



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Sieros rūgšties gamybos technologiniai sprendimai

Baigiamasis magistro projektas

Bronius Tiškus

Projekto autorius

Doc. dr. Rasa Paleckienė

Vadovė

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Sieros rūgšties gamybos technologiniai sprendimai

Baigiamasis magistro projektas

Chemijos inžinerija (6211EX020)

Bronius Tiškus
Projekto autorius

Doc. dr. Rasa Paleckienė
Vadovė

Doc. dr. Virginija Valančienė
Recenzentė

Konsultantai:

Lekt. dr. Odeta Viliūnienė

Statybų sprendiniai

Prof. dr. Irena Pekarskienė

Finansinių ir ekonominių skaičiavimų

Prof. dr. Gintaras Denafas

Aplinkosauginio vertinimo

Doc. dr. Dalia Nizevičienė

Darbuotojų saugos ir sveikatos

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Bronius Tiškus

Sieros rūgšties gamybos technologiniai sprendimai

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Bronius Tiškus

Patvirtinta elektroniniu būdu



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Tvirtinu:
Cheminės technologijos fakulteto dekanas
prof. K. Baltakys

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

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

2020 m. kovo mėn. 04 d.

Baigiamojo magistro projekto užduotis

Projekto tema

Sieros rūgšties gamybos technologiniai sprendimai

Darbo tikslas ir uždaviniai

Darbo tikslas – išanalizuoti sieros rūgšties gamybos teorinius dėsningumus, žinomus technologinius realizavimo sprendimus, įvertinti modernizavimo galimybes siekiant vykdyti švaresnės sieros rūgšties gamybą.

Darbo uždaviniai:

atlikti literatūros duomenų apžvalgą techniniais bei ekonominiais aspektais;

atlikti technologinio proceso bei produkto analizę bei vertinimą taikant pasirinktą skaičiavimo/modeliavimo/analizės metodiką;

suprojektuoti gamybos proceso technologinę schemą, parinkti įrengimus, apskaičiuoti ir įvertinti masių ir energetinius srautus;

pateikti statybinius sprendimus, atlikti finansinius ir ekonominius skaičiavimus, įvykdyti aplinkosauginį vertinimą bei pateikti profesinės rizikos vertinimą, susijusi su darbuotojų sauga ir sveikata.

Reikalavimai ir sąlygos

Turi būti visos privalomos baigiamojo projekto sudėtinės dalys kaip nurodyta dekanu 2021 m. vasario 24 d. potvarkiu Nr. V25-02-03 patvirtintuose „Pirmosios pakopos Cheminė technologija ir inžinerija ir antrosios pakopos Chemijos inžinerija studijų programų baigiamųjų projektų rengimo ir gynimo metodiniuose reikalavimuose“.

Vadovė

Doc. Rasa Paleckienė

2021 03 02

(vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas)

(data)

Užduotį gavau: Bronius Tiškus
(studento vardas, pavardė)

2021 03 04
(parašas, data)

Tiškus, Bronius. Sieros rūgšties gamybos technologiniai sprendimai. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. Rasa Paleckienė; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: siera, sieros dioksidas, sieros trioksidas, sieros rūgštis, absorbcija, HRS.

Kaunas, 2021. 89 p.

Santrauka

Projekte analizuojami sieros rūgšties gamybos teoriniai dėsningumai, apžvelgtos sieros rūgšties gamyboje naudojamos žaliavos, aptariami žinomi technologiniai gamybos sprendimai. Aptarti pramonėje paplitusių elementinės sieros deginimo krosnių veikimo principai ir skirtumai, naudojami konverteriai, apžvelgtos absorbcijos sistemos ir jų pokyčiai. Darbe buvo siekiama įvertinti modernizavimo galimybes norint vykdyti švaresnės sieros rūgšties gamybą. Išanalizuota gamybos technologija, parinkti reikalingi įrengimai, pasirinkta Monsanto šilumos panaudojimo ir utilizavimo sistema HRS, apskaičiuoti absorbcijos bokšto medžiagų ir šilumų balansai. Darbe pateikiami statybiniai sprendimai, atliktas ekonominis ir finansinis technologijos įvertinimas, atlikta aplinkosauginė analizė, nustatytos priemonės užtikrinančios darbuotojų saugą ir sveikatą.

Tiskus, Bronius. Technology Solutions of Sulphuric Acid Production. Master's Final Degree Project / supervisor doc. Rasa Paleckiene; Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

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

Keywords: sulphur, sulphur dioxide, sulphur trioxide, sulphuric acid, absorption, HRS.

Kaunas, 2021. 89.

Summary

The project analyzes the theoretical regularities of sulfuric acid production, reviews the raw materials used in sulfuric acid production, and discusses known technological solutions. The principles and differences of operation of elemental sulfur combustion furnaces common in industry are discussed, converters are used, absorption systems and their changes are reviewed. The aim of the work was to evaluate the possibilities of modernization to produce cleaner sulfuric acid. The production technology was analyzed, the necessary equipment was selected, Monsanto's heat recovery and utilization system HRS was selected, and the absorption tower materials and heat balances were calculated. The work presents construction solutions, economic and financial assessment of technology, environmental analysis, measures to ensure the safety and health of workers.

Turinys

Lentelių sąrašas	9
Paveikslų sąrašas	11
Įvadas.....	12
1. Literatūros apžvalga	13
1.1. Sieros rūgšties gamybos raida ir tendencijos.....	13
1.2. Sieros rūgšties savybės	15
1.3. Sieros rūgšties gamybos žaliavos	15
1.4. Fizikiniai-cheminiai gamybos dėsniumai.....	16
1.5. Pagrindiniai įrenginiai naudojami sieros rūgšties gamyboje iš elementinės sieros.....	20
1.5.1. Elementinės sieros lydymo įrenginiai	20
1.5.2. Lydytos sieros filtravimo filtrai.....	22
1.5.3. Sieros deginimo krosnys.....	25
1.5.4. Kontaktinis aparatas	26
1.5.5. Absorbcijos įrenginiai	27
2. Tiriamoji dalis.....	29
2.1. Medžiagos ir metodai	29
2.2. Gamybos proceso srautų skaičiavimai	30
2.2.1. HRS sistemos absorbcijos bokšto medžiagų balanso skaičiavimai.....	30
2.2.2. Gamybos projektavimas Aspen Hysys aplinkoje	34
3. Inžinerinė dalis.....	36
3.1. Technologinė dalis.....	36
3.1.1. Technologinė schema ir jos aprašymas	36
3.1.2. HRS sistemos absorbcijos bokšto medžiagų ir šilumų balansų skaičiavimai	40
3.1.3. Technologiniai įrenginiai sieros rūgšties gamyboje	43
3.2. Statybiniai sprendimai	46
3.2.1. Sklypo planas.....	46
3.2.2. Projektuojamo pastato sprendimai	46
3.2.3. Statinio architektūrinė konstrukcinė sandara.....	47
3.2.4. Bendrųjų statinio (pastato) inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai.....	47
3.3. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai.....	48
3.3.1. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai	48
3.3.2. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas	48
3.3.3. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) vertės skaičiavimas	49
3.3.4. Gamybos kaštai	50
3.3.5. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas	52
3.3.6. Veiklos kaštai	55
3.3.7. Gaminių kainos skaičiavimas	56
3.3.8. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai.....	57
3.3.9. Investicijų efektyvumo vertinimas	58
3.3.10. Grynosios esamosios vertės (GEV) skaičiavimas	59
3.3.11. Vidutinės pelno normos skaičiavimas	60
3.3.12. Lūžio taško skaičiavimas.....	60
3.4. Aplinkosauginis vertinimas	63
3.4.1. Bendrieji duomenys.....	63

3.4.2. Atliekos ir jų tvarkymas	65
3.4.3. Aplinkos oro tarša.....	67
3.4.4. Naudojamas vanduo ir susidarančios nuotekos	68
4. Darbuotojų sauga ir sveikata	69
4.1. Projektuojamo objekto charakteristika	69
4.2. Profesinės rizikos vertinimas.....	69
4.3. Saugi gamyba	71
4.3.1. Elektrosauga	72
4.4. Darbo higiena	73
4.4.1. Šiluminė aplinka.....	73
4.4.2. Patalpų, cecho teritorijos ir prietaisų apšvietimas	73
4.4.3. Cheminės medžiagos ir asmeninių apsaugos priemonių parinkimas	74
4.5. Gaisrinė sauga	77
Išvados	79
Literatūros sąrašas	80
Priedai	82
1 Pagalbinių medžiagų charakteristikos;	82
2 A1 formato pastatų ir įrenginių išdėstymo planas;.....	82
3 A1 formato sieros filtracijos pastato plano brėžinys;	82
4 A1 formato sieros filtracijos pastato plano pjūvio vaizdas;	82
5 A1 formato sieros rūgšties gamybos technologinė schema.....	82

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Elementinės sieros fizikiniai parametrai	16
2 lentelė. Pagrindinių medžiagos ir jų charakteristikos duomenys	29
3 lentelė. Įtekančių dujų debitai.....	33
4 lentelė. HRS sistemos medžiagų balansas.....	34
5 lentelė. Termodinaminiai koeficientai	41
6 lentelė. Šiluminės talpos	41
7 lentelė. Absorbcijos bokšto ir garo įpurškimo šilumos balansas.....	43
8 lentelė. Pagrindiniai technologiniai įrenginiai ir jų parametrai	43
9 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai.....	46
10 lentelė. SSGG matrica	48
11 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai	48
12 lentelė. Technologinių įrengimų vertė.....	49
13 lentelė. Suvestinė statybos kainos skaičiuotė	49
14 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis	50
15 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms	50
16 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui.....	51
17 lentelė. Išlaidos technologinių procesų energijai.....	51
18 lentelė. Tiesioginės išlaidos vandeniui	52
19 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)	52
20 lentelė. Netiesioginės išlaidos vandeniui.....	53
21 lentelė. Netiesioginiai gamybos kaštai	53
22 lentelė. Gamybos kaštai.....	54
23 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas	55
24 lentelė. Veiklos sąnaudos	56
25 lentelė. Gaminio kainos apskaičiavimas.....	56
26 lentelė. Įmonės pelno (nuostolio) ataskaita, tūkst. Eur.....	57
27 lentelė. Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita	58
28 lentelė. Lūžio taško skaičiavimas	60
29 lentelė. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai	62
30 lentelė. Duomenys apie naudojamąs pagrindines žaliavas, chemines medžiagas ar preparatus ..	63
31 lentelė. Kuro ir energijos vartojimas	65
32 lentelė. Energijos gamyba.....	65
33 lentelė. Atliekos, atliekų tvarkymas	66
34 lentelė. Stacionarių taršos šaltinių fiziniai duomenys	67
35 lentelė. Tarša į aplinkos orą.....	67
36 lentelė. Leidžiama tarša į aplinkos orą esant neįprastoms (neatitiktinėms) veiklos sąlygoms.....	68
37 lentelė. Numatomas vandens paėmimas ir vartojimas	68
38 lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas.....	70
39 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai.....	71
40 lentelė. Išorės įrenginių kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonos.....	71
41 lentelė. Patalpų kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonos.....	71
42 lentelė. Pastatų kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonos.....	71
43 lentelė. Rekomenduojamos apšvietos vertės ir apšvietos kokybės klasės.....	74

44 lentelė. Medžiagų poveikio ribiniai dydžiai ir toksiškumo charakteristika, bei apsaugos priemonės	74
45 lentelė. Darbo vietos triukšmo lygių ir operacijų trukmės duomenys.....	77

Paveikslų sąrašas

1 pav. Europoje pagamintos rūgšties kiekis mln.t.....	13
2 pav. Europos šalių sieros rūgšties eksportas ir importas mln.t.....	14
3 pav. Sieros rūgšties gamyba Lietuvoje mln.t.....	14
4 pav. Sieros rūgšties importas ir eksportas Lietuvoje tūkst.t.....	14
5 pav. Sieros rūgšties kristalizacijos temperatūros priklausomybė nuo koncentracijos.....	15
6 pav. Sieros šilumos laidumo koeficiento priklausomybė nuo temperatūros.....	17
7 pav. Sieros garų disociacijos laipsnio priklausomybė nuo temperatūros.....	18
8 pav. Absorbcijos laipsnio priklausomybė nuo rūgšties koncentracijos ir temperatūros.....	20
9 pav. Sieros lydymo įrenginys su sieros ir kalkių bunkeriu.....	21
10 pav. Horizontalus slėginis diskinis filtras.....	22
11 pav. Vertikalus apsauginis kasetinis filtras.....	22
12 pav. Vertikalaus apsauginio filtro principinė schema.....	23
13 pav. Keramikinė įkrova.....	24
14 pav. Stiklo pluošto įkrova.....	25
15 pav. Lurgi tipo konverteris su šilumokaičiais viduje.....	26
16 pav. Kontaktinis aparatas su vienu šilumokaičiu viduje.....	27
17 pav. Monsanto HRS sistemos principinė schema.....	28
18 pav. HRS sistemos ciklo principinė schema.....	32
19 pav. Aspen Hysys programa sumodeliuota technologinė schema.....	35
20 pav. Technologinio proceso schema.....	37
21 pav. HRS absorbcijos bokšto šiluminiai srautai.....	41
22 pav. Lūžio taškas.....	61
23 pav. Sieros filtravimo pastato evakuacinis planas.....	77

Įvadas

Sieros rūgštis yra viena iš stipriausių neorganinių rūgščių. Ji yra bespalvė, bekvapė, skysta kambario temperatūroje, bet kokiais santykiais maišosi su vandeniu. Koncentruota sieros rūgštis neardo juodojo metalo, todėl gali būti laikoma talpose, pagamintose iš paprasto metalo. Jos panaudojimo galimybės labai plačios. Didžioji dalis pagamintos sieros rūgšties yra sunaudojama fosforo trąšų pramonėje. Sieros rūgštis yra naudojama naftos perdirbime, pigmentų gamyboje, plieno korozijai sumažinti pasyvuojant, spalvotųjų metalų išgavime, taip pat sprogmenų, ploviklių, plastikų ir dirbtinių pluoštų gamyboje. Dalis sieros rūgšties sunaudojama farmacinės chemijos pramonėje.

Sieros rūgšties suvartojimo lygis šalyje ilgus buvo laikomas pagrindiniu šalies ekonominio išsivystymo rodikliu, ir nors šiandien daugelis kitų rodiklių gali būti laikomi svarbesniais, sieros rūgšties suvartojimo rodiklis vis dar išlieka svarbiu pramonės lygio rodikliu.

Augant sieros rūgšties poreikiui, gamybos procesas keitėsi. Pradėta naudoti sieros deginimo dujos, padidinusios SO₂ koncentraciją technologinėse dujose, padidinti įrengimų matmenys. Sugriežtinus aplinkosauginius reikalavimus, pradėti vykdyti dvigubos absorbcijos ir dvigubos konversijos procesai, kurie užtikrina konversiją virš 99,7 % ir absorbcijos efektyvumą ne mažiau 99,9 %.

Sieros rūgšties gamybos metu, dėl sieros deginimo, SO₂ konversijos, absorbcijos, išsiskiria nemažai šilumos, kuri yra naudojama šildymui ir elektros energijai gaminti. Sieros rūgšties gamybos technologinių procesų tobulinimas yra aktualus šiandienos uždavinys.

Darbo tikslas

Išanalizuoti sieros rūgšties gamybos teorinius dėsningumus, žinomus technologinius realizavimo sprendimus, įvertinti modernizavimo galimybes siekiant vykdyti švaresnės sieros rūgšties gamybą.

Darbo uždaviniai:

1. atlikti literatūros duomenų apžvalgą techniniais bei ekonominiais aspektais;
2. atlikti technologinio proceso bei produkto analizę bei vertinimą taikant pasirinktą skaičiavimo/modeliavimo/analizės metodiką;
3. suprojektuoti gamybos proceso technologinę schemą, parinkti įrengimus, apskaičiuoti ir įvertinti masių ir energetinius srautus;
4. pateikti statybinius sprendimus, atlikti finansinius ir ekonominius skaičiavimus, įvykdyti aplinkosauginį vertinimą bei pateikti profesinės rizikos vertinimą, susijusi su darbuotojų sauga ir sveikata.

1. Literatūros apžvalga

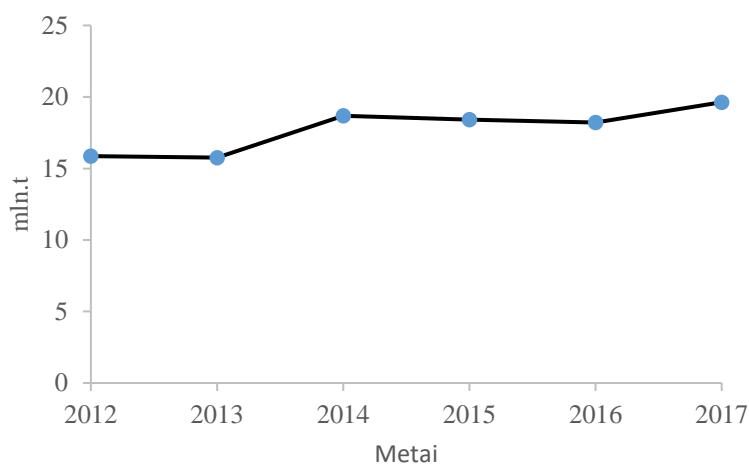
1.1. Sieros rūgšties gamybos raida ir tendencijos

Septynioliktame amžiuje vokiečių-olandų chemikas Johanas Glauberis sukūrė sieros deginimo procesą su kalio salietros priedų garų aplinkoje. Salietai skylant, išsiskiria deguonis, kuris oksiduoja sieros molekules iki SO_3 , šios reaguoja su vandens garais suformuodamos sieros rūgštį. Glauberio sukurtą procesą, vaistininkas iš Londono Joshua Ward'as, 1736 m. pirmą kartą pritaikė pramoniniam sieros rūgšties gamybos būdui.

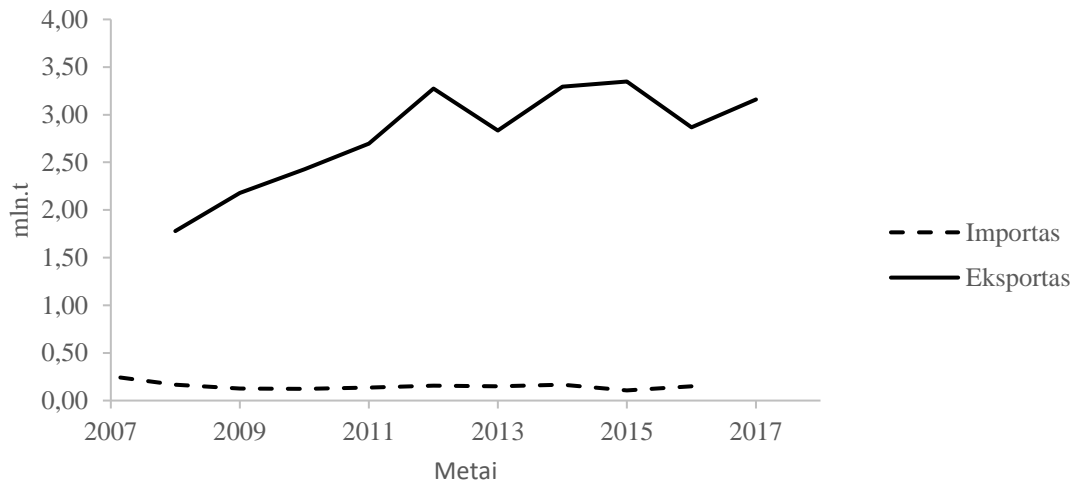
Toks buvo pirmasis nitrozinis sieros rūgšties gavimo metodas, kurį patobulino 1746 metais Roebuck'as panaudojęs švino kameras. Panaudojus švino kameras pagaminta rūgštis buvo didesnės koncentracijos, jos savikaina mažesnė bei buvo galima padidinti gamybos našumą. 1793 Clement'as ir Desormes'as panaudojo aplinkos orą, 1827 m. Gay-Lussac'as pristatęs azoto oksidų absorbcijos procesą iš pašalinamų dujų. Po Glover'io pasiūlytų technologijos patobulinimų atsirado galimybė iš pagamintos rūgšties, panaudojant karštas dujas, išskirti azoto oksidus. Tai leido sukurti azoto oksido katalizuojama procesą. 1831 m. Phillips'as užpatentavo tiesioginę sieros dioksido oksidaciją į SO_3 , kurioje naudojamas platinos katalizatorius. Nuo 1913 metų BASF užpatentavo katalizinį sieros rūgšties gavimo procesą naudojant vanadžio pentoksidą [1], kuris galiausiai pakeitė platinos katalizatorius. Didėjant sieros rūgšties poreikiui, gamybos procesas keitėsi. Pradėtos naudoti elementinės sieros deginimo dujos, padidinusios SO_2 koncentraciją technologinėse dujose. Keitėsi ir įrenginių, naudojamų sieros rūgčiai gauti konstrukcijos bei matmenis. Sugriežtinus aplinkosaugos reikalavimus, pradėti vykdyti dvigubos absorbcijos ir dvigubos konversijos procesai, kurie užtikrina konversiją virš 99,7 % ir absorbcijos efektyvumą ne mažiau 99,9 %.

Sieros rūgšties gamybos statistinių duomenų [2] analizė leidžia pastebėti nuolatinį gamybos augimą, to priežastis – didėjantis sieros rūgšties poreikis. Sieros rūgštį gamina beveik visos pasaulio šalys, o pasirinktą gamybos būdą ir žaliavas nulemia ekonomikos momentai.

Europos mastu pastebimas sieros rūgšties gamybos augimas bei netolygus eksporto augimas, statistiniai duomenys [2] pateikiami 1, 2 paveiksluose.

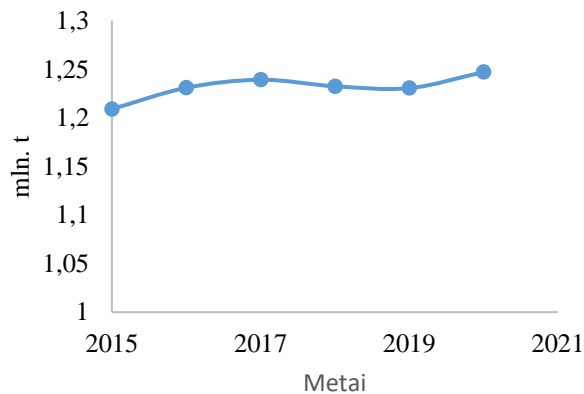


1 pav. Europoje pagamintos rūgšties kiekis mln.t

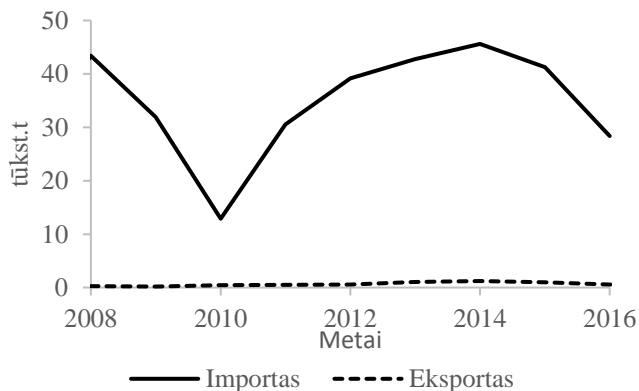


2 pav. Europos šalių sieros rūgšties eksportas ir importas mln.t

Gamybos ir sunaudojimo tendencijos Europoje ir Lietuvoje yra gana panašios. Lietuvoje sieros rūgštį gaminama AB „Lifosa“, gamybos našumas išaugo apie 69% ir 2017 metais pasiekė technologinį maksimumą. Sieros rūgšties gamybos našumo bei eksporto ir importo duomenys pateikti 3, 4 paveiksluose.



3 pav. Sieros rūgšties gamyba Lietuvoje mln.t [3]

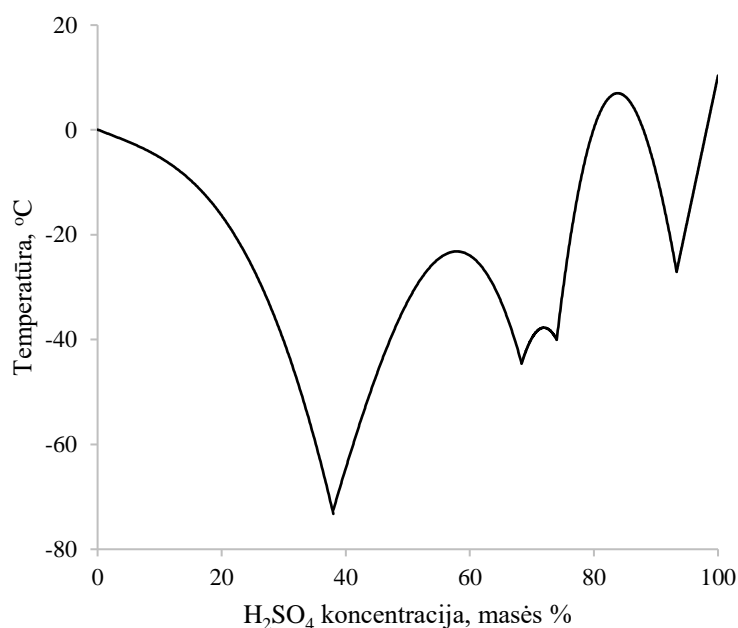


4 pav. Sieros rūgšties importas ir eksportas Lietuvoje tūkst.t

1.2. Sieros rūgštis savybės

Į sieros rūgštį galima žiūrėti kaip į SO_3 ir H_2O junginį. Bevandenėje sieros rūgštyje yra 81,63 % sieros trioksido ir 18,37 % vandens. Jeigu vienam moliui sieros trioksido tenka daugiau nei vienas molis vandens, gaunami sieros rūgštis tirpalai, priešingu atveju, kai SO_3 ištirpsta rūgštyje, susidaro oleumas.

Bevandenė rūgštis kambario temperatūroje yra bespalvis, klampus skystis, kristalizuojasi 10,37 °C temperatūroje. Kristalizavimosi temperatūros priklausomybė nuo sieros rūgštis koncentracijos pateikta 5 paveiksle. Pramonėje, dėl šaltų dienų, kai temperatūra nukrinta žemiau 20 °C, sieros rūgštis prieš sandėliavimą yra skiedžiama iki 92,5 % koncentracijos, norint išvengti rūgštis išsikristalinimo, nes tokios koncentracijos rūgštis kristalizacijos temperatūra yra -22 °C.



5 pav. Sieros rūgštis kristalizacijos temperatūros priklausomybė nuo koncentracijos [4]

Sieros rūgštis koncentracijai kylant, jos virimo temperatūra didėja kol pasiekia maksimalią 336,5 °C temperatūrą. Susidaro azeotropinis mišinys. Dėl šios priežasties, išgarinimo būdu koncentruojant sieros rūgštis vandeninius tirpalus, maksimaliai pasiekama koncentracija yra 98,3 % H_2SO_4 [5].

1.3. Sieros rūgštis gamybos žaliavos

Sieros rūgštis gaminama iš sieros dioksido, kuris skirtingais metodais gali būti gaunamas iš:

- 1) elementinės sieros;
- 2) piritu (FeS_2);
- 3) spalvotųjų metalų sulfidų;
- 4) sulfatų ir atliekinės rūgštis;
- 5) gipso ir gipso anhidrido;

6) degiosios dujos iš sieringo kuro degeny.

Dėl galimybių gauti didesnes SO₂ koncentracijas technologinėse dujose, kaip pagrindinė žaliava yra naudojama elementinė siera.

1.4. Fizikiniai-cheminiai gamybos dėsniumai

Elementinę sierą sudaro keletas skirtingų alotropinių formų, kurios nulemia skirtingas sieros savybes, kurių duomenys pateikti 1 lentelėje. Sieros alotropija platesnė ir sudėtingesnė nei kurio nors kito elemento, tai yra dėl sieros atomų polinkio sudaryti -S_n- grandines, kurios užsidarydamos sudaro įvairaus sieringumo ciklo molekules, o šio savo dar gali išsidėstyti kristale [6]. Patvariausia sieros alotropinė atmaina yra šviesiai geltonos spalvos rombinė α- siera. Galiausiai kambario temperatūroje visos sieros modifikacijos virsta α- siera.

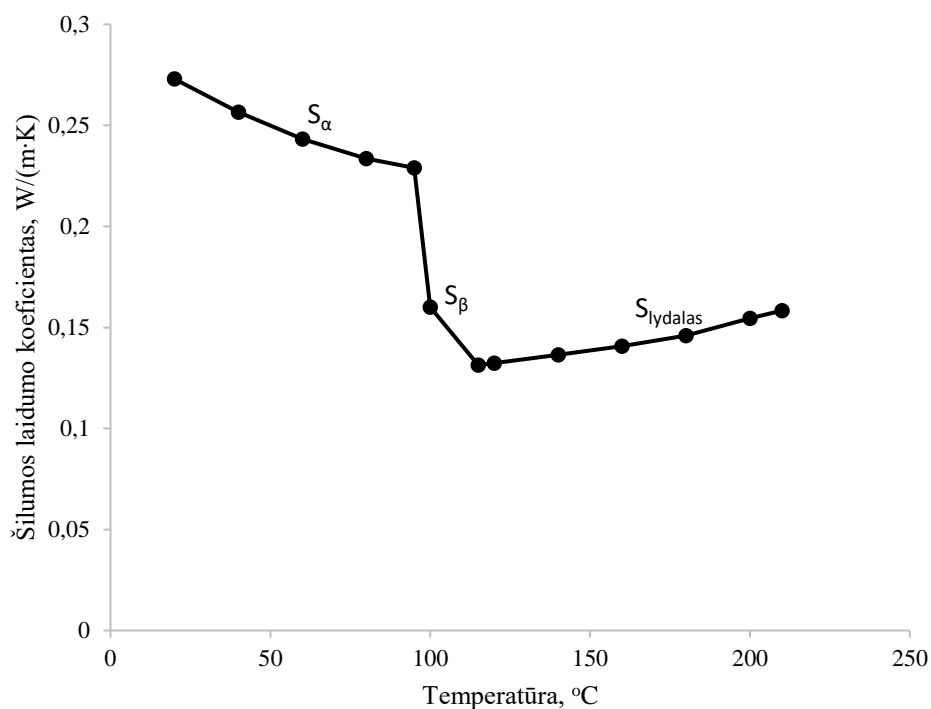
1 lentelė. Elementinės sieros fizikiniai parametrai [4, 7]

Forma	Rombinė α	Monoklinė β	Monoklinė γ	Amorfinė μ
Tankis esant 20 °C, kg/m ³	2070	1960	2050	1920
Lydomosi temperatūra, °C	110-112,8	114,6-119,3	103,4-106,8	-
Virimo temperatūra, °C	444,6	444,6	-	-

Siera sudaryta iš 8 atomų ciklinio žiedo, yra geras šilumos ir elektros izoliatorius, netirpsta vandenyje. Lydant sierą, jos tūris padidėja 15 %, didinant temperatūrą nuo 120 °C iki 158 °C, lydalo klampa sumažėja nuo 0,017 Pa·s iki 0,0064 Pa·s. Pasiekus 160 °C lydalo spalva pradeda tamsėti ir padidėja lydalo klampa. Toliau didinant temperatūrą lydalo klampa didėja iki maksimalios vertės 93 Pa·s. Esant 188 – 190 °C temperatūrai, lydalo yra tamsiai rudai raudonos spalvos. Viršijus šią temperatūrą, lydalo klampa vėl pradeda mažėti, o temperatūrai esant apie 300 °C, lydalo klamos vertė įgauna pastovią 3,72 Pa·s vertę. Šie klamos pokyčiai vyksta dėl sieros struktūrinių ryšių pokyčių. Esant normalioms sąlygoms, siera yra sudaryta iš 8 sieros atomų sudarančių žiedo formos struktūrą. Temperatūrai pasiekus 160 °C, žiedas atsidaro ir susiformuoja linijinės grandinės, kurios pradeda jungtis tarpusavyje, susidaro ilgos polimerinės grandinės, kurių molekulinė masė gali būti nuo 60000 iki 150000. Toliau keliant temperatūrą prasideda grandinių destrukcija, dėl ko klampa ir sumažėja [4, 6].

Siera yra vienas iš reakcingiausių elementų, reaguoja beveik su visais elementais tiesiogiai, išskyrus jodą, auksą, platiną ir inertines dujas. Drėgnoje aplinkoje silpnai oksiduojasi ir susidaro mažas kiekis sieros rūgšties. 250 °C temperatūroje ore užsidega, jei būdinga mėlyna liepsnos spalva. Aplinkoje esant SO₂ dujų, užsidegimo temperatūra padidėja. Nustatyta, kad sieros dulkių debesis gali savaimė užsidegti žemesnėje kaip 190 °C temperatūroje [8]. Žemoje temperatūroje reaguoja su koncentruota sieros rūgštimi.

Elementinė siera pasižymi prastu šiluminiu laidumu (6 pav.), jos šilumos laidumo koeficiento vertė beveik 3 kartus mažesnė lyginant su tos pačios temperatūros vandens laidumo koeficientu [7, 15]. Tai labai svarbus aspektas, projektuojant lydymo įrenginius. Norint pasiekti greitesnį lydymo rezultatą, įrenginiuose būtina sudaryti dirbtinės cirkuliacijos srautus.



6 pav. Sieros šilumos laidumo koeficiento priklausomybė nuo temperatūros, čia S_α ir S_β alotropinės formos

Sieros dioksido gavimas ir jo savybės.

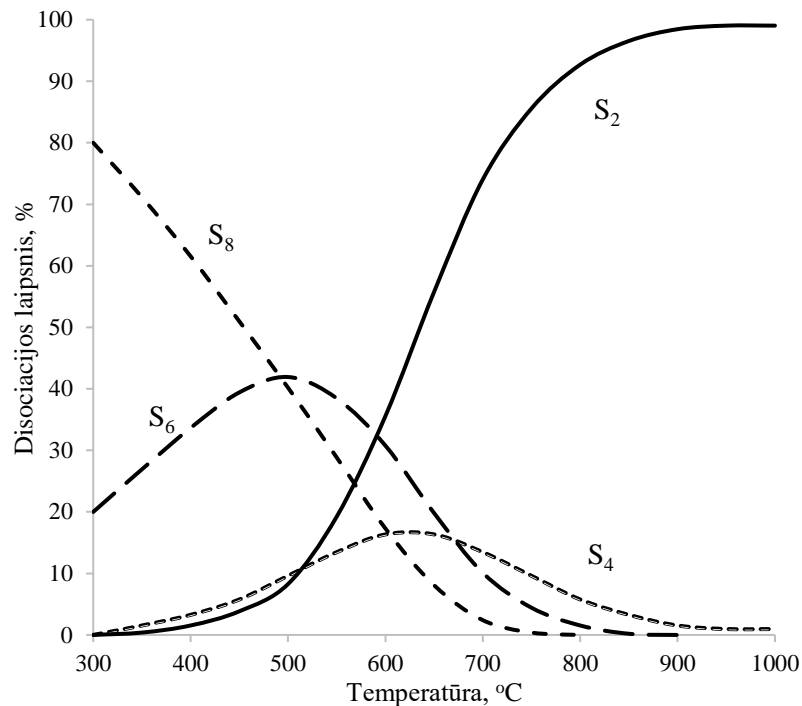
Sieros dioksidas yra bespalvės, nedegios, toksiškos dujos. Būdingas aštrus kvapas ir rūgštus skonis. Stabilus iki 2000 °C temperatūros, aukštesnėje temperatūroje termiškai skyla.

Degimo proceso metu dujinėje fazėje oksiduojasi tik S_2 molekulės. Garuojant lydytai sierai, garuose vyrauja S_8 molekulės. Temperatūrai pasiekus 600 °C dujose pradeda vyrauti S_2 , disociacijos priklausomybė nuo temperatūros pateikta 7 pav. Sieros disociacijos temperatūrai pasiekti sunaudojama apie 60% reakcijos išskiriamos šilumos.

Lydyta siera purkštukais išpurškama į degimo kamerą. Sieros degimo metu vyksta egzoterminė reakcija:



Iš (1) reakcijos lygties matyti, kad 1 mol sieros degdamas sunaudoja 1 mol O_2 . Naudojant aplinkos orą, kuriame yra 20,95 tūrio % O_2 , teoriškai būtų galima pasiekti SO_2 koncentraciją 20,95 %.



7 pav. Sieros garų disociacijos laipsnio priklausomybė nuo temperatūros [5]

Pramonėje maksimali SO₂ koncentracija deginant sierą ore siekia 18 %, tačiau atsižvelgiant į SO₃ oksidaciją, naudojamas oro perteklius sumažina SO₂ koncentraciją iki 10 – 12 tūrio %. Po degimo dujų temperatūra nuo 1000 – 1100 °C, sumažinama 390 – 420 °C gaminant aukšto slėgio perkaitintus garus [9].

Sieros trioksido gavimas, savybės.

Kontaktinio proceso metu vyksta oksidacijos reakcija, kurios metu išsiskiria šiluma:



Skirtinguose šaltiniuose pateikiama šiluminio efekto vertė Q svyruoja nuo 95,6 kJ/mol iki 99 kJ/mol [5, 9, 10]. Pusiausvyros konstantą galima išreikšti:

$$K_p = \frac{p(\text{SO}_3)}{p(\text{SO}_2) \cdot (\text{O}_2)^{0,5}}$$

Reakcijos pusiausvyra priklauso nuo temperatūros, slėgio ir koncentracijos. Remiantis Le Šatelje principu, reakcijos pusiausvyrą galima perstumti į SO₃ susidarymo pusę padidinus deguonies kiekį, tačiau reikia atsižvelgti, kad susidarant SO₂ degimo procese ir padidinus naudojamo oro kiekį, sumažėja sieros dioksido koncentracija technologinėse dujose. Taip pat didesnis deguonies kiekis užtikrina vanadžio katalizatoriaus aktyvumą. Termodinaminiu požiūriu, temperatūros didinimas sumažina konversijos laipsnį, tačiau tuo pačiu metu padidina reakcijos greitį.

Produkto, t. y. SO₃ išeigai padidinti, naudojamas dvigubas konversijos laipsnis, tai yra SO₃ pasigaminusios po trijų katalizatoriaus sluoksnių yra absorbuojamos iš technologinių dujų, kurios toliau leidžiamos per likusius du katalizatoriaus sluoksnius. Dėl dujų absorbcijos po tarpinės konversijos, SO₂/O₂ dujų santykis patenkantis į kontaktinį aparatą yra 1/11 [9].

Pramonės įrenginiuose sieros dioksido oksidacija niekad nepasiekia pusiausvyros būsenos. Dujinėje fazėje reakcijos greitis yra slopinamas ir pusiausvyros beveik neįmanoma pasiekti bet kokioje temperatūroje be katalizatoriaus. Įprastoje temperatūroje reakcijos greitis toks mažas, kad praktiškai reakcija nevyksta. Nenaudojant katalizatoriaus reikia aukštos temperatūros, kurioje pasiekiamas labai mažas konversijos laipsnis. Naudojant katalizatorių, reakcijai vykti reikalinga 400 °C temperatūra.

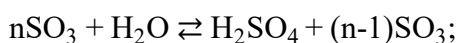
Kaip katalizatoriai buvo bandomos įvairios medžiagos, tačiau SO₂ oksidacijai, dėl geriausių rezultatų pritaikyti platinos, vanadžio junginių ar geležies oksido pagrindu pagaminti katalizatoriai. Pramonėje naudojami vanadžio pentoksido katalizatoriai, kuriuos sudaro: 4 – 9 masės % vanadžio pentoksidas kartu su šarminių metalų sulfatais-aktyvatoriais. Eksploatavimo sąlygose junginys išsilydo ir, kaip manoma, lydalyje vyksta sieros dioksido oksidacija. Dažniausiai kaip priedas naudojamas kalio sulfatas kurio molinis santykis, lyginant su vanadžio pentoksidu, yra 2.5 – 3.5. Taip pat, kai kuriuose katalizatoriuose naudojamas natrio sulfato priedas, sumažinantis lydymosi temperatūrą. Nešantį pagrindą sudaro silicio skirtingos formos, pasižyminčios itin dideliu savituoju paviršiumi. Tai gali būti diatomitas, silikagelis ar ceolitai. Jau kelerius metus, kaip aktyvatorius, yra naudojamas cezio sulfatas, kuris žymiai sumažina aktyvių komponentų lydymosi temperatūrą, tačiau jo naudojimą riboja katalizinio aktyvumo mažėjimas. Žemutinė V₂O₅ katalizatoriaus darbinė temperatūra, naudojant įprastinius priedus 410 – 430 °C, panaudojus cezio priedą – 380 – 390 °C. Žemutinė temperatūros riba priklauso nuo lydymosi temperatūros ir katalizinio aktyvumo, ribinę aukščiausią temperatūrą atitinka terminio atsparumo riba, įprastu atveju tai yra 600 – 650 °C temperatūra, kai katalizatorius negrįžtamai praranda aktyvumą [10].

Katalizatoriaus nuodai.

Fluoro junginiai ardo konstrukcinę medžiagą. Chloro junginiai, ypač aukštesnėje temperatūroje, kaupiasi vanadžio paviršiuje, mažindami jo aktyvumą. Arsenas teršia katalizatorių jame kaupdamasis ir viršijęs 15 % katalizatoriaus masės sumažina vanadžio pentoksido aktyvumą. Vandens garai katalizatoriui nėra pavojingi, kol temperatūra nepasiekia sieros rūgšties kondensacijos taško. Sumažėjus temperatūrai vanduo gali absorbuotis katalizatoriuje ir sumažinti jo mechaninį atsparumą [10].

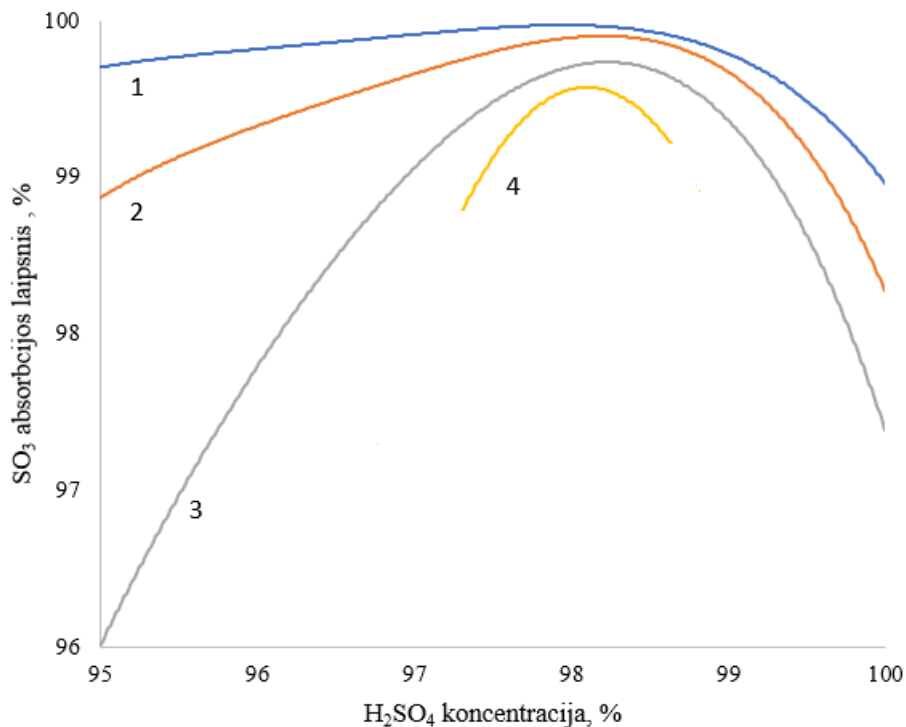
SO₃ absorbcija

SO₃ neabsorbuojamas tiesiogiai vandeniui. Pirmiausiai jis kontaktuoja su vandens garais, sudarydamas patvarų sieros rūgšties rūką, kuris pereina absorberius ir patenka į atmosferą. Todėl sieros trioksidas yra absorbuojamas vandeniui, esančiu sieros rūgštyje. Supaprastintai sieros trioksido absorbciją galima išreikšti lygtimi:



Šioje lygtyje n – SO₃ tenkantis vienam moliui vandens. Jeigu n yra 1, susidaro monohidratinė arba 100 % koncentracijos sieros rūgštis, n esant >1 absorbcijos metu gaunamas oleumas, o kai n <1, gaunami vandeniniai, tai yra, praskiesti sieros rūgšties tirpalai.

Sieros trioksido absorbcijos efektyvumas, sieros rūgštyje esančiu vandeniui, priklauso nuo rūgšties koncentracijos ir temperatūros, priklausomybė pateikta 8 paveiksle.



8 pav. Absorbcijos laipsnio priklausomybė nuo rūgšties koncentracijos ir temperatūros [4].

čia: 1 – 60 °C; 2 – 80 °C; 3 – 100 °C; 4 – 120 °C

Didžiausias absorbcijos laipsnis pasiekiamas naudojant 98,3 % koncentracijos sieros rūgštį, šios absorbcijos metu nusistovi pusiausvyra tarp absorbuojamų ir desorbuojamų SO₃ dujų. Absorbuojant SO₃ dujas mažesnės koncentracijos rūgštimi, virš rūgšties formuojasi H₂SO₄ rūkas, kurį sunku sugaudyti. Absorbcijos procese naudojant rūgštį, kurios koncentracija viršija 98,3 %, ne visas SO₃ sugeriamas ir dalis patenka į aplinką.

1.5. Pagrindiniai įrenginiai naudojami sieros rūgšties gamyboje iš elementinės sieros

Gamybos technologijos etapai skiriasi priklausomai nuo to, kaip buvo gautos SO₂ dujos. Jas galima suskirstyti: sieros degimas; SO₂ oksidacija iki SO₃; SO₃ absorbcija gaunant H₂SO₄. Atitinkamai kiekvienai stadijai galima priskirti įrenginių grupę: SO₂ gavimo įrenginiai, SO₃ oksidavimo kontaktinis aparatas, SO₃ absorbcijos įrenginiai. Toliau apžvelgti įrenginiai skirti sieros rūgšties gamybai iš elementinės sieros.

1.5.1. Elementinės sieros lydymo įrenginiai

Elementinė siera gamybai yra išgaunama įvairiais būdais:

- iš gamtinių karjerų iškasant atviruoju būdu ar tiekiant vandens garus ir iš lydant ją iš žemės gelmių;
- iš kitų pramonės įmonių kaip atlieka.

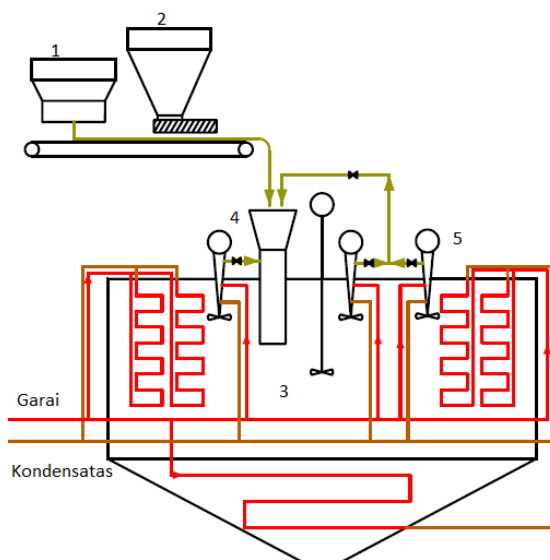
Iškasama siera būna užteršta paviršinio grunto priemaišomis, įvairiomis organinėmis liekanomis. Jos geometrinė forma yra netaisyklinga, pasitaiko gabalų kurių dydis siekia 30-50 cm skersmens. Iš naftos perdirbimo valymo įrenginių gaunama siera būna granuliuota, sąlyginai švari.

Norint užtikrinti nepertraukiamą sieros lydymo procesą, įkrovimo bunkeryje privalo būti sumontuotas sieros gabalų trupinimo ir sijojimo grotos, sieros gabalams neprabyrant pro trapus su jie gali būti sutrinami.

Elementinė siera vandenyje netirpsta, tačiau laikui bėgant dalis sieros reaguoja su aplinkoje esančia drėgme ir oksiduojasi oro deguonimi sudarydama laisvąją sieros rūgštį. Nors ir labai mažas šios rūgšties kiekis lydymo proceso metu, esant apie 150 °C ardo nerūdijančio plieno konstrukcijas įrenginiuose, o ypač šio plieno tinklo filtravimo sietus filtruose. Išvengti pastarajam procesui, nuolatos turi būti dozuojuama atitinkami kiekiai negesintų kalkių į lydymo įrenginį.



Dėl mažo sieros šiluminio laidumo, lydykloje turi būti užtikrintas nuolatinis lydytos sieros judėjimas. Užtikrinant kuo geresnį kietos ir skystos sieros susimaišymą tikslinga, nuo transporterio sierą tiekti į maišyklės cirkuliacijos sukurto srauto krypties keitimo vietą, taip elementinė kietą sierą pagausama srauto ir bloškama į kaitinimo gyvatukus. Lydymas vyksta naudojant 6 bar sočius vandens garus, kurie kondensuojasi lydyklos šilumokaičiuose. Principinė lydyklos schema pateikta 9 paveiksle.



9 pav. Sieros lydymo įrenginys su sieros ir kalkių bunkeriu [9]

čia: 1 – sieros bunkeris; 2 – kalkių bunkeris; 3 – lydykla; 4 – cirkulatorius; 5 – sieros siurbliai

Po išlydymo sieroje yra įvairių priemaišų, kurios bendrai vadinamos pelenais, pastarieji patekę į krosnis, katilus, kontaktinį aparatą nusėda ant paviršiaus. Pelenais pasidengus katilų-utilizatorių išgarinimo ir perkaitinimo gyvatukams sumažėja vandens garų gamyba, bei didėja technologinių dujų temperatūra prieš kontaktinį aparatą, taip sukeliat SO₂ oksidacijos į SO₃ pusiausvyros pasistūmimą atgalinės reakcijos kryptimi.

Dalis pelenų dujų srautu iš krosnių yra išnešami į kontaktinį aparatą, ten nusėda ant keramikos ir padengia mechaniškai katalizatoriaus paviršių, taip sukeliat didesnę dujų slėgio pasipriešinimą

katalizatoriaus sluoksniuose. Dėl šio proceso katalizatoriaus aktyvumas mažėja. Todėl katalizatorius kas kelis metus privalo būti persijotas per sietus, taip nupurtant nuo katalizatoriaus įkrovos pelenus. Šis papildomas darbas yra atliekamas kapitalinio remonto metu, kuris yra pakankamai brangus, nes visa gamyba (rūgštis ir garų) privalomai yra stabdoma, ko pasėkoje yra stabdomi ir visi nuo vandens garų naudojimo priklausomi procesai. Siekiant išvengti papildomų kaštų stabdymo metu ir kiek įmanoma jį sutrumpinti siera yra filtruojama filtrų komplekse.

1.5.2. Lydytos sieros filtravimo filtrai

Paprastai lydyta siera yra filtruojama dviejų filtravimo etapų sistema. Sistemą sudaro du horizontalūs slėginių diskinių sietų filtrai, po kurių įmontuotas apsaugos kasetinis įkrovos filtras, užtikrinantis filtruotos sieros švarumą. Slėginis diskinis filtras [11] pasižymi didelių filtravimo paviršiumi, nesudėtingu diskų valymu, filtras aprūpintas garų kaitinimo apvalkų užtikrinant viso filtravimo proceso metu pastovia 150 °C temperatūra. Šie filtrai nesunkiai gali būti automatizuojami ant sieros ir garų atvamzdžių įrengus pneumatines kompiuteriu valdomas sklendes. Filtrų pavyzdžiai pateikti 10 ir 11 paveiksluose.



10 pav. Horizontalus slėginis diskinis filtras [11]

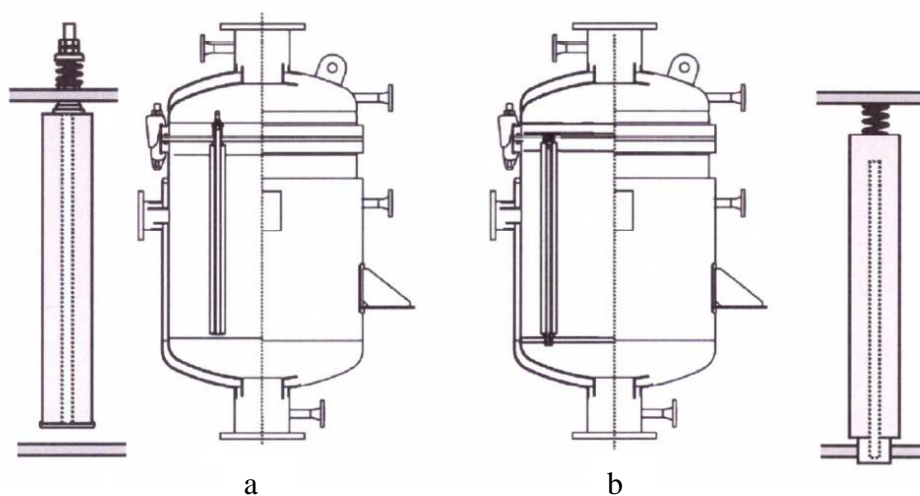


11 pav. Vertikalus apsauginis kasetinis filtras [11]

Horizontalus slėginis filtras [11] gali būti pilnai automatizuotas, pasižymi dideliu filtravimo našumu, filtro valymo ir paruošimo laikas naujam ciklui, lyginant su darbo ciklu, yra trumpas. Pačiame filtre nėra besisukančių dalių, tai užtikrina ilgesnį filtro tarnavimo laiką. Filtro valymui filtravimo diskai hidraulinės sistemos yra ištraukiami iš filtro, tada darbuotojai gali mechaniškai pašalinti ant diskų susikaupusį sieros šlamą. Filtravimo elementai, tai yra kiekvienas filtravimo diskas yra sudarytas iš

penkių nerūdijančio plieno tinklo sluoksnių. Susidėvėjus filtravimo diskui, jį galima nesunkiai pakeisti. Šiam procesui naudojamas filtras, kurio bendras filtravimo paviršius 101 m², tarp diskų tarpai 125 mm ir filtravimo diskų skaičius 31.

Kasetinis filtras. Paprastai kasetinis filtras yra montuojamas iškart po slėginio diskinio filtro. Šis filtras naudojamas pašalinti likusius pelenus ir kitas daleles, kurios kažkoku būdu galėjo praslysti pro prieš tai buvusius filtras. Šis filtras užtikrina galutinį lydytos sieros švarumą iki 100 %. Šio tipo filtruose [11] yra įmontuotos 134 filtruojančios kasetės, kurios gali būti iš porėtos keramikos ar stiklo pluošto. Keramikinė įkrova yra tvirtinama prie viršutinės laikančiosios plokštės, o stiklo pluošto – prie apatinės. Tokio tipo filtro principinė schema pateikiama 12 paveiksle. Lydyta siera tiekama iš filtro apačios, iš išorės skverbiasi pro filtruojančią medžiagą į jos šerdį ir kylą į filtro viršų, iš kur patenka į rinktuvą.



12 pav. Vertikalaus apsauginio filtro principinė schema: a – įkrova iš porėtos keramikos, b – stiklo pluošto įkrova. [11]

Porėtos keramikinės kasetės įkrova. Porėta keramika naudojama pašalinti kietas daleles iš skysčių ar dujų fazių. Porėta keramikos filtrų įkrova specialiai suprojektuota galutiniam lydytos sieros valymui, ši keramika sukurta aliuminio oksido granules jungiant su porcelianu, sudarant patvarias ir homogeniškas poras. Šios įkrovos valymui gali būti taikoma: garų nuplovimas, krosninis deginimas, tirpalų valymas, ultra bangų valymas. Keramikinės įkrovos pavyzdžiai pateikti 13 paveiksle [11].

Šios įkrovos privalumai:

- paviršiaus / šlamo filtravimas;
- atsparumas temperatūrai iki 800 °C;
- korozijos atsparumas;
- mechaninis stiprumas;
- nuplovimas garais;
- pakartotinis panaudojimas sumažinant kaštus.



13 pav. Keramikinė įkrova [11]

Stiklo pluošto filtravimo įkrova. Stiklo pluoštas puikiai tinka užtikrinti kietų dalelių pašalinimą tose terpėse, kurioms būtina užtikrinti švarumą. Dažniausiai šis pluoštas naudojamas rūgščių, organinių tirpalų ir aukštų temperatūrų procesuose. Šie stiklo pluošto filtrai gaminami testuojant kiekvieną atskirai, sveriant, matuojant bei tikrinant oro laidumą, taip užtikrinant kiekvieno elemento tas pačias savybes. Stiklo pluošto įkrovos pavyzdys pateiktas 14 paveiksle.

Šio filtro savybės:

- gylus filtravimas;
- atsparumas temperatūrai iki 400 °C;
- nereikalingas tepimas;
- neplaunamas;
- nedidelė kaina;
- būtinas keitimas po įsigėrimo, ko pasekoje išauga naudojimo kaina lyginant su keramikine įkrova.



14 pav. Stiklo pluošto įkrova [11]

1.5.3. Sieros deginimo krosnys

Prieš sudeginant, lydyta siera turi būti kuo geriau sumaišyta su degimui skirtu oru. Tam tikslui yra sukurta nemažai sieros atomizavimo ir paskleidimo būdų. Pramonėje labiausiai paplito trys krosnių tipai [12, 13]:

- 1) slėginė-purkštuvinė krosnis;
- 2) „dviejų komponentų“ krosnis;
- 3) rotorinė krosnis.

Slėginėje-purkštuvinėje krosnyje lydyta siera yra paskleidžiama ją išpurškiant 8 – 15 bar slėgiu į degimo kamerą. Slėgis yra sukeliamas specialiais sieros siurbliais. Purkštukai turi dvigubą sienelę, į kurią, krosniai neveikiant yra tiekiami vandens garai. Toks būdas neleidžia lydytai sierai sukietėti. Šių krosnių trūkumas – norint padidinti ar sumažinti sudeginamos sieros kiekį reikia atitinkamai keisti purkštukų dydį.

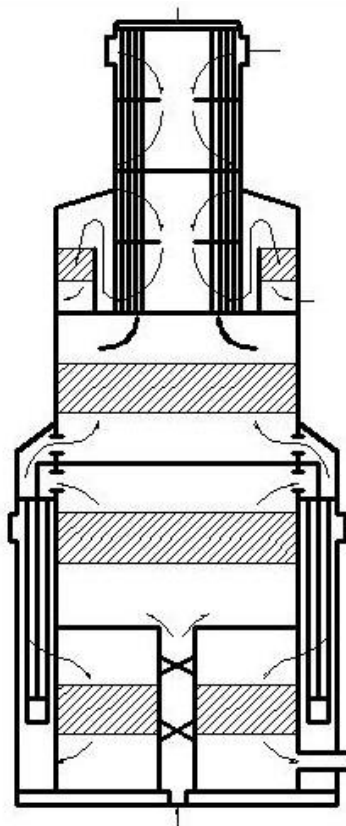
„Dviejų komponentų“ krosnis. Lydyta siera paskleidžiama naudojant orą. Degimui skirtas oras dideliu greičiu, žiedine ertme tiekiamas per sieros purkštuką, pagauna lydytą sierą ir paskleidžia ją degimo kameroje. Šio proceso metu reikalingas sieros slėgis yra 2 bar.

Rotorinė krosnis. Lurgi sukurta „Luro krosnis“ atmosferinio slėgio lydyta siera tiekama į rotoriaus galvutę, bloškiama į vidinę sienelę ir paskleidžiama didelio greičio oro sraute. Sieros ir oro srautas degimo kameroje juda spirale, taip išlaikydamas liepsną krosnies centre [14].

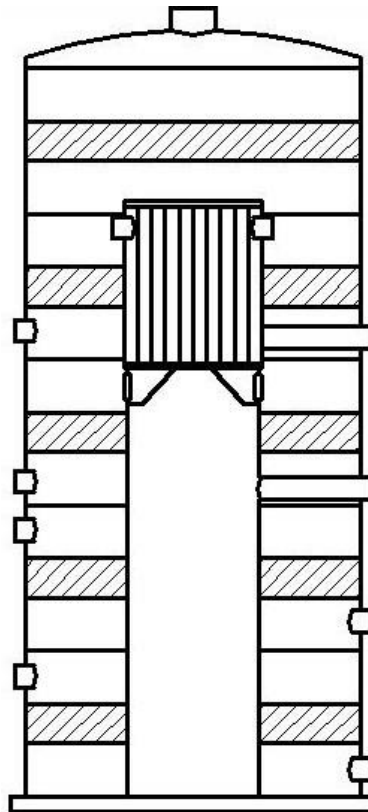
Siekiant panaudoti krosnyse išsiskiriančią šiluminę energiją, kartu su krosnimis yra sumontuoti katilai-utilizatoriai, kuriuose yra gaminama aukšto slėgio perkaitinti vandens garai (≥ 45 bar).

1.5.4. Kontaktinis aparatas

Norint pasiekti maksimaliai didžiausią SO_2 konversijos laipsnį, visa katalizatoriaus masė turi būti padalinta į keletą sluoksnių. Iš kiekvieno sluoksnio išeinančios dujos prieš patekdamos į kitą sluoksnį yra ataušinamos iki katalizatoriaus „uždegimo“ temperatūros. Pagal sieros rūgšties gamybos būdą, konversija gali būti vykdoma viengubu arba dvigubu laipsniu. Vieno laipsnio konversija, dar kitaip paprastoji, yra, kai technologinės dujos prateka pro katalizatoriaus sluoksnius ir yra absorbuojamos absorberiuose, o dvigubos konversijos metodu, dujos yra leidžiamos per pirmuosius katalizatoriaus sluoksnius, po kurių nukreipiamos į tarpinės absorbcijos skyrių, kuriame absorbuojamos susidariusios SO_3 dujos. Po šio proceso, technologinės dujos yra tiekiamos į likusius kontaktinio aparato katalizatoriaus sluoksnius. Pramonėje naudojami 4 ar 5 katalizatoriaus sluoksnių konverteriai [9], kurie skiriasi dujų temperatūros sumažinimu tarp katalizatoriaus įkrovų. Dujų temperatūra yra sumažinama jų energiją šildant kitas dujas, vandenį, perkaitinant vandens garą. Konverteriai kuriuose naudojama SO_2 koncentracija daugiau kaip 8 % tūrio ir yra sukomplektuoti kartu su vandens šildytuvu-virintuvu bei garo generatoriumi, ataušinant dujas ir išgaunant šiluminę energiją kitiems tikslams. Paprastai, konverteris yra vertikalus, cilindro formos aparatas, kuriame išdėstyti vienas virš kito katalizatoriaus sluoksniai su dujų pertvaromis. Dujos patenka ir išteka iš sluoksnių per šonuose esančias dujų angas. Kontaktiniuose aparatuose kiekvieną sluoksnį sudaro metalinis tinklas su virš jo užkrautu keraminiu sluoksniu, ant kurio yra katalizatoriaus įkrova. Pramonėje naudojami konverteriai skiriasi pagal šilumokaičių įrengimo vietą aparate ir yra su visais šilumokaičiais viduje ar su vienu šilumokaičiu viduje, o kitais išorėje. Konverterių pavyzdžiai pateikti 15, 16 paveiksle.



15 pav. Lurgi tipo konverteris su šilumokaičiais viduje [10]



16 pav. Kontaktinis aparatas su vienu šilumokaičiu viduje [10]

1.5.5. Absorbcijos įrenginiai

Dujinis sieros trioksidas geriausiai absorbuojamas 98,5-99,2% sieros rūgštimi. Esant mažesnei ar didesnei rūgšties koncentracijai, absorbcijos procesas silpnėja, esant mažesnei koncentracijai virš rūgšties yra vandens garai, susidaro sieros rūgšties aerozolis, kuris pasišalina. Koncentracijai esant >99,2 % SO_3 absorbuojamas nepakankamai [9].

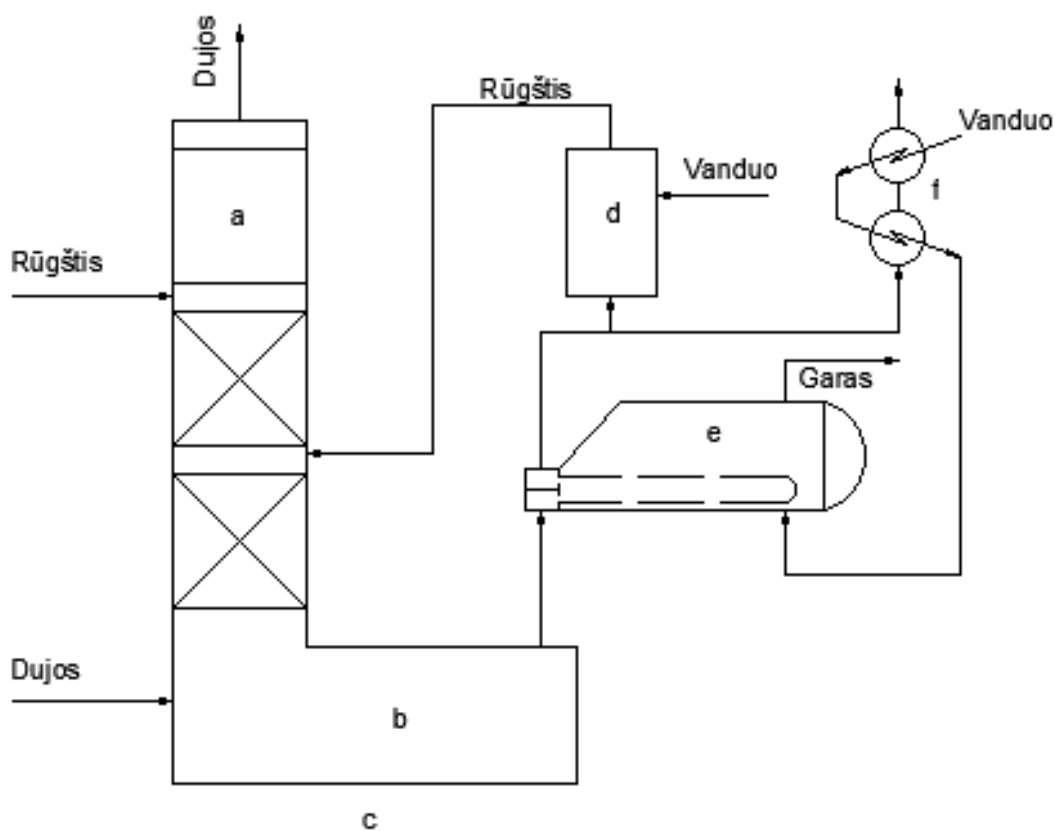
Absorberiuose dujos tiekiamos per įkrovą iš apačios į viršų, o rūgštis laistoma iš viršaus. Absorbcijos proceso metu išsiskiria šiluma, kuri mažina absorbcijos laipsnį, todėl proceso našumas priklauso nuo rūgšties cirkuliacijos greičio ir jos temperatūros valdymo. Absorbuojant neišvengiamai susidaro sieros rūgšties rūkas, todėl absorberiuose yra sumontuoti rūko gaudytuvai.

Originaliame vieno absorbcijos laipsnio procese, dujos praėjusios visus katalizatoriaus sluoksnius patenka į absorberį. Modifikavus šį būdą sukurtas dvigubos absorbcijos procesas, didžioji dalis sieros trioksido absorbuojama po pirmojo konversijos laipsnio, o likusi dalis galutinės absorbcijos stadijoje. Siekiant panaudoti išsiskiriančią šiluminę energiją, tarpinis absorbcijos procesas papildytas garo katilais, kuriuose po absorbcijos bokšto išsiskyrusi sieros rūgšties šiluma specialiuose šilumokaičiuose-virintuvuose paverčiama vandens garais. Po antrojo konversijos laipsnio dujos atvėsinaamos iki 80°C ir absorbuojamos paprasto tipo absorberiuose. Šiuo metu pramonėje yra naudojamos dvi panašios sistemos [10]:

- Monsanto „HRS“ – technologinių dujų absorbcijos ir šilumos utilizavimo sistema;
- žemo slėgio garų panaudojimo sistema

Monsanto HRS sistema, kurios principinė schema pateikta 17 paveiksle, suprojektuota naudojant „koncentracijos lango“ reiškinį. Nustatyta, kad nerūdijančio plieno korozijos greitis, naudojant didesnės kaip 99 % koncentracijos sieros rūgštį, yra mažas. Todėl įrenginiams nenaudojamos plytos. Šio proceso metu labai svarbu tiksliai kontroliuoti rūgšties koncentraciją. Absorbcijos bokštas turi dvi įkrovas. Pirmoji įkrova laistoma sieros rūgštimi cirkuliuojančia HRS sistemos cikle, antroji įkrova yra laistoma rūgštimi iš antrojo absorbcijos proceso ciklo. Antrojo absorbcijos laipsnio bokštas išklotas rūgščiai atspariomis plytelėmis, turi keramikinę įkrovą. Laistomas 98,5% koncentracijos ir 60-70 °C temperatūros sieros rūgštimi [9].

Žemo slėgio garų panaudojimo sistemoje naudojamas specializuotas, sieros rūgščiai atsparus, nerūdijantis plienas. Šioje sistemoje susidaranti šiluma panaudojama gaminant žemo slėgio garus. Naudojamas venturi skruberis, kuriame absorbuojamos dujos ir rūgštis tiekiamos pasroviui, ištekantių dujų temperatūra yra didesnė nei priešsroviniu režimu veikiančio absorberio.



17 pav. Monsanto HRS sistemos principinė schema, čia: a – rūko gaudytuvai; b – rūgšties rinktuvas; c – HRS bokštas; d – skiedimo įrenginys; e – garo katilas; f – vandens šildytuvai [10]

2. Tiriamoji dalis

2.1. Medžiagos ir metodai

Sieros rūgšties gamybos procese naudojamas medžiagas galima išskirstyti į pagrindines ir pagalbines. Pagrindinės medžiagos tiesiogiai naudojamos sieros rūgšties gamyboje, tai siera, aplinkos oras, vanduo. Joms keliami aukšti grynumo reikalavimai. Techninė siera prieš deginimą yra lydoma ir filtruojama, filtravimui naudojamas diatomitas, kuris užnešamas ant filtruojančių sietų paviršiaus, pagerinti filtravimo efektyvumą. Kaip katalizatorius naudojamos vanadžio pentoksido kompleksinės druskos. Šių medžiagų charakteristikos pateikiamos 2 lentelėje.

Vanduo naudojamas katiluose-utilizatoriuose aukšto slėgio ir temperatūros garų gamyboje. Į katilus patenka sieros dioksido dujos kurių temperatūra siekia 1100 °C, dėl šios priežasties naudojamas vanduo privalo būti ypač grynas ir dearuotas, nes išsėdus druskoms gali užsikisti šilumokaičių vamzdeliai ir metalas iš kurio įrenginys pagamintas išsilydįs per kelias sekundes, taip pat, kai vandenyje yra ištirpusio deguonies išauga metalų korozijos greitis. Naudojamas upės vanduo chemiškai valomas nuo druskų ir mikroorganizmų, šiam valymui naudojamos pagalbinės medžiagos ir jų charakteristikos yra pateikiamos prieduose nr.1.

2 lentelė. Pagrindinių medžiagos ir jų charakteristikos duomenys

Pavadinimas	Reglamentuojančio normatyvinio techninio dokumento žymuo ir pavadinimas	Kontroliuojami rodikliai	Rodiklių reikšmės pagal normatyvinį-techninį dokumentą			
			Rūšis			
			9998	9995	9990	9950
Techninė siera	GOST 127.1-93 Techninė siera	Sieros masės dalis, ne mažiau kaip, %	99,98	99,95	99,90	99,50
		Pelenų masės dalis, ne daugiau kaip, %	0,02	0,03	0,05	0,2
		Organinių medžiagų masės dalis, ne daugiau kaip, %	0,01	0,03	0,06	0,25
		Rūgščių, perskaičiuotų į sieros rūgštį, masės dalis, ne daugiau kaip, %	0,0015	0,003	0,004	0,01
		Arseno masės dalis, ne daugiau kaip, %	0,0000	0,0000	0,000	0,000
		Seleno masės dalis, ne daugiau kaip, %	0,000	0,000	0,000	0,000
		Vandens masės dalis, ne daugiau kaip, %	0,2	0,2	0,2	0,2

2 lentelės tęsinys

Pavadinimas	Reglamentuojančio normatyvinio techninio dokumento žymuo ir pavadinimas	Kontroliuojami rodikliai	Rodiklių reikšmės pagal normatyvinį-techninį dokumentą
Vanadžio katalizatoriaus masė	Monsanto LP 110 XLP 110	Kompleksinės vanadžio druskos	39 – 45 %
		Kristabolitas	22,5 – 30,5 %
		Kvarcas	0,4 – 0,53 %
		Amorfinis kvarcas (diatominė žemė)	26 – 28 %
		Katalizatoriaus dalelės dydis mm	Žiedo išorinis skersmuo 9,5 mm; Vidinis skersmuo 4 mm
Nudruskintas vanduo	TR-01	Aplinkos reakcija	pH 9,0 – 9,5
		Karbonatinis kietumo ekvivalento molinė koncentracija	Ne daugiau kaip 0,01 mmol/dm ³
		Geležies junginių kiekis, perskaičiavus į Fe	Ne daugiau kaip 0,06 mg/dm ³
		Silicio rūgšties kiekis, perskaičiavus į SiO ₂	Ne daugiau kaip 0,25 mg/dm ³
		Vario junginių kiekis perskaičiavus į Cu	Ne daugiau kaip 0,05 mg/dm ³
		Laisvos anglirūgštės kiekis, perskaičiavus į CO ₂	Ne daugiau kaip 25 mg/dm ³
		Permanganatinė oksidacija perskaičiavus į O ₂	Ne daugiau kaip 2,5 mg/dm ³
		Tepalų kiekis	Ne daugiau kaip 0,5 mg/dm ³
		Elektrinis laidumas	Ne daugiau kaip 5 μS/cm

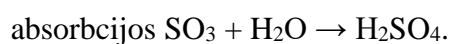
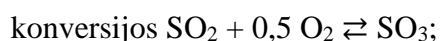
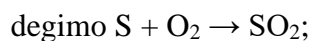
Sieros rūgšties gamybos vertinimui buvo taikomi klasikiniai balansiniai skaičiavimai, taip pat gamybos optimizavimas Aspen Hysys aplinkoje.

2.2. Gamybos proceso srautų skaičiavimai

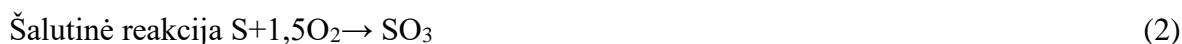
2.2.1. HRS sistemos absorbcijos bokšto medžiagų balanso skaičiavimai

Skaičiavimams atlikti remtasi skaičiavimo metodikomis [16,17]

H₂SO₄ gamybos procesas susideda iš šių stadijų:



Prieš skaičiuojant medžiagų balansą reikalinga apskaičiuoti koks susidarys dujų kiekis po sieros sudeginimo. Degimas vyksta pagal šias reakcijas:



Lydyta, išvalyta nuo priemaišų, siera 44934 kg/h našumu tiekama į deginimo krosnis, susidarantys dujų kiekiai:

$$SO_2: 32 \text{ kg/kmol (S)} \quad - 64 \text{ kg/kmol (SO}_2\text{)}$$

$$44934 \cdot 0,9756 \text{ kg/h} - G_{SO_2}, \text{ kg/h}$$

$$G_{SO_2} = \frac{64 \cdot 44934 \cdot 0,9756}{32} = 87674 \text{ kg/h;}$$

Tūrinis debitas apskaičiuojamas pagal molinį dujų tūri 22,4 m³/kmol ir molinę masę kg/kmol:

$$V_{SO_2} = \frac{G_{SO_2} \cdot V_m}{M_{SO_2}} = \frac{87674 \cdot 22,4}{64} = 30686 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$G_{SO_3} = 2743 \text{ kg/h;}$$

$$V_{SO_3} = 768 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Degimo metu reikalingas deguonies masės, tūrio debitas;

$$G_{O_2}^s = \frac{G_{SO_2} \cdot M_{O_2}}{M_{SO_2}} + \frac{G_{SO_3} \cdot M_{O_2}}{M_{SO_3}} = 45483 \text{ kg/h;}$$

$$V_{O_2} = 31838 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Dėl pilno sudeginimo, didesnio konversijos laipsnio sudaromas 88% deguonies perteklius ir viso tiekiamo deguonies debitas:

$$G_{O_2} = 85570 \text{ kg/h;}$$

$$V_{O_2} = 59899 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Deguonis įvedamas kartu su oru, kuriame yra ~21% O₂ ir ~21% N₂

$$V_{N_2} = 226049 \text{ m}^3/\text{h;}$$

$$V_{oras} = 285948 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Į HRS sistemą technologinės dujos patenka po trečiojo katalizatoriaus sluoksnio po kurio bendras konversijos laipsnis yra 96%.

Likęs SO₂ kiekis:

$$V_{SO_2, \text{likęs}} = 1195 \text{ m}^3/\text{h;}$$

Pagal reakcijos lygtį

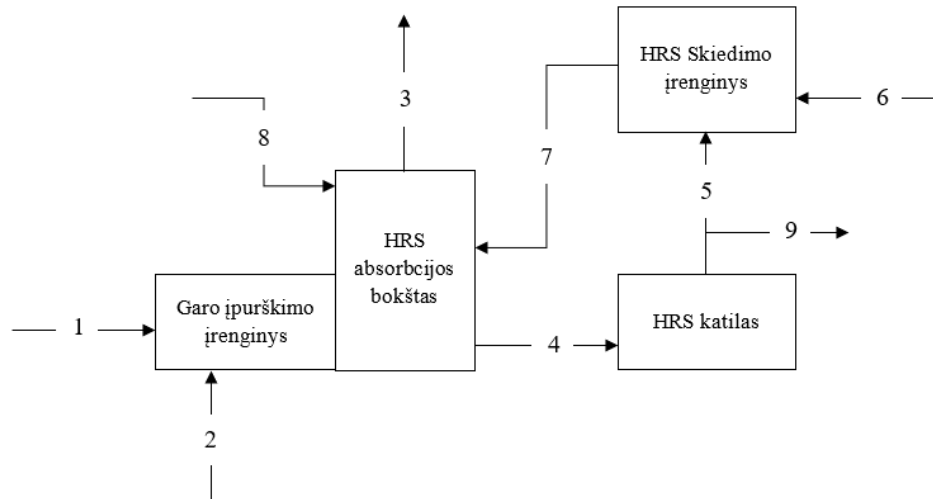


Iš vieno molio SO_2 susidaro vienas molis SO_3 , tai susidaręs sieros trioksido tūris:

$$V_{\text{SO}_3, \text{susidaręs}} = V_{\text{SO}_2} - V_{\text{SO}_2, \text{likęs}} = 30686 - 1195 = 29491 \text{ m}^3/\text{h};$$

$$V_{\text{SO}_3, \text{viso}} = V_{\text{SO}_3, \text{susidaręs}} + V_{\text{SO}_3} = 30259 \text{ m}^3/\text{h}.$$

HRS sistemos ciklo medžiagų balanso skaičiavimai:



18 pav. HRS sistemos ciklo principinė schema. Čia: 1 – technologinės dujos prieš absorbcija; 2 – garas; 3 – dujos po absorbcijos; 4 – 99,5% koncentracijos sieros rūgštis cikle; 6 – vanduo skiedimui; 7 – 99% sieros rūgštis pirmojo sluoksnio laistymui; 8 – 98,5% koncentracijos rūgštis II sluoksnio laistymui; 9 – 99,5% koncentracijos sieros rūgštis išvedama iš ciklo.

Norint apskaičiuoti HRS bokšto medžiagų balansą pirmiausiai apskaičiuojama sieros rūgšties debitus skirtus bokšto įkrovų laistymui:

8 srauto technologiniai parametrai: sieros rūgšties tūrinio debito riba $V_{\text{H}_2\text{SO}_4, 98,5\%} = 125\text{-}145 \text{ m}^3/\text{h}$; koncentracija 98,5 masės %; tankis $\rho_{\text{H}_2\text{SO}_4, 98,5\%}^{70^\circ\text{C}} = 1802 \text{ kg/m}^3$.

Skaičiuojama kiek su šios koncentracijos rūgštimi pateks vandens ir 100% rūgšties:

$$G_{\text{H}_2\text{SO}_4, 100\%}^{\text{II}} = V_{\text{H}_2\text{SO}_4, 98,5\%} \cdot \rho_{\text{H}_2\text{SO}_4, 98,5\%}^{70^\circ\text{C}} \cdot 0,985 = 145 \cdot 1802 \cdot 0,985 = 257371 \text{ kg/h};$$

$$G_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{II}} = 3919 \text{ kg/h}.$$

5 srauto parametrai: Sieros rūgšties tūrinio debito riba $V_{\text{H}_2\text{SO}_4, 98,5\%} = 1790\text{-}1825 \text{ m}^3/\text{h}$; koncentracija 99,5 masės %; tankis $\rho_{\text{H}_2\text{SO}_4, 99,5\%}^{205^\circ\text{C}} = 1590 \text{ kg/m}^3$. 6 srauto turinio debito riba $V_{\text{H}_2\text{O}} = 8\text{-}17 \text{ m}^3/\text{h}$.

Skaičiuojama kiek su šios koncentracijos rūgštimi pateks vandens ir 100% rūgšties:

$$G_{\text{H}_2\text{SO}_4, 100\%}^{\text{I}} = 2871421 \text{ kg/h};$$

$$G_{\text{H}_2\text{O}} = 14429 \text{ kg/h}.$$

Po skiedimo rūgšties koncentracija 99% ir joje esantis vandens kiekis:

$$G_{H_2O}^I = \frac{G_{H_2SO_4,100\%}^I \cdot 100}{C_{H_2SO_4}} - G_{H_2SO_4,100\%}^I = \frac{2871421 \cdot 100}{99} - 2871421 = 29004 \text{ kg/h.}$$

Skiedimui reikia vandens:

$$G_{H_2O}^S = G_{H_2O}^I - G_{H_2O} = 29004 - 14429 = 14575 \text{ kg/h.}$$

Parametrai: absorbcijos efektyvumas ~99,99%; garų masės debitas $G_{H_2O}^g = 3900-7800 \text{ kg/h.}$

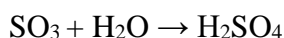
3 lentelė. Įtekančių dujų debitai

Komponentas	V, m ³ /h	G, kg/h
SO ₂	1195	3414,29
SO ₃	30259	108067,8
O ₂	13315	19021,4
N ₂	226049	282561

Absorbuotas SO₃ kiekis:

$$G_{SO_3,absorb} = 108061 \text{ kg/h.}$$

Absorbcijos metu vyksta reakcija:



Pagal reakcijos lygtį, reikalingas vandens debitas absorbuoti SO₃:

$$G_{H_2O,absorb} = 24314 \text{ kg/h.}$$

Šimtaprocentinės rūgšties debitas:

$$G_{H_2SO_4,100\%}^b = 132375 \text{ kg/h.}$$

Rūgštis ir vandens medžiagų balansai absorbcijos bokšte:

Pagal masės tvermės dėsnį, esant stacionariam bokšto režimui, ištekančios 100 % koncentracijos sieros rūgštis kiekis yra lygus sumai įtekančios rūgštis ir bokšte pagamintos rūgštis debitui:

$$\begin{aligned} G_{H_2SO_4,100\%,ištekanči} &= G_{H_2SO_4,100\%}^I + G_{H_2SO_4,100\%}^{II} + G_{H_2SO_4,100\%}^b = \\ &= 2871421 + 257371 + 132375 = 3261167 \text{ kg/h.} \end{aligned}$$

Vandens balansas

Į absorbcijos bokštą vanduo patenka su rūgštimis įkrovų laistymui ir įpurškiamu vandens garu. Dalis vandens yra sunaudojamas absorbuojant SO₃ dujas, o kita dalis praskiedžia 100 % koncentracijos rūgštį.

$$G_{H_2O}^I + G_{H_2O}^{II} + G_{H_2O}^g = G_{H_2O,absorb} + G_{H_2O,ištekanči}$$

Rūgštis iš bokšto išteka 99,5% koncentracijos, joje esantis vanduo:

$$G_{H_2O, ištekantis} = \frac{G_{H_2SO_4, 100\%, ištekanti} \cdot 100}{99,5} - G_{H_2SO_4, 100\%, ištekanti} = 16388 \text{ kg/h.}$$

Vandens garų masės debitas:

$$G_{H_2O}^g = 7779 \text{ kg/h.}$$

Iš bokšto išteka :

$$G_{H_2SO_4, 99,5\%} = 3277555 \text{ kg/h.}$$

Iš ciklo išvedama 99,5% sieros rūgštis:

$$G_{H_2SO_4, prod} = G_{H_2SO_4, 99,5\%} - (G_{H_2SO_4, 100\%}^I + G_{H_2O}) = 3277555 - 2885850 = 391705 \text{ kg/h.}$$

4 lentelė. HRS sistemos medžiagų balansas

Įtekantis srautas		Ištekančias srautas	
Komponentas	G, kg/h	Komponentas	G, kg/h
Dujos	413064,5	Dujos	305003,8
H ₂ O _g	7779	H ₂ SO _{4, prod}	391705
H ₂ O skiedimo	14575		
H ₂ SO _{4, 98,5%}	261290		
Viso	696709	Viso	696709

2.2.2. Gamybos projektavimas Aspen Hysys aplinkoje

Aspen Hysys procesų projektavimo ir modeliavimo programa skirta procesų optimizavimui, ekonominiams skaičiavimams, skirtingų projektų kainų palyginimui. Aspen Hysys yra viena iš pagrindinių Aspen Tech's aspen ONE inžinierių platformų. [18]

Sieros rūgšties procesas sudarytas naudojanti keletu cirkuliacinių ciklų, tai yra, ką tik pasigaminusi rūgštis iškart panaudojama naujos rūgšties gamyboje. Šiame procese galima išskirti 4 pagrindinius ciklus, tai:

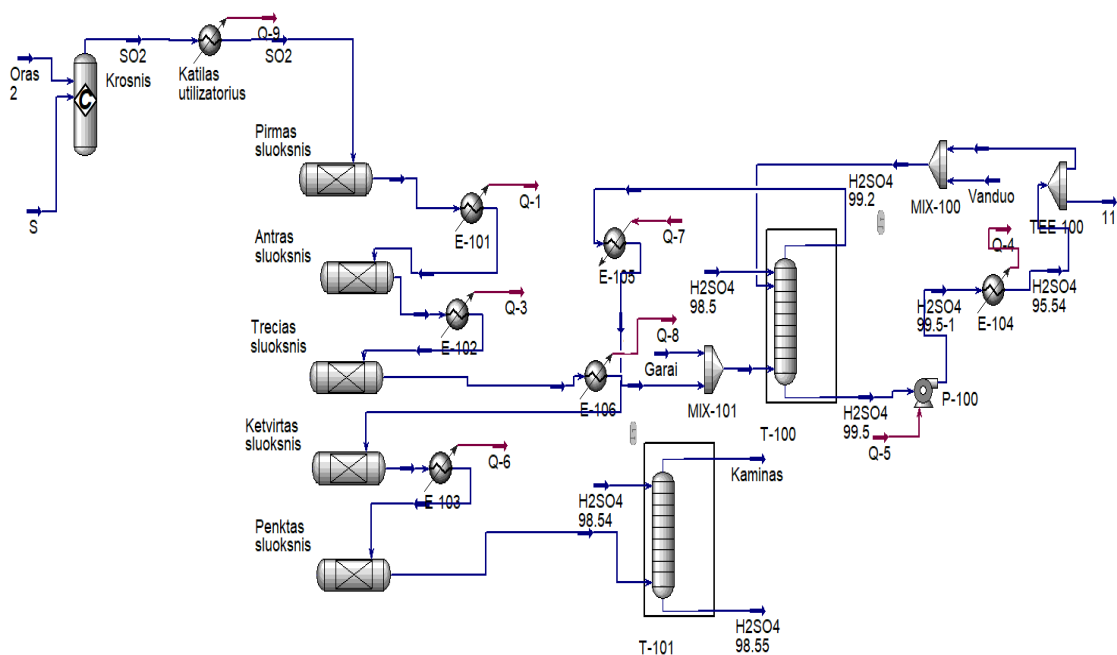
- HRS sistemos ciklas skirtas laistyti absorbcijos bokšto pirmąją pakopą;
- HRS ir antro laipsnio absorbcijos ciklą skirtą laistyti antrąją HRS sistemos absorbcijos bokšto pakopą;
- oro džiovyklos bokšto cirkuliacinė sistema;

Šias visas sistemas apskaičiuoti naudojamos kompiuterinės programos, viena iš jų Aspen Hysys projektavimo sistema, buvo pasirinktas NRTL modelis, bei sudaryta technologinis modelis, kuris pateiktas 19 paveiksle.

Naudojant programa pasirinktos reakcijos:

- Sieros degimo reakcija $S + O_2 \rightarrow SO_2$ konversijos laipsnis 100 %;

- SO₂ oksidavimo į SO₃ kontaktiniame aparate išskaidyta į 5 reakcijas:
 - SO₂+0,5O₂⇌SO₃ konversijos laipsnis 62 %;
 - SO₂+0,5O₂⇌SO₃ konversijos laipsnis 87 %;
 - SO₂+0,5O₂⇌SO₃ konversijos laipsnis 92 %;
 - SO₂+0,5O₂⇌SO₃ konversijos laipsnis 99,3 %;
 - SO₂+0,5O₂⇌SO₃ konversijos laipsnis 99,9 %;



19 pav. Aspen Hysys programa sumodeliuota technologinė schema

Atlikus projektavimą, suskaičiuotas medžiagų balansas.

Technologijai dirbant pilnu našumu per valandą yra sudeginama 47,66 t/h tonos filtruoto lydytos sieros, sunaudojama 25,3 m³/h vandens, 8,2 t/h vandens garų HRS sistemoje iš kurių pagaminama 163,98 t/h 92,5% sieros rūgšties arba 145,83 t/h koncentruotos H₂SO₄. Šio proceso metu yra gaminami ir vandens garai, kurių gaunama 185,2 t/h, 39 bar slėgis ir 440 laipsnių temperatūra, bei dalis pasigamina HRS sistemoje 6 bar, 160 laipsnių kurių našumas 74,2 t/h, šiuo tikslu sunaudojama 259,4 t/h gryo chemiškai valyto ir dearuoto vandens.

Palyginus Aspen Hysys programoje sumodeliuotus rezultatus su žinomu gamybos prototipu esančiu AB Lifosoje, gaunami ganėtinai sutampantys rezultatai, todėl galima teigti, šis technologinis procesas – HRS ciklas yra gerai organizuotas ir didelio pokyčio čia pasiekti negalime.

Todėl tolesniam modernizavimui pasirinktas sprendimas – papildomas sieros lydalo filtravimas, kas leistų sumažinti papildomas sąnaudas įrenginių valymui, išvengti šilumokaičių darbo režimo sutrikdymui, prailgintų katalizatoriaus veikimo laiką.

3. Inžinerinė dalis

3.1. Technologinė dalis

3.1.1. Technologinė schema ir jos aprašymas

Sieros rūgšties gamyba iš elementinės sieros yra vykdoma dvigubos konversijos ir dvigubos absorbcijos metodu, kurio metu pasiekiamas bendras 99,9 % efektyvumas. Sieros rūgštis gaminama nuolatinio veikimo technologinėje linijoje, kurios schema pateikta 20 paveiksle ir 4 priede. Projektuojamos technologinės linijos našumas 145,83 t/h 100 % H₂SO₄.

Technologija pakankamai sudėtingą apžvelgti vientisai, todėl ji yra suskirstomas į atskiras grupes pagal vykdomus procesus:

- techninė siera – atvežimas, iškrovimas sandėliavimas ir lydymas;
- lydotos sieros degimas gaunant SO₂, SO₂ konversija į SO₃;
- degimui ir konversijai reikalingo oro džiovinimas;
- po dalinės konversijos gauto SO₃ absorbcija HRS absorbcijos cikle;
- likusių SO₃ dujų absorbcijos ciklas

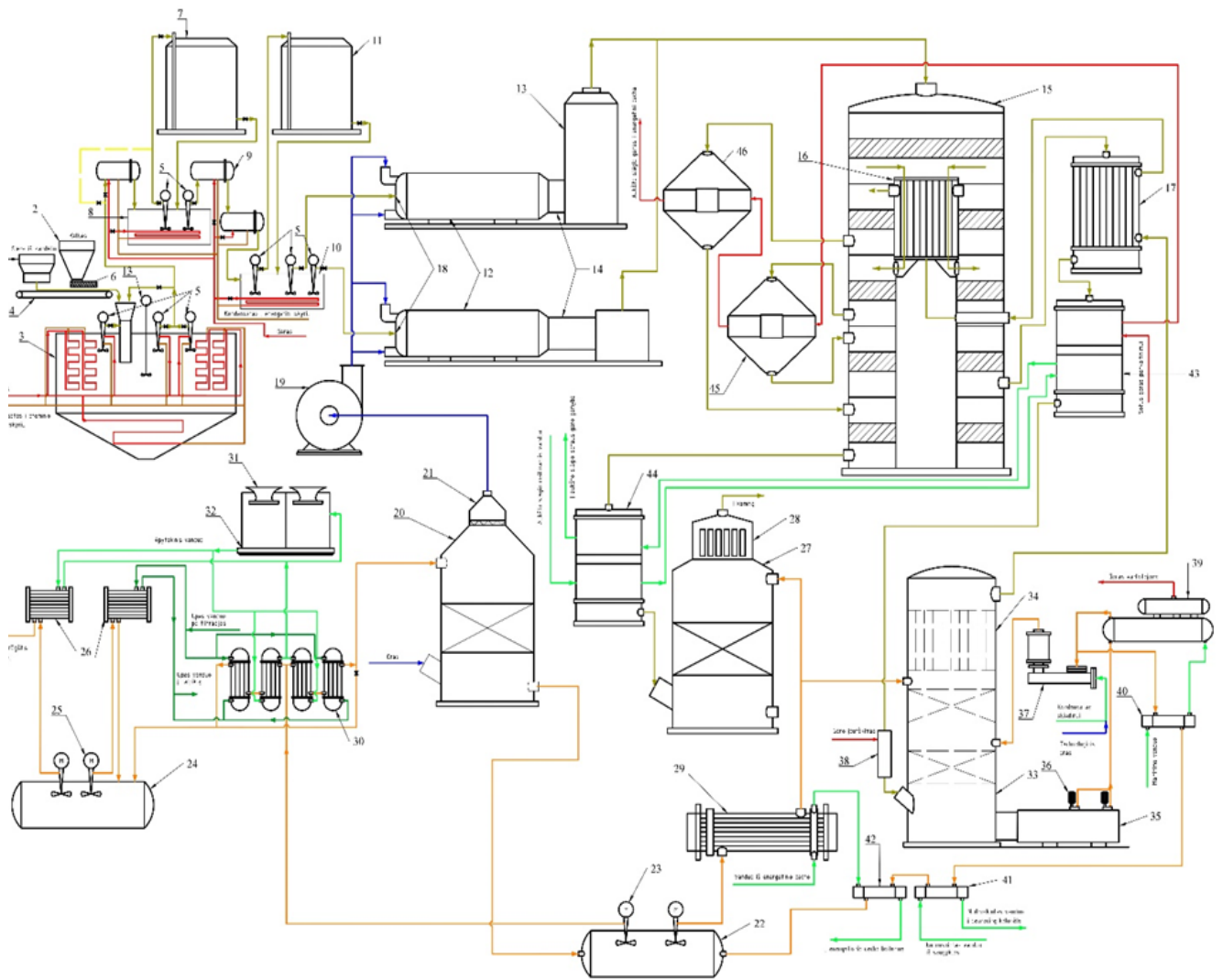
Iš lydyklų skysta siera tiekiamą į sieros filtrą. Po dviejų filtrų siera toliau patenka į projektuojamą apsauginį filtrą, kuris užtikrina lydytos sieros kokybę prieš tiekiant į krosnis. Iš filtro išvalyta nuo priemaišų siera persipila į tarpinį rinktuvą, tiekiamą į krosnis, o perteklius siurbliu pumpuojamas į švarios sieros saugyklą.

Pirmasis filtras pasiekęs 2-3 bar slėgį privalo būti ištuštintas, darbuotojai atidaro, apžiūri filtravimo diskus, mediniais įrankiais nuvalo susikaupusį sieros šlamą. Po filtro išvalymo, jis uždaromas, užpildomas švaria lydyta siera, ant filtruojančių sietų užnešamas diatomitas ir pradamas filtravimo darbas. Antrasis filtras valomas kas savaitę, pastebėjus filtro užsinešimą filtro valymo laikotarpis tarp filtro darbo, trumpinamas. Šio filtro valymo procedūra identiška pirmojo filtro valymui.

Apsauginis filtras valomas kas 12 valandų, filtruotos sieros kokybei užtikrinti. Filtro valymo procedūra – nutraukiamas sieros tiekimas į filtrą ir atidaroma drenažinė sklendė, atidaroma vandens garų sklendė ir tiekiami garai prieš sieros tekėjimo kryptį per filtruojančią įkrovą, plaunama 30 min. Po plovimo uždaroma garų sklendė ir filtras užpildomas siera, užpildžius filtrą darbas tęsiamas.

Kas 1 para atliekamas filtruotos sieros laboratorinis tyrimas nustatyti pelenų kiekį sieroje prieš krosnis. Užfiksavus 0,00001 % pelenų filtrų valymo laikas tankinamas, pastebėjus didesnį pelenų kiekį nei 0,0001 filtravimas stabdomas ir filtrai tikrinami ar nėra mechaninių pažeidimų.

Aptikus pirmuose dviejuose filtruose korozijos ar mechaninius pažeidimus, filtruojantys sietai yra keičiami naujais. Nustačius apsauginio filtro įkrovos defektus, ji turi būti keičiama.



20 pav. Technologinio proceso schema

čia: 1 – sieros bunkeris; 2 – kalkių bunkeris; 3 – sieros lydykla; 4 – juostinis transporteris; 5 – sieros siurblys; 6 – sraigtinis dozatorius; 7 – nešvarios sieros saugykla; 8 – nešvarios sieros tarpinis rinktuvas; 9 – sieros filtras; 10 – tarpinis rinktuvas; 11 – švarios sieros saugykla; 12 – sieros krosnys; 13 – garų perkaitintuvas; 14 – katilai-utilizatoriai; 15 – kontaktinis aparatas; 16 – vidinis šilumokaitis; 17 – šilumokaitis dujos-dujos; 18 – sieros purkštukai; 19 – orapūtė; 20 – džiovinimo bokštas; 21 – džiovinimo bokšto demisteriai; 22 – kombinuotas rūgšties rinktuvas; 23 – cirkuliaciniai siurbliai; 24 – produkcinės rūgšties rinktuvas-maišytuvas; 25 – panardinami siurbliai; 26 – šaldytuvai; 27 – absorbcijos bokštas AII; 28 – absorbcijos bokšto AII demisteriai; 29 – vamzdelinis šilumokaitis; 30 – šilumokaitis „EDMESTON“; 31 – vandens aušintuvės ventiliatorius; 32 – vandens aušintuvė ir rezervuaras; 33 – HRS absorbcijos bokštas; 34 – HRS absorbcijos bokšto purlų gaudytuvas; 35 – HRS rūgšties rinktuvas; 36 – panardinami siurbliai; 37 – rūgšties skiedimo įrenginys; 38 – garo įpurškimo įrenginys; 39 – HRS katilas; 40 – HRS kaitintuvas; 41 – HRS pirminis šildytuvas; 42 – HRS vandens šildytuvas; 43 – ekonomazeris/garo perkaitintuvas 3B/3A; 44 – ekonomazeris 4A/4C; 45 – garo perkaitintuvas 2B; 46 – garo perkaitintuvas 4C

Sieros lydymas, filtravimas ir sandėliavimas

Gabalinė siera gaunama geležinkelio vagonais. Į sandėlio prieduobes siera iškraunama ožiniu kranu, iš jų siera išpilama į krūvas sandėlyje ir kraunama į bunkerius (1). Siekiant padidinti sandėliuojamos sieros kiekius šalia sandėlio įrengta atviro tipo sieros sandėliavimo aikštelė, į kurią siera atvežama autotransportu.

Sieros lydymui sumontuotos dvi linijos su vienodais įrengimais. Siera iš bunkerių (1) patenka ant transporterių (4), kuriais tiekama į lydyklas (3). Lydyklose yra įrengti garu šildomi elementai. Siera lydosi 135 – 145 °C temperatūroje. Lydyklų našumas iki 70 t/val. Kad pagerinti sieros lydymą lydyklose sumontuoti cirkulatoriai. Ant lydyklų dangčių sumontuoti panardinami siurbliai (5). Sieros rūgštingumui sumažinti sumontuotas kalkių dozavimo mazgas. Kalkės dozuojamos ant sieros, tiekiamos transporteriais į lydyklos garu apšildomą lataką.

Iš lydyklų skysta siera tiekama į sieros filtrą (9). Iš filtro siera savitaka teka į nešvarios sieros tarpinį rinktuvą (8) iš kurio siurbliu tiekama į nešvarios sieros saugyklą (7). Iš saugyklos skysta siera persipila į nešvarios sieros tarpinį rinktuvą, iš kurio siurbliu tiekama į sieros filtrą (9) po dviejų filtrų siera toliau patenka į projektuojamą apsauginį filtrą, kuris užtikrina lydytos sieros kokybę prieš tiekiant į krosnis. Iš filtro išvalyta nuo priemaišų siera persipila į tarpinį rinktuvą, tiekama į krosnį (12), o perteklius siurbliu pumpuojamas į švarios sieros saugyklą (11).

Skystos sieros deginimas ir sieros dioksido oksidavimas iki trioksido

Sieros deginimui reikalingas atmosferos oras išvalomas nuo dulkių oro filtre, išdžiovinamas džiovinimo bokšte (20), orapūte (19) pučiamas į dvi lygiagrečiai sujungtas sieros deginimo krosnis (12). Į krosnis siurbliais per sieros purkštukus 18 tiekama skysta siera deginimui. Degimo metu krosnyse susidaro technologinės dujos, kurių temperatūra siekia 1100 °C ir turinčios iki 12 % SO₂, ataušinamos katiluose-utilizatoriuose (14) iki 415 °C ir nukreipiamos į kontaktinio aparato (15) pirmąjį sluoksnį.

Pirmame kontaktinio aparato sluoksnyje ne mažiau 62 % SO₂ oksiduojama į sieros trioksidą. Dėl to technologinių dujų temperatūra pakyla iki apytiksliai 600 °C. Po pirmojo sluoksnio dujos patenka į karšto tarp sluoksnio šilumokaičio (16) vamzdinę erdvę, kur ataušinamos iki 435 °C temperatūros ir nukreipiamos į antrąjį kontaktinio aparato sluoksnį.

Antrajame sluoksnyje oksiduojama ne mažiau 87 % SO₂, nuo bendro kiekio tiekiamo į kontaktinį aparatą. Dujų temperatūra pakyla iki 490 – 520 °C, ataušinamos garo perkaitintuve (45) iki 430 – 450 °C temperatūros ir nukreipiamos į trečiąjį kontaktinio aparato sluoksnį.

Trečiajame sluoksnyje ne mažiau 92 % SO₂, nuo bendrojo sieros dioksido kiekio, tiekiamo į kontaktinį aparatą, oksiduojama ir dujų temperatūra pakyla iki 450 – 470 °C. Po šio sluoksnio dujos ataušinamos šilumokaičio (17) vamzdinėje erdvėje iki 390 – 420 °C, po to garo perkaitintuve-ekonomizeryje (43) ataušinamos iki 165 – 185 °C temperatūros ir patenka į garo įpurškimo kamerą (38). Garo įpurškimo įrenginyje technologinės dujos sumaišomos su žemo slėgio sočiu garu ir 170 – 270°C temperatūros tiekiamos į HRS bokštą (33).

Po HRS tarpinės absorbcijos bokšto 75 – 80°C temperatūros technologinės dujos sušyla paeiliui šilumokaičių tarp vamzdinėse ertmėse ir 390 – 425°C temperatūros patenka į ketvirtąjį kontaktinio aparato sluoksnį.

Ketvirtajame kontaktinio aparato sluoksnyje ne mažiau 99,3 % bendro sieros dioksido kiekio oksiduojama ir dujų temperatūra pakyla iki 420 – 440 °C. Po to technologinės dujos patenka į garo

perkaitintuvą (46), po kurio ataušintos iki 385 – 405 °C temperatūros dujos, tiekiamos į penktąjį kontaktinio aparato sluoksnį, aušinimui naudojamas 340 °C perkaitinti garai.

Penktajame kontaktinio aparato sluoksnyje ne mažiau kaip 99,9 % SO₂ nuo bendro sieros dioksido kiekio oksiduojama į sieros trioksidą, ir temperatūra pakyla iki 395 – 410 °C. Po šio sluoksnio dujos ataušinamos ekonomizažeryje (44) ir patenka į antrojo laipsnio – AII absorbcijos bokštą (27).

Oro džiovavimo bokšto ciklas

Atmosferinis oras siurbiamas per filtrą į džiovavimo bokšto (20) apatinę dalį. Sieros rūgštis iš rūgšties rinktuvo siurbliu per šilumokaičius „EDMESTON“ (30) tiekama į džiovavimo bokšto kolektorių ir paskirstoma bokšto laistymui.

Šilumokaičiuose rūgštis aušinama dviem vandens srautais: upės vanduo tiekiamas į du šilumokaičius, kuriuose sušildomas iki 20 – 40 °C ir toliau tiekiamas į vandens paruošimo skyrių; apytakinis vanduo tiekiamas į kitus du šilumokaičius. Šiuo vandens srautu maksimaliai ataušinama rūgštis tiekama bokšto laistymui.

Iš džiovavimo bokšto ištekanti sieros rūgštis patenka į rūgščių rinktuvo sumaišymo kamerą, kurioje susimaišiusi su rūgštimi iš AII absorbcijos bokšto ir iš HRS sistemos surenkama kombinuotame rūgšties rinktuve (22).

HRS – technologinių dujų absorbcijos ir šilumos utilizavimo sistema

HRS sistemą sudaro dviejų pakopų šilumos utilizavimo absorbcijos bokštas su įkrova, horizontalus HRS garo katilas, HRS kaitintuvas, HRS pirminis šildytuvas, sieros rūgšties skiedimo įrenginys, garo įpurškimo įrenginys su garo purkštuku, cirkuliaciniai rūgšties siurbliai, ir iš deaeratoriaus bako į HRS garo katilą maitinimo vandenį tiekiantys katilo maitinimo vandens siurbliai.

Į technologinės šilumos utilizavimo ir absorbcijos sistemą patenka garo perkaitintuve-ekonomizažeryje ataušintos technologinės dujos, kurios garo įpurškimo įrenginyje (38) sumaišomos su žemo slėgio, sočiu garu ir toliau tiekiamos į dviejų pakopų šilumos utilizavimo ir absorbcijos bokšto pirmąją pakopą. Šioje pakopoje iš technologinių dujų srauto absorbuojamos SO₃ dujos, tiekiamos aukštyn per įkrovą ir cirkuliuojančią sieros rūgštį, kuri savo ruožtu tiekama iš HRS rinktuvo (35) ir teka žemyn per įkrovą. Po pirmosios pakopos technologinės dujos, tiekiamos į viršų per antros pakopos įkrovą, kur likusios SO₃ dujos yra absorbuojamos tekančia žemyn per įkrovą sieros rūgštimi, tiekama iš AII absorbcijos bokšto ciklo. Iš antrosios pakopos sieros rūgštis krenta tiesiogiai ant pirmosios pakopos įkrovos. Iš pirmosios ir antrosios pakopų sieros rūgštis surenkama bokšto apačioje ir HRS rinktuve (35), iš kurio cirkuliaciniais siurbliais (36) per HRS katilą (39) ir skiedimo įrenginį (37) tiekama HRS bokšto pirmosios pakopos įkrovos laistymui.

Po antrosios pakopos 65 – 80°C temperatūros technologinės dujos iš bokšto išeina per MECS ES tipo pūslų gaudytuvus (demisterius) (34), sumontuotus bokšto viršuje ir tiekiamos paeiliui į šilumokaičių tarpvamzdines ertmes, iš kurių patenka į ketvirtą kontaktinio aparato sluoksnį. Pūslų gaudytuvai pašalina bokšte susiformavusį sieros rūgšties rūką ir rūgšties lašelius.

Iš HRS rinktuvo, 224 °C temperatūros sieros rūgštis tiekama per horizontalų HRS garo katilą, kuriame ataušinama iki 125 – 205 °C, o po to padalinama į du srautus. Vienas srautas teka per skiedimo įrenginį ir tiekiamas į pirmąją HRS bokšto pakopą. Antrasis srautas teka per HRS kaitintuvą (40), HRS pirminį šildytuvą (41) ir HRS vandens šildytuvą (42), kuriuose sieros rūgšties šiluma yra perduodama HRS katilo maitinimo vandeniui, nudruskintam vandeniui, tiekiamam į deaeracinę kolonėlę ir termotechninio ciklo vandeniui. Po HRS vandens šildytuvo, 70 – 90 °C temperatūros,

sieros rūgštis teka į kombinuotą rūgšties rinktuvą (22). Ataušinta rūgštis iš šio rinktuvo tiekama antrajam įkrovos sluoksniui laistyti.

Atskiedimo vanduo, reikalingas HRS bokšto pirmosios pakopos cirkuliuojančios rūgšties koncentracijai palaikyti 99,0 – 99,25 % ribose, pastoviai tiekiamas iš kondensato talpos siurbliais ir maišomas su rūgštimi skiedimo įrenginyje. Į šį įrenginį taip pat yra įpurškiamas techninis suslėgtas oras, kad skiedimo įrenginyje nepasireikštų smarki vibracija.

AII absorbcijos bokšto ciklas

AII absorbcijos bokšto ciklas skirtas sieros trioksido, gauto po antro kontaktinio aparato laipsnio, absorbcijai. Bendras absorbcijos procentas ne mažiau kaip 99,99 %.

Technologinės dujos po ekonomaizerio (44), ataušintos iki 155 – 175 °C temperatūros, tiekiamos į AII absorbcijos bokšto (27) apatinę dalį. Bokštas laistomas 98,5 – 99,2 % koncentracijos ir 60 – 75 °C temperatūros sieros rūgštimi. Iš dujų absorbavus sieros trioksidą, jos praeina MEC CS-IIP tipo devyniolika demisterių (28) ir išmetamos per kaminą. Išmetamosiose dujose maksimali leistina sieros dioksido emisija 55,755 g/s ; sieros trioksido, sieros rūgšties rūko ir purslų suminė emisija – 0,63 g/s. Iš bokšto ištekanči ne didesnės 65 – 90 °C temperatūros rūgštis teka į kombinuotą rūgšties rinktuvą (22). Iš šio rinktuvo išcentrinu panardinamu siurbliu (23) sieros rūgštis dviem srautais tiekama: pirmasis srautas – per šilumokaitį (29) į AII absorbcijos bokštą ir jame esančiu kolektoriumi paskirstoma į lovius absorberio laistymui; antrasis srautas – po šilumokaičio į HRS bokšto antrąją pakopą.

Termotechninis vanduo ne didesnės kaip 40 – 60 °C temperatūros iš energetikos cecho boilerinės tiekiamas į šilumokaitį (29), kur pašildomas iki 60 – 75 °C temperatūros ir tiekiamas į HRS vandens šildytuvą (42).

Produkcinės rūgšties skiedimo mazgas

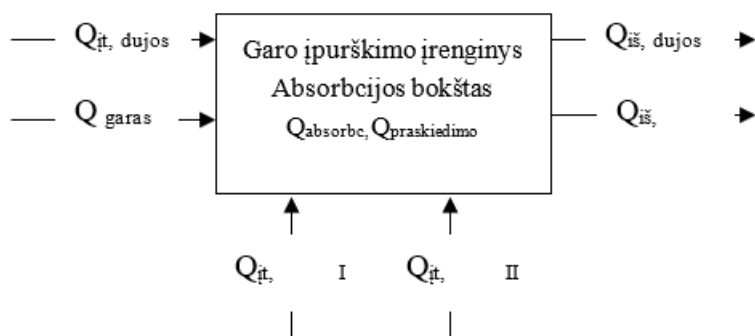
Produkcinės rūgšties skiedimo mazgas skirtas monohidratinės rūgšties skiedimui iki ne mažiau kaip 92,5 % koncentracijos, ataušinimui ir atidavimui į sandėlį.

Sieros rūgštis 98,5 – 99,2 % koncentracijos iš džiovinimo bokšto laistymo vamzdyno tiekama į rinktuvą-maišytuvą (24). Į pirmą rinktuvo-maišytuvo dalį tiekama: vanduo skiedimui, sieros rūgštis ir ne mažesnės kaip 92,5 % koncentracijos ataušinta sieros rūgštis po šaldytuvų sekcijos (26). Vykstant skiedimui, pirmoje ir antroje rinktuvo-maišytuvo dalyse pakyla temperatūra. Temperatūra rinktuve-maišytuve turi būti ne daugiau kaip 65 °C. Siurbliais per šaldytuvus ataušinta iki 55 °C temperatūros sieros rūgštis grąžinama į pirmą rinktuvo-maišytuvo dalį. Dalis sieros rūgšties iš produkcinės rūgšties rinktuvo-maišytuvo siurbliu per šaldytuvą tiekama į sandėlį.

3.1.2. HRS sistemos absorbcijos bokšto medžiagų ir šilumų balansų skaičiavimai

Medžiagų srautai skaičiuoti dviem metodikomis, klasikinio ir kompiuterinio modeliavimo. Skaičiavimai ir rezultatai pateikti 2.2.1 skyriuje.

Absorbcijos bokšto ir garo įpurškimo įrenginių šilumos srautų, supaprastintą principinę schema, pagal kurią skaičiuojamas balansas, pateikti 21 paveiksle.



21 pav. HRS absorbcijos bokšto šiluminiai srautai

Srautų temperatūros:

Įtekančių dujų temperatūra 170 °C, ištekančių 71 °C, rūgšties skirtos pirmojo sluoksnio laistymui temperatūra 205 °C, rūgšties skirtos antrojo sluoksnio laistymui temperatūra 70 °C, ištekančios rūgšties temperatūra 208 °C.

5 lentelė. Termodinaminiai koeficientai [19]

Medžiaga	a	b·10 ³	c'·10 ⁻⁵
SO ₂	46,19	7,87	-7,70
SO ₃	64,98	11,75	-16,37
O ₂	31,46	3,39	-3,77
N ₂	27,88	4,27	-
H ₂ SO ₄	156,90	28,30	-23,46
H ₂ O	39,02	76,64	11,96

Šiluminė talpa esant 170 °C¹:

$$C_{p,SO_2} = a + bT + \frac{c'}{T^2} = 46,19 + 7,87 \cdot 10^{-3} \cdot 443 \cdot \frac{-7,7 \cdot 10^5}{443^2} = 45,753 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K});$$

6 lentelė. Šiluminės talpos

Komponentas	C _p , J/(mol·K)	
	170 °C	71 °C
SO ₂	45,753	42,390
SO ₃	61,844	55,189
O ₂	31,844	29,440
N ₂	29,772	29,349

Įtekančių dujų šiluma:

$$Q_{SO_2, \dot{i}} = C_p \cdot \frac{G_{SO_2} \cdot 1000}{M_{SO_2}} \cdot T = 45,753 \cdot \frac{3414,3 \cdot 1000}{64} \cdot 443 = 1081297 \text{ kJ/h};$$

¹ Pasikartojantys skaičiavimai atliekami analogiškai

Praskiestos sieros rūgšties šiluminė talpa priklauso nuo temperatūros ir koncentracijos.

Grynos sieros rūgšties $C_p = 160,16 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$;

Vandens $C_p = 80,888 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$;

99% koncentracijos rūgšties, esant $205 \text{ }^\circ\text{C}$:

1 kg – 99% rūgštį sudaro 0,99 kg gryna rūgštis ir 0,01 kg vanduo.

$$C_{pH_2SO_4,99\%} = \frac{0,99 \cdot 1000}{98} \cdot 160,16 + \frac{0,01 \cdot 1000}{18} \cdot 80,888 = 1,663 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{h});$$

98,5% koncentracijos rūgšties, esant $70 \text{ }^\circ\text{C}$: $C_{pH_2SO_4,98,5\%} = 1,537 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{h})$;

99,5% koncentracijos rūgšties, esant $208 \text{ }^\circ\text{C}$: $C_{pH_2SO_4,99,5\%} = 1,652 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{h})$;

Su tiekiamomis rūgštimis patenkanti šiluma:

$$Q_{\text{I rūgštis}} = C_p \cdot G_{H_2SO_4,99\%}^I = 1,663 \cdot 2900425 = 2305588438 \text{ kJ/h};$$

$$Q_{\text{II rūgštis}} = 137749736 \text{ kJ/h}.$$

Ištekanti rūgštis išnešama šilumą:

$$Q_{\text{iš,rūgštis}} = 2604384534 \text{ kJ/h}.$$

Absorbicija vyksta pagal šią reakciją:



$$Q_{\text{reak}} = \frac{G_{\text{SO}_3, \text{absor}}}{M_{\text{SO}_3}} \cdot 175,182 = \frac{108061}{80} \cdot 175,182 = 236628 \text{ kJ/h}.$$

Įvertinu bokšte išsiskiriančią rūgšties praskiedimo šilumą:

Vandens molių skaičius tenkantis 1 mol H_2SO_4

$$n/n = \frac{\frac{G_{H_2O, \text{ištekanči}}}{18}}{\frac{G_{H_2SO_4, 100\%, \text{ištekanči}}}{98}} = \frac{\frac{16388}{18}}{\frac{3261167}{98}} = \frac{910,44}{33277} = 0,0274 \text{ kmol}/\text{kmol}$$

Iš vieno kmol išsiskirianti šiluma:

$$Q^* = \frac{0,0274 \cdot 74833}{0,0274 + 1,7983} = 1123,1 \text{ kJ}/\text{kmol } \text{H}_2\text{SO}_4$$

Bokšte išsiskirianti praskiedimo šiluma:

$$Q_{\text{skiedimo}}^b = 1123,1 \cdot 33277 = 37373399 \text{ kJ/h}.$$

Šiluma atnešta su vandens garais:

Vandens garų entalpija esant $135 \text{ }^\circ\text{C}$ – $H = 2733 \text{ kJ}/\text{kg}$:

$$Q_{H_2O} = 7779 \cdot 2733 = 21260007 \text{ kJ/h}$$

7 lentelė. Absorbcijos bokšto ir garo įpurškimo šilumos balansas

Įtekanti šiluma		Ištekanti šiluma	
Komponentas	Q, kJ/h	Komponentas	Q, kJ/h
SO ₂	1 081 293	SO ₂	777 938
SO ₃	37 008 897	SO ₃	1 694
O ₂	8 173 885	O ₂	6 019 961
N ₂	133 094 543	N ₂	101 883 576
H ₂ O	21 260 007	H ₂ SO _{4,99,5%}	2 604 384 534
H ₂ SO _{4,99%}	2305 588 438		
H ₂ SO _{4,98,5%}	137 749 736		
Q _{reak}	236 628		
Q _{skiedimo}	37 373 399		
Viso	2 681 566 828	Viso	2 713 067 702

Nesąryšis:

$27130677003 - 2681566826 = 31500874$ kJ/h trūkumas

$(1 - 2681566828 / 27130677002) \cdot 100 = 1,16$ %

Parinktais įrenginiais užtikrinama: bendras SO₂ konversijos laipsni 99,9%; bendras SO₃ absorbcijos laipsnis 99,99 %, galutinis sieros rūgšties našumas 92,5% koncentracijos 164 t/h.

3.1.3. Technologiniai įrenginiai sieros rūgšties gamyboje

8 lentelė. Pagrindiniai technologiniai įrenginiai ir jų parametrai

Įrenginio pavadinimas	Paskirtis ar apibūdinimas	Parametrai
Sieros krosnis	Horizontalūs, cilindriniai aparatai, pastatyti ant atramų, vidus išklotas ugniai atspariomis plytomis. Priekinėje krosnių dalyje sumontuota po tris sieros purkštukus, o apatinėje krosnių dalyse sumontuoti dujų degikliai. Cilindrinėje krosnių dalyje įmontuoti papildomi oro tiekimo atvamzdžiai pilnesniam sieros sudeginimui. Krosnių viduje įrengtos trys pertvaros iš ugniai atsparių plytų geresniam degimo produktų sumaišymui su oru. Galinės kūginės krosnių dalys neatskiriamai sujungtos su katilais-utilizatoriais. Naudojamos medžiagos ir apsauga nuo korozijos: anglinis plienas, plienas IX8H9T, pilkasis ketus.	Sieros krosnis Nr.1 Išorinis skersmuo 6330 mm, vidinis skersmuo 5366 mm, ilgis 15600 mm; Degimo kameros tūris 306,4 m ³ ; Darbinė temperatūra krosnies viduje 1060 °C; Sieros slėgis kolektoriuose 10,5 bar; Sieros paduodamos į krosnį kiekis 22560 kg/h. Sieros krosnis Nr.2 Išorinis skersmuo 4628 mm, vidinis skersmuo 3800 mm, ilgis 14000 mm; Degimo kameros tūris 158,65 m ³ ; Darbinė temperatūra krosnies viduje 1150 °C; Sieros slėgis kolektoriuose 10,5 bar; Sieros paduodamos į krosnį kiekis 22560 kg/h.

8 lentelės tęsinys

Įrenginio pavadinimas	Paskirtis ar apibūdinimas	Parametrai
Katilas-utilizatorius	Katilai skirti ataušinti technologines dujas nuo 1100 °C iki 400 °C, jų energiją panaudojant gaminant aukšto slėgio perkaitintus vandens garus. Naudojamos medžiagos: anglinis plienas, katilinės plienas, legiruotas plienas, šamotinės plytos, lakštinis asbestas.	Našumas 112,5 t/h; Sutaus garo slėgis 45,9 bar;
•Kontaktinis aparatas	Naudojamas sieros dioksido oksidavimui iki sieros trioksido. Jame yra naudojami 5 vanadžio katalizatoriaus sluoksniai. Naudojamos medžiagos ir apsauga nuo korozijos: plienas 304, keramikinė įkrova, mineralinė vata, aliuminio lapai, tinklas 304H ir 321.	Išorinis skersmuo 15910 mm, vidurinis žiedas 10641mm, vidinis žiedas 5332 mm, bendras aukštis 30748 mm; Šiluminės izoliacijos sluoksnis 300 mm; Bendras katalizatoriaus tūris aparate 823,2 m ³ .
Vidinis šilumokaitis	Skirtas atvėsinti technologines dujas tekančias iš pirmojo į antrąjį kontaktinį sluoksnį ir sušildyti dujas patenkančias iš tarpinės absorbcijos skyriaus prieš ketvirtąjį kontaktinį sluoksnį. Medžiaga plienas 304H.	Vidinis skersmuo 5332 mm, aukštis 9875 mm; Vamzdeliai: ilgis 7400 mm, kiekis 2250 vnt., vamzdžių medžiaga ASTM A249-304ERW. Šilumokaitos plotas 2632 m ² .
Orapūtė	Skirta oro tiekimui į sistemą. Pagrindinė orapūtė yra vienos pakopos išcentrinis kompresorius. Jis varomas 5600 kW galingumo varikliu turi kreipiančiąją užsklandą, kuria galima reguliuoti įsiurbiamo oro srautą. Orapūtės tipas KKK SFO-18. Naudojamos medžiagos pilkasis ketus ir anglinis plienas. Orapūtė turi autonomine tepimo-auštinimo sistemą	Našumas 295000 m ³ /h; Slėgis: įsiurbimo linijoje -36,5 mbar (vakuumas), į vamzdyną 580 mbar. Rotoriaus sukimosi greitis 3091 aps./min.
Oro filtras	Skirtas išvalyti orą nuo dulkių ir mechaninių priemaišų	Plotis 9000 mm, ilgis 6000 mm, aukštis 2500 mm; Filtruojantis paviršius 136,8 m ² , filtruojantis audinys FRNK-1
Džiovinimo bokštas	Laistant 98,5% koncentracijos sieros rūgštį, išdžiovinti orą prieš jam patenkant į orapūtę. Naudojamos medžiagos: anglinis plienas, rūgščiai atsparūs plienai IX18H9T, silikatinis glaistas, rūgščiai atsparios plytos, keraminiai žiedai ir ardėliai	Skersmuo 8510 mm, aukštis 13850 mm; Laistymo tankis 21,86 m ³ /(m ² ·h); Įkrovos aukštis 2600 mm; Įkrova: „Rašigo“ žiedai, „Balno“ žiedai.
AII absorbcijos bokštas	Bokšte absorbuojamos SO ₃ dujos, susidariusios po antrojo laipsnio konversijos. Bokšto korpusas ir dugnas išklotas rūgščiai atspariomis plytelėmis. Naudojamos medžiagos: anglinis plienas, rūgštims atsparus plienas IX18H9T, X17HBM2T, pilkasis ketus	Skersmuo 8520 mm, aukštis 13850 mm; Laistymo tankis 21,86 m ³ /(m ² ·h); Įkrovos aukštis 2600 mm; Įkrova: „Rašigo“ žiedai, „Balno“ žiedai.

8 lentelės tęsinys

Įrenginio pavadinimas	Paskirtis ir apibūdinimas	Parametrai
Šilumokaičiai „EDMESTON“	Šiuose šilumokaičiuose rūgštis aušinama dviem srautais. Aušinimui naudojami apytakinis vanduo ir upės vanduo. Ataušinta rūgštis tiekama į produkcinės rūgšties rinktuvą. Naudojamas SANDVIK SX plienas.	Šilumokaitos paviršius 220 m ² ; Darbinė temperatūra 140 °C
HRS absorbcijos bokštas	Skirtas absorbuoti SO ₃ dujas po tarpinės konversijos. Bokštas cilindrinės formos, įrengtos dvi keraminės įkrovos, laistomos skirtingos koncentracijos sieros rūgštimi. Bokšto viršuje įrengti pūslų gaudykliai. Naudojamos medžiagos: specialus MECS rūšinis nerūdijantis plienas ZeCor-310M, nerūdijantis plienas 304L, keraminiai balneliai, super keraminiai balneliai, stiklo pluoštas, mineralinė vata.	Vidinis skersmuo 8300 mm, aukštis 24655 mm; Įkrovos aukštis: dvi pakopos po 2130 mm; Pirmoji pakopa įkrauta 76 mm skersmens balneliais; Antroji pakopa įkrauta: 1880 mm super keraminiais balneliais, 100 mm 50 mm skersmens balneliais, 150 mm 75 mm balneliais; Kupolas ir vamzdynai virš antrosios pakopos pagaminti iš nerūdijančio plieno 304L; Pūslų gaudytuvą sudaro 74 vnt. MECS ES tipo stiklo pluošto elementai, ekranuoti nerūdijančiu plienu.
Rūgšties skiedimo įrenginy	Šiame įrenginyje atskiedžiama rūgštis skirta laistyti pirmajai HRS bokšto įkrovai. Į įrenginį tiekama 99,5% koncentracijos rūgštis skiedžiama iki 99 %. Tolygiam ir greitam skiedimui užtikrinti, įrengtas T formos maišiklis. Vidus padengtas teflonu. Naudojamos medžiagos: nerūdijantis plienas 304, teflonas.	Skersmuo 610 mm, aukštis 3050 mm
HRS katilas	Horizontalus katilo tipo boileris. Į šį įrenginį tiekama sieros rūgštis iš HRS rūgšties rinktuvo. Rūgštis ataušinama nuo 220 °C iki 200 °C. Aušinimo metu energija panaudojama 6 bar vandens garų gamyboje. Naudojamos medžiagos: plienas, anglinis plienas, mineralinė vata, aliumininė skarda.	Šilumos perdavimo paviršiaus plotas 583 m ³ ; Našumas pagal vandens garus 67 t/h.
Produkcinės sieros rūgšties saugyklos	Sieros rūgšties saugyklos – tai vertikalūs cilindriniai aparatai pagaminti iš anglinio plieno	Skersmuo 20000 mm, aukštis 11700 mm; Tūris 7000 m ³

3.2. Statybiniai sprendimai

Sieros rūgšties gamybos cechas statomas Kėdainiuose, vidurio Lietuvoje.

Bendras cecho užimamas plotas – 11,23 hektarai. Vanduo gamybai imamas iš šalia tekančios Nevėžio upės, gamyboje naudojama elementinė siera atvežama į cechą geležinkeliu ar auto transportu. Proceso metu išsiskirianti šiluma naudojama šiluminės energijos ir elektros gamybai. Šiuo metu cecho našumas 1 224 000 t rūgšties per metus.

9 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
1	I. SKLYPAS		
	1.1. sklypo plotas	ha	11,23
	1.2. statinių užimtas žemės plotas	m ²	10477
	1.3. apželdintas žemės plotas (žaliojimo plotas)	m ²	17056
	1.4. automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt.	
1.5. sanitarinės (apsaugos) zonos plotis	m		
2	II. PASTATAI		
	2.1. paskirties rodikliai (gamybos (kitos veiklos), paslaugų apimtys, aptarnaujamų žmonių skaičius, kiti rodikliai)		
	2.2. bendrasis plotas:	m ²	10477
	2.2.1. pagrindinis	m ²	8654
	2.2.2. pagalbinis	m ²	1823
	2.3. pastato tūris	m ³	4320
	2.4. aukštų skaičius	vnt.	1
2.5. pastato aukštis	m	10	
2.6. pastato atsparumas ugniai (I, II ar III)	MJ/m ²	I	

3.2.1. Sklypo planas

Kadangi projektuojamoje įmonėje yra atvežama daug žaliavos, išvežamos filtracijos atliekos, tai čia turi būti įrengti automobilių keliai ir geležinkeliai. Šie keliai yra reikalingi žaliavų atvežimui, darbininkų patekimui į darbo vietas, bei patogiam avarinių tarnybų mašinų privažiavimui avarijų metu. Automobilių kelio plotis 4-6 m, pravažiuojamasis aukštis po vamzdiniais turi būti ne mažesnis kaip 4,5 m. Dėl gamybinio pavojingumo, visa teritorija aplink įrangą turi būti išasfaltuota, o elementinės sieros saugojimo vieta padengta betono danga.

3.2.2. Projektuojamo pastato sprendimai

Projektuojamas filtracijos skyriaus filtravimo pastatas – stoginė bus statomas cecho teritorijoje. Pastato fasadas orientuotas į šiaurės rytus. Pastato ilgis 36 m, plotis 12 m, aukštis 10 m. pastate bus įrengta sieros filtrai ir rinktuvai, dėl išsiskiriančių nemalonių garų ir filtravimo metu dujų, pastato sienos apsaugo tik nuo tiesioginių kritulių ir vėjų, dėl technologinio proceso pastato apšiltinti nereikia, yra būtinybė po įrengtais filtrais pastatyti valymui skirta priekabą, todėl po filtrais 3,7 m aukštyje nuo žemės per pastato priekį ir galą yra laisvos erdvės. Sienos tik iš profiliuoto lakšto skardos. Pastato atraminės gelžbetoninės kolonos išdėstytos aplink pastato perimetrą 6 metrų atstumu. Pastato sienos prasideda 1,5 m atstumu nuo žemės ir baigiasi 0,8 m iki atraminės stogo konstrukcijos, tai sudaro sąlygas nesikaupiti išsiskiriantiems garams.

3.2.3. Statinio architektūrinė konstrukcinė sandara

Gamybos paskirties pastatas. Projektuojamas pastatas statomas greta esančių gamybos ir administracijos pastatų. Gabaritas plane 36x12. Aukštis iki laikančių konstrukcijų nuo nulinės alt. 9 m. Sienos- profiliuotas skardos lakštas. Grindys – betoninės, dengtos kietikliu. Pastato erdvė bendra. Pamatai – gelžbetoniniai, kolonos – surenkamo gelžbetonio. Denginio laikančios konstrukcijos– plieninės santvaros, sijos, ryšiai. Pastato pusaukščiai konstrukcijos plieno tinklai.

3.2.4. Bendrųjų statinio (pastato) inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai.

Pastate vykstantys procesai: išlydyta siera iš lydyklų vamzdynu patenka į nešvarios sieros filtrą kuriame kaupiasi filtravimo šlamas, valant filtrą jis surenkamas į po filtrų stovinčią priekabą.

Stogas: stogo konstrukcija susideda iš: bituminė ritininė stogo danga apat. ir virš. sl; kieta akmens vatos plokštė; garo izoliacija. Stogas formuojamas metalinėmis sijomis su ilginiais, profiliuotu skardos lakštu (t1) degumo klasės. Grindys: betoninės, sustiprintu paviršiumi.

3.3. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai

Prieš projektuojant sieros rūgšties gamybos technologinę liniją, reikia atlikti ekonominę analizę. Atliekant technologijos tobulinimą, statomas naujas papildomas lydytos sieros filtras, skirtas visiškam sieros išvalymui nuo pelenų, tai leidžia kapitalinį cecho remontą atlikti kas antrais metais. Šio filtro kaina yra 500 tūkst. eurų. Projekto teoriniam pagrindimui atliekama SSGG analizė, kurios rezultatai pateikti 10 lentelėje.

10 lentelė. SSGG matrica

Stiprybės	Silpnybės
Ilgametė gamybos patirtis; Aukštos kvalifikacijos darbuotojai; Ilgametė patirtis; Efektyvus išteklių naudojimas; Susidarančių garų panaudojimas elektros ir šilumos gamybai	Nemaža dalis žaliavų tiekama iš Rusijos, nestabili politinė padėtis;
Galimybės	Grėsmės
Kapitalinio remonto atidėjimas; Greitesnis gamybos atstatymas;	Rinkos užpildymas rūgštimi iš Baltarusijos ir Rusijos.

3.3.1. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai

11 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	tūks. Eur	Struktūra	tūks. Eur
1. Ilgalaikiam turtui įsigyti, tarp jo gamybos priemonėms	16040,00	1. Akcininkų nuosavybė; akcinis kapitalas, rezervai	10129,29
2. Trumpalaikiam turtui įsigyti, tarp jo žaliavoms ir pagrindinėms medžiagoms	83,69	2. Paskolos	10129,29
3. statybos, montavimo darbų kaštai	47,00	3. Kiti finansinių lėšų šaltiniai	
4. Kiti kaštai	13,00		
Viso	20 258,58	Viso	20 258,58

3.3.2. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas

Ilgalaikis turtas yra visi technologiniai įrenginiai, pastatai. Įrengimų vertės nurodytos 12 lentelėje. Technologijoje atliekamas papildomo įrenginio įdiegimas, šis įrengimas leidžia gamybai 7 dienom vykti ilgiau, gamyba nėra stabdoma kapitaliniam remontui, dėl kurio sutaupoma 200 000 Eur.

12 lentelė. Technologinių įrengimų vertė

Eil. Nr.	Įrengimo pavadinimas	Vertė, tūkst. Eur.
1.	Pastatai	500
2.	Įrenginiai	15500
3.	Kėlimo ir transporto priemonės	40
	Viso	16040

13 lentelė. Suvestinė statybos kainos skaičiuotė

Objekto, darbų ir išlaidų pavadinimas	Sąmatinė kaina, tūkst. Eur.			iš viso tūkst. Eur
	Statybos ir montavimo darbu	Įrenginių, baldų ir inventoriaus	Kitos išlaidos	
Statybos objekto darbai	30			
gamybinio korpuso statybos išlaidos	17			
kitos išlaidos	13	500		
Iš viso (ilgalaikio turto)	30	500		530

3.3.3. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) vertės skaičiavimas

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

$$AL_1 = B_{GK1} / 360 \times n_{ap};$$

čia: n_{ap} - apyvartos trukmė, dienomis; B_{GK1} – 1-ųjų metų gamybos kaštai, tūkst. Eur.

Papildomos investicijos į apyvartinį kapitalą, keičiantis gamybos apimčiai antraisiais ir vėlesniais metais, apskaičiuojamos praėjusių metų apyvartinį kapitalą patikslinus pagal gamybos apimties prieaugio koeficientą, kuris nustatomas:

$$k = B_{BKj} / B_{GKj-1};$$

Čia B_{BKj} – gamybos kaštai einamaisiais metais; B_{GKj} – gamybos kaštai ankstesniais metais.

Apyvartinių lėšų metinis poreikis (AL_i) antraisiais, trečiaisiais ir i -tais metais nustatoma pagal formulę:

$$AL_i = AL_1 \times k$$

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

$$\Delta AL_i = AL_i - AL_{i-1}$$

14 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai					
	0	1	2	3	4	5
1. Gamybos kaštai, tūkst. Eur	-	47 776,96	49 842,02	49 842,02	45 763,67	45 720,98
2. Apyvartinių lėšų metinis poreikis, tūkst. Eur	-	7 853,75	8 193,21	8 193,21	7 522,79	7 515,78
3. Apyvartinių lėšų papildomas poreikis, tūkst. Eur	-	3 926,87	339,46	-	-670,41	-7,02
4. Apyvartinės lėšos, tūkst. Eur	3 926,87	7 853,75	8 193,21	8 193,21	7 522,79	7 515,78

Apyvartiniam kapitalui suformuoti baziniais metais skiriama 50 % apyvartinių lėšų sumos, reikalingos pirmaisiais projekto gyvavimo metais.

3.3.4. Gamybos kaštai

Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

15 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms

Medžiagos (žaliavos) pavadinimas	Gamybos planas, t.	Medžiagų sunaudojimo norma gaminiui, natūriniais vienetais	Medžiagos kaina Eur/t	Medžiagos poreikis, natūriniais vienetais	Medžiagų kaštai	
					Gaminio, Eur/vnt.	viso, tūkst. Eur
1 metai						
Sieros r.	1 231 500					
Siera		0,328	100,00	403932,00	32,80	40393,20
Vanduo		0,18	2,50	226596,00	0,46	566,49
Oras*		6,5	0,00	8004750,00	0,00	0,00
viso		-	-	-	33,26	40959,69
2-3 metai						
Sieros r.	1 231 500					
Siera		0,328	105,00	403932,00	34,44	42412,86
Vanduo		0,18	2,30	226596,00	0,42	521,17
Oras*		6,5	0,00	8004750,00	0,00	0,00
viso	-	-	-	-	34,86	42934,03
4-5 metai						
Sieros r.	1 231 500					
Siera		0,328	95,00	403932,00	31,16	38373,54
Vanduo		0,18	2,70	226596,00	0,50	611,81
Oras*		6,5	0,00	8004750,00	0,00	0,00
viso	-	-	-	-	31,66	38985,35

*Oras paverstas į elektros energiją

16 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

Gaminys	Gamybos apimtis, t.	Gaminio darbo imlumas, nh	Valandinis atlyginimas, Eur	Gamybinės programos darbo imlumas, nh	Darbo užmokestis, tūkst.Eur			Atskaitymai VSD, GF, IDIF tūkst. Eur*
					Pagrindinis	Papildomas	Bendras	
1 metai								
Sieros r.	1231500	8592	4,30	343680	1477,82	88,75	1566,58	28,04
Iš viso				343680	1477,82	88,75	1566,58	28,04
2-3 metai								
Sieros r.	1231500	8592	4,50	343680	1546,56	92,88	1639,44	29,35
Iš viso				343680	1546,56	92,88	1639,44	29,35
4-5 metai								
Sieros r.	1231500	8592	4,70	343680	1615,30	97,01	1712,30	30,65
Iš viso				343680	1615,30	97,01	1712,30	30,65

Išlaidos technologinių procesų energijai

17 lentelė. Išlaidos technologinių procesų energijai

Įrenginių pavadinimas	Įrenginių skaičius	Variklio galia, kW	Darbo valandų skaičius metuose, h	Elektros energijos poreikis, kWh	Elektros 1 kWh kaina, Eur	Išlaidos elektros energijai, tūkst. Eur
1	2	3	4	5	6	7=2×3×4×5×6
1-5 metai						
Orapūtė	1	5600	8592	48115200	0,00	0,00
Juostinis transporteris	1	3	6014,4	18043	0,00	0,00
Maišyklė	1	45	6014,4	270648	0,00	0,00
Sieros siurblys	13	55	8592	6143280	0,00	0,00
Ventiliatorius	1	4	8592	34368	0,00	0,00
Cirkuliacinis siurblys	7	168	8592	10104192	0,00	0,00
Siurblys	5	90	4296	1933200	0,00	0,00
Aušintuvės	5	110	8592	4725600	0,00	0,00
Maitinimo siurbLIAI	2	575	4296	4940400	0,00	0,00
Skiedimo siurbLIAI	2	18,5	4296	158952	0,00	0,00
Viso						0,00

Kadangi panaudojama atliekama šiluma elektros gamyboje, elektros kaina yra 0 Eur.

18 lentelė. Tiesioginės išlaidos vandeniui

Gaminio pavadinimas	Gamybos apimtis, t	Vandens sąnaudos vienai t gaminio	1 m ³ vandens kaina, Eur	išlaidos vandeniui, tūkst. Eur
Sieros rūgštis	1231500	0,184	2,50	566,49

3.3.5. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas skaičiuojamas tiesiniu būdu. Amortizaciniai atskaitymai nusidėvėjimui padengti kiekvieniems metams bus vienodi:

$$N = \frac{V_1 - V_2}{T}$$

N – metinė nusidėvėjimo vertė, Eur

V_1 – turto pradinė vertė, Eur

V_2 – turto likvidacinė vertė, Eur (neturi viršyti 10 proc. pradinės vertės)

T – normatyvinė pagrindinių priemonių eksploatavimo trukmė, metais

19 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)

Ilgalaikio turto rūšis	Įsigijimo vertė, tūkst. Eur	Normatyvinė eksploatavimo trukmė, metai	Nusidėvėjimo suma, tūkst. Eur metams					Likutinė vertė, tūkst. Eur
			1	2	3	4	5	
1. Pastatai	500	60	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	462,50
2. Įrenginiai								
1. Lydykla	700	15	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	490,00
2. Krosnys	1500	20	67,50	67,50	67,50	67,50	67,50	1162,50
3. Kontaktinis aparatas	10000	30	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	8500,00
4. Katilai utilizatoriai	300	30	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	255,00
5. HRS sistema	800	30	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	680,00
6. Absorbcijos bokštas	200	30	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	170,00

19 lentelės tęsinys

Ilgalaikio turto rūšis	Įsigijimo vertė, tūkst. Eur	Normatyvinė eksploataavimo trukmė, metai	Nusidėvėjimo suma, tūkst. Eur metams					Likutinė vertė, tūkst. Eur
			1	2	3	4	5	
7. Džiovinimo bokštas	100	30	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	85,00
8. Filtracijos skyrius	1900	30	57,00	57,00	57,00	57,00	57,00	1615,00
3. transportas	40	5	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	4,00
Viso:	16040		523,20	523,20	523,20	523,20	523,20	13420,00

Netiesioginės išlaidoms buitiniams tikslams naudojamas vanduo, duomenys pateikti 20 lentelėje

20 lentelė. Netiesioginės išlaidos vandeniui

Išlaidų pavadinimas	Sunaudojimas per parą, l/1 dirb.	Poreikis metams, m ³	1 m ³ vandens kaina, Eur	Išlaidos vandeniui, tūkst. Eur
1	2	3	4	5=3x4
Šaltam vandeniui	50	2737,5	1,52	4,16
Šiltam vandeniui				
Viso:				
Eksploatacinės išlaidos	-	-	-	0,62415
Iš viso:	-	-	-	4,79

Visos apskaičiuotos netiesioginės išlaidos pateikiamos 21 lentelėje.

21 lentelė. Netiesioginiai gamybos kaštai

Išlaidų rūšys	Projekto metai				
	1	2	3	4	5
Pagalbinės medžiagos	888,45	888,45	888,45	888,45	888,45
Darbo užmokestis	1152,00	1152,00	1152,00	1152,00	1152,00
Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	20,62	20,62	20,62	20,62	20,62
Elektros energija	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vanduo	4,79	4,79	4,79	4,79	4,79
Šiluminė energija	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amortizaciniai atskaitymai	523,20	523,20	523,20	523,20	523,20

21 lentelės tęsinys

Išlaidų rūšys	Projekto metai				
	1	2	3	4	5
Pagalbinių ir aptarnaujančių tarnybų paslaugos:					
Įrengimų remontas	1240,00	1199,32	1158,64	1117,96	1077,28
Vidaus transporto remontas	1,20	0,98	0,77	0,55	0,34
Gamybinių cechų pastatų remontas	10,00	9,85	9,70	9,55	9,40
Kitos išlaidos	153,61	151,97	150,33	148,68	147,04
Iš viso:	3993,87	3951,18	3908,49	3865,80	3823,11

Apskaičiavus visas gamybos išlaidas (tiesiogines, netiesiogines) jos surašomos į suvestinę gamybos kaštų 22 lentelė

22 lentelė. Gamybos kaštai

Kaštų rūšys	Gamybos kaštai, tūkst.Eur	
	Gaminiai	Viso
	Sieros rūgštis	
Brandos stadijoje		
1. Pagrindinės medžiagos ir medžiagų transportavimo bei sandėliavimo išlaidos	44222,05	44222,05
2. Energija (šiluminė, elektros) technologijai	0,00	0,00
3. Gamybinių darbininkų (pagrindinių) darbo užmokestis	1639,44	1639,44
4. Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	29,35	29,35
5. Gamybinės netiesioginės išlaidos	3951,18	3951,18
Viso gamybos kaštų, tūkst. Eur	49842,02	49842,02
Viso gamybos kaštų, %.	100,00	
Produkcijos gamybos planas, tūkst. t.	1231,50	-
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	40,47	-
1 projekto gyvavimo metais		
Viso gamybos kaštų, tūkst. Eur	47776,96	47776,96
Produkcijos gamybos planas, tūkst. vnt.	1231,50	1231,5
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	38,80	-
4 projekto gyvavimo metais		
Viso gamybos kaštų, tūkst. Eur	45763,67	45763,67
Produkcijos gamybos planas, tūkst. vnt.	1231,50	1231,5
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	37,16	-

22 lentelės tęsinys

Kaštų rūšys	Gamybos kaštai, tūkst.Eur	
	Gaminiai	Viso
	Sieros rūgštis	
5 projekto gyvavimo metais		
Viso gamybos kaštų, tūkst. Eur	45720,98	45720,98
Produkcijos gamybos planas, tūkst. t	1231,5	1231,5
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	37,13	-

3.3.6. Veiklos kaštai

Finansinės ir investicinės veiklos sąnaudoms priskiriamos palūkanos už banko paskolas. Rekomenduotina ieškoti pigesnių investicijų padengimo šaltinių, todėl siekiant sumažinti kapitalo kainą, tikslinga imti ilgalaikę paskolą.

Metinės palūkanos, esant paprastiesiems procentams, apskaičiuojamos pagal lygtį:

$$P = \frac{K}{N} \cdot 100;$$

čia P – metinės palūkanos, tūkst. Eur; K – banko paskolos dydis, tūkst. Eur; N – palūkanų norma, %

23 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
1. Paskolos suma, tūkst. Eur.	10013,44	8010,75	6008,06	4005,37	2002,69
2. Metinė palūkanų norma, proc.	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
3. Palūkanos, tūkst. Eur.	500,67	400,54	300,40	200,27	100,13
4. Paskolos padengimas, tūkst. Eur	2002,69	2002,69	2002,69	2002,69	2002,69

24 lentelė. Veiklos sąnaudos

Išlaidų rūšys	Suma, tūkst. Eur
1. Pardavimų sąnaudos:	230,00
· Reklama ir skelbimai	80,00
· Prekių išvežimas	150,00
2. Bendrosios ir administracinės sąnaudos:	557,63
· Pagalbinės medžiagos	30,00
· Administracijos darbuotojų darbo užmokestis	96,00
· Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	20,62
· Energija(šiluminė ir elektros)	0,00
· Amortizaciniai atskaitymai	310,00
· Paslaugos	10,00
· Komandiruotės	5,00
· Mokesčiai ir rinkliavos	86,00
Viso:	787,63

3.3.7. Gaminių kainos skaičiavimas

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

Gaminio kainą (c,) sudaro jo pilnoji savikaina (spi) ir pelnas (peli), kuris apskaičiuojamas, įvertinus gaminio pelningumą.

$$c_i = s_{pi} + p_{eli}$$

Gaminio pilnąją savikainą sudaro jo gamybinė savikaina (sgi) ir veiklos sąnaudos (vs,) ir finansinės veiklos (fvi) sąnaudos (palūkanos). Šie rodikliai yra apskaičiuoti 1.4.2.6.; 1.5.2 ir 1.6.1 lentelėse.

$$s_{pi} = s_{gi} + f_{vi} + v_{si}$$

25 lentelė. Gaminio kainos apskaičiavimas

Gaminiai	Gaminio gamybinė savikaina, Eur	Gaminiui, tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	Gaminiui, tenkančios investicinės veiklos sąnaudos, Eur	Gaminio pilnoji savikaina, Eur	Pelnas		Kaina
					%	Eur/t	Eur
1 metai							
Sieros r.	38,80	0,64	0,40	39,84	20,00	7,97	47,81
2 ir 3 metai							
Sieros r.	40,47	0,64	0,32	41,43	20,00	8,29	49,72
4 metai							
Sieros r.	37,16	0,64	0,16	37,96	20,00	7,59	45,55
5 metai							
Sieros r.	37,13	0,64	0,08	37,85	20,00	7,57	45,42

3.3.8. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai

Šioje projekto dalyje sudaroma pelno (nuostolio) ataskaita ir apskaičiuojami projekto grynieji pinigų srautai.

Bendras pelnas yra pardavimų pajamų ir parduodamos produkcijos gamybos kaštų skirtumas.

Veiklos pelnas (nuostolis) apskaičiuojamas iš bendrojo pelno atimant veiklos sąnaudas.

Finansinės veiklos pajamos tai - įmonės gautos palūkanos už banke laikomus pinigus ir suteiktas paskolas ir kt. Finansinės sąnaudos - palūkanos už banko paskolą.

26 lentelė. Įmonės pelno (nuostolio) ataskaita, tūkst. Eur

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
1. Pardavimų pajamos	59 129,96	61 487,86	61 487,86	56 353,52	56 182,13
Pajamos pardavus Sieros rūgštį	58 878,31	61 236,21	61 236,21	56 101,87	55 930,49
Papildomos pajamos iš šalutinių produktų (elektros ir šilumos gamyba)	251,65	251,65	251,65	251,65	251,65
2. Parduodamos produkcijos gamybos kaštai	47 776,96	49 842,02	49 842,02	45 763,67	45 720,98
3. Bendras pelnas (nuostolis)	11 353,00	11 645,85	11 645,85	10 589,85	10 461,16
4. Veiklos sąnaudos	787,63	787,63	787,63	787,63	787,63
5. Veiklos pelnas (nuostolis)	10 565,37	10 858,22	10 858,22	9 802,23	9 673,53
6. Finansinė ir investicinė veikla					
6.1. Pajamos	-	-	-	-	-
6.2. Sąnaudos	500,67	400,54	300,40	200,27	100,13
7. Pelnas (nuostolis) prieš apmokestinimą	10 064,70	10 457,68	10 557,82	9 601,96	9 573,40
8. Pelno mokestis	1 509,71	1 568,65	1 583,67	1 440,29	1 436,01
9. Grynasis pelnas (nuostolis)	8 555,00	8 889,03	8 974,15	8 161,67	8 137,39

Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita. Pinigų srautų ataskaitoje parodomi per ataskaitinį laikotarpį gauti ir išleisti pinigai. Prognozuojant pinigų srautus atskirai nustatomi pinigų srautai iš įmonės veiklos, pinigų srautai iš investicinės veiklos, pinigų srautai iš finansinės veiklos. Apskaičiuojant investicijų efektyvumą, įvertinami kiekvieno laikotarpio grynieji pinigų srautai iš įmonės veiklos bei investicinės veiklos.

27 lentelė. Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita

Eil. Nr.	Rodikliai	Projekto metai					
		0	1	2	3	4	5
I.	Pinigų srautai iš įmonės veiklos						
1.1.	Grynasis pelnas (nuostolis)		8555,00	8889,03	8974,15	8161,67	8137,39
1.2.	Nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudos		523,20	523,20	523,20	523,20	523,20
1.3.	Papildomos investicijos į apyvartinį kapitalą	3926,87	3926,87	339,46	0,00	-670,41	-7,02
1.4.	Finansinės veiklos sąnaudų eliminavimas*		500,67	400,54	300,40	200,27	100,13
	Grynieji pinigų srautai iš įmonės veiklos (1.1+ 1.2 - 1.3 - 1.4)	-3926,87	4650,65	8672,23	9196,94	9155,01	8567,47
II.	Pinigų srautai iš investicinės veiklos						13420,00
2.1.	Ilgalaikio turto perleidimas (įsigijimas)	16040,00					13420,00
	Grynieji pinigų srautai iš investicinės veiklos	-16040,00					
III.	Bendri metiniai pinigų srautai (I+II)	-19966,87	4650,65	8672,23	9196,94	9155,01	21987,47

3.3.9. Investicijų efektyvumo vertinimas

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

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

Efektyvūs projektai tarpusavyje konkuruoja dviem atvejais:

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

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

Ekonominio projekto vertinimo metu turi būti parodyti projekto įgyvendinimo reikšmė, kuriant darbo vietas, galimybės naudoti vietinius išteklius, projekto įtaka aplinkos būklei, atlikta kapitalinių įdėjimų efektyvumo analizė ir kt.

Skaičiuojant projekto efektyvumo vertinimo rodiklius, reikia įvertinti laiko veiksnį, todėl reikia diskontuoti projekto grynuosius pinigų srautus. Grynieji pinigų srautai bus diskontuojami pagal vidutinius svertinius kapitalo kaštus, t.y. diskonto norma bus vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai.

Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai

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

$$KK = \sum_{i=1}^n w_i r_i$$

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

Dažniausiai naudojamas skolintas ir nuosavas kapitalas. Nuosavo kapitalo kaina yra kapitalo savininkų pageidaujamas pelningumas

Skolinto kapitalo kaina apskaičiuojama:

$$(1-t) \times i$$

kur: t - yra pelno mokesčio tarifas 15 %, i – palūkanų norma.

Diskontuoto investicijų atsipirkimo periodo T skaičiavimas

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

Atsipirkimo laikas apskaičiuojamas pagal formulę:

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

čia: T – atsipirkimo laikas, T_{t-1} – metai prieš visišką išmokų padengimą, $BGPS_{t-1}$ – suminis pinigų srautas prieš visišką išmokų padengimą, GPS_t – visiško padengimo metų grynasis pinigų srautas.

Kadangi projekto įgyvendinimas trunka 5 metus, tai projektas priimtinas, jei $T < 5$ metai.

3.3.10. Grynosios esamosios vertės (GEV) skaičiavimas

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

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

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

3.3.11. Vidutinės pelno normos skaičiavimas

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

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

Panaudojus Microsoft „Excel“ programą ir naudojant IRR funkciją, nustatyta, kad vidutinė pelno norma yra 1107,7%

Pelningumo (PI) indekso skaičiavimas

kaip Pelningumo indeksas apskaičiuojamas diskontuotų įplaukų (teigiamų GPS) sumos santykis su diskontuotų išmokų (neigiamų GPS) suma, įskaitant ir pradinę investicijų sumą („o“ metų GPS)

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

Pelningumo indeksas parodo santykinį projekto pelningumą arba dabartinę pelno vertę, tenkančią dabartinių išlaidų vienam piniginiam vienetui. Projektas yra priimtinas, jei PI yra didesnis už vienetą; kuo jis didesnis, tuo projektas priimtinesnis.

3.3.12. Lūžio taško skaičiavimas

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

Lūžio taško gamybos apimtis apskaičiuoja pagal formulę:

$$B_{L_j} = \frac{PK_j}{(C_j - VKK_j)}$$

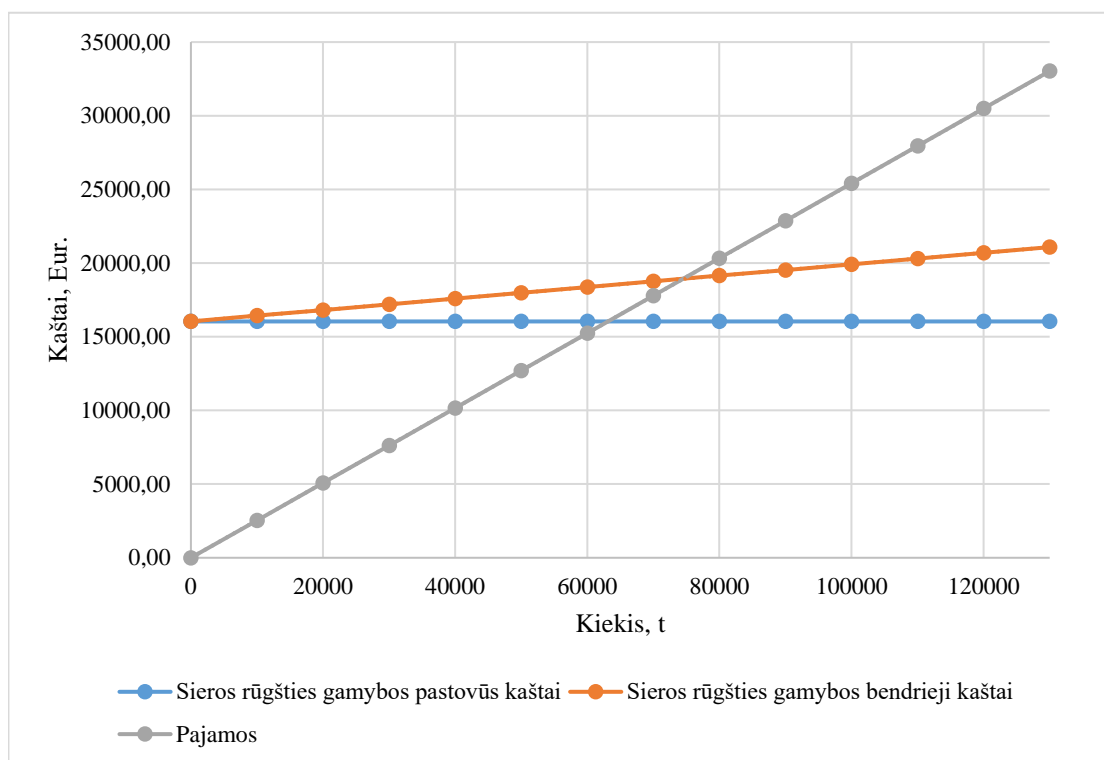
čia B_{L_j} - j-ojo gaminio pardavimo apimtis lūžio taške, vnt; PK_j - j-ajam gaminiui priskiriama pastoviųjų kaštų suma, Eur; C_j - j-ojo gaminio vieneto kaina, Eur; VKK_j - j-ojo gaminio vidutiniai kintamieji kaštai (gamybinė savikaina), Eur.

28 lentelė. Lūžio taško skaičiavimas

Rodikliai	Sieros r.	Bendra produkcija (Sieros rūgštis, šiluminė ir elektros energija)
Pastoviųjų kaštų suma, priskirta gaminiui Eur	16040000,00	
Gaminio kaina, Eur	49,72	
Gaminio kintamieji kaštai, Eur	38,80	
Lūžio taškas, tūkst. t	1467634,55	74535,32
Pardavimų planas, t.	1231500,00	

Sieros rūgšties gamybos proceso metu išsiskiria dideli kiekiai šiluminės energijos, todėl jį panaudojama elektros ir šildymo tikslams, visas jos perteklius parduodamas valstybės reikmės. Tai nėra tikslinis produktas, o tik kaip šalutinis. Šios energijos kiekis tiesiogiai priklauso nuo rūgšties gamybos kiekio ir negali būti atskirtas nuo rūgšties gamybos. Galutinė išraiška prisideda tik kaip pelnas.

Lūžio taškas pavaizduotas 22 paveiksle.



22 pav. Lūžio taškas

Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad lūžio taškas bus pasiekus gamybos kiekius 74988 t.

Pagrindiniai projekto rodikliai pateikiami 29 lentelėje

29 lentelė. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai

Rodikliai	Projekte
1. Produkcijos pardavimo apimtis, tūkst. vnt. brandos stadijoje:	
Sieros rūgštis	1231,50
Energija	-
2. Pardavimų pajamos, tūkst. Eur	61487,86
3. Įmonės personalas, žmonėmis:	150,00
tame skaičiuje darbininkai	40,00
4. Darbo našumas, tūkst. Eur:	
Dirbančiojo	409,92
Darbininko	1537,20
5. Vidutinis metinis darbo užmokestis, Eur	
Darbininko	58986,00
6. Gamybos kaštai, tūkst. Eur	49842,02
7. Gaminio pilnoji savikaina, Eur:	41,44
8. Grynasis pelnas, tūkst. Eur	8889,03
9. Papildomas pelnas, gautas įgyvendinus projektinius sprendimus, sutaupyta remonto sąskaita, tūkst. Eur	200,00
10. Investicijų apimtis, tūkst. Eur	500,67
11. Bendrasis pelningumas, %	18,94
12. Veiklos pelningumas, %	17,66
13. Grynasis pelningumas, %	14,46
14. Investicijų grąža %	36,68
15. Veiklos rentabilumas, %	17,56
19. Projekto kapitalo kaštai, %	5,78
20. Projekto investicijų diskontuotas atsipirkimo laikas, metais	3,01
21. Projekto grynoji esamoji vertė, tūkst. Eur.	23871,64
22. Vidinė pelno norma, %	34,19
23. Modifikuota vidinė pelno norma, %	23,79
24. Pelningumo indeksas	2,20

Atlikus projektuojamos sieros rūgšties gamybos linijos ekonominę ir finansinę vertinimą, nustatyta, kad projektuojamos gamybos linijai reikia 500 tūkst. Eur. Investicijų. Tai sutaupytų pirmais metais kapitalinio remonto sąskaita 200 tūkst. Eur., bei leistų papildomai įrangai dirbti per metus 7 dienas, kas padidintų rūgšties gamybą 24 500 t, bei padidintų elektros ir šilumos energijos gamybą. Tai sudaro pelningesnei gamybai, bei įrenginiai gali tarnauti ilgiau. Sieros rūgšties cechui dirbant kaip pradiniam garų ir šilumos šaltiniui, jo nestabdymas ir darbo pratesimas savaitei, turi didelės įtakos dirbant kelių cechų grandiniai, ko pasėkoje netrukdomai galėtų dirbti kiti trąšų gamybos cechai.

3.4. Aplinkosauginis vertinimas

Šios dalies tikslas įvertinti visus taršos šaltinius kurie gali būti kenksmingi aplinkai ir žmogui. Sieros rūgšties gamybos metu, kaip žaliavą naudojant elementinę sierą, yra labai svarbu užtikrinti nepatekimą rūgšties, SO₂, SO₃ ir užterštų vandenių į aplinką. Projektuojant tokią gamybos liniją, svarbiu aspektas tampa „*nulio išmetimų gamyba*“. Šis gamybos būdas leidžia ekonomiškai ir tikslingai išnaudoti visas žaliavas reikalingas gamyboje, sumažinti aplinkos taršą ir pasiekti geriausius ekonominius aspektus. Sieros rūgšties gamybos metu išsiskiria dideli kiekiai šilumos, kuriuos galima panaudoti: elektros energijos gamybai, technologiniams ir buitiniams šildymo tikslams. Šis energijos panaudojimas sumažina iškastinio kuro reikmes, o kartais galima ir jų atsisakyti.

3.4.1. Bendrieji duomenys

Sieros rūgšties gamybos procesui vykdyti reikalingos žaliavos pateiktos 30 lentelėje

30 lentelė. Duomenys apie naudojamąs pagrindines žaliavas, chemines medžiagas ar preparatus

Žaliavos, cheminės medžiagos ar preparato pavadinimas	Kiekis per metus	Cheminės medžiagos ar preparato klasifikavimas ir ženklavimas		
		kategorija	pavojaus nuoroda	rizikos frazės
1	2	3	4	5
Siera	395 896 t	Skin Irrit. 2	H315	Ėsdirina odą
Natrio hidroksidas (50% NaOH)	659 t	Skin Corr. 1A Met.Corr 1 Eye Dam. 1	H314 H290 H318	Ėsdirina odą Ėsdirina metalus Ėsdirina akis
Geležies sulfatas 52 % FeSO ₄	79 t	Acute Tox. 4 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1	H302 H315 H318	Kenksminga prarijus Dirgina odą Smarkiai pažeidžia akis
Statybinės kalkės	659 t	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 STOT SE 3	H315 H318 H335	Dirgina odą Smarkiai pažeidžia akis Gali dirginti kvėpavimo takus
Vanadžio pentoksidas		Acute Tox. 4 Acute Tox. 4 STOT SE 3 Muta. 2 STOT RE 1 Aquatic Chronic 2 Repr. 2	H302 H332 H335 H341 H372 H411 H361d	Kenksminga prarijus arba įkvėpus. H335 Gali dirginti kvėpavimo takus. H341 Įtariama, kad gali sukelti genetinius defektus. H361d Įtariama, kad gali pakenkti negimusiam vaikui. H372 Kenkia organams, jeigu medžiaga veikia ilgai arba kartotinai (įkvėpus). H411 Toksiška vandens organizmams, sukelia ilgalaikius pakitimus.

30 lentelės tęsinys

Žaliavos, cheminės medžiagos ar preparato pavadinimas	Kiekis per metus	Cheminės medžiagos ar preparato klasifikavimas ir ženklavimas		
		kategorija	pavojaus nuoroda	rizikos frazės
Natrio hipochloritas techninis	14,4 t	Met. Corr. 1 Skin Corr. 1B Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 2	H290 H314 H318 H400 H411	metalų korozija sukeliančios medžiagos odos ėsdinimas/dirginimas smarkus akių pažeidimas/akių dirginimas pavojinga vandens aplinkai - lėtinis pavojus pavojinga vandens aplinkai - ūmus pavojus
Antracitas	9,9 m ³	nereikalaujama	nereikalaujama	nereikalaujama
Aktyvinta anglis	9,9 m ³	nereikalaujama	nereikalaujama	nereikalaujama
Hidrazino sulfatas	60,4 t	Acute Tox. 3 Acute Tox. 3 Skin Sens. 1 Acute Tox. 3 Carc. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H311 H317 H331 H350 H400 H410	Toksiška prarijus Toksiška per odą Galima alerginė reakcija Toksiška įkvėpus Gali sukelti vėžį Labai toksiška vandens aplinkai ir organizmams GHS09 GHS08 GHS06 Dgr
Hidrazino hidratas	0,6 t	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 3 Acute Tox. 3 Skin Corr. 1B Skin Sens. 1A Acute Tox. 2 Carc. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H226 H301 H311 H314 H317 H330 H350 H400 H410	Degūs skystis ir garai Toksiška prarijus Toksiška susilietus su oda Smarkiai nudegina odą ir pažeidžia akis Gali sukelti alerginę odos reakciją Mirtina įkvėpus Gali sukelti vėžį Labai toksiška vandens organizmams Labai toksiška vandens organizmams, sukelia ilgalaikeus pakitimus
Sieros rūgštis	0,85 t	Skin Corr. 1A	H314	Smarkiai nudegina odą ir pažeidžia akis

Sieros rūgšties gamybos kontaktinio proceso metu, pati pavojingiausia, žmogaus sveikatai ir aplinkai, medžiaga V_2O_5 . Ji naudojama kaip katalizatorius, po panaudojimo privaloma ją izoliuoti nuo patekimo į aplinką ir perduoti įmonėms turinčioms leidimus ją utilizuoti.

Kaip jau buvo minėta sieros rūgšties gamybos metu išsiskirianti šiluma naudojama elektros energijos gamyboje, bei likutinė energija šildymo tikslams. Proceso metu pagaminami perkaitinti ir sotus vandens garai. Šie garai suka 25 MW bei dvi 6 MW garo turbinas ir gamina elektros energiją, o 6 bar garai po turbinų panaudojami technologijoje pagrindiniuose cechuose. Dirbant pilnu našumu iš technologinės šilumos gaminama ~ 37 MW/h elektros energijos. Ji perduodama į Lietuvos elektros skirstymo tinklus. Sieros rūgšties cechui po sustojimo reikalinga 150 m³ gamtinių dujų išildyti technologiją liniją sieros deginimui ir oksidacijai. Suvartojami ir pagaminami energijos kiekiai nurodyti sekančiose lentelėse.

31 lentelė. Kuro ir energijos vartojimas

Energetiniai ir technologiniai ištekliai	Matavimo vnt., t, m ³ , kWh	Sunaudojamas kiekis per metus	Išteklų gavimo šaltiniai
a) elektros energija	tūkst. kWh	7845,5	Elektros tinklai
b) šiluminė energija	MWh	182364	Vamzdynai
c) gamtinės dujos	tūkst. m ³	150	Vamzdynai

32 lentelė. Energijos gamyba

Energijos rūšis	Planuojama pagaminti
Elektros energija, kWh	280 000 000
Šiluminė energija, kWh	2 000 000 000

Procesui vykti į sieros degimo krosnis tiekimas oras, kurį pučia pagrindinė cecho orapūtė, kuri yra pagrindinis fizikinės taršos šaltinis. Kitas triukšmas sukliamas siurblių yra neįžymus ir galima jo nepaisyti. Orapūtė skleidžia 105 dB triukšmą, todėl dirbant šalia jos yra privalomos asmeninės apsaugos priemonės. Skleidžiamo triukšmo lygiui sumažinti orapūtė įrengta atskirame pastate slopinančiame jos garsą.

3.4.2. Atliekos ir jų tvarkymas

Sieros rūgšties gamybos metu atliekas galima suskirstyti į dvi grupes, tai yra, teršiančias orą ir vandenį. Pastarosios yra tik sąlyginai priskiriamos prie atliekų, nes chemiškai užterštų nuotekų tiesioginio išleidimo į vandens telkinius sieros rūgšties gamyboje nėra visos jos yra pakartotinai panaudojamos.

Sieros rūgšties gamybos metu susidaro atliekos:

1. Sieros lydymo metu lydyklose, valant sieros filtrus, sieros saugyklas ir rinktuvus susidaro atlieka – sieros šlamas. 1t sieros rūgšties pagaminti susidaro 0,45 kg sieros šlamo atliekų, kurios automatiškai išvežamos į nepavojingų atliekų sąvartyną.
2. Kontaktiniame aparate atidurbusią kontaktinę masę keičiant nauja susidaro atlieka - panaudoti katalizatoriai, kuriuose yra pavojingų pereinamųjų metalų arba jų junginių (pagal V_2O_5). Panaudoti katalizatoriai saugomi uždaruose polipropilenuose maišuose ir atiduodami atliekų tvarkytojams.
3. Katilų-utilizatorių maitinimui vandens ruošimo metu iš upės vandens pašalintos druskos po nuskaidrintuvo, jonitinių filtrų purenimo, regeneracijos ir praplovimo patenka į neutralizacijos duobes kur neutralizuojamos kalkių pieno tirpalu. Susidariusi atlieka – neutralizacijos šlamas šiltuoju

periodu pumpuojamas siurbliais, o šaltuoju periodu mašina išvežamas į nepavojingų atliekų sąvartyną. 1 t sieros rūgšties pagaminti susidaro 2,5 kg neutralizacijos šlamo.

Sieros rūgšties gamyba priskiriama TIPK taisyklių 1 priedo įrenginiams - 4.2.2 p.

Sieros rūgšties ceche yra naudojamos baterijų ir akumuliatorių elektrolito atliekos. Ši veikla priskiriama TIPK taisyklių 1 priedo įrenginiams - 5.1.7 p (rūgščių arba bazių regeneravimą). Bendrovė gali būti užregistruota atliekų tvarkytojų valstybės registre (ATVR).

Surinktos iš kitų atliekų tvarkytojų pavojingos baterijų ir akumuliatorių atliekos sumaišomos su produkine sieros rūgštimi, kuri naudojama fosforo rūgšties gamyboje. Jos atvežamos autotransporto konteneriais ir siurbliuko pagalba išpumpuojamos sieros rūgšties ceche į 29 m³ talpos rūgšties rinktuvą. Iš rūgšties rinktuvo siurblio pagalba perpumpuojamos į kitą rūgšties rinktuvą, kuriame susimaišo su produkine sieros rūgštimi. Elektrolito atliekų kiekis produkcinėje rūgštyje sudaro tik apie 0,25%. Produkcinė sieros rūgštis, kartu su elektrolito atliekomis nemažiau kaip 92,5 % koncentracijos išpumpuojama į gatavos produkcijos sandėli-saugyklą, kurio talpa – 3000 m³. Elektrolito atliekos nesandėliuojamos, o iš karto sunaudojamos. Surinktas elektrolitas laikomas ne ilgiau nei 48 valandas. Per metus numatoma perdirbti 7 000 atidirbto elektrolito (36 %).

33 lentelė. Atliekos, atliekų tvarkymas

Techno- loginis procesas	Atliekos					Atliekų saugojimas objekte		Numatomi atliekų tvarkymo būdai	
	pavadin imas	kiekis		agregatin is būvis (kietas, skystas, pastos)	kodas pagal atliekų sąrašą	Pavojin- gumas	laikymo sąlygos		didžiau sias kiekis
		t/dieną	t/metus						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valant lydyklas, talpyklas, filtrus	Sieros šlamas	0,57	197,9	Kietas	06 06 99	Nepavojinga	-	-	Išvežama į nepavojingų atliekų sąvartyną
Vandžio katalizatorius SR gamybai	Atidirbta kontaktin ė masė	Pagal susidėvėjusį kiekį Kas 5-15 metų		Kietas	16 08 02	Toksiškas, kancerogeninis	Speciali patalpa, tikslu perduoti perdirbimui	Pagal susidė- vėjusį kiekį	Perdavimas perdirbti gamintojui
Nuotekų valymo jų susidarymo vietoje dumblas ruošiant chemiškai valytą vandenį garo gamybai cheminio vandens valymo skyriuje	neutraliza cijos šlamas	3,9	1356,7	Šaltuoju periodu – kietas Šiltuoju suspensija	06 05 03	Nepavojingas	-	-	Šaltuoju periodu išvežamas į nepavojingų atliekų sąvartyną, šiltuoju periodu siurbliais pumpuojamas į nusodintuvus
Neutralizuoti vandenys iš cheminio vandens valymo skyriaus	Neutraliz uotas vanduo	1150 m ³	396 750 m ³	skysta	06 13 99	nepavojinga	Nuskaidrini mo tvenkinys		Panaudojimas gamyboje

3.4.3. Aplinkos oro tarša

Sieros rūgšties gamyboje panaudota pažangi sieros rūgšties gavimo dvigubo kontaktavimo metodu su dviguba absorbcija schema. Tai užtikrina pilnesnę sieros oksidų sugaudymą iš dujų-oro mišinio. SO₂ konversijos laipsnis 99,8 % ir SO₃ % absorbcijos laipsnis 99,99 yra geriausių pasaulio sieros rūgšties cechų lygio. Toks aukštas technologinis konversijos ir absorbcijos laipsnis leidžia apsieiti be papildomo dujų cheminio valymo įrenginio.

Naudojama technologinės dujų absorbcijos ir šilumos utilizavimo sistema (HRS) žymiai padidina sieros rūgšties absorbcijos šilumos panaudojimą. Ši sistema pagamina apie 68 t sotaus 6 bar slėgio garo ir šis garas panaudojamas gamybiniuose cechuose technologijos poreikiams.

Išmetamų į atmosferą teršalų kiekiai automatiškai fiksuojami prietaisu, kas leidžia operatyviai reaguoti į padidėjusių teršalų kiekį ir priimti reikiamas priemones užterštumui mažinti.

Technologinio režimo kontrolei ir valdymui yra numatytos automatinės valdymo, signalizacijos sistemos, visi duomenys užrašomi kompiuteriuose, numatyta blokuočių sistemos, kurios esant sutrikimams sustabdys gamybą.

Visi galimi oro taršos šaltiniai ir medžiagos išsiskiriančios iš jų pateiktos 34, 35 ir 36 lentelės, pastarojoje lentelėje pateikti duomenys apie cecho darbą proceso paruošimo metu, kuris skirtas įšildyti įrenginius iki darbinės temperatūros.

34 lentelė. Stacionarių taršos šaltinių fiziniai duomenys

Taršos šaltiniai			Išmetamų dujų rodikliai			Teršalų išmetimo trukmė, val/m
pavadinimas	aukštis, m	išmetimo angos matmenys, m	srauto greitis, m/s	temperatūra, °C	tūrio debitas Nm ³ /s	
Technologinis	57	3,25	2,9	65	24,1	8 280
Nuo lydyklų	16	0,5	6,9	30	1,6	6 900
Sieros sandėlis	16	0,5	5			8 760

35 lentelė. Tarša į aplinkos orą

Cecho ar kt. pavadinimas arba Nr.	Teršalai		Numatoma (prašoma leisti) tarša		
	pavadinimas	kodas	vienkartinis dydis		metinė, t/m.
			vnt.	maks.	
Sieros rūgšties cechas (SRC); Veiklos rūšies kodas 040401	Anglies monoksidas (B)	5917	g/s	0,11970	2,0861
	Azoto oksidai (B)	5872	g/s	1,93725	40,0334
	Sieros anhidridas (C)	6051	g/s	27,8775	675,5011
	Sieros rūgštis	1761	g/s	0,31500	3,0795
	Anglies monoksidas (B)	5917	g/s	0,11970	2,0861
	Azoto oksidai (B)	5872	g/s	1,93725	40,0334
	Sieros anhidridas (C)	6051	g/s	27,8775	675,5011
	Sieros rūgštis	1761	g/s	0,31500	3,0795
	Kietosios dalelės (C)	4281	g/s	0,62000	13,1617
	Sieros anhidridas (C)	6051	g/s	0,15500	3,2154
	Sieros vandenilis	1778	g/s	0,13950	2,586
	Kietosios dalelės (C)	4281	g/s	0,86800	5,9900

36 lentelė. Leidžiama tarša į aplinkos orą esant neįprastoms (neatitiktinėms) veiklos sąlygoms

Sąlygos, dėl kurių gali įvykti neįprastas (neatitiktinis) teršalų išmetimas	Neįprastų (neatitiktinių) teršalų išmetimo duomenų detalės				Specialios sąlygos
	išmetimų trukmė, val., min. (kas reikalinga, pabraukti)	teršalas		teršalų koncentracija išmetamosiose dujose, mg/Nm ³	
		pavadinimas	kodas		
2	3	4	5	6	7
Sieros rūgšties cecho leidimo metu deginant gamtines dujas	38	Anglies monoksidas	5917	2,741 g/s	Kaitinant kontaktinę masę, teršalai išmetami per specialias angas
	38	Azoto oksidai	5872	4,386 g/s	
Sieros rūgšties cecho leidimo metu, pradėjus deginti sierą	4	Sieros anhidridas	6051	79,400 g/s	
	4	Sieros rūgštis	1761	9,540 g/s	
Sieros rūgšties cecho leidimo metu, pradėjus deginti sierą	4	Sieros anhidridas	6051	79,400 g/s	
	4	Sieros rūgštis	1761	9,540 g/s	

3.4.4. Naudojamas vanduo ir susidarančios nuotekos

Gamybos tikslams naudojamas paviršinis vanduo iš šalia tekančios upės. Ant upės kranto įrengta siurblinė. Taip pat yra įrengtas požeminis gręžinys iš kurių vanduo naudojamas buitiniams tikslams

37 lentelė. Numatomas vandens paėmimas ir vartojimas

Eil. Nr.	Vandens šaltinis (vandenvietė ar kitas)	Didžiausias planuojamas gauto vandens kiekis			Veikla, kurioje bus naudojamas vanduo	Kiekvienoje veikloje planuojamo suvartoti vandens didžiausias kiekis		
		m ³ /m	m ³ /d	m ³ /h		m ³ /m	m ³ /d	m ³ /h
1	Nevėžio upė	5 700 000	20 000	833,3	Cheminio valymo skyrius, procesų aušinimas, perdavimas	5 700 000	20 000	833,3
2	Gręžinys		1920	80	Buitinėms reikmėms		1920	80

Sieros rūgšties gamybos metu užteršti vandenys nėra išleidžiami į aplinką. Šio proceso metu susidarę rūgštus ar šarminiai vandenys yra surenkami atitinkamuose talpose, neutralizuojami ir išleidžiami į nuskaidrintuvus. Nuskaidrėjus vandeniui jis panaudojamas pakartotinai gamyboje, o susidaręs šlamos išvežamas į nepavojingų atliekų sąvartyną arba gali būti naudojamas, kaip žaliava kitoje gamyboje. Po kiekvienu įrenginiu, kuriame yra rūgštis, išmūrytos rūgščiai atsparios talpos kuriose surenkama išsiliejusi rūgštis iš kurių vėl surenkama ir siurbliais išpumpuojama į saugyklas. Nenumatytu atveju rūgščiai patekus į šulinio kanalą yra uždaromas išbėgimas ir viskas nukreipiama į cheminio vandens valymo skyrių, kuriame yra neutralizuojama rūgštis.

4. Darbuotojų sauga ir sveikata

Šioje baigiamojo projekto dalyje įvertinama projektuojamos sieros rūgšties gamybos technologinės linijos profesinė rizika, suformuluojama saugios gamybos koncepcija, numatoma gaisrinė sauga.

4.1. Projektuojamo objekto charakteristika

Sieros rūgšties gamybos cechas yra Kėdainiuose, vidurio Lietuvoje, koordinatės 55°16'16.8"N 24°00'35.9"E. Įmonė gamina sieros ir fosforo rūgštis, fosforo trąšas. Sieros rūgštis gaminama iš granuliuotos ar gabalinės elementinės sieros, kuri į Lietuvą patenka geležinkelių ar jūrų transportu, o iki cecho atvežama autotransportu ar geležinkeliu.

Vadovaujantis Lietuvos Respublikos specialiųjų žemės naudojimo sąlygų įstatymu, priimtu 2019 m. birželio 6 d. Nr. XIII-2166, gamybinių objektų sanitarinės apsaugos zonos dydis nustatomas pagal gamybinės veiklos rūšį. Sieros rūgšties gamyba patenka į kategoriją „*Pagrindinių chemikalų, trąšų ir azoto junginių, pirminių plastikų ir pirminio sintetinio kaučiuko gamyba*“ kuriai numatyta sanitarinės apsaugos zonos dydis 500 m. [20, 21]

4.2. Profesinės rizikos vertinimas

Profesinės rizikos vertinimo tikslas yra ištirti esamą ar galimą profesinę riziką ir numatyti jos prevencijos ir mažinimo priemones. Profesinės rizikos vertinimas pradedamas nuo rizikos veiksnių identifikavimo. Rizikos veiksniai gali būti [22]:

- cheminiai – naudojamos ar technologiniame procese išsiskiriančios kenksmingos medžiagos;
- fizikiniai – patalpų šiluminė aplinka, apšvietimas, triukšmas, vibracija, elektros srovė;
- biologiniai – mikroorganizmai, baltyminiai preparatai;
- ergonominiai – fizinio darbo krūvis ir įtampa bei darbo vietos pritaikymas;
- fizinis – netinkamas darbo vietos įrengimas, kai dėl darbo priemonių darbuotojas gali būti sužeistas;
- psichosocialinis – įtampa, stresas, darbuotojų santykiai.

Įmonėje rizikos vertinimą organizuoja darbdaviui atstovaujantis asmuo arba jo pavedimu darbdavio įgaliotas asmuo. Rizikos vertinimui atlikti įmonėje tvarkomuoju dokumentu paskiriamas kompetentingas asmuo. Jei paskirtam kompetentingam asmeniui trūksta žinių ar įgūdžių, darbdavys organizuoja šio asmens mokymą rizikos vertinimo klausimais. Jei įmonėje nėra ar trūksta kompetentingų asmenų, su paslaugas teikiančiu išorės kompetentingu asmeniu sudaroma sutartis dėl rizikos vertinimo atlikimo.

Rizikos veiksniai sieros rūgšties gamybos ceche, kurie gali pakenkti darbuotojo sveikatai pateikti 38 lentelėje

38 lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas [23,24]

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio atsiradimo ir veikimo vieta	Rizikos veiksnio dydis (lygis), matavimo vienetas	Rizikos veiksnio leidžiamas dydis (lygis), ribinė vertė, matavimo vienetas	Rizikos veiksnio poveikio trukmė, dažnis	Prevencijos priemonių būtinumas
Gabalinė siera	Sieros sandėlis	-	6 mg/m ³	Iškrovimo metu	Taip
Sieros dioksidas	Technologinė linija	0,5 mg/m ³	Ilgalaikio poveikio 1,6 mg/m ³ Trumpalaikio poveikio 2,7 mg/m ³	1 kartas per savaitę 15 min	Taip
Sieros rūgštis rūkas	HRS sistemos bokštas	0,00001 mg/ m ³	0,05 mg/ m ³	1 kartas per savaitę 15 min	Taip
Vanadžio pentoksidas	Kontaktinis aparatas	-	Įkvepiamoji frakcija 0,2 mg/m ³ Neviršytinas dydis alveolinė frakcija 0,05 mg/m ³	1 kartas per metus	Taip
Gamtinės dujos	Dujų redukavimo patalpa	-	300 mg/m ³	1 kartas per metus 36 valandos	Ne
Sieros rūgštis	Technologinės talpos	-	Ilgalaikio poveikio 0,05 mg/m ³ Trumpalaikio poveikio 3 mg/ m ³	Nenumatyta	Taip
Hidrazino hidratas	Energoblokas – katilų utilizatorių vandens paruošimui	-	0,1 mg/m ³	1 kartas per pamainą po 10 min	Taip
Vandenilio sulfidas	Lydykla	-	7 mg/m ³ 14 mg/m ³	10 val per pamainą	Taip
Techninis natrio šarmas	Cheminis vandens valymo skyrius		2 mg/m ³	2-3 val per pamainą	Taip
Triukšmas	Orapūtė	105 dB	87 dB	Trumpalaikis 3 kart per pamainą po 5 min	Taip
Netaisyklinga sėdėseną	Darbo kėdės	-	-	Visa pamaina, 12 val	Taip
Darbas su monitoriais	Valdymo pultai	-	-	Visa pamaina, 12 val	Taip

Sieros rūgšties gamyboje naudojamo žaliavos: chemiškai valytas vanduo, elementinė siera, gamtinės dujos (cecho įšildymo metu), šių medžiagų pavojingumo rodikliai nurodyti 39 lentelėje

39 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai

Medžiagos pavadinimas	Sunaudojama (pagaminama) per pamainą, t	Pliūpsnio temperatūra, °C	Sprogimo ribos		Savaiminio užsidegimo temperatūra, °C	Užsidegimo temperatūra, °C
			Apatinė	Viršutinė		
Gabalinė siera	574	-	Esant dulkių koncentracijai 17 g/m ³	-	190	-
Vandenilio sulfidas	-	-	4,3 %	45 %	200	-
Gamtinės dujos	1 kartas metuose 150 m ³		5 %	15 %		

40 lentelė. Išorės įrenginių kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonas

Objekto, kuriam suteikiama kategorija, klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas	Požymis, nulemiantis kategoriją, pavojingos vietos zoną	Kategorija, pavojingos vietos zona
Lydykla	Sieros lydymas, sieros dulkės, vandenilio sulfidas	C _{gi} , 22 zona
Sieros degimo krosnys	Gamtinių dujų degimas išildymo metu	A _{sgi} , 1 zona

41 lentelė. Patalpų kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonas

Objekto, kuriam suteikiama kategorija, klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas	Požymis, nulemiantis kategoriją, pavojingos vietos zoną	Kategorija, pavojingos vietos zona
Sieros sandėlis	Sieros dulkės	C _g , 22 zona
Sieros filtravimo	Lydyta siera	C _g , 22 zona
Gamtinių dujų redukavimo patalpa	Gamtinės dujos	A _{sg} 2 zona

42 lentelė. Pastatų kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonas

Objekto, kuriam suteikiama kategorija, klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas	Požymis, nulemiantis kategoriją, pavojingos vietos zoną	Kategorija, pavojingos vietos zona
Sieros sandėlis	Sieros dulkės	C _g , 22 zona
Sieros filtravimo	Lydyta siera	C _g , 22 zona
Gamtinių dujų redukavimo patalpa	Gamtinės dujos	C _g 2 zona

4.3. Saugi gamyba

Lietuvos Respublikos darbuotojų saugos ir sveikatos įstatymo 1 dalies 3 straipsnis garantuoja kiekvienam darbuotojui privalo būti sudarytos saugios ir sveikatai nekenksmingos darbo sąlygos, neatsižvelgiant į įmonės veiklos rūšį, darbo sutarties rūšį, darbuotojų skaičių, įmonės rentabilumą, darbo vietą, darbo aplinką, darbo pobūdį, darbo dienos ar darbo pamainos trukmę, darbuotojo

pilietybę, rasę, tautybę, lytį, seksualinę orientaciją, amžių, socialinę kilmę, politinius ar religinius įsitikinimus. [25] Taip pat šiame įstatyme keliami reikalavimai, kad darbo vietos turi būti įrengtos taip, kad jose dirbantys darbuotojai būtų apsaugoti nuo galimų traumų, jų darbo aplinkoje nebūtų sveikatai kenksmingų ar pavojingų rizikos veiksnių.

Įmonėje privalo būti naudojamos tik techniškai tvarkingos darbo priemonės, atitinkančios darbuotojų saugos ir sveikatos norminių teisės aktų reikalavimus. Darbo priemonės turi būti suprojektuotos, pagamintos ir įrengtos darbo vietoje taip, kad nebūtų sudaryta galimybė darbuotojui patekti į darbo priemonės pavojingas zonas, ypač zonas, kur yra judančios dalys; aukštos ar žemos temperatūros darbo priemonių paviršiai turi būti izoliuoti; darbo priemonių valdymo įtaisai turi atitikti ergonominius reikalavimus; neturi būti galimybės darbo priemonę atsitiktinai įjungti, turi būti numatyta, kaip darbo priemonę operatyviai išjungti.

Projektuojant technologinius procesus būtina numatyti ir įrengti automatinio ir avarinio blokavimo prietaisus, kad atsiradus nukrypimams nuo numatytų parametrų įrenginiai nedelsiant būtų stabdomi.

Sieros rūgšties gamybos technologijoje naudojami elektros įrenginiai – siurblių varikliai, slėginiai indai, aukšto slėgio vandens garų katilai visiems darbuotojams valdantiems ir prižiūrintiems šiuos įrenginius turi būti suteiktos žinios teorinių ir praktiniu mokymu bei instruktažais, kaip tinkamai elgtis, siekiant užtikrinti saugią gamybą.

4.3.1. Elektrosauga

Elektros srovės poveikis žmogaus organizmui priklauso nuo žmogaus kūno elektrinės varžos, srovės stiprumo ir dažnio, srovės tekėjimo trukmės ir srovės kelio. Normaliomis sąlygomis žmogaus oda yra tarsi izoliacinis žmogaus sluoksnis, jos varža kinta nuo 10 k Ω iki 100 k Ω , tačiau esant drėgnai, pažeistai odai varža lieka tik 1000 Ω . Srovės stiprumas yra vienas svarbiausių veiksnių kuo stipresnė srovė teka per organizmą, tuo sunkesnės pasekmės, Pavojingiausia žmogaus organizmui kintama 40-60 Hz dažnio srovė. 50 Hz dažnio srovei veikiant žmogų:

- iki 0,1 mA – visais atvejais nepavojinga;
- 0,6-1,5 mA – jaučiama, bet netraumuojanti;
- 2-7 mA – stiprūs pirštų bei rankų traukuliai;
- 10-15 mA – paralyžiuoja rankas;
- 25-80 mA – paralyžiuoja kvėpavimo takus;
- 80-100 mA – veikiant ilgiau kaip 3 s įvyksta širdies paralyžius;
- 100 mA ir daugiau – žmogus miršta.

Parenkant elektros įrenginius, būtina numatyti apsaugines priemones skirtas apsaugoti darbuotojus nuo elektros srovės. Atlikti elektros darbus atestuoti nustatyta tvarka energetikos darbuotojai. Elektrotechnikos darbuotojai instruktuojami, atestuojami ir jų kvalifikacija tobulinama vadovaujantis Lietuvos Respublikos energetikos įstatymu, Aprašu ir kitais teisės aktais. [26]

Elektros įrenginiai pagal įtampą ir srovės rūšis skirstomi į šiuos įrenginius:

- iki 50 V įtampos kintamosios srovės;
- aukštesnės kaip 50 V įtampos ir iki 1000 V įtampos kintamosios srovės;
- aukštesnės kaip 1000 V įtampos kintamosios srovės.

Įžeminti arba įnulinti būtina:

- visus 400 V ir aukštesnės įtampos kintamosios srovės ir 440 V ir aukštesnės įtampos nuolatinės srovės įrenginius;
- aukštesnės kaip 50 V įtampos kintamosios srovės ir aukštesnės kaip 75 V įtampos nuolatinės srovės įrenginius pavojingose ir labai pavojingose patalpose, taip pat lauke esančius įrenginius.

Sieros rūgšties gamybos procese orapūtę būtina įnulinti, visi kiti elektros varikliai įžeminami

4.4. Darbo higiena

4.4.1. Šiluminė aplinka

Remiantis Lietuvos higienos normos HN 69:2003 sieros rūgšties gamybos ceche darbų sunkumo kategorijos skirtingiems darbams priskiriama Ib, IIa ir IIb [27]. Dirbant valdymo pultuose prie vaizdo terminalų šaltuoju metų laikotarpiu turi būti užtikrinama 21-23 laipsnių temperatūra, šiltuoju periodu 22-24. Dirbant sunkesnius darbus kurie priskiriami II kategorijai 17-20 šaltuoju ir 20-23 šiltuoju. Oro temperatūros ir drėgmės užtikrinimui naudojamos dirbtinio ventiliavimo sistemos. Šiltuoju metų laiku temperatūrai sumažinti naudojami kondicionieriai, o šiltuoju sieros rūgšties cecho gaminama šiluma.

Sieros rūgšties gamybos įranga išdėstyta lauko sąlygomis, todėl kiekvienam darbuotojui privalomai išduodami termo kostiumai, kurie skirti apsaugoti nuo temperatūros poveikio esant šalia įrenginių, bei žieminės striukės, kelnės ir batai skirti naudoti šaltuoju metų laiku.

4.4.2. Patalpų, cecho teritorijos ir prietaisų apšvietimas

Remiantis Lietuvos higienos norma HN 98:2014 „NATŪRALUS IR DIRBTINIS DARBO VIETŲ APŠVIETIMAS. APŠVIETOS MAŽIAUSIOS RIBINĖS VERTĖS IR BENDRIEJI MATAVIMO REIKALAVIMAI“ nustatoma mažiausios ribinės vertės darbo vietose bei bendruosius apšvietos matavimo reikalavimai, siekiant apsaugoti darbuotojų sveikatą ir saugą. [28]

Sieros rūgšties ceche derinamas natūralus ir dirbtinis apšvietimas. Kadangi technologinio proceso įrenginiai suprojektuoti lauke – dienos metu papildomas apšvietimas nenaudojamas, tamsiu paros metu derinamas apsauginis apšvietimas su vietiniu apšvietimu. Darbai laukia priskiriami IV kategorijai, o pultinėse III.

Automatiniams procesams užtenka 50 lx apšvietos, o pultinėse 200-300lx apšvieta. Daugumos darbo patalpų dirbtinis apšvietimas yra blankus, nes apšvieta yra mažesnė kaip 200 lx, todėl darbo vietose, kuriose nuolat dirbama, mažiausia rekomenduotina apšvietos ribinė vertė yra 200 lx, kad ir koks mažas būtų regos darbų sudėtingumas.

43 lentelė. Rekomenduojamos apšvietos vertės ir apšvietos kokybės klasės

Patalpos, darbo ar veiklos tipas	Apšvietos ribinės vertės, lx
Judėjimo keliai, koridoriai	50 – 100 – 150
Laiptai	100 – 150 – 200
Drabužinės, tualetai	100 – 150 – 200
Sandėliai	100 – 150 – 200
Automatiniai procesai	50 – 100 – 150
Gamybos įrenginiai, nereikalaujantys nuolatinės priežiūros	100 – 150 – 200
Gamybos įrenginiai, reikalaujantys nuolatinės priežiūros	300 – 500 – 750
Bendros gamybos patalpos	200 – 300 – 500
Pultinės, laboratorija	300 – 500 – 750

4.4.3. Cheminės medžiagos ir asmeninių apsaugos priemonių parinkimas

Naudojantis higienos norma HN 23:2011 „Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai“ nustatomi trumpalaikio ir ilgalaikio poveikio ribiniai dydžiai [23] duomenys pateikiami 44 lentelėje

44 lentelė. Medžiagų poveikio ribiniai dydžiai ir toksiškumo charakteristika, bei apsaugos priemonės

Žaliavos, cheminės medžiagos ar preparato pavadinimas	Ribinis dydis			Toksiškumo charakteristika	Apsaugos priemonės
	Ilgalaikio poveikio ribinis dydis	Trumpalaikio poveikio ribinis dydis	Neviršytinas ribinis dydis		
Pavadinimas	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³		
Siera	6	-	-	Sieros dulkės dirgina kvėpavimo takų ir akių gleivines bei odą. Patekusi į skrandį gali sukelti virškinimo trakto susirgimus. Skysta karšta siera užtiškusi ant odos sukelia terminius nudegimus. Aplinkos temperatūroje siera mažai pavojinga aplinkai.	Puskaukė, pirštinės, akiniai, antistatiniai batai
Sieros dioksidas	1,3	2,7	-	Pavojingas. Ėsdina odą, nosies, akių ir viršutinių kvėpavimo takų gleivinę. Galimi aštrūs apsinuodijimai, plaučių pažeidimai	Kvėpavimo takų apsauga, rankų apsauga, akių apsauga, odos apsauga
Natrio hidroksidas (50% NaOH)	-	-	2	Pavojingas. Patekęs ant odos sukelia cheminius nudegimus, ilgai veikiant odą, susidaro opos, egzemos. Labai pavojingas patekęs į akis.	Kvėpavimo takų apsauga, rankų apsauga, kūno apsauga, akių apsauga

44 lentelės tęsinys

Žaliavos, cheminės medžiagos ar preparato pavadinimas	Ribinis dydis			Toksiškumo charakteristika	Apsaugos priemonės
	Ilgalaikio poveikio ribinis dydis	Trumpalaikio poveikio ribinis dydis	Neviršytinas ribinis dydis		
Pavadinimas	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³		
Statybinės kalkės (kalcio oksidas)	2	5		Pavojingos. Patekusios ant odos erzina ir sukelia nudegimus.	Kvėpavimo takų apsauga, rankų apsauga, kūno apsauga, akių apsauga
Vanadžio pentoksidas	0,2	-	0,05	Pavojinga. Kontakte su šlapia ar drėgna oda gali ją sudirginti. Kenksminga įkvėpus ar prarijus. Dirgina kvėpavimo takus, akis ir odą. Sudėtyje esantis kvarcas ir kristobalitas gali sukelti vėžį. Sukelia odos uždegimą, alerginius susirgimus, konjunktyvitą, kraujotakos sutrikimus, kvėpavimo organų, nervų sistemos pakitimus, nosies gleivinės, bronchų uždegimus.	Kvėpavimo takų apsauga, rankų apsauga, kūno apsauga, akių apsauga
Gamtinės dujos	300	-	-	Pavojingos. Bespalvės, neturinčios kvapo, lengvesnės už orą, degios, troškinančios dujos. Degios ir sprogios dujos	Kvėpavimo takų apsauga, rankų apsauga, kūno apsauga, akių apsauga
Hidrazino hidratas	0,013	-	-	Toksiška, kancerogeninė, ardanti, nudegina. Gali sukelti alergiją susilietus su oda. Patekęs ant rūbų gali juos uždegti.	Kvėpavimo takų apsauga, rankų apsauga, kūno apsauga, akių apsauga
Sieros rūgštis	0,05	3	-	Sieros rūgštis yra stipriai ėsdinanti, gali stipriai nudeginti odą. Kenksminga įkvėpus, nurijus ir sąlytyje su oda. Kontaktas su oda gali sukelti ilgalaikius ir rimtus nudegimus. Ilgalaikis poveikis gali pakenkti plaučiams.	Kvėpavimo takų apsauga, rankų apsauga, kūno apsauga, akių apsauga

Sieros rūgšties ceche dėl darbo sąlygų, cheminių medžiagų ir pagrindinių įrenginių triukšmo visiems darbuotojams privalomai turi būti išduotos apsaugos priemonės [29]:

- apsauginiai šalmai;
- ausinės, tvirtinamos prie apsauginių šalmų; ausinės su lankeliu, prieštriukšminiai kamščiai;
- apsauginiai akiniai; tamsūs apsauginiai akiniai;

- aparatai su filtrais, apsaugantys nuo dulkių, dujų ir nuo radioaktyviųjų dulkių;
- pirštinės apsaugančios nuo cheminio poveikio; odinės pirštinės;
- apsauginiai batai; batai su apsaugine nosele; šilti batai; antistatiniai batai;
- apsauginiai drabužiai, apsaugantys nuo cheminio poveikio; šilti apsauginiai drabužiai;

Dirbant pagal paskyras specializuotus darbus išduodamos papildomos apsaugos priemonės skirtos atlikto konkretų darbą.

Visos asmeninės apsaugos priemonės yra išduodamos Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro įsakymu „DĖL DARBUOTOJŲ APRŪPINIMO ASMENINĖMIS APSAUGOS PRIEMONĖMIS NUOSTATŲ PATVIRTINIMO“ nustatyta tvarka, nurodant kam priemonės skirtos ir koks jų tarnavimo laikas.

Vertinant technologinių įrenginių keliamą triukšmą vadovaujamosi HN 33:2011 bei Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatais, kuriuose nurodomos kasdieninio triukšmo – ekspozicijos lygio norminės vertės:

- ribinė ekspozicijos vertė $L_{EX,8h} = 87$ dBA;
- viršutinė ekspozicijos vertė veiksams pradėti $L_{EX,8h} = 85$ dBA;
- apatinė ekspozicijos vertė veiksams pradėti $L_{EX,8h} = 80$ dBA.

Kai triukšmą keliantis įrenginys dirba ne visą pamainą, per darbo dieną susidarančio triukšmo lygis apskaičiuojamas:

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq} + 10 \lg \frac{T_x}{T_p};$$

čia L_{Aeq} – ekvivalentaus garso lygio vertė per laikotarpį T_x dBA; T_x – pamainos laikas, kai dirbama esant tokio lygio triukšmui, h; T_p – bendroji pamainos trukmė, h.

Kasdienio triukšmo lygis dBA apskaičiuojamas pagal:

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left[\frac{1}{T_p} \sum_{i=1}^n t_i \cdot 10^{0,1L_{Aeq,i}} \right];$$

čia L_{Aeq,t_i} – ekvivalentaus garso lygio vertė per laikotarpį t_i , kurio metu matuotas darbuotoją veikiantis triukšmas, dBA; i – laikotarpių skaičius.

Darbo vietos triukšmo lygiai ir jų trukmė pateikiama 45 lentelėje

45 lentelė. Darbo vietos triukšmo lygių ir operacijų trukmės duomenys

Operacijos nr. ir pavadinimas	Ekvivalentus garso lygos operacijos metu L_{Aeq} , dBA	Bendroji operacijos trukmė per pamainą t _i , val:min	Kasdienio operacijos triukšmo (ekspozicijos) lygio vertė, $L_{EX,8h}$ dBA
1. Orapūtė	105	12	106,76
2. Vagonų vibro-krautuvas	105	3	100,74
Bendroji kasdienio triukšmo (ekspozicijos) lygio vertė			104,03

Darbuotojai dirbantys šalia garsą skleidžiančių įrenginių, patalpose kuriuose šie įrenginiai dirba, privalo dėvėti asmenines klausos apsaugos priemones. Nuo orapūtės skleidžiamo garso įrengtas pastatas su garso slopinimo priemonėmis, izoliacinės sienos. Pultuose dirbantys žmonės yra apsaugoti nuo įrenginių skleidžiamo garso.

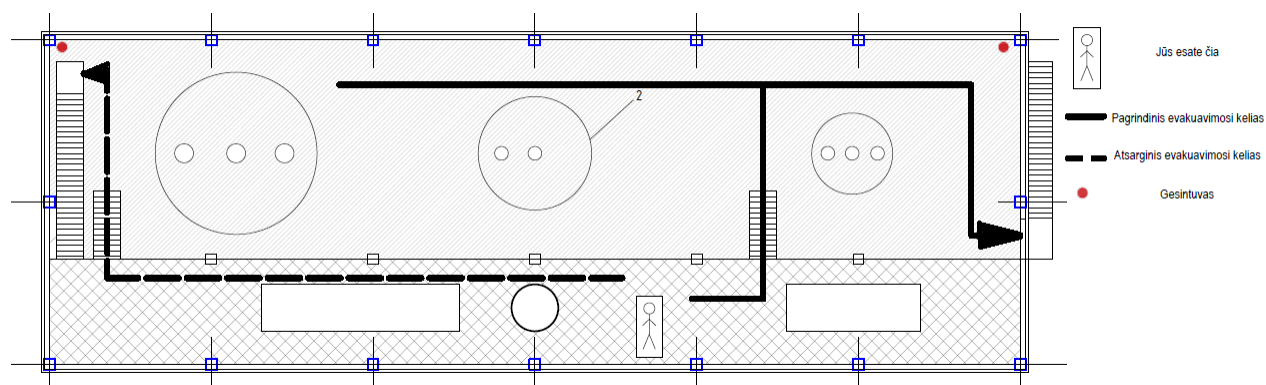
4.5. Gaisrinė sauga

Sieros rūgšties cecho įrenginiai išdėlioti atviro lauko aikštelėse, po krosnimis, sieros aikštelėje, sandėlyje ir filtracijos skyriuje išklota gelžbetoninė danga, po įrenginiais kuriuose yra rūgštis išmūryti avarinės duobės, tarp įrenginių išklotas asfaltas. Visa ši danga yra nedegi. Vietose kur gali kilti gaisras atvestas gesinimo vanduo. Prie filtracijos skyriaus ir sieros sandėlio įrengti vandens hidrantai, prie įrenginių įrengti vandens gesinimo taškai. Užsidegus lydytai sierai talpos yra gesinamos tiekiant į jas vandens garus išvengiant vandens pūslų. Prie krosnių ir absorbcijos skyriaus yra įrengti specialūs stendai, kuriuose yra po 2 gesintuvus, 2 kibirus, smėlio dėžė ir kastuvai, nedegus audinys ir du laužtuvai. Kiekviename pulte išdėlioti nešiojami gesintuvai: du 20 – 25 kg miltelinio ABC tipo gesintuvai.

Dujų redukavimo patalpoje įrengti autonominiai gaisro fiksavimo prietaisai ir gesinimo sistema. Centriniam valdymo pulte – administraciniame pastate įrengtas vidinis priešgaisrinis vandentiekis.[30]

Patalpoje esant elektros įrenginių, nuolat turinčių įtampos, tai ne mažiau kaip 50 proc. patalpose esančių gesintuvų turi būti tinkami elektros įrenginiams gesinti neišjungus įtampos. Elektros įrenginius, turinčius įtampos (iki 1000 V), veiksmingiausia miltelių ABC klasės gesintuvu. Orapūtės patalpos dydis 100 m², darbinė įtampa neviršija 400 V, pasirinkta 2 milteliniai ABC klasės gesintuvai.

Sieros filtravimo pastato sudarytas evakuacinis planas



23 pav. Sieros filtravimo pastato evakuacinis planas

Grafinė dalis

1. Sieros rūgšties gamybos cecho pastatų ir įrenginių išdėstymo planas;
2. Sieros rūgšties gamybos sieros filtracijos pastato plano brėžinys;
3. SRC filtracijos pastato pjūvio vaizdas;
4. Sieros rūgšties gamybos principinė technologinė schema.

Išvados

1. Atlikta sieros rūgšties gamybos teorijos, žinomų technologinių sprendimų literatūrinė analizė apžvalga.
2. Atlikti technologinio proceso medžiagų ir šilumų srautų balanso skaičiavimai, sudarytas sieros rūgšties gamybos technologinio proceso medžiagų ir šilumų balansas. Įvertinus H₂SO₄ gamybos proceso vertinimą Aspen HYSYS aplinkoje parenkant optimalius parametrus nustatyta, kad technologinei linijai dirbant pilnu našumu gaunama 145,8 t/h 100 % H₂SO₄, 185,2 t/h 39 bar ir 440 laipsnių temperatūros vandens garų, bei žemo slėgio 6 bar, 160 °C 74,2 t/h vandens garų, šiam našumui pasiekti sunaudojama 47,66 t/h lydytos ir filtruotos sieros, 34 m³/h vandens.
3. Pasirinktas gamybos patobulinimo sprendimas – papildomas sieros lydalo filtravimas.
4. Pateikiamas projektuojamo cecho statybinis vertinimas.
5. Atliktas technologinės linijos ekonominis ir finansinis įvertinimas.
6. Atliktas aplinkosauginis sieros rūgšties gamybos vertinimas, šio proceso metu aplinka yra teršiama tik kaip oro tarša, pavojingų nuotekų sieros rūgšties ceche nėra.
7. Nustatytos priemonės užtikrinančios darbuotojų saugą ir sveikatą, įvertinta profesinė rizika, elektroauga, darbo higiena ir gaisrinė sauga. Numatytos filtracijos pastato apsaugos nuo žaibo priemonės.

Literatūros sąrašas

1. LOUIE, Douglas. *Handbook of sulphuric acid manufacturing* [interaktyvus]. Canada: DKL Engineering, Inc., 2005 [žiūrėta 2021-05-25]. ISBN 0-9738992-0-4. Prieiga per: https://books.google.lt/books?id=X-s2xn-r_kwC&lpg=SA3-PA10&ots=DFaEugX-He&dq=BASF%2C%20DE%20291792%2C%201913%20patent&hl=lt&pg=PP1#v=onepage&q&f=false
2. *ReportLinker data* [interaktyvus]. 2019. [žiūrėta 2021-05-10]. Prieiga per <https://www.reportlinker.com/data/search?sector=527084>
3. Eurochem Lifosa [interaktyvus]. 2021. [žiūrėta 2021-05-23]. Prieiga per <https://www.lifosa.com/gamyba-ir-paslaugos/gamyba/165>
4. АМЕЛИН, Анатолий.Г. *Технология серной кислоты: Учебное пособие для вузов. Издание второе.* Москва: ХИМИЯ, 1983.
5. JANICKIS, Vitalijus. *Deguonis, siera, selenas, telūras ir polonis: knyga.* Kaunas: Technologija, 1994. ISBN 9986-13-149-9
6. TOURO, F.J.& T.K. WIEWIOROWSKI. Viscosity—Chain Length Relationship in Molten Sulfur Systems. *The Journal of Physical Chemistry.* American Chemical Society, 1966, 70(1), 239-241. ISSN 0022-3654
7. MÜLLER, Hermann. Sulfur. In: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry.* VCH Verlagsgesellschaft. 1994, vol. A 25, pp. 507-567. 3-527-20125-4
8. *Freeport sulphur handbook.* New York: Freeport sulphur company, 1959.
9. AB „LIFOSA“. *Technologijos reglamentas.* TR-01:2018
10. MÜLLER, Hermann. Sulfuric Acid and Sulfur Trioxide. In: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry.* VCH Verlagsgesellschaft. 1994, vol. A 25, pp. 635-703. 3-527-20125-4
11. Filtration group. *Liquid sulphur filtration: booklet, 2020*
12. RINCKHOFF, J. B. Nature's Laws for sulfuric acid plants. In *Sulfuric/Phosphoric Acid Plant Operation.* New York American Institute of Chemical Engineers, 1982.
13. MÜLLER, Hermann. Sulfur Dioxide. In: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry.* VCH Verlagsgesellschaft. 1994, vol. A 25, pp. 569-612. 3-527-20125-4
14. *Sulphur burning optimization* [pdf]. 2016. [žiūrėta 2021-05-01]. Prieiga per https://www.blaschceramics.com/wp-content/uploads/2015/05/Sulphur-JanFeb16_Sulphur_burning_optimisation.pdf.
15. European Fertilizer Manufacturers' Association. Best Available Techniques for Pollution Prevention and control in the European Sulphuric Acid and Fertilizer Industries. *Production of Sulphuric Acid: booklet.* Brussels. European Fertilizer Manufacturers' Association, 2000.
16. BALANDIS, Alfredas ir kt. *Chemijos inžinerija: III knyga.* Kaunas: Technologija, 2010. ISBN 978-9955-25-805-6.
17. *Расчеты по технологии неорганических веществ.* Ленинградское отделение: ХИМИЯ, 1977.
18. SULTANA, Sujala and Amin RUHUL. ASPEN-HYSYS SIMULATION OF SULFURIC ACID PLANT. *Journal of Chemical engineering* [pdf]. 2011 [žiūrėta 2021-05-25]. Prieiga per: <https://www.banglajol.info/index.php/JCE/article/view/10182/7537>
19. БАРОН, Н.М и други. *Краткий: справочник физико-химических величин.* Издание 8. Химия, 1983.

20. LIETUVOS RESPUBLIKOS SEIMAS. *Lietuvos Respublikos specialiųjų žemės naudojimo sąlygų įstatymas: 2019 m. birželio 6 d. Nr. XIII-2166* [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-05-26]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/46c841f290cf11e98a8298567570d639/asr>
21. STATISTIKOS DEPARTAMENTAS PRIE LIETUVOS RESPUBLIKOS VYRIAUSYBĖS. *Įsakymas „Dėl Ekonominės veiklos rūšių klasifikatoriaus patvirtinimo“: 2007 m. spalio 31 d. Nr. DĮ-226* [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-05-26]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.309099?positionInSearchResults=6&searchModelUUID=ff967197-aab7-4bfd-9977-2abcdec1cea1>
22. LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTERIJA IR LIETUVOS RESPUBLIKOS SOCIALINĖS APSAUGOS IR DARBO MINISTERIJA. *Įsakymas „Dėl Profesinės rizikos vertinimo bendrųjų nuostatų patvirtinimo“: 2012 m. spalio 25 d. Nr. A1-457/V-96I*[interaktyvus]. [žiūrėta 2021-05-26]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.435935/asr>
23. LIETUVOS RESPUBLIKOS SOCIALINĖS APSAUGOS IR DARBO MINISTERIJA IR LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTERIJA. *Įsakymas „Dėl Lietuvos higienos normos HN 23:2011 „Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai“ patvirtinimo“: 2011 m. rugsėjo 1 d. Nr. V-824/A1-389* [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-05-26]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.405920/asr>
24. LIETUVOS RESPUBLIKOS SOCIALINĖS APSAUGOS IR DARBO MINISTERIJA IR LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTERIJA. *Įsakymas „Dėl Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatų patvirtinimo“:2005 m. balandžio 15 d. Nr. A1-103/V-265* [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-05-26]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.254877/asr>
25. LIETUVOS RESPUBLIKOS SEIMAS. *Lietuvos Respublikos darbuotojų saugos ir sveikatos įstatymas: 2003 m. liepos 1 d. Nr. IX-1672* [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-05-26] Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.215253/asr>
26. LIETUVOS RESPUBLIKOS ENERGETIKOS MINISTERIJA. *Įsakymas „Dėl Elektros įrenginių įrengimo bendrųjų taisyklių patvirtinimo“: 2012 m. vasario 3 d. Nr. 1-22* [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-05-26]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.418124/asr>
27. LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTERIJA. *Įsakymas „Dėl Lietuvos higienos normos HN 69:2003 "Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai" patvirtinimo“: 2003 m. gruodžio 24 d. Nr. V-770* [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-05-26]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.230880>
28. LIETUVOS RESPUBLIKOS SVEIKATOS APSAUGOS MINISTERIJA. *Įsakymas „Dėl Lietuvos higienos normos HN 98:2014 "Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai“: 2000 m. gegužės 24 d. Nr. 277* [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-05-26]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.101854/asr>
29. LIETUVOS RESPUBLIKOS SOCIALINĖS APSAUGOS IR DARBO MINISTERIJA. *Įsakymas „Dėl Darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsaugos priemonėmis nuostatų patvirtinimo“: 2007 m. lapkričio 26 d. Nr. A1-331* [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-05-26]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.309802/asr>
30. PRIEŠGAISRINĖS APSAUGOS IR GELBĖJIMO DEPARTAMENTAS PRIE VIDAUS REIKALŲ MINISTERIJOS. *Įsakymas „Dėl Gaisrinės saugos pagrindinių reikalavimų patvirtinimo“: 2010 m. gruodžio 7 d. Nr. 1-338* [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-05-26]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.388658/asr>

Priedai

- 1 Pagalbinių medžiagų charakteristikos;
- 2 A1 formato pastatų ir įrenginių išdėstymo planas;
- 3 A1 formato sieros filtracijos pastato plano brėžinys;
- 4 A1 formato sieros filtracijos pastato plano pjūvio vaizdas;
- 5 A1 formato sieros rūgšties gamybos technologinė schema.

Priedas nr. 1

1 lentelė. Pagalbinių medžiagų charakteristikos

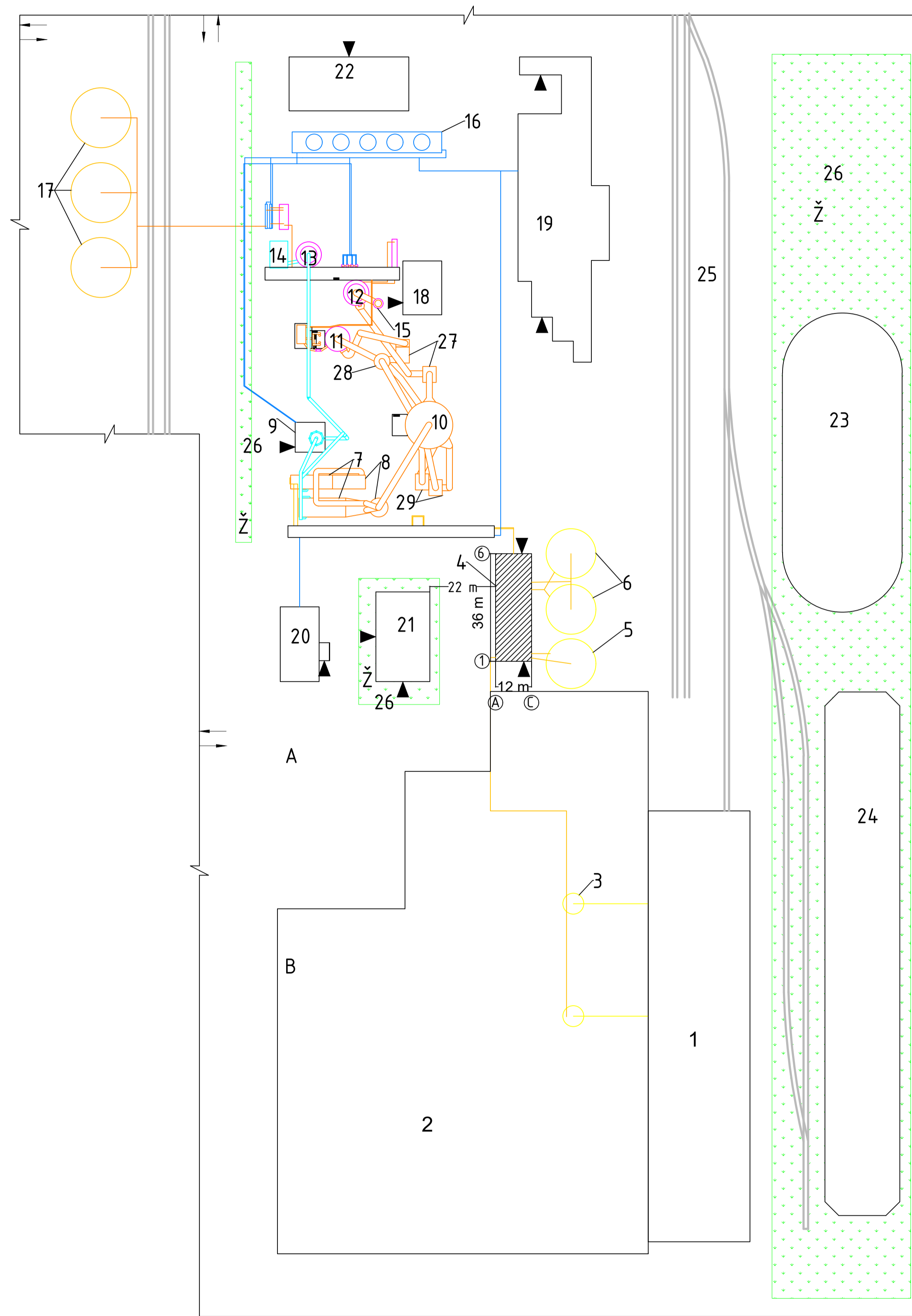
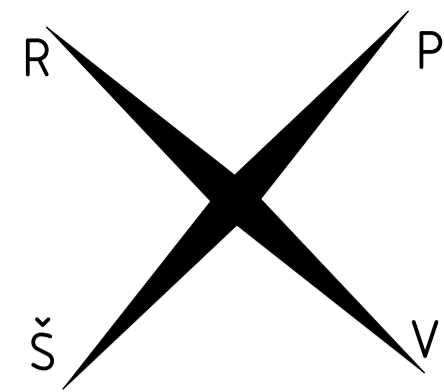
Pavadinimas	Reglamentuojančio normatyvinio techninio dokumento žymuo ir pavadinimas	Kontroliuojami rodikliai	Rodiklių reikšmės pagal normatyvinį-techninį dokumentą
Diatomitas	TU 5761-001-25310144-99	Tankis Drėgnumas	Ne didesnis 800 kg/m ³ Ne didesnis 52 %
Techninis natrio šarmas	GOST 2263-79 Techninis natrio šarmas Markė PD aukščiausia rūšis	Natrio hidroksido (NaOH) masės dalis	Ne mažiau 46 %
		Natrio karbonato (Na ₂ CO ₃) masės dalis	Ne daugiau kaip 0,6 %
		Natrio chlorido (NaCl) masės dalis	Ne daugiau kaip 3,0 %
		Geležies, perskaičiuotos į Fe ₂ O ₃ masės dalis	Ne daugiau kaip 0,007 %
Stiprus rūgštinis kationitas Amberlite IR 120H		Bazė Funkcinė grupė Forma Joninė forma Joninė galia Drėgmės kiekis Piltinis svoris Vidutinis granulių dydis Vienalytiškumo koeficientas	Stirola ir divinilbenzola sopolimeras Sulfonatai Gintarinės spalvos granulės H ⁺ Ne mažesnė 1,8 g-ekv/dm ³ 53 – 58 % 800 g/dm ³ 0,62 – 0,83 mm <1,8
Stiprus rūgštinis kationitas Amberjet IR 1000H		Bazė Funkcinė grupė Forma Joninė forma Joninė galia Drėgmės kiekis Piltinis svoris Vidutinis granulių dydis Vienalytiškumo koeficientas	Stirola ir divinilbenzola sopolimeras SO ³⁻ Gintarinės spalvos granulės H ⁺ Ne mažesnė 1,8 g-ekv/dm ³ 49 – 55 % 800 g/dm ³ 0,65 ±0,05 mm <1,2
Trinatrio fosfatas	GOST 201-76 Trinatrios fosfatas	Bendra P ₂ O ₅ masės dalis	Ne mažiau kaip 18,5 %
		Vandenyje netirpių liekanų masės dalis	Ne daugiau kaip 0,03 %

Lentelės tęsinys

Pavadinimas	Reglamentuojančio normatyvinio techninio dokumento žymuo ir pavadinimas	Kontroliuojami rodikliai	Rodiklių reikšmės pagal normatyvinį techninį dokumentą
Stiprus šarminis anjonitas AMBERJET 4200 Cl		Bazė Funkcinė grupė Forma Joninė forma Joninė galia Drėgmės kiekis Piltinis svoris Vidutinis granulių dydis Vienalytiškumo koeficientas	Stirolų ir divinilbenzolo sopolimeras $N^+(CH_3)_3$ Gintarinės spalvos granulės Cl^- Ne mažesnė 1,3 g-ekv/dm ³ 49 – 55 % 670 g/dm ³ 0,6 – 0,8 mm <1,25
Silpnas šarminis anjonitas AAMBERLITE IRA 67		Išvaizda Vidutinis dalelių dydis Jonitinė forma Piltinis svoris Vienalytiškumo koeficientas Drėgmės kiekis Jonitinė galia	Baltos spalvos rutuliukai 0,5 – 0,75 mm CO 650 g/dm ³ 1,8 56 – 64 % Ne mažiau 1,6 g-ekv/dm ³
Koaguliantas FeSO ₄	ДСТУ-2163-94 (GOST 6981-94) Techninis geležies sulfatas	Geležies sulfato (FeSO ₄) masės dalis	Ne mažiau kaip: 1-ma rūšis 53 %; 2-a rūšis 47 %
		Laisvos sieros rūgštis (H ₂ SO ₄) masės dalis	Ne daugiau kaip: 1-ma rūšis 0,3 %; 2-a rūšis 1 %
		Vandenyje netirpių liekanų masės dalis	Ne daugiau kaip: 1-ma rūšis 0,2 %; 2-a rūšis 1 %
Aktiphos 662 V	Saugos duomenų lapas	Agregatinė būseną/spalva	Skystis/gelsva
		Užšalimo temperatūra	-20 °C
		Tankis (20 °C)	1,36 g/cm ³
		Tirpumas vandenyje	Visiškai tirpus
Turbodispin D80	Saugos duomenų lapas	Agregatinė būseną/spalva	Skystis/ bespalvis
		Virimo temperatūra	Apie 100 °C
		pH (20 °C)	7
		Tankis (20 °C)	1,02 g/cm ³
		Tirpumas vandenyje	Visiškai tirpus

Lentelės tęsinys

Pavadinimas	Reglamentuojančio normatyvinio techninio dokumento žymuo ir pavadinimas	Kontroliuojami rodikliai	Rodiklių reikšmės pagal normatyvinį-techninį dokumentą
Natrio hipochloritas	Saugos duomenų lapas	Išvaizda	Šviesiai gelsvas skystis
		Tirpumas vandenyje	Visiškai tirpus
		Tankis (20 °C)	1,2 g/cm ³
		pH (20 °C)	14
		Užšalimo temperatūra	<0 °C
Hidrazino hidratas	Kokybės pažymėjimas	Spalva	Skaidrus bespalvis skystis
		Pagrindinės medžiagos masės dalis	100 %
		N ₂ H ₄ masės dalis	64,0 – 64,8 %
		Cl ⁻ masės dalis	Ne didesnis kaip 15 mg/kg
		Fe masės dalis	Ne didesnis kaip 0,5 mg/kg
		Sulfatų masės dalis	Ne didesnis kaip 1,0 mg/kg
Hidrazino sulfatas	Kokybės pažymėjimas	Pagrindinės medžiagos dalis	Ne mažiau kaip 99 %
		Vandenyje netirpios medžiagos masės dalis	Ne daugiau kaip 0,005 %
		Kaitinimo likutis	Ne didesnis kaip 0,05 %
		Chloridų masės dalis	Ne didesnis kaip 0,005 %
		Sunkiųjų metalų masės dalis (Pb)	Ne didesnis kaip 0,002 %
		Vario masės dalis	Ne didesnis kaip 0,001 %
		Nikelio masės dalis	Ne didesnis kaip 0,001 %
		Geležies masės dalis	Ne didesnis kaip 0,001 %
		Išvaizda (būvis)	Balti kristaliniai miltai

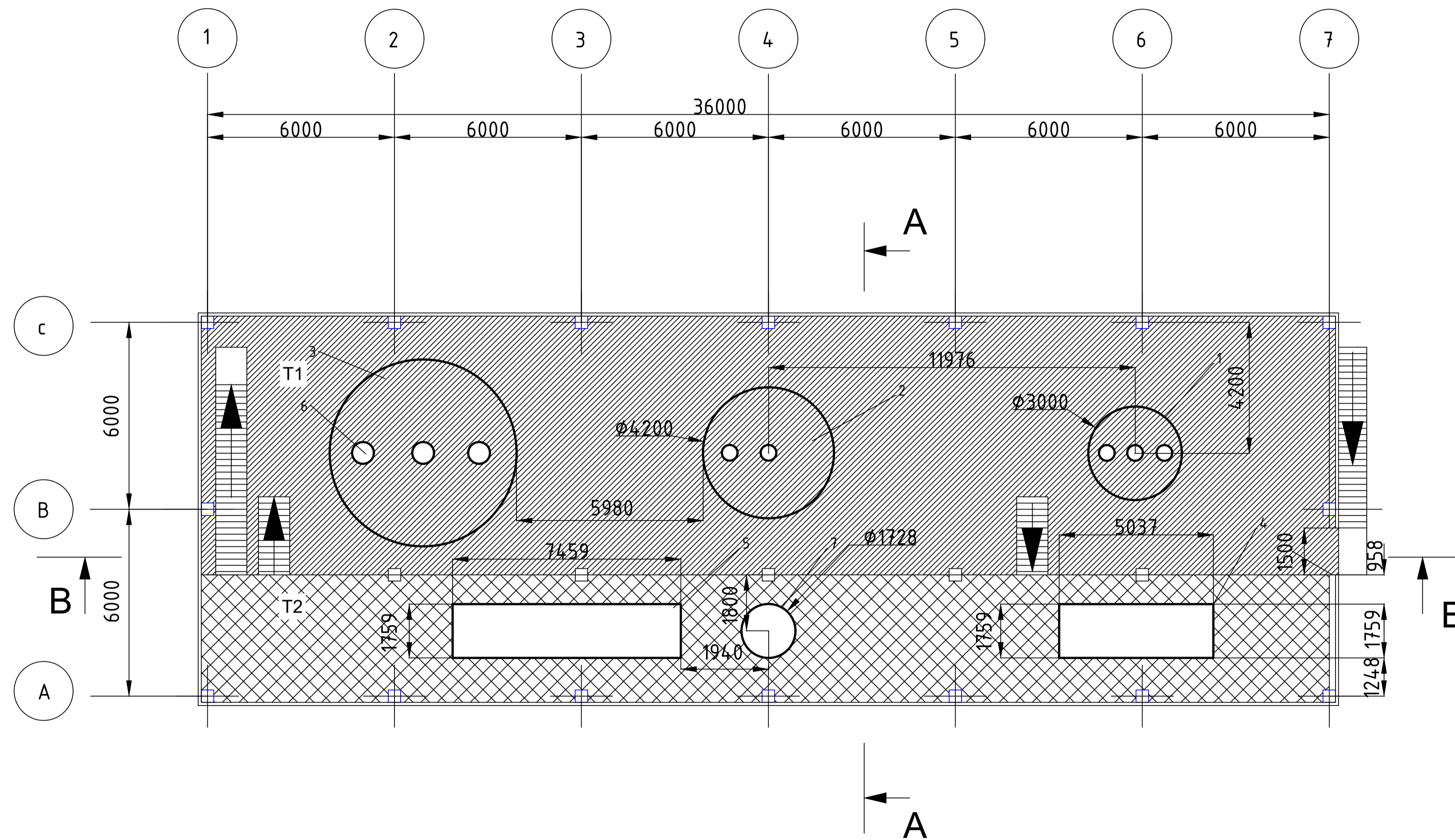


Situacijos planas

Eil. Nr.	Pavadinimas	Žymuo
1	Asfaltas	A
2	Betonas	B
3	Žolė	ž
4	Jėjimai	▲▶
5	Ivažiavimas/išvažiavimas	↑ ↓
6	Projektuojamas pastatas	▨

Eil. Nr.	Pavadinimas
1	Sieros sandėlis
2	Sieros lauko aikštelė
3	Lydykla
4	Sieros filtravimo pastatas
5	Nešvarios sieros saugykla
6	Švarios sieros saugykla
7	Sieros deginimo krosnys
8	Katilai-utilizatoriai
9	Orapūtė
10	Kontaktinis aparatas
11	HRS sistema
12	II laipsnio absorbcija
13	Oro džiovinimo bokštas
14	Oro filtras
15	Kaminas
16	Apytakinio vandens aušintuvai
17	Sieros rūgšties saugyklos
18	Absorbcijos pultas-dirbtuvės
19	Vandens cheminio valymo pastatas
20	Energoblokas
21	Pagrindinis valdymo pultas- administracinės patalpos
22	Pagalbinės patalpos
23	Nuskaidrinimo tvenkinys
24	Apsauginis tenkinys
25	Geležinkelis
26	Augalų zona
27	Ekonomaizeriai
28	Šilumokaitis
29	Garų perkaitintuvai

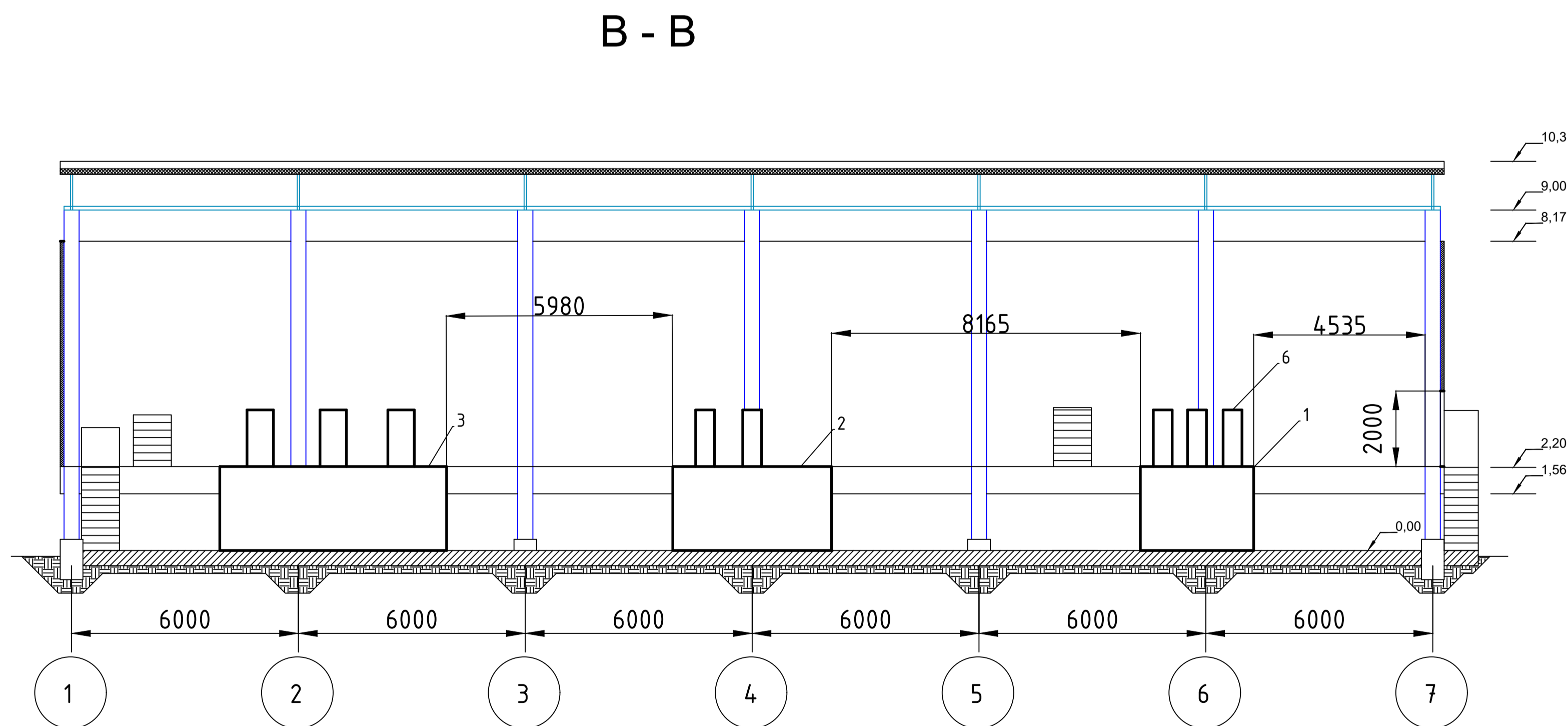
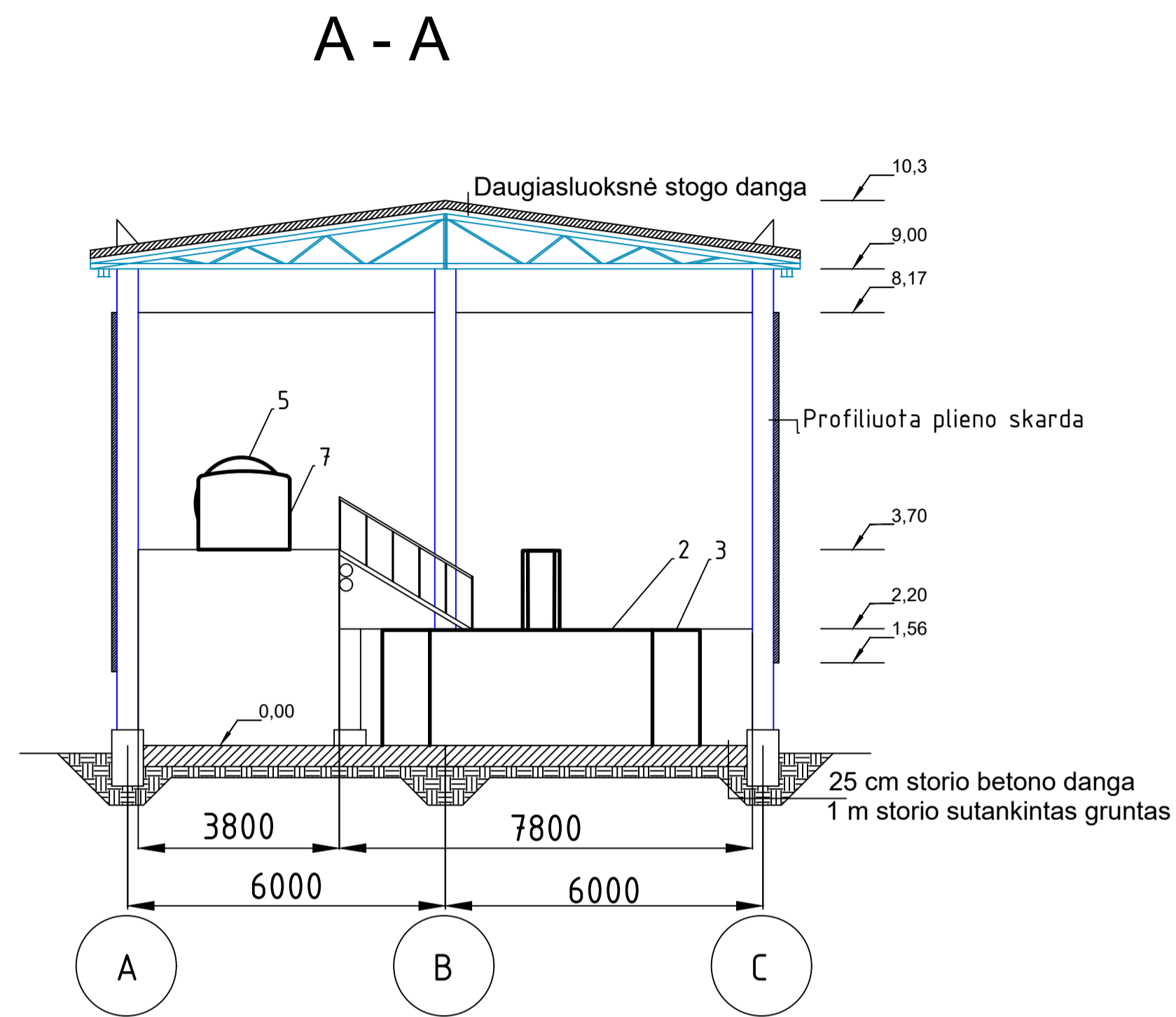
Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
T.MC-9	Studentas	Bronius Tiekus	2021-05-11	Sieros rūgšties gamybos technologiniai sprendimai Pastatų ir įrenginių išdėstymo planas
	Vadovė	Rasa Paleckienė		
	Recenzentė	Virginija Valančienė		
	Konsultantė	Odeta Vilionienė		
				Planas. Mastelis 1:1000
				Laida O
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra Radvilėnų pl. 19, Kaunas			Lapas Lapų
MBD	2021-MBD-FNC			1 4



Eil. Nr.	Pavadinimas	Žymuo
1	Tinklinės grindys virš talpų	T1
2	Tinklinės grindys po filtrais	T2

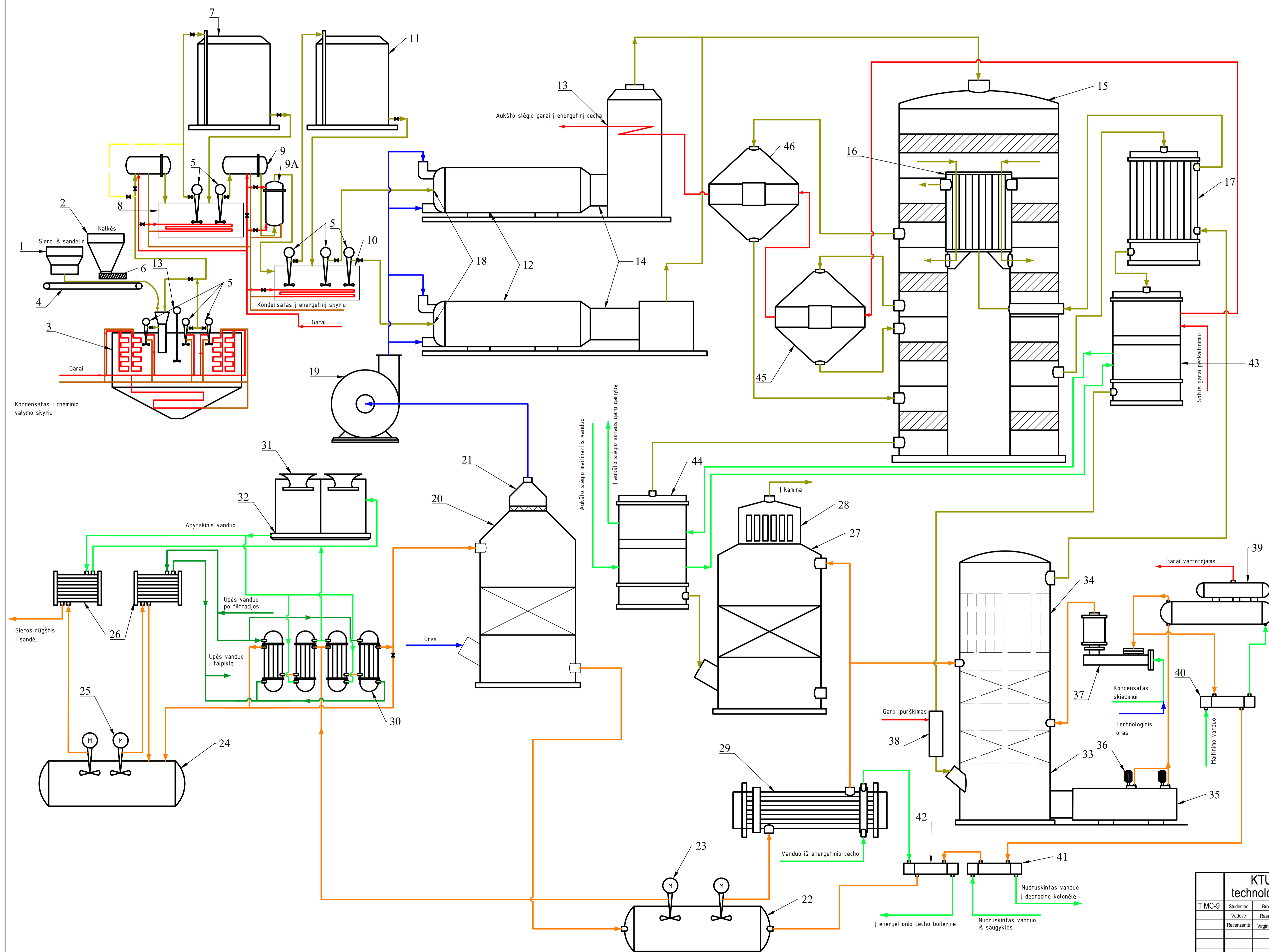
Eil. nr.	Pavadinimas	Žymuo	Kiekis
1	Nešvarios sieros rinktuvas	1	1
2	Tarpinis rinktuvas	2	1
3	Švarios sieros rinktuvas	3	1
4	Nešvarios sieros filtras	4	1
5	Švarios sieros filtras	5	1
6	Sieros siurblys	6	7
7	Švarios sieros kontrolinis filtras	7	1

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas			Magistro baigiamasis projektas	
TMC-9	Studentas	Bronius TĖkus	2021-05-18	Sieros rūgšties gamybos technologiniai sprendimai	
	Vadovė	Rasa Paleckienė		Sieros filtracijos pastato brėžinys	
	Recenzentė	Virginija Valančienė		Pastato planas, fasadas.	
	Konsultantė	Odeta Vilioniene		Mastelis 1:100	
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra			Lapas	Lapų
MBD	Radvilėnų pl. 19, Kaunas			2	4
				2021-MBD-FNC	



Eil. nr.	Pavadinimas	Žymuo	Kiekis
1	Nešvarios sieros rinktuvas	1	1
2	Tarpinis rinktuvas	2	1
3	Švarios sieros rinktuvas	3	1
4	Nešvarios sieros filtras	4	1
5	Švarios sieros filtras	5	1
6	Sieros siurblys	6	7
7	Švarios sieros kontrolinis filtras	7	1

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas			Magistro baigiamasis projektas	
TMC-9	Studentas	Bronius TĖkus	2021-05-18	Sieros rūgšties gamybos technologiniai sprendimai	
	Vadovė	Rasa Paleckienė		Sieros filtracijos pastato brėžinys	
	Recenzentė	Virginija Valančienė		Pastato plano pjūvio vaizdai. Mastelis 1:100	
	Konsultantė	Odeta Vilioniene		Laida	O
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra Radvilėnų pl. 19, Kaunas			Lapas	Lapų
MBD	2021-MBD-FNC			3	4



Specifikacija	
Nr.	Pavadinimas
1	Sieros bunkeris
2	Kalkių bunkeris
3	Sieros lydykla
4	Juostinis transporteris
5	Išcentrinis panardinamas sieros siurblys
6	Sraigtinis dozatorius
7	Nešvarios sieros saugykla
8	Nešvarios sieros tarpinis rinktuvas
9	Sieros filtras
9A	Projektuojamas sieros filtras tarpinis rinktuvas
10	Švarios sieros saugykla
11	Sieros krosnis
12	Garų perkaitintuvas
13	Katilas-utilizatorius
14	Kontaktinis aparatas
15	Vidinis šilumokaitis
16	Šilumokaitis dujos-dujos
17	Sieros purkštukas
18	Orapūtė
19	Džiovinimo bokštas
20	Džiovinimo bokšto demisteris
21	Kombinuotas rūgšties rinktuvas
22	Cirkuliacinis siurblys
23	Produkcines rūgšties rinktuvas-maišytuvas
24	Panardinamas siurblys
25	Šaldytuvas
26	Absorbcijos bokštas All
27	Absorbcijos bokšto All demisteris
28	Vamzdelinis šilumokaitis
29	Šilumokaitis EDMESTON
30	Vandens aušintuvės ventiliatorius
31	Vandens aušintuvė ir rezervuaras
32	HRS absorbcijos bokštas
33	HRS absorbcijos bokšto purstų gaudytuvas
34	HRS rūgšties rinktuvas
35	Panardinamas siurblys
36	Rūgšties skiedimo įrenginys
37	Garų įpurškimo įrenginys
38	HRS katilas
39	HRS kaitintuvas
40	HRS pirminis šildytuvas
41	HRS vandens šildytuvas
42	Ekonomaizeris/garų perkaitintuvas 3B/3A
43	Ekonomaizeris 4A/4C
44	Garų perkaitintuvas 2B
45	Garų perkaitintuvas 4C

KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
T MC-9	Studentas: Bronius Tilius	2021-05-11	Sieros rūgšties gamyba iš elementinės sieros
	Vadovė: Rasa Paleckienė		
	Recenzentė: Virginija Valančienė		
Pr. etapas	Fizinės ir neorganinės chemijos katedra	2021-MBD-FNC	Laida 4
MBD	Radvilėnu pl. 19, Kaunas		Lapas 4

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION