В.И.OBЧИHНИКOB, В.М.КOHOBАЛОB. Amoniako gamyba. Mokomoji knyga. Maskva: leidykla „Chimija“, 1985 m. [Žiūrėta 2020-04-10]. УДК 661.53:66.08
19. LIETUVOS RESUPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTRO ĮSAKYMAS: Dėl sanitarinės apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklių patvirtinimo. [Interaktyvus] [Žiūrėta 2020-04-15]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.240497/IFYMIcZNNC>
20. LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTRO IR LIETUVOS RESPUBLIKOS SOCIALINĖS APSAUGOS IR DARBO MINISTRO ĮSAKYMAS: Dėl Lietuvos higienos normos HN 23:2011 „cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai. [Interaktyvus] [žiūrėta 2020-03-15] Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.405920?jfwid=rivwzvpg>
21. Lietuvos respublikos ūkio ministro įsakymas: Dėl slėginių indų naudojimo taisyklių DT 12-02 patvirtinimo. [Interaktyvus] 2002m. [žiūrėta 2020-03-17]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.A989AE5C41BB>
22. Lietuvos respublikos energetikos ministro įsakymas: Dėl specialiųjų patalpų ir technologinių procesų elektros įrenginių įrengimo taisyklių patvirtinimo. [Interaktyvus] 2013m. [Žiūrėta 2020-03-17] Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.444266?jfwid=fhhu5mh1p>
23. Lietuvos respublikos sveikatos apsaugos ministro ir Lietuvos respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro įsakymas: Dėl Lietuvos higienos normos HN 23:2011 „Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai“ patvirtinimo. [Interaktyvus] 2011m. [Žiūrėta 2020-03-18]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.405920?jfwid=rivwzvpg>
24. Lietuvos respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro įsakymas: Dėl darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsaugos priemonėmis nuostatų patvirtinimo. [Interaktyvus] 2007m. [Žiūrėta 2020-03-18]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.309802>
25. Lietuvos respublikos sveikatos apsaugos ministro įsakymas: dėl Lietuvos higienos normos HN 98: 2000 „natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai“. [Interaktyvus] 2000m. [Žiūrėta 2020-03-18] Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.101854>
26. Lietuvos respublikos sveikatos apsaugos ministro įsakymas: dėl Lietuvos higienos normos HN 69: 2003 „šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai“ patvirtinimo. [Interaktyvus] 2004m. [Žiūrėta 2020-03-19]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.230880?jfwid=fhhu5mggf>
27. Priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamento prie Lietuvos respublikos vidaus reikalų ministerijos direktoriaus įsakymas: dėl bendrųjų priešgaisrinės saugos taisyklių patvirtinimo ir kai kurių priešgaisrinės apsaugos departamento prie vidaus reikalų ministerijos ir priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamento prie vidaus reikalų ministerijos direktoriaus įsakymų

- pripažinimo netekusiais galios. [Interaktyvus] 2005m. [Žiūrėta 2020-03-24]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalActEditions/lt/TAD/TAIS.250714?faces-redirect=true>
28. Mikroaplinkos analizė. [Interaktyvus] 2020m. [Žiūrėta 2020-04-24]. Prieiga per: http://distance.ktu.lt/kursai/verslumas/pardavimai_I/116359.html
29. Mikroaplinka skaidrės. [Interaktyvus] 2016m. [Žiūrėta 2020-04-24]. Prieiga per: <https://www.mokslobaze.lt/imonos-mikroaplinka-skaidres.html>
30. SSGG analizė. [Interaktyvus] 2020m. [Žiūrėta 2020-04-24]. Prieiga per: http://distance.ktu.lt/kursai/verslumas/rinkos_aplinkos_tyrimai_II/122726.html
31. AB „Ignitis“ [Interaktyvus]. 2020m. [žiūrėta 2020-04-28]. Prieiga per: <https://ignitis.lt/lt/gamtiniu-duju-kainos-nuo-2020-metu-sausio-1-dienos>
32. AB „Ignitis“ [Interaktyvus]. 2020m. [žiūrėta 2020-04-28]. Prieiga per: <https://www.ignitis.lt/lt/tarifo-planas-namai-plius>

Priedai

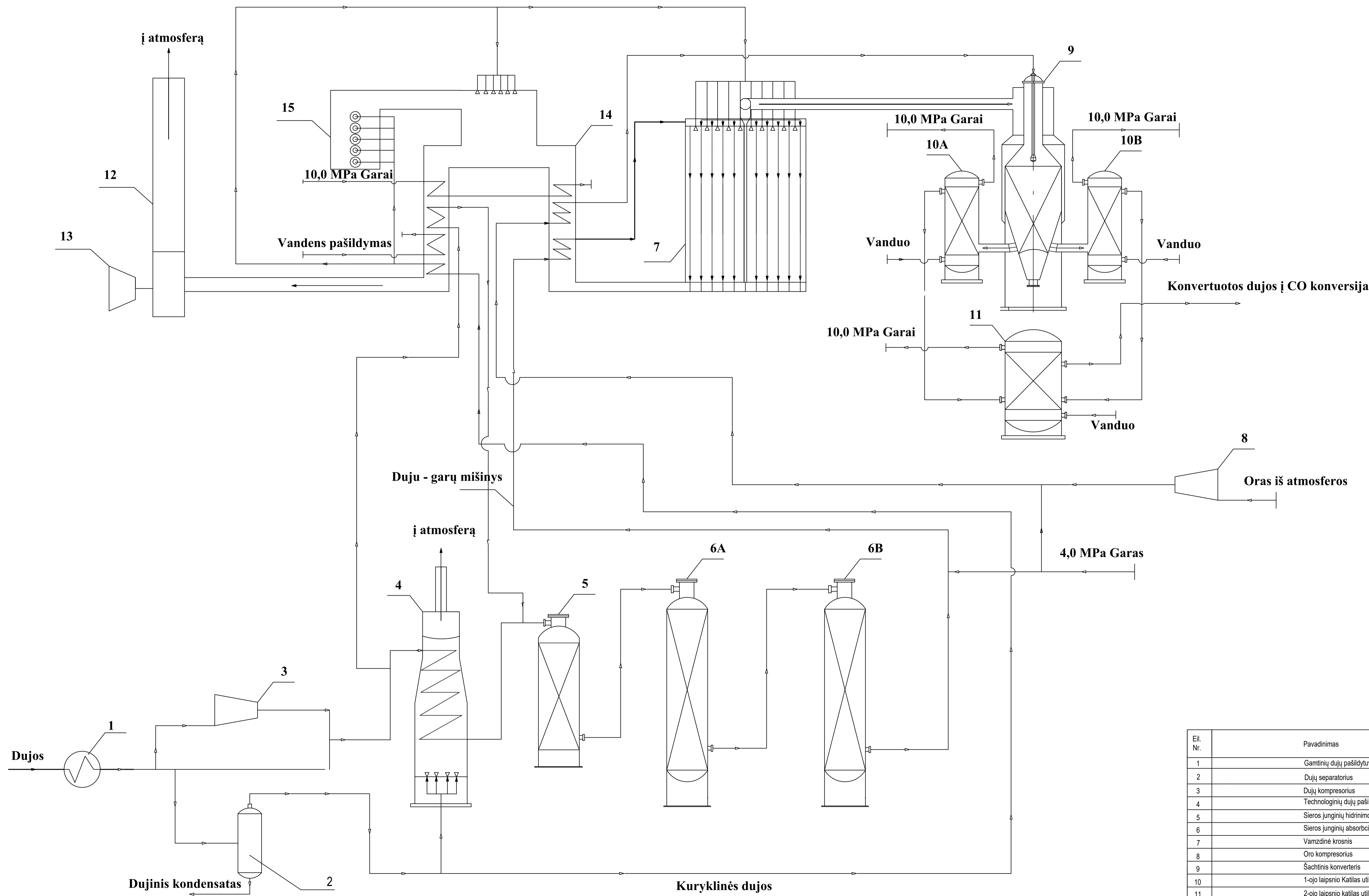


Eil. Nr.	Pavadinimas	Kiekis
1	Gamtinių dujų pašildytuvas	1
2	Dujų separatorius	1
3	Dujų kompresorius	1
4	Technologinių dujų pašildytuvas	1
5	Sieros junginių hidrinimo aparatas	1
6	Sieros junginių absorbcijos kolona	2
7	Vamzdinė krosnis	1
8	Oro kompresorius	1
9	Šachtinis konverteris	1
10	1-ojo laipsnio Katilas utilizatorius	2
11	2-ojo laipsnio katilas utilizatorius	1
12	Kaminas	1
13	Dumslurbilis	2
14	Šilumos panaudojimo aparatas	1
15	Pagalbinė krosnis	1

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
TMC - 8	Studentas	J.Šteika	Metano konversijos agregato technologinis įvertinimas	Laida
	Vadovas	S.Kitrys		Mastelis
	Recenzentas	A.Jaskūnas	Dviliapsnės metano konversijos vandens garais technologinė linija	
	Konsultantas	O.Viliūnienė		
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra		Lapas	Lapų
MBD	LT - 50254 Radvilėnų pl.19, Kaunas		2020 - MBD - FNC	1 5

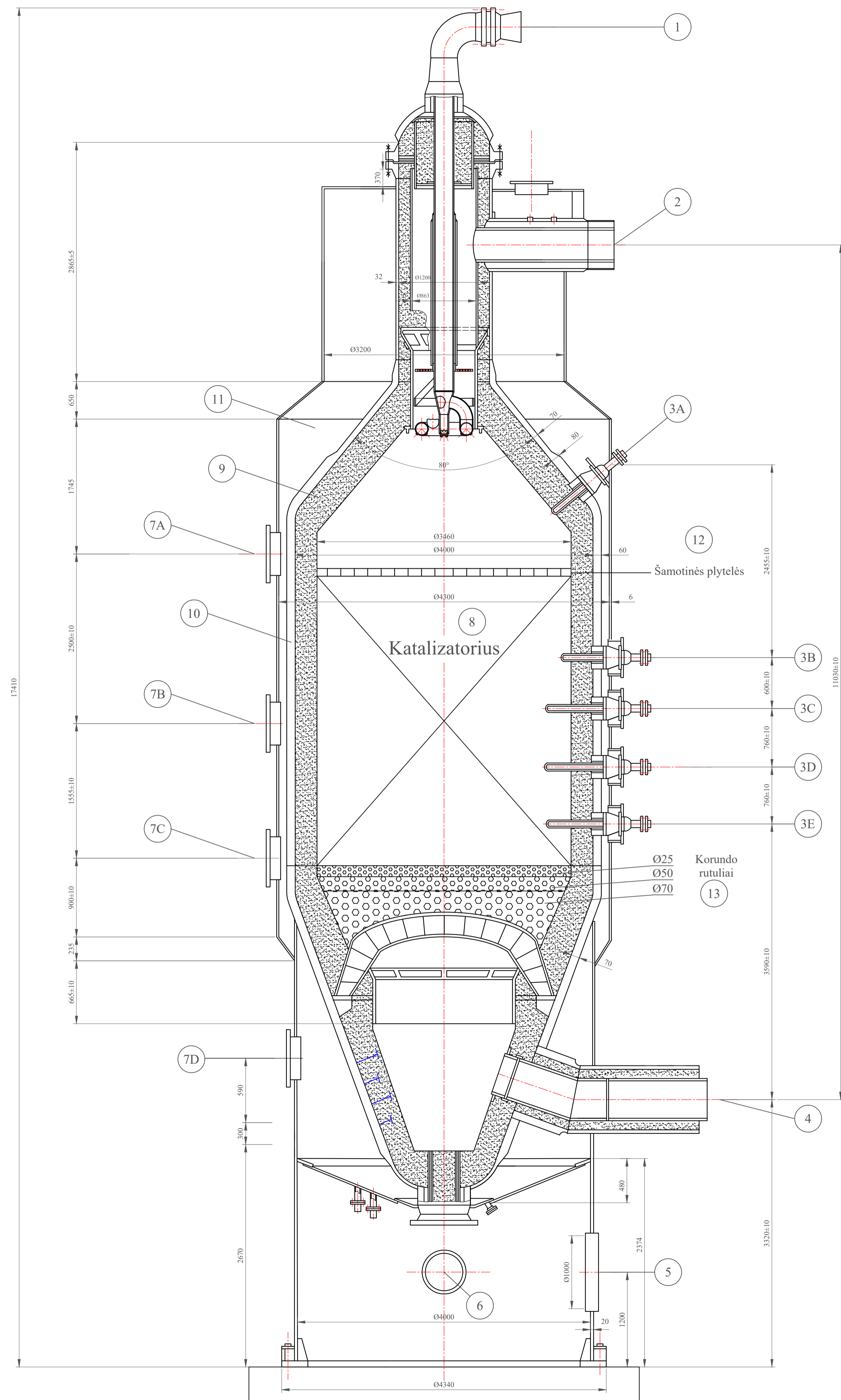
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

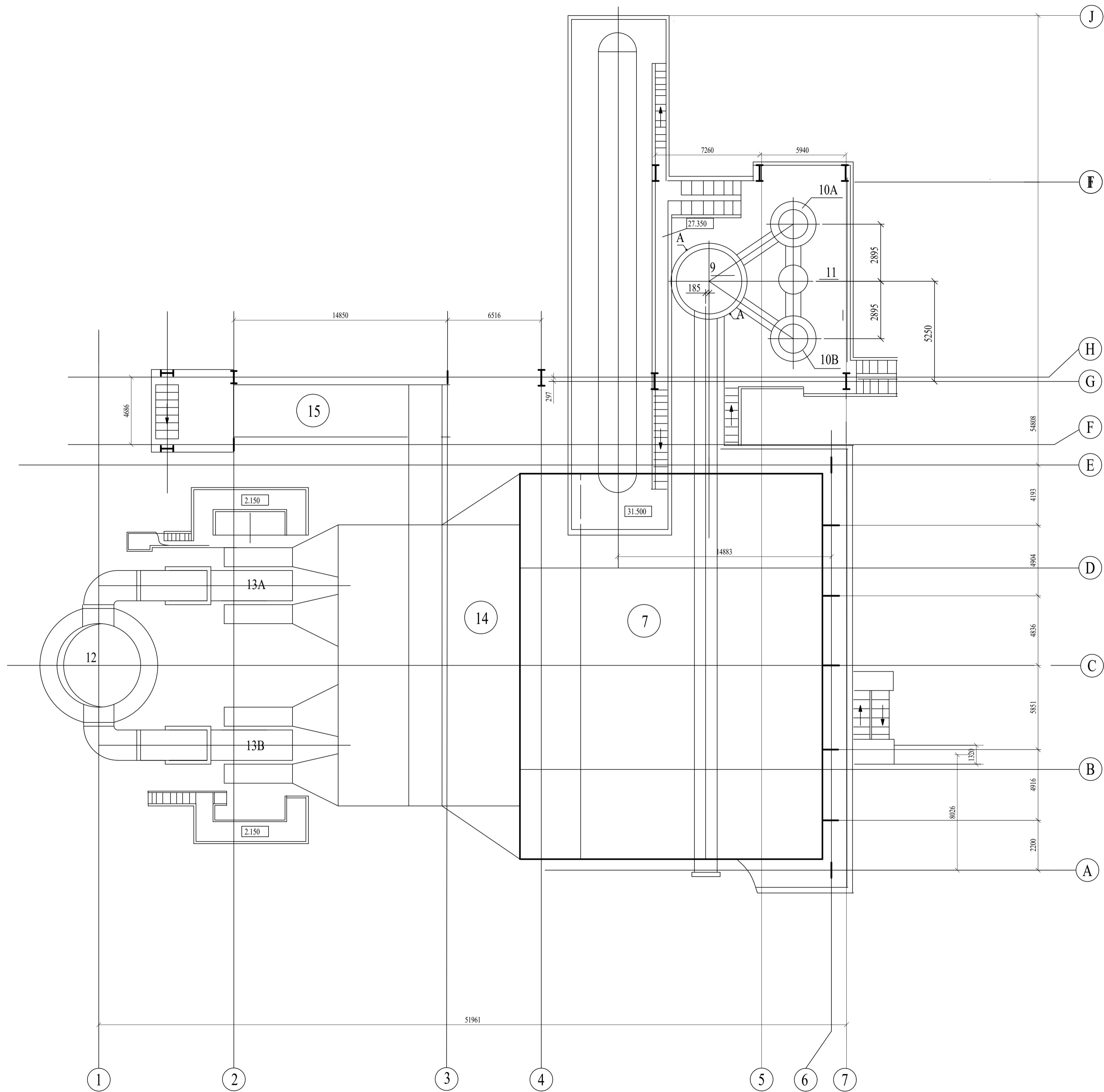


Eil. Nr.	Pavadinimas	Kiekis
1	Gamtinių dujų pašildytuvas	1
2	Dujų separatorius	1
3	Dujų kompresorius	1
4	Technologinių dujų pašildytuvas	1
5	Sieros junginių hidrinimo aparatas	1
6	Sieros junginių absorbcijos kolona	2
7	Vamzdinė krosnis	1
8	Oro kompresorius	1
9	Šachtinis konverteris	1
10	1-ojo laipsnio Katilas utilizatorius	2
11	2-ojo laipsnio katilas utilizatorius	1
12	Kaminas	1
13	Dumsiurbis	2
14	Šilumos panaudojimo aparatas	1
15	Pagalbinė krosnis	1

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
TMC - 8	Studentas	J.Šteika	Metano konversijos agregato technologinis įvertinimas	Laida
	Vadovas	S.Kitrys		
	Recenzentas	A.Jaskūnas	Dvialapsnis metano konversijos vandens garais technologinė linija	Mastelis
	Konsultantas	O.Viliūnienė		
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra		2020 - MBD - FNC	LapasLapų
MBD	LT - 50254 Radvilėnų pl.19, Kaunas			



Eil. Nr.	Pavadinimas	Kiekis	
1	Oro srautas į šachtinį konverterį	1	
2	Dalinai konvertuotos dujos į šachtinį konverterį	1	
3	Termopora	5	
4	Konvertuotos dujos iš šachtinio konverterio	1	
5	Apžiūrėjimo anga	1	
6	Apatinis įrenginio dangtis	1	
7	Liukas	4	
8	Katalizatoriaus sluoksnis	1	
9	keramikos sluoksnis atsparus karščiui	1	
11	Vandens sluoksnis sieneliu aušinimui	1	
12	Šamotinės plytos	1	
13	Korundo rutuliai	1	
Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas	Magistro baigiamasis darbas	
TMC - 8	Studentas J.Šileika	Metano konversijos agregato technologinis įvertinimas	
	Vadovas S.Kitrys		
	Recenzentas A.Jaskūnas	Šachtinis konverteris	
	Konsultantas O.Viliūnienė		
Pr.etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra	2020 - MBD - FNC	
MBD	LT - 50254 Radvilėnų pl.19, Kaunas		
		Lapas	Lapų
		3	5

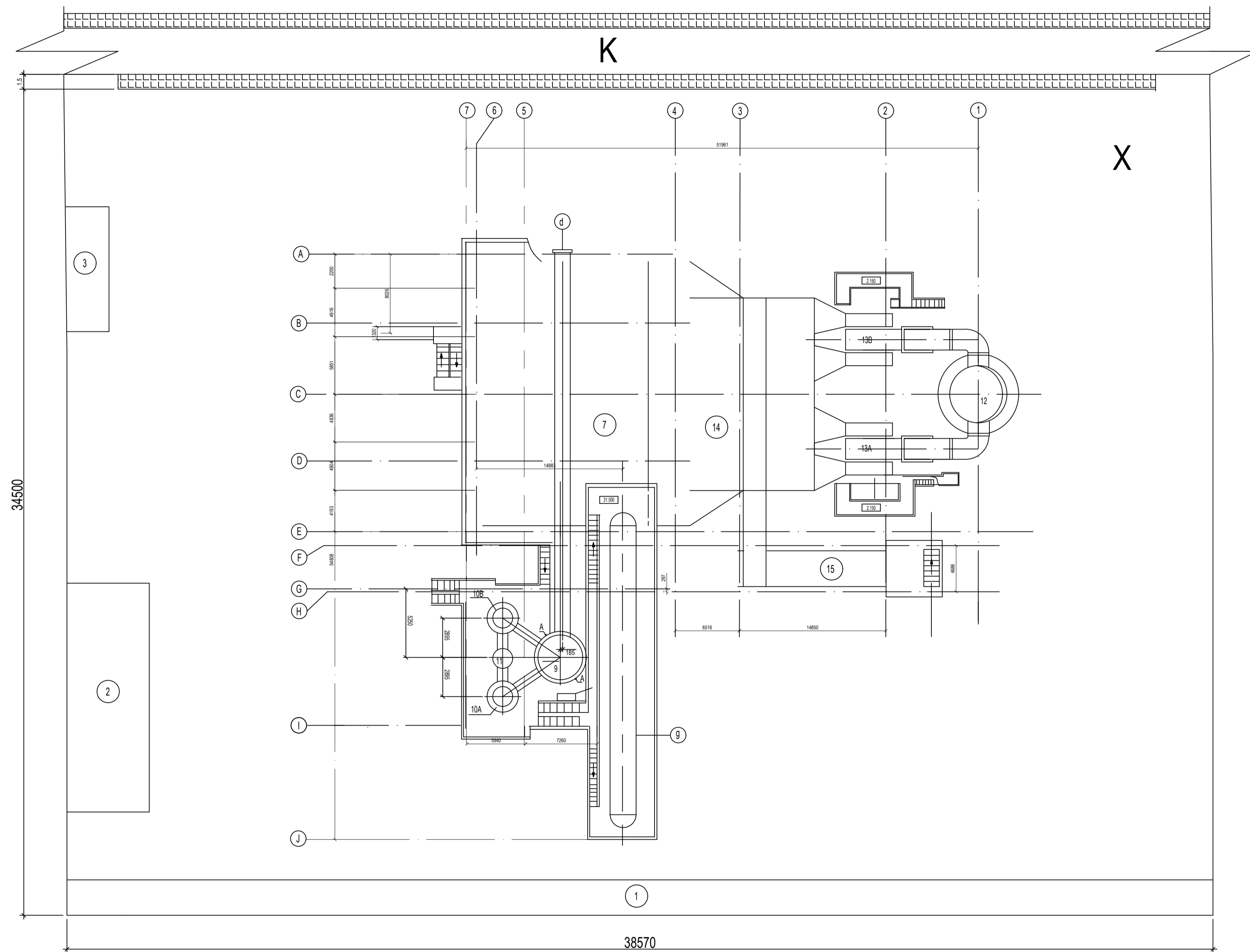


Eil. Nr.	Pavadinimas	Kiekis
7	Vamzdinės krosnis	1
9	Šachtinis konverteris	1
10	1 - ojo laipsnio katilas - utilizatorius	2
11	2 - ojo laipsnio katilas - utilizatorius	1
12	Kaminas	1
13	Dūmsiurbis	2
14	Šilumos panaudojimo aparatas	1
15	Pagalbinė krosnis	1

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
	TMC - 8	Studentas J.Šileika	Metano konversijos agregato technologinis įvertinimas	
	Vadovas S.Kitrys			Laida
	Recenzentas A.Jaskūnas			Mastelis
	Konsultantas O.Viliūnienė			
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra		Lapas/Lapų	
MBD	LT - 50254 Radvilėnų pl.19, Kaunas		2020 - MBD - FNC	4 5

Situacijos planas

Sklypo planas



Sutartiniai žymėjimai:

- X** Asfalto danga Trinkelių danga
- d** Gamtinės dujos **g** Garai
- K** Kelias ① ② ③ Netoliese esantis pastatai

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
TMC - 8	Studentas	J.Šteika	Metano konversijos agregato technologinis įvertinimas	Laida
	Vadovas	S.Kitrys		Mastelis
	Recenzentas	A.Jaskūnas	Sklypo planas	
	Konsultantas	O.Viliūnienė		
Pretapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra			Lapas_Lapų
MBD	LT - 50254 Radvilėnų pl.19, Kaunas		2020 - MBD - FNC	5 5