



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Rokas Žubikas

**KURO FRAKCIJŲ VALYMAS ALTERNATYVIUOJU
METODU AKCINĖJE BENDROVĖJE „ORLEN LIETUVA“**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas
doc. dr. Linas Miknius

KAUNAS, 2018

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

ORGANINĖS CHEMIJOS KATEDRA

**KURO FRAKCIJŲ VALYMAS ALTERNATYVIUOJU
METODU AKCINĖJE BENDROVĖJE „ORLEN LIETUVA“**

Baigiamasis magistro projektas

Chemijos inžinerija (kodas 621H81004)

Vadovas

doc. dr. Linas Miknius

Recenzentas

prof. habil. dr. Vytautas Mickevičius

Projektą atliko

Rokas Žubikas

Konsultantai:

Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai

lekt. Viktorija Varaniūtė

Darbuotojų sauga ir sveikata

doc. dr. Dalia Nizevičienė

Aplinkosaugos vertinimas

doc. dr. Inga Stasiulaitienė

Statybiniai sprendimai

lekt. Odetta Viliūnienė

KAUNAS, 2018

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Tvirtinu:

Cheminės technologijos fakulteto dekanas

prof. dr. E. Valatka

Dekano įsakymas Nr. ST18-F-02-3

2018 m. vasario 22 d.

Suderinta:

Organinės chemijos katedros vedėjas

prof. dr. V. Martynaitis

2018 m. vasario 22 d.

TIRIAMOJO-TAIKOMOJO POBŪDŽIO MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui **Rokui Žubikui**.

1. Projekto tema: Kuro frakcijų valymas alternatyviuoju metodu akcinėje bendrovėje „ORLEN Lietuva“.
2. Darbo tikslas: Panaudoti vandenilio peroksida, kaip heteroatominius ryšius skaidančią medžiagą, kuro frakcijų valyme nuo sieros junginių.
3. Projekto uždaviniai:
 - 3.1. Ištirti vandenilio peroksido poveikį įvairių kuro frakcijų sieros junginiams.
 - 3.2. Suprojektuoti kuro frakcijų nusierinimo įrenginį panaudojant vandenilio peroksida, pritaikant jį esamame naftos perdirbimo komplekse.
 - 3.3. Atlikti statybinius, technologinius ir ekonominius projektuojamo įrenginio skaičiavimus, numatyti priemones saugiam darbui užtikrinti.
4. Projekto sudėtinės dalys:
 - 4.1. Skaičiuojamasis – aiškinamasis raštas: bendroji dalis; mokslinio tiriamojo darbo rezultatai; technologinė dalis; statybiniai sprendimai; darbuotojų sauga ir sveikata; finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai; aplinkosaugos vertinimas.
 - 4.2. Grafinė medžiaga: technologinė schema; statybos teritorijos planas (generalinis planas); kuro nusierinimo frakcijų įrenginio planas; įrenginio valdymo operatorinės planas.
5. Užduoties išdavimo data 2018 m. vasario 22 d.
6. Užbaigto projekto pateikimo terminas 2018 m. birželio 1 d.

Vadovas: doc. dr. Linas Miknius

(parašas)

Užduotį gavau: Rokas Žubikas

(parašas)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ORGANINĖS CHEMIJOS KATEDRA

Rokas Žubikas

Chemijos inžinerija (kodas 621H81004)

Baigiamojo projekto „Kuro frakcijų valymas alternatyviuoju metodu akcinėje bendrovėje
„ORLEN Lietuva“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

2018 m. balandžio 28 d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Roko Žubiko**, baigiamasis projektas tema „Kuro frakcijų valymas alternatyviuoju metodu akcinėje bendrovėje „ORLEN Lietuva“ 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.

(vardas, pavardė)

(parašas)

Žubikas, R. Kuro frakcijų valymas alternatyviuoju metodu akcinėje bendrovėje „ORLEN Lietuva“. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Linas Miknius; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas, Organinės chemijos katedra.

Mokslo kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, Chemijos inžinerija.

Reikšminiai žodžiai: vandenilio peroksidas; metano rūgštis; sieros junginių oksidavimas; naftos chemija.

Kaunas, 2018. 71 p.

SANTRAUKA

Šiame magistro baigiamajame projekte ištirtas vandenilio peroksido, kaip heteroatominis ryšius skaidančios medžiagos, poveikis įvairių kuro frakcijų sieros junginiams bei suprojektuotas nusierinimo įrenginys, pritaikant jį esamame naftos perdirbimo komplekse. Projekte atlikti žaliavos pašildymo šilumokaičio, išcentrinio siurblio, sumaišymo reaktoriaus technologiniai skaičiavimai, sudaryti medžiagų balansai. Didelis dėmesys skirtas darbuotojų saugai ir sveikatai – apžvelgta profesinė rizika, darbo higiena, gaisrinė sauga, apskaičiuota žaibolaidžio apsaugos zona. Įvertinus fizikinius, cheminius ir ergonominius veiksnius darbo vietoje, parinktos asmeninės apsaugos priemonės. Taip pat atlikti ekonominiai ir finansiniai skaičiavimai, inovacijos projektavimo ir diegimo aplinkos analizė, apžvelgtos pastato inžinerinės sistemos ir konstrukcinės sandaros sprendimai, veiklos sąlygojama tarša ir tvarkymo galimybės, pateikta įrenginio technologinė schema.

Žubikas, R. Treatment of fuel fractions by alternative method at public company “ORLEN Lietuva”. The Master’s Degree Final Project / supervisor Associate Professor Dr. Linas Miknius; Kaunas University of Technology, Faculty of Chemical Technology, Department of Organic Chemistry.

Study field and area: Science of Technology, Chemical Engineering.

Keywords: hydrogen peroxide; formic acid; oxidative desulfurization; petroleum chemistry.

Kaunas, 2018. 71 pages.

SUMMARY

In this master's degree final project, the reduction of sulfur compounds from petroleum fraction using hydrogen peroxide is being proposed. During the process, the organosulfur compounds are oxidized to their corresponding sulfones and disulfides. In this project the desulphurisation plant is being designed for the existing oil refinery, the technological calculations of heat exchangers, centrifugal pumps, mixing reactors and material balances were created. Special attention was paid to occupational safety, health and hygiene. Also selected personal protective equipment based on the potential physical, chemical and ergonomic factors in the workplace. Furthermore, the paper presents lightning protection zone calculation and visualization, economic and financial viability of an investment project and the choice of material, and structural solutions. The problem of environmental pollution and waste management is considered, a process flow diagram for desulphurisation plant is being proposed.

TURINYS

Įvadas	12
1. Literatūros apžvalga	14
1.1. Naftos cheminiai valymo metodai.....	14
1.2. Vandens peroksido panaudojimas naftos produktų valyme nuo sieros junginių.....	15
1.3. Sieros junginių oksidavimo pranašumai prieš hidrovalymo procesą	17
2. Tiriamojo darbo apžvalga.....	20
2.1. Medžiagos ir metodai	20
2.2. Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas	22
3. Technologinė įranga ir skaičiavimai	27
3.1. Išcentrinis siurblys.....	27
3.2. Žaliavos pašildymo šilumokaitis	31
3.3. Sumaišymo reaktorius	33
4. Technologinės schemos aprašymas	36
5. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai.....	39
5.1. Inovacijos projektavimo ir diegimo aplinkos analizė.....	39
5.2. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai	40
5.2.1. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas	40
5.3. Produkcijos gamybos apimtis ir gautinosios pajamos.....	41
5.4. Gamybinės veiklos kaštai	42
5.4.1. Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas.....	42
5.4.2. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas	45
5.5. Veiklos kaštai ir gaminio kainos skaičiavimas.....	47
5.6. Lūžio taško skaičiavimas.....	48
5.7. Grynųjų pinigų srautų, pelno ir projekto atsipirkimo skaičiavimas	49
6. Darbuotojų sauga ir sveikata	51
6.1. Projektuojamo objekto charakteristika	51
6.2. Profesinės rizikos vertinimas.....	51
6.3. Saugi gamyba	53
6.3.1. Žaibolaidžio apsaugos zonos skaičiavimas.....	54
6.4. Darbo higiena	56
6.5. Gaisrinė sauga	58
7. Statybiniai sprendimai	59
7.1. Pastato rekonstrukcijos darbų kainos apskaičiavimas	60

8. Aplinkosaugos vertinimas	61
8.1. Susidarančios atliekos ir jų tvarkymo galimybės	63
8.2. Susidarančios nuotekos ir jų tvarkymo galimybės	64
Išvados.....	66
Literatūros sąrašas	68
Priedai.....	71

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. Vandenilio peroksido (H ₂ O ₂) fizikinės savybės	15
2.1 lentelė. Oksidacijos reakcijų darbo planas	21
2.2 lentelė. Sieros kiekis žaliavinėse kuro frakcijose	22
2.3 lentelė. Sieros kiekio pokytis lengvojo dyzelino frakcijoje keičiant reakcijos temperatūrą ...	22
2.4 lentelė. Sieros kiekio pokytis lengvojo dyzelino frakcijoje keičiant reagentų kiekius	22
2.5 lentelė. Sieros kiekio pokytis sunkiojo dyzelino frakcijoje keičiant reakcijos temperatūrą ...	23
2.6 lentelė. Sieros kiekio pokytis sunkiojo dyzelino frakcijoje keičiant reagentų kiekius.....	24
2.7 lentelė. Sieros kiekio pokytis mazuto frakcijoje keičiant reakcijos temperatūrą	25
2.8 lentelė. Sieros kiekio pokytis atmosferinio mazuto frakcijoje keičiant reagentų kiekius	25
3.1 lentelė. Dyzelino (fr. 230–290 °C) pašildymo šilumokaičio parametrai.....	32
3.2 lentelė. Komponentų kiekiai ir santykinės dalys mišinyje	34
5.1 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai	40
5.2 lentelė. Technologinių įrengimų vertė	40
5.3 lentelė. Negyvenamųjų pastatų rekonstrukcijos kainos 1 m ³ statinio	41
5.4 lentelė. Operatorinės statybos kainos apskaičiavimas.....	41
5.5 lentelė. Produkcijos gamybos apimtis ir gautinosios pajamos	42
5.6 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms pirmais projekto metais (apyvartinės lėšos).....	43
5.7 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui	43
5.8 lentelė. Darbdavio mokami mokesčiai	44
5.9 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai	44
5.10 lentelė. Išlaidos apšvietimui	45
5.11 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas	45
5.12 lentelė. Lengvojo dyzelino logistikos kaštai	45
5.13 lentelė. Suvestinė gamybos kaštų lentelė	47
5.14 lentelė. Gaminio kaina.....	48
5.15 lentelė. Lūžio taškas	48
5.16 lentelė. Sąnaudų pasikeitimas įgyvendinus projektą (nuliniais metais).....	49
5.17 lentelė. Sąnaudų pasikeitimas pirmais projekto gyvavimo metais.....	49
6.1 lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas	52
6.2 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai.....	52
6.3 lentelė. Patalpų kategorijos pagal sprogimo ir gaisro pavojų.....	53
6.4 lentelė. Išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogimo ir gaisro pavojų.....	53
6.5 lentelė. Vieno lyno žaibolaidžio apsaugos zonos skaičiavimas	54

6.6 lentelė. Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai	56
6.7 lentelė. Apytikriai angliaavandenilių ribiniai dydžiai.....	56
6.8 lentelė. Darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsaugos priemonėmis sąrašas.....	57
6.9 lentelė. Darbo patalpos šiluminio komforto parametrų norminės vertės	57
6.10 lentelė. Gaisro klasė ir ugnį gesinanti medžiaga	58
7.1 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai	59
7.2 lentelė. Negyvenamųjų pastatų statybos ir rekonstrukcijos kainos 1 m ³ statinio.....	60
7.3 lentelė. Operatorinės projektavimo ir statybos kainos apskaičiavimas.....	60
8.1 lentelė. Proceso medžiagų balansas lengvojo dyzelino frakcijos valymui.....	61
8.2 lentelė. Proceso medžiagų balansas sunkiojo dyzelino frakcijos valymui.....	62
8.3 lentelė. Duomenys apie naudojamas žaliavas ir pagalbines chemines medžiagas.....	62
8.4 lentelė. Duomenys apie energetinėms reikmėms naudojamus išteklius	63
8.5 lentelė. Veiklos sąlygojama fizikinė tarša.....	63
8.6 lentelė. Susidarančių atliekų balansas	63
8.7 lentelė. Susidarančio vandens balansas	65
8.8 lentelė. Vandens valymo metodai	65

ILIUSTRACIJŲ SĄRAŠAS

2.1 pav. Sieros junginių oksidavimo proceso algoritmas	20
2.2 pav. Sieros kiekio pokytis lengvojo dyzelino frakcijoje	23
2.3 pav. Sieros kiekio pokytis sunkiojo dyzelino frakcijoje	24
2.4 pav. Sieros kiekio pokytis atmosferinio mazuto frakcijoje	26
3.1 pav. Išcentrinis siurblys.....	27
3.2 pav. Siurblio NK-200/120 darbo charakteristikos, kai darbo ratas 1a	28
3.3 pav. Siurblio NK-200/120 darbo charakteristikos, kai darbo ratas 1g.....	29
3.4 pav. Temperatūrų pasiskirstymas šilumokaityje fluidams tekant prieš srovę.....	32
4.1 pav. Sieros junginių oksidavimo įrenginys	38
5.1 pav. Įmonės bendras metinis visos produkcijos eksportas ir importas	46
5.2 pav. „ORLEN Lietuva“ pardavimų rinkos struktūra.....	46
6.1 pav. Objekto apsauga nuo žaibo vienu lynu.....	55

ĮVADAS

Temos aktualumas ir mokslinis naujumas. Siera yra labiausiai naftoje paplitęs heteroelementas. Paprastai sieringųjų junginių daugėja, didėjant frakcijos virimo temperatūrai. Skirtingai nuo kitų heteroatominių junginių, kurių daugiausiai būna asfaltinėje naftos dalyje, daug sieros turinčių junginių randama distiliatuose. Siera naftoje yra ištirpusi elementinėje būsenoje, sieros vandenilio, merkaptanų, sulfidų, disulfidų, tiofeno darinių pavidalu [1]. Siera ir jos junginiai pablogina naftos produktų savybes, sukelia koroziją, apsunkina naftos katalizinį perdirbimą. Vandenilio sulfidas, išsiskiriantis termiškai veikiant nestabilius merkaptanų junginius, deaktyvuoja katalizinio krekingo proceso metu naudojamą mikrosferinį ceolitinį katalizatorių, taip sumažindamas aukštos kokybės produktų kiekį. Deginant sieringą naftos kurą į atmosferą su dūmais patenka dideli kiekiai vandenyje tirpių sieros oksidų, kurie teršia aplinką, kenkia faunai ir florai.

Šiuo metu akcinėje bendrovėje „ORLEN Lietuva“ kuro frakcijų valymui nuo sieros junginių yra naudojamas hidrogenizacinis perdirbimas, kurio metu naftos frakcijos, esant dideliame slėgiui (20–50 bar) ir temperatūrai (350–390 °C), ant katalizatoriaus paviršiaus, yra veikiamos vandeniliu. Hidrogenizacijos reakcijų metu yra pašalinami heteroatomai ir prisotinami olefinai – organiniai sieros junginiai virsta į alkanus arba arenus, išsiskiriant vandenilio sulfidui. Tačiau pastaruoju metu didelį mokslinį susidomėjimą kelia naftos frakcijų valymas alternatyviuoju metodu ekonominiu ir aplinkosaugos požiūriu. Panaudojus vandenilio peroksidą bei metano rūgštį yra inicijuojamos organinių sieros junginių oksidacijos reakcijos, kurių metu susidarę sulfonai, disulfidai ir elementinė siera yra pašalinami iš kuro frakcijų žemoje temperatūroje (60–90 °C) bei atmosferiniame slėgyje [2]. Šio projekto temos naujumas pasireiškia tuo, jog Lietuvoje nebuvo atlikta moksliniu tyrimų apie vandenilio peroksido panaudojimo galimybes valant kuro frakcijas nuo sieros junginių. Projekto autoriaus gauti rezultatai ir pateiktos rekomendacijos būtų naudingos ne tik konkrečiai įmonei, bet ir kitiems tyrėjams, kurie domisi šia tematika.

Darbo tikslas ir uždaviniai. Šio projekto tikslas – panaudoti vandenilio peroksidą, kaip heteroatominius ryšius skaidančią medžiagą, valant kuro frakcijas nuo sieros junginių. Projekto tikslui pasiekti reikėjo įvykdyti šiuos uždavinius:

1. ištirti vandenilio peroksido poveikį įvairių kuro frakcijų sieros junginiams;
2. suprojektuoti kuro frakcijų nusierinimo įrenginį panaudojant vandenilio peroksidą, pritaikant jį esamame naftos perdirbimo komplekse;
3. atlikti statybinius, technologinius ir ekonominius projektuojamo įrenginio skaičiavimus, numatyti priemones saugiam darbui užtikrinti.

Darbo apimtis. Magistro baigiamąjį projektą sudaro įvadas, literatūros apžvalga, technologiniai, ekonominiai skaičiavimai, statybinių sprendimų aptarimas, profesinės rizikos vertinimas,

išvados, 30 šaltinių literatūros sąrašas ir prieduose pateikti brėžiniai. Medžiaga išdėstyta 71 puslapyje, įskaitant 49 lenteles ir 12 paveikslų.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

Organinių sieros junginių oksidavimo procesas apima du etapus – tai oksidacijos reakcija ir skysčio ekstrakcija. Junginiai, kurių molekulėje yra sieros heteroatomas, yra lengvai oksiduojami vandenilio peroksidu rūgštinėje terpėje. Šia tematika atlikta keletas mokslų tyrimų užsienio mokslo institucijose. 2009 metais buvo publikuotas mokslinis straipsnis, kuriame aprašyta dibenztiofeno oksidacija vandenilio peroksidu, naudojant paviršinio aktyvumo medžiagą volframatą $[(\text{CH}_3)_3\text{NC}_{16}\text{H}_{33}]_4\text{W}_{10}\text{O}_{32}$. Reakcija vyko 30 minučių 60 °C temperatūroje ir buvo pasiekta 99,6 % sieros junginių konversija. Kuro frakcijoje, kurioje buvo benztiofenas ir 4,6-dimetildibenztiofenas katalizatorius išliko aktyvus – benztiofeno konversija truko 3 valandas ir 25 minutes ir pasiekė 99,6 %, tuo tarpu 4,6-dimetildibenztiofenas oksidavosi iki 99,4 % per 1 valandą ir 25 minutes, kai reakcija vyko atmosferiniame slėgyje ir 60 °C temperatūroje [3].

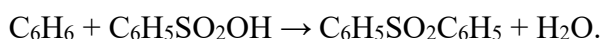
2011 metais buvo atliktas tyrimas, kuriame tiofenas, benztiofenas, dibenztiofenas ir 4,6-dimetildibenztiofenas buvo oksiduoti iki jų atitinkamų sulfonų vandenilio peroksido pagalba. Kaip katalizatorius buvo panaudotas $\text{MoO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. Reakcijos laikas – 15 minučių. Buvo tirta vandenilio peroksido ir katalizatoriaus kiekio priklausomybė atskirtos sieros kiekiui. Nustatyta, jog oksidacijos reakcijos aktyvumas didėja šia tvarka: tiofenas < benztiofenas < dibenztiofenas < 4,6-dimetildibenztiofenas [4].

1.1. Naftos cheminiai valymo metodai

Naftos pramonėje plačiai naudojami įvairūs cheminiai metodai iš produktų pašalinti rūgštinėmis savybėmis pasižyminčius junginius. Įprastai naftos tiesioginės distiliacijos produktai turi nafteninių rūgščių, kurios gali būti valomos šarminiais junginiais. Krekingo benzine yra ne tik sieros junginių, bet ir alkadienų, nesočių ciklinių junginių, kurie lengvai polimerizuoja, sudarydami dervas. Jie gali būti valomi sieros rūgštimi. Benzino–tirpiklių, skystųjų parafinų, specialiųjų tepalų dearomatizacija taip pat yra atliekama rūgštiniais metodais [1].

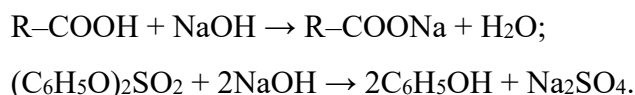
Valymas sieros rūgštimi

Arenai, reaguodami su sieros rūgštimi ar oleumu, sudaro sulfonrūgštis arba sulfonus:

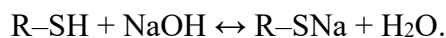


Valymas šarmu

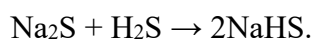
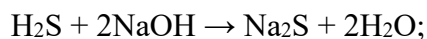
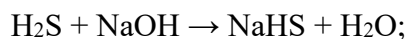
Valant šarmu iš produkto pašalinamas vandenilio sulfidas, nafteninės, riebalų rūgštys, fenoliai, sieros rūgšties likučiai ir dariniai likę po valymo sieros rūgštimi:



Su šarmais reaguodami merkaptanai sudaro merkaptidus:

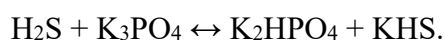
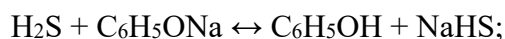
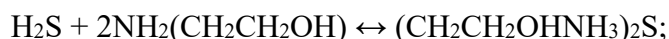


Reaguojant H_2S su šarmais susidaro druskos:



Valymas absorbuojančiais tirpalais

Sieros vandeniliui pašalinti plačiai naudojami tirpalai, su H_2S sudarantys įvairius junginius. Tirpalai aukštesnėje temperatūroje yra regeneruojami ir grąžinami į procesą. Dažniausiai naudojami monoetanolaminas, fenoliatai, fosfatai. Vyksta grįžtamos reakcijos:



1.2. Vandenilio peroksido panaudojimas naftos produktų valyme nuo sieros junginių

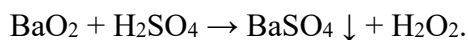
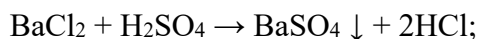
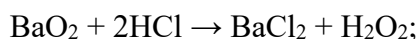
Vandenilio peroksidas yra deguonies ir vandenilio junginys, kurio molekulėje deguonies atomai sujungti tarpusavyje į grandinę $-\text{O}-\text{O}-$. Molinė masė – 34,01 g/mol. Grynas vandenilio peroksidas yra beveik bespalvis, mažai lakus ir šiek tiek sunkesnis už vandenį. Jis maišosi su vandeniu ir sudaro hidratą $\text{H}_2\text{O}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ [5].

1.1 lentelė. Vandenilio peroksido (H_2O_2) fizikinės savybės [6]

Rodiklis		Vertė
Lydimosi temperatūra, °C		-0,43
Virimo temperatūra, °C		150,2
Savitoji šiluma, J/(g·K)	skysčio, 25 °C	2,629
	dujų, 25 °C	1,352
Tankis, g/cm ³	0 °C	1,47
	20 °C	1,45
	25 °C	1,4425
Klumpumas, mPa·s	0 °C	1,819
	20 °C	1,249

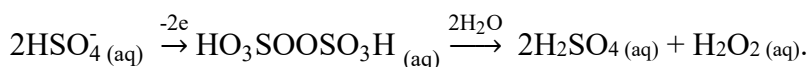
Vandenilio peroksido gavimas [5, 6]:

1. Bario peroksida veikiant rūgštimis:

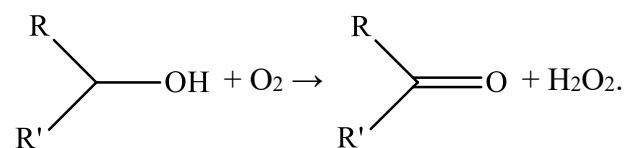
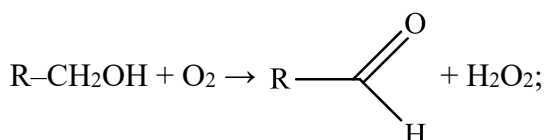


Bario peroksidui (BaO_2) reaguojant su vandenilio chloridu (HCl) susidaręs bario chloridas (BaCl_2) yra tirpus vandenyje, kaip ir vandenilio peroksidas, todėl BaCl_2 yra veikiamas sieros rūgštimi (H_2SO_4) – susidariusios bario sulfato (BaSO_4) nuosėdos vandenyje yra netirpios ir pašalinamos.

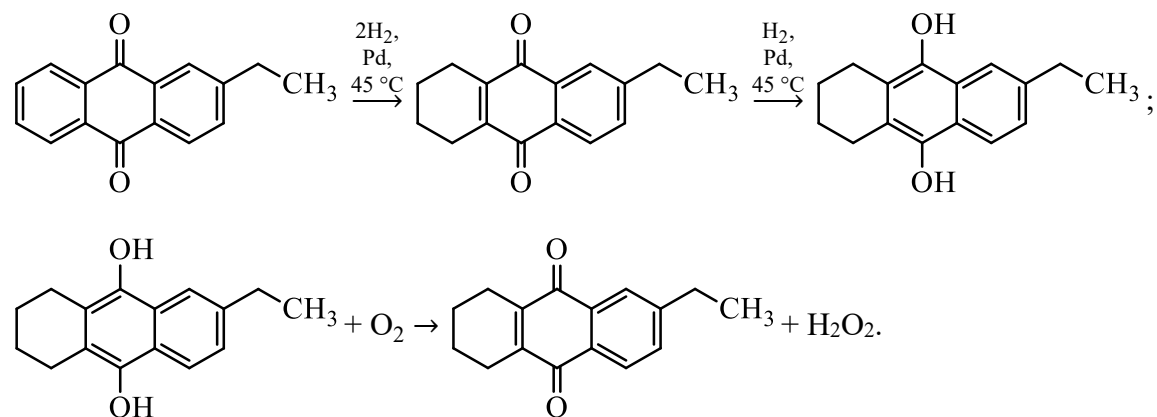
2. Hidrolizuojant peroksodisulfatus, gautus elektrolizuojant rūgščių sulfatų tirpalus:



3. Pirminių ir antrinių alkoholių oksidacijos metu, susidarant aldehidams ir ketonams:



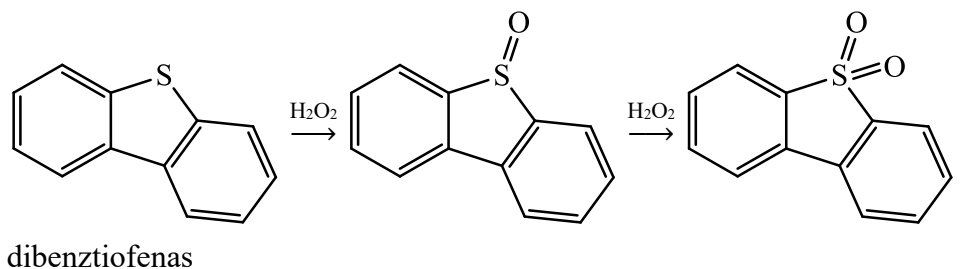
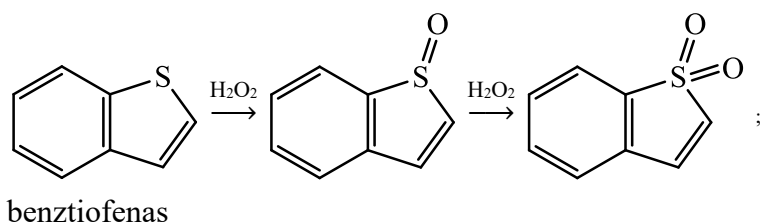
4. Autooksidacijos metu redukuojant 2-etilantrachinoną:



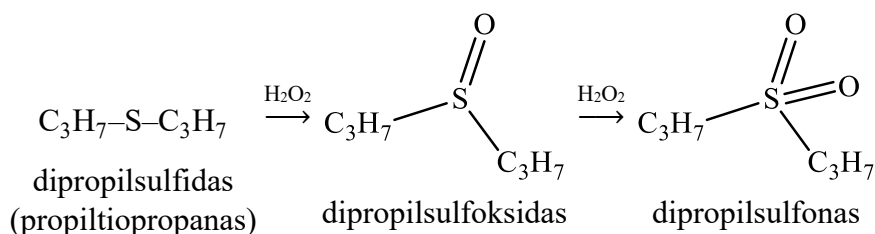
Naftoje visuomet būna daugiau ar mažiau sieros junginių, kurie, ją perdirbant, patenka į tarpinius ar galutinius produktus. Nors retai, tačiau sieringose naftose kartais būna ir elementinės sieros. Siera ir jos junginiai pablogina naftos produktų savybes, apsunkina naftos katalizinę perdirbimą. Deginant sieringą naftos kurą į atmosferą su dūmais patenka dideli kiekiai sieros oksidų SO_2 ir SO_3 , kurie teršia aplinką, kenkia augalams ir gyvajai gamtai. Sieros junginiai sukelia metalų koroziją, blogina naftos produktų eksploatacines ir ekologines savybes [7].

Vandenilio peroksidas inicijuoja šias sieros junginių oksidavimo reakcijas [8, 1]:

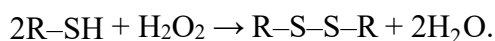
1. Aromatinių tiofenų oksidacija iki aromatinių sulfonų:



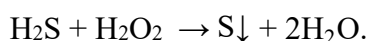
2. Sulfidų oksidacija, susidarant sulfoksidams ir sulfonams:



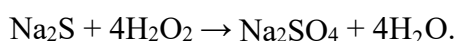
3. Merkaptanų oksidacija iki vandenyje netirpių disulfidų:



4. Vandenilio sulfido oksidacija iki elementinės sieros rūgštinėje arba neutralioje terpėje:



Esant bazinei terpei (pH > 8) dominuoja reaktyvesnių junginių sąveika su vandenilio peroksidu:



1.3. Sieros junginių oksidavimo pranašumai prieš hidrovalymo procesą

Hidrovalymo procesas pagrįstas hidrogenizacijos reakcijomis, kurioms vykstant sieros junginiai, dalyvaujant vandeniliui ant katalizatoriaus granulių paviršiaus, virsta į angliavandenilius. Proceso metu išsiskiria vandenilio sulfidas. Olefinai, priklausomai nuo rūšies žaliavoje, virsta į stabilesnius naftenų arba alkanų angliavandenilius. Hidrovalymo proceso vykdymo sąlygos priklauso nuo frakcinės ir cheminės žaliavos sudėties, reglamentuojamo sieros šalinimo laipsnio, naudojamo katalizatoriaus ir jo aktyvumo bei vandenilio koncentracijos su žaliava maišomose cirkuliuojančiose vandenilinėse dujose. Pagrindiniai cheminį procesą charakterizuojantys parametrai

yra aukšta temperatūra, didelis vandenilio parcialinis slėgis, žaliavos padavimo tūrinis greitis, vandenilinių dujų cirkuliacijos kartotinumumas ir katalizatoriaus aktyvumas [9]. Tuo tarpu organinių sieros junginių oksidacijos procesas remiasi vandenilio peroksido ir metano rūgšties inicijuojamomis oksidacijos reakcijomis. Procesas vyksta 60–90 °C temperatūroje ir atmosferiniame slėgyje. Susidarę sulfonai, disulfidai ir elementinė siera yra pašalinami iš reakcijos mišinio.

Proceso katalizatorius

Hidrogenizacijos proceso katalizatorius turi pasižymėti dideliu aktyvumu, turi neskaldyti sočiųjų angliavandenilių molekulių, ilgai tarnauti esant mažoms vandenilio sąnaudoms, būti mechaniškai atsparus trinčiai ir suslėgimui. Laikui bėgant, katalizatoriaus aktyvumas mažėja dėl sieros, kokso, metalų organinių junginių nusėdimo ant jo granulių porų paviršiaus – mažėja katalizinis aktyvumas. Katalizatoriai yra brangūs, periodiškai yra vykdoma jų regeneracija arba pakeitimas naujais [7]. Tam reikalinga stabdyti įrenginio darbą. Sieros junginių oksidavimo procesą inicijuoja rūgštinė terpė, kurią suteikia 96 % metano rūgšties tirpalas, periodiškai tiekiamas į įrenginį, o pasibaigus oksidacijos reakcijai, lengvai regeneruojamas ir grąžinamas atgal į procesą. Metano rūgštis yra gerokai pigesnė nei aliumokobaltomolibdeniniai ar aliumonikeliomolibdeniniai katalizatoriai.

Proceso iniciatorius

Sieros junginių šalinimo procesas vykdomas esant vandenilio pertekliniam kiekiui. Proceso greitis didėja, didėjant vandenilio kiekiui dujų ir žaliavos mišinyje. Cirkuliuojančių vandenilinių dujų tūrio didėjimas taip pat mažina kokso susidarymą ant katalizatoriaus paviršiaus. Šiandien įprastai naudojamas hidrovalymo procesas su vandenilinių dujų recirkuliacija. Čia H₂ koncentracija ne mažesnė kaip 70 % tūrio, o parcialinis slėgis cirkuliuojančiose dujose ne mažesnis kaip 20 bar [9]. Sieros junginių oksidavimo reakcijas inicijuoja 30 % vandenilio peroksido tirpalas, gaunamas autooksidacijos metu redukuojant 2-etilantrachinoną. H₂O₂ kiekis apskaičiuojamas pagal tiekiamos žaliavos debitą, įprastai santykiu 1:100.

Reakcijos temperatūra

Optimalių temperatūrų parinkimas hidrovalymo procese priklauso nuo pradinės žaliavos kokybės, proceso vykdymo sąlygų, katalizatoriaus aktyvumo sumažėjimo laikui bėgant, ir yra 350–390 °C temperatūros ribose. Procesą vykdyti geriausia minimaliomis, kokso susidarymą nesukeliančiomis bei reikiamą produkto kokybę užtikrinančiomis temperatūromis. Padidinus temperatūrą, sieros junginių hidrinimo laipsnis padidėja ir maksimumą pasiekia 420 °C temperatūroje. Toliau didinant temperatūrą, aktyvėja katalizatoriaus rūgštinė funkcija, spartinanti hidrokrekingo

reakcijas – mažėja tikslinio produkto išeigos bei spartėja katalizatoriaus dezaktyvacija [7]. Aukštai temperatūrai pasiekti yra naudojamos krosnys, o tai susiję su didelėmis energetinėmis išlaidomis. Sieros junginių oksidacija vykta 60–90 °C temperatūroje. Žaliavos pašildymui gali būti naudojami paprasčiausios konstrukcijos rekuperaciniai šilumokaičiai.

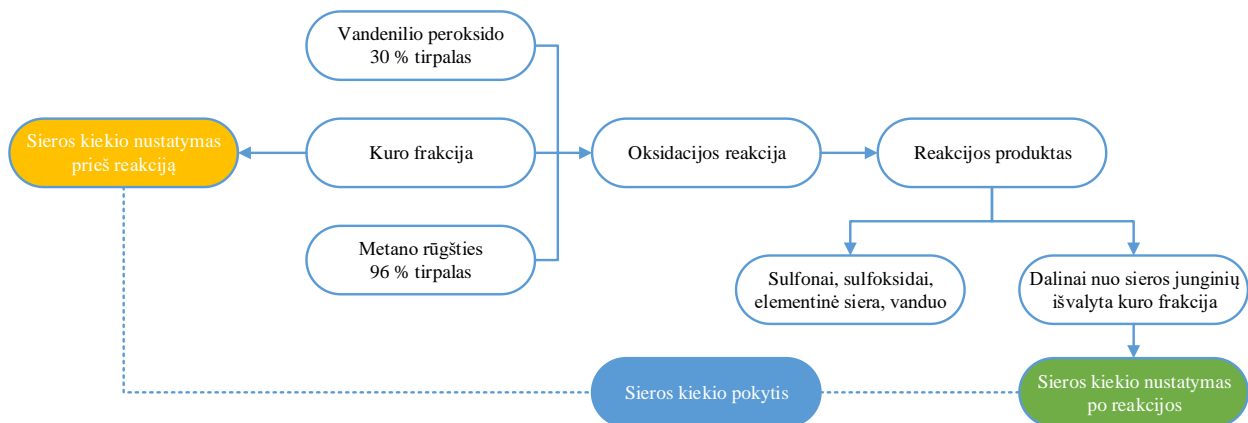
Sistemos slėgis

Hidrovalymo procesas vyksta esant 20–50 bar slėgiui. Tiriant faktorius, darančius poveikį sieros junginių šalinimo proceso gilumai, buvo pastebėta, kad hidrinimui įtakos turi ne bendras slėgio padidėjimas sistemoje, o tai, kad, padidėjus bendram slėgiui, hidrovalymo sistemoje padidėja vandenilio parcialinis slėgis. Didinant vandenilio parcialinį slėgį iki 30 bar, sieros junginių hidrinimo laipsnis didėja staigiai, o virš 30 bar – nežymiai. Vandenilio parcialinis slėgis sistemoje taip pat turi įtakos ir katalizatoriaus darbo ciklo trukmei – kuo didesnis parcialinis slėgis, tuo ilgesnis katalizatoriaus eksploatavimo laikas [7]. Tuo tarpu oksidacijos reakcija vykdoma atmosferiniame slėgyje, todėl energetinės išlaidos smarkiai sumažėja.

2. TIRIAMOJO DARBO APŽVALGA

2.1. Medžiagos ir metodai

Kuro frakcijos po atmosferinės rektifikacijos proceso įprastai pasižymi dideliu sieros kiekiu – dyzelino frakcijoms kiekis svyruoja ribose 6500–12000 mg/kg, o atmosferiniame mazute sieros kiekis įprastai yra didesnis nei 20000 mg/kg. Tai elementinė siera, vandenilio sulfidas, merkaptanai (tioalkoholiai), sulfidai, disulfidai, tiofenoliai, tiofenas. ASTM D4294 metodu nustatomas sieros kiekis tiriamosiose kuro frakcijose. Organinių sieros junginių skaidymas naftos produktuose vykdomas rūgštinėje oksidacinėje terpėje. Į apvaliadugnę kolbą įpilama 100 ml kuro frakcijos, 30 % vandenilio peroksido tirpalo (10–20 g) bei 96 % metano (skruzdžių) rūgšties tirpalo (10–160 g). Mišinys kaitinamas elektrine virykle su grįžtamoju kondensatoriumi ir maišomas magnetine maišykle 60–90 °C temperatūroje 120 minučių. Reakcijos temperatūrai matuoti naudojamas termometras, kurio galas panertas į skystį. Pasibaigus oksidacijos reakcijai (po 120 minučių) kaitinimas išjungiamas, stabdomas maišymas ir leidžiama fazėms atsiskirti. Apvaliadugnėje kolboje viršutinis sluoksnis – atitinkama kuro frakcija. Nuskaidrėjus viršutinei fazei, pipete paimamas naftos produkto mėginys, kuriame nustatomas sieros kiekis ASTM D4294 metodu. Apskaičiuojamas sieros kiekio pokytis kuro frakcijoje.



2.1 pav. Sieros junginių oksidavimo proceso algoritmas

Eksperimentui atlikti naudota laboratorinė įranga:

1. magnetinė maišyklė;
2. apvaliadugnė kolba (500 ml);
3. grįžtamasis kondensatorius;
4. termometras;
5. elektrinė viryklė;
6. svarstyklės;

7. rentgeno spindulių fluorescencijos spektrometras.

Ekperimentui naudotos kuro frakcijos:

1. pirminis lengvasis dyzelinis distiliatas (fr. 230–290 °C);
2. pirminis sunkusis dyzelinis distiliatas (fr. 290–350 °C);
3. atmosferinis mazutas.

Ekperimentas atliekamas keičiant du parametrus:

1. reakcijos temperatūrą ribose nuo 60–80 °C, kai vandenilio peroksido kiekis 20 g, o metano rūgšties kiekis 160 g;
2. reagentų kiekius – vandenilio peroksido kiekį ribose nuo 10 iki 20 g, o metano rūgštį ribose nuo 10 iki 80 g, kai reakcijos temperatūra 90 °C.

2.1 lentelė. Oksidacijos reakcijų darbo planas

Bandymas		Temperatūra, °C	Kuro frakcijos kiekis, g	Reagentų kiekis, g	
Nr.	Sąlyga			HCOOH	H ₂ O ₂
Lengvasis dyzelinas (fr. 230–290 °C)					
1	Keičiant reagentų kiekius	90	100	10	10
2				20	10
3				40	20
4				80	20
1	Keičiant reakcijos temperatūrą	60	100	160	20
2		70			
3		80			
4		90			
Sunkusis dyzelinas (fr. 290–350 °C)					
1	Keičiant reagentų kiekius	90	100	10	10
2				20	10
3				40	20
4				80	20
1	Keičiant reakcijos temperatūrą	60	100	160	20
2		70			
3		80			
4		90			
Atmosferinis mazutas					
1	Keičiant reagentų kiekius	90	100	10	10
2				20	10
3				40	20
4				80	20
1	Keičiant reakcijos temperatūrą	60	100	160	20
2		70			
3		80			
4		90			

2.2. Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Rentgeno spindulių fluorescencijos spektrometru nustatytas sieros kiekis prieš oksidaciją pagal ASTM D4294 metodiką. Rezultatai pateikti 2.2 lentelėje.

2.2 lentelė. Sieros kiekis žaliavinėse kuro frakcijose

Kuro frakcija	Sieros kiekis, mg/kg	Sieros kiekis, masės %
Lengvasis dyzelinas (fr. 230–290 °C)	7100	0,71
Sunkusis dyzelinas (fr. 290–350 °C)	10700	1,07
Atmosferinis mazutas	26300	2,63

2.3 lentelė. Sieros kiekio pokytis lengvojo dyzelino frakcijoje keičiant reakcijos temperatūrą

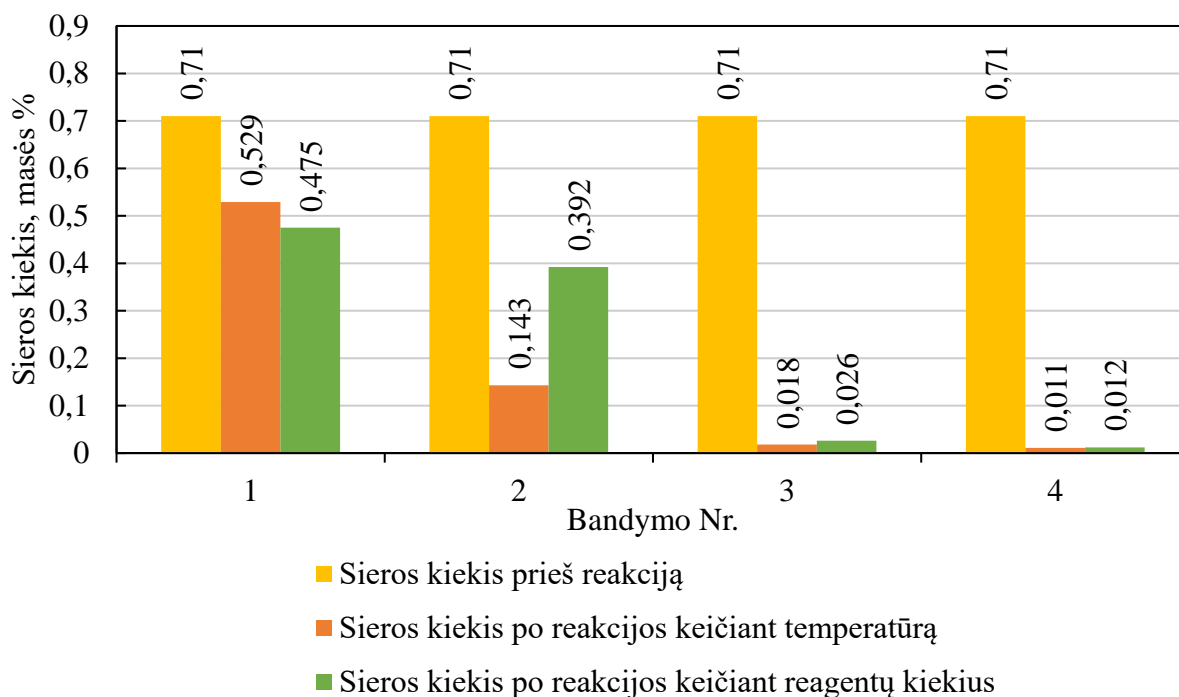
Bandymo Nr.	Temperatūra, °C	Kuro frakcijos kiekis, g	Reagentų kiekis, g		Sieros kiekis, masės %		
			HCOOH	H ₂ O ₂	Prieš reakciją	Po reakcijos	Pokytis
Lengvasis dyzelinas (fr. 230–290 °C)							
1	60	100	160	20	0,71	0,529	0,181
2	70					0,143	0,567
3	80					0,018	0,692
4	90					0,011	0,699

2.4 lentelė. Sieros kiekio pokytis lengvojo dyzelino frakcijoje keičiant reagentų kiekius

Bandymo Nr.	Temperatūra, °C	Kuro frakcijos kiekis, g	Reagentų kiekis, g		Sieros kiekis, masės %		
			HCOOH	H ₂ O ₂	Prieš reakciją	Po reakcijos	Pokytis
Lengvasis dyzelinas (fr. 230–290 °C)							
1	90	100	10	10	0,71	0,475	0,235
2			20	10		0,392	0,318
3			40	20		0,026	0,684
4			80	20		0,012	0,698

Lengvajame dyzeline (fr. 230–290 °C) pradinis sieros kiekis buvo lygus 0,71 % (7100 mg/kg). Keičiant reakcijos temperatūrą ribose nuo 60 iki 90 °C, kai vandenilio peroksido kiekis lygus 20 g, o metano rūgštis – 160 g, buvo stebimas sieros kiekio mažėjimas. Aktyviausia sieros junginių konversija pasireiškė tuomet, kai reakcijos temperatūra buvo lygi 90 °C – sieros kiekis po reakcijos buvo lygus 0,011 % (110 mg/kg). Kadangi didžiausias sieros kiekio pokytis nustatytas 90 °C temperatūroje, atliekamas antrasis tyrimo etapas – nustatomas sieros junginių kiekio pokytis frakcijoje keičiant reagentų kiekius. Buvo keičiamas metano rūgštis kiekis ribose nuo 10 iki 80 g, o vandenilio peroksido – ribose nuo 10 iki 20 g. Nustatant sieros kiekį po reakcijos pastebėta, kad sieros junginių sumažėjimas yra didžiausias ketvirtame bandinyje – kai išlaikoma

stipriai rūgštinė terpė (80 g metano rūgšties) ir vandenilio peroksido kiekis lygus 20 g. Čia sieros junginių kiekis po reakcijos buvo lygus 0,012 % (120 mg/kg).



2.2 pav. Sieros kiekio pokytis lengvojo dyzelino frakcijoje

Pastebėta, jog aktyviausia oksidacijos reakcija vyksta tuomet, kai reakcijos temperatūra yra 90 °C ir yra išlaikoma stipriai rūgštinė terpė. Kai vandenilio peroksido kiekis lygus 20 g, o metano rūgšties – 160 g, sieros kiekis sumažėja 6990 mg/kg ir pasiekama 98,45 % sieros junginių konversija.

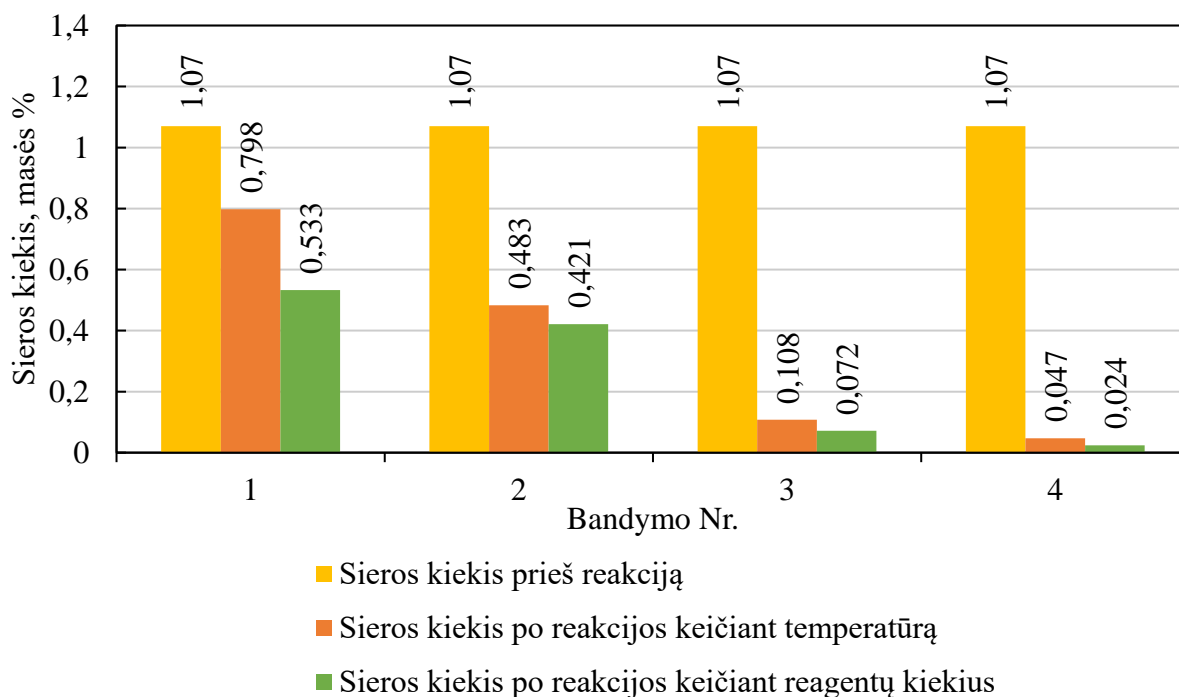
2.5 lentelė. Sieros kiekio pokytis sunkiojo dyzelino frakcijoje keičiant reakcijos temperatūrą

Bandymo Nr.	Temperatūra, °C	Kuro frakcijos kiekis, g	Reagentų kiekis, g		Sieros kiekis, masės %		
			HCOOH	H ₂ O ₂	Prieš reakciją	Po reakcijos	Pokytis
Sunkusis dyzelinas (fr. 290–350 °C)							
1	60	100	160	20	1,07	0,798	0,272
2	70					0,483	0,587
3	80					0,108	0,962
4	90					0,024	1,046

2.6 lentelė. Sieros kiekio pokytis sunkiojo dyzelino frakcijoje keičiant reagentų kiekius

Bandymo Nr.	Temperatūra, °C	Kuro frakcijos kiekis, g	Reagentų kiekis, g		Sieros kiekis, masės %		
			HCOOH	H ₂ O ₂	Prieš reakciją	Po reakcijos	Pokytis
Sunkusis dyzelinas (fr. 290–350 °C)							
1	90	100	10	10	1,07	0,533	0,537
2			20	10		0,421	0,649
3			40	20		0,072	0,998
4			80	20		0,047	1,023

Sunkiajame dyzeline (fr. 290–350 °C) pradinis sieros kiekis buvo 1,07 % (10700 mg/kg). Keičiant reakcijos temperatūrą ribose nuo 60 iki 90 °C, kai vandenilio peroksido kiekis 20 g, o metano rūgšties – 160 g, buvo stebimas sieros kiekio pokytis. Aktyviausia sieros junginių konversija pasireiškė kai reakcijos temperatūra buvo 90 °C – sieros kiekis po reakcijos buvo 0,024 % (240 mg/kg). Kadangi didžiausias sieros kiekio pokytis nustatytas 90 °C temperatūroje, atliekamas antrasis tyrimo etapas – nustatomas sieros junginių kiekio pokytis frakcijoje keičiant reagentų kiekius. Buvo keičiamas metano rūgšties kiekis ribose nuo 10 iki 80 g, o vandenilio peroksido – ribose nuo 10 iki 20 g. Nustatant sieros kiekį po reakcijos pastebėta, kad sieros junginių sumažėjimas yra didžiausias ketvirtame bandinyje – kai išlaikoma stipriai rūgštinė terpė (80 g metano rūgšties) ir vandenilio peroksido kiekis lygus 20 g. Čia sieros junginių kiekis po reakcijos buvo 0,047 % (470 mg/kg).



2.3 pav. Sieros kiekio pokytis sunkiojo dyzelino frakcijoje

Pastebėta, jog aktyviausia oksidacijos reakcija vyksta tuomet, kai reakcijos temperatūra yra 90 °C ir yra išlaikoma stipriai rūgštinė terpė. Kai vandenilio peroksido kiekis 20 g, o metano rūgšties – 160 g, sieros kiekis sumažėja 10460 mg/kg ir pasiekiami 97,76 % sieros junginių konversija.

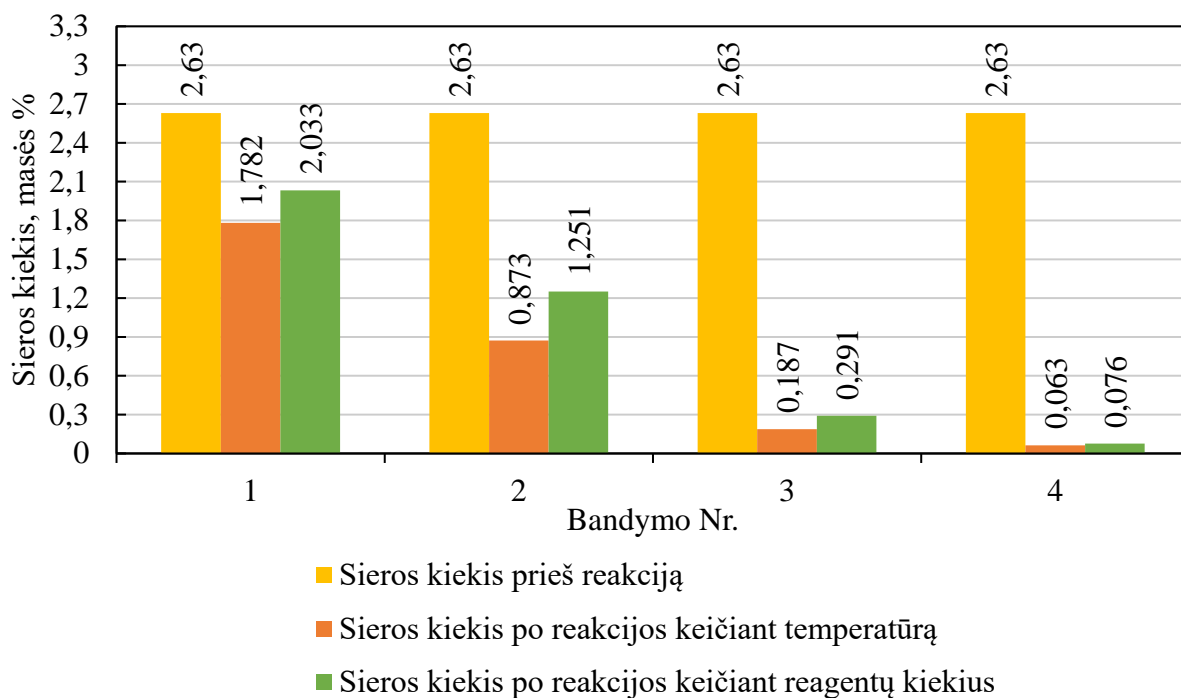
2.7 lentelė. Sieros kiekio pokytis atmosferinio mazuto frakcijoje keičiant reakcijos temperatūrą

Bandymo Nr.	Temperatūra, °C	Kuro frakcijos kiekis, g	Reagentų kiekis, g		Sieros kiekis, masės %		
			HCOOH	H ₂ O ₂	Prieš reakciją	Po reakcijos	Pokytis
Atmosferinis mazutas							
1	60	100	160	20	2,63	1,782	0,848
2	70					0,873	1,757
3	80					0,187	2,443
4	90					0,063	2,567

2.8 lentelė. Sieros kiekio pokytis atmosferinio mazuto frakcijoje keičiant reagentų kiekius

Bandymo Nr.	Temperatūra, °C	Kuro frakcijos kiekis, g	Reagentų kiekis, g		Sieros kiekis, masės %		
			HCOOH	H ₂ O ₂	Prieš reakciją	Po reakcijos	Pokytis
Atmosferinis mazutas							
1	90	100	10	10	2,63	2,033	0,597
2			20	10		1,251	1,379
3			40	20		0,291	2,339
4			80	20		0,076	2,554

Atmosferiniame mazute pradinis sieros kiekis buvo 2,63 % (26300 mg/kg). Keičiant reakcijos temperatūrą ribose nuo 60 iki 90 °C, kai vandenilio peroksido kiekis 20 g, o metano rūgšties – 160 g, buvo stebimas sieros kiekio mažėjimas. Didžiausia sieros junginių konversija buvo stebima, kai reakcijos temperatūra buvo 90 °C – sieros kiekis po reakcijos buvo 0,063 % (630 mg/kg). Kadangi didžiausias sieros kiekio pokytis nustatytas 90 °C temperatūroje, atliekamas antrasis tyrimo etapas – nustatomas sieros junginių kiekio pokytis frakcijoje keičiant reagentų kiekius. Buvo keičiamas metano rūgšties kiekis ribose nuo 10 iki 80 g, o vandenilio peroksido – ribose nuo 10 iki 20 g. Nustatant sieros kiekį po reakcijos pastebėta, kad sieros junginių sumažėjimas yra didžiausias ketvirtame bandinyje – kai išlaikoma stipriai rūgštinė terpė (80 g metano rūgšties) ir vandenilio peroksido kiekis 20 g. Šiame produkte sieros junginių kiekis po reakcijos buvo 0,076 % (760 mg/kg).



2.4 pav. Sieros kiekio pokytis atmosferinio mazuto frakcijoje

Pastebėta, jog aktyviausia oksidacijos reakcija vyksta tuomet, kai reakcijos temperatūra yra 90 °C ir yra išlaikoma stipriai rūgštinė terpė. Kai vandenilio peroksido kiekis lygus 20 g, o metano rūgšties – 160 g, sieros kiekis sumažėja 25670 mg/kg ir pasiekama 97,61 % sieros junginių konversija.

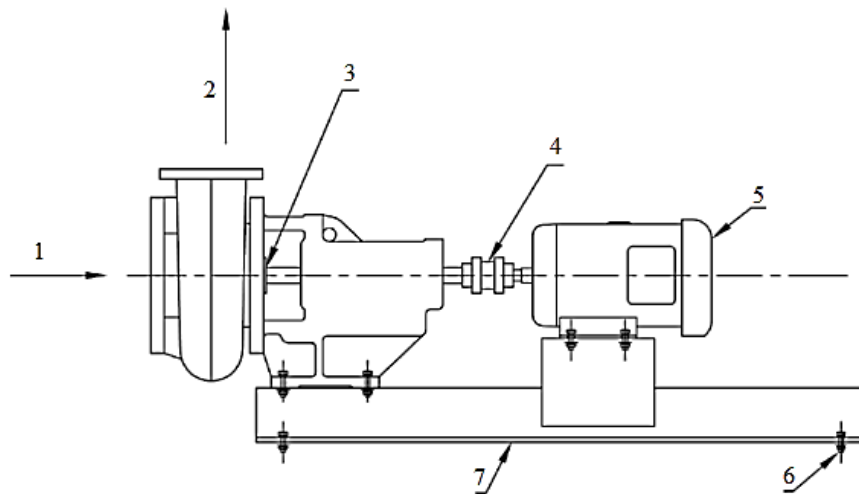
3. TECHNOLOGINĖ ĮRANGA IR SKAIČIAVIMAI

3.1. Išcentrinis siurblys

Priverstiniam skysčių transportavimui yra naudojami siurbliai, kurie iš variklio gautą mechaninę energiją verčia skysčio tėkmės energija. Šiame baigiamajame magistro projekte pasirinkta projektuoti išcentrinis siurblys dėl šių priežasčių [10]:

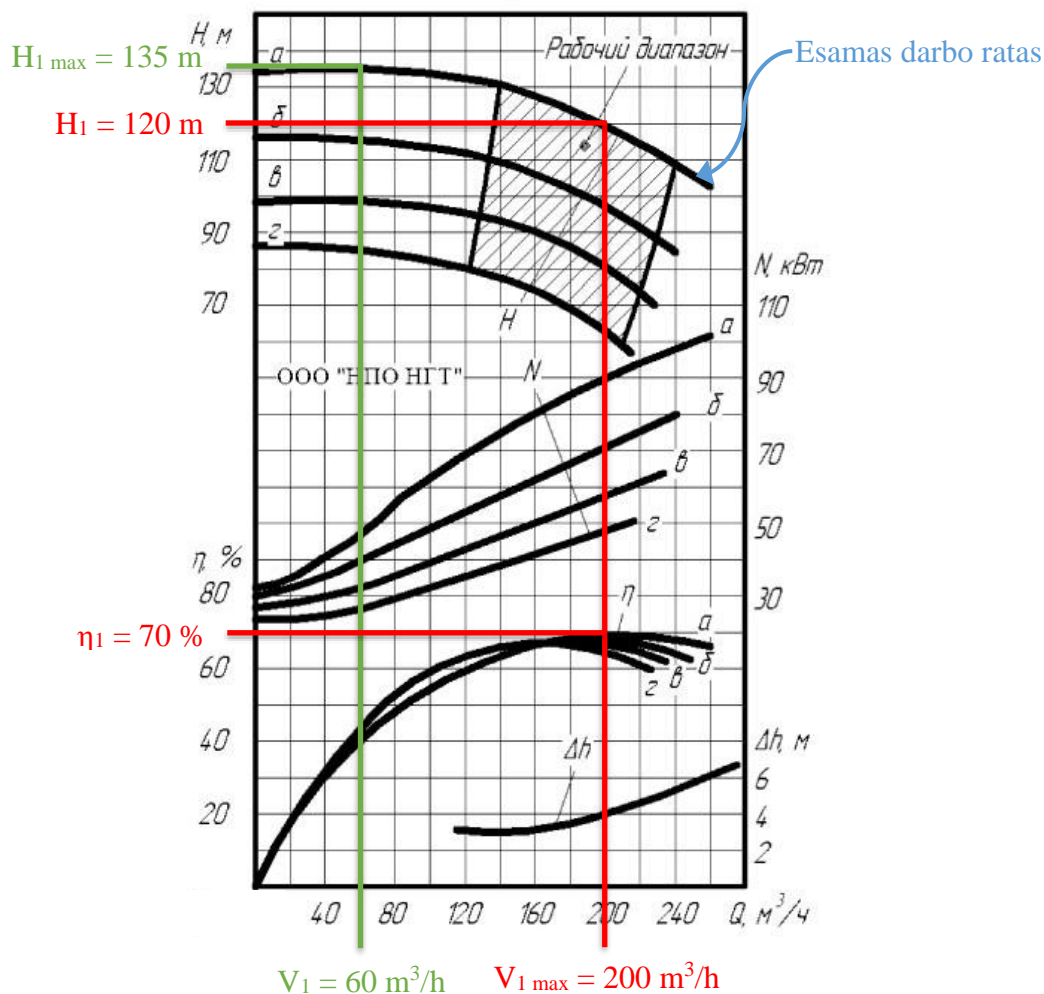
1. jie yra paprastos konstrukcijos;
2. veikia tolygiai transportuodami emulsijas;
3. jungiasi tiesiai su varikliu;
4. užima mažai vietos.

Lengvojo dyzelino (fr. 230–290 °C) transportavimui iš atmosferinės rektifikacijos įrenginio į sumaišymo reaktorių gali būti panaudojamas siurblys NK-200/120, kurio darbo charakteristikos pavaizduotos 3.2 pav.



3.1 pav. Išcentrinis siurblys [11]: 1 – įsiurbimo linija, 2 – slėgimo linija, 3 – riebokšlis, 4 – velenas, 5 – elektros variklis, 6 – tvirtinimo varžtai, 7 – stovas

Pradiniai duomenys žaliavinio siurblio skaičiavimams atlikti: žaliavos debitas $V_{I\max} = 200 \text{ m}^3/\text{h}$ įsiurbimo slėgis darbinėmis sąlygomis $p_{is\ darbinis} = 0,37 \text{ bar}$ (37000 Pa); terpė – dyzelinas (fr. 230–290 °C); terpės tankis darbinėje temperatūroje ir slėgyje $\rho_d = 820,6 \text{ kg/m}^3$ (kai srauto temperatūra 40 °C); siurblio darbo ratas 1a, skersmuo $d_{esamas} = 320 \text{ mm}$; laisvojo kritimo pagreitis $g = 9,81 \text{ m/s}^2$; elektros kaina 0,0635 Eur/kWh.



3.2 pav. Siurblio NK-200/120 darbo charakteristikos, kai darbo ratas 1a

Pagal esamą siurblio darbo ratą ($d_{esamas} = 320$ mm) ir darbinį debitą (žiūrėti 3.2 pav.) nustatomas siurblio sudaromas slėgio aukštis $H_1 = 120$ m ir siurblio naudingumo koeficientas $\eta_1 = 70$ %. Apskaičiuojama siurblio atiduodama skysčiui galia (variklio galingumas) [12]:

$$N_1 = \frac{V_{1max} \cdot \rho_d \cdot g \cdot H_1}{\eta_1}; \quad (3.1)$$

$$N_1 = \frac{200}{3600} \cdot 820,6 \cdot 9,81 \cdot 120}{0,7} = 76611,43 \frac{kg \cdot m^2}{s^3} = 76,66 kW;$$

Jeigu apskaičiuotas variklio galingumas yra ribose nuo 50 iki 300 kW, priimamas atsargos koeficientas $m = 1,15$, tuomet reikalingas elektros variklio galingumas apskaičiuojamas:

$$N_{realus} = N_1 \cdot m = 76,66 \cdot 1,15 = 88,1 kW. \quad (3.2)$$

Apskaičiuojamas slėgis siurblio išvade pagal darbinius parametrus (žiūrėti 3.2 pav.: $V_{max} = 200$ m³/h, $H_1 = 120$ m) [12]:

$$p_{iš\ darbinis} = \rho_d \cdot g \cdot H_1 + p_{iš\ darbinis}; \quad (3.3)$$

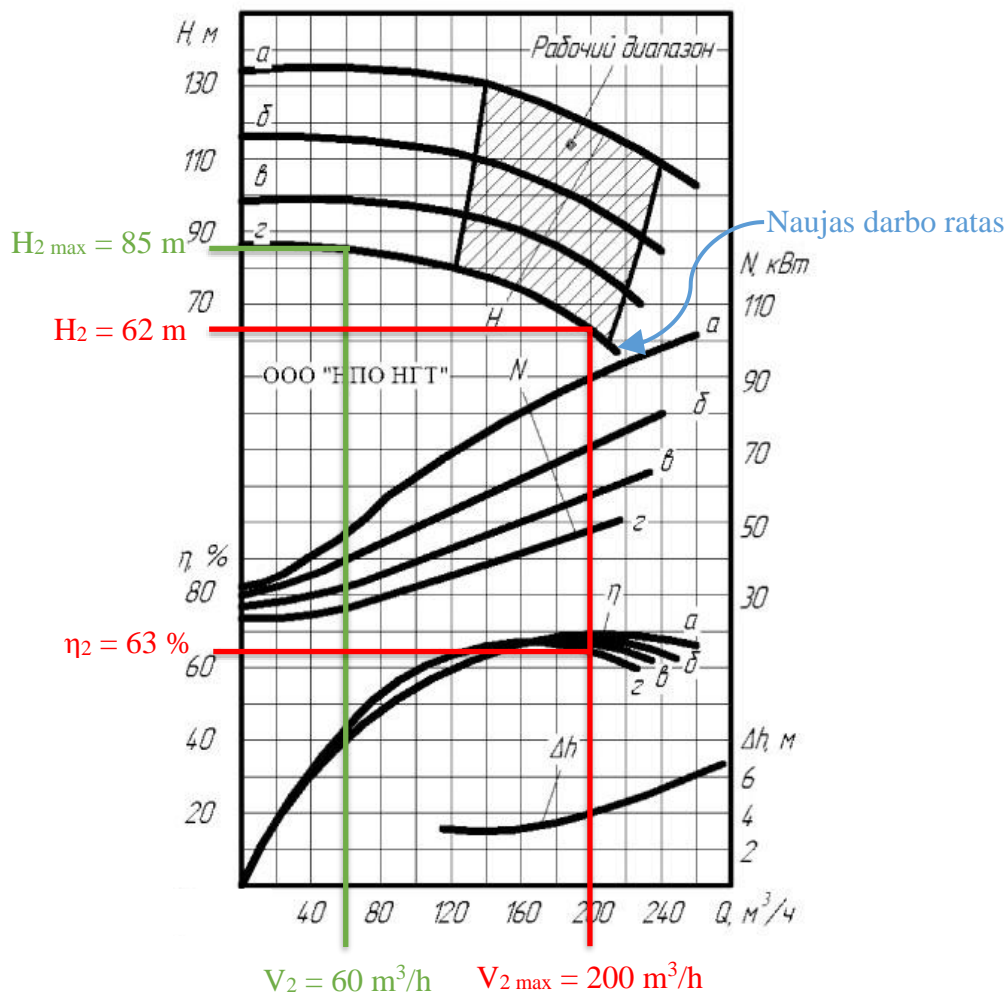
$$p_{iš\ darbinis} = 820,6 \cdot 9,81 \cdot 120 + 37000 = 1003010,32 \text{ Pa} = 10,03 \text{ bar}.$$

Apskaičiuojamas slėgis siurblio išvade pagal maksimalų stulpo aukštį (žiūrėti 3.2 pav.: $V_1 = 60 \text{ m}^3/\text{h}$, $H_{1\ max} = 135 \text{ m}$). Tai yra maksimalus siurblio sudaromas slėgis [12]:

$$p_{iš\ max, \text{ kai } H_{1\ max}} = \rho_d \cdot g \cdot H_{1\ max} + p_{iš\ darbinis}; \quad (3.4)$$

$$p_{iš\ max, \text{ kai } H_{1\ max}} = 820,6 \cdot 9,81 \cdot 135 + 37000 = 1123761,6 \text{ Pa} = 11,2 \text{ bar}.$$

Slėgis išmetimo linijoje, kai darbo ratas 1a, yra per didelis, todėl parenkamas darbo ratas 1g, apskaičiuojamas galingumas, slėgis išmetimo linijoje ir ekonominis naudingumas.



3.3 pav. Siurblio NK-200/120 darbo charakteristikos, kai darbo ratas 1g

Pagal naują teorinį siurblio darbo ratą ir maksimalų debitą (žiūrėti 3.3 pav.) nustatomas siurblio sudaromas slėgio aukštis $H_2 = 62 \text{ m}$ ir siurblio naudingumo koeficientas $\eta_3 = 63\%$. Apskaičiuojama siurblio atiduodama skysčiui galia (variklio galingumas) [12]:

$$N_2 = \frac{V_{2 \max} \cdot \rho_d \cdot g \cdot H_2}{\eta_2};$$

$$N_2 = \frac{200}{3600} \cdot 820,6 \cdot 9,81 \cdot 62 = 44012,82 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} = 44,03 \text{ kW}. \quad (3.5)$$

Jeigu apskaičiuotas variklio galingumas yra ribose nuo 20 iki 50 kW, priimamas atsargos koeficientas $m = 1,2$, tuomet reikalingas elektros variklio galingumas apskaičiuojamas:

$$N_{\text{sumažintas}} = N_2 \cdot m = 44,03 \cdot 1,2 = 52,82 \text{ kW}. \quad (3.6)$$

Apskaičiuojamas slėgis siurblio išvade pagal darbinis parametrus (žiūrėti 3.3 pav.: $V_{2 \max} = 200 \text{ m}^3/\text{h}$, $H_2 = 62 \text{ m}$) [12]:

$$p_{\text{iš darbinis}} = \rho_d \cdot g \cdot H_2 + p_{\text{iš darbinis}};$$

$$p_{\text{iš darbinis}} = 820,6 \cdot 9,81 \cdot 62 + 37000 = 536105,33 \text{ Pa} = 5,36 \text{ bar}. \quad (3.7)$$

Apskaičiuojamas slėgis siurblio išvade pagal maksimalų stulpo aukštį (žiūrėti 3.3 pav.: $V_2 = 60 \text{ m}^3/\text{h}$, $H_{2 \max} = 85 \text{ m}$). Tai yra maksimalus siurblio sudaromas slėgis [12]:

$$p_{\text{iš max, kai } H_{2 \max}} = \rho_d \cdot g \cdot H_{2 \max} + p_{\text{iš darbinis}};$$

$$p_{\text{iš max, kai } H_{2 \max}} = 820,6 \cdot 9,81 \cdot 85 + 37000 = 721257,31 \text{ Pa} = 7,21 \text{ bar}. \quad (3.8)$$

Sumaišymo reaktoriuje darbinis slėgis yra 1 bar, todėl siurblio su nauju darbo ratu sukuriama slėgis būtų optimalus – 5,36 bar (su 4,36 bar atsarga).

Apskaičiuota, jog siurbliui NK-200/120 sumažinus darbo ratą, jo galingumas sumažėtų iki 50,77 kW. Tuomet elektros energijos sutaupymas per metus (kai elektros kaina 0,0635 Eur/kWh, o siurblys dirba visą parą ištisus metus):

$$\text{Sutaupymas} = \frac{(88103,15 - 52815,38) \cdot 24}{1000} \cdot 0,0635 \cdot 365 = 19629,17 \frac{\text{Eur}}{\text{metus}}. \quad (3.9)$$

Gamykloje esantis nenaudojamas siurblys NK-200/120 sukelia 10 bar slėgį, nors sumaišymo reaktoriuje darbinis slėgis yra 1 bar. Tam tikslui yra siūloma mažinti siurblio darbo ratą. Pakeitus siurblio NK-200/120 darbo ratą į 1 g, jo atiduodama skysčiui galia sumažėja nuo 88,1 iki 52,82 kW, slėgis išmetimo linijoje lieka 5,36 bar ir tai sumažina elektros energijos sąnaudas apie 19629,17 Eur per metus.

Kiti siurbliai apskaičiuojami analogiškai.

3.2. Žaliavos pašildymo šilumokaitis

Pradiniai duomenys žaliavos pašildymo šilumokaičio skaičiavimams atlikti: žaliavos srautas (fr. 230–290 °C) $G_{\text{salto}} = 165800 \text{ kg/h}$ (200 m³/h) patenka į šilumokaitį ir yra pašildomas karštu mazuto srautu iš atmosferinės rektifikacijos bloko $G_{\text{karšto}} = 275000 \text{ kg/h}$; mazuto temperatūra $t_1 = 145 \text{ °C}$; pradinė dyzelino temperatūra $t_4 = 40 \text{ °C}$; dyzelino temperatūra už šilumokaičio $t_4 = 100 \text{ °C}$.

Apskaičiuojamos fluidų entalpijos [13]:

$$h_k^s = \frac{0,0017 \cdot T_k^2 + 0,762 \cdot T_k - 334,25}{\sqrt{\rho_{15}}};$$

$$h_1^s = \frac{0,0017 \cdot (145 + 273)^2 + 0,762 \cdot (145 + 273) - 334,25}{\sqrt{0,958}} = 287,35 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}};$$

$$h_3^s = \frac{0,0017 \cdot (100 + 273)^2 + 0,762 \cdot (100 + 273) - 334,25}{\sqrt{0,829}} = 204,83 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}};$$

$$h_4^s = \frac{0,0017 \cdot (40 + 273)^2 + 0,762 \cdot (40 + 273) - 334,25}{\sqrt{0,829}} = 77,76 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}.$$
(3.10)

Apskaičiuojama mazuto entalpija už šilumokaičio bei sudaromas šilumos balansas [13]:

$$h_2^s = h_1^s - \frac{G_{\text{salto}} \cdot (h_3^s - h_4^s)}{G_{\text{karšto}} \cdot \eta};$$

$$h_2^s = 287,35 - \frac{165800 \cdot (204,83 - 77,76)}{275000 \cdot 0,92} = 205,08 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}.$$
(3.11)

$$Q = G_{\text{karšto}} \cdot (h_1^s - h_2^s) \cdot \eta = G_{\text{salto}} \cdot (h_3^s - h_4^s);$$

$$Q = 275000 \cdot (287,35 - 205,08) \cdot 0,92 = 165800 \cdot (204,83 - 77,76);$$

$$Q = 21067382,96 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} = 5852050,82 \text{ W};$$
(3.12)

čia η = šilumos panaudojimo koeficientas ribose nuo 0,92 iki 0,98.

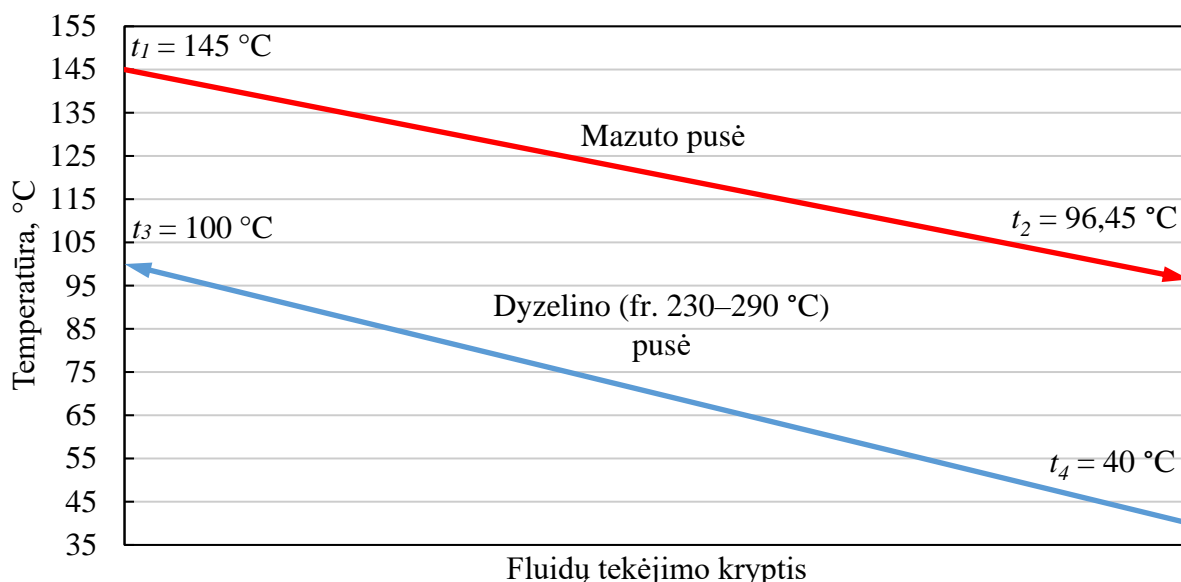
Apskaičiuojama mazuto temperatūra už šilumokaičio [13]:

$$h_2^s = \frac{0,0017 \cdot T_2^2 + 0,762 \cdot T_2 - 334,25}{\sqrt{0,958}} = 185,57 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}};$$

$$0,00198 \cdot T_2^2 + 0,88882 \cdot T_2 - 341,5 = 185,57;$$

$$T_2 = 369,45 \text{ K};$$

$$t_2 = 96,45 \text{ °C}.$$
(3.14)



3.4 pav. Temperatūrų pasiskirstymas rekuperaciniame šilumokaityje fluidams tekant prieš srovę

Apskaičiuojamas vidutinis logaritminis temperatūrinis skirtumas [12]:

$$\Delta t_{max} = t_1 - t_2 = 145 - 96,45 = 48,55 \text{ °C}; \quad (3.15)$$

$$\Delta t_{min} = t_3 - t_4 = 100 - 40 = 60 \text{ °C};$$

$$\Delta \tau_{vid} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}} = \frac{48,55 - 60}{\ln \frac{48,55}{60}} = 54,07 \text{ °C}. \quad (3.16)$$

Žaliavos pašildymui panaudosime gamykloje esantį laisvą šilumokaitį, kurio šilumokaitos paviršiaus plotas $F = 636 \text{ m}^2$, tuomet šilumos perdavimo koeficientas [12]:

$$K = \frac{Q}{\Delta \tau_{vid} \cdot F} = \frac{5852050,82}{54,07 \cdot 636} = 170,17 \frac{W}{m^2 \cdot K}. \quad (3.17)$$

Apskaičiuotas šilumos perdavimo koeficientas tenkina ribas 70–250 W/(m²·K).

3.1 lentelė. Dyzelino (fr. 230–290 °C) pašildymo šilumokaičio parametrai [14]

Skersmuo, mm	Ilgis, mm	Didžiausias leidžiamas slėgis, bar		Didžiausia leidžiama temperatūra, °C	
		Vamzde- liuose	Korpuse	Vamzde- liuose	Korpuse
1200	10905	19,1	19,1	200	200

Kiti šilumokaičiai apskaičiuojami analogiškai.

3.3. Sumaišymo reaktorius

Kokybišką oksidacijos reakciją gali sąlygoti tik gerai sumaišytos pradinės medžiagos. Prieš maišymą atskiri komponentai (pvz. sieros junginiai) būna segreguoti, todėl mišinio cheminė sudėtis ir fizikinės savybės įvairiuose mišinio taškuose yra nevienalytės. Reakcijai neigiamą įtaką taip pat daro pradinio mišinio ir reagentų cheminės sudėties nevienodumai, kurie mažinami maišant. Maišant taip pat didinamas mišinių sudarančių komponentų fazių sąlyčio paviršius, todėl didėja tarpusavio reakcijų intensyvumas [10].

Pagrindinis maišymo tikslas – gauti maksimalaus skirtingų komponentų fazių sąlyčio paviršių ir vienalytį mišinį. Šis tikslas turi būti pasiektas mažiausiomis energijos sąlygomis, todėl svarbu parinkti tinkamą maišiklio tipą, apskaičiuojant jo matmenis, sukimosi dažnį bei maišiklio variklio galią [10].

Apskaičiuojamas į sumaišymo reaktorių tiekiamų žaliavų kiekis sieros oksidavimo procesui:

$$V_{\text{mišinio}} = V_{\text{dyzelino}} + V_{\text{HCOOH}} + V_{\text{H}_2\text{O}_2} = 200 + 20 + 2 = 222 \text{ m}^3; \quad (3.18)$$

Reaktorius užpildomas taip, kad reakcijos mišinys užimtų 75 % jo talpos. Sudaroma proporcija ir apskaičiuojamas reaktoriaus tūris:

$$\begin{aligned} 222 \text{ m}^3 & - 75 \% \\ V \text{ m}^3 & - 100 \% \end{aligned} \quad (3.19)$$
$$V = 296 \approx 300 \text{ m}^3.$$

Apskaičiuojamas reaktoriaus diametras d ir aukštis h . Priimama, kad $h = 4 \cdot r$:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h = \pi \cdot r^2 \cdot 4 \cdot r;$$
$$r = \sqrt[3]{\frac{300}{4 \cdot \pi}} = \sqrt[3]{\frac{300}{12,56}} = 2,9 \text{ m}; \quad (3.20)$$

$$d = 2 \cdot r = 5,8 \text{ m};$$

$$h = 4 \cdot r = 11,6 \text{ m};$$

čia V – tūris, m^3 ; h – aukštis, m; r – spindulys, m.

Komponentų masės dalį reakcijos mišinyje atitinka komponento ir mišinio masės santykis. Atitinkamai apskaičiuotos visų komponentų masės ir tūrio dalys mišinyje, skaičiavimų rezultatai pateikti 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė. Komponentų kiekiai ir santykinės dalys mišinyje

Komponentas Parametras	Lengvasis dyzelinas (fr. 230–290 °C)	Metano rūgštis 96 % tirpalas	Vandenilio peroksido 30 % tirpalas
Temperatūra, °C	90	90	90
Slėgis, atm	1	1	1
Tankis, kg/m ³	783,7	1108	1036
Dinaminė klampa, Pa·s	0,0010195	0,0005433	0,0003637
Tūrinis debitas, m ³ /h	200	20	2
Masės debitas, t/h	156,74	22,16	2,036
Tūrio dalis mišinyje x_{vi}	0,9009	0,0901	0,009
Masės dalis mišinyje x_i	0,8663	0,1225	0,0113

Parametrai apskaičiuoti programa Petro-SIM, KBC Advanced Technologies.

Apskaičiuojamas maišiklio diametras $d_{maišiklio}$:

$$d_{maišiklio} = \frac{d}{3} = \frac{5,8}{3} = 1,93 \text{ m}; \quad (3.21)$$

čia d – reaktoriaus skersmuo, m.

Apskaičiuojamas mišinio tankis $\rho_{mišinio}$:

$$\rho_{mišinio} = \frac{1}{\frac{x_1}{\rho_1} + \frac{x_2}{\rho_2} + \frac{x_3}{\rho_3}} = \frac{1}{\frac{0,8663}{783,7} + \frac{0,1225}{1108} + \frac{0,0113}{1036}} = 814,43 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \quad (3.22)$$

čia x_1, x_2, x_3 – dyzelino (fr. 230–290 °C), metano rūgštis, vandenilio peroksido tirpalo kiekis masės dalimis; ρ_1, ρ_2, ρ_3 – dyzelino (fr. 230–290 °C), metano rūgštis, vandenilio peroksido tirpalo tankis, kg/m³.

Apskaičiuojama mišinio klampa $\mu_{mišinio}$:

$$\mu_{mišinio} = \frac{1}{\frac{x_{v1}}{\mu_1} + \frac{x_{v2}}{\mu_2} + \frac{x_{v3}}{\mu_3}} = \frac{1}{\frac{0,9009}{0,0010} + \frac{0,0901}{0,00054} + \frac{0,009}{0,00036}} = 0,00092 \text{ Pa} \cdot \text{s}; \quad (3.23)$$

čia x_{v1}, x_{v2}, x_{v3} – dyzelino (fr. 230–290 °C), metano rūgštis, vandenilio peroksido tirpalo tūrinės dalys mišinyje; μ_1, μ_2, μ_3 – dyzelino (fr. 230–290 °C), metano rūgštis, vandenilio peroksido tirpalo dinaminė klampa, Pa·s.

Atsižvelgiant į reakcijos mišinio tūrį, klampą, maišymo proceso specifiką, reaktoriaus formą, parinkta atvira turbina su šešiomis plokščiomis mentėmis, kadangi šis maišiklio tipas naudojamas vykdant intensyvų maišymą visame aparato tūryje, siekiant gauti homogenišką mišinį ir padidinti reakcijos selektyvumą.

Apskaičiuojamas Reinoldso kriterijus [10]:

$$Re = \frac{\pi \cdot d_{maišiklio} \cdot \rho_{mišinio}}{\mu_{mišinio}} = \frac{3,14 \cdot 1,96 \cdot 814,43}{0,00092} = 5448182,6. \quad (3.24)$$

Iš modifikuoto Reinoldso kriterijaus vertės matyti, kad vykdomas intensyvus turbulentinis maišymas ($Re > 10^5$). Pagal Reinoldso kriterijaus vertę apskaičiuojamas maišiklio sukimosi dažnis n :

$$n = \frac{Re \cdot \mu_{mišinio}}{d_{maišiklio}^2 \cdot \rho_{mišinio}} = \frac{5448182,6 \cdot 0,00092}{1,96^2 \cdot 814,43} = 1,6 \text{ s}^{-1}. \quad (3.25)$$

Normalizuotų maišymo aparatų grafinėse priklausomybėse nurodoma, jog $Eu = f(Re)$. Apskaičiuota Reinoldso kriterijaus vertė, kai naudojama turbina, atitinka Eulerio kriterijų, kurio skaitinė vertė lygi 1. Apskaičiuojamas reaktoriaus variklio galingumas [10]:

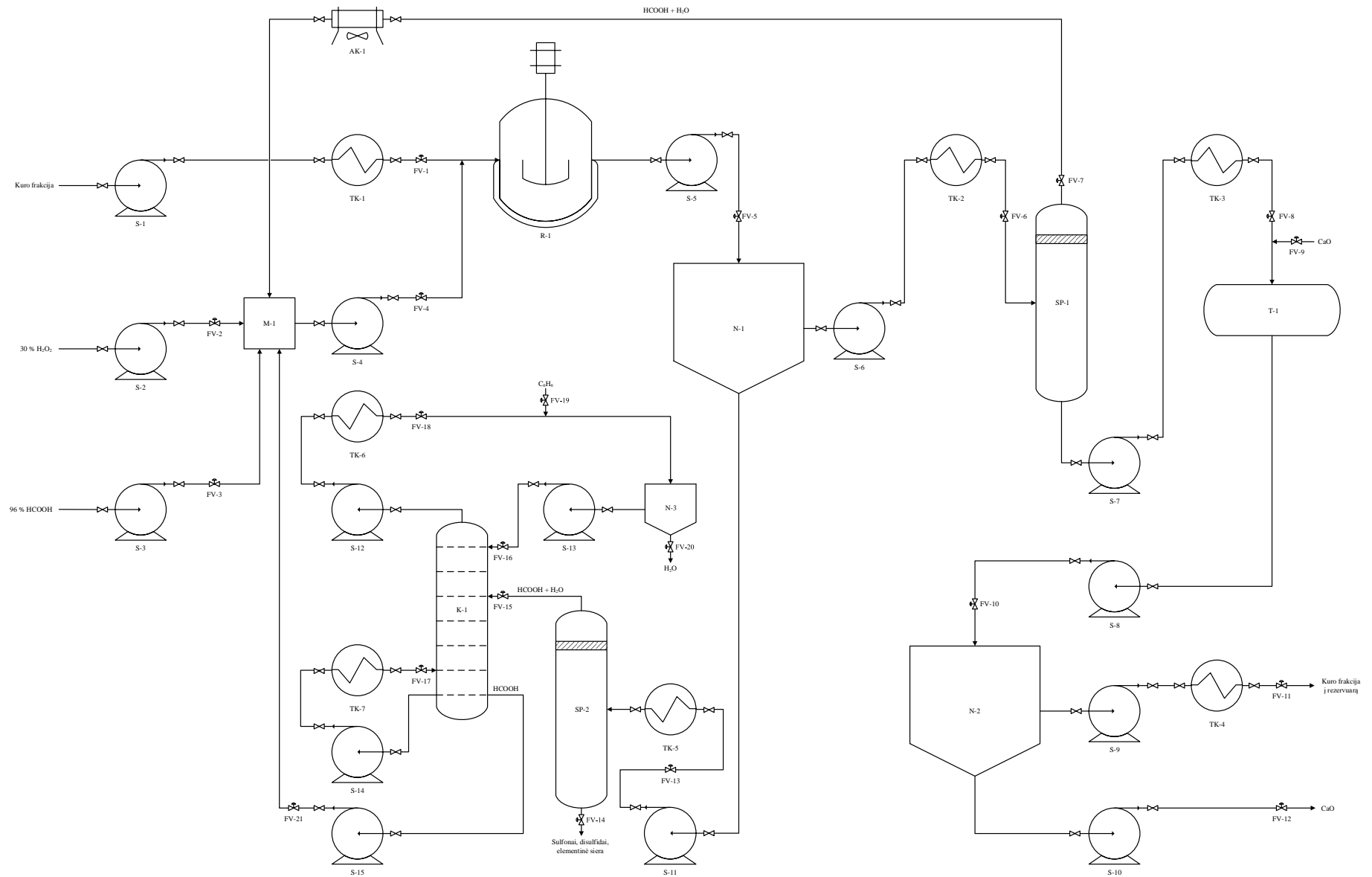
$$N = Eu \cdot \rho_{mišinio} \cdot n^3 \cdot d_{maišiklio}^5 = 1 \cdot 814,43 \cdot 1,6^3 \cdot 1,96^5 = 96,5 \text{ kW}. \quad (3.26)$$

4. TECHNOLOGINĖS SCHEMOS APRAŠYMAS

Dyzelinas (fr. 230–290 °C) siurbliu S-1 tiekiamas į šilumokaitį TK-1, kuriame yra pašildomas iš atmosferinės rektifikacijos bloko išvedamo mazuto srautu iki 100 °C. Srautas, patenkantis į sumaišymo reaktorių R-1, reguliuojamas vožtuvu poz. FV-1. Siurbliais S-2 ir S-3 į maišytuvą M-1 yra tiekami 30 % vandenilio peroksido ir 96 % metano rūgšties tirpalai, kurių debitai atitinkamai reguliuojamai vožtuvais poz. FV-2 ir FV-3. Sumaišyti reagentai iš M-1 siurbliu S-4 yra tiekami į žaliavos įvado kolektorių, srautą reguliuojant vožtuvu poz. FV-4. Kuro frakcijos ir reagentų srautas patenka į sumaišymo reaktorių R-1. Čia vandenilio peroksidas rūgštinėje terpėje inicijuoja oksidacijos reakcijas, kurių metu organiniai sieros junginiai virsta sulfonais, disulfidais ir elementine siera, išsiskiriant vandeniui. Dviejų fazių mišinys siurbliu S-5 patenka į nusodintuvą N-1, kuriame atskiriamas dyzelinas ir tirpiklyje ištirpę organiniai sieros junginiai. Srautas reguliuojamas vožtuvu poz. FV-5. Nusierintas dyzelinas siurbliu S-6 patenka į šilumokaitį TK-2, o tada į išgarinimo koloną K-3. Srautas reguliuojamas vožtuvu poz. FV-6. Separatoriuje SP-1 dyzelinas yra atskiriamas nuo vandens ir metano rūgšties mišinio, kuris išvedamas iš separatoriaus viršaus pakartotinam panaudojimui kaip oksiduojantis agentas į maišytuvą M-1. Aušintuve–kondensatoriuje AK-1 sukondensuoto azeotropinio mišinio srautas reguliuojamas vožtuvu poz. FV-7. Dyzelino frakcija siurbliu S-7 yra išvedama iš separatoriaus SP-1 apačios į šilumokaitį TK-3, kur yra atvėsinama ir, pratekėjusi pro vožtuvą poz. FV-8, sumaišoma su kalcio oksidu (CaO). Talpoje T-1 kalcio oksidas neutralizuoja kuro frakcijoje likusią metano rūgštį bei suriša joje esančią drėgmę. Dehidratuota kuro frakcija siurbliu S-8 patenka į nusodintuvą N-2, kuriame dyzelino frakcija yra atskiriama nuo kietų kalcio oksido dalelių. Srautas reguliuojamas vožtuvu poz. FV-10. Iš nusodintuvo N-2 kuro frakcija siurbliu S-9 patenka į šilumokaitį TK-4, yra ataušinama iki 40 °C temperatūros ir išvedama į rezervuarų parką. Srautas reguliuojamas vožtuvu poz. FV-11. Kalcio oksidas iš nusodintuvo N-2 išpumpuojamas siurbliu S-10 ir toliau yra panaudojamas naftos perdirbimo procesams. CaO srautas iš įrenginio reguliuojamas vožtuvu poz. FV-12.

Iš nusodintuvo N-1 apatinės dalies yra išvedami atsiskybę sieros junginiai siurbliu S-11 į reguliavimo vožtuvą poz. FV-13 ir į šilumokaitį TK-5, kur srautas yra pakartotinai pašildomas prieš jį išvedant į separatorių SP-2. Separatoriuje SP-2 nuo organinių sieros junginių yra atskiriama metano rūgštis ir vanduo, o sieros junginiai išvedami iš separatoriaus apačios per reguliuojamąjį vožtuvą poz. FV-14. Vanduo ir metano rūgšties dujinis mišinys per vožtuvą poz. FV-15 saviteka patenka į azeotropinės rektifikacijos koloną K-1, kur komponentai yra atskiriami. Azeotropinės rektifikacijos metu, norint gauti bevandenę metano rūgštį, kaip tirpiklis yra naudojamas benzenas, kurio srautas į kolektorių reguliuojamas vožtuvu poz. FV-19. Jis su vandeniu sudaro azeotropą,

kurio virimo temperatūra yra 65 °C. Kadangi metano rūgštis ir vandens azeotrolo virimo temperatūra yra 100,8 °C, tai visas vanduo su benzeno patenka į distiliatą, iš kur benzenas nusistovėjimo rezervuare N-3 yra atskiriamas nuo vandens ir vėl grąžinamas siurbliu S-13 į koloną kaip flegma. Bevandenė metano rūgštis pašalinama iš kolonos K-1 apatinės dalies siurbliu S-15 ir grąžinama į maišytuvą M-1 pakartotinam naudojimui. Srautas reguliuojamas vožtuvu poz. FV-21. Procesu metu atskirtas vanduo gali būti užterštas naftos produktais, sulfidais, metalais, o naftos dalelės vandenyje gali būti laisvos, stabilizuotos, emulsijos pavidalo, todėl vanduo iš nusistovėjimo rezervuaro N-3 per vožtuvą poz. FV-20 yra išvedamas į Valymo įrengimų cechą.



4.1 pav. Sieros junginių oksidavimo įrenginys

5. FINANSINIAI IR EKONOMINIAI SKAIČIAVIMAI

5.1. Inovacijos projektavimo ir diegimo aplinkos analizė

Projektuojant kuro frakcijų nusierinimo įrenginį, kuriame naudojant vandenilio peroksidad bus skaidomi heteroatominiai ryšiai, svarbu įvertinti ekonominį aspektą – kiekvienas technologinis sprendimas privalo būti ne tik techniškai, bet ir finansiškai naudingas. Tobulėjant technologijoms, būtina diegti inovacijas, kurių dėka sumažėja produktų savikaina ir tausojami gamtos išteklių.

Hidrovalymo proceso vykdymo sąlygos priklauso nuo frakcinės ir cheminės žaliavos sudėties, naudojamo katalizatoriaus ir jo aktyvumo bei vandenilio koncentracijos su žaliava maišomose cirkuliuojančiose vandenilinėse dujose. Pagrindiniai cheminį procesą charakterizuojantys parametrai yra aukšta temperatūra, didelis vandenilio parcialinis slėgis, vandenilinių dujų cirkuliacijos kartotinumai ir katalizatoriaus aktyvumas [9]. Tuo tarpu organinių sieros junginių oksidacijos procesas remiasi vandenilio peroksido ir metano rūgšties inicijuojamomis oksidacijos reakcijomis. Procesas vyksta 60–90 °C temperatūroje ir atmosferiniame slėgyje.

Priimame, kad oksidacijos procesas yra alternatyva hidrovalymo procesui. Optimalių temperatūrų parinkimas hidrovalymo procese priklauso nuo pradinės žaliavos kokybės, proceso vykdymo sąlygų, katalizatoriaus aktyvumo sumažėjimo laikui bėgant, ir yra 350–390 °C temperatūros ribose [7]. Aukštai temperatūrai pasiekti yra naudojamos krosnys, o tai susiję su didelėmis energetinėmis išlaidomis. Apskaičiuojamas krosnies metinis kuro dujų suvartojimas eurai, kai krosnis vidutiniškai suvartoja 1,7 tonas kuro dujų per valandą, kuro dujų kaina yra 350 Eur už kubinį metrą, o kuro dujų tankis priimamas $q = 1000 \text{ kg/m}^3$:

$$Q_{krosnies} = \frac{1,7 \cdot 1000}{1000} \cdot 350 \cdot 8760 = 5212200 \frac{\text{Eur}}{\text{metus}}. \quad (5.1)$$

Sieros junginių šalinimo procesas vykdomas esant vandenilio pertekliniam kiekiui. Proceso greitis didėja, didėjant vandenilio kiekiui dujų ir žaliavos mišinyje. Cirkuliuojančių vandenilinių dujų tūrio didėjimas taip pat mažina kokso susidarymą ant katalizatoriaus paviršiaus. Šiandien įprastai naudojamas hidrovalymo procesas su vandenilinių dujų recirkuliacija [9]. Apskaičiuojamas metinis vandenilio dujų suvartojimas eurai, kai vidutiniškai suvartojama 95000 nm^3/h [9], vienai tonai vandenilio dujų pagaminti apytiksliai kainuoja 1000 Eur, o 1 nm^3 vandenilio dujų yra lygus kiekiui 0,08988 kg:

$$Q_{H_2} = \frac{950000 \cdot 0,08988}{1000} \cdot 1000 \cdot 8760 = 74798136 \frac{\text{Eur}}{\text{metus}}. \quad (5.2)$$

5.2. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai

Projekto investicijų skaičiavimas pradedamas nuo kaštų, reikalingų ilgalaikiam turtui įsigyti, skaičiavimo. Antras kaštų elementas – trumpalaikio–apyvartinio kapitalo įsigijimo kaštai. Projekto kaštuose taip pat reikia numatyti statybos ir montavimo darbų, personalo ugdymo ir kitus kaštus. Finansavimo šaltiniai paprastai yra nuosavos įmonės lėšos ir bankų ar kitų investuotojų paskolos, Europos Sąjungos struktūrinių fondų parama.

5.1 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	Tūkst. Eur	Struktūra	Tūkst. Eur
Ilgalaikiam turtui įsigyti	5906,41	Nuosavos įmonės lėšos	5906,41
Trumpalaikiam turtui įsigyti	202875,7	Nuosavos įmonės lėšos	202875,7
Iš viso kaštų	208782,11	Iš viso šaltinių	208782,11

Trumpalaikiam ir ilgalaikiam turtui įsigyti kaip finansavimo šaltinis pasirinktos nuosavos įmonės lėšos (rezervas). Už jas bus perkama vidinė įranga, oksidacijos reakcijoms vykdyti reikalingi reagentai, rekonstruojama operatorinė.

5.2.1. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas

Naujai statybai, rekonstrukcijai ar techniniam pertvarkymui reikalingos investicijos yra nustatomos atliekant skaičiavimus. Skaičiuojama apytiksliai, remiantis analogiškų ar panašių objektų apytikriais sąmatinės vertės rodikliais.

5.2 lentelė. Technologinių įrengimų vertė

Įrenginio pavadinimas	Vieneto kaina, tūkst. Eur	Kiekis	Vertė ¹ , tūkst. Eur
15 kW siurblys	10	2	20
75 kW siurblys	45	1	45
100 kW siurblys	55	11	605
Sumaišymo reaktorius	1651	1	1651
Žaliavos pašildymo šilumokaitis	300	7	2100
Iš viso	–	–	4421

¹ Į technologinių įrengimų vertę įskaityti priedai už garantijas, komplektavimą, tiekimo, pristatymo ir montavimo išlaidos bei PVM.

Orientacinę statinio rekonstrukcijos darbų kainą galima apskaičiuoti naudojantis UAB „Sistela“ statinių statybos skaičiuojamųjų kainų lyginamaisiais ekonominiais rodikliais ir parengtu Nekilnojamojo turto atkūrimo kaštų (statybinės vertės) kainynu. Lyginamieji ekonominiai rodikliai apskaičiuoti statinių analogo pagrindu, įvertinat darbo, medžiagų, mechanizmų eksploatacijos skaičiuojamąsias rinkos kainas [15].

5.3 lentelė. Negyvenamųjų pastatų rekonstrukcijos kainos 1 m³ statinio [15]

Paskirtis	Statinio tūris, m ³	Rekonstrukcija, Eur
Gamybos, pramonės pastatai	iki 1000	109,77
	1001–2500	97,31
	2501–5000	87,18
	daugiau kaip 5000	75,59

Kainos perskaičiuotos iš litų į eurus kursu 3,4528 lito už 1 eurą.

Operatorinės tūris yra lygus 14670,1 m³, tuomet rekonstrukcijos kaina:

$$RK = 14670,1 \cdot 75,59 = 1108912,85 \text{ Eur} \quad (5.3)$$

5.4 lentelė. Operatorinės statybos kainos apskaičiavimas [15]

Išlaidų aprašymas	Kaina, tūkst. Eur			
	Statybos ir montavimo darbai	Įrenginiai	Kitos išlaidos	Iš viso
Statybos sklypas	–	–	–	–
Statybos sklypo paruošimas	25,5	–	–	25,5
Statinio statyba ir įrengimas	1108,91	150,5	–	1259,41
Projektavimo paslaugos	55	–	–	55
Kitos paslaugos	25	–	–	25
Rezervas	120,5	–	–	120,5
Iš viso	1334,91	150,5	–	1485,41

Įvertinus įrangos pirkimą bei operatorinės rekonstrukciją, bendra ilgalaikio turto sąmatinė vertė – 5,91 mln. Eur.

5.3. Produkcijos gamybos apimtis ir gautinosios pajamos

Kuro frakcijos nusierinimo įrenginyje yra oksiduojama dyzelino frakcija. Kadangi kuro kiekis kiekvienais metais išlieka toks pat, nes atmosferinės rektifikacijos įrenginys dirba maksimaliu pajėgumu, todėl gamybos įsisavinimo koeficientas yra lygus vienetui.

5.5 lentelė. Produkcijos gamybos apimtis ir gautinosios pajamos

Rodikliai	Gamybos įsisavinimo koeficientas	Kiekis, m ³ /metus	Iš viso, tūkst. Eur
Hidrovalymo įrenginys			
Produkcijos gamybos apimtis brandos stadijoje, vnt.	1	1752000	–
Gaminio kaina, tūkst. Eur	0,6		
Gautinosios pajamos brandos stadijoje, tūkst. Eur	–	–	1051200
Sieros junginių oksidavimo įrenginys			
Produkcijos gamybos apimtis brandos stadijoje, vnt.	1	1752000	–
Gaminio kaina, tūkst. Eur	0,6		
Gautinosios pajamos brandos stadijoje, tūkst. Eur	–	–	1051200

Priimant, kad valomas lengvojo dyzelino frakcijos kiekis iki rekonstrukcijos ir po jos išlieka toks pat, o dyzelino kainą siekiama išlaikyti 600 Eur/m³, siekiant neprarasti uždirbamų pajamų. Tuomet gautinosios pajamos bus lygios 1,05 mlrd. Eur.

5.4. Gamybinės veiklos kaštai

Pagal kaštų priklausomybę nuo gamybos apimties kitimo gamybos kaštai skirstomi į pastoviuosius (sąlyginai pastovūs) ir kintamus (proporcinguosius) kaštus. Pastovieji kaštai nepriklauso (arba beveik nepriklauso) nuo gamybos apimties pokyčių (pvz., darbuotojų darbo užmokestis, patalpų apšildymo ir kitos išlaikymo išlaidos). Kintamieji kaštai kinta proporcingai gamybos apimties pokyčiui (pvz., žaliavų, pagrindinių medžiagų, energijos technologijai kaštai). Toks išlaidų suskirstymas svarbus, nustatant kritinę gamybos programą lūžio taško metodu [15].

5.4.1. Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Kai žinomas gamybos planas, galima skaičiuoti žaliavų, medžiagų, energijos, darbo ir kitų išteklių poreikį, reikalingą planuojamai gamybos apimčiai įvykdyti. Remiantis apskaičiuotu išteklių poreikiu natūriniais vienetais ir jų verte, sudaromas gamybos kaštų planas: apskaičiuojamos tiesioginės ir netiesioginės gamybos išlaidos kiekvieniems projekto gyvavimo metams atskirai [15].

5.6 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms pirmais projekto metais (apyvartinės lėšos)

Medžiagos pavadinimas	Medžiagos sunaudojimas, t/metus	Medžiagos kaina, Eur/t	Iš viso, tūkst. Eur
Lengvasis dyzelinas	1453284	62,13	90292,53
H ₂ O ₂	19272	380	7323,36
HCOOH	213744	475	101528,4
CaO	67,6	200	13,52
C ₆ H ₆	6759,8	550	3717,89
Iš viso	–	–	202875,7

Priimta, jog įmonė per metus pagamina 1,45 Mt lengvojo dyzelino frakcijos (230–290 °C). Skaičiuojant dyzelino kainą priimta, kad perdirbant žaliavinę naftą, lengvojo dyzelino frakcija sudaro 14,85 %, o naftos kaina – 418,38 Eur už toną.

Tiesioginio darbo biudžetas įvertina tik pagrindinės gamybinės veiklos darbininkų darbo laiką ir darbo užmokesčio išlaidas. Sudarant tiesioginio darbo biudžetą reikia nustatyti einamuosius darbo laiko standartus kiekvienai gamybinei operacijai bei dirbančių darbininkų poreikį ir jų skaičių [16]. Numatyta, jog įrenginį valdys 20 darbuotojų, kurie dirbs penkiomis pamainomis po keturis darbuotojus. Standartinė vyresniojo technologinių įrengimų operatoriaus alga yra 1008 Eur per mėnesį neatskaičius mokesčių, o kategorijos neturinčio operatoriaus – 864 Eur. Apskaičiuojamas darbo užmokesčio valandinis tarifas:

$$DU_i = \frac{A_i}{DL};$$

$$DU_{vyr. operatoriui} = \frac{1008}{144} = 7 \frac{Eur}{val.}; \quad (5.4)$$

$$DU_{operatoriui} = \frac{864}{144} = 6 \frac{Eur}{val.};$$

čia DU_i – darbo užmokesčio valandinis tarifas atitinkamai pareigybei, Eur/val.; A_i – standartinė alga atitinkamai pareigybei, Eur/val.; DL – darbo laiko einamasis standartas, val.

Motyvacinėms sistemoms planuojama skirti papildomus 18 tūkst. Eur per metus.

5.7 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

Profesija	Darbuotojų skaičius	Vidutinis valandinis tarifinis atlygis, Eur	Bendras darbuotojų darbo laikas per metus, val.	Pagrindinis darbo užmokestis, tūkst. Eur per metus	Papildomas darbo užmokestis, tūkst. Eur per metus	Bendras darbo užmokestis, tūkst. Eur per metus
Vyr. operatorius	5	7	8640	60,48	5,04	65,52
Operatorius	15	6	25920	155,52	12,96	168,48
Iš viso	–	–	–	–	–	234

5.8 lentelė. Darbdavio mokami mokesčiai

Mokesčio tipas	Mokesčio dalis ² nuo atlyginimo, %	Sumokėti mo- kesčiai vyr. o- peratoriaus pa- reigybei, kai dirba 5 darbuo- tojai, tūkst. Eur per metus	Sumokėti mo- kesčiai operato- riaus pareigy- bei, kai dirba 15 darbuotojų, tūkst. Eur per metus
Pensijų socialinis draudimas	22,3	14,61	37,57
Privalomajam sveikatos draudimui	3	1,97	5,05
Garantinis fondas	0,2	0,13	0,34
Ilgalaikio darbo išmokų fondas	0,5	0,33	0,84
Iš viso atitinkamai pareigybei	–	17,04	43,8
Iš viso mokesčių	–	–	60,84

Įmonė naudoja elektros energiją apšvietimui, apšildymui, siurblių, aušintuvų–kondensatorių elektros variklių darbui. Išlaidos įvairių rūšių technologinių procesų energijai laikomos tiesioginėmis išlaidomis.

5.9 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai

Įrenginys	Įrenginių kiekis, vnt.	Variklio galia, kW	Darbo va- landų skai- čius per metus, val.	Elektros energijos poreikis, kWh	Elektros kaina, Eur/kWh	Išlaidos elektros energijai, tūkst. Eur
Siurblys	2	15	8760	262800	0,0635	16,68
	1	52,82		462703,2		29,38
	1	75		657000		41,71
	11	100		9636000		611,87
Aušintu- vas–kon- densatorius	1	45	8760	394200	0,0635	25,03
Sumai- šymo reak- toriaus va- riklis	1	96,5	8760	845340	0,0635	53,68
Iš viso	–	–	–	–	–	778,35

Atliekant išlaidų elektros energijai skaičiavimus, atsižvelgta į proceso metu naudojamų įrenginių kiekį, galingumą bei jų veikimo trukmę. Elektros kaina nustatyta atsižvelgiant į Mažeikių mieste vyraujančias kainas.

² Valstybinio socialinio draudimo fondo valdybos informacija.

5.4.2. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Prie netiesioginių gamybos išlaidų priskiriamos tiesiogiai su gamyba nesusijusios, bet sudarančios sąlygas gamybai, darbo medžiagų, amortizacijos (nusidėvėjimo) išlaidos. Šias išlaidas galima skaičiuoti sustambintai [15].

5.10 lentelė. Išlaidos apšvietimui

Patalpų plotas	Apšvietimo norma, W/m ²	Apšvietimo laikas, val.	Energijos kiekis, kWh	Elektros kaina, Eur/kWh	Metinės išlaidos, tūkst. Eur
1467,01	50	8760	642550,38	0,0635	40,8
Iš viso	–	–	–	–	40,8

Amortizaciniai atskaitymai parodo pagrindinių priemonių nusidėvėjimą palaipsniui per visą jų naudojimo įmonėje laikotarpį.

5.11 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas

Ilgalaikio turto rūšis	Įsigijimo vertė, tūkst. Eur	Nusidėmėjimo suma, tūkst. Eur, metams					Suminis nusidėvėjimas per penkis metus, tūkst. Eur
		1	2	3	4	5	
Pastatai	1108,91	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	1,75
Įranga	150,5	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	5,25
Įrengimai	4421	30	30	30	30	30	150
Iš viso	–	–	–	–	–	–	157

5.12 lentelė. Lengvojo dyzelino logistikos kaštai

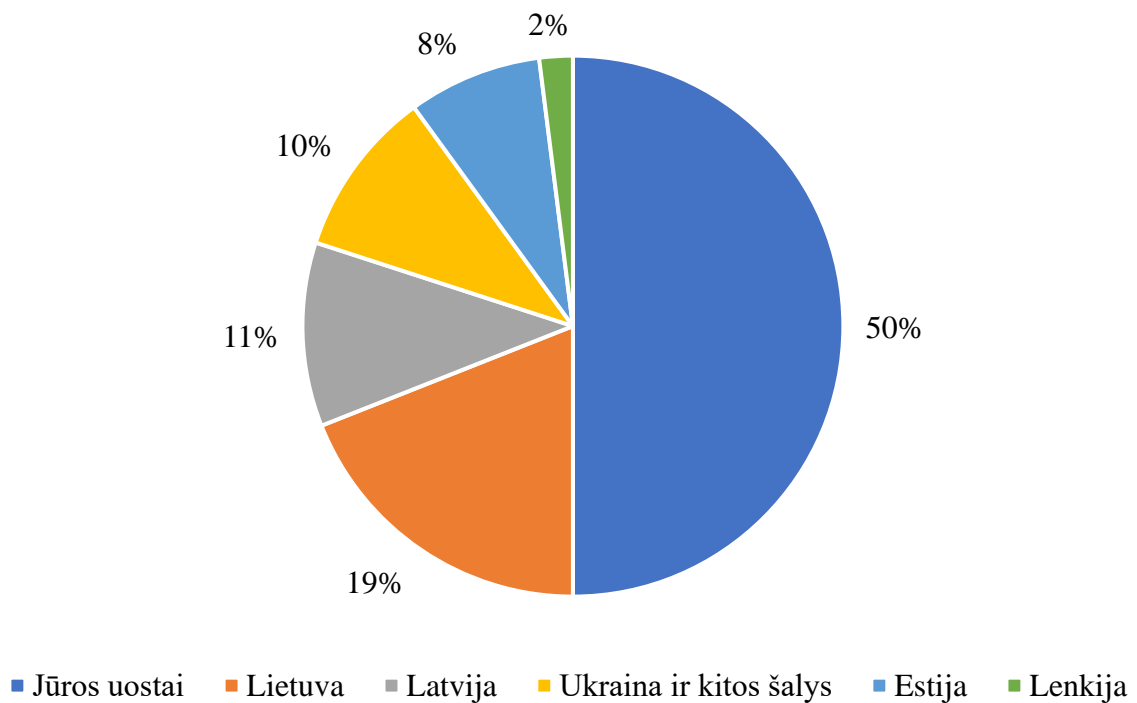
Šalis	Rinkos pasiskirstymas, %	Kaštai, Eurais vienai tonai produkcijos	Eksportuojamos naftos kiekis per metus, Mt	Kaštai, tūkst. Eur per metus
Lietuva	19	13	0,28	3589,61
Latvija	11	14,5	0,16	2317,99
Estija	8	25,5	0,12	2964,7
Ukraina	10	34	0,15	4941,17
Lenkija	2	29,7	0,03	863,25
Jūros uostai	50	13	0,73	9446,35
Iš viso	–	–	–	24123,06

Skaičiavimams priimta, jog įmonė per metus perdirba 10 Mt naftos ir pagamina 1,45 Mt lengvojo dyzelino frakcijos (230–290 °C).

Didžiausi logistikos kaštai tenka Ukrainai, Lenkijai ir Estijai, o mažiausi – Lietuvai ir Latvijai.



5.1 pav. Įmonės bendras metinis visos produkcijos eksportas ir importas



5.2 pav. „ORLEN Lietuva“ pardavimų rinkos struktūra

5.13 lentelė. Suvestinė gamybos kaštų lentelė

Kaštų rūšis	Iš viso tūkst. Eur
Tiesioginės išlaidos	
Pradinės medžiagos	208782,11
Energija technologijai	778,35
Darbo užmokestis	234
Iš viso tiesioginių išlaidų	209794,46
Netiesioginės išlaidos	
Amortizacija	31,4
Apšvietimas	40,8
Logistika	24123,06
Darbdavio mokesčiai	60,84
Iš viso netiesioginių išlaidų	24256,1
Iš viso gamybinės veiklos išlaidų	234050,56

Įvertinus skaičiavimus, pastebima, kad gamybos kaštai siekia 234,05 mln. Eur.

Apskaičiuojama gaminio gamybinė savikaina:

$$GGs = \frac{234,05 \cdot 1000000}{1453284} = 161,05 \text{ Eur.} \quad (5.5)$$

5.5. Veiklos kaštai ir gaminio kainos skaičiavimas

Veiklos sąnaudų biudžeto sudarymas – tai antrasis sąnaudų prognozavimo etapas. Šioms sąnaudoms priskiriamos negamybinės išlaidos, patiriamos vykdant pardavimų ir administravimo veiklas. Tokios išlaidos yra [16]:

1. administracijos darbuotojų darbo užmokestis ir socialinis draudimas;
2. administracinių patalpų nuoma ir eksploatacinės sąnaudos;
3. pardavimų sąnaudos;
4. komandiruočių išlaidos;
5. banko aptarnavimo išlaidos;
6. pagal įstatymus privalomi mokėti mokesčiai.

Galima priimti, jog veiklos sąnaudos sudaro nuo 5 iki 30 % gamybos kaštų. Priimta, jog veiklos kaštai sudaro 15 % gamybos kaštų:

$$n_{\text{veiklos kaštai}} = 0,15 \cdot n_{\text{gamybos kaštai}} = 0,15 \cdot 234050560 = 35107580 \text{ Eur.} \quad (5.6)$$

5.14 lentelė. Gaminio kaina

Gaminys	Gamybinė savikaina, Eur	Veiklos sąnaudos, Eur	Investicinės veiklos sąnaudos, Eur	Pilnoji savikaina	Pelnas		Viso, Eur/vnt.
					Rentabilumo procentas	Eur/vnt.	
Dyzelinai	161,05	24,16	–	185,21	10	18,52	203,73

Veiklos sąnaudos gaminiui sudaro bendrą sumą padalinus iš produkcijos gamybos plano:

$$n_{\text{veiklos sąnaudos}} = \frac{35107580}{1453284} = 24,16 \text{ Eur.} \quad (5.7)$$

5.6. Lūžio taško skaičiavimas

Lūžio taško skaičiavimas yra vienas iš investicijų efektyvumo vertinimo kriterijų. Jis parodo kokį kiekį produkcijos reikia pagaminti ir parduoti, kad įmonės veikla būtų pelninga. Tai yra ribinis taškas, kurį viršijus įmonės veikla pasidaro pelninga, o gamybos apimtis iki to taško – nuostolinga. Pelningumo taško analizės metodas parodo [16]:

1. kiek reikia gaminti produkcijos, kad būtų padengtos visos veiklos sąnaudos;
2. kokias pajamas reikia gauti, kad įmonės veikla būtų pelninga.

Lūžio taškas randamas pagal lygtį:

$$B_L = \frac{PK}{c - kk} = \frac{35107580}{203,73 - 161,05} = 822576,85 \text{ t;} \quad (5.8)$$

čia B_L – gaminio pardavimo apimtis lūžio taške, t; PK – gaminio pastovieji kaštai, Eur; c – gaminio tonos kaina, Eur; kk – gaminio tonos kintamieji kaštai, Eur.

5.15 lentelė. Lūžio taškas

Rodiklis	Vertė
Pastoviųjų kaštų suma, tūkst. Eur	35107580
Gaminio kaina, Eur	203,73
Gaminio kintamieji kaštai, Eur	161,05
Lūžio taškas, t	822576,85
Pardavimo planas, t	1453284

Lūžio taškas pasiekiamas pardavus 822576,85 tonas dyzelino, o tai sudaro 56,6 % pardavimo plano.

5.7. Grynujų pinigų srautų, pelno ir projekto atsipirkimo skaičiavimas

Grynujų pinigų srautų ir pelno skaičiavimuose modernizacijos atveju įvertinamos išlaidos produkto vienetui pagaminti prieš ir po rekonstrukcijos. Energijos išlaidos įvertintos kaip suminis elektros ir šiluminės energijos dydis. Bazinė gamybos apimtis sutampa su projekte numatytu kiekiu.

5.16 lentelė. Sąnaudų pasikeitimas įgyvendinus projektą (nuliniais metais)

Sąnaudų rūšis	Hidrovalymo procesas (išlaidos ir sąnaudos prieš rekonstrukciją)	Oksidavimo procesas (išlaidos ir sąnaudos po rekonstrukciją)	Išlaidų pokytis įgyvendinus projektą, tūkst. Eur
	Iš viso, tūkst. Eur	Iš viso, tūkst. Eur	
Išlaidos pagrindinėms medžiagoms	90292,53 (dyzelino kaina)	90292,53 (dyzelino kaina)	0
Išlaidos pagalbinėms medžiagoms	74798,14 (H ₂ dujos)	7323,36 (H ₂ O ₂) 101528,4 (HCOOH) 13,52 (CaO) 3717,89 (C ₆ H ₆)	37785,03
Energijos išlaidos	5212,2	778,35	-4433,85
Darbo užmokestis	234	234	0
Darbdavio mokesčiai	60,84	60,84	0
Bazinė gamybos apimtis, t	1453284		
Iš viso išlaidų, tūkst. Eur	170597,71	203948,89	33351,18

5.17 lentelė. Sąnaudų pasikeitimas pirmais projekto gyvavimo metais

Sąnaudų rūšis	Hidrovalymo procesas (išlaidos ir sąnaudos prieš rekonstrukciją)	Oksidavimo procesas (išlaidos ir sąnaudos po rekonstrukciją)	Išlaidų pokytis įgyvendinus projektą, tūkst. Eur
	Iš viso, tūkst. Eur	Iš viso, tūkst. Eur	
Išlaidos pagrindinėms medžiagoms	90292,53 (dyzelino kaina)	90292,53 (dyzelino kaina)	0
Išlaidos pagalbinėms medžiagoms	74798,14 (H ₂ dujos)	7323,36 (H ₂ O ₂) 13,52 (CaO)	-67461,26
Energijos išlaidos	5212,2	778,35	-4433,85
Darbo užmokestis	234	234	0
Darbdavio mokesčiai	60,84	60,84	0
Bazinė gamybos apimtis, t	1453284		
Iš viso išlaidų, tūkst. Eur	170597,71	98702,6	-71895,11

Sekančiais projekto metais metano rūgštis ir benzenas nebus perkamas, nes proceso metu junginiai pilnai regeneruojami.

Iš pateiktų skaičiavimų matome, jog įgyvendinus projektą, nuliniams metams, išlaidos oksidavimo procesui siekia 203,94 mln. Eur, o kitais projekto metais – 98,7 mln. Eur. Daroma išvada, jog jau pirmais projekto gyvavimo metais sieros junginių oksidavimo proceso išlaidos lyginant su hidrovalymo procesu sumažėja 71,9 mln. Eur.

Atsipirkimo periodas – tai laikas, per kurį gaunamos grynosios pajamos iš investicijų ir padengiamos investicijoms skirtos išlaidos [16]. Projekto išlaidos (gamybinės veiklos išlaidos + ilgalaikis turtas) siekia 239,95 mln. Eur, tuomet projekto atsipirkimas:

$$A = \frac{239,95}{71,9} = 3,33 \text{ metai.} \quad (5.9)$$

Investicijos atsipirks per trejus su puse metų, kadangi $A < 5$, tuomet jos efektyvios – galima teigti, jog projektą įgyvendinti yra tikslinga.

6. DARBUOTOJŲ SAUGA IR SVEIKATA

6.1. Projektuojamo objekto charakteristika

Projektuojamas objektas – kuro frakcijų nusierinimo įrenginys, kuriame naudojant vandens peroksidą yra skaidomi heteroatominiai ryšiai. Technologinis įrenginys bus statomas Mažeikių rajone, Juodeikių kaime, akcinės bendrovės „ORLEN Lietuva“ teritorijoje. Naftoje visuomet būna sieros junginių, kurie, ją perdirbant, patenka į tarpinius ar galutinius produktus. Deginant sieringą naftos kurą į atmosferą su dūmais patenka dideli kiekiai sieros oksidų, kurie teršia aplinką, kenkia augalams ir gyvūnams [7]. Dėl šios priežasties yra būtina valyti frakcijas nuo sieros junginių.

Įrenginyje vykstantys procesai yra pavojingi, nes žaliava – dyzelino frakcija ir atmosferinis mazutas, tai lengvai užsidegančios medžiagos, susidedančios iš tolueno, naftaleno, trimetilbenzeno, metiltretbuteterio, benzeno, kurios klasifikuojamos kaip antros kategorijos kancerogenai, todėl ilgalaikis poveikis gali sukelti vėžį.

Naudojantis sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklėmis, kurios reglamentuoja saugių gyvenamajai aplinkai ir žmonių sveikatai sanitarinių apsaugos zonų nustatymą, parenkamas ribų dydis, kuris lygus 1000 metrų už įmonės teritorijos ribų. Įmonės taršos rūšys – cheminė ir fizikinė [17].

6.2. Profesinės rizikos vertinimas

Profesinės rizikos vertinimo tikslas yra nustatyti ir įvertinti esamą ar galimą riziką darbe, ją pašalinti, o jei negalima pašalinti, įdiegti prevencijos priemones, kad darbuotojai būtų apsaugoti nuo rizikos arba ji būtų kiek įmanoma mažesnė [18].

Įmonėje darbuotojai yra veikiami šiais rizikos veiksniais:

1. cheminiais – proceso metu naudojamas kuras ir vandenilio peroksidas;
2. ergonominiais – sėdimas ir monotoniškas darbas;
3. fizikiniais – žaliavos ir produktų transportavimui naudojami siurbliai, jie sukelia triukšmą, bei gali sukelti statinės elektros pavojų.

6.1 lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas [18, 19]

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio atsiradimo ar veikimo vieta	Rizikos veiksnio leidžiamas dydis, ribinė vertė, matavimo vienetas	Prevencijos priemonių būtinumas
Fizikinis veiksnys			
Triukšmas	Siurblinė	87 dBA	Ausinės
Elektros įtampa	Mėginių ėmimo vieta	–	Įžeminimas
Fizinis veiksnys			
Slėginis indas	Sumaišymo mazgas, mėginių paėmimo vieta	–	Laiku ir kokybiškai paruošti indus techninės būklės tikrinimui
Cheminis veiksnys			
H ₂ O ₂	Sumaišymo mazgas	1,4 mg/m ³	Kvėpavimo takus apsaugantys aparatai su filtrais; pirštinės, apsaugančios nuo cheminio poveikio, kombinezonas
HCOOH		9 mg/m ³	
C ₆ H ₆		3,25 mg/m ³	
Kuras	Sumaišymo mazgas, mėginių paėmimo vieta	200 mg/m ³	
Ergonominis veiksnys			
Darbo poza	Operatorinė	Kai sėdinčiojo nugarą tiesi ir išlaikomi natūralūs stuburo linkiai ir dubens-klubų kampai, kojų sąnarių kampai buki, kojų pėdos remiasi į pagrindą	Dirbant 12 valandų darbo dieną, specialios pertraukos pirmosiomis 8 darbo valandomis nustatomos pagal 8 valandų darbo pamainos režimą (5–10 minučių pertraukos), likusias 4 valandas po kiekvienos darbo valandos daroma 15 minučių pertrauka
Darbo įtampa (dėmesys)	Operatorinė	Ne daugiau kaip 75% pamainos laiko	
Darbo monotonija	Operatorinė	–	–

6.2 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai [20]

Medžiagos pavadinimas	Sunaudojama per pamainą, t	Pliūpsnio temperatūra, °C	Sprogumo koncentracija ore, tūrio %	Savaiminio užsidegimo temperatūra, °C
Dyzelinas	3981,6	> 55	2–3	> 225
Mazutas	13200	> 65	1–6	220–550

Įvertinus medžiagų gaisrinio pavojingumo rodiklius, nustatomos patalpų, išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogimo ir gaisro pavojų.

6.3 lentelė. Patalpų kategorijos pagal sprogimo ir gaisro pavojų [10]

Patalpa	Patalpos kategorija	Medžiagų, esančių patalpoje ar naudojamų technologiniame procese, apibūdinimas
Operatorinė	E _g	Nedegios medžiagos arba patalpos, kuriose gaisro apkrova mažesnė kaip 42 MJ/m ²

Operatorinė priskiriama 2 pavojingumo zonai – tai vieta, kurioje, esant normaliai darbo eigai, negali susidaryti sprogiosios aplinkos, kurią sudaro oro ir lengvai užsiliepsnojančių dujų, garų arba rūko pavidalo medžiagų mišinys, tačiau jei tokia aplinka susidaro, ji būna labai trumpai [21].

6.4 lentelė. Išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogimo ir gaisro pavojų [22]

Įrenginys	Įrenginio kategorija	Medžiagų, esančių įrangoje ar naudojamų technologiniame procese, apibūdinimas ir kiekis
Siurblys	A _{sg}	Jeigu įrangoje yra (laikomos, perdirbamos ar transportuojamos) ypač degių dujų, degių, labai degių ir ypač degių skysčių, kurių pliūpsnio temperatūra neviršija 28 °C, medžiagų, kurios sprogs ir dega, sąveikaudamos su vandeniu, deguonimi ar viena su kita, kai naudojama jų tiek, kad zonos, kurios riba yra garų ar dujų ir oro mišinio apatinė koncentracinė liepsnos plitimo riba, dydis horizontalioje plokštumoje yra daugiau kaip 30 m ir (ar) apskaičiuotas dujų ar garų ir oro mišinio sprogimo momentinis viršslėgis 30 m atstumu nuo išorinio įrenginio didesnis kaip 5 kPa.

6.3. Saugi gamyba

Įmonėje veikia darbuotojų saugos ir sveikatos vidaus kontrolė, kurią kuruoja Kokybės, aplinkosaugos ir saugos darbe padalinys. Darbuotojų saugos ir sveikatos specialistai yra atsakingi už darbuotojų mokymą ir instruktavimą.

Įmonė paskiria darbdavio įgaliotam asmeniui organizuoti darbuotojų instruktavimą užtikrinant, kad darbuotojai būtų instruktuojami priimant į darbą, perkeltant į kitą darbą, pakeitus darbų organizavimą, pradėjus naudoti naujas ar modernizuotas darbo priemones, pradėjus naudoti naujas technologijas, pakeitus ar priėmus naujus darbuotojų saugos ir sveikatos norminius teisės aktus. Įmonių, kurių veikla susijusi su pavojingų cheminių medžiagų bei preparatų ir biologinių medžiagų naudojimu, darbuotojai privalo būti supažindinti su įmonėje naudojamų konkrečių pavojingų cheminių medžiagų bei preparatų ir biologinių medžiagų poveikiu sveikatai. Darbuotojai, kurių bet kokia veikla susijusi su pavojingomis cheminėmis medžiagomis bei preparatais ir biologinėmis medžiagomis, privalo būti instruktuoti ir apmokyti saugiai dirbti su konkrečiomis pavojingomis cheminėmis medžiagomis bei preparatais ir biologinėmis medžiagomis [23].

Įmonės darbuotojai išklauso šias instrukcijas:

1. darbas su videoterminalais;
2. ėminių ėmimas;
3. ugnies darbai;
4. gaisrinė sauga;
5. pavojingų cheminių medžiagų ir mišinių sandėliavimas ir naudojimas.

6.3.1. Žaibolaidžio apsaugos zonos skaičiavimas

Statinių apsaugai nuo žaibo yra įrengiami žaibolaidžiai – įrenginiai, priimančys žaibo smūgį ir nutekinantys jo energiją į žemę. Operatorinės apsaugai nuo žaibo bus suprojektuotas vieno lyno žaibolaidis [24].

6.5 lentelė. Vieno lyno žaibolaidžio apsaugos zonos skaičiavimas [24]

Patikimumas	Žaibolaidžio aukštis h , m	Kūgio aukštis h_0 , m	Kūgio spindulys r_0 , m
0,9	0–150	$0,87 \cdot h$	$1,5 \cdot h$
0,99	0–30	$0,8 \cdot h$	$0,95 \cdot h$
	30–100	$0,8 \cdot h$	$[0,95 - 7,14 \cdot 10^{-4} \cdot (h - 30)] \cdot h$
	100–150	$0,8 \cdot h$	$[0,9 - 10^{-3} \cdot (h - 100)] \cdot h$
0,999	0–30	$0,75 \cdot h$	$0,7 \cdot h$
	30–100	$[0,75 - 4,28 \cdot 10^{-4} \cdot (h - 30)] \cdot h$	$[0,7 - 1,43 \cdot 10^{-3} \cdot (h - 30)] \cdot h$
	100–150	$[0,72 - 10^{-3} \cdot (h - 100)] \cdot h$	$[0,6 - 10^{-3} \cdot (h - 100)] \cdot h$

Operatorinės aukštis $h_x = 10,1$ m, plotis $a = 42,1$ m, ilgis $b = 61,85$ m.

Prenkamas patikimumas 0,99, žaibolaidžio aukštis 38,75 m, tuomet kūgio aukštis h_0 :

$$h_0 = 0,8 \cdot h = 0,8 \cdot 38,75 = 31 \text{ m.} \quad (6.1)$$

Apskaičiuojamas kūgio spindulys r_0 :

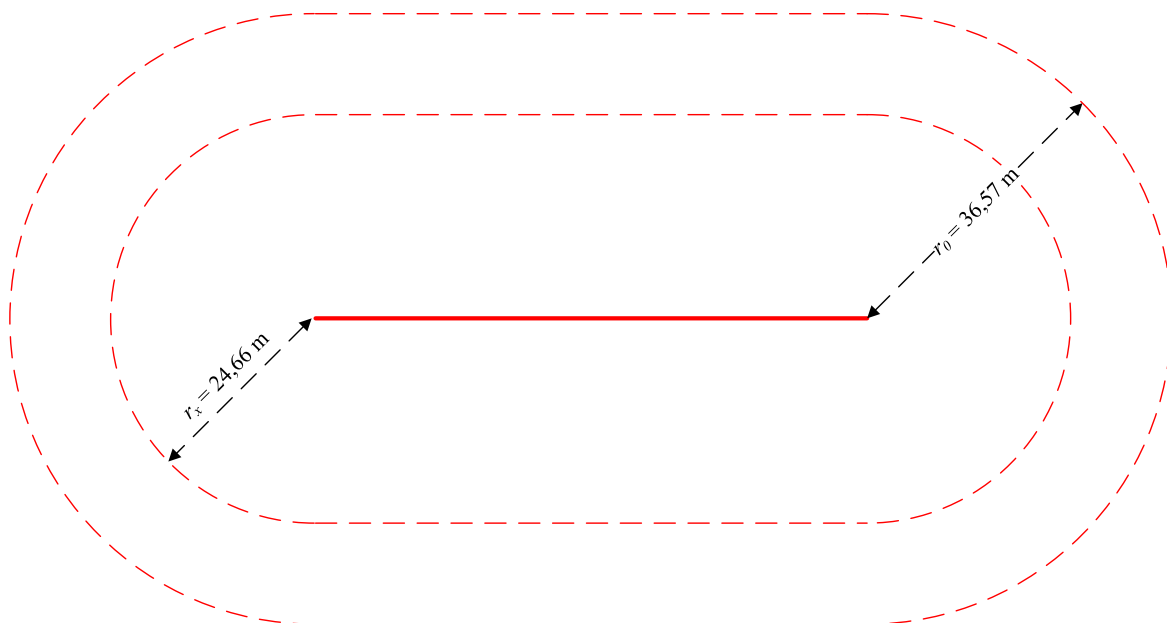
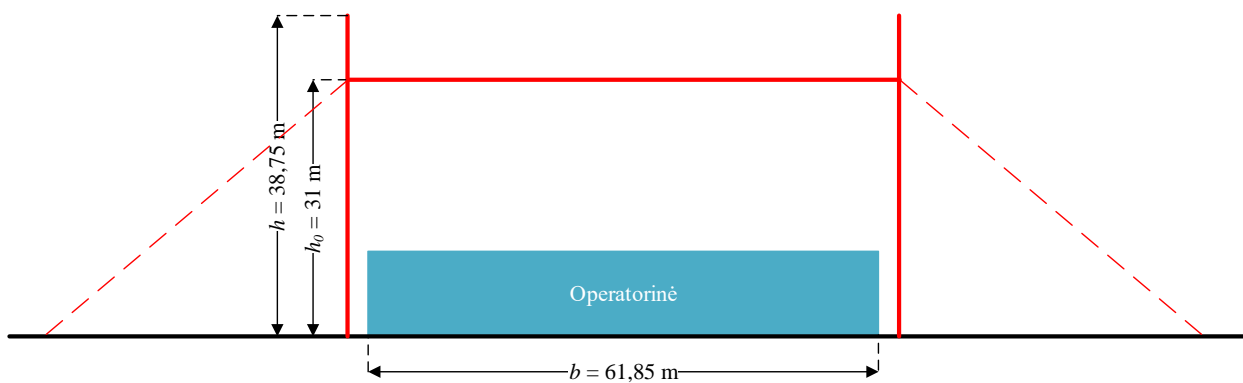
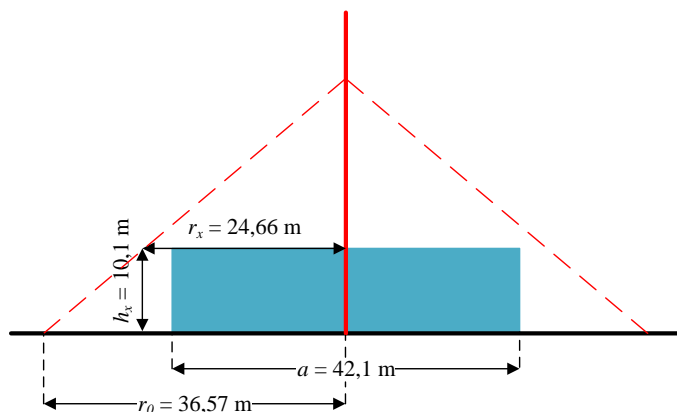
$$r_0 = [0,95 - 7,14 \cdot 10^{-4} \cdot (h - 30)] \cdot h; \quad (6.2)$$

$$r_0 = [0,95 - 7,14 \cdot 10^{-4} \cdot (38,75 - 30)] \cdot 38,75 = 36,57 \text{ m.}$$

Apskaičiuojama apsaugos riba r_x aukštyje $h_x = 10,1$ m:

$$r_x = \frac{r_0 \cdot (h_0 - h_x)}{h_0} = \frac{36,57 \cdot (31 - 10,1)}{31} = 24,66 \text{ m.} \quad (6.3)$$

Apskaičiuotos žaibolaidžio apsaugos zonos pavaizduotos 6.1 pav.



6.1 pav. Objekto apsauga nuo žaibo vienu lynu

6.4. Darbo higiena

Įmonėje yra perdirbamos ir naudojamos sveikatai kenksmingos medžiagos, todėl yra nustatomi ilgalaikio ir trumpalaikio poveikio ribiniai dydžiai bei parenkamos atitinkamos asmens apsaugos priemonės saugiam darbui užtikrinti. Darbo aplinkos oro užterštumas chemine medžiaga turi neviršyti cheminės medžiagos profesinio poveikio ribinių dydžių [25].

6.6 lentelė. Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai

Cheminė medžiaga		Ribinis dydis						Poveikis sveikatai
		Ilgalaikio poveikio ribinis dydis ³		Trumpalaikio poveikio ribinis dydis ⁴		Neviršytinas ribinis dydis ⁵		
Pavadinimas	CAS Nr. ⁶	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	
H ₂ O ₂	7722-84-1	1,4	1	–	–	3	2	Ūmus
HCOOH	64-18-6	9	5	–	–	–	–	–
C ₆ H ₆	71-43-2	3,25	1	19	6	–	–	Kancerogeninis
CaO	1305-78-8	2	–	5	–	–	–	–

Lengvojo dyzelino frakcijos ir atmosferinio mazuto atskiri ribiniai dydžiai nenustatyti, nes šios kuro rūšys yra cheminių medžiagų mišiniai, o tikslios tų cheminių medžiagų koncentracijos dažniausiai būna nežinomos, be to, skirtingų kuro partijų jos gali būti nevienodos [25]. Apytikriai angliavandenilių ribiniai dydžiai pateikti 6.7 lentelėje.

6.7 lentelė. Apytikriai angliavandenilių ribiniai dydžiai

Produktas	Pradinė skaičiuotina sudedamoji dalis, tūrio %		Suminis angliavandenilių ribinis dydis, mg/m ³	
	Aromatiniai junginiai, skaičiuojami kaip trimetilbenzenas	Likutis, skaičiuojamas kaip oktanas	Ilgalaikio poveikio ribinis dydis	Trumpalaikio poveikio ribinis dydis
Plačios frakcijos kuras	25	75	350	500

³ **Ilgalaikio poveikio ribinis dydis** – cheminės medžiagos darbuotojo kvėpavimo erdvėje koncentracijos dinaminio svertinio vidurkio, išmatuoto arba apskaičiuoto per 8 valandų darbo pamainą ir 40 valandų darbo savaitę, didžiausias leistinas dydis [19].

⁴ **Trumpalaikio poveikio ribinis dydis** – cheminės medžiagos, kuri ne ilgiau kaip 15 minučių ir ne daugiau kaip 4 kartus per darbo pamainą kasdien veikdama darbuotoją neturėtų sukelti neigiamų pojūčių ar pakenkti jo sveikatai, darbuotojo kvėpavimo erdvėje vidutinės koncentracijos, išmatuotos per 15 minučių, didžiausias leistinas dydis [19].

⁵ **Neviršytinas ribinis dydis** – ūmaus poveikio cheminės medžiagos, kuri veikdama darbuotoją gali pakenkti jo sveikatai per labai trumpą laiką, darbuotojo kvėpavimo erdvėje vidutinės koncentracijos, išmatuotos per 5–10 minučių, didžiausias leistinas dydis [19].

⁶ **CAS numeris** – cheminių medžiagų santrumpų tarnybos (angl. *Chemical Abstracts Service*) medžiagai suteiktas registracijos numeris [19].

Asmeninė apsaugos priemonė – bet kuri priemonė, skirta darbuotojui turėti ar dėvėti, siekiant apsaugoti jį nuo rizikos veiksnių, galinčių kelti grėsmę darbuotojo saugai ir sveikatai, bei kitas šiam tikslui skirtas priedas ar reikmuo.

Išduotos darbuotojui asmenines apsaugos priemones privalo [26]:

1. apsaugoti nuo galimų kenksmingų, pavojingų veiksnių, esančių darbo aplinkoje, pačios nesukeldamos papildomos rizikos;
2. atitikti darbo vietoje esančias sąlygas;
3. atitikti ergonominius reikalavimus ir darbuotojo sveikatos būklę.

Įvertinus fizikinius, cheminius ir ergonominius veiksnius operatorių darbo vietoje, yra parenkamos asmeninės apsaugos priemonės.

6.8 lentelė. Darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsaugos priemonėmis sąrašas [26]

Kūno dalis	Asmeninė apsaugos priemonė
Galva	Šalmas; pošalmis
Klausa	Prieštriukšminiai kamščiai; ausinės, tvirtinamos prie šalmo
Akys ir veidas	Akiniai
Kvėpavimo takai	Aparatai su filtrais, apsaugantys nuo dulkių, dujų
Plaštakos ir rankos	Pirštinės apsaugančios nuo mechaninio ir cheminio poveikio
Pėdos ir kojos	Žemaauliai batai; šilti batai
Visas kūnas	Apsauginiai darbo drabužiai, šilti drabužiai

Technologinių įrenginių operatorių darbo vietoje taip pat įvertintas apšvietimas, šilumos komfortas bei aplinka. Darbo patalpose dėl technologinių ypatumų negali būti taikomas natūralus apšvietimas. Darbo patalpų nuolatinių darbo vietų dirbtiniam apšvietimui bus naudojami šviesos diodų šaltiniai bei žemo slėgio dujų išlydzio (liuminescencinės) lempos. Patalpoje vykdomų darbų charakteristika – tikslūs darbai, III kategorijos regos darbai, mažiausia ribinė vertė 500 lx [27].

Darbo patalpų šiluminės aplinkos parametrai yra tokie: oro temperatūra, oro santykinis drėgnumas, oro judėjimo greitis ir šiluminio spinduliavimo intensyvumas [28]. Jis nustatomas pagal darbo sunkumą ir metų laikotarpį.

6.9 lentelė. Darbo patalpos šiluminio komforto parametrų norminės vertės [28]

Metų laikotarpis	Darbų kategorija	Oro temperatūra, °C	Oro santykinis drėgnumas, %	Oro judėjimo greitis, m/s
Šaltasis	Lengvas – Ib ⁷	21–23	40–60	iki 0,1
Šiltasis	Lengvas – Ib	22–24	40–60	iki 0,2

⁷ **Lengvas fizinis Ib kategorijos darbas** – darbas, kurį dirbant žmogaus energijos sąnaudos sudaro daugiau kaip 500 kJ/h, bet ne daugiau kaip 630 kJ/h (reikalauja nedidelės fizinės įtampos sėdint, stovint ar vaikstant) [22].

6.5. Gaisrinė sauga

Projektuojamoje operatorinėje numatomi du evakuaciniai išėjimai. Koridoriuose, laiptinėse bus evakuacijos kryptį nurodantys ženklai. Durys evakuaciniuose išėjimuose lengvai atidaromos, pakabintos gaisrinės saugos instrukcijos. Patalpoje gali kilti B ir C klasės gaisrai – skystųjų medžiagų ir dujų gaisrai. Dėl šios priežasties bus įrengtos automatinės gaisro gesinimo sistemos bei patalpa aprūpinta gesintuvais: B tipo gaisrams gesinti gali būti naudojami milteliniai, putų, dujiniai anglies dioksido gesintuvai, o C tipo gaisrams gesinti – milteliniai bei CO₂ gesintuvai [29].

6.10 lentelė. Gaisro klasė ir ugnį gesinanti medžiaga [29]

Gaisro klasė	Ugnį gesinanti medžiaga			
	Vanduo	Milteliai		
		ABC tipo	BC tipo	D tipo
A (kietųjų medžiagų)	+	+	–	++
B (skysčių)	–	++	+	++
C (dujų)	–	–	+	++
D (metalų)	–	–	–	–

Sutartiniai ženklai: ++ veiksmingiausia; + veiksminga; – ne tokia veiksminga.

Objekto teritorijoje pirminėms gaisro gesinimo priemonėms laikyti bus įrengti specialūs skydai, stendai. Juose bus laikomi: du gesintuvai, du kibirai, smėlio dėžė ir kastuvas, audeklas, du laužtuvai, du kirviai. Skydai ir stendai bus įrengti lengvai prieinamose ir gerai matomose vietose, netoli nuo išėjimų iš patalpų [29].

7. STATYBINIAI SPRENDIMAI

Projektuojamas operatorinės pastatas stovės akcinės bendrovės „ORLEN Lietuva“ teritorijoje, Juodeikių k., Mažeikių raj. savivaldybėje. Pastato paskirtis – naftos elektrinio nudruskinimo ir atmosferinės rektifikacijos, kuro frakcijų valymo nuo sieros junginių vandenilio peroksido, dyzelino hidrovalymo bei dujų frakcionavimo bloko įrenginių nuotolinis valdymas. Patalpoje taip pat bus sandėliuojami deemulsikliai, skirti naftos elektrinio nudruskinimo proceso efektyvumui didinti, bei inhibitoriai ir neutralizatoriai, kurie apsaugo vidinę įrangą nuo korozijos.

7.1 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai

Pavadinimas	Matavimo vienetas	Kiekis
Sklypas		
Sklypo plotas	m ²	8540,29
Statinio užimtas žemės plotas	m ²	1467,01
Žalioji plotas	m ²	882
Pastatas		
Bendras pastato plotas	m ²	1467,01
Pastato tūris	m ³	14670,1
Aukštų skaičius	vnt.	1
Pastato aukštis	m	10,1

Bendras pastato plotas – 1467,01 m². Jį sudaro trylika patalpų, iš kurių: virtuvė, tualetas, sandėliavimo patalpa, įrenginių valdymo patalpa, techninė ir poilsio patalpos, leidimų išdavimo kambarys, koridorius, asmens apsaugos priemonių kambarys.

Operatorinės pastatas apšiltintas Paroc ROB 80 20 mm ir EPS 80 200 mm storio šilumos izoliacijomis, taip pat garso izoliacija. Siena – daugiasluoksnė su akmens vatos termoizoliacija. Grindys taip pat apšiltintos, jas sudaro išlyginta ir sutankinta skalda, armuotas betono sluoksnis, grindų danga. Projektuojamo statinio konstrukciją palaiko gelžbetonio kolonos, jos atsparios ugniai, temperatūrų pokyčiams. Gelžbetonis taip pat naudojamas kolonų pamatams. Pastato vidaus temperatūra svyruoja nuo 21 iki 24 °C, priklausomai nuo metų laiko. Operatorinė turi tris įėjimus – į reagentų sandėliavimo patalpą, įrenginių valdymo patalpą bei į pagalbinę patalpą. Išorinės durys plieninės, apšiltintos metalinės konstrukcijos. Vidinės durys yra faneruotos, atsparios drėgmei.

Pastate sumontuoti keturi juodos spalvos langai, pasižymintys aukštais techniniais parametrais, tausojančiais pastato šilumą, slopinančiais siurblių skleidžiamo triukšmo patekimą į patalpas. Pastatas šildomas šilumine energija, gaunama iš šilumokaičių bloko – antrojo stripingo srauto šiluma atiduodama vandeniui iš šildymo sistemos, kuris tekėdamas radiatoriais šildo operatorinės patalpas. Taip pat įrengtos ventiliacijos ir oro tiekimo sistemos. Virtuvės ir poilsio patalpos aprūpintos baldais, buitine technika.

Projektuojamo sklypo plotas yra 8540,29 m², sklypo apstatymas pastatu – 17,17 %, likęs plotas apstatomas technologine įranga.

7.1. Pastato rekonstrukcijos darbų kainos apskaičiavimas

Orientacinę statinio rekonstrukcijos darbų kainą galima apskaičiuoti naudojantis UAB „Sistela“ statinių statybos skaičiuojamųjų kainų lyginamaisiais ekonominiais rodikliais ir parengtu Nekilnojamojo turto atkūrimo kaštų (statybinės vertės) kainynu. Lyginamieji ekonominiai rodikliai apskaičiuoti statinių analogo pagrindu, įvertinat darbo, medžiagų, mechanizmų eksploatacijos skaičiuojamąsias rinkos kainas. Nekilnojamojo turto atkūrimo kaštų (statybinės vertės) kainynas skirtas naudotis nustatant statinių vertę, apskaičiuojamą pagal atkuriamosios vertės metodą [15].

7.2 lentelė. Negyvenamųjų pastatų statybos ir rekonstrukcijos kainos 1 m³ statinio [15]

Paskirtis	Statinio tūris, m ³	Nauja statyba, Eur	Rekonstrukcija, Eur
Gamybos, pramonės pastatai	iki 1000	134,09	109,77
	1001–2500	118,16	97,31
	2501–5000	107,74	87,18
	daugiau kaip 5000	98,55	75,59

Kainos perskaičiuotos iš litų į eurus kursu 3,4528 lito už 1 eurą.

Operatorinės tūris yra lygus 14670,1 m³, tuomet rekonstrukcijos kaina:

$$Q_r = 14670,1 \cdot 75,59 = 1108912,85 \text{ Eur.} \quad (7.1)$$

Sudaroma suvestinė statybos kainos apskaičiavimo lentelė.

7.3 lentelė. Operatorinės projektavimo ir statybos kainos apskaičiavimas [15]

Išlaidų aprašymas	Kaina, tūkst. Eur			
	Statybos ir montavimo darbai	Įrenginiai	Kitos išlaidos	Iš viso
Statybos sklypas	–	–	–	–
Statybos sklypo paruošimas	25,5	–	–	25,5
Statinio statyba ir įrengimas	1108,91	150,5	–	1259,41
Projektavimo ir inžinerinės paslaugos	55	–	–	55
Kitos paslaugos	25	–	–	25
Rezervas	120,5	–	–	120,5
Iš viso	1334,91	150,5	–	1485,41

8. APLINKOSAUGOS VERTINIMAS

Sparčiai vystantis pramonei, aplinkosaugos problemos tampa vis aktualesnės dėl oro, vandens ir dirvožemio taršos bei žemės išteklių naudojimo. Vienas svarbiausių aspektų – taršos globalumas ir neigiamas poveikis žmonių sveikatai, faunai ir florai. Aplinkosaugos vertinimas plačiaja prasme apima vertinimą per visą gaminio būvio ciklą (nuo žaliavų gavimo iki atliekų šalinimo). Magistro baigiamajame projekte pateikiamas tik produkto gamybos metu daromas poveikis aplinkai. Aplinkosaugos vertinimas prasideda nuo žaliavų ir išteklių bei produktų balanso [15].

Kuro frakcijų valyme nuo sieros junginių procese naudojamos žaliavos:

1. lengvasis dyzelinas (fr. 230–290 °C), $\rho = 829,5 \text{ kg/m}^3$;
2. sunkusis dyzelinas (fr. 290–350 °C), $\rho = 863,1 \text{ kg/m}^3$.

Proceso produktai:

1. nuo sieros junginių išvalytas lengvasis dyzelinas (fr. 230–290 °C);
2. nuo sieros junginių išvalytas sunkusis dyzelinas (fr. 290–350 °C);
3. sulfonai, sulfoksidai, elementinė siera, vanduo.

Pagalbinės medžiagos:

1. vandenilio peroksidas, $\rho = 1100 \text{ kg/m}^3$;
2. metano rūgštis $\rho = 1220 \text{ kg/m}^3$;
3. benzenas;
4. kalcio oksidas.

8.1 lentelė. Proceso medžiagų balansas lengvojo dyzelino frakcijos valymui

Komponentas	Kiekis, m ³ /h	Kiekis, tonos per parą	Kiekis, masės %
Įeinantis srautas			
Lengvasis dyzelinas	200	3981,6	86,18
Vandenilio peroksidas	2	52,8	1,14
Metano rūgštis	20	585,6	12,68
Iš viso	222	4620	100
Išeinantis srautas			
Išvalytas lengvasis dyzelinas	198	3941,8	85,32
Sulfonai, sulfoksidai, siera, vanduo	4	92,6	2
Metano rūgštis	20	585,6	12,68
Iš viso	222	4620	100

Į medžiagų balansą neįtrauktas benzenas ir kalcio oksidas dėl mažų kiekių ir mažos įtakos procesui

8.2 lentelė. Proceso medžiagų balansas sunkiojo dyzelino frakcijos valymui

Komponentas	Kiekis, m ³ /h	Kiekis, tonos per parą	Kiekis, masės %
Įeinantis srautas			
Sunkusis dyzelinas	105	2175,01	86,65
Vandenilio peroksidas	1,05	27,72	1,1
Metano rūgštis	10,5	307,44	12,25
Iš viso	116,55	2510,17	100
Išeinantis srautas			
Išvalytas sunkusis dyzelinas	103,95	2153,26	85,78
Sulfonai, sulfoksidai, siera, vanduo	2,1	49,47	1,97
Metano rūgštis	10,5	307,44	12,25
Iš viso	116,55	2510,17	100

Į medžiagų balansą neįtrauktas benzenas ir kalcio oksidas dėl mažų kiekių ir mažos įtakos procesui

8.3 lentelė. Duomenys apie naudojamas žaliavas ir pagalbines chemines medžiagas [20]

Žaliavos pavadinimas	Kiekis, tonos per metus	Cheminės medžiagos ar preparato klasifikavimas ir ženklavimas		
		Pavojaus nuoroda	Rizikos frazės	
Lengvasis dyzelinas (fr. 230–290 °C)	1453284	toksiška pavojinga aplinkai	 	gali sukelti vėžį; gali sukelti ilgalaikius nepalankius vandens ekosistemų pakitimus;
Sunkusis dyzelinas (fr. 290–350 °C)	793878,65	degi dirginanti	 	prarijus ir patekus į kvėpavimo takus, gali sukelti mirtį
Vandenilio peroksidas	29389,8	pavojinga aplinkai ėsdinanti dirginanti	 	kaitinama gali sprogti; kenksminga įkvėpus; kenksminga prarijus
Metano rūgštis	325959,6	ėsdinanti		toksiška įkvėpus ir prarijus; kenksminga vandens organizmams
Benzenas	10371,11	toksiška degi	 	gali sukelti vėžį; mutageninis poveikis
Kalcio oksidas	103,71	dirginanti		gali dirginti odą, kvėpavimo takus

Žaliavos, naudojamos procese yra toksiškos, pavojingos aplinkai, degios, dirginančios, ėsdinančios ir sprogios.

8.4 lentelė. Duomenys apie energetinėms reikmėms naudojamus išteklius

Produkcija		Energetinėms reikmėms naudojami ištekliai		
Pavadinimas	Kiekis	Pavadinimas	Kiekis	Šaltinis
Lengvasis dyzelinas	1453284 t/metus	Elektros energija	24516086,4 kWh/metus	Šiluminė elektrinė
Sunkusis dyzelinas	793878,65 t/metus			

Nuo sieros junginių išvalyti dyzelinų frakcijas, energetinėms reikmėms naudojama elektros energija, pagaminta šiluminėje elektrinėje. Metinis elektros energijos kiekis – 24516086,4 kWh/metus.

8.5 lentelė. Veiklos sąlygojama fizikinė tarša

Taršos rūšis	Taršos šaltinio pavadinimas	Taršos šaltinių skaičius	Taršos šaltinio skleidžiamas taršos lygis	Priemonės taršai mažinti
Triukšmas	Siurblys	15	61 dBA	–

Įvertinus veiklos sąlygojamą fizikinę taršą t. y. triukšmą, priemonės taršai mažinti nėra reikalingos, nes neviršija ribinės vertės – 87 dBA.

8.1. Susidarančios atliekos ir jų tvarkymo galimybės

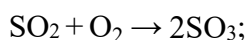
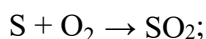
Priklausomai nuo sieringų junginių struktūros merkaptanai, cikliniai ir acikliniai sulfidai, disulfidai ir paprasti tiofenai oksidacijos metu virsta į sulfonus, disulfidus, elementinę sierą.

8.6 lentelė. Susidarančių atliekų balansas

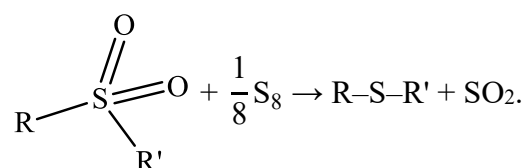
Atliekų susidarymo vieta	Nuotekų kiekis		Teršalo pavadinimas	Priemonės taršai mažinti
	Tonos per parą	Tonos per metus		
Sumaišymo reaktorius	142,07	51855,55	Sulfonai, disulfidai, elementinė sierą	Atliekų panaudojimas kitiems cheminiams procesams vykdyti ir gauti naudingus produktus
Talpa	0,28	103,71	Kalcio oksidas	Panaudoti kalcio karbonatui gauti arba regeneruoti į kalcio oksidą

Proceso atliekos, kurios pramonėje gali būti panaudojamos tolimesniems procesams vykdyti ir gauti naudingus produktus [5]:

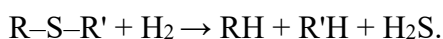
1. Gabalinės sieros panaudojimas sieros rūgšties gamyboje:



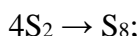
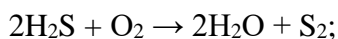
2. Sulfonų redukcija iki elementinės sieros pradeda nuo sulfonų redukcijos iki disulfidų juos deginant kartu su elementine sierą:



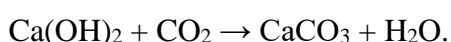
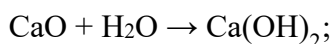
Hidrogenolizės metu disulfidus verčiant alkanais išsiskiriant vandenilio sulfidui, kai katalizatorius MoS₂:



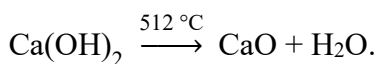
Tuomet išsiskyręs vandens sulfidas perdirbamas į gabalinę sierą. Terminėje pakopoje H₂S deginamas katilo–utilizatoriaus pakuroje aukštoje temperatūroje. Gabalinė siera toliau gali būti panaudota sieros rūgšties gamyboje:



3. Drėgnas kalcio oksidas gali būti panaudojamas gesintoms kalkėms, kalcio karbonatui gauti:



Kalcio hidroksidas gali būti regeneruojamas aukštoje temperatūroje į kalcio oksidą ir vėl naudojamas procese:



8.2. Susidarančios nuotekos ir jų tvarkymo galimybės

Proceso metu susidaro vanduo, kuris gali būti užterštas naftos produktais, sulfidais, metalais. Naftos dalelės vandenyje gali būti laisvos, stabilizuotos, emulsijos pavidalo, todėl vandenį būtina valyti.

8.7 lentelė. Susidarančio vandens balansas

Atliekų susidarymo vieta	Nuotekų kiekis		Teršalo pavadinimas	Priemonės taršai mažinti
	Tonos per parą	Tonos per metus		
Sumaišymo reaktorius	28,41	10371,11	Vanduo užterštas naftos produktais	Nugriebimas, filtracija

8.8 lentelė. Vandens valymo metodai [30]

Metodas	Aprašymas
Nugriebimas	Nugriebimas plačiai taikomas nuotekų paviršiuje plūduriuojančioms riebioms priemaišoms pašalinti. Griebtuvų efektyvumas priklauso nuo naftos savybių, plėvelės storio ir nugriebimo principo. Griebtuvuose taip pat taikomas išcentrinis metodas. Šio metodo esmė yra analogiška hidrociklonams – vanduo yra įsukamas ir pašalinamas į apačioje esantį rezervuarą. Hidrociklonuose nafta kaupiasi griebtuvo centre, iš kur toliau yra pašalinama.
Gravitacinis skyrimas	Idealiomis sąlygomis užtikrinamas laminarinis tekėjimas, sferinė naftos lašelių forma ir idealus lašelių pasiskirstymas. Šis metodas ypač taikomas atskirti lengvųjų angliavandenilių produktus, žibalą, dyzeliną, esant žemai vandens klampai ir aukštai temperatūrai. Čia lašeliai jungiasi ir sudaro didelius sferinius lašus, greitai kylančius į paviršių naudojant plokštinius separatorius.
Cheminis metodas	Tai vienas efektyviausių metodų stabilioms naftos emulsijoms atskirti. Pirmoje stadijoje destabilizuojama emulsinė nafta, antroje stadijoje vyksta destabilizuoto junginio šalinimas. Nuotekoms valyti naudojami koagulantai, cheminiai priedai.
Membraninė filtracija	Naftos produktais užterštos nuotekos, naudojant šią technologiją, išvalomos iki mažesnės nei 5 mg/l koncentracijos. Ultrafiltracijos proceso privalumai – nenaudojami cheminiai priedai, mažos kapitalinės ir eksploatacinės investicijos. Naftos judėjimas per hidrofobinę membraną aiškinamas tuo, jog naftos lašeliai priartėja prie membranos dėl jos hidrofobinio paviršiaus ir atsiskiria dėl didelio skysčio greičio lygiagrečiai membranos paviršiui. Slėgis sukelia naftos lašelių skverbimąsi į poras. Gaunamos labai koncentruotos naftos emulsijos, kurios yra pašalinamos.

Atlikus poveikio aplinkai vertinimą daromos dvi išvados:

1. Gamybos metu susidariusios atliekos perdirbamos – sulfonai, disulfidai ir elementinė siera panaudojamas kaip žaliava sieros rūgšties technologijai, o kalcio oksidas – kalcio karbonatui gauti.
2. Planuojama, kad naftos produktų koncentracija nuotekose neviršys paviršinių nuotekų išleidimo į aplinką reikalavimų, t. y. 5 mg/l. Tai užtikrins pažangi vandens valymo sistema.

IŠVADOS

1. Ištirtas vandenilio peroksido poveikis įvairių kuro frakcijų sieros junginiams. Lengvajame ir sunkiajame dyzelinuose bei atmosferiniame mazute pastebėta, jog aktyviausia oksidacijos reakcija vyksta tuomet, kai reakcijos temperatūra yra 90 °C ir yra išlaikoma stipriai rūgštinė terpė. Kai vandenilio peroksido kiekis lygus 20 g, o metano rūgštis – 160 g, sieros kiekis lengvajame dyzeline sumažėja 6990 mg/kg ir pasiekiami 98,45 % sieros junginių konversija. Sunkiajame dyzeline ir atmosferiniame mazute sieros kiekis sumažėja atitinkamai 10460 mg/kg ir 25670 mg/kg bei pasiekiami 97,76 % ir 97,61 % sieros junginių konversija.
2. Suprojektuotas nusierinimo įrenginys, pritaikant jį esamame naftos perdirbimo komplekse. Panaudojus vandenilio peroksidą bei metano rūgštį inicijuojamos organinių sieros junginių oksidacijos reakcijos, kurių metu susidarę sulfonai, disulfidai ir elementinė siera yra pašalinami iš kuro frakcijų žemoje temperatūroje (60–90 °C) bei atmosferiniame slėgyje, todėl tokio įrenginio energetinės išlaidos smarkiai sumažėja. Detaliai aprašytas kuro frakcijų nusierinimo procesas bei prieduose pateiktas technologinės operacijos atlikimo grafinis vaizdas.
3. Projekte numatyta panaudoti gamykloje esančius nenaudojamus siurblius, sumažinant jų darbo ratus ir pritaikant technologiniam procesui vykdyti. Žaliavos transportavimui panaudojus gamykloje esantį siurblių NK-200/120 ir sumažinus jo darbo ratą, atiduodama skysčiui galia sumažėja nuo 88,1 iki 52,82 kW, o tai sumažina elektros energijos sąnaudas apie 19629,17 Eur per metus. Siekiant gauti maksimalaus skirtingų komponentų fazių sąlyčio paviršių ir vienalytį mišinį mažiausiomis energijos sąlygomis, buvo apskaičiuotas reaktoriaus maišiklio sukimosi dažnis – 1,6 s⁻¹ bei variklio galingumas – 96,5 kW. Taip pat apskaičiuotas temperatūrų pasiskirstymas rekuperaciniame šilumokaityje fluidams tekant prieš srovę, įvertintas šilumos perdavimo koeficientas – 170,17 W/(m²·K).
4. Projektuojant kuro frakcijų nusierinimo įrenginį, buvo svarbu įvertinti ekonominį aspektą – kiekvienas technologinis sprendimas privalo būti ne tik techniškai, bet ir finansiškai naudingas. Projekte apskaičiuotos tiesioginės ir netiesioginės gamybos išlaidos, o trumpalaikiam ir ilgalaikiam turtui įsigyti kaip finansavimo šaltinis pasirinktos nuosavos įmonės lėšos. Už jas numatyta pirkti vidinę įrangą, oksidacijos reakcijoms vykdyti reikalingus reagentus bei rekonstruoti operatorinę. Sudarytas tiesioginio darbo biudžetas, nustatyti einamieji darbo laiko standartai kiekvienai gamybinei operacijai bei dirbančių darbininkų poreikis ir jų skaičius. Įgyvendinus projektą, nuliniams metais, išlaidos oksidavimo procesui siekia 239,95 mln. Eur, o atsipirkimo periodas – 3,33 metai.
5. Operatorinės apsaugai nuo žaibo suprojektuotas vieno lyno žaibolaidis, kurio sudaromo kūgio aukštis 38,75 m, spindulys 36,57 m, o apsaugos riba 10,1 m aukštyje bus lygi 24,66 m. Kadangi

įmonėje yra perdirbamos ir naudojamos sveikatai kenksmingos medžiagos, nustatyti ilgalaikio ir trumpalaikio poveikio ribiniai dydžiai bei parinktos atitinkamos asmens apsaugos priemonės saugiam darbui užtikrinti. Įvertintas patalpų apšvietimas, šilumos komfortas bei aplinka.

6. Suprojektuotas operatorinės pastatas, kurio paskirtis – kuro frakcijų valymo nuo sieros junginių vandenilio peroksidu įrenginių nuotolinis valdymas. Bendrasis pastato plotas – 1467,01 m². Jį sudaro trylika patalpų, iš kurių: virtuvė, tualetas, sandėliavimo patalpa, įrenginių valdymo patalpa, techninė ir poilsio patalpos, leidimų išdavimo kambarys. Lyginamieji ekonominiai rodikliai apskaičiuoti statinių analogo pagrindu, įvertinat darbo, medžiagų, mechanizmų eksploatacijos skaičiuojamąsias rinkos kainas – numatoma operatorinės rekonstrukcijos kaina yra 1,11 mln. Eur. Prieduose pateikti operatorinės pastato plano, pjūvio ir sklypo su technologine įranga brėžiniai.
7. Atlikus poveikio aplinkai vertinimą, atkreiptas dėmesys į globalios taršos poveikį ekosistemos. Gamybos metu susidariusios atliekos perdirbamos – sulfonai, disulfidai ir elementinė siera panaudojama kaip žaliava sieros rūgšties technologijai, o kalcio oksidas – kalcio karbonatui gauti. Proceso metu taip pat susidaro vanduo, kuris gali būti užterštas naftos produktais, sulfidais, metalais, todėl būtinas jo valymas. Planuojama, kad naftos produktų koncentracija nuotekose neviršys paviršinių nuotekų išleidimo į aplinką reikalavimų, t. y. 5 mg/l. Tai užtikrins pažangi vandens valymo sistema.

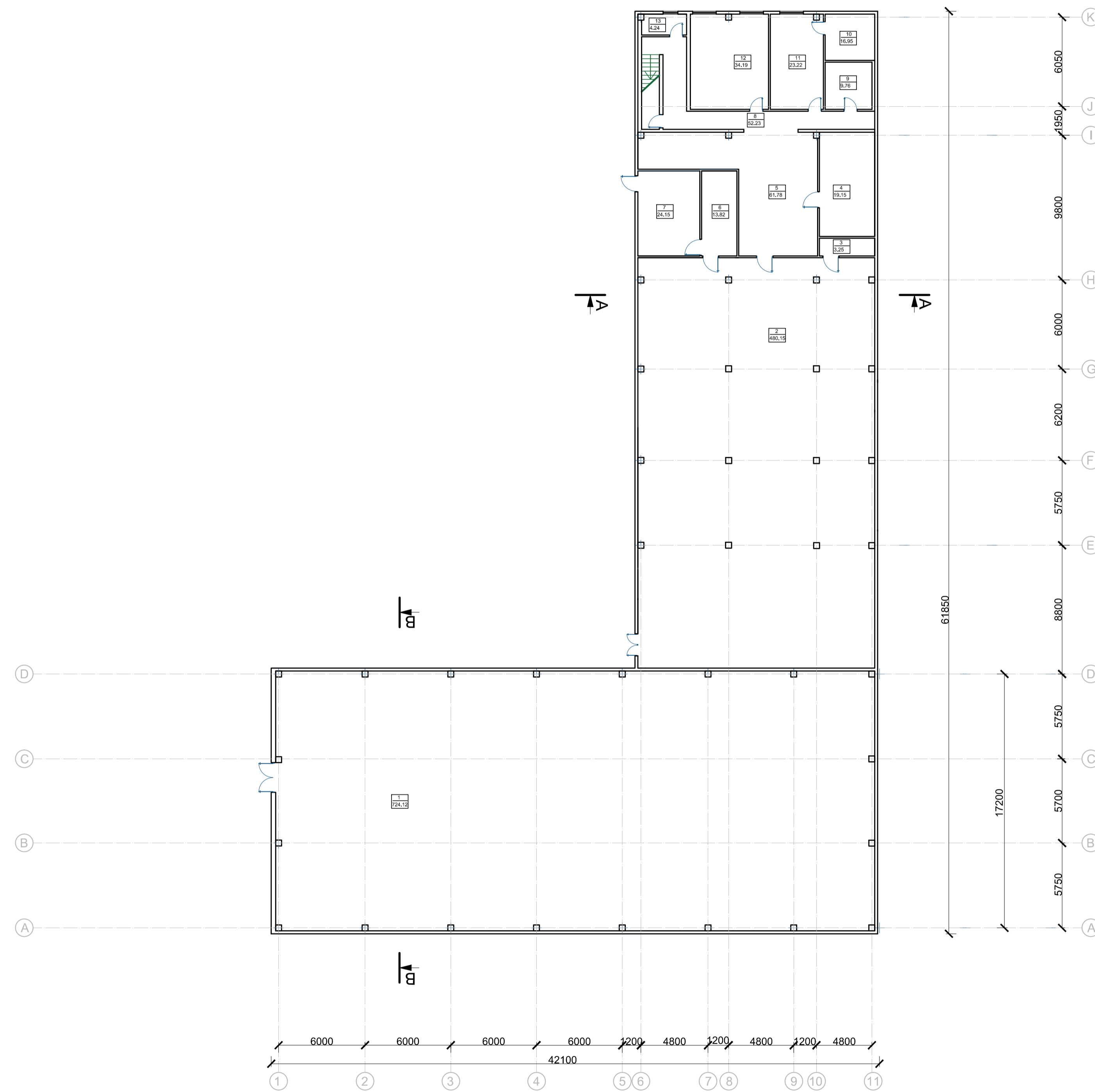
LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. L. Miknius ir V. Mickevičius, Naftos chemija, Kaunas: Technologija, 2010.
2. A. Farshi ir P. Shiralizadeh, Sulfur reduction of heavy fuel oil by oxidative desulfurization (ODS) method, Petroleum & Coal, 2015.
3. X. Jiang, L. Huaming, Z. Wenshuai, H. Lining, S. Huoming ir L. Jidong, Deep desulfurization of fuels catalyzed by surfactant-type decatungstates using H₂O₂ as oxidant, Fuel, p. 431–436, 2009.
4. Y. Jia, G. Li ir G. Ning, Efficient oxidative desulfurization (ODS) of model fuel with H₂O₂ catalyzed by MoO₃/γ-Al₂O₃ under mild and solvent free conditions, Fuel Processing Technology, p. 106–111, 2011.
5. N. Petrašauskienė, V. Janickis ir S. Žalėnienė, Neorganinė chemija, Kaunas: Technologija, 2017.
6. C. W. Jones, Applications of Hydrogen Peroxide and Derivatives, Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1999.
7. V. J. Barkauskas ir L. Miknius, Antrinis naftos perdirbimas. Kuro gamyba, Kaunas: TEV, 2012.
8. M. C. Capel-Sanchez, J. M. Campos-Martin ir J. L. G. Fierro, Highly efficient deep desulfurization of fuels by chemical oxidation, The Royal Society of Chemistry, Green Chem., Nr. 6, p. 557–562, 2004.
9. Akcinė bendrovė "ORLEN Lietuva", Dyzelino hidrovalymo proceso technologinis reglamentas, 2016.
10. A. Balandis, A. Kantautas, B. Leskauskas, G. Vaickelionis ir Z. Valančius, Chemijos inžinerija, I knyga, Kaunas: Technologija, 2006.
11. R. P. Beverly, Pump Selection and Troubleshooting Field Guide, Denver, CO: American Water Works Association, 2009.
12. A. Balandis, B. Leskauskas, G. Vaickelionis ir Z. Valančius, Chemijos inžinerija, III knyga, Kaunas: Technologija, 2014.
13. V. J. Barkauskas, Naftos perdirbimo technologija 1. Naftos paruošimas perdirbimui ir rektifikacija, Kaunas: Technologija, 2007.
14. Akcinė bendrovė "ORLEN Lietuva", Naftos elektrinio nudruskinimo ir atmosferinės rektifikacijos procesų technologinis reglamentas, 2017.

15. Z. Valančius, D. Nizevičienė, O. Viliūnienė, J. Solnyškinienė ir I. Stasiulaitienė, Magistro baigiamojo darbo metodiniai nurodymai. Cheminės technologijos fakulteto Chemijos inžinerijos studijų programos magistrantams, Kaunas: Technologija, 2013.
16. ES PHARE ESS 2002 Programos projektas. Verslumo skatinimo iniciatyva, Verslo plano, skirto investuotojams, rengimo vadovas. Finansinė dalis.
17. Sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklės, Valstybės žinios, 2004-09-02, Nr. 134-4878.
18. Profesinės rizikos vertinimo bendrieji nuostatai, Valstybės žinios, 2012-10-31, Nr. 126-6350.
19. Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatai, Valstybės žinios, 2005-04-26, Nr. 53-1804.
20. Akcinė bendrovė "ORLEN Lietuva", Saugos duomenų lapai. Automobilinis bešvinis benzinas; Reaktyvinių variklių kuras (reaktyviniai degalai) JET A1; Dyzelinas; Kurenamasis mazutas.
21. Specialiųjų patalpų ir technologinių procesų elektros įrenginių įrengimo taisyklės, Valstybės žinios, 2013-03-13, Nr. 27-1299.
22. Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai, Valstybės žinios, 2010-12-14, Nr. 146-7510.
23. Lietuvos Respublikos darbuotojų saugos ir sveikatos įstatymas, Valstybės žinios, 2003-07-16, Nr. 70-3170.
24. J. Baublys, P. Jankauskas, L. A. Markevičius ir A. Morkvėnas, Izoliacija ir viršįtampiai, Kaunas: Technologija, 2008.
25. Lietuvos higienos norma HN 23:2011. Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai, Valstybės žinios, 2004-03-26, Nr. 45-1485.
26. Darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsaugos priemonėmis nuostatai, Valstybės žinios, 2007-11-29, Nr. 123-5055.
27. Lietuvos higienos norma HN 98:2014. Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai, TAR, 2014-05-06, Nr. 5119.
28. Lietuvos higienos norma HN 69:2003. Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai, Valstybės žinios, 2004-03-26, Nr. 45-1485.
29. Bendrosios priešgaisrinės saugos taisyklės, Valstybės žinios, 2005-02-24, Nr. 26-852.

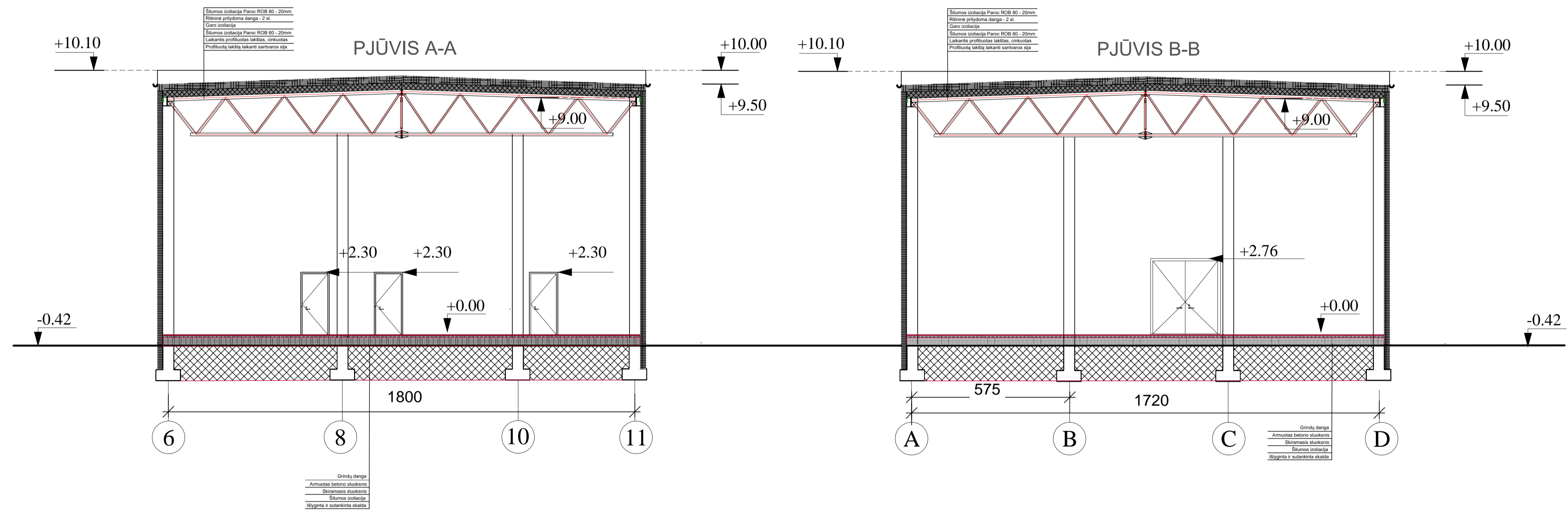
30. V. Račys, D. Jankūnaitė ir I. Urniežaitė, Pramoninių nuotekų valymas, Kaunas: TEV, 2012.

PRIEDAI

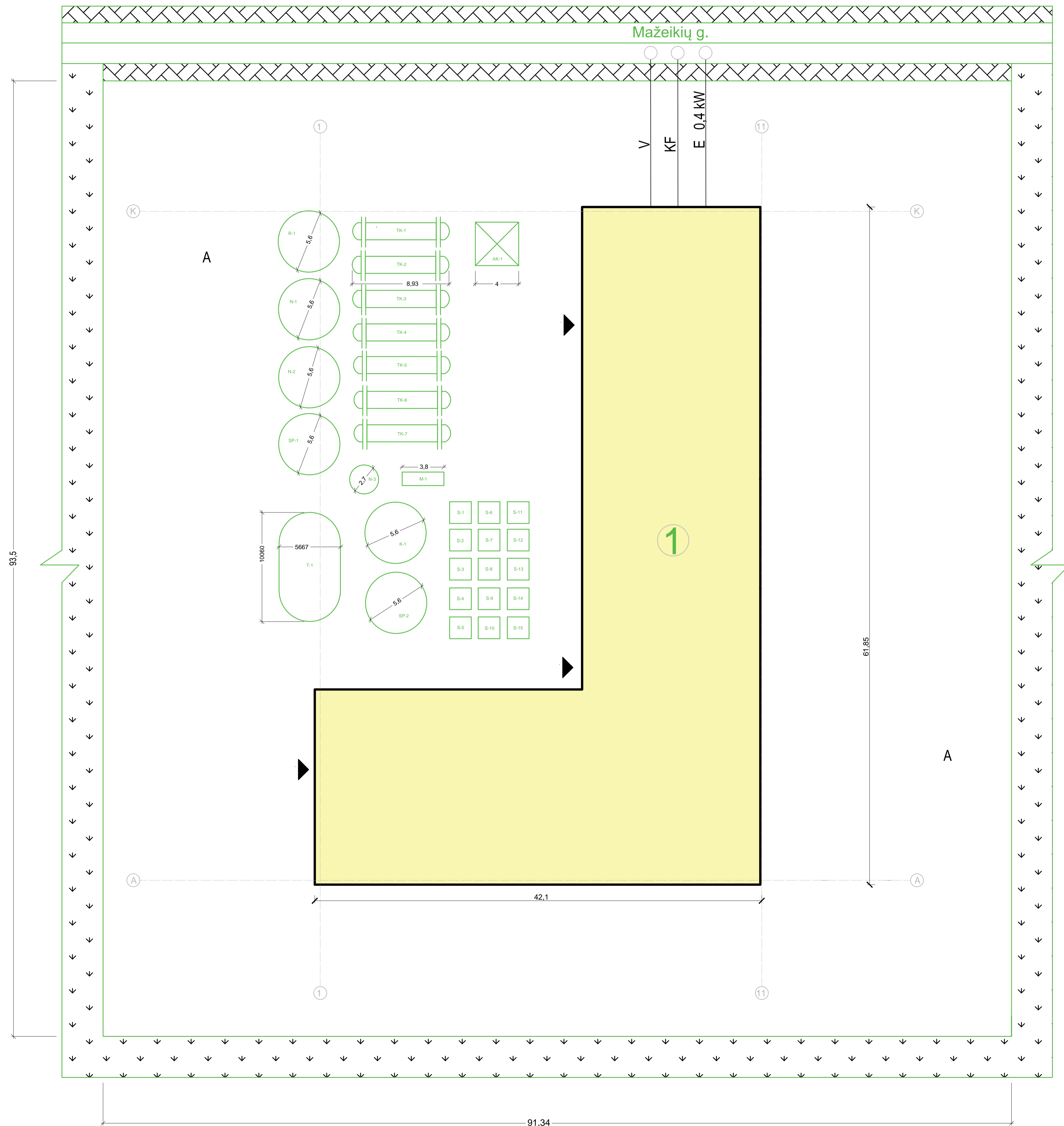


Patalpos Nr.	Patalpa	Plotas, m ²	Pastabos
1	Reagentų sandėliavimo patalpa	724,12	
2	Įrenginių valdymo patalpa	480,15	
3	Techninė patalpa	3,25	
4	Techninė patalpa	19,15	
5	Virtuvė	61,78	
6	Poilsio kambarys	13,82	
7	Pagalbinė patalpa	24,15	
8	Koridorius	52,23	
9	WC	9,76	
10	Pagalbinė patalpa	16,95	
11	Pasitarimų kambarys	23,22	
12	Leidimų išdavimo kambarys	34,19	
13	Asmens apsaugos priemonių k.	4,24	
	Viso	1467,01	

Grupė				KTU Cheminės technologijos fakultetas		Operatorinės pastato techniniai sprendimai	
TMC-6	Studentas	R. Zubikas	2018-05-28	Pirmo aukšto planas		Laida	
	Vadovas	dr. L. Miknius	2018-05-28	Mastelis 1:200		0	
	Konsultantė	O. Vilūnienė					
Pr. etapas	Organinės chemijos katedra			2018-MBD-OC	Lapas	Lapų	
MBD	LT-50299 Radvilėnų pl. 19, Kaunas				1	4	



Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas			Operatorinės pastato technologiniai sprendimai		
TMC-6	Studentas	R. Žabikas	2018-05-28	Pastato pjūviai A-A ir B-B Mastelis 1:100	Laida	0
	Vadovas	dr. L. Miknius	2018-05-28			
	Konsultantė	O. Vilūnienė				
Pr. etapas	Organinės chemijos katedra			2018-MBD-OC	Lapas	Lapų
MBD	LT-50299 Radvilėnų pl. 19, Kaunas				2	4



Situacijos planas

Eksplikacija

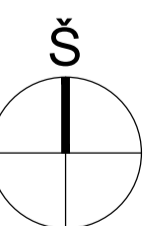
1	Projektuojama operatorinė
---	---------------------------

Irenginių specifikacija

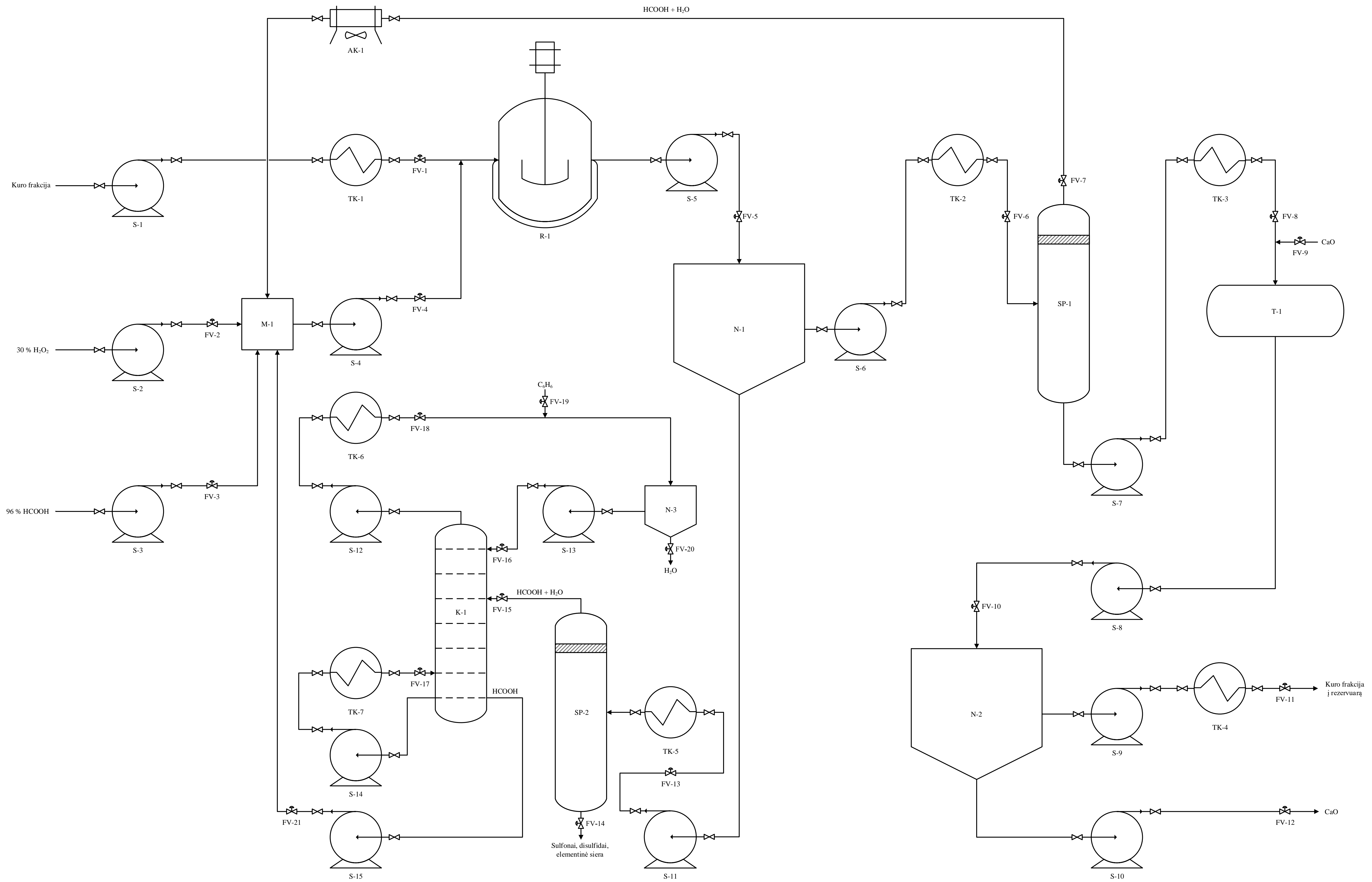
Eilės Nr.	Pavadinimas	Žymuo	Kiekis
1	Siurblys	S	15
2	Aušintuvas-kondensatorius	AK	1
3	Sumaišymo reaktorius	R	1
4	Šilumokaitis	TK	7
5	Maišyklė	M	1
6	Nusodintuvas	N	3
5	Separatorius	SP	2
6	Talpa	T	1

Sutartiniai žymėjimai

V	Vanduo
A	Asfaltas
E	Elektra
KF	Nuotekos
- - - -	Veja
▨	Trinkelės
◀	Iėjimas į pastatą
▬	Projektuojamas pastatas



Grupė		KTU Cheminės technologijos fakultetas		Operatorinės pastato techniniai sprendimai	
TMC-6	Studentas	R. Žubikas	2018-05-28	Sklypo planas Mastelis 1:200 Situacijos planas 1:10000	Laida
	Vadovas	dr. L. Miknius	2018-05-28		0
	Konsultantė	O. Vilėnienė			
Pr. etapas	Organinės chemijos katedra LT-50299 Radvilėnų pl. 19, Kaunas			2018-MBD-OC	Lapas
MBD					Lapų
					3 4



Atsakinga žymba	Konsultantas	Dokumento tipas	Dokumento statusas		
CTF	habil. dr. V. Mickevičius	Baigiamasis magistro projektas	Tvirtinamas		
Savininkas	Rengė	Atsakingas			
KTU	R. Žubikas	Sieros junginių oksidavimo įrenginys. Technologinė schema	Laida	Data	Kalba
TMC-6 gr.	Tvirtino	dr. L. Miknius	A	2018-05-25	lt
			Lapas	4/4	