



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

**Viktorija Zablockytė**

**NUOTEKŲ SRAUTŲ CHARAKTERIZAVIMAS IR VALYMO  
GALIMYBIŲ VERTINIMAS KVIEČIŲ KRAKMOLO GAMYBOS  
ĮMONĖJE**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovė**

doc. Dalia Jankūnaitė

**KAUNAS, 2018**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

**NUOTEKŲ SRAUTŲ CHARAKTERIZAVIMAS IR VALYMO  
GALIMYBIŲ VERTINIMAS KRAKMOLO GAMYBOS ĮMONĖJE**

Baigiamasis magistro projektas  
Aplinkosaugos inžinerija (621H17001)

**Vadovė**

doc. Dalia Jankūnaitė

**Recenzentas**

doc. V. Račys

**Projektą atliko**

Viktorija Zablockytė

**KAUNAS, 2018**



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

Viktorija Zablockytė

Aplinkosaugos inžinerija (621H17001)

„Nuotekų srautų charakterizavimas ir valymo galimybių vertinimas krakmolo gamybos įmonėje“

**AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

2018 m. gegužės 21 d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano, Viktorijos Zablockytės, baigiamasis projektas tema „Nuotekų srautų charakterizavimas ir valymo galimybių vertinimas krakmolo gamybos įmonėje“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

---

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

---

(parašas)

## TURINYS

ĮVADAS .....	15
1. LITERATŪROS APŽVALGA .....	17
1.1. Pramoninės nuotekos .....	17
1.1.1. Maisto pramonės nuotekos .....	18
1.2. Pramoninių nuotekų savybės .....	19
1.2.1. Fizikinės savybės.....	19
1.2.2. Cheminės savybės .....	20
1.3. Nuotekų užterštumo ribos .....	22
1.4. Pramoninių nuotekų valymas.....	25
1.4.1. Mechaninis nuotekų valymas .....	26
1.4.2. Cheminis nuotekų valymas .....	27
1.4.3. Mechaninis-cheminis nuotekų valymas .....	27
1.4.4. Biologinis nuotekų valymas .....	28
1.6. Literatūros apžvalgos apibendrinimas .....	33
2. TYRIMO METODIKA .....	35
2.1. Tyrimo objektas .....	35
2.2. Tyrimo eiga.....	37
2.3. Nuotekų kokybės parametrų nustatymo metodikos.....	39
3. REZULTATAI .....	43
3.1. Bendra organinė anglis .....	43
3.2. Biocheminis deguonies suvartojimas .....	44
3.3. Cheminis deguonies suvartojimas .....	45
3.4 BDS <sub>5</sub> /ChDS santykis.....	46
3.5. Skendinčios medžiagos .....	47
3.6. Amonio azotas .....	48
3.7. Bendras azotas .....	49
3.8. Chloridai .....	50
3.9. Fosfatai.....	51
3.10. Bendras fosforas.....	52
3.11. Kalcis .....	53
3.12. Kalis .....	54
3.13. Magnis .....	55
3.15. Nitritai .....	56

3.14. Nitratai .....	57
3.16. Sulfatai.....	58
3.17. pH.....	59
3.18. Rezultatų aptarimas .....	60
3.19. Nuotekų valymo galimybių vertinimas.....	62
IŠVADOS.....	66
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	67
PRIEDAI .....	72

## PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Pramoninių nuotekų valymo proceso stadijos.....	25
2 pav. Nuotekų srautų schema kviečių krakmolo gamybos įmonėje.....	37
3 pav. Bendros organinės anglies koncentracija skirtingų srautų mėginiuose.....	43
4 pav. Biocheminis deguonies suvartojimas skirtingų srautų mėginiuose.....	44
5 pav. Cheminis deguonies suvartojimas skirtingų srautų mėginiuose.....	45
6 pav. Skendinčių medžiagų koncentracija skirtingų srautų mėginiuose.....	47
7 pav. Amonio azoto koncentracija skirtingų srautų mėginiuose.....	48
8 pav. Bendro azoto koncentracija skirtingų srautų mėginiuose.....	49
9 pav. Chloridų koncentracija skirtingų srautų mėginiuose.....	50
10 pav. Fosfatų koncentracija skirtingų srautų mėginiuose.....	51
11 pav. Bendro fosforo koncentracija skirtingų srautų mėginiuose.....	52
12 pav. Kalcio koncentracija skirtingų srautų mėginiuose.....	53
13 pav. Kalio koncentracija skirtingų srautų mėginiuose.....	54
14 pav. Magnio koncentracija skirtingų srautų mėginiuose.....	55
15 pav. Nitritų koncentracija skirtingų srautų mėginiuose.....	56
16 pav. Nitratų koncentracija skirtingų srautų mėginiuose.....	57
17 pav. Sulfatų koncentracija skirtingų srautų mėginiuose.....	58
18 pav. Vandenilio potencialas skirtingų srautų mėginiuose.....	59
19 pav. Priešpriešinio srauto anaerobinis reaktorius (UASB).....	63
20 pav. Išplėstas granuluoto dumblo anaerobinis reaktorius (EGSB).....	63
21 pav. Granuluotas aktyvus dumblas sekos biologiniame reaktoriuje.....	63

## LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Kviečių krakmolo gamybos nuotekų užterštumas.....	18
2 lentelė. Į gamtinę aplinką išleidžiamų nuotekų užterštumo normos.....	23
3 lentelė. Lietuvoje kontroliuojamų pavojingų medžiagų DLK ir ribinės koncentracijos.....	24
4 lentelė. Pagrindinės mechaninio, cheminio ir biologinio nuotekų valymo funkcijos.....	33
5 lentelė. Aerobinio ir anaerobinio nuotekų valymo procesų palyginimas.....	34
6 lentelė. Kviečių krakmolo perdirbimo įmonės renginių projektinis pajėgumas.....	35
7 lentelė. Didžiausias išleidžiamas nuotekų kiekis skirtingų nuotekų susidarymo šaltinių kviečių krakmolo perdirbimo įmonėje.....	36
8 lentelė. Tiriamojo darbo metu analizuoti parametrai.....	38
9 lentelė. Skirtingų nuotekų srautų BDS <sub>5</sub> /ChDS santykis.....	46
10 lentelė. Tiriamojo darbo metu tirtų parametrų reikšmių palyginimas su nuotekų tvarkymo reglamento normomis.....	61

## PRIEDŲ SĄRAŠAS

1 priedas. Bendros organinės anglies koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose.....	72
2 priedas. Biocheminio deguonies suvartojimo aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose.....	72
3 priedas. Cheminio deguonies suvartojimo aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose.....	72
4 priedas. Skendinčių medžiagų koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose.....	73
5 priedas. Amonio azoto koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose.....	73
6 priedas. Bendro azoto koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose.....	73
7 priedas. Chloridų koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose.....	74
8 priedas. Fosfatų koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose.....	74
9 priedas. Bendro fosforo koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose.....	74
10 priedas. Kalcio koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose.....	75
11 priedas. Kalio koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose.....	75
12 priedas. Magnio koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose.....	75
13 priedas. Nitratų koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose.....	76
14 priedas. Nitritų koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose.....	76
15 priedas. Sulfatų koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose.....	76
16 priedas. Vandenilio potencialo aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose.....	77
17 priedas. Skirtinguose srautuose susidarantių teršalų kiekis.....	77



## SANTRUMPOS

$\text{NO}_3^- \text{N}$  – nitratų azotas;

$\text{NH}_4^+ \text{N}$  – amonio azotas;

$\text{PO}_4^- \text{P}$  – fosfatų fosforas;

$\text{N}_b$  – bendrasis azotas;

$\text{P}_b$  – bendrasis fosforas;

$\text{BDS}_7$  – biocheminis deguonies suvartojimas per 7 paras;

$\text{BDS}_5$  – biocheminis deguonies suvartojimas per 5 paras;

SM – skendinčiosios medžiagos;

VD – veiklusis dumblas;

DLK – didžiausia leistina koncentracija;

ChDS – cheminis deguonies suvartojimas;

NTR – nuotekų tvarkymo reglamentas;

NVI – nuotekų valymo įrenginiai.

## SAVOKOS

**Aeravimas** – oro arba deguonies tiekimas į vandenį ar kitą skystį;

**Amonio azotas** – amoninė azoto forma;

**Biocheminis deguonies suvartojimas BDS<sub>5</sub>** – deguonies kiekis, reikalingas biocheminiam lengvai skylančių organinių teršalų oksidavimui, įvykstančiam per 5 paras;

**Biocheminis deguonies suvartojimas BDS<sub>7</sub>** – deguonies kiekis, reikalingas biocheminiam lengvai skylančių organinių teršalų oksidavimui, įvykstančiam per 7 paras;

**Bendrasis azotas** – azoto, esančio įvairaus pavidalo medžiagose, suminis kiekis, išreiškiamas mg/L;

**Bendrasis fosforas** – fosforo, esančio įvairaus pavidalo medžiagose, suminis kiekis, išreiškiamas mg/L;

**Denitrifikacija** – procesas, kurio metu nitratai ir amonio jonai verčiami azoto dujomis;

**Eutrofikacija** – procesas, kurio metu į vandens telkinius patenkančios cheminės maisto medžiagos, dažniausiai tirpūs azoto ir fosforo junginiai, skatina perteklinį vandens augalų dauginimąsi, dėl šios priežasties vandenyje mažėja deguonies kiekis;

**Flotacija** – valytų nuotekų prisotinimas oru;

**Koaguliacija** – koloidinių dalelių sulipimas į stambesnius junginius;

**Nitratų azotas** – nitratinė azoto forma;

**Nitrifikacija** – procesas, kurio metu amonio druskos yra oksiduojamos, paprastai iki nitratų;

**Nuotekos** – tai namų ūkyje arba pramonės įmonėse gamybos proceso metu susidarantis užterštas panaudotas vanduo, kuris valomas siekiant išvengti neigiamo poveikio aplinkai;

**Skendinčios medžiagos** – suspenduotos dalelės, nusėdančios stovinčiose nuotekose. Tai mineralinės arba organinės medžiagos pakibusios dalelės, t.y. dumblas;

**Veikliojo dumblo sistemos** – nuotekų valymo sistemos, kuomet valomos nuotekos maišomos ir aeruojamos kartu su veikliojo dumblo mišiniu;

**Veiklusis dumblas** – dribsnių pavidalo biomasė, kuri nuotekų valymo metu yra maišoma ir aeruojama specialiais įtaisais.

Zablockytė, Viktorija. Nuotekų srautų charakterizavimas ir valymo galimybių vertinimas krakmolo gamybos įmonėje. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Dalia Jankūnaitė; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Aplinkos inžinerija (E03), Inžinerijos mokslai (E).

Reikšminiai žodžiai: maisto pramonės nuotekos, kviečių krakmolo gamyba, pramoninių nuotekų savybės, pramoninių nuotekų valymas, biologinis nuotekų valymas.

Kaunas, 2018. 77 p.

## SANTRAUKA

Maisto pramonės nuotekos susidaro naudojant vandenį gamybos procesams, aušinimui, sanitariniams ir buitiniams poreikiams bei valymui [1]. Kviečių krakmolo gamybos nuotekose gausu lengvai skaidomų organinių medžiagų, taip pat sunkiau tirpstančių medžiagų: angliavandenių, baltymų, riebalų. Šiose nuotekose būna didelis azoto ir fosforo kiekis. Tokios nuotekos yra tinkamos biologiniam nuotekų valymui. Biologiniai nuotekų valymo metodai yra ekonomiškai, taip pat nekenksmingi aplinkai. Biologinis nuotekų valymas pagrįstas mikroorganizmų gebėjimu suskaidyti organines medžiagas iki neorganinių [2].

Magistro baigiamojo darbo tyrimui buvo pasirinkta viena stambiausių kviečių krakmolo perdirbimo įmonių visoje Lietuvoje. Įmonė gamina krakmolo, sirupų ir pašarų gaminius. Tiriamojo darbo metu pasirinkti analizuoti šie gamybinių nuotekų srautai: *sirupai*, *MVR*, *T8* ir *bendros*. Du mėnesius buvo analizuojami 16 nuotekų kokybės parametrai, 9 iš jų Kauno technologijos universiteto laboratorijoje, 5 – kviečių krakmolo perdirbimo įmonės laboratorijoje, 1 - agrocheminių tyrimų centro laboratorijoje, 1 - UAB „Kauno vandenys“ laboratorijoje. Buvo parinkti analitiniai metodai nuotekų sudėties analizei.

Magistro baigiamojo darbo tikslas – atlikti grūdų perdirbimo įmonės nuotekų srautų analizę ir pateikti rekomendacijas nuotekų tvarkymui.

Išanalizavus gautus rezultatus paaiškėjo, kad kviečių krakmolo perdirbimo įmonėje susidarančių nuotekų sudėtis skirtinguose srautuose skiriasi, tačiau visuose srautuose gausu organinių medžiagų, kurias būtų palanku šalinti biologiniu būdu. Tai patvirtina cheminio deguonies suvartojimo ir biocheminio deguonies suvartojimo santykis, kuris visuose nuotekų srautuose yra mažesnis nei 3. Nuotekose yra pakankamas maistinių medžiagų kiekis, todėl nereikėtų pridėti mitybinių druskų.

Visų nuotekų srautų pH yra gana skirtingas. Didžiausias pH nustatytas *MVR* srauto mėginiuose (13), o mažiausias – *sirupų* srauto mėginiuose (4,7). Šie nuotekų srautai netinkami biologiniam nuotekų valymui, tačiau *bendro* nuotekų srauto pH (6,1) yra palankus.

Lyginant gautas tirtų parametrų reikšmes su nuotekų tvarkymo reglamente pateiktomis normomis, tampa aišku, jog kviečių krakmolo perdirbimo įmonės nuotekos privalo būti išvalytos nuotekas išleidžiant į gamtinę aplinką arba nuotekų surinkimo sistemą.

Didžiausias efektyvumas valant nuotekas biologiniu būdu būtų pasiektas taikant aerobinių ir anaerobinių metodų derinį. Vienas tinkamiausių biologinių nuotekų valymo metodų kviečių krakmolo gamybos nuotekoms valyti yra priešpriešinio srauto anaerobinis reaktorius (UASB) arba išplėsto granuliuoto dumblo anaerobinis reaktorius (EGSB). Aerobiniam nuotekų valymui galėtų būti taikomas granuliuoto aktyvaus dumblo metodas sekos biologiniame reaktoriuje. Didesniam nuotekų valymo efektyvumui pasiekti gali būti naudojami papildomi biomasės nešikliai, palaikantys didesnę biomasės koncentraciją [3,4].

Biologiniam nuotekų valymui nepalankus didelis srauto svyravimas, staigūs srauto pokyčiai. Dideli užterštumo parametrų koncentracijų svyravimai taip pat nepageidautini, todėl  $T_8$  nuotekų srautas nebūtų palankus biologiniam nuotekų valymui (šio srauto vidutinis variacijos koeficientas 65 %). Didelis nitratų kiekis *sirupų* ir *bendrame* sraute taip pat yra trikdantis veiksnys. Taip pat reiktų atkreipti dėmesį į didelį skendinčių medžiagų kiekį *bendrame* sraute. Dideli sulfatų kiekiai gali sukelti problemų biodujų gamyboje, nes anaerobinėmis sąlygomis susidaręs vandenilio sulfidas daro toksinį poveikį biomasei biologiniame nuotekų valyme. Galimas sirupų ir  $T_8$  srauto apjungimas siekiant palaikyti optimalų pH (*sirupų* pH yra rūgštinis,  $T_8$  – šarminis) bei tinkamas nitratų, sulfatų, chloridų, maistinių ir skendinčių medžiagų koncentracijas. Amonio azoto kiekis visuose srautuose yra gana mažas, todėl gali kilti sunkumų valant nuotekas anaerobiniu būdu, nes biomasės augimui reikalingas amonio azotas.

Valant nuotekas biologiniu būdu, galima atgauti tikslinius vertingus junginius, pavyzdžiui, baltymus ar biodujas. Aerobiniame etape taikant aktyvaus dumblo technologiją, susidaro didelis dumblo kiekis, kurį reikia apdoroti. Tačiau šį dumblą galima panaudoti tikslingai, nes jame gausu fosforo, azoto ir baltymų. Pūdam dumblą ir anaerobinio nuotekų valymo metu susidaro biodujos, kurios gali būti panaudotos šiluminei ir elektros energijai gaminti. Kadangi tiriamojo objekto nuotekose yra daug lengvai biologiškai skaidomų organinių medžiagų, galima didelė metano išeiga [5].

Zablockytė, Viktorija. Characterization of wastewater flows and evaluation of treatment possibilities in a starch manufacturing company. Master's Final Degree Project / supervisor doc. dr. Dalia Jankūnaitė; Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Environmental Engineering (E03), Engineering Sciences (E).

Keywords: food industry wastewater, wheat starch production, industrial wastewater properties, industrial wastewater treatment, biological wastewater treatment.

Kaunas, 2018. 77 pages.

## SUMMARY

Water usage in cooling systems as well as in household appliance use and cleaning is a main cause for food industry sewage [1]. Wastewater collected after wheat starch production is filled with various organic substances. Some of them are really hard to decompose such as carbs, proteins and fats. These type of sewage especially has high consistency of nitrogen and phosphorus, so this type of wastewater is perfect for biological wastewater treatment, which is really economic and environmental friendly. Biological wastewater treatment is based on ability of microorganisms to decompose organic substances and make them non-organic [2].

This master thesis analyze wastewater of one of the biggest wheat starch recycle companies in Lithuania. Company produces range of starch, syrup and farm feed. Thesis analyses syrup, MVR, T8 and general sewage of companies production. Within 2 months 16 quality parameters of wastewater was analyzed. Nine of them examined in Kaunas university of Technology laboratory, five in laboratory of company itself, one in laboratory of Agrochemical Research Center and one in LLC "Kauno Vandenyys" laboratory. Analytical methods were set for analyses of wastewater composition.

The goal of master thesis is to analyze companies of grain recycle sewage and come up with solution for improvements.

After laboratory tests it occurred that in different ways emitted sewage composition is different in every flow. Although in all taken samples were found organic substances which could possibly be processed biologically. All of this is proved by chemical oxygen and biochemical oxygen consumption ratio which in all different samples is lower than 3. Sewage has enough of nutritional materials therefore it does not need extra nutritional salts.

All taken samples has a quite different pH level too. Highest level of pH was found in MVR samples (13). Lowest in samples of syrup wastewater (4,7). These sources of wastewater are not suitable for biological treatment. Yet pH of general sewage was right for treatment (6,5).

After comparing the obtained parameter values to the norm found in sewage regulations standards it becomes clear that general sewage has to be treated before releasing it into the natural environment or waste collection systems.

If treating waste biologically, a mix of aerobic and anaerobic methods would show the greatest performance. One of the best methods to treat wheat starch production waste is to use upflow anaerobic sludge bed reactor (UASB) or expanded granule sludge blanket (EGSB) For aerobic method of treating waste granular activated sludge in sequential batch reactor can be adapted. In order to achieve even greater results in waste treatment extra carrier material can be used, so higher biomass concentration can be retained inside of the reactors [3,4].

Huge fluctuation or sudden alteration of flow is unfavorable for biological waste treatment. Fluctuations of pollution concentration parameters are not suitable. Therefore *T8* sewage can not be treated biologically. Another unfavorable factor is high density of nitrate in both *general* and *syrup* waste. In *general* sewage there is high level of total suspended solids. If level of sulfate is too high it can negatively affect development of biogas. Present to anaerobic conditions occurred hydrogen sulfide can be toxic to biomass within biological wastewater treatment. It is possible to combine *T8* and *syrup* sewage in order to optimize pH (pH of *syrup* is acidic, *T8* pH is alkaline) and other parameters concentration.

Useful compounds such as proteins or biogas can be recovered by biologically treating sewage. When applying activated sludge method during the aerobic step, large amounts of sludge are forming which have to be treated. However, the treatment can be directed to obtain phosphorus, nitrogen and protein. Biogas emissions during sludge decomposition as well as aerobic waste treatment can be used as a source of heat and electricity. Whereas research object sewage has a lot of easily biologically treatable organic materials there is usable high output of methane [5].

## IVADAS

### **Nagrinėjama problema**

Maisto pramonės nuotekos susidaro naudojant vandenį gamybos procesams, aušinimui, sanitariniams ir buitiniams poreikiams bei valymui. Maisto pramonėje susidarančios nuotekų kiekiai ir jose esančių teršalų koncentracijos kinta priklausomai nuo įmonės, naudojamų žaliavų, taikomo gamybos proceso ir technologijų, įrenginių būklės, pačių darbuotojų [1].

Kviečių krakmolo gamybos įmonėse susidarančiose nuotekose gausu lengvai skaidomų organinių medžiagų, taip pat sunkiau tirpstančių medžiagų: angliavandenių, baltymų, riebalų, kurių kiekis dažniausiai yra apie 10 %. Šiose nuotekose būna didelis azoto ir fosforo kiekis, todėl biologinio nuotekų valymo metu mitybinės druskos nėra pridedamos. Tokios nuotekos yra tinkamos biologiniam nuotekų valymui. Biologiniai nuotekų valymo metodai yra ekonomiški, taip pat nekenksmingi aplinkai. Biologinis nuotekų valymas pagrįstas mikroorganizmų gebėjimu suskaidyti organines medžiagas iki neorganinių [2].

### **Darbo aktualumas**

Magistro baigiamojo darbo tyrimui buvo pasirinkta viena stambiausių kviečių krakmolo perdirbimo įmonių visoje Lietuvoje. Įmonė gamina krakmolo, sirupų ir pašarų gaminius. Buvo analizuojami keturi šioje įmonėje susidarančių nuotekų srautai: *sirupai* (nuotekos iš sirupų gamybos linijos), *MVR* (nuotekos, susidarančios, kai garinama krakmolo-vandens suspensija ir įranga plaunama šarminiais tirpalais siekiant pašalinti organines medžiagas), *T<sub>8</sub>* (kolonų praplovimo vanduo krakmolo gamybos ceche) ir *bendros* (bendras nuotekų srautas iš visų nuotekų srautų). Nuotekos, patekusios į bendrą nuotekų srautą, apvalomos pirminio valymo įrenginiuose, sumažinančiuose BDS<sub>7</sub> nuotekose. Apvalytos nuotekos tiekiamos į UAB „Aukštaitijos vandenys“ nuotekų tinklus.

Buvo pasirinkti analizuoti šie cheminiai parametrai, parodantys organinių medžiagų koncentraciją: bendra organinė anglis, biocheminis deguonies suvartojimas (BDS<sub>5</sub>), cheminis deguonies suvartojimas (ChDS), skendinčios medžiagos. Neorganinių medžiagų koncentraciją parodantys rodikliai buvo šie: amonio azotas, bendras azotas, chloridai, fosfatai, bendras fosforas, kalcis, kalis, magnis, nitratai, nitritai ir sulfatai. Buvo analizuojamas vienas fizikinis rodiklis – pH Kai kurie iš parametrų buvo analizuojami Kauno technologijos universiteto laboratorijoje, kiti – kviečių krakmolo perdirbimo įmonės laboratorijoje, UAB „Kauno vandenys“ laboratorijoje arba agrocheminių tyrimo centro laboratorijoje.

**Tyrimo tikslas** – atlikti grūdų perdirbimo įmonės nuotekų srautų analizę ir pateikti rekomendacijas nuotekų tvarkymui.

**Tyrimo uždaviniai:**

1. Atlikti detalią literatūros, susijusios su pramoninių nuotekų valymu, analizę;
2. Atlikti grūdų perdirbimo įmonės gamybos technologinės linijos analizę, identifikuoti mėginių paėmimo vietas bei parinkti analitinius metodus nuotekų sudėties analizei;
3. Išanalizuoti trijuose gamybiniuose cechuose susidarančių ir galutinių, iš įmonės išleidžiamų, nuotekų sudėtį;
4. Įvertinti nuotekų srautų sudėties pokyčius;
5. Pasiūlyti optimalų technologinį sprendimą krakmolo gamybos nuotekų valymui.

**Praktinė darbo reikšmė**

Bus parengtos rekomendacijos kviečių krakmolo perdirbimo įmonės nuotekų tvarkymui, pasiūlytas sprendimas, kaip būtų galima optimizuoti įmonėje susidarančių nuotekų srautus ir iš jų atgauti tikslinius vertingus junginius, pavyzdžiui, baltymus ar biodujas.



# 1. LITERATŪROS APŽVALGA

## 1.1. Pramoninės nuotekos

Nuotekos paprastai skirstomos į dvi pagrindines rūšis – komunalines ir pramonines (gamybines). Komunalines nuotekas sudaro buitinės (iš virtuvių, praustuvų, skalbyklų, tualetų, vonių nutekantis vanduo, taip pat įmonėse susidaranti nuotekos, skirtos darbuotojų buitiniams poreikiams tenkinti), paviršinės (kritulių ar sniego tirpsmo vanduo, kuris nesusigeria į gruntą ir nutekantis į nuotekų surinkimo sistemą) ir mišrios nuotekos (kartu nutekanti paviršinės ir buitinės nuotekos) [6].

Pramoninės (gamybinės) nuotekos – tai pramonėje susidarantys užteršti vandenys, šios nuotekos susidaro pramonės gamybos proceso arba kitos komercinės veiklos (viešojo maitinimo, valymo paslaugų tiekimo, skalbimo, viešųjų tualetų, prekybos centrų ir t.t.) metu, kuomet vanduo užteršiamas įvairiomis priemaišomis. Pagal užterštumo lygį ir pobūdį jos gali būti labai įvairios priklausomai nuo gamybinių procesų, naudojamų žaliavų ir pan. Pramoninės nuotekos skirstomos į užterštas ir neužterštas. Neužterštos nuotekos – tai vanduo, kuris buvo naudojamas įrangai aušinti. Šios nuotekos gali būti išleidžiamos į gamtinę aplinką, nes turi mažai priemaišų. Jei įmanoma, neužterštos nuotekos naudojamos pakartotinai. Užterštos nuotekos turi daug mineralinių arba organinių priemaišų. Tai sunkiaisiais metalais, organinėmis skaidžiomis medžiagomis, nafta ir jos produktais, sintetinėmis organinėmis medžiagomis užterštos nuotekos, radioaktyvios nuotekos. Šių nuotekų užterštumas prioritetinėmis pavojingomis medžiagomis, nurodytomis nuotekų tvarkymo reglamente ir kituose teisės aktuose, viršija nustatytas didžiausias leidžiamas koncentracijas (toliau – DLK) į gamtinę aplinką arba nuotekų surinkimo sistemą. Pramoninėms nuotekoms priskiriami ir tie užteršti vandenys, kurių užterštumas pagal BDS<sub>7</sub> didesnis kaip 500 mg/L. Pramoninės nuotekos dažniausiai užterštos organinėmis priemaišomis, taip pat biologiniais teršalais, neorganinėmis medžiagomis. Jų pH išeina iš 6–9 intervalo, dažnai yra didelis ištirpusių metalų druskų kiekis. Šių nuotekų BDS<sub>5</sub> ar cheminio deguonies suvartojimo (ChDS) reikšmės gali siekti dešimtis tūkstančių mg/L. Dėl didelio organinių medžiagų kiekio, pramoninėse nuotekose gali trūkti biogeninių medžiagų, tokių kaip fosforas ar natrias [7].

Pramoninėms nuotekoms būdingi debito svyravimai dėl gamybinio proceso įtakos. Šie svyravimai yra skirtingi įvairiose pramonės srityse, taip pat tarp vienodos srities įmonių. Tai lemia naudojamos skirtingos žaliavos, įranga, specifiniai gamybos procesai. Net tos pačios įmonės koncentracijos nėra pastovios. Todėl labai svarbu išanalizuoti įmonėje susidaranti pramonines nuotekas, tinkamai parinkti nuotekų valymo būdą ir numatyti galimas situacijas, kurios apsunkintų nuotekų valymo įrenginių darbą, prognozuoti nuotekų išvalymo lygį ir liekamąją taršą [8].

Nuotekų klasifikavimas nėra apibrėžtas, tačiau pramoninės nuotekos paprastai klasifikuojamos pagal pramonės sritį, pavyzdžiui: maisto, žemės ūkio, chemijos, metalų apdirbimo, elektronikos, energetikos pramonės nuotekos. Prireikus, tam tikros pramonės šakos nuotekos gali būti skirstomos smulkiau siekiant apibūdinti panašaus tipo nuotekas ir pritaikyti technologijas šioms nuotekoms valyti. Būtina atsižvelgti į pramoninių nuotekų kiekį, teršalų savybes, koncentracijas [9].

### 1.1.1. Maisto pramonės nuotekos

Maisto pramonės nuotekos susidaro naudojant vandenį gamybos procesams, aušinimui, sanitariniams ir buitiniams poreikiams bei valymui. Maisto pramonėje susidarančios nuotekų kiekiai ir jose esančių teršalų koncentracijos kinta priklausomai nuo įmonės, naudojamų žaliavų, taikomo gamybos proceso ir technologijų, įrenginių būklės, pačių darbuotojų. Taikant tam tikrus proceso pakitimus galima sumažinti nuotekose esančių teršalų kiekį. Efektyviausia yra taikyti susidarančių nuotekų valymo ir vandens taupymo priemones kartu su teršalų susidarymo mažinimo priemonėmis. Tam naudojamos recirkuliacijos ir pakartotinio vandens panaudojimo sistemos siekiant sumažinti gamyboje sunaudojamo vandens kiekį. Taip pat efektyvu atskirti tam tikrą frakciją iš nuotekų, tokiu būdu sumažinama specifinė apkrova [1].

Krakmolo gamybos įmonės krakmolą gamina iš kviečių, bulvių, kukurūzų ir pan. Kviečių krakmolo įmonėse bendrasis nuotekų kiekis paprastai būna 1,5–2,5 m<sup>3</sup>/t [10]. Šiose nuotekose gausu lengvai skaidomų organinių medžiagų, taip pat sunkiau tirpstančių medžiagų: angliavandenių, baltymų, riebalų, kurių kiekis dažniausiai yra apie 10 %. Pavojingų medžiagų tokiose nuotekose nebūna. Kartais krakmolo gamybos nuotekose būna didelis azoto ir fosforo kiekis, todėl biologinio nuotekų valymo metu mitybinės druskos nėra pridedamos. 1 lentelėje pateiktos skirtingų nuotekų užterštumo rodiklių vertės kviečių krakmolo gamybos nuotekose [2].

1 lentelė. Kviečių krakmolo gamybos nuotekų užterštumas [2].

Nuotekų užterštumo rodiklis	Vertės
pH	3,5–4,6
ChDS, mg/L	19 000–49 000
BDS <sub>5</sub> , mg/L	12 000–25 000
N, mg/L	600–1 500
P, mg/L	115–240
S, mg/L	120–410

## 1.2. Pramoninių nuotekų savybės

Pramoninės nuotekos skiriasi savo savybėmis bei daromu poveikiu. Nuotekos charakterizuojamos fizikinėmis, cheminėmis bei mikrobiologinėmis savybėmis. Fizikinėms savybėms priskiriama temperatūra, pH, kvapas, spalva, drumstumas, kietųjų skendinčiųjų medžiagų koncentracija. Svarbiausios cheminės savybės yra organinės ir neorganinės medžiagos, ištirpęs deguonis, biocheminis ir cheminis deguonies suvartojimas. Mikrobiologiniai rodikliai apima ligas sukeliančius patogenus, (bakterijas, virusus, parazitus ir t.t.) bei biologines savybes (vienaląsčiai, augalai, gyvūnai ir pan.) [11].

### 1.2.1. Fizikinės savybės

Aukšta nuotekų temperatūra ne tik daro neigiamą įtaką konstrukcijoms, skatina koroziją, bet ir greitina lakių medžiagų pasišalinimą iš nuotekų. Per aukšta temperatūra daro neigiamą įtaką biologiniam nuotekų valymui. Iki tam tikros temperatūros, jos kilimas daro teigiamą įtaką mikroorganizmų aktyvumui, tačiau vėliau sumažėja deguonies tirpumas ir valymo efektyvumas mažėja. Deguonis geriau tirpsta esant žemesnėms temperatūroms. Remiantis nuotekų tvarkymo reglamentu, į gamtinę aplinką išleidžiamų nuotekų temperatūra negali būti aukštesnė kaip 30 °C, į nuotekų surinkimo sistemą – 35 °C, o pH gali svyruoti tarp 6,5–8,5 išleidžiant į gamtinę aplinką ir 6,5–9,5 išleidžiant į nuotekų surinkimo sistemą. Šis fizikinis rodiklis parodo vandenilio jonų koncentraciją. Jis svarbus parenkant konstrukcijas ir biologinio valymo efektyvumui, ypač anaerobiniams procesams. Tinkamiausias pH biologiniame nuotekų valyme yra neutralus. Tokia terpė yra palankiausia mikroorganizmams. Skirtingų pramonės sričių nuotekų pH gali svyruoti nuo žemo iki labai aukšto. Žemą pH gali lemti organinės ir neorganinės rūgštys. Pernelyg rūgščios ar šarminės nuotekos neigiamai veikia nuotekų kolektorius, gali pakenkti nuotekų valymo biocheminiams procesams [7].

Nuotekų spalva parodo jų užterštumą ir priklauso nuo gamyboje naudojamų medžiagų, dažiklių. Spalva gali būti nustatoma vizualiai arba lyginant ją su etalonais. Spalvos intensyvumas nustatomas skiedžiant jas distiliuotu vandeniu, kol spalva išnyksta [11].

Nuotekų drumstumas priklauso skendinčiųjų medžiagų, dumblo, molio, pramoninių atliekų kiekio. Nuotekų kvapą lemia jose esančios lakiosios medžiagos, vykstantys biologiniai, biocheminiai ir cheminiai procesai. Kvapas nustatomas organoleptiniu metodu (uodžiant ir įvertinant kvapo stiprumą balais) [11].

Biologiškai neskaidomos medžiagos – tai didelės dalelės, pavyzdžiui, plastikinės ar stiklinės detalės, smėlis, akmenys ir t.t. Šios dalelės turi būti pašalinamos mechaniškai, nes biologiškai nebus suskaidytos. Dėl jų gali užsikimšti nuotekų valymo įrenginiai, taip pat jos lemia įrangos sutrikdymą ir sugadinimą [6].

### 1.2.2. Cheminės savybės

Organinės medžiagos sudaro didžiausią dalį pramoninėse nuotekose esančių teršalų kiekį. Siekiama sumažinti organinių medžiagų kiekį norint išvengti didelio deguonies suvartojimo ir užkirsti kelią anaerobinėms sąlygoms. Organinių medžiagų kiekiui pramoninėse nuotekose įvertinti naudojami tam tikri rodikliai, tačiau jie parodo tik bendrą organinių medžiagų kiekį ir neleidžia įvertinti konkrečių organinių medžiagų:

- biocheminis deguonies suvartojimas (BDS);
- cheminis deguonies suvartojimas (ChDS);
- bendroji organinė anglis (BOA);
- ištirpusi organinė anglis (IOA);
- skendinčios medžiagos (SM).

Biocheminis deguonies sunaudojimas ( $BDS_5$  arba  $BDS_7$ ) – tai nuotekų užterštumo organinėmis medžiagomis rodiklis, kuris parodo deguonies kiekį, reikalingą biocheminiam lengvai skylančių organinių teršalų oksidavimui, įvykstančiam per 5 arba 7 parų inkubacinį periodą (*LAND 47-1:2007*, *LAND 47-2:2007*) Šis rodiklis nusako deguonies kiekį, kurį suvartoja bakterijos biochemiškai skaidydamos nuotekose esančias organines medžiagas, esant aerobinėms sąlygoms. Deguonis, suvartojamas nitrifikacijai (amonio druskų oksidacija iki nitritų, vėliau iki nitratų), nėra įskaičiuojamas. Oksidacijos greitis priklauso nuo temperatūros, mikroorganizmų kiekio ir jų aktyvumo, deguonies koncentracijos ir pan. Deguonies suvartojimą privalu nustatinėti tik griežtai standartizuotomis sąlygomis, tik tokiu būdu gaunami patikimi rezultatai. Deguonies kiekis išreiškiamas mg/L. Nuotekos yra užterštos, jei biocheminio deguonies suvartojama daugiau nei 5 mg/L. Išleidžiamose nuotekose į gamtinę aplinką  $BDS_5$  negali viršyti nustatytų normų, nes didesnis organinės medžiagos kiekis vandens telkinyje trukdo vandens dujų apykaitai [12].

Cheminis deguonies suvartojimas (toliau – ChDS) – deguonies kiekis, suvartojamas nuotekose esančių organinių medžiagų oksidacijai iki mineralinių medžiagų. Jis parodo organinių teršalų koncentraciją nuotekose. Pagal *LAND 83-2006*, cheminis deguonies suvartojimas – tai deguonies masės koncentracija, ekvivalentiška bichromato kiekiui, kuris yra suvartojamas visiškai oksiduoti ištirpusias ir suspenduotas organines medžiagas. Šis rodiklis parodo ne tik lengvai, bet ir sunkiai oksiduojamų arba neoksiduojamų organinių medžiagų kiekį. Cheminis deguonies suvartojimas išreiškiamas mg/L. ChDS rodiklis yra plačiai naudojamas, analizė atliekama gana greitai taikant absorbcijos matavimus. ChDS vertės visuomet yra didesnės nei  $BDS_5$  [13].

Organinių medžiagų biologiniam skaidumui įvertinti labai svarbus cheminio deguonies suvartojimo ir biocheminio deguonies suvartojimo santykis ( $BDS_5/ChDS$ ). Jei šis santykis yra  $<3$ , nuotekos yra gana lengvai skaidomos biologiškai [14]. Pagal nuotekų tvarkymo reglamentą,

nuotekų, išleidžiamų į nuotekų surinkimo sistemą, BDS<sub>5</sub>/ChDS santykis negali viršyti 3. Jei santykis didesnis už 3, būtina įvertinti, ar išleidžiamose nuotekose nėra toksiškų medžiagų, stabdančių biologinius procesus. Jeigu nustatoma, jog santykis yra padidėjęs dėl mažo lengvai skaidomų organinių medžiagų kiekio (iki 150 mg/L pagal BDS<sub>7</sub>), tokias nuotekas išleisti leidžiama, kitu atveju yra taikomi papildomi mokesčiai.

Bendroji organinė anglis (toliau – BOA) – tai bendras organinės anglies kiekis, esantis organiniuose junginiuose. Šis rodiklis naudojamas vandens kokybei ir nuotekų užterštumui įvertinti. Bendroji organinė anglis išreiškiama mg/L. Siekiant nustatyti BOA, vandens mėginys yra oksiduojamas. Oksidacija gali būti vykdoma termiškai, fotochemiškai (UV-persulfato metodu) arba chemiškai, kuomet mėginys yra veikiamas stipriais oksidatoriais, pavyzdžiui, ozonu. Oksidacijos metu išsiskyres CO<sub>2</sub> (neorganinės anglies) kiekis yra išmatuojamas ir reikšmės naudojamos BOA kiekio skaičiavimams [15].

Ištirpusi organinė anglis (toliau – IOA) yra bendras organinės medžiagos, ištirpusios vandenyje, kiekis. Organinė anglis susidaro dėl augalinės ar gyvūninės kilmės medžiagų skilimo. Ištirpusi organinė anglis yra labai svarbi metalų transportavimui vandens sistemose. Metalai sudaro labai stiprius kompleksus su ištirpusia organine anglimi, kuri padidina metalų tirpumą, taip pat mažina jų biologinį prieinamumą.

Skendinčios medžiagos (toliau – SM) – tai suspenduotos dalelės, nusėdančios stovinčiose nuotekose. Tai mineralinių arba organinių medžiagų pakibusios dalelės, t.y. dumblas. Skendinčios medžiagos daro įtaką organinių medžiagų kiekiui, nes apima daleles, kurios nesifiltruoja per 0,45 μm filtrą bei vandenyje tirpias medžiagas. Sėdančios medžiagos gali būti nusodintos į dugną ir pašalintos iš bendro nuotekų kiekio, tačiau ne visos skendinčios medžiagos nusėda, todėl plūduriuoja paviršiuje [11]. Skendinčiųjų medžiagų koncentracija išreiškiama mg/L, o išsamus jų nustatymas aprašytas *Europos normoje DS/EN 872:2005*.

Biogeninės medžiagos, t.y. mitybinės druskos yra neorganinės medžiagos, būtinos gyvųjų organizmų mitybai ir augalų augimui. Biogeninėms medžiagoms yra priskiriamas azotas, fosforas, siera bei mikroelementai. Azotas ir fosforas yra pagrindiniai junginiai, sukeliančys vandens telkinių eutrofikaciją, todėl jų kiekis nuotekose, išleidžiamose į gamtinę aplinką, yra griežtai kontroliuojamas ir turi būti sumažintas siekiant išvengti neigiamo poveikio aplinkai. Šios medžiagos skatina fotosintezės procesą, todėl suveši dumbliai ir kiti augalai, pradeda pūti biomasė, susidaro sieros vandenilis ir kitos vandenį teršiančios medžiagos [16]. Norint šiuos elementus pašalinti biologiniu būdu, nuotekose turi būti pakankamas organinių medžiagų kiekis. Todėl yra svarbus ne tik biogeninių medžiagų kiekis, bet ir jų kiekio santykis su BDS ir ChDS.

Organinis azotas vykstant biologiniams procesams, paverčiamas į laisvą amoniaką (NH<sub>3</sub>) arba amonio azotą (NH<sub>4</sub>). Amonio azotas jungiasi su deguonimi biologinių ir oksidacinių reakcijų

metu. Vyksta nitrifikacija ir amonio azotas virsta nitritais ( $\text{NO}_2^-$ ), o jei yra oksiduojama ir toliau – nitratais ( $\text{NO}_3^-$ ). Amoniakas, patekęs į paviršinius vandenius, dėl nitritų ir nitratų susidarymo reakcijų mažina vandenyje esančio deguonies kiekį, skatinama nitrifikacija. Organiniai azoto junginiai nuotekose dažniausiai būna karbamidai  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , t.y. gyvųjų organizmų bakterinių medžiagų apykaitos produktas. Nitritai ir nitratai nuotekose parodo aukštą organinių junginių oksidacijos laipsnį. Didesnės nitratų koncentracijos yra gero nuotekų išvalymo požymis, tačiau aplinkoje nitratai spartina augalijos augimą ir eutrofikaciją, todėl valybose nuotekose nitratų kiekis turi būti kuo mažesnis [17]. Visų azoto formų suma nuotekose išreiškiama bendruoju azoto kiekiu ( $N_b$ ) ir matuojama mg/L. Didesnės nei 10–15 mg/L bendrojo azoto koncentracijos valybose nuotekose, išleidžiamose į gamtinę aplinką, daro neigiamą poveikį jai ir teršia vandens telkinius, sukelia vandens telkinių eutrofikaciją, kai kurios azoto formos, pavyzdžiui, amoniakas ir amonio jonai, sukelia nemalonius kvapus ir įvairias ligas [18].

Visų fosforo formų suma nuotekose išreiškiama bendruoju fosforo kiekiu ( $P_b$ ) ir matuojama mg/L. Didesnės nei 1–2 mg/L bendrojo fosforo koncentracijos valybose nuotekose nepageidaujamos, nes gamtinėje aplinkoje sukelia vandens telkinių eutrofikaciją. Fosforo organiniai junginiai yra organiniai esteriai, amidai, tolio junginiai (organiniai fostatai, tiofosfatai). Nuotekose fosforas yra tokiose formose: ortofosfatų ( $\text{PO}_4^{2-}$ ), polifosfatų (fosforo rūgšties polimerai) ir organinio pavidalo fosfatų. Fosforas taip pat gyvybiškai svarbus mikroorganizmams, tačiau per didelė jo koncentracija gali būti kenksminga aplinkai, nes sukelia vandens telkinių pelkėjimą, t.y. eutrofikaciją [19].

Pavojingoms (toksinėms) medžiagoms priskiriami sunkieji metalai (geležis, varis, cinkas, nikelis, arsenas, boras, aliuminis, chromas, stibis). Didelės sunkiųjų metalų koncentracijos daro neigiamą įtaką nuotekų valymo įrenginių darbui ir įrangai. Nuotekose būna ir organinių toksinų priemaišų, pavyzdžiui, naftos produktų, dažiklių, fenolių ir t.t. Mokslininkų teigimu, nitrifikuojančios bakterijos yra ypač jautrios toksiškoms medžiagoms, todėl dėl per didelės jų koncentracijos sumažėja veikliojo dumblo aktyvumas [16, 20].

Ištirpusio deguonies kiekis. Užterštose nuotekose ištirpusio deguonies nėra daug, dažniausiai 0,5–1 mg/L. Mikroorganizmų veiklai reikiamas deguonies kiekis negali būti mažesnis nei 2 mg/L. Valybose nuotekose ištirpusio deguonies kiekis yra didesnis, dažniausiai 4–8 mg/L [7].

### **1.3. Nuotekų užterštumo ribos**

Pagrindinis Lietuvos teisės aktas, nustatantis aplinkosauginius reikalavimus nuotekų surinkimui, tvarkymui ir išleidimui į paviršinius vandens telkinius taip siekiant užkirsti kelią aplinkos taršai, yra nuotekų tvarkymo reglamentas, patvirtintas 2006 m. gegužės 17 d. aplinkos apsaugos ministro įsakymu Nr. D1-236. Reglamente nurodoma, jog Lietuvos Respublikos

aplinkos ministerija rengia ir tvirtina aplinkos apsaugos ir gamtos išteklių naudojimo normas, normatyvus, standartus ir taisykles bei nustato ir kontroliuoja išleidžiamų į aplinką teršalų normas.

Pagal šį reglamentą konkrečiam nuotekų susidarymo šaltiniui/išleistuvui nustatyta leistina tarša (LT) – tam tikras teršalo kiekis, kurį laikotarpį leidžiama išleisti su nuotekomis į konkretų nuotekų priimtuvą per apibrėžtą laiką. Taip pat nustatyta leistina koncentracija (LK), t.y. leidžiama tam tikro teršalo ar teršalų grupės koncentracija išleidžiamose nuotekose. Ši koncentracija gali būti mažesnė arba lygi didžiausiai leidžiamai koncentracijai (DLK). 2 lentelėje pateikti kai kurių rodiklių minimalūs išvalymo reikalavimai nuotekoms išleidžiamoms į nuotekų surinkimo sistemą, gamtinę aplinką, taip pat DLK vandens telkinyje-priimtuve bei ribinės koncentracijos į nuotekų surinkimo sistemą ir į gamtinę aplinką. Ribinė koncentracija – tai didžiausia koncentracija, iki kurios šios medžiagos normuoti ar kontroliuoti dar nereikia.

2 lentelė. Į gamtinę aplinką išleidžiamų nuotekų užterštumo normos [57]

Parametrai	Aglomeracijos (taršos šaltinio) dydis / išleidžiamų nuotekų kiekis	Matavimo vienetas	Vidutinio paros mėginio DLK	Momentinė DLK	Vidutinė metinė DLK	Minimalus išvalymo efektyvumas, procentais <sup>1</sup>
Biocheminis deguonies suvartojimas BDS <sub>5</sub> (be nitrifikacijos)	iki 5 m <sup>3</sup> /d	mg/L O <sub>2</sub>	–	50	30	–
	nuo 5 m <sup>3</sup> /d iki 2000 GE	mg/L O <sub>2</sub>	–	40	25	–
	nuo 2000 GE iki 10000 GE	mg/L O <sub>2</sub>	25	–	nustatoma individualiai <sup>3</sup>	70–90
	daugiau kaip 10000 GE	mg/L O <sub>2</sub>	15	–	nustatoma individualiai	70–90
ChDS	daugiau kaip 2000 GE	mg/L O <sub>2</sub>	125	–	–	75
Bendras fosforas	nuo 5 m <sup>3</sup> /d iki 10000 GE	mgP/L			2 <sup>4</sup>	80
	nuo 10000 GE iki 100000 GE	mgP/L			2	
	daugiau kaip 100000 GE	mgP/L			1	
Bendras azotas <sup>2</sup>	nuo 5 m <sup>3</sup> /d iki 10000 GE	mgN/L			20 <sup>4</sup>	70–80
	nuo 10000 GE iki 100000 GE	mgN/L			15	
	daugiau kaip 100000 GE	mgN/L			10	

<sup>1</sup>Nuotekų valymo efektyvumas = ((atitekančių teršalų kiekis – išleidžiamų teršalų kiekis) / atitekančių teršalų kiekis)\* 100;

<sup>2</sup>Bendras azotas – tai bendras Kjeldalio azotas (organinis azotas įskaitant nitratų ir nitritų azotą). Bendrąjį azotą galima kontroliuoti ir pagal dienos vidurkį, kuris negali būti didesnis kaip 20 mg/l, kai nuotekų temperatūra yra  $\geq 12$  °C. Ši sąlyga taikoma vertinant valymo įrenginių atitikimą ES reikalavimams ir teikiant ataskaitas ES;

<sup>3</sup>Nustatoma pagal konkretaus objekto faktines galimybes, tačiau reikšmė negali viršyti vidutinio paros mėginio DLK;

<sup>4</sup>Taikoma tik komunalinėms/buitinėms nuotekoms.

Nuotekų tvarkymo reglamentas apibrėžia ir pavojingas medžiagas, kurios pagal Europos Bendrijų komisiją yra prioritetinės (Lietuvos teisės aktuose šios medžiagos vadinamos pavojingomis). Taip yra įgyvendinama Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2000/60/EB, nustatanti Bendrijos veiksmus vandens politikos srityje pagrindus. Nuotekų tvarkymo reglamente nustatytos ir kitų Lietuvoje kontroliuojamų pavojingų medžiagų DLK ir ribinės koncentracijos, kurios pateiktos 3 lentelėje. Iš originalaus dokumento atrinktos tik tos medžiagos, kurios buvo analizuojamos tyrimo metu.

3 lentelė. Lietuvoje kontroliuojamų pavojingų medžiagų DLK ir ribinės koncentracijos [57]

Medžiagų grupės pavadinimas	Medžiagos pavadinimas	Matavimo vienetas	DLK, į nuotekų surinkimo sistemą	DLK, į gamtinę aplinką	DLK, vandens telkinyje-priimtuve	Ribinė koncentracija, į nuotekų surinkimo sistemą	Ribinė koncentracija, į gamtinę aplinką
Kitos medžiagos	Bendras azotas	mg/L	100	30	2,5	–	12
	Nitritai (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	0,9	0,45	0,03	–	0,09
	Nitratai (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	69	23	2,3	–	9
	Amonio azotas (NH <sub>4</sub> -N)	mg/L	15	5	1	–	2
	Bendras fosforas	mg/L	20	4	0,1	–	1,6
	Fosfatai (PO <sub>4</sub> -P)	mg/L	–	–	0,0653	–	-
	Chloridai	mg/L	2000	1000	300	–	500
	Sulfatai	mg/L	1000	300	100	300	200

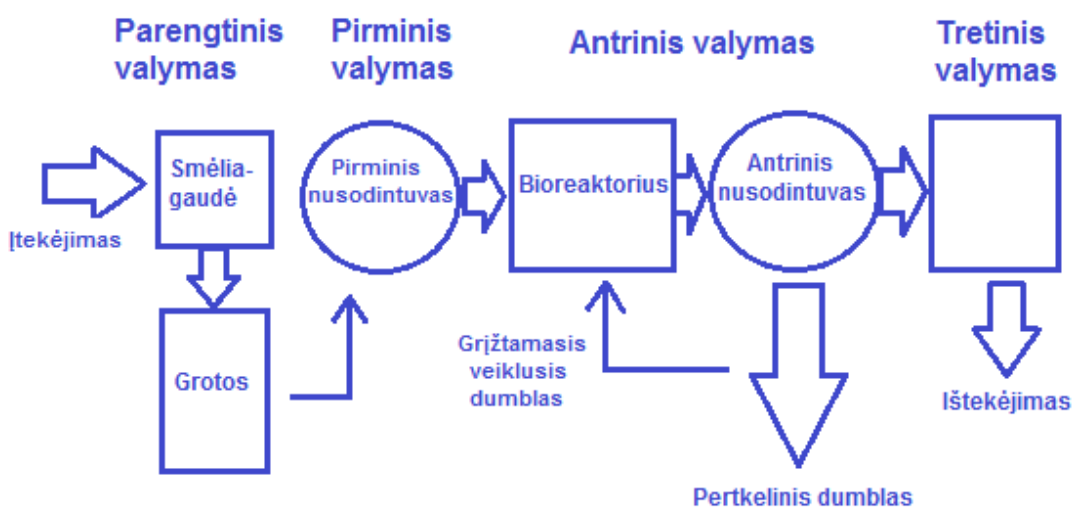


#### 1.4. Pramoninių nuotekų valymas

Geriamojo vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo įstatyme nuotekos apibrėžiamos kaip buityje ūkio ar gamybinėje veikloje naudotas arba perteklinis (paviršinis, kritulių ir pan.) vanduo, kuris, naudojantis nuotekų tvarkymo infrastruktūra, išleidžiamas į gamtinę aplinką arba į nuotekų tvarkymo infrastruktūrą. Nuotekų valymas – tai viena iš nuotekų tvarkymo sudėtinių dalių. Nuotekų tvarkymas apima nuotekų surinkimą, transportavimą, valymą, apskaitą, tyrimus, išleidimą į aplinką bei nuotekų valymo metu susidariusio dumblo ir kitų atliekų tvarkymą. Nuotekų tvarkymą reglamentuoja minėtasis įstatymas bei nuotekų tvarkymo reglamentas, nuotekų valymo reglamentas bei kiti teisės aktai [21].

Didžiausią dalį (99,9 %) nuotekų sudaro vanduo, o likusią (0,1 %) – teršalai. Nuotekų valymo įrenginiai skirti išvalyti nuotekas taip, kad jos, patekusios į gamtinę aplinką, neužterštų vandens telkinių ir nedarytų neigiamo poveikio jų ekologinei būklei. Pagrindinės priežastys, kodėl įvairūs nuotekų valymo įrenginiai tampa nepajėgiais išvalyti nuotekas iki minimalių teršalų išvalymo reikalavimų, tai netinkamos veikliojo dumblo savybės, didėjančios hidraulinės apkrovos bei per maži talpų tūriai [22].

Pagal nuotekų valymo procesus, galima išskirti kelias stadijas: parengtinis, pirminis, antrinis ir tretinis nuotekų valymas (1 paveikslas). Parengtinio nuotekų valymo metu iš nuotekų šalinamos sėdančios ir plūduriuojančios medžiagos. Šio etapo metu nuotekos paruošiamos tolimesniems etapams. Parengtinio valymo metu naudojamos grotos, smėliagaudės siekiant pašalinti medžiagas, kurios gali sugadinti įrangą, užkimšti vamzdynus. Nuotekų valymo būdai yra keli: mechaninis, cheminis, biologinis bei mišrus (mechaninis-cheminis) [23].



1 pav. Pramoninių nuotekų valymo proceso stadijos [23]

#### 1.4.1. Mechaninis nuotekų valymas

Mechaninis nuotekų valymas – tai pirminis nuotekų apvalymas nuo stambiausių priemaišų: skendinčiųjų dalelių ir koloidinių priemaišų. Pirminis nuotekų valymas pradedamas parengtiniu nuotekų valymu, kuomet pašalinamos stambios nusėdančios medžiagos ir plūduriuojančios priemaišos (smėlis, riebalai, tepalai). Parengtinis nuotekų valymas ypač svarbus siekiant išvengti kitų valymo grandžių veikimo sutrikdymo. Šio valymo metu pašalinama apie 60–70 % skendinčių medžiagų. Pirminio valymo metu vykdomas nuotekų priemaišų košimas, nusistovėjimas, flotacija, filtracija. Košimo metu sulaikomos stambiausios priemaišos, vėliau nusodinamos pakibusios medžiagos, flotacijos metu šalinami riebalai, naftos priemaišos. Po mechaninio nuotekų valymo, jei nuotekos nėra stipriai užterštos cheminėmis medžiagomis, vykdomas antrinis (biologinis) nuotekų valymas [20].

Mechaninio valymo įrenginiai gali būti kelių rūšių:

- grotos ir sietai, kurie sulaiko paviršiuje plūduriuojančias medžiagas, t.y. plastikines ir stiklines detales, lapus, popieriaus liekanas, kitas įvairias priemaišas. Grotomis ir sietais yra sugaudomi apie 3–5 % nuotekose esančių priemaišų. Grotų dydžio parinkimas priklauso nuo numatyto nuotekų apdorojimo būdo ir išleidžiamų valytų nuotekų reikalavimų [8];
- smėliagaudėmis, kurios įrengiamos už grotų, sulaikomos mineralinės priemaišos, t.y. smėlis, žvyras, anglies dalelės. Smėliagaudėmis sulaikomos 0,25–1 mm dydžio dalelės. Smėliagaudėse sunkesnės dalelės nusėda ant dugno, nes sumažėja nuotekų tėkmės greitis, kuomet jos patenka į padidinto tūrio rezervuarą. Smėliagaudėse, siekiant išvengti neskaidomų organinių medžiagų nusėdimo, įrengiami smėlio plovimo įrenginiai, jos yra aeruojamos. Smėlis jose nusėda lengviau, nes oro ir vandens mišinys turi mažesnę tankį. Jų dėka apsaugoma mechaninė įranga, ne taip greit dėvisi siurbiai ir sumažinamas teršalų kaupimasis latakuose ir bioreaktoriuose [23];
- nusodintuvais (kitais – sėdintuvais, mažose nuotekų valyklose – septikais) nusodinama pagrindinė netirpių organinių medžiagų masė. Tai nusodinimo rezervuarai, kuriuose sėdančios medžiagos iš nuotekų šalinamos periodiškai arba nuolatos. Nusodintuvai priklauso pirminio nuotekų apdorojimo etapui, kuris dar vadinamas pirminiu nusodinimu. Nusodintuvai būna kelių rūšių: pirminiai ir antriniai. Pirminiai naudojami prieš, o antriniai po biologinio nuotekų valymo. Nusodintuvais sumažinamas nuotekų biocheminis deguonies suvartojimas apie 20–30 %, skendinčiųjų dalelių kiekis 50–70 % [23].

### 1.4.2. Cheminis nuotekų valymas

Cheminis nuotekų valymo būdas taikomas tuomet, kai nuotekos stipriai užterštos cheminėmis medžiagomis. Valant nuotekas šiuo būdu, iš jų išskiriamos cheminės medžiagos neutralizuojant arba oksiduojant, kol susidaro netirpūs junginiai. Cheminio nuotekų valymo metu naudojami dideli chemikalų kiekiai, kuriais koaguluojamos ir dezinfekuojamos nuotekos. Cheminiais ir fiziniaisi-cheminiais valymo būdais iš nuotekų šalinami įvairūs cheminiai junginiai, pavyzdžiui, rūgštys, druskos, šarmai, sunkiųjų metalų jonai ir t.t. Kaip minėta, valant nuotekas cheminiu būdu, teršalai yra neutralizuojami arba oksiduojami [23]. Nuotekos neutralizuojamos keliais būdais:

- vykdyt neutralizavimo reakciją sumaišant rūgščias ir šarmines nuotekas;
- naudojant įvairius reagentus – rūgščių tirpalus, kalkes (CaO), kalcinuotą sodą (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), natrio šarmą (NaOH), amoniako vandenį (NH<sub>4</sub>OH) ir pan.;
- naudojant neutralizuojančius filtrus, kurių užpildas dažniausiai būda kalkės, dolomitas, magnezitas, kreida ir pan. [15].

Oksidacinis metodas taikomas, kai nuotekose yra pavojingų medžiagų (cianidų, kompleksinių cianidų ir pan.) Oksiduojama ir tuomet, kai nuotekose yra tokių junginių, kuriuos šalinti kitais metodais nėra tikslinga. Oksidacijai paprastai naudojamas chloras, kalio ir natrio hidrochloridai, chloro dioksidas, ozonas, deguonis [24].

### 1.4.3. Mechaninis-cheminis nuotekų valymas

Nuotekoms valyti naudojami ir mechaniniai-cheminiai metodai, kurie paremti koaguliacija, flotacija, sorbcija ekstrakcija ir kitais reiškiniais [14].

Koaguliacija vyksta tuomet, kai koloidinės dalelės sulimpa į stambesnius junginius. Koaguliacijos greitis didėja didėjant temperatūrai, maišant nuotekas, taip pat į mišinį pridedant koagulantų: polivalenčių metalų druskų, polielektrolitų ir kt. Koagulantai priemaišas sujungia į stambesnius darinius, kurie greičiau nusėda ant dugno ir vėliau yra pašalinami mechaniškai. [7].

Flotacija vyksta tuomet, kai valytos nuotekos, veikiant slėgiui, prisotintos oro. Tuomet prisotintos nuotekos per redukcinią vožtuvą tiekiamos į flotacinę kamerą ir, keičiant slėgį, susidaro nedideli oro burbulai (10–120 μm). Flotacija vyksta greičiau, kuomet yra didesnis bendras oro burbuliukų paviršiaus plotas ir kuo didesnis kontaktas su išskiriama medžiaga. Tokiu būdu yra vykdomas flotacijos procesas, taikomas netirpstančių disperguojančių priemaišų, kurios sunkiai nusėda savaime, pašalinimui. Tokiu būdu iš nuotekų šalinami riebalai, naftos produktai, detergentai, įvairios sudėties dumblo mišiniai, smulkios drumzlės [24].

Ekstrakcijos metu iš vienos skystosios fazės, t.y. nuotekų išgaunama ištirpusi medžiaga kita skystąją faze. Šios fazės viena kitoje netirpsta arba tirpsta labai silpnai, tačiau tirpina ekstraktyvą. Šiuo būdu ekstrahuojamos organinės medžiagos, pavyzdžiui, organinės rūgštys, fenoliai, taip pat metalai (varis, cinkas, kadmis, nikelis). Ekstrakcijai naudojamos įvairios kolonos, tai yra selektyvus metodas, skirtas išgauti konkrečioms medžiagoms [24].

Sorbcijos proceso metu kietoji arba skystoji medžiaga sugeria į save kitas medžiagas. Šis metodas naudojamas aromatiniais junginiais, dažikliais, elektrolitais užterštomis nuotekoms valyti. Sorbentais pasirenkami aliumgeliai, aktyvuotoji anglis, durpės, silikagelis ir t.t. [11].

#### **1.4.4. Biologinis nuotekų valymas**

Biologinis nuotekų valymas yra svarbus nuotekų apdorojimo etapas. Biologinis nuotekų valymo metodas pagrįstas mikroorganizmų gebėjimu skaidyti suspenduotas, koloidines ir ištirpusias organines medžiagas. Sudarius palankią aplinką aerobinėms bakterijoms, t.y. vandenyje esant ištirpusio deguonies ir organinėms medžiagoms kontaktuojant tarpusavyje, bakterijos intensyviai maitinasi. Organinės medžiagos iš vandens pereina į bakterijų masę, todėl vanduo tampa vis švaresnis – mikroorganizmai reaktoriuje skaido ir maitinimuisi naudoja teršalus, esančius nuotekose: organines medžiagas, azoto ir fosforo junginius. Tokiu būdu valomos nuotekos [25]. Šis procesas remiasi savaiminiu apsivalymu, vykstančiu paviršiniuose vandens telkiniuose Biologiškai nevalomos tos nuotekos, kuriose yra nedidelis kiekis arba visai nėra organinių medžiagų [26].

Bakterijų savybės yra labai įvairios, todėl iš nuotekų galima šalinti labai plataus spektro teršalus. Mikroorganizmai pagal jų metabolizmo procesus gali būti oksiduojantys, redukuojantys, aerobiniai, anaerobiniai ir fakultatyviniai. Dažniausiai biologiniame nuotekų valyme taikomi aerobiniai procesai, kuomet organinės medžiagos skaidomos iki neorganinių medžiagų, o vėliau iki galutinių produktų – anglies dioksido ir vandens [27].

Mikroorganizmams naudojant organines medžiagas kaip maisto šaltinį, aerobinėmis sąlygomis vyksta du procesai:

- mikroorganizmai naudoja deguonį energetinėms reikmėms: ląstelių dalijimuisi ir endokriniam kvėpavimui;
- susidaro perteklinis dumblas iš lakiųjų medžiagų ir mikroorganizmų [28].

Biologinis nuotekų valymas dar vadinamas antriniu. Pastaruoju metu plačiai naudojamas aerobinis nuotekų valymo būdas veikliuoju dumbly bioreaktoriuose, kuriuose šalinamas azotas ir fosforas, bei antriniuose nusodintuvuose. Jie naudojami siekiant atskirti biomasei iš nuotekų po biologinio valymo. Sugriežtinus reikalavimus nuotekoms, išleidžiamoms į gamtinę aplinką, pradėti diegti šie biologinio nuotekų valymo būdai. Po biologinio nuotekų valymo taikomas tretinis nuotekų valymas – pažangios nuotekų valymo technologijos. Tai papildomas biologiškai išvalytų

nuotekų valymas iš didelės taršos šaltinių, kuomet šalinami azotas ir fosfatai. Tretiniam nuotekų valymui naudojami įvairūs rezervuarai, filtrai, biotvenkiniai, aerotankai. Taikomi biologiniai ir cheminiai valymo būdai [29].

Biologinio nuotekų valymo įrenginiai yra kelių rūšių:

- veikiantys dirbtinėmis sąlygomis:
  - aktyviojo dumblo įrenginiai, t.y. aeraciniai įrenginiai;
  - biologiniai filtrai, t.y. bioplėvelinės sistemos;
- veikiantys pusiau gamtinėmis sąlygomis:
  - gruntinės filtracijos įrenginiai: požeminės filtracijos laukeliai, šuliniai, smėlio-žvyro filtrai ir t.t.;
  - biologiniai tvenkiniai [11].

Biologinio valymo įrenginiai skirstomi ir pagal valymo proceso intensyvumą: intensyvaus valymo įrenginiai, vidutinio intensyvumo įrenginiai, mažo intensyvumo įrenginiai. Aktyviojo dumblo įrenginiai priskiriami prie intensyvaus valymo įrenginių. Biofiltrai priskinami vidutinio intensyvumo įrenginiams, o pusiau gamtinėmis sąlygomis veikiantys įrenginiai – mažo intensyvumo valymo sistemoms [30].

Valant pramonines nuotekas, labai svarbu atkreipti dėmesį į jų sudėtį. Jei nuotekose yra pavojingų medžiagų, yra susikaupęs per didelis metabolizmo produktų, nuotekų į sistemą paduodama per daug arba trūksta deguonies, organinių teršalų oksidacija gali sulėtėti. Tas pats nutiks, jei nuotekų pH bus per daug rūgštinis (mažiau nei 6) arba per daug šarminis (didesnis už 9), smarkiai svyruos temperatūra ar bus per didelė aktyviojo dumblo apkrova teršalais. Visgi didžiausią neigiamą poveikį biologiniam nuotekų valymui daro pavojingos medžiagos, nusėdančios dumble ir su mikroorganizmų baltymais sudarančios kompleksinius junginius, todėl sulėtėja reakcijų greitis, žūsta bakterijos, o likusiai daliai mikroorganizmų tenka per didelė dalis valomų nuotekų ir veiklusis dumblas apkraunamas skendinčiomis medžiagomis [3].

Siekiant didžiausio nuotekų išvalymo efektyvumo, labai svarbu palaikyti optimalias biologinio valymo proceso sąlygas. Valymo proceso metu turi būti tiekiamas deguonis į sistemą tam, kad aerobinėmis sąlygomis vykstančių procesų metu kauptųsi energija. Deguonies koncentracija turi būti pakankama teršalų oksidacijai. Biocheminiams procesams vyksti ištirpusio deguonies koncentracija negali būti mažesnė nei 0,25 mg/L, o optimaliausias kiekis yra 2 mg/L. Pramoninių nuotekų valymo metu deguonies tirpumas mažėja dėl aukštesnės temperatūros ir didelės substrato koncentracijos (ChDS 1000–30 000 mg/L), todėl paspartėja biocheminiai procesai [31].

Ne mažiau už deguonį svarbios biogeninės medžiagos, reikalingos mikroorganizmų metabolizmo procesams. Pagrindinės tokios medžiagos yra azotas ir fosforas, tačiau mažesniais

kiekiais reikalingas ir magnis, kalis, kalcis, siera, geležis ir t.t. Svarbus ne tik biogeninių medžiagų kiekis, bet ir jų kiekio santykis su BDS. Optimaliausia, jei BDS:N:P santykis bus 100:3,5:0,75. Jei biogeninių medžiagų trūksta, slopinami organinių teršalų oksidavimo procesai, o plūduriuojanti biocenozė keliauja su biologiškai valytais nuotekomis [7].

#### **1.4.4.5. Aerobiniai pramoninių nuotekų valymo metodai**

Egzistuoja daug aerobinių nuotekų valymo metodų, tačiau ne visus juos galima pritaikyti pramoninių nuotekų valymui dėl jų sudėties specifiškumo, teršalų koncentracijos ir skaidumo, taip pat esančių pavojingų medžiagų. Efektyviausi ir patikimi pramoninių nuotekų valymui yra tie metodai, kurių procesą galima valdyti [32]. Tokie metodai yra:

- ilgo aeravimo aerotankai su regeneracija;
- sekos biologiniai reaktoriai;
- daugiapakopė sistema;
- aerotankai su deguonimi prisotintu oru;
- bioplėvelinės sistemos;
- membraniniai biologiniai reaktoriai [9].

Jei nuotekos užterštos organiniais biologiškai skaidomais teršalais, dažniausiai naudojami ilgo aeravimo aerotankai (ang. *expanded aeration systems*). Paruoštos nuotekos (po pirminio valymo) nuotekos atiteka į kontaktinį rezervuarą, kuriame maišomos su veikliuoju dumbliu. Tokiu būdu užtikrinama reikiama deguonies koncentracija. Vėliau dumblas yra atskiriamas nuo išvalytų nuotekų dekanteryje, kuris gali būti antrinis sėsdintuvas, flotatorius ir pan. Atskirtas dumblas grįžta į aerotanką, kuriame vėl maišomas su naujai tiekiamomis nuotekomis. Taip pat iš sistemos pašalinamas perteklinis dumblas, kuris priauga valant nuotekas. Toks biologinis nuotekų valymo metodas yra paprastas, tačiau būtina užtikrinti proceso stabilumą, reikiamą deguonies ir biogeninių kiekį bei kitas sąlygas, reikalingas biocheminiam skaidymui. Praktikoje, siekiant tolygiai paskirstyti turinį, esantį aerotanke, dažnai ilgo aeravimo aerotankai modifikuojami ir bendras tūris paskirstomas į atskirus koridorius, kurių ilgis ne didesnis nei 9 metrai. Pradžioje veiklusis dumblas tik aeruojamas ir paruošiamas teršalams, atitenkantiems su nuotekomis, oksiduoti. Ilga nuotekų buvimo aerotanke trukmė užtikrina geresnį jų išvalymą. Tokie modifikuoti įrenginiai taikomi maisto ir chemijos pramonės nuotekoms valyti [33].

Sekos biologiniai reaktoriai (ang. *sequential batch reactors*) veikia cikliniu režimu. Visi biologinio valymo procesai vyksta viename rezervuare vienas po kito. Pirmiausia rezervuaras pripildomas parengtinai apvalytais nuotekomis, kurios maišomos su veikliuoju dumbliu. Nusodinimo fazėje veiklusis dumblas sėda ant rezervuaro dugno, o valytos nuotekos lieka viršuje. Tuomet viršutinis sluoksnis išleidžiamas ir pašalinamas perteklinis veiklusis dumblas. Pasibaigus

ciklui, viskas kartojama iš naujo. Tokie įrenginiai užima nedaug vietos, juose vykdomas automatizuotas procesų valdymas ir kontrolė, todėl valymo procesas pritaikomas kintančiam nuotekų debitui ir užterštumui. Aeravimas vykdomas pneumatiniiais ar mechaniniais aeratoriais. Perteklinis veiklusis dumblas šalinamas iš reaktoriaus išleidus išvalytas nuotekas. Tam, kad azoto ir fosforo junginių pašalinimas iš nuotekų būtų efektyvus, būtina palaikyti pakankamą organinių medžiagų kiekį [34].

Daugiapakopę sistemą sudaro du arba trys nuosekliai sujungti aerotankai. Į sistemą atiteka šviežios nuotekos, kurios maišomos aerotanke, kuriame palaikoma aukšta veikliojo dumblo koncentracija. Taip nuotekos valomos keliomis pakopomis, kurių nuotekų išvalymo efektyvumas didėja. Pavyzdžiui, trečioje pakopoje pasiekiamas 95–98 % nuotekų išvalymo efektyvumas. Kad būtų palaikomas tinkamas organinių medžiagų kiekis mikroorganizmams, dalis nevalytų nuotekų tiekama į antros ir trečios pakopos aerotankus. Daugiapakopė sistema naudojama koncentruotų nuotekų valymui iš maisto, naftos ar farmacijos pramonės [11].

Siekiant palaikyti aukštą deguonies koncentraciją, biologinis nuotekų valymas vykdomas aerotankuose su deguonimi prisotintu oru. Į sistemą tiekiamos nuotekos, pridedama medžiagų, būtinų biologiniam nuotekų valymui ir tiekiamas deguonis. Valymo metu išsiskiria pavojingos ir nemalonaus kvapo dujos, todėl prireikus, iš sistemos jos yra išleidžiamos. Aerotanke palaikoma ne mažesnė kaip 2 mg/L deguonies koncentracija. Nuotekos valomos aerotankuose su deguonimi prisotintu oru, kuomet yra užterštos dideliu kiekiu organinių medžiagų arba jų temperatūra yra aukštesnė nei įprasta [35].

Dar vienas biologinio nuotekų valymo metodas – bioplėvelinės sistemos. Jose mikroorganizmai yra prisitvirtinę prie kietos įkrovos. Jiems augant susidaro plėvelė, su kuria kontaktuoja valomos nuotekos. Teršalai skverbiasi per plėvelę. Koloidinės ir skendinčios medžiagos sulaikomos plėvelės paviršiuje ir suskaidomos į tirpius junginius. Bioplėvelė absorbuoja teršalus, o mikroorganizmai teršalus naudoja kaip maisto medžiagas ir juos oksiduoja. Deguonis, reikalingas aerobinėms reakcijoms, patenka iš nuotekų per bioplėvelės kiaurymes [36].

Pagrindiniai šiuo metu pasaulyje taikomi aerobiniai metodai, pagrįsti aktyviojo dumblo procesu yra šie:

- vertikalūs bioreaktoriai (ang. *vertical shaft bioreactors*);
- membraniniai bioreaktoriai (ang. *membrane bioreactors*);
- biologinės SBR sistemos (ang. *SBR systems for biological nutrient removal*);
- priešpriešinio srauto anaerobinis reaktorius (ang. *upflow anaerobic sludge bed reactor*);
- granuliuoto dumblo anaerobinis reaktorius (ang. *aerobic granulation technology*);

- anaerobinės lagūnos ir išlaikymo tvenkiniai (ang. *anaerobic lagoons and storage ponds*);
- vienaarūšio dumblo biologinės sistemos (ang. *single sludge biological systems for nutrients removal*);
- nusodinimo kolonos bioreaktoriai (ang. *column bioreactor clarifier process*);
- pūdymas, flotacija ir biofiltracija vertikaloje padėtyje (ang. *vertical shaft digestion, flotation and biofiltration*);
- pažangūs suspenduotų dalelių biologiniai procesai (ang. *emerging suspended growth biological processes*);
- pažangūs nusodintų dalelių biologiniai procesai (ang. *emerging attached growth biological processes*) [36].

Visos šios aerobinio nuotekų valymo technologijos beveik visuomet diegiamos kartu su anaerobiniais metodais [3].

#### **1.4.4.6. Anaerobiniai pramoninių nuotekų valymo metodai**

Anaerobinis nuotekų valymas pagrįstas anaerobinių mikroorganizmų gebėjimu skaidyti teršalus ir daugintis be deguonės aplinkoje. Organinės medžiagos skaidomos keliais etapais: hidrolizės, acetogenezės ir metanogenezės. Hidrolizės metu skaidomi stambūs junginiai, sudaryti iš angliavandenių, baltymų, riebalų, kurie suskaidomi iki monosacharidų, riebalų ir amino rūgščių. Acetogenezės metu šios medžiagos skaidomos į lakiąsias riebalų rūgštis, aldehidus, vandenilį ir angliarūgštę. Metanogenezės etapo metu bakterijos, skaidydamos substratą, išskiria metaną ir anglies dioksidą [37]. Plačiausiai naudojami anaerobiniai pramoninių nuotekų valymo metodai yra šie:

- kontaktiniai bioreaktoriai;
- bioreaktoriai su pakibusia biomase;
- bioreaktoriai su įkrova;
- hibridiniai bioreaktoriai [9].

Mokslininkų teigimu, vienas tinkamiausių biologinių nuotekų valymo metodų kviečių krakmolo gamybos nuotekoms valyti yra priešpriešinio srauto anaerobinis reaktorius (ang. *UASB – upflow anaerobic sludge bed reactor*). Šie reaktoriai yra efektyvūs ir pasaulyje plačiai taikomi. Priešpriešinio srauto anaerobiniais reaktoriais galima pasiekti 80–95 % efektyvumą šalinant organines medžiagas, taip pat galima biodujų gamyba [3, 4].

Kitas efektyvus biologinio nuotekų valymo metodas maisto pramonėje – išplėsto granuliuoto dumblo anaerobinis reaktorius (ang. *EGSB – expanded granule sludge blanket*). Šis reaktorius gali apdoroti didesnę nuotekų kiekį (iki 30 kgCOD/m<sup>3</sup>·d), taip pat palaiko didesnę



nuotekų srauto greitį (6 m/h). Tai reiškia, jog šiam reaktoriui reikalingas mažesnis plotas norint apdoroti tokį patį nuotekų kiekį kaip su UASB [38].

## 1.6. Literatūros apžvalgos apibendrinimas

Maisto pramonės nuotekos susidaro naudojant vandenį gamybos procesams, aušinimui, sanitariniams ir buitiniams poreikiams bei valymui. Maisto pramonėje susidarančios nuotekų kiekiai ir jose esančių teršalų koncentracijos kinta priklausomai nuo įmonės, naudojamų žaliavų, taikomo gamybos proceso ir technologijų, įrenginių būklės, pačių darbuotojų [1].

Kviečių krakmolo gamybos įmonėse susidarančiose nuotekose gausu lengvai skaidomų organinių medžiagų, taip pat sunkiau tirpstančių medžiagų: angliavandenių, baltymų, riebalų, kurių kiekis dažniausiai yra apie 10 %. Šiose nuotekose būna didelis azoto ir fosforo kiekis, todėl biologinio nuotekų valymo metu mitybinės druskos nėra pridedamos [2].

Nuotekų valymas – tai viena iš nuotekų tvarkymo sudėtinių dalių. Nuotekų tvarkymas apima nuotekų surinkimą, transportavimą, valymą, apskaitą, tyrimus, išleidimą į aplinką bei nuotekų valymo metu susidariusio dumblo ir kitų atliekų tvarkymą. Nuotekų tvarkymą reglamentuoja geriamojo vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo įstatymas bei nuotekų tvarkymo reglamentas, nuotekų valymo reglamentas bei kiti teisės aktai. Nuotekų valymo būdai yra keli: mechaninis, cheminis, biologinis bei mišrus (mechaninis-cheminis). 4 lentelėje pateiktos pagrindinės mechaninio, cheminio ir biologinio nuotekų valymo funkcijos pagal atskirus procesus [39].

4 lentelė. Pagrindinės mechaninio, cheminio ir biologinio nuotekų valymo funkcijos [39]

Procesas	Funkcijos
<b>Mechaninis valymas</b>	
Košimas	Didelių dalelių pašalinimas
Nusistovėjimas	Pakibusių medžiagų pašalinimas
Flotacija	Naftos, riebalų ir skendinčių medžiagų pašalinimas
Filtracija	Skendinčių medžiagų pašalinimas
<b>Cheminis valymas</b>	
Nusodinimas	Įvedamos mineralinės druskos ištirpusio fosforo nusodinimui
Koaguliacija	Įvedamos mineralinės druskos ir organiniai polimerai siekiant destabilizuoti patogenines medžiagas
Aeravimas	Prisotinimas deguonimi, kuris reikalingas biologiniam nuotekų valymui
Dezinfekcija	Įvedamos dezinfekuojančios cheminės medžiagos siekiant destabilizuoti patogenines medžiagas
Aerobinės sistemos	Pašalinamos organinės medžiagos, kurios skaidomos iki CO <sub>2</sub> , amoniakas oksiduojamas į NO <sub>3</sub>
Anaerobinės sistemos	Pašalinamos organinės medžiagos, kurios skaidomos iki H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> ir CH <sub>4</sub>
Mišrios sistemos	Pašalinamas fosforas, nitratai redukuojami į azoto dujas
Pakibusios kultūros	Aktyvūs organizmai yra pakibę vandenyje (veiklusis dumblas)
Fiksuotos kultūros	Aktyvūs organizmai yra prikibę prie kietų medžiagų (pavyzdžiui, srovės ar PDB filtrų)

Mechaninis nuotekų valymas – tai pirminis nuotekų apvalymas nuo stambiausių priemaišų: skendinčiųjų dalelių ir koloidinių priemaišų [20]. Pirminio valymo metu vykdomas nuotekų priemaišų košimas, nusistovėjimas, flotacija, filtracija. Cheminis nuotekų valymo būdas taikomas tuomet, kai nuotekos stipriai užterštos cheminėmis medžiagomis. Valant nuotekas šiuo būdu, iš jų išskiriamos cheminės medžiagos neutralizuojant arba oksiduojant, kol susidaro netirpūs junginiai. Vykdomi tokie procesai: nusodinimas, koaguliacija, aeravimas ir dezinfekcija [23].

Kviečių krakmolo gamybos nuotekos yra tinkamos biologiniam nuotekų valymui. Biologiniai nuotekų valymo metodai yra ekonomiškai, taip pat nekenksmingi aplinkai. Biologinis nuotekų valymas pagrįstas mikroorganizmų gebėjimu suskaidyti organines medžiagas iki neorganinių [2]. Sudarius palankią aplinką aerobinėms bakterijoms, t.y. vandenyje esant ištirpusio deguonies ir organinėms medžiagoms kontaktuojant tarpusavyje, bakterijos intensyviai maitinasi. Efektyviausi ir patikimiausi aerobiniai pramoninių nuotekų valymo metodai yra šie: ilgo aeravimo aerotankai su regeneracija; sekos biologiniai reaktoriai; daugiapakopė sistema; aerotankai su deguonimi prisotintu oru; bioplėvelinės sistemos; membraniniai biologiniai reaktoriai [11].

Anaerobinis nuotekų valymas pagrįstas anerobinių mikroorganizmų gebėjimu skaidyti teršalus ir daugintis be deguonėje aplinkoje [37]. Plačiausiai naudojami anaerobiniai pramoninių nuotekų valymo metodai yra šie: kontaktiniai bioreaktoriai; bioreaktoriai su pakibusiu dumbliu; bioreaktoriai su įkrova; hibridiniai bioreaktoriai [9].

5 lentelėje pateiktas palyginimas tarp aerobinio ir anaerobinio nuotekų valymo procesų. Aerobiniam procesui reikalingas didesnis energijos poreikis, tačiau pasiekiamas didesnis išvalymo efektyvumas (daugiau nei 95 %). Valant nuotekas aerobiniu būdu, dumblo prieaugis yra mažas, taip pat nereikia daug maisto medžiagų, tačiau pasiekiamas tik vidutinis išvalymo efektyvumas (60–90 %). Dar viena problema valant nuotekas anaerobiniu būdu – potenciali aitraus kvapo problema. Kita vertus, vykdamas anaerobinį procesą, galima biodujų gamyba [40].

5 lentelė. Aerobinio ir anaerobinio nuotekų valymo procesų palyginimas [40]

Rodiklis	Procesas	
	Aerobinis	Anaerobinis
Energijos poreikis	Didelis	Mažas
Išvalymo efektyvumas	Aukštas (>95 %)	Vidutinis (60 – 90 %)
Dumblo prieaugis	Didelis	Mažas
Maisto medžiagų poreikis	Didelis	Mažas
Kvapas	Nedidelė kvapo galimybė	Aitrus
Biodujų gamyba	Negalima	Galima

## 2. TYRIMO METODIKA

### 2.1. Tyrimo objektas

Tyrimo objektu buvo pasirinkta viena stambiausių ir perspektyviausių grūdų perdirbimo įmonių visoje Lietuvoje. Bendrovė gamina platų produkcijos asortimentą ir tiekia jį tiek Lietuvos rinkai, tiek eksportuoja į užsienio šalis. Pagrindiniai gaminami produktai yra šie: krakmolai, glitimas, kviečių pašarai, sirupai. Įmonė padalinta į kelis padalinius: senasis elevatorius, naujasis elevatorius, malūnas, džiovyklos, katilinė, krakmolo gamybos cechai, sirupų cechas.

Krakmolo ir sirupo gamybai naudojami miltai ir gaminami šie produktai:  $\alpha$ -krakmolai, vitalinis glitimas, maltozės, gliukozės sirupas ir pašarų mišinys. Produktai pagaminami šlapio perdirbimo metu. Krakmolo gamyboje miltai, sumaišyti su vandeniu, yra centrifuguojami. Gaunamos trys frakcijos:  $\alpha$ -krakmolo, glitimo/ $\beta$ -krakmolo bei pentozanų. Gaminant sirupus,  $\beta$ -krakmolai perdirbami į sirupą, kuris suskystinamas verdant ir naudojant garą. Tuomet sirupai sacharizuojami ir valomi separatoriais, naudojant membraninę ultrafiltraciją atskiriami riebalai, tuomet sirupai nufiltruojami. Lieka skysta frakcija su riebalais, ji tiekama į pašarų gamybą. Sirupai išgarinami vakuuminėje išgarinimo sistemoje.

Technologiniuose procesuose vanduo naudojamas uždareme cikle. Pirminis kondensatas vėstant garams susidaro katijonizuoto krakmolo džiovykloje. Kondensato vanduo yra švarus, todėl vėl naudojamas garo gamybai. Antrinis kondensatas – tai nešvarus vanduo, kuris konstatavo su produktu. Antrinis kondensatas dekanterijoje. Čia surenkamas ir koncentruotas produktas, kuris tiekiamas į džiovyklą. Dekanterijoje išvalytas vanduo gali būti vėl naudojamas procese. Perteklinis vanduo išleidžiamas į miesto kanalizacijos tinklus, iš kurių patenka į biologinius nuotekų valymo įrenginius. Krakmolo cecho nuotekos valomos specialiuose valymo įrenginiuose. 6 lentelėje pateiktas skirtingų gamybos procesų įrenginių pajėgumas produkcijos kiekiu tonomis per parą. Iš lentelės duomenų matyti, jog didžiausias pajėgumas yra grūdų valymo ir malimo (1 400 t/parą), taip pat natyvinio krakmolo gamyba (500 t/parą), mažiausiai yra pagaminama sirupų (125 t/parą).

6 lentelė. Kviečių krakmolo perdirbimo įmonės renginių projektinis pajėgumas

Gamybos procesas	Pajėgumas, t/parą
Grūdų valymas ir malimas	1 400
Natyvinio krakmolo gamyba	500
Glitimo gamyba	490
Granuliuotų pašarų gamyba	300
Katijonizuoto krakmolo gamyba	230
Sirupų gamyba	125

Šiuo metu įmonėje sudaryta sunaudojamo vandens balansinė schema, taip pat įvertintos galimybės, kaip būtų galima sumažinti vandens sąnaudas. Gamybiniuose procesuose vanduo naudojamas pakartotinai, vyksta vandens cirkuliacija, taikoma priešpriešinio srauto plovimo technologija, šio srauto vandens kokybę kontroliuojama nenutrūkstamu matavimu. Nuolat vykdomas vandens, energijos ir atliekų susidarymo monitoringas. Procesų monitoringas yra automatizuotas ir kontroliuojamas kompiuterinėmis programomis.

Įmonėje taikomos nuotekų kiekio ir taršos mažinimo priemonės, įrengti pirminio valymo įrenginiai, sumažinantys BDS<sub>7</sub> nuotekose iš krakmolo gamybos cecho. Išvaloma iki 2500 mg O<sub>2</sub>/L (valymo efektyvumas 45,7 %). Paviršinėms (lietaus nuotekoms) įrengtos smėliagaudės ir naftos gaudyklės.

7 lentelėje pateiktas didžiausias išleidžiamas nuotekų kiekis per dieną ir metus iš skirtingų nuotekų susidarymo šaltinių. Iš lentelės duomenų matyti, jog didžiausias nuotekų kiekis susidaro gamybinio proceso metu, t.y. giluminio gręžinio vanduo aušinimui – 2 400 m<sup>3</sup> per dieną ir 876 000 m<sup>3</sup> per metus. Šiek tiek mažesnis kiekis susidaro gamybinių nuotekų iš krakmolo gamybos cecho 1 340 m<sup>3</sup> per dieną ir 490 000 m<sup>3</sup> per metus. Mažiausias nuotekų kiekis tenka buitinėms nuotekoms iš buitinių patalpų.

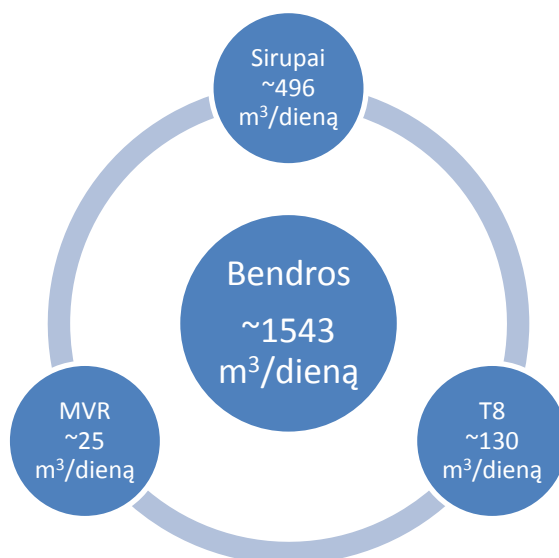
7 lentelė. Didžiausias išleidžiamas nuotekų kiekis skirtingų nuotekų susidarymo šaltinių kviečių krakmolo perdirbimo įmonėje

Išleidžiamos nuotekos	Didžiausias išleidžiamas nuotekų kiekis	
	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /m
Gamybinės nuotekos (giluminio gręžinio vanduo aušinimui)	2 400	876 000
Gamybinės nuotekos iš krakmolo gamybos cecho	1 340	490 000
Paviršinės (lietaus) nuotekos	44,75	16 333
Buitinės-gamybinės nuotekos iš malūno ir buitinių patalpų, „makaronų“ cecho	26	9 500
Buitinės nuotekos iš buitinių patalpų	7	1 771

2 paveiksle pateikta supaprastinta nuotekų srautų schema kviečių krakmolo gamybos įmonėje. Tiriamojo darbo metu pasirinkti analizuoti šie gamybinių nuotekų srautai: *sirupai*, *MVR*, *T8* ir *bendros*. Visus įmonės srautus identifikuoti sunku, nes kviečių perdirbimo pajėgumai yra gana aukšti. Dėl proceso specifiškumo, vandens pakartotinio naudojimo ir kitų veiksnių, darančių

įtaką kviečių perdirbimui, beveik neįmanoma tiksliai įvertinti susidariusių nuotekų kiekių. Apytiksliai nuotekų kiekiai skirtinguose srautuose yra tokie:

- *sirupai* – nuotekos iš sirupų gamybos linijos, kur jonų mainų kolonos plaunamos rūgštiniais tirpalais; šiame sraute per dieną susidaro apie 496 m<sup>3</sup> nuotekų per dieną;
- *T<sub>8</sub>* – kolonų praplovimo vanduo krakmolo gamybos ceche; plaunama šarminiais tirpalais, todėl susidaro aukšto pH nuotekos; apie 130 m<sup>3</sup> nuotekų per dieną;
- *MVR* – nuotekų srautas, kuris susidaro, kuomet yra garinama krakmolo-vandens suspensija, o įranga plaunama šarminiais tirpalais siekiant pašalinti organines medžiagas; apie 25 m<sup>3</sup> nuotekų per dieną;
- *bendros* – bendras nuotekų srautas iš visų minėtų nuotekų srautų: sirupų, T<sub>8</sub>, SFL ir MVR. Šie nuotekų srautai sumaišomi ir tiekiami į buitinių nuotekų valymo įrenginius.



**2 pav.** Nuotekų srautų schema kviečių krakmolo gamybos įmonėje

## 2.2. Tyrimo eiga

Atliekant pasirinktų parametrų analizę, mėginiai buvo imami 2 kartus per savaitę, 2 mėnesius iš eilės. Buvo atlikta 17 mėginių paėmimo operacijų iš skirtingų nuotekų srautų. Iš viso buvo paimti ir analizuoti 116 nuotekų mėginių, įskaitant dublikatus. Vidutinis vienos dienos mėginys buvo sudarytas iš 3–4 per dieną paimtų ir sumaišytų nuotekų ėminių. Rečiau buvo imami MVR srauto mėginiai dėl technologinio proceso ypatumų.

Buvo pasirinkti analizuoti šie cheminiai parametrai, parodantys organinių medžiagų koncentraciją: bendra organinė anglis, biocheminis deguonies suvartojimas (BDS<sub>5</sub>), cheminis deguonies suvartojimas (ChDS), skendinčios medžiagos. Neorganinių medžiagų koncentraciją

parodantys rodikliai buvo šie: amonio azotas, bendras azotas, chloridai, fosfatai, bendras fosforas, kalcis, kalis, magnis, nitratai, nitritai ir sulfatai. Buvo analizuojamas vienas fizikinis rodiklis – pH (8 lentelė). Kai kurie iš parametrų buvo analizuojami Kauno technologijos universiteto laboratorijoje, kiti – kviečių krakmolo perdirbimo įmonės laboratorijoje, UAB „Kauno vandenys“ laboratorijoje arba agrocheminių tyrimo centro laboratorijoje.

8 lentelė. Tiriamojo darbo metu analizuoti parametrai

Nr.	Cheminiai parametrai	Analizės atlikimo vieta
	<i>Organinės medžiagos</i>	
1	Bendra organinė anglis, BOA	Įmonė*
2	BDS <sub>5</sub> , bendras	KTU*
3	ChDS, bendras	KTU
4	Skendinčios medžiagos, SM	Įmonė
	<i>Neorganinės medžiagos</i>	
5	Amonis, NH <sub>4</sub> -N	KTU
6	Azotas, bendras	KTU
7	Chloridai, Cl	KTU
8	Fosfatai, PO <sub>4</sub> -P	KTU
9	Fosforas, bendras	Įmonė
10	Kalcis, Ca	Įmonė
11	Kalis, K	Įmonė
12	Magnis, Mg	ATC*
13	Nitratai, NO <sub>3</sub> -N	KTU
14	Nitritai, NO <sub>2</sub> -N	KV*
15	Sulfatai, SO <sub>4</sub> -S	KTU
	<b>Fizikiniai parametrai</b>	
16	pH	KTU

\*Įmonė – kviečių krakmolo perdirbimo įmonė.

\*KTU – Kauno technologijos universiteto laboratorija;

\*ATC – Agrocheminių tyrimo centro laboratorija;

\*KV – UAB „Kauno vandenys“ laboratorija.

Šių medžiagų skirtingos koncentracijos daro įtaką biologiniam nuotekų valymo procesui, todėl pasirinkta analizuoti ir įvertinti būtent šių rodiklių koncentracijas. Taip pat visoms šioms medžiagoms yra nustatytos didžiausios leistinos koncentracijos (DLK) į nuotekų surinkimo sistemą ir į gamtinę aplinką pagal nuotekų tvarkymo reglamentą. Toliau aprašomos metodikos, skirtos šių rodiklių koncentracijoms nustatyti.

## 2.3. Nuotekų kokybės parametrų nustatymo metodikos

### Bendra organinė anglis

Norint gauti tikslesnius rezultatus apie organinių medžiagų, esančių nuotekų mėginiuose, išmatuotas bendros organinės anglies kiekis naudojant pramoninį TOC analizatorių, esantį kviečių krakmolo perdirbimo įmonėje.

### Biocheminis deguonies suvartojimas

Biocheminis deguonies suvartojimas buvo matuojamas visuose 4 nuotekų srautų mėginiuose pagal standartizuotą biocheminio deguonies suvartojimo nustatymo metodą, aprašytą normatyviniame dokumente *LAND 47-1:2007 „Vandens kokybė. Biocheminio deguonies suvartojimo per n parų (BDS<sub>n</sub>) nustatymas. 1 dalis. Skiedimo ir sėjimo, pridėjus aliltiokarbamido, metodas“*, patvirtintame Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2007 gruodžio 3 d. įsakymu Nr. D1-655 (Žin., 2007, Nr. 130-5270). Metodo esmė – nustatomas deguonies koncentracijos sumažėjimas vandens mėginiuose, kurie laikomi penkias paras tamsoje, 20 °C temperatūroje [41, 42].

Ištirpusio deguonies koncentracija buvo nustatoma jodometriniu metodu (pagal standartą *LST EN 25813*). Mažiausia koncentracija, nustatoma šiuo metodu – 0,3 mg/l. Metodo esmė – šarminėje terpėje mangano (IV) hidroksidas, reaguodamas su vandenyje ištirpusiu deguonimi, virsta netirpiu keturvalenčio mangano hidroksidu, kuris išsiskiria iš tirpalo rudomis nuosėdomis. Esant kalio jodido pertekliui ir rūgštinant tirpalą, išsiskiria jodo kiekis, ekvivalentiškas deguonies kiekiui, kuris nutitruojamas natrio tiosulfato tirpalu.

### Cheminis deguonies suvartojimas

Cheminis deguonies suvartojimas buvo matuojamas visuose 4 nuotekų srautų mėginiuose siekiant kiekybiškai įvertinti deguonies kiekį, reikalingą oksiduoti organines medžiagas, esančias mėginiuose. Buvo naudojamas standartizuotas cheminio deguonies suvartojimo nustatymo metodas, aprašytas normatyviniame dokumente *LAND 83-2006 „Vandens kokybė. Cheminio deguonies suvartojimo nustatymas“*, patvirtintame Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2006 gruodžio 8 d. įsakymu Nr. D1-579 (Žin., 2006, Nr. 137-5245) [43]. Nuotekų mėginiai buvo surinkti ir laikomi 4 °C temperatūroje, ne ilgiau kaip 24 valandas. Buvo analizuojami nefiltruoti ir filtruoti mėginiai. Analizei buvo naudojami 0,45 µm porų dydžio membraninių švirškų filtrai. Analizė atliekama naudojant „Lovibond® COD HR Vario“ analizatorių (diapazonas: 0–15000 mg O<sub>2</sub>/L).

## **Skendinčios medžiagos**

Skendinčių medžiagų koncentracijos analizė buvo atliekama kviečių krakmolo perdirbimo įmonės laboratorijoje pagal standartizuotą skendinčių medžiagų nustatymo metodą, aprašytą normatyviniame dokumente *LAND 46-2007 „Vandens kokybė. Skendinčių medžiagų nustatymas. Košimo pro stiklo pluošto koštuvą metodas“*, patvirtintame Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2007 liepos 13 d. įsakymu Nr. D1-412 (Žin., 2007, Nr. 80-3284) [44].

## **Amonio azotas**

Amonio azotas buvo matuojamas visuose 4 nuotekų srautų mėginiuose pagal standartizuotą amonio azoto nustatymo metodą, aprašytą normatyviniame dokumente *LAND 38-2000 „Vandens kokybė. Amonio kiekio nustatymas. Rankinis spektrometrinis metodas“*, patvirtintame Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2000 m. lapkričio 6 d. įsakymu Nr. 485 [45].

Metodo esmė – amonio jonas, esant šarminei terpei, reaguodamas su kalio tetrajodomerkuratu (Nestlerio reagentu), sudaro geltonai rudos spalvos gyvsidabrio amonio jodatą. Šviesos absorbcijos intensyvumas matuojamas fotokolorimetriniu metodu, kai bangos ilgis  $\lambda=400$  nm. Mėginiai prieš analizę buvo centrifuguojami 20 minučių 700 rpm siekiant nusodinti skendinčias medžiagas.

## **Bendras azotas**

Bendro azoto koncentracijos analizė buvo atliekama kviečių krakmolo perdirbimo įmonės laboratorijoje analizatoriumi „Flash 2000“ naudojant azoto dujas kaip nešiklį.

## **Chloridai**

Chloridų kiekis buvo matuojamas visuose 4 nuotekų srautų mėginiuose pagal standartizuotą chloridų nustatymo metodą, aprašytą normatyviniame dokumente *LAND 63-2004 „Vandens kokybė. Chlorido kiekio nustatymas. Titravimas sidabro nitratu, vartojant chromato indikatorių (Moro metodas)“*, patvirtintame Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2004 m. gruodžio 30 d. įsakymu Nr. D1-713 (Žin., 2005, Nr. 4-82) [46].

Metodo esmė – chloridai, reaguodami su sidabro jonais, sudaro netirpų sidabro chloridą, kuris iškrenta į nuosėdas. Įpylus nedidelį sidabro jonų perteklių, esant chromato jonams, kurie buvo pridėti kaip indikatoriai, susidaro raudonai rudos sidabro chromato nuosėdos.

## **Fosfatų fosforas**

Fosfatų koncentracija buvo matuojama visuose 4 nuotekų srautų mėginiuose pagal standartizuotą fosforo kiekio nustatymo metodą, aprašytą normatyviniame dokumente *LAND*



58:2003 „Vandens kokybė. Fosforo nustatymas. Spektrometrinis metodas, vartojant amonio molibdatą“, patvirtintame Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2003 m. gruodžio 5 d. įsakymu Nr. 624 (Žin., 2004, Nr. 6-119) [47].

Metodo esmė – rūgščioje terpėje ortofosfatas, reaguodamas su molibdatu, sudaro heteropolirūgštį. Ją redukavus askorbo rūgštimi ir dalyvaujant stibio druskai, gaunamas skirtingo intensyvumo mėlynos spalvos fosforo ir molibdeno kompleksinis junginys. Šviesos absorbcijos intensyvumas matuojamas fotokolorimetriniu metodu, kai bangos ilgis  $\lambda=670$  nm.

### **Bendras fosforas**

Bendro fosforo koncentracijos analizė buvo atliekama ICP masių spektrometru „Elan DRC II“ naudojant deguonies ir argono dujas kaip nešiklį. Prieš analizę mėginiai buvo mineralizuojami „CEM MARS“ mineralizatoriumi naudojant 70 % azoto rūgšties ir 30 % vandenilio peroksido tirpalą.

### **Kalcis**

Kalcio koncentracijos analizė buvo atliekama liepsnos fotometru „BWB XP“ naudojant propano ir butano dujas kaip nešiklį. Prieš analizę mėginiai buvo mineralizuojami „CEM MARS“ mineralizatoriumi naudojant 70 % azoto rūgšties ir 30 % vandenilio peroksido tirpalą. Buvo naudojamas standartizuotas kalcio nustatymo metodas, aprašytas normatyviniame dokumente *LST EN ISO 7980:2000* „Vandens kokybė. Kalcio ir magnio nustatymas. Spektrometrinis atominės absorbcijos metodas (ISO 7980:1986)“ [48].

### **Kalis**

Kalio koncentracijos analizė buvo atliekama liepsnos fotometru „BWB XP“ naudojant propano ir butano dujas kaip nešiklį. Prieš analizę mėginiai buvo mineralizuojami „CEM MARS“ mineralizatoriumi naudojant 70 % azoto rūgšties ir 30 % vandenilio peroksido tirpalą.

### **Magnis**

Magnio koncentracijos analizė buvo atliekama agrocheminių tyrimų centro laboratorijoje pagal standartizuotą magnio kiekio nustatymo metodą, aprašytą normatyviniame dokumente *LST EN ISO 7980:2000* „Vandens kokybė. Kalcio ir magnio nustatymas. Spektrometrinis atominės absorbcijos metodas (ISO 7980:1986)“ [48].

## **Nitritai**

Nitritų koncentracijos analizė buvo atliekama UAB „Kauno vandenys“ laboratorijoje pagal standartizuotą nitritų kiekio nustatymo metodą, aprašytą normatyviniame dokumente *LST EN ISO 13395:2000 „Vandens kokybė. Nitritų azoto, nitratų azoto ir jų sumos analizuojant srautą (CFA ir FIA) nustatymas ir spektrometrinis aptikimas (ISO 13395:1996)“* [49].

## **Nitratai**

Nitratų koncentracijoms nustatyti naudota metodika, aprašyta 1944 m. Lietuvos aplinkos apsaugos ministerijos parengtame leidinyje *„Unifikuoti nuotekų ir paviršinių vandenų kokybės tyrimų metodai. 1 dalis“* [50].

## **Sulfatai**

Sulfatų koncentracijoms nustatyti naudota metodika, aprašyta 1944 m. Lietuvos aplinkos apsaugos ministerijos parengtame leidinyje *„Unifikuoti nuotekų ir paviršinių vandenų kokybės tyrimų metodai. 1 dalis“* [50]. Metodo esmė – vandenyje ištirpę sulfatai nusodinami mažai tirpaus sulfato pavidalu, vėliau išskiriami iš tirpalo filtruojant per tankų filtrą, kuris sudeginamas kartu su nuosėdomis, o likutis pasveriamas.

## **pH**

Vandenilio jonų koncentracija, t.y. pH buvo nustatomas naudojant nešiojamą įrenginį „pH/Cond 340i“ (WTW, Vokietija).

### 3. REZULTATAI

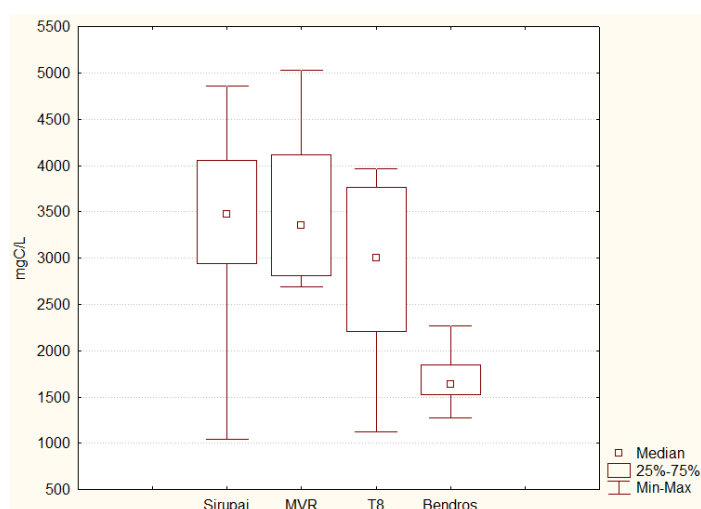
#### 3.1. Bendra organinė anglis

Didžiausios bendros organinės anglies koncentracijos vidutinės reikšmės gautos *MVR* srauto mėginiuose (3640 mg/L), mažesnės *sirupų* ir *T<sub>8</sub>* srautuose. Apytiksliai du kartus mažesnė vertė gauta *bendro* srauto mėginiuose (1710 mg/L). Bendros organinės anglies koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose pateikti 1 priede.

Pagal standartinę nuokrypį galima spręsti, kaip plačiai svyruoja matavimai, t.y. kaip reikšmės yra išsibarsčiusios aplink vidurkį. Tačiau kai matavimų skalės smarkiai kinta, naudinga apskaičiuoti variacijos koeficientą, kuris išreiškia duomenų kintamumą nepriklausomai nuo matavimų skalės. Jis apskaičiuojamas standartinę nuokrypį padalinant iš aritmetinio vidurkio. Didžiausias variacijos koeficientas nustatytas *T<sub>8</sub>* srauto mėginiuose, standartinis nuokrypis sudaro 19 % vidurkio – reikšmės išsibarsčiusios apie vidurkį labiausiai iš visų tirtų srautų mėginių. Mažiausias išsibarstymas *MVR* srauto mėginių (24 %).

3 paveiksle grafiškai pavaizduota bendros organinės anglies koncentracija skirtingų srautų mėginiuose viso tyrimo metu. Minimalios ir maksimalios vertės skirtinguose srautuose yra tokios: *sirupų* – 1040 ir 4860 mg/L, *MVR* – 2690 ir 5020 mg/L, *T<sub>8</sub>* – 1120 ir 3940 mg/L, *bendro* srauto – 1270 ir 2270 mg/L. Apatinio ir viršutinio kvartilio vertės *sirupų* sraute yra 2940 ir 4060 mg/L, *MVR* mėginiuose – 2810 ir 4110 mg/L, *T<sub>8</sub>* – 2210 ir 3770 mg/L, *bendrame* sraute – 1520 ir 1850 mg/L.

Apskaičiuota, jog bendros organinės anglies kiekis *sirupų* sraute yra 1690 kg per dieną, *MVR* – 90 kg/d, *T<sub>8</sub>* – 380 kg/d. Didžiausias BOA kiekis susidaro *bendrame* sraute – 2640 kg/d. Skirtinguose srautuose susidarančių teršalų kiekis pateiktas 17 priede.



**3 pav.** Bendros organinės anglies koncentracija skirtingų srautų mėginiuose

### 3.2. Biocheminis deguonies suvartojimas

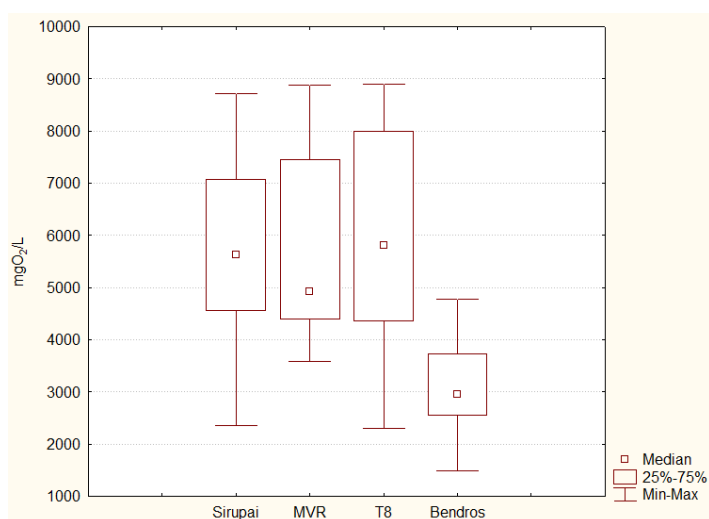
Atlikti BDS<sub>5</sub> naudinga siekiant nustatyti, ar nuotekose esančios organinės medžiagos yra lengvai skaidomos, ir išsiaiškinti, ar nuotekos gali būti valomos biologiniu būdu. Deja, šis parametras nenusako tikslaus lengvai skaidomų organinių medžiagų kiekio, tik parodo deguonies kiekį, reikalingą mikroorganizmams, oksiduojantiems organines medžiagas iki mineralinių.

Didžiausios biocheminio deguonies suvartojimo vidutinės reikšmės gautos *sirupų* srauto mėginiuose (6060 mg O<sub>2</sub>/L), mažesnės *T<sub>8</sub>* ir *MVR* srautuose. Dėl nuotekų praskiedimo su antriniais nuotekų srautais *bendro* srauto mėginiuose BDS<sub>5</sub> vertė buvo beveik perpus mažesnė nei kituose srautuose (3130 mg O<sub>2</sub>/L). Biocheminio deguonies suvartojimo aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose pateikti 2 priede.

Didžiausias variacijos koeficientas nustatytas *T<sub>8</sub>* srauto mėginiuose, standartinis nuokrypis sudaro 39 % vidurkio – reikšmės išsibarsčiusios apie vidurkį labiausiai iš visų tirtų srautų mėginių. Mažiausias išsibarstymas *bendro* srauto mėginių (27 %).

4 paveiksle grafiškai pavaizduotas biocheminis deguonies suvartojimas skirtingų srautų mėginiuose viso tyrimo metu. Minimalios ir maksimalios vertės skirtinguose srautuose yra tokios: *sirupų* – 2350 ir 8730 mg O<sub>2</sub>/L, *MVR* – 3590 ir 8890 mg O<sub>2</sub>/L, *T<sub>8</sub>* – 2310 ir 8900 mg O<sub>2</sub>/L, *bendro* srauto – 1500 ir 4780 mg O<sub>2</sub>/L. Apatinio ir viršutinio kvartilio vertės *sirupų* sraute yra 4570 ir 7070 mg O<sub>2</sub>/L, *MVR* mėginiuose – 4400 ir 7450 mg O<sub>2</sub>/L, *T<sub>8</sub>* – 4360 ir 8000 mg O<sub>2</sub>/L, *bendrame* sraute – 2560 ir 3740 mg O<sub>2</sub>/L.

Apskaičiuota, jog *sirupų* sraute biocheminio deguonies suvartojama 3000 kg per dieną, *MVR* – 140 kg/d, *T<sub>8</sub>* – 770 kg/d. Biocheminio deguonies daugiausiai suvartojama *bendrame* sraute – 4830 kg/d.



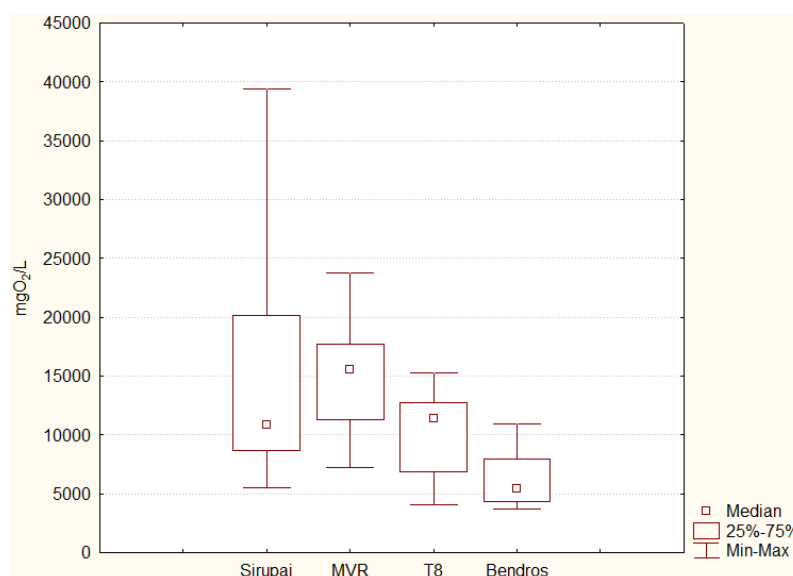
4 pav. Biocheminis deguonies suvartojimas skirtingų srautų mėginiuose

### 3.3. Cheminis deguonies suvartojimas

Pirmąsias keturias savaites buvo analizuojami filtruoti ir nefiltruoti mėginiai siekiant įvertinti tirpią ChDS dalį. Didžiausios cheminio deguonies suvartojimo vidutinės reikšmės gautos MVR srauto mėginiuose (15090 mg O<sub>2</sub>/L), mažesnės *sirupų* ir T<sub>8</sub> srautuose, mažiausios *bendro* srauto mėginiuose (6290 mg O<sub>2</sub>/L). Labiausiai duomenys varijuoja *sirupų* srauto (58 %), mažiausiai – MVR srauto mėginiuose (31 %). Cheminio deguonies suvartojimo aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose pateikti 3 priede.

5 paveiksle grafiškai pavaizduotas cheminis deguonies suvartojimas skirtingų srautų mėginiuose viso tyrimo metu. Minimalios ir maksimalios vertės skirtinguose srautuose yra tokios: *sirupų* – 5540 ir 39380 mg O<sub>2</sub>/L, MVR – 7210 ir 23750 mg O<sub>2</sub>/L, T<sub>8</sub> – 4050 ir 15270 mg O<sub>2</sub>/L, *bendro* srauto – 3730 ir 10970 mg O<sub>2</sub>/L. Apatinio ir viršutinio kvartilio vertės *sirupų* sraute yra 8650 ir 20150 mg O<sub>2</sub>/L, MVR mėginiuose – 11270 ir 17760 mg O<sub>2</sub>/L, T<sub>8</sub> – 6900 ir 12760 mg O<sub>2</sub>/L, *bendrame* sraute – 4360 ir 7930 mg O<sub>2</sub>/L.

Apskaičiuota, jog *sirupų* sraute cheminio deguonies suvartojama 7260 kg per dieną, MVR – 380 kg/d, T<sub>8</sub> – 1300 kg/d. Biocheminio deguonies daugiausiai suvartojama *bendrame* sraute – 9700 kg/d.



5 pav. Cheminis deguonies suvartojimas skirtingų srautų mėginiuose

### 3.4 BDS<sub>5</sub>/ChDS santykis

Organinių medžiagų biologiniam skaidumui įvertinti labai svarbus cheminio deguonies suvartojimo ir biocheminio deguonies suvartojimo santykis (BDS<sub>5</sub>/ChDS). Jei šis santykis yra <3, nuotekos yra gana lengvai skaidomos biologiškai ir gali būti valomos biologiniu būdu.

Analizuojant biocheminio ir cheminio deguonies suvartojimo duomenis, paaiškėjo, jog nuotekos iš visų 4 nuotekų srautų lengvai skaidomos biologiškai. 9 lentelėje pateikti skirtingų nuotekų srautų BDS<sub>5</sub>/ChDS santykiai. Buvo nustatyta, kad BDS<sub>5</sub>/ChDS santykis, apskaičiuotas *sirupų* srautui, yra lygus 2,4, *MVR* nuotekų srauto santykis yra 2,7, *T<sub>8</sub>* – 1,7, *bendro* srauto – 2,1. Gautos vertės parodė, kad visi srautai yra palankūs biologiniam nuotekų valymui. Didžiausias santykis gautas *MVR* sraute, nes šiose nuotekose daug skendinčių medžiagų. Mikroorganizmams yra sudėtinga skaidyti nuosėdose esančias organines medžiagas aerobinėmis sąlygomis, todėl sumažėja BDS<sub>5</sub> vertės. Vis dėlto *bendro* nuotekų srauto santykis parodo, jog kviečių krakmolo perdirbimo įmonės nuotekas galima valyti biologiniu būdu.

9 lentelė. Skirtingų nuotekų srautų BDS<sub>5</sub>/ChDS santykis

Nuotekų srautas	BDS <sub>5</sub> /ChDS santykis
Sirupai	2,4
MVR	2,7
T <sub>8</sub>	1,7
Bendros	2,1

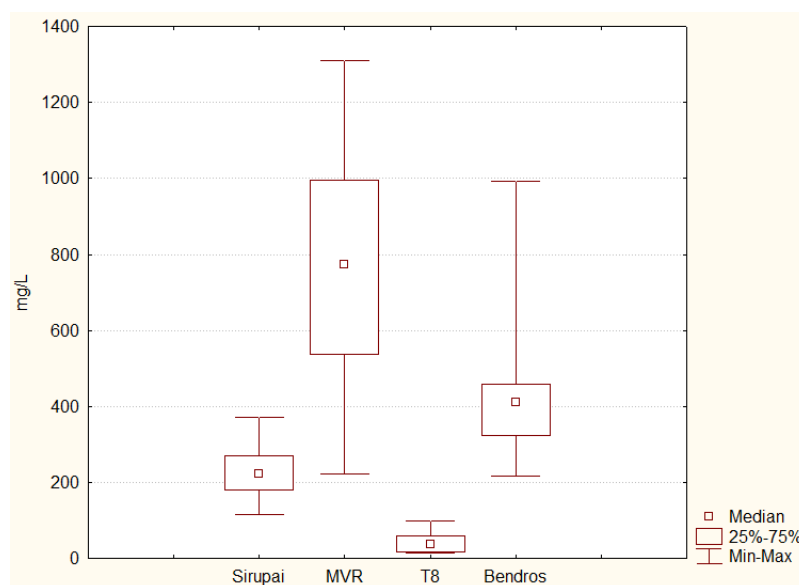
### 3.5. Skendinčios medžiagos

Skendinčių medžiagų koncentracija buvo nustatoma visuose 4 nuotekų srautuose viso tyrimo metu, tačiau  $T_8$  srauto analizė buvo nutraukta dėl per mažų koncentracijų. Didžiausios skendinčių medžiagų vidutinės reikšmės gautos *MVR* srauto mėginiuose (760 mg/L), mažesnės *sirupų* ir *bendrame* sraute, mažiausios  $T_8$  srauto mėginiuose (40 mg/L). Labiausiai duomenys varijuoja  $T_8$  srauto mėginiuose (67 %). Palyginus mažiausias išsibarstymas *sirupų* srauto mėginių (34 %). Skendinčių medžiagų koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose pateikti 4 priede.

Didelė skendinčių medžiagų koncentracija *MVR* srauto mėginiuose gali būti dėl periodinio įrangos plovimo stipriais šarminiais tirpalais. Organinės medžiagos nuo įrangos yra nuplaunamos ir nusėda susidariusiose nuotekose. Didelė SM koncentracija *MVR* sraute sudaro didelę dalį skendinčių medžiagų koncentracijos *bendrame* nuotekų sraute, tačiau atsižvelgiant į šiame sraute esantį SM kiekį galima teigti, jog bendras nuotekų srautas tinkamas biologiniam apdorojimui.

6 paveiksle grafiškai pavaizduota skendinčių medžiagų koncentracija skirtingų srautų mėginiuose viso tyrimo metu. Minimalios ir maksimalios vertės skirtinguose srautuose yra tokios: *sirupų* – 120 ir 370 mg/L, *MVR* – 220 ir 1310 mg/L,  $T_8$  – 20 ir 100 mg/L, *bendro* srauto – 220 ir 990 mg/L. Apatinio ir viršutinio kvartilio vertės *sirupų* sraute yra 180 ir 270 mg/L, *MVR* mėginiuose – 540 ir 1000 mg/L,  $T_8$  – 20 ir 60 mg/L, *bendrame* sraute – 320 ir 460 mg/L.

Apskaičiuota, jog skendinčių medžiagų kiekis *sirupų* sraute yra 110 kg per dieną, *MVR* – 20 kg/d,  $T_8$  – 5 kg/d. Didžiausias SM kiekis susidaro *bendrame* sraute – 710 kg/d.



6 pav. Skendinčių medžiagų koncentracija skirtingų srautų mėginiuose

### 3.6. Amonio azotas

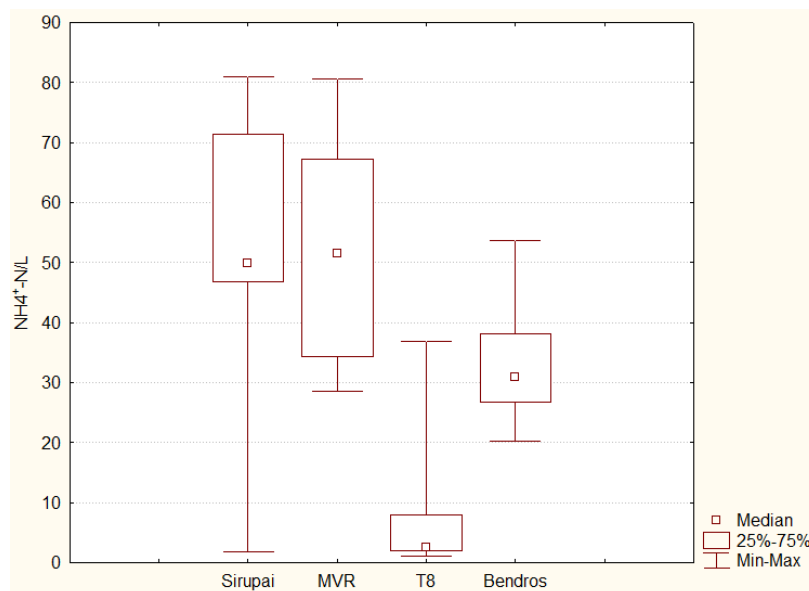
Amonio azoto nitrifikacija į nitratus pradedama aerobiškai, kai amonio azoto jonas veikia kaip elektrono donoras. Todėl svarbu stebėti amonio azoto koncentraciją, nes dėl jo nitrifikacijos padidėja nitratų koncentracija.

Daugiausiai amonio azoto jonų nustatyta *sirupų* srauto mėginiuose (54 mg/L). Lyginant su kitais srautais, mažiausiai amonio azoto jonų turi  $T_8$  srauto mėginiai (10 mg/L). Labiausiai duomenys varijuoja  $T_8$  srauto mėginiuose, standartinis nuokrypis netgi didesnis už vidurkį. Palyginus mažiausias išsibarstymas *bendro* srauto mėginių (27 %). Amonio azoto koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose pateikti 5 priede.

Amonio azoto kiekis visuose srautuose yra gana mažas, todėl gali kilti sunkumų valant nuotekas anaerobiniu būdu, nes biomasės augimui reikalingas amonio azotas.

7 paveiksle grafiškai pavaizduota amonio azoto koncentracija skirtingų srautų mėginiuose viso tyrimo metu. Minimalios ir maksimalios vertės skirtinguose srautuose yra tokios: *sirupų* – 2 ir 80 mg/L, *MVR* – 29 ir 81 mg/L,  $T_8$  – 1 ir 37 mg/L, *bendro* srauto – 20 ir 54 mg/L. Apatinio ir viršutinio kvartilio vertės *sirupų* sraute yra 47 ir 71 mg/L, *MVR* mėginiuose – 34 ir 67 mg/L,  $T_8$  – 2 ir 8 mg/L, *bendrame* sraute – 27 ir 38 mg/L.

Apskaičiuota, jog amonio azoto kiekis *sirupų* sraute yra 27 kg per dieną, *MVR* – 1 kg/d,  $T_8$  – 1 kg/d. Didžiausias amonio azoto kiekis susidaro *bendrame* sraute – 50 kg/d.



7 pav. Amonio azoto koncentracija skirtingų srautų mėginiuose

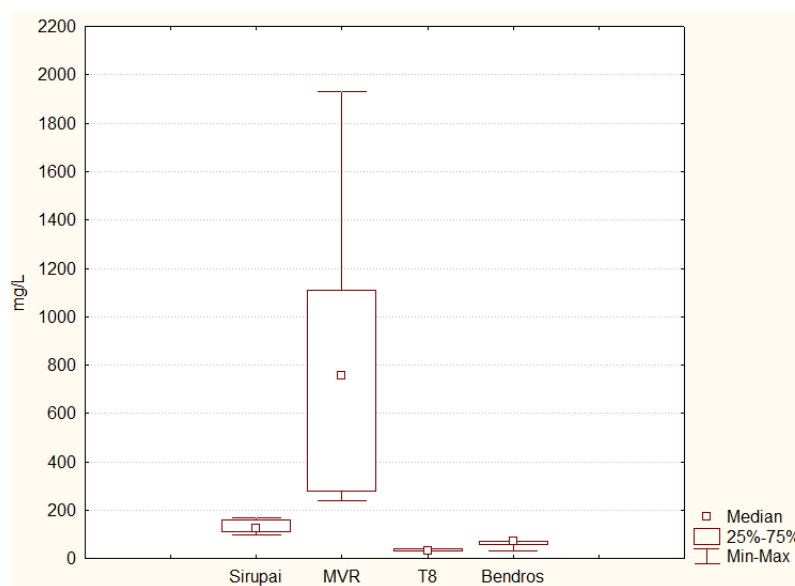


### 3.7. Bendras azotas

Didžiausia bendro azoto koncentracija nustatyta *MVR* srauto mėginiuose (860 mg/L). Mažiausia bendro azoto koncentracija buvo *T<sub>8</sub>* srauto mėginiuose (30 mg/L). Labiausiai duomenys varijuoja *MVR* srauto mėginiuose (73 %). Palyginus mažiausias išsibarstymas *T<sub>8</sub>* srauto mėginių (15 %). Bendro azoto koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose pateikti 6 priede.

8 paveiksle grafiškai pavaizduota bendro azoto koncentracija skirtingų srautų mėginiuose viso tyrimo metu. Minimalios ir maksimalios vertės skirtinguose srautuose yra tokios: *sirupų* – 100 ir 170 mg/L, *MVR* – 240 ir 1930 mg/L, *T<sub>8</sub>* – 30 ir 40 mg/L, *bendro* srauto – 30 ir 70 mg/L. Apatinio ir viršutinio kvartilio vertės *sirupų* sraute yra 110 ir 160 mg/L, *MVR* mėginiuose – 280 ir 1110 mg/L, *T<sub>8</sub>* – 30 ir 40 mg/L, *bendrame* sraute – 60 ir 70 mg/L.

Apskaičiuota, jog bendro azoto kiekis *sirupų* sraute yra 60 kg per dieną, *MVR* – 20 kg/d, *T<sub>8</sub>* – 4 kg/d. Didžiausias bendro azoto kiekis susidaro *bendrame* sraute – 90 kg/d.



8 pav. Bendro azoto koncentracija skirtingų srautų mėginiuose

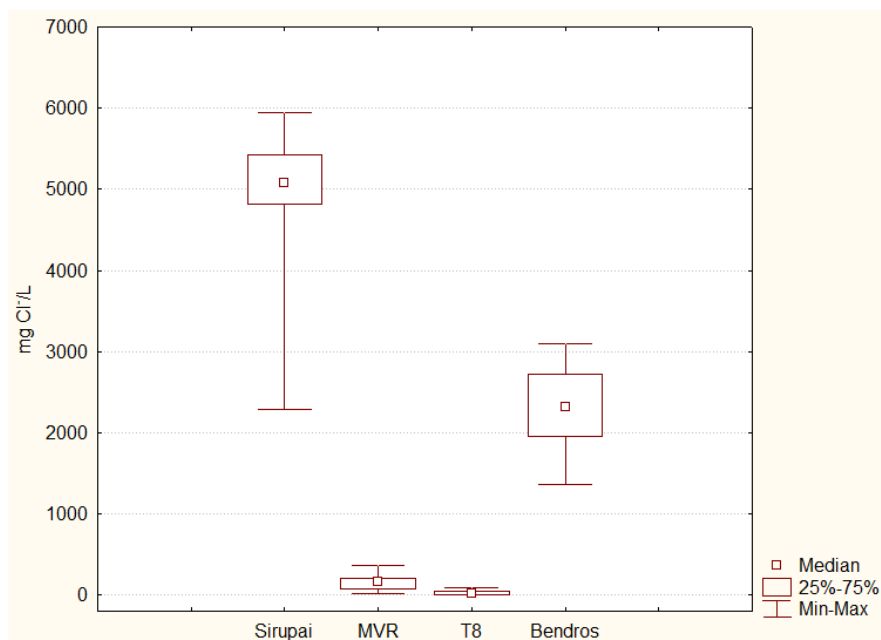
### 3.8. Chloridai

Dėl jonų mainų kolonėlių regeneravimo gliukozės gamybos ceche susidariusiose nuotekose buvo palyginti daug chloridų jonų. Daugiausiai chloridų jonų nustatyta *sirupų* srauto mėginiuose (4789 mg/L). Du kartus mažiau chloridų jonų nustatyta *bendrame* sraute (2313 mg/L). Mažiausiai chloridų jonų turi  $T_8$  srauto mėginiai (31 mg/L). Labiausiai duomenys varijuoja  $T_8$  srauto mėginių chloridų koncentracijos reikšmės. *Bendro* srauto mėginių chloridų koncentracijos reikšmės išsibarsčiusios mažiausiai (22 %). Chloridų koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose pateikti 7 priede.

Didelė chloridų jonų koncentracija gali daryti neigiamą poveikį mikroorganizmams biologiniuose reaktoriuose, t.y. mažinti teršalų skaidymo greitį.

9 paveiksle grafiškai pavaizduota chloridų koncentracija skirtingų srautų mėginiuose viso tyrimo metu. Minimalios ir maksimalios vertės skirtinguose srautuose yra tokios: *sirupų* – 2300 ir 5950 mg/L, *MVR* – 20 ir 360 mg/L,  $T_8$  – 2 ir 90 mg/L, *bendro* srauto – 1360 ir 3090 mg/L. Apatinio ir viršutinio kvartilio vertės *sirupų* sraute yra 4820 ir 5420 mg/L, *MVR* mėginiuose – 80 ir 210 mg/L,  $T_8$  – 10 ir 50 mg/L, *bendrame* sraute – 1960 ir 2720 mg/L.

Apskaičiuota, jog chloridų kiekis *sirupų* sraute yra 2380 kg per dieną, *MVR* – 4 kg/d,  $T_8$  – 4 kg/d. Didžiausias chloridų kiekis susidaro *bendrame* sraute – 3560 kg/d.



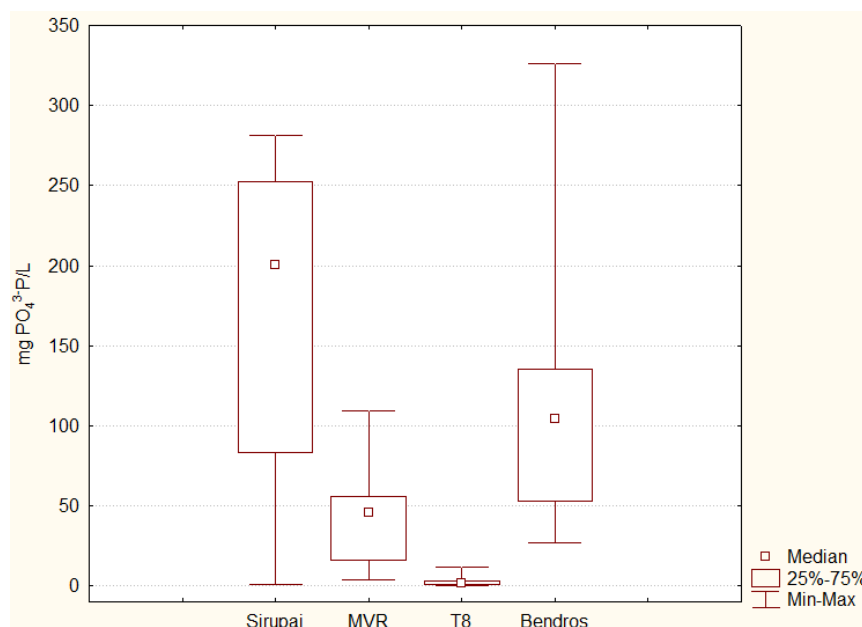
9 pav. Chloridų koncentracija skirtingų srautų mėginiuose

### 3.9. Fosfatai

Daugiausiai fosfatų nustatyta *sirupų* srauto mėginiuose (170 mg/L). Mažiausiai fosfatų turi  $T_8$  srauto mėginiai (3 mg/L). Labiausiai duomenys varijuoja  $T_8$  srauto mėginiuose, standartinis nuokrypis didesnis už vidurkį. Palyginus mažiausias išsibarstymas *sirupų* srauto mėginių (58 %). Fosfatų koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose pateikti 8 priede.

10 paveiksle grafiškai pavaizduota fosfatų koncentracija skirtingų srautų mėginiuose viso tyrimo metu. Minimalios ir maksimalios vertės skirtinguose srautuose yra tokios: *sirupų* – 1 ir 280 mg/L, *MVR* – 4 ir 110 mg/L,  $T_8$  – 0 ir 10 mg/L, *bendro* srauto – 30 ir 330 mg/L. Apatinio ir viršutinio kvartilio vertės *sirupų* sraute yra 80 ir 250 mg/L, *MVR* mėginiuose – 20 ir 60 mg/L,  $T_8$  – 1 ir 3 mg/L, *bendrame* sraute – 50 ir 140 mg/L.

Apskaičiuota, jog fosfatų kiekis *sirupų* sraute yra 80 kg per dieną, *MVR* – 1 kg/d,  $T_8$  – 1 kg/d. Didžiausias fosfatų kiekis susidaro *bendrame* sraute – 170 kg/d.



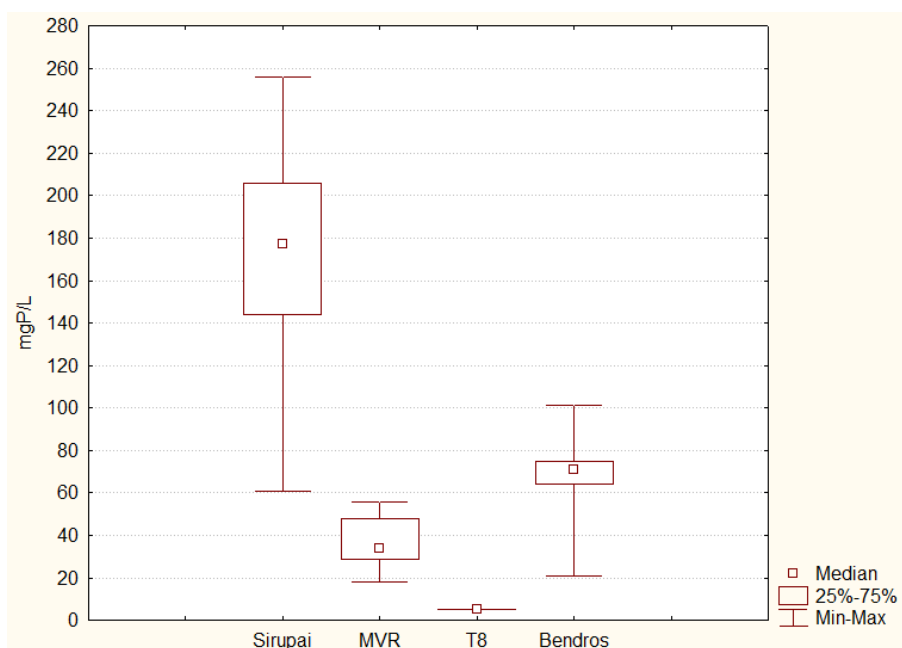
**10 pav.** Fosfatų koncentracija skirtingų srautų mėginiuose

### 3.10. Bendras fosforas

Didžiausia bendro fosforo koncentracija nustatyta *sirupų* srauto mėginiuose (180 mg/L). Mažiausia bendro fosforo koncentracija buvo  $T_8$  srauto mėginiuose (5 mg/L). Labiausiai duomenys varijuoja *MVR* srauto mėginiuose (35 %). Duomenų išsibarstymo nebuvo  $T_8$  srauto mėginiuose. Bendro fosforo koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose pateikti 9 priede.

11 paveiksle grafiškai pavaizduota bendro fosforo koncentracija skirtingų srautų mėginiuose viso tyrimo metu. Minimalios ir maksimalios vertės skirtinguose srautuose yra tokios: *sirupų* – 60 ir 260 mg/L, *MVR* – 20 ir 60 mg/L,  $T_8$  – 5 ir 5 mg/L, *bendro* srauto – 20 ir 100 mg/L. Apatinio ir viršutinio kvartilio vertės *sirupų* sraute yra 140 ir 210 mg/L, *MVR* mėginiuose – 30 ir 50 mg/L,  $T_8$  – 5 ir 5 mg/L, *bendrame* sraute – 60 ir 80 mg/L.

Apskaičiuota, jog bendro fosforo kiekis *sirupų* sraute yra 90 kg per dieną, *MVR* – 1 kg/d,  $T_8$  – 7 kg/d. Didžiausias bendro fosforo kiekis susidaro *bendrame* sraute – 110 kg/d.



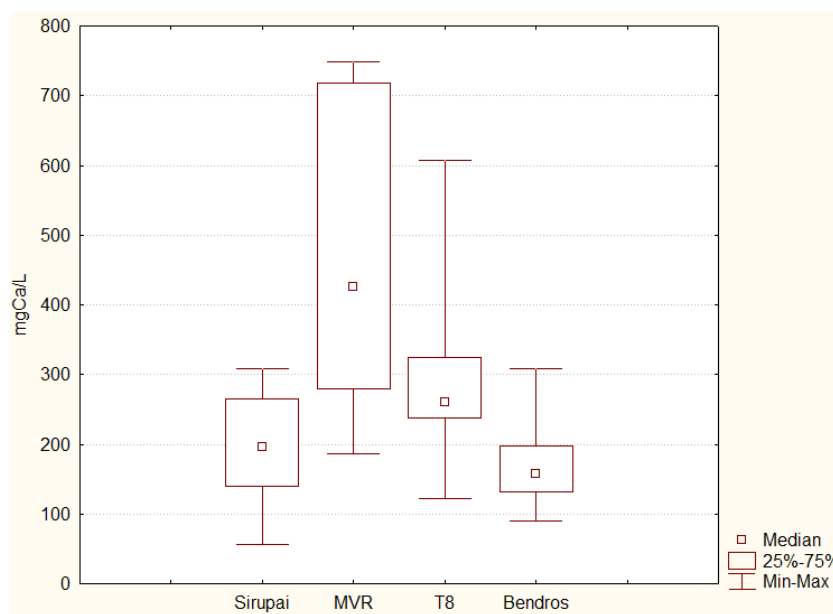
**11 pav.** Bendro fosforo koncentracija skirtingų srautų mėginiuose

### 3.11. Kalcis

Didžiausia kalcio koncentracija nustatyta *MVR* srauto mėginiuose (470 mg/L). Mažiausia kalcio koncentracija buvo *T<sub>8</sub>* srauto mėginiuose (300 mg/L). Duomenys varijuoja beveik visuose srautuose taip pat – 46 %. Mažiausias išsibarstymas *T<sub>8</sub>* srauto mėginių (41 %). Kalcio koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose pateikti 10 priede.

12 paveiksle grafiškai pavaizduota kalcio koncentracija skirtingų srautų mėginiuose viso tyrimo metu. Minimalios ir maksimalios vertės skirtinguose srautuose yra tokios: *sirupų* – 60 ir 310 mg/L, *MVR* – 190 ir 750 mg/L, *T<sub>8</sub>* – 120 ir 610 mg/L, *bendro* srauto – 90 ir 310 mg/L. Apatinio ir viršutinio kvartilio vertės *sirupų* sraute yra 140 ir 270 mg/L, *MVR* mėginiuose – 280 ir 720 mg/L, *T<sub>8</sub>* – 240 ir 330 mg/L, *bendrame* sraute – 130 ir 200 mg/L.

Apskaičiuota, jog kalcio kiekis *sirupų* sraute yra 90 kg per dieną, *MVR* – 10 kg/d, *T<sub>8</sub>* – 40 kg/d. Didžiausias kalcio kiekis susidaro *bendrame* sraute – 280 kg/d.



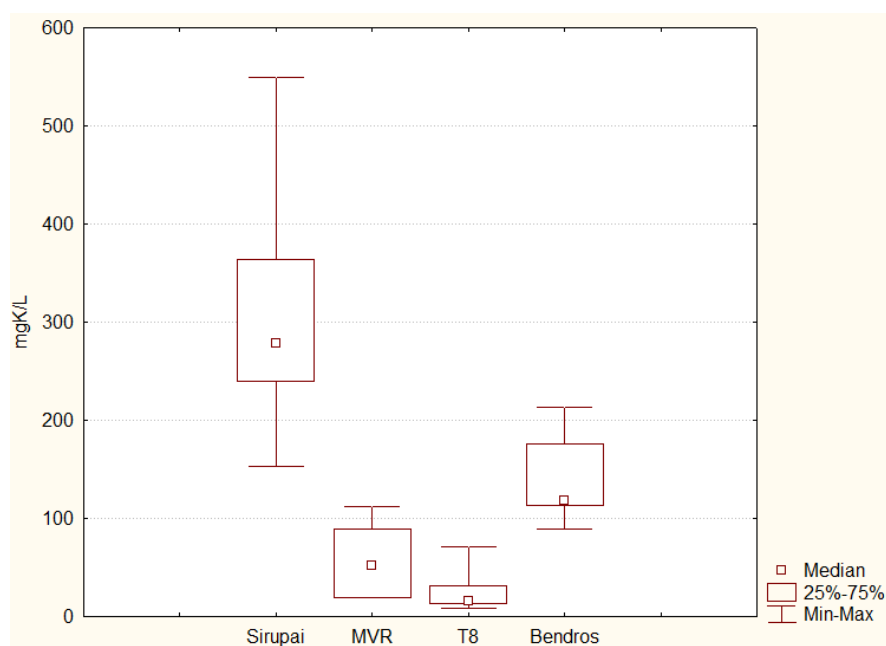
12 pav. Kalcio koncentracija skirtingų srautų mėginiuose

### 3.12. Kalis

Didžiausia kalio koncentracija nustatyta *sirupų* srauto mėginiuose (310 mg/L). Mažiausia kalio koncentracija buvo  $T_8$  srauto mėginiuose (30 mg/L). Labiausiai duomenys varijuoja  $T_8$  srauto mėginiuose (79 %). Palyginus mažiausias išsibarstymas *bendro* srauto mėginių (33 %). Kalio koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose pateikti 11 priede.

13 paveiksle grafiškai pavaizduota kalio koncentracija skirtingų srautų mėginiuose viso tyrimo metu, mg/L. Minimalios ir maksimalios vertės skirtinguose srautuose yra tokios: *sirupų* – 150 ir 550 mg/L, *MVR* – 20 ir 110 mg/L,  $T_8$  – 10 ir 70 mg/L, *bendro* srauto – 90 ir 210 mg/L. Apatinio ir viršutinio kvartilio vertės *sirupų* sraute yra 240 ir 360 mg/L, *MVR* mėginiuose – 20 ir 90 mg/L,  $T_8$  – 14 ir 30 mg/L, *bendrame* sraute – 110 ir 180 mg/L.

Apskaičiuota, jog kalio kiekis *sirupų* sraute yra 150 kg per dieną, *MVR* – 2 kg/d,  $T_8$  – 4 kg/d. Didžiausias kalio kiekis susidaro *bendrame* sraute – 220 kg/d.



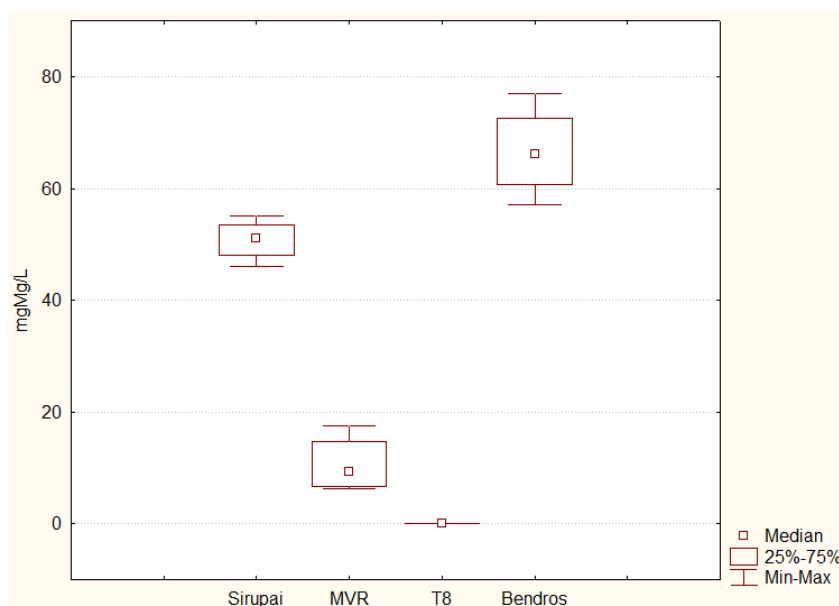
**13 pav.** Kalio koncentracija skirtingų srautų mėginiuose

### 3.13. Magnis

Didžiausia magnio koncentracija nustatyta *sirupų* srauto mėginiuose (51 mg/L). Mažiausia magnio koncentracija buvo  $T_8$  srauto mėginiuose (0,1 mg/L). Labiausiai duomenys varijuoja *MVR* srauto mėginiuose (45 %). Palyginus mažiausias išsibarstymas  $T_8$  srauto mėginių (0,4 %). Magnio koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose pateikti 12 priede.

14 paveiksle grafiškai pavaizduota magnio koncentracija skirtingų srautų mėginiuose viso tyrimo metu, mg/L. Minimalios ir maksimalios vertės skirtinguose srautuose yra tokios: *sirupų* – 46 ir 55 mg/L, *MVR* – 6 ir 18 mg/L,  $T_8$  – 0,05 ir 0,12 mg/L, *bendro* srauto – 57 ir 77 mg/L. Apatinio ir viršutinio kvartilio vertės *sirupų* sraute yra 48 ir 54 mg/L, *MVR* mėginiuose – 7 ir 15 mg/L,  $T_8$  – 0,05 ir 0,12 mg/L, *bendrame* sraute – 61 ir 73 mg/L.

Apskaičiuota, jog magnio kiekis *sirupų* sraute yra 30 kg per dieną, *MVR* – 2 kg/d. Didžiausias magnio kiekis susidaro *bendrame* sraute – 100 kg/d.

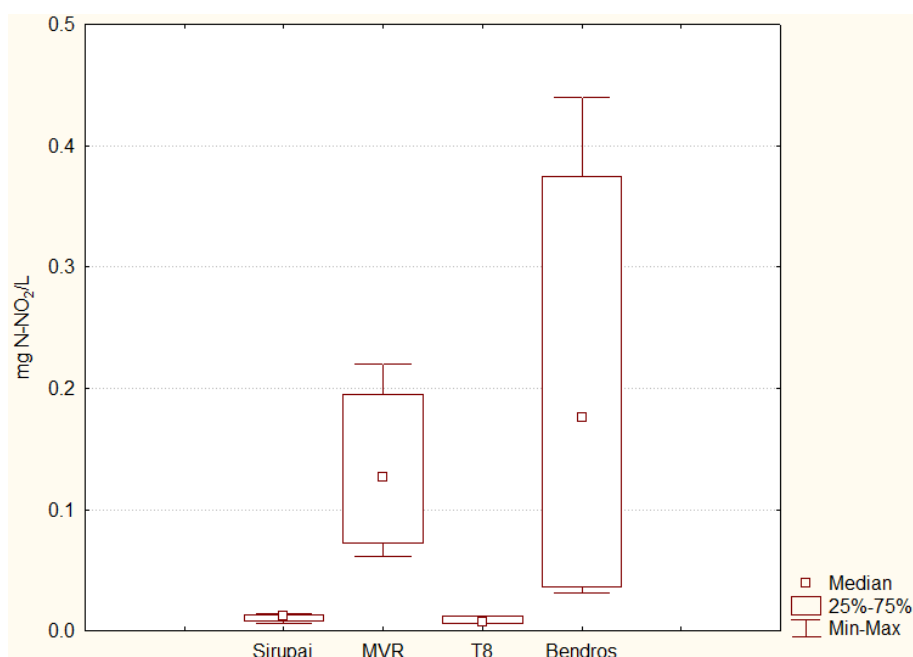


14 pav. Magnio koncentracija skirtingų srautų mėginiuose

### 3.15. Nitritai

Didžiausia nitritų koncentracija nustatyta *bendro* srauto mėginiuose (0,205 mg/L). Mažiausia nitratų koncentracija buvo *T<sub>8</sub>* srauto mėginiuose (0,008 mg/L). Labiausiai duomenys varijuoja *bendro* srauto mėginiuose (98 %). Palyginus mažiausias išsibarstymas *sirupų* srauto mėginių (27 %). Nitritų koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose pateikti 14 priede.

15 paveiksle grafiškai atvaizduotas nitritų koncentracija skirtingų srautų mėginiuose viso tyrimo metu. Minimalios ir maksimalios vertės skirtinguose srautuose yra tokios: *sirupų* – 0,006 ir 0,014 mg/L, *MVR* – 0,061 ir 0,22 mg/L, *T<sub>8</sub>* – 0,006 ir 0,012 mg/L, *bendro* srauto – 0,031 ir 0,44 mg/L. Apatinio ir viršutinio kvartilio vertės *sirupų* sraute yra 0,008 ir 0,013 mg/L, *MVR* mėginiuose – 0,072 ir 0,195 mg/L, *T<sub>8</sub>* – 0,006 ir 0,012 mg/L, *bendrame* sraute – 0,036 ir 0,375 mg/L.



**15 pav.** Nitritų koncentracija skirtingų srautų mėginiuose

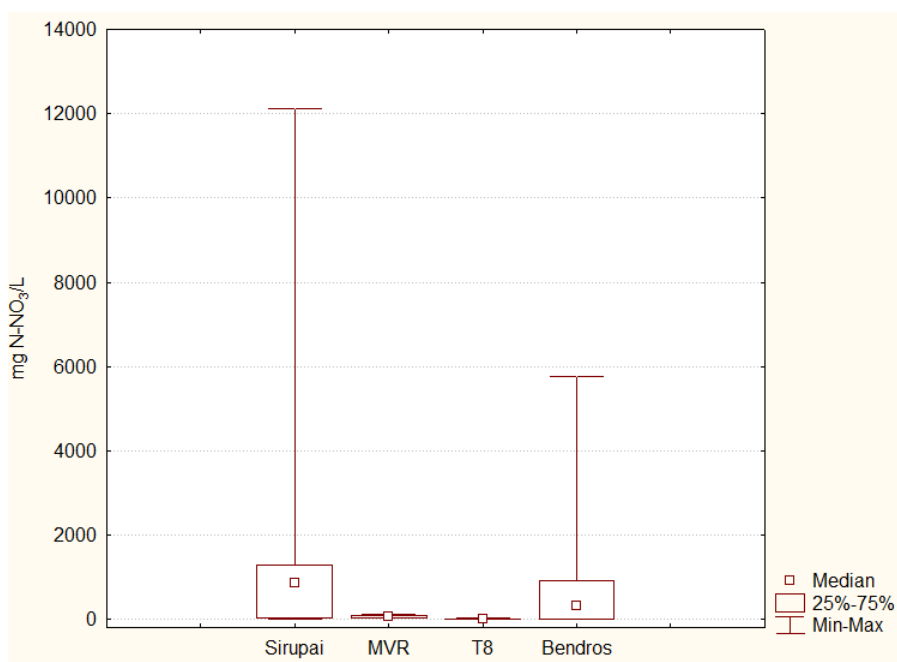


### 3.14. Nitratai

Didžiausia nitratų koncentracija nustatyta *sirupų* srauto mėginiuose (2310 mg/L). Mažiausia nitratų koncentracija buvo  $T_8$  srauto mėginiuose (10 mg/L). Labiausiai duomenys varijuoja *bendro* srauto mėginiuose (189 %), čia standartinis nuokrypis didesnis už vidurkį. Palyginus mažiausias išsibarstymas *MVR* srauto mėginių (62 %). Nitratų koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose pateikti 13 priede.

16 paveiksle grafiškai atvaizduotas nitratų koncentracija skirtingų srautų mėginiuose viso tyrimo metu. Minimalios ir maksimalios vertės skirtinguose srautuose yra tokios: *sirupų* – 10 ir 12100 mg/L, *MVR* – 5 ir 120 mg/L,  $T_8$  – 0,1 ir 40 mg/L, *bendro* srauto – 5 ir 5770 mg/L. Apatinio ir viršutinio kvartilio vertės *sirupų* sraute yra 30 ir 1290 mg/L, *MVR* mėginiuose – 40 ir 100 mg /L,  $T_8$  – 0,5 ir 10 mg/L, *bendrame* sraute – 10 ir 920 mg/L.

Apskaičiuota, jog nitratų kiekis *sirupų* sraute yra 1150 kg per dieną, *MVR* – 2 kg/d,  $T_8$  – 20 kg/d. Didžiausias kalio kiekis susidaro *bendrame* sraute – 1700 kg/d.



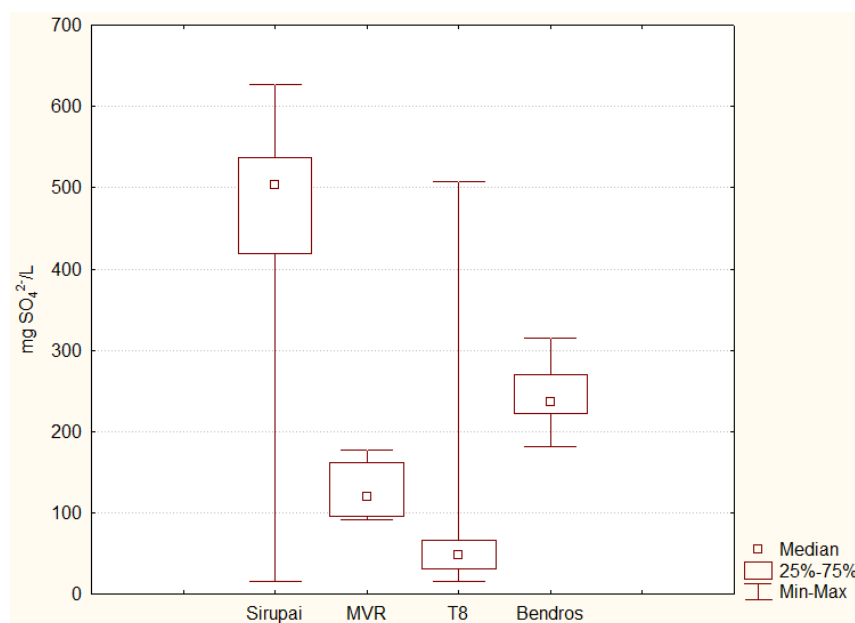
**16 pav.** Nitratų koncentracija skirtingų srautų mėginiuose

### 3.16. Sulfatai

Daugiausiai sulfatų jonų nustatyta *sirupų* srauto mėginiuose (460 mg/L). Mažiausiai sulfatų jonų nustatyta  $T_8$  srauto mėginiuose (100 mg/L). Labiausiai duomenys varijuoja  $T_8$  srauto mėginių chloridų koncentracijos reikšmės, standartinis nuokrypis netgi didesnis už vidurkį. Palyginus mažiausias išsibarstymas *bendro* srauto mėginių (16 %). Sulfatų koncentracijos aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose pateikti 15 priede.

17 paveiksle grafiškai pavaizduota sulfatų koncentracija skirtingų srautų mėginiuose viso tyrimo metu. Minimalios ir maksimalios vertės skirtinguose srautuose yra tokios: *sirupų* – 20 ir 630 mg/L, *MVR* – 90 ir 180 mg/L,  $T_8$  – 20 ir 510 mg/L, *bendro* srauto – 180 ir 320 mg/L. Apatinio ir viršutinio kvartilio vertės *sirupų* sraute yra 420 ir 540 mg/L, *MVR* mėginiuose – 100 ir 160 mg/L,  $T_8$  – 30 ir 70 mg/L, *bendrame* sraute – 220 ir 270 mg/L.

Apskaičiuota, jog sulfatų kiekis *sirupų* sraute yra 228 kg per dieną, *MVR* – 3 kg/d,  $T_8$  – 13 kg/d. Didžiausias kalio kiekis susidaro *bendrame* sraute – 390 kg/d.

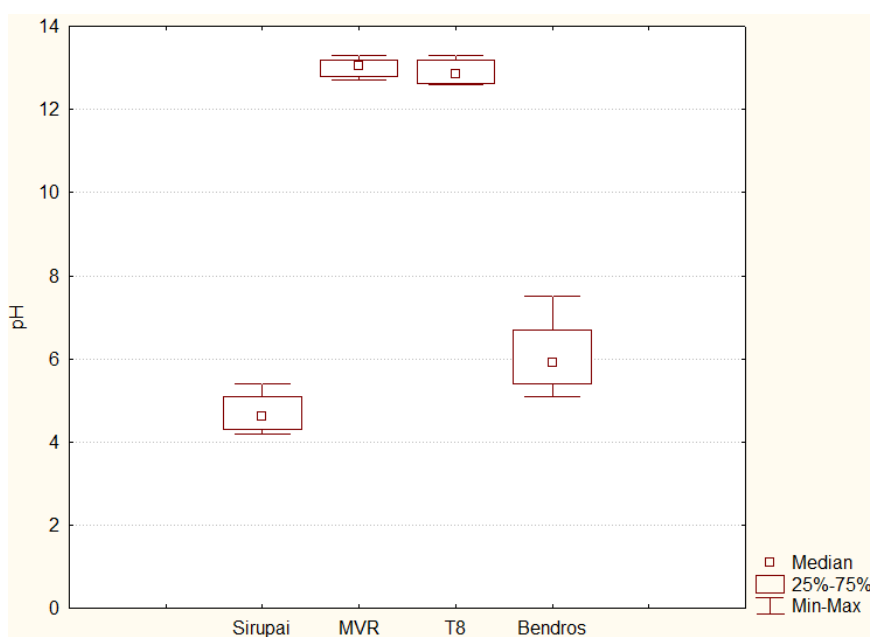


**17 pav.** Sulfatų koncentracija skirtingų srautų mėginiuose

### 3.17. pH

Didžiausias pH nustatytas *MVR* srauto mėginiuose (13), o mažiausias – *sirupų* srauto mėginiuose (4,7). Labiausiai duomenys varijuoja *T<sub>8</sub>* srauto (13 %). Palyginus mažiausias išsibarstymas *MVR* ir *T<sub>8</sub>* srautų mėginių (2 %). Vandenilio potencialo aprašomosios statistikos parametrai skirtinguose srautuose pateikti 16 priede.

18 paveiksle grafiškai pavaizduotas vandenilio potencialas skirtingų srautų mėginiuose viso tyrimo metu. Minimalios ir maksimalios vertės skirtinguose srautuose yra tokios: *sirupų* – 4,2 ir 5,4, *MVR* – 12,7 ir 13,3, *T<sub>8</sub>* – 12,6 ir 13,3, *bendro* srauto – 5,1 ir 7,5. Apatinio ir viršutinio kvartilio vertės *sirupų* sraute yra 4,3 ir 5,1, *MVR* mėginiuose – 12,8 ir 13,2, *T<sub>8</sub>* – 12,6 ir 13,2, *bendrame* sraute – 5,4 ir 6,7.



**18 pav.** Vandenilio potencialas skirtingų srautų mėginiuose

### 3.18. Rezultatų aptarimas

Vertinant vidutines reikšmes skirtingų srautų mėginiuose, nustatyta, jog didžiausias biocheminis deguonies suvartojimas ( $6060 \text{ mg O}_2/\text{L}$ ), taip pat didžiausios amonio azoto ( $54 \text{ mg/L}$ ), fosfatų ( $170 \text{ mg/L}$ ), bendro fosforo ( $180 \text{ mg/L}$ ), chloridų ( $4790 \text{ mg/L}$ ), sulfatų ( $460 \text{ mg/L}$ ), kalio ( $310 \text{ mg/L}$ ) ir nitratų ( $2310 \text{ mg/L}$ ) koncentracijos buvo *sirupų* srauto mėginiuose. Šis nuotekų srautas, palyginus su kitais, yra labiausiai užterštas organinėmis ir neorganinėmis medžiagomis.

Didžiausios tirtų parametrų koncentracijos, nustatytos *MVR* srauto mėginiuose, yra tokios: bendros organinės anglies  $3640 \text{ mg/L}$ , cheminio deguonies suvartojimo  $15090 \text{ mg O}_2/\text{L}$ , skendinčių medžiagų  $760 \text{ mg/L}$ , bendro azoto  $860 \text{ mg/L}$ , kalcio  $470 \text{ mg/L}$ .

Didžiausios tirtų parametrų koncentracijos, nustatytos *bendro* srauto mėginiuose, yra tokios: magnio  $67 \text{ mg/L}$ , nitritų  $0,205 \text{ mg/L}$ , o mažiausios visų tirtų parametrų koncentracijos nustatytos  $T_8$  srauto mėginiuose.

Lyginant gautas tirtų parametrų reikšmes su nuotekų tvarkymo reglamente pateiktomis normomis, tampa aišku, jog kviečių krakmolo perdirbimo įmonės nuotekos privalo būti išvalytos nuotekas išleidžiant gamtinę aplinką arba nuotekų surinkimo sistemą.

Nuotekų tvarkymo reglamente rašoma, jog gyventojų ekvivalentas (GE) yra santykinis žmonių skaičius, apskaičiuojamas pagal teršalų kiekį nuotekose ( $70 \text{ g BDS}_7/\text{d žm.}$ ). Perskaičiuojant  $\text{BDS}_5$  į  $\text{BDS}_7$ , taikoma formulė:  $\text{BDS}_7 = 1,15 \times \text{BDS}_5$ . Apskaičiuotas aglomeracijos dydis – daugiau kaip  $10000 \text{ GE}$ . Tai reiškia, jog biocheminio deguonies suvartojimo vidutinio paros mėginio DLK yra  $15 \text{ mg O}_2/\text{L}$ . Tiriamojo darbo metu gauta vidutinė reikšmė *bendrame* nuotekų sraute –  $3130 \text{ mg O}_2/\text{L}$ . Ši reikšmė yra daugiau kaip 200 kartų didesnė už nuotekų tvarkymo reglamente nustatytą DLK, todėl galima teigti, jog kviečių krakmolo perdirbimo įmonės nuotekose gausu organinių medžiagų, kurios turi būti pašalintos prieš išleidžiant nuotekas iš įmonės.

Kadangi įmonės aglomeracija yra didesnė nei 2000, cheminio deguonies suvartojimo vidutinio paros mėginio DLK negali viršyti  $125 \text{ mg O}_2/\text{L}$ . Vidutinė šio parametro reikšmė, gauta tiriamojo darbo metu –  $6290 \text{ mg O}_2/\text{L}$ , kuri 50 kartų viršija reglamente nurodytą DLK.

Remiantis nuotekų tvarkymo reglamente pateiktu Lietuvoje kontroliuojamų medžiagų sąrašu, bendro azoto kiekis į nuotekų surinkimo sistemą negali būti didesnis kaip  $100 \text{ mg/L}$ , į gamtinę aplinką –  $30 \text{ mg/L}$ . Tiriamojo darbo metu gauta 2 mėnesių vidutinė reikšmė *bendrame* nuotekų sraute –  $60 \text{ mg/L}$ . *Bendrame* nuotekų sraute esantis bendro azoto kiekis neviršija DLK į nuotekų surinkimo sistemą, tačiau nuotekos negali būti išleistos į gamtinę aplinką.

Nitritų kiekis negali būti didesnis kaip  $0,9 \text{ mg/L}$  nuotekas išleidžiant į nuotekų surinkimo sistemą ir  $0,45 \text{ mg/L}$  į gamtinę aplinką. *Bendrame* nuotekų sraute esantis nitritų kiekis ( $0,2 \text{ mg/L}$ ) neviršija DLK.

Nitratų kiekis negali būti didesnis kaip 69 mg/L nuotekas išleidžiant į nuotekų surinkimo sistemą ir 23 mg/L į gamtinę aplinką. *Bendrame* nuotekų sraute esantis nitratų kiekis (1100 mg/L) 15 kartų viršija DLK į nuotekų surinkimo sistemą ir yra 47 kartais didesnis už DLK į gamtinę aplinką.

Amonio kiekis negali būti didesnis kaip 15 mg/L nuotekas išleidžiant į nuotekų surinkimo sistemą ir 5 mg/L į gamtinę aplinką. *Bendrame* nuotekų sraute esantis amonio azoto kiekis (32 mg/L) daugiau kaip 2 kartus viršija DLK į nuotekų surinkimo sistemą ir yra daugiau kaip 6 kartais didesnis už DLK į gamtinę aplinką.

Bendro fosforo kiekis negali būti didesnis kaip 20 mg/L nuotekas išleidžiant į nuotekų surinkimo sistemą ir 4 mg/L į gamtinę aplinką. *Bendrame* nuotekų sraute esantis amonio azoto kiekis (70 mg/L) yra 3,5 karto didesnis už DLK į nuotekų surinkimo sistemą ir 17,5 karto didesnis už DLK į gamtinę aplinką.

Chloridų kiekis ribojamas taip: DLK į nuotekų surinkimo sistemą yra 2000 mg/L, į gamtinę aplinką – 1000 mg/L. Tiriamojo darbo metu *bendrame* nuotekų sraute nustatyta vidutinė reikšmė buvo 2310 mg/L, kuri yra šiek tiek didesnė už DLK į nuotekų surinkimo sistemą ir turi būti daugiau kaip 2 kartus sumažinta norint nuotekas išleisti į gamtinę aplinką.

Sulfatų DLK į nuotekų surinkimo sistemą yra 1000 mg/L, į gamtinę aplinką – 300 mg/L. *Bendrame* nuotekų sraute esantis sulfatų kiekis (250 mg/L) neviršija DLK (10 lentelė).

10 lentelė. Tiriamojo darbo metu tirtų parametrų reikšmių palyginimas su nuotekų tvarkymo reglamento normomis

Medžiagos pavadinimas	Matavimo vienetas	Vidutinio paros mėginio DLK	DLK, į nuotekų surinkimo sistemą	DLK, į gamtinę aplinką	Bendro nuotekų srauto vidutinė reikšmė
Biocheminis deguonies suvartojimas BDS <sub>5</sub>	mg/L O <sub>2</sub>	15	–	–	–
ChDS	mg/L O <sub>2</sub>	125	–	–	–
Bendras azotas	mg/L	–	100	30	60
Nitritai (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	–	0,9	0,45	0,2
Nitratai (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	–	69	23	1100
Amonio azotas (NH <sub>4</sub> -N)	mg/L	–	15	5	32
Bendras fosforas	mg/L	–	20	4	70
Fosfatai (PO <sub>4</sub> -P)	mg/L	–	–	–	110
Chloridai	mg/L	–	2000	1000	2310
Sulfatai	mg/L	–	1000	300	250

Išanalizavus gautus rezultatus paaiškėjo, kad kviečių krakmolo perdirbimo įmonėje susidarančių nuotekų sudėtis skirtinguose srautuose skiriasi, tačiau visuose srautuose gausu organinių medžiagų, kurias būtų palanku šalinti biologiniu būdu. Tiriamojo darbo metu analizuotų parametrų, svarbių biologiniame nuotekų valyme, apibendrinimas pateiktas 17 priede. Pavyzdžiui, sirupų nuotekų sraute yra didelis kiekis organinių ir maistinių medžiagų, tačiau šio srauto pH yra rūgštinis (4,7), kuris nėra tinkamas biologiniam nuotekų valymui.

$T_8$  sraute yra daug organinių medžiagų tačiau šiame sraute trūksta biologiniame nuotekų valyme reikalingų maistinių medžiagų ( $N_b - 30$  mg/L,  $P_b - 5$  mg/L), taip pat šio srauto pH yra aukštas (12,9), todėl šis srautas taip pat nėra palankus biologiniam nuotekų valymui.

*MVR* nuotekų sraute taip pat yra labai didelis organinių medžiagų kiekis, tačiau šio srauto pH taip pat yra per aukštas (13). Nors šiame sraute yra didelis kiekis azoto junginių, tačiau yra palyginus nedidelis fosforo kiekis. *MVR* nuotekų sraute taip pat yra daug skendinčių medžiagų ( $SM - 760$  mg/L).

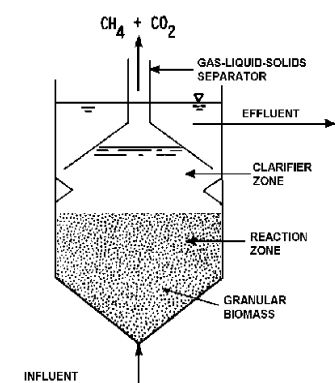
*Bendro* nuotekų srauto pH (6,1) yra palankus biologiniam nuotekų valymui, yra pakankamas organinių ir maistinių medžiagų kiekis. Taip pat šiame sraute pastebėti mažiausi užterštumo parametrų koncentracijų svyravimai (vidutinis variacijos koeficientas 43 %). Šio srauto stabilumas gali būti palankus biologiniams reaktoriams, kurie būtų naudojami organinėms medžiagoms šalinti prieš išleidžiant nuotekas į paviršinius vandenius.

### 3.19. Nuotekų valymo galimybių vertinimas

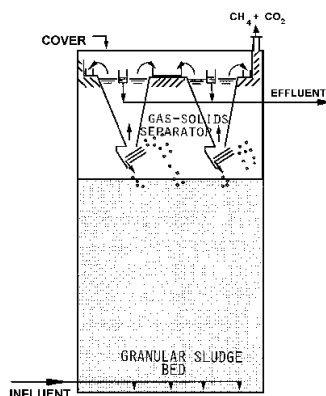
Nors visuose srautuose gausu organinių medžiagų, pH skirtinguose srautuose skiriasi, todėl galimas *sirupų* ir  $T_8$  srautų apjungimas siekiant palaikyti optimalų pH (*sirupų* pH yra rūgštinis,  $T_8$  – šarminis) bei tinkamas nuotekų kokybės parametrų koncentracijas. Pastebėtina, jog biologiškai valant *sirupų* ir  $T_8$  srautus kartu, būtų galima išgauti aukštos kokybės biodujas. Kitus nuotekų srautus, susidarančius įmonėje, taip pat galima apdoroti atskirai, tačiau tuomet nebūtų galima pasiekti didelės metano išėigos, tačiau biologinio nuotekų valymo metu susidaręs dumblas galėtų būti panaudojamas kaip trąša, nes jame gausu fosforo, azoto ir baltymų.

Mokslininkų teigimu, vienas tinkamiausių biologinių nuotekų valymo metodų kviečių krakmolo gamybos nuotekoms valyti yra priešpriešinio srauto anaerobinis reaktorius (ang. *UASB – upflow anaerobic sludge bed reactor*) (19 paveikslas). Šie reaktoriai yra efektyvūs ir pasaulyje plačiai taikomi. Priešpriešinio srauto anaerobiniais reaktoriais galima pasiekti 80–95 % efektyvumą šalinant organines medžiagas, taip pat galima biodujų gamyba [3, 4]. Tačiau dideli sulfatų kiekiai (*bendrame* nuotekų sraute –  $250$  mg  $SO_4^{2-}/L$ ) gali sukelti problemų biodujų gamyboje, nes anaerobinėmis sąlygomis susidaręs vandenilio sulfidas daro toksinį poveikį biomasei biologiniame nuotekų valyme Anaerobinės zonos paskirtis – biologinis fosforo junginių pašalinimas. Pasiiekti

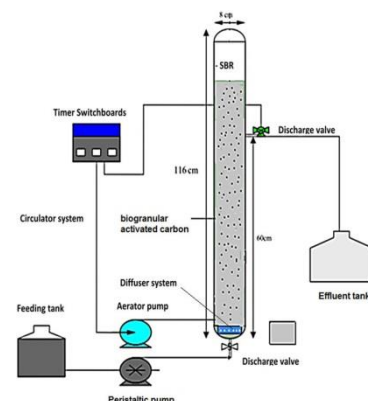
didelį fosforo junginių pašalinimo efektyvumą dažniausiai yra sudėtinga, todėl už aerotankų įdiegiama likutinio fosforo cheminio pašalinimo zona, kuri naudojama, kai nepasiekiamas tinkamas fosforo junginių pašalinimo lygis [51].



**19 pav.** Priešpriešinio srauto anaerobinis reaktorius (UASB) [52]



**20 pav.** Išplėsto granuliuoto dumblo anaerobinis reaktorius (EGSB) [53]



**21 pav.** Granuliuotas aktyvus dumblas sekos biologiniame reaktoriuje [54]

Kitas efektyvus biologinio nuotekų valymo metodas maisto pramonėje – išplėsto granuliuoto dumblo anaerobinis reaktorius (ang. *EGSB – expanded granule sludge blanket*) (20 paveikslas). Šis reaktorius gali apdoroti didesnę nuotekų kiekį (iki  $30 \text{ kgCOD/m}^3 \cdot \text{d}$ ), taip pat palaiko didesnę nuotekų srauto greitį (6 m/h). Tai reiškia, jog šiam reaktoriui reikalingas mažesnis plotas norint apdoroti tokį patį nuotekų kiekį kaip su UASB [2]. Ši reaktorių įmonė jau yra įsigijusi, todėl prireiktų tik detalesnės analizės prieš reaktoriaus paleidimą.

Mokslininkų teigimu, taikant aerobinę UASB nuotekų valymo metodą, tikslinga taikyti aerobinę nuotekų valymo etapą. Aerobinio valymo metu panaudojamos veikliojo dumblo savybės skaidyti nuotekose esančius teršalus juos oksiduojant iki  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$  ir kitų medžiagų, kurios nėra kenksmingos aplinkai. Tokiu būdu sumažinamas organinių medžiagų kiekis, azoto ir fosforo koncentracijos iki nuotekų tvarkymo reglamente pateiktų leistinų teršalų koncentracijų į gamtinę aplinką [1].

Kviečių krakmolo gamybos aerobiniam nuotekų valymui dažniausiai taikomi aktyvaus dumblo (ang. *activated sludge*) įrenginiai, kurie yra gana paprasti ir efektyviai sumažinantys maistinių medžiagų kiekį nuotekose. Prie aerobinės zonos turi būti anoksinė zona, kurioje visiškai pašalinami azoto junginiai. Tačiau anoksinės zonos projektavimas padidina reaktoriaus tūrį. Taip pat reikalingas papildomas aeravimas norint išlaikyti tinkamą ištirpusio deguonies kiekį reaktoriuje. Dar vienas aktyvaus dumblo reaktoriaus trūkumas yra didelis susidariusio dumblo kiekis, kurį vėliau reikia apdoroti. Aerobiniam nuotekų valymui galėtų būti taikomas granuliuoto aktyvaus dumblo metodas sekos biologiniame reaktoriuje (ang. *granular activated sludge in sequential batch reactor*) (21 paveikslas). Tokių reaktorių privalumai yra mažesnis reaktoriaus tūris ir didesnė

biomasės koncentracija reaktoriaus viduje. Didesniam nuotekų valymo efektyvumui pasiekti gali būti naudojami papildomi biomasės nešikliai, palaikantys didesnę biomasės koncentraciją. Kaip nešikliai gali būti naudojami specialios poringos polimerinės granulės arba kitos kietos medžiagos [56].

Dar viena priežastis, kodėl būtų tikslinga naudoti granuliuoto aktyvaus dumblo metodą, yra nitrifikacijos ir denitrifikacijos procesai, vykstantys valymo metu. Todėl svarbu palaikyti tinkamą ištirpusio deguonies koncentraciją, kuri priklauso nuo granulių dydžio ir savybių. Paprastai išorinėje granulės sluoksnyje susidaro aerobinė zona, o granulės viduje formuojasi anoksinė zona. Aerobinėje zonoje vyksta nitrifikacija, o anoksinėje zonoje – fosforo denitrifikacija. Aerobiniame sluoksnyje fosforą kaupiantys mikroorganizmai fosforą gali naudoti vietoje deguonies, o anoksinėje zonoje – nitritus ir nitratus fosforo fiksavimui.

Perteklinis dumblas, susidaręs biologinio nuotekų valymo metu, galėtų būti nusausinamas ir pūdomas dumblo pūdytuvuose. Dumblas pūdomas palaikant mezofilinį režimą (35–37 °C temperatūroje), o hidraulinis išbūvimo laikas – ne mažiau nei 18 dienų. Anaerobinėmis sąlygomis skaidomos organinės medžiagos iki anglies dvideginio, amoniako ir metano dujų. Tokiu būdu gaunamas supūdytas, juodas ir bekvapis dumblas, kuris galutinai nusausinamas naudojant centrifugas ir flokuliantus. Pūdant dumblą susidaro metano dujos, kurios surenkamos ir apvalomos nuo sieros junginių. Biodujos gali būti panaudotos šiluminei ir elektros energijai gaminti [5].

Vienas iš biologinio nuotekų valymo trūkumų – dideli trikdantys poveikiai. Jie gali atsirasti valymo įrenginiuose arba išorėje. Vidiniai trikdžiai gali būti netinkamas įtekančių nuotekų srautas, sudėtis ir koncentracija, grįžtamojo dumblo srautas, jame esantis per didelis anglies, nitratų ir fosfatų kiekis, per didelis dumblo kiekis, susidarantys sūkuriai ir nuosėdos, kuriose gausu nitratų. Biologiniam nuotekų valymui nepalankus didelis srauto svyravimas, staigūs srauto pokyčiai. Dideli užterštumo parametrų koncentracijų svyravimai taip pat nepageidautini, todėl  $T_8$  nuotekų srautas nebūtų palankus biologiniam nuotekų valymui. Didelis nitratų kiekis *sirupų* ir *bendrame* sraute taip pat yra trikdantis veiksnys (2310 ir 110 mg/L atitinkamai), kaip ir per didelis sulfatų kiekis šiuose srautuose (460 ir 250 mg/L atitinkamai). Taip pat reiktų atkreipti dėmesį į didelį skendinčių medžiagų kiekį bendrame sraute (460 mg/L).

Valant nuotekas biologiniu būdu, galima atgauti tikslinius vertingus junginius, pavyzdžiui, baltymus ar biodujas. Aerobiniame etape taikant aktyvaus dumblo technologiją, susidaro didelis dumblo kiekis, kurį reikia apdoroti. Tačiau šį dumblą galima panaudoti tikslingai, nes jame gausu fosforo, azoto ir baltymų, yra nedidelis kiekis toksinių medžiagų palyginus su komunalinių nuotekų valymo metu susidariusiu dumblu [39, 55]. Pūdant dumblą ir anaerobinio nuotekų valymo metu susidaro biodujos, kurios gali būti panaudotos šiluminei ir elektros energijai gaminti. Kadangi



tiriamąjį objektą nuotekose yra daug lengvai biologiškai skaidomų organinių medžiagų, galima didelė metano išėiga [5].

Šiuo metu įmonėje susidarančios nuotekos yra apvalomos pirminio valymo įrenginiuose, sumažinančiuose BDS<sub>7</sub>, ir tiekiamos į UAB „Aukštaitijos vandenys“ nuotekų tinklus. Įvertinus nuotekų užterštumą ir jų sudėties pokyčius, rekomenduojamas biologinis nuotekų valymas įmonės viduje prieš išleidžiant nuotekas į gamtinę aplinką. Tokiu būdu įmonė gautų ekonominę ir aplinkosauginę naudą, taip pat taikant biologinį nuotekų valymo metodą, galimas vertingų junginių atgavimas ir išgavimas.

## IŠVADOS

1. Atlikus grūdų perdirbimo įmonės gamybos technologinės linijos analizę identifikuoti trys probleminiai gamybinių nuotekų srautai (*sirupai* – nuotekos iš sirupų gamybos linijos,  $T_8$  – krakmolo gamybos cecho nuotekos, *MVR* – šarminės įrangos plovimo nuotekos) ir *bendras* iš įmonės išleidžiamų nuotekų srautas. Jų užterštumo įvertinimui atrinkta 16 nuotekų užterštumo parametrų;
2. Analizuojant gautus rezultatus nustatyta, jog visuose 4 nuotekų srautuose yra didelis organinių medžiagų kiekis (pavyzdžiui, *bendrame* nuotekų sraute BOA kiekis – 1710 mg/L). Dideli azoto ir fosforo kiekiai nustatyti taip pat visuose nuotekų srautuose, išskyrus  $T_8$  srautą. Nuotekos iš visų 4 srautų lengvai skaidomos biologiškai vertinant pagal biocheminio ir cheminio deguonies suvartojimo santykį ( $BDS_5/ChDS$ ). Tik *bendro* nuotekų srauto pH (6,1) yra palankus biologiniam nuotekų valymui;
3. Didžiausi nuotekų užterštumo parametrų koncentracijų svyravimai nustatyti  $T_8$  sraute (vidutinis variacijos koeficientas 65 %). *Bendrame* nuotekų sraute pastebėti mažiausi svyravimai (43 %).
4. Įvertinus nuotekų užterštumą, jo svyravimą ir teršalų apkrovą, rekomenduotinas *sirupų* ir  $T_8$  srautų apjungimas siekiant palaikyti optimalų pH (*sirupų* pH yra rūgštinis,  $T_8$  – šarminis) bei tinkamas nuotekų kokybės parametrų koncentracijas. Nuotekų valymui būtų palanku įrengti biologinio nuotekų valymo įrenginius įmonės viduje;
5. Valant nuotekas biologiniu būdu didžiausias efektyvumas būtų pasiektas taikant anaerobinio ir aerobinio metodų derinį. Anaerobiniam nuotekų valymui galėtų būti taikomas priešpriešinio srauto anaerobinis reaktorius (UASB) arba išplėsto granuluoto dumblo anaerobinis reaktorius (EGSB). Aerobiniam nuotekų valymui galėtų būti taikomas granuluoto aktyvaus dumblo metodas sekos biologiniame reaktoriuje;
6. Valant *sirupų* ir  $T_8$  srautus kartu būtų galima išgauti aukštos kokybės biodujas. Kadangi tiriamojo objekto nuotekose yra daug lengvai biologiškai skaidomų organinių medžiagų (lakių organinių rūgščių ir kt.), galima didelė metano išeiga. Aerobiniame etape susidariusį didelį dumblo kiekį, kuriame gausu fosforo, azoto ir baltymų, galima būtų panaudoti pašarų gamybai. Tokiu būdu įmonė gautų ekonominę ir aplinkosauginę naudą.

## LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. RAJAGOPAL, R., SAADY, N. M. C., TORRIJOS, M., THANIKAL, J. V. and HUNG, Y. T. Sustainable agro-food industrial wastewater treatment using high rate anaerobic process. *Water*, 2013, 5, 292–311.
2. HEDAYATI, A. and SARGOLZAEI, J. A Mini-Review Over Diverse Methods Used in Starchy Wastewater Treatment. *Recent Patents on Chemical Engineering*, 2012, 5, 95–102.
3. SKLYAR, V., EPOV, A. GLADCHENKO, M. DANILOVICH, D. and KALYUZHNYI, S. Combined biologic (anaerobic-aerobic) and chemical treatment of starch industry wastewater. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 2003, 1009, 253–262.
4. ANNACHHATRE, A. P., AMATYA, P. L. UASB treatment of tapioca starch wastewater. *Environ. Eng*, 2000, 126 (12), 1149–1152.
5. JOSHI, N., DHOLAKIYA, R. N., KUMAR, M. A. and MODY, K. H. Recycling of starch processing industrial wastewater as a sole nutrient source for the bioflocculant production. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 2017, 36, 1458–1465.
6. ADAMONYTĖ, Inga, Stefanija MISEVIČIENĖ. *Vandentvarka. Mokomoji knyga*. Kaunas: Aleksandro Stulginskio universitetas, 2012. ISBN 978-609-449-039-2.
7. ABREGO-GONGORA, C. J., BRIONES-GALLARDO, R., BERNAL-JACOME, L. A., ESCALAS-CANELLAS, A. *Wastewater Engineering. Treatment and Reuse*. London: McGraw Hill. 2003. ISBN 978-007-112-250-4.
8. NADZEIKIENĖ, Jūratė. *Aplinkos apsaugos inžinerija. Mokomoji knyga*. Kaunas: Aleksandro Stulginskio universitetas, 2012. ISBN 978-609-449-017-0.
9. RAČYS, Viktoras, Dalia JANKŪNAITĖ, Inga URNIEŽAITĖ. *Pramoninių nuotekų valymas. Metodinė priemonė*. Kaunas: TEV, 2012.
10. YI, X. and WANG, Y. Treatment of high salt oxidized modified starch waste water using micro-electrolysis, two-phase anaerobic aerobic and electrolysis for reuse. *Water Sci*, 2017, 7, 1231–1237.
11. SPERLING, Marcos. *Wastewater characteristics, treatment and disposal. Volume one*. London: IWA. 2007. ISBN 1-84339-161-9.
12. BOUKABACHE, A, B. BARILLON, B; DURAND, MJ; JOUANNEAU, S; RECOULES, L; PICOT, V; PRIMAULT, Y; LAKEL, A; SENDELIN, M and THOUAND, G. Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD): A review. *Water Research*. 2014, 49, 62–82.
13. HOCKRIDGE, P. M, PISAREVSKY, A. M. and POLOZOVA, I. P. Chemical Oxygen Demand. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2005, 78, 101–107.

14. BALTRĖNAS, Pranas, Doanatas BUTKUS, Vytautas OŠKINIS, Saulius VASAREVIČIUS, Aušra ZIGMONTIENĖ, Aušra. *Aplinkos apsauga*. Vilnius: Technika, 2008.
15. HAMMER-MARK I. and HAMMER-MARK J. *Water and wastewater technology. Fourth Edition*. New Jersey: Upper Saddle River, 2001.
16. ALONSO, A., CAMARGO, J. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment, *Environment International*, 2006, 32(6), 831–849.
17. BURT, T. P. and WIDDISON, P. E. Nitrogen Cycle. *Encyclopedia of Ecology*. 2008, 2526–2533.
18. STRUSEVIČIUS, Z., GASIŪNAS, Z., STRUSEVIČIENĖ, S. M. Amonio ir nitritų azoto šalinimas biologiškai valant nuotekas smėlio ir augalų filtrais. *Vandens ūkio inžinerija*. 2016, 30(50), 36–43.
19. AIVASIDIS, A.; KAPAGIANIDIS, A. G. and ZAFIRIADIS, I. Biotechnological methods for nutrient removal from wastewater with emphasis on the denitrifying phosphorus removal process. *Reference module in Earth systems and Environmental sciences, from Comprehensive biotechnology*. 2011, 6, 341–351.
20. GUPTA, V. K., ALI, I. *Environmental water. Advances in treatment, remediation and recycling*. Elsevier. 2013. ISBN 978-0-444-59399-3.
21. ŠAULYS, Valentinas. *Vandens apsaugos politika ir teisė. Mokomoji knyga*. Vilnius: Technika, 2007. ISBN 978-9955-28-141-2.
22. RADZEVIČIUS, Algirdas, Edmundas LEVITAS ir Zenonas STRUSEVIČIUS. *Vandenvala*. Kaunas: Ardiva, 2008.
23. DAVID, L., RUSSEL, P. *Practical wastewater treatment*. Georgia: Lilburn. 2006.
24. KURNIAWAN, T. A., CHAN G. Y. S., LO W. H., BABEL S. Physico–chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals. *Chemical Engineering Journal*, 2006, 118, 83–98.
25. PELL, M. and WÖRMAN, A. 2011. Biological Wastewater Treatment Systems. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Comprehensive Biotechnology (Second Edition)*. 2011, 6, 275–290.
26. BRAŽĖNAITĖ, Janina. Veikliojo dumblo biologija ir mikroskopinė analizė. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla, 2014. ISBN 978-609-459-295-9.
27. SKAISKIRIENĖ, A. *Biologiniai nuotekų valymo tyrimai naudojant fermentinius preparatus*. Daktaro disertacija. Vilnius. 2006.

28. JONELIS, K. *Nutekamųjų vandenų valymo biotechnologinių procesų valdymo algoritmai ir sistemos*. Daktaro disertacija. Kaunas. 2012.
29. GEBARA, F. 1999. Activated sludge biofilm wastewater treatment system, *Water Research*. 1999, 33(1), 230–238.
30. STRIKŠA, Vytautas. *Aplinkosaugos įrenginiai ir sistemos. Mokomoji knyga*. Vilnius. Technika, 2001.
31. ARUNDEL, J. *Sewage and Industrial Effluent Treatment. Second Edition*. UK: Blackwell Science Ltd, 2000. ISBN: 978-0-632-05356-8.
32. EIKELBOOM, D. H. *Process control of activated sludge plants by microscopic investigation*. IWA Publishing. 2000.
33. HEIDARI, A., SADEGHI, M., BAY, A., KEIHANPOUR, J., OMIDI, E., BAY, K., TABATABAEI, M. Comparison of technical and economic efficiency of extended aeration and sequencing batch reactors processes in hospital wastewater treatment. *J Adv Environ Health Res*. 2015, 4(1), 54–61.
34. LAN, C. J., KUMAR, M., WANG, C. C., LIN, L. G. Development of simultaneous partial nitrification, anammox and denitrification (SNAD) process in a sequential batch reactor. *Bioresource Technology*. 2011, 102, 5514–5519.
35. MATUZEVIČIUS, Algirdas. *Nuotekų valymas veikliuoju dumbliu*. Vilniaus: Technika, 1998.
36. MITTAL, Arun. *Biological Wastewater Treatment*. Water Today 1 August – 2011, Fulltide, 2011.
37. KARADAG, D., KOROGLU O. E., OZKAYA, B., CEKMAKCI, M. A review on anaerobic biofilm reactors for the treatment of dairy industry wastewater. *Process biochemistry*, 2015, 50, 262–271.
38. GUO, W. Q., REN, N. Q., WANG, X. J., XIANG, W. S., MENG, Z. H., DING, J., QU, Y. Y., ZHANG, L. S. Biohydrogen production from ethanol-type fermentation of molasses in an expanded granular sludge bed (EGSB) reactor. *International journal of hydrogen energy*. 2008, 33, 4981–4988.
39. CHAN, Y. J., CHONG, M. F. C., LAW, C. L. and HASELL, D. G. A review on anaerobic–aerobic treatment of industrial and municipal wastewater. *Chemical Engineering Journal*, 2009, 155, 1–18.
40. AUSTERMANN-HOUN, U., MEYER, H., SEYFRIED, C. F., ROSENWINKEL, K. H. Full scale experience with anaerobic/aerobic treatment plants in the food and beverage industry. *Wat. Sci. Technol.*, 1999, 40 (1), 305–312.

41. LAND 47-1:2007. *Vandens kokybė. Biocheminio deguonies suvartojimo per n parų (BDS<sub>n</sub>) nustatymas. 1 dalis. Skiedimo ir sėjimo, pridėjus aliltiokarbamido, metodas. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2007 gruodžio 3 d. įsakymas Nr. D1-655 (Žin., 2007, Nr. 130-5270).*
42. LAND 47-2:2007. *Vandens kokybė. Biocheminio deguonies suvartojimo per n parų (BDS<sub>n</sub>) nustatymas. 2 dalis. Neskiestų mėginių metodas. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2007 gruodžio 3 d. įsakymas Nr. D1-655 (Žin., 2007, Nr. 130-5270).*
43. LAND 83-2006. *Vandens kokybė. Cheminio deguonies suvartojimo nustatymas. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2006 gruodžio 8 d. įsakymas Nr. D1-579 (Žin., 2006, Nr. 137-5245).*
44. LAND 46-2007. *Vandens kokybė. Skendinčių medžiagų nustatymas. Košimo pro stiklo pluošto koštuvą metodas. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2007 liepos 13 d. įsakymas Nr. D1-412 (Žin., 2007, Nr. 80-3284).*
45. LAND 38-2000. *Vandens kokybė. Amonio kiekio nustatymas. Rankinis spektrometrinis metodas. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2000 lapkričio 6 d. įsakymas Nr. 485.*
46. LAND 63-2004. *Vandens kokybė. Chloridų kiekio nustatymas. Titravimas sidabro nitratu, vartojant chromato indikatorių (Moro metodas). Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2004 gruodžio 30 d. įsakymas Nr. D1-713.*
47. LAND 58:2003. *Vandens kokybė. Fosforo nustatymas. Spektrometrinis metodas, vartojant amonio molibdatą. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2003 gruodžio 15 d. įsakymas Nr. 624 (Žin., 2004, Nr. 6-119).*
48. LST EN ISO 7980:2000. *Vandens kokybė. Kalcio ir magnio nustatymas. Spektrometrinis atominės absorbcijos metodas (ISO 7980:1986).*
49. LST EN ISO 13395:2000. *Vandens kokybė. Nitritų azoto, nitratų azoto ir jų sumos analizuojant srautą (CFA ir FIA) nustatymas ir spektrometrinis aptikimas (ISO 13395:1996).*
50. LIETUVOS APLINKOS APSAUGOS MINISTERIJA. *Unifikuoti nuotekų ir paviršinių vandenų kokybės tyrimų metodai. Cheminiai analizės metodai. I dalis. Vilnius, 1994. ISBN 9986-566-08-8.*
51. MOVAHEDYAN, H., ASSADI, A. and PARVARESH, A. Performance evaluation of an anaerobic baffled reactor treating wheat flour starch industry wastewater. *Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng.*, 2007, 4, 77–84.
52. CHONG, S., SEN, T. K., KAYAALP, A., ANG, H. M. The performance enhancements of upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactors for domestic sludge treatment – A State-of-the-art review. *Water research*, 2012, 46, 3434–3470.

53. ANIJIOFOR, S., JAMIL, N. A. M., JABBAR, S., SAKYAT, S., GOMES, C. Aerobic and Anaerobic Sewage Biodegradable Processes: The Gap Analysis. *International Journal of Research in Environmental Science*, 2017, 3, 9–19.
54. MORGENROTH, E., SHERDEN, T., LOSSDRECHT, M., WILDERER, P. Aerobic granular sludge in sequencing batch reactor. *Water research*, 1997, 31.
55. GHAZALI S. N. B., GHANI S. F. B. C. and MOHAMMAD N. B.. Suspended growth bio-treatment: activated sludge process for bod removal and nitrification. *Education, Technology*, 2013.
56. YAN, Y. G., TAY, J. H., Characterization of the granulation process during UASB start-up. *Water. Res.*, 1997, 31 (7), 1537–1580.
57. Nuotekų tvarkymo reglamentas. *Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2006 gegužės 17 d. įsakymas Nr. D1-236 (Žin., 2006, Nr. 59-2103).*
58. Nuotekų valymo įrenginių taikymo reglamentas. *Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2006 rugsėjo 11 d. įsakymas Nr. D1-412 (Žin., 2006, Nr. 99-3852).*
59. Vandens naudojimo ir nuotekų tvarkymo apskaitos tvarkos aprašas. *Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2012 gruodžio 28 d. įsakymas Nr. D1-1120 (Žin., 2013, Nr. 3-88).*

## PRIEDAI

1 priedas

### BENDROS ORGANINĖS ANGLIES KONCENTRACIJOS APRAŠOMOSIOS STATISTIKOS PARAMETRAI SKIRTINGUOSE SRAUTUOSE

Nuotekų srautas	Vidurkis	Min	Max	Mediana	Apatinis kvartilis	Viršutinis kvartilis	Standartinis nuokrypis SD	Variacijos koeficientas V, %
<b>Sirupai</b>	3400	1040	4860	3480	2940	4060	948	28
<b>MVR</b>	3640	2690	5020	3350	2810	4110	892	24
<b>T<sub>8</sub></b>	2950	1120	3940	3000	2210	3770	907	31
<b>Bendros</b>	1710	1270	2270	1630	1520	1850	291	17

2 priedas

### BIOCHEMINIO DEGUONIES SUVARTOJIMO APRAŠOMOSIOS STATISTIKOS PARAMETRAI SKIRTINGUOSE SRAUTUOSE

Nuotekų srautas	Vidurkis	Min	Max	Mediana	Apatinis kvartilis	Viršutinis kvartilis	Standartinis nuokrypis SD	Variacijos koeficientas V, %
<b>Sirupai</b>	6060	2350	8730	5640	4570	7070	1759	29
<b>MVR</b>	5610	3590	8890	4920	4400	7450	1695	30
<b>T<sub>8</sub></b>	5900	2310	8900	5810	436	8000	2306	39
<b>Bendros</b>	3130	1500	4780	2960	2560	3740	831	27

3 priedas

### CHEMINIO DEGUONIES SUVARTOJIMO APRAŠOMOSIOS STATISTIKOS PARAMETRAI SKIRTINGUOSE SRAUTUOSE

Nuotekų srautas	Vidurkis	Min	Max	Mediana	Apatinis kvartilis	Viršutinis kvartilis	Standartinis nuokrypis SD	Variacijos koeficientas V, %
<b>Sirupai</b>	14640	5540	39380	10880	8650	20150	8579	58
<b>MVR</b>	15090	7210	23750	15600	11270	17760	4679	31
<b>T<sub>8</sub></b>	10020	4050	15270	11390	6900	12760	3679	37
<b>Bendros</b>	6290	3730	10970	5475	4360	7930	2428	39



**SKENDINČIŲ MEDŽIAGŲ KONCENTRACIJOS APRAŠOMOSIOS STATISTIKOS  
PARAMETRAI SKIRTINGUOSE SRAUTUOSE**

Nuotekų srautas	Vidurkis	Min	Max	Mediana	Apatinis kvartilis	Viršutinis kvartilis	Standartinis nuokrypis SD	Variacijos koeficientas V, %
<b>Sirupai</b>	230	120	370	220	180	270	80	34
<b>MVR</b>	760	220	1310	770	540	1000	300	40
<b>T<sub>8</sub></b>	40	20	100	40	20	60	30	67
<b>Bendros</b>	460	220	990	410	320	460	200	44

**AMONIO AZOTO KONCENTRACIJOS APRAŠOMOSIOS STATISTIKOS  
PARAMETRAI SKIRTINGUOSE SRAUTUOSE**

Nuotekų srautas	Vidurkis	Min	Max	Mediana	Apatinis kvartilis	Viršutinis kvartilis	Standartinis nuokrypis SD	Variacijos koeficientas V, %
<b>Sirupai</b>	54	2	80	50	47	71	21	39
<b>MVR</b>	51	29	81	51	34	67	19	37
<b>T<sub>8</sub></b>	10	1	37	3	2	8	14	140
<b>Bendros</b>	32	20	54	31	27	38	9	27

**BENDRO AZOTO KONCENTRACIJOS APRAŠOMOSIOS STATISTIKOS  
PARAMETRAI SKIRTINGUOSE SRAUTUOSE**

Nuotekų srautas	Vidurkis	Min	Max	Mediana	Apatinis kvartilis	Viršutinis kvartilis	Standartinis nuokrypis SD	Variacijos koeficientas V, %
<b>Sirupai</b>	130	100	170	130	110	160	24	19
<b>MVR</b>	860	240	1930	760	280	1110	624	73
<b>T<sub>8</sub></b>	30	30	40	30	30	40	5	15
<b>Bendros</b>	60	30	70	70	60	70	12	19

**CHLORIDŲ KONCENTRACIJOS APRAŠOMOSIOS STATISTIKOS  
PARAMETRAI SKIRTINGUOSE SRAUTUOSE**

Nuotekų srautas	Vidurkis	Min	Max	Mediana	Apatinis kvartilis	Viršutinis kvartilis	Standartinis nuokrypis SD	Variacijos koeficientas V, %
<b>Sirupai</b>	4790	2300	5950	5090	4820	5420	1062	22
<b>MVR</b>	170	20	360	160	80	210	106	64
<b>T<sub>8</sub></b>	30	2	90	20	10	50	27	86
<b>Bendros</b>	2310	1360	3090	2320	1960	2720	500	22

**FOSFATŲ KONCENTRACIJOS APRAŠOMOSIOS STATISTIKOS  
PARAMETRAI SKIRTINGUOSE SRAUTUOSE**

Nuotekų srautas	Vidurkis	Min	Max	Mediana	Apatinis kvartilis	Viršutinis kvartilis	Standartinis nuokrypis SD	Variacijos koeficientas V, %
<b>Sirupai</b>	170	1	280	200	80	250	97	58
<b>MVR</b>	50	4	110	50	20	60	28	64
<b>T<sub>8</sub></b>	3	0	10	2	1	3	3	119
<b>Bendros</b>	110	30	330	100	50	140	73	68

**BENDRO FOSFORO KONCENTRACIJOS APRAŠOMOSIOS STATISTIKOS  
PARAMETRAI SKIRTINGUOSE SRAUTUOSE**

Nuotekų srautas	Vidurkis	Min	Max	Mediana	Apatinis kvartilis	Viršutinis kvartilis	Standartinis nuokrypis SD	Variacijos koeficientas V, %
<b>Sirupai</b>	180	60	260	180	140	210	55	31
<b>MVR</b>	40	20	60	30	30	50	13	35
<b>T<sub>8</sub></b>	5	5	5	5	5	5	0	0
<b>Bendros</b>	70	20	100	70	60	80	21	30

10 priedas

**KALCIO KONCENTRACIJOS APRAŠOMOSIOS STATISTIKOS PARAMETRAI  
SKIRTINGUOSE SRAUTUOSE**

Nuotekų srautas	Vidurkis	Min	Max	Mediana	Apatinis kvartilis	Viršutinis kvartilis	Standartinis nuokrypis SD	Variacijos koeficientas V, %
<b>Sirupai</b>	190	60	310	200	140	270	87	46
<b>MVR</b>	470	190	750	430	280	720	216	46
<b>T<sub>8</sub></b>	300	120	610	260	240	330	136	46
<b>Bendros</b>	180	90	310	160	130	200	73	41

11 priedas

**KALIO KONCENTRACIJOS APRAŠOMOSIOS STATISTIKOS PARAMETRAI  
SKIRTINGUOSE SRAUTUOSE**

Nuotekų srautas	Vidurkis	Min	Max	Mediana	Apatinis kvartilis	Viršutinis kvartilis	Standartinis nuokrypis SD	Variacijos koeficientas V, %
<b>Sirupai</b>	310	150	550	280	240	360	115	37
<b>MVR</b>	60	20	110	50	20	90	35	58
<b>T<sub>8</sub></b>	30	10	70	120	14	30	23	79
<b>Bendros</b>	140	89	210	120	110	180	46	33

12 priedas

**MAGNIO KONCENTRACIJOS APRAŠOMOSIOS STATISTIKOS PARAMETRAI  
SKIRTINGUOSE SRAUTUOSE**

Nuotekų srautas	Vidurkis	Min	Max	Mediana	Apatinis kvartilis	Viršutinis kvartilis	Standartinis nuokrypis SD	Variacijos koeficientas V, %
<b>Sirupai</b>	51	46	55	51	48	54	4	8
<b>MVR</b>	11	6	18	9	7	15	5	45
<b>T<sub>8</sub></b>	0,1	0,05	0,12	0,1	0,05	0,12	0,04	0,4
<b>Bendros</b>	67	57	77	66	61	73	8	12

**NITRATŲ KONCENTRACIJOS APRAŠOMOSIOS STATISTIKOS PARAMETRAI  
SKIRTINGUOSE SRAUTUOSE**

Nuotekų srautas	Vidurkis	Min	Max	Mediana	Apatinis kvartilis	Viršutinis kvartilis	Standartinis nuokrypis SD	Variacijos koeficientas V, %
<b>Sirupai</b>	2310	10	12100	860	30	1290	4351	188
<b>MVR</b>	70	5	120	60	40	100	41	62
<b>T<sub>8</sub></b>	10	0,1	40	2	0,5	10	17	188
<b>Bendros</b>	1100	5	5770	330	10	920	2084	189

**NITRITŲ KONCENTRACIJOS APRAŠOMOSIOS STATISTIKOS PARAMETRAI  
SKIRTINGUOSE SRAUTUOSE**

Nuotekų srautas	Vidurkis	Min	Max	Mediana	Apatinis kvartilis	Viršutinis kvartilis	Standartinis nuokrypis SD	Variacijos koeficientas V, %
<b>Sirupai</b>	0,011	0,006	0,014	0,012	0,008	0,013	0,003	27
<b>MVR</b>	0,134	0,061	0,22	0,127	0,072	0,195	0,074	55
<b>T<sub>8</sub></b>	0,008	0,006	0,012	0,007	0,006	0,012	0,003	38
<b>Bendros</b>	0,205	0,031	0,44	0,175	0,036	0,375	0,202	98

**SULFATŲ KONCENTRACIJOS APRAŠOMOSIOS STATISTIKOS  
PARAMETRAI SKIRTINGUOSE SRAUTUOSE**

Nuotekų srautas	Vidurkis	Min	Max	Mediana	Apatinis kvartilis	Viršutinis kvartilis	Standartinis nuokrypis SD	Variacijos koeficientas V, %
<b>Sirupai</b>	460	20	630	500	420	540	156	34
<b>MVR</b>	130	90	180	120	100	160	35	27
<b>T<sub>8</sub></b>	100	20	510	50	30	70	156	154
<b>Bendros</b>	250	180	320	240	220	270	39	16

**VANDENILIO POTENCIALO APRAŠOMOSIOS STATISTIKOS PARAMETRAI  
SKIRTINGUOSE SRAUTUOSE**

Nuotekų srautas	Vidurkis	Min	Max	Mediana	Apatinis kvartilis	Viršutinis kvartilis	Standartinis nuokrypis SD	Variacijos koeficientas V, %
<b>Sirupai</b>	4,7	4,2	5,4	4,6	4,3	5,1	0,4	9
<b>MVR</b>	13	12,7	13,3	13,1	12,8	13,2	0,2	2
<b>T<sub>8</sub></b>	12,9	12,6	13,3	12,9	12,6	13,2	0,3	2
<b>Bendros</b>	6,1	5,1	7,5	5,9	5,4	6,7	0,8	13

**SKIRTINGUOSE SRAUTUOSE SUSIDARANČIŲ TERŠALŲ KIEKIS**

Nuotekų srautas		Sirupai	MVR	T8	Bendros
<b>BOA</b>	mg/L	3400	3640	2950	1710
	kg/d	1690	90	380	2640
<b>BDS<sub>5</sub></b>	mg O <sub>2</sub> /L	6060	5610	5900	3130
	kg/d	3000	140	770	4830
<b>ChDS</b>	mg O <sub>2</sub> /L	14640	15090	10020	6290
	kg/d	7260	380	1300	9700
<b>BDS<sub>5</sub>/ChDS</b>	-	2,4	2,7	1,7	2,1
<b>SM</b>	mg/L	230	760	40	460
	kg/d	110	20	5	710
<b>N<sub>b</sub></b>	mg/L	130	860	30	60
	kg/d	60	20	4	90
<b>P<sub>b</sub></b>	mg/L	180	40	5	70
	kg/d	90	1	7	110
<b>Cl</b>	mg/L	4790	170	30	2310
	kg/d	2380	4	4	3560
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	mg/L	460	130	100	250
	kg/d	228	3	13	390
<b>N-NO<sub>3</sub></b>	mg/L	2310	70	10	1100
	kg/d	1150	2	20	1700
<b>pH</b>	-	4,7	13	12,9	6,1