



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Karolina Dilytė

Kėdainių miesto nuotekų valyklos modernizacija

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. Dr. Viktoras Račys

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
APLINKOSAUGOS TECHNOLOGIJOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas
Prof. Linas Kliučininkas

Kėdainių miesto nuotekų valyklos modernizacija

Baigiamasis magistro projektas
Chemijos inžinerijos programa (kodas 621H81004)

Konsultantai:

Ekonominiai skaičiavimai
Doc. dr. P. Oržekauskas

Darbuotojų sauga ir sveikata
Doc. dr. D. Nizevičienė

Statybiniai sprendimai
Doc. dr. O. Viliūnienė

Aplinkosauginis objekto įvertinimas
Lekt. dr. I. Stasiulaitienė

Vadovas

Doc. dr. V. Račys

Tiriamąo darbo vadovas

Doc. dr. V. Račys

Recenzentas

Dokt. M. Tichonovas

Projektą atliko

K. Dilytė

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Tvirtinu:

Cheminės technologijos fakulteto dekanas
Prof. Eugenijus Valatka

Suderinta:

Aplinkosaugos technologijos katedros vedėjas
Prof. Linas Kliučininkas

Dekano įsakymas Nr. ST18-F-02-01

2016 m. balandžio mėn. 26 d.

MAGISTRANTO BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS

*Išduota studentui **Karolinai Dilytei***

1. Darbo tema: Kėdainių miesto nuotekų valyklos modernizacija
2. Darbo tikslas: Ištyrus Kėdainių miesto nuotekų valyklos nuotekų užterštumo charakteristikas ir įvertinus papildomo nitrifikatoriaus prijungimo efektyvumą, parengti valyklos modernizacijos projektą. Atliktai inovacijai parengti technologines rekomendacijas.
3. Darbo sudėtinės dalys:
 - 3.1. Įvadas
 - 3.2. Bendras darbo apibūdinimas ir pagrindiniai rodikliai
 - 3.3. Techninis ekonominis pagrindimas
 - 3.4. Biologinio nuotekų valymo pagrindų analizė
 - 3.5. Eksperimentinė dalis
 - 3.6. Technologinė dalis
 - 3.7. Statybiniai ir santechniniai sprendimai
 - 3.8. Darbo sauga ir sveikata
 - 3.9. Aplinkosauginis projektuojamo objekto vertinimas
 - 3.10. Finansinis ekonominis projekto įvertinimas
 - 3.11. Bibliografinių nuorodų sąrašas
 - 3.12. Grafinė dalis
 - 3.12.1. Technologinė schema
 - 3.12.2. Sklypo planas
 - 3.12.3. Rekonstruojamo pastato planas, pjūviai su įrangos išdėstymu
 - 3.12.4. Nagrinėjamo aparato brėžinys
 - 3.13. Priedai

Užduoties išdavimo data 2016 m. vasario mėn. 07 d.

Užbaigto darbo pateikimo terminas 2016 m. birželio mėn. 01 d.

Vadovas: Doc. dr. Viktoras Račys

2016-02-07

(parašas)

Užduotį gavau: Karolina Dilytė

2016-02-07

(parašas)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Cheminės technologijos fakultetas

(Fakultetas)

Karolina Dilytė

(Studento vardas, pavardė)

Chemijos inžinerijos programa, 621H81004

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Kėdainių miesto nuotekų valyklos modernizacija

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 16 m. birželio 01 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Karolinos Dilytės** baigiamasis projektas tema „Kėdainių miesto nuotekų valyklos modernizacija“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

K. Dilytė. Kedainiai city sewage treatment plant upgrading. Master's final project / supervisor doc.dr. V. Račys; Kaunas University of Technology, Faculty of Chemical Technology, Department of Environmental Technology.

Kaunas, 2016, 94 pages, 5 drawings.

Summary

The project describes the technological upgrading of sewage treatment plant located in Kedainiai city. The aim of this upgrading is efficiency restoration of the Up Sludge Blanket Filtration (USBF) reactor by connecting extra nitrification tanks. The capacity of the wastewater treatment plant is 2,5 million m³ sewage per year.

Research work is completed. The aim of this research work was to explore the contamination characteristics of the sewage, before and after biological treatment. To identify the changes of contamination characteristics, during the modernisation, and evaluate the innovation effectiveness. The results of research reveal that extra nitrificators appliance boost plant efficiency and return biological reactor to normal working routine.

The project describes the technological process of wastewater treatment by using Up Sludge Blanket Filtration biological reactors. The technological scheme of process are submitted. The technological equipment: air fans, air difuzors, for extra nitrificators are counted.

Project describes construction and buiding, working safety and health, environmental protection solutions. The technological – economical accounting for investment demands was done in the project.

Turinys

Paveikslų sąrašas	10
Lentelių sąrašas	10
Santrumpų sąrašas	12
1. Įvadas	13
2. Bendras darbo apibūdinimas ir pagrindiniai rodikliai	15
3. Techninis ekonominis pagrindimas	17
3.1. Pradinė padėtis	17
3.2. Statybos rajono charakteristika	17
3.3. Žaliavų zonos charakteristika	18
3.4. Gamybinio pajėgumo ir gamybos programos pagrindimas	19
3.5. Statybos teritorijos charakteristika ir pagrindimas	19
4. Biologinio nuotekų valymo pagrindų analizė	20
4.1. USBF technologijos raida	20
4.2. USBF proceso pagrindai	20
4.3. Aerobiniai biologinio valymo procesai	22
4.4. Biologinis fosforo ir azoto šalinimas	23
4.5. Aeravimo sistemos	24
5. Eksperimentinė dalis	25
5.1. Metodologija	25
5.1.1. Cheminio deguonies suvartojimo nustatymas	25
5.1.2. Biocheminio deguonies suvartojimo nustatymas	26
5.1.3. Skendinčių medžiagų nustatymas	26
5.1.4. Nitritų kiekio nustatymas	27
5.1.5. Nitratų kiekio nustatymas	27
5.1.6. Amonio jonų kiekio nustatymas	28
5.1.7. Azoto kiekio nustatymas	29
5.1.8. Fosforo ir fosfatų kiekio nustatymas	29

5.2.	Eksperimento rezultatai	30
6.	Technologinė dalis	34
6.3.	Įrenginių aprašymas	34
6.3.1.	Priėmimo kamera	36
6.3.2.	Mechaninio valymo linija	36
6.3.3.	Paskirstymo kamera	37
6.3.4.	Integruotas biologinis reaktorius (I.B.R.).....	37
6.3.5.	Dumblo apdorojimas	38
6.3.6.	Orapūčių patalpa	38
6.3.7.	Septinių nuotekų surinkimo stotis.....	38
6.4.	Biologiniame reaktoriuje vykstantys procesai.....	39
6.4.1.	Anoksinė kamera.....	39
6.4.2.	Denitrifikavimo kamera.....	39
6.4.3.	Nitrifikavimo kamera	39
6.4.4.	Separavimo kamera	39
6.5.	Technologinės schemos aprašymas.....	39
6.6.	Atliekos.....	41
6.7.	Technologiniai skaičiavimai	43
6.7.1.	Įrenginių technologiniai rodikliai.....	43
6.7.2.	Deguonies poreikio skaičiavimai	46
6.8.	Technologinių procesų ir produkcijos kokybės valdymas ir užtikrinimas	49
6.9.	Vidaus transporto priemonių parinkimas ir skaičiavimas	50
6.9.1.	Nešmenų šalinimo konvejerio skaičiavimai	50
6.9.2.	Smėlio šalinimo šnekinio konvejerio skaičiavimai.....	51
6.10.	Gamybinių bei sandėlių ploto skaičiavimas.....	53
6.10.1.	Atliekų sandėlio skaičiavimai	53
6.10.2.	Orapūčių patalpos ploto skaičiavimai	53
7.	Statybiniai ir santechniniai sprendimai.....	55

8. Darbo sauga ir sveikata.....	59
9. Aplinkosauginis projektuojamo objekto vertinimas.....	68
10. Finansinis ekonominis projekto įvertinimas	72
10.1. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai.....	73
10.2. Nuotekų valymo apimtis ir realizacinės pajamos	75
10.3. Gamybos kaštai.....	76
10.4. Veiklos kaštai.....	79
10.5. Nuotekų išvalymo įkainių skaičiavimas.....	80
10.6. Nuotekų valyklos modernizacijos pelnas ir grynujų pinigų srautai	80
10.7. Investicijų efektyvumo vertinimas.....	81
10.8. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai.....	83
11. Išvados	84
12. Bibliografinių nuorodų sąrašas	85
Priedai	89
Grafinė dalis.....	94

Paveikslų sąrašas

3.2.1 paveikslas. Nuotekų valyklos padėtis miesto atžvilgiu.....	17
4.2.1. paveikslas. Fluidizacijos įrenginių geometrinės formos.....	22
5.2.1 paveikslas. Nitrito jonų suminiai kiekiai.	31
5.2.2 paveikslas. Nitrato jonų suminiai kiekiai.	32
5.2.3 paveikslas. Amonio jonų suminiai kiekiai.	32
5.2.4 paveikslas. Bendras azoto jonų suminis kiekis.....	33
6.3.1. paveikslas. Biologinio valymo įrenginio blokinė schema.....	35
8.3.1 paveikslas. Žaibolaidžio schema.....	63
10.7.1. paveikslas. Atsipirkimo laiko grafikas.....	81
10.7.2 paveikslas. Lūžio taško grafikas.....	83

Lentelių sąrašas

2.1 lentelė. Projekto finansiniai ekonominiai rodikliai.....	16
5.2.1 lentelė. Užterštumo charakteristikų koncentracijų vidurkiai.....	30
6.3.4.1 lentelė. Biologinio reaktoriaus kamerų matmenys, technologinė įranga.....	38
6.7.1.1 lentelė. BDS ₅ skaičiavimų rezultatai.....	43
6.7.1.2 lentelė. Papildomi duomenys.....	43
6.7.1.3 lentelė. Lyginamasis dumblo prieaugis.....	44
6.7.1.4 lentelė. Technologinių parametų palyginimas.....	45
6.7.1.5 lentelė. Nuotekų išbuvimo laikas skirtingose zonose.....	45
6.7.1.6 lentelė. Greitis reaktoriaus skirtingose zonose.....	46
6.7.2.1 lentelė. Papildomi duomenys.....	46
6.7.2.2 lentelė. Lyginamojo deguonies sunaudojimo priklausomybė nuo aktyviojo dumblo apkrovos.....	47
6.7.2.3 lentelė. Vandens prisotinimas deguonimi (C _τ).....	48
6.7.2.4 lentelė. Teršalų kiekio patekimo netolygumo koeficiento (k) priklausomybė nuo dumblo amžiaus (Θ).....	48
6.7.2.5 lentelė. „JAGER“ firmos difuzorių pagrindinės charakteristikos.....	49
6.9.1 Lentelė. Panardinamo siurblio QDX30-6-0,75(F)(S) charakteristikos.....	50

6.9.1.1 lentelė. Šnekinio konvejerio FM – 3G12 techninės charakteristikos	51
6.9.2.1 lentelė. Šnekinio konvejerio GS-4S8 techninės charakteristikos	52
6.11.1 lentelė. Elektros įrengimų parametrai	54
7.1.1 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai	56
8.2.1 lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas	60
8.2.2 lentelė. Pastatų, patalpų ir išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonos	61
8.3.1 lentelė. Žaibolaidžio apsaugos zonos skaičiavimo duomenys	62
8.4.1 lentelė. Darbo patalpų šiluminio komforto aplinkos oro temperatūros, oro santykinio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės vertės	66
9.2.1. lentelė. Duomenys apie naudojamas žaliavas	68
9.2.2 lentelė. Duomenys apie energetinėms reikmėms naudojamus išteklius	69
9.2.3. lentelė. Konkrečios veiklos sąlygojama fizikinė, cheminė ir biologinė tarša	69
9.2.4. lentelė. Atliekos, atliekų tvarkymas	70
9.2.5 lentelė. Naudojamo vandens balansas	71
9.2.6 lentelė. Nuotekų ir teršalų balansas	71
10.1.1 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai	73
10.1.2 lentelė. Įrangos kainos skaičiavimas	74
10.1.3 lentelė. Atliktų darbų kainos skaičiavimas	74
10.1.4 lentelė. Objekto išlaidų sąmata	75
10.1.5. lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis	75
10.2.1 lentelė. Nuotekų išvalymo apimtis ir realizacinės pajamos	76
10.3.1 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms	76
10.3.2 lentelė. Išlaidos darbuotojų darbo užmokesčiui	77
10.3.3 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai	77
10.3.4 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)	78
10.3.5 lentelė. Gamybos kaštai	79
10.4.1 lentelė. Veiklos kaštai	79
10.5.1 lentelė. Gaminių kainų apskaičiavimas	80
10.6.1 lentelė. Įmonės pelno (nuostolio) ataskaita, tūkst. Eur	80
10.7.1 lentelė. GPS skaičiavimai, tūkst. Eur	81
10.7.2 lentelė. Lūžio taško apskaičiavimas	82

Santrumpų sąrašas

USBF – Up Sludge Blanket Filtration (filtracija per pakibusį dumblo sluoksnį);

PDS – pakibusių dribsnių sluoksnis;

BVI – biologinio valymo įrenginys;

I.B.R. – integruotas biologinis reaktorius;

ChDS – cheminis deguonies suvartojimas;

BDS₇ – biocheminis deguonies suvartojimas per 7 dienas;

SM – skendinčios medžiagos;

NO₂ – nitritai;

NO₃ – nitratai;

NH₄ – amonio jonai;

BN – bendras azotas;

PO₄ – fosfatai;

BP – bendras fosforas.

1. Įvadas

Gyventojų skaičiui augant didėja prekių ir paslaugų poreikis. Šis spaudimas skatina gamybos procesų apimčių augimą, naujų prekių, alternatyvių medžiagų ir gamybos būdų atsiradimą. Tuo pačiu išauga ir vandens suvartojimas, kas lemia vandens valymo įrenginių modernizacijos būtinybę.

Lietuvai įstojus į Europos sąjungą (ES), išleidžiamų į vandens telkinius, nuotekų užterštumai pagal ES direktyvų normas sugriežtėjo. Nuotekų valyklos privalėjo prisitaikyti prie naujų standartų, modernizuojant esamus įrengimus ar diegiant naujas technologijas.

Kėdainių rajone yra nuotekų valymo įrenginių trūkumas. Daugelis rajono gyvenviečių neturi biologinių nuotekų valymo įrenginių. Rajone yra gyvenviečių, kuriose nuotekos išvis nevalomos.

Kėdainių miesto nuotekų valykloje įdiegta Čekų kompanijos „Ecofluid Group“ užpatentuota, biocheminio nuotekų valymo technologija su išvalyto vandens atskyrimo nuo veikliojo dumblo, filtruojant vandenį iš apačios į viršų per susiformuojantį pakibusį veikliojo dumblo sluoksnį, kuri sutrumpintai žymima USBF (Upflow Sludge Blanket Filtration). Tai valymo įrenginiai su biologiniu azoto ir fosforo šalinimu.

Įrenginio eksploatacijos metu įdiegus dumblo pūdymo ir biodujų gamybos grandį, dėl gražinamo filtrato didelio prisotinimo redukuojančiais mikroorganizmais, žymiai suprastėjo azoto pašalinimas. Amonio jonų koncentracijos viršijo leidžiamas normas išleidžiamose nuotekose. Norint išspręsti šią problemą, turėjo būti atstatomos nitrifikacijos sąlygos. Po technologinių tyrimų, nitrifikuojančios biocenozės atstatymui, buvo nuspręsta, nebenaudojamus dumblo rezervuarus pritaikyti papildomai nitrifikacijai. Įdiegus numatytas priemones, išvalytų nuotekų užterštumo charakteristikos atitiko normas.

Darbo objektas: Kėdainių miesto nuotekų valyklos modernizacija.

Darbo tikslas: ištyrus Kėdainių miesto nuotekų valyklos nuotekų užterštumo charakteristikas ir įvertinus papildomo nitrifikatoriaus prijungimo efektyvumą, parengti valyklos modernizacijos projektą. Atliktai inovacijai parengti technologines rekomendacijas.

Darbo uždaviniai:

- Iširti nuotekų užterštumo charakteristikas prieš ir po biologinio valymo.
- Nustatyti užterštumo charakteristikų pokyčius modernizacijos metu bei įvertinti papildomo nitrifikatoriaus efektyvumą.

- Parinkti technologinę gamybos schemą ir visus įrenginius.
- Apskaičiuoti difuzorių bei orapūčių kiekį nitrifikacijoje, parinkti jų tipą.
- Atlikti statybinius, ekonominius skaičiavimus.
- Atlikti darbų saugos bei aplinkosauginį vertinimą.

2. Bendras darbo apibūdinimas ir pagrindiniai rodikliai

Kėdainių miesto nuotekų valykla suprojektuota ir pastatyta naudojant pažangiausias technologijas, o nuotekos šalinamos darant mažiausią įtaką aplinkai. Taip palaikomos švarios upės, ežerai ir pakrančių vandenys, kurie yra svarbūs mūsų visuomenei ir sveikatai.

Kėdainių rajonas - vienas ekonomiškai stipriausių Lietuvos regionų, kurį aptarnauja vienintelė nuotekų valykla. Nuotekų valymo įrenginiai yra Kėdainių miesto pakraštyje, pietvakarinėje pusėje. Nuotekos išleidžiamos į Nevėžio upę, tolyn nuo Kėdainių miesto. Valyklai buvo reikalinga modernizacija - nitrifikacijos sąlygų atstatymas. Nenaudojamus dumblo rezervuarus prijungiant papildomai nitrifikacijai. Modernizacijos projekto metu paskaičiuoti bei palyginti technologiniai parametrai prieš ir po nitrifikatoriaus pajungimo, parinkta įranga nitrifikacijos procesui. Tuo pačiu rekonstruotas administracinės – gamybinės paskirties pastatas. Atlikti pakeitimai teritorijos plėtros nereikalavo.

Nuotekų valykloje įdiegta pažangi USBF technologija – nuotekų valymas per pakibusį aktyvaus dumblo sluoksnį. Įrenginiai pajėgūs atlaikyti 2,5 mln. m³ nuotekų per metus arba 6700 m³ per dieną. Nuotekų pagrindą sudaro pramoninės įmonių, komunalinės gyventojų nuotekos, iš Kėdainių miesto bei aplinkinių teritorijų. Technologija pasižymi efektyvumu, aukštu automatizacijos lygiu, ilgaamžiškumu, mažomis eksploatacijos išlaidomis.

BVI suprojektuotas įrenginių dubliavimas, kas leidžia vykdyti remonto ir apžiūros darbus nenutraukiant valymo proceso, bei nenukenčiant valymo kokybei. Mechaniniame valyme yra dvi technologinės linijos, biologiniame reaktoriuje yra 4 - identiškų, viena nuo kitos nepriklausomai veikiančių linijos. Avariniu atveju sumontuotos apvedimo linijos. Valykloje nuotekų transportas vykdomas vamzdynais, nešmenų – šnekiniiais konvejeriais. Įmonės energetiniai poreikiai patenkinami gaunant energiją iš šalia esančios transformatorinės. Rekonstruojamas pastatas sudarytas iš dviejų korpusų – administracinio ir orapučių patalpos. Pastatas šildomas biodujomis gaunamomis iš dumblo pūdymo įrenginių, įrengta natūrali ventiliacija. Kanalizacija nuvesta į valymo įrenginių pradžią.

Nuotekų valyklose susidaro biologinė, cheminė, fizikinė aplinkos tarša. Naudojama USBF technologija sumažina šiuos poveikus aplinkai. Taip pat naudojamos papildomos priemonės mažinančios poveikį aplinkai, tokios kaip papildomas dumblo apdorojimas.

Visi darbuotojai aprūpinti darbo drabužiais bei asmeninėmis apsaugos priemonėmis. Įmonėje vedami darbų saugos instruktažai, teritorijoje yra reikalingos apsaugos priemonės, nustatyti ženkliniai bei saugos žymėjimai. Nustatytos profesinės rizikos bei priemonės joms

pašalinti ar sumažinti. Ergonominiams veiksniams sumažinti, darbuotojai dirbantys sėdimą, ar nepatogios pozos reikalaujantį darbą, turi daryti pertraukėles. Vietos, kuriose darbuotojas gali susižeisti dėl fizinių veiksnių pažymėtos ženklais bei apsaugotos atitvarais bei kitomis apsaugos priemonėmis.

Modernizacijos projektas yra ekonomiškai efektyvus, jo atsipirkimas – 4,76 metai. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai pateikti **2.1 lentelėje**. Detalus ekonominis vertinimas pateiktas 10 skyriuje.

2.1 lentelė. Projekto finansiniai ekonominiai rodikliai

Rodikliai	Metais prieš rekonstrukciją	Brandos metais po rekonstrukcijos (2018)	Pokytis
1. Pardavimo apimtis: išvalytos nuotekos, m ³	2400000	2500000	100000
2. Realizacinės pajamos, tūkst. Eur	560	564	4
3. Įmonės personalas, žmonėmis:	23	22	-1
Tame skaičiuje darbininkai	15	14	-1
4. Darbo našumas, tūkst. Eur:			
Dirbančiojo	24	26	1
Tame tarpe darbininko	37	40	3
5. Vidutinis metinis darbo užmokestis, Eur:			
Dirbančiojo valykoje	12000	12210	210
Tame tarpe darbininko	11000	11350	350
6. Gamybos kaštai, tūkst. Eur	73,0	62,5	-10,5
7. Išvalytų nuotekų pilnoji savikaina, Eur/m ³ :	0,27	0,24	-0,03
8. Grynas pelnas, tūkst. Eur	68,20	70,44	2,24
9. Investicijų apimtis, tūkst. Eur	-	202,17	-
10. Produkcijos (veiklos) rentabilumas, %	10,00	14,69	4,69
11. Apyvartos rentabilumas, %	-	12,50	-
12. Kapitalo rentabilumas, %	-	13,80	-
13. Išvalytų nuotekų imlumas apyvartinėms lėšoms, Eur	-	0,04	-
14. Projekto investicijų atsipirkimo trukmė, metais	-	4,76	-
15. Projekto grynoji esamoji vertė, tūkst. Eur	-	30,41	-
16. Kapitalo kaštai, proc.	-	7,02	-
17. Vidinė pelno norma, proc.	-	30,00	-

3. Techninis ekonominis pagrindimas

3.1. Pradinė padėtis

Kėdainių miesto nuotekų valykloje buvo įdiegtas dumblo pūdymas, panaudojant perteklinį dumblą biodujų gamybai. Iškraunant metantankus ir nusausinant anaerobinį dumblą, į įrenginių pradžia gražinamo dumblo vandens sudėtyje labai stipriai išaugo redukuojančių bakterijų kiekis. Šios bakterijos anaerobinėje ir denitrifikacijos kameroje nustelbdavo (nuslopindavo) aplinkai labai jautrias nitrifikuojančias bakterijas.

Pirminiai skaičiavimai parodė, kad nenaudojamose dumblo stabilizavimo talpose įrengus papildomus nitrifikatorius (nitrifikacijos trukmė padidėja iki 20h) susidarytų sąlygos atstatyti nitrifikuojančių bakterijų gyvybingumą.

3.2. Statybos rajono charakteristika

Vandenvaļos paslaugas teikia UAB „Kėdainių vandenys“. Nuotekų valymo įrenginiai išdėstyti 13 ha ploto teritorijoje, apie 3,5 km į pietvakarius nuo miesto centro, adresu J.Basavičiaus g.107, Kėdainiai. Valymo įrenginiai sumontuoti žemiausioje nagrinėjamo rajono vietoje, kas palengvina nuotekų patekimą į valyklą. Iš valymo įrenginių nuotekos išleidžiamos į Nevėžio upę, kuri teka tolyn nuo miesto ribų. **3.2.1 paveiksle** pavaizduota nuotekų valyklos bei Kėdainių miesto teritorija.



3.2.1 paveikslas. Nuotekų valyklos padėtis miesto atžvilgiu

Bendras Kėdainių rajono plotas – 167,7 tūkst. ha, rajone gyvena 70,1 tūkst. gyventojų. Kėdainių rajoną sudaro:

- 1 miestas;
- 10 miestelių;
- 534 kaimai.

Kėdainių rajone ypač išplėtotą chemijos ir maisto pramonę bei žemės ūkis. Mineralinių trąšų, sieros ir fosforo rūgščių ir kitų chemijos pramonės gaminių, padažų, ledu, cukraus, konservų, mėsos gaminių gamyba, grūdų, pieno perdirbimas, duonos ir pyrago gaminių kepimas, odos dirbimas, metalinių konstrukcijų, žemės ūkio padargų ir jų dalių gamyba, medienos apdirbimo pramonė. Pagrindinis pramonės centras – Kėdainiai.

Kėdainių miestas išsidėstęs vidurio Lietuvos žemumos centre. Kėdainiuose į Nevėžį įteka Dotnuvėlė ir Smilga (iš vakarų pusės) bei Obelis (iš rytų pusės). Miesto didžiąją dalį užima pramonės objektai ir keliai. Kėdainių miesto teritorijos plotas – 44 km², mieste yra 25654 gyventojai, (tankumas 583 gyventojai/km²). Nuotekos surenkamos centralizuotai iš 82 proc. miesto gyventojų. Prie miesto nuotekų tinklų yra prijungti visi daugiaaukščiai gyvenamieji namai, kultūriniai – visuomeniniai pastatai, dalis nuosavų namų, beveik visos pramonės įmonės.

Visos pramonės įmonės smarkiai įtakoja aplinką. Prieš išleidžiant susidariusias nuotekas į paviršinius vandens telkinius, jos turi būti išvalomos.

Paviršiniai vandens telkiniai labiausiai teršiami žemės ūkio įmonių bei ūkių (80%), kiaulininkystės įmonių kompleksų, taip pat Kėdainių miesto bei gyvenviečių komunalinėmis nuotekomis. Nevėžio upės taršą labiausiai fosmuoja Panevėžys, Naujamiestis, Krekenava, Kėdainiai. Obelės upę labiausiai teršia AB „Lifosa“.

3.3. Žaliavų zonos charakteristika

Kėdainių miesto nuotekų valykla turi išvalyti visas pramonės sektoriaus gamybines nuotekas, miesto ir rajono komunalines nuotekas. Asenizacijos mašinomis atvežtas nuotekas iš atskirų vartotojų, turinčių nuotekų kaupimo rezervuarus. Priklausomai nuo nuotekų pobūdžio, skiriasi jų užterštumo rodikliai. Gamybinės nuotekos stipriai užterštos sunkiaisiais metalais.

Biologinio valymo įrenginyje naudojama dviejų rūšių energija. Orapūtėms ir kitiems prietaisams naudojama elektros energija aprūpinamas iš šalia esančios transformatorinės. Šiluminę energiją valykla pasigamina pati, dumblo pūdimo bei biodujų gamybos metu.

Nuotekų valyklą aptarnauja 22 darbuotojai. Valymo stotis nereikalauja didelio darbuotojų skaičiaus, dėl tokių privalumų kaip: kompaktiškumas, aukštas automatizacijos lygis, įrenginių patikimumas. Esamas personalas apmokomas papildomų nitrifikatorių eksploatacijos taisyklių.

3.4. Gamybinio pajėgumo ir gamybos programos pagrindimas

Nuotekų valyklos įrenginiai dirba nepertraukiamu režimu. Pagrindinių įrenginių dubliavimas leidžia atlikti remonto darbus nestabdant nuotekų valymo proceso. Įmonėje darbuotojai dirba dviem skirtingais darbo grafikai. Administracinis personalas, pagalbinais darbininkai, dalis įrenginius aptarnaujančio personalo dirba darbo dienomis viena pamaina: nuo 8h iki 17h. Operatoriai, likęs aptarnaujantis personalas dirba trijų pamainų režimu, slenkančiu grafiku: 6-14h, 14-22h, 22-6h.

3.5. Statybos teritorijos charakteristika ir pagrindimas

Rekonstruojamas pastatas stovi sklypo šiaurinėje dalyje šalia įvažiavimo į valyklos teritoriją ir automobilių stovėjimo aikštelės. Į pastatą atvestos visos inžinerinės komunikacijos: vandentiekis, kanalizacija, elektra. Numatytas šildymas biodujomis, gautomis pūdant perteklinį dumblą. Šiame pastate numatyta orapūčių patalpa dėl nedidelio atstumo iki biologinio reaktoriaus.

4. Biologinio nuotekų valymo pagrindų analizė

4.1. USBF technologijos raida

USBF technologija - biocheminio nuotekų valymo technologija su išvalyto vandens atskyrimo nuo veikliojo dumblo, filtruojant vandenį iš apačios į viršų per susiformuojantį pakibusį veikliojo dumblo sluoksnį.

Ištobulinus filtracijos pakibusių dribsnių sluoksnyje (PDS) procesą, geriamajam vandeniui iš paviršinio vandens gauti, pradėta taikyti pramoninė USBF technologija. USBF veikimo principai bei įvairūs separatoriai, kurių veikimas paremtas šia technologija, buvo pradėti plėtoti 1950 –ųjų pradžioje.

1970 – aisiais buvo išrasta nauja USBF proceso modifikacija. Filtraciją per pakibusį sluoksnį pakeitė filtracija per iš dalies pakibusį sluoksnį. Ši inovacija praplėtė USBF technologijos galimybes. Proceso technologija dar patobulinta 1980 – aisiais, nuo to laiko pastatyta daug vandens valymo įrenginių paremtų būtent šia technologija. 2000 – aisiais sukurta trečioji, fluidizuotos filtracijos, modifikacija (COMBI USBF).

Be USBF metodo, naudojamos tokios technikos kaip: sedimentacija, flotacija, fiksuotos įkrovos filtracija. Kiekvienas metodas turi savo panaudojimo nišų ir privalumų. USBF metodas geriausiai tinka atskirti daleles iš vidutinių ar didelių koncentracijų flokuliuojančių suspensijų.

[1]

4.2. USBF proceso pagrindai

Filtracija

Filtracijos metu skendinčios medžiagos (SM) gali būti pašalinamos dviem būdais:

- Dalelės yra didesnės už akytos membranos poras ir yra sulaikomos paviršiuje.
- Dalelės yra mažesnės už akytos membranos poras ir yra sulaikomos membranos viduje.

Būtent antrasis filtracijos principas yra svarbus filtracijos PDS technologijai. Laipsniškas SM nusėdimas porose sąlygoja laipsnišką SM koncentracijos mažėjimą po filtracijos. Dydis, apibūdinantis šią priklausomybę vadinamas filtracijos koeficientu α . Šis koeficientas priklauso nuo SM prigimties, akytosios medžiagos bei fluideo tekės parametrų. Didesnė filtracijos koeficiento reikšmė leidžia naudoti plonesnį akytos medžiagos sluoksnį norint pasiekti reikiamą SM išvalymo laipsnį.

Koaguliacija

Terminas „koaguliacija“ reiškia judančių dalelių sulipimą į didesnius agregatus. Kai dalelių judėjimą terpėje sąlygoja tik terminiai reiškiniai (Brauno judėjimas), tuomet vykstanti koaguliacija vadinama perikinetine. Kai dalelių judėjimą sąlygoja terpės judėjimas, arba išorinės jėgos, tokia koaguliacija vadinama ortokinetine. Suspensija, kurios dalelės gali kontaktuoti tarpusavyje ir sudaryti stambesnius agregatus, vadinama flokuluojančia suspensija. Tokios suspensijos pavyzdys – biologinis aktyvusis dumblas. Priešingas pavyzdys – vanduo sumaišytas su smėliu. Suspensijoje iškritę dribsniai yra nepatvarūs ir gali būti lengvai suardomi hidrodinaminių jėgų. USBF technologijoje svarbu nustatyti dribsnio kritinį skersmenį, kurį viršijus atsiranda agregatų irimas.

Fluidizacija vertikaliame sraute

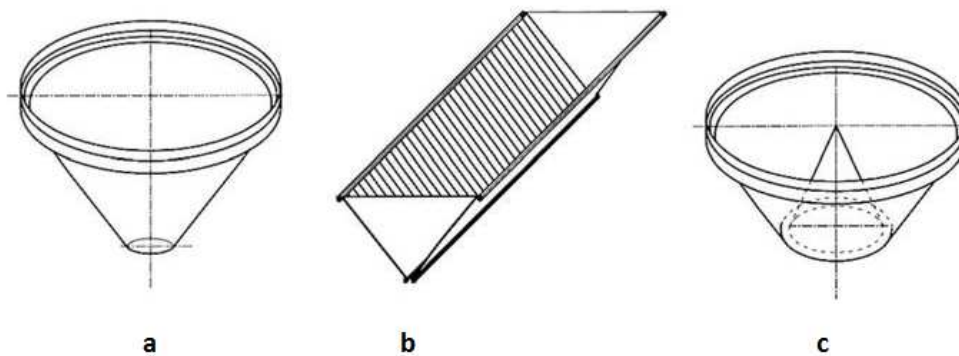
Šiuo atveju fluidizacijos procesas nagrinėjamas vertikaloje kolonėje, skysčiui tekant iš apačios į viršų. Pakibęs aktyvaus dumblo sluoksnis sudarytas iš dribsnių, susidariusių iš suspenduotų dalelių. Dumblo sluoksnyje įsivyravusi pusiausvyra – smulkesni dribsniai stambėja, didesni, veikiami hidrodinaminių jėgų ardomi.

Fluidizuotas sluoksnis įtakoja skysčio tėkmės pobūdį, suvienodina skysčio tekės netolygumus. Pakibęs sluoksnis formuojasi kolonėlės viršutinėje dalyje. Dalelė net ir perėjusi porėtą sluoksnį vėl nukrenta ant jo. Skysčio tekėjimas yra tolygus, todėl šis mechanizmas veikia visame paviršiuje. Fluidizuotas sluoksnis kolonėlės apačioje yra nestabilus, todėl kartais naudojamos pagalbinės priemonės užfiksuojančios tą sluoksnį.

Fluidizacijos įrenginių formos

USBF technologijoje fluidizacijai naudojamos difuzoriaus tipo įrenginių formos (**4.2.1 paveikslas**):

- a) Apverstas nupjautas kūgis;
- b) Išilginė prizmė;
- c) Nupjautinis kūgis, su kūgiu ar cilindru centre.



4.2.1 paveikslas. Fluidizacijos įrenginių geometrinės formos

Pirmo tipo įrenginyje skystis įteka per angą, antrame ir trečiame per griovelį. Srauto greitis, patekus į difuzorių mažėja dėl skysčio kontakto su sienelėmis, bei didėjančio skerspjūvio ploto. Esant tam tikram srauto greičiui, dalelės pradeda jungtis tarpusavyje ir sunkėja. Susidaro pakibusių dribsnių sluoksnis (PDS).

Geriausiais PDS efektas pasiekiamas esant tam tikram įrenginio sienelių nuolydžiui. Esant per mažam nuolydžiui, sluoksnis formuojasi ant sienelių, o difuzoriaus vidurys lieka tuščias. Teoriškai nuolydžio kampas turėtų būti tarp 45° ir $70,5^\circ$. Įrodyta, kad aparate su 52° nuolydžio sienelėmis, aktyvus dumblas jau nesėda ant sienelių.

Dumblo sluoksnio tipai

Skysčiui tekant per dumblo sluoksnį, sluoksnio masė/tūris didėja, dėl jame susilaikančių suspenduotų dalelių. Todėl perteklinis dumblas turi būti pašalintas. Pagal tai išskiriami trys dumblo sluoksnio tipai:

- Visiškai fluidizuotas dumblo sluoksnis – dumblas pasišalina per viršų.
- Iš dalies fluidizuotas dumblo sluoksnis – nuotekos pašalinamos per difuzoriaus apačią.
- Kombinuotas dumblo sluoksnis.

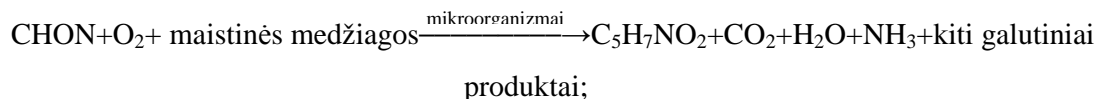
Du pirmieji procesai tapo klasikiniai, trečiasis palyginti naujas.

4.3. Aerobiniai biologinio valymo procesai

Deguonis naudojamas organinių medžiagų oksidacijai ir nitrifikacijai vykdyti. Dumble esantys mikroorganizmai ir bakterijos oksiduoja nuotekose esančias organines medžiagas į junginius, iš kurių gauna energijos gyvybingumui palaikyti ir naujų ląstelių sintezei vykdyti.

Esant maistinių medžiagų trūkumui organizmai panaudoja savo ląstelių audinius – šis procesas vadinamas endogeniniu kvėpavimu. Biologinis organinių junginių šalinimas aprašomas tokiomis lygtimis [3]:

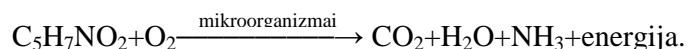
Organinių junginių oksidacija ir naujų ląstelių sintezė:



čia: COHNS – bendra išraiška apibrėžti organiniai teršalai;

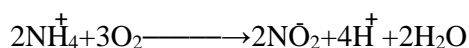
$\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2$ - mikroorganizmų ląstelių audinio cheminė sudėtis.

Endogeninis kvėpavimas:



Nitrifikacijos proceso metu *Nitrosomonas* bakterijos paverčia nuotekose esantį amonį į nitritus, tuomet *Nitrobacter* bakterijos paverčia nitritus į nitratus:

Amonio oksidacija į nitritus:



Nitritų oksidacija į nitratus:



Deguonies kiekis turi būti parenkamas optimalus, užtikrinant mikroorganizmų gyvybingumui reikalingą deguonies koncentraciją kuo mažesnėmis eksploatacinėmis išlaidomis. Esant nitrifikacijai ištirpusio deguonies koncentracija turi būti ne mažesnė nei 2 mg/l.

4.4. Biologinis fosforo ir azoto šalinimas

Fosforas šalinamas anaerobinėse kamerose, cirkuliaciniam dumblui susimaišant su atitekančiomis nuotekomis. Tam tikra rūšis bakterijų anaerobinėmis sąlygomis fosforo junginius paverčia tirpiaisiais polifosfatais, kurie yra suvartojami aeracinėse kamerose. Taip fosforo junginiai akumuliuojami dumblių lastelėse, fosforo koncentracijai nuotekose sumažėjant iki 1 mg/l.

Azotas pašalinamas nitrifikacijos - denitrifikacijos kamerose. Denitrifikuojančios bakterijos nitrato jonus paverčia į dujinį azotą N_2 , kuris pašalinamas į atmosferą. Nuotekoms patekusius į nitrifikavimo zoną vyksta amonio jonų virtimas į nitritinį ir nitratinį. Denitrifikacijai turi būti užtikrintas deguonies deficitas, nitrifikacijai – reikiamas deguonies kiekis. [2]

4.5. Aeravimo sistemos

Deguonies koncentracijai nuotekose didinti naudojami įvairūs aeravimo prietaisai. Panardinami aeratoriai yra daug efektyvesni už paviršinius - deguonis giliau įterpiamas, pailgėja kontakto laikas su nuotekomis. Aeratoriai sudaryti iš komplekso mechanizmų ir įrengimų turi dirbti optimaliai, įterpti tiek deguonies kiekį, kurį reikia biologiniams procesams vykti. Aeracija vykdoma srautą paskirstant į smulkius burbuliukus. Tiekiant deguonį vyksta ne tik deguonies tirpinimas bet ir intensyvus maišymo procesas. [4]

Pagal oro tiekimą bei tam naudojamą įrangą aeravimas būna:

- 1) pneumatinis;
- 2) mechaninis;
- 3) ežektorinis;
- 4) kombinuotasis.

Pneumatinio aeravimo sistemoje suslėgtasis oras tiekiamas orapūtėmis, kompresoriais, ventiliatoriais ir disperguojamas (smulkinamas) į burbuliukus aeratoriais.

Mechaninio aeravimo sistemoje naudojami įvairių konstrukcijų mechaniniai aeratoriai, kurių paskirtis – besisukančiomis aeratoriaus dalimis įtraukti bei įterpti į vandenį aplinkos orą.

Ežektorinio aeravimo sistemoje į ežektorius siurbliais tiekiamas cirkuliacinis aktyvusis dumbblas. Aplinkos oras pasiurbiamas į ežektorių, sumaišomas su dumblo mišiniu ir jame ištirpinamas pasiurbto oro deguonis.

Į kombinuotojo aeravimo sistemą sujungiama mechaninio ir pneumatinio arba ežektorinio ir pneumatinio aeravimo sistemos. [5]

5. Eksperimentinė dalis

5.1. Metodologija

Norint paskaičiuoti reikalingą aeratorių skaičių po papildomo nitrifikatoriaus paleidimo, bei ištirti patobulintos sistemos efektyvumą nuotekų valymui, buvo atliekami eksperimentiniai tyrimai. Siekiant užtikrinti tyrimo duomenų patikimumą ir atsikartojamumą kai kurie eksperimentai buvo atliekami 3 pakartojimais. Eksperimento metu buvo tiriami nuotekų, paimtų prieš ir po biologinio valymo, užterštumo rodikliai:

- Cheminio deguonies suvartojimas (ChDS);
- Biocheminis deguonies suvartojimas per 7 paras (BDS₇);
- Skendinčių medžiagų kiekis (SM);
- Nitrato jonų kiekis (NO³);
- Nitrito jonų kiekis (NO₂);
- Amonio jonų kiekis (NH₄);
- Bendras azoto jonų kiekis (BN);
- Bendras fosforo jonų kiekis (BP);

Nevalytų nuotekų bandiniai (po 1 l) buvo imami iš paskirstymo kameros bandinių ėmimo taško, 1–2 kartus per mėnesį (apie 10 valandą). Išvalytų nuotekų bandiniai buvo imami iš kontrolinio šulinio, į kurį patenka visos išvalytos nuotekos.

5.1.1. Cheminio deguonies suvartojimo nustatymas

Cheminis deguonies suvartojimas (ChDS) – deguonies masės koncentracija, ekvivalentiška bichromato kiekiui, kuris, apdorojus vandens mėginį nustatytais sąlygomis su šiuo oksidatoriumi, yra suvartojamas visiškai suoksiduoti ištirpusias ir suspenduotas medžiagas [6].

Tiriamasis mėginys kaitinamas nustatytą laiką kondensatorinėje aparatūroje su žinomu kalio bichromato kiekiu ir sidabro katalizatoriumi koncentruotame sieros rūgšties tirpale, pridėjus gyvsidabrio (II) sulfato. Kaitinimo metu oksiduojanti medžiaga sunaudoja dalį bichromato. Bichromato perteklius nutitruojamas amonio-geležies (II) sulfatu. Analogiškai išanalizuojamas tuščiasis mėginys, pakeitus tiriamąjį mėginį distiliuotu vandeniu. Cheminis deguonies suvartojimas ChDS, išreikštas miligramais deguonies litre, apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$\frac{8000 \cdot c \cdot (V_1 - V_2)}{V_0} \quad (5.1)$$

čia: c – amonio-geležies (II) sulfato koncentracija, ml/l;

V_0 – mėginio tiriamosios dalies tūris, ml;

V_1 – amonio-geležies (II) sulfato tūris, sunaudotas tuščiojo mėginio titravimui, ml;

V_2 – amonio-geležies (II) sulfato tūris, sunaudotas mėginio tiriamosios dalies titravimui, ml;

8000 – $1/2$ O_2 molinė masė, mg/l.

5.1.2. Biocheminio deguonies suvartojimo nustatymas

Biocheminis deguonies suvartojimas per n parų (BDS_n) ištirpusio deguonies masės koncentracija, reikalinga tam tikromis sąlygomis organinėms ir (arba) neorganinėms vandens priemaišoms biologiškai oksidinti, kur n – 5 ar 7 parų inkubacinis periodas. Šiuo atveju $n=7$ paros.

Apdorotas analizuojamas mėginys praskiedžiamas skiedimo vandeniu, prisotintu ištirpusiu deguonimi ir užsėto aerobiniais mikroorganizmais, su nitrifikacijos inhibitoriumi. Mėginys inkubuojamas, esant 20 °C temperatūrai, tamsoje, pilnai užpildytuose ir užkimštuose buteliukuose 7 paras. Išmatuojama ištirpusio deguonies koncentracija prieš ir po inkubacijos.

Biocheminio deguonies suvartojimas (BDS_n) skaičiuojamas pagal lygtį:

$$BDS_n = \left((\rho_1 - \rho_2) - \frac{V_t - V_s}{V_t} \cdot (\rho_3 - \rho_4) \right) \cdot \frac{V_t}{V_s} \quad (5.2)$$

čia: ρ_1 – ištirpusio deguonies koncentracija mėginyje nuliniu laiko momentu, mg/l;

ρ_2 – ištirpusio deguonies koncentracija po inkubacijos (7 parų), mg/l.

ρ_3 – ištirpusio deguonies koncentracija tuščiam mėginyje nuliniu laiko momentu, mg/l;

ρ_4 – ištirpusio deguonies koncentracija po 7 parų inkubacijos tuščiam mėginyje, mg/l;

V_s – analizei paimtas mėginio kiekis, ml;

V_t – bendras nustatomojo mėginio kiekis, ml.

Gauti rezultatai yra biocheminių ir cheminių reakcijų produktas. Jie nėra tokie tikslūs ir vienareikšmiai, kaip gauti iš tiksliai apibrėžto atskiro cheminio proceso. Tačiau jie leidžia įvertinti vandens kokybę [7].

5.1.3. Skendinčių medžiagų nustatymas

Skendinčios medžiagos (SM) – tai mineralinių ir (arba) organinių medžiagų pakibusios dalelės, esančios nuotekose [8].

Indas su mėginiu suplakamas ir nustatytas kiekis supilamas į matavimo cilindrą. Naudojant košimo vakuume įtaisą, mėginys nukošiamas pro stiklo pluošto koštuvą. Distiliuotu vandeniu praplaunamas matavimo cilindras o taip pat ir koštuvus. Koštuvus išdžiovinamas 105° C

temperatūroje ir sveriant nustatoma sulaikytų ant koštuvo nuosėdų masė. Skendinčių medžiagų koncentracija apskaičiuojama pagal lygtį :

$$SM = \frac{1000 \cdot (b - a)}{V} \quad (5.3)$$

čia: SM – skendinčių medžiagų koncentracija, mg/l;

b – koštuvo masė po filtravimo, mg;

a – koštuvo masė prieš filtravimą, mg;

V – mėginio kiekis, ml.

5.1.4. Nitritų kiekio nustatymas

Nuotekose esantys nitritai rūgščioje terpėje virsta nitritine rūgštimi, kuri veikia indikatorių sudarydama avietinės spalvos azodažą [9].

Į matavimo kolbas įpilama distiliuoto vandens ir 1; 2; 3; 4...10 ml standartinio darbinio NaNO_2 tirpalo. Gaunama serija tirpalų, kurių koncentracija yra atitinkamai nuo 0,010; iki 0,100 mg/l. Po 40 minučių fotokalorimetru išmatuojamas tirpalų absorbcijos intensyvumas 1 cm kiuvete, įjungus žalią šviesos filtrą ($\lambda = 540$ nm). Braižoma absorbcijos priklausomybės nuo nitritų koncentracijos etaloninė skalė.

Nuskaidrintas tiriamasis tirpalas sumaišomas su sulfanilo rūgštimi ir α - naftilamino tirpalu. Po 40 minučių išmatuojamas tirpalo absorbcijos intensyvumas fotokolorimetru. Analizės rezultatas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$NO_2 = \frac{C \cdot 50}{V} \quad (5.4)$$

Čia: NO_2 – nitritų koncentracija tiriamajame vandenyje, mg/l;

C – nitritų koncentracija pagal kalibravimo grafiką, mg/l;

V – analizei paimtas tiriamojo vandens tūris, ml;

50 – tūris iki kurio buvo praskiestas tiriamasis vanduo, ml.

5.1.5. Nitratų kiekio nustatymas

Geltonos spalvos junginio, susidariusio nitrato jonams reaguojant su sulfosalicilo rūgštimi šarminėje terpėje, spektrometrinis matavimas.

Išmatuojama tiriamų nuotekų kalibracinių tirpalų bei tuščiojo mėginio absorbcija, esant 415 nm bangos ilgiui ir naudojant 50 mm optinio slukšnio storio kiuvetę.

Tuščiojo mėginio absorbcijos skaitmeninė vertė atimama iš kiekvieno kalibravimo tirpalo absorbcijos ir nubrėžiama absorbcijos intensyvumo priklausomybė nuo nitratų masės $m(N)$, mg.

Apskaičiuota nitratų absorbcija A_r pagal lygtį:

$$A_r = A_s - A_b, \quad (5.5)$$

čia: A_s – tiriamojo mėginio absorbcija

A_b – tuščiojo mėginio absorbcija

Iš kalibracinės kreivės surandama absorbciją A_r atitinkanti nitratų masė $m(N)$ mikrogramais. Nitratų koncentracija mėginyje r_N , miligramais litre, apskaičiuojama pagal lygtį [10]:

$$\frac{m(N)}{V} \quad (5.6)$$

čia: V – tiriamojo mėginio tūris, mililitrais

5.1.6. Amonio jonų kiekio nustatymas

Mėlynos spalvos junginio kolorimetrinis matavimas, esant šviesos bangos ilgiui 655 nm. Šis junginys susidaro reaguojant amoniui su salicilato ir hipochlorito jonais bei veikiant katalizatoriui natrio nitroprusidui. Tuščiojo bandymo metu vietoj tiriamojo tirpalo imamas distiliuotas vanduo ir atliekamos analogiškos procedūros.

Kalibracinės kreivė sudaroma tuščiojo mėginio absorbcijos skaitmeninė vertė atimant iš absorbcijos verčių, nustatytų naudojant kalibracinius amonio azoto tirpalus. Remiantis gautais rezultatais brėžiama absorbcijos intensyvumo priklausomybės nuo amonio azoto koncentracijos C_N , kreivė. Absorbcija A_r , kurią mėginyje sąlygoja amonio azotas, apskaičiuojama pagal formulę:

$$A_r = A_s - A_b, \quad (5.7)$$

čia: A_s – tiriamojo mėginio absorbcija

A_b – tuščiojo mėginio absorbcija

Iš kalibracinės kreivės surandama absorbciją A_r atitinkanti amonio azoto masė m , mg [11].

Amonio azoto koncentracija C_N , mg/l, apskaičiuojama pagal formulę:

$$C_N = \frac{m_N}{V} \quad (5.8)$$

čia: m_N – amonio azoto koncentracija, μg apskaičiuota iš A_r , ir kalibracinės kreivės, naudojant atitinkamo optinio sluksnio storio kiuvetę;

V – tiriamojo mėginio tūris, ml.

5.1.7. Azoto kiekio nustatymas

Amoniakas, nitritai ir daugelis organinių azoto junginių, esančių mėginyje yra oksiduojami peroksodisulfatu buferinėje šarminėje terpėje, kaitinant mėginį uždarame inde, esant aukštesniam slėgiui, iki nitratų.

Po to nitratų yra redukuojami į nitritus, praleidžiant po mineralizacijos gautąjį tirpalą pro kolonėlę, užpildytą variu padengtu kadmiu. Susidarę nitritai reaguoja su 4-amino benzensulfonamidu ir N-(1-naftil)-1,2 diamino etandihidrochloridu, sudarydami rožinės spalvos junginį. Fotometrinių matavimų atliekami esant 540 nm bangos ilgiui. Iš kalibracinio grafiko atitinkamai nustatoma azoto koncentracija, mg/l [12].

5.1.8. Fosforo ir fosfatų kiekio nustatymas

Didelė dalis organinių fosforo junginių mineralizuojant persulfatu paverčiami ortofosfatais. Rūgščioje terpėje ortofosfato jonai reaguoja su molibdato ir stibio jonais sudarydami stibio fosfomolibdato kompleksą. Redukavus šį kompleksą askorbo rūgštimi, susidaro intensyvios mėlynos spalvos molibdeno kompleksas. Matuojant šio komplekso absorbciją, nustatoma ortofosfato koncentracija [13].

Paruošiami kalibraciniai ortofosfato tirpalai, kurių koncentracija yra nuo 0,04 mg/l iki 0,4 mg/l ir išmatuojama jų absorbcija spektrometru. Nubrėžiama absorbcijos priklausomybė nuo kalibraciniuose tirpaluose esančios fosforo koncentracijos ir nustatomas kreivės polinkis. Išmatuojama tiriamojo mėginio absorbcija ir pagal formulę apskaičiuojama fosforo koncentracija:

$$\rho_P = \frac{(A - A_0) \cdot V_{\max}}{f \cdot V_s} \quad (5.9)$$

čia: A - tiriamosios dalos absorbcijos vertė;

A_0 - tuščiojo mėginio absorbcijos vertė;

F - kalibracinės kreivės polinkis;

V_{\max} - maksimalus tūris, iki kurio praskiesta tiriamoji dalis, (50 ml);

V_s - paimtas analizei tiriamosios dalos tūris, ml.

Gauti nuotekų užterštumo rodikliai, prieš ir po valymo, pateikti **1 ir 2 lentelėje**, 1 priede. Palyginus gautus rezultatus su nuotekų užterštumo normomis LAND 10-96 [14] matome, kad

nuotekų užterštumo rodikliai neviršija normų, išskyrus amonio jonų ir bendro azoto koncentracijas.

5.2. Eksperimento rezultatai

Eksperimente gautų, užterštumo charakteristikų koncentracijų vidurkiai, paskaičiuoti prieš ir po rezervuaro įrengimo pateikti **5.2.1 lentelėje**:

5.2.1 lentelė. Užterštumo charakteristikų koncentracijų vidurkiai

	Užterštumo charakteristikos nesant rezervuaro		Užterštumo charakteristikos esant rezervuarui	
	Prieš valymą	Po valymo	Prieš valymą	Po valymo
Debitas Q, m ³ /d	8192		6697	
ChDS, mgO ₂ /l	786	72	1371	69
BDS ₇ , mgO ₂ /l	381	13	701	10
SM, mg/l	288	13	656	13
NO ₂ , mgN/l	0,02	0,03	0,04	0,26
NO ₃ , mgN/l	0,26	0,37	0,25	1,25
NH ₄ , mgN/l	49	35	88	19
BN, mgN/l	66	37	124	20
PO ₄ , mgP/l	5,54	0,31	8,13	0,72
BP, mg/l	9,00	0,67	16,00	1,05

Matome, kad po rezervuaro įrengimo, valytų nuotekų parametrai pagerėjo. Sumažėjus debitui 18 %, o užterštumo rodikliams padidėjus nuo 40% iki 100%, nuotekų išvalymo laipsnis pagerėja nuo 5% iki 45%. Galima daryti išvadą, kad papildomo nitrifikatoriaus įrengimas žymiai padidino BVĮ efektyvumą.

Tyrimo metu, iš surinktų duomenų paskaičiuoti suminiai teršalų kiekiai (kg), įeinantys bei išeinantys iš įrenginio per parą, M(in) ir M(out):

$$M(ChDS)_{in} = \frac{Q_n \cdot C_{terš.}}{1000} = \frac{6392 \cdot 657}{1000} = 4200 \text{ kg } O_2 / d \quad (5.10)$$

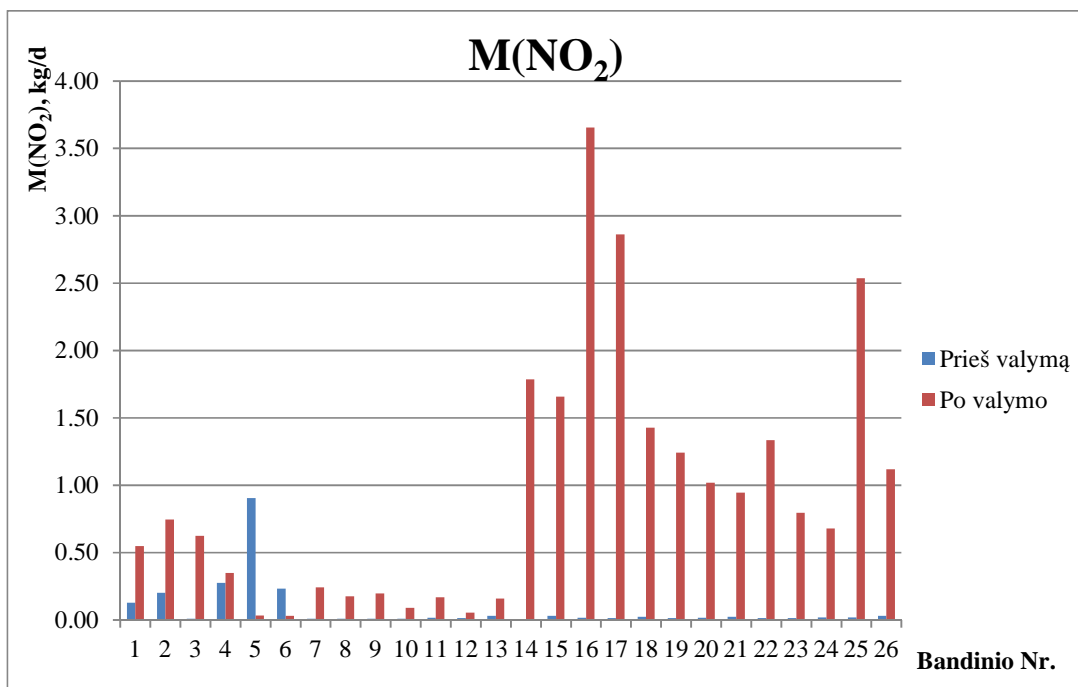
čia: M – teršalų kiekis, kg/d

Q_n – nuotekų debitas, m³/d

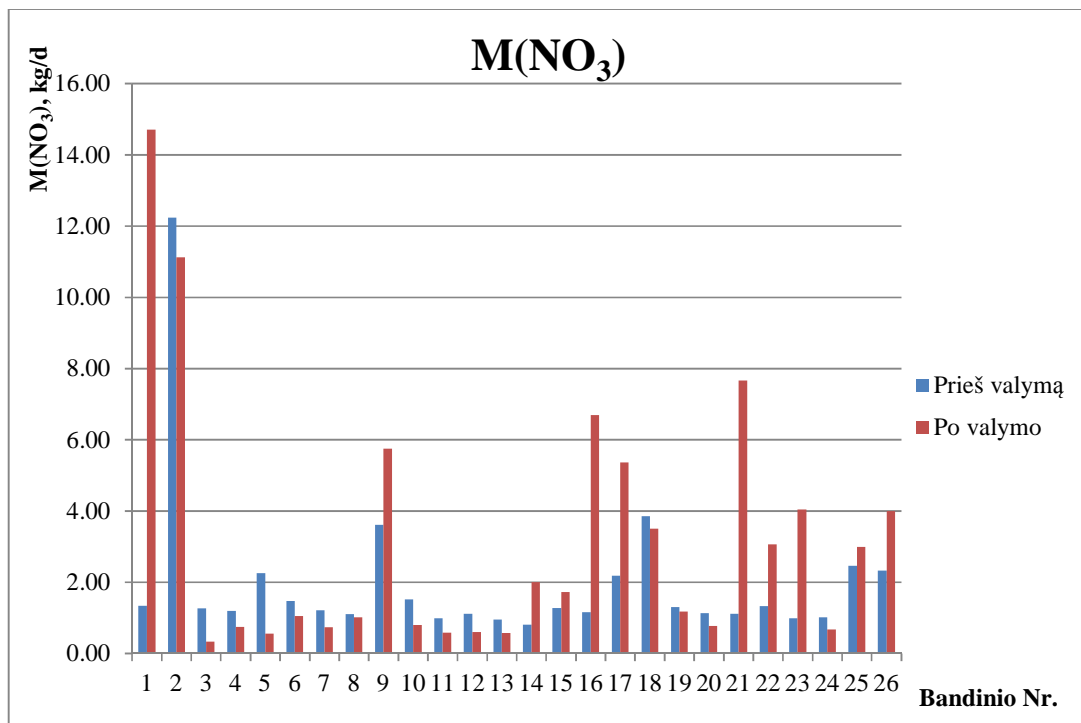
C_{terš.} – teršalų koncentracija, mg/l

Skaičiavimo rezultatai pateikti **3 ir 4 lentelėje**, 2 priede. **5.2.1-5.2.4 paveiksluose** nubrėžtos nitritų, nitratų, amonio jonų bei bendro azoto jonų grafinės priklausomybės, parodančios

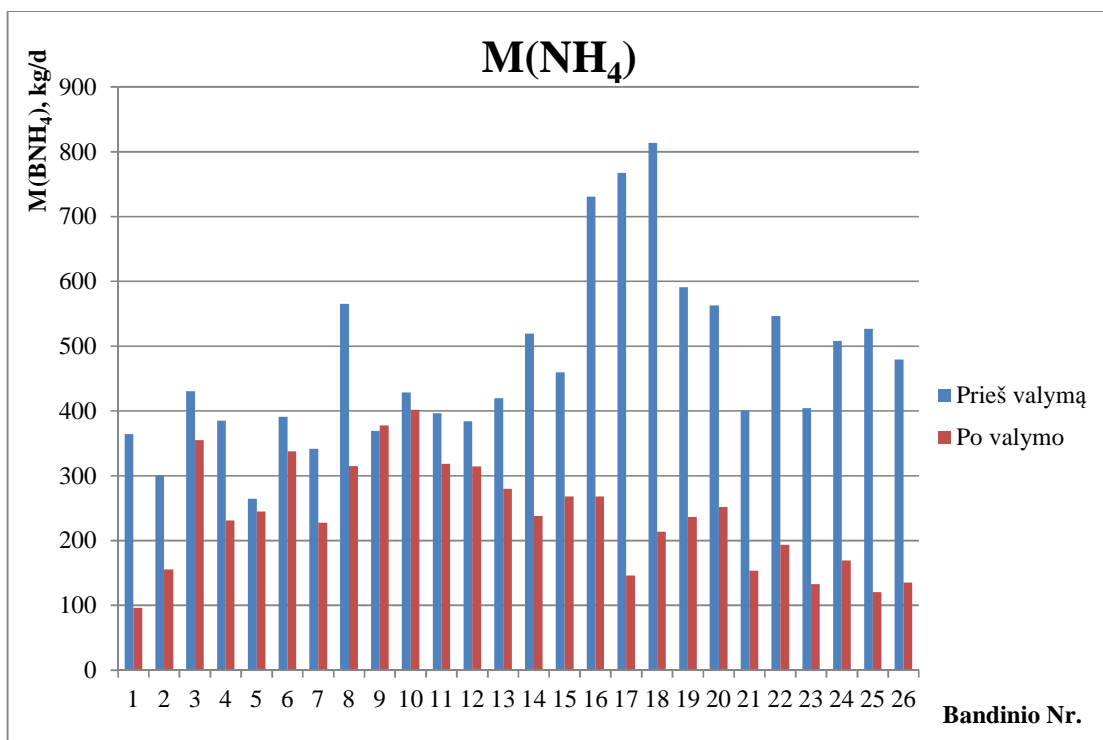
įeinančių ir išeinančių teršalų kiekių skirtumus. Abscisių ašyje pažymėtas bandinio numeris, atitinkantis mėginio ėmimo datą. Ordinačių ašyje – jonų kiekis, kg/d.



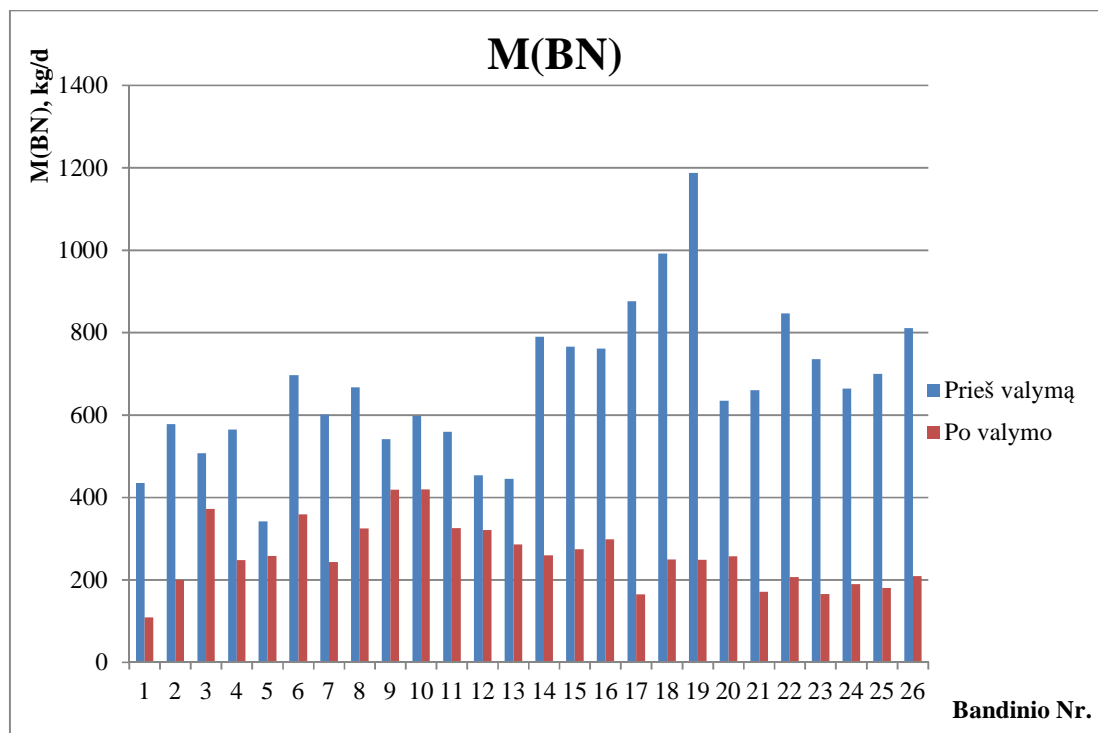
5.2.1 paveikslas. Nitrito jonų suminiai kiekiai.



5.2.2 paveikslas. Nitrato jonų suminiai kiekiai.



5.2.3 paveikslas. Amonio jonų suminiai kiekiai.



5.2.4 paveikslas. Bendras azoto jonų suminis kiekis

Pagrindinis rodiklis parodantis modernizacijos efektyvumą - bendro azoto kiekis (**5.2.4 paveikslas**). Tik sumažėjus amonio jonų koncentracijai (**5.2.3 paveikslas**) - pereinant į nitritų (**5.2.1 paveikslas**) po to į nitratų (**5.2.2 paveikslas**) formą, tuos nitratus galima pašalinti denitrifikatoriuje. Amonio sumažėjimas ir nežymus nitratų augimas bei žymus bendro azoto

sumažėjimas net atšalant orams ir mažėjant nuotekų temperatūrai parodė įdiegtų rekonstrukcijų veiksmingumą.

6. Technologinė dalis

6.1. Technologinės dalies apibūdinimas

Technologinėje dalyje išnagrinėtos tokios temos:

- Produkcijos asortimentas ir gamybos apimtys;
- Įrenginių aprašymas;
- Biologiniame reaktoriuje vykstantys procesai;
- Technologinės schemos aprašymas;
- Atliekos;
- Technologiniai skaičiavimai;
- Technologinių procesų ir produkcijos kokybės valdymas ir užtikrinimas;
- Vidaus transporto priemonių parinkimas ir skaičiavimas;
- Gamybinių bei sandėlių ploto skaičiavimas;
- Energetinių poreikių skaičiavimas.

6.2. Produkcijos asortimentas ir gamybos apimtys

Išleidžiamos nuotekos turi atitikti ES nustatytus griežtus aplinkosauginius reikalavimus. Įrenginiai pajėgūs išvalyti 2,5 mln. m³ nuotekų per metus arba 6700 m³ per dieną, atlaikant trumpalaikes perkrovas.

6.3. Įrenginių aprašymas

Kėdainių miesto nuotekų valyklos technologinę schemą sudaro:

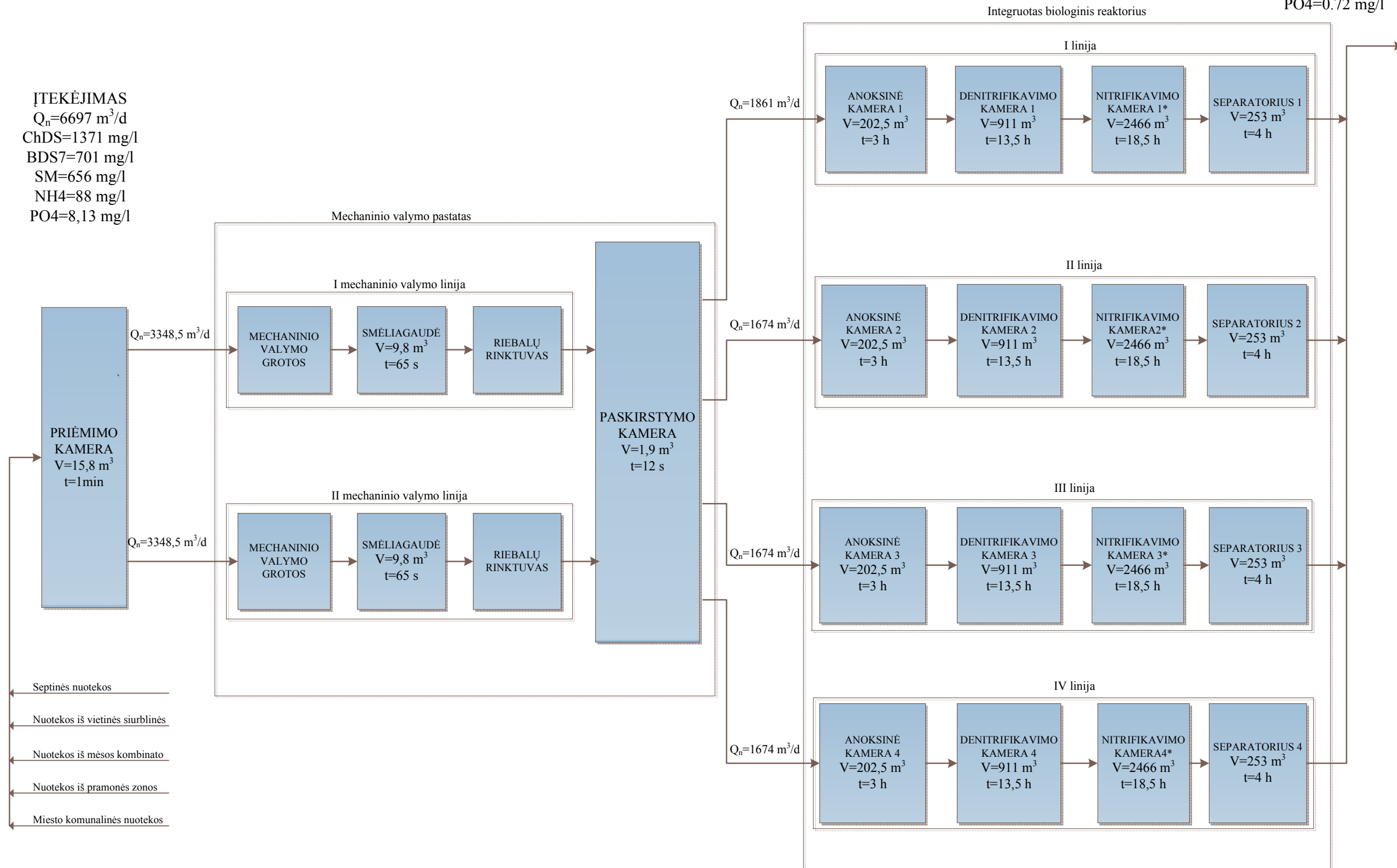
- Priėmimo kamera;
- 2 mechaninio valymo linijos su aplenkimo linijomis;
- Paskirstymo kamera;
- 4 biologinio reaktoriaus linijos su papildomais nitrifikatoriais;
- Dumblo apdorojimo ir tvarkymo įrenginiai;
- Orapūčių patalpa;
- Nuvedimo šuliniai su paršalio latakais;
- Septinių nuotekų surinkimo stotis;
- Lokalinė nuotekų siurblinė.

6.3.1 paveiksle pateikta BVĮ blokinė schema, parodanti vykstančių procesų eiliškumą, bei nuotekų kiekio pasiskirstymą.

BIOLOGINIO VALYMO PROCESO BLOKINĖ SCHEMA

ĮTEKĖJIMAS
 $Q_n=6697 \text{ m}^3/\text{d}$
 $\text{ChDS}=1371 \text{ mg/l}$
 $\text{BDS7}=701 \text{ mg/l}$
 $\text{SM}=656 \text{ mg/l}$
 $\text{NH4}=88 \text{ mg/l}$
 $\text{PO4}=8,13 \text{ mg/l}$

IŠTEKĖJIMAS
 $Q_n=6697 \text{ m}^3/\text{d}$
 $\text{ChDS}=69 \text{ mg/l}$
 $\text{BDS7}=10 \text{ mg/l}$
 $\text{SM}=13 \text{ mg/l}$
 $\text{NH4}=19 \text{ mg/l}$
 $\text{PO4}=0.72 \text{ mg/l}$



*-Nitrifikavimo tūris lygus nitrifikavimo ir papildomo nitrifikatoriaus tūrių sumai.

6.3.1 paveikslas. Biologinio valymo įrenginio blokinė schema

6.3.1. Priėmimo kamera

- Išmatavimai (ilgis x plotis x aukštis): 3,5x 3,0 x 1,5 m
- Pilnas tūris: $V=15,75 \text{ m}^3$
- Naudingas tūris: $V=8,06 \text{ m}^3$
- Darbinis vandens lygis: $h=1,0 \text{ m}$
- Nuotekų išbuavimo laikas: $t=1 \text{ min}$

Stačiakampio formos gelžbetonio rezervuaras skirtas nuotekų priėmimui, srovės gesinimui, nuotekų sumaišymui, stambių nešmenų sulaikymui. Nuotekų paskirstymui kameroje, sumontuotos trys nerūdijančio plieno rankinės sklendės. Būtina sąlyga priimamosios kameros saugiam eksploatavimui yra jos išdėstymas ne pastate, o kaip atskirai stovinčio objekto.

Apvedimo linija - atviras gelžbetoninis latakas, nuvestas iš priėmimo kameros, skirtas avariniam arba viršnorminiam nuotekų nuvedimui.

6.3.2. Mechaninio valymo linija

Tai nerūdijančio plieno latakas susidedantis iš:

- Avarinės apvedimo linijos;
- Mechaninio valymo grotų;
- Šnekinio preso;
- Horizontalios aeruojamos smėliagaudės;
- Riebalų surinkimo mechanizmo.

Avarinėje apvedimo linijoje rankiniu būdu atidaromas uždoris, nešmenys šalinami tam skirtu grėbliu rankiniu būdu.

Valymo įrenginiuose naudojamos SCC-VM 1000x1370/450x20/70° modelio grotos:

kur: 1000 – latakų plotis, mm;

1370 – latakų gylis, mm;

450 – aukštis iš kurio išpilamos nuosėdos imant nuo latakų viršaus, mm;

20 – tarpai tarp strypų, mm;

70° – pasvirimo kampas.

Horizontali aeruojama smėliagaudė su joje įrengta riebalų gaudykle. Latakų išmatavimai:

- Ilgis – 8,95 m
- Skerspjūvio plotas – 1,5 m²
- Bendras tūris V – 13,8 m³
- Naudingas vandens tūris – 9,8 m³
- Horizontalus vandens greitis – 0,14 m/s
- Nuotekų išbuvimo trukmė t – 65 s

Riebalų pašalinimas: smėliagaudės gale įrengtas riebalų surinkimo – šalinimo įrenginys susidedantis:

- Lovio riebalų surinkimui;
- Alkūninio veleno skirto lovio pasukimui;
- Talpos riebalų surinkimui;
- Sraigtinio siurblio riebalų šalinimui į tam skirtą šulinį.

6.3.3. Paskirstymo kamera

- Išmatavimai (ilgis x plotis x aukštis): 6,5 x 1,2 x 0,75 m
- Darbinis vandens aukštis: h=0,3 m
- Pilnas statybinis tūris: V=5,85 m³
- Naudingas vandens tūris: V=1,89 m³
- Nuotekų buvimo laikas t=12 s

Betoninė kamera skirta nuotekų išlyginimui ir perskirstymui po mechaninio valymo. Kameroje įrengta bandinių paėmimo stotis, kurioje pastoviai imami bandiniai nustatyti įtekančių nuotekų užterštumui.

6.3.4. Integruotas biologinis reaktorius (I.B.R.)

I.B.R. turi keturias lygiagrečias linijas - gelžbetoninius rezervuarus įgilintus į žemę, kurių išmatavimai (ilgis x plotis x aukštis): 64 x 12,5 x 5,0 m. Vienos linijos konstrukciją sudaro anoksinė, denitrifikavimo, nitrifikavimo ir separavimo kameros. Kiekviena kamera yra skirtingų matmenų, turi savo technologines funkcijas ir įrangą. **(6.3.4.1 lentelė).**

6.3.4.1 lentelė. Biologinio reaktoriaus kamerų matmenys, technologinė įranga

Kamera	Išmatavimai, m:			Pilnas statybinis tūris V, m ³	Darbinis vandens lygis h _v , m	Naudingas tūris V _n , m ³	Technologinė įranga
	Ilgis l	Plotis b	Aukštis h				
Anoksinė	4,2	13,1	5,0	275,1	4,5	202,5	Maišyklė
Denitrifikavimo	16,8	13,1	5,0	1100	4,5	911	Dvi maišyklės, recirkuliacinis siurblys
Nitrifikavimo	27,9	13,1	5,0	1827,45*	4,5	1535	Aeraciniai elementai - difuzoriai
Papildomo nitrifikavimo	14,8	13,1	5,0	969,4	4,5	931	Aeraciniai elementai - difuzoriai
Separavimo	25	6,6	-	-	4,5	253	-

*- pilnas statybinis tūris lygus nitrifikavimo ir separavimo kamerų tūrių sumai.

6.3.5. Dumblo apdorojimas

Dumblo prieštankintuvas – tai gelžbetoninė talpa skirta perteklinio dumblo sutankinimui.

- Išmatavimai (ilgis x plotis x aukštis): 4,0 x 2,0 x 5,0 m
- Naudingas tūris: V=36 m³

6.3.6. Orapūčių patalpa

Orapūčių patalpa skirta orapūčių, aprišimo vamzdynų ir reguliuojančios armatūros paskirstymui. Pastate yra 4 darbinės orapūtės ir 2 rezervinės. Detalesnė informacija pateikta statybinėje dalyje, 51 psl.

6.3.7. Septinių nuotekų surinkimo stotis

- Išmatavimai (ilgis x plotis x aukštis): 6,0 x 6,0 x 6,0 m
- Naudingas tūris: V=54 m³

Stotis skirta fekalinių nuotekų, atvežtų asenizacinėmis mašinomis iš artimiausių objektų, priėmimui. Prie įėjimo į rezervuarą įrengtas betoninis latakas, kuriame įrengtos mechaninės savaime išsivalančios grotos, indukcinis debitomatis. Rezervuare įrengta pneumatinė maišymo sistema, techninis vandentiekis ir panardinamas siurblys.

6.4. Biologiniame reaktoriuje vykstantys procesai

6.4.1. Anoksinė kamera

Anoksinėje kameroje esančiose nuotekose ir aktyviajame dumble praktiškai nėra ištirpusio deguonies. Būtent tokiose sąlygose mikroorganizmai gerai įsisavina nuotekose esantį fosforą, biologiškai jį surišdami savo organizmuose. Tokiu būdu fosforas iš tirpios būsenos pereina į surištą – netirpią. Anoksinėje kameroje yra maišyklė, kuri intensyvina sumaišymo procesą ir recirkuliacinis siurblys, nuotekoms paduoti iš denitrifikavimo kameros į anoksinę.

6.4.2. Denitrifikavimo kamera

Antras pagal vandens tėkmę skyrius – denitrifikavimo, skirtas kokybiškam nuotekų, kurios priteka iš anoksinės kameros, maišymui su aktyviuoju recirkuliaciniu dumbliu ilgesnį laiką. Denitrifikavimo kameroje aktyvaus dumblo sąveikos su pritekančiomis nuotekomis pasekmė – žemas ištirpusio deguonies kiekio susidarymas denitrifikuojamame mišinyje. Taip sukuriama palankios sąlygos tolesniam fosforo įsisavinimui, o taip pat vykti biocheminiam procesui, kurio pasekoje nitratai virsta į dujinį azotą. Šis procesas veikiant mikroorganizmams vadinamas denitrifikavimo procesu.

6.4.3. Nitrifikavimo kamera

Trečias skyrius pagal vandens tėkmės kryptį skirtas dar intensyvesniam aktyviojo dumblo ir pritekančio mišinio iš denitrifikavimo kameros pneumatiniam maišymui ir suspausto oro padavimui siekiant prisotinti mišinį deguonimi. Šioje kameroje absoliučiai kitokių mikroorganizmų sąveikoje su nuotekomis vyksta amonio azoto oksidavimo procesas į nitritinį ir po to į nitratinį. Šis procesas vyksta esant dideliame ištirpusio deguonies kiekiui mišinyje, kuris reikalingas nitrifikuojančiom bakterijom vystytis ir būti aktyvioms. Projektuojamas rezervuaras atlieka papildomo nitrifikatoriaus funkcijas.

6.4.4. Separavimo kamera

Ketvirtas pagal tekės kryptį skyrius skirtas išvalyto vandens atskyrimui nuo aktyviojo dumblo. Anoksinėje, denitrifikavimo, nitrifikavimo skamerose aktyvavimą praėjusios nuotekos separavimo kameroje kyla iš apačios nuo dugno į viršų. Pakeliui pratekėdamos per pakibusį aktyviojo dumblo sluoksnį, kuris vadinamas fluidiniu filtru, nuotekos išteka iš įrenginio.

6.5. Technologinės schemas aprašymas

Nuotekos iš pagrindinės perpumpavimo stoties, trimis vamzdiniais, paduodamos į biologinio valymo įrenginio priėmimo kamerą **1**. Į kamerą taip pat patenka nuotekos iš septinių nuotekų

surinkimo stoties **18**, bei vietinės siurblinės **17**. Dviejų uždorių pagalba nuotekos yra paskirstomos į du atskirus kanalus. Trečiasis uždoris, reikalingas nuotekų apvedimo linijai, esant BVĮ avarinei situacijai. Apvedimo linijoje **11** nuotekos pratekėjusios per grotas **G1**, skirtas nešmenų surinkimui, patenka į nuvedimo šulinį **9**.

Iš priėmimo kameros nuotekos dviem vamzdžiais teka į pirminio mechaninio valymo pastatą mechaniniam nuotekų valymui. Šiame pastate sumontuotos dvi mechaninio valymo linijos. Nuotekos prateka per grotas **2a** skirtas nešmenų surinkimui. Šnekiniame prese praplauti ir supresuoti nešmenys paduodami į nešmenų konteinerį. Pratekėjusios per grotas, nuotekos patenka į horizontalią smėliagaudę **2b**. Smėliagaudėje srautas teka spiraline trajektorija smėliui nusėdant ant dugno. Vandens lygis smėliagaudėje nustatomas taip, kad į riebalų lovį **2c** patektų 1 – 2 cm paviršinio vandens, su kuriuo kartu patenka ir į paviršių išflotavę riebalai. Alkūninis mechanizmas pasuka lovį, tuo pat metu įsijungia riebalų siurblys atsiurbiantis riebalus į riebalų baką **14**.

Nuo mechaninių užterštumų (smėlio, nešmenų, riebalų) išvalytos nuotekos dviem vamzdžiais savitaka teka į paskirstymo kamerą **3**. Kameroje įrengta bandinių paėmimo stotis, kurioje pastoviai imami bandiniai nustatyti įtekančių nuotekų užterštumui. Paskirstymo kameroje nuotekos tolygiai paskirstomos į keturis vienodus srautus. Kiekvienas nuotekų srautas pratekėdamas per indukcinis debitomačius **D1-4** įteka į integruotą biologinį reaktorių **4**. Kiekvienoje linijoje įrengtos mechaninės sklendės, kuriomis reguliuojamas paduodamų į bioreaktorių nuotekų kiekis, tuo pačiu yra galimybė atjungti nuotekų padavimą į bet kurį bioreaktorių.

Iš paskirstymo kameros nuotekos patenka į biologinio reaktoriaus anoksinę kamerą **4a**, kurioje yra sumaišomos su recirkuliuojamomis nuotekomis iš denitrifikavimo kameros **4b**. Įrengta panardinama maišyklė **M1** intensyviai sumaišymo procesą. Nuotekos iš denitrifikavimo į anoksinę kamerą paduodamos recirkuliaciniu siurbliu **S1**.

Nuotekos savitaka teka į denitrifikavimo kamerą **3b**, kurioje panardinamomis maišyklėmis **M2-3** sumaišomos su aktyviu cirkuliaciniu dumbliu. Recirkuliacinis dumblas iš separavimo - nusodinimo kameros **4d** į denitrifikavimo kamerą pastoviai atsiubiamas panardinamais recirkuliaciniais siurbliais **S5**.

Iš denitrifikavimo kameros paruoštas mišinys savitaka teka į nitrifikavimo kamerą **4c**. Į nitrifikavimo kamerą oras tiekiamas orapūčių patalpoje **15** esančiomis orapūtėmis **O1-4**. Smulkiaburbulinės aeracijos dėka dumblas stabiliai palaikomas judėjime. Aeracija užtikrina 2,0–2,5 mg/l ištirpusio deguonies koncentraciją mišinyje.

Tarp papildomo nitrifikatoriaus **5** ir nitrifikavimo kameros **4c** vyksta nuotekų cirkuliacija. Panardinamu siurbliu **S4** dalis nuotekų nukreipiama į papildomą nitrifikatorių, o iš šio nuotekos savitaka grįžta į nitrifikavimo kamerą.

Perteklinis aktyvusis dumblas pastoviai iš nitrifikavimo kameros erliftu **S4** atsiurbiamas į dumblo prieštankintuvą **4e**. Prieštankintuve dumblas, kurio koncentracija 0,6% sutankinamas iki 2%. Nusistovėjęs vanduo pastoviai savitaka grąžinamas į nitrifikavimo kamerą. Sutankintas dumblas iki 25% iš prieštankintuvo dugno panardinamais dumblo siurbliais **S6** transportuojamas tolesniam dumblo perdirbimui.

Po aeravimo nuotekų mišinys kanalu patenka į koridorių, iš kurio tolygiai paskirstomas į separatorių **4d**, kuriame fluidinio filtro pagalba dumblas atskiriamas nuo išvalyto vandens. Susijungusios dumblo dalelės nusėda separavimo kameros dugne iš kur siurbliais **S5** pastoviai atsiurbiamos ir nukreipiamos į denitrifikavimo kamerą.

Nuskaidrintas vanduo nuo separatoriaus **3d** paviršiaus per pusiau pagramzdintą sienelę patenka į švaraus vandens surinkimo lataką ir toliau į du šulinius **6** ir **7**. Visas išvalytas vanduo prateka per Paršalio lataką **8**, kuriame vyksta išvalyto vandens apskaita, toliau teka į nuvedimo šulinį **9** ir į nuotekų išleistuvą.

BVĮ technologinės schemos brėžinys pateiktas grafinėje dalyje.

6.6. Atliekos

Nuotekos patekusios į BVĮ visų pirma atskiriamos nuo nešmenų. Mechaninėje linijoje šalinami nešmenys:

- Nešmenys – 54 t/metus
- Surinktas smėlis - 44 t/metus
- Riebalai – 31t/metus

Biologiniame reaktoriuje susidarančios atliekos:

- Perteklinis dumblas – 1 tūkst. t/metus
- Išplūdės – 10 t/metus

6.6.1. Atliekų tvarkymas

Nešmenys sulaikyti grotose patenka į šnekinio preso nešmenų priėmimo bunkerį, presavimo metu nuplaunamos spaudiminiu vandeniu. Praplauti ir supresuoti nešmenys, kurių sausos medžiagos kiekis 60% patenka į polietileninį maišą – rankovę, kuri yra nešmenų konteineriye.

Nusėdęs smėlis, kurio dalelės didesnės nei – 200 mikrometrų, šnekiniu transporteriu transportuojamos į smėlio bunkerį. Iš bunkerio pasvirusiu šneku smėlis paduodamas į smėlio konteinerį esantį maišą – rankovę, pakeliui praplaunamas ir nusausinamas.

Riebalai šalinami į gelžbetoninį šulinį, kurio tūris $V=20 \text{ m}^3$. Rezervuare įrengta briauna vandens surinkimui ir grąžinimui atgal į valymo įrenginių pradžių. Iš rezervuaro riebalai išvežami asenizacine mašina.

Išplūdus separavimo zonoje pašalinamos pastoviai hidrauliškai atsiurbiant jas, o taip pat išflotuos suspenduotos medžiagos (riebalų likučiai) šalinamos mechaniniu nugriebimo įrenginiu, kuris periodiškai judėdamas išplūdus pašalina į tam skirtus atliekų separatorius.

Sutankintas perteklinis dumblas patenka į mechaninį dumblo sausinimo skyrių. Proceso efektyvumo didinimui naudojamas poliflokuliantas. Naudojamas efektyviausias dumblo utilizavimo būdas gaunant naudą energetiniu ir ekonominiu, požiūriu – biodujų gamyba.

6.6.2. Perteklinio dumblo kiekio skaičiavimas

- Aktyvavimo zonos užpildymas dumblu: $p_z=60\%$
- Nuotekų debitas: $Q_n=6697 \text{ m}^3/\text{h}$
- Temperatūrinis stabilizacinis dumblo faktorius: $f=0,615$
- Dumblo amžius: $\Theta=14 \text{ parų}$
- Biocheminis deguonies suvartojimas: $L_a=610 \text{ mg/l}$
- Skendinčių medžiagų paros kiekis: $SM=4273 \text{ kg/d}$

Dumblo inertinės dalies prieaugis:

$$PSS_I = 0,6 \cdot SM = 0,6 \cdot 4273 = 2563,8 \text{ kg/d} \quad (6.1)$$

Dumblo aktyvinės dalies prieaugis:

$$\begin{aligned} PSS_A &= 0,6 \cdot \left(1 - \frac{0,072 \cdot f \cdot \Theta}{1 + 0,08 \cdot f \cdot \Theta} \right) \cdot L_a = \\ &= 0,6 \cdot \left(1 - \frac{0,072 \cdot 0,615 \cdot 14}{1 + 0,08 \cdot 0,615 \cdot 14} \right) \cdot 610 = 231,7 \text{ kg/d} \end{aligned} \quad (6.2)$$

Perteklinio dumblo prieaugis:

$$\begin{aligned} EXSS &= PSS_I + PSS_A = \\ &= 2563,8 + 231,7 = 2795,5 \text{ kg/d} = 1000 \text{ t/metus} \end{aligned} \quad (6.3)$$

6.7. Technologiniai skaičiavimai

6.7.1. Įrenginių technologiniai rodikliai

Skaičiavimams imami gautų charakteristikų koncentracijų vidurkiai (**5.2.1 lentelė**). Skaičiavimuose, kuriuose reikalingas biocheminis deguonies suvartojimas, naudojama BDS₅ reikšmė. Perskaičiavimui iš BDS₇ į BDS₅ naudojama formulė:

$$BDS_5 = \frac{BDS_7}{1,15}, mg O_2 / l \quad (6.4)$$

Čia: BDS₅ – biocheminis deguonies suvartojimas per 5 dienas, mgO₂/l;

BDS₇ – biocheminis deguonies suvartojimas per 7 dienas, mgO₂/l.

Skaičiavimų rezultatai pateikti **6.7.1.1 lentelėje**:

6.7.1.1 lentelė. BDS₅ skaičiavimų rezultatai

	Užterštumo charakteristikos nesant rezervuaro		Užterštumo charakteristikos esant rezervuarui	
	Prieš valymą	Po valymo	Prieš valymą	Po valymo
BDS ₅ , mgO ₂ /l	332	12	610	9

Remiantis eksperimentiniais duomenimis, bei papildomais duomenimis, kurie gauti iš įmonės arba žinytų, apskaičiuoti įrenginių technologiniai rodikliai. Naudoti papildomi duomenys pateikti **6.7.1.2 lentelėje**:

6.7.1.2 lentelė. Papildomi duomenys

Parametras		Vertė
Bioreaktoriaus dalių tūriai, m ³	Anoksinė kamera	840
	Denitrifikatorius	3720
	Nitrifikatorius	5160
	Separatorius	1120
	Rezervuaras	3722
	Suma:	14562
Dumblo peleningumas S, vnt. dalys		0.25
ADSM konc. Įrenginyje a _a , g/l		2,7
Dumblo priaugio koef. Kd		0,3
Reikiama NH ₄ konc., mgN/l		20

Žemiau pateikti įrenginių, be papildomo rezervuaro, technologinių rodiklių skaičiavimai.

Aktyviojo dumblo apkrova pagal organinių teršalų kiekį, išreikštą BDS₅:

$$A = \frac{Q_n \cdot L_a}{a_a \cdot V} = \frac{8192 \cdot 332}{2,7 \cdot 10840} = 93 \text{ mg BDS}_5 / (\text{gADSM} \cdot \text{d}) \quad (6.5)$$

čia : Q_n - nuotėkų kiekis, m³/d;

L_a - valomų nuotėkų BDS_5 , mg/l;

a_a - ADSM koncentracija įrenginyje, g/l;

V - įrenginio naudingasis tūris (atėmus rezervuaro tūrį), m^3 .

Bepelenio aktyviojo dumblo apkrova pagal organinių teršalų kiekį, išreikštą BDS_5 :

$$A_b = \frac{Q_n \cdot L_a}{a_a \cdot V \cdot (1 - S)} = \frac{8192 \cdot 332}{2,7 \cdot 10840 \cdot (1 - 0,25)} = 124 \text{ mg } BDS_5 / (\text{gADBSM} \cdot \text{d}) \quad (6.6)$$

čia S - dumblo peleningumas, vieneto dalimis.

Aktyviojo dumblo oksidacinis pajėgumas (OP) skaičiuojamas aktyviojo dumblo 1g bepelenių medžiagų:

$$OP = \frac{Q_n \cdot (L_a - L_t)}{a_a \cdot V \cdot (1 - S)} = \frac{8192 \cdot (332 - 12)}{2,7 \cdot 10840 \cdot (1 - 0,25)} = 90 \text{ gADBSM} \quad (6.7)$$

čia: L_t - išvalytų nuotėkų BDS_5 , mg/l.

Aktyviojo dumblo amžius Θ - tai aktyviojo dumblo atsinaujinimo trukmė sistemoje, paromis.

$$\Theta = \frac{1000 \cdot a \cdot V}{d \cdot (L_a - L_t) \cdot Q} = \frac{1000 \cdot 2,7 \cdot 10840}{0,68 \cdot (332 - 12) \cdot 8192} = 16 \text{ parų} \quad (6.8)$$

čia: d - lyginamasis perteklinio aktyviojo dumblo prieaugis, g/g pašalinto BDS_5 , parenkamas iš **6.7.1.3 lentelės** pagal aktyviojo dumblo apkrovą, interpoliacijos būdu.

6.7.1.3 lentelė. Lyginamasis dumblo prieaugis

Aktyviojo dumblo apkrova (A), mg BDS_5 /(gADSM· d)	50	100	200	300	500	1000	2000	3000.. 7000
Lyginamasis dumblo prieaugis (d_L), gADSM/g pašalinto BDS_5	0,54	0,70	0,75	0,90	0,95	1,10	1,40	1,50

$$d_L = 0,68 \text{ gADSM/g pašalinto } BDS_5$$

Įrenginių technologinių rodiklių skaičiavimo palyginimai, prieš įrengiant rezervuarą ir po įrengimo, pateikti **6.7.1.4 lentelėje**. Prijungus papildomą nitrifikatorių bei atsižvelgus į tai kad debitas po rezervuaro prijungimo padidėjo 22%, pasikeitė technologinių parametru vertės. Veikliojo dumblo apkrova bei lyginamasis perteklinio dumblo prieaugis padidėjo, tuo tarpu veikliojo dumblo amžius sumažėjo.

6.7.1.4 lentelė. Technologinių parametų palyginimas

	Nesant rezervuaro	Esant rezervuarui
Bepelenio veikliojo dumblo apkrova, mgBDS5/(gADBSM·d)	124	138
Veikliojo dumblo apkrova, mgBDS5/(gADSM·d)	93	104
Akt. dumblo oksidacinis pajėgumas OP, (mgBDS5/gADSM · d)	90	102
Veikl. dumblo amžius θ , paromis	16	14
Lyginamasis perteklinio aktyviojo dumblo prieaugis d_L , g/g pašalinto BDS ₅	0,68	0,70

Remiantis įrenginio dalių tūriais (**6.7.1.2 lentelė**), paskaičiuotas nuotekų išbuvimo laikas T, skirtingose zonose (**6.7.1.5 lentelė**):

$$T = \frac{24 \cdot V_z}{Q_n}, h \quad (6.9)$$

čia: V_z – įrenginio tūris.

6.7.1.5 lentelė. Nuotekų išbuvimo laikas skirtingose zonose.

	Nuotekų išbuvimo laikas skirtingose zonose, h	
	Nesant rezervuaro	Esant rezervuarui
Anoksinė zona	2,5	3,0
Denitrifikatorius	10,9	13,3
Nitrifikatorius	15,1	18,5
Separavimo zona	3,3	4,0
Rezervuaras	-	13,3

Greitis ρ reaktoriaus skirtingose zonose (**6.7.1.6 lentelė**) paskaičiuotas pagal lygtį:

$$\rho = \frac{(L_a - L_t) \cdot Q_n}{a \cdot (1 - S) \cdot V_z}, g/gABSM * d \quad (6.10)$$

6.7.1.6 lentelė. Greitis reaktoriaus skirtingose zonose

	Greitis ρ , g/gABSM*d			
	Nesant rezervuaro	Reikiamas	Esant rezervuarui	Reikiamas*
Anoksinėje zonoje	40,1	-	58,8	-
Denitrifikatoriuje	33,7	50,0	93,8	92,9
Nitrifikatoriuje	36,0	39,0	44,8	44,5

*-Reikiamas greitis denitrifikatoriuje ir nitrifikatoriuje paskaičiuojamas naudojant reikiamą palaikyti NH_4 vertę, iš 6.7.1.2 lentelės.

6.7.2. Deguonies poreikio skaičiavimai

Skaičiavimai atliekami nitrifikatoriui ir rezervuarui kartu. Pradiniai duomenys pateikti 6.7.2.1 lentelėje.

6.7.2.1 lentelė. Papildomi duomenys

Parametras	Vertė
Koeficientas k_C įvertinantis anglies atomų oksidavimą	1,1
Koeficientas k_N įvertinantis azoto atomų oksidavimą	1,5
Aeratoriaus panerimo gylis h_a , m	4,0
Temperatūra τ , °C	19
Ištirpusio deguonies koncentracija C , mg/l	2,0
Koeficientas įvertinantis deguonies tirpumo sumažėjimą nuotekose K_3	0,6
Oro tankis γ , g/m ³ , kai oro temperatūra 20 °C	1,2
Oro kiekis, tiekiamas į vieną aeratorių O_1 , Nm ³ /h	6
Deguonies išnaudojimas η iš patiekto oro, vieneto dalimis	0,7

Bendras lyginamasis deguonies sunaudojimas z_b :

$$z_b = k_C z + k_N \cdot z_N = 1,59 \cdot 1,1 + 1,5 \cdot 0,149 = 1,88, \text{mgO}_2/\text{mg pašalinto BDS5} \quad (6.11)$$

Lyginamasis deguonies sunaudojimas mikroorganizmų endogeniniam kvėpavimui, organiniams teršalams oksiduoti, mikroorganizmų naujų ląstelių sintezei ir nunykusiems mikroorganizmams oksiduoti (z) priklauso nuo palaikomos aktyviojo dumblo apkrovos (žr. 6.7.2.2 lentelę). Lyginamasis deguonies sunaudojimas nitrifikacijai (z_N) priklauso nuo amonio azoto kiekio, suoksiduoto iki nitratų.

6.7.2.2 lentelė. Lyginamojo deguonies sunaudojimo priklausomybė nuo aktyviojo dumblo apkrovos

Aktyviojo dumblo apkrova (A), mgBDS ₅ /(gADSM · d)	50	100	200	300	500	1000	2000	5000
Lyginamasis deguonies sunaudojimas (z), mgO ₂ /mg pašalinto BDS ₅	1,60	1,60	1,35	1,05	0,75	0,65	0,60	0,60

$z=1,59 \text{ mgO}_2/\text{mg pašalinto BDS}_5$.

Lyginamasis deguonies sunaudojimas nitrifikacijai z_N , įrenginiuose su biologiniu azoto šalinimu:

$$z_N = \frac{4,6 \cdot N_V + 1,7 \cdot N_p}{L_a - L_t} = \quad (6.12)$$

$$= \frac{4,6 \cdot 1,25 + 1,7 \cdot 77}{610 - 9} = 0,087 \text{ mgO}_2/\text{mg pašalinto BDS}_5$$

čia: N_V – nitratų azoto koncentracija valytose nuotekose, mg/l;

N_p – pašalinto azoto koncentracija:

$$N_p = N_b - N_{bp} - N_l = 124 - 27 - 20 = 77 \text{ mg / l} \quad (6.13)$$

N_b – bendrojo azoto koncentracija nuotekose, tiekiamose į biologinio valymo įrenginius, mg/l;

N_{bp} – azoto sunaudojimas biocheminiams procesams, mg/l;

Orientacinis azoto sunaudojimas yra 4÷5 mg/100mgBDS₅:

$$N_{bp} = \frac{4,5 \cdot 610}{100} = 27 \text{ mg / l} \quad (6.14)$$

N_l - bendrojo azoto liekamoji koncentracija valytose nuotėkose vasaros periodu, mg/l.

$L_a - L_t$ – atitinkamai valomų ir valytų nuotėkų BDS₅, mg/l.

Reikiamas ištirpinti deguonies kiekis OC:

$$OC = \frac{z_b \cdot (L_a - L_t) \cdot Q_{hvid} \cdot C_p \cdot K_\tau \cdot k}{1000 \cdot K_3 \cdot (C_p - C)} = \quad (6.15)$$

$$= \frac{1,88 \cdot (610 - 9) \cdot 6697 \cdot 11,0 \cdot 0,98 \cdot 1,14}{1000 \cdot 0,6 \cdot (11,0 - 2)} = 710,8 \text{ kgO}_2/\text{h}$$

čia: z_b – bendras lyginamasis deguonies sunaudojimas, mgO₂/mg pašalinto BDS₅ ;

C_p - vandens prisotinimas deguonimi įrenginyje, mg/l;

$$C_p = C_\tau \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) = 9,21 \cdot \left(1 + \frac{4}{20,6}\right) = 11,0 \text{ mg/l} \quad (6.16)$$

h_a - aeratoriaus panerimo gylis, m;

C_τ - vandens prisotinimas deguonimi esant atmosferiniam slėgiui ir temperatūrai τ ($^{\circ}\text{C}$); jo reikšmės pateiktos **6.7.2.3 lentelėje**;

6.7.2.3 lentelė. Vandens prisotinimas deguonimi (C_τ)

$\tau, ^{\circ}\text{C}$	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
$C_\tau, \text{ mg/l}$	10,5	10,26	10,03	9,82	9,61	9,40	9,21	9,02	8,84	8,67	8,50

$$C_\tau = 9,21 \text{ mg/l}$$

C - ištirpusio deguonies koncentracija, mg/l;

K_τ - koeficientas įvertinantis aukščiausią vidutinę mėnesinę dumblo mišinio temperatūrą (τ); jis skirtas OC perskaičiuoti į standartines sąlygas ($\tau = 20 ^{\circ}\text{C}$);

$$K_\tau = 1 + 0,02 \cdot (\tau - 20) = 1 + 0,02 \cdot (19 - 20) = 0,98 \quad (6.17)$$

K_3 - koeficientas įvertinantis deguonies tirpumo sumažėjimą nuotekose;

k - koeficientas įvertinantis teršalų kiekio patekimo netolygumą; jo dydis renkamas priklausomai nuo dumblo amžiaus interpoliacijos būdu ir pateiktas lentelėje.

6.7.2.4 lentelė. Teršalų kiekio patekimo netolygumo koeficiento (k) priklausomybė nuo dumblo amžiaus (Θ)

Dumblo amžius (Θ), paromis	4	6	8	10	15	25
Koeficientas k	1,3	1,25	1,22	1,2	1,15	1,1

$$k = 1,16$$

Reikiamas aeratorių kiekis apskaičiuojamas:

$$n_a = \frac{OC}{OC_1} = \frac{710,8}{1,134} = 627 \approx 630 \text{ vnt.} \quad (6.18)$$

čia: OC_1 - vienu pneumatiniu membraniniu difuzoriniu aeratoriumi ištirpinamo deguonies kiekis.

$$OC_1 = \gamma \cdot O_1 \cdot 0,21 \cdot \eta = 1,2 \cdot 5 \cdot 0,21 \cdot 0,9 = 1,134 \text{ kgO}_2/\text{h} \quad (6.19)$$

γ - oro tankis; kai oro temperatūra $20 ^{\circ}\text{C}$;

O_1 - oro kiekis, tiekiamas į vieną aeratorių, m^3/h ;

0,21 - deguonies kiekis ore vieno dalimis;

η - deguonies išnaudojimas iš patiekto oro, vieno dalimis;

Parinkti „JAGER“ firmos HD270 tipo diskiniai difuzoriniai aeratoriai. Šie difuzoriai pasižymi aukštu deguonies perdavimo efektyvumu ir mažais slėgio nuostoliais. Membranos padengtos originaliu teflonu pagamintu pagal „DuPont“ technologiją. Pagrindinės difuzorių charakteristikos pateiktos **6.7.2.5 lentelėje**.

6.7.2.5 lentelė. „JAGER“ firmos difuzorių pagrindinės charakteristikos

Parametrai	Vertės
Oro srautas, m ³ /h	2-6
Maksimalus oro srautas, m ³ /h	10
Memranos medžiaga	EPDM
Diametras, mm	270
Efektyvus diametras, mm	220
Perforuotas plotas, m ²	0,037
Išorinis sriegis	¾"
Svoris, kg	0,6

Oro kiekis O , tiekiamas į pneumatinius membraninius difuzorinius aeratorius:

$$O = O_1 \cdot n_a = 5 \cdot 627 = 3134 m^3 / h \quad (6.20)$$

Pagal šį oro kiekį parenkamos 4 „Atlas Copco – serija ZS“ firmos darbinės orapūtės, turinčios sraigtinę betepalinę kompresorinę pakopą ir elektros variklį su motoriniu reduktoriumi. Orapūčių pagrindinės charakteristikos:

- Našumas - 900 m³/h
- Viršslėgis – 30 kPa
- Variklio galia – 7,5 kW

Pagal parinktą orapūtės perskaičiuotas oro kiekis, tiekiamas į pneumatinius membraninius difuzorinius aeratorius O_p , Nm³/h:

$$O_p = 900 \cdot 4 = 3600 m^3 / h \quad (6.21)$$

6.8. Technologinių procesų ir produkcijos kokybės valdymas ir užtikrinimas

Valykloje nuotekų valymo kokybė nustatoma tiriant nuotekų užterštumo charakteristikas. Nuotekų bandiniai imami prieš valymą ir po valymo. Nuotekų užterštumo charakteristikos yra tiriamos 1-2 kartus per mėnesį laboratorijoje. Be šiame darbe paminėtų charakteristikų dar tiriama: chloridai, sulfatai, fluoridai, paviršiaus aktyvios medžiagos (PAM), riebalai, skaidrumas, kvapas, spalva, pH, nustatoma temperatūra. Išleidžiamose nuotekose nustačius nukrypimus nuo standartų, koreguojami technologinio proceso parametrai.

6.9. Vidaus transporto priemonių parinkimas ir skaičiavimas

Biologinio valymo įrenginyje nuotekos vamzdynais teka savitaka arba transportuojamos siurbliais. Nuotekos į priėmimo kamerą paduodamos 5 vamzdynais:

- Linija DN300 iš mėsos kombinato;
- Linija DN300 iš pramonės zonos;
- Linija DN400 – miesto komunalinės nuotekos;
- Linija DN50 – septinės nuotekos;
- Linija DN50 – iš vietinės siurblinės.

Priėmimo kamerą su mechaninio valymo įrenginiais jungia du DN500 vamzdynai, kurių ilgis $L=13$ m, nuolydis $i=0,01$. Mechaninio valymo įrenginius su paskirstymo kamera jungia du DN500 vamzdynai. Paskirstymo kamerą su biologiniu reaktoriumi jungia keturi DN300 vamzdynai, kurių bendras ilgis: $L = 26$ m.

Biologinio valymo reaktoriuje nuotekų cirkuliacija palaikoma panardinamais siurbliais. Technologinio režimo palaikymui, vienoje linijoje reikalingi 6 siurbliai, atsiurbiantys 1/3 paduodamų nuotekų kiekio. Vadinasi siurblio reikalingas našumas:

$$V_s = \frac{Q_n}{3} = \frac{1675}{3} = 558,3 \text{ m}^3 / d = 23,3 \text{ m}^3 / h \quad (6.22)$$

Čia: Q_n – biologinio reaktoriaus 1 linijos nuotekų debitas, kg/d

Parinkti „Zhejiang Taige Pump Co“ firmos QDX30-6-0,75(F)(S) modelio panardinami vienfaziai siurbliai, kurių parametrai pateikti **6.9.1 lentelėje**.

6.9.1 Lentelė. Panardinamo siurblio QDX30-6-0,75(F)(S) charakteristikos

Modelis	QDX30-6-0,75(F)(S)
Našumas, m^3/h	30
Elektros variklio galia, kW	0,75
Apsisukimai, min^{-1}	2860
Išvystomas slėgio aukštis, m	6

6.9.1. Nešmenų šalinimo konvejerio skaičiavimai

Valymo metu susidarančios atliekos šalinamos šnekiniais transporteriais. Tokio tipo transporteriai pasirinkti dėl nedidelio transportavimo atstumo. Nuo mechaninio valymo groto atskirti nešmenys, patenka į šnekinio preso priėmimo bunkerį, kuriame yra nusausinami ir paduodami į konteinerį.

Reikalingas sraigto veleno sukimosi dažnis n , apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$n = \frac{K \cdot \sqrt{D_s}}{60} = \frac{45 \cdot \sqrt{0,32}}{60} = 13,4 \frac{1}{s} \quad (6.23)$$

Čia: Koeficientas didelio tankio neabrazyvioms medžiagoms: $K=45$

Sraigto skersmuo: $D_s=0,32$ m. Sraigtinio transporterio velenui sukti reikalinga galia N_{tr} :

$$\begin{aligned} N_{tr} &= 0,00962 \cdot Q_N \cdot H + 0,00962 \cdot Q_N \cdot L_h \cdot \omega_s + \\ &+ 0,00962 \cdot K_1 \cdot q_T \cdot L_h \cdot w \cdot \omega_c = 0,00962 \cdot 40 \cdot 0,1 + \\ &+ 0,00962 \cdot 40 \cdot 2,5 \cdot 1,5 + 0,00962 \cdot 0,15 \cdot 25,6 \cdot 0,1 \cdot 0,1 \cdot 0,08 = \\ &= 1,48 \text{ kW} \end{aligned} \quad (6.24)$$

Čia: Sraigtinio transporterio našumas: $Q_N=40$ kg/s

Medžiagos pakėlimo aukštis: $H=0,1$ m

Transportavimo horizontalia kryptimi projekcijos ilgis: $L_a=2$ m

Medžiagos pasipriešinimo judėjimui loviu koeficientas: $\omega_s=1,5$

Koeficientas įvertinantis sraigto judėjimo pobūdį: $K_1=0,15$

Sraigto judančių dalių masė: $q_T=80D_s=25,6$ kg/s

Ašinis medžiagos judėjimo greitis: $w=0,1$ m/s

Sraigto veleno pasipriešinimo judėjimui guoliuose koeficientas: $\omega_c=0,08$

Reikalingo elektros variklio galia N_v :

$$N_v = \frac{N_{tr}}{\eta} = \frac{1,48}{0,85} = 1,74 \text{ kW} \quad (6.25)$$

Parinktas „Focus Machinery & Co“ firmos FM-3G12 modelio šnekinis konvejeris, kurio charakteristikos pateiktos **6.9.1.1 lentelėje**.

6.9.1.1 lentelė. Šnekinio konvejerio FM – 3G12 techninės charakteristikos

Modelis	FM-3G12
Našumas, kg/s	45
Elektros variklio galia, kW	2,2
Vamzdžio skersmuo, mm	400
Svoris, kg	270
Vamzdžio tipas	Apvalus

6.9.2. Smėlio šalinimo šnekinio konvejerio skaičiavimai

Smėlis nusėdęs smėliagaudėje šnekiniu konvejeriu transportuojamas į bunkerį. Iš bunkerio pasvirusiu šneku smėlis paduodamas į smėlio konteineryje esantį maišą.

Reikalingas sraigto veleno sukimosi dažnis n , apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$n = \frac{K \cdot \sqrt{D_s}}{60} = \frac{30 \cdot \sqrt{0,32}}{60} = 8,9 \frac{1}{s} \quad (6.26)$$

Čia: Koeficientas abrazyvioms medžiagoms: $K=30$

Sraigto skersmuo: $D_s=0,32$ m. Sraigtinio transporterio velenui sukti reikalinga galia N_{tr} :

$$\begin{aligned} N_{tr} &= 0,00962 \cdot Q_N \cdot H + 0,00962 \cdot Q_N \cdot L_h \cdot \omega_s + \\ &+ 0,00962 \cdot K_1 \cdot q_T \cdot L_h \cdot w \cdot \omega_c = \\ &= 0,00962 \cdot 37,5 \cdot 0,1 + 0,00962 \cdot 37,5 \cdot 2,5 \cdot 2,5 + \\ &+ 0,00962 \cdot 0,15 \cdot 25,6 \cdot 0,1 \cdot 0,1 \cdot 0,08 = 2,29 \text{ kW} \end{aligned} \quad (6.27)$$

Čia: Sraigtinio transporterio našumas: $Q_N=37,5$ kg/s

Medžiagos pakėlimo aukštis: $H=0,1$ m

Transportavimo horizontalia kryptimi projekcijos ilgis: $L_a=2,5$ m

Medžiagos pasipriešinimo judėjimui loviu koeficientas: $\omega_s=2,5$

Koeficientas įvertinantis sraigto judėjimo pobūdį: $K_1=0,15$

Sraigto judančių dalių masė: $q_T=80D_s=25,6$ kg/s

Ašinis medžiagos judėjimo greitis: $w=0,1$ m/s

Sraigto veleno pasipriešinimo judėjimui guoliuose koeficientas: $\omega_c=0,08$

Reikalingo elektros variklio galia N_v :

$$N_v = \frac{N_{tr}}{\eta} = \frac{2,29}{0,85} = 2,69 \text{ kW} \quad (6.28)$$

Parinktas „KRD Engineering & Co“ firmos GS – 4S8 modelio šnekinis konvejeris, kurio charakteristikos pateiktos **6.9.2.1 lentelėje**.

6.9.2.1 lentelė. Šnekinio konvejerio GS-4S8 techninės charakteristikos

Modelis	GS-4S8
Našumas, kg/s	40
Elektros variklio galia, kW	3,06
Vamzdžio skersmuo, mm	400
Svoris, kg	220
Vamzdžio tipas	Apvalus

6.10. Gamybinių bei sandėlių ploto skaičiavimas

6.10.1. Atliekų sandėlio skaičiavimai

Atliekų sandėlyje laikomi maišai su nusausintais nešmenimis ir smėliu. Atliekos išvežamos kas 3 mėnesius, todėl sandėlio ploto turi pakakti 3 mėnesiu atliekų kiekio surinkimui bei laikymui.

Smėlis renkamas į maišus, kurio matmenys: 1x1x1 m. Vienas toks maišas su smėliu sveria 1,5t. Per dieną nusodinama 120 kg smėlio, vadinasi maišas užsipildys per:

$$n_s = \frac{1500}{120} = 12,5 \text{ dienos} \quad (6.29)$$

Per tris mėnesius susidarys maišų :

$$m = \frac{90}{12,5} = 7,2 \approx 8 \text{ maišai} , \text{ kurie užims } 8 \text{ m}^2 \text{ plotą sandėlyje.} \quad (6.30)$$

Nešmenys renkami į analogiškus maišus, kurie pilni sveria po 1 t. Per vieną dieną surenkama 120 kg nešmenų, vadinasi maišas užsipildys per:

$$n_s = \frac{1000}{120} = 8,3 \text{ dienos} \quad (6.31)$$

Per tris mėnesius susidarys:

$$m = \frac{90}{8,3} = 10,84 \approx 11 \text{ maišų} , \text{ kurie užims } 11 \text{ m}^2 \text{ plotą sandėlyje.} \quad (6.32)$$

Atliekų sandėlio bendras plotas S_b apskaičiuojamas atliekų užimamą plotą dauginant iš ploto atsargos koeficiento ($K=5$):

$$S_b = (11 + 8) \cdot 5 = 95 \text{ m}^2 \quad (6.33)$$

6.10.2. Orapūčių patalpos ploto skaičiavimai

Patalpoje numatyta pastatyti 6 orapūtės, iš kurių 4 – darbinės, 2 – rezervinės. Vienos orapūtės užimamams plotas:

$$S = 1,7 \cdot 1,5 = 2,55 \text{ m}^2 \quad (6.34)$$

Visų orapūčių užimamas plotas:

$$S_v = 6S = 6 \cdot 2,55 = 15,3 m^2 \quad (6.35)$$

Atsižvelgiant į tai, kad ateityje galima objekto tolesnė plėtra, apskaičiuojamas bendras patalpos blotas imant ploto atsargos koeficientą (K=12):

$$S_b = S_v \cdot 10 = 15,3 \cdot 10 = 183,6 m^2 \quad (6.36)$$

6.11. Energetinių poreikių skaičiavimas

Technologiniams poreikiams patenkinti elektros energija naudojama oro tiekimui, atliekų transportavimui. Valykloje naudojamų pagrindinių elektros įrengimų parametrai pateikti **6.11.1 lentelėje**.

6.11.1 lentelė. Elektros įrengimų parametrai

Eil. Nr.	Įrenginio pavadinimas	Įrenginių kiekis n, vnt.	Tipas	Vieno įrenginio galia P, kW	Bendra galia P*n, kW
1	Orapūtė	4	Atlas Copco-ZS	7,5	30
2	Šnekinis konvejeris	2	FM-3G12	2,2	4,4
3	Šnekinis konvejeris	2	GS-4S8	3,06	6,12
4	Panardinamas siurblys	24	QDX30-6-0,75(F)(S)	0,75	18
Viso:					58,52

Be pagrindinių įrenginių, įmonėje yra ir smulkių prietaisų, kuriuos visus įtraukti į skaičiavimus sudėtinga. Nuotekų valykloje esantys smulkūs elektros įrenginiai įvertinami bendrą elektros galią padidinus 10%:

$$P_j = 58,52 \cdot 1,1 = 64,372 kW \quad (6.37)$$

Per metus sunaudojamas elektros energijos kiekis:

$$W_j = P_j \cdot T_j = 64,372 \cdot 8500 = 547,162 kWh \quad (6.38)$$

Čia: T_j – didžiausia jėgos įrengimų naudojimo trukmė.

7. Statybiniai ir santechniniai sprendimai

7.1. Bendrieji duomenys

Atsižvelgiant į Kėdainių rajono teritorijos altitudę, valykla suprojektuota žemiausioje vietoje, kas palengvina nuotekų pritekėjimą. Sklypas nėra istorinės, kultūrinės ar rekreacinės zonos dalis, jame nėra jokių saugotinių vietų. Kelias į valyklos teritoriją yra išasfaltuotas ir atitinka reikalavimus spec. transportui pravažiuoti. Sklypo planas pateiktas grafinėje dalyje.

Planuojama Kėdainių miesto nuotekų valyklos modernizacija. Be technologinių atnaujinimų bus rekonstruojamas administracinis – gamybinis pastatas. Renovacijos metu konstrukcijos paliekamos tos pačios, atnaujinama išorinė sienų apdaila, vidaus apdaila, stogo danga. Projektuojamas vieno aukšto pastatas randasi šiaurinėje valyklos sklypo dalyje šalia automobilių stovėjimo aikštelės. Administraciniame korpuse (rytinėje pastato dalyje) dirba visa įmonės administracija, dispečeriai, laborantai. Gamybiniame korpuse (vakarinėje pastato dalyje) įrengta orapučių patalpa. Renovuojamas pastatas atitinka visus jam keliamus statybinius, architektūrinius, technologinius reikalavimus. Rekonstruojamo pastato planas bei pjūviai pateikti grafinėje dalyje

Pastato išmatavimai:

- Ilgis: $L = 45$ m;
- Plotis: $B = 12$ m;
- Aukštis: $H = 6$ m;
- Aukštų skaičius: $n = 1$.

Pastate paliktos senos gelžbetoninės konstrukcijos: kraštinės kolonos, perdangos ir denginių plokštės, kolonų pamatai, pamatų sijos. Kolonų tinkelio išmatavimai 6x6 m. Išorinės blokelių mūro sienos renovacijos metu padengtos daugiasluoksne plokšte bei dažytais aliuminio skardos lakštais. Administraciniame korpuse yra du įėjimai, iš abiejų pastato pusių, gamybiniame korpuse yra durys ir vartai. Vienkameriniai plastikiniai langai yra tik administraciniame korpuse.

Pastatas šildomas biodujomis gaunamomis iš dumblo pūdymo įrenginių. Dujų katile pašildytas vanduo cirkuliuoja radiatoriais. Pastate suprojektuota natūrali ventiliacija, laboratorijoje įrengta traukos spinta.

Pagrindiniai projektuojamą statinį apibūdinantys techniniai rodikliai pateikti **7.1.1 lentelėje**.

7.1.1 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
1.	I. SKLYPAS		
	1.1. sklypo plotas	ha	13
	1.2. sklypo užstatymas	m ²	9000
	1.3. sklypo užstatymo intensyvumas	%	18
	1.4. statinio užimamas žemės plotas	m ²	540
	1.5. apželdintas žemės plotas (žaliasis plotas)	m ²	75
	1.6. automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt.	10
	1.7. sanitarinės (apsaugos) zonos plotis	m	400
2.	II. PASTATAI		
	2.1. paskirties rodikliai (gamybos (kitos veiklos), paslaugų apimtys, aptarnaujamų žmonių skaičius, kiti rodikliai)		Administracinės – gamybinės paskirties
	2.2. bendrasis plotas:	m ²	540
	2.2.1. pagrindinis	m ²	344
	2.2.2. pagalbinis	m ²	196
	2.2.3. garažų	m ²	-
	2.2.4. pastogės plotas	m ²	540
	2.2.5. pastato tūris	m ³	3240
	2.2.6. aukštų skaičius	vnt.	1
	2.2.7. pastato aukštis	m	6
2.2.8. pastato atsparumas ugniai (I, II ar III)	MJ/m ²	III	
3.	III. SUSISIEKIMO KOMUNIKACIJOS		
	3.1. Keliai:		III
	3.1.1. kategorija		III
	3.1.2. ilgis	km	1km
	3.1.3. kelių plotis	m	10
	3.1.4. eismo juostų skaičius	vnt.	2
	3.1.5. eismo juostos plotis	m	5
3.1.6. apsaugos zonos plotis	m	10	

7.2. Statinio architektūrinė, konstrukcinė sandara

Rekonstruojamas pastatas sudarytas iš dviejų korpusų, kuriems keliami skirtingi reikalavimai. Vienoje pusėje įrengtos administracinės patalpos, kuriose yra administracijos kabinetas, dispečerinė, laboratorija, buitinės patalpos. Kitoje pusėje yra gamybinė orapučių patalpa. Pastatu naudojasi 22 darbuotojai.

Pastatas stovi ant polinių pamatų, o aplink pastatą įrengta apygrinda, su nedideliu nuolydžiu vandens nutekėjimui. Vidinį pastato karkasą sudaro gelžbetoninės kolonos 400x400 ir pastoginės monolitinės perdangos. Tiesiai ant perdangos tvirtinamos lubos ir jų elementai. Pastate dalis vidinių sienų yra pertvaros, nelaikančios jokio svorio. Sienos nugruntuotos, nuglaistytos ir nudažytos dažais. Administracinio korpuso grindų danga - keraminės plytelės, gamybinio - betonas.

Mūrinio pastato išorinei apdailai pasirinkta daugiasluoksnė plokštė. Šios plokštės šerdis pagaminta iš nedegios struktūrinės mineralinės vatos, todėl ji gerai sugeria garsą, padeda užtikrinti priešgaisrinę saugą ir pasižymi puikia šilumine varža.

Daugiasluoksnė plokštė – tai gamykloje paruoštas elementas, kurį sudaro du nudažyti plieno lakštai, tarp kurių yra izoliacinis užpildas (šerdis). Izoliacinė šerdis gali būti pagaminta iš mineralinės vatos arba poliizocianurato putplasčio.[15]

Mažo nuolydžio stogas sutapdintas, įrengtas su rulonine danga. Stogas susideda iš šių sluoksnių (nuo viršaus): 6 mm storio apsauginio sluoksnio – smulkaus žvyro, įklampinto į bitumą, ruloninės dangos – ruberiodo, išlyginamojo sluoksnio, akyto betono termoizoliacijos, garso izoliacijos (ruberoidas priklijuotas mastika), laikančiosios konstrukcijos – gelžbetoninių plokščių pakloto padėto ant santvarų. Įrengta lietaus nutekėjimo sistema.[16]

Pasirinkti aliuminio profilio langai su standartiniu vienakameriniu stiklo paketu užpildytu argono dujomis. Administracinio korpuso lauko durys – aliuminio profilio su stiklo paketu. Vidinės durys – aklinos, metalinės. Gamybinio korpuso durys – metalinės, dažytos miltelinio būdu. Durų vyriai statosi ant atraminių guolių. Visos lauko durys yra su pritraukėju. Gamybinio pastato vartai – metaliniai su apsauga nuo kritimo trūkus lynui ar spyruoklei.

7.3. Bendrųjų pastato inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai

Remiantis STR 2.07.01:2003 reglamentu numatytos vandentiekio ir kanalizacijos sistemos, administracinio korpuso buitinėse patalpose ir laboratorijoje. Parinkti reikiamo diametro vamzdžiai bei kita santechninė įranga. [17]

Remiantis STR 2.09.02:2005 reglamentu numatytos šildymo, vėdinimo, oro kondicionavimo sistemos. Pastatas šildomas biodujomis susidarančiomis dumblo metantankuose. Deginant dujas, katilė šylantis vanduo cirkuliuoja per pastate sumontuotus radiatorius. Gamybinės patalpos šyla nuo technologinės įrangos, todėl jos papildomai šildyti nereikia.[18] Patalpų vėdinimui numatyta natūrali ventiliacija. Per angas pastato sienose oras pašalinamas į lauką. Į pastatą oras patenka per orlaides įrengtas languose, varstant duris, vartus.

Laboratorijoje numatyta traukos spinta WCS-2, kurios išmatavimai: plotis 1200 mm, gylis 750 mm, aukštis 2130 mm. Maksimalus darbo paviršiaus apkrovimas: 4 kPa. Oro pratekėjimo greitis: 540 m³/valandą. Spinta pagaminta iš aukštos kokybės metalo, padengta agresyvioms medžiagoms atsparia medžiaga. Šoniniai stiklai iš Triplex stiklo. Į komplektaciją įeina: 2 vandens įvadai, 1 dujų įvadas, 2 elektros įvadai po 230W/50Hz, keramikinis darbo paviršius, apšvietimas, jungiklis, kriauklė. [19]

Pastato elektros instaliacija atliekama laikantis visų įrengimo taisyklių bei gaisrinės saugos reikalavimų. Administracinės paskirties patalpose paslėptosios instaliacijos laidai ir kabeliai turi būti montuojami instaliacijai skirtose zonose. Elektros instaliacijos darbus atlieka kvalifikuoti specialistai.[20]

Gamybiniame korpuse išdėstyta aeracinė technologinė įranga. Biologinio valymo įrenginius oru aprūpina 6 darbinės orapūtės (4 darbinės ir 2 atsarginės). Įrenginių matmenys: 1,7x1x1,5x1,5 m. Įranga išdėstyta dviem eilėmis po tris orapūtes. Atstumas nuo sienų – 1,9 m, atstumas tarp orapūčių – 2,6 m. Padavimo vamzdynai sumontuoti grindyse, o už pastato ribų – po žeme.

8. Darbo sauga ir sveikata

8.1. Projektuojamo objekto charakteristika

Kėdainių miesto nuotekų valykla turi išvalyti visas pramonės sektoriaus gamybines nuotekas, miesto ir rajono komunalines nuotekas bei septines nuotekas. Išleidžiamos nuotekos atitinka griežtus aplinkosauginius reikalavimus. Šios veiklos išmetama į aplinką tarša: biologinė, cheminė, fizikinė. Naudojantis SAZ ribų nustatymo ir režimo taisyklėmis nustatyta SAZ dydis, kuris lygus 400 m. [21]

8.2. Profesinės rizikos vertinimas

Rizikos vertinimas atliekamas visose nuotekų valyklos darbo vietose, esančiose tiek statiniuose tiek lauke. Vertinant riziką, atsižvelgiama į visų asmenų, esančių ar galinčių būti įmonėje: nuolat ir laikinai dirbančių, atliekančių praktiką, komandiruotų asmenų, rangovų, subrangovų, trečiųjų asmenų bei lankytojų, veiklą.

Profesinės rizikos vertinimas (**žr. 8.2.1 lentelę**) atliekamas vadovaujantis profesinės rizikos vertinimo nuostatais. [22]

8.2.1 lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio atsiradimo ar veikimo vieta	Rizikos veiksnio dydis, matavimo vnt.	Rizikos veiksnio leidžiamas dydis, ribinė vertė, mat. vnt.	Rizikos veiksnio poveikio trukmė, dažnis	Prevencijos priemonių būtinumas
Fizikiniai veiksniai					
Triukšmas	Orapūčių patalpa	90 dBA	85 dBA	Nuolat	AAP
Kvapai	Bioreaktorius, mechaninio valymo pastatas	4 OUE/m ³	5 OUE/m ³	Nuolat	Proceso tobulinimas, Deginių naudojimas. Kvapiųjų junginių naudojimas maskavimui
Elektra	Elektros įrengimai	220/380 V	2V 0,3 mA	Nuolat	Įnulinimas, įžeminimas, asmeninės apsaugos priemonės
Šiluminė aplinka	Lauke	-	-	Išeinant į lauką	Tinkami darbiniai drabužiai, pertraukėlės pailsint patalpoje.
Biologiniai veiksniai					
Mikro organizmai, parazitai, bakterijos	Dumblo apdirbimo cechas	-	-	Nuolat	Dumblo sausinimas, geresnis perdirbimas
Fiziniai veiksniai					
Judančių įrengimų dalys	Mechaninio valymo linija	-	-	Būnant arti įrengimų	Aptverti įrengimai, įspėjamieji ženklai.
galima įkristi į reaktorių	Bioreaktorius	-	-	Būnant arti rezervuarų	Aikštelės apšvietimas, turėklų įrengimas
Ergonominiai veiksniai					
Sėdimas darbas	Operatorinė	-	-	8h	Daryti pertraukėles

Nuotekų valymo metu naudojamos medžiagos nepasižymi pavojingomis savybėmis, yra nedegios, nesprogios. Nustatytos patalpų bei išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų. Duomenys pateikti **8.2.2 lentelėje**.

8.2.2 lentelė. Pastatų, patalpų ir išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogimo ir gaisro pavojų, pavojingų vietų zonas.

Objekto, kuriam suteikiama kategorija, klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas	Požymis, nulemiantis kategoriją, pavojingos vietos zoną	Kategorija, pavojingos vietos zona
Patalpos		
Orapučių patalpa	Nedegios medžiagos	22 zona, E _g
Pastatai		
Administracinis - gamybinis	Nedegios medžiagos	22 zona, E _g
Įrengimai		
Aikštelė aplink bioreaktorių	Nedegios medžiagos	22 zona, E _g

8.3. Saugi gamyba

Darbuotojų saugos ir sveikatos klausimais, apmokymas ir žinių tikrinimas organizuojamas vadovaujantis Mokymo ir atestavimo darbuotojų saugos ir sveikatos bendraisiais nuostatais. [23] Savarankiškai dirbti nuotekų tvarkymo darbus nuotekų valymo įmonėse turi teisę asmenys:

- ne jaunesni kaip 18 metų;
- pasitikrinę sveikatą nustatyta tvarka [24];
- kvalifikuoti, apmokyti ir instrukuoti;
- mokantys suteikti pirmąją medicinos pagalbą, gesinti gaisrą, elgtis kitose ekstremaliose situacijose.

Vykdamas nuotekų tvarkymo darbus, įvertinus atlikto profesinės rizikos vertinimo rezultatus darbo vietose, įrengtos kolektyvinės darbuotojų saugos ir sveikatos priemonės. Darbuotojai aprūpinti asmeninėmis apsaugos priemonėmis pagal Darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsaugos priemonėmis nuostatų reikalavimus [25]. Darbuotojai, dirbantys su nuotekų tvarkymo įrenginiais, aprūpinti plovimo ir kenksmingumo pašalinimo priemonėmis. Darbuotojai privalo laikytis asmens higienos reikalavimų. Darbuotojų saugos ir sveikatos ženklai ir ženkinimo priemonės periodiškai valomi, techniškai prižiūrimi, tikrinami ir taisomi, o prireikus - keičiami naujais.

Elektros įrenginių eksploatavimo patalpos pagal elektros srovės pavojingumą skiriamos į: labai pavojingas, pavojingas, nepavojingas. Orapučių patalpa priskiriama prie nepavojingų patalpų, kadangi yra sausa, joje nėra agresyvių medžiagų bei kitų pavojingų veiksnių. Eksploatuojant elektros įrenginius laikomasi „Saugos eksploatuojant elektros įrenginius taisyklių“ reikalavimų. [26]

Eksploatuojant elektros įrenginius žmogus apsaugomas nuo pavojingų ir kenksmingų elektros srovės, statinės elektros, elektromagnetinių laukų ir elektros lanko poveikių šiais būdais:

- panaudojant apsaugos nuo elektros priemones;
- panaudojant papildomą, dvigubą arba sustiprintą izoliaciją;
- įžeminant arba įnulinant elektros įrenginių srovei laidžius korpusus;
- panaudojant garsinę ir vizualinę signalizaciją;
- panaudojant apsaugai skirtus įtaisus;
- panaudojant signalines spalvas ir ženklus;

Elektriniai prietaisai eksploatuojami tvarkingai, prižiūrimi. Įrenginių remontas ir montavimas atliekamas išjungus įrenginius iš tinklo. Visi elektriniai prietaisai, kurių įtampa nesiekia 1000 V įnulinami, laidus išvedžiojant po grindimis vamzdžiuose. Patalpa yra sausa, todėl įtampos jungikliai montuojami toje pačioje patalpoje.

Žaibosauga– tai komplektas priemonių, kurios užtikrina įvairių pastatų, žmonių saugumą nuo gaisro, sugriovimo ar sužalojimo po žaibo išlydžio. Žaibosaugos įrenginiai tikrinami pagal STR 2.01.06:2009 „Statinių apsauga nuo žaibo. Išorinė statinių apsauga nuo žaibo“ reikalavimus [27].

Nuotekų valykloje įrengtas žaibolaidis – įrenginys priimantis žaibo smūgį ir nukreipiantis jį į žemę. Žaibolaidžio apsaugos zona – erdvė aplink žaibolaidį, kurioje yra maža tiesioginio žaibo poveikio tikimybė ir užtikrinamas pasirinktas apsaugos patikimumas. [28]

Pagal pastatų klasifikaciją apsaugos nuo žaibo požiūriu, projektuojamas orapūčių pastatas priskiriamas III kategorijai [29]. Tokiai kategorijai priskirti statiniai apsaugomi žaibolaidžiu pastatytu ant pačio pastato, o laidai nutiesiami pastato sienomis. Įžeminimo varža neviršija 30 Ω.

Numatoma sumontuoti dviejų stiebų žaibolaidį. Stiebinio žaibolaidžio apsaugos zona yra kūgio formos ir yra apibūdinama stiebo aukščiu h_0 ir kūgio ant žemės paviršiaus spinduliu r_0 . Priimama, kad žaibolaidžio aukštis $h=12m$. Atstumas tarp žaibolaidžių $L=20$ m. Skaičiavimo rezultatai pateikti **8.3.1 lentelėje**, žaibolaidžių schema pateikta **8.3.1 paveiksle**.

8.3.1 lentelė. Žaibolaidžio apsaugos zonos skaičiavimo duomenys

Apsaugos patikimumas	Žaibolaidžio aukštis h, m	Maksimalus atstumas tarp stiebų L_{max} , m	Minimalus atstumas tarp stiebų L_c , m	Kūgio aukštis h_0 , m	Kūgio spindulys r_0 , m
0,999	(0-30)	4,25h	2,25h	0,7h	0,6h
	12	51	27	8,4	7,2

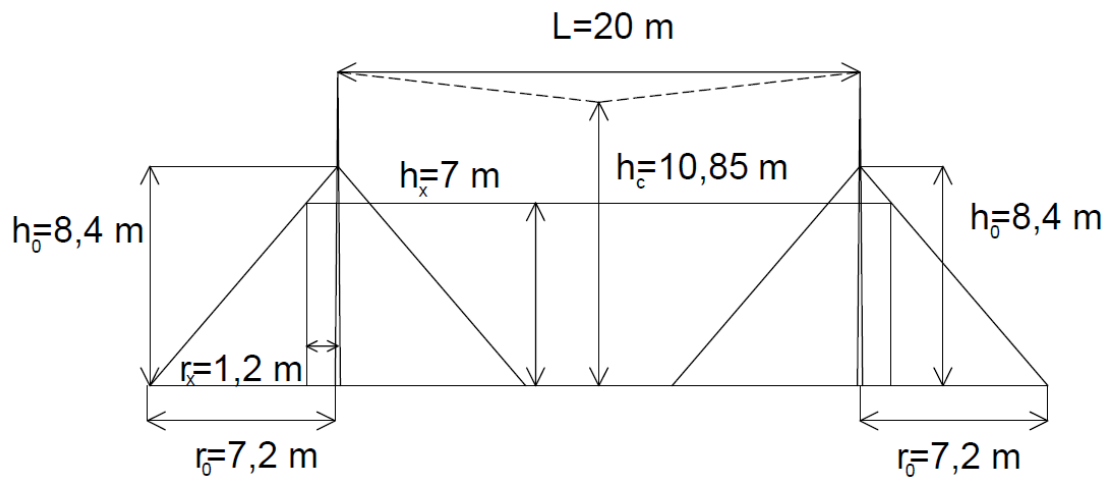
$$L < L_c, \text{ todėl } h_c = \frac{L_{max} - L}{L_{max} - L_c} \cdot h_0 = \frac{51 - 20}{51 - 27} \cdot 8,4 = 10,85 \text{ m} \quad (8.1)$$

Čia: h_c – minimalus apsaugos zonos aukštis tarp abiejų stiebų, m.

Horizontalių apsaugos zonų pjūvių matmenys, kai $h_x=7$:

$$r_x = \frac{r_o \cdot (h_o - h_x)}{h_o} = \frac{7,2 \cdot (8,4 - 7)}{8,4} = 1,2 \text{ m} \quad (8.2)$$

$$\text{Kadangi } h_x < h_c, \text{ tai } l_x = \frac{L}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ m} \quad (8.3)$$



8.3.1 paveikslas. Žaibolaidžio schema

8.4. Darbo higiena

Fizikiniai veiksniai

Fizikinis veiksnys keliantis pavojų žmonių sveikatai yra sklindantys nemalonūs kvapai. Kvapų sukėlėjai – įvairūs orą teršiantys cheminiai junginiai, kurių leidžiamus kiekius reguliuoja higienos normos ir įstatymai.

Kvapai gali susidaryti ir išsiskirti į aplinką visose nuotekų rinkimo, valymo bei šalinimo etapuose. Daugiausiai kvapus išskiriančių cheminių junginių randama buitinėse nuotekose ir jų valymo atliekose, kurios susidaro dėl anaerobinės biologinės veiklos, kai suvartojami nuotekose esantys organiniai junginiai, siera bei azotas. Kvapus sukeltantys junginiai yra 30–150 molekulinės masės molekulės. Buitinės nuotekos savo sudėtyje turi pakankamai organinių ir neorganinių junginių, kad sukeltų kvapų problemą.

Kvapų matavimo vienetas yra europinis kvapo vienetas vienam kubiniam metrui: OUE/m³. Kvapo koncentracija yra matuojama nustatant praskiedimo faktorių, reikalingą pasiekti aptikimo slenkstį. Kvapo koncentracija, esant aptikimo slenksčiui, iš esmės yra 1 OUE/m³. Šią koncentraciją turi aptikti 50 % kvapų komisijos narių. Kvapo koncentracija po to išreiškiama aptikimo slenkščio kartotiniu dauginimu.

Lietuvos higienos normoje HN 121:2010 nurodyta ribinė kvapo koncentracijos vertė – 8 europiniai kvapo vienetai (OUE/m³), taikoma tik iš ūkinės komercinės veiklos, kurioje naudojami stacionarūs taršos kvapais šaltiniai, kylantiems kvapams vertinti.[30]

Remiantis laboratoriniais tyrimais kvapus pagal intensyvumą galima suskirstyti [31]

- 1 OUE/m³ yra kvapo nustatymo riba;
- 5 OUE/m³ yra silpnas kvapas;
- 10 OUE/m³ yra ryškus kvapas.

Atpažinimo slenkstis dažniausiai siekia apie 3 kvapo vienetus.

Kvapo poveikis žmogui – tiek fiziologinis, tiek psichologinis. Kartais organizmo reakcija į bjaurų kvapą gali sukelti fizinius negalavimus. Tokius negalavimus sukelia susierzinimas, t. y. fiziniai ligos simptomai, kurie yra psichologinės reakcijos į kvapus ir netoksinį suerzinimą. Pvz., dirginantys kvapai gali sukelti galvos skausmą, slogą, akių dirginimą, gerklės skausmą ir kt. fizinius ligos požymius.

Didžiausias dėmesys skiriamas apsaugai nuo triukšmo, kadangi tai yra pagrindinis kenksmingas veiksnys. Triukšmą sukelia įmonėje veikiantys įrenginiai, todėl jis priskiriamas

prie mechaninio pobūdžio triukšmo. Triukšmo poveikis žmogaus organizmui pasireiškia po ilgesnio laiko tarpo. Orapūčių patalpoje susidaro akustinė tarša, kuri kenkia žmogaus organizmui tiek fiziškai tiek protiškai. Patalpoje triukšmo vertės negali viršyti triukšmo normų darbo vietoje, t. y. 85 dBA.

Kasdienio triukšmo (ekspozicijos) lygio ($L_{EX,8h}$) norminės vertės [32]:

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

Leistina triukšmo norma darbo vietoje $L_{EX,8h}$, dBA, kai darbuotojas apytikriai patalpoje praleidžia 75% pamainos laiko, t.y. 6h:

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq} + 10 \lg \frac{T_x}{T_p} = 85 + 10 \lg \frac{360}{480} = 83,75 \text{ dBA} \quad (8.4)$$

čia: L_{Aeq} – ekvivalentinio garso lygio vertė per laikotarpį T_x , dBA;

T_x – pamainos laikas, kai dirbama tokio lygio triukšme, min;

T_p – bendroji darbo pamainos trukmė, min ($T_p = 8$ val.).

Darbo patalpų šiluminės aplinkos parametrai yra tokie: oro temperatūra, oro santykinis drėgnumas, oro judėjimo greitis ir šiluminio spinduliavimo intensyvumas. Šiluminio komforto aplinkos parametrai nustatomi visai darbo zonai. Šiluminės aplinkos parametrų matavimai atliekami vieną dieną darbo pamainos pradžioje, viduryje ir pabaigoje šaltuoju ir (arba) šiltuoju metų laikotarpiu.[33] Projektuojamame orapūčių pastate nustatyta IIa (vidutinio sunkumo) darbų sunkumo kategorija. Šiluminio komforto palaikymui turi būti tokios parametrų vertės (**žr. 8.4.1 lentelę**):

8.4.1 lentelė. Darbo patalpų šiluminio komforto aplinkos oro temperatūros, oro santykinio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės vertės

Metų laikotarpis	Darbų kategorija	Oro temperatūra, °C	Oro santykinis drėgnumas, %	Oro judėjimo greitis, m/s, ne daugiau kaip
Šaltasis	Vidutinio sunkumo – IIa	18-20	40-60	0,2
Šiltasis	Vidutinio sunkumo – IIa	21-23	40-60	0,3

Nustatyta šiluminei aplinkai palaikyti numatoma ventiliacija bei kondicionavimas. Darbuotojai aprūpinami tinkamais darbo drabužiais.

Pagal Lietuvos higienos normą HN 98:2014 [34] projektuojamame pastate nustatyta VIII regos darbų kategorija. Mažiausia ribinė apšvietos vertė lygi 50 lx, o natūralus apšvietimas lygus 0,7%. Patalpoje įrengtas bendras apšvietimas, kurio užtenka saugiam įrengimų eksploatavimui.

Nuotekų valykloje dalį darbuotojų veikia ergonominiai veiksniai. Operatorinės personalas dirba sėdimą, įtempto stebėjimo reikalaujantį darbą. Nustačius ergonominių veiksnių nepriimtina riziką, ji pašalinta arba sumažinta vadovaujantis Profesinės rizikos vertinimo nuostatais.[35] Darbuotojų fizinis aktyvumas subalansuotas, fizinės jėgos atstatytos poilsio ir pertraukų metu. Nuolat atliekamo darbo zonoje teisingai išdėstomos darbo priemonės. Darbuotojai informuojami apie darbo vietas ir darbo priemones, keliančias ergonominių veiksnių riziką.

8.5. Gaisrinė sauga

Nuotekų valykloje parengtos gaisrinės saugos instrukcijos bei veiksmų planas kilus gaisrui. Organizuojami darbuotojų instruktažai gaisrinės saugos klausimais:

- įvadinis (bendras) - pradedantiems eiti pareigas ar dirbti;
- papildomas (darbo vietoje) - gaisrinės saugos instrukciją, darbo vietą, pasikeitus darbo funkcijoms, gamybos technologiniams procesams, įvykus sprogimui arba kilus gaisrui, paaiškėjus, kad valstybės tarnautojas ar darbuotojas stokoja reikiamų gaisrinės saugos žinių.

Patalpoje yra keturi įėjimai: vartai ir trejos durys. Visų durų savaiminio užsidarymo mechanizmai yra techniškai tvarkingi ir veikiantys. Evakuacijos keliai ir išėjimai neužkrauti, parengti žmonėms evakuoti. Gaisrinės saugos ženklai atitinka Gaisrinės saugos ženklų naudojimo įmonėse, įstaigose ir organizacijose nuostatus[36]. Projektuojamame pastate yra pirminės gaisro gesinimo priemonės. Evakuacijos krypties ir informacijos ženklai, nurodantys

gesintuvų laikymo vietą ir gaisrinius čiaupus, išdėstyti taip, kad iš bet kurios patalpos vietos gerai būtų matomas bent vienas kiekvienos rūšies ženklas. Prie įėjimo į gamybines patalpas ir sandėlius nurodyta E_g kategorija pagal sprogo ir gaisro pavojų .

Visi elektros įrenginiai apsaugoti nuo trumpojo laidų jungimo ir kitų avarinių režimų, galinčių sukelti gaisrą. Priėjimo prie elektros skydinių ir skirstomųjų spintų vietos tvarkingos ir neužkrautos. Jose ir 1 m atstumu nuo jų draudžiama laikyti bet kokias medžiagas.

Įmonėje gali kilti „A“ klasės gaisrai. Jų metu dega įprastos medžiagos: mediena, popierius, guma, plastmasė, tekstilė. Dažniausiai „A“ klasės gaisrai gesinami ABC tipo miltelių, rečiau vandens, putų gesintuvais. Todėl įmonėje parenkame ABC tipo gesintuvus. Gesintuvai yra:

- laikomi lengvai prieinamose ir matomose vietose, ne arčiau kaip per 1 m nuo šildymo prietaisų;
- kabinami ne aukščiau kaip per 1,5 m nuo grindų iki gesintuvo apačios ir taip, kad atidarytos patalpos durys netrukdytų jų paimti;
- statomi gaisrinių čiaupų spintelėse arba prie jų, gaisriniuose skyduose arba ant grindų, laikomi specialiose spintelėse, dėžėse ar stovuose;
- laikomi taip, kad būtų matyti užrašai.

Atsižvelgiant į galimo gaisro klasę, gesinimo medžiagos tinkamumą gaisrui gesinti, maksimalų gesinimo plotą, patalpų pavojingumo gaisrui ir sprogo kategoriją, jose naudojamų ir laikomų medžiagų fizikines ir chemines savybes nustatomas gesintuvų skaičius ir tipas . Eg kategorijos patalpose, 564 m² plotui yra reikalingi 2 gesintuvai sveriantys po 4 kg. Tokio gesintuvų skaičiaus pilnai pakanka projektuojamai patalpai gesinti.

9. Aplinkosauginis projektuojamo objekto vertinimas

9.1. Įvadas

Augant gyventojų skaičiui taip pat auga ir vartojimas. Pramonė, atsižvelgdama į kylančius gyventojų poreikius, didina gamybos apimtis. Šie veiksniai padidina vandens suvartojimą tiek pramonės, tiek miesto sektoriuose.

Nuotekų valyklos taip pat turi prisitaikyti prie didėjančių apkrovų. Plečiant arba tobulinant naudojamus procesus, perdirbti vis agresyvesnes nuotekas ir tuo pačiu atitikti vis griežtėjančius aplinkosauginius reikalavimus. Tuo tikslu reikia atlikti poveikio aplinkai vertinimą būvio ciklo metodu. Būvio ciklo vertinimas – visuminis požiūris į gaminį, kai vertinamas gaminio poveikis aplinkai per visą jo būvio ciklą, pradedant žaliavų išgavimu, transportavimu, perdirbimu ir baigiant atliekų surinkimu. Šiuo atveju nagrinėjamas objektas yra ne gaminys, o nuotekos. Pilnas būvio ciklo tyrimas reikalauja detalių duomenų, todėl šioje dalyje bus nagrinėjamas tik nuotekų valymo metu daromas poveikis aplinkai.

9.2. Aplinkosauginis darbo vertinimas

9.2.1 ir 9.2.2 lentelėse pateikiamas medžiagų balansas. Į valyklą patenka nuotekos, kurios aktyviojo cirkuliacinio dumblo pagalba yra išvalomos nuo užterštumų. Susidarantis perteklinis dumbblas yra pastoviai atsiurbiamas, nusausinamas ir vėliau panaudojamas biodujų gamybai metantankuose. Likutis po metanavimo padengiamas polimeriniu priedu (poliflokuliantu) ir sandėliuojamas. Susidarančio perteklinio dumblo kiekis sudaro 0,04 % valomų nuotekų kiekio. Naudojamo priedo kiekis lyginant su išvalytais nuotekomis yra nedidelis ir sudaro 0,0006% nuotekų kiekio. Detalesnis cheminio preparato klasifikavimas ir ženklinimas pateiktas Aplinkos apsaugos agentūros tinklapyje [37].

9.2.1 lentelė. Duomenys apie naudojamas žaliavas.

Žaliavos pavadinimas	Kiekis naudojant objektą, t/metus	Cheminės medžiagos ar preparato klasifikavimas ir ženklinimas		
		Kategorijos pavadinimas	Pavojaus nuoroda	Rifikos frazės, saugumo frazės
Atitekančios nuotekos	2,5 mln.	-	-	-
Poliflokuliantas (k. poliakrilamidas)	15	Nepavojingas	Nepavojingas	Vandeninis tirpalas paviršius padaro slidžius

Valyklos energetiniams poreikiams patenkinti (**9.2.2 lentelė**) elektros energija tiekama iš šalia esančios transformatorinės. Šilumine energija įmonė apsirūpina degindama biodujas, gaminamas metantankuose.

9.2.2 lentelė. Duomenys apie energetinėms reikmėms naudojamus išteklius.

Produkcija		Energetinėms reikmėms naudojami ištekliai		
Pavadinimas	Kiekis per metus, t	Pavadinimas	Kiekis per metus, kWh	Šaltiniai
Valytos nuotekos	2,5 mln.	Elektros energija, kWh	547	Transformatorinė
Perteklinis dumblas	1000	Biokuras, MWh/t	300	Pūdytas dumblas

Nagrinėjamoje nuotekų valykloje pasireiškia fizinė, cheminė bei biologinė tarša (**žr. 9.2.3 lentelę**). Siekiant sumažinti šiuos nepageidaujamus veiksnius reikia:

- Naudoti technologijas, užkertančias kelią susidaryti taršai;
- Laiku atlikti įrenginių planinę priežiūrą;
- Laikytis tvarkos darbo vietoje

9.2.3 lentelė. Konkrečios veiklos sąlygojama fizinė, cheminė ir biologinė tarša

Taršos rūšis	Taršos šaltinio pavadinimas	Taršos šaltinių skaičius	Taršos šaltinio skleidžiamas taršos lygis	Priemonės taršai mažinti
Triukšmas	Orapučių patalpa	4	85 dbA	Geresnė įranga, planinė priežiūra
Kvapai	Pūvant atsiranda amoniako, sieros vandenilio, metano, anglies dioksido.	3	5,75 ppm (amoniakas)	Denginių naudojimas. Kvapiųjų junginių naudojimas maskavimui
Biologinė tarša	Dumble esantys mikroorganizmai	2		Dumblo sausinimas, geresnis perdirbimas

Akustinė tarša žalinga ne tik žmonėms bet ir gyvūnams. Triukdo bendravimą bei pusiausvyrą, mažina gyvenamąjį plotą – buveinę [38]. Triukšmą pagrindė skleidžia orapučių patalpoje veikiančios 4 orapūtės.

Kvapą sudaro daugybė išskirtų į orą komponentų, kurie, formuodami kvapo poveikį, pasižymi sinerginiu poveikiu, dėl to kvapas tampa intensyvesnis ir agresyvesnis, negu galima būtų prognozuoti pagal atskirų dedamųjų sumą [39]. Tarša labiausiai pasireiškia mechaninio valymo pastate, atskiriant nešmenis, bei dumblo apdorojimo ceche, vykstant pūvimo procesams.

Biologiniams teršalams gali būti priskiriamos įvairių organizmų dalys, išskyros, patys organizmai, genetiškai modifikuoti organizmai. **Mikrobiologinė tarša** – aplinkos tarša

mikroorganizmais, jų apykaitos produktais, baltyminės kilmės medžiagomis. Tai bakterijos, virusai ir kiti mikroorganizmai [40].

Valykloje susidaranti atliekos (žr. 9.2.4 lentelę) yra sutvarkomos ir išgabenamos konteineriais, asenizacinėmis mašinomis arba perdirbamos. Jų kiekis, susidarantis per metus, nėra didelis. Mechaninio valymo metu atskirtos atliekos sausinamos ir kraunamos į konteinerius. Perteklinis dumblas susidarantis bioreaktoriuje pūdomas metantankuose, likutis – sandėliuojamas.

9.2.4 lentelė. Atliekos, atliekų tvarkymas.

Technologinis procesas	Atliekos pavadinimas	Atliekų kiekis, t/metus	Atliekų agregatinė būseną	Atliekų kodas pagal atliekų sąrašą	Atliekų pavojingumas	Atliekų saugojimo objekte laikymo sąlygos	Atliekų saugojimo objekte didžiausias kiekis, t	Numatomi atliekų tvarkymo būdai
Mechaninis valymas	Nešmenys	54	Kieta	19 08 01	Infekcinės	Maišuose saugojimo aikštelėje	12	Sausinimas, smulkinimas
	Smėlis	44	Kieta	19 08 02	Infekcinės	Maišuose	11	Sausinimas, krovimas į konteinerius
	Riebalai	31	Skysta	19 08 03	Kenksminga	Riebalų šulinyje	2	Kaupimas rezervuare
Biovalymas reaktoriuje	Dumblas	1000	Kieta	19 08 04- 19 08 05	Infekcinės	Sandėlyje	2000	Sausinimas, tankinimas, biodujų gamyba
	Išplūdos	10	Kieta	19 09 01	Infekcinės	Konteineryje	2	Sausinimas, smulkinimas

BVĮ sunaudojamo vandens, įmonės reikmėms, bei susidarantių nuotekų balansas pavaizduotas 9.2.5 ir 9.2.6 lentelėse. Vanduo naudojamas buitiniams reikmėms administraciniame pastate, bei gamybinėms reikmėms mechaninio nuotekų valymo įrenginiuose.

9.2.5 lentelė. Naudojamo vandens balansas.

Vandens tiekimo šaltinis	Vandens naudojimo sritys	Didžiausias paros debitas, m ³ /d	Vidutinis metinis kiekis, m ³	Taupymo ir apsaugos priemonės
Vandentiekis	Buitiniams poreikiams adm. pastate	2	700	Priežiūra, darbuotojų mokymai taupyti vandenį
Vietinė siurblinė	Įrangos plovimui	20	7000	Įrangos parinkimas, kuri efektyviai nuplautų nešvarumus

Susidarančios nuotekos atitinkamai užteršiamos valikliais, riebalais, nešvarumais iš valymo įrenginių (dumblas, smėlis, riebalai). Susidarančios nuotekos patenka į valymo įrenginių priėmimo kamerą. Nuotekų ir teršalų balansas pateiktas **9.2.6 lentelėje**.

9.2.6 lentelė. Nuotekų ir teršalų balansas.

Nuotekų susidarymo šaltiniai	Paros nuotekų kiekis, m ³ /d	Vidutinis metinis, nuotekų kiekis, m ³ /m	Teršalo pavadinimas	Teršalo kiekis, t/m
Kanalizacija administraciniame pastate	2	700	Plovikliai, riebalai	1
Nuotekos po įrenginių plovimo	20	7000	Dumblas, riebalai	15

Proceso metu teršalų išmetamų į aplinkos orą nesusidaro, todėl objekto poveikis aplinkos orui nevertinamas.

9.3. Išvados

Atlikus gamybos dalies būvio ciklo įvertinimą nustatyta, kad pagrindiniai taršos šaltiniai yra triukšmas, kvapai, biologinė tarša. Norint sumažinti šių taršų poveikį aplinkai, reikia imtis tiek prevencinių, tiek mažinančių ar maskuojančių priemonių.

Nuotekų valymo metu per metus susidaro 54t nešmenų, 44t smėlio, 31t riebalų, 10t išplūdų ir 1000 t perteklinio dumblo. Šie kiekiai lyginant su išvalytų nuotekų kiekiu yra nedideli.

10. Finansinis ekonominis projekto įvertinimas

Kėdainių miesto nuotekų valykloje pastačius dumblo pūdyimo cechą, sumažėjo integruoto biologinio reaktoriaus veiklos efektyvumas. Į vandens telkinius išleidžiamos nuotekos turi atitikti griežtus aplinkosauginius reikalavimus, todėl valymo įrenginį nuspręsta modernizuoti, prijungiant papildomus rezervuarus nitrifikacijos sąlygų atstatymui. Pasirinkta inovacija pareikalavo tuo pačiu rekonstruoti ir gamybinės - administracinės paskirties pastatą, įrengiant naują orapūčių patalpą. Įgyvendinus valyklos modernizacijos projektą buvo atstatytas bioreaktoriaus darbo režimas taip sumažinant teršalų kiekius išleidžiamose nuotekose iki nuotekų tvarkymo reglamente reikalavimus atitinkančių normų.

Remiantis projekto technologine (6 skyrius) ir statybine (7 skyrius) dalimi atliktas finansinis – ekonominis rekonstrukcijos įvertinimas. Finansinio poreikio rekonstrukcijai, skaičiavimai atlikti remiantis magistro baigiamojo darbo metodiniais nurodymais [41]:

Modernizuotam objektui – šalia biologinio reaktoriaus esantys 4 tušti rezervuarai modernizuoti į papildomus nitrifikatorius. Rezervuaruose įrengta visa reikiama įranga nitrifikacijos procesui: recirkuliaciniai siurbliai, difuzoriai, oro tiekimo vamzdynai. Rezervuarų įrengimo metu buvo atliekami tik prijungimo ir mechaniniai darbai, nekeičiant jokių statybinių konstrukcijų. Detalesnis Įrngos aprašymas pateiktas 6 skyriuje.

Pastatui - rekonstrukcijos metu buvo atnaujanta išorės ir vidaus apdaila, uždengtas naujas stogas, sudėti nauji langai bei durys. Įrengta orapūčių patalpa pastatant bei prijungiant prie valymo įrenginių 6 naujas orapūtes. Suprojektuota nuotekų tyrimų laboratorija bei kitos personalo patalpos, sutvarkytas pastato gerbūvis. Detalus pastato aprašymas pateiktas 7 skyriuje.

Projektas apėmė sekančius modernizacijos darbus:

- Rezervuarų paruošimas įrangos montavimui bei montavimo darbai;
- Rezervuarų bandymo bei paleidimo darbai;
- Pastato paruošimas renovacijai;
- išorės sienų apdailos, stogo dengimo darbai;
- Vidaus apdailos darbai;
- Naujos įrangos orapūčių patalpoje pastatymo bei paleidimo darbai;
- Laboratorijos, administracinių patalpų įrengimo darbai;
- Aplinkos sutvarkymo darbai.

Be finansinio poreikio rekonstrukcijai, įvertintas ir projekto efektyvumas, kurio metu paskaičiuoti:

- Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai;
- Nuotekų valymo apimtis ir realizacinės pajamos;
- Nuotekų valymo kaštai;
- Veiklos kaštai;
- Nuotekų valymo kainos skaičiavimas;
- Projekto pelnas ir grynąjų pinigų srautai;
- Investicijų efektyvumo vertinimas;
- Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai.

10.1. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai

Kėdainių miesto nuotekų valyklos modernizacijai reikalingą finansavimą skyrė įmonė UAB „Kėdainių vandenys“. Modernizacijos projekto investicijų dydį lėmė projekto kaštai ilgalaikiam turtui įsigyti, statybos montavimo darbai, bei kiti kaštai. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai pateikti **10.1.1 lentelėje**:

10.1.1 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	Suma, Eur	Struktūra	Suma, Eur
Ilgalaikiam turtui įsigyti	93500	Akcininkų nuosavybė: akcinis kapitalas; rezervai;	149350
Trumpalaikiam turtui įsigyti	-	Paskola: ilgalaikė; trumpalaikė;	-
Statybos, montavimo darbų kaštai	51500	Lėšos, kurias įmonei laikinai skolingi tiekėjai	-
Kiti kaštai	4350		
Viso kaštų:	149350	Viso šaltinių:	149350

Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas

Rekonstrukcijai reikalingos investicijos nustatomos, atliekant skaičiavimus. Skaičiuojama apytiksliai, remiantis analogiškų ar panašių objektų apytikriais sąmatinės vertės rodikliais.

Rekonstrukcijos kaina sudaryta iš dviejų dedamųjų: tai įrangos ir darbų kainos. Į įrangos sąrašą įtraukti rezervuarų pajungimui reikalingi, technologiniai įrenginiai: orapūtės, difuzoriai ir vamzdynai su jų armatura. Pastato rekonstrukcijai atlikti paskaičiuotos bendrai statybinių

medžiagų, baldų, laboratorijos įrangos, elektros instaliacijos prietaisų kainos. Modernizacijai reikalingos įrangos preliminari sąmata pateikta **10.1.2 lentelėje**.

10.1.2 lentelė. Įrangos kainos skaičiavimas

Įrengimai, baldai, inventorius	Kiekis, vnt (m*)	Vieneto kaina (m*), Eur	Suma, Eur
Technologinė įranga:			
Orapūtė	6	2000	12000
Difuzoriai	300	21	6300
Oro tiekimo vamzdynai*	150	20	3000
Vamzdynų armatūra	-	-	1500
Pastate numatomi baldai:			
Stalai	15	160	2400
Kėdės	25	30	750
Spintos	15	200	3000
Spintelės	15	100	2000
Kiti smulkūs baldai			3050
Statybinės medžiagos:			
Medžiagos stogui	-	-	20000
Medžiagos vidaus apdailai	-	-	15000
Medžiagos išorės apdailai	-	-	15000
Laboratorijos įranga:			
Traukos spinta	1	1000	1000
Laboratoriniai prietaisai	-	-	3500
Laboratoriniai indai	-	-	500
Elektros instaliacijos medžiagos	-	-	4500
		Viso:	93500

Nuotekų valyklos modernizacijos projekte darbai buvo atliekami rezervuaruose, pastate, bei teritorijose aplink pastatą. Modernizacijai atlikti reikalingų darbų preliminari sąmata pateikta **10.1.3 lentelėje**.

10.1.3 lentelė. Atliktų darbų kainos skaičiavimas

Darbo pobūdis	Kaina, Eur
Rezervuaruose atlikti darbai:	
Rezervuarų išvalymas	300
Įrangos montavimas	400
Įrangos derinimas po bandomojo paleidimo	500
Pastate atlikti darbai:	
Lauko sienų apdaila bei stogo dengimas	28500
Vidaus apdaila	15500
Orapūčių pastatymas ir derinimas	3000
Baldų pastatymas	500
Elektros instaliacija	700
Aplinka:	
Gerbūvio darbai	2100
Viso:	51500

Pastato rekonstrukcija bei technologijos modernizacija vykdoma įmonei UAB „Kėdainių vandenys“ priklausančioje valdoje, todėl išlaidų sklypo pirkimui, statybos teritorijos paruošimui, išorinių tinklų atvedimui nenumatyta. Prie kitų išlaidų priskiriamas draudimas bei paleidimo darbai, kurių išlaidos siekia 3 % nuo bendros projekto sumos. Bendra projekto išlaidų sąmata pateikta **10.1.4 lentelėje**.

10.1.4 lentelė. Objekto išlaidų sąmata

Objekto, darbų ir išlaidų pavadinimas	Sąmatinė kaina, Eur			Viso
	Statybos ir montavimo darbų	Įrenginių baldų inventoriaus	Kitos išlaidos	
1. Statybos teritorijos paruošimas				
Sklypo kaina	0	0	0	0
Aikštelės paruošimas	0	0	0	0
2. Statybos objektai ir darbai				
Gamybinis korpusas	51500	93500		145000
Išoriniai tinklai	0	0	0	0
3. Kitos išlaidos	-	-	4350	4350
Viso:	51500	93500	4350	149350

Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) vertės skaičiavimas

Trumpalaikio turto poreikis 5 metų laikotarpiui pateikiamas **10.1.5 lentelėje**.

10.1.5 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	2016	2017	2018	2019	2020
Nuotekų valymo apimtis, m ³	2125000	2250000	2500000	2250000	2125000
Prieaugio koeficientas	0,85	0,9	1	0,9	0,85
Apyvartinių lėšų suma per metus, tūkst. Eur	81,259	92,647	110,982	69,686	110,577
Nuotekų valymo apimtys prieaugio koeficientas	1,000	1,140	1,198	0,628	1,587
Apyvartinio kapitalo papildomas poreikis, dėl nuotekų valymo apimtys pasikeitimo, tūkst. Eur	81,259	11,388	18,335	-41,296	40,892
Apyvartinių lėšų poreikis, tūkst. Eur	81,259	11,388	18,335	-41,296	40,892

10.2. Nuotekų valymo apimtis ir realizacinės pajamos

Nuotekų valymo įrenginiai dirba visus metus, nepertraukiamu režimu. Metinis atitekančių nuotekų našumas: 2,5 mln. m³. Nuotekų valymo apimtis ir realizacinės pajamos pateiktos **10.2.1 lentelėje**.

10.2.1 lentelė. Nuotekų išvalymo apimtis ir realizacinės pajamos

Projekto gyvavimo metai	Prieaugio koeficientas	Nuotekų valymo apimtis, m ³	Valymo kaina, Eur/m ³	Nuotekų valymo apimtis, Eur	Nuotekų valymo iš viso, tūkst. Eur
2016	0,85	2125000	0,197	418322	418,3
2017	0,9	2250000	0,211	474592	474,6
2018	1	2500000	0,226	564702	564,7
2019	0,9	2250000	0,160	359421	359,4
2020	0,85	2125000	0,263	558279	558,3
Viso				2375317	

10.3. Gamybos kaštai**Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas**

Valykloje nuotekos išvalomos biologiniu būdu, todėl naudojamų medžiagų yra nedaug ir šios išlaidos yra nedidelės. **10.3.1 lentelėje** pateikta išlaidų medžiagoms suvestinė.

10.3.1 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms

Metai	Medžiagos pavadinimas	Kaina, Eur (1 kg)	Nuotekos			
			Sąnaudos norma 100 m ³	Sąnaudos visai apimčiai, kg	Suma, Eur	Suma, tūkst. Eur
2016	Alyva įrenginių tepimui	1,5	1	21250	31875	31,875
	Poliflokuliantas	10	0,1	2125	21250	21,25
	Iš viso				53125	53,125
2017	Alyva įrenginių tepimui	1,5	1	22500	33750	33,75
	Poliflokuliantas	10	0,1	2250	22500	22,5
	Iš viso				56250	56,25
2018	Alyva įrenginių tepimui	1,5	1	25000	37500	37,5
	Poliflokuliantas	10	0,1	2500	25000	25
	Iš viso				62500	62,5
2019	Alyva įrenginių tepimui	1,5	1	22500	33750	33,75
	Poliflokuliantas	10	0,1	2250	22500	22,5
	Iš viso				56250	56,25
2020	Alyva įrenginių tepimui	1,5	1	21250	31875	31,875
	Poliflokuliantas	10	0,1	2125	21250	21,25
	Iš viso				53125	53,125
	Iš viso				281250	281,25

Nuotekų valykloje dirba 22 darbuotojai, iš kurių 8 dirba administraciniame skyriuje, likę 14 - valyklos darbininkai. Penkių metų laikotarpyje papildomų darbo vietų nenumatoma.

Pagrindinis darbo užmokestis paskaičiuotas imant 160 darbo valandų per mėnesį [42]. Išlaidos darbuotojų darbo užmokesčiui pateiktos **10.3.2 lentelėje**.

10.3.2 lentelė. Išlaidos darbuotojų darbo užmokesčiui

Metai	Darbuotojų skaičius	Valandinis atlygis, Eur/h	Pagrindinis darbo užmokestis, Eur	Papildomas darbo užmokestis, Eur	Bendras darbo užmokestis, tūkst. Eur	Socialinio draudimo atskaitymai, tūkst. Eur
2016	22	4,00	170000	18700	188,70	58,50
2017	22	4,40	198000	21780	219,78	68,13
2018	22	4,84	242000	26620	268,62	83,27
2019	22	5,32	239580	26354	265,93	82,44
2020	22	5,86	248897	27379	276,28	85,65

Energija valykloje naudojama apšvietimui, įrenginių darbui. Išlaidos energijai pateiktos **10.3.3 lentelėje**.

10.3.3 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai

Metai	Energijos rūšis	Tarifas, Eur/kWh	Nuotekos		Suma, Eur
			Sąnaudos 1m ³ vandens išvalyti, kWh	m ³ skaičius per metus	
2016	Elektra:	0,129	0,022	2125000	5976
	Įrenginių variklių darbas	0,129	20000		2580
	apšvietimas	0,50	0,001	2125000	1063
	Iš viso				9618
2017	Elektra:	0,129	0,022	2250000	6327
	Įrenginių variklių darbas	0,129	20000		2580
	apšvietimas	0,500	0,001	2250000	1125
	Iš viso				10032
2018	Elektra:	0,129	0,022	2500000	7095
	Įrenginių variklių darbas	0,129	20000		2580
	apšvietimas	0,50	0,001	2500000	1250
	Iš viso				10925
2019	Elektra:	0,129	0,022	2250000	6327
	Įrenginių variklių darbas	0,129	20000		2580
	apšvietimas	0,50	0,001	2250000	1125
	Iš viso				10032
2020	Elektra:	0,129	0,022	2125000	5976
	Įrenginių variklių darbas	0,129	20000		2580
	apšvietimas	0,50	0,001	2125000	1062
	Iš viso				9618

Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas skaičiuojamas tiesiniu būdu [41]. Tuomet amortizaciniai atsiskaitymai nusidėvėjimo padengimui kiekvienais metais bus vienodi. Amortizaciniai atsiskaitymai pateikti **10.3.4 lentelėje**.

10.3.4 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)

Ilgalaikis turtas	Įrengimo ar pastato vertė, tūkst Eur	Likvidacinė vertė, tūkst Eur	Naudinga eksploatavimo trukmė, metai	Nusidėvėjimas					Likutinė vertė, tūkst Eur
				2016	2017	2018	2019	2020	
I. Pastatai									
Administracinis - gamybinis	51,500	5,150	50	0,927	0,927	0,927	0,927	0,927	46,865
II. Įrengimai									
Orapūtė	12,000	1,200	20	0,540	0,540	0,540	0,540	0,540	9,300
Oro tiekimo vamzdynai	3,000	0,300	10	0,270	0,270	0,270	0,270	0,270	1,650
Difuzorius	6,300	0,630	15	0,378	0,378	0,378	0,378	0,378	4,410
Vamzdynų armatūra	1,500	0,150	20	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	1,163
III. Inventorius	4350	435	10	0,392	0,392	0,392	0,392	0,392	2,393
Iš viso:	78,650	7,865	-	2,574	2,574	2,574	2,574	2,574	65,780

Visos nuotekų valymo išlaidos buvo sudarytos iš 5 dedamųjų: pagrindinių medžiagų, darbo užmokesčio ir soc. draudimo, energijos kaštų, gamybinių netiesioginių išlaidų. Rezultatai surašomos į suvestinę gamybos kaštų **10.3.5 lentelę**. Išsami informacija pateikta tik pirmaisiais ir brandos metais. Likusių metų gamybos kaštų suvestinėse pateiktos tik bendros sumos, kadangi vertės skiriasi nežymiai.

10.3.5 lentelė. Gamybos kaštai

Kaštų rūšys	Nuotekos	
	Sąnaudos gaminio vienetui, Eur/vnt.	Visos sąnaudos, tūkst. Eur
Pirmaisiais projekto gyvavimo metais 2016		
1. Pagrindinės medžiagos	0,025	53,1
2. Darbo užmokestis	0,082	173,6
3. Socialinis draudimas	0,025	53,8
4. Energija	0,005	9,6
5. Gamybinės netiesioginės išlaidos	0,001	2,4
Iš viso	0,138	292,5
Brandos stadijoje 2018		
1. Pagrindinės medžiagos	0,025	62,5
2. Darbo užmokestis	0,099	247,1
3. Socialinis draudimas	0,031	76,6
4. Energija	0,004	10,9
5. Gamybinės netiesioginės išlaidos	0,001	2,4
Iš viso	0,160	399,5
Antraisiais projekto gyvavimo metais 2017		
Iš viso	0,148	333,5
Ketvirtaisiais projekto gyvavimo metais 2019		
Iš viso	0,111	250,9
Penktaisiais projekto gyvavimo metais 2020		
Iš viso	0,187	398,1

10.4. Veiklos kaštai

Į veiklos sąnaudas (kaštus) įtraukiamos administracijos patalpų išlaikymo išlaidos, administracijos patalpų apšvietimo, apšildymo, vandens ir buitiniams reikmėms energijos išlaidos, administracijos pagrindinių priemonių amortizaciniai atskaitymai. Priimama, kad veiklos kaštai sudaro 30% nuo nuotekų valymo kaštų [41]. Veiklos kaštų sąmata pateikta **10.4.1 lentelėje**.

10.4.1 lentelė. Veiklos kaštai

Projekto gyvavimo metai	Veiklos kaštai, tūkst. Eur
2016	87,760
2017	100,059
2018	119,860
2019	75,261
2020	119,424

10.5. Nuotekų išvalymo įkainių skaičiavimas

Kad būtų galima planuoti realizacines pajamas, reikia nustatyti nuotekų išvalymo įkainius. Įkainių skaičiavimų rezultatai pateikiami **10.5.1 lentelėje**.

10.5.1 lentelė. Gaminių kainų apskaičiavimas

Produktas	savikaina , Eur	Veiklos sąnaudos, Eur	Investicinės veiklos sąnaudos, Eur	Pilnoji savikaina ,Eur	Pelnas	Viso
					Rentab. ,%	Eur/m ³ nuotekų
2016						
Nuotekos	292532	58506	7587	358627	16	0,1957
2017						
Nuotekos	333529	66705	7326	407561	16	0,2101
2018						
Nuotekos	399533	79906	6489	485929	16	0,2254
2019						
Nuotekos	250868	50173	6384	307426	16	0,1584
2020						
Nuotekos	398078	79615	5756	483451	16	0,2639

10.6. Nuotekų valyklos modernizacijos pelnas ir grynąjų pinigų srautai

Nuotekų valykloje išvalomos miesto bei rajono nuotekos. Už šias paslaugas gyventojai bei įmonės moka nustatydo dydžio mokesčius. Dalis šių mokesčių atitenka Kėdainių nuotekų valyklą valdančiai įmonei. **10.6.1 lentelėje** pateikiama pelno (nuostolio) ataskaita ir apskaičiuoti grynieji pinigų srautai.

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

Eil. nr.	Rodikliai	2016	2017	2018	2019	2020
1	Pardavimo apimtis, tūkst. Eur.	416,01	472,77	563,68	356,61	560,80
2	Parduotų paslaugų savikaina, tūkst. Eur	292,53	333,53	399,53	250,87	398,08
3	Bendras pelnas, tūkst. Eur	123,47	139,24	164,14	105,75	162,72
4	Veiklos sąnaudos, tūkst. Lt	58,51	66,71	79,91	50,17	79,62
Finansinė investicinė veikla, tūkst. Eur pajamos						
5	išlaidos	2,56	2,28	1,37	1,25	0,57
6	Ataskaitinių metų pelnas iki mokesčių, tūkst. Eur	62,41	70,26	82,87	54,32	82,54
7	Pelno mokestis, tūkst. Eur	9,36	10,54	12,43	8,15	12,38
8	Grynasis ataskaitinių metų pelnas, tūkst. Eur	53,05	59,72	70,44	46,17	70,16

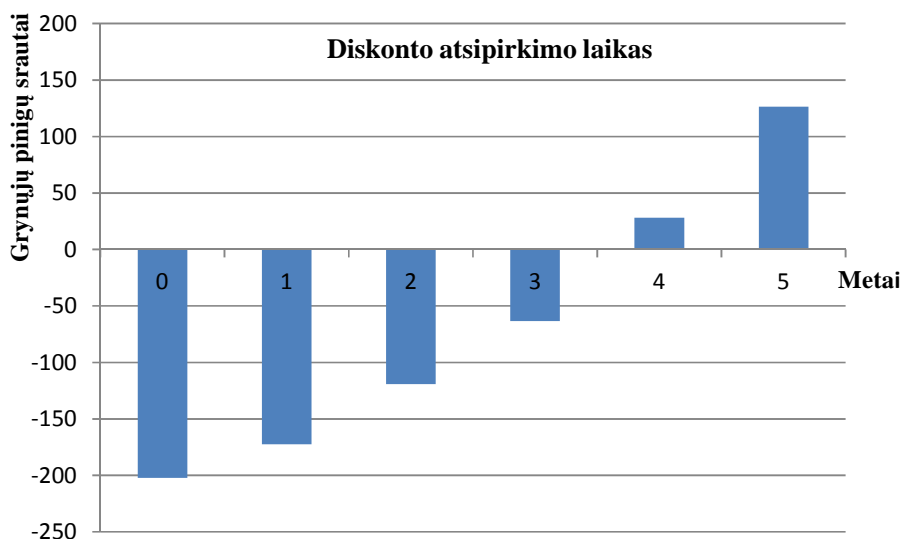
10.7. Investicijų efektyvumo vertinimas

Diskontuotas investicijų atsipirkimo periodas – tai laikas per kurį ekonominė nauda padengia investicines išlaidas. Apskaičiuojamas, kaupiant grynuosius GPS – grynujų pinigų srautus, ir stebint, kada jų suma taps lygi 0 [41]. **10.7.1 lentelėje** pateikti GPS skaičiavimai:

10.7.1 lentelė. GPS skaičiavimai, tūkst. Eur

Projekto gyvavimo metai	0	2016	2017	2018	2019	2020
0	-202,168	-202,168	-202,168	-202,168	-202,168	-202,168
2016		29,740	29,740	29,740	29,740	29,740
2017			53,183	53,183	53,183	53,183
2018				56,046	56,046	56,046
2019					91,294	91,294
2020						98,190
Būsimieji	-202,168	-172,428	-119,245	-63,199	28,096	126,285

Pagal **10.7.1 lentelės** duomenis sudarytas diskonto atsipirkimo laiko grafikas, pavaizduotas **10.7.1 paveiksle**. Matome, kad projektas atsiperka per mažiau nei 5 metus. Galima teigti, kad projektas yra efektyvus.



10.7.1 paveikslas. Atsipirkimo laiko grafikas

Grynosios esamosios vertės (GEV) skaičiavimas

GEV – tai visų projekto diskontuotų grynujų pinigų srautų suma (GPS), pradėdant nuliniiais metais. Ji apskaičiuojama [40]:

$$GEV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+KK)^t} = 30,415 \quad (10.1)$$

Vidinės pelno normos skaičiavimas

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

$$\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+KK)^t} = 28 \quad (10.2)$$

Pelningumo arba rentabilumo indekso skaičiavimas

Pelningumo arba rentabilumo indeksas - tai pelno ir išlaidų santykis:

$$PI = \sum_{i=1}^n \frac{\left(\frac{GPS_i}{(1+KK)^n} \right)}{GPS_0} = 1,15 \quad (10.3)$$

$PI > 1$, vadiasi projektas yra pelningas.

Lūžio taško skaičiavimas

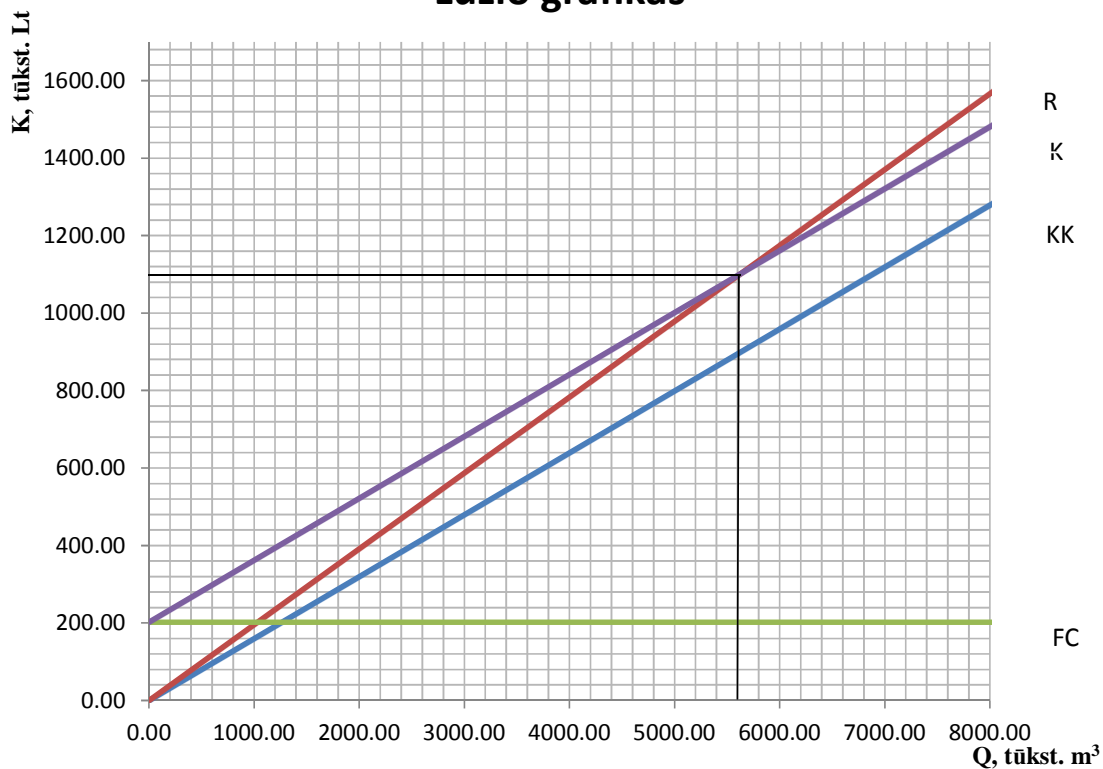
Lūžio taškas - tai tokia pardavimų apimtis, kuriai esant bendrosios pajamos lygios visiems gamybos kaštams ir įmonės pelnas lygus nuliui. randamas skaičiuojant pelningiausio gaminio gamybos išlaidas bei pardavimų pajamas. Lūžio taško skaičiavimų rezultatai pateikti **10.7.2 lentelėje**.

10.7.2 lentelė. Lūžio taško apskaičiavimas

Gaminio savikaina, Eur	0,15981
Gaminio kaina, Eur	0,19577
Investicijos, tūkst Eur	202,168
Q_l	5622,859

Pagal lūžio taško grafiką galima nustatyti, kokį kiekį nuotekų reikia išvalyti, kad įmonės veikla būtų pelninga. **10.7.2 paveiksle** pateiktas lūžio taško grafikas.

Lūžio grafikas



10.7.2 paveikslas. Lūžio taško grafikas

10.8. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai

Suvestinėje lentelėje pateikiami tokie apskaičiuoti rodikliai: pelno, darbo našumo, veiklos, apyvartos ir kapitalo rentabilumo rodikliai. Lyginant rezultatus prieš ir po modernizacijos, matome, kad papidėjus išvalytų nuotekų kiekiui, taip pat padidėjo ir realizacinės pajamos, darbuotojų darbo našumas ir darbo užmokestis, grynasis pelnas bei produkcijos veiklos rentabilumas. Tuo tarpu sumažėjo darbuotojų skaičius, gamybos kaštai bei nuotekų išvalymo savikaina. Atlikus nuotekų valyklos modernizaciją kapitalo rentabilumas siekė 13,8 %. Projekto investicijų atsipirkimo trukmė siekė 4,76 metus. Pagrindinių projekto ekonominių rodiklių suvestinė pateikta **2.1 lentelėje** 2 skyriuje.

11. Išvados

Magistro baigiamajame darbe pateiktas Kėdainių miesto nuotekų valyklos modernizacijos projektas. Numatyta prie esamų biologinio reaktoriaus linijų prijungti papildomus nitrifikatorius. Darbe pateikta nuotekų valymo per pakibusį aktyvaus dumblo sluoksnį technologija (USBF technologija). Atlikti tyrimai, kurių metu nustatytos nuotekų užterštumo charakteristikos.

Išnagrinėti uždaviniai:

- Nustatyta, kad po modernizacijos užterštumo charakteristikos, atitiko išleidžiamų nuotekų direktyvų normas. Taip pat įvertinta, kad papildomo nitrifikatoriaus panaudojimas žymiai padidino įrenginio efektyvumą. Išvalytų nuotekų užterštumo rodikliai pagerėjo nuo 5 % iki 45 %.
- Nustatytos ir įvertintos technologinių parametrų vertės. Po papildomo nitrifikatoriaus paleidimo debitui padidėjus 22%, aktyvaus dumblo apkrova padidėjo nežymiai, tik 11 %.
- Suprojektuoti nuotekų valymo įrenginiai, kurių našumas 2,5 mln. m³/metus.
- Apskaičiuoti reikalingi difuzorių bei orapučių kiekiai, užtikrinantys pakankamą deguonies kiekį nitrifikacijoje, parinkti jų tipai.
- Pagrįstas modernizacijos efektyvumas – projekto atsipirkimo laikas – 4,76 metai.
- Parengti Kėdainių miesto nuotekų valyklos sklypo planas, pastato planai ir pjūviai po modernizacijos.

12. Bibliografinių nuorodų sąrašas

1. Wang L.; Shammas N.; Hung Y. *Advanced biological treatment processes*. New York City, 2009
2. Matuzevičius A. B. *Rekomendacijos biologinio valymo įrenginiams projektuoti*. Vilnius, 2000
- 3.
3. Metcalf E. 2003. *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse. 4th edition*. Boston, 2003
4. Jantrania, A. R.; Gross, M. A. *Advanced Onsite Wastewater Treatment Systems Technologies*. Boca Raton, 2006
5. Matuzevičius A. B. *Nuotėkų valymas aktyviuoju dumbliu*. Vilnius, 1998
6. Lietuvos Respublikos aplinkos apsaugos normatyvinis dokumentas LAND 83-2006. „Vandens kokybė. Cheminio deguonies suvartojimo nustatymas“, patvirtinta Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2006 m. gruodžio 8 d. įsakymu Nr. D1-579 (Žin., 2005, Nr. 47-1558).
7. Lietuvos Respublikos aplinkos apsaugos normatyvinis dokumentas LAND 47-1:2007. „Biocheminio deguonies suvartojimo per n parų nustatymas skiedimo ir sėjimo, pridėjus alitiokarbamido, metodas“, patvirtinta Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2007 m. gruodžio 3 d. įsakymu Nr. D1-655 (Žin., 1998, Nr. 84-2353; 2002, Nr. 20-766).
8. Lietuvos Respublikos aplinkos apsaugos normatyvinis dokumentas LAND 46-2007. „Vandens kokybė. Skendinčių medžiagų nustatymas. Košimo pro stiklo pluošto koštuvą metodas“, patvirtinta Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2007 m. liepos 13 d. įsakymu Nr. D1-412 (Žin., 1998, Nr. 84-2353; 2002, Nr. 20-766).
9. Lietuvos Respublikos aplinkos apsaugos normatyvinis dokumentas LAND 65-2005. „Vandens kokybė. Nitratų kiekio nustatymas. Spektrometrinis metodas, vartojant sulfosalicilo rūgštį“, patvirtinta Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2005 m. gegužės 5 d. įsakymu Nr. D1-232 (Žin., 2004, Nr. 60-2121, Nr. 61-2763).
10. Genienė V. *Vandens analizės laboratoriniai darbai. Metodiniai nurodymai*, Šiauliai, 2006

11. Lietuvos Respublikos aplinkos apsaugos normatyvinis dokumentas LAND 38-2000. „Vandens kokybė. Amonio kiekio nustatymas. Rankinis spektrometrinis metodas.“, patvirtinta Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2000 m. lapkričio 6 d. įsakymu Nr. 485 (Žin., 1998, Nr. 84-2353).

12. Lietuvos Respublikos aplinkos apsaugos normatyvinis dokumentas LAND 59-2003. „Azoto nustatymas. Oksidacinio mineralinimo peroksodisulfatu metodas“, patvirtinta Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2000 m. gruodžio 5 d. įsakymu Nr. 624 (Žin., 1998, Nr. 84-2353; 2002, Nr. 20-766).

13. Lietuvos Respublikos aplinkos apsaugos normatyvinis dokumentas LAND 58-2003. „Fosforo nustatymas. Spektrometrinis metodas, vartojant amonio molibdatą“, patvirtinta Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2000 m. gruodžio 5 d. įsakymu Nr. 624 (Žin., 1998, Nr. 84-2353; 2002, Nr. 20-766).

14. Aplinkos apsaugos normatyvinis dokumentas LAND 10 – 96 „Nuotekų užterštumo normos“ (Žin., 1997, Nr. 73-1888)

15. Internetinė nuoroda (žiūrėta 2016-05-23) <http://www1.ruukki.lt/Gaminiai/statybai/Daugiasluoksnes-plokstes>

16. Internetinė nuoroda (žiūrėta 2016-05-23) http://www.stogdengys.lt/index.php?option=com_content&view=article&id=51&Itemid=60

17. Statybos techninis reglamentas STR 2.07.01:2003 „Vandentiekis ir nuotekų šalintuvas. Pastato inžinerinės sistemos. Lauko inžineriniai tinklai“ (Žin., 1998, Nr. 84-2353; 2002, Nr. 20-766).

18. Statybos techninis reglamentas STR 2.09.02:2005 „Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas“ (2004, Nr. 73-2545).

19. Internetinė nuoroda (žiūrėta 2016-05-23) <http://www.avsis.lt/lt/traukos-spintos>

20. Elektros įrenginių įrengimo bendrosios taisyklės. Patvirtinta Lietuvos Respublikos energetikos ministro 2012 m. vasario 3 d. įsakymu Nr. 1-22 (Žin., 2002, Nr. 56-2224; 2011, Nr. 160-7576)

21. Sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklės. Valstybės žinios, 2004, Nr.134-4878. (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2011, Nr. 46 -2201).

22. Profesinės rizikos vertinimo nuostatai. Patvirtinta Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro ir Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro įsakymu 2003 m. spalio 16 d. įsakymu Nr.A1-159/V-612 (Žin., 2003, Nr. 70-3170).

23. Mokymo ir atestavimo darbuotojų saugos ir sveikatos klausimais bendrieji nuostatai (Žin., 2011, Nr.76-3683);

24. Asmenų, dirbančių galimos profesinės rizikos sąlygomis (kenksmingų veiksmų poveikyje ir pavojingą darbą), privalomo sveikatos tikrinimo tvarka (Žin., 2010, Nr. 4-163)

25. Darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsaugos priemonėmis nuostatai (Žin., 2007, Nr.123- 5055);

26. Saugos eksploatuojant elektros įrenginius taisyklės (Žin., 2010, Nr.39-1878);

27. STR 2.01.06:2009 „Statinių apsauga nuo žaibo. Išorinė statinių apsauga nuo žaibo“ (Žin., 2009, Nr.138-6095);

28. Baublys J.; Jankauskas P.; Markevičius L. A.; Morkvėnas A. *Izoliacija ir viršįtampiai*. Kaunas, 2008.

29. Respublikinės statybos normos RSN 139-92 “Pastatų ir statinių žaibosauga “ Patvirtinta Lietuvos statybos ir urbanistikos ministerijos 1992 m. rugpjūčio mėn. 24d. Įsakymu Nr. 148.

30. Lietuvos higienos norma HN 121:2010 „Kvapo koncentracijos ribinė vertė gyvenamosios aplinkos ore“ (Žin., 2002, Nr. 56-2225; 2007, Nr. 64-2455; 2010, Nr. 57-2809).

31. Van Harreveld A. P.; Jones, N.; Stoaling, M. *Assessment of community response to odorous emissions*. Bristol, 2002.

32. „Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatai,, (Žin., 2005, Nr. 53-1804)

33. Lietuvos higienos norma HN 69:2003 „Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai“ (Žin., 2002, Nr. 56-2225).

34. Lietuvos higienos norma HN 98:2014 „Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos mažiausios ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai“ Patvirtinta Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2000 m. gegužės 24 d. įsakymu Nr. 277 (Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2014 m. balandžio 30 d. įsakymo Nr. V-520 redakcija).

35. „Ergonominių rizikos veiksnių tyrimo metodiniai nurodymai,, (Žin., 2003, Nr. 100-4504).
36. „Gaisrinės saugos ženklų naudojimo įmonėse, įstaigose ir organizacijose nuostatai“ (Žin., 2002, Nr. 123-5518).
37. Internetinė nuoroda (žiūrėta 2016-05-23). Aplinkos apsaugos agentūros tinklalapis: <http://chemija.gamta.lt/cms/index>
38. Internetinė nuoroda (žiūrėta 2016-05-23) <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise>
39. Valstybinė visuomenės sveikatos priežiūros tarnyba prie Sveikatos apsaugos ministerijos „Kvapų valdymo metodinės rekomendacijos“, 2012
40. Rutkoviėnė M.; Sabienė N.; *Aplinkos tarša. Mokomoji knyga*. Vilnius, 2008.
41. Valančius Z.; Nizevičienė D.; Viliūnienė O.; Solnyškienė J.; Stasiulaitinė I.; *Magistro baigiamasis darbas. Metodiniai nurodymai*. Kaunas, 2013.
42. Internetinė nuoroda (žiūrėta 2016-05-26). LR socialinės apsaugos ir darbo ministerijos tinklalapis: : <http://www.socmin.lt/lt/darbo-rinka-uzimtumas/darbo-teise/darbo-ir-poilsio-laikas.html>

Priedai

1 Priedas. Nuotekų užterštumo rodikliai

1 lentelė. Nuotekų užterštumo charakteristikos prieš valymą

Data	Debitas Q, m ³ /d	ChDS, mgO ₂ /l	BDS ₇ , mgO ₂ /l	SM, mg/l	NO ₂ , mgN/l	NO ₃ , mgN/l	NH ₄ , mgN/l	BN, mgN/l	PO ₄ , mgP/l	BP, mg/l
2015 01 07	6392	657	329	247	0,02	0,21	57	68	5,88	7,85
2015 01 20	11120	612	260	238	0,018	1,1	27	52	3,44	5,82
2015 01 28	8450	660	375	404	0,001	0,15	51	60	3,56	6,34
2015 02 18	8560	883	416	170	0,032	0,14	45	66	4,66	7,45
2015 02 28	6450	384	193	164	0,14	0,35	41	53	3,7	6,33
2015 03 05	10560	816	410	503	0,022	0,14	37	66	4,73	9,57
2015 03 26	8130	930	497	335	0,001	0,15	42	74	6,04	11,8
2015 04 14	9270	586	344	206	0,001	0,12	61	72	5,8	8,55
2015 04 22	8210	620	380	252	0,001	0,44	45	66	5,04	7,84
2015 04 28	8930	1129	426	403	0,001	0,17	48	67	6,54	10,9
2015 05 19	7080	868	432	360	0,002	0,14	56	79	6,36	11,2
2015 05 27	6980	887	318	250	0,002	0,16	55	65	7,61	10,3
2015 06 05	6360	1184	579	213	0,005	0,15	66	70	8,65	13
Vidurkis	8192	786	381	288	0,019	0,26	49	66	5,54	9
Papildomo nitrifikatoriaus paleidimas										
2015 06 30	5410	879	438	312	0,001	0,15	96	146	9,31	15,6
2015 07 15	6380	1606	713	480	0,005	0,2	72	120	7,95	15,0
2015 07 29	6090	1498	885	1170	0,003	0,19	120	125	9,03	15,6
2015 08 12	6090	1326	986	720	0,002	0,36	126	144	9,02	14,6
2015 08 19	5940	2004	859	824	0,004	0,65	137	167	7,46	12,8
2015 09 02	6220	2000	986	956	0,002	0,21	95	191	9,32	22
2015 09 30	5990	1234	585	580	0,003	0,19	94	106	7,86	12,4
2015 10 14	5900	1444	742	863	0,004	0,19	68	112	7,63	7,94
2015 10 21	6670	1395	603	600	0,002	0,2	82	127	7,89	14,1
2015 11 04	6630	1455	746	610	0,002	0,15	61	111	5,8	15
2015 11 25	6780	1224	559	580	0,003	0,15	75	98	5,64	40,4
2016 01 13	6670	1044	650	420	0,003	0,37	79	105	14,2	15,7
2017 01 28	12290	720	361	415	0,03	0,19	39	66	4,52	6,84
Vidurkis	6697	1371	701	656	0,02	0,25	88	124	8,13	16

2 lentelė. Nuotekų užterštumo charakteristikos po valymo

Data	Debitas Q, m ³ /d	ChDS, mgO ₂ /l	BDS ₇ , mgO ₂ /l	SM, mg/l	NO ₂ , mgN/l	NO ₃ , mgN/l	NH ₄ , mgN/l	BN, mgN/l	PO ₄ , mgP/l	BP, mg/l
2015 01 07	6392	78	10	16	0,086	2,3	15	17	0,36	0,67
2015 01 20	11120	52	9,9	6	0,067	1	14	18	0,61	0,82
2015 01 28	8450	59	20	17	0,074	0,04	42	44	0,029	0,31
2015 02 18	8560	66	12	15	0,041	0,088	27	29	0,044	0,43
2015 02 28	6450	86	16	21	0,005	0,087	38	40	0,44	1,03
2015 03 05	10560	60	7,8	10	0,003	0,1	32	34	0,075	0,33
2015 03 26	8130	68	10	13	0,03	0,091	28	30	0,43	0,82
2015 04 14	9270	70	9,9	19	0,019	0,11	34	35	0,3	0,78
2015 04 23	8210	91	44	14	0,024	0,7	46	51	0,41	0,78
2015 04 28	8930	97	10	8,5	0,01	0,09	45	47	0,4	0,76
2015 05 19	7080	56	6,9	10	0,024	0,083	45	46	0,17	0,47
2015 05 27	6980	62	8	10	0,008	0,087	45	46	0,35	0,71
2015 06 05	6360	96	8,7	12	0,025	0,091	44	45	0,44	0,74
Vidurkis	8192	72	13	13	0,032	0,37	35	37	0,31	0,67
Papildomo nitrifikatoriaus paleidimas										
2015 06 30	5410	73	6	10	0,33	0,37	44	48	0,37	0,7
2015 07 15	6380	82	12	18	0,26	0,27	42	43	0,39	1,03
2015 07 29	6090	62	7	11	0,6	1,1	44	49	0,48	0,61
2015 08 12	6090	43	7,5	5	0,47	0,88	24	27	1,88	2,28
2015 08 19	5940	67	11	7	0,24	0,59	36	42	0,39	0,51
2015 09 02	6220	113	17	18	0,2	0,19	38	40	0,35	1
2015 09 30	5990	42	8,3	11	0,17	0,13	42	43	0,55	0,75
2015 10 14	5900	49	6,1	6,2	0,16	1,3	26	29	0,72	1,04
2015 10 21	6670	89	13	19	0,2	0,46	29	31	0,82	1,32
2015 11 04	6630	54	7,8	16	0,12	0,61	20	25	1,25	1,59
2015 11 25	6780	79	12	19	0,1	0,1	25	28	0,2	0,6
2016 01 13	6670	89	16	13	0,38	6,9	18	27	1,8	1,88
2017 01 28	12290	58	8,5	18	0,091	3,3	11	17	0,22	0,4
Vidurkis	6697	69	10	13	0,255	1,25	31	35	0,72	1,05

2 Priedas. Suminiai teršalų kiekiai

3 lentelė. Suminis užterštumo charakteristikų įvertinimas prieš valymą

Data	Bandinio Nr.	ChDS, mgO ₂ /l	BDS ₇ , mgO ₂ /l	SM, mg/l	NO ₂ , mgN/l	NO ₃ , mgN/l	NH ₄ , mgN/l	BN, mgN/l	PO ₄ , mgP/l	BP, mg/l
2015 01 07	1	4200	2103	1579	0,13	1,34	364	435	38	50
2015 01 20	2	6805	2891	2647	0,20	12,23	300	578	38	65
2015 01 28	3	5577	3169	3414	0,01	1,27	431	507	30	54
2015 02 18	4	7558	3561	1455	0,27	1,20	385	565	40	64
2015 02 28	5	2477	1245	1058	0,90	2,26	264	342	24	41
2015 03 05	6	8617	4330	5312	0,23	1,48	391	697	50	101
2015 03 26	7	7561	4041	2724	0,01	1,22	341	602	49	96
2015 04 14	8	5432	3189	1910	0,01	1,11	565	667	54	79
2015 04 22	9	5090	3120	2069	0,01	3,61	369	542	41	64
2015 04 28	10	10082	3804	3599	0,01	1,52	429	598	58	97
2015 05 19	11	6145	3059	2549	0,01	0,99	396	559	45	79
2015 05 27	12	6191	2220	1745	0,01	1,12	384	454	53	72
2015 06 05	13	7530	3682	1355	0,03	0,95	420	445	55	83
Vidurkis	-	6405	3109	2416	0,14	2,33	388	538	44	73
Rezervuaro paleidimas										
2015 06 30	14	4755	2370	1688	0,01	0,81	519	790	50	84
2015 07 15	15	10246	4549	3062	0,03	1,28	459	766	51	96
2015 07 29	16	9123	5390	7125	0,02	1,16	731	761	55	95
2015 08 12	17	8075	6005	4385	0,01	2,19	767	877	55	89
2015 08 19	18	11904	5102	4895	0,02	3,86	814	992	44	76
2015 09 02	19	12440	6133	5946	0,01	1,31	591	1188	58	137
2015 09 30	20	7392	3504	3474	0,02	1,14	563	635	47	74
2015 10 14	21	8520	4378	5092	0,02	1,12	401	661	45	47
2015 10 21	22	9305	4022	4002	0,01	1,33	547	847	53	94
2015 11 04	23	9647	4946	4044	0,01	0,99	404	736	38	99
2015 11 25	24	8299	3790	3932	0,02	1,02	509	664	38	274
2016 01 13	25	6963	4336	2801	0,02	2,47	527	700	95	105
2017 01 28	26	8849	4437	5100	6,39	2,34	479	811	56	84
Vidurkis	-	8886	4535	4273	0,51	1,62	562	802	53	104

4 lentelė. Suminis užterštumo charakteristikų įvertinimas po valymo

Data	Bandinio Nr.	ChDS, mgO ₂ /l	BDS7, mgO ₂ /l	SM, mg/l	NO ₂ , mgN/l	NO ₃ ,mgN/l	NH ₄ , mgN/l	BN, mgN/l	PO ₄ , mgP/l	BP, mg/l
2015 01 07	1	499	64	102	0,55	14,70	96	109	2,30	4,28
2015 01 20	2	578	110	67	0,75	11,12	156	200	6,78	9,12
2015 01 28	3	499	169	144	0,63	0,34	355	372	0,25	2,62
2015 02 18	4	565	103	128	0,35	0,75	231	248	0,38	3,68
2015 02 28	5	555	103	135	0,03	0,56	245	258	2,84	6,64
2015 03 05	6	634	82	106	0,03	1,06	338	359	0,79	3,48
2015 03 26	7	553	81	106	0,24	0,74	228	244	3,50	6,67
2015 04 14	8	649	92	176	0,18	1,02	315	324	2,78	7,23
2015 04 22	9	747	361	115	0,20	5,75	378	419	3,37	6,40
2015 04 28	10	866	89	76	0,09	0,80	402	420	3,57	6,79
2015 05 19	11	396	49	71	0,17	0,59	319	326	1,20	3,33
2015 05 27	12	433	56	70	0,06	0,61	314	321	2,44	4,96
2015 06 05	13	611	55	76	0,16	0,58	280	286	2,80	4,71
Vidurkis	-	583	109	106	0,26	2,97	281	299	2,54	5,38
Rezervuaro paleidimas										
2015 06 30	14	395	32	54	1,79	2,00	238	260	2,00	3,79
2015 07 15	15	523	77	115	1,66	1,72	268	274	2,49	6,57
2015 07 29	16	378	43	67	3,65	6,70	268	298	2,92	3,71
2015 08 12	17	262	46	30	2,86	5,36	146	164	11,45	13,89
2015 08 19	18	398	65	42	1,43	3,50	214	249	2,32	3,03
2015 09 02	19	703	106	112	1,24	1,18	236	249	2,18	6,22
2015 09 30	20	252	50	66	1,02	0,78	252	258	3,29	4,49
2015 10 14	21	289	36	37	0,94	7,67	153	171	4,25	6,14
2015 10 21	22	594	87	127	1,33	3,07	193	207	5,47	8,80
2015 11 04	23	358	52	106	0,80	4,04	133	166	8,29	10,54
2015 11 25	24	536	81	129	0,68	0,68	170	190	1,36	4,07
2016 01 13	25	594	107	87	2,53	46,02	120	180	12,01	12,54
2017 01 28	26	713	104	221	1,12	40,56	135	209	2,70	4,92
Vidurkis	-	461	68	92	1,62	9,48	194	221	4,67	6,82

Grafiné dalis