



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Pramoninių nuotekų valymo stoties modifikacija: cheminio nikeliavimo tirpalo valymas

Baigiamasis magistro projektas

Povilas Urbanskis

Projekto autorius

Doc. dr. Agnė Šulčiūtė

Vadovė

Kaunas, 2025



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Pramoninių nuotekų valymo stoties modifikacija: cheminio nikeliavimo tirpalo valymas

Baigiamasis magistro projektas

Chemijos inžinerija (6211EX020)

Lekt. dr. Odeta Viliūnienė

Konsultantė

Prof. dr. Irena Pekarskienė

Konsultantė

Prof. dr. Gintaras Denafas

Konsultantas

Doc. dr. Dalia Nizevičienė

Konsultantė

Povilas Urbanskis

Projekto autorius

Doc. dr. Agnė Šulčiūtė

Vadovė

Doc. dr. Egidijus Griškonis

Recenzentas

Kaunas, 2025



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Povilas Urbanskis

Pramoninių nuotekų valymo stoties modifikacija: cheminio nikeliavimo tirpalo valymas

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.

Povilas Urbanskis

Patvirtinta elektroniniu būdu



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Tvirtinu:
Cheminės technologijos fakulteto dekanė
prof. dr. Vaida Kitrytė Syrpa

Suderinta:
Fizikinės ir neorganinės chemijos katedros
vedėja doc. dr. K. Kantminienė

Dekano potvarkis Nr. V25-02-22
(2025 gegužės 20 d.)

2025 m. vasario mėn. 3 d.

Baigiamojo magistro projekto užduotis

Projekto tema Pramoninių nuotekų valymo stoties modifikacija: cheminio nikeliavimo
tirpalo valymas

Darbo tikslas ir uždaviniai	Darbo tikslas – išanalizuoti ir įvertinti pramoninių nuotekų valymo stoties technologijos modifikacijos galimybes, diegiant cheminio nikeliavimo tirpalo valymo sprendimus, siekiant sumažinti aplinkos taršą ir atliekų utilizavimo kaštus. Darbo uždaviniai: Atlikti literatūros analizę apie cheminio nikeliavimo procesą, tirpalo valymo būdus, galvanizavimo cecho nuotekų valymą, nikelio ir fosforo poveikį aplinkai; Išanalizuoti galvaninio cecho nuotekų valymo stoties veikimą ir pagrindinius technologinius sprendimus; Nustatyti teršalų, nikelio ir fosforo, koncentracijas cheminio nikeliavimo tirpale, atlikti laboratorinius tyrimus, siekiant įvertinti nikelio ir fosforo pašalinimo efektyvumą; Parengti siūlomos valymo stoties modifikavimo technologinę schemą; Atlikti statybinių sprendimų, ekonominių rodiklių, aplinkosauginio ir darbuotojų saugos vertinimą.
Reikalavimai ir sąlygos	Turi būti visos privalomos baigiamojo projekto sudėtinės dalys kaip nurodyta dekanų 2024 m. kovo 6 d. potvarkiu Nr. V25-02-10 patvirtintuose „Pirmosios pakopos studijų programos Cheminė technologija ir inžinerija ir antrosios pakopos studijų programos Chemijos inžinerija baigiamųjų projektų rengimo ir gynimo metodiniuose reikalavimuose“.

Vadovė Doc. dr. Agnė Šulčiūtė 2025-02-03
(vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas) (data)

Užduotį gavau: Povilas Urbanskis 2025-02-03
(studento vardas, pavardė) (parašas, data)

Urbanskis, Povilas. Pramoninių nuotekų valymo stoties modifikacija: cheminio nikeliavimo tirpalo valymas. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Agnė Šulčiūtė; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: cheminis nikeliavimas, nuotekų valymas, nikelis, tirpalo valymas.

Kaunas, 2025. 63 p.

Santrauka

Darbe apžvelgta cheminio nikeliavimo dangų nusodinimo technologija, taip pat nebetinkamo naudoti cheminio nikeliavimo tirpalo valymo technologija. Išanalizuota pramoninių nuotekų valymo technologija ir suprojektuota jos modifikacija, įdiegiant cheminio nikeliavimo tirpalo valymą. Suprojektuotas 3,24 m³ cheminio nikeliavimo tirpalo valymo reaktorius, apskaičiuoti cheminių medžiagų kiekiai, reikalingi 15 m³ tirpalo valymui. Parinkti papildomi įrengimai, apskaičiuoti medžiagų balansai, nubraižyta technologinė schema. Įvertinus modifikacijos ekonominius rodiklius, apskaičiuota, kad technologijos atsiperkamumas yra realus ir labai greitas. Pasitelkus šią modifikaciją įmonė uždirbs beveik 23 tūkst. Eur didesnę pelną per metus. Aplinkosauginio vertinimo metu nustatyta, jog susidarantys teršalai neviršija valstybės nustatytų normų. Nustačius cheminius ir fizikinius rizikos veiksnius, pasiūlytos darbuotojų darbo apsaugos priemonės.

Urbanskis, Povilas. Modification of an Industrial Wastewater Treatment Facility: Treatment of Chemical Nickel Plating Solution. Master's Final Degree Project / supervisor doc. dr. Agnė Šulčiūtė; Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

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

Keywords: chemical nickel plating, wastewater treatment, nickel, solution treatment.

Kaunas, 2025. 63 p.

Summary

The paper reviews the technology of chemical nickel plating and the technology for the spent chemical nickel plating solution treatment. The technology of the treatment of industrial wastewater was analyzed and the modification was proposed, implementing the treatment of spent chemical nickel solution. A 3,24 m³ reactor was proposed for the treatment of spent chemical nickel solution and the quantities of chemicals required to treat 15 m³ of the solution were calculated. Additional equipment necessary for chemical nickel solution treatment was selected, and material balances were calculated, process flow diagram was introduced. The economic performance of the modification has been assessed, and the payback of the technology is estimated to be realistic and fast – the modification will increase company's annual profit by almost EUR 23000. The environmental assessment proved that the pollutant emissions do not exceed the national limits. Chemical and physical risk factors have been identified, and measures have been proposed to protect employees at work.

Turinys

Lentelių sąrašas	9
Paveikslų sąrašas	10
Įvadas.....	11
1. Literatūros apžvalga	12
1.1. Cheminis nikeliavimas	12
1.2. Cheminio nikeliavimo tirpalo valymas	13
1.3. Galvanizavimo cecho nuotekų valymo stotis	16
1.4. Nuotekų/dumblo filtracija	17
1.5. Fosforo poveikis gyvagai gamtai	19
1.6. Nikelio poveikis gyvagai gamtai	20
2. Tiriamoji (eksperimentinė) dalis.....	21
2.1. Teršalų koncentracijos nustatymas cheminio nikeliavimo tirpale.....	21
2.2. Nikelio ir fosforo pašalinimas laboratorinėmis sąlygomis	22
3. Inžinerinė dalis.....	26
3.1. Technologinė dalis.....	26
3.1.1. Vandens nuotekų valymo stoties technologija	26
3.1.2. Cheminio nikeliavimo tirpalo valymo technologija	28
3.1.3. Cheminio nikeliavimo tirpalo valymo įrengimo projektavimas.....	30
3.1.4. Metinio reagentų kiekio skaičiavimas	31
3.1.5. Metinis susidarančių atliekų kiekis	32
3.2. Statybiniai sprendimai	33
3.2.1. Bendrieji duomenys.....	33
3.2.2. Statinio architektūrinė ir konstrukcinė sandara	33
3.2.3. Bendrųjų pastato inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai	34
3.3. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai.....	35
3.3.1. Naujos technologijos diegimas įmonėje, ekonominių problemų nustatymas	35
3.3.2. Investicijų ir finansų šaltiniai, projektuojamai technologijai	35
3.3.3. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas	36
3.3.4. Tiesioginių utilizavimo kaštų skaičiavimas.....	36
3.3.5. Netiesioginių utilizavimo kaštų skaičiavimas	38
3.3.6. Veiklos kaštai	39
3.3.7. Utilizavimo kainos skaičiavimas	40
3.3.8. Projekto pelnas	40
3.3.9. Projekto investicijų efektyvumo vertinimas	40
3.4. Aplinkosauginis vertinimas	42
3.4.1. Įvadas.....	42
3.4.2. Ūkinėje veikloje naudojamų technologinių procesų apibūdinimas	42
3.4.3. Bendrieji duomenys.....	42
3.4.4. Atliekos.....	43
3.4.5. Aplinkos oro tarša.....	44
3.4.6. Naudojamas vanduo ir susidarančios nuotekos	44
3.4.7. Apibendrinimas	46
4. Darbuotojų sauga ir sveikata	47
4.1. Projektuojamojo objekto charakteristika	47

4.2. Profesinės rizikos vertinimas.....	47
4.3. Saugi gamyba	50
4.4. Darbo higiena	52
4.5. Gaisrinė sauga	53
Išvados	55
Literatūros sąrašas	56
Priedai.....	59
1 priedas. Vandens nuotekų ir cheminio nikeliavimo tirpalo valymo stoties principinė technologinė schema.....	59
2 priedas. Vandens nuotekų ir cheminio nikeliavimo tirpalo valymo stoties patalpų planas.....	59
3 priedas. Vandens nuotekų ir cheminio nikeliavimo tirpalo valymo stoties patalpų pjūvis	59
4 priedas. Įmonės sklypo planas	59

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Medžiagų balansas.....	25
2 lentelė. Pamainai reikalingų reagentų kiekis.....	32
3 lentelė. Metinis reagentų kiekis	32
4 lentelė. Susidarančių atliekų kiekis	33
5 lentelė. Pagrindiniai sklypo techniniai rodikliai.....	33
6 lentelė. Technologijos diegimo kaštai ir finansavimo šaltiniai.....	36
7 lentelė. Ilgalaikis turtas	36
8 lentelė. Išlaidos pagrindinėms žaliavoms.....	36
9 lentelė. Darbininkų metinis darbo užmokestis	37
10 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai.....	38
11 lentelė. Tiesioginės išlaidos vandeniui.....	38
12 lentelė. Atliekų utilizavimo kaštų skaičiavimas.....	38
13 lentelė. Amortizaciniai kaštai.....	39
14 lentelė. Utilizavimo kaštai.....	39
15 lentelė. Veiklos sąnaudų paskirstymas.....	40
16 lentelė. 1 tonos tirpalo pilnoji savikaina	40
17 lentelė. Apibendrinti projekto įgyvendinimo duomenys.....	41
18 lentelė. Energijos vartojimas.....	42
19 lentelė. Duomenys apie naudojamas žaliavas, chemines medžiagas ar preparatus	43
20 lentelė. Žaliavų ir papildomų cheminių medžiagų ar preparatų saugojimas.....	43
21 lentelė. Atliekos, atliekų tvarkymas	43
22 lentelė. Atliekų saugojimas objekte	44
23 lentelė. Numatomas vandens paėmimas ir vartojimas	44
24 lentelė. Duomenys apie nuotekų šaltinius ir/arba išleistuvus.....	44
25 lentelė. Planuojamų išleisti nuotekų užterštumas/numatoma aplinkos tarša	45
26 lentelė. Cheminių rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas ^[24]	47
27 lentelė. Fizikinių rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas ^[25,26,27,28]	48
28 lentelė. Fizinių rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas ^[29]	48
29 lentelė. Ergonominių rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas ^[30]	49
30 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai ^[31]	49
31 lentelė. Pastatų, patalpų kategorijos pagal sprogimo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonos ^[31]	50
32 lentelė. Naudojamų cheminių medžiagų poveikis sveikatai ir asmeninės apsaugos priemonės ^[34,24]	52
33 lentelė. Darbo patalpų komfortinės sąlygos ^[26]	52
34 lentelė. Regos darbų kategorija ir norminė apšvieta ^[27]	53
35 lentelė. Gaisro klasė ir ugnį gesinanti medžiaga ^[35]	53

Paveikslų sąrašas

1 pav. A – elektrochemiškai padengtas paviršius, B – cheminiu būdu padengtas paviršius ^[4]	12
2 pav. Padengta detalė, naudojant cheminio nikeliavimo metodą (autorius nuotrauka)	13
3 pav. Cheminio nikelio nusodinimas hidroksido pavidalu ^[11]	14
4 pav. Nikelio atgavimo ir srovės efektyvumo priklausomybė nuo elektrolizės trukmės ^[12]	15
5 pav. Natrio dimetilditiokarbamato reakcija su sunkiųjų metalų jonais (pvz. M: Ni ²⁺ , Pb ²⁺ , Cu ²⁺ , Co ²⁺) ^[14]	15
6 pav. Plastiko chromavimo proceso nuotekų valymo stoties blokinė schema (autorius schema). 16	
7 pav. Juostinio filtro-presų veikimo schema ^[15]	18
8 pav. Centrifuginio presų veikimo schema ^[16]	18
9 pav. Lėkštinis filtras-presas (autorius nuotrauka)	19
10 pav. Tirpalas prieš pašalinant nikelį (autorius nuotrauka)	23
11 pav. Tirpalas po nikelio pašalinimo (autorius nuotrauka)	23
12 pav. Susidarę kalcio druskų nuosėdos (autorius nuotrauka)	25
13 pav. Nusodintuvas su pasvirusiomis plokštėmis (lamelomis) (autorius nuotrauka)	27
14 pav. Principinė cheminio nikeliavimo tirpalo ir chromavimo nuotekų valymo schema (autorius schema)	29
15 pav. Cheminio nikeliavimo tirpalo valymo talpos preliminarinė schema (autorius brėžinys)	31
16 pav. Grindų sudėtinės dalys (autorius brėžinys)	34
17 pav. Stogo sudėtinės dalys ^[21]	34
18 pav. Cheminių sorbentų rinkinys ^[32]	51
19 pav. Cheminio nikeliavimo tirpalo ir vandens nuotekų valymo stoties evakuacijos planas (autorius brėžinys)	54

Ivadas

Cheminis nikeliavimas yra naudojamas įvairių detalių padengimui, nenaudojant elektrocheminių procesų. Chemiškai nikelį galima padengti ant plastikų ir metalų, taip pakeičiant jų funkcines ir antikoroazines savybes. Šiuo būdu padengtos dalys naudojamos įvairiose industrijose:

- Automobilių pramonė – stūmoklių, velenų, guolių padengimui, sustiprinant jų atsparumą mechaniniam poveikiui^[1].
- Elektronikos pramonėje – puslaidininkių gamyboje, sukuriant elektrai laidžius sluoksnius ir pagerinant antikoroazines savybes^[2].
- Plastikų metalizavimo pramonėje – chemiškai padengtas nikelio sluoksnis suteikia detalėms laidumą, todėl jos gali būti padengtos įvairiais metalais elektrocheminiu būdu.

Populiariausios ir dažniausiai naudojamos yra Ni-P ir Ni-B lydinių dangos, kurių cheminės reakcijos paremtos autokatalitiniais procesais. Tirpale esantis reduktorius redukuodamas nikelio jonus detalės paviršiuje sudaro dangą, kuri toliau katalizuoja procesą.

Cheminio nikeliavimo tirpalai ilgainiui praranda savo efektyvumą, nes atstatant reagentų (nikelio jonų ir reduktoriaus) koncentracijas, didėja tirpalo praskiedimas. Dėl šios priežasties, po daugelio reagentų pridėjimo ciklų, tirpalas praranda savo savybes ir tolimesnis dengimas tampa neįmanomu. Toks tirpalas tampa pavojinga atlieka, kuriai reikalingas utilizavimas.

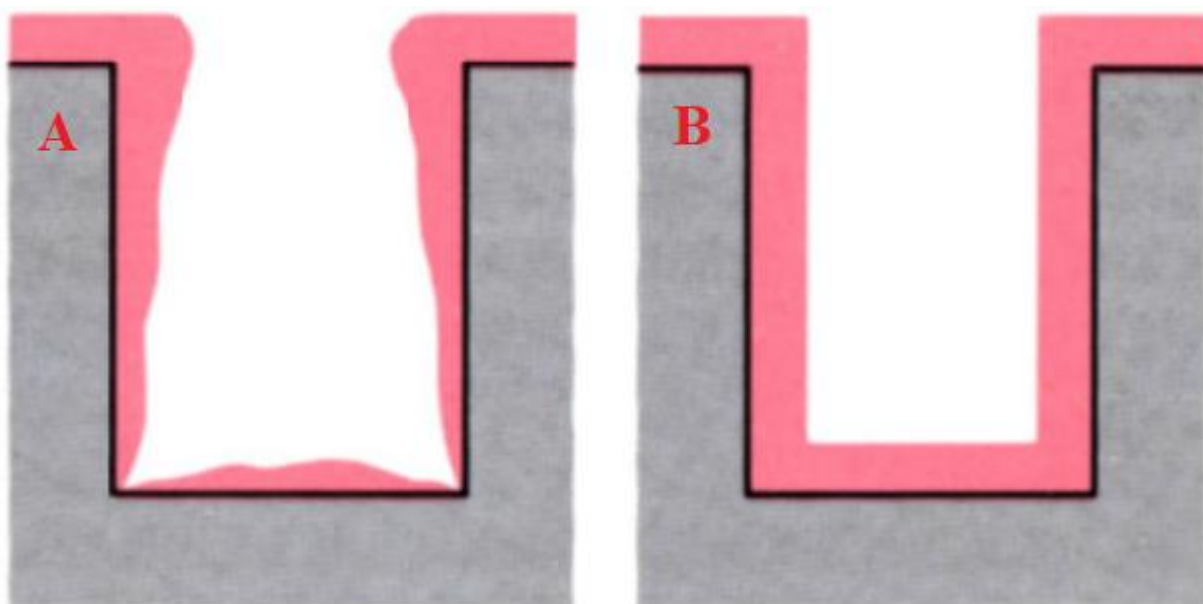
Nebenaudojamame tirpale vis dar gausu teršalų (nikelio jonų, fosforo ir boro turinčių junginių), todėl tirpalas turi būti tinkamai apdorotas. Galimi apdorojimo būdai apima nikelio nusodinimą panaudojant organinius junginius, taip pat naudojant natrio šarmo tirpalą, nusodinant nikelį hidroksido pavidalu, kurį galima vėliau panaudoti kitose pramonės šakose. Tinkamas tirpalo apdorojimas yra itin svarbus, norint išvengti galimų rizikų, susijusių su gyvąja gamta.

1. Literatūros apžvalga

1.1. Cheminis nikeliavimas

Cheminis nikeliavimas yra autokatalitinis procesas^[3], kurio metu ant paviršiaus nusodinama tolygi nikelio ir fosforo lydinio (Ni-P) danga. Toks paviršiaus metalizavimo metodas yra labai pranašus, nes gali padengti bet kokios geometrijos paviršius tolygia metalo danga. Padengti paviršiai yra kieti, atsparūs korozijai ir dilimui.

Nikeliuojant chemiškai, metalo jonai tirpale yra redukuojami ant aktyvuoto paviršiaus (aktyvacijai dažniausiai naudojamas paladis) vykstant cheminei reakcijai tarp tirpale esančio reduktoriaus – natrio fosfinato ir nikelio jonų. Ši reakcija yra autokatalitinė, susidaręs nikelio sluoksnis toliau katalizuoja procesą, todėl metalas nusėda tolygiai ant viso paviršiaus. Cheminio nikeliavimo metodo pranašumas prieš elektrocheminį nikelio padengimą – vienoda ir tolygi danga, kurią kartais sunku nusodinti naudojant elektrocheminius procesus dėl paviršiaus nelygumų.



1 pav. A – elektrochemiškai padengtas paviršius, B – cheminiu būdu padengtas paviršius^[4]

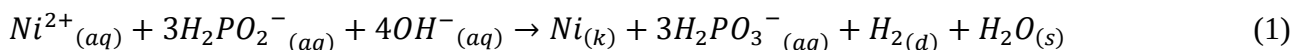
Cheminio nikeliavimo dangų pranašumai:

- **Tolygus padengimas.** Pasiekiamas vienodas dangos storis visuose paviršiuose, įskaitant sudėtingas geometrines formas, taip pat ir vidinius paviršius (1 pav.), taip užtikrinama visapusiška gaminio apsauga^[5].
- **Atsparumas korozijai.** Ni-P lydinio dangos pasižymi išskirtinėmis atsparumo korozijai savybėmis, ypač daug fosforo turinčiuose lydinuose^[6].
- **Atsparumas dilimui ir kietumas.** Cheminio nikelio dangos su nedidele fosforo koncentracija (<5 %) pasižymi kietumu^[7], kuris gali būti dar labiau padidintas dangą apdorojus termiškai, taip padidinant atsparumą dilimui^[8].



2 pav. Padengta detalė, naudojant cheminio nikeliavimo metodą (autorius nuotrauka)

Cheminio nikeliavimo metu vykstančios cheminės reakcijos lygtis yra tokia:



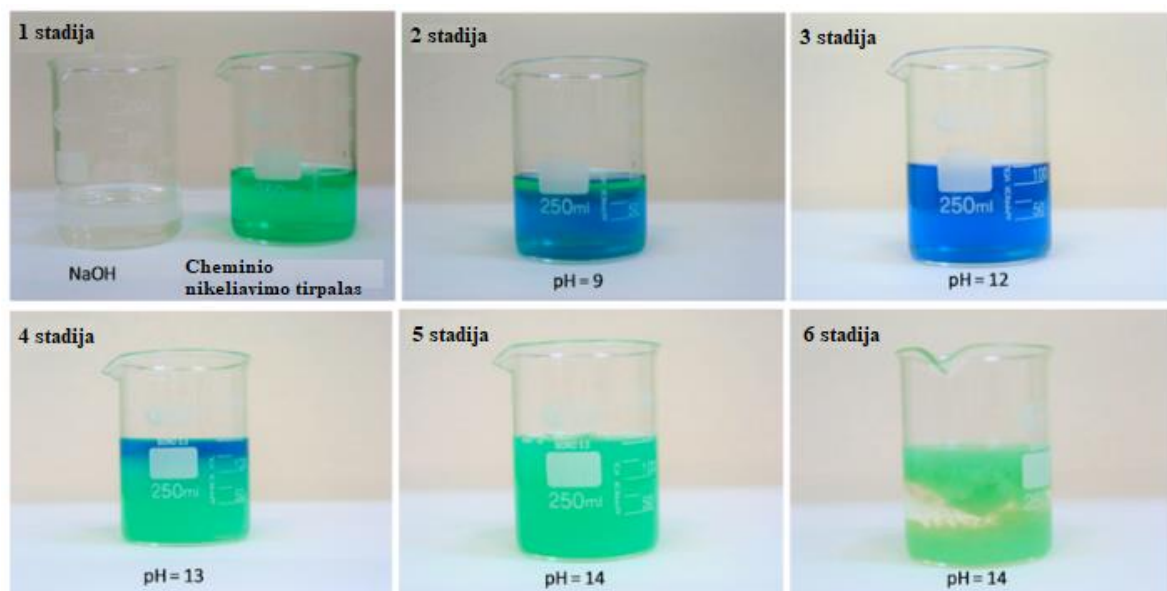
Elektrolitas sudarytas iš kelių pagrindinių komponentų: nikelio jonų šaltinio (nikelio chloridas), redukuojančio agento (natrio fosfinatas), kompleksodario (amoniakinis vanduo, citrinų rūgštis)^[9]. Nuolatos dengiant paviršius, tirpale sumažėja reduktoriaus ir nikelio jonų šaltinio koncentracijos, todėl tirpalui reikalingas šių komponentų papildymas. Ilgainiui tirpalas tampa per daug praskiestas ir prisotinęs vandenilio dujų, dėl šios priežasties elektrolitas nebegali būti toliau naudojamas dengimui.

Tirpalas patampa atlieka, kurios antrinis panaudojimas neįmanomas, todėl turi būti atliktas tirpalo utilizavimas. Utilizuojamame mišinyje vis dar gausu nikelio jonų, kuriuos reikia pašalinti, norint tirpalą išleisti į nuotekų sistemą.

1.2. Cheminio nikeliavimo tirpalo valymas

Didelis kiekis nikelio ir reduktoriaus jonų esančių nebetinkamuose naudoti cheminio nikeliavimo tirpaluose suteikia poreikį šiuos tirpalus apdoroti, siekiant sumažinti utilizavimo kaštus arba atgauti naudingąsias medžiagas^[10]. Tirpalų apdorojimo būdai:

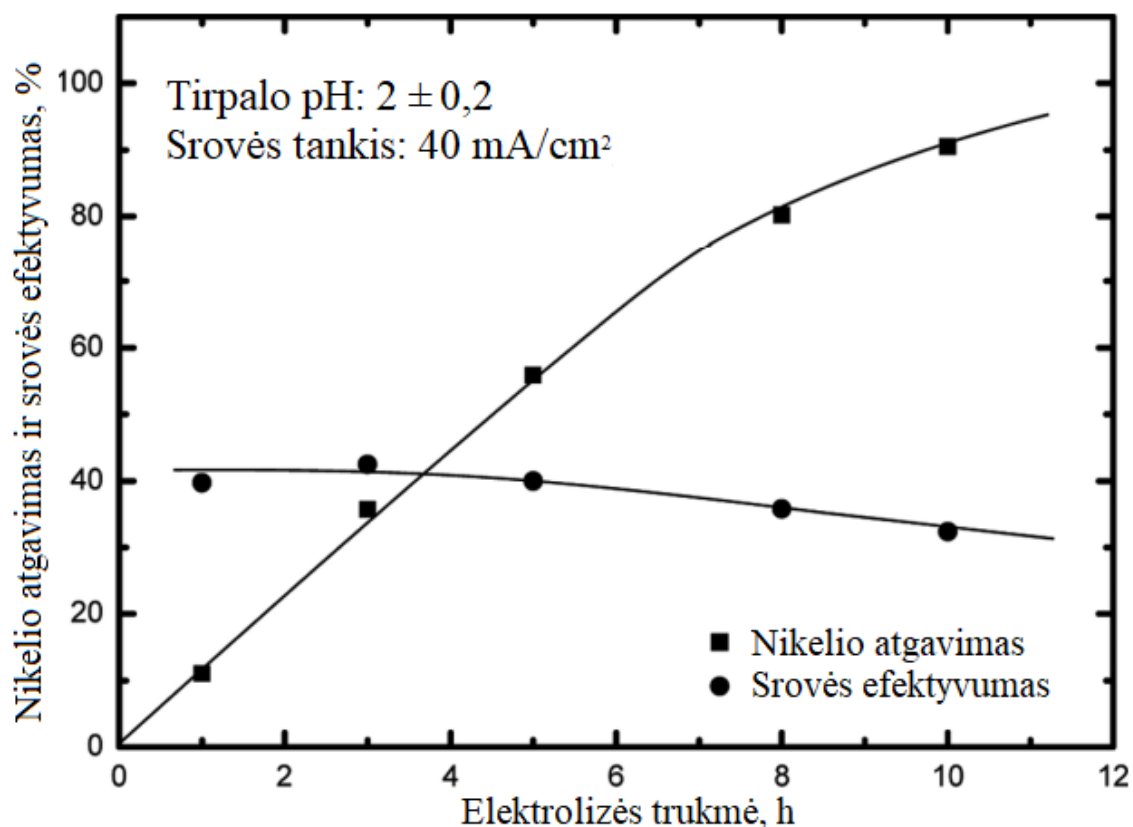
1. **Cheminis nusodinimas.** Taikant šį metodą, į panaudotą tirpalą pridedama šarmų, dažniausiai natrio hidroksido. Susidaro netirpus nikelio hidroksidas, kuris vėliau gali būti atskirtas filtruojant. Tyrimais aprašytas metodas, kaip naudojant natrio hidroksidą nikelis nusodinamas β -Ni(OH)₂ pavidalu, kuris vėliau galėtų būti panaudotas pakartotinai chemijos pramonėje^[11].



3 pav. Cheminio nikelio nusodinimas hidroksido pavidalu^[11]

Laipsniškai didinant tirpalo pH išsiskiria amoniako dujos. pH padidinus iki 13, tirpalas susidrumsčia ir dar padidinus pH iškrenta ryškiai matomos, šviesiai žalios spalvos nuosėdos. Susidaro nikelio hidroksidas, kurį galima filtruoti. Šio nusodinimo trūkumas – daleles yra sudėtinga filtruoti, nes jos yra labai smulkios frakcijos. Taip pat, kyla sunkumų norint vėliau apdoroti likusį nufiltruotą skystį, nes reikia panaudoti didelį kiekį rūgšties, kad būtų galima neutralizuoti tirpalą.

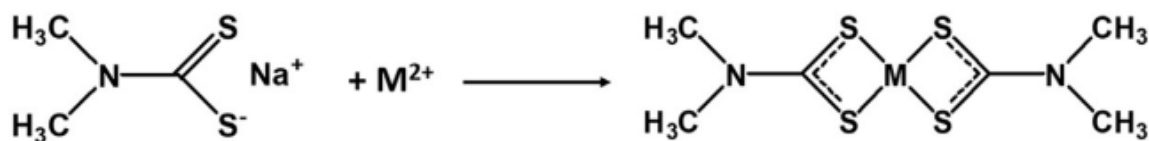
2. **Elektrocheminis apdorojimas.** Taikant šį metodą, negalima naudoti gryno cheminio nikeliavimo tirpalo, nes vykstant elektrocheminiams procesams, didžioji dalis elektros energijos sunaudojama šalutinėms reakcijoms, todėl sumažėja nikelio atgavimo efektyvumas. Remiantis atliktu tyrimu, pirmiausia nikelis iš tirpalo nusodinamas hidroksido pavidalu^[12]. Susidaręs hidroksidas atskiriamas ir ištirpinamas silpnoje 4 – 6 % koncentracijos sieros rūgštyje. Gautas tirpalas buvo elektrolizuojamas, elektrochemiškai nusodinant nikelį ant katodo. Elektrocheminis procesas jautrus pH pokyčiams, todėl pH vertė viso proceso metu buvo palaikoma $2 \pm 0,2$ ribose. Nikelio atgavimo ir srovės efektyvumo priklausomybė nuo elektrolizės trukmės parodytos 4 pav.



4 pav. Nikelio atgavimo ir srovės efektyvumo priklausomybė nuo elektrolizės trukmės^[12]

Atliekant nikelio šalinimą šiuo būdu, galima išgauti naudingą produktą – gryną nikelį, kuris galis būti panaudojamas kitose pramonės šakose, tačiau susiduriama su tais pačiais trūkumais, kaip ir cheminio nusodinimo atveju – likęs tirpalas po nusodinimo turi didelę pH vertę ir tolimesnis jo apdorojimas tampa sudėtingas ir išauga utilizavimo kaštai. Taip pat susiduriama su atskyrimo problemomis, jeigu taikomi pramoniniai filtravimo būdai, todėl šis metodas yra praktiškai ir finansiškai nepatrauklus.

3. **Nusodinimas naudojant organinius junginius.** Anksčiau aprašytuose nusodinimo metoduose naudojamas agentas – natrio šarmas. Šiuo atveju yra naudojami organiniai junginiai, kurie sujungia sunkiuosius metalus į netirpius junginius. Vienas iš labiausiai naudojamų junginių – natrio dimetilditiokarbamatas^[13]. Šis junginys daugiausiai naudojamas sunkiaisiais metalais užterštų nuotekų valymui. Susijungęs su metalų jonais, sudaro netirpų ir stabilų kompleksą (5 pav.), taip yra užtikrinamas efektyvus metalų pašalinimas. Remiantis literatūra, naudojant dimetilditiokarbamatą ir ditiokarbamatą, metalų pašalinimas siekia 100 % Fe^{2+} , 99,68 Co^{2+} , 99,67 Ni^{2+} ir 100 % Cu^{2+} . Norint gauti aukštą metalų pašalinimo efektyvumą, reikia užtikrinti stabilias pH vertes. Pavyzdžiui, geriausias nikelio pašalinimo efektyvumas (99,67 %) pasiektas terpėje, kurios pH vertė 4^[13].



5 pav. Natrio dimetilditiokarbamato reakcija su sunkiųjų metalų jonais (pvz. M: Ni^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+})^[14]

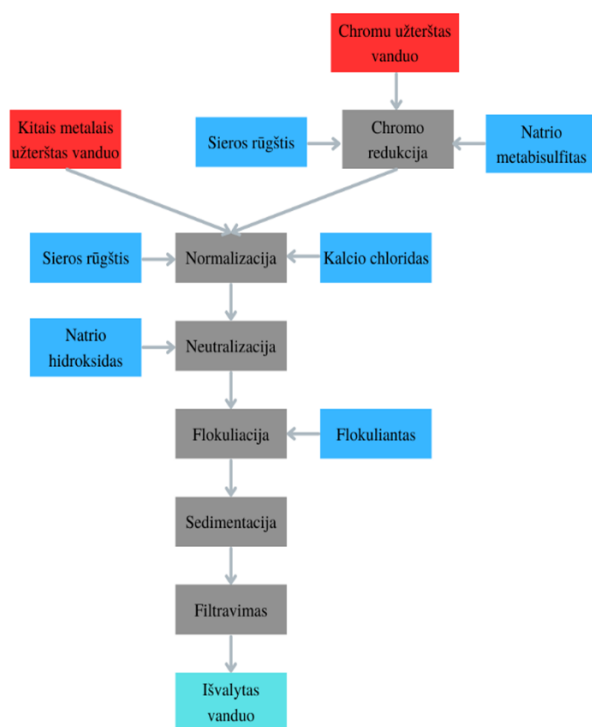
Šios proceso privalumas – metalų pašalinimui užtenka vienos stadijos ir vieno cheminio reagento, tačiau reikalinga pH kontrolė. Nuosėdos filtruojant lengvai pašalinamos ir gaunama sausa atlieka, kuri neturi antrinio panaudojimo, todėl turi būti perduota utilizavimui.

1.3. Galvanizavimo cecho nuotekų valymo stotis

Galvanizuojant metalus arba plastikus, proceso metu susidaro didelis kiekis nuotekų, užterštų metalų jonais. Pavyzdžiui, plastiko chromavimo procesas susidaro iš kelių stadijų:

- Plastiko paruošimas dengimui;
- Cheminis metalo padengimas (cheminis nikeliavimas);
- Elektrocheminis vario padengimas;
- Elektrocheminis nikelio padengimas;
- Elektrocheminis chromo padengimas.

Siekiant išvengti elektrolitų užteršimo, dengiamos detalės prieš tolimesnes galvanizavimo stadijas nuplaunamos vandeniu, detales panardinant į vandeniu užpildytas talpas. Proceso metu susidaro Cu^{2+} , Ni^{2+} ir šešiavalenčio chromo jonais užterštos nuotekos, kurioms reikalingas apdorojimas prieš jas išleidžiant į nuotekų šalinimo sistemą.



6 pav. Plastiko chromavimo proceso nuotekų valymo stoties blokinė schema (autorius schema)

Nuotekų valymo stoties stadijos:

1. **Chromo redukcija** – plastiko paruošimo ir padengimu chromu stadijose naudojamas šešiavalentis chromas (CrO_4^{2-}), todėl prieš neutralizacijos stadiją reikalingas šešiavalenčio chromo redukavimas į trivalentį. Tam naudojamas natrio metabisulfito tirpalas.
2. **Normalizavimas** – šios stadijos metu nuotekų pH stabilizuojamas, norint užtikrinti, kad visi metalai būtų jonų pavidale. Šioje stadijoje naudojamas koaguliantas – kalcio chloridas. Šis priedas pagerina metalų nusėdimą tolimesniuose valymo procesuose.
3. **Neutralizacija** – šiame etape naudojamas natrio hidroksido tirpalas. Vario, nikelio ir chromo (III) jonai susijungia su hidroksido jonais ir sudaro netirpius junginius, taip metalų jonai pašalinami iš nuotekų.
4. **Flokuliacija** – šioje stadijoje panaudojamas flokuliantas. Tai polimerinė medžiaga, kuri destabilizuoja koloidinį tirpalą, sąlyginai smulkios metalų hidroksidų detalės sulipinamos į stambias ir sunkias flokules, kurios lengvai ir greitai nusėda.
5. **Sedimentacija** – po flokuliacijos, paliekamas laiko tarpas dalelėms atsiskirti nuo vandeninio tirpalo ir nusėsti į talpos dugną.
6. **Filtravimas** – susidariusios šlapios nuosėdos – galvaninis dumblas – turi būti filtruojamos ir sausinamos.

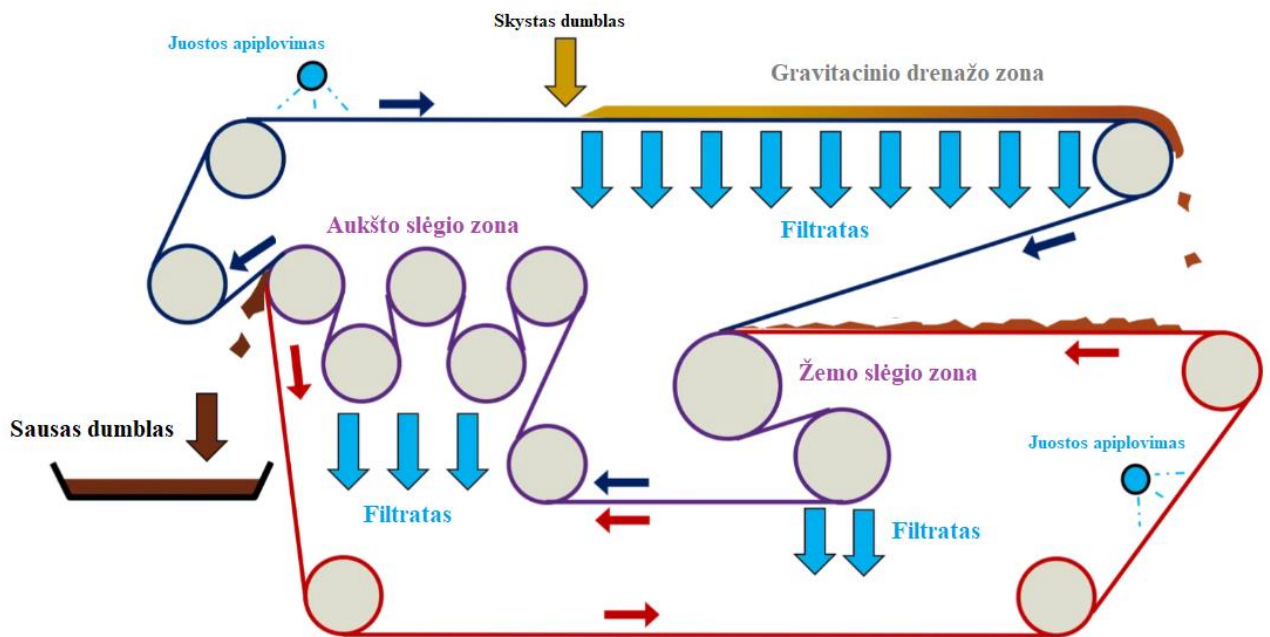
1.4. Nuotekų/dumblo filtracija

Neutralizacijos būdu gautas galvaninis dumblas yra skystas ir turi savyje daug vandens. Norint priduoti dumblą utilizavimui, reikalingas jo nusausinimas. Nesusausintą dumblą priduoti reikėtų specializuoto transporto, taip pat padidėtų utilizavimo kaštai, nes masė gali būti iki 10 kartų didesnė, lyginant su nusausintu dumbliu.

Filtravimo technologijos:

- 1) **Juostinis filtras-presas.** Siekiant pašalinti vandenį, juostiniuose filtruose naudojamos dvi jėgos – gravitacija ir slėgis. Sistemą įprastai sudaro 2 – 3 recirkuliacinės porėtos juostos, kurios tam tikruose taškuose susijungia, taip išspausdamos iš dumblo vandenį.

Dumblas įprastai išpilamas gravitacinio drenažo zonoje, kur prasideda filtracijos procesas. Iš ant porėtos juostos supilto dumblo, pradeda tekėti filtratas dėl gravitacinės jėgos. Toliau dumblas tiekiamas į žemo slėgio zoną, kur dumblas spaudžiamas mechaniniu slėgiu, taip pašalinant dalį vandens. Toliau dumblas pernešamas į aukšto slėgio zoną, kur jis galutinai išsausinamas ir išbyra į surinkimo talpą.

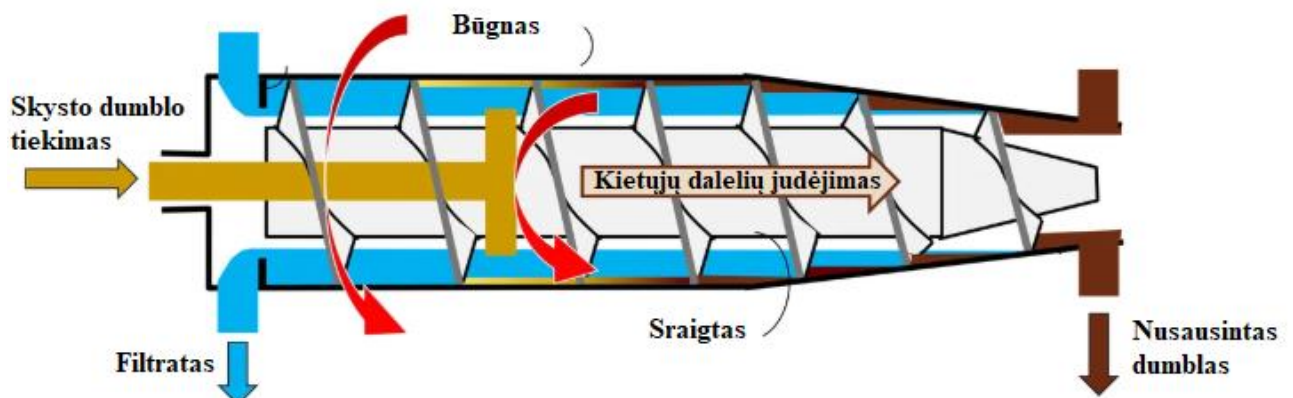


7 pav. Juostinio filtro-preso veikimo schema^[15]

Pagrindinis šio filtro pranašumas – nuolatinis veikimas, nereikia sustabdyti darbo, norint pašalinti nusaustiną dumblą, taip pat susidaręs dumblas yra tolygios frakcijos ir vienodai išsausintas. Kadangi filtras turi daug smulkių dalių, skriemulių, dažnai reikalingi aptarnavimai ir dalių keitimai. Juostinio preso filtras netinkamas labai praskiestam dumblui filtruoti.

- 2) **Centrifuginis filtras.** Centrifugavimas naudojamas ir dumblo sutirštinimui, po to jį apdorojant kitais nusausinimo būdais, arba visiškai dumblo nusausinimui. Šios dvi technologijos skiriasi būgno sukimosi greičiu, pralaidumu ir skysto dumblo sandara.

Nusausinimas reikalauja daugiau energijos nei sutirštinimas, nes pašalinamas didesnis vandens kiekis. Nusausintas dumblas savyje turi iki 50 % vandens ir yra panašios konsistencijos kaip plastilinas. Naudojant dumblo sutirštinimo technologiją, atliekos išlieka skystos, jas galima pumpuoti siurbliais.



8 pav. Centrifuginio preso veikimo schema^[16]

Šio filtro pranašumas – galima keisti dumblo nusausinimo laipsnį, pakeičiant filtro technines specifikacijas: prailginant susiaurėjimą filtro gale, keičiant būgno ir sraigto sukimosi greičius, padidinant sraigto diametrą, kad būtų padidinamas dumblo suspaudimas.

Taip pat, galima panaudoti hibridinį nusausinimo metodą, kai sistema yra šildoma. Vanduo yra pašalinimas netik išstūmimo ir išcentrinėmis jėgomis, bet ir išgarinant dalį vandens. Toks dumblo nusausinimo būdas yra labai efektyvus, nes pasiekiamas 90 % sausumo laipsnis, tačiau sunaudojama daug papildomos energijos šildymui.

- 3) **Lėkštinis filtras-presas.** Filtravimo presas sausina dumblą jį suspaudžiant tarp plokščių. Šio proceso metu iš dumblo išstumiamas vanduo, aukštu slėgiu užspaudžiant plokštes ir iš priešingos pusės pumpuojant skystą dumblą. Filtro pajėgumas gali būti keičiamas padidinant arba sumažinant plokščių skaičių. Plokštės yra įgilintos, kad būtų vietos dumblo susikaupimui, taip pat ant kiekvienos plokštės uždėtas filtravimo audinys, kurio porų dydis mažesnis nei 0,1 mm.



9 pav. Lėkštinis filtras-presas (autoriaus nuotrauka)

Sausinimas lėkštiniais filtrais yra vienintelė technologija, kuri gali veikti tik periodiškai, o ne nepertraukiamai, tačiau turi didelį nusausinimo laipsnį (dumblas lieka iki 30 % drėgmės) ir sunaudoja sąlyginai mažai energijos.

Plokštės iš vienos pusės suspaudžiamos hidrauliniu varikliu su sraigto iki 20 bar slėgio, o iš kitos pusės membraniniu siurbliu 8 bar slėgiu pumpuojamas šlapias dumblas. Tekėdamas per plokščių vidurį, dumblas išsiskirsto į tuščias erdves esančias tarp plokščių, o skystoji fazė pereina per membranas. Nufiltruotas dumblas lieka tarp plokščių, o filtratas išteka per nedidelius čiaupus esančius plokščių šonuose. Kai per čiaupus nebeteka filtratas, tai signalizuoja, kad filtras-presas yra užsipildęs ir reikalingas valymas. Išjungiamas membraninis siurblys, sumažinamas sraigto slėgis, plokštės atskiriamos ir sausas dumblas išvalomas rankiniu būdu.

1.5. Fosforo poveikis gyvajai gamtai

Eutrofikacija – ekosistemos kitimas, kurį sukelia cheminiai junginiai savyje turintys fosforo ir azoto. Vandens ekosistemos yra jautrios fosforo pertekliui, o sausumos ekosistemos – azoto pertekliui. Eutrofikacija yra bendras terminas, kuris apibūdina procesą, kurio metu fosforo junginiai kaupiasi

vandens telkiniuose. Fosforas, kaip pagrindinė maistinė medžiaga, paskatina dumblių žydėjimą ir bakterijų dauginimąsi. Fosforo junginiai į gamtinius vandenis patenka iš įvairių pramonės gamyklų. Todėl fosforo junginių kiekis nuotekose yra kontroliuojamas pagal valstybės įstatymus. Šiuo metu bendrojo fosforo didžiausia leistina koncentracija į bendrąją kanalizaciją išleidžiamoms nuotekoms – 20 mg/L, o į gamtinius vandenis išleidžiamų nuotekų – 4 mg/L.

1.6. Nikelio poveikis gyvajai gamtai

Nikelio jonai gali patekti į paviršinius vandenis kartu su nuotekų srautais, kurie susidaro pramonės įmonėse, kuriose vykdomas metalų apdirbimas. Didžioji dalis nikelio junginių, patenkančių į aplinką, adsorbuojasi ant nuosėdų ar dirvožemio dalelių, todėl tampa nejudrūs ir sunkiau pasiekiami gyviesiems organizmams. Tačiau rūgščioje terpėje šie junginiai gali lengvai disocijuoti į nikelio jonus, kurie yra judrūs ir gali prasiskverbti į gruntinius vandenis, sukeldami pavojų ekosistemoms ir žmonių sveikatai.

Eksperimentiniai tyrimai su laboratorinėmis žiurkėmis, kurioms buvo sušvirkšta nikelio chlorido tirpalo, parodė, kad didelės nikelio jonų dozės sukelia sunkius inkstų pažeidimus, skatina kraujosruvų susidarymą ir gali suprastinti kraujo krešėjimą. Be to, pastebėta, kad nuolatinis nikelio jonų poveikis sumažino hemoglobino koncentraciją kraujyje, sukėlė hipotermiją ir viduriavimą. Ilgalaikis nikelio poveikis gali turėti kancerogeninių savybių^[17] ir sukelti kvėpavimo takų ligas, ypač jei nikelis į aplinką patenka aerozolių ir dulkių pavidalu.

Pagrindinė žala pasireiškia dėl įkvėpto nikelio oksido arba ištirpusio nikelio jonų pavidalu. Žmogus gali pasisavinti nikelį iš užteršto vandens ar augalų, kurie augo užterštame dirvožemyje. Nedidelės nikelio koncentracijos žmogui yra būtinos, tačiau lėtinis nikelio vartojimas per didelėmis koncentracijomis gali sukelti sveikatos problemų. Remiantis atlikto tyrimo duomenimis, nikelio poveikis žmogaus sveikatai priklauso nuo to, kiek laiko ir kokio tipo sąlytį su nikelium žmogus turėjo^[18]. Suvartojus nikelium užterštą vandenį ar maistą, gali pasireikšti pykinimas, vėmimas, galvos svaigimas. Odos sąlytis su nikelium užterštomis medžiagomis gali sukelti odos išbėrimus. Pastarieji simptomai gali tęstis keletą dienų. Esant ilgesniam, lėtiniam nikelio vartojimui, gali atsirasti sunkumas krūtinės srityje, dažnas kosulys, silpnumas, regos susilpnėjimas. Dėl netyčinio nikelio sulfato suvartojimo nustatyta dvejų metų mergaitės mirtis sustojus širdžiai^[18].

Papildomai svarbu pažymėti, kad nikelis kaupiasi kai kuriuose augaluose ir gyvūnuose, ypač jūros ekosistemose^[19], todėl taip gali patekti į mitybos grandinę. Dėl šios priežasties būtina efektyviai valyti nuotekas ir griežtai kontroliuoti nikelio emisijas iš pramonės šaltinių. Aplinkos apsaugos priemonės, tokios kaip cheminė nuotekų neutralizacija ar sunkiųjų metalų surinkimo filtrai, gali ženkliai sumažinti nikelio taršą.

2. Tiriamoji (eksperimentinė) dalis

2.1. Teršalų koncentracijos nustatymas cheminio nikeliavimo tirpale

Prieš atliekant cheminio nikeliavimo tirpalo valymą reikia nustatyti metalo koncentraciją tirpale. Atliekamas kompleksometrinis nikelio nustatymas naudojant triloną B. Analizei naudojamas 0,05 M koncentracijos Na₄EDTA tirpalas ir indikatorius mureksidas.

Analizei paimama 10 ml tirpalo, kuris kolboje distiliuotu vandeniu praskiedžiamas iki 100 mL. Į tirpalą įpilama 5 mL amoniakinio vandens, bazinei terpei sudaryti. Į mišinį įlašinami keli lašai mureksido indikatoriaus ir tirpalas titruojamas 0,05 M koncentracijos Na₄EDTA tirpalu, kol spalva iš geltonos pasikeičia į violetinę. Nikelio jonų koncentracija tirpale apskaičiuojama pagal reakciją:



Ni²⁺ jonai su EDTA⁴⁻ jonais reaguoja 1:1 santykiu, todėl nikelio jonų koncentracija tiesiogiai proporcinga EDTA⁴⁻ koncentracijai.

10 mL tiriamojo mišinio titravimui buvo sunaudota 4,9 mL 0,05 M trilono B. Apskaičiuojama nikelio koncentracija bandinyje:

$$1000 \text{ mL} - 1 \text{ M} - 292 \text{ g/mol EDTA}^{4-}$$

$$4,9 \text{ mL} - 0,05 \text{ M} - x \text{ g EDTA}^{4-}$$

$$x = m(EDTA^{4-}) = \frac{4,9 \cdot 0,05 \cdot 292}{1000 \cdot 1} = 0,07154 \text{ g}$$

$$n(EDTA^{4-}) = \frac{0,07154}{292} = 0,000245 \text{ mol}$$

Titravimui sunaudota 0,000245 mol EDTA⁴⁻, reakcijos santykis 1:1, tai nikelio jonų kiekis:

$$n(EDTA^{4-}) = n(Ni^{2+}) = 0,000245 \text{ mol}$$

Titravimui buvo panaudota 10 mL cheminio nikeliavimo tirpalo, perskaičiuojama koncentracija g/L:

$$m(Ni^{2+}) = 0,000245 \cdot M(Ni^{2+}) = 0,000245 \cdot 59 = 0,014455 \text{ g}$$

$$10 \text{ mL cheminio nikeliavimo tirpalo} - 0,014455 \text{ g Ni}^{2+}$$

$$1000 \text{ mL cheminio nikeliavimo tirpalo} - y \text{ g Ni}^{2+}$$

$$y = C(Ni^{2+}) = \frac{1000 \cdot 0,014455}{10} = 1,4455 \text{ g/L}$$

Nustatyta nikelio jonų koncentracija cheminio nikeliavimo tirpale prieš valymą – 1,4455 g/L. Tyrimas atliekamas tam, kad būtų galima apskaičiuoti valymui reikalingą natrio dimetiltiokarbamato tirpalo kiekį ir vėliau nustatyti nikelio jonų pašalinimo laipsnį iš tirpalo.

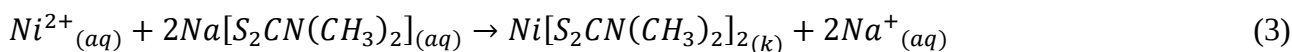
Bendrojo fosforo analizė atlikta spektrofotometrinio metodu vadovaujantis ISO 6878:2004 standartu. Analizė buvo atlikta įmonės užsakymu Vytauto didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Aplinkotyros laboratorijoje. Tyrimams naudotas UV/Vis spektrofotometras Genesys 5. Optinis tankis matuotas esant 800 nm bangos ilgiui.

Nustatyta bendrojo fosforo koncentracija tirpale prieš valymą 5,08 g/L.

2.2. Nikelio ir fosforo pašalinimas laboratorinėmis sąlygomis

Nustačius nikelio jonų koncentraciją tirpale, galima atlikti bandymus su natrio dimetilditiokarbamatu. Tyrimas atliekamas naudojant 250 mL nebetinkamo gamybai cheminio nikeliavimo tirpalo. Pirmiausia, tirpalas praskiedžiamas 1:1 santykiu, nes bandymų metu pastebėta, jog susidarantis netirpus junginys turi didelę molinę masę, o susidarę nuosėdos užima didelį tūrį, todėl reakcija pilnai neįvyksta. Nikelio pašalinimui naudojamas natrio dimetilditiokarbamato 47 % koncentracijos tirpalas komerciniu pavadinimu Sediganth C.

Vienas Ni^{2+} jonas prisijungia du dimetilditiokarbamato jonus, pagal reakciją:



Molinis santykis 1:2. Apskaičiuojamas nikelio molekulių kiekis tirpale:

$$m_{250\text{ mL}}(Ni^{2+}) = \frac{m_{1000\text{ mL}}(Ni^{2+})}{4} = \frac{1,4455}{4} = 0,3614\text{ g}$$

$$n(Ni^{2+}) = \frac{m_{250\text{ mL}}(Ni^{2+})}{M(Ni^{2+})} = \frac{0,3614}{59} = 0,0061\text{ mol}$$

Reakcijai reikalingas natrio dimetilditiokarbamato molekulių kiekis:

$$n(Na[S_2CN(CH_3)_2]) = 2 \cdot n(Ni^{2+}) = 2 \cdot 0,0061 = 0,0122\text{ mol}$$

Reakcijai reikalinga natrio dimetilditiokarbamato masė:

$$m(Na[S_2CN(CH_3)_2]) = n(Na[S_2CN(CH_3)_2]) \cdot M(Na[S_2CN(CH_3)_2]) = 0,0122 \cdot 143 = 1,7446\text{ g}$$

Apskaičiuojamas valymui reikalingas Sediganth C tirpalo tūris:

100 g Sediganth C tirpalo – 47 g natrio dimetilditiokarbamato

x g Sediganth C tirpalo – 1,7446 g natrio dimetilditiokarbamato

$$x = m_{\text{tirp}}(\text{Sediganth C}) = \frac{100 \cdot 1,7446}{47} = 3,7119\text{ g}$$

Pagal gamintojo specifikacijas pateiktas Sediganth C tirpalo tankis – 1,25 g/cm³.

$$V(\text{Sediganth C}) = \frac{m_{\text{tirp}}(\text{Sediganth C})}{\rho(\text{Sediganth C})} = \frac{3,7119}{1,25} = 2,97\text{ mL}$$



10 pav. Tirpalas prieš pašalinant nikelį (autoriaus nuotrauka)

250 mL cheminio nikeliavimo mėginys praskiestas iki 500 mL (10 pav.). Į gautą tirpalą įpilta 2,97 mL Sediganth C. Bandymas atliekamas intensyviai maišant magnetine maišykle. Reakcijos metu iš karto susidarė ryškios žalios spalvos stambios nuosėdos (11 pav.). Tirpalas buvo paliktas nusistovėti.



11 pav. Tirpalas po nikelio pašalinimo (autoriaus nuotrauka)

Pašalinus nikelį, nuosėdos nusėda, o likęs tirpalas tampa skaidrus. Tai yra pirminis signalas, kad didžioji dalis nikelio jonų yra pašalinta iš tirpalo. Susidariusios nuosėdos filtruojamos, o filtratas atskiriamas tolimesniam valymui.

Kai nikelis yra pašalintas, tuomet iš filtrato yra nusodinamas fosforas. Atlikta analizė parodė, jog tirpale yra 5,08 g/L bendrojo fosforo. Po cheminio nikeliavimo dengimo reakcijos, tirpale dominuoja H_2PO_3^- jonai. Apskaičiuojama jų koncentracija, pagal elementų molines mases:

81 g H_2PO_3^- - 31 g P

y g H_2PO_3^- - 5,08 g P

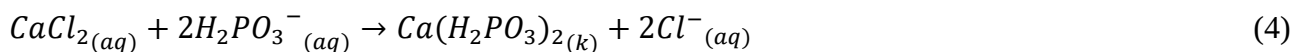
$$m(\text{H}_2\text{PO}_3^-) = y = \frac{81 \cdot 5,08}{31} = 13,2735 \text{ g}$$

$$C(\text{H}_2\text{PO}_3^-) = 13,2735 \text{ g/L}$$

Valymui buvo paimta 250 mL pirminio, neskiesto tirpalo, todėl perskaičiuojamas $H_2PO_3^-$ jonų kiekis 250 mL tirpalo:

$$m(H_2PO_3^-) = \frac{C(H_2PO_3^-)}{4} = \frac{13,2735}{4} = 3,3184 \text{ g}$$

Kalcio chloridas reaguoja su $H_2PO_3^-$, susidaro netirpi druska:



Pagal reakcijos lygtį, apskaičiuojamas valymui reikalingas kalcio chlorido molių kiekis:

$$n(H_2PO_3^-) = \frac{m(H_2PO_3^-)}{M(H_2PO_3^-)} = \frac{3,3184}{81} = 0,0409 \text{ mol}$$

$CaCl_2$ molių santykis su $H_2PO_3^-$ 1:2, todėl:

$$n(CaCl_2) = \frac{n(H_2PO_3^-)}{2} = \frac{0,0409}{2} = 0,0205 \text{ mol}$$

Apskaičiuojama $CaCl_2$ masė:

$$m(CaCl_2) = n(CaCl_2) \cdot M(CaCl_2) = 0,0205 \cdot 111 = 2,2755 \text{ g}$$

Valymui naudojamas 50 % $CaCl_2$ ($\rho = 1,28 \text{ g/cm}^3$) tirpalas, apskaičiuojamas reikalinga tirpalo masė:

100 g tirpalo – 50 g $CaCl_2$

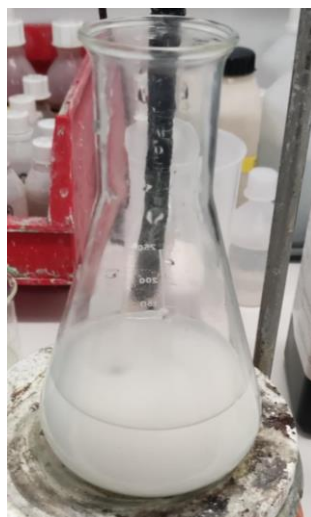
z g tirpalo – 2,2755 g $CaCl_2$

$$z = m_{tirp}(CaCl_2) = \frac{100 \cdot 2,2755}{50} = 4,5510 \text{ g}$$

Apskaičiuojamas tirpalo tūris:

$$V_{tirp}(CaCl_2) = \frac{m_{tirp}(CaCl_2)}{\rho_{tirp}(CaCl_2)} = \frac{4,5510}{1,28} = 3,56 \text{ cm}^3 = 3,56 \text{ mL}$$

Į gautą filtratą po nikelio jonų pašalinimo, supilama 3,56 mL 50 % koncentracijos kalcio chlorido tirpalo, įlašinami keli lašai flokulianto (komercinis pavadinimas Secused A 17 P) tirpalo. Susidaro baltos nuosėdos (12 pav.). Susidaręs kietosios fazės junginys pašalinamas filtruojant. Tuo tarpu po filtracijos gautas filtratas tiriamas pakartotinai, siekiant įvertinti nikelio jonų ir fosforo pašalinimo iš tirpalo efektyvumą.



12 pav. Susidarę kalcio druskų nuosėdos (autoriaus nuotrauka)

Po valymo, įmonės užsakymu, tirpalas buvo ištirtas Fizinių ir technologijos mokslų centro laboratorijoje. Elementų koncentracija buvo nustatyta taikant induktyviai susietos plazmos optinės emisijos spektrometriją (angl. Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES)) naudojant Optima 7000 DV, Perkin Elmer, JAV. Nustatyta nikelio jonų koncentracija – 0,3 mg/L. Bei bendrojo fosforo analizė atlikta spektrofotometrinio metodu vadovaujantis ISO 6878:2004 standartu. Analizė buvo atlikta įmonės užsakymu Vytauto didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Aplinkotyros laboratorijoje. Nustatyta bendrojo fosforo koncentracija po tirpalo valymo – 15 mg/L.

Pagal apskaičiuotas reikšmes, sudaromas medžiagų balansas 250 mL cheminio nikeliavimo tirpalo valymui.

1 lentelė. Medžiagų balansas

Reagentai	Pradinės medžiagų masės, g	Medžiagų masės po reakcijos, g
Ni^{2+}	0,3614	0
$\text{Na}[\text{S}_2\text{CN}(\text{CH}_3)_2]$	1,7446	0
CaCl_2	2,2755	0
H_2PO_3^-	3,3184	0
Produktai		
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_2\text{NiS}_4$	0	1,8239
$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_3)_2$	0	4,1410
Na^+	0	0,2806
Cl^-	0	1,4519
Suma	7,6999	7,6974

Suma minimaliai neatitinka dėl apvalinimo skaičiavimų metu.

3. Inžinerinė dalis

3.1. Technologinė dalis

Įmonėje „KB Components“ diegiamas vandens nuotekų valymo stoties patobulinimas, įterpiant cheminio nikeliavimo tirpalo valymo technologiją. Nuotekų valymo stotis naudojama galvanikos cecho nuotekų apdorojimui. Įmonėje naudojamas plastiko elektrocheminio padengimo metodas, kai dengiama trimis metalų sluoksniais – variu, nikeliu ir chromu. Po kiekvienos proceso stadijos įrengti detalių vandens plovimai talpose, kuriuose metalais dengiamos detalės apiplaunamos švariu vandeniu, norint užtikrinti kuo mažesnę tolimesnių procesų tirpalų užteršimą.

Nuotekų valymo stotyje įrengtos talpyklos atskiroms praplovimo vandenų valymo stadijoms. Procesas prasideda nuo Cr(VI) redukcijos iki Cr(III) panaudojant natrio metabisulfitą. Toliau seka normalizavimo stadija, kur maišosi visos nuotekos (užterštos Ni, Cu, Cr jonais), taip pat dozuojamas kalcio chlorido tirpalas, kuris veikia kaip koaguliantas, palengvindamas nuosėdų susidarymą ir pasunkindamas tolimesnėje stadijoje susidariusias kietas daleles. Po normalizavimo stadijos seka neutralizacijos stadija, kurioje panaudojamas natrio hidroksido tirpalas. Natrio hidroksidas reaguodamas su nikelio, vario ir chromo jonais sudaro netirpius hidroksidus, taip pašalindamas juos iš tirpalo. Susidariusi suspensija toliau tiekiamą į lamelinį nusodintuvą, kur flokulianto pagalba kietosios dalelės sulimpa į dideles flokules, kurios yra sunkios ir greitai grimzta į nusodintuvo dugną. Iš nusodintuvo, tirpalas pumpuojamas į aukšto slėgio filtrą-presą, kur kietosios dalelės yra atskiriamos nuo skystosios fazės ir susidaro tik 30 % drėgmės turintis galvaninis dumblas, kuris atiduodamas pavojingų atliekų tvarkymo įmonei utilizavimui.

Prie nuotekų stoties projektuojamas dar vienas papildomas įrengimas, kuris bus panaudotas cheminio nikeliavimo tirpalo valymui. Kuriamas reaktorius bus naudojamas nikelio jonų pašalinimui naudojant natrio dimetilditiokarbamato tirpalą ir taip pat fosforo junginių pašalinimui panaudojant kalcio chlorido tirpalą.

3.1.1. Vandens nuotekų valymo stoties technologija

Nuotekos iš gamybinės linijos pumpuojamos siurbliais, bendrinio 2,7 m³/h debitu. Valymo stotis yra nuolatinio veikimo, todėl skystis visada įteka ir išteka iš valymo stoties panašiu debitu. Valymas vyksta realiu laiku, kiekvienai proceso stadijai priskirtos skirtingos talpyklos:

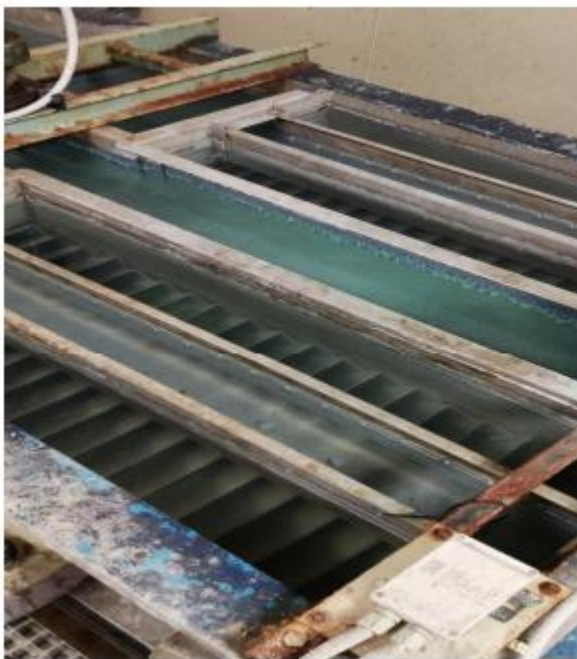
- 1) Chromo redukcija – pagal 6 pav. schemą, chromo nuotekos turi būti atskirtos nuo pagrindinio srauto ir atskirai apdorojamos chromo redukcijos reaktoriuje (žr. 14 pav. 2). Chromo redukcijos reaktorius – tai 1 m³ talpa su maišykle. Kaip reduktorius naudojamas natrio metabisulfito tirpalas, kuriuo rūgštinėje terpėje redukuojamas CrO₄²⁻ iki Cr³⁺[20]. pH kontrolei reaktoriuje įtaisyti elektrodai, kurie matuoja tirpalo pH realiu laiku, o dozatorius automatiškai dozuoja koncentruotą sieros rūgštį pH korekcijai. Taip pat įrengti oksidacijos-redukcijos potencialo matavimo elektrodai, pagal tai dozuojamas natrio metabisulfito tirpalas ir užtikrinama visiška chromo redukcija.
- 2) Normalizavimas – šioje stadijoje sumaišomos iš gamybinės linijos tiekiamos nuotekos (II srautas), su nuotekomis po chromo redukcijos. Talpykloje reakcijos mišinio pH išmatuojamas naudojant elektrodus, siekiant palaikyti pH vertes naudojamas automatinis dozatorius (pH vertė palaikoma 2 – 4 ribose). Žemos pH vertės užtikrina, kad visi nuotekose esantys metalai

yra jonų pavidale. Taip pat į mišinį dozuojamas 50 % kalcio chlorido tirpalas, kuris praturtina tirpalą kalcio jonais, pastarieji vėliau pasunkina susidariusį metalų hidroksidų mišinį, palengvina susidariusių kietų dalelių greitesnį nusėdimą.

- 3) Neutralizacija – šioje stadijoje tirpalas iš normalizavimo talpyklos apdorojamas panaudojant 50 % natrio hidroksido tirpalą. Talpykloje elektrodais matuojamas reakcijos mišinio pH ir su dozatorium automatiškai koreguojamas. Čia palaikoma pH vertė yra 10, todėl, kad chromo, nikelio ir vario hidroksidai tokioje terpėje yra netirpūs arba beveik netirpūs.

Neutralizacija ir normalizavimas vykdomos toje pačioje talpoje (3 ir 4), kuri viduryje perskirta siena. Visos talpos tūris – 7,5 m³. Pereinant iš normalizavimo į neutralizaciją, skiriančioji siena yra pažeminta, todėl iš normalizavimo stadijos į neutralizacijos stadiją tirpalas patenka persipylimo būdu. Abejose stadijose naudojamos maišyklės, norint užtikrinti tirpalo homogeniškumą.

- 4) Flokuliacija ir sedimentacija – į lamelinį nusodintuvą 5, kurio tūris 6,5 m³, tiekama susidariusi metalų hidroksidų suspensija. Į reakcijos mišinį dozuojamas flokuliantas, kuris sujungia smulkias daleles, susidaro stambios flokulės, kurios greitai ir lengvai nusėda nusodintuvo (13 pav.) dugne.



13 pav. Nusodintuvas su pasvirusiomis plokštėmis (lamelomis) (autorius nuotrauka)

Skystis patenka į nusodintuvo priekį, tada skystis per apačią prateka pro pasivirusias plokštes, ant kurių pasilieka tirpale esančios dalelės. Kai dalelių sankaupos padidėja, nuo savo svorio jos nuslysta žemyn plokštėmis į nusodintuvo dugną, kurio dugne yra atvamzdis susidariusių nuosėdų pašalinimui.

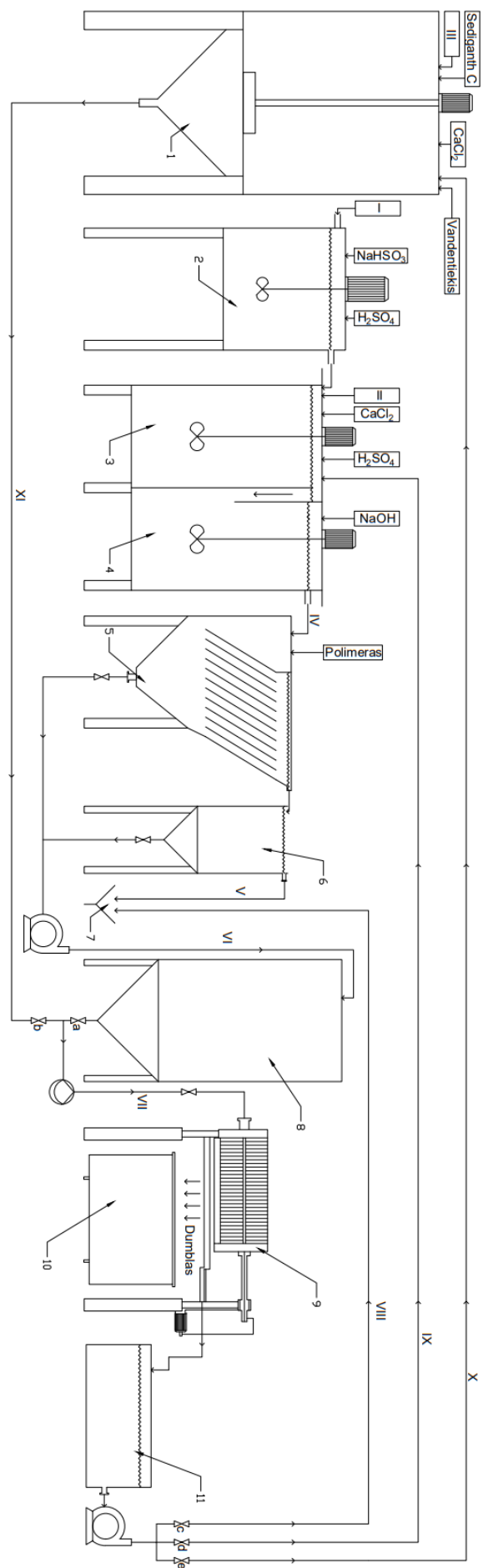
- 5) Susidaręs dumblas pumpuojamas į dumblo talpyklą 8, iš kurios toliau tiekiamas į aukšto slėgio filtrą-presą 9, kuris gali apdoroti 1,5 m³/h skysto dumblo. Taip pašalinimas vanduo ir lieka kietas dumblas, kuriame drėgmės išlieka apie 30 %. Filtratas siurbliu išpumpuojamas į buitinių nuotekų surinktuvą 7.

3.1.2. Cheminio nikeliavimo tirpalo valymo technologija

Tirpalas išpumpuojamas išcentrinio siurblio iš chromavimo linijos (III srautas, žr. 14 pav.) į valymo stotyje esantį reaktorių 1. Iš chromavimo linijos sukaupto tirpalo tūris – $1,5 \text{ m}^3$. Tuomet į talpą prileidžiama dar $1,5 \text{ m}^3$ vandens, taip praskiedžiant mišinį 1:1 santykiu. Valymas susideda iš dviejų stadijų:

- 1) Atliekamas tyrimas laboratorinėmis sąlygomis, kuriuo nustatoma nikelio jonų koncentracija ir apskaičiuojamas reikalingas natrio dimetilditiokarbamato tirpalo kiekis valymui. Reikiamas kiekis supilamas į talpą rankiniu būdu ir pradedamas maišymas. Po valandos maišymo, maišyklė išjungžiama ir susidariusi suspensija paliekama nusistovėti dar valandą laiko. Praėjus reikiamam laiko tarpui, užsukama ant dumblo talpyklos 8 atvamzdžio esanti sklendė a. Atsukus sklendę b, susidariusi dumblo suspensija (VII ir XI srautai) tiekiami į filtrą-presą 9. Užsukamos c ir d sklendės, atsukama sklendė e. Filtruojant, dumblas lieka tarp filtro preso plokščių, o filtratas išteka į nuotekio talpą 11. Iš jos išcentrinio siurblio filtratas gražinamas į cheminio nikeliavimo tirpalo valymo reaktorių (X srautas). Uždaru ratu, filtracija trunka apie 1 – 1,5 h, kol talpykloje 1 likusios nuotekos nuskaidrėja ir nebelieka suspenduotų dalelių. Šioje stadijoje pašalinamas susidaręs nikelio junginys, o filtrate lieka fosforo junginiai, kurie valomi antroje stadijoje.
- 2) Pasibaigus filtracijai iš nuotekų dar turi būti pašalinami fosforo junginiai. Laboratorinėmis sąlygomis atliekamas nedidelio kiekio susidariusio filtrato tyrimas. Į filtratą lėtai dozuojamas kalcio chlorido 50 % koncentracijos tirpalas, kol nebeiškrenta nuosėdos, tuomet įpilamas flokuliantas (Secused A 17 P), siekiant sukelti kietų dalelių agregaciją. Reikalingas kalcio chlorido 50 % koncentracijos tirpalo kiekis perskaičiuojamas likusiam nuotekų tūriui ir rankiniu būdu supilamas į talpyklą. Įjungžiama maišyklė ir mišinys maišomas 1 h. Po valandos į mišinį pridedama flokulianto (komercinis pavadinimas Secused A 17 P), po to suspensija maišoma dar 15 min. Tuomet maišyklė išjungžiama ir susidariusi suspensija paliekama 1 h sedimentacijai. Dalelėms nusėdus, atsukama sklendė b ir įjungžiamas membraninis siurblys, kuris pradeda suspensiją (VII ir XI srautai) pumpuoti į filtrą-presą. Susidaręs dumblas atskiriamas filtre, o filtratas išteka į nuotekio talpą 11. Sklendės c ir e užsukamos, atsukama sklendė d. Susidaręs filtratas (IX srautas) tiekiamas į vandens nuotekų valymo stoties normalizacijos stadijos talpą, kurioje yra taip pat ir kitos nuotekos iš chromavimo linijos. Taip nuotekos yra dar kartą praskiedžiamos ir pašalinamas natrio dimetilditiokarbamato perteklius, kadangi chromavimo linijos nuotekose yra papildomų nikelio jonų. Po cheminio nikeliavimo tirpalo valymo susidarę nuotekos toliau pereina visas valymo stadijas (normalizaciją, neutralizaciją, flokuliaciją ir sedimentaciją) užtikrinant pilną pavojingų medžiagų pašalinimą iš nuotekų.

Susidaręs sausas dumblas (drėgmė ~30 %), kaupiamas konteineriuose kartu su dumblo susidariusiu valant chromo, nikelio ir vario nuotekas ir vėliau perduodamas pavojingų atliekų tvarkymo įmonei utilizavimui.



14 pav. Principinė cheminio nikeliavimo tirpalo ir chromavimo nuotekų valymo schema (autoriaus schema)

3.1.3. Cheminio nikeliavimo tirpalo valymo įrengimo projektavimas

Cheminio nikeliavimo tirpalas naudojamas chromavimo linijoje, vienu metu naudojamas tirpalo tūris – 1,5 m³. Po mėnesio naudojimo dėl reagentų koncentracijos pokyčių tirpalas tampa nenaudotinu, visas tūris yra pašalinamas iš dengimo talpos ir gaminamas naujas mišinys.

Vienu metu reikia išvalyti 1,5 m³ tirpalo, kuris skiedžiamas 1:1 santykiu, todėl valymo talpyklos tūris turėtų siekti 3 m³. Turint omenyje, kad valymo metu susidarys kietųjų dalelių (dumblo), talpykla turėtų būti su kūginiu dugnu, kad būtų galima lengvai pašalinti susidariusį dumblą. Taip pat atsižvelgiant į turimą erdvės plotą, talpykla negali būti labai masyvi ir išsiplėtusi į šonus. Aukštis gali siekti iki 5 metrų. Įrengimas bus laikomas vandens nuotekų valymo stotyje, kurioje naudojamos agresyvios medžiagos, kurios gali skatinti koroziją, taip pat valomo tirpalo sudėtyje yra koroziją didinančių medžiagų, todėl talpykla bus gaminama iš polipropileno. Tirpalo valymas nereikalauja aukštos temperatūros, taip pat nevyksta egzoterminiai procesai, todėl plastikas yra optimali medžiaga talpos gamybai, dėl gamybos kaštų ir įrengimo svorio. Taip pat esant poreikiui talpykla galėtų būti perstumta į kitą vietą, nereikalaujant sunkiasvorių transportavimo priemonių.

Atsižvelgiant į turimą erdvę, talpyklos skersmuo parenkamas 1,5 m. Aukštis parenkamas 3 m, tam kad nereikėtų labai aukštų kopėtelių šalia talpyklos, taip pat kad darbuotojams būtų nesunku užkelti chemines medžiagas, kurios bus naudojamos technologijoje. Talpyklos apačioje turi būti palikta vietos atvamzdžiui ir membraniniam siurbliui, todėl nuo žemės iki kūginės talpyklos dalies pradžios paliekamas 0,7 m tarpas. Taigi likęs aukštis, kuris gali būti panaudotas yra 2,3 m. Kūginei daliai pasirenkamas 0,7 m aukštis (beveik trečdalis viso panaudojamo aukščio), tam kad dumblas galėtų nusėsti ir sienelėmis slysti žemyn link talpyklos atvamzdžio, per kur bus išpumpuojamas dumblas. Likęs aukštis paliekamas cilindrinei talpos daliai – 1,6 m. Apskaičiuojamas talpyklos tūris:

$$V(cilindro) = \pi r^2 H = 3,14 \cdot \left(\frac{1,5}{2}\right)^2 \cdot 1,6 = 2,83 \text{ m}^3$$

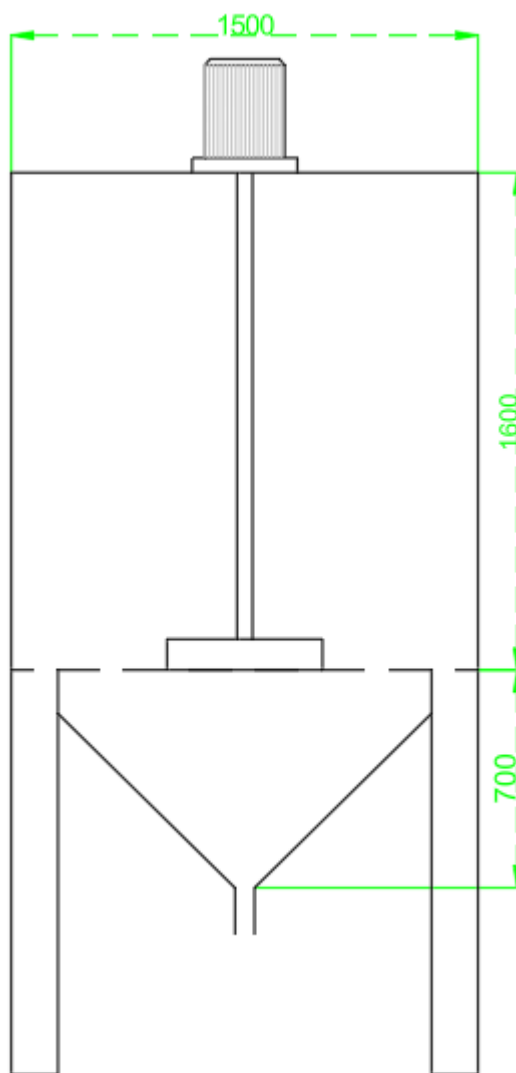
$$V(kūgio) = \frac{1}{3} \pi r^2 h = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot \left(\frac{1,5}{2}\right)^2 \cdot 0,7 = 0,41 \text{ m}^3$$

$$V(visos\ talpyklos) = V(cilindro) + V(kūgio) = 2,83 + 0,41 = 3,24 \text{ m}^3$$

čia r – talpyklos spindulys, m; H – cilindrinės dalies aukštis, m; h – kūginės dalies aukštis, m.

Gautas bendras talpyklos tūris – 3,24 m³ bus užtenkamas praskiesti tirpalą ir taip pat supilti reikalingas chemines medžiagas.

Norint homogenizuoti reagentus reikalingus tirpalo valymui, bus panaudojama maišyklė. Maišyklės velenas siekia 1,6 m, iki pat kūginės talpyklos dalies pradžios. Maišiklis parinktas vienas trečdalis talpyklos skersmens – 0,5 m. Maišyklei bus naudojamas 0,75 kW galios variklis, kuris išvysto 900 aps/min. Toks elektros variklis pasirinktas todėl, kad daugelis vandens valymo stotyje naudojamų variklių yra identiškai, taip supaprastėja variklių užsakymas ir keitimas, jeigu kažkuris variklis sugenda.



15 pav. Cheminio nikeliavimo tirpalo valymo talpos preliminarinė schema (autorius brėžinys)

3.1.4. Metinio reagentų kiekio skaičiavimas

Per metus nebetinkamo naudoti cheminio nikeliavimo tirpalo susidaro 15 m^3 . Tirpalo valymas nėra nuolatinis procesas, 1500 L tūrio išvalymui reikalinga viena pamaina (8 darbo valandos), todėl per metus reikalingos dešimt paminų. Vienai paminai reikalingas cheminių medžiagų kiekis apskaičiuojamas pagal aukščiau aprašytą laboratorinį tyrimą, kai nikelio jonų koncentracija tirpale – 1,4455 g/L, o bendrojo fosforo – 5,08 g/L.

Apskaičiuojamas natrio dimetilditiokarbamato 47 % tirpalo (Sediganth C) kiekis vienai paminai:

Natrio dimetilditiokarbamato 47 % tirpalo (Sediganth C) masė reikalinga 250 mL cheminio nikeliavimo tirpalo valymui – 3,7119 g. Apskaičiuojamas Sediganth C kiekis reikalingas vienai paminai:

$$m_{\text{tirp pamainai}}(\text{Sediganth C}) = m_{250 \text{ mL tirp}}(\text{Sediganth C}) \cdot 4 \cdot 1500 = 22271,4 \text{ g} = 22,27 \text{ kg}$$

Kalcio chlorido 50 % koncentracijos tirpalo masė reikalinga 250 mL cheminio nikeliavimo tirpalo valymui – 4,5510 g. Apskaičiuojamas CaCl_2 tirpalo kiekis reikalingas vienai paminai:

$$m_{\text{tirp pamainai}}(\text{CaCl}_2) = m_{250 \text{ mL tirp}}(\text{CaCl}_2) \cdot 4 \cdot 1500 = 27306 \text{ g} = 27,31 \text{ kg}$$

Pagal gamintojo rekomendacijas flokulianto (Secused A 17 P) 5 % tirpalo reikia 2 g vienam litrai nuotekų. Apskaičiuojamas reikalingas Secused A 17 P 5 % tirpalo kiekis vienai pamainai:

$$m_{tirp\ pamainai}(Secused\ A\ 17\ P) = m_{tirp\ 1\ L\ nuotekų}(Secused\ A\ 17\ P) \cdot 1500 = 2 \cdot 1500 \\ = 3000\ g = 3\ kg$$

2 lentelė. Pamainai reikalingų reagentų kiekis

Reagentas	Kiekis, kg
Natrio dimetilditiokarbamato 47 % koncentracijos tirpalas (Sediganth C)	22,27
Kalcio chlorido 50 % koncentracijos tirpalas	27,31
Flokuliantas (Secused A 17 P 5 % koncentracijos tirpalas)	3

Apskaičiuojamas metinis reagentų kiekis, kai planuojamas per metus valomo cheminio nikeliavimo tirpalo kiekis – 15 m³:

$$m_{tirp\ metams}(Sediganth\ C) = m_{tirp\ pamainai}(Sediganth\ C) \cdot 10 = 22,27 \cdot 10 = 222,7\ kg$$

$$m_{tirp\ metams}(CaCl_2) = m_{tirp\ pamainai}(CaCl_2) \cdot 10 = 27,31 \cdot 10 = 273,1\ kg$$

$$m_{tirp\ metams}(Secused\ A\ 17\ P) = m_{tirp\ pamainai}(Secused\ A\ 17\ P) \cdot 10 = 3 \cdot 10 = 30\ kg$$

3 lentelė. Metinis reagentų kiekis

Reagentas	Kiekis, kg
Natrio dimetilditiokarbamato 47 % koncentracijos tirpalas (Sediganth C)	222,7
Kalcio chlorido 50 % koncentracijos tirpalas	273,1
Flokuliantas (Secused A 17 P 5 % koncentracijos tirpalas)	30

3.1.5. Metinis susidarančių atliekų kiekis

Išvalius nebenaudotiną cheminio nikeliavimo tirpalą, susidaro kietos dalelės, kurios yra filtruojamos filtru-presu. Susidaręs dumblas yra pavojinga atlieka, kuriai reikalingas utilizavimas. Remiantis medžiagų balansu (1 lentelė) apskaičiuojamas susidarančių atliekų kiekis pamainai.

Išvalius 250 mL cheminio nikeliavimo tirpalą, susidaro du kieti junginiai (C₆H₁₂N₂NiS₄ ir Ca(H₂PO₃)₂), kurių bendra masė – 5,9649 g. Apskaičiuojama nuosėdų masė, susidaranti valant 1 L tirpalo:

$$m_{1\ L}(nuosėdų) = m(250\ mL\ susidarančios\ nuosėdos) \cdot 4 = 5,9649 \cdot 4 = 23,8596\ g \\ = 0,0239\ kg$$

Per pamainą valomas 1500 L tirpalo tūris, apskaičiuojama susidarančių nuosėdų masė:

$$m_{pamainai}(nuosėdų) = m_{1\ L}(nuosėdų) \cdot 1500 = 0,0239 \cdot 1500 = 35,85\ kg$$

Kadangi nuosėdos filtruojamos aukšto slėgio filtru-presu, jose lieka 30 % drėgmės, todėl gautų nuosėdų masė padauginama iš 1,3 koeficiento:

$$m_{pamainai}(\text{nuosėdų, įvertinant drėgmę}) = m_{pamainai}(\text{nuosėdų}) \cdot 1,3 = 35,85 \cdot 1,3 = 46,61 \text{ kg}$$

Apskaičiuojamas metinis susidarančių nuosėdų (dumblo) kiekis:

$$m_{metams}(\text{nuosėdų, įvertinant drėgmę}) = m_{pamainai}(\text{nuosėdų, įvertinant drėgmę}) \cdot 10 = 466,10 \text{ kg}$$

4 lentelė. Susidarančių atliekų kiekis

Per pamainą susidarančių atliekų (dumblo) kiekis, kg	46,61
Per metus susidarančių atliekų (dumblo) kiekis, kg	466,10

3.2. Statybiniai sprendimai

3.2.1. Bendrieji duomenys

Projekte numatoma pramoninių nuotekų valymo stoties modifikacija, įdiegiant naują cheminio nikeliavimo tirpalo valymo technologiją, įmonėje UAB „KB Components“, esančioje draugystės g. Kaune. Projektuojamam patobulinimui panaudojama jau egzistuojančios nuotekų valymo stoties erdvė. Didžioji dalis įmonės patalpų yra išnuomota kitiems verslo subjektams.

Įmonės sklypas užima 4,43 ha teritoriją. Sklypo šiaurės rytinėje dalyje yra draugystės gatvė, su dviem įvažiavimais į įmonės teritoriją. Aplink įmonę yra dvi didelės automobilių parkavimo aikštelės. Aplinkinė teritorija yra asfaltuota, kelias eina aplink visą pastatą. Projektuojama technologija (kartu su pramoninių nuotekų valymo stotimi) užima 113,22 m² pastato dalį (žr. 4 priedą). Bendrieji projektuojamojo cecho rodikliai pateikti 5 lentelėje.

5 lentelė. Pagrindiniai sklypo techniniai rodikliai

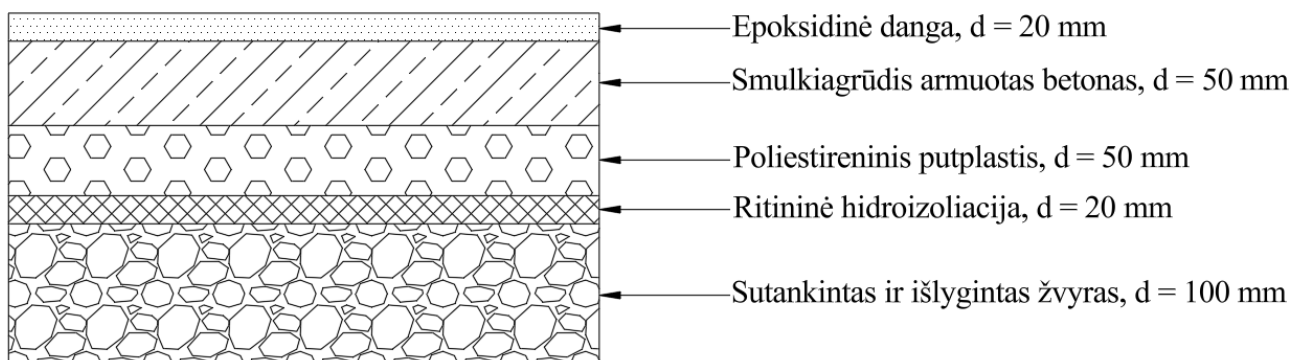
Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
I. Sklypas		
1.1 Sklypo plotas	ha	4,43
1.2 Statinio užimtas žemės plotas	m ²	113,22
1.3 Apželdintas žemės plotas	m ²	3924
1.4 Automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt.	180
1.5 Sanitarinės apsaugos zona	m	100

3.2.2. Statinio architektūrinė ir konstrukcinė sandara

Technologinė linija sudaryta iš cheminio nikeliavimo tirpalo valymo reaktoriaus ir nuotekų valymo įrengimų, kurių išdėstymas pateiktas 2 priede. Projektuojamo cecho ilgis tarp ašių – 24 m, o plotis 12,2 m. Aukščiausia technologijos vieta – cheminio nikeliavimo talpos aptarnavimo aikštelė – 2,12 m. Cheminio nikeliavimo tirpalo valymo reaktorius 3 m aukščio ir 1,5 m pločio, pagamintas iš polipropileno plastiko, pastatytas ant grindų.

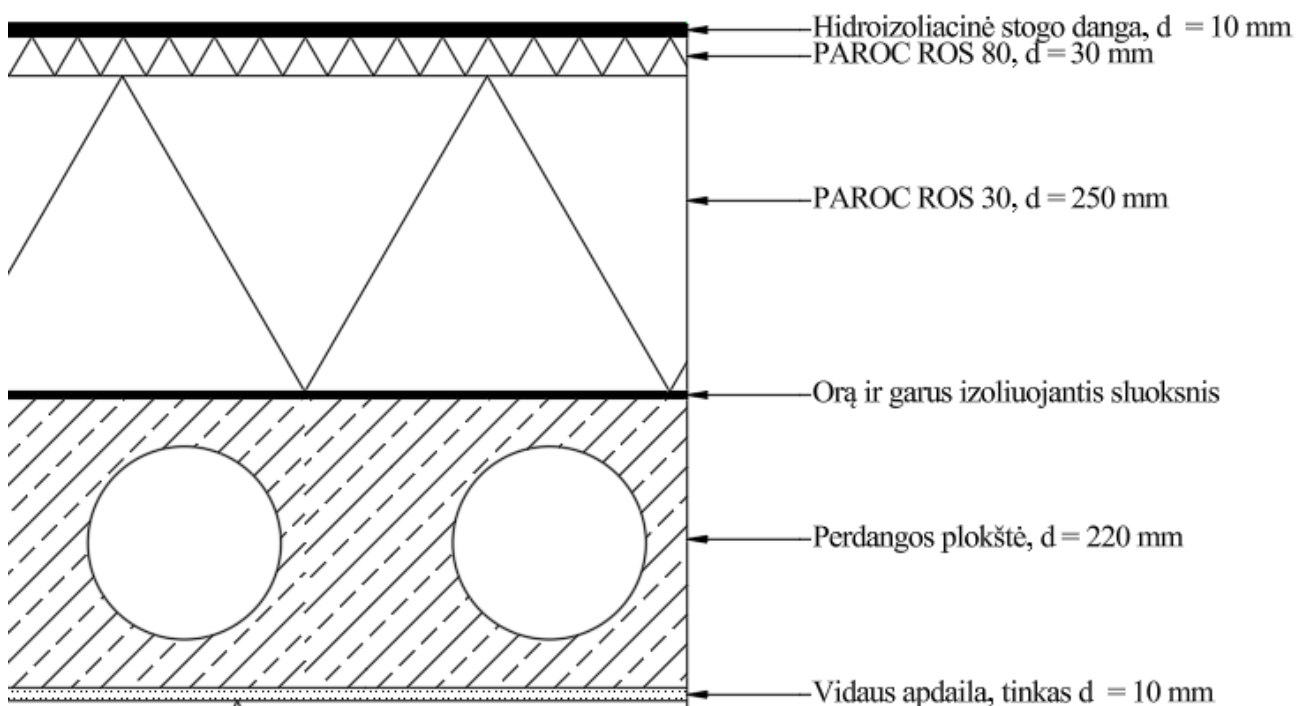
Pastatas yra sudarytas iš dviejų aukštų, tačiau antrasis aukštas yra techninis, kuriame yra stogo sutvirtinimai, taip pat jame išvedžiotos pastatui reikalingos komunikacijos. Pastato sienos yra sudarytos iš daugiasluoksnių plokščių. Šiuo atveju svarbiausia konstrukcinė dalis – grindys. Visos

technologijoje naudojamos cheminės medžiagos yra skystos, todėl atsiranda didelė išsiliejimo tikimybė. Grindys parenkamos su hidroizoliacijos sluoksniu, kad būtų apsaugotos nuo vandeninių tirpalų. Viršutinis grindų sluoksnis – epoksidinė danga, kuri yra atspari agresyvioms cheminėms medžiagoms (16 pav.).



16 pav. Grindų sudėtinės dalys (autoriaus brėžinys)

Patalpų lubos yra gelžbetoninės plokštės, su plonu tinko sluoksniu. Virš jų yra techninis aukštas ir galiausiai pastato stogas. Stogas sudarytas iš gelžbetoninių plokščių, apšildymo sluoksnio ir hidroizoliacinės stogo dangos (17 pav.).



17 pav. Stogo sudėtinės dalys^[21]

PAROC ROS 30 ir PAROC ROS 80 yra nedegios šilumos izoliacijos plokštės, pagamintos iš akmens vatos. Jos naudojamos norint apšiltinti plokščiuosius stogus^[21].

3.2.3. Bendrųjų pastato inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai

Pridedant nuotekų valymo stoties modifikaciją suprojektuojamos inžinerinės sistemos: vanduo, suslėgtas oras ir elektra. Vanduo technologijai tiekiamas tiesiogiai iš vandentiekio tinklo UAB „Kauno vandenys“. Suslėgtas oras tiekiamas iš įmonėje esančios kompresorinės, kuri aprūpina oru

ne tik projektuojamą technologiją, bet ir kitas įmonės gamybines patalpas. Suslėgtas oras reikalingas membraniniams siurbliams. Elektros energija, kuri reikalinga išcentriniam siurbliui ir maišyklėms, gaunama iš elektros tinklo, kurią tiekia UAB „Ignitis“.

Pagrindinis technologijos įrengimas – cheminio nikeliavimo tirpalo valymo reaktorius. Reaktorius yra 3 m aukščio, su varikliu maišyklei ant viršaus. Įrengimo skersmuo – 1,5 m. Įrengimas yra cilindrinės formos, su kūginiu susiaurėjimu apačioje. Visas įrenginys pagamintas iš polipropileno plastiko. Šalia jo įrengta 2,12 m aukščio aptarnavimo aikštelė su laipteliais. Technologijai priklauso ir nuotekų valymo įrenginiai, kurie sudaryti iš skirtingų komponentų, pagamintų iš nerūdijančio plieno. Visi technologiniai įrengimai pastatyti ant grindų ir įtvirtinti varžtais.

Visi statybinius sprendimus atspindintys brėžiniai pateikti 2 ir 3 prieduose.

3.3. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai

3.3.1. Naujos technologijos diegimas įmonėje, ekonominių problemų nustatymas

Pradedant naujos ar esamos technologijos projektavimą, reikia atsižvelgti ir įvertinti finansinius, aplinkosauginius ir technologinius veiksnius, kurie gali turėti įtakos projekto realizacijai. Įmonėje „KB Components“ įvedamas vandens nuotekų stoties valymo patobulinimas, sukuriantis galimybę apdoroti cheminio nikeliavimo tirpalą, kuris naudojamas gaminti produktus, kol nebetenka savo efektyvumo ir turi būti utilizuojamas. Diegiant šį patobulinimą siekiama sumažinti utilizavimo kaštus, pasitelkiant sąlyginai nedideles investicijas. Pasitelkiant utilizavimo technologiją, negaminamas realus produktas, o tik sumažinami utilizavimo kaštai, kurie gali būti nukreipti kitoms įmonės reikmėms.

Išorinę rinkos aplinką veikia keli veiksniai – ekonominiai, gamtos, valstybės įstatymai ir ekonominiai. Nuo šių veiksnių priklausys utilizavimo kaštai, todėl diegiant technologinį patobulinimą stengiamasi tiksliai įvertinti šių veiksnių įtaką ir pritaikyti technologiją kuo efektyviau, taip pat siekiama prisitaikyti prie valstybės įstatymų, susijusių gamtos apsauga. Vidinę rinkos aplinką veikia cheminių medžiagų tiekėjai, pavojingų medžiagų utilizavimo įmonės ir jų konkurentai. Įmonei svarbu surasti tinkamus tiekėjus, kurie gali pasiūlyti konkurencingą cheminių žaliavų kainą, taip pat užmegzti ryšius su keletu pavojingų atliekų utilizavimo įmonių, siekiant sumažinti susidarancius utilizavimo kaštus.

Apžvelgus vidinius ir išorinius veiksnius, įdiegiant technologinių patobulinimų galima sumažinti patiriamus kaštus, nepažeidžiant įstatymų. Šioje dalyje bus įvertinamas technologijos atsiperkamumas, sumažinant kaštus reikalingus pavojingų atliekų utilizavimui. Iki šiol cheminio nikeliavimo tirpalas buvo pridudamas pavojingų atliekų tvarkymo įmonei „Toksika“, kuri galėjo pasiūlyti geriausią utilizavimo kainą – 1,62 Eur/kg. Per metus cheminio nikeliavimo tirpalo atliekų susidaro 15 m³, kurių utilizavimas įmonei kainuoja 27832 Eur per metus.

3.3.2. Investicijų ir finansų šaltiniai, projektuojamai technologijai

Apskaičiavus pagrindinius kaštus, kurie bus reikalingi, norint įdiegti naują technologiją, nustatomas finansavimo šaltinis. Šiuo atveju dėmesys skiriamas tik ilgalaikiam turtui įsigyti ir nevertinami trumpalaikio turto kaštai. Technologijoms ilgalaikio turto kaštams padengti naudojamas įmonės kapitalas, nes reikalinga pinigų suma nėra didelė, palyginus su įmonės apyvartos kaštais.

6 lentelė. Technologijos diegimo kaštai ir finansavimo šaltiniai

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	Eur	Struktūra	Eur
Ilgalaikiam turtui įsigyti	9524	Akcininkų nuosavybė, akcinis kapitalas, rezervai	9524
Viso kaštų	9524	Viso šaltinių	9524

3.3.3. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas

Atliekant ilgalaikio turto vertės įsigijimo kaštus, įvertinamos technologijai reikalingų įrengimų kainos. Pagrindiniai įrengimai, kurie reikalingi patobulinimui – cheminio nikeliavimo tirpalo valymo reaktorius ir maišyklė. Kiti inžinerinėje dalyje paminėti įrengimai (filtras-presas, membraniniai siurbliai, išcentriniai siurbliai, vandens nuotekų valymo įrenginiai) neskaičiuojami, nes jie yra įsigyti anksčiau ir naudojami ir kitai technologijai. Vertinami tik naujai įsigyti įrengimai, kurie pateikti 7 lentelėje.

7 lentelė. Ilgalaikis turtas

Ilgalaikio turto pavadinimas	Viso, Eur
Cheminio nikeliavimo tirpalo valymo reaktorius	7325,8
Maišyklė su maišikliu ir elektros varikliu	2198,2
Suma	9524

3.3.4. Tiesioginių utilizavimo kaštų skaičiavimas

Tiesioginiams gamybos kaštams priskiriamos procese naudojamos cheminės žaliavos, išlaidos skirtos susidariusių pavojingų atliekų utilizavimui, taip pat elektros energija ir technologijoje sunaudojamas vanduo. Pagrindinės cheminės medžiagos naudojamos procese yra natrio dimetilditiokarbamato 47 % koncentracijos tirpalas (Sediganth C), kalcio chlorido 50 % koncentracijos tirpalas ir flokuliantas (Secused A 17 P 5 % koncentracijos tirpalas). Elektros energija sunaudojama maišyklės, kuri reikalinga tirpalo homogenizavimui valymo metu, taip pat technologijoje naudojamas vandentiekio vanduo, valomo tirpalo praskiedimui.

8 lentelė. Išlaidos pagrindinėms žaliavoms

Žaliavos pavadinimas	Utilizavimo planas, t/metus	Medžiagų sunaudojimo norma utilizavimui, kg/t utilizuojamo tirpalo	Medžiagos kaina, Eur/kg	Medžiagos poreikis natūriniais vienetais, kg	Medžiagų kaštai	
					Utilizavimui, Eur/t	Iš viso, Eur
Sediganth C	17,18	12,96	5,9	222,7	76,46	1313,58
Kalcio chlorido 50 % tirpalas		15,89	0,43	273,1	6,83	117,34

Per metus utilizuojamo tirpalo tūris – 15 m³, atsižvelgiant į tirpalo tankį ($\rho = 1,145 \text{ t/m}^3$) apskaičiuojamas valomo tirpalo kiekis tonomis:

$$m_{chem. \text{ nik. tirp}(metams)} = V_{chem. \text{ nik. tirp}(metams)} \cdot \rho = 15 \cdot 1,145 = 17,18 \text{ t}$$

Naudojantis 3 lentelės duomenimis, apskaičiuojami kiekvienos žaliavos kiekiai reikalingi 1 t tirpalo valymui:

$$m_{1 \text{ t tirpalo}(Sediganth C)} = \frac{m_{Sediganth C}(metams)}{m_{chem. \text{ nik. tirp}(metams)}} = \frac{222,7}{17,18} = 12,96 \text{ kg}$$

$$m_{1 \text{ t tirpalo}(Kalcio chlorido tirp.)} = \frac{m_{Kalcio chlorido tirp.}(metams)}{m_{chem. \text{ nik. tirp}(metams)}} = \frac{273,1}{17,18} = 15,89 \text{ kg}$$

$$m_{1 \text{ t tirpalo}(Secused A 17 P tirp.)} = \frac{m_{Secused A 17 P tirp.}(metams)}{m_{chem. \text{ nik. tirp}(metams)}} = \frac{30}{17,18} = 1,75 \text{ kg}$$

Tiekėjo pasiūlytos kainos reagentams – 4,9 Eur/kg Sediganth C, 0,43 Eur/kg kalcio chlorido 50 % koncentracijos tirpalo ir 9,2 Eur/kg Secused A 17 P sausos medžiagos. Flokuliando 5 % koncentracijos tirpalas gaminamas įmonėje, į 1000 kg vandens įpilant 50 g sausos medžiagos, todėl pagaminto tirpalo vertė yra labai maža, todėl skaičiavimuose nevertinama.

Prie tiesioginių išlaidų priskiriamas ir reikalingų gamybos darbuotojų užmokestis. Įmonėje dirba chemikai – technologai, kurie yra atsakingi už plastiko chromavimo linijos proceso priežiūrą. Vandens nuotekų valymo stoties priežiūra ir cheminio nikeliavimo tirpalo valymo technologijos laikomos papildomais procesais, vykdomais chemikų – technologų, ir paprastai neužima reikšmingos pamainos darbo laiko dalies. Todėl daroma prielaida cheminio nikeliavimo tirpalo 1,5 m³ valymui, reikia vienos pamainos darbo. Metiniam tirpalo kiekio išvalymui reikės 10 pamainų (80 darbo valandų), todėl skaičiuojant atlyginimus įvertinamas metams įvertinamos tik 10 pamainų. Darbdavio atskaitymas pagal 2025 metų Sodros duomenis – 1,77 %.

9 lentelė. Darbininkų metinis darbo užmokestis

Procesas	Metinė valymo apimtis, t/metus	Programos darbo imlumas, val.	Darbininkų skaičius	Valandinis atlyginimas	Darbo užmokestis, Eur	Atsiskaitymai VSD, GF, IDIF, Eur
Cheminio nikeliavimo tirpalo valymas	17,18	80	1	12,5	1000	17,7

Toliau apskaičiuojama elektros energija sunaudojama technologijoje. Įvertinami visi elektros energiją naudojančios įrenginiai, kurie reikalingi technologijai, tarp jų ir įrenginiai nepriskirti ilgalaikiam turtui: išcentriniai siurbliai ir tepalinis filtro-presos siurblys. Suminis aktyvinis galingumas – 8 kW. Elektros energijai sunaudojami kaštai pateikti 10 lentelėje.

10 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai

Įrengimų pavadinimas	Suminis aktyvinis galingumas, kW	Darbo valandų skaičius per metus, val.	Elektros energijos poreikis, kWh	1 kWh kaina, Eur	Išlaidos elektros energijai, Eur
Įrengimų varikliai	8	80	640	0,08	51,2

Prieš valymo tirpalas turi būti praskiedžiamas 1:1 santykiu, todėl technologijoje naudojamas vandentiekio vanduo. Išlaidos pateiktos 11 lentelėje.

11 lentelė. Tiesioginės išlaidos vandeniui

Atliekos pavadinimas	Valymo apimtis, natūriniais vnt.	Vandens sąnaudos 1 m ³ tirpalo valymui, m ³	Vandens kaina, Eur/m ³	Išlaidos vandeniui, Eur
Cheminio nikeliavimo tirpalas	15	1	2,12	31,8

Išvalius cheminio nikeliavimo tirpalą, susidaro nuosėdos, kurios yra traktuojamos kaip pavojingos atliekos ir turi būti utilizuotos. Šią paslaugą teikia pavojingų atliekų utilizavimo įmonė UAB „Toksika“. Pasiūlyta susidariusio dumblo utilizavimo kaina – 0,8 Eur/kg. Per metus technologiniame procese susidaro 466 kg atliekų. Šių atliekų utilizavimo kaina priskiriama tiesioginiams kaštams.

12 lentelė. Atliekų utilizavimo kaštų skaičiavimas

Atlieka	Kiekis per metus, kg	Utilizavimo kaina, Eur/kg	Suma per metus, Eur
Fizinio-cheminio apdorojimo dumblas	466	0,8	372

3.3.5. Netiesioginių utilizavimo kaštų skaičiavimas

Netiesioginius gamybos kaštus sudaro išlaidos, kurios tiesiogiai nesusiję su cheminio nikeliavimo tirpalo valymo technologija – viršininkų, meistrų, valytojų darbo užmokestis. Dažniausiai šių išlaidų suma sudaro 60 – 80 % tiesioginių gamybos kaštų. Kadangi projektuojama tik technologijos modifikacija, priimame, kad netiesioginiai kaštai sudaro 60 % tiesioginių gamybos kaštų.

Į netiesioginius gamybos kaštus taip pat įtraukiamos išlaidos įrengimų (ilgalaikio turto) nusidėvėjimui (amortizacijai). Priimama, kad kiekvienais metais įrenginiai nuvertėja 10 %. Vertinami tik naujai įsigyti įrengimai cheminio nikeliavimo tirpalo valymo technologijai. Duomenys pateikti 13 lentelėje.

13 lentelė. Amortizaciniai kaštai

Ilgalaikio turto rūšis	Įsigijimo vertė, Eur	Normatyvinė eksploataavimo trukmė, metai	Nusidėvėjimo suma, Eur metams					Likutinė vertė, Eur
			I	II	III	IV	V	
Cheminio nikeliavimo tirpalo valymo reaktoriai	7325,8	10	732,58	732,58	732,58	732,58	732,58	3662,9
Maišyklė su maišikliu ir elektros varikliu	2198,2	10	219,82	219,82	219,82	219,82	219,82	1099,1

Visi technologijoje naudojami kaštai pateikti utilizavimo kaštų lentelėje 14.

14 lentelė. Utilizavimo kaštai

Kaštų rūšys	Tirpalo utilizavimo kaštai, Eur
Pagrindinės medžiagos	1430,92
Tiesioginės išlaidos vandeniui	31,8
Tiesioginės išlaidos elektros energijai	51,2
Pagrindinių darbininkų darbo užmokestis	1000
Susidariusių atliekų utilizavimo išlaidos	372
Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	17,7
Tiesioginės tirpalo utilizavimo išlaidos	2903,62
Netiesioginės tirpalo utilizavimo išlaidos	1742,17
Viso tirpalo utilizavimo kaštų	4645,79
Tirpalo utilizavimo planas, t/metus	17,18
Tirpalo utilizavimo gamybinė savikaina, 1 t tirpalo	270,42

Įvertinus 14 lentelės duomenis, apskaičiuota 1 t cheminio nikeliavimo tirpalo apdorojimo savikaina – 270,42 Eur. Jeigu tirpalas būtų perduodamas pavojingų atliekų tvarkymo įmonei utilizavimui, 1 t tirpalo utilizavimo kaina būtų 1620 Eur. Įrengus cheminio nikeliavimo tirpalo valymo technologiją, metinė utilizavimo kaina sumažėjo 83,31 %.

3.3.6. Veiklos kaštai

Veiklos kaštus sudaro patalpų apšvietimo, apšildymo, buitiniams reikmėms sunaudojamo vandens išlaidos, taip pat administracijos darbuotojų atlyginimai ir atskaitymai susiję su darbo ištekiais. Skaiciuojant šiuos kaštus, galima priimti, kad jie sudaro 5 – 30 % gamybos (utilizavimo) kaštų. Priimama, jog jie sudaro 20 % utilizavimo kaštų.

15 lentelė. Veiklos sąnaudų paskirstymas

Rodikliai	Suma, Eur
Veiklos sąnaudos	929,16
Utilizavimo planas, t/metus	17,18
Utilizavimui (1 t) tenkančios veiklos sąnaudos	54,08

3.3.7. Utilizavimo kainos skaičiavimas

Pagal utilizavimo ir veiklos kaštus apskaičiuojama 1 t tirpalo išvalymo kaina.

16 lentelė. 1 tonos tirpalo pilnoji savikaina

Atlieka	Utilizavimo savikaina, Eur	Utilizavimui tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	Utilizavimo pilnoji savikaina, Eur
Cheminio nikeliavimo tirpalas	270,42	54,08	324,50

Šiuo atveju sutaupyta pinigų suma, utilizuojant atliekas, traktuojama kaip papildomas įmonės gaunamas pelnas. Užsakant tirpalo utilizavimą pavojingų atliekų įmonėje, kaina už 1 t tirpalo – 1620 Eur. Atliekant tirpalo valymą įmonėje, utilizavimo pilnoji savikaina už 1 t tirpalo – 324,50 Eur. Papildomas įmonės uždirbamas pelnas:

$$\text{Papildomas pelnas} = 1620 \text{ Eur} - 324,5 \text{ Eur} = 1295,5 \text{ Eur už 1 t tirpalo}$$

Apskaičiuojama sutaupoma procentinė dalis:

$$\text{Sutaupoma dalis} = \frac{1295,5}{1620} \cdot 100\% = 79,97\%$$

3.3.8. Projekto pelnas

Gaunamas įmonės pelnas (sutaupymas), utilizuojant tirpalą įmonėje yra grynas pelnas, nes pelno mokestis yra atskaičiuotas nuo pagaminto produkto, naudojant cheminio nikeliavimo tirpalą, gauto pelno. Gaminio kaina nekeičiama, bet sumažėja atliekų utilizavimo kaštai.

Užsakant tirpalo utilizavimo paslaugą įmonėje UAB „Toksika“, per metus utilizavimo kaštai siekia 27832 Eur, apskaičiuojama, kiek pinigų sutaupoma per metus, kai utilizavimas atliekamas įmonėje:

$$\text{Sutaupyta pinigų suma} = 27832 - 324,5 \cdot 17,18 = 22257 \text{ Eur}$$

Taigi galima teigti, kad įmonė gauna 22257 Eur papildomą grynąjį pelną per metus.

3.3.9. Projekto investicijų efektyvumo vertinimas

Pagal atliktus skaičiavimus, investuoti pinigai į technologiją, turėtų atsipirkti jau „0“ (projekto įdiegimo) metais, o toliau kiekvienais metais įmonės finansai pasipildytų papildomu pelnu, skaičiavimai pateikti 17 lentelėje.

17 lentelė. Apibendrinti projekto įgyvendinimo duomenys

Išlaidos	„0“	1	2	3	4	5
Pagrindinės medžiagos, Eur	1430,92	1430,92	1473,85	1518,06	1563,60	1610,51
Tiesioginės išlaidos vandeniui, Eur	31,80	31,80	32,75	33,74	34,75	35,79
Tiesioginės išlaidos elektros energijai, Eur	51,20	51,20	52,74	54,32	55,95	57,63
Pagrindinių darbininkų darbo užmokestis, Eur	1000,00	1000,00	1020,00	1040,40	1061,21	1082,43
Susidariusių atliekų utilizavimo išlaidos, Eur	372,00	372,00	372,00	386,88	386,88	386,88
Atskaitymai VSD, GF ir IDIF, Eur	17,70	17,70	17,70	17,70	17,70	17,70
Tiesioginės tirpalo utilizavimo išlaidos, Eur	2903,62	2903,62	2969,04	3051,10	3120,09	3190,94
Netiesioginės tirpalo utilizavimo išlaidos, Eur	1742,17	1742,17	1781,42	1830,66	1872,05	1914,57
Veiklos kaštai, Eur	929,16	929,16	947,74	966,70	986,03	1005,75
Tirpalo utilizavimo pilnoji savikaina, Eur/1 t tirpalo	324,50	324,50	331,68	340,42	347,97	355,72
Projekto investicijos, Eur	-9524,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tirpalo utilizavimo planas, t/metus	17,18	17,18	17,18	17,18	17,18	17,18
Viso tirpalo utilizavimo kaštų, Eur	5574,95	5574,95	5698,20	5848,45	5978,17	6111,26
Tirpalo utilizavimo kaina, įmonėje UAB „Toksika“, Eur	27831,60	27831,60	27831,60	28944,86	28944,86	28944,86
Papildomas grynasis pelnas (sutaupyti kaštai), Eur	12732,65	22256,65	22133,40	23096,41	22966,69	22833,60

Nuliniais ir pirmaisiais projekto metais veiklos kaštai, tiesioginės ir netiesioginės tirpalo utilizavimo išlaidos nesikeičia. Iki trečių projekto gyvavimo metų, nekinta atliekų ir tirpalo utilizavimo kaštai, nes galioja sutartis su įmone UAB „Toksika“, kurioje yra fiksuotos kainos. Nuo trečių metų įvertinimas 4 % utilizavimo kainų kilimas, pasirašant naują sutartį. Taip pat nuo antrų projekto metų įvertinamas 3 % procentų kaštų padidėjimas vandeniui, pagrindinėms medžiagoms ir elektros energijai, kiekvienais metais. Nuo antrų metų po 2 % didinamas ir darbuotojų darbo užmokestis. Veiklos kaštai taip pat padidėja, nes padidėja netiesioginiai tirpalo utilizavimo kaštai.

Įvertinus 17 lentelėje pateiktus skaičius, galima teigti, jog investicija pelninga, nes jau nuliniais metais bus sutaupomi papildomi 12732,65 Eur, kurie atperka 9524 Eur investiciją į naują įrangą.

3.4. Aplinkosauginis vertinimas

3.4.1. Įvadas

Ūkinė veikla, kuriai atliekamas poveikio aplinkai vertinimas (PAV) – esamos plastiko liejimo ir chromavimo gamyklos „KB Components“ esančios Kaune, cheminio nikelio tirpalo valymo įrenginio ir nuotekų valymo stoties eksploatacija. Aprašomi įrenginiai naudojami koncentruoto cheminio nikeliavimo tirpalo valymui.

Parengtoje planuojamos ūkinės veiklos poveikio aplinkai vertinimo ataskaitoje pateikiama bendroji informacija apie technologinį procesą, jo metu susidarancius teršalus, tai pat chemines medžiagas naudojamas proceso metu.

3.4.2. Ūkinėje veikloje naudojamų technologinių procesų apibūdinimas

Pagrindinė tiriamosios technologijos paskirtis – pašalinti nikelio jonus ir fosforo junginius iš nebetinkamo naudoti cheminio nikeliavimo tirpalo, susidariusias nuotekas pašalinant per chromavimo linijos nuotekų valymo įrengimus. Nikelio jonų koncentracija tirpale prieš valymą kinta tarp 1 – 2 g/L, o bendrojo fosforo koncentracija tarp 5 – 6 g/L. Įprastai technologijoje naudotas tirpalas buvo pridudamas pavojingų atliekų tvarkymo įmonei UAB „Toksika“, tačiau ši paslauga yra brangi, todėl atsirado poreikis tirpalo išvalymui įmonėje.

Tirpalas gamyboje naudojamas 1 – 1,5 mėnesio, kol tampa per daug aktyvus, jame susikaupia daug vandenilio ir teršalų. Tirpalas kiekvieną dieną analizuojamas, reikiamos reagentų koncentracijos atstatomos optimalias ribas, dėl to po ilgo lauko atsiranda per didelis tirpalo atskiedimas. Tirpalas pašalinimas iš gamybos ir maišomas naujas elektrolitas. Technologijoje naudotas tirpalas valomas naudojant natrio dimetilditiokarbamatą.

3.4.3. Bendrieji duomenys

Planuojama atlikti cheminio nikeliavimo tirpalo valymą (nikelio jonų ir fosforo junginių pašalinimą). Per metus valomo tirpalo tūris – 15 m³. Planuojama veikla atitinka 38.22 ekonominės veiklos rūšį „Pavojingų atliekų tvarkymas ir šalinimas“.

Pagrindinė technologijoje naudojama energija – elektros energija. Ji reikalinga siurbliams, filtrui-presui ir maišyklei. Vidutiniškai sunaudojamas elektros energijos kiekis per metus parodytas 18 lentelėje.

18 lentelė. Energijos vartojimas

Energetiniai ir technologiniai ištekliai	Matavimo vnt., t, m ³ , kWh	Sunaudojamas kiekis per metus	Išteklių gavimo šaltiniai
a) elektros energija	kWh	640	Elektros tiekimo tinklas

Technologijoje naudojamas aštraus kvapo natrio dimetilditiokarbamato 47 % koncentracijos tirpalas (komercinis pavadinimas Sedigant C), kuris yra toksiškas vandens organizmams, sukelia ilgalaikius pakitimus (H400, H410). Sedigant C iš tiekėjo gaunamas 25 kg bakeliais, kurie saugomi chemikalų sandėlyje su ventiliacijos sistema. Didžiausias vietoje laikomas kiekis – 100 kg. Taip pat technologijoje naudojamas 50 % koncentracijos kalcio chlorido tirpalas, kuris tiekiamas statinėse po 200 kg, ir flokulianto tirpalas, kuris ruošiamas įmonėje.

19 lentelė. Duomenys apie naudojamą žaliavas, chemines medžiagas ar preparatus

Žaliavos, cheminės medžiagos ar preparato pavadinimas	Kiekis per metus	Cheminės medžiagos ar preparato klasifikavimas ir ženklinimas		
		Kategorija	Pavojaus nuoroda	Rizikos frazės
Sediganth C	223 kg	Trumpalaikis pavojus vandens aplinkai, ilgalaikis pavojus vandens aplinkai, 1 kategorija	GHS09	H400; H410
Kalcio chlorido 50 % koncentracijos tirpalas	273 kg	Akių dirginimas, 2 kategorija	GHS07	H319
Flokuliantas (5 % koncentracijos Secused A 17 P tirpalas)	30 kg	-	-	-

20 lentelė. Žaliavų ir papildomų cheminių medžiagų ar preparatų saugojimas

Žaliavos, cheminės medžiagos ar preparato pavadinimas	Transportavimo būdas	Kiekis, saugomas vietoje	Saugojimo būdas
Sediganth C	Atvežama bakeliais krovinine transporto priemone	100 kg	Saugomas bakeliuose, chemijos sandėlyje
Kalcio chlorido 50 % koncentracijos tirpalas	Atvežama statinėse krovinine transporto priemone	200 kg	Saugomas statinėse, chemijos sandėlyje
Flokuliantas (5 % koncentracijos Secused A 17 P tirpalas)	Atvežama kieto pavidalo, maišuose po 25 kg	Tirpalas gaminamas vietoje, 1000 kg	Saugomas konteineryje, chemijos sandėlyje

Šioje technologijoje nėra naudojami organiniai ir/ar neorganiniai tirpikliai. Cheminio nikeliavimo tirpalo valymo ribinės vertės nėra nurodytos GPGB (geriausiai prieinami gamybos būdai).

3.4.4. Atliekos

Pagrindinis valymo technologijos „produktas“ yra susidarantis dumblas. Naudojant aukšto slėgio filtrą-presą, dumblas yra nusausinamas ir sandėliuojamas kontaineriuose po ~800 kg. 30 % drėgmės dumblas pridodamas pavojingų atliekų tvarkymo įmonei UAB „Toksika“.

21 lentelė. Atliekos, atliekų tvarkymas

Technologinis procesas	Atliekos					
	Pavadinimas	Kiekis		Agregatinis būvis	Kodas pagal atliekų sąrašą	Pavojingumas
		t/dieną	t/metus			
Cheminio nikeliavimo tirpalo valymas	Fizikinio-cheminio apdorojimo dumblas	-	0,466	Kietas	19 02 05	Pavojingas

22 lentelė. Atliekų saugojimas objekte

Laikymo sąlygos	Didžiausias kiekis
Laikomas konteineriuose chemikalų sandėlyje	0,8 t

3.4.5. Aplinkos oro tarša

Apdorojamas tirpalas nėra lakus, nesusidaro pavojingi garai. Taip pat valymo technologijoje naudojamos medžiagos nėra lakios, todėl pavojaus aplinkos oro taršai nėra.

3.4.6. Naudojamas vanduo ir susidarančios nuotekos

Pradžioje cheminio nikeliavimo tirpalas turi didelę nikelio jonų koncentraciją, todėl prieš panaudojant organinį reagentą, reikia tirpalą praskiesti 1:1 santykiu. Tam naudojamas vandentiekio vanduo, tiekiamas iš įmonės UAB „Kauno vandenys“. Viso per metus sunaudojama maždaug 15 m³ vandens. Po valymo susidaro nuotekos, kuriose yra dar šiek tiek likusio nikelio, kurio koncentracija nuotekose negali viršyti 0,5 mg/L, taip pat gali būti fosforo junginių, kurių vertė negali viršyti 20 mg/L bendrojo fosforo.

Nuotekos išleidžiamos kartu su chromavimo linijos išvalytomis nuotekomis į surinktuvą, kur susimaišo su buitinėmis nuotekomis ir iš teka antriniam apdorojimui į UAB „Kauno vandenys“ valymo įrengimus.

23 lentelė. Numatomas vandens paėmimas ir vartojimas

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
UAB „Kauno vandenys“	15	0,04	0,0016	Cheminio nikeliavimo tirpalo valymas	15	0,04	0,0016

24 lentelė. Duomenys apie nuotekų šaltinius ir/arba išleistuvus

Nuotekų priimtuvai	Planuojamų išleisti nuotekų ir jų šaltinio aprašymai	Išleistuvo tipas	Išleistuvo vietos aprašymas	Didžiausias numatomas išleisti nuotekų kiekis
				m ³ /m
Galvaninio gamybos cecho nuotekų valymo stotis	Nuotekose yra nikelio jonų ir fosforo, kurių dalis lieka po cheminio nikeliavimo tirpalo valymo įrenginyje	Šulinys	Šulinys esantis įmonės teritorijoje, koord: X - 500014; Y - 6085635	Įvertinimas nuotekų kiekis tik per metus, nes procesas nėra nuolatinis – 30 m ³ /m

25 lentelė. Planuojamų išleisti nuotekų užterštumas/numatoma aplinkos tarša

Teršalo pavadinimas	Didžiausias numatomas nuotekų užterštumas				Didžiausias leidžiamas ir faktinis planuojamų išleisti nuotekų užterštumas				Numatomas valymo efektyvumas, %
	mom., mg/L	vid., mg/L	t/d	t/metus	DLK mom, mg/L	DLK vid., mg/L	DLT, t/d	DLT, t/m	
Nikelio jonai	0,3	0,3	$2,47 \cdot 10^{-8}$	$9 \cdot 10^{-6}$	0,5	0,5	$4,1 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	99,98
Bendrasis fosforas	15	15	$1,23 \cdot 10^{-6}$	0,00045	20	20	$1,64 \cdot 10^{-6}$	0,0006	99,97

Pagal Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos 2006 m. įsakymą Nr. 106301MISAK00D1-236^[22] didžiausias leidžiamas per metus išleisti teršalų kiekis (DLT_m) apskaičiuojamas pagal formulę:

$$DLT_m = \frac{C_{vid} \cdot Q_m}{1000 \cdot 1000}$$

čia C_{vid} – teisės aktuose nustatyta atitinkamos teršiančios medžiagos vidutinė metinė didžiausia leidžiama koncentracija (DLK), mg/l; Q_m – planuojamas išleisti metinis nuotekų kiekis, m³/metus.

Pagal Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos 2006 m. įsakymą Nr. 106301MISAK00D1-236^[22] didžiausias leidžiamas per parą išleisti teršalų kiekis (DLT_d) apskaičiuojamas pagal formulę:

$$DLT_d = \frac{C_{mom} \cdot Q_d}{1000 \cdot 1000}$$

čia C_{mom} – teisės aktuose nustatyta atitinkamos teršiančios medžiagos maksimali momentinė arba vidutinė paros DLK, mg/l; Q_d – numatomas vidutinis paros nuotekų kiekis, m³/d.

Apskaičiuojamas nikelio ir fosforo didžiausias leidžiamas per metus išleisti teršalų kiekis:

$$DLT_m(nikelis) = \frac{0,5 \cdot 30}{1000 \cdot 1000} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ t/m}$$

$$DLT_m(bendrasis fosforas) = \frac{20 \cdot 30}{1000 \cdot 1000} = 0,0006 \text{ t/m}$$

Apskaičiuojamas nikelio ir fosforo didžiausias leidžiamas per dieną išleisti teršalų kiekis:

$$DLT_d(nikelis) = \frac{0,5 \cdot \frac{30}{365}}{1000 \cdot 1000} = 4,1 \cdot 10^{-8} \text{ t/d}$$

$$DLT_d(bendrasis fosforas) = \frac{20 \cdot \frac{30}{365}}{1000 \cdot 1000} = 1,64 \cdot 10^{-6} \text{ t/d}$$

Taip pat apskaičiuojamas ir didžiausias numatomas nuotekų užterštumas (DNNU):

Per metus:

$$DNNU_m(nikelis) = \frac{0,3 \cdot 30}{1000 \cdot 1000} = 9 \cdot 10^{-6} \text{ t/m}$$

$$DNNU_m(bendrasis fosforas) = \frac{15 \cdot 30}{1000 \cdot 1000} = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ t/m}$$

Per dieną:

$$DNNU_d(nikelis) = \frac{0,3 \cdot \frac{30}{365}}{1000 \cdot 1000} = 2,47 \cdot 10^{-8} \text{ t/d}$$

$$DNNU_d(bendrasis fosforas) = \frac{15 \cdot \frac{30}{365}}{1000 \cdot 1000} = 1,23 \cdot 10^{-6} \text{ t/d}$$

Prieš valymą nikelio koncentracija tirpale siekė 1,4455 g/L, o bendrojo fosforo koncentracija – 5,08 g/L. Pagal aukščiau aprašyto laboratorinio valymo duomenis apskaičiuojamas nikelio valymo efektyvumas (VE).

1,4455 g/L – 100 %

0,0003 g/L – x %

$$x = \frac{100 \cdot 0,0003}{1,4455} = 0,021 \%$$

$$VE(nikelio) = 100 - 0,021 = 99,98 \%$$

Taip pat apskaičiuojamas fosforo valymo efektyvumas:

5,08 g/L – 100 %

0,0015 g/L – y %

$$y = \frac{100 \cdot 0,0015}{5,08} = 0,029 \%$$

$$VE(fosforo) = 100 - 0,029 = 99,97 \%$$

3.4.7. Apibendrinimas

Atlikus aplinkosauginį vertinimą cheminio nikeliavimo tirpalo valymo technologijai nustatyta, jog pagrindiniai susidarantys teršalai yra nikeliu ir fosforu užterštos nuotekos. Iš nuotekų nikelis ir fosforas pašalinimas atitinkamai 99,98 % ir 99,97 % efektyvumu. Susidarę pavojingos atliekos (dumblas) atiduodamas pavojingų atliekų tvarkymo įmonei UAB „Toksika“ utilizavimui.

4. Darbuotojų sauga ir sveikata

4.1. Projektuojamojo objekto charakteristika

Įmonė „KB Components“ įsikūrusi Kaune, Draugystės gatvėje, tarp kitų pramonės gamyklų. Įmonė pasauliniu lygiu žinoma dėl plastiko liejimo veiklos, tačiau Kauno filialas turi papildomą veiklos rūšį – plastiko galvanizaciją. Šis procesas yra išskirtinis dėl savo technologijos specifikos, kurio metu detalės padengiamos trimis metalų sluoksniais – variu, nikeliu ir chromu, kurie suteikia detalei naują įvaizdį ir praplečia gaminio panaudojimo sritį. Šio proceso metu susidaro užterštos nuotekos ir kitos atliekos, kurioms reikalingas apdorojimas. Tam projektuojamas vandens nuotekų ir cheminio nikeliavimo tirpalo valymo skyrius.

Remiantis Specialiųjų žemės naudojimų sąlygų įstatymo trečiu priedu^[23], sanitarinės zonos riba yra 100 m.

4.2. Profesinės rizikos vertinimas

Siekiant išvengti nelaimingų atsitikimų, profesinių ligų ar incidentų ir darbuotojų darbingumui ir sveikatai išsaugoti visą profesinį laikotarpį, atliekamas profesinės rizikos vertinimas. Įvertinus rizikas, numatomos prevencinės priemonės užtikrinančios nelaimingų atsitikimų sumažinimą (26 – 29 lentelės).

26 lentelė. Cheminių rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas^[24]

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio atsiradimo ar 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
Natrio dimetilditiokarbamato 47 % koncentracijos tirpalas	Valymo įrengimas	Įkvėpimas – 0,2 mg/m ³ , Patekus ant odos – 0,5 mg/kg	Įkvėpimas – 0,93 mg/m ³ , Patekus ant odos – 2,71 mg/kg	Valymo proceso metu	Izoliuojanti dujokaukė, apsauginės pirštinės, apsauginiai rūbai
Kalcio chlorido 50 % koncentracijos tirpalas	Valymo įrengimas	-	-	Valymo proceso metu	Apsauginiai akiniai, apsauginės pirštinės
Flokuliantas (5 % koncentracijos Secused A 17 P tirpalas)	Valymo įrengimas	-	-	Valymo proceso metu	Apsauginiai akiniai, apsauginės pirštinės

27 lentelė. Fizikinių rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas^[25,26,27,28]

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio atsiradimo ar 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
Šiluminė aplinka	Cheminio nikeliavimo ir vandens nuotekų valymo stotis, laboratorija	30 – 40 % oro drėgnis, 18 – 25 °C temperatūra	Oro drėgnis iki 75 %, 18 – 27 °C temperatūra	Visą pamainą	Rizika priimtina
Apšvietimas	Cheminio nikeliavimo ir vandens nuotekų valymo stotis	200 lx	200 lx	Visą pamainą	Rizika priimtina
	Laboratorija	600 lx	500 lx		
Triukšmas	Cheminio nikeliavimo ir vandens nuotekų valymo stotis	60 dBA	85 dBA	Visą pamainą	Rizika priimtina
	Laboratorija	50 dBA	60 dBA		
Statinė elektra	Cheminio nikeliavimo ir vandens nuotekų valymo stotis, laboratorija	-	-	Visą pamainą	Įžeminimas, antistatiniai drabužiai, batai

28 lentelė. Fizinių rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas^[29]

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio atsiradimo ar 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
Galimybė nukristi nuo kopėtelių	Cheminio nikeliavimo ir vandens nuotekų valymo stotis	-	-	Visą pamainą	Turėklai
Galimybė paslysti	Cheminio nikeliavimo ir vandens nuotekų valymo stotis	-	-	Visą pamainą	Apsauginė avalynė

29 lentelė. Ergonominių rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas^[30]

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio atsiradimo ar 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
Darbo poza	Laboratorija	Sėdimas darbas, 60 % darbo laiko	Sėdimas darbas, 25 % darbo laiko	Visą pamainą	Pertraukos (4 kartus per pamainą, po 10 min), ergonominės kėdės
Regos įtampa	Laboratorija	10 mm	0,5 mm	Atliekant laboratorinius tyrimus	Pertraukos (4 kartus per pamainą, po 10 min)
Dėmesio koncentravimas	Cheminio nikeliavimo ir vandens nuotekų valymo stotis, laboratorija	60 % pamainos laiko	75 % pamainos laiko	Visą pamainą	Pertraukos (4 kartus per pamainą, po 10 min)
Vienkartinis krovinio kėlimas rankomis nuo žemyn nuleistos rankos krumplių iki alkūnės	Cheminio nikeliavimo ir vandens nuotekų valymo stotis	20 kg	Vyr. – ne daugiau 25 kg, mot. – ne daugiau 16 kg.	2 – 4 kartus per pamainą	Pertraukos (4 kartus per pamainą, po 10 min)

Pagal naudojamų medžiagų pavojingumo rodiklius (pavojingumo rodikliai paimti iš gamintojo pateiktų saugos duomenų lapų) nustatomos įrenginių sprogimo ir gaisro pavojų galimybė (30 lentelė).

30 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai^[31]

Medžiagos pavadinimas	Sunaudojama per metus, kg	Plūpsnio temperatūra, °C	Sprogumo ribos		Savaiminio užsidegimo temperatūra, °C	Užsidegimo temperatūra, °C
			Apatinė	Viršutinė		
Natrio dimetilditiokarbamat o 50 % koncentracijos tirpalas (Sediganth C)	223	Neužsiplieskia	Nenustatyta	Nenustatyta	Nenustatyta, stabili normaliomis sąlygomis	Nenustatyta, blogai degi
Kalcio chlorido 50 % koncentracijos tirpalas	273	Neužsiplieskia	Nenustatyta	Nenustatyta	Nenustatyta, stabili normaliomis sąlygomis	Nenustatyta, blogai degi
Flokuliantas (5 % koncentracijos Secused A 17 P tirpalas)	30	Neužsiplieskia	Nenustatyta	Nenustatyta	Nenustatyta, stabili normaliomis sąlygomis	Nenustatyta, blogai degi

Pagal 30 lentelės duomenis, nustatyta jog patalpos priskiriamos E_g kategorijai (31 lentelė) – nedegios medžiagos ir medžiagos šaltoje būklėje (šaldytuvuose) arba patalpos, kuriose gaisro apkrova mažesnė kaip 42 MJ/m²[31]. Cheminio nikeliavimo tirpalo valymo procese nenaudojamos ir nesusidaro sprogios ar degios medžiagos. Cheminio nikeliavimo tirpalo ir nuotekų valymo stotis ir laboratorija pagal sprogiosios aplinkos susidarymo dažnumą ir jos išsilaikymo trukmę priskiriamos 2 zonai – vieta, kurioje dirbant normaliuoju režimu negali susidaryti sprogia aplinka, jei tokia aplinka susidaro, ji būna labai trumpai, tikėtinų avarių ir stichinių nelaimių atveju.

31 lentelė. Pastatų, patalpų kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonos^[31]

Objekto, kuriam suteikiama kategorija, klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas	Požymis nulemiantis kategoriją, pavojingos vietos zoną	Kategorija, pavojingos vietos zona
Cheminio nikeliavimo ir vandens nuotekų valymo stotis	Pastatas nepriskiriamas A _{sg} , B _{sg} , C _g , D _g kategorijoms	E _g , 2 zona
Laboratorija	Pastatas nepriskiriamas A _{sg} , B _{sg} , C _g , D _g kategorijoms	E _g , 2 zona

4.3. Saugi gamyba

Norint užtikrinti darbuotojų saugumą darbo vietoje atsižvelgiama į įvairius faktorius. Nors proceso metu nesusidaro nei sprogia aplinka, nei iškyla gaisrinis pavojus, tačiau atsiranda kiti veiksniai galintys sukelti nelaimingus atsitikimus, taip pat ir pavojų aplinkai. Technologijoje naudojami dideli kiekiai toksinių skysčių, kurie patekę į gamtinę aplinką gali sukelti negrįžtamus pakitimus ekosistemose, todėl atsižvelgiama į išsiliejo galimybę.

Parengiamas veiksmų planas išsiliejo atveju:

- 1) Prie įėjimo įrengiamos specialios spintos su asmeninės apsaugos priemonėmis: respiratoriumi, apsauginiais akiniais, neperšlampamais apsauginiais drabužiais, batais.
- 2) Pastebėjus avariją, nedelsiant informuojamas skyriaus vadovas, taip pat įvertinus situaciją, iškviečiamos specialiosios tarnybos (jeigu yra būtinybė).
- 3) Jeigu nereikalinga specialiųjų tarnybų pagalba, panaudojamos asmeninės saugos priemonės ir pradedama avarijos padarinių likvidacija.
- 4) Surandamas avarijos (nuotėkio) šaltinis.
- 5) Išsiliėjusios nuotekos negali būti išleisto į buitinių nuotekų kanalizaciją, todėl skystis, kuris nepatenka į nuotekų valymo stotyje esančius trapus turi būti sugertas sorbento pagalba (18 pav.).
- 6) Iš trapų nuotekos išpumpuojamos technologijoje naudojamais membraniniais siurbliais į buferines talpyklas.
- 7) Iš talpų, tirpalas tiekiamas į valymo įrengimus, kad būtų užtikrintas pavojingų medžiagų pašalinimas iš nuotekų.



18 pav. Cheminių sorbentų rinkinys^[32]

Darbo metu darbuotojai privalo laikytis vietinių lokalių, darbdavio patvirtintų teisės aktų (darbo tvarkos taisyklės, instrukcijos, nurodymai, pareiginiai nuostatai). Kiekvienai darbo vietai sukurama instrukcija, su kuria darbuotojai turi būti supažindinti ir visada turėtų ją šalia savęs. Numatomi periodiniai vidiniai ir išoriniai auditai, norint užtikrinti, kad darbuotojai laikosi darbo instrukcijų ir viską daro atsakingai ir pagal nurodymus. Jeigu darbuotojas mano, kad yra nesaugu dirbti, privalo pranešti savo tiesioginiam vadovui, atsisakyti dirbti.

Darbuotojų atsakomybės:

- Laikytis darbo saugos reikalavimų.
- Užtikrinti sklandų įrengimų darbą arba informuoti vadovus, jeigu to padaryti neįmanoma.
- Vadovautis šalyje galiojančiais įstatymais ir teisės aktais.
- Užtikrinti darbo aplinkos tvarką.
- Žinoti darbo apsaugos, taip pat priešgaisrinės apsaugos priemonių buvimo vietą, gebėti jomis naudotis.
- Neplaninius įrengimo remonto darbus vykdyti tik informavus vadovą ir gavus jo pritarimą.
- Įvykus avarijai, informuoti specialiąsias tarnybas, vadovą arba jeigu avarijos mastas nėra didelis, pašalinti avarijos padarinius ir pratęsti darbus.

Prenkant elektros įrenginius, nustatomos apsaugos nuo elektros srovės priemonės, kurių pasirinkimą nulemia elektros įrenginių įtampa ir patalpos klasė. Technologinio proceso patalpos neturi pavojingoms ar labai pavojingoms patalpoms būdingų požymių, todėl priskiriamos normalioms (nepavojingoms) patalpoms^[33]. Technologijoje naudojami siurbiai ir maišyklės su trifaziu varikliu, kurio įtampa siekia 400 V, todėl elektros įrenginiai įnulinami. Taip pat, technologijoje naudojami skysčių pneumatinio transportavimo, filtravimo ir maišymo procesai, jiems numatomos apsaugos nuo elektrostatinė krūvių susidarymo priemonės – įžeminimas ir asmeninės apsaugos priemonės: avalynė su antistatiniu padu ir antistatiniai drabužiai.^[33]

4.4. Darbo higiena

Analizuojami darbo metu veikiantys cheminiai ir fizikiniai rizikos veiksniai, kurie tiesiogiai daro įtaką darbuotojų sveikatai. Dydžiai lyginami su Lietuvos higienos normose ir kituose teisės aktuose nustatytais dydžiais.

Technologijoje nesusidaro kenksmingos cheminės medžiagos, todėl vertinama tik naudojamų cheminių medžiagų rizika, kurių ribinės vertės nurodytos 26 lentelėje. Technologiniame procese naudojamos kenksmingos medžiagos, todėl būtina nustatyti ne tik ribines poveikio vertes, tačiau ir aprašyti jų poveikį darbuotojų sveikatai. Cheminių medžiagų poveikis pateiktas 32 lentelėje.

32 lentelė. Naudojamų cheminių medžiagų poveikis sveikatai ir asmeninės apsaugos priemonės^[34,24]

Medžiagos pavadinimas	Poveikis darbuotojų sveikatai	Asmeninės apsaugos priemonės (AAP)
Natrio dimetilditiokarbamato 47 % koncentracijos tirpalas (Sediganth C)	Ūmus toksiškumas kvėpavimo takams, įkvėpus medžiagos. Odos dirginimas ir akių dirginimas patekus į akis	Apsauginiai akiniai, su skydeliais šonuose, nitrilinės pirštinės, darbo uniforma arba laboratorinis chalatas, apsauginė avalynė
Kalcio chlorido 50 % koncentracijos tirpalas	Vietinis ūmus poveikis kvėpavimo takams įkvėpus didesnę nei ribinę koncentraciją, dirginimas patekus į akis	Apsauginis veido skydelis arba akiniai, nitrilinės pirštinės, darbo uniforma arba laboratorinis chalatas, apsauginė avalynė

Labai svarbios yra asmeninės apsaugos priemonės, kurias privalo suteikti darbdavys, atsižvelgdamas į atliekamų darbų riziką. Taip pat svarbios ir kolektyvinės apsaugos priemonės, kuriomis stengiamasi išvengti arba pašalinti darbo metu kylančią riziką, taikant technines ar organizacines priemones.

Įmonėje įrengtos šios kolektyvinės apsaugos priemonės:

- **Signalizacija ir ženklai.** Įrengta gaisrinė signalizacija, kurios įjungimo mygtukas pažymėtas evakuacijos plane (19 pav.). Taip pat naudojamas ženklinimas, kuriuo pažymėtos pavojingos cheminės medžiagos ir pavojingos pastato zonos.
- **Automatinė apsaugos sistema.** Įmonėje įrengti dūmų detektoriai, kurie automatiškai aktyvuoja gaisrinės saugos purkštukus gaisrui gesinti.

Šioms priemonėms teikiama pirmenybė, nes jomis galima išvengti nelaimingo atsitikimo galimybės ir sumažinti poreikį asmeninėms apsaugos priemonėms.

Svarbus fizikinis veiksnys yra šiluminė darbo aplinka. Remiantis HN 69:2003^[26] nustatoma darbo sunkumo kategorija III – sunkus fizinis darbas, nes darbas reikalauja fizinės įtampos vaikstant, taip pat keliant ir pernešant krovinį virš 10 kg masės. Atsižvelgiant į sezonus (šiltąjį ir šaltąjį) ir darbo kategoriją patalpoms sudaromos komfortinės sąlygos (33 lentelė).

33 lentelė. Darbo patalpų komfortinės sąlygos^[26]

Metų laikotarpis	Darbų kategorija	Oro temperatūra, °C	Oro santykinis drėgnumas, %	Oro judėjimo greitis, m/s, ne daugiau kaip
Šiltasis	Sunkus – III	18 – 20	40 – 60	0,4
Šaltasis	Sunkus – III	16 – 18	40 – 60	0,3

Kitas svarbus fizikinis veiksnys yra darbo vietos apšvietimas. Skirtingose patalpose atliekamos procedūros reikalauja skirtingo apšvietimo intensyvumo. Laboratorijoje atliekami darbai priskiriami tikslams, o nuotekų ir cheminio nikeliavimo valymo stotyje darbai priskiriami nelabai tikslams^[27]. Norminė apšvieta pateikta 34 lentelėje.

34 lentelė. Regos darbų kategorija ir norminė apšvieta^[27]

Vieta	Regos darbų charakteristika	Mažiausio matomo objekto dydis, mm	Regos darbų kategorija	Mažiausia ribinė vertė, lx	Natūralus apšvietimas, NAK, proc.	Vykdomų darbų rūšys
Cheminio nikeliavimo ir nuotekų valymo stotis	Nelabai tikslūs	1,1 – 5,0	V	200	3,0	Valymo įrenginių priežiūra
Laboratorija	Tikslūs	0,31 – 0,50	III	500	4,0	Laboratorinės analizės

4.5. Gaisrinė sauga

Projektuojant pastatą svarbu atsižvelgti į gaisrinę saugą, pasitelkiant prevencines priemones gaisro atveju. Technologinėse patalpose įrengiamos garsinės sirenos, dūmų detektoriai, taip pat užtikrinama, kad patalpos būtų aprūpintos gaisro gesinimo priemonėmis: gesintuvais, gaisriniais čiaupais ir gaisriniais hidranta. Darbuotojai turi praeiti gaisrinės saugos mokymus, gebėti įvertinti situaciją ir žinoti galimus evakuacijos planus ir mokėti naudotis pirminėmis gaisro gesinimo priemonėmis.

Technologijoje nesusidaro sprogios medžiagos, taip pat pradinės medžiagos nėra degios, todėl gaisro tikimybė yra minimali. Rizikingiausi įrengimai technologijoje – elektros prietaisai. Patalpose, kur yra elektros įrengimų, gesintuvai turi būti tinkami įrengimams gesinti neišjungus įtampos. Gaisro klasės ir ugnį gesinančios medžiagos pateiktos 35 lentelėje.

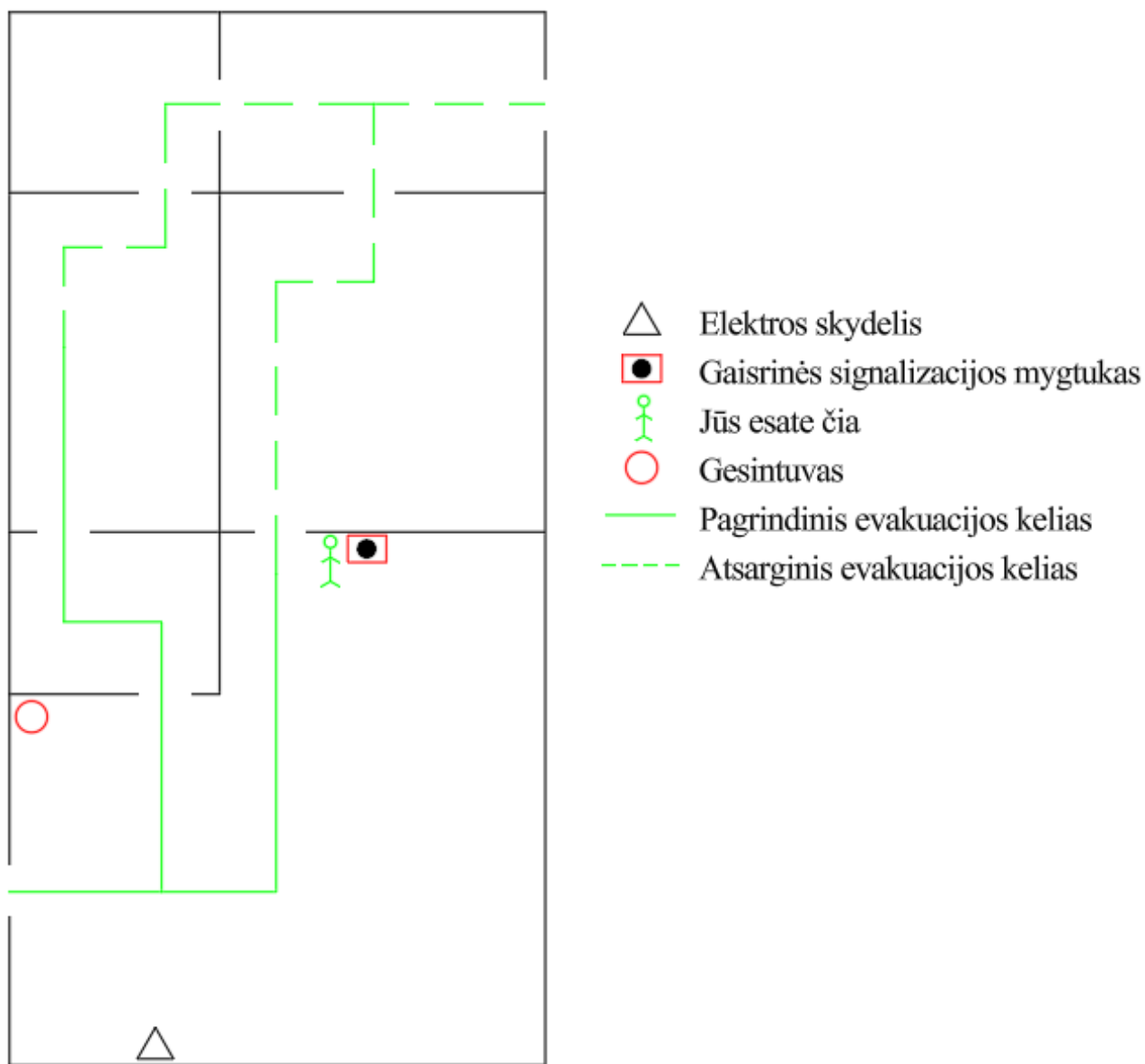
35 lentelė. Gaisro klasė ir ugnį gesinanti medžiaga^[35]

Klasė	Gaisro charakteristika	Ugnį gesinanti medžiaga					
		Vanduo	Putos	Dujos	Milteliai		
					ABC tipo	BC tipo	D tipo
A	Kietųjų medžiagų gaisrai, kai degimo metu susidaro anglis	+	+	-	++	-	-
B	Skystųjų arba galinčių suskystėti kietųjų medžiagų gaisrai	-	++	+	++	++	-
C	Dujų gaisrai	-	-	+	++	++	-
D	Metalų gaisrai	-	-	-	-	-	++

Žymėjimas: ++ veiksmingiausia, + veiksminga, - ne tokia veiksminga.

Remiantis 35 lentele, projektuojamose patalpose gali kilti A klasės gaisras. Atsižvelgiant į patalpų pavojaus klasę (E_g) ir patalpų plotą, turi būti parenkami tinkami gesintuvai. Kadangi patalpose yra elektros įrenginių, pagal Bendrąsias gaisrinės saugos taisykles^[35] gesintuvai turi būti tinkamas elektros įrenginių gesinimui, neišjungus įtampos. Tinkamiausias gesintuvai elektros įrenginių gesinimui, todėl parenkamas vienas 4 kg miltelinis ABC tipo gesintuvai.

Pagal Bendrųjų gaisrinės saugos taisyklių įsakymą^[35] parengiamas evakuacijos planas (20 pav.). Evakuacijos plane turi būti pažymėti pagrindiniai ir atsarginiai evakuacijos keliai, gaisro gesinimo priemonės, gaisro signalizacijos jungiklis, taip pat pagrindiniai evakuaciniai išėjimai.



19 pav. Cheminio nikeliavimo tirpalo ir vandens nuotekų valymo stoties evakuacijos planas (autoriaus brėžinys)

Išvados

1. Literatūros apžvalgoje išnagrinėti sunkiaisiais metalais užterštų nuotekų ir cheminio nikeliavimo tirpalo valymo būdai, taip pat aptarti inžineriniai sprendimai efektyviam suspensijų filtravimui. Apžvelgtas nikelio jonų ir fosforo poveikis gamtai ir žmogaus sveikatai.
2. Atliktos ir aprašytos cheminio nikeliavimo tirpalo nikelio jonų ir fosforo analizės, kurių metu nustatyta nikelio jonų koncentracija tirpale prieš valymą – 1,4455 g/L, o bendrojo fosforo – 5,08 g/L. Tirpalo valymas atliktas laboratorinėmis sąlygomis, po kurio nikelio jonų koncentracija siekė 0,3 mg/L, o bendrojo fosforo koncentracija 15 mg/L.
3. Suprojektuotas cheminio nikeliavimo tirpalo valymo reaktorius, parinkti papildomi įrengimai, apskaičiuotas medžiagų balansas, nubraižyta technologinė schema. Apskaičiuoti metiniai technologijai reikalingi reagentų kiekiai: 222,7 kg natrio dimetilditiokarbamato 47 % koncentracijos tirpalo, 273,1 kg kalcio chlorido 50 % koncentracijos tirpalo ir 30 kg flokulianto tirpalo. Taip pat apskaičiuotas susidarančių atliekų (dumblo) kiekis per metus – 466,1 kg.
4. Nubraižyti įmonės sklypo, patalpų plano ir pastato pjūvių brėžiniai, parinkti ir įvertinti statybiniai sprendimai – stogo ir grindų dangos, sienos. Įvertinti bendrųjų inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai – suslėgtas oras, vanduo ir elektra.
5. Atlikti finansiniai skaičiavimai, kurių metu nustatyta įtaka tirpalo utilizavimo kaštams. Nustatyta, jog įmonė jau pirmais projekto gyvavimo metais gaus 22256,65 Eur didesnę pelną, o suprojektuota technologija atsipirks nuliniais projekto gyvavimo metais.
6. Atliktas cheminio nikeliavimo tirpalo valymo aplinkosauginis vertinimas, kurio metu nustatytos susidarančios atliekos ir nuotekos. Po valymo susidariusiose nuotekose neviršijamos didžiausios leidžiamos nikelio jonų (0,5 mg/L) ir bendrojo fosforo (20 mg/L) koncentracijos.
7. Aprašyti darbuotojų sveikatos ir saugos reikalavimai, kurie keliami valymo technologijai. Įvertinti cheminiai, fizikiniai, fiziniai ir ergonominiai veiksniai, turintys įtakos darbuotojų saugai. Numatytos asmeninės ir kolektyvinės apsaugos priemonės, įvertintas gaisro pavojus, parengtas projektuojamojo objekto evakuacijos planas.

Literatūros sąrašas

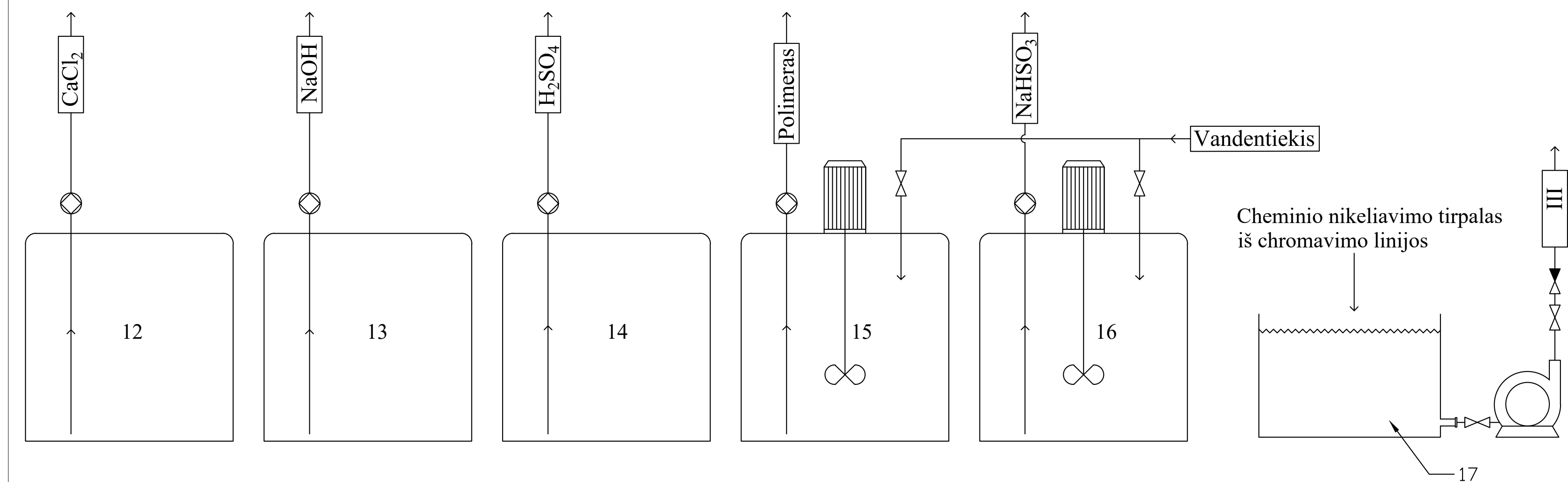
1. CHINTADA, V.B. ir kt. Advancements in Nickel-Phosphate/Boron Based Electroless Composite Coatings: A Comprehensive Review of Mechanical Properties and Recent Developments. In *Materials (Basel, Switzerland)* . 2023. Vol. 16. .
2. BONIN, L. - VITRY, V. Applications of Electroless Nickel and Practical Aspects. In *Electroless Nickel Plating* . [s.l.]: CRC Press, 2019. p. 411–424. .
3. AMBASANKARAN, C. - SAROJINI, K.A. Electroless Nickel Plating and Its Applications. In *IETE Journal of Research* . 1963. Vol. 9, no. 4, p. 309–315. [žiūrėta 2025-03-31]. . .
4. Electroless plating. In <https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/engineering-technology/manupedia/electroless-plating> . .
5. SRIVATSAN, T. Optimization of Bath Parameters for Electroless Nickel Plating Using Fractional Factorial Design. In *Aspects in Mining & Mineral Science* . 2021. Vol. 8, no. 2. [žiūrėta 2025-05-05]. . .
6. YUAN, J. ir kt. Fabrication and Corrosion Resistance of a Superhydrophobic Ni-P/Ni₃(NO₃)₂(OH)₄Multilayer Protective Coating on Magnesium Alloy. In *ACS Omega* [interaktyvus]. 2020. Vol. 5, no. 38, p. 24247–24255. [žiūrėta 2025-03-31]. . Prieiga per internetą: <<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acsomega.0c02196>>.
7. SALICIO-PAZ, A. ir kt. Full Optimization of an Electroless Nickel Solution: Boosting the Performance of Low-Phosphorous Coatings. In *Materials* [interaktyvus]. 2021. Vol. 14, no. 6, p. 1501. [žiūrėta 2025-03-31]. . Prieiga per internetą: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8003328/>>.
8. LIU, G. ir kt. Effect of Heat Treatment on Hardness of Electroless Ni-P Plating. In *Advanced Materials Research* [interaktyvus]. 2011. Vol. 228–229, p. 878–882. [žiūrėta 2025-03-31]. . Prieiga per internetą: <<https://www.scientific.net/AMR.228-229.878>>.
9. SHIN, D.H. - KIM, S.J. Effects of hydrogen permeation on the mechanical characteristics of electroless nickel-plated free-cutting steel for application to the hydrogen valves of hydrogen fuel cell electric vehicles. In *PLOS ONE* [interaktyvus]. 2024. Vol. 19, no. 5, p. e0302972. [žiūrėta 2025-05-05]. . Prieiga per internetą: <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0302972>>.
10. YING, W.C. ir kt. Precipitation treatment of spent electroless nickel plating baths. In *Journal of Hazardous Materials* . 1988. Vol. 18, no. 1, p. 69–89. [žiūrėta 2025-04-01]. . .
11. SHAIKH, A. ir kt. Utilization of the nickel hydroxide derived from a spent electroless nickel plating bath for energy storage applications. In *RSC Sustainability* [interaktyvus]. 2023. Vol. 1, no. 2, p. 294–302. [žiūrėta 2025-04-01]. . Prieiga per internetą: <https://www.researchgate.net/publication/366770320_Utilization_of_the_nickel_hydroxide_derived_from_the_spent_electroless_nickel_plating_bath_for_energy_storage_applications>.
12. LEE, H.Y. Separation and Recovery of Nickel from Spent Electroless Nickel-Plating Solutions with Hydrometallurgical Processes. In *Separation Science and Technology (Philadelphia)* . 2013. Vol. 48, p. 1602–1608. .
13. ULLAH, H. ir kt. Dithiocarbamate ligands as heavy metal expectorants from aqueous solutions. In *Journal of Taibah University for Science* . 2023. Vol. 17. .

14. WANG, Y. ir kt. Ecotoxicity assessment of sodium dimethyldithiocarbamate and its micro-sized metal chelates in *Caenorhabditis elegans*. In *Science of the Total Environment* . 2020. Vol. 720. .
15. Belt filter presses for sludge dewatering | Sludge Processing. In [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-04-10]. Prieiga per internetą: <<https://www.sludgeprocessing.com/sludge-dewatering/belt-filter-press/>>.
16. Centrifugal sludge dewatering | Sludge Processing. In [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-04-10]. Prieiga per internetą: <<https://www.sludgeprocessing.com/sludge-dewatering/centrifugal-dewatering/>>.
17. BEGUM, W. ir kt. A comprehensive review on the sources, essentiality and toxicological profile of nickel. In *RSC Advances* [interaktyvus]. 2022. Vol. 12, no. 15, p. 9139. [žiūrėta 2025-04-08]. . Prieiga per internetą: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8985085/>>.
18. DAS, K.K. ir kt. Primary concept of nickel toxicity - An overview. In *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology* [interaktyvus]. 2019. Vol. 30, no. 2, p. 141–152. [žiūrėta 2025-04-08]. . Prieiga per internetą: <<https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/jbcpp-2017-0171/html>>.
19. BUCKOVÁ, M. ir kt. Study of bioaccumulation of Cr, Ni and Zn by the green alga *Desmodesmus subspicatus* and assessment of the toxic effect of selected elements and their mixtures on algae cells. In *Journal of Applied Phycology* [interaktyvus]. 2023. Vol. 35, no. 5, p. 2241–2256. [žiūrėta 2025-04-08]. . Prieiga per internetą: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-023-03072-2>>.
20. VERMA, B. - BALOMAJUMDER, C. Hexavalent chromium reduction from real electroplating wastewater by chemical precipitation. In *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia* [interaktyvus]. 2020. Vol. 34, no. 1, p. 67–74. [žiūrėta 2025-05-05]. . Prieiga per internetą: <<https://www.ajol.info/index.php/bcse/article/view/195190>>.
21. Plokščių stogų ant gelžbetonio plokščių šiltinimas. In <https://www.paroc.com/lt-lt/applications/building-insulation/roofs/flat-roofs/concrete-deck#gaminiai-iame-sprendime> . .
22. D1. In <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.276576/asr> . .
23. Lietuvos Respublikos specialiųjų žemės naudojimo sąlygų įstatymas. 2019 m. birželio 6 d. Nr. XIII-2166, Vilnius TAR, 2019-06-19, Nr. 9862. In <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/46c841f290cf11e98a8298567570d639> . .
24. HN 23:2011. Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai. Valstybės žinios, 2011, Nr. 112-5274. In <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.405920> . .
25. Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatai. Valstybės žinios, 2005, Nr.53-1804. In <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.254877/asr> . .
26. HN 69:2003. Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai. Valstybės žinios, 2004, Nr. 45-1485. In <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.230880> . .
27. HN 98:2014. Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai. TAR, 2014, Nr. 5119. In <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.101854/asr> . .
28. Saugos eksploatuojant elektros įrenginius taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 39-1878 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2012, Nr.: 124 -6254). In <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.368840/obevZEtyPM> . .

29. Darboviečių įrengimo bendrieji nuostatai. Valstybės žinios, 1998, Nr. 44 - 1224. In <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.55826?jfwid=> . .
30. Ergonominių profesinės rizikos veiksnių tyrimo metodiniai nurodymai Valstybės žinios, 2005-08-06, Nr. 95- 3536 (Aktuali redakcija: Nr. A1-210/V-592, 2022-05-01, paskelbta TAR 2022-05-01, i. k. 2021-17898). In <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.260443/asr> . .
31. Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai. Valstybės žinios, 2010, Nr. 146 -7510 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2011-06-21, Žin., 2011, Nr.: 75-3661; 2011-02-24, Žin., 2011, Nr. 23-1137). In <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.388658/asr> . .
32. Paruošti naudojimui sorbentų rinkiniai. In <https://www.elega.lt/lt/paruoti-naudojimui-sorbentu-rinkiniai> . .
33. Elektros įrenginių įrengimo bendrosios taisyklės. Valstybės žinios, 2012, Nr. 18-816 . In <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.418124> . .
34. 2006 m. gruodžio 18 d. Europos Parlamento ir Tarybos reglamentas (EB) Nr. 1907/2006 dėl cheminių medžiagų registracijos, įvertinimo, autorizacijos ir apribojimų (REACH). In <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=celex:32006R1907> . .
35. Bendrosios gaisrinės saugos taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 99 -5167 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios Nr. 118-5970). In <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.250714/asr> . .

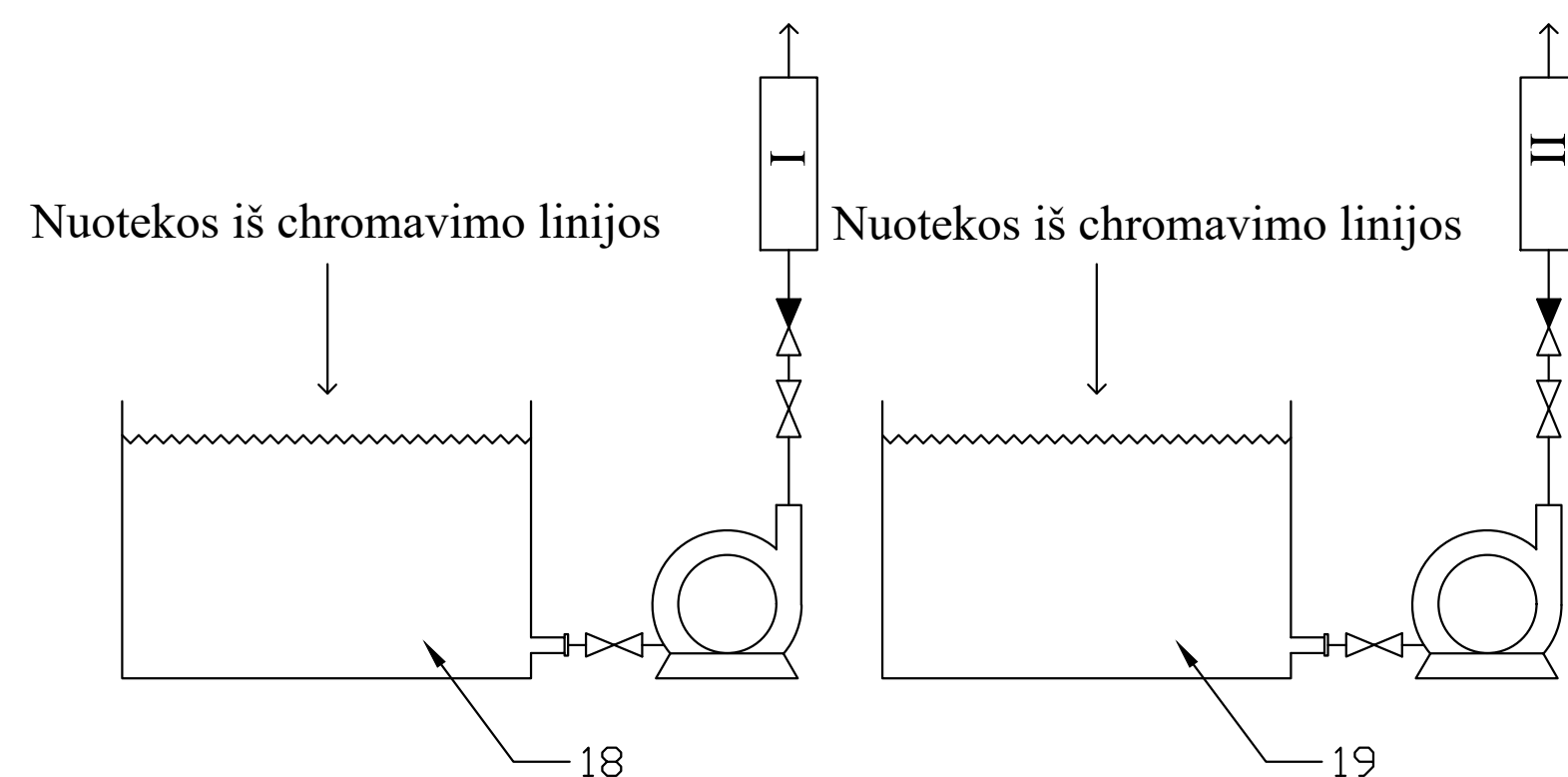
Priedai

- 1 priedas. Vandens nuotekų ir cheminio nikeliavimo tirpalo valymo stoties principinė technologinė schema**
- 2 priedas. Vandens nuotekų ir cheminio nikeliavimo tirpalo valymo stoties patalpų planas**
- 3 priedas. Vandens nuotekų ir cheminio nikeliavimo tirpalo valymo stoties patalpų pjūvis**
- 4 priedas. Įmonės sklypo planas**



Eil. nr.	Pavadinimas	Eil. nr.	Pavadinimas
1	Cheminio nikel. tirpalo valymo reaktorius	12-16	Chemikalų konteineriai
2	Chromo redukcijos reaktorius	17	Cheminio nikeliavimo tirpalas
3	Normalizavimo talpa	18	Chromo nuotekos
4	Neutralizacijos talpa	19	Vario ir nikelio nuotekos
5	Nusodintuvai su lamelėmis	a-e	Sklendės naudojamoms cheminio nikel. tirpalo valymui
6	Galutinė pH kontrolė		
7	Kanalizacijos nuotekis		Membrininis siurblys
8	Galvaninio dumblo talpykla		Sklendė
9	Filtrai-presai		Negrižtamas vožtuvas
10	Konteineris dumbliui		Išcentrinis siurblys
11	Filtro-presų nuotėkio talpa		Automatinis dozatorius

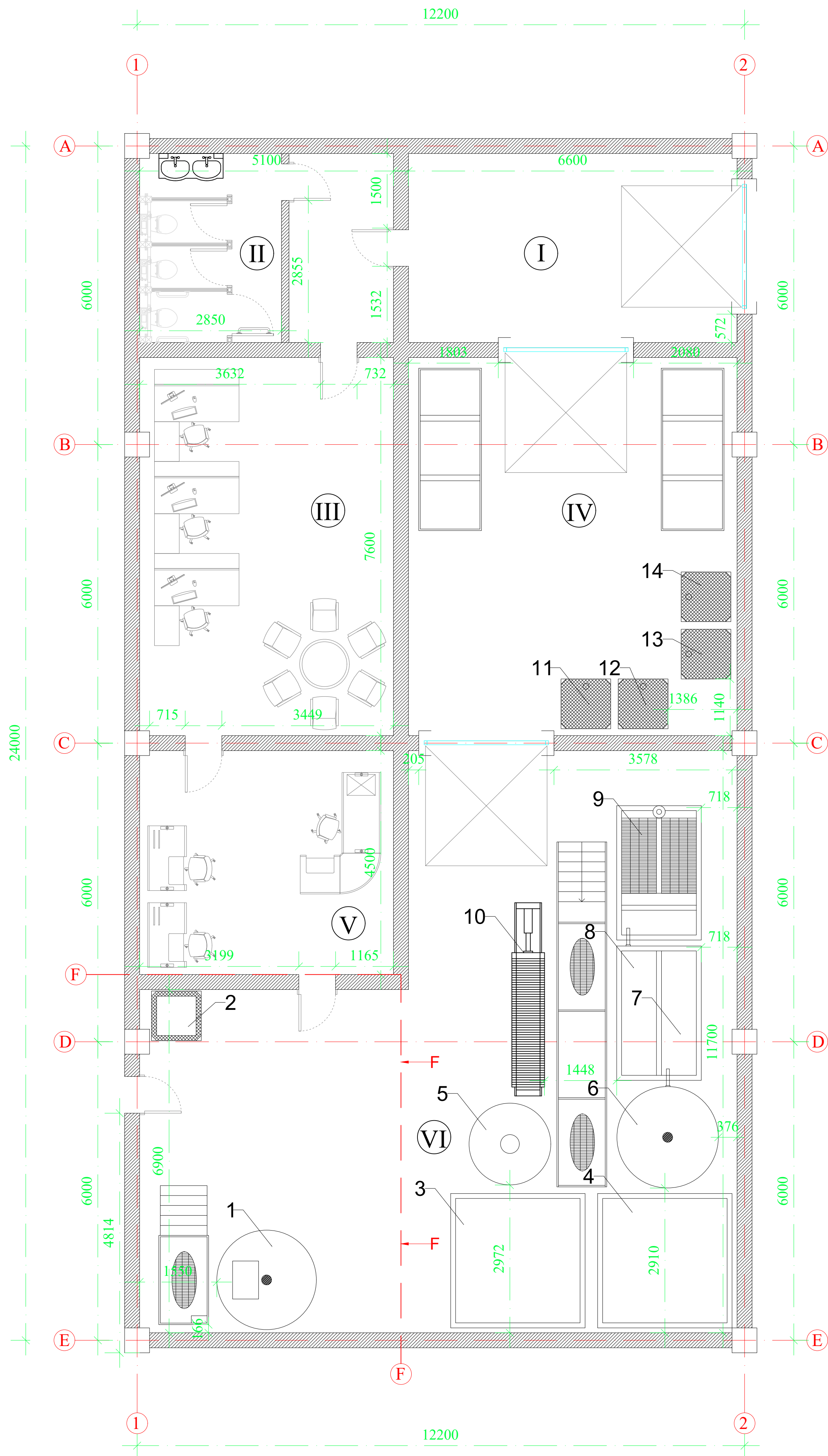
Eil. nr.	Pavadinimas
I	Chromo nuotekų srautas
II	Vario ir nikelio nuotekų srautas
III	Cheminio nikel. tirpalas iš chrom. linijos
IV	Metалų hidroksidų suspensija
V, VIII	Išvalytas vanduo
VII, XI	Dumblo suspensija
IX	Filtratas po 2-os chem. nikel. tirpalo valymo stadijos
X	Filtratas po 1-os chem. nikel. tirpalo valymo stadijos



Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas				Magistro baigiamasis projektas				
	Pareigos	V. Pavardė	Parašas	Data	Pramoninių nuotekų valymo stoties modifikacija: cheminio nikeliavimo tirpalo valymas				
TMC-3	Studentas	P. Urbanskis							
	Vadovė	A. Šulčiūtė			Technologinė schema			Laida	
	Konsultantė	O. Viliūnienė						0	
	Recenzentas	E. Griškonis							
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra Radvilėnų pl. 19 C, Kaunas				2025-MBP-FNCK			Lapas	Lapų
MBP								1	4

Patalpų planas

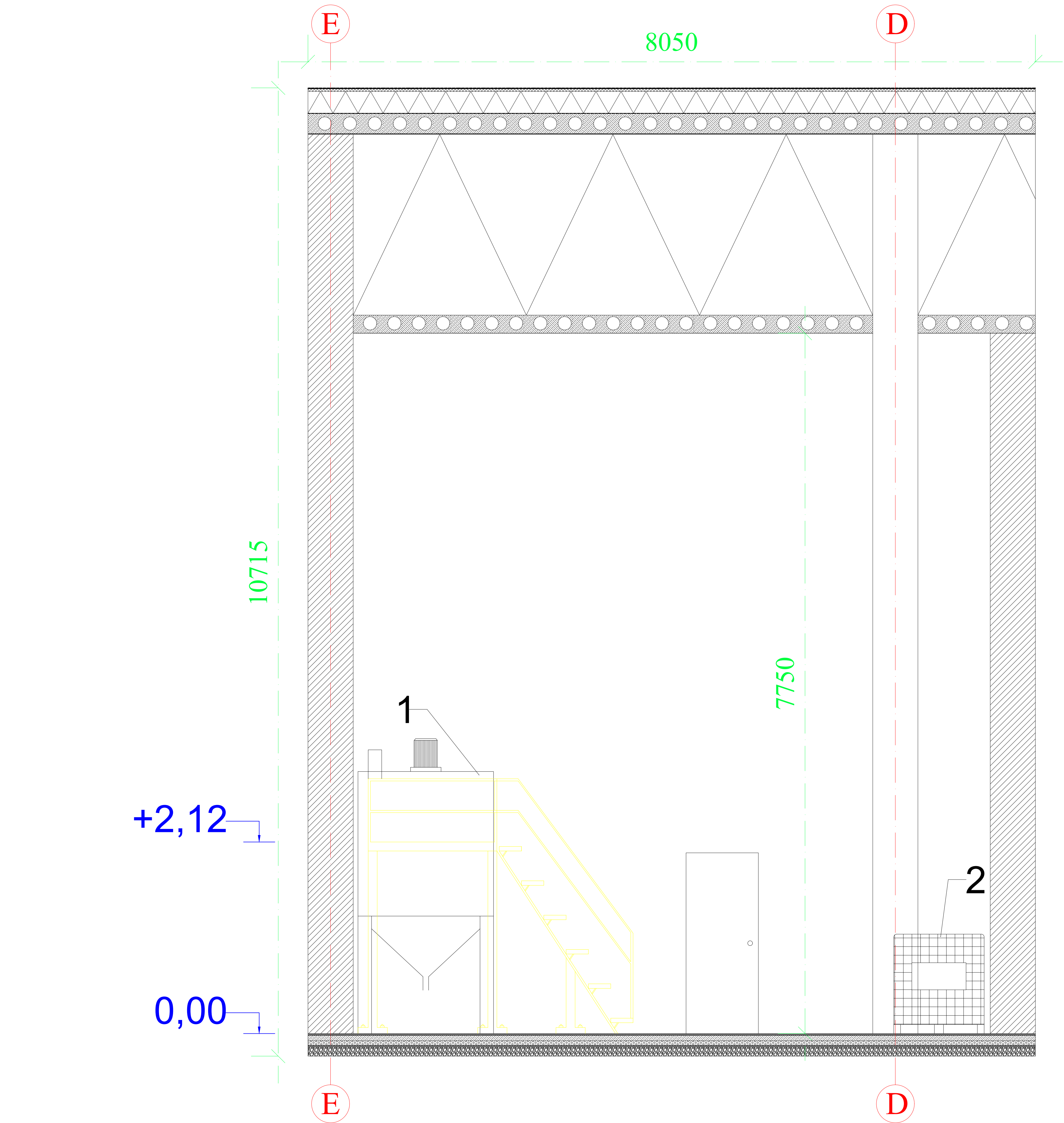
Mastelis 1:100



Eksplikacija		
Pozicija	Patalpų pavadinimas	Plotas m ²
I	Įėjimas	39,6
II	WC	17,1
III	Administracija	38
IV	Chemikalų sandėlis	50,16
V	Laboratorija	22,5
VI	Nuotekų valymo stotis	113,22

Nr.	Įrengimo pavadinimas
1	Cheminio nikeliavimo tirpalo valymo reaktorius
2	Konteineris dumblui
3	Chromo nuotekų buferinė talpa
4	Kitų nuotekų buferinė talpa
5	Skysto dumblo talpykla
6	Chromo redukcijos reaktorius
7	Normalizavimo talpykla
8	Neutralizacijos talpykla
9	Flokuliacijos ir sedimentacijos talpykla
10	Filtru - presas
11	Flokulianto tirpalo konteineris
12	Natrio metabisulfito tirpalo konteineris
13	Natrio šarmo tirpalo konteineris
14	Kalcio chlorido tirpalo konteineris

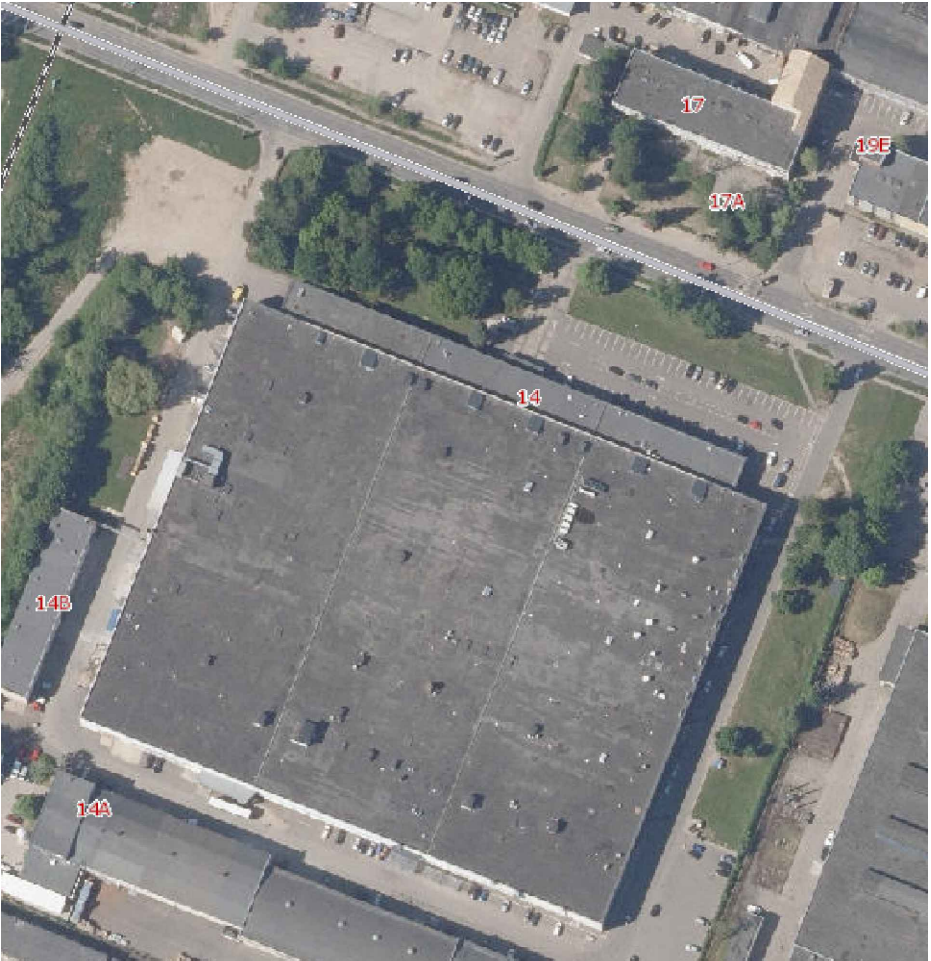
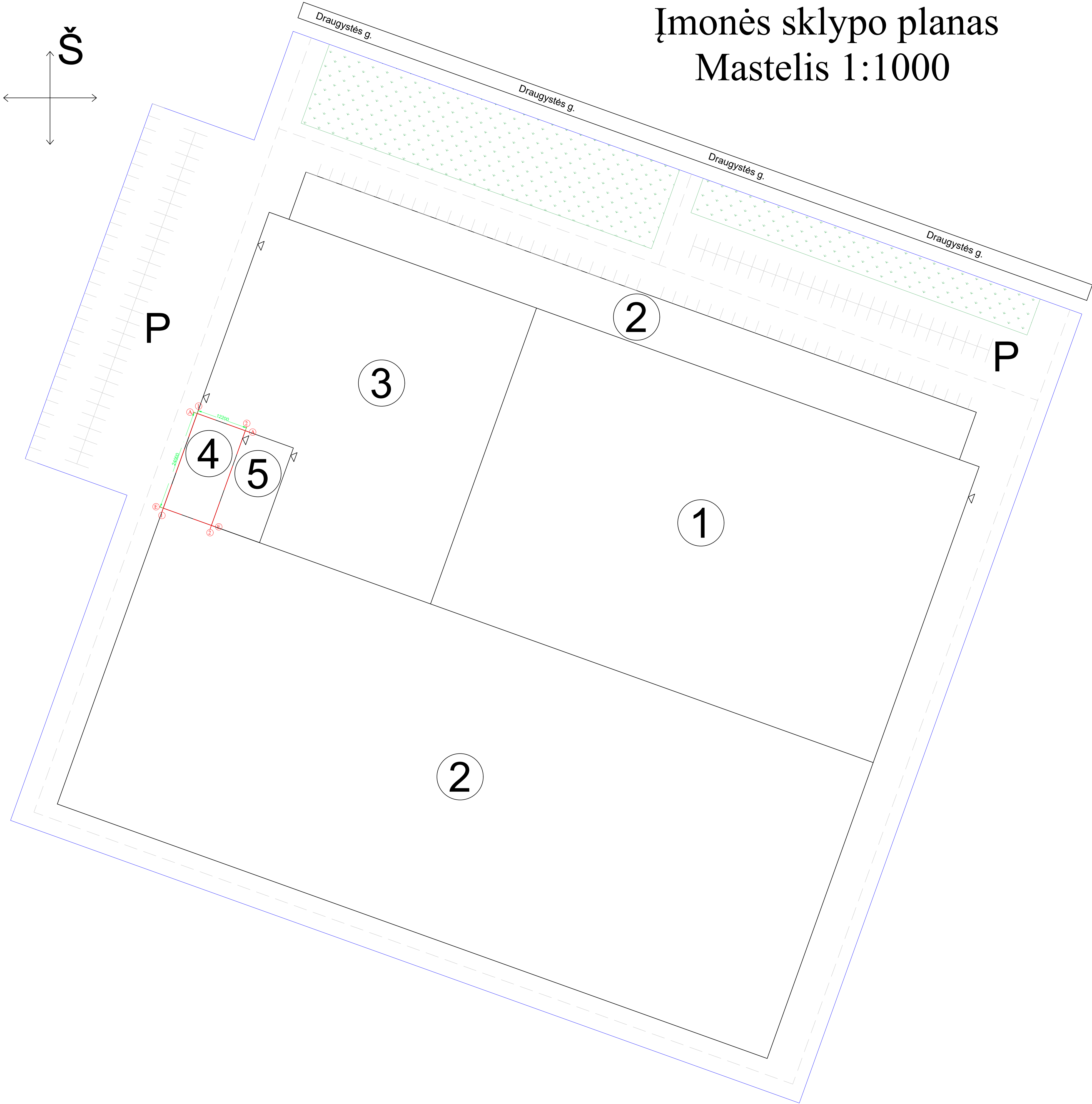
Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas				Magistro baigiamasis projektas	
	Pareigos	V. Pavardė	Parašas	Data	Pramoninių nuotekų valymo stoties modifikacija: cheminio nikeliavimo tirpalo valymas	
	Studentas	P. Urbanskis				
	Vadovė	A. Sulčiūtė			Patalpų planas	Laida
	Konsultantė	O. Viliūnienė				0
Recenzentas	E. Griškonis					
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra Radvilėnų pl. 19 C, Kaunas				2025-MBP-FNCK	
MBP						
					Lapas	Lapų
					2	4



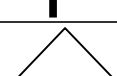
Pastato pjūvis F-F
Mastelis 1:50

Nr.	Įrengimo pavadinimas
1	Cheminio nikeliavimo tirpalo valymo reaktorius
2	Konteineris dumblui

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas				Magistro baigiamasis projektas			
	Parcigos	V. Pavardė	Parašas	Data	Pramoninių nuotekų valymo stoties modifikacija: cheminio nikeliavimo tirpalo valymas			
	TMC-3	Studentas	P. Urbanskis					
		Vadovė	A. Šulėkaitė		Patalpų pjūvis		Laida	
		Konsultantė	O. Vilūnienė				0	
	Recenzentas	E. Griškonis						
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra Radvilėnų pl. 19 C, Kaunas						Lapas	Lapų
MBP	2025-MBP-FNCK						3	4



PASTATŲ IR ĮRENGINIŲ EKSPLIKACIJA

SUTARTINIAI ŽYMĖJIMAI				
	SKLYPO RIBA			
	PROJEKTUOJAMI ŽALI PLOTAI			
1	LIEJIMO CECHAS			
2	PASTATO PLOTAS IŠNUOMOTAS KITOMS ĮMONĖMS			
3	SANDĖLIS			
4	PROJEKTUOJAMAS CHEMINIO NIKELIAVIMO TIRPALO VALYMO CECHAS			
5	PLASTIKO CHROMAVIMO CECHAS			
P	AUTOMOBILIŲ PARKAVIMO AIKŠTELĖ			
	ĮĖJIMAS			
PARGINDINIAI SKLYPO TECHNINIAI RODIKLIAI				
Nr.	Rodiklio pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis	Pastabos
1.	SKLYPO PLOTAS	m²	44357	
2.	UŽSTATYMO PLOTAS	m²	28737	
3.	SKLYPO APŽELDINTAS PLOTAS	m²	3924	
4.	SKLYPO UŽSTATYMO INTENSIVUMAS	%	64,93	
5.	SKLYPO UŽSTATYMO TANKUMAS	%	62,62	
6.	LENGVŲJŲ AUTOMOBILIŲ PARKAVIMO VIETOS	vnt.	180	

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas				Magistro baigiamasis projektas			
	Pareigos	V. Pavardė	Parašas	Data	Pramoninių nuotekų valymo stoties modifikacija: cheminio nikelavimo tirpalo valymas			
	Studentas	P. Urbanskis			Įmonės sklypo planas			
	Vadovė	A. Šulcienė						
	Konsultantė	O. Viliūnienė						
	Recenzentas	E. Griškonis			Laida			
					0			
Pr. etapas	Fizikinės ir neorganinės chemijos katedra Radvilėnų pl. 19 C, Kaunas				2025-MBP-FNCK			
MBP					Lapas		Lapų	
					4		4	



Gintaras Denafas

To: Povilas Urbanskis

Cc: Andrius Jaskūnas

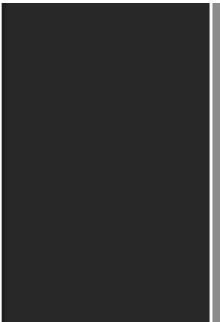
🗨️ Reply 🗨️ Reply all ➡️ Forward 📎 ...

Tue 5/20/2025 5:45 PM

Studento **Povilo Urbanskio** baigiamojo magistro projekto „**Pramoninių nuotekų valymo stoties modifikacija: cheminio nikeliavimo tirpalo valymas**“ skyrius „**Aplinkosauginis vertinimas**“ yra pilnos apimties ir parengtas pagal nustatytus reikalavimus.
Konsultantas **Gintaras Denafas**

Studento **Povilo Urbanskio** baigiamojo magistro projekto „**Pramoninių nuotekų valymo stoties modifikacija: cheminio nikeliavimo tirpalo valymas**“ skyrius „**Darbuotojų sauga ir sveikata**“ yra pilnos apimties ir parengtas pagal nustatytus reikalavimus.

Konsultantas **doc. dr. Dalia Nizevičienė**



Dalia Nizevičienė

To: Povilas Urbanskis

Sun 5/25/2025 10:26 PM

Povilas Urbanskis.pdf

105 KB

Labas vakaras, Povilai,

Siunčiu patvirtinimą ir linkiu sėkmės ginantis Baigiamąjį projektą.

Pagarbiai

doc. dr. Dalia Nizevičienė

...

🗨️ Reply

➡️ Forward



Irena Pekarskienė

To: Povilas Urbanskis

Labą dieną,
šiuo laišku patvirtinu, kad studento **Povilo Urbanskio** baigiamojo magistro projekto „**Pramoninių nuotekų valymo stoties modifikacija: cheminio nikeliavimo tirpalo valymas**“ skyrius „**Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai**“ yra pilnos apimties ir parengtas pagal nustatytus reikalavimus.

Konsultantas Irena Pekarskienė

🗨️ Reply 🗨️ Reply all ➡️ Forward 📎 ...

Wed 5/28/2025 2:13 PM



Odeta Viliūnienė

To: Povilas Urbanskis

Studento **Povilo Urbanskio** baigiamojo magistro projekto „**Pramoninių nuotekų valymo stoties modifikacija: cheminio nikeliavimo tirpalo valymas**“ skyrius „**Statybiniai sprendimai**“ yra pilnos apimties ir parengtas pagal nustatytus reikalavimus.
Konsultantas Odeta Viliūnienė

🗨️ Reply 🗨️ Reply all ➡️ Forward 📎 ...

Tue 5/27/2025 8:58 PM