



**VILNIAUS UNIVERSITETAS**  
**ŠIAULIŲ AKADEMIJA**

**GAMTINIŲ SISTEMŲ VALDYMO MAGISTRANTŪROS STUDIJŲ PROGRAMA**

**MARIUS TURSKIS**

**Magistro darbas**

**ŠIAULIŲ MIESTO URBANIZUOTŲ TERITORIJŲ POVEIKIO VIJOLĖS  
UPELIO EKOLOGINEI BŪKLEI VERTINIMAS**

Darbo vadovė: doc. dr. Ilona Kerienė

Šiauliai, 2024

## TURINYS

ĮVADAS.....	3
1. LITERATŪROS IR KITŲ INFORMACIJOS ŠALTINIŲ ANALIZĖ .....	5
1.1. Europos ir Lietuvos upių tinklas, savybės ir svarba.....	5
1.3. Cheminių elementų įtaka vandens kokybei ir augalams .....	9
1.4. Paviršinio vandens taršos problematika ir upių ekologinis statusas .....	12
1.4.1. Europos paviršinių vandenų taršos problematika .....	12
1.4.2. Lietuvos paviršinių vandenų problematika.....	14
1.4.3. Vijolės upelio taršos problematika.....	17
1.5. Upių vandens kokybės įtaka ir svarba augalų bendrijoms .....	18
1.6. Bioindikatoriniai užteršto vandens augalai .....	20
2. DARBO OBJEKTAS IR METODAI.....	22
2.1. Tyrimo objektas.....	22
2.2. Tyrimo metodika .....	22
2.2.1. Vandens mėginių paėmimas .....	22
2.2.2. Vandens mėginių paruošimas ir cheminės analizės.....	24
2.2.3. Bioindikatorinių makrofitų inventorizacija.....	31
2.2.4. Vandens ekologinės būklės nustatymas.....	33
3. VANDENS CHEMINIŲ TYRIMŲ REZULTATAI IR DISKUSIJA .....	35
3.1. Bendras organinių medžiagų kiekis .....	35
3.2. Mineralinių medžiagų tyrimų rezultatai .....	37
3.2.1. Chloridų tyrimai.....	37
3.2.2. Sulfatų tyrimai .....	39
3.2.3. Fluoridų tyrimai .....	41
3.3. Biogeninių medžiagų tyrimų rezultatai .....	42
3.3.1. Nitratų azoto tyrimai .....	42
3.3.2. Bendro azoto tyrimai.....	43
3.3.3. Bendro fosforo tyrimai.....	45
3.3.4. Fosfatų fosforo tyrimai .....	47
4. BIOINDIKATORINIŲ AUGALŲ REZULTATAI.....	50
4.1. Vijolės upelio makrofitų įvairovės tyrimas.....	50
4.2. Kitų upių tyrimuose aptinkamos makrofitų rūšys .....	59
5. VIJOLĖS UPELIO EKOLOGINĖS BŪKLĖS VERTINIMAS.....	61
IŠVADOS.....	67
REKOMENDACIJOS.....	68
SANTRAUKA .....	69
SUMMARY .....	70
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	71

## IVADAS

Europoje, kaip ir daugelyje kitų regionų, sparčiai vykdoma upių urbanizacija kelia rimtą grėsmę upių vandens kokybei ir išlikimui. Antropogeninė apkrova dėl netvarkingų nuotekų išleidimų ir upių vagų pertvarkymo žmonių poreikiams, smarkiai pakeičia upių hidrodinamiką ir ekologinę būklę, kuri prastėja dėl perteklinių maistinių medžiagų kiekio patekimo į upių vandenį. Europoje imtasi priemonių kontroliuoti šį poveikį (Europos Parlamentas, 2023), tačiau nepaisant to, prastėjanti upių būklė ir toliau išlieka rimta problema (Voulvoulis et al., 2016). Tyrimai rodo, kad Lietuvoje upių būklė yra vertinama vidutiniškai, nes tik 36 % paviršinių vandenų atitinka gerą ekologinę būklę (Aplinkos apsaugos agentūra, 2022a). Šiaulių mieste tekančio Vijolės upelio apie 9 km teka per miesto urbanizuotas teritorijas. Monitoringo duomenimis (Klimas, 2023), jo būklė vertinama kaip vidutinė. Daugiausiai antropogeninės apkrovos Vijolės upelis gauna atkarpoje nuo Ežero g. iki Architektų g., bei individualių namų Vijolių, Medelyno ir Gubernijos rajonuose. Šiose atkarpose yra daugiausiai įvairaus tipo nuotekų išleistuvų į Vijolę, kurie nėra pilnai kontroliuojami.

**Darbo aktualumas.** Vijolės upelyje atliekami vandens monitoringo cheminiai tyrimai (Klimas, 2023), tačiau vanduo tiriamas tik upės dalyje, ateinančioje nuo Architektų g. pusės, todėl lieka neaišku, iš kurios miesto teritorijos dalies į upelį patenka daugiausiai taršos, kokią įtaką cheminių medžiagų pasiskirstymui vandenyje turi metų sezoniškumas. Todėl aktualu ištirti visą upelio atkarpą, kuri teka Šiaulių miesto teritorija, ypač atkreipiant dėmesį į netiriamą upės dalį. Be to, trūksta žinių apie upėje ir jos pakrantėse augančias makrofitų rūšis, jų gausumą ir įvairovę. Todėl šis tyrimas suteiks išsamesnį ir detalesnį vaizdą apie visos upės būklę.

**Praktinio pritaikymo galimybės.** Tyrinėjant cheminių parametrų kaitą upės dalyje, kuri nėra įtraukta į monitoringo tinklą, leis įvertinti galimybę plėsti monitoringo tinklą ir daugiau stebėti upės vandens kokybę skirtingais metų sezonais. Visos upės makrofitų rūšių gausumo ir paplitimo vertinimas, prisidės vertinant ekologinę upės būklę pagal bioindikatorinius augalus, suteiks botanikams naujų ir naudingų žinių apie Vijolės upelyje ir jo pakrantėse augančių augalų įvairovę. Šiame darbe pateiktos Vijolės upelio būklės tendencijos prisidės prie rengiant upės apsaugos ir atkūrimo planus.

**Tikslas** – ištirti Šiaulių miesto teritorijoje tekančios Vijolės vandens apkrovą natūraliai susidarantiomis ir antropogeninės kilmės cheminėmis medžiagomis, nustatyti vyraujančių bioindikatorinių augalų pasiskirstymą upėje ir jos pakrantėse bei įvertinti, kurios urbanizuotos teritorijos atkarpos daro didžiausią įtaką Vijolės upelio ekologiškai būklei.

**Uždaviniai:**

1. Ištirti Vijolės vandenyje cheminių medžiagų (ChDS, N bendras, P bendras, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, F<sup>-</sup>) koncentracijas 8-iose skirtingose Šiaulių miesto urbanizuotų teritorijų atkarpose bei įvertinti vandens antropogeninę apkrovą skirtingais metų sezonais.
2. Nustatyti taršą indikuojančių bioindikatorinių augalų įvairovę, pasiskirstymą ir gausumą.
3. Remiantis gautais tyrimo rezultatais, įvertinti bendrą Vijolės upelio ekologinę būklę bei skirtingose upės atkarpose, pateikti rekomendacijas taršos valdymui.

**Padėka:**

Nuoširdžiai dėkoju savo darbo vadovei doc. dr. Ilonai Kerienei už visapusišką pagalbą įgyvendinant šį magistro tyrimą, už vertingus patarimus ir konsultacijas. Esu dėkingas UAB "Geomina" direktoriui Mindaugui Čegiui už suteiktą galimybę neatlygintinai atlikti vandens cheminius tyrimus įmonės laboratorijoje, naudojantis visais reikalingais įrankiais. Taip pat reiškiu didelę padėką UAB "Geomina" laboratorijos darbuotojoms Rūtai Vilbasienei ir Ramintai Manciuūtei už suteiktas konsultacijas bei patarimus, atliekant cheminių tyrimų analizes. Jūsų pagalba ir palaikymas buvo labai svarbūs.

# 1. LITERATŪROS IR KITŲ INFORMACIJOS ŠALTINIŲ ANALIZĖ

## 1.1. Europos ir Lietuvos upių tinklas, savybės ir svarba

Europoje yra daugybė skirtingo dydžio upių, kurios labai skiriasi savo ilgiu, sandara ir kitomis savybėmis. Tiksliai suskaičiuoti upes yra sudėtinga dėl jų klasifikacijos skirtumų ir daugybės intakų. Kai kuriais skaičiavimais, senajame žemyne yra daugiau kaip 100 000 upių ir upelių (European Union, 2000a), kurie driekiasi nuo Skandinavijos šiaurinės dalies iki pietinių Viduržemio jūros salų. Europoje yra priskaičiuojama net 20 upių, kurių baseinų plotai patys didžiausi. Tai tokių upių baseinai kaip: Volga, Dunojus, Dniepras, Donas, Dauguva, Pečiora, Neva, Uralas, Vysla, Reinas, Elbė, Odra, Luara, Nemunas, Rona, Ebras ir Dueras (sin. Doras). Dauguma šių upių driekiasi per keletą skirtingų valstybių. Šių upių baseinai užima daugiau kaip 5 mln. km<sup>2</sup> visoje Europos teritorijoje (Tockner et al., 2009). Dėja, bet laisvai tekančių savo natūralia vaga upių nuolat mažėja, nes per daugelį metų trukusią žmogaus veiklą, jų tėkmės ir vagos buvo smarkiai pakeistos: buvo statomos užtvankos ir pylimai, kad apsaugotų nuo potvynių, statomos užtvankos, kad vanduo būtų paimtas drėkinimui ar žmonių reikmėms, naudojami šliuzai ir kanalai, kad būtų užtikrinta ir išplėsta laivyba, o upių srantai buvo sulaukomi arba nukreipiami energijos gamybai - nuo senovinių vandens ratų iki šiuolaikinių hidroelektrinių. Šiais tikslais upėje buvo statomi įvairūs statiniai, pavyzdžiui, didelės betoninės užtvankos, mediniai šliuzai, mažos užtvankos ir iš dalies panardintos brastos. Visos šios intervencijos suskaido upes ir įvairiais būdais trikdo tėkmę skirtingais erdviniais ir laiko mastais, darydamos poveikį nuosėdų ir maistinių medžiagų pernešimui ir perdavimui bei vandens organizmų migracijai ir sklaidai (Belletti et al., 2020). Visos šios pasekmės atsirado todėl, kad beveik kiekvienas Europos didmiestis turi vienokio ar kitokio dydžio upę, kuri kerta miesto kraštovaizdį ir taip įtraukia upes į nesustabdomą urbanizacijos procesą (European environment agency, 2016).

Lietuva, sąlyginai nedidelę teritoriją užimanti valstybė Europos mastu, tačiau gali pasidžiaugti jog turi daug įvairaus ir skirtingo dydžio bei tipų upių ir upelių. Nors Lietuvoje upių paviršius užima apie 0,51 % visos valstybės teritorijos, bet upių gausumas iš ties didelis. Ilgesnių nei 100 m upių yra priskaičiuojama kiek daugiau nei 6200, o upių tinklo ilgis bendrai siekia beveik 77 tūkst. km. (Jablonskis ir kt., 2007). Priskaičiuojama net 17 skirtingo dydžio upių baseinų, iš kurių didžiausi: Nemuno ir mažųjų jo intakų (8344 km<sup>2</sup>), Šventosios (6801 km<sup>2</sup>), Nevėžio (6140 km<sup>2</sup>), Mūšos (5297 km<sup>2</sup>) ir Ventos (5140 km<sup>2</sup>). Visi Lietuvos upių baseinai bendrai užima 64,8 tūkst. km<sup>2</sup> (Jablonskis ir kt., 2007). Galima paminėti, kad žmogaus ūkinė veikla labai pakeitė Lietuvos upių tinklą. Upių vagos buvo tiesinamos, gilinamos, jungiamos kanalais, reguliuojamos

ir tvenkiamos, daugiausia siekiant sausinti šlapias žemes. Dėl to dauguma mažų upelių ir upių ruožų virto grioviais, o natūralių vagų liko tik 17 % (Povilaitis ir kt., 2011).

Lietuvos ir visos Europos upės – gyvybiškai svarbios ekosistemoms, palaikančioms biologinę įvairovę ir reguliuojančioms vandens apykaitą. Švarus upių vanduo suteikia palankias sąlygas gyventi įvairiems vandens organizmams, o upių baseinai pasižymi unikalia biologine įvairove. Upių tėkmė ne tik leidžia gyvūnams migruoti ir augalams plisti, bet ir reguliuoja vandens apykaitą visoje šalyje. Drėgmė, kurią skleidžia upės, yra gyvybiškai svarbi ne tik žemės ūkiui, bet ir visoms gamtinėms ekosistemoms. Be to, upės veikia kaip natūralūs vandens filtrai, valantys vandenį ir palaikantys jame subalansuotą ekosistemą. Taigi, upės – tai ne tik gamtos grožis, bet ir gyvybiškai svarbus turtas, kurį turime saugoti ir puoselėti (Addy et al., 2016). Šiuo metu daugiausia dėmesio yra skiriama 48 upėms 27-iose Europos Sąjungos šalyse (Withers et al., 2014).

Taigi, tiek Europoje, tiek Lietuvoje upių tinklas yra labai gausiai paplitęs ir nemaža dalis įvairaus dydžio miestų yra įsikūrę būtent šalia jų, ko pasekoje upių vagos yra pritaikomos vietinei infrastruktūrai. Upės miestams suteikia ne tik rekreacinę, ekonominę ir sanitarinę naudą, bet ir praturtina miestuose esančias floros ir faunos ekosistemas. Tam, kad užtikrinti šių ekosistemų ilgaamžiškumą, yra stengiamasi kontroliuoti žmogaus įtaką upių kokybei įvairiais monitoringo būdais.

## **1.2. Pagrindiniai paviršinio vandens taršą reglamentuojantys dokumentai, taršos priežastys ir šaltiniai**

XIX amžiuje Europoje prasidėjusi vadinamoji „Pramonės revoliucija“ ne tik prisidėjo prie lengvesnės ir kokybiškesnės kasdienybės, bet ir smarkiai padidino neigiamą poveikį aplinkai, tame tarpe ir upių vandeniui. Upių užterštumas yra glaudžiai susijęs su tuo, kad pramonės pajėgumai bei žmonių gyvenimo lygis Europoje per pastarąjį šimtmetį patyrė spartų augimą ir plėtrą. (Dincecco, 2015). Nemažesnę neigiamą poveikį upių vandens kokybei daro ir intensyvi žemės ūkio veikla, kuri Europoje užima svarbų vaidmenį ir sparčiai vystėsi lygiagrečiai su ekonomikos stiprėjimu. Ypač tai tapo aktualu XXI amžiuje, kuomet ūkio sektorius naudoja naujausias žemės ūkio technologijas žemės apdirbimui bei tręšimui ir gamta natūraliai nebespėja absorbuoti tokių kiekių (LR Seimo kanceliarija, 2022).

Daugelį metų Europos upės buvo menkai prižiūrimos, o pramonės bei žemės ūkio įmonės, vienaip ar kitaip prisidėdavo prie gamtos sąlygų bloginimo, nebuvo neigiamai vertinamos už jų daromą žalą gamtai iki kol neįvykdavo ekologinė nelaimė ir į gamtą neišsiliedavo užterštos cheminės ar kitokios medžiagos. Europos pramonininkai pirmuosius kontrolės veiksmus pajuto

tik XX a. septintajame dešimtmetyje, kuomet, kaip pavyzdys, Prancūzija įvedė pirmuosius vandens mokesčius tam tikriems pramoniniams teršėjams, o Vokietijos Federacinė Respublika 1976 m. priėmė mokesčio už nuotekas į upes įstatymą (Zhou et al., 2014).

Iki 1991 m. Europoje nebuvo vieningos sistemos, kuri apjungtų visas Europos sąjungos valstybes, vandens kokybės apsaugos klausimu. Kiekvienoje šalyje įvairių tipų nuotekų reguliavimas buvo individualus kiekvienos valstybės reikalas. Tačiau 1991 m. gegužės 21 d. buvo priimta (European Union, 1991a) tarybos direktyva dėl miestų nuotekų valymo kontrolės, kuri iš esmės pakeitė iki tol buvusią tvarką. Šios direktyvos tikslas yra, kad antropogeninės nuotekos, kurios išleidžiamos į aplinką būtų tvarkingai išvalomos ir būtų apsaugota gamta nuo galimo neigiamo tokių nuotekų poveikio. Kiekviena valstybė buvo įpareigota direktyvoje numatytus kokybės kriterijus perkelti į vietinius teisinius aktus. Direktyvoje yra numatoma, kad miesto gyvenvietėse su daugiau nei 10 000 gyventojų, esančiose jautriose teritorijose, turėtų būti taikomas pažangesnis valymas, kad būtų išvengta aplinkos taršos. Valstybės narės taip pat turi užtikrinti tinkamą valymo įrenginių priežiūrą, siekdamas užtikrinti jų veiksmingumą. Būtina imtis priemonių, kad būtų sumažinta tarša nuo lietaus nuotekų, gerinant jų valymo ir tvarkymo procedūras. Valstybės narės taip pat privalo stebėti valymo įrenginių ir priimančiųjų vandenų veiklą, kad šie atitiktų reikalavimus. Be to, turi būti stebimas nuotekų dumblo šalinimas ir pakartotinis naudojimas, užtikrinant saugų ir ekologiškai atsakingą veiklą (WAREG, 2023).

Dar tais pačiais metais, gruodžio mėnesį buvo išleista dar viena papildoma direktyva (91/676/EEC) dėl vandenų apsaugos nuo taršos nitratais iš žemės ūkio šaltinių. Jos tikslas buvo sumažinti vandens taršą, kurią sukelia žemės ūkyje intensyviai naudojamos azoto turinčios medžiagos (European Union, 1991b).

Suprantant, kad į Europos upes iš įvairių pramonės ir kitų objektų patenka nemažai teršalų, 1996 m. buvo išleista 96/61/EB direktyva dėl taršos integruotos prevencijos ir kontrolės, kurios pagrindinis tikslas buvo užtikrinti, kad įvairios atliekos ir teršalai būtų tvarkomi taip, kad nepatektų ne tik į upes, bet ir orą bei žemę (European Union, 1996).

2000 m. ES buvo mastu buvo išleista direktyva 2000/60/EC (Vandens pagrindų direktyva), nustatanti Bendrijos veiksnių vandens politikos srityje pagrindus. Šios direktyvos pagrindinis tikslas buvo užtikrinti, kad ES priklausančiose valstybėse įvairaus tipo vandens telkinių būklė neprastėtų, o gerėtų saugant vandens telkinius, stengiantis atnaujinti ten esančias ekosistemas bei užtikrinti, jog asmenys ir įmonės vandens išteklius naudotų tvariai ir atsakingai. Ši direktyva buvo laikoma, kaip vienas iš ambicingiausių Europos sąjungos teisės aktas, susijęs su aplinkos apsauga ir priežiūra (European Union, 2000a).

2008 m. buvo nuspręsta dar labiau griežtinti paviršinių vandenių apsaugą, ko pasekoje buvo išleista direktyva 2008/105/EB dėl aplinkos kokybės standartų vandens politikos srityje. Šios direktyvos nuostatos apibrėžia standartus, kurie susiję su tam tikromis medžiagomis ar jų grupėmis, kurios yra prioritetiniai teršalai paviršiniame vandenyje. Šie standartai yra būtini, nes šios medžiagos kelia didelę riziką vandens aplinkai ir joje esančioms ekosistemoms (European Union, 2008).

Nors 2000 m. išleista vandens pagrindų direktyva buvo gražus ir ambicingas žingsnis iš ES pusės, realybėje ne viskas klostosi taip gerai, kaip numatoma šių direktyvų tiksluose. Voulvoulis (2016) su bendraautoriais išanalizavo, kaip per paskutinius 15 metų ES šalims sekėsi taikyti direktyvą ir paaiškėjo, kad rezultatai nėra labai džiuginantys. Viena iš pagrindinių problemų yra tai, kad nebuvo pereita prie sisteminio mąstymo, kuris buvo pagrindas direktyvai. Tai rodo net pagrindinių direktyvos principų nesupratimą. Be to, pereinamosios laikotarpio nuostatos ir techniniai iššūkiai sulėtino direktyvos įgyvendinimą. Jei nebūtų peržiūros ir nepatikslinamos dabartinės įgyvendinimo pastangos, vandens pagrindų direktyvos (VPD) tikslai gali likti nepasiekti. Todėl svarbu ir toliau analizuoti ir tobulinti VPD įgyvendinimo procesą.

Lietuvoje vandens kokybės kontrolei yra svarbūs 2 teisės aktai, kuriuose numatomos pagrindinės gairės. 2006 m. aplinkos ministerija patvirtino nuotekų tvarkymo reglamentą (LR Aplinkos ministerija, 2006), kuriame yra numatyti reikalavimai įvairių rūšių nuotekų tvarkymui ir šių reikalavimų privalo laikytis kiekvienas Lietuvos Respublikoje registruotas objektas, atitinkantis kriterijus pagal šį teisės aktą. Juridiniai asmenys dažniausiai yra įpareigoti atlikti nuolatinis išleidžiamų į aplinką paviršinių, gamybinių ar buitinių nuotekų tyrimus, kuriuose tiriamos cheminės analizės priklauso nuo objekto specifikacijos. 2007 m. (LR Aplinkos ministerija, 2007) išleistas teisės aktas, kuriame pagrindinis akcentas yra upių ekologinės būklės vertinamas pagal fizikinius-cheminius, hidromorfologinius ir biologinius kokybės elementus. Atliekant vertinimą pagal fizinius-cheminius parametrus, dažniausiai yra pasitelkiami šie tyrimai: biologinis deguonies suvartojimas, nitritai bei nitratai, fosfatai, ištirpusio deguonies kiekis vandenyje, bendras azotas ir fosforas ir keletas sunkiųjų metalų. Pagal nustatytas metodikas upė yra vertinama nuo labai geros ekologinės būklės iki labai blogos. Tokį vertinimą naudoja ir kitos ES šalys.

Lietuvoje upių monitoringą aplinkos apsaugos agentūra atlieka nuo pat 1992 m. (Šveikauskaitė, 2011), kurio metu buvo sukurtas 21 upės monitoringo taškas. Šiuo metu, pagal 2022 m. duomenis monitoringo tinklą sudaro 199 tyrimo taškai (Aplinkos apsaugos agentūra, 2023a).

Pagrindiniai upių taršos šaltiniai yra skirstomi į penkias grupes: sutelktąją, pasklidąją, foninę, antrinę ir tarptautinę (Aplinkos apsaugos agentūra, 2010). Sutelktosios taršos šaltiniai



atskleidžia teršalus, kurie patenka į vandens telkinius tam tikroje susikoncentruotoje srityje, kitaip tariant, per tam tikrus vamzdžius. Į šią kategoriją įeina nuotėkų valyklų ir pramonės įmonių išleidžiamos nuotėkos (Šaučiūnas, Bagdžiūnaitė-Litvinaitienė, 2017). Pasklidusios taršos šaltiniai - žmogaus veiklos sukelta tarša, skleidžiama į vandens telkinius ne iš vienos vietos, bet iš tam tikros teritorijos. Pavyzdžiui, lietaus metu miestų gatvėse nuplaunama tarša ar trąšos išplaunamos iš žemės ūkio laukų. Lietuvoje žemės ūkis daugiausiai prisideda prie pasklidusios taršos (Prašaitė ir kt., 2021). Viena iš tokių cheminių medžiagų, kuri į upes patenka kaip pasklidoji tarša yra pesticidai, kurie į upes patenka iš žemės ūkio paskirties teritorijų, kuriose naudojami per dideli kiekiai šių medžiagų arba dėl meteorologinių sąlygų, kuomet augalo nepasisavintos medžiagos išplaunamos per drenažinius vamzdžius į paviršinius telkinius (Schreiner et al., 2016). Kita labai svarbi taršos rūšis yra mineralinės ir biogeninės medžiagos (azotas ir fosforas). Šios medžiagos yra pagrindiniai elementai trąšų gamyboje, kurias naudoja ūkininkai pasėlių tręšimui.

Foninė tarša arba kitaip dar vadinamas gamtinis fonas, tai iš esmės natūralus maistinių medžiagų išsiplovimas iš dirvožemio. Foninės taršos koncentracijos dažniausiai būna žymiai mažesnės negu antropogeninės kilmės taršos šaltiniuose (GPT-3.5, 2024). Antrinė tarša vandens telkinyje susijusi su praeities įtaka, be dabartinio žmogaus veikimo. Šios taršos šaltinio poveikis yra sudėtingas, pavyzdžiui, ežerų dugne susikaupę daug fosforo ir azoto junginių. Šie junginiai, pradėję dalyvauti biologiniuose procesuose, gali padidinti vandenyje esančių melsvabakterių augimą. Tai atsiranda dėl praeityje kaupiamo perteklinio fosforo junginių kiekio, kuris, pradėjęs atsipalaiduoti, skatina melsvabakterių gausų augimą vandenyje. Šis procesas sukelia vandens „žydėjimą“, o melsvabakterės praturtina vandenį azotu, nepriklausomai nuo antropogeninių šaltinių. Tai yra papildomas antrinės taršos padarinys (Aplinkos apsaugos agentūra, 2023b). Tarptautinė tarša yra turbūt pats nemaloniausias dalykas kiekvienai valstybei, ypač valstybėms, kurios savo paviršiais vandenimis rūpinasi, tačiau ribojasi su kaimyninėmis valstybėmis, kuriose vandens kokybė nėra vienas iš pagrindinių prioritetų. Toks taršos pobūdis yra aktualus upėse, kurios teka per daugiau nei vieną valstybę (pavyzdžiui Dunojus, Nemunas ir kt.) (Aplinkos apsaugos agentūra, 2020).

Šiuo metu atliekant vandens kokybės monitoringo tyrimus, dėmesys labiausiai yra kreipiamas į pagrindinius maistinių medžiagų rodiklius.

### **1.3. Cheminių elementų įtaka vandens kokybei ir augalams**

Šiuo metu yra žinoma, kad upių ekosistemoms labiausiai kenkia mineralinės ir maistinės medžiagos (azotas, fosforas, fosfatai, chloridai), kurių perteklius vandenyje prisideda prie

bioįvairovės nykimo, turi neigiamos įtakos populiacijos ilgaamžiškumui ar net bendram upės vaizdui (Lietuvos gamtos fondas, 2024).

Cheminio deguonies sunaudojimo įvertinimas (ChDS) yra svarbus atsižvelgiant į išsamų organinės taršos kiekį, reguliuojant bendrą taršos lygį bei valdant vandens ekosistemą (toksinių dumblių žydėjimą ir hipoksiją. Be to, komunalinės, pramoninės bei žemės ūkio nuotekos, kurių sudėtyje yra organinių medžiagų, mažina deguonies kiekį vandenyje. Cheminio deguonies sunaudojimo (ChDS) metodo esmė paaiškinama cheminiu deguonies sunaudojimu, vykstant organinių medžiagų oksidacijos-redukcijos reakcijoms vandenyje (Prambudy et al., 2019).

Didelis organinių medžiagų kiekis vandenyje gali sukelti deguonies stoką, kuris yra pavojingas vandens gyvūnams. Šios medžiagos gali būti natūraliai susidarancios gamtoje, nedideliais kiekiais arba patenkančios į paviršinį vandenį kartu su komunalinėmis, pramoninėmis ir žemės ūkio nuotekomis. Organinių medžiagų kiekis ir jų įvairovė labai priklauso nuo klimato, geografinės padėties ir aplinkos sąlygų, tokių kaip dirvožemio tipas. Huminės medžiagos, kurios sudaro didžiąją dalį ištirpusių organinių medžiagų, yra pagrindinė priežastis, lemianti vandens spalvą. Tyrimai rodo, kad didžiausias organinių medžiagų kiekis vandenyje pastebimas rudenį, o aukštas jų kiekis siejamas su taškiniais ir išsklaidytaisiais šaltiniais vandens srautuose (Kotti et al., 2005).

Dažnas chloridų kiekio padidėjimas upėse būna susijęs su urbanizacijos reiškiniais, ypač su druskos naudojimu barstant kelius vietovėse, paveiktose sniego (Stets et al., 2018). Ši priežastis lemia, kad padidėjusios chloridų koncentracijos dažnu atveju yra fiksuojamos šaltuoju metų laikotarpiu (Corsi et al., 2015). Ant kelių barstoma natrio chlorido druska upes pasiekia per paviršinius kanalus ar kitokius nuotėkius, taip pat įsigeria į seklius vandeningus sluoksnius, per kuriuos vanduo iš lėto filtruojasi į upės vagą (Ledford et al., 2016). Labai padidėjusi chlorido koncentracija yra žalinga vandens organizmams bei didina sunkiųjų metalų ir kitų biologiškai aktyvių junginių judrumą jame (Duan, Kaushal, 2015). Didelės šių mineralinių medžiagų koncentracijos kenkia augalų augimo ir vystymosi procesams. Augalai, kurie yra mažiau tolerantiški padidėjusiai chloridų koncentracijai, ilgainiui gali pradėti nykti. Tokie padariniai gali sukelti pokyčius ekosistemų struktūroje ir veikloje.

Sulfatai – sieros rūgšties druskos, kurios yra svarbus veiksnys tiek ekosistemoms, tiek žmonėms. Sulfatas yra svarbi ekologiškai reikšmingų medžiagų, tokių kaip anglis, maistinės medžiagos ir metalai, ciklo dalis. Tačiau antropogeninės veiklos įnašas į sulfatų apkrovą, patenkančią į vandens sistemas, yra mažai ištirtas (Ekholm et al., 2020). Sulfatų koncentracija kanaluose ir pelkėse yra didesnė drėgnais metais ir drėgnuoju sezonu (nuo gegužės iki spalio mėn.). Aukštesnės sulfatų koncentracijos upėse ir pelkėse drėgnuoju metų laiku greičiausiai

atsiranda dėl didesnio vandens pritekėjimo į kanalus iš aplinkinių teritorijų, kuriose yra didesnė sulfatų koncentracija (Wang et al., 2009). Didelės sulfatų koncentracijos gali padidinti vandens tankį ir formuoti sustingusius dugninio vandens sluoksnius vietose, kur upės srovė yra silpna. Tai gali turėti poveikį ekosistemai ir jos struktūrai (Leppänen et al., 2017).

Fluoridas yra esminė natūralaus vandens dalis. Pavyzdžiui, fluoridai gali stipriai prisirišti prie aliuminio, didinant jo tirpumą vandenyje, tačiau sumažinant aliuminio žalą biotai. Taip pat, fluoridas yra būtinas gyvybei. Fluoridai koncentracija natūraliame vandenyje kinta dėl įvairių veiksnių, tokių kaip geologinė sandara, miesto ir pramonės veiklos mastai, upių ir ežerų sudėtis bei garavimas (Nea et al., 2003).

Priežastis, dėl kurios fluoridai laikomi rimtais teršalais, net kai jų yra mažai, yra tai, kad jie ilgą laiką išlieka vandenyje ir daro neigiamą poveikį vietinei ekosistemai (Baunthiyal, Ranghar, 2013). Sausuoju metų laikotarpiu pastebima, kad fluoridų koncentracijos padidėja, o tai siejama su tuo, kad tuomet upės pagrinde yra maitinamos gruntinių vandenų, kuriuose vyrauja didesnės šių medžiagų koncentracijos (Kitalika et al., 2018).

Nuo XX a. septintojo dešimtmečio nitratai tapo viena iš pagrindinių padidėjusios azoto apkrovos formų. Azotas nitratų pavidalu yra dažnas teršalas tiek paviršiniame, tiek požeminiame vandenyje. Žemės ūkio paskirties plotuose nitratai gali lengvai išsiplauti iš dirvožemio per melioracijos sistemas ir patekti į paviršinius bei gruntinius vandenis. Didelės nitratų koncentracijos sukelia neigiamą įtaką jūrų ekosistemoms, skatina fitoplanktono produktyvumą, eutrofikaciją, toksinių dumblių žydėjimą ir hipoksiją (Zhang et al., 2020). Yra upių, kuriose azoto koncentracijos būna didesnės 10 - 15 kartų, nei aplinkiniuose paviršiniuose vandenyse, o tai lemia ypatingai spausčius eutrofikacijos procesus upės žemupyje (Singh, Craswell, 2021).

Fosforas ir azotas yra svarbios cheminės medžiagos upėms, nes glaudžiai susiję su vandens anglies cinklu, kuris yra svarbus tiek pirminei gamybai, tiek organinių medžiagų mineralizacijos vandens sistemose reguliavimui. Natūralūs fosforo ir azoto šaltiniai apima jų išsiskyrimą iš sausumos dirvožemio ir augalinės medžiagos irimo metu, fosforo išsiskyrimą iš atmosferos uolienu, azoto nusėdimą atmosferoje (dėl kritulių ir sausųjų kritulių) ir biologinį azoto fiksavimą per cianobakterijas. Fosforas, kaip viena iš svarbiausių biogeninių medžiagų, žymiai prisideda prie vandens telkinių produktyvumo. Fosforas skiriasi nuo kitų biogeninių medžiagų tuo, kad jis greitai virsta iš organinės į mineralinę formą. Kai fosforas patenka į vandens telkinius - tiek natūralius, tiek dirbtinius - tai skatina didelį ciano bakterijų ir dumblių augimą. Toks augimas gali lemti deguonies stoką ir sumažinti vandens kokybę. (Butkutė, Zigmontienė, 2013).

Pagrindiniai antropogeniniai šaltiniai, patenkinantys į upių sistemas, apima didėjančią azoto nusėdimą atmosferoje dėl iškastinio kuro deginimo, augalų, gebančių fiksuoti azotą, augimą,

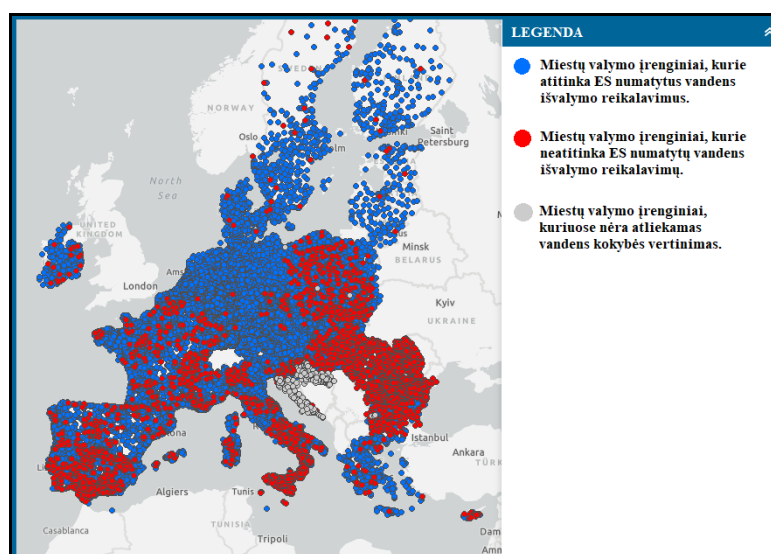
komunalinių ir pramoninių nuotekų, taip pat žemės ūkio trąšų naudojimą. Šios medžiagos prisideda prie eutrofikacijos ir vandens kokybės pablogėjimo (Schmutz, Sendzimir, 2018).

## 1.4. Paviršinio vandens taršos problematika ir upių ekologinis statusas

### 1.4.1. Europos paviršinių vandenų taršos problematika

Surenkant ir valant įvairaus tipo nuotekas, ypač miestuose, kyla didesnis spaudimas ir rizika aplinkai ir žmonių sveikatai, ypač upėms, ežerams ir pajūrio vandenims. Visoje Europoje didėja miesto nuotekų dalis, kurios surenkamos ir valomos pagal ES standartus. Europos sąjungos teritorijoje yra tik 4 valstybės, kurios išvalo savo nuotekas 100 % iki numatytų reikalavimų nuotekų valymo direktyvoje. Europos aplinkos agentūra apskritai teigia, kad visoje ES yra išvaloma apie 90 % sugeneruojamų nuotekų, o sąrašo gale tokios valstybės kaip Airija, Bulgarija, Rumunija, Kroatija ir Malta. Šios valstybės išvalo tik apie 50 % sukuriamų nuotekų, todėl likusi dalis keliauja tiesiai į paviršinius vandenis visiškai neišvalytos arba išvalytos nepilnai (European Environment Agency, 2021a).

Vertinant tik ES miestų teritorijose susidarancias nuotekas, tik 82 % jų yra teisingai surenkama ir išvaloma pagal ES standartus (1 pav.). ES teritorijoje yra suskaičiuojama virš 14 tūkst. miestų nuotekų valyklų, kuriose atliekamas biologinis valymas, papildomai pašalinant azoto ir fosforo junginius bei virš 5 tūkst. be jų. ES namų ūkiuose ir tam tikrose pramonės šakose 21 708 miestų teritorijose kasdien susidaro iš 544,4 mln. nuotekų sistemų, o tai atitinka maždaug 1087 mln. vonių arba 108,85 mln. m<sup>3</sup> kiekį.

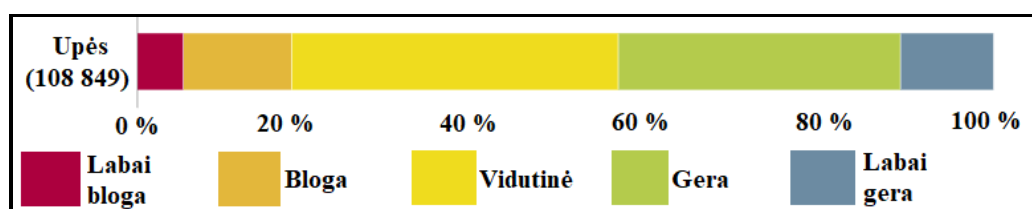


1 pav. ES miestų nuotekų valyklų kokybės vertinimas (WISE, 2024a)

Europoje vandens būklę blogina ne tik anksčiau aptartos nuotekų išvalymo problemos ir sunkumai, bet ir vis dar intensyviai vykdoma žemės ūkio veikla. Europos aplinkos agentūra pateikia informaciją (European Environment Agency, 2021c), kad 22 % Europos paviršinių vandenų yra labai paveikti iš žemės ūkio patenkamais chemikalais ir trąšomis. Taip pat akcentuojama, kad 34 % paviršinių vandens telkinių patiria sturktūrinius pokyčius, įskaitant upių vagas, vandens lygio pakitimus, hidrotechnikos statinius, kurie daro didelę žalą natūraliai upės tėkmei, o tuo pačiu ir biologinei įvairovei.

Mokslininkai pastebi, kad dėl padidėjusios azoto apkrovos taip pat intensyviau išsiskiria azoto oksidas, kurios kaip žinome yra stiprios šiltnamio efektą sukeliančios dujos, prisidedančios prie stratosferos ozono sluoksnio ardymo (Sutton et al., 2014). Yra susidariusi nuomonė, kad apie maistines medžiagas upių vandenyje žinome daug, tačiau yra ir kitokių nuomonių. G. Woodward (2012) su bendraautoriais nuomone, daugumoje pasaulio valstybių nors ir yra priimti įvairūs teisės aktai, siekiantys padėti ištaisyti įvairių nuotekų daromą žalą gamtai, tačiau akcentuojama, kad maistinių medžiagų apkrovos pasekmės įvairių upių ekosistemoms ir jų funkcionavimui vis dar menkai suprantamos.

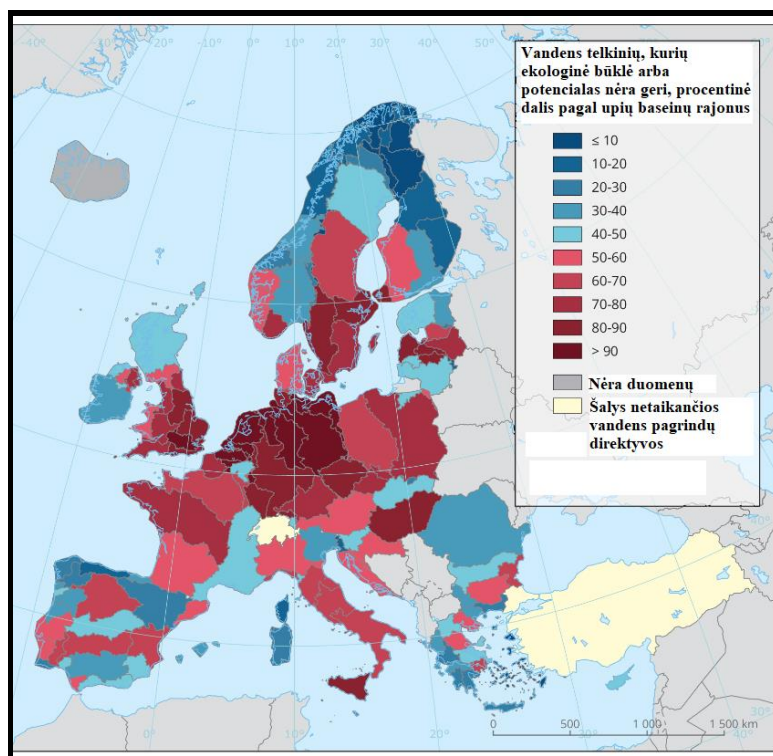
Europos aplinkos agentūra yra atsakinga už vandens pagrindų direktyvos įgyvendinimą valstybėse narėse, kurios tikslas yra užtikrinti gerą paviršinių vandenų būklę. O tam, kad toks užtikrinimas būtų pasiekiamas, reikia užtikrinti, jog upių ekologinė būklė būtų gerinama. Ši agentūra 2021 m. pateikė išsamią ataskaitą (European Environment Agency, 2021d), kurioje buvo aptarta Europoje esančių paviršinių vandenų ekologinė būsena iki 2015 m. Iš 108 tūkst. klasifikuojamų upių buvo nustatyta, kad labai blogos, blogos ir vidutinės ekologinės būklės yra apie 55 % upių (2 pav.). Ataskaitoje taip pat pastebima, kad nuo 2009 m., kuomet buvo pateiktas pirmasis planas upių gerinimui – upių ekologinės būklės situacija iš esmės nepasikeitė ir išliko panaši.



2 pav. ES upių ekologinės būklės pagal vandens telkinių skaičių (European Environment Agency, 2021d)

Europoje urbanizacijos ir žemės ūkio lygis bei pasiskirstymas yra tikrai nevienalytis. Vienos šalys yra labiau urbanizuotos už kitas, žemės ūkio sektorius apdirba skirtingo dydžio

teritorijas. Tai vyksta ne tik dėl istorinės praeities, bet ir dėl gamtinių sąlygų, kurios yra esminės šioje vietoje. Europos aplinkos agentūra 2021 m. (European Environment Agency, 2021c) pateikė labai išsamų Europos žemėlapi (3 pav.), kuriame pavaizduota vandens telkiniai, kurių ekologinė būklė arba potencialas nėra geras, procentinė dalis pagal pagrindinį upės rajoną.



3 pav. Pagrindinių ES URB procentinė dalis, atitinkanti gerą ekologinę būklę (European Environment Agency, 2021b)

Šiame žemėlapyje (3 pav.) galima pastebėti, kad prasčiausia upių būklė šiuo metu yra pietrytinėje Didžiosios Britanijos dalyje, pietinėje Švedijos pusėje bei didžiojoje Vokietijos teritorijoje. Taip pat bloga upių baseinų ekologinė situacija fiksuojama Latvijos, Italijos bei Beneliukso valstybėse. Geresnė upių ekologinė būklė yra Airijos, Škotijos ir Bulgarijos teritorijose, beveik visoje Norvegijos valstybėje, šiaurinėje Švedijoje ir tam tikrose Suomijos dalyse.

#### 1.4.2. Lietuvos paviršinių vandenų problematika

Upių taršos problematika Lietuvoje yra labai panašioje situacijoje, kaip ir likusi Europa. Europos sąjungos pateiktoje apžvalgoje, Lietuvoje iš 63-jų miestų nuotekų valymo įrenginių, net 99 % išvalomų nuotekų atitinka numatytus ES standartus (WISE, 2024b).

Pagal šią statistiką būtų galima susidaryti vaizdą, kad nuotekos Lietuvoje yra tvarkomos labai gerai, tačiau tai ne visai tiesa, nes joje vertinamos tik pagrindinės miestų nuotekų valyklos, bet ne visos pramonės įmonės ar kiti objektai, išleidžiantys įvairaus tipo nuotekas į gamtinę aplinką.

Pagrindiniai faktoriai lemiantys daugumos upių užterštumą yra netvarkingai valomos gamybinės bei buitinės nuotekos, didžiausiuose Lietuvos miestuose ir kituose miesteliuose, kurios išleidžiamos į gamtinę aplinką, taip pat momentinė tarša dėl įvairių ekologinių nelaimių (naftos produktų išsiliejimas į aplinką ar kt.) ir žinoma žemės ūkio veikloje naudojamos mineralinės trąšos, kurios per gruntinius vandenius ar melioracijos kanalus patenka tiesiai į paviršinius vandenius (Aplinkos apsaugos agentūra, 2017). ES tarybos teigimu, visi Lietuvos teritorijoje esantys paviršiniai vandenys, pagal 1991 m. išleistą ES direktyvą 91/676/EEC (European Union, 1991b), yra priskiriami kaip pažeidžiama zona pagal maistingųjų medžiagų koncentracijas, o pagal ES direktyvą 91/271/EEC (European Union, 1991a), esame vertinami kaip jautrios zonos teritorija.

Žemės ūkio ir gyvulininkystės sukeliama tarša priskiria prie pasklidusios taršos (Lukauskienė ir kt., 2022), kurios pagrindiniai teršalai yra nitratai ir fosforo junginiai. Šios medžiagos dažnai naudojamos trąšoms žemės ūkyje, tačiau perteklinio naudojimo atveju jas gali išplauti liūčių metu ir prisidėti prie eutrofikacijos proceso vandens telkiniuose (Pocienė, Pocius, 2008). Tam, kad perteklinis maistingųjų medžiagų kiekis būtų bent kažkiek ribojamas Lietuvos ūkiuose, 2005 m. aplinkos ministerija išleido įsakymą (LR Aplinkos ministerija, 2005) su aplinkosauginiais reikalavimais ir nurodymais ūkio subjektams, kaip teisingai elgtis tręšiant laukus mėšlu ir srutomis. Svarbu atkreipti dėmesį, kad upių užterštumas Lietuvos teritorijoje nėra vienalytis. Intensyviausia žemės ūkio veikla vykdoma vidurio ir šiaurės Lietuvoje, kur dirvožemio derlingumas yra pats didžiausias. Tuo tarpu rytinė, pietinė ir vakarinė Lietuvos dalis gamtiškai susiklostė taip, kad čia derlingumas yra mažesnis, todėl mineralinių medžiagų ūkio sektorius naudoja žymiai mažiau arba iš vis nenaudoja (Valstybės žemės fondas, 2018).

Didelę įtaką aplinkosaugai sukelia sutelkta tarša, kurios šaltinius galima tiksliai nustatyti dėl konkrečių teršalų išskyrimo. Priešingai nei pasklidusios taršos, kurios išsisklaido kritulių metu ir sunkiai identifikuojamas tikslus teršėjas, sutelktosios taršos objektas yra lengvai aptinkamas. Šios taršos pagrindinius šaltinius sudaro pramonės rajonai, ūkio objektai, netinkamai tvarkomos buitinės, komunalinės, pramoninės ir paviršinės nuotekos (Sherbakov et al., 2020). Taip pat į šią grupę įeina avarijos ir nelaimingi atsitikimai, kurių metu tarša išplinta akimirksniu. Svarbiausi šios taršos komponentai yra sunkieji metalai, naftos produktai, šarmų ir rūgščių tirpalai bei organinės medžiagos (Mikelinskas, Petraškienė, 2023).

Lietuvoje nuo 1992 m. vykdant paviršinio vandens kokybės monitoringą, 21 skirtingame Lietuvos upių taške ir tiriant pagrindinius maistinių medžiagų koncentracijos tyrimus (BDS7, bendro azoto ir fosforo, nitratų azoto bei fosfatų fosforo), buvo pastebėta, kad maistinių medžiagų koncentracija labai didėja (Aplinkos apsaugos agentūra, 2024), o pasiskirstymas atitinka anksčiau minėtus regionus, kuriuose aktyviau vykdoma žemės ūkio veikla. Šis reiškinys ypatingai buvo juntamas 2007 – 2017 m. laikotarpyje, kuomet daugumos upių ekologinė būklė smarkiai pablogėjo. Per vieną kokybės klasę sumažėjo kiek daugiau nei 50 % upių, net 50 % upių, kurios anksčiau buvo traktuojamos kaip „labai geros būklės“ – prarado šį statusą, ir net 70 % upių, kurios iki tol buvo vidutinės kokybės – taip pat suprastėjo (Aplinkos apsaugos agentūra, 2018). Tačiau bendrame Lietuvos kontekste situacija galimai po truputį gerėja nes, 2023 m. išleistame mokslinio tyrimo straipsnyje apie biogeninių medžiagų koncentracijų kitimo tyrimus Kulpės upelyje (Mikelinskas, Petraškienė, 2023) yra nagrinėjama Lietuvos individualių upių ekologinės būklės pagal nitratų azotą situacija 2021 metais, analizuojant oficialius aplinkos apsaugos agentūros statistikos duomenis. Straipsnyje minima, kad ekologinė Lietuvos upių būklė pagal 177 individualius upių duomenis, kuriuose atliekami monitoringo tyrimai yra visai neblogi.

1 lentelė. Lietuvos upių ekologinės būklės statusas (Mikelinskas, 2023 ir Karalius, Tričys, 2018)

Parametras	Atitinkantys geros ekologinės būklės statusą (%)	Baseinas	Upių neatitinkančių geros ekologinės būklės statuso (%)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	79,3	Lielupės UBR	94
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	68,0	Ventos UBR	66
P bendras	71,0	Nemuno UBR	57
N bendras	43,3	Dauguvos UBR	2
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	42,1	-	-

Pagal 1 lentelėje pateiktus duomenis galime pastebėti, kad Lietuvoje upės geriausią ekologinį statusą vertinamos pagal amonio azoto, fosfatų fosforo ir bendro fosforo cheminius parametrus. Sunkiausiai kol kas sekasi susitvarkyti su didesnėmis bendro azoto ir nitratų azoto koncentracijomis. Vertinant upių ekologinę būseną pagal Lietuvoje esančius upių baseinų rajonus, geriausiai vertinamas Lielupės baseino rajonas, o Dauguvos – situacija kelianti rimtą susirūpinimą.

Vandens užterštumas Lietuvoje yra aktuali problema. Nors nuotekų valymo įrenginių modernizavimas sumažino miestų ir įmonių taršą, tačiau net 51 % upių neatitinka geros būklės kriterijų. Didelis nerimas kyla dėl taršos iš žemės ūkio laukų, kuri šiuo metu yra didžiausias vandens teršėjas maistinėmis medžiagomis (Aplinkos apsaugos agentūra, 2018). Taip pat verta paminėti, kad Lietuvoje dauguma mažesnių upių buvo paverstos kanalais ir melioracijos grioviais,



siekiant padidinti žemės ūkio naudą. Tačiau tai atnešė ne tik naudos, bet ir nepataisomą žalą gamtai, sunaikinant natūralias buveines ir keičiant upių vaizdą (Juzėnas, Kulbis, 2009).

Apibendrinant šį skyrių galima atkreipti dėmesį į tai, kad ES lygmeniu į gamtinę aplinką išleidžiamų įvairaus tipo nuotekų, drenažų bei pačių upių kontrolė yra griežtai reglamentuota ir prižiūrima atitinkamų institucijų, tačiau nepaisant to, rezultatai nėra tokie džiuginantys kokie turėtų būti pagal įvairių reglamentų ir direktyvų keliamus tikslus. Dėja, bet tiek Lietuvoje, tiek Europoje upės vis dar patiria labai didelę antropogeninę taršą, kuri vis dar agresyviai plečiantis urbanizuotoms teritorijoms. Todėl yra labai svarbu, kad kokybės kontrolė ir tyrimai ES lygmeniu gautu dar didesnę dėmesį, norint išsaugoti kokybiškas upes su jose esančiomis ekosistemomis, ateities kartoms.

### **1.4.3. Vijolės upelio taršos problematika**

Vijolės upelis Šiaulių mieste teka per įvairios paskirties teritorijas. Jo vandens kokybei neigiamos įtakos turi antropogeninė apkrova per netvarkingai valomas nuotekas išleidžiamas į upelį, eutrofikacijos procesai bei nešienaujami maistingų medžiagų prikaupę makrofitiniai augalai, dėl kurių kasmet dugno nuosedose kaupiasi vis didesni kiekiai organinių medžiagų (Klimas, 2021).

Vijolės upelis didžiausius vagos pasikeitimus pajuto 1956 – 1960 m. kuomet didžioji vagos dalis buvo numelioruota ir ištiesinta (Šiaulių „Aušros“ muziejus, 2024). Yra žinoma, kad įvairios kilmės nuotekos į Vijolės upelio upę patenka per 20 pagrindinių municipalinių lietaus ir nuotekų išleistuvų (Asanavičiūtė – Klibavičienė, 2014). Verta paminėti, kad į Vijolės upelį taip pat patenka iš individualių namų išbėgančios lietaus nuotekos, kurios nėra kontroliuojamos, taip pat paviršinės nuotekos iš gatvių, kuriose nėra įrengta tokių nuotekų surinkimo sistemų (Griškienė, 2014).

V. Tričys (2004) su bendraautoriais atliko tyrimą, kurio metu siekė išsiaiškinti užterštumo problemas ir situacija Šiaulių miesto Vijolės upelyje bei kituose miesto paviršiniuose vandenyse. Upelio tyrimai buvo atliekami 5 matavimo vietose, imant vandens mėginius ir juose atliekant maistingų medžiagų, sunkiųjų metalų tyrimus. Rezultatai parodė, kad tarp visų gautų rezultatų, praščiausia užterštumo situacija buvo fiksuota būtent Vijolės upelyje ir ypatingas dėmesys atkreipiamas į Šiaulių mieste esantį Medelyno rajoną, kuriame didžiausios taršos fiksuotos teritorijoje, kurioje yra nemažai paviršinių nuotekų vamzdžių ir išleistuvų.

J. Sitonytė (2006) su bendraautoriais vertino 2 upelio taškų (pradžios ir pabaigos) maistinių medžiagų koncentracijų pasikeitimus bei vandens kokybę iš 6 nuotekų išleistuvų, kurių vanduo suteka į Vijolės upelį. Išanalizavus gautus duomenis tyrimo autoriams paaiškėjo, kad Vijolės upelio žemupyje organinių medžiagų koncentracija buvo net 250 kartų didesnė, nei upės

aukštupyje. Taip pat azoto ir fosforo junginių koncentracijos viršijo nustatytas leistinas ribas net 1000 kartų.

Tiek vieno, tiek kito tyrimo rezultatai parodė, kad Vijolės upelio vanduo buvo labai prastos būklės, tai išties nestebina, nes Lietuvoje nuotekų tvarkymo reglamentas įsigaliojo tik 2006 m. (LR Aplinkos ministerija, 2006), kurio dėka sugriežtinus reikalavimus išleidžiamoms nuotekoms, situacija upelyje tikrai pagerėjo. Šiaulių miesto savivaldybės internetinio puslapio duomenimis, kasmetiniai Vijolės upelio monitoringo tyrimai, tiriant maistingųjų medžiagų koncentracijas, yra atliekami nuo 2011 m. (Klimas, 2011). 2023 m. Vijolės upelio ekologinė vandens būklė, vertinant įvairias maistinių medžiagų koncentracijas, siekia vidutinę vertę (Klimas, 2023).

Vijolės upelis yra priskiriamas prie standartinės upės 1-ojo tipo, todėl yra svarbu rūpintis jo ekosistema. Nagrinėjant mokslinę literatūrą ir Vijolės upelyje darytus tyrimus galima pastebėti, kad dauguma mokslininkų vertindami upės ekologinę būseną ir pusiausvyrą vadovaujasi LR teisės aktuose nustatytais aplinkosauginiais reikalavimais. Tačiau trūksta ekologinės informacijos apie upės vagoje ir jos prieigose vyraujančius indikatorinius makrofitus. Šiuo tyrimu siekiama išsiaiškinti, ar įvairiuose Vijolės upelio ruožuose ištirpusios medžiagos turi įtakos prie upelio ir upelyje augančiai augalų įvairovei, kaip keičiasi ištirpusių medžiagų koncentracijos esant skirtingam upelio vandeningumui metų sezonais, kokio įtaką upelio taršai turi skirtingose vietose urbanizuota miesto teritorija.

### **1.5. Upių vandens kokybės įtaka ir svarba augalų bendrijoms**

Upės teikia svarbią naudą, pavyzdžiui, geriamąjį vandenį, drėkinimą ir maistines medžiagas, kitus elementus reikalingus ekosistemoms. Upės, kaip žuvų, augalų ir laukinių gyvūnų namai, yra labai svarbus daugelio rūšių, įskaitant ir mūšų, išlikimui (NOAA Fisheries, 2022). Upės, kaip natūralios vandens arterijos, yra esminis elementas augalų ekosistemų gyvybei ir įvairovei. Jos turi įtakos labai plačiai augalų rušių įvairovei, kurios upėje priklauso nuo daug skirtingų faktorių: šviesos gausumo, temperatūros, maistingų medžiagų kiekio, grunto charakteristikų, vandens tėkmės savybių bei įvairių šalutinių veiksnių kaip potvyniai, vagos išdžiūvimas ir panašiai (Bornette, Puijalon, 2011).

Augalų augimui svarbiausias veiksnys yra šviesos kiekis, kuris gali keistis atsižvelgiant į vandens charakteristikas (Li et al., 2016). Vandens skaidrumą lemia jo spalva, kietųjų medžiagų ir planktono koncentracija. Vandens makrofitai dažniausiai gyvena 0 – 4 m gylyje. Yra manoma, kad makrofitų galima aptikti ir gilesniuose sluoksniuose, kuriuose šviesos kiekis pasiekiantis augalą yra mažesnis nei 4 %.

Vandens sistemose sezoniniai fotoperiodo ir saulės spinduliuotės pokyčiai lemia atitinkamus vandens temperatūros pokyčius. Šviesa ir temperatūra kartu veikia makrofitų augimą, morfologiją, fotosintezę, chlorofilo sudėtį ir dauginimąsi (Dhir, 2015). Nors temperatūra tolerancijos ribose skatina vandens augalų augimą, mažėjanti vandens temperatūra gali prisidėti prie su gyliu susijusio sezoninio makrofitų augimo sumažėjimo. Manoma, kad tam tikrų makrofitų rūšių pasiskirstymo laikinus poslinkius pirmiausia lemia temperatūra (Körs et al., 2012). Rūšių sudėties ir pasiskirstymo, ypač panardintų vandens makrofitų, skirtumai dėl šiluminių pokyčių pabrėžia temperatūros svarbą kartu su šviesa įtakojant konkurencinę sąveiką tarp kartu egzistuojančių rūšių.

Dažniausiai pasitaikantys tam tikrų vandens makrofitų rūšių sudėties ir pasiskirstymo pokyčiai dėl šiluminių pokyčių rodo, kad temperatūra yra tokia pat svarbi kaip šviesa, daranti įtaką konkurencinei sąveikai tarp koegzistuojančių rūšių. Naujausi tyrimai rodo, kad padidėjusi maistinių medžiagų koncentracija, atsirandanti dėl pasklidusios taršos, gausėjantio metinio kritulių kiekio ir šiltėjančio klimato, turi įtakos makrofitų pasiskirstymui upės vagoje (Rosset et al., 2010).

Upių ekosistemoms itin svarbi vandens kokybė, kuri gali būti įvairi ir pasižymėti skirtingomis su nuosėdomis susijusiomis savybėmis. Atlikti tyrimai parodė, kad vandens kokybė, nuosėdų savybės ir geologiniai dariniai daro įtaką vandens makrofitų paplitimui (Tamire, Mengistou, 2012), (Gecheva et al., 2013). Danijos upeliuose atlikti tyrimai atskleidė, kad šarmingumas yra svarbiausias veiksnys, lemiantis augalų paplitimą. Su nuosėdomis susiję veiksniai, tokie kaip didelis organinių medžiagų kiekis, prastas deguonies prieinamumas, maistinių medžiagų ribotumas ir granulimetrinė sudėtis, įvairiai veikia vandens makrofitų paplitimą ir įvairovę (Feldmann, 2012). Kai kurie tyrimai rodo, kad įsišakniję vandens augalai dėl didesnės fosforo koncentracijos nuosėdose klesti labiau nei fitoplanktonas. Be to, pastebima, kad gėlavandenių makrofitų pasiskirstymui įtakos turi geologiniai dariniai ir aplinkos spaudimo lygis bei pobūdis (Sossey-Alaoui, Rosillon, 2013).

Pagrindiniai vandens augalų augimo elementai yra anglis, azotas ir fosforas, kurie lemia pirminę produkciją gėlo vandens ekosistemose (Bornette, Puijalon, 2011). Praturtinimas maisto medžiagomis, ypač padidėjusi fosforo koncentracija, gali labai pakeisti vandens augalijos tankumą, rūšinę sudėtį ir turtingumą upėse (Rosset et al., 2010). Toks maistingųjų medžiagų kiekio padidėjimas gali sutrikdyti nuo klimato priklausančius makrofitų pasiskirstymo dėsningumus (Rosset et al., 2010). Makrofitų paplitimui didžiausią įtaką daro ir hidrologinės bei hidrodinaminės sąlygos, ypač vandens lygio svyravimai ir mechaninis poveikis, kurį sukelia bangos ir vandens tėkmė (Naseer et al., 2014).

Vandens judėjimas tiesiogiai veikia makrofitus per hidrodinamines jėgas, kurios priklauso nuo srauto pobūdžio (vienkryptis ar bangavimas, tolygi ar netolygi tėkmė) ir gali sukelti augalų lūžius ar išrauti šaknis (Schutten, 2005). Augalai prisitaiko prie šių jėgų, pavyzdžiui, greitai persitvarko ir pasižymi dideliu atsparumu lūžiams (Puijalon et al., 2005). Esant vienakrypčiam srautui, sraigtinės formos, juostos pavidalo lapai ir kitos adaptacijos sumažina augalų pasipriešinimą ir padeda jiems išlikti (O'Hare et al., 2007). Srovės ar bangos daro įtaką augalų morfologijai, augimui ir dauginimuisi. Nuolat veikiami augalai ilgainiui morfologiškai pasikeičia taip, kad sumažintų hidrodinamines jėgas ir padidintų savo atsparumą (Coleman, Martone, 2020). Vandens judėjimas taip pat netiesiogiai veikia makrofitus, didindamas maistingų medžiagų ir dujų srautus, o tai skatina fotosintezę ir augalų augimą (Bornette, Puijalon, 2011). Be to, vandens judėjimas padeda išsklaidyti sėklas ir vegetatyvinius fragmentus. Jis taip pat netiesiogiai veikia makrofitus išplaudamas arba nusėdamas smulkias nuosėdas, vėliau erozijos ar sėklų banko palaidojimo metu (Sarneel, 2013).

## **1.6. Bioindikatoriniai užteršto vandens augalai**

Vandens augalai gali būti suskirstyti į dvi pagrindines ekologines grupes: vienos yra jūrų ir vandenynų augalai, o kitos – gėlavandeniai augalai (Ališauskaitė, 2004). Šios dvi grupės turi labai skirtingą florą. Iš sisteminės perspektyvos, vandens augalija susideda iš keturių pagrindinių augalų grupių: dumbliai, samanės, sporiniai induočiai ir žiediniai augalai. Šias grupes galima suskirstyti į dvi kategorijas, atsižvelgiant į jų dydį: mikrofitus, tai yra mažus vandens augalus, dažniausiai vienaląsčius arba kolonijinius dumbliai, stebimus tik per mikroskopą; ir makrofitus, kurie yra didesni, akimis matomi augalai.

Mikrofitus paprastai sudaro įvairūs maži dumbliai, dauguma iš jų plaukioja viršutiniuose vandens sluoksniuose ir yra dalis fitoplanktono. Makrofitus sudaro didieji dumbliai, vandens samanės, kai kurie sporiniai induočiai ir gėliniai augalai. Dauguma iš jų auga pritvirtinti prie dugno ir formuoja vadinamąjį fitobentosą. Makrofitai yra suskirstyti į dvi ekologines grupes: tikrieji makrofitai – hidrofitai ir fakultatyviniai (pakrančių) makrofitai arba helofitai. Penkios makrofitų ekologinės grupės, kurios sudaro įvairias juostas vandens telkinyje, yra helofitai, nimfeidai, potameidai ir limneidai.

Sprendžiant ir šalinant vandens taršos problemas reikia taikyti įvairius technologinius metodus (Zaghloul et al., 2020). Vieni iš tokių yra biologiniai indikatoriai - tai gyvi organizmai, pavyzdžiui, augalai, gyvūnai ir (arba) mikroorganizmai, naudojami teršalams konkrečioje

ekosistemoje nustatyti. Šių biologinių indikatorių pagalba galima nustatyti teršalų gyvavimo arba buvimo laiką, sužinoti apie ekosistemos būklę praeityje, dabartyje ir ateityje.

Bioindikacija nagrinėja biologinių sistemų priklausomybę nuo įvairių gamtinių ir antropogeninių sąlygų, taip pat patvirtina, jog žinios apie makrofitus plačiai taikomos moksliniuose tyrimuose vertinant upių taršą (Keblaitė, 2012). N. Asif (2018) su bendraautoriais teigia, kad tokių bioindikatorių naudojimas yra patikimas ir ekonomiškai efektyvus būdas vertinti aplinkos pokyčius. Vadinasi, toks upių užterštumo tikrinimo metodas yra patrauklus daugumai pasaulio mokslininkų ir gali būti efektyviai naudojamas ir ateities tyrimuose. Nors išleistame leidinyje „Upių augalai ir vanduo“ (Juzėnas, Kulbis, 2009) pateikiama įdomi mintis, kad iš esmės biologinės indikacijos metodas nėra pats tiksliausias būdas teršalų koncentracijoms vandenyje nustatyti, nes paliekama interpretacijos galimybė, kuri priklauso nuo kiekvieno mokslininko individualiai, bet tuo pačiu pabrėžiamas tokio metodo nepakeičiamumas nustatant antropogeninės taršos sukeltų ilgalaikių pokyčių ekosistemose. Tokios biologinės rūšys kaip moliuskai, vėžiagyviai, o ypač makrofitai jau daugelį metų buvo ir iki šių dienų yra vertinami kaip kosmopolitiniai bioindikatoriai, rodantys aplinkos užterštumo lygį (Fariasa et al., 2018).

Bioindikatoriniai makrofitai yra skirstomi į 2 grupes: švaraus vandens indikatoriai ir užteršto vandens indikatoriai (Stavinskienė, 2012). V. Stravinskienė knygoje išskiria nemažai makrofitų rūšių, kurių pirmoji augalų grupė yra tokia, kur augalai yra labai jautrūs besikeičiančiai vandens kokybei ir jo parametrams. Tokie augalai negali gyventi užterštame vandenyje. Antroji grupė – augalai, kurie toleruoja maistingų medžiagų kupiną vandenį ir nebijo didesnių užterštumų (Stavinskienė, 2012).

Apibendrinant, bioindikatoriniai augalai yra dažnai naudojamas metodas vandens taršos analizei, kadangi yra nemažai augalų rūšių, kurios labai greitai sureaguoja į pasikeitusią vandens kokybę. Šio metodo privalumas yra tai, kad augalai galima sakyti atlieka “tiesioginį” vandens kokybės tyrimą ir jaučia kiekviena pratekėjusį vandens litrą, o vandens kokybės analizė laboratoriniais metodais yra atliekamas ganėtinai retais intervalais dėl finansinių galimybių. Todėl bioindikatorinių augalų tyrimas upėse galimai yra net tikslesnis metodas įvertinti taršą ir įtaką ekosistemoms.

## **2. DARBO OBJEKTAS IR METODAI**

### **2.1. Tyrimo objektas**

**Objektas** – Vijolės upelis, tekantis per Šiaulių miesto bei rajono teritorijoje, ir upelyje bei jo prieigose augantys makrofitai.

Šiaulių Vijolės upelis priklauso Mūšos pabaseinio rajonui, Lielupės UBR. Ji yra 9,8 km ilgio ir priskiriama prie 1 tipo upės. Jos baseino plotas - 36 km<sup>2</sup>. Vijolės upelis Šiaulių mieste turi 2 ištekėjimo vietas. Viena ištekėjimo vieta pagal Lietuvos Respublikos upių, ežerų ir tvenkinių kadastrą (UETK, 2024) informaciją prasideda pietiniame rajone, ties Architektų g. Šis upės ištaka pažymėta daugelyje Šiaulių miesto žemėlapių, o antroji Vijolės upės pradžia išteka iš Verduliukų rajono, dar kitaip minima Verduliukų aukštapelke. Upės pabaigos vieta laikoma įtekėjimas į Kulpės upę, Gubernijos gyvenamajame rajone. Vijolės upė turi 2 pagrindinius intakus: dešinysis intakas yra sraunus melioracijos kanalas, atitekantis nuo Liejyklos g., kuriame vyrauja pramoninės paskirties plotai ir kairysis – Švendrelio upelis, kuris į Vijolę įteka Gubernijos rajone. Šis upelis buvo pasirinktas tyrimo objektu, kadangi norėta sužinoti apie Šiaulių miesto urbanizuotą teritoriją poveikį Vijolės upelio vandens kokybei ir augalams.

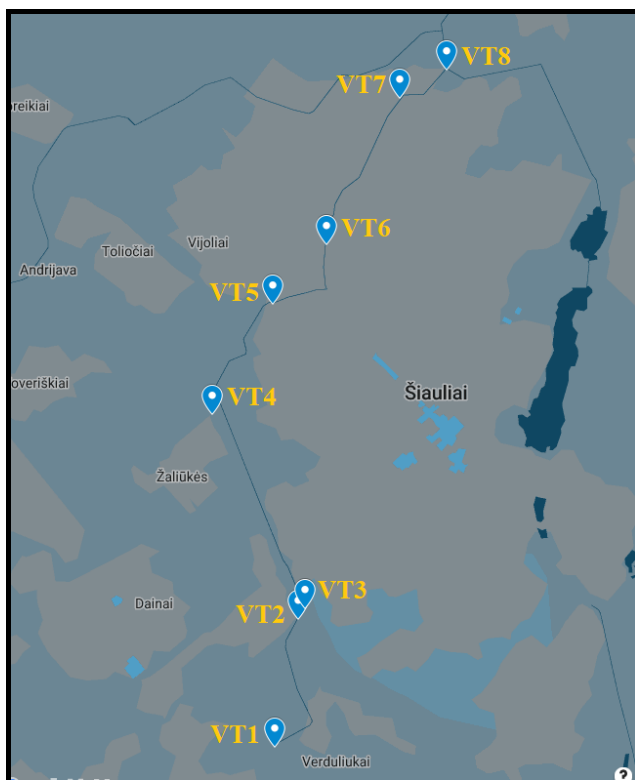
Makrofitų tyrimuose buvo suregistruoti vyraujantys Vijolės vandenyje ir pakrantėje augalai. Didesnis dėmesys skiriamas bioindikatoriniams augalams, kurie Vijolės upelyje indikuoja apie galimą vandens taršą maistingomis medžiagomis.

### **2.2. Tyrimo metodika**

#### **2.2.1. Vandens mėginių paėmimas**

Vandens mėginių paėmimas buvo vykdomas pagal LR galiojančius mėginių rinkimo (ISO 5667-6:2014) ir konservavimo (LST EN ISO 5667-3:2013) standartus. Vandens paėmimui buvo naudojama teleskopinė lazda su 1 litro metaline semtuve. Paimtas upės vandens mėginys laikomas termodėžėje su šaldymo elementais iki kol parsivežamas į laboratoriją tyrimams. Vijolės upelio tyrimams buvo pasirinkti 8 mėginių paėmimo vietos (4 pav.), kurių kiekviena atspindi skirtingai urbanizuotą Šiaulių miesto zoną. Apie kiekvieno taško specifiką detaliau aprašoma 2 lentelėje.

Vandens mėginiai buvo renkami 2023 metais keturis kartus per metus. Pavasario sezono vanduo buvo renkamas kovo 19 d. Antrame kovo mėn. dešimtadienyje Lietuvoje vidutiniškai vyravo 2,8 °C, vidutinis kritulių kiekis buvo 16 mm, o dirvožemis daugumoje teritorijų buvo atitirpęs.



4 pav. Vandens tyrimo vietų išsidėstymas Šiaulių m. ir rajono teritorijoje

Mėginio paėmimo metu oro temperatūra buvo apie 10 °C, o kritulių šią dieną užfiksuota nebuvo. Vasaros laikotarpyje mėginiai rinkti – liepos 25 d. Liepos mėnesio trečiajame dešimtadienyje vidutinis kritulių kiekis Lietuvoje buvo apie 28,8 mm ir vyravo šilti orai (vid. 16,9 °C). Mėginių ėmimo dieną oro temperatūra buvo apie 16 °C, nežymus kritulių kiekis (iki 0,8 mm) fiksuotas tik rytinėje dienos dalyje, kurioje buvo renkami mėginiai. Rudenio laikotarpyje mėginiai paimti – spalio 29 d. Spalio mėn. trečiame dešimtadienyje vyravo vidutiniškai 5,4 °C, o spalio pabaiga buvo itin lietinga. Vidutinis kritulių kiekis Lietuvoje buvo apie 52,6 mm. Šią dieną Šiauliuose vyravo 3 °C temperatūra, o mėginių rinkimo metu kritulių fiksuota nebuvo. Žiemos laikotarpiu – gruodžio 17 d. Šį mėnesį vidutinė šalies temperatūra buvo nedidelė ir siekė tik 1,8 °C, nors Lietuvoje vidutinis kritulių kiekis buvo nemažas (21,3 mm), tačiau Šiauliuose kritulių kiekiai buvo mažesni ir vidutiniškai siekė tik iki 10 mm. Gruodžio 17 dieną, imant mėginius vyravo 6 °C temperatūra, kritulių kiekis buvo minimalus (iki 0,6 mm). Atliekant vandens paėmimo darbus, kiekvienam paėmimo taškui buvo daromi trys pakartojimai., išlaikant 1 minutės pertrauką tarp paėmimų, siekiant išvengti atsitiktinės momentinės taršos. Trys pakartojimai leido apskaičiuoti bendrą taško rezultatų vidurkį. Visų metų laikotarpyje buvo paimti 96 vandens mėginiai iš Vijolės upės. Laboratoriniai tyrimai atlikti, bendradarbiaujant su UAB „Geomina“ ir

naudojantis aplinkos tyrimų laboratorijoje esančia įranga ir visais reikalingais papildomais įrankiais.

Tyrimams buvo imamas 1 litro vandens kiekis į PET tipo butelius, kurie užsandarinami kamšteliu su vožtuvėlio sienele. Vandens paėmimui iš upės buvo naudojamas metalinis semtuvas, kuris tvirtinamas prie teleskopinės lazdos (4 m).

2 lentelė. Vandens tyrimo vietų aprašymas

Vandens paėmimo vieta	Trumpinys	Koordinatės LKS-94	Specifika
Upės pradžia Verduliukuose	VT1	y-455300, x-6196421	Taškas, kuriame reprezentuojama Vijolės upės pradžia Verduliukų rajone. Šioje vietoje vandens nėra daug, tėkmės greitis nedidelis.
Upė garažų g. pabaigoje	VT2	y-455550, x-6197793	Taškas, kuriame reprezentuojama galima tarša nuo Verduliukų gyvenamojo rajono ir Garažų g. esančių mūrinių garažų, kuriuose vyksta intensyvi automobilių remontų veikla. Upės tėkmė labai lėta.
Dešinysis intakas (nuo Liejyklos g.)	VT3	y-455643, x-6197933	Atitekančio melioracijos kanalo, nuo pramonės rajono, vandens kokybės įvertinimas, nes iš jo sraunia tėkme vanduo įsilieja į Vijolės upę.
Upės vaga nuo Architektų g.	VT4	y-454640, x-6200071	Papildomas upės kanalas, atitekantis nuo Architektų g., kuris traktuojamas kaip antroji upės pradžia. Paėmimo vieta yra prieš pat įtekėjimą į pagrindinę vagą. Vandens daug, tačiau srovė nedidelė.
Upės vaga ties Vilniaus g.	VT5	y-455329, x-6201278	Taškas reprezentuoja galimą taršą nuo Aukštabalio g, aplink kurią yra pramonės objektų, garažų kompleksas ir Jablonskio g. aplink kurią įsikūręs Žaliūkių rajonas. Į šią upės zoną galimai subėga drenažas iš žemės ūkio laukų, bei paviršinės nuotekos iš aplink Gumbinės g. esančius gyvenamuosius kvartalus.
Upės vaga už Birutės g.	VT6	y-455925, y-6201948	Taškas reprezentuoja galimai papildomą taršą nuo šalia Vijolės upelio vagos esančios geležinkelio bėgių linijos, bei „Šiaulių vandenys“ gamybinės ir vandenvietės teritorijos.
Kairysis intakas (Švendrelis)	VT7	y-456741, x-6203517	Vidutinio sraunumo vandens intakas, kurio vanduo įsilieja į Vijolės upelį. Taškas pasirinktas įvertinti intako vandens kokybę ir galimą žalą tiriamajai upei.
Upės pabaiga, prieš įtekėjimą į Kulpę	VT8	y- 457266, x-6203830	Vijolės upės pabaigos taškas, prieš įtekėjimą į Kulpės upe. Šis taškas taškas reprezentuoja visoje upės vagoje susikaupusią taršą, papildomai prisidedant medelyno bei gubernijos rajonų įtakai.

### 2.2.2. Vandens mėginių paruošimas ir cheminės analizės

Vijolės upės mėginiuose buvo tiriami šie parametrai: Cheminis deguonies sunaudojimas (ChDS), bendras azotas ir bendras fosforas, chloridai (Cl<sup>-</sup>), sulfatai (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), nitratai (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N), fosfatai (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P) bei fluoridas (F<sup>-</sup>).



**Bendras organinių medžiagų kiekis (ChDS<sub>Cr</sub>).** Tyrimas buvo atliktas, vadovaujantis tarptautiniu ISO 15705:2002 standartu. Gauti rezultatai išreikšti miligramais deguonies litrui (mgO<sub>2</sub>/l) trimis reikšminiais skaitmenimis. Analitė apdorojama naudojant paruoštus ChDS<sub>Cr</sub> mėgintuvėlius su tirpalais, kurių sudėtyje yra sieros rūgštis, sidabro sulfatas (veikia kaip katalizatorius tam, kad oksiduotų sunkiai oksiduojamas medžiagas), kalio bichromatas (oksidatorius) ir gyvsidabrio sulfatas (pašalinti ar sumažinti mėginyje esančių chloridų įtaką).

Prieš atliekant cheminio deguonies nustatymą, buvo ruošiama kalibracinė kreivė ir nustatoma tiesės lygtis (optinio tankio priklausomybė nuo koncentracijos).

Ruošiama kalibracinė kreivė ChDS<sub>Cr</sub> 10 - 80 mgO<sub>2</sub>/l . Kalibracinės kreivės sudarymui naudojamas kalio hidroftalato 1000 mgO<sub>2</sub>/l standartinis tirpalas. Į 50 ml matavimo kolbutes buvo įpilta 0,5 ml, 1ml, 2 ml, 3 ml, 4 ml šio standartinio tirpalo ir po 0,2 ml 0,4 mol/l sieros rūgšties tirpalo (mėginio parūgštinimui). Skiedžiama iki 50 ml. Šių tirpalų koncentracijos - 10, 20, 40, 60, 80 mgO<sub>2</sub>/l. Po 2 ml paruoštų žinomos koncentracijos tirpalų pilama į ChDS<sub>Cr</sub> mėgintuvėlius, sumaišoma. Ruošiamas ir kontrolinis mėginys (KM) – 60 mgO<sub>2</sub>/l (gaminamas iš kalio hidroftalato 1000 mgO<sub>2</sub> /l vidinio standartinio tirpalo). Kartu dedamas ir tuščias mėginys TM (2 ml dejonizuoto vandens).

Kalibracinės kreivės taškai, TM ir KM kaitinami kaitinimo bloke 150 °C 2 val ±15 min. Po kaitinimo jie sumaišomi, leidžiama atvėsti, nusistovėti ir matuojamas optinis tankis, esant 440 nm bangos ilgiui. Matuojama su mėgintuvėliu, jį naudojant kaip kiuvetę. Brėžiama tiesinė priklausomybė tarp koncentracijos ir optinio tankio, sudaroma tiesės lygtis (tiesės lygties koeficientai a, b ir koreliacijos koeficientas R<sup>2</sup>). Kalibracinė kreivė tinka naudojimui, jei koreliacijos koeficientas R<sup>2</sup>>0,995. Susisteminta informacija apie kalibracinės kreivės sudarymui naudojamus standartinius tirpalus, determinacijos koeficientus ir tiesės lygtį pateikiama 4 lentelėje.

Kreivės taškai ir jų koncentracija suvedami į spektrofotometrą, kas leidžia nustatant tiriamo mėginio ChDS<sub>Cr</sub> turėti ne optinį tankį, o jau mėginio ChDS<sub>Cr</sub> rezultatą. Kontrolinio mėginio rezultatas turi įeiti į statistinės kontrolės ribas.



5 pav. Organinių medžiagų koncentracijos rezultatas (mg/l) spektrofotometro ekrane

Atliekant tiriamų mėginių  $\text{ChDS}_{\text{Cr}}$ , prieš pilant į paruoštus analitei mėgintuvėlius, mėginys sumaišomas. Buvo imamas tikslus 2 ml tūris, naudojant metrologiškai patikrintą automatinę pipetę. Pilamas į paruoštą mėgintuvėlį su reagentais. Kuo skubiau užsukamas mėgintuvėlis, tūris sumaišomas ir dedamas į kaitinimo bloką. Atliekama ta pati procedūra, kaip ir su kalibracinės kreivės standartiniais tirpalais. Kai mėginys atvėsta, matuojama tiriamo mėginio koncentracija. Įvertinamas tuščias bei kontrolinis mėginys.

**Anijonų ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{F}^-$ ) analizė jonų chromatografijos metodu.** Šis tyrimas atliekamas vadovaujantis LST EN ISO 10304-1 standarte numatyta metodika. Prieš atliekant analizę, naudojant švirkštą, mėginys filtruojamas per membranine filtrą (porėtumas  $0,45 \mu\text{m}$ ). Po 5 ml paruošto mėginio buvo įpilama į suženklintus specialius autosamplerio „Dionex AS-DV“ indelius. Indeliai užkemšami su filtrą turinčiais kamšteliais naudojant užkimšimo įrankį ir sudedami į autosamplerį pagal surašytos sekos eiliškumą. Nurodomas kiekvieno mėginio tipas ir praskiedimo laipsnis (6 pav). Įjungiamas sekos analizė.

Vandens analizei naudojamas jonų chromatografas „Dionex ICS-1100“ bei autosampleris „Dionex AS-DV“, kuris automatiškai eilės tvarka analizuoja paruoštus mėginius. Naudojamas darbinis eliuatas, kuris gaminamas iš pagrindinio eliuato -  $0,35 \text{ mol/l Na}_2\text{CO}_3$ ,  $0,1 \text{ mol/l NaHCO}_3$  ( $18 \text{ ml}$  pagrindinio eliuato praskiedžiama su analizės vandeniu iki  $2000 \text{ ml}$ ). Tėkmės greitis  $1,0 \text{ ml/min.}$ , kolonėlės darbinė temperatūra –  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ , naudojama AS14\_4mm kolonėlė. Nusistovėjus slėgiui ir laidžiui sumažėjus iki  $<20 \mu\text{S}$ , įjungiamas slopintuvas („Suppressor“) ir nustatoma  $25 \text{ mA}$  srovė. Analizę galima pradėti, kai laidis nusistovi tarp  $16\text{-}20 \mu\text{S}$ .

Programinė įranga „Chromleon 7“ pagal pikų plotą automatiškai apskaičiuoja anijonų masės koncentraciją  $\text{mg/l}$  tirpale ir pateikia galutinius rezultatus. Kokybei užtikrinti kartu su kiekviena serija atliekamas kalibravimo taško (ST6), kontrolinio mėginio bei tuščio mėginio

nustatymas, analizuojama junginių sulaikymo trukmė, bazinio signalo stabilumas ir pikų rezoliucija.

Chromatog	Position	Name	Dilution	Type	Level	Volume (µl)	Status	Inject Time	Inst
1	None	7							
2	None	2	TM						
3	None	3	TMD	1,0000	Blank				
4	None	4	ST6 (CCV)	1,0000	Blank	25	Running		
5	None	5	TMD1	1,0000	Check Stand.	06			
6	None	6	01/1.1	1,0000	Blank	25	Idle		
7	None	7	01/1.2	1,0000	Unknown	25	Idle		Metod
8	None	8	01/1.3	1,0000	Unknown	25	Idle		Metod
9	None	9	01/2.1	1,0000	Unknown	25	Idle		Metod
10	None	10	01/2.2	1,0000	Unknown	25	Idle		Metod
11	None	11	01/2.3	1,0000	Unknown	25	Idle		Metod
12	None	12	01/3.1	1,0000	Unknown	25	Idle		Metod
13	None	13	01/3.2	1,0000	Unknown	25	Idle		Metod
14	None	14	01/3.3	1,0000	Unknown	25	Idle		Metod
15	None	15	01/4.1	1,0000	Unknown	25	Idle		Metod
16	None	16	ST6 (CCV) D	1,0000	Unknown	25	Idle		Metod
17	None	17							
18	None	18	TMD2	1,0000	Unknown	25	Idle		Metod

6 pav. Mėginių sekos sudarymas programinėje įrangoje „Chromleon 7”

Susisteminta informacija apie kalibracinės kreivės sudarymui naudojamus standartinius tirpalus, determinacijos koeficientus ir tiesės lygtį pateikiama 4 lentelėje.

Nitratų ir fosfatų rezultatai buvo konvertuoti ir pateikti  $\text{NO}_3^-$ -N ir  $\text{PO}_4^{3-}$ -P formomis. Nitratų konversija į nitratų azotą parodo neorganinio azoto kiekį, kuris yra nitratų formoje. O fosfatų pakeitimas į fosfatų fosforą parodo kiek neorganinio fosforo yra fosfatų formoje. Perskaičiavimas atliekamas naudojant konversijos faktorius (3 lentelė).

3 lentelė. Cheminių medžiagų konversijos faktoriai

Pirminis rezultatas	Konversijos faktorius	Gaunamas rezultatas
$\text{NO}_3^-$	0,2259	$\text{NO}_3^-$ -N
$\text{PO}_4^{3-}$	0,3261	$\text{PO}_4^{3-}$ -P



7 pav. Tyrimų procesas UAB „Geomina“ laboratorijoje

**Bendrasis azotas.** Šios biogeninės medžiagos tyrimas buvo atliktas vadovaujantis LST EN ISO 11905-1 standarte numatyta mėginio paruošimo ir analizės metodika. Tyrimo galutinis

rezultatas gaunamas atliekant skirtingus etapus. Pirmiausia drumstumo pašalinimui buvo filtruojami mėginiai per 0,45µm membraninį filtrą. Į švarų mineralizavimo indą pipete įpilama 10 ml mėginio, 5 ml oksidavimo tirpalo ir tuoj pat uždaroma.

Oksidavimo tirpalas paruošiamas taip: 4 g kalio persulfato  $K_2S_2O_8$  ištirpinti 50 ml dejonizuoto vandens, pilti 10 ml 1,5 mol/l natrio šarmo, NaOH tirpalo ir skiesti iki 100 ml dejonizuotu vandeniu. Tirpalas ruošiamas prieš pat naudojimą. Gerai išmaišoma.

Tuomet vandenyje esantys įvairūs azoto organiniai junginiai, mineralizuojami autoklave-sterilizatoriuje „Raypa AES-28“. Oksidacija kalio persulfatu iki nitratų vyksta buferinėje šarminėje terpėje, kaitinant mėginį uždareme inde, esant aukštesniam slėgiui.

Nitratų kiekis tiriamas chromatografijos metodu, vadovaujantis LST EN ISO 10304-1 standartu. Prieš tyrimą mėginys yra paruošiamas analizei. Į 25 ml indelį pilama po 1 ml autoklavuoto tiriamo mėginio ir 19 ml dejonizuoto vandens. Įlašinama su vienkartinę pipete po 3 lašus NaOH tirpalo (naudojamas 5 kartus skiestas 1,5 M NaOH tirpalas). Lakmuso popierėlio pagalba patikrinamas tirpalo pH, jis turi būti neutralus. Taip paruošti mėginiai tiriami jonų chromatografijos metodu. Kokybei užtikrinti su kiekviena serija atliekamas kontrolinio mėginio bei tuščio mėginio nustatymas. Kontroliniui mėginiui naudojamas 200 mgN/l glicino tirpalas.

Susisteminta informacija apie kalibracinės kreivės sudarymui naudojamus standartinius tirpalus, determinacijos koeficientus ir tiesės lygtį pateikiama 4 lentelėje.

Atlikus chromatografijos analizę ir gavus nitratų koncentraciją mėginyje, bendro azoto galutinis rezultatas yra apskaičiuojamas pagal formulę:

$$C=C(NO_3^-)*0,2259*30*k$$

C – bendrojo azoto koncentracija, mg/l

$C(NO_3^-)$  –nitratų koncentracija nustatyta jonų chromatografijos metodu, mg/l,

0,2259 – perskaičiavimo koeficientas iš  $NO_3^-$  į N;

30 – praskiedimo koeficientas (taikomas visiems mėginiams);

k – papildomas praskiedimo koeficientas (taikomas mėginiams, kuriuose azoto koncentracija yra didelė).

### **Rezultatų tikslumas pateikiamas remiantis standarto rekomendacijomis:**

0,010 mg/l -0,100 mg/l pateikiami 0,001 mg/l tikslumu.

0,100 mg/l -10 mg/l pateikiami 0,01 mg/l tikslumu.

>10 mg/l pateikiami 0,1 mg/l tikslumu.

**Bendras fosforas.** Laboratorinis tyrimas buvo atliekamas vadovaujantis ISO 6878:2004 standarte numatyta metodika. Šiame tyrime buvo naudojami 2 pagrindiniai įrenginiai: autoklavas-

sterilizatorius „Raypa AES-28“ (8 pav.) ir spektrofotometras „DR 3900“. Prieš atliekant tolimesnius veiksmus pirmiausia iš mėginio reikėjo pašalinti drumstumą, naudojant 0,45µm membraninį filtrą. Kitas etapas, 40 ml išfiltruoto tiriamojo mėginio pipete buvo įpilta į švarų mineralizavimo indą, pridėta 4 ml kalio persulfato tirpalo (K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) ir 30 min. autoklavuota esant 120 ± 5 °C temperatūrai. Tada autoklavuotas ir atvėsintas mėginys supiltas į 50 ml matavimo kolbutę ir dėta po 1 ml askorbo rūgšties tirpalo, ir po 30 sekundžių - po 2 ml rūgštinio amonio molibdato II tirpalo, praskiesta vandeniu iki 50 ml, gerai sumaišyta.



8 pav. Autoklavas-sterilizatorius „Raypa AES-28“

Paruoštas analizei mėginys po 10 minučių įpilamas į 10 mm kiuvetę ir spektrofotometru išmatuojama tirpalo absorbcija, esant absorbcijos bangos ilgiui 880 nm. Kokybei užtikrinti su kiekviena serija atliekamas kontrolinio mėginio bei tuščio mėginio nustatymas. Tuščio mėginio optinis tankis naudojamas bendrojo fosforo apskaičiavimui. Susisteminta informacija apie kalibracinės kreivės sudarymui naudojamus standartinius tirpalus, determinacijos koeficientus ir tiesės lygtį pateikiama 4 lentelėje. Pagal turimą kalibracinę kreivę apskaičiuotos bendrojo fosforo koncentracijos:

$$x = \frac{(A - A_0)}{f} \times k_{\text{prask}}$$

f – kalibracinės kreivės koeficientas;

A – mėginio išmatuotas optinis tankis;

A<sub>0</sub> – tuščio mėginio optinis tankis;

Praskiedimo laipsnis:

$$k_{\text{prask}} = \frac{V_t}{V_s}$$

V<sub>s</sub> – prakiedimui paimtas mėginio tūris, mililitrais;

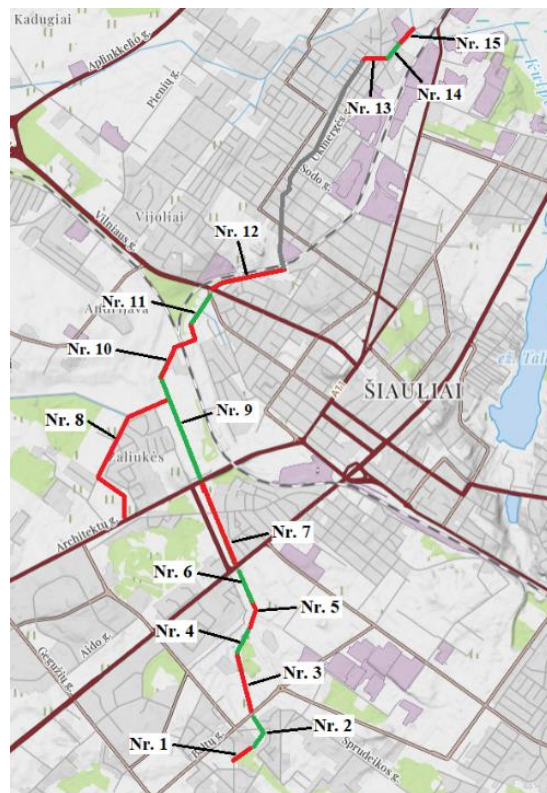
V<sub>t</sub> – matavimo kolbos tūris, mililitrais.

4 lentelė. Pagrindinė informacija apie kalibracinių kreivių sudarymą

Kalibravimo data	Analitė	Standartinis tirpalas	Kreivės intervalas	Tiesės lygtis	Determinacijos koeficientas
2023-03-15	ChDS <sub>Cr</sub>	Kalio hidrogenftalatas 1000 mgO <sub>2</sub> /l (LOT BCBX5940)	10-80 mgO <sub>2</sub> /l	y=-0,0036x	R <sup>2</sup> =0,9992
2023-11-23	ChDS <sub>Cr</sub>	Kalio hidrogenftalatas 1000 mgO <sub>2</sub> /l (LOT BCBX5940)	5-80 mgO <sub>2</sub> /l	y=-0,0036x	R <sup>2</sup> =0,9995
2023-03-01	BP	Fosfatų st. 1000 mg/l (LOT HC27970898)	0-1,30 mg/l	y = 0,6695x	R <sup>2</sup> = 0,9999
2023-08-07	BP	Fosfatų st. 1000 mg/l (LOT HC27970898)	0-1,30 mg/l	y = 0,6345x	R <sup>2</sup> = 0,9997
2023-02-23	F <sup>-</sup>	Fluoridų ST 1000 mg/l (NaF LOT A0445607)	0,005-10 mg/l	y = 0,2765x	R <sup>2</sup> = 0,9985
2023-02-23	Cl <sup>-</sup>	Chloridų ST 1000 mg/l (NaCl LOT PP/2020/11912)	0,10-200 mg/l	y = 0,2413x	R <sup>2</sup> = 0,9973
2023-02-23	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitratų ST 1000 mg/l (NaNO <sub>3</sub> LOT N12H036)	0,10-200 mg/l	y = 0,1239x	R <sup>2</sup> = 0,9958
2023-02-23	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Fosfatų ST 1000 mg/l (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> LOT 19/05/18)	0,005-10 mg/l	y = 0,0546x	R <sup>2</sup> = 0,9978
2023-02-23	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Sulfatų ST 2000 mg/l (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> LOT PP/2022/03739)	0,20-400 mg/l	y = 0,1697x	R <sup>2</sup> = 0,9966
2023-07-05	F <sup>-</sup>	Fluoridų ST 1000 mg/l (NaF LOT A0445607)	0,005-10 mg/l	y = 0,2862x	R <sup>2</sup> = 0,9993
2023-07-05	Cl <sup>-</sup>	Chloridų ST 1000 mg/l (NaCl LOT PP/2021/01003)	0,10-200 mg/l	y = 0,2503x	R <sup>2</sup> = 0,9981
2023-07-05	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitratų ST 1000 mg/l (NaNO <sub>3</sub> LOT N12H036)	0,10-200 mg/l	y = 0,1318x	R <sup>2</sup> = 0,9969
2023-07-05	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Fosfatų ST 1000 mg/l (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> LOT PP/2022/07286)	0,005-10 mg/l	y = 0,0568x	R <sup>2</sup> = 0,9982
2023-07-05	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Sulfatų ST 2000 mg/l (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> LOT PP/2022/03739)	0,20-400 mg/l	y = 0,1767x	R <sup>2</sup> = 0,9979
2023-09-26	F <sup>-</sup>	Fluoridų ST 1000 mg/l (NaF LOT A0445607)	0,005-10 mg/l	y = 0,2925x	R <sup>2</sup> = 0,9989
2023-09-26	Cl <sup>-</sup>	Chloridų ST 1000 mg/l (NaCl LOT PP/2021/01003)	0,10-200 mg/l	y = 0,2570x	R <sup>2</sup> = 0,9980
2023-09-26	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitratų ST 1000 mg/l (NaNO <sub>3</sub> LOT N12H036)	0,10-200 mg/l	y = 0,1350x	R <sup>2</sup> = 0,9965
2023-09-26	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Fosfatų ST 1000 mg/l (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> LOT PP/2022/07286)	0,005-10 mg/l	y = 0,0598x	R <sup>2</sup> = 0,9973
2023-09-26	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Sulfatų ST 2000 mg/l (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> LOT PP/2022/03739)	0,20-400 mg/l	y = 0,1811x	R <sup>2</sup> = 0,9976
2023-11-17	F <sup>-</sup>	Fluoridų ST 1000 mg/l (NaF LOT A0445607)	0,005-10 mg/l	y = 0,2904x	R <sup>2</sup> = 0,9989
2023-11-17	Cl <sup>-</sup>	Chloridų ST 1000 mg/l (NaCl LOT PP/2021/01003)	0,10-200 mg/l	y = 0,2580x	R <sup>2</sup> = 0,9980
2023-11-17	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitratų ST 1000 mg/l (NaNO <sub>3</sub> LOT N12H036)	0,10-200 mg/l	y = 0,1339x	R <sup>2</sup> = 0,9963
2023-11-17	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Fosfatų ST 1000 mg/l (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> LOT PP/2022/07286)	0,005-10 mg/l	y = 0,0653x	R <sup>2</sup> = 0,9995
2023-11-17	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Sulfatų ST 2000 mg/l (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> LOT PP/2022/03739)	0,20-400 mg/l	y = 0,1809x	R <sup>2</sup> = 0,9977

### 2.2.3. Bioindikatorinių makrofitų inventorizacija.

Vijolės upelio vagoje makrofitų tyrimas buvo atliekama birželio ir rugpjūčio mėnesių pabaigos laikotarpiuose. Augalų (makrofitų) inventorizavimui upelio vagoje buvo naudojamas „kvadranto metodas“ (University of Idaho, 2024), kurio metu buvo analizuojamas 3 x 3 m plotas ir apsirrašomas kiekvieno augalo užimamas plotas procentine išraiška. Šio kvadrato plotas buvo statomas taip, kad pusė jo dalies būtų upelio vagoje, o kita – ant šalia esančio šlaito. Tokiu būdu buvo užtikrinama, kad į vertinimą pateks augalai, kurie pilnai panirę ir auga vandenyje bei tie, kurie dalinai arba tik tam tikrais momentais būna užliejami. Kvadrato formai apibrėžti buvo naudojami 4 mediniai kuoliukai su balta virvele. Nuo birželio pabaigos iki liepos vidurio buvo apsirrašinėjami visi upėje randami augalai ir jų padengtumas. Rugpjūčio mėnesį dar kartą patikrinti visi inventorizuojami plotai, patikslinant augalų padengtumą.



9 pav. Makrofitų tyrimo plotų išsidėstymas Šiaulių mieste

Augalų inventorizacijos metu, augalų rūšių atpažinimui buvo pasiremta knyga “Lietuvos žaliasis rūbas” (Vilkonis, 2020), bei papildomai naudojant “iNaturalist” mobiliąją programėlę (iNaturalist, 2023). Vijolės upelis augalų inventorizacijai buvo suskirstytas į 15 skirtingų vietų (9 pav).

5 lentelė. Makrofitų tyrimo vietų aprašymas

Vieta	Pradžios koordinatės	Pabaigos koordinatės	Aprašymas
Nr. 1	y-455280, x-6196411	y-455386, x-6196472	Upelio pradžios zona, kuri yra apsupta individualių namų. Vandens srovė labai silpna, gylis minimalus.
Nr. 2	y-455407, x-6196482	y-455681, x-6196636	Teritorija apsupta individualių namų kvartalų. Vandens srovė minimali, tačiau vaga praplatinta ir gilesnė.
Nr. 3	y-455576, x-6196980	y-455442, x-6197564	Minimaliai urbanizuota ir mažai naudojama teritorija, kurioje upės vaga yra siaura. Vandens tėkmės greitis minimalus.
Nr. 4	y-455444, x-6197576	y-455539, x-6197765	Teritorija, esanti šalia aktyviai naudojamų garažų kvartalo. Vandens tėkmės greitis ir gylis nedidelis, jaučiamas vagos praplatėjimas.
Nr. 5	y-455541, x-6197772	y-455563, x-6197823	Teritorija identiška Nr. 4 plotui, tačiau papildomai išskirta dėl ryškiai pasikeitusios augmenijos.
Nr. 6	y-455624, x-6197941	y-455452, x-6198417	Upelio zoną iš vienos pusės supa pievų teritorijos, iš kitos – pramoninės paskirties pastatai. Vandens tėkmės greitis – didelis, dėl papildomų intakų, gylis nuo praeitos teritorijos padidėja.
Nr. 7	y-455429, x-6198450	y-455222, x-6198971	Teritorija, kurioje iš vienos pusės – pievos, kitoje – senos statybos individualių namų kvartalai, bei pramoninės paskirties pastatai.
Nr. 8	y-454312, x-6198980	y-454743, x-6200113	Vijolės upelio antrosios ištakos nuo Architektų g. Vandens tėkmės greitis nedidelis, tačiau vagos plotis ir gylis – dideli.
Nr. 9	y-455072, x-6199359	y-454696, x-6200364	Viena mažiausiai urbanizuotų teritorijų aplink kurią plyti nenaudojamos ir apleistos pievos. Upelio vaga išplatėjusi ir gili.
Nr. 10	y-454703, x-6200385	y-455007, x-6200887	Panašiai urbanizuota teritorija kaip ir Nr. 9, tačiau išskirtas papildomas plotas dėl pasikeitusios augmenijos. Vienas upelio šlaitas ribojasi su žemės ūkio paskirties plotais.
Nr. 11	y-455017, x-6200907	y-455169, x-6201146	Teritorija, kurioje vagos gylis smarkiai sumažėja, vandens tėkmės greitis – padidėja. Upelis ribojasi su nenaudojamomis pievomis, tačiau atsiranda ir keletas pramoninių objektų.
Nr. 12	y-455234, x-6201251	y-455919, x-6201455	Teritorija besiribojanti su senais individualių namų kvartalais bei geležinkelio bėgiais. Vandens tėkmės greitis didelis, tačiau gylis išlieka nedidelis.
Nr. 13	y-456764, x-6203514	y-457014, x-6203554	Stipriai urbanizuota teritorija senos statybos individualiais namais, tačiau pramoninių objektų nėra. Vagos gylis nedidelis, vandens tėkmė – vidutinė.
Nr. 14	y-457020, x-6203560	y-457135, x-6203686	Teritorija, kurioje vyrauja tiek pievos, tiek individualių namų teritorijos. Ši zona papildomai išskirta dėl pasikeitusios augmenijos bei upės hidrodinaminių savybių.
Nr. 15	y-457137, x-6203689	y-457281, x-6203850	Upelio pabaigos teritorija, kurioje vienoje pusėje pramoninis objektas, kitoje – nenaudojamos pievos. Pasikeitusi augalija, sumažėjęs vandens tėkmės greitis bei gylis.

Kiekvienoje vietoje buvo atliekama viena „kvadranto“ analizė. Apie kiekvieną išskirtą tyrimo vietą detaliau aprašyta 5 lentelėje. Tyrimo vietos buvo pasirinktos atsižvelgiant į besikeičiančią augmeniją upelio vagoje ir pagal tam tikras miesto urbanizacijos zonas. Upelio vagos šlaitas, ties medelyno rajonu, yra aktyviai šienaujamas bent keletą kartų šiltuoju metų laikotarpiu, todėl augalų inventorizavimas šiuose plotuose nebuvo atliekamas. Neanalizuojamos upelio dalies pradžia yra nuo UAB „Šiaulių vandenys“ teritorijos (koordinatės pagal LKS-94 y-455917: x-6201477) iki pat dešiniojo Vijolės intako Švendrelės (koordinatės pagal LKS-94: y-456761, x-6203510).



## 2.2.4. Vandens ekologinės būklės nustatymas

Vijolės upelio ekologinės būklės pagal cheminius parametrus nustatymas atliktas pagal 2007 m. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro Arūno Kundroto patvirtintą metodiką „Dėl paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo“ (LR Aplinkos ministerija, 2007). Šioje metodikoje yra numatyti trys kriterijai pagal kuriuos galima vertinti upelio ekologinę klasę: fizinius-cheminius parametrus, hidromorfologinius parametrus ir biologinius kokybės elementus. Vijolės upelio vertinimui buvo pasirinktas fizinių-cheminių parametrų vertinimas, kurį dažniausiai sudaro maistingųjų, organinių medžiagų rodikliai (nitrato azotas, amonio azotas, bendrasis azotas ir fosforas, fosfatų fosforas ir biocheminis deguonies suvartojimas), prisotinimas deguonimi (ištirpusio deguonies kiekis vandenyje) bei tam tikrų sunkiųjų metalų (aliuminio, chromo, vario, vanadžio, cinko, alavo) koncentracijų vertinimas.

Vijolės upelio ekologiniam vertinimui buvo pasirinktas tik dalinis šių cheminių parametrų ištyrimas dėl ribotų žmoniškųjų išteklių ir laiko stokos galimybių. Iš visų parametrų buvo tiriami šie: nitrato azotas, bendrasis azotas, bendrasis fosforas ir fosfatų fosforas.

Upės ekologinis būklės vertinimas atliekamas lyginant gautus kiekvienos tirtos analizės tyrimus su metodikoje numatyty rodiklių reikšmėmis (6 lentelė).

6 lentelė. Upių ekologinės būklės vertinimo kriterijai (LR Aplinkos ministras, 2007)

Kokybės elementas		Rodiklis	Upių ekologinės būklės klasių kriterijai pagal fizikinių-cheminių kokybės elementų rodiklių vertes				
			Labai gerai	Gera	Vidutinė	Bloga	Labai bloga
Bendrieji duomenys	Maistingos medžiagos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N, mg/l	<1,30	<1,30	<1,30	<1,30	<1,30
		N <sub>b</sub> , mg/l	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P, mg/l P	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
		P <sub>b</sub> , mg/l	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100

Kiekvienam upių ekologinės būklės statuso klasei buvo suteikta spalva, kad būtų galima lengviau ir aiškiau suprasti situaciją kiekviename sezone. Šių klasių spalvų legendą galima matyti 7 lentelėje.

7 pav. Ekologinės būklės klasių spalvų paletė

Upių ekologinės būklės klasė	Labai gera	Gera	Vidutinė	Bloga	Labai bloga
Spalva					

Prie ekologinių būklės nustatymo rodiklių galima priskirti ir sulfatų bei chloridų koncentracijas, kurios buvo atliekamos tiriant Vijolės upelio vandenį. Šios mineralinės medžiagos 2006 m. nuotekų tvarkymo reglamente yra vertinamos pagal DLK vertę, kuri išskiriama vandens telkiniams.

8 lentelė. **Kontroliuojamų medžiagų DLK** (LR Aplinkos ministras, 2006)

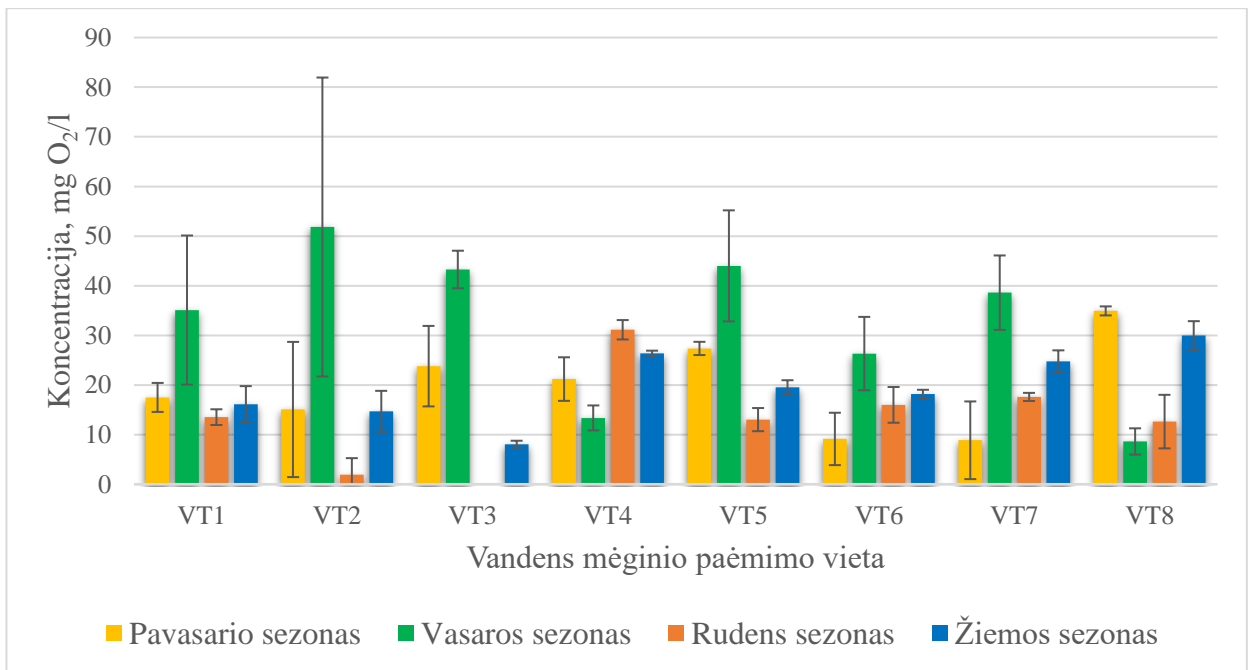
Medžiagos pavadinimas	DLK vandens telkinyje (mg/l)
Sulfatai (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	100
Chloridai (Cl <sup>-</sup> )	300

Šių rodiklių DLK pateikiamos 8 lentelėje. Jeigu upės vandenyje gautos medžiagų koncentracijos viršija nustatytas ribas, tuomet yra laikoma, jog yra daroma neigiama įtaka aplinkos ekosistemoms (LR Aplinkos ministerija, 2006).

### 3. VANDENS CHEMINIŲ TYRIMŲ REZULTATAI IR DISKUSIJA

#### 3.1. Bendras organinių medžiagų kiekis

Bendro organinių medžiagų tyrimai pagal cheminį deguonies suvartojimą parodė, kad jų koncentracijos visoje Vijolės upėje buvo labai nevienodos. Iš pateikto grafiko (10 pav.) galima matyti, jog nėra tendencijų, kurios leistų teigti, kad artėjant link upės ištakų koncentracijų dydis augtų. Didžiausias metinis organinių medžiagų vidurkis ( $25,98 \text{ mgO}_2/\text{l}$ ) nustatytas VT5 tyrimo vietoje, kuri yra veikiama aplink esančių nuotekų išleistuvų ir senų individualių namų rajonų, o mažiausias – VT6 ( $17,41 \text{ mgO}_2/\text{l}$ ). Vertinant koncentracijos kaitą pagal sezoniškumą yra pastebima, jog vasaros laikotarpiu šios vertės buvo didžiausios ir vidutinė metinė vertė siekė  $32,6 \text{ mgO}_2/\text{l}$ , kai tuo tarpu rudens sezone vidutinė koncentracija buvo apie 2,5 karto mažesnė ir siekė ( $13,23 \text{ mgO}_2/\text{l}$ ). Rudens sezone organinių medžiagų kiekiai sumažėti galėjo dėl gausesnio lietaus, kurio dėka sumažėja organizmų aktyvumas.



10 pav. Organinių medžiagų koncentracijos sezoninė kaita

Pavasario ir žiemos sezonuose organinių medžiagų koncentracijų vidurkiai buvo identiški, siekė  $19,7 \text{ mgO}_2/\text{l}$ . Didžiausi koncentracijų šuoliai pastebimi paėmimo taškuose VT2 ir VT3. Pirmuoju atveju pavasario sezone buvo nustatyta vidutinio dydžio  $15,07 \text{ mgO}_2/\text{l}$  koncentracija, tuomet vasaros metu smarkiai pakilo iki  $51,83 \text{ mgO}_2/\text{l}$ , o besibaigiant rudens sezonui drastiškai nukrito tik iki  $1,93 \text{ mgO}_2/\text{l}$ . Tikėtina, kad to priežastis yra, jog vasarą vanduo paprastai yra šiltesnis,

kuris skatina augalų aktyvumą ir greitesnį organinių medžiagų skilimą. Aktyvus augalų augimas gali padidinti organinių medžiagų kiekį upėje ir tuo pačiu didinti deguonies sunaudojimą biologiniuose procesuose. Žiemos sezono koncentracijos kiekis stabilizavosi į panašų kiekį (14,7 mgO<sub>2</sub>/l), kuris buvo užfiksuotas pavasario sezono. Tuo tarpu tyrimo vietoje VT3 pavasario sezonu nustatyta 23,8 mgO<sub>2</sub>/l koncentracija, vasaros laikotarpiu kiekis pakilo beveik 2 kartus ir siekė 43,27 mgO<sub>2</sub>/l, nes didesni organinių medžiagų kiekiai galėjo patekti iš netvarkingai išvalytų nuotekų aplink esančiuose pramonės rajonuose, o rudenį kiekis nesiekė tyrimo metodo aptikimo ribos ir žiemos laikotarpiu vėl pakilo iki 8,08 mgO<sub>2</sub>/l. Pagal gautus rezultatus (10 pav.) matoma tendencija, kad beveik visuose tyrimo taškuose, koncentracijos pasiskirstė tolygiai. Šiuo atveju VT4 ir VT8 taškai išsiskiria tuo, jog pavasario sezono esančios organinių medžiagų koncentracijos yra didesnės, negu vasaros.

Kad įvertinti Vijolės upelyje esančių organinių medžiagų koncentracijos bendrą vaizdą kitų upių kontekste, galima apžvelgti kitų tyrėjų atliktus vandens tyrinėjimo darbus. Pavyzdžiui Neris upėje atliekami monitoringo tyrimai 1992 – 2014 metais rodo, kad vidutinė viso laikotarpio organinių medžiagų vertė siekia apie 10 mgO<sub>2</sub>/l (Budvytytė, 2015). 2022 m. buvo atliekamas Ašvos upės, esančios Mažeikių rajone monitoringas, kuriame nustatyta, kad organinių medžiagų vidutinė vertė buvo apie 21 mgO<sub>2</sub>/l (Telšių RATC, 2024). Analizuojant valstybinio monitoringo duomenis galima pastebėti, kad ChDS vertės Lietuvos upėse yra ganėtinai skirtingos. Pavyzdžiui Mūšos upėje fiksuojamas ChDS rodiklis yra 29 mgO<sub>2</sub>/l, Nemunėlio – 55 mgO<sub>2</sub>/l, Nemuno upėje žemiau Kauno – 18 mgO<sub>2</sub>/l, Ventoje – 47 mgO<sub>2</sub>/l (ESRI, 2024).

Lyginant organinių medžiagų koncentracijų tyrimus Europos mastu, labai priklauso nuo vertinamo regiono. Pavyzdžiui vienoje iš Dunojaus baseino upių Iskere atlikti tyrimai parodė, kad upėje vyrauja apie 12 - 13 mgO<sub>2</sub>/l (Filipova et al., 2014). Per Lenkijos teritoriją tekančioje Vyslos upėje prie upės ištakų vyrauja apie 15 mgO<sub>2</sub>/l, o nutolus žemupio link – iki 60 mgO<sub>2</sub>/l. Tuo tarpu 2016 metais Kanadoje esančioje Sent Džono upėje užfiksuotas rodiklis varijavo 5 – 84 mgO<sub>2</sub>/l intervale (El Din et al, 2017), priklausomai nuo mėginio paėmimo vietos.

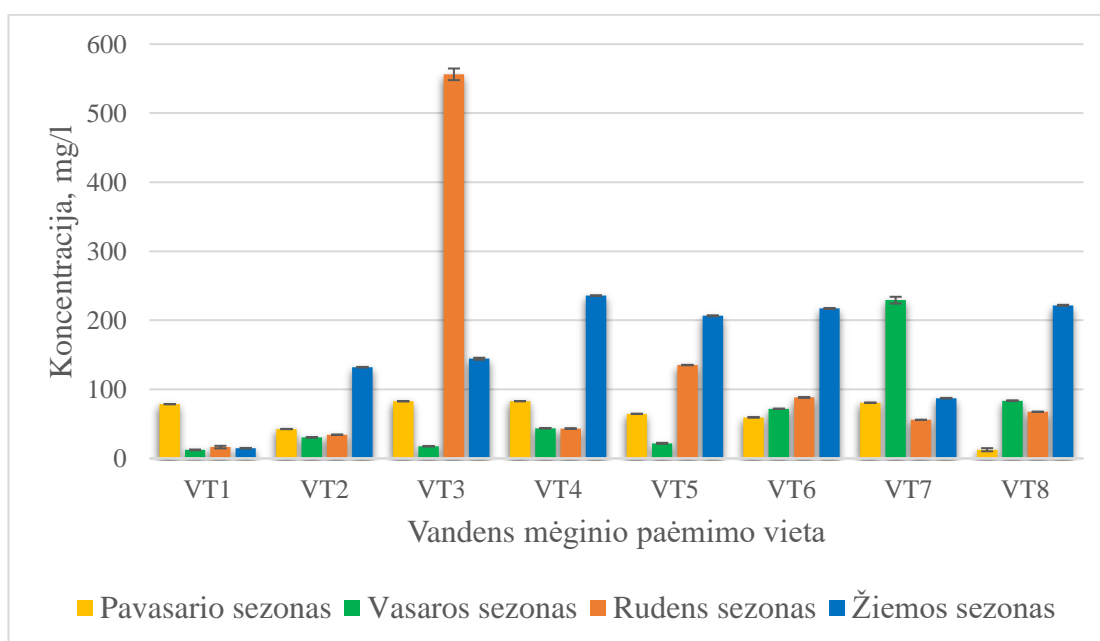
Apibendrinant, galima teikti, kad Vijolės upelyje organinių medžiagų koncentracija smarkiai neišsiskyrė iš kitų Lietuvos ir kitose šalyse tyrinėjamų upių, kadangi vertės taip pat varijuoja nuo labai mažų (<1 mgO<sub>2</sub>/l) iki 51,8 mgO<sub>2</sub>/l.

Kadangi organinių medžiagų pasiskirstymas visoje upėje sąlyginai tolygus ir kaitos tendencijos labiau matomos pagal sezoniškumą, teigti, kad specifinės urbanizuotos Šiaulių miesto teritorijos daro tiesioginę įtaką organinių medžiagų kiekiui negalima.

## 3.2. Mineralinių medžiagų tyrimų rezultatai

### 3.2.1. Chloridų tyrimai

Chloridų tyrimas parodė, kad jų koncentracijai įtakos turėjo metų sezoniškumas. Taip pat koncentracijos sąlyginai priklauso ir nuo tyrimo vietos. Pačios mažiausios chloridų koncentracijos buvo, nustatytos upės pradžioje VT1 ir VT2 tyrimo taškuose. Upės pradžioje (VT1) labiausiai išsiskiria pavasario sezonas, kuriame nustatytas 78,54 mg/l kiekis, likusiuose sezonuose šiame taške vyravo vidutiniškai 14,48 mg/l. Didesnis chloridų kiekis pavasario sezono, siejamas su antropogeniniu poveikiu, kuomet iš po žiemos sezono dėl barstytų druskų miesto gatvėse, galimas druskų likutis patenka į upę. Visų keturių sezonų koncentracijų vidurkis šiame taške siekia vos 30,5 mg/l. Tyrimo taške, esančiame šalia aktyviai naudojamų garažų komplekso (VT2) labiausiai išsiskyrė žiemos sezonu paimtas vandens mėginys, nes jame nustatyta padidėjusi chloridų koncentracija (132,07 mg/l), kai tuo tarpu likusiais sezonais kiekis buvo daug mažesnis ir siekė tarp 30,46 – 42,51 mg/l. Metinis vidurkis šiame taške siekia 59,8 mg/l. Kaip ir praeitoje mėginio paėmimo vietoje, padidėjusios koncentracijos siejamos su žiemos sezonu naudojamomis įvairiomis druskomis gatvių priežiūrai.

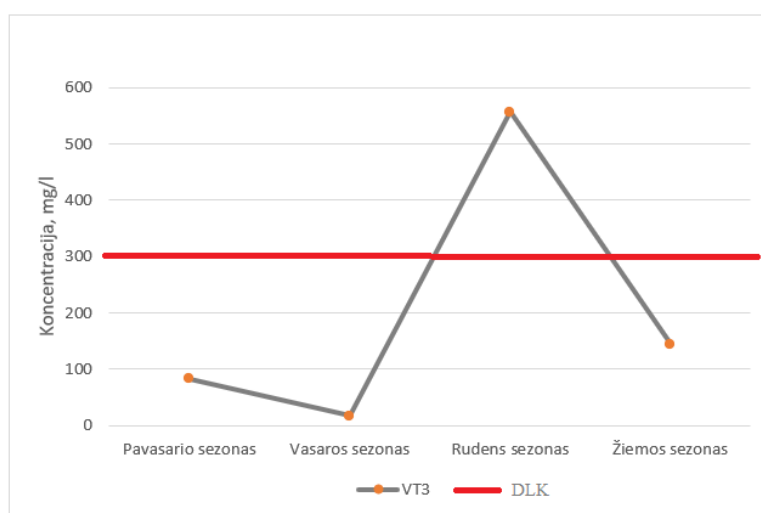


11 pav. Chloridų sezoninis pasiskirstymas

Artėjant prie upelio žemupio (taškuose VT4, VT5, VT6 ir VT8) yra pastebima, kad chloridų koncentracija žiemos laikotarpiu buvo ganėtinai didelė ir vidutiniškai siekė 220,3 mg/l. Vertinant kiekvieno tyrimo taško metines rodiklių vertes, galima pastebėti, jog nuo VT4 (101,4

mg/l) chloridų koncentracija labai nežymiai, tačiau šiek tiek didėja žemupio link (VT6 – 109,2 mg/l). Į Vijolės upę įtekančio Švendrelės upelio vanduo (VT7) didelės neigiamos įtakos nedaro, nes metinė chloridų koncentracija praktiškai identiška (113,2 mg/l) ir iki šio taško atitekančio vandens kokybei.

Labiausiai netikėti rezultatai gauti dešiniame Vijolės intake (VT3), kuriuo sąlyginai didelis vandens kiekis atiteka melioracijos kanalu iš pramonės rajono dalies. Kadangi intakas sraunus, galima teigti, kad atitekančio vandens kokybė daro nemenką įtaką likusiai upės daliai. Kaip matoma paveikslėlyje (11 pav.) chloridų kiekis šiame melioracijos kanale visais metų laikais buvo labai netolygus.



12 pav. Sezoninė koncentracijos kaita dešiniajame intake (VT3)

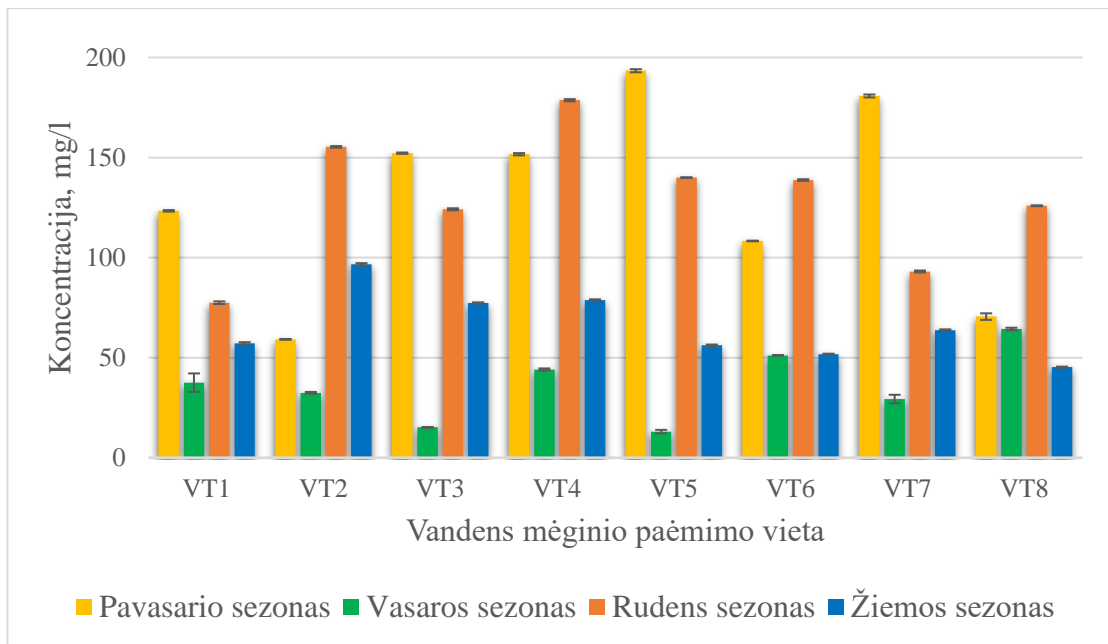
Pavasario sezono dešiniame Vijolės intake (VT3) nustatyta chloridų koncentracija buvo vidutiniška (82,8 mg/l), vasaros laikotarpiu kuomet vyravo šilti ir sausi orai, nustatyta labai minimali (17,6 mg/l) koncentracija. Rudens sezono užfiksuotas labai didelis šių mineralinių medžiagų kiekis (12 pav.), kuris siekė net 556 mg/l. Toks milžiniškas chloridų kiekis tikėtina sietinas su žmogaus vykdoma tam tikra ūkine veikla. Kadangi tikrų priežasčių šiame magistro darbe nėra žinoma, galima tik interpretuoti galimus variantus: druskų įtaka nuo barstomų kelių, įvairiais vamzdiniais išleistos netinkamai išvalytos gamybinės ar buitinės nuotekos į melioracijos kanalą.

Vijolės upelyje Šiaulių miesto savivaldybė atlieka monitoringo tyrimus (Klimas, 2023), kurių metu stebimos maistinių medžiagų koncentracijos, o chloridų koncentracijos nėra tiriamos. Šio tyrimo metu gauti duomenys leidžia pažvelgti į šių mineralinių medžiagų sklaidą ir sezoninį pasiskirstymą visos upės mastu ir taip papildyti atliekamų monitoringo tyrimų duomenis.

Lyginant Vijolės upelio chloridų koncentracijas Lietuvos mastu galima teigti, kad jos yra didesnės nei kitose upėse, nes valstybinio aplinkos monitoringo duomenimis (ESRI, 2024) pavyzdžiui Ventos upėje fiksuojama 14 mg/l chloridų kiekis, Minijos upėje tik 6 mg/l, Šventosios upėje (prie Palangos) – 8 mg/l, Nemune (žemiau Kauno) – 21 mg/l, Neryje – 13,7 mg/l. Žinoma pasaulyje yra daugybė regionų, kuriuose chloridų koncentracijos yra didesnės, pavyzdžiui Irako teritorijoje esančioje Mutanos upė, chloridų koncentracijos fiksuojamos tarp 200 – 500 mg/l. To priežastys gali būti kelios: kitokia nei Lietuvoje geologinė grunto sudėtis, turinti didesnius natūralius chloridų kiekius, kurie išsiplauna į upę, bei neprižiūrimos į upę ileidžiamos pramoninės ir buitinės nuotekos (Al-Khateeb, 2014). Grįžtant su pavyzdžiais į Europos kontinentą, 2012 m. Veros upėje, esančioje Vokietijos žemėse, atlikti chloridų tyrimai parodė, kad aukštupyje vyravo nedidelės 40 mg/l chloridų koncentracijos, o žemupyje, net iki 1700 mg/l (Arle, Wagner, 2012). Taip smarkiai padidėjančios chloridų koncentracijos yra dėl regione plėtojamose kalio trąšų gamybos pramonės (Böhmeb, Braukmanna, 2011). Tuo tarpu Dunojaus upėje 2016 metais atliktuose tyrimuose buvo nustatyta 6 – 56 mg/l chloridų kiekiai (ICPDR, 2016).

### 3.2.2. Sulfatų tyrimai

Mineralinės medžiagos sulfato tyrimai Vijolės upelyje atskleidė, kad šios medžiagos kiekis skirtingais metų laikotarpiais buvo nevienodas ir artėjant link upės žemupio – koncentracijos pasiskirstė tolygiai visu upės vagos ilgiu. Pagal gautus rezultatus didžiausios sulfatų koncentracijos buvo rudens sezono, kuomet upėje koncentracijos metinis vidurkis siekė 136 mg/l, kai tuo tarpu vasaros sezono vidurkis buvo tik 40,4 mg/l. Vertinant kiekvieno taško metinius vidurkius, mažiausi kiekiai nustatyti upės aukštupyje - VT1 (73,9 mg/l) ir žemupyje VT8 (76,5 mg/l). Didžiausios metinės koncentracijos nustatytos antroje Vijolės upės atšakoje, atitekančioje nuo Architektų g. (VT4) ir šalia Vilniaus g. (VT5) tyrimo taškuose, atitinkamai 113,3 mg/l ir 100,7 mg/l. Dešiniojo intako (VT3) rezultatai parodė, kad didelės neigiamos įtakos atitekantis vanduo, pagal sulfatų koncentracijas neturėjo, nes metinis vidurkis siekė 92,2 mg/l. Kairysis Švendrelės intakas (VT7) buvo panašioje situacijoje (91,7 mg/l) ir labai smarkiai nuo Vijolės upėje vyraujančio sulfatų kiekio nesiskyrė. Priežastys kodėl Vijolės upelio pabaigoje (VT8) sulfatų koncentracijos sumažėja, nors vidurinėje dalyje jos yra aukštesnės, gali būti dėl pasikeitusių hidrodinaminių sąlygų, kai upės srautas sulėtėja sulfatų jonai gali būti absorbuoti į dugną, dėl to koncentracija vandenyje sumažėja. Kita priežastis gali, kad žemupyje dėl itin gausaus paviršinių nuotekų išleistuvų skaičiaus nuo individualių namų, vanduo yra praskiedžiamas ir to pasekoje sulfatų koncentracijos sumažėja.



13 pav. Sezoninė sulfatų koncentracijos kaita

Užfiksuotos sulfatų koncentracijos Vijolės upelyje, lyginant su kitų upių tyrimais yra iš ties didesni. Pavyzdžiui 2001 – 2018 metų laikotarpyje atliktuose Volgos upės tyrimuose (Seleznev, 2021), kuriuose buvo nagrinėjamos sulfatų koncentracijos, vidutiniškai šaltuoju periodu buvo fiksuojama 67 mg/l, o šiltuoju – 44 mg/l. Lyginant Vijolės upelį su kitomis Lietuvos upėmis, esančiomis arčiausiai miestų, galima pastebėti, jog daugumos sulfatų koncentracijos yra mažesnės nei 50 mg/l. Pavyzdžiui Ventos upėje vidutinės sulfatų koncentracijos yra 31 mg/l arba Nemuno upėje (ties Jurbarku) šių medžiagų koncentracija siekia tik 19 mg/l. Per Klaipėdos miestą tekančioje Akmenos – Danės upėje taip pat fiksuojama nedidelė 13 mg/l sulfatų koncentracija (ESRI, 2024). Žinoma tikrai negalima teigti, kad absoliučiai visose Lietuvos upėse sulfatų koncentracijos yra mažos, tiesiog yra tikrai didelė dalis upių, kuriose toks cheminis parametras nėra analizuojamas ir automatiškai lieka neaiškios šios medžiagos koncentracijos.

Antropogeninės taršos prietaka į upelį labiausiai pastebima vasaros laikotarpiu, kuomet iš dešiniojo intako (VT3) į upelį patenka ganėtinai didelė sulfatų koncentracija, kuri aptinkama ir tolimesnėse upelio tyrimo vietose. Prie didesnės koncentracijos panašu, jog prisideda ir aplink Vilniaus g. (VT5) esanti urbanizuota teritorija, kurioje yra nuotekų išleistuvų. Nors kairiajame intake (VT7) ir buvo nustatytos aukštesnės sulfatų vertės, tačiau dėl nedidelio vandens debito, reikšmingos įtakos likusiai upelio daliai nepadarė, nes Vijolės žemupyje (VT8) dėl galimos asimiliacijos į gruntą, suletėjus srovei, šių mineralinių medžiagų koncentracija sumažėja ir susilygina su ties garažų g. (VT2) nustatytomis koncentracijomis.

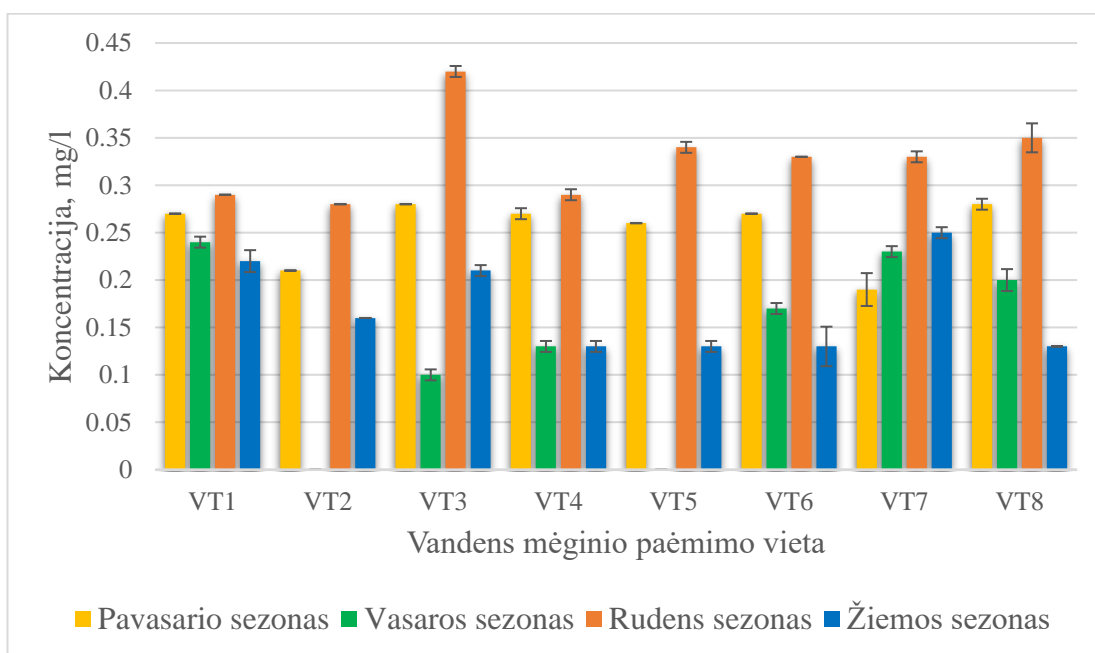


### 3.2.3. Fluoridų tyrimai

Vijolės upėje fluorido koncentracijos visais metų sezonais pasiskirstė intervale nuo žemiau nei metodo aptikimo ribos iki 0,42 mg/l. Sąlyginai didžiausios šio mineralinio elemento koncentracijos upės vagoje buvo fiksuojamos pavasario ir rudens sezonais. Pavasario sezono metu Vijolės upėje fluoridų vidutinė vertė siekė 0,26 mg/l, o rudens metu – 0,31 mg/l. Žiemos laikotarpyje paimtuose mėginiuose koncentracijos vidurkis buvo 0,15 mg/l. Vieninteliame vasaros laikotarpyje buvo tokių paėmimo taškų, kuriuose šios medžiagos nustatyta visiškai nebuvo. Tokie taškai yra VT2 ir VT5. Vasaros laikotarpiu fluoridų nebuvo nustatyta garažų komplekso (VT2) ir Vilniaus g. (VT5) tyrimo vietose.

Analizuojant kitų mokslininkų atliktus tyrimus, kuriuose buvo matuojama fluoridų koncentracija vandenyje, galima pastebėti, jog Vijolės upelyje užfiksuoti kiekiai iš ties nėra dideli. Užterštumo fluoridais vandenyje analizėje (Ali et al., 2016) yra pateikiama keletas skirtingų upių ir jose vyraujančiomis fluoridų koncentracijomis. Vienas iš tokių pavyzdžių yra Jamunos upė, esanti Indijoje, kurioje vidutinės fluoridų vertės siekia 0,27 mg/l. Kitas pavyzdys yra Poudrės upė, besidriekianti per Kolorado valstiją, JAV, kurioje užfiksuotos koncentracijos buvo tarp 0,3 – 0,5 mg/l. Taip pat buvo ištirtas ir vienas iš melioracijų kanalų, esančių Pakiste, kuriame nustatyta jau 2,28 mg/l, o vienoje iš Tanzanijos upių net 12 – 26 mg/l.

Deja, tačiau palyginti Vijolės upelio fluoridų koncentraciją su kitomis Lietuvoje esančiomis upėmis galimybių nedaug, nes valstybiniu mastu šis parametras retai tiriamas.



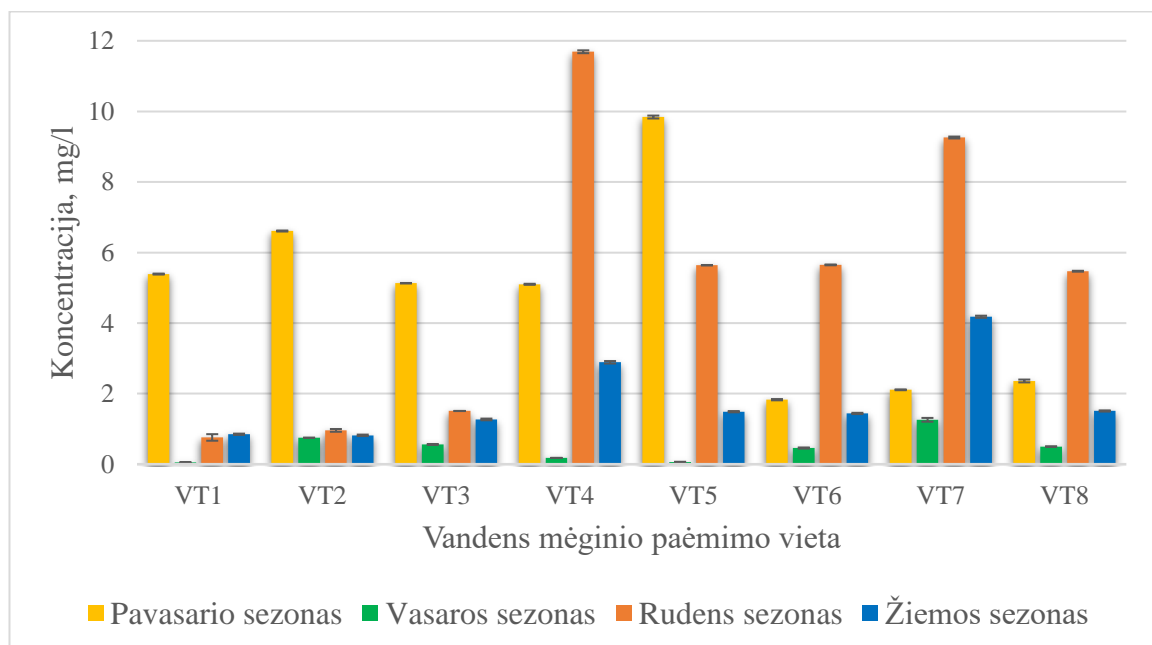
14 pav. Fluoridų koncentracijų kaita Vijolės upelyje

Fluoridai dažniau akcentuojami kaip geriamojo vandens problema. Daugelyje šalių požeminiame vandenyje fluorida kiekis viršija leistiną ribą ir kelia grėsmę žmonių sveikatai. Jeigu jų koncentracijos glūdi viršutiniuose gruntinio vandens sluoksniuose, gali pasitaikyti, jog nemaža dalis jų infiltruojasi į paviršinius vanenis (Vithanage, Bhattacharya, 2015). Fluoridas dažniausiai yra natūralios kilmės, tačiau kartais jis gali patekti į vandenį dėl žmonių sukkelto pramoninio taršos.

### 3.3. Biogeninių medžiagų tyrimų rezultatai

#### 3.3.1. Nitratų azoto tyrimai

Nitratų azoto tyrimai Vijolės upelyje parodė, kad šių biogeninių medžiagų koncentracijos yra skirtingų dydžių, priklausomai nuo metų sezono. Paveikslėlyje (15 pav.) matyti visų vandens mėginių paėmimo taškų rezultatai skirtingais sezonais. Tyrimas rodo, kad didžiausios koncentracijos išryškėjo pavasario bei rudens sezonais. Pavasario laikotarpiu upės vagoje vidutinis nitratų azoto kiekis buvo 5,2 mg/l, o rudens – 5,0 mg/l. Vasaros sezono metu upėje šių medžiagų kiekis smarkiai sumažėjo ir siekė vidutiniškai vos 0,3 mg/l. Vertinant kiekvieno tyrimo taško metinius vidurkius, skirtumai nėra tokie dideli. Daugiausiai nitrato azoto užfiksuota antroje Vijolės atšakoje - VT4 (2,17 mg/l) ir šalia Birutės g. - VT6 (2,16 mg/l), o mažiausiai upės pabaigoje (VT8 – 1,51 mg/l). Pačioje upės pradžioje VT1 tyrimo taške nustatytas šiek tiek didesnis 1,81 mg/l kiekis.



15 pav. Sezoninė nitratų azoto koncentracijos kaita Vijolės upelyje

Dešinysis Vijolės intakas (VT3) aukštesnę nitratų azoto koncentraciją turėjo tik pavasario sezone, tačiau likusiais sezonais jų vertės sumažėjo ir metinis vidurkis buvo 2,04 mg/l, kas iš esmės labai smarkiai nesiskyrė su upėje vyraujančiomis koncentracijomis, todėl reikšmingos neigiamos įtakos intakas nedarė. Tuo tarpu kairysis intakas (VT7) buvo labiau užterštesnis šiomis biogeninėmis medžiagomis. Iš visų vandens ėmimo taškų, šioje vietoje metinis vidurkis buvo pats didžiausias (2,4 mg/l), taip galėjo nutikti, nes Švendrelės upelis prieš įtekėdamas į Vijolę surenka numelioruotą vandenį iš aplinkinių dirbamų žemės laukų bei įvairias nuotekas iš aplinkinių individualių gyvenamųjų rajonų, kuriuose vizualiai vertinant, lietaus ar kitokio tipo nuotekos ne visada iki galo prižiūrimos ir tvarkingos.

2023 metais Europos aplinkos agentūra publikavo ataskaitą, kurioje apžvelgė nitritų azoto koncentracijų situaciją Europos upėse 1992 – 2021 m. laikotarpyje. Teigiama, kad iki 2009 m. šios medžiagos koncentracijos sumažėjo ir vėliau mažai kito, nes tiesiogiai prie to prisidėjo 1991 m. įvestos direktyvos reikalavimai (A European Environment Agency, 2023).

Vidutiniškai Europos upėse yra nustatoma apie 1,5 – 2,0 mg/l nitratų azoto kiekis. Kaip matome iš gautų rezultatų Vijolės upelyje, tai vasaros ir žiemos laikotarpiais galima sakyti, jog rezultatai yra geri, tačiau pavasario ir rudens sezonu Vijolėje esančios šių medžiagų koncentracijos smarkiai viršija ES vidurkius. Šio tyrimo Vijolės upės rezultatus lyginant su Lietuvos upėse esančiomis koncentracijomis, kuriuos pateikia valstybinė monitoringo statistika, galima pastebėti, jog labai didelėje dalyje upių nitratų azoto koncentracija siekia tik iki 0,5 mg/l ar net mažiau. Labai mažoje dalyje upelių ši koncentracija varijuoja 0,60 – 0,99 mg/l (ESRI, 2024). Taigi iš to galima daryti išvadą, kad Vijolėje nitratų azoto koncentracijos yra tikrai didelės.

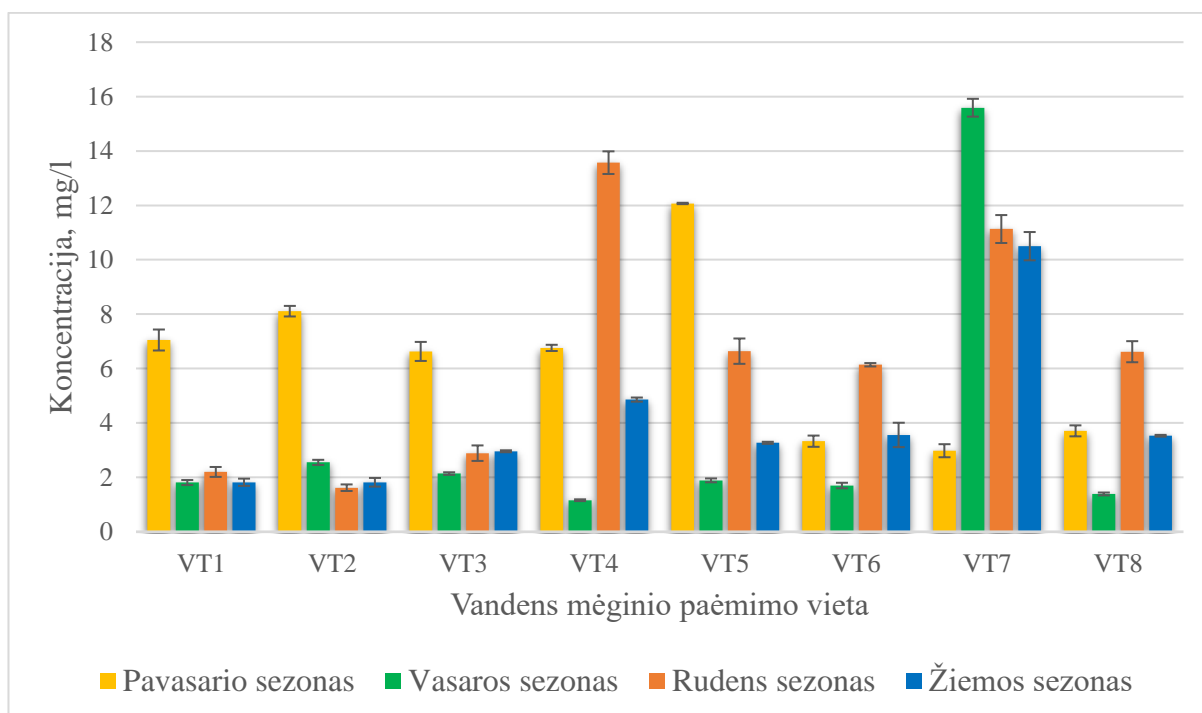
### **3.3.2. Bendro azoto tyrimai**

Matuodamas tiek bendrąjį azotą, tiek nitratų azotą upėje, galima gauti išsamų vaizdą apie azoto ciklą ekosistemoje. Bendrasis azotas padeda įvertinti bendrą azoto apkrovą, o nitratų azotas leidžia nustatyti potencialų žemės ūkio veiklos poveikį vandens kokybei. Taip užtikrinamas tikslesnis ir išsamus upės vandens kokybės vertinimas.

Bendrojo azoto tyrimų rezultatai Vijolės upelyje parodė, kad nėra ryškių tendencijų, kad žvelgiant nuo upelio pradžios link pabaigos, šių biogeninių medžiagų koncentracijos didėtų ar išliktų panašios. Skirtingais sezonais, skirtinguose paėmimo taškuose rezultatai buvo nevienodi. Vijolės upės pradžioje, taškuose VT1 ir VT2 šios medžiagos didesnės koncentracijos vyravo pavasario sezone, atitinkamai 7,05 mg/l ir 8,11 mg/l. Antroje upės atšakoje VT4, kuri atiteka nuo Architektų gatvės, didžiausios koncentracijos fiksuotos ir pavasario (6,76 mg/l) ir rudens (13,57

mg/l) laikotarpiu. Šioje vietoje upės vaga yra netoli dirbamų žemės ūkio laukų, o pavasario ir rudens laikotarpiai siejami su trąšų naudojimo laikotarpiu. Išsiplovusios trąšos iš grunto ir žinoma netinkamai išvalytos buitinės nuotekos iš aplinkinių gyvenamųjų rajonų, galėjo lemti didesnes šių maistingųjų medžiagų kiekius. Ties Vilniaus g. (VT5) tais pačiais laikotarpiais irgi nustatytos aukštos bendro azoto koncentracijos. Padidėję kiekiai galėjo tiesiogiai būti susiję su VT4 daroma neigiama įtaka upės vandens kokybei, bei dėl papildomo užterštumo iš įvairių netvarkingų nuotekų išleistuvų. Mėginių paėmimo taškuose ties Birutės g. (VT6) ir upės žemupyje (VT8) koncentracijų metiniai vidurkiai buvo panašūs į upės pradžioje užfiksuotas vertes ir atitinkamai siekė 3,68 mg/l ir 3,81 mg/l.

Dešinysis Vijolės intakas didesne bendrojo azoto koncentracija pasižymėjo pavasario sezone, kuomet buvo nustatytas 6,63 mg/l kiekis, o metinis visų sezonų vidurkis siekia 3,66 mg/l ir yra panašus į daugelį kitų. Didžiausią neigiamą įtaką Vijolės upei 2023 metais darė kairysis intakas (VT7), kuriame pavasario sezone šios biogeninės medžiagos kiekis buvo mažiausias (2,98 mg/l), tačiau likusiuose trijuose sezonuose jos koncentracija smarkiai išaugo. Metinis vidurkis siekė net 10,05 mg/l. Nors Švendrelės upelis nėra labai sraunus ir į įtekėdamas į Vijolės upę nepadaro reikšmingos įtakos likusios upės dalies vandens kokybei.



16 pav. Bendro azoto sezoninė kaita Vijolės upelyje

Lietuvoje daugumos upių vidutinė bendro azoto koncentracija svyruoja 1 – 3 mg/l intervale (ESRI, 2024), todėl Vijolės upelio vertinimas Lietuvos mastu yra dvejetainis. Nors šios maistinės medžiagos skirtingais metų laikais, skirtinguose taškuose buvo labai nevienodas, tačiau metinis kiekvieno vandens mėginio paėmimo taško vidurkis yra didesnis nei 3 mg/l, o pagal tai galima teigti, jog Vijolės upelyje esanti bendro azoto koncentracija yra didesnė nei didžiojoje Lietuvos upių dalyje.

Europos mastu bendro azoto vidutinė koncentracija (Vigiak et al, 2023) upėse vyrauja nuo praktiškai neaptinkamo kiekio iki daugiau nei 5 mg/l. Mažiausi šios medžiagos kiekiai fiksuojami šiaurės Europoje bei alpių kalnyno regione. Šioje zonoje koncentracijos vyrauja iki 1 mg/l. Tuo tarpu prasčiausia situacija yra Ispanijos pietinėje dalyje, Turkijos didžiojoje dalyje, Europinėje dalyje aplink Lamanšo sąsiaurį. Šiose zonoje koncentracijos vyrauja tarp 2 – 5 mg/l. Taigi Vijolės upelis šiuo atveju yra prilyginimas būtent šioms zonoms, kurios yra labiausiai paveiktos.

### 3.3.3. Bendro fosforo tyrimai

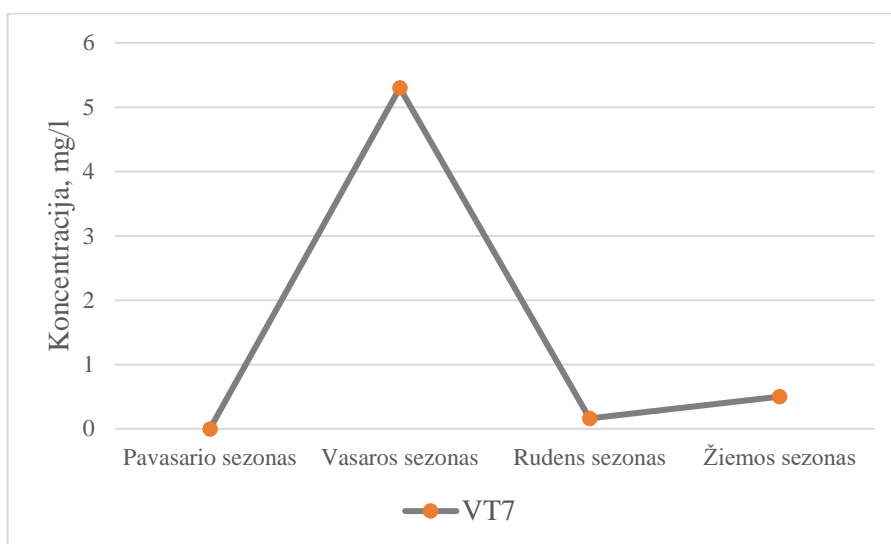
Bendrojo fosforo koncentracijas Vijolės upelyje galima suskirstyti į dvi dalis. Pavasario ir rudens laikotarpiu, kuomet kitų cheminių parametru rezultatai buvo aukščiausi, šiuo atveju nustatyti kiekiai buvo sąlyginai nedideli. Upės vandenyje pavasarį nustatyta vidutiniškai 0,05 mg/l koncentracija, o rudenį – 0,03 mg/l. Tuo tarpu vasaros ir žiemos laikotarpiuose – bendrojo fosforo koncentracijos išaugo. Žiemos laikotarpyje vidutinė šių maistinių medžiagų koncentracija siekė 0,08 mg/l, o vasaros laikotarpyje išaugo beveik 3 kartus ir siekė 0,22 mg/l.

9 lentelė. Bendro fosforo tyrimų rezultatai

<b>Bendras fosforas (mg/l)</b>	VT1	VT2	VT3	VT4	VT5	VT6	VT7	VT8
Pavasario sezonas	0,08	0,06	0,08	0,04	0,05	0,08	0,00	0,00
Standartinis nuokrypis	0,02	0,00	0,07	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Vasaros sezonas	0,19	0,31	0,20	0,31	0,24	0,13	5,30	0,11
Standartinis nuokrypis	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,17	0,00
Rudens sezonas	0,05	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,16	0,05
Standartinis nuokrypis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Žiemos sezonas	0,00	0,05	0,11	0,11	0,09	0,10	0,50	0,14
Standartinis nuokrypis	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02

Žvelgiant į kiekvieno vandens tyrimo taško sezono bendrą vidurkį, buvo nustatyta, jog labiausiai užterštas taškas bendruoju fosforu yra antrojoje upelio atšakoje (VT4), kurioje visų sezonų vidurkis siekė 0,130 mg/l. Taškuose ties Garažų g. (VT2) ir Vilniaus g. (VT5) taip pat nustatytos didesnės vertės, kurios atitinkamai siekė 0,105 mg/l ir 0,095 mg/l. Tuo tarpu patys mažiausi kiekiai nustatyti upės pradžioje VT1 (0,08 mg/l), ties Birutės g. - VT6 (0,76 mg/l) ir upės žemupyje VT8 (0,075 mg/l).

Dešiniojo intako VT3 rezultatai skirtingais sezonais buvo nevienodi. Metinis šio paėmimo taško koncentracijos vidurkis yra 0,098 mg/l, tačiau galime matyti, jog rudens laikotarpiu šios maistinės medžiagos vandenyje rasta apskritai nebuvo, o pavyzdžiui vasaros laikotarpiu nustatyta 0,20 mg/l.



17 pav. Bendro fosforo sezoninė koncentracijų kaita kairiajame intake (VT7)

Ganėtinai aukšta bendrojo fosforo koncentracija išsiskyrė kairysis intakas VT7, kuriame pavasario sezono metu šių medžiagų nebuvo užfiksuota, tačiau likusiais sezonais koncentracijų kiekiai buvo dideli. Šio tyrimo taško metinis koncentracijos vidurkis buvo net 1,49 mg/l. Vidurkį labiausiai iškėlė vasaros ir žiemos sezonais, kuriuose maistingų medžiagų kiekis buvo gerokai padidėjęs. Vasarą nustatytas net 5,30 mg/l bendrojo fosforo kiekis, o žiemos laikotarpiu 0,50 mg/l. Didėjant temperatūrai, mikroorganizmai, kurie skaido organines medžiagas, gali tapti aktyvesni. Tai gali lemti didesnę organinių medžiagų skilimą ir padidinti fosforo išleidimą į vandenį

Vertinant bendro fosforo koncentraciją tarp Vijolės upelio ir kitų Lietuvos upių, didelio išskirtinumo pastebėti negalima. Lietuvos upėse pagal valstybinio monitoringo duomenis (ESRI, 2024) yra nustatyta, kad koncentracijos varijuoja tarp 0,011 mg/l iki 3,35 mg/l. Tokios didesnės koncentracijos nustatytos tik keliose upėse, o didžiojoje daugumoje kiekis siekia iki 0,15 mg/l.

Apart, kairiojo intako (VT7) tyrimo vietoje užfiksuotos aukštos koncentracijos anomalijos, panašų jog Vijolėje egzistuojantis bendro fosforo kiekis yra panašus kaip ir kitose Lietuvos upėse (ESRI, 2024).

Europos upių kontekste Vijolės upelyje esančios bendro fosforo koncentracijos vertinamos vidutiniškai. Vidutinė Vijolės upelio metinė bendro fosforo koncentracija yra 0,095 mg/l. Panašias bendro fosforo koncentracijas upėse galime sutikti Makedonijoje, Maltoje, Vengrijoje, Danijoje. Visgi dažniausiai Europos upėse vyrauja koncentracijos iki 0,05 mg/l (European Environment Agency, 2012).

### 3.3.4. Fosfatų fosforo tyrimai

Atlikus fosfatų fosforo tyrimus Vijolės upelio vandenyje buvo nustatyta, kad pavasario sezono metu nei vienoje iš paėmimo vietų šios biogeninės medžiagos aptikta nebuvo. Rudens sezono metu nedidelis fosfatų fosforo kiekis (0,10 mg/l) aptiktas tik kairiajame upės intake VT7, tačiau reikšmingos įtakos likusios upės vandens kokybei neturėjo, nes upės žemupyje - VT8 šios medžiagos rasta nebuvo. Žiemos sezono metu situacija upėje išliko panaši. Skirtumas tik, kad neryškus šios maistingos medžiagos kiekis papildomai nustatytas ties Vilniaus g. (VT5) tyrimo vietoje kur koncentracija siekė 0,03 mg/l, o kairiajame intake VT7 situacija nuo rudens keitėsi mažai, nuo 0,10 mg/l pakilo iki 0,12 mg/l.

10 lentelė. Fosfatų fosforo sezoninis koncentracijų pasiskirstymas

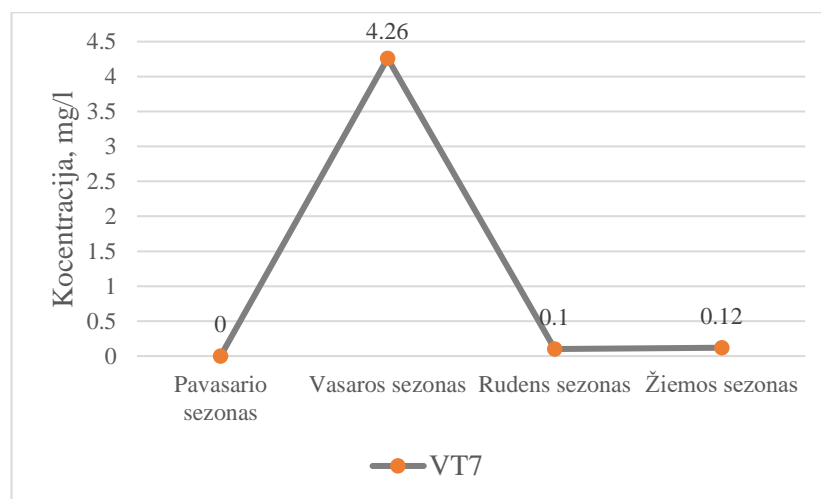
Fosfatų fosforas (mg/l)	VT1	VT2	VT3	VT4	VT5	VT6	VT7	VT8
Pavasario sezonas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Standartinis nuokrypis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vasaros sezonas	0,04	0,00	0,04	0,16	0,04	0,08	4,26	0,06
Standartinis nuokrypis	0,03	0,00	0,00	0,01	0,04	0,04	0,16	0,01
Rudens sezonas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00
Standartinis nuokrypis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Žiemos sezonas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,12	0,00
Standartinis nuokrypis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,01	0,00

Vasaros sezono tyrimų rezultatai buvo patys netikėčiausi. Fosfatų fosforo skirtingų dydžio koncentracijos buvo užfiksuotos visuose paėmimo taškuose, išskyrus ties garažų kompleksu (VT2), kuriame šios biogeninės medžiagos aptikta nebuvo. Vijolės upės vagoje koncentracijos

kito 0,04 – 0,16 mg/l intervale, o labiausiai išsiskyrė Švendrelės upelio vanduo (VT7), kuris įteka į Vijolę. Vasaros metu šio intako fosfatų fosforo koncentracija buvo itin aukšta ir siekė net 4,26 mg/l. Vasaros laikotarpiu vandens srovė šiame intake buvo nedidelė, todėl vandens prietaka į Vijolės upelį nebuvo gausi. Šis faktorius galėjo lemti šių maistinių medžiagų išsisklaidymą susiliejus su Vijolės upe, kuomet sąlyginai silpna srovė su dideliu kiekiu šių biogeninių medžiagų išsiliejo į sraunesnę tiriamojo upelio vagą. 10-oje lentelėje matoma fosfatų fosforo koncentracijos kaita visai metų sezonais.

Lietuvoje fosfatų fosforui yra atliekami nuolatiniai monitoringo tyrimai, todėl Vijolės upelyje esančias koncentracijas galima nesunkiai palyginti su visos šalies kontekstu. Pagal valstybinio monitoringo duomenis (ESRI, 2024) yra nustatyta, kad koncentracija nuo 0 iki 0,05 mg/l dominuoja didžiojoje dalyje upių. Pagal gautus Vijolės upės rezultatus, apart keletos didesnių rezultatų galima teigti, kad bent jau šio cheminio parametro situacija yra artima Lietuvos tendencijoms. Nes fosfatų fosforo koncentracijos, kurios viršytų bent 0,10 mg/l yra tikrai ne daug.

Vijolės upelyje užfiksuota metinė fosfatų fosforo koncentracija siekia 0,048 mg/l ir šis kiekis Europos kontekste yra tikrai neblogas. Mat, panašios koncentracijos Europos upėse vyravo apie 2011 – 2015 metus, kuomet vidutinė fosfatų fosforo koncentracija buvo 0,045 – 0,055 mg/l. Įdomu tai, kad nuo 2015 m. Europos kontekste upėse šios cheminės medžiagos pradėjo daugėti ir 2021 m. vidurkis jau siekia apie 0,07 mg/l (European Environment Agency, 2023b).



18 pav. Fosfatų fosforo sezoninė koncentracijų kaita kairiajame intake (VT7)

Apibendrinant mineralinių medžiagų tyrimus Vijolės upelyje, išryškėjo tendencija, kad, cheminių medžiagų (chloridų, sulfatų, nitratų azoto, bendro azoto) koncentracijos vandenyje yra didesnės nei kitose Lietuvos ar Europos upėse, atskleidžiant ryškų antropogeninės įtakos poveikį.



Kadangi Vijolės upelis yra vienas iš Kulpės intakų, tikėtina, kad Vijolės upelio nešamas vanduo tiesiogiai veikia Kulpę. Remiantis gautais rezultatais, organinių junginių pertekliaus Vijolės upelyje nenustatyta, bet neigiamos įtakos Kulpės upelio vandens kokybei galėjo turėti pavasario ir vasaros laikotarpiais. Vijolės upelio apkrova Chloridais išryškėjo daugiausia šaltesniais laikotarpiais, galbūt dėl įvairių druskų mišinių naudojimo sniego tirpdimui. Sulfatų tyrimai parodė, kad ryškesnė antropogeninė įtaka nustatyta tik pavasario laikotarpiu, tačiau upelio žemupyje dėl šių medžiagų asimiliacijos į gruntą, koncentracija stabilizavosi. Biogeninių medžiagų tyrimas parodė, kad Šiaulių miestas daro įtaką upeliui, nes buvo nustatyta į upelį patenkanti atsitiktinė didelė tarša tiek azotu, tiek fosforu. Biogeninio komponento, nitratų azoto didesnės koncentracijos nustatytos pavasario ir rudens sezonais, o bendro azoto kiekiai yra didesni visą metų laikotarpį.

Kadangi Vijolės upelyje nuosekliai atliekami monitoringo tyrimai ties Architektų g., Vilniaus g., Birutės g., bei upelio žemupyje (Klimas, 2023), šis tyrimas tiesiogiai papildė jį prisidedant prie išsamesnės informacijos apie upelio ekologinę būklę, kadangi atskleidžia kokios kokybės vanduo patenka iš dešiniojo intako (nuo Liejyklos g. rajono) bei kairiojo intako (Švendrelės upelis). Taip pat pateikiama informacija apie cheminių medžiagų pasiskirstymą ir priklausomybę nuo sezono Vijolės upelio aukštypyje, kuris prasideda Verduliukų rajone.

## 4. BIOINDIKATORINIŲ AUGALŲ REZULTATAI

### 4.1. Vijolės upelio makrofitų įvairovės tyrimas

Atlikus Vijolės upelio makrofitų įvairovės tyrimą, 15-oje numatytų tyrimo vietų buvo nustatyta, kad įvairiose upelio vietose auga 10 makrofitų rūšių, kurios priskiriamos bioindikatoriniams augalams ir indikuoja apie mineralinių ir biogeninių medžiagų perteklių (Stravinskienė, 2012). Taip pat nustatytos papildomos 9 makrofitų rūšys, kurios nėra indikuojančios upės taršą, tačiau yra dominuojančios pagal savo užimamą procentinę dalį analizuotuose plotuose. Lentelėje Nr. 11 yra pateikiamas šių augalų sąrašas ir procentinis kvadranto arealo padengimas.

11 lentelė. Makrofitų rūšių procentinis padengtumasis kvadranto plote

Augalas	Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Balinis ajeras ( <i>Acorus calamus</i> )		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-
Didžioji dilgėlė ( <i>Urtica dioica</i> )		-	-	-	-	-	1	6		2	-	-	10	3	-	-
Garbiniuotoji plūdė ( <i>Potamogeton crispus</i> )		-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-
Gyslotinis dumblialaiškis ( <i>Alisma plantago-aquatica</i> )		-	-	-	-	45	-	-	-	2	3	2	-	-	-	1
Kanadinė elodėja ( <i>Elodea canadensis</i> )		-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-	-	-
Mažoji plūdena ( <i>Lemna minor</i> )		50	50	-	80	50	-	-	60	-	-	15	-	-	-	-
Melsvasis mieldas ( <i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> )		-	-	-	5	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-
Nendrinis dryžutis ( <i>Phalaris arundinacea</i> )		-	-	-	-	-	5	10	-	-	-	-	10	-	30	10
Pakrantinė mėta ( <i>Mentha verticillata</i> )		-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	30	5	-	-
Paprastoji nendrė ( <i>Phragmites australis</i> )		-	-	50	15	-	3	-	-	-	-	10	-	-	-	-
Pelkinis lakišius ( <i>Bidens cernua</i> )		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
Plačialapis švendras ( <i>Typha latifolia</i> )		25	25	-	5	50	-	2	50	1	5	3	-	-	3	3
Plaukuotoji ožkarozė ( <i>Epilobium hirsutum</i> )		30	20	-	5	-	5	35	-	5	3	25	1	-	1	-
Šakotasis šiurpis ( <i>Sparganium erectum</i> )		-	-	-	5	-	-	2	15	1	3	2	-	-	-	1
Šliaužiantysis Vėdrynas ( <i>Ranunculus repens</i> )		30	5	-	0,5	5	-	-	6	3	3	1	1	1	1	0,5
Šukinės plūdės ( <i>Potamogeton pectinatus</i> )		-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	20	-	20	50	3
Trumpamakštis rūgtis ( <i>Persicaria lapathifolia</i> )		-	-	-	-	-	1	1	-	15	4	1	-	10	1	20
Upelinė veronika ( <i>Veronica beccabunga</i> )		-	-	-	15	10	1	1	-	2			3	1	2	2
Vandeninė monažolė ( <i>Glyceria maxima</i> )		52	40	20	-	-	1	15	30	3	3	20	8	5	-	-

Pirmoje tyrimo vietoje (Nr. 1), kuri reprezentuoja upelio pradžią Šiaulių mieste, Verduliukų gyvenamųjų namų rajone, buvo nustatytos 5 pagrindinės dominuojančios makrofitų

rūšys. Iš jų 3 rūšys (vandeninė monažolė, plačialapis švendras, mažoji plūdena) yra priskiriamos prie taršą indikuojančių, o likusios 2 – augalai, sąlyginai užimantys didelę procentinę dalį tiriamajame plote, tačiau nebūtinai turintys indikacinę vertę.

Šioje upelio dalyje vandens kiekis tiriamuoju laikotarpiu buvo nedidelis, gylis minimalus, o vandens srovės greitis – lėtas, kadangi prietaka iš aplinkinių šaltinių yra minimali. Tiriamame kvadranto plote, augalų padengimas upėje buvo labai didelis. Didžiausią procentinę dalį užėmė mažoji plūdena (50 %) ir vandeninė monažolė (52 %), kurie dominavo toje kvadranto pusėje, kurioje buvo daugiau vandens. Mažoji plūdena dažniausiai indikuoja, kad vandenyje yra padidėjusi tarša biogeninėmis medžiagomis bei parodo, kad vandenyje yra aktyvūs eutrofikacijos procesai (Stavinskienė, 2012). Šių augalų bendrijose augo ir paprastas švendras (25 %). Kvadranto plote, kuris buvo arčiau upės šlaito dalies, dominavo vizualiai daug vietos užimanti plaukuotoji ožkarozė (30 %) ir šliaužiantysis vėdrynas (30 %).

Antroji tyrimo vieta (Nr. 2) taip pat patenka į Verduliukų gyvenamąjį rajoną, tačiau nuo prieš tai aptarto ploto skiriasi tuo, kad čia yra papildoma vandens prietaka į Vijolės upelį nuo Jotvingių gatvės, bei keletą lietaus nuotekų išleistuvų nuo Pikeliškės g. pusės.

Šioje upelio dalyje Vijolės hidrodinaminės sąlygos keičiasi mažai. Upelio vaga šiek tiek praplatėja, vandens gylis tampa nežymiai gilesnis, tačiau tėkmės greitis vizualiai nepasikeitęs. Dominuojančios augalų rūšys Nr. 2 tyrimo vietoje iš esmės liko tos pačios. Pasikeitė tik kai kurių makrofitų procentinis padengimas tiriamame kvadranto plote. Mažosios plūdenos bei plačialapio švendro procentinis padengimas išliko identiškas pirmam plotui, nuo 30 % iki 20 % sumažėjo plaukuotosios ožkarozės ploto padengimas, vandeninės monažolės sumažėjo iki 40 %. Šliaužiantčiojo vėdryno procentinis padengimas sumažėjo smarkiai ir šiame plote siekė tik 5 % nuo viso kvadranto ploto.



19 pav. Vijolės upelio ištakos šalia VT1 tyrimo vietos

Tiriamojame vietoje Nr. 3, kuri reprezentuoja zoną, kurioje yra šlapia, kol kas niekaip neišnaudota pieva. Upelio vaga šioje vietoje smarkiai susiaurinta, aplinkui yra nemažai papildomų melioracijos griovių, kurie lemia, jog šioje vietoje Vijoletės upelio vagoje vandens lieka itin mažai. Šiame plote tirtame kvadrante buvo nustatytos tik 2 dominuojančios makrofitų rūšys. Viena iš jų yra jau anksčiau minėta vandeninė monazolė, kurios ploto padengimas siekė 20 % ir paprastoji nendrė, kuri tirtame kvadrante užėmė pusę (50 %) arealo. Paprastoji nendrė dažnai įvardinama (Gacia et al, 2020), kaip augalas, kuris indikuoja apie sunkiųjų metalų taršą vandenyje ar aplink vandenį esančiame dirvožemyje.

Tyrimo vieta Nr. 4 reprezentuoja teritoriją, esančią šalia garažų g., kurioje yra nemažai sodo sklypų, kuriuose tikėtina naudojamos mineralinės trąšos augalų tręšimui bei mūrinių garažų kompleksas iš kurio įvairios nuotekos patenka į upelio vagą.

Šioje tyrimo vietoje tirtame kvadrante areale buvo nustatytos 8 jame dominuojančios makrofitų rūšys. Didžiausią ploto padengtumą užėmė mažoji plūdena, kurios nustatyta net 80 %. Taip pat nustatyta, kad paprastoji nendrė ir upelinė veronika užėmė po 15 % kvadranto ploto. Upelinė veronika nėra įvardinama, kaip taršą indikuojantis augalas. Po 5 % tiriamojo arealo užėmė tokie augalai, kaip melsvasis meldas, plačialapis meldas, bei šakotasis šiurpis, kurie mėgstą maistinėmis medžiagomis užterštą vandenį ir yra taršą indikuojančios rūšys. Taip pat 5 % užėmė plaukuotoji ožkarozė, o šliaužiantysis vėdrynas tik 0,5 %.

Analizuota tyrimo vieta Nr. 5, kuri reprezentuoja nedidelę upelio dalį, esančią už garažų kompleksą. Čia upės vaga turi panašias hidrodinamines sąlygas, kaip ir Nr. 4, tačiau prieš įtekėdama į dirbtinai sukurtą vamzdyną, upės tėkmė dar šiek tiek suletėja. Vandens gylio labai nedidelis.

Šiame analizuotame areale dominuoja 6 makrofitų rūšys, iš kurių 3 yra indikuojančios vandens taršą maistinėmis medžiagomis. Iš šių 3 indikatorinių rūšių labai plačiai šiame ruože yra paplitusi mažoji plūdena, kuri tiriamajame kvadrante užėmė 50 % ploto. Tokį patį ploto padengimą užėmė ir plačialapis švendras. Tarp šių dviejų makrofitų rūšių, savo lapais ir stiebais buvo įsimaišęs ir gyslotinis dumblialaiškis, kuriam priskirta 45 % ploto. Šis tiriamasis kvadranto plotas buvo ištis gausus ir pilnas augalijos.

Kitos augalų rūšys, neindikuojančios taršos, tačiau sąlyginai užimančios nemažą arealo plotą buvo pakrantinė mėta, kuri užėmė 10 % ploto, jau anksčiau dažnai minėtas šliaužiantysis vėdrynas (5 %) ir upelinė veronika (10 %).



20 pav. Vijolės upelio atkarpa ties J. Jablonskio g.

Kita analizuota augalų inventorizavimo vieta yra Nr. 6, kuri reprezentuoja atkarpa nuo dešiniojo Vijolės intako ir tęsiasi iki Tilžės g. Šioje dalyje upės šlaitai yra ganėtinai statūs, o tėkmės greitis didelis, nes iš dešiniojo intako yra srauni vandens prietaka. Šioje upelio vietoje augalų pasiskirstyme atsiranda esminis skirtumas nuo prieš tai analizuotų plotų. Kadangi tėkmės greitis tampa sąlyginai didelis, augalai yra aptinkami tik ant upelio šlaito, o pačiame vandenyje jų bus aptinkama tik kituose arealuose, kuriuose upės tėkmės greitis vėl sumažėja.

Taigi, šiame analizuotame kvadranto plote makrofitų gausumas buvo labai nedidelis. Užfiksuotos 7 dominuojančios skirtingos augalų rūšys iš kurių tik 1, indikuojanti vandens taršą šioje vietoje. Tai vandeninė monažolė, tačiau jos procentinis padengimas labai nedidelis (1 %). Tokį patį ploto padengtumą užėmė ir tokios rūšys kaip didžioji dilgėlė, trumpamakštis rūgtis ir upelinė veronika. Šiek tiek daugiau, 3% ploto užėmė paprastoji nendrė, o gausiausios makrofitų rūšys šioje zonoje buvo nendrinio dryžučio ir plaukuotosios ožkarožės, kurie užėmė po 5% ploto.

Nr. 7 tyrimo vieta, reprezentuojanti augalų pasiskirstymą tarp Tilžės g. ir Architektų g. Šioje upelio zonoje upės srovė šiek tiek lėtesnė, nei buvo ankstesniame plote. Kai kuriose vietose gylis yra nevienodas, atsiranda zonų, kurios nėra pilnai apsemiamos, todėl augalų paplitimas pastebimas ne tik ant upės šlaito. Tokie Vijolės upelio pokyčiai turi įtakos augalų gausumo padidėjimui. Šlapesnėse vietose buvo identifikuota vandeninė monažolė, kuri analizuotame kvadranto plote užėmė 15 % bei didžioji dilgėlė – apimanti 6 % ploto. Plaukuotoji ožkarožė, labiau užimanti teritorijas upės šlaituose užėmė net 35 %.

Taip pat nustatytos dvi rūšys, kurių paplitimas nebuvo gausus, tačiau jos yra svarbios analizuojant augalus, nes indikuoja upelyje esančią taršą. Tai plačialapis švendras ir šakotasis šiurpis, kurie užėmė po 2 % ploto. Na ir galiausiai labai negausiai tik po 1 % ploto užėmusios buvo upelinė veronika bei trumpamakštė rūgtis.

Analizuota tyrimo vieta Nr. 8 reprezentuoja papildomos upelio vagos, kuri atiteka nuo Architektų g., būklę pagal makrofitų pasiskirstymą ir gausumą. Šiame ruože tikėtina, kad teršia ne tik gyvenamųjų namų išleidžiamos nuotekos, bet ir iš žemės ūkio laukų drenažiniais vamzdžiais atitekantis vanduo. Nors upė vaga šioje atkarpoje yra ganėtinai plati, o vandens gylis palyginus su kitomis upės zonomis – didelis, srovės tėkmė išlieka ganėtinai nedidelė.

Šioje tyrimo vietoje nustatytos 8 dominuojančios makrofitų rūšys iš kurių net 7 yra indikuojančios ir įspėjančios apie esamą ilgalaikę vandens taršą. Upės dalis, kurioje buvo bemaž gausiausias analizuoto kvadranto padengtumai. Augalai buvo užfiksuoti ne tik ant vandens paviršiaus ar upės šlaite, bet ir giliau po vandeniu, kurie visuomet būna apsemti.

Mažoji plūdena, akivaizdžiai indikuojanti apie taršą biogininėmis medžiagomis užėmė net 60 % kvadranto teritorijos. Tarp šių plūdenos lapelių gausiai teritorijoje paplitęs ir plačialapis švendras, kuriam priskirta 50% ploto, taip pat šakotasis šiurpis (15 %). Arčiau upės šlaito, kuomet sumažėja gylis buvo pastebėta ir vandeninė monažolė (30 %) bei šliaužiantys vėdrynas, kuris dominavo 6 % analizuotoje teritorijoje. Taip pat buvo rastas ir melsvasis meldas, kuris buvo padengęs 5 % ploto.

Nr. 8 tyrimo vieta įdomi tuo, kad šioje upelio vagoje atsiranda augalai, kurie prisitaikę būti pilnai apsemti vandens ir prisitvirtinę prie dugno. Tai garbinuotoji plūdė, kurios užimamas plotas buvo apie 20 % ir kanadinė elodėja, kurios nustatyta net 50 % visame plote. Kanadinė elodėja tikėtina turi įtakos upės tėkmės suletėjimui šioje dalyje, nes didelis šio augalo gausumas ir lapų fiziologinės charakteristikos sukuria tikrai vešlų žalumos tinklą upės vandenyje.

Tyrimo vieta Nr. 9 reprezentuoja augalų pasiskirstymą nuo Architektų g. link susijungimo su antrąją Vijolės upelio vaga, ateinančia nuo Architektų g. pusės. Šioje dalyje vandens kiekis pradeda gausėti, o tėkmės greitis lėtėti. Didžioji dalis augalų įsikūrę upelio šlaituose ar mažiau užliejamose vietose. Daugumos augalų gausumas labai nedidelis ir siekia tik iki 5 % nuo viso ploto. Vienintelė trumpamakštė rūgtis dominuoja šiame areale ir užėmė 15 % analizuoto ploto.

Po 2 % teritorijos ploto priskirta tokioms makrofitų rūšims kaip didžioji dilgėlė, gyslotinis dumblialaiškis bei upelinė veronika. Vandeninės monažolės ir šliaužiančiojo vėdryno gausumas buvo šiek tiek didesnis, tačiau užėmė tik 3 % tiriamojo ploto. Upės šlaitų dalis ir vėl buvo gausiai apaugusi plaukuotąja ožkarože, kuri užėmė 5 % ploto. Minimalūs kiekiai buvo nustatyti šakotojo šiurpio bei plačialapio švendro. Kadangi šioje upės zonoje yra nustatytos kelios augalų rūšys, indikuojančios vandens taršą, galima teigti, jog šioje upės atkarpa patiria antropogeninę apkrovą papildomomis maistinėmis medžiagomis.

Tyrimo vieta Nr. 10, esanti aplink žemės ūkio laukus, apleistas pievas bei geležinkelio pervažą, reprezentuoja toje upelio zonoje esančių makrofitų gausumą ir pasiskirstymą. Šioje

zonoje Vijolės upėje vandens buvo labai daug. Upelio vaga plati ir labai gili. Makrofitų gausumas šlaite nebuvo didelis, didesnę tiriamojo kvadrato teritoriją užėmė iki šiol upėje dar nematyta šukinė plūdė, kurios padengtumai užėmė apie 30 %. Pagal V. Stravinskienę (Stravinskienė, 2012), šukinė plūdė, tai užteršto vandens bioindikatorius.

Iš užterštumą taip pat indikuojančių kitų makrofitų buvo rasta vandeninė monažolė, kurios padengtumai buvo 3 %, taip pat šakotasis šiurpis (3 %) bei arčiau šlaito įsikūręs plačialapis švendras (5 %). Iš augalų, kurie nėra indikuojantys taršą, tačiau užėmė sąlyginai nemažai ploto buvo rasta gyslotinio dumblialaiškio (3 %), jau dažnai aptinkama plaukuotoji ožkarožė (3 %), šliaužiantysis vėdrynas (3 %) ir trumpamakštė rūgtis, kuri užėmė apie 4% tiriamojo ploto.

Vijolės upelio tiriamajame plote Nr. 10 augalijos gausumas pasikeičia, nes šioje zonoje upės gylis drąstiškai sumažėja, šlaitai tampa šiek tiek lėkštesni ir atsiranda zonų upės vagoje, kurios nėra pilnai užsemtos.

Šios zonos analizuojamame kvadrate buvo užfiksuotos net 12 dominuojančių makrofitų rūšių iš kurių 6 – indikuojančios taršą. Daugiausiai šiame plote buvo rasta šukinės plūdės, kurios padengtumai siekė 30 % nuo viso ploto. Šiek tiek mažiau, upelio šlaituose dominavo plaukuotoji ožkarožė, kuri užėmė 25 % tiriamojo ploto. Toliau pagal gausumą dominuoja trys indikatoriniai augalai – vandeninė monažolė ir šukinė plūdė užėmė po 20 %, o mažoji plūdėna šiek tiek mažiau – 15 %. Paprastosios nendrės padengtumai siekė 10 %.

Įdomu, kad šioje upės dalyje nedideliu kiekiu buvo rastas pelkinis lakišius (2 %) ir tai yra vienintelė zona Vijolės upelyje, kurioje buvo nustatytas šis augalas. Likusių 5 makrofitų rūšių (gyslotinio dumblialaiškio, plačialapio švendro, šakotojo šiurpio, šliaužiančiojo vėdryno, trumpamakštės rūgties) padengtumai buvo nedideli ir varijavo 1-3 % intervale. Detalesnius šių augalų procentinius padengtumus galima pamatyti 9 lentelėje.



21 pav. Makrofitų tyrimo vieta (Nr. 11) ties Vilniaus g.

Tyrimo vieta Nr. 11, reprezentuojanti neilgą atkarpa, kurioje į Vijolę papildomai atiteka vienas melioracijos kanalas, o upės greitis ir gylis labai sumažėja, nes galutiniame analizuoto ploto taške, vandens vaga patenka į vamzdynus, kuriais upelio vanduo prateka po Vilniaus ir Gumbinės gatvėmis. Šiame areale pirmą kartą buvo pastebėtas ir gana gausiai plotą užimantis (30 %) balinis ajeras. Šis makrofitas neindikuoja taršos, tačiau mėgsta šlapią ir dumbluotą aplinką. Galima teigti, kad sumažėjęs gylis ir letėjantis upės gylis yra puikiais sąlygos maistinių medžiagų taršos kaupimuisi šioje zonoje, nes reikšmingą kvadrato plotą užėmė tokie augalai kaip vandeninė monažolė (20 %), šukinė plūdė (20 %) ir mažoji plūdena (15 %). Upės šlaituose, kaip ir daugumoje kitų arealų, ganėtinai svarbią ploto dalį (25 %) užėmė plaukuotoji ožkarožė. Šlaituose kartu su ožkarože buvo rasta ir paprastoji nendrė, užimanti 10 %.

Šioje tyrimo vietoje Nr. 11 taip pat buvo nustatyta ir daugiau taršą indikuojančių makrofitų rūšių, tačiau jų užimama procentinė dalis labai nežymi. Pavyzdžiui tik šiame plote buvo rastas pelkinis lakišius, tačiau jis užėmė tik 2 % bendro kvadranto ploto. Vidurinėje upelio vagos dalyje taip pat šiek tiek buvo plačialapio švendro (3 %) bei šakotojo šiurpio (2 %). Na, o tokios makrofitų rūšys kaip šliaužiantysis vėdrynas ir trumpakaštė rūgtis neviršijo 2 % ribos.

Nr. 12, reprezentuojantis upės dalį nuo Vilniaus g. iki „Šiaulių vandenys“ teritorijos. Šios upės dalies ypatumas yra tas, kad pirmoji vagos dalis yra labai srauni ir stačiais šlaitais, o antrojoje dalyje tėkmės greitis sąlyginai sulėtėja ir gylis sumažėja. Šioje atkarpoje analizuotame kvadrante buvo rastos 7 pagrindinės makrofitų rūšys, iš kurių tik 1 taršą indikuojanti, o likusios nėra tokioms priskiriamos.

Taigi, vandeninė monažolė, kuri užėmė tik 8 % tiriamojo ploto buvo vienintelė taršą indikuojanti rūšis. Tokiam mažam indikatorinių augalų kiekiui įtakos galėjo turėti, kad šioje dalyje upės vagos dugnas padengtas smėliu, žvirgždingu pagrindu ir nelabai yra galimybės dumblo kaupimuisi dėl srovės tėkmės greičio.

Daugiausiai šiame areale buvo rasta pakrantinės mėtos, kuri užėmė 30 % kvadranto ploto. Didžioji dilgėlė ir nendrinis dryžutis, upės šlaituose užėmė po 10 %. Ožkarožė buvo tik 1 % . Arčiau upės vandens tėkmės, šlapesnėse vietose, buvo rastas šliaužiantysis vėdrynas (1 %) ir upelinė veronika (3 %).

Toliau seka ganėtinai ilga Vijolės upelio atkarpa nuo pat „Šiaulių vandenys“ teritorijos iki pat kairiojo intako – Švendrelės upelio įtekėjimo į Vijolę. Šiame plote augalų inventorizacija nebuvo atliekama, nes bent keletą kartų per vegetacijos sezoną visa zona yra šienaujama. Dėl to augalai neturi galimybės sužydėti, augti ir didinti savo populiacijos.





22 pav. Vijolės upelio šienaujama atkarpa ties Gubernijos rajonu.

Analizuojama tyrimo vieta Nr. 13 yra iš karto už Švendrelės upelio įtekėjimo vietos į Vijolę. Šis plotas buvo išskirtas todėl, kad šio tyrimo duomenimis, iš Švendrelės upelio į Vijolę patenka nemažai (vid. 2,4 mg/ml nitratų azoto, vid. 10,05 mg/l bendro azoto ir 1,49 mg/l bendro fosforo) maistinių medžiagų į Vijolę ir susikirtimo vietoje buvo aktualu ištirti, ar turi įtakos augalų rūšių pasiskirstymui. Tačiau rezultatai buvo kitokie, negu tikėtasi. Buvo nustatytos tik 4 makrofitų rūšys, viršijančios 5 % padengtumą.

Daugiausiai upės vandenyje buvo rasta šukinės plūdės, kuri užėmė 20 % analizuoto ploto. Dvigubai mažiau – 10 % užėmė trumpamakštė rūgtis, kuri labiau dominavo vagos kraštuose. Po 5 % buvo rasta vandeninės monažolės ir pakrantinės mėtos. Kaip dabar galima matyti, kad vandeninė monažolė dominuoja praktiškai daugumoje analizuotų plotų. Upės šlaite taip pat buvo aptikta didžiosios dilgėlės, kuri užėmė tik 3 % ploto, o tokios rūšys kaip šliaužiantysis vėdrynas ir upelinė veronika – rasta tik simboliškai po 1 %.

Galutinė upelio dalis buvo padalinta į Nr. 14 ir Nr. 15 tyrimo vietas. Padalinti šią galutinę upės dalį buvo nuspręsta, kadangi skyrėsi upės hidrodinaminės sąlygos. Pirmojoje (Nr. 14) upelio vaga buvo labai išplatėjusi, gylis vizualiai žiūrint - padidėjęs su stačiais šlaitais, todėl yra labai staigus perėjimas nuo užliejamos vietos ir sausos pievos ant šlaito viršaus. Paskutinėje tyrimo vietoje (Nr. 15) nors vagos plotis nesumažėja, tačiau vagos gylis vizualiai smarkiai sumažėja. Tuo pačiu šlaitai tampa lėkštesni kas sudaro sąlygas plisti makrofitų rūšims.



23 pav. Makrofitų tyrimo vieta (Nr. 15) upelio žemupyje.

Nr. 14 dominavo 2 pagrindinės augalų rūšys. Viena iš jų vandens pilnai apsemiamą šukinę plūdę, kuri gausiai užėmė net 50 % analizuoto ploto, o ant šlaito sausesnėje dalyje dominavo nendrinis dryžutis, užimantis apie 30 % teritorijos. Ant siauros šlaito dalies, kurioje buvo šlapia – rastas plačialapis švendras, tačiau jis užėmė tik 3 % kvadranto ploto. Na ir labai simbolinę dalį tiriamajame plote užėmė tokios rūšys kaip plaukuotoji ožkarozė, šliaužiantysis vėdrynas, trumpamakštė rūgtis bei upelinė veronika, kurių plotai neviršijo 2 % nuo bendro kvadrato ploto.

Paskutinėje tyrimo vietoje Nr. 15, kuri iš esmės yra upės žiotys ir intakas į Kulpę, labai didelę makrofitų gausą nepasižymėjo. Nors buvo nustatytos 8 pagrindinės augalų rūšys, tačiau procentinis padengimas nebuvo didelis. Nemažą įtaką tam gali turėti smėlingas ir žvyruotas dugnas šioje atkarpoje. Daugiausiai šioje zonoje buvo rasta trumpamakštės rūgties, kuri užėmė 20 %, o nendrinis dryžutis vyravo 10 % tiriamojo kvadranto plote. Nors ir nedideliais kiekiais, tačiau buvo rastos 3 taršą indikuojančios makrofitų rūšys: šukinė plūdė užėmė 3 %, šakotasis šiurpis vyravo 1 % ploto, o plačialapis švendras – 3 %. Apie 1-2 % kvadranto ploto užėmė tokios augalų rūšys kaip gyslotinis dumbliailaiškis, šliaužiantysis vėdrynas ir upelinė veronika.

Taigi, nors ir Vijolės upelio žiotyse dugnas nėra uždumblėjęs, tačiau rastos keletą taršą indikuojančių augalų rūšių įspėja apie vandenyje vyraujančias didesnes maistinių medžiagų vertes.

Žemiau pateikiama 12 lentelė, kurioje yra aprašomos pagrindinės taršą indikuojančių makrofitų savybės bei charakteristika.

12 lentelė. **Bioindikatorinių makrofitų rūšių charakteristika** (Stravinskienė, 2012)

<b>Augalo pavadinimas</b>	<b>Savybės ir charakteristika</b>
Plačialapis švendras ( <i>Typha latifolia</i> )	Aukštas daugiamejis žolinis augalas, dažnai augantis užpelkėjusiuose vandens telkiniuose, o jo buvimas gali rodyti vandens teršalų buvimą. Žydi liepos – rugpjūčio mėn.
Vandeninė monažolė ( <i>Glyceria maxima</i> )	Daugiametis žolinis vandens augalas, būdingas lėtai tekančiuose upėse ir ežeruose, kuriame augimas gali rodyti vandens taršą. Žydi birželį – rugpjūtį.
Mažoji plūdena ( <i>Lemna minor</i> )	Mažoji plūdena daugiausia dauginasi vegetatyviniu būdu ir yra labai dažnai aptinkama upėse, kuriose yra pastebimas biogeninių medžiagų užterštumas. Šis augalas yra svarbus vandens telkinių eutrofizacijos indikatorius. Žiemai nusileidžia ant dugno, o pavasarį iškyla į paviršių.
Melsvasis mieldas ( <i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> )	Daugiametis žolinis augalas, auga stovinčiuose, lėtai tekančiuose, druskinguose ir užterštuose vandens telkiniuose. Kaupia derlingą dumblą. Žydi birželį – liepą.
Šakotasis šiurpis ( <i>Sparganium erectum</i> )	Daugiametis vandens augalas, gana dažnai aptinkamas Lietuvos upėse. Žydi birželį – rugpjūtį. Auga upėse, kuriose pastebimas vandens užterštumas.
Gyslotinis dumblialaiškis ( <i>Alisma plantago-aquatica</i> )	Tai yra įprasta rūšis Lietuvoje, kuri dažnai auga stovinčiuose ir lėtai tekančiuose vandens telkiniuose bei balose, gali rodyti vandens užterštumą. Žydi birželį – rugpjūtį.
Kanadinė elodėja ( <i>Elodea canadensis</i> )	Užterštose vandens teritorijose šis augalas masiškai plinta, sudarant tankius sąžalynus. Jis vegetatyviai dauginasi stiebo atlaužomis, žieminiams pumpurais ir šakutėmis bei yra vandens užterštumo indikatorius.
Garbiniuotoji plūdė ( <i>Potamogeton crispus</i> )	Dažna Lietuvoje ir žydi nuo birželio iki rugsėjo mėnesio. Auga stovinčiuose ir lėtai tekančiuose vandens telkiniuose, kuriose yra gausios dumblo nuosėdos ir įvairūs teršalai. Tai taršą indikuojantis augalas.
Šukinės plūdės ( <i>Potamogeton pectinatus</i> )	Dažnai žydi nuo birželio iki rugpjūčio mėnesio, gana paplitusi Lietuvoje. Jos augalija aptinkama stovinčiame ir lėtai tekančiame vandenyje, naudojama kaip vandens užterštumo indikatorius.
Pelkinis lakišius ( <i>Bidens cernua</i> )	Rūšis žydi liepos - spalio mėn. ir gali užauginti iki 250 vaisių, kurie yra išnešiojami gyvūnais ir žmonėmis. Dažnai aptinkama visoje Lietuvoje, auganti upių bei ežerų pakrantėse, indikuoja apie vandens užterštumą.

#### 4.2. Kitų upių tyrimuose aptinkamos makrofitų rūšys

Latvijoje 2010 metais 72 skirtingose upių vietovėse buvo tyrinėjamos (Grinberga, 2010) dominuojančios makrofitų rūšys ir buvo išskirtos dažniausiai aptinkamos. Tyrimo metu paaiškėjo, kad šakotasis šiurpis dominavo beveik 61 % tirtų vietovių, o kanadinė elodėja net 38 % vietovių. Palyginimui Vijolės upelyje šakotasis šiurpis dominavo maždaug 50 % tirtų plotų, o kanadinė elodėja buvo rasta tik viename tyrimo plote.

Panašus tyrimas buvo atliekamas ir 2015 metais (Uzule, 2015), kuriame dažniausiai randama buvo tokios makrofitų rūšys kaip nendrinis dryžutis, paprastoji lugnė, viksvos, gyslotinis dumblialaiškis, permautalapė plūdė bei ežerinis mieldas. Kai kurios iš išvardintų rūšių (nendrinis dryžutis, gyslotinis dumblialaiškis) buvo identifikuotos Vijolės upelyje, bet tai nestebina, nes Latvijos upės yra sąlyginai panašioje gamtinėje zonoje kaip ir Lietuvos upės.

2020 m. darytame tyrime, vienoje iš Indijos upių (Singh, Singh, 2020), kurioje buvo nagrinejami taršą indikuojantys augalai, buvo nustatytos 8 skirtingos makrofitų rūšys per 3 matavimo teritorijas. Taigi, buvo surasta paprastoji nertis, lot. *Nitella hyalina*, lot. *Chara vulgaris*, šukinė plūdenė, vandens hiacintas, viena iš plūdenos rūšių, lot. *Azolla pinnata* ir dygliuotasis burnočius. Žinoma kiekviename skirtingame žemyne makrofitų indikuojančių taršą rūšys gali kažkiek skirtis vien dėl gamtinių sąlygų ir jose vyraujančių skirtingų rūšių, tačiau šiuo atveju matome, kad net ir esant dideliame atstumui tarp Lietuvos ir Indijos, galime surasti identiškų makrofitų rūšių, kurios parodo upės taršą maistinėmis medžiagomis.

Grįžtant į bioindikatorinių augalų upėse tyrimus Lietuvoje, galima paminėti 2021 m. Lietuvos hidrobiologų draugijos (Darnu Group, 2021) atliktais tyrimais, kuriuose ganėtinai detaliai nagrinėta Vilnios upė. Tyrimo metu buvo tyrinėtos 4 skirtingos upės zonos, kuriose nustatyta, kad dažniausiai dominuojančios makrofitų rūšys buvo įvairios plūdinių šeimos rūšys, šakotasis šiurpis bei plūdinis vėdrynas.

Lėvens upėje, žemiau Pasvalio miesto tvenkinio, 2015 m. tyrinėtos (Virbickas ir kt., 2016) dominuojančios makrofitų rūšys. Iš viso nustatyta 16 vyraujančių makrofitų rūšių, kurios dažniausiai aptinkamos buvo: paprastoji nendrė, plačialapis švendras, paprastoji nertis, mažoji plūdena, paprastasis skendenis bei strėlialapė papliauška. Lėvens upė tikėtina taip pat yra veikiamą panašių išorinių veiksnių, kaip ir Vijolės upelis. Todėl tarp dominuojančių makrofitų rūšių galima tokių pačių (paprastoji nendrė, plačialapis švendras, mažoji plūdena) dominuojančių rūšių.

Apibendrinant galima teigti, kad Stravinskienės išleistoje knygoje apie bioindikacinius augalus (Stravinskienė, 2012) įvardinti augalai tinka ne tik Lietuvos teritorijoje nagrinejamoms upėms, bet ir už jos ribų.

## 5. VIJOLĖS UPELIO EKOLOGINĖS BŪKLĖS VERTINIMAS

Vijolės upelio vanduo skirtingais metų sezonais yra veikiamas nevienodų gamtinių ir antropogeninių sąlygų, todėl logiška, kad upelio vandens kokybei šie veiksniai turi įtakos. Būtent todėl Vijolės upelio ekologinis vertinimas pagal cheminius parametrus buvo atliekamas išskiriant kiekvieno sezono gautus laboratorinius tyrimus tam, kad būtų galima įvertinti galimus sezonų skirtumus ir matyti kaip keičiasi kiekvieno vertinamo rodiklio klasė. Tyrimo vietos VT3 ir VT7 yra Vijolės upės intakai, todėl jie yra aptariami atskirai kaip galimai darantys papildomą neigiamą žalą.

Pavasario sezonu chloridų koncentracijos neviršijo DLK numatytų verčių, todėl galima teigti, kad neigiamos įtakos upės ekologiniai būklei šios mineralinės medžiagos neturėjo. Tačiau atkreiptinas dėmesys, jog sulfatų kiekiai upės vandenyje buvo aukščiau DLK vertės net 6-iose paėmimo vietose.

Pagal maistingųjų medžiagų koncentracijas, ekologinės būklės vertinimas Vijolės upelį pavasario sezone padalina į 2 dalis. Pirmoji dalis, tai upelio atkarpa nuo ištakų Verduliukų rajone bei ištakų nuo Architektų g. iki Vilniaus g. (VT1 – VT4), kuriose medžiagų vertinimas išlieka stabilus, o antrojoje upės dalyje nuo Vilniaus g. iki upelio žemupio (VT5 – VT8), kai kurių cheminių analizių vertinimas keičiasi net keletą kartų. Tai gali reikšti, kad nuo Vilniaus g. (VT5) upelis yra smarkiau veikiamas aplinkos ar antropogeninių veiksnių, kaip paviršinių, drenažinių prietakų ar netvarkingai valomų nuotekų.

Kaip labai geros ekologinės būklės, pavasario sezono buvo vertinamas bendrasis fosforas ir fosfatų fosforas. Abu tiriamieji parametrai išlaikė tokią ekologinę būklę visuose tyrimo taškuose. Nitratų azoto vertinimas buvo vienas iš tų, kurio statusas nebuvo tolygus visos upės mastu. Jau nuo pat upelio pradžios (VT1) šios maistinės medžiagos vertinimas buvo „blogas“ (5,39 mg/l) ir išsilaikė iki pat Vilniaus g. (VT5), kuomet koncentracija siekė – 9,84 mg/l. Tuomet ties Birutės g. (VT6) tyrimo tašku medžiagos koncentracijai sumažėjus iki 1,83 mg/l, ekologinė klasė vertinama kaip „gera“, bet atstumas nedidelis, nes upės pabaigoje rodiklio statusas pablogėja iki „vidutinio“. Ekologinio statuso vertinimas pagal bendrojo azoto kiekius Vijolės upelyje pavasario sezono taip pat buvo nevienodas. Tyrimo atkarpoje ties VT1 – VT4 įvertinimas buvo „blogas“, o ties Vilniaus g. (VT5) kaip „labai prastas“. Likusioje upės dalyje, besikeičiant aplinkos bei hidrodinaminėms sąlygoms, bendrojo azoto kiekis sumažėjo ir vertinimas pakilo iki „vidutinio“.

Vertinant papildomus intakus VT3 (dešinysis intakas) ir VT7 (kairysis intakas) išryškėjo, kad papildomai atitekančio vandens į Vijolės upelį kokybė, pagal ekologinį statusą yra vienoda tik pagal bendro fosforo ir fosfatų fosforo rodiklius. Vertinant bendrą ir nitratų azotą, iš pramoninės

zonos (VT3) atitekantis vanduo į Vijolę buvo vertinamas kaip „blogos būklės“, o įtekantis Švendrelės vanduo (VT7) – „geros“. Labai svarbu paminėti, kad VT3 intakas yra ganėtinai sraunus, todėl atnešamas papildomas kiekis vandens tikėtina, daro neigiamą žalą Vijolei.

13 lentelė. Vijolės upelio vandens tyrimų pavasario sezonu rezultatai

Rodiklis	Vertinimo kriterijus	Vijolės upelio matavimo vietos							
		VT1	VT2	VT3	VT4	VT5	VT6	VT7	VT8
Cl <sup>-</sup> , mg/l	300**	78.54	42.51	82.79	82.90	64.51	59.43	80.66	12.55
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , mg/l	100**	123.37	59.14	152.18	151.65	193.38	108.3	180.77	70.52
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N, mg/l	*	5.39	6.61	5.13	5.10	9.84	1.83	2.11	2.36
N <sub>bendras</sub> , mg/l	*	7.05	8.11	6.63	6.76	12.07	3.33	2.98	3.71
P <sub>bendras</sub> , mg/l	*	0.08	0.06	0.08	0.04	0.05	0.075	0.00	0.00
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P, mg/l	*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

\*ekologinės klasės nustatymo vertinimo kriterijai numatyti 4 lentelėje.

\*\*didžiausia leistina mineralinės medžiagos koncentracija numatyta 6 lentelėje.

<span style="background-color: #00b0f0; color: white; padding: 2px;">x</span> – labai geras	<span style="background-color: #ffff00; color: black; padding: 2px;">x</span> – vidutinis	<span style="background-color: #ffc000; color: black; padding: 2px;">x</span> – blogas	<span style="background-color: #cccccc; color: black; padding: 2px;">x</span> – atkreiptinas dėmesys
<span style="background-color: #90ee90; color: black; padding: 2px;">x</span> – geras		<span style="background-color: #ff0000; color: white; padding: 2px;">x</span> – labai blogas	

Vertinant vasaros sezono nustatytų cheminių parametru atitikimą pagal ekologinį statusą matome, kad situacija visiškai kitokia nei buvo pavasario laikotarpiu. Sulfatų kiekiai nei viename paėmimo taške neviršijo leistino DLK, o didesnis chloridų kiekis nustatytas tik intake VT7. Todėl tikėtina, kad šiuo laikotarpiu šios mineralinės medžiagos Vijolės ekologinio statuso blogėjimui įtakos neturėjo.

Vasarą, kaip „labai geros ekologinės būklės buvo vertinamas nitrato azotas. Nors šios maistinės medžiagos koncentracijos upės vagoje kažkiek kito, tačiau visos Vijolės mastu nenukrito žemiau „labai gero“ vertinimo. Panaši situacija buvo ir vertinant bendrą azotą, kurio ekologinis statusas trumpam ties garažų g. (VT2) nukrito iki „geros“ būklės, tačiau vėliau parametrai pagerėjo. Bendras fosforas šiuo metų laiku pagal gautas cheminių parametru vertes buvo kaip vienas iš blogiausios ekologinės būklės. Upelio pradžioje (VT1) ekologinis bendro fosforo statusas buvo – „vidutinis“, o kituose tyrimo taškuose (VT2, VT4 ir VT5) situacija suprastėjo per vieną klasę - iki „blogos“. Tačiau teigiamas dalykas, kad ties Birutės g. (VT6) sumažėjus bendro fosforo koncentracijai iki 0,13 mg/l, ekologinio statuso būklė pagerėjo iki „geros“. Ekologinė būklė vertinama kaip „gera“ ir upelio žemupyje (VT8). Fosfatų fosforo situacija tokia, kad upės pradžioje statusas buvo vertinamas kaip „labai geras“, išskyrus blogesnę vertinimą iki „vidutinio“ antrojoje upelio atšakoje ties Architektų g. (VT4), kuris galimai nulemia likusios upės dalies vandens kokybę, nes nuo Birutės g. (VT6) ekologinis statusas yra „geros būklės“.

Vanduo, kuris atiteka iš dviejų Vijolės upelio intakų (VT3 ir VT7) vasaros laikotarpiu buvo nevienoda. Pirmojo intako VT3 tyrimo vietoje pagal nitratų azotą ir fosfatų fosforą upelio ekologinė būklė buvo vertinama kaip „labai gera“, bendras azotas – „gera“, o bendras fosforas – „vidutinė“. Todėl tikėtina, kad šis intakas vasaros sezone didelės neigiamos įtakos bendram upės ekologiniam statusui neturėjo. Bet kairiajame intake VT7 pagal maistinių medžiagų - bendro azoto ir fosforo, fosfatų fosforo - koncentraciją, vandens būklės vertinimas buvo – „labai blogas“. Galima pasidžiaugti tik tuo, kad šis intakas nėra labai sraunus, palyginus su Vijolės upės srovės kiekiu susikirtimo vietoje, todėl nedaro didelės neigiamos įtakos upės ekologiškai būklei žemupyje. Šioje VT7 tyrimų vietoje, vandens ekologinė būklė pagal nitratų azotą buvo – „labai gera“.

14 lentelė. Vijolės upelio vandens tyrimų vasaros sezonu rezultatai

Rodiklis	Vertinimo kriterijus	Vijolės upelio matavimo vietas							
		VT1	VT2	VT3	VT4	VT5	VT6	VT7	VT8
Cl <sup>-</sup> , mg/l	300**	12.32	30.46	17.55	43.66	21.82	71.88	229.21	83.56
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , mg/l	100**	37.53	32.43	15.16	44.09	13.05	51.14	29.33	64.34
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N, mg/l	*	0.05	0.75	0.56	0.18	0.06	0.46	1.26	0.50
N <sub>bendras</sub> , mg/l	*	1.81	2.55	2.14	1.16	1.89	1.70	15.59	1.39
P <sub>bendras</sub> , mg/l	*	0.19	0.31	0.20	0.31	0.24	0.13	5.30	0.11
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P, mg/l	*	0.04	0.00	0.04	0.16	0.04	0.08	4.26	0.06

\*ekologinės klasės nustatymo vertinimo kriterijai numatyti 4 lentelėje.

\*\*didžiausia leistina mineralinės medžiagos koncentracija numatyta 6 lentelėje.

<span style="background-color: #00FF00; border: 1px solid black; padding: 2px;">x</span> – labai geras	<span style="background-color: #FFFF00; border: 1px solid black; padding: 2px;">x</span> – vidutinis	<span style="background-color: #FFA500; border: 1px solid black; padding: 2px;">x</span> – blogas	<span style="background-color: #808080; border: 1px solid black; padding: 2px;">x</span> – atkreiptinas dėmesys
<span style="background-color: #008000; border: 1px solid black; padding: 2px;">x</span> – geras		<span style="background-color: #FF0000; border: 1px solid black; padding: 2px;">x</span> – labai blogas	

Šaltėjant orams, rudens sezonu padidėjusi arčiau DLK vertės chloridų koncentracija buvo dešiniajame intake VT3. Kituose paėmimo taškuose šios mineralinės medžiagos kiekiai išliko normos ribose. Sulfatų koncentracijos DLK viršijo visuose paėmimo taškuose, išskyrus upės pradžioje VT1 ir kairiajame intake VT7. Tokios sulfatų koncentracijos galėjo turėti įtakos Vijolės upelio ekologiškai būklei.

Šiuo rudens sezonu kaip „labai geros“ ekologinės klasės vandens kokybė buvo vertinama pagal bendro fosforo ir fosfatų fosforo rodiklius, nes visuose upės vietose koncentracijos buvo mažos. Tuo tarpu vertinant vandens kokybę pagal bendrojo ir nitratų azoto koncentracijas matome, kad ekologinio statuso lūžis įvyksta už antrosios upelio atšakos (VT4), kuri likusiai upės daliai padaro didelę neigiamą įtaką. Kaip matosi 15 lentelėje upės pradžioje (VT1, VT2), pagal abu rodiklius, ekologinė būklė yra „labai gera“ arba „gera“. Tačiau antrosios Vijolės upės vagos, atitekančios nuo Architektų g. tyrimo vietoje (VT4) ekologinis vertinimas buvo „labai blogas“.

Kadangi iš antrosios vagos į pagrindinę įteka didelis kiekis vandens, akivaizdu, jog likusios Vijolės upės dalies ekologinė būklė vertinama kaip „bloga“ ir išlieka iki pat įtekėjimo į Kulpę.

Upelio intakų VT3 ir VT7 vandens ekologinės būklės statusas buvo nevienodas. Šiuo rudens sezonu geresnės būklės buvo dešinysis intakas VT3, kuriame vandens kokybės ekologinis statusas pagal maistingųjų medžiagų rodiklius buvo vertinamas geros arba labai geros būklės, kai tuo tarpu kairiojo intako (VT7) vandens kokybė pagal nitratų azoto ir bendro azoto koncentracijas buvo vertinamas kaip „blogos“ ekologinės klasės, pagal bendro fosforo koncentracijas – „vidutinės“ ir tik pagal fosfatų fosforo kiekį, buvo įvertintas kaip „labai geros“. Visgi, įtekantis blogesnės ekologinės klasės VT7 vanduo nepadarė didesnės neigiamos žalos bendrai upės ekologiinei būklei.

15 lentelė. **Vijolės upelio vandens tyrimų rudens sezonu rezultatai**

Rodiklis	Vertinimo kriterijus	Vijolės upelio matavimo vietos							
		VT1	VT2	VT3	VT4	VT5	VT6	VT7	VT8
Cl <sup>-</sup> , mg/l	300**	16.38	34.30	556.32	43.18	135.21	88.31	55.84	67.56
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , mg/l	100**	77.46	155.34	124.15	178.65	139.98	138.76	93.06	125.90
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N, mg/l	*	0.76	0.96	1.51	11.69	5.64	5.65	9.26	5.47
N <sub>bendras</sub> , mg/l	*	2.20	1.62	2.89	13.57	6.64	6.14	11.13	6.62
P <sub>bendras</sub> , mg/l	*	0.05	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.16	0.05
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P, mg/l	*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00

\*ekologinės klasės nustatymo vertinimo kriterijai numatyti 4 lentelėje.

\*\*didžiausia leistina mineralinės medžiagos koncentracija numatyta 6 lentelėje.

<span style="background-color: #00b0f0; color: white; padding: 2px;">x</span> – labai geras	<span style="background-color: #ffff00; color: black; padding: 2px;">x</span> – vidutinis	<span style="background-color: #ffc000; color: black; padding: 2px;">x</span> – blogas	<span style="background-color: #cccccc; color: black; padding: 2px;">x</span> – atkreiptinas dėmesys
<span style="background-color: #90ee90; color: black; padding: 2px;">x</span> – geras		<span style="background-color: #ff0000; color: white; padding: 2px;">x</span> – labai blogas	

Žiemos sezonu Vijolės upelyje nei sulfatų, nei chloridų koncentracijos neviršijo leistinų DLK, nors taškuose VT4 – VT8 (išskyrus VT7) chloridų koncentracijos buvo padidėjusios.

Kaip „labai geros“ ekologinės būklės buvo vertinamas tik fosfatų fosforas, kuris tokiame vertinime išliko viso upelio mastu. Žvelgiant bendrai į 16 lentelę galima pastebėti, kad upelio pradžioje vanduo yra tikrai geresnės ekologinės klasės, nei yra upelio žemutinėje dalyje. Aukštupio VT1 ir VT2 tyrimo taškuose vandens ekologinė klasė pagal maistingųjų medžiagų rodiklius yra vertinama kaip „labai geros“ būklės. Antrojoje Vijolės upės vagoje (VT4) situacija yra kur kas blogesnė. Vandens kokybė pagal bendrą ir nitratų azotą yra vertinamas tik kaip „vidutinės“ klasės, o pagal bendrą ir fosfatų fosforą kaip „geros“ ir „labai geros“. Panašu, kad antroji upelio atšaka (VT4) nemažai įtakos pagrindinei upės vagai, atitekančiai Jablonskio g. ir to pasekoje VT5 tyrimo taške dėl padidėjusios nitratų azoto koncentracijos (1,49 mg/l), vandens klasė



nuo „labai geros“ sumažėja iki „geros“, o dėl padidėjusio bendro azoto (3,27 mg/l) – nuo „labai geros“ iki „vidutinės“, o dėl bendrojo ir fosfatų fosforo atžvilgiu situacija iš esmės nepasikeičia.







Taigi, likusioje Vijolės upės dalyje (VT6 ir VT8) ekologinis statusas pagal maistinių medžiagų koncentracijas, nepasikeičia ir išlieka stabilus, nepaisant to, jog kairysis intakas (VT7) į Vijolę atneša ne itin geros klasės vandenį. Galutiniame taške (VT8), kaip „labai geros“ ekologinės būklės vanduo yra vertinamas dėl apkrovos fosfatų fosforu, o bendrojo fosforo ekologinė klasė nuo upės pradžios iki pabaigos sumažėjo nuo „labai geros“ iki „geros“. Vandens kokybę pagal bendrą azotą suprastėjo nuo „labai geros“ klasės iki „vidutinės“, o pagal nitratų azotą nuo „labai geros“ iki „geros“.

16 lentelė. Vijolės upelio vandens tyrimų žiemos sezonu rezultatai

Rodiklis	Vertinimo kriterijus	Vijolės upelio matavimo vietos							
		VT1	VT2	VT3	VT4	VT5	VT6	VT7	VT8
Cl <sup>-</sup> , mg/l	300**	14.75	132.07	144.32	235.69	206.55	217.13	87.23	221.7
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , mg/l	100**	57.09	96.63	77.34	78.78	56.22	51.71	63.78	45.26
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N, mg/l	*	0.85	0.82	1.27	2.89	1.49	1.44	4.18	1.51
N <sub>bendras</sub> , mg/l	*	1.82	1.82	2.96	4.86	3.27	3.56	10.50	3.53
P <sub>bendras</sub> , mg/l	*	0.00	0.05	0.11	0.11	0.09	0.10	0.50	0.14
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P, mg/l	*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.12	0.00

\*ekologinės klasės nustatymo vertinimo kriterijai numatyti 4 lentelėje.

\*\*didžiausia leistina mineralinės medžiagos koncentracija numatyta 6 lentelėje.

	– labai geras		– vidutinis		– blogas		– atkreiptinas dėmesys
	– geras				– labai blogas		

Apibendrinant visų keturių sezonų ekologinio statuso rezultatus galima teigti, kad geriausia Vijolės upelio vandens ekologinė būklė yra vertinama pagal bendrojo ir fosfatų fosforo rodiklius, kurie daugumoje sezonų atvejų buvo vertinami kaip „labai gerai“ arba „gerai“. Vandens kokybę pagal maistinių medžiagų (bendrojo ir nitratų azoto) koncentracijas galima vertinti vidutiniškai, kadangi pavasario ir rudens sezonais upelio ekologinė būklė 4 kartus dažniau buvo vertinama nuo „labai blogos“ iki „vidutinės, negu „geros“ arba „labai geros“, tačiau vasaros ir žiemos laikotarpiu vandens ekologinė klasė keitėsi ir „gerai“ arba „labai gerai“ buvo vertinama 4 kartus dažniau negu likusių klasių vertinimo atžvilgiu.

17 lentelė. Vijolės upelio vandens tyrimų metinis vidurkių rezultatas 2023 m.

Rodiklis	Vertinimo kriterijus	Vijolės upelio matavimo vietos							
		VT1	VT2	VT3	VT4	VT5	VT6	VT7	VT8
Cl <sup>-</sup> , mg/l	300**	30,50	59,84	200,25	101,36	107,0	109,32	113,23	96,34
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , mg/l	100**	73,86	85,88	92,21	113,29	100,7	87,49	91,74	76,51
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N, mg/l	*	1,76	2,28	2,12	4,96	4,26	2,34	4,20	2,46
N <sub>bendras</sub> , mg/l	*	3,22	3,53	3,65	6,59	5,97	3,65	10,05	3,81
P <sub>bendras</sub> , mg/l	*	0,08	0,10	0,10	0,13	0,10	0,08	1,49	0,08
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P, mg/l	*	0,009	0,00	0,010	0,039	0,018	0,021	1,120	0,015

\*ekologinės klasės nustatymo vertinimo kriterijai numatyti 4 lentelėje.

\*\*didžiausia leistina mineralinės medžiagos koncentracija numatyta 6 lentelėje.

<span style="background-color: #00b0f0; color: white; padding: 2px;">x</span> – labai geras	<span style="background-color: #ffff00; color: black; padding: 2px;">x</span> – vidutinis	<span style="background-color: #ffc000; color: black; padding: 2px;">x</span> – blogas	<span style="background-color: #cccccc; color: black; padding: 2px;">x</span> – atkreiptinas dėmesys
<span style="background-color: #90ee90; color: black; padding: 2px;">x</span> – geras		<span style="background-color: #ff0000; color: white; padding: 2px;">x</span> – labai blogas	

17 lentelėje yra pateikiamos visų ištirtų mineralinių ir maistinių medžiagų rodiklių vidutinės metinės vertės ir vandens ekologinės būklės įvertinimas. Rezultatai rodo, kad vandens kokybė pagal bendrą metinių rodiklių vertinimą, fosfatų fosforas vandens ekologiškai būklei įtakos neturėjo, pagal bendrojo fosforo rodiklį, vanduo upelio pradžioje (VT1) buvo vertinamas kaip „labai geras“ būklės, paskui dėl padidėjusios apkrovos, vandens būklė pablogėjo iki „geros“, tačiau upelio pabaigoje (VT6) vandens apkrova bendruoju fosforu sumažėjo ir vanduo tapo pačios geriausios ekologinės būklės. Žvelgiant į vandens būklę pagal apkrovas bendruoju azotu, matome, kad nepaisant „blogos“ vandens ekologinio įvertinimo antrojoje upelio vagoje (VT4) ir kairiajame intake (VT7), iš esmės visoje upės atkarpoje vanduo buvo „vidutinės būklės“. Vandens būklė pagal nitratų azoto rodiklius upės pradžioje buvo vertinama kaip „geros būklės“, tačiau vandeniui tekant link upės žemupio, būklė pablogėjo iki „vidutinės“ būklės. Tam įtakos galėjo turėti tai, kad VT4 intako vanduo buvo įvertintas kaip „blogos“ kokybės, todėl įtekėjęs į pagrindinę Vijolės vagą, turėjo įtakos upelio vandens būklei, kuri iš „geros“ tapo „vidutinė“.

Pagal 17 lentelę matyti, kad intako VT3 vanduo, pagal maistinių medžiagų rodiklių metines vertes, neturėjo įtakos Vijolės upelio ekologiškai būklei, nes toliau už intako tyrinėtų vietų vandens kokybė nepablogėjo. Tuo tarpu pagal intako VT7 vandens rodiklius, jo būklė yra vertinama tik vidutiniškai arba net labai blogai, tačiau išryškėjo tendencija, kad tarša iš intako nepadarė Vijolės upeliui esminės neigiamos įtakos ir nepablogino ekologinės būklės statuso. Pagrindinė to priežastis gali būti nedidelė vandens prietaka, atitekanti iš kairiojo intako. Galima daryti prielaidą, kad jeigu Švendrelės upelis, kaip vienas iš Vijolės intakų būtų daug sraunesnis, jis tikėtina turėtų neigiamos įtakos Vijolės upelio žemupio link nutakančio vandens ekologiškai būsenai.

## IŠVADOS

1. Vijolės upelio vanduo nuo ištakų, esančių Verduliukų rajone iki pat įtekėjimo į Kulpės upelį yra labiausiai teršiamas nitratais azotu ir bendru azotu. Didžiausios apkrovos, atitinkamai vidutiniškai buvo 4,97 mg/l ir 6,59 mg/l antroje upės vagoje (VT4), kuri atitekanti nuo Architektų g. Šių maistinių medžiagų gausu ir atkarpoje ties Vilniaus g. (VT5) (atitinkamai vidutiniškai buvo 4,26 mg/l ir 5,97 mg/l). Tarša organinėmis medžiagomis buvo nereikšminga, didžiausia koncentracija nustatyta vasaros laikotarpiu (vidutinė koncentracija - 29,88 mg O<sub>2</sub>/l).
2. Vijolės upelio makrofitų tyrimas išryškino ryšį tarp hidrologinių sąlygų ir makrofitų buveinių pasiskirstymo: didžiausias padengimas buvo upės vietose, kurios pasižymėjo lėtesne upės srove bei santykinai nedideliu vandens gyliu.
3. Upelyje nustatyta 19 makrofitų rūšių, iš kurių 10 buvo indikuojančios taršą: plačialapis švendras, vandeninė monažolė, mažoji plūdena, melsvasis mieldas, šakotasis šiurpis, gyslotinis dumblialaiškis, kanadinė elodėja, garbiniuotoji plūdė, šukinės plūdės, pelkinis lakišius. Vienuolikoje iš penkiolikos analizuotų plotų buvo identifikuotas plačialapis švendras ir vandeninė monažolė.
4. Vijolės upelio ekologinė būklė keičiasi nuo "geros" iki "vidutinės", kai pagrindinė upelio dalis, ištekanti iš Verduliukų rajono, susilieja su antrąją vaga (VT4). Prasčiausiai pagal ekologinę vandens būklę yra vertinama nuo Architektų g. atitekanti atšaka (VT4), o geriausiai vertinamos upelio ištakos Verduliukų rajone (VT1). Tai rodo, kad pašalinus užterštumo problemas atšakoje VT4, būtų galima pagerinti Vijolės upelio ekologinės būklės įvertinimą.

## REKOMENDACIJOS

1. Rekomenduojama į Šiaulių miesto paviršinio vandens monitoringo tinklą įtraukti Vijolės upelio atšaką, atitekančią nuo Verduliukų rajono, siekiant detaliau įvertinti cheminių medžiagų apkrovos sezoninę kaitą, būtent šioje upelio atkarpoje.
2. Dėl padidėjusių maistinių medžiagų koncentracijų kairiajame Vijolės intake (VT7), kurios gali turėti neigiamos įtakos Vijolės vandens ekologinei būklei, rekomenduojama bent kartą per ketvirtį atlikti organinių bei maistinių medžiagų cheminius tyrimus.
3. Atlikti makrofitų šalinimo darbus teritorijose (Nr. 1 - 2, Nr. 4 - 5, Nr. 8, Nr. 11, Nr. 14), kuriose nustatytas gausiausias jų padengumas, atstatant natūralias hidrodinamines upelio sąlygas.
4. Įrengti informacinius kelio ženklus apie tekančią Vijolės upelį Jotvingių, Tilžės, Žaliūkių, Žemaitės, Birutės, Sodo, V. Bielskio, Vinkšnėnų gatvėse, siekiant informuoti ir atkreipti Šiaulių miesto visuomenės dėmesį apie čia esantį upelį.

## SANTRAUKA

Europoje, kaip ir daugelyje kitų regionų, sparčiai vykdoma upių urbanizacija kelia rimtą grėsmę upių vandens kokybei ir išlikimui. Su tokiomis problemomis susiduria ir Šiaulių mieste tekantis Vijolės upelis, kuriame antropogeninė apkrova dėl netvarkingų nuotekų išleidimų smarkiai pakeičia upelio ekologinę būklę, kuri prastėja dėl perteklinių maistinių medžiagų kiekio patekimo į upelio vandenį, taip pat sukelia eutrofikacijos procesus, skatina taršą toleruojančių makrofitų atsiradimą. Dėl tokių pasėkmių buvo atliekamas tyrimas Šiaulių m. urbanizuotų teritorijų poveikio Vijolės upelio ekologiškai būklei vertinimas, kurio tikslas buvo atlikti ekologinį vertinimą, nustatant natūraliai susiformuojančių ir antropogeninių medžiagų apkrovas upelio vandenyje, taip pat nustatyti taršą toleruojančių makrofitų gausumą ir pasiskirstymą, bei įvertinti ekologinę būklę pagal skirtingus cheminius parametrus.

Tyrimas buvo atliekamas 2023 metais, imant vandens mėginius cheminių parametrų (ChDS, N bendras, P bendras,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{PO}_4^{3-}$ -P,  $\text{F}^-$ ) ištyrimui visais metų laikais: pavasarį, vasarą, rudenį bei žiemą, jog būtų galima įvertinti kiekvienos cheminės medžiagos sezoninę apkrovą skirtingose upelio vietose. Makrofitų gausumo ir pasiskirstymo tyrimas buvo atliekamas birželio ir rugpjūčio mėnesių pabaigos laikotarpio, pasinaudojant kvadranto metodu ir suskirstant upelio vagą į 15 skirtingų tyrimo vietų. Ekologinės būklės, pagal vandens cheminių parametrų koncentracijas, vertinimas atliktas vadovaujantis LR numatyta vertinimo metodika.

Vijolės upelyje atlikti antropogeninės apkrovos cheminėmis medžiagomis tyrimai parodė, kad labiausiai vandens užterštumą lemia padidėjusios bendrojo ir nitratų azoto koncentracijos. Ypatingai šių maistinių medžiagų koncentracijos išryškėja pavasario (vid. 5,1 mg/l) ir rudens (vid. 6,5 mg/l) sezonais. Kitų cheminių parametrų (organinių medžiagų, bendro fosforo, chloridų, sulfatų, fluoridų, fosfatų) nustatyta antropogeninė apkrova upelio vandeniui buvo nedidelė arba nustatyta tik momentinė tarša. Atlikus makrofitų rūšių, gausumo ir pasiskirstymo tyrimą Vijolės upelyje nustatyta, kad iš viso rasta 19 skirtingų rūšių, iš kurių 10 buvo taršą indikuojančios. Tai tokios rūšys kaip plačialapis švendras, vandeninė monažolė, mažoji plūdena, melsvasis meldas, šakotasis šiurpis, gyslotinis dumblialaiškis, kanadinė elodėja, garbiniuotoji plūdė, šukinės plūdės, pelkinis lakišius. Dažniausiai aptinkami makrofitai buvo plačialapis švendras ir vandeninė monažolė. Atlikus ekologinės vandens būklės vertinimą pagal cheminių parametrų koncentracijas nustatyta, kad prasčiausia ekologinės būklės situacija pagal vandens kokybę vyrauja Vijolės upelio atkarpoje, atitekančioje nuo Architektų g. Ši atkarpa galimai padaro neigiamą įtaką likusioje upelio dalyje.

## SUMMARY

In Europe, as in many other regions, the rapid urbanisation of rivers poses a serious threat to their water quality and survival. The Vijolė stream in Šiauliai is also facing such problems, where anthropogenic loading due to unmanaged sewage discharges is severely altering the ecological status of the stream, which is deteriorating due to the input of excess nutrients into the stream water, as well as eutrophication processes and the emergence of pollution tolerant macrophytes. As a result, a study was carried out to assess the impact of the urbanised areas of Šiauliai on the ecological status of the Vijolė stream, the aim of which was to carry out an ecological assessment of the naturally occurring and anthropogenic nutrient loads in the water of the stream, to determine the abundance and distribution of pollution-tolerant macrophytes, and to assess the ecological status in relation to different chemical parameters.

The study was carried out in 2023, sampling water for chemical parameters (COD, total N, total P, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P, F<sup>-</sup>) at all times of the year: spring, summer, autumn, and winter, in order to assess the seasonal loading of each chemical at different locations in the stream. The study of macrophyte abundance and distribution was carried out in the late June and August periods, using a quadrant method and dividing the stream channel into 15 different study sites. The assessment of the ecological status, in terms of concentrations of water chemical parameters, was carried out in accordance with the assessment methodology provided by the Ministry of Environment.

Studies of anthropogenic chemical loads in the Vijolė River have shown that the most significant contributors to water pollution are elevated concentrations of total and nitrate nitrogen. The concentrations of these nutrients are particularly pronounced in the spring (average 5,1 mg/l) and autumn (average 6,5 mg/l) seasons. For the other chemical parameters (organic matter, total phosphorus, chloride, sulphate, fluoride, phosphate), the anthropogenic load on the water of the stream was found to be low or only momentary. A study of the species, abundance and distribution of macrophytes in the Vijolė River showed that a total of 19 different species were found, 10 of which were indicative of pollution. These included species such as broad-leaved pondweed, water monozoa, small float, blue-margined rush, branching rush, veined mudwort, Canada elodea, curly-leaved float, comb float, marsh lacustrine. The most common macrophytes found were broad-leaved rush and water monazole. The assessment of the ecological status of the water in terms of concentrations of chemical parameters showed that the worst ecological situation in terms of water quality was observed in the section of the Vijolė River flowing away from Architektų St. This section has a potential negative impact on the rest of the stream.

## LITERATŪROS SĄRAŠAS

- 1) Addy, S., Cooksley, S., Dodd, N., Waylen, K., Stockan, J., Byg, A., Holstead, K. (2016). Nature-Based Solutions for Restoring the Rivers of the UK and Republic of Ireland. *River restoration and biodiversity*. ISBN: 978-0-902701-16-8.
- 2) Ali, S., Thakur, S. K., Sarkar, A., Shekhar, S. (2016). Worldwide contamination of water by fluoride. *Environ Chem Lett*, 14, 291–315. DOI: 10.1007/s10311-016-0563-5
- 3) Ališauskaitė, K. (2004). Mūšos upės augalijos charakteristika. Magistro darbas, Gamtos mokslų fakultetas, Vilniaus pedagoginis universitetas.
- 4) Al-Khateeb, R. (2014). Influence of chloride concentration on water quality. *International Journal of Applied Engineering*, 4 (1), 63-68. ISSN(E): 2278-9383
- 5) Aplinkos apsaugos agentūra (2022a). Apibendrinta Lietuvos aplinkos būklės ir jos pokyčių ataskaitą už 2022-uosius metus, [žiūrėta: 2024 kovo 7 d.]. Prieiga per internetą: <<https://aaa.lrv.lt/lt/naujienos/metineje-ataskaitoje-naujausi-duomenys-apie-lietuvos-aplinkos-bukle/>>
- 6) Aplinkos apsaugos agentūra (2020). Nemuno ir Kauno marių vandens kokybė ir jos kaita pagal fizikinius-cheminius kokybės elementus, [žiūrėta: 2024 Balandžio 4 d.]. Prieiga per internetą: <https://old.gamta.lt/files/Nemuno%20b%C5%ABkl%C4%97s%20ataskaita.pdf>
- 7) Aplinkos apsaugos agentūra (2017). Lielupės upių baseinų rajono valdymo planas, [žiūrėta 2024 Kovo 3 d.]. Prieiga per internetą: [https://vanduo.old.gamta.lt/files/LT3400\\_Lielupe\\_RBD\\_Management\\_Plan.pdf](https://vanduo.old.gamta.lt/files/LT3400_Lielupe_RBD_Management_Plan.pdf)
- 8) Aplinkos apsaugos agentūra (2010). Taršos šaltiniai ir apkrovos pagrindinių priemonių poveikio vertinimas rizikos vandens telkiniai, [žiūrėta: 2024 Vasario 19 d.]. Prieiga per internetą: <https://vanduo.old.gamta.lt/files/Tarsos%20saltiniai%20ir%20apkrovos.pdf>
- 9) Aplinkos apsaugos agentūra (2023a). Upių monitoringo rezultatai, [žiūrėta: 2024 Vasario 28 d.]. Prieiga per internetą: <https://aaa.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/vanduo/upes-ezerai-ir-tvenkiniai/valstybinis-upiu-ezeru-ir-tvenkiniu-monitoringas/upiu-monitoringo-rezultatai/>
- 10) Aplinkos apsaugos agentūra (2024). Valstybinis upių, ežerų ir tvenkinių monitoringas, [žiūrėta: 2024 balandžio 10 d.]. Prieiga per internetą: <https://aaa.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/vanduo/upes-ezerai-ir-tvenkiniai/valstybinis-upiu-ezeru-ir-tvenkiniu-monitoringas/>
- 11) Aplinkos apsaugos agentūra (2018). Žemės ūkis ir Lietuvos vandenys: Žemės ūkio veiklos poveikis Lietuvos upių būklei ir taršos apkrovoms į Baltijos jūrą, [žiūrėta: 2024 balandžio 5 d.]. Prieiga per internetą:

[https://vanduo.old.gamta.lt/files/%C5%BDem%C4%97s\\_%C5%ABkio\\_poveikio\\_ataskaita1539180129871.pdf](https://vanduo.old.gamta.lt/files/%C5%BDem%C4%97s_%C5%ABkio_poveikio_ataskaita1539180129871.pdf)

- 12) Aplinkos apsaugos agentūra (2023b). Žemės ūkis ir vandens telkinių sveikata – kas nutiko?, [žiūrėta: 2024 Balandžio 20 d.]. Prieiga per internetą: <https://aaa.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/vanduo/upes-ezerai-ir-tvenkiniai/vandens-valdymas-upiu-baseinu-rajonu-principu/zmogaus-veiklos-poveikis-upems-ezerams-ir-tvenkiniams/zemes-ukis-ir-vandens-telkiniu-sveikata-kas-nutiko/>
- 13) Arle, J., Wagner, F. (2012). Effects of anthropogenic salinisation on the ecological status of macroinvertebrate assemblages in the Werra River (Thuringia, Germany). *Hydrobiologia*, 701, 129–148. DOI 10.1007/s10750-012-1265-z
- 14) Asanavičiūtė – Klibavičienė, D. (2014). Vandens kokybės pokyčiai Kulpės upėje įvertinant Šiaulių miesto vandentvarkos projektus. Magistro darbas, Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakultetas, Aleksandro Stulginskio universitetas.
- 15) Asif, N., Malik, M. F., Chaudhry, F. N. (2018). A Review of on Environmental Pollution Bioindicators. *Pollution*, 4 (1), 111-118. DOI: 10.22059/poll.2017.237440.296
- 16) Baunthiyal, M., Ranghar, S. (2013). Accumulation of Fluoride by Plants: Potential for Phytoremediation. *Clean: Soil, Air, Water*, 43 (1), 127-132. DOI: 10.1002/clen.201300353
- 17) Belletti, B., Garcia de Leaniz, C., Jones, J., Bizzi, S., Börger, L., Segura, G., Barry, J. (2020). More than one million barriers fragment Europe’s rivers. *Nature*, 588(7838), 436–441. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-3005-2>
- 18) Böhmeb, D., Braukmanna, U. (2011). Salt pollution of the middle and lower sections of the river Werra (Germany) and its impact on benthic macroinvertebrates. *Limnologica*, 41 (2), 113-124. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.limno.2010.09.003>
- 19) Bornette, G., Puijalon, S. (2011). Response of aquatic plants to abiotic factors: a review. *Aquatic Science*, 73, 1–14. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1007/s00027-010-0162-7>
- 20) Budvytytė, A. (2015). Ilgalaikės Lietuvos upių vandens ir dugno nuosėdų užterštumo tendencijos. Magistro projektas, Cheminės technologijos fakultetas, Kauno technologijos universitetas.
- 21) Butkutė, S., Zigmontienė, A. (2013). Evaluation of biogenic substances in the river Šventoji. *Mokslas – Lietuvos Ateitis / Science – Future of Lithuania*, 5(4), 343-348. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.3846/mla.2013.55>



- 22) Coleman, L. J. M., Martone, P. T. (2020). Morphological plasticity in the kelp *Nereocystis luetkeana* (Phaeophyceae) is sensitive to the magnitude, direction, and location of mechanical loading. *J. Phycol.* 56, 1414–1427. DOI: 10.1111/jpy.13043-19-277
- 23) Corsi, S.R., De Cicco, L. A., Lutz, M. A., Hirsch, R. M. (2015). River chloride trends in snow-affected urban watersheds: increasing concentrations outpace urban growth rate and are common among all seasons. *Science of The Total Environment*, 508, 488-497. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.12.012>
- 24) Darnu Group (2021). Vilnos upės ekologinės būklės tyrimas ir rekomendacijos jos gerinimui, [žiūrėta: 2024 kovo 3 d.]. Prieiga per internetą: <https://darnugroup.lt/wp-content/uploads/2021/09/Vilnios-upes-tyrimu-ataskaita.pdf>
- 25) Dhir, B. (2015). Status of Aquatic Macrophytes in Changing Climate: A Perspective. *Journal of Environmental Science and Technology*, 8(4), 139-148. DOI: 10.3923/jest.2015.139.148
- 26) Dincecco, M. (2015). The Rise of Effective States in Europe. *The Journal of Economic History*, 75(03), 901-918. DOI: 10.1017/S002205071500114X
- 27) Duan, S., Kaushal, S. S. (2015). Salinization alters fluxes of bioreactive elements from stream ecosystems across land use. *Biogeosciences*, 12, 7331–7347, DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.5194/bg-12-7331-2015>
- 28) Ekholm, P., Lehtoranta, J., Taka, M., Sallantausta, T., Riihimäki, J. (2020). Diffuse sources dominate the sulfate load into Finnish surface waters. *Science of The Total Environment*, 748, 141297. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141297>
- 29) El Din, E. S., Zhang, Y., Suliman, A. (2017). Mapping concentrations of surface water quality parameters using a novel remote sensing and artificial intelligence framework. *International Journal of Remote Sensing*, 38 (4), 1023–1042. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1275056>
- 30) ESRI (2024). Upių valstybinio monitoringo duomenys, [žiūrėta: 2024 kovo 3 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?layers=1d7582c4b9264072954f5695b975b622>
- 31) Europos Parlamentas (2023). Vandens apsauga ir išteklių valdymas, [žiūrėta: 2024 balandžio 14 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/lt/sheet/74/vandens-apsauga-ir-istekliu-valdymas>
- 32) European Union (EU) (1991b). Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural

- sources, [žiūrėta: 2024 balandžio 13 d.]. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:31991L0676>
- 33) European Environment Agency (2012). Present concentration of phosphorus in rivers (left; orthophosphate) and lakes (right; total phosphorus) in European countries, [žiūrėta: 2024 kovo 14 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/present-concentration-of-phosphorus-in-rivers-left-orthophosphate-and-lakes-right-total-phosphorus-in-european-countries>
- 34) European Union (EU) (2008). European Parliament and Council Directive 2008/105/EC of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, [žiūrėta: 2024 kovo 17 d.]. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0105>
- 35) European Union (EU) (1991a). Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment. [žiūrėta: 2024 kovo 21 d.]. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:31991L0271>.
- 36) European Union (EU) (2000a). Council directive 2000/60/EC of 23 October 2000 on establishing a framework for Community action in the field of water policy. [žiūrėta: 2024 kovo 13 d.]. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32000L0060>.
- 37) European Union (EU) (1996). Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control, [žiūrėta: 2024 kovo 27 d.]. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:31996L0061>.
- 38) European Environment Agency (2016). Rivers and lakes in European cities: Past and future challenges, [žiūrėta: 2024 balandžio 3 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.eea.europa.eu/publications/rivers-and-lakes-in-cities>
- 39) European Environment Agency (2021d). Ecological status of surface waters in Europe, [žiūrėta 2024 Kovo 10 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/ecological-status-of-surface-waters>
- 40) European Environment Agency (2021b). Percentage of water bodies not in good ecological status or potential, per river basic district, [žiūrėta 2024 Kovo 22 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/proportion-of-classified-surface-water-7>
- 41) European Environment Agency (2021c). Pollution and barriers are key problems for Europe's waters, [žiūrėta 2024 Kovo 20 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.eea.europa.eu/highlights/pollution-and-barriers-are-key>

- 42) European Environment Agency (2021a). Waste water treatment improves in Europe but large differences remain, [žiūrėta 2024 Kovo 27 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.eea.europa.eu/highlights/waste-water-treatment-improves-in>
- 43) European Environment Agency (2023a). Nutrients in freshwater in Europe, [žiūrėta: 2024 balandžio 6 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/nutrients-in-freshwater-in-europe>
- 44) European Environment Agency (2023b). Phosphorus in lakes and rivers - Nutrients in European water bodies, [žiūrėta: 2024 kovo 10 d.]. Prieiga per internetą: [https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/phosphorus-in-lakes-and-rivers-2#tab-googlechartid\\_googlechartid\\_chart\\_111](https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/phosphorus-in-lakes-and-rivers-2#tab-googlechartid_googlechartid_chart_111)
- 45) Fariasa, D. R., Hurdb, C. L., Eriksen, R. S., Macleoda, C. K. (2018). Macrophytes as bioindicators of heavy metal pollution in estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 128, 175-184. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.023>
- 46) Feldmann, T. (2012). *The structuring role of lake conditions for aquatic macrophytes*. Doctoral Dissertation. Tartu.
- 47) Filipova, M. M. V., Lecheva, A., Zhelena, I. (2014). Analysis of surface water key pollutants of the tributaries of the Danube river in Bulgarian section. *XVI-th International Summer Conference on Probability and Statistics*. (Pomorie, 2015 June 21-29 th). Bulgaria.
- 48) Gacia, E., Soto, D., Roig, R., Catalan, J. (2021). *Phragmites australis* as a dual indicator (air and sediment) of trace metal pollution in wetlands – the key case of Flix reservoir (Ebro River). *Science of The Total Environment*, 765, 142789. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142789>
- 49) Gecheva, G., Yurukova, L., Cheshmedjiev, S. (2013). Patterns of aquatic macrophyte species composition and distribution in Bulgarian rivers. *Turkish Journal of Botany*, 37 (1). DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.3906/bot-1112-35>
- 50) Grinberga, L. (2010). Environmental factors influencing the species diversity of macrophytes in middle-sized streams in Latvia. *Hydrobiologia*, 656, 233–241. DOI 10.1007/s10750-010-0432-3
- 51) Griškienė, L. (2014). Titnagdumblių įvairovė Vijolės ir Kražantės upėse ir jų vandens kokybė pagal bioindikacines titnagdumblių savybes. Bakalauro darbas, Technologijos ir gamtos mokslų fakultetas, Šiaulių universitetas.
- 52) GPT-3.5 (2024). Foninės taršos apibūdinimas. [naudota: 2024 vasario 23 d.]. Prieiga per internetą: <https://chat.openai.com/>.

- 53) ICPDR (2016). Water Quality in the Danube River Basin – 2016, [žiūrėta: 2024 baladžio 13 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.icpdr.org/sites/default/files/nodes/documents/tnmn2016.pdf>
- 54) iNaturalist (2023). [naudota: 2023 gegužės 1 d. – 2024 rugsėjo 31 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.inaturalist.org>.
- 55) International Organization for Standardization (2021). *Water quality: Determination of the chemical oxygen demand index (ST-COD)*. Switzerland.
- 56) International Organization for Standardization (2019). *Water quality. Determination of phosphorus: Ammonium molybdate spectrometric method*. Switzerland.
- 57) International Organization for Standardization (2020). *Water quality sampling. Part 6: Guidance on sampling of rivers and streams*. Switzerland.
- 58) Jablonskis, J., Kovalenkoviėnė, M., Tomkeviėienė, A. (2007). Lietuvos upių ir upelių vagų tinklas. *Annales Geographicae*, 40(1). ISSN 1822–6701.
- 59) Juzėnas, S., Kulbis, A. (2009). Upių augalai ir vanduo. *Pažintinis leidinys*. p. 48. ISBN: 978-609-420-047-2
- 60) Karalius, O., Triėys, V. (2018). Lėvens upės taršos tyrimas. *Jaunujų mokslininkų darbai*, 48(2), 39–47. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.21277/jmd.v48i2.227>
- 61) Keblaitė, Ž. (2012). Dubysos upės vidurupio vandens kokybės vertinimas bioindikacijos metodais. Magistro darbas, Gamtos mokslų fakultetas, Vytauto Didžiojo universitetas.
- 62) Kitalika, A. J., Machunda, R. L., Komakech, H. C., Njau, K. N. (2018). Fluoride Variations in Rivers on the Slopes of Mount Meru in Tanzania. *Journal of Chemistry*, 2018, 18. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1155/2018/7140902>
- 63) Klimas, R. Šiaulių municipalinis paviršinių telkinių monitoringas (2011). 2011 metų ataskaita. Parengė Šiaulių municipalinė aplinkos tyrimų laboratorija. Šiauliai.
- 64) Klimas, R. Šiaulių municipalinis aplinkos monitoringas (2023). 2023 metų ataskaita. Parengė Šiaulių municipalinė aplinkos tyrimų laboratorija. Šiauliai
- 65) Kõrs, A., Vilbaste, S., Käiro, K., Pall, P., Piirsoo, K., Truu, J., Viik, M. (2012). Temporal changes in the composition of macrophyte communities and environmental factors governing the distribution of aquatic plants in an unregulated lowland river (Emajõgi, Estonia). *Boreal Environment Research*, 17, 460–472. ISSN: 1797-2469.
- 66) Kotti, M. E., Vlessidis, A. G., Thanasoulas N. C., Evmiridis, N. P. (2005). Assessment of River Water Quality in Northwestern Greece. *Water Resources Management*, 19: 77–94. DOI: 10.1007/s11269-005-0294-z

- 67) Lietuvos gamtos fondas (2024). Eutrofikacija, [žiūrėta 2024 Kovo 3 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.glis.lt/?pid=64>
- 68) Ledford, S. H., Lautz, L. K., Stella, J. C. (2016). Hydrogeologic Processes Impacting Storage, Fate, and Transport of Chloride from Road Salt in Urban Riparian Aquifers. *Environment, Science & Technology*, 50, 10, 4979–4988. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b00402>
- 69) Leppänen, J. J., Weckström, J. B., Korhola, A. A. (2017). Multiple mining impacts induce widespread changes in ecosystem dynamics in a boreal lake. *Scientific Reports*, 7, 10581. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11421-8>
- 70) Lietuvos standartizacijos departamentas (2000). LST EN ISO 11905-1:2000 *Vandens kokybė. Azoto nustatymas. 1 dalis. Oksidacinio mineralinimo peroksodisulfatu metodas*, Vilnius.
- 71) Lietuvos standartizacijos departamentas (2009). LST EN ISO 10304-1:2009 *Vandens kokybė. Ištirpusių anijonų nustatymas jonų mainų chromatografija. 1 dalis. Bromido, chlorido, fluorida, nitrato, nitrito, fosfato ir sulfato nustatymas*, Vilnius.
- 72) Lietuvos standartizacijos departamentas (2013). LST EN ISO 5667-3:2013 *Vandens kokybė. Mėginių ėmimas. 3 dalis. Vandens mėginių konservavimas ir tvarkymas*, Vilnius.
- 73) Li, Z., He, L., Zhang, H., Urrutia-Cordero, P., Ekvall, M. K., Hollander, J., Hansson, L. A. (2017). Climate warming and heat waves affect reproductive strategies and interactions between submerged macrophytes. *Global Change Biology*, 23, 108–116. DOI: 10.1111/gcb.13405
- 74) LR Aplinkos ministerija (2005). Dėl Mėšlo ir srutų tvarkymo aplinkosaugos reikalavimų aprašo patvirtinimo. Įsakymas Nr. D1-367/3D-342, 2005-07-14. Galiojanti suvestinė redakcija: 2024-03-14. Valstybės žinios, Nr. 92-3434.
- 75) LR Aplinkos ministerija (2006). Dėl nuotekų tvarkymo reglamento patvirtinimo. Įsakymas Nr. D1-236, 2006-05-17. Galiojanti suvestinė redakcija: 2022-05-01. Valstybės žinios, Nr. 59-2103
- 76) LR Aplinkos ministerija (2007). Dėl Paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodikos patvirtinimo. Įsakymas Nr. D1-210, 2007-04-12. Galiojanti suvestinė redakcija: 2021-11-05. Valstybės žinios, Nr. 47-1814.
- 77) LR Seimo kanceliarija (2022). Trąšų naudojimo dirvožemyje reguliavimas ir stebėjimas Europos Sąjungos valstybėse, [žiūrėta: 2024 balandžio 3 d.]. Prieiga per internetą: [https://www.lrs.lt/sip/getFile3?p\\_fid=45415](https://www.lrs.lt/sip/getFile3?p_fid=45415)

- 78) Lukauskienė, A., Bondzinskas, V., Petraškienė V. (2022). Analysis of water leakage in the Daugyvenė river basin (Mūša tributary). *Applied Scientific Research*, 1(2), 28–38. DOI: Prieiga per internetą: <https://ojs.svako.lt/TMT/article/view/66>
- 79) Mikelinskas, K., Petraškienė, V. (2023). Evaluation of Biogenic substances concentrations in Kulpė river. *Applied Scientific Research*, 2(2), 49–60. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.56131/tmt.2023.2.2.165>
- 80) Naseer, D., Pandit, A. K., Ganai, B. A. (2014). Factors affecting the distribution patterns of aquatic macrophytes. *Limnological Review*, 14 (2). DOI: 10.2478/limre-2014-0008.
- 81) Neal, C., Neal, M., Davies, H., Smith, J. Fluoride in UK rivers. *The Science of The Total Environment*, 314-316, 209-231. DOI: Prieiga per internetą: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(03\)00104-9](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(03)00104-9)
- 82) NOAA Fisheries (2022). River Habitat, [žiūrėta 2024 balandžio 6 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.fisheries.noaa.gov/national/habitat-conservation/river-habitat>
- 83) O'Hare, M. T., Hutchinson, K. A., Clarke, R. T. (2007). The drag and reconfiguration experienced by five macrophytes from a lowland river. *Aquatic Botany*, 86 (3), 253-259. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2006.11.004>
- 84) Pocienė, A., Pocius, S. (2008). *Prevenčinės vandens taršos mažinimo priemonės: Mokomoji knyga*. Kaunas: Lietuvos žemės ūkio universitetas.
- 85) Povilaitis, A., Taminskas, J., Gulbinas, Z., Linkevičienė, R., Pileckas, M. (2011). Gamtos paveldo fonas. *Lietuvos šlapynės ir jų vandensauginė reikšmė*. ISBN 978-9955-609-55-1.
- 86) Prambudy, H., Supriyatin, T., Setiawan, F. (2019). The testing of Chemical Oxygen Demand (COD) and Biological Oxygen Demand (BOD) of river water in Cipager Cirebon. *Journal of Physics*, 1360. DOI: doi:10.1088/1742-6596/1360/1/012010
- 87) Prišaitė, I., Bagdžiūnaitė-Litvinaitienė, L., Litvinaitis, A. (2021). Biogeninių medžiagų srautų, patenkančių į ežerus per į juos įtekančias upes, kanalus ir griovius, analizė. *24-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminė konferencija*. (Vilnius, 2021 m. kovo 19 d.). Vilnius: Vilniaus Gedimino technikos universitetas.
- 88) Puijalon, S., Bornette, G., Sagnes, P. (2005). Adaptations to increasing hydraulic stress: morphology, hydrodynamics and fitness of two higher aquatic plant species. *Journal of Experimental Botany*, 56 (412), 777–786. DOI: 10.1093/jxb/eri063
- 89) Rosset, V., Lehmann, A., Oertli, B. (2010). Warmer and richer? Predicting the impact of climate warming on species richness in small temperate waterbodies. *Global change biology*, 16(8), 2376-2387. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02206.x>

- 90) Sarneel, J. M. (2013). The dispersal capacity of vegetative propagules of riparian fen species. *Hydrobiologia*, 710, 219–225. DOI 10.1007/s10750-012-1022-3
- 91) Schmutz, S., Sendzimir, J. (2018). Riverine ecosystem management: Science for governing towards a sustainable future . *Aquatic ecology series*, 8. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-73250-3>
- 92) Schreiner, V., Szöcs, E., Bhowmik, A., Vijver, M., Schäfer, R. (2016). Pesticide mixtures in streams of several European countries and the USA. *Science of The Total Environment*, 573, 680-689. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.163>
- 93) Schutten, J. (2005). *Biomechanical limitations on macrophytes in shallow lakes*. Doctoral Dissertation. Amsterdam.
- 94) Seleznev, V. A. (2021). Seasonal variability of sulfate ions in the Volga River water. *Vestnik of MSTU*, 2 (2), 202-213. Prieiga per internetą: <http://hdl.handle.net/1834/41698>
- 95) Singh, S., Singh, S. (2020). Macrophytes as bioindicator in Bichhiya river, Rewa (m.p.), India. *International Journal of Biological Innovations*, 2 (1), 25-30. ISSN: 2582-1032
- 96) Sherbakov, V., Chizhik, K., Schukina, T., Milyaeva, A. (2020). Elimination of the biogenic pollution effects on aquatic environments. *9th International Conference on Thermal Equipments, Renewable Energy and Rural Development 2020: konferencijos medžiaga* (Constanta, Romania, 2020, June 26-27). Russia: Voronezh State Technical University & Moscow State University of Civil Engineering.
- 97) Singh, B., Craswell, E. (2021). Fertilizers and nitrate pollution of surface and ground water: an increasingly pervasive global problem. *Discover Applied Sciences*, 3, 518. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04521-8>
- 98) Sitonytė, J., Linkutė, R., Tričys, V. (2006). Research of Pollution in the Vijolė River. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba*, 1(35), 26-31. ISSN: 1392-1649.
- 99) Sossey-Alaoui, K. and Rosillon, F. (2013) Macrophytic Distribution and Trophic State of Some Natural and Impacted Watercourses—Belgium Wallonia. *International Journal of Water Sciences*, 2, 1-11. DOI: Prieiga per internetą: <http://dx.doi.org/10.5772/56609>
- 100) Stets, E.G., Lee, C. J., Lytle, D. A., Schock, M. R. (2018). Increasing chloride in rivers of the conterminous U.S. and linkages to potential corrosivity and lead action level exceedances in drinking water. *Science of The Total Environment*, vol. 613–614, 1498-1509. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.119>
- 101) Stravinskienė, V. (2012). *Aplinkos bioindikacijos praktika: Mokomoji knyga*. Kaunas: Vytauto Didžiojo universitetas.

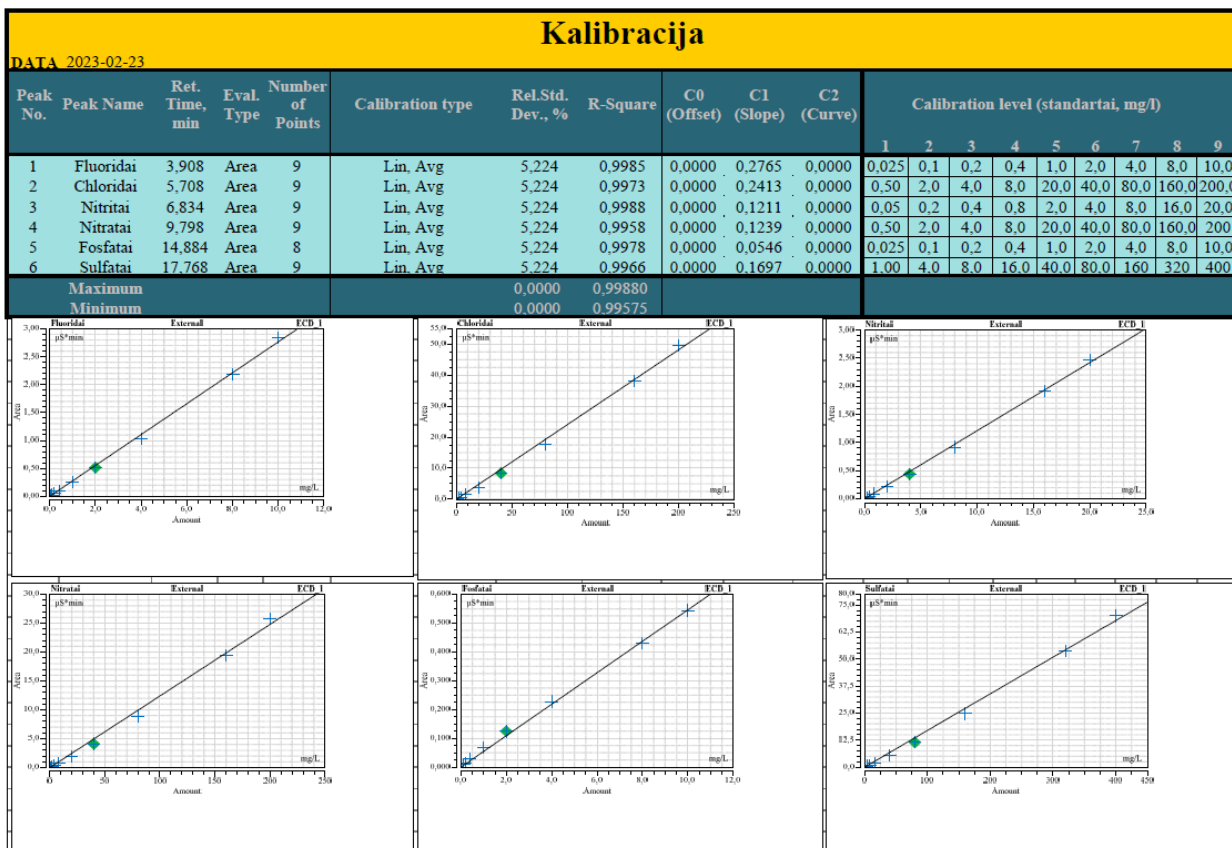
- 102) Sutton, M. A., Skiba, U. M., Van Grinsven, H. J. M., Oenema, O., Watson, C., Williams, J., Hellums, D. T., Maas, R., Gyldenkaerne, S., Pathak, H., Winiwarter, W. (2014). Green economy thinking and the control of nitrous oxide emissions. *Environmental Development*, 9, 76-85. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2013.10.002>
- 103) Šaučiūnas, L., Bagdžiūnaitė-Litvinaitienė, L. (2017). Antropogeninės veiklos įtaka šventosios upės vandens kokybei ir biogeninių medžiagų kaitos tendencijos. *20-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminė konferencija*. (Vilnius, 2017 m. kovo 20 d.). Vilnius: Vilniaus Gedimino technikos universitetas.
- 104) Šiaulių „Aušros“ muziejus (2024). Vijolės upė, [žiūrėta 2024 balandžio 2 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.ausrosmuziejus.lt/vijoles-upe/>
- 105) Šveikauskaitė, I. (2011). Lietuvos upių teršimo bei vandens kokybės kitimo tendencijos 1992 – 2009 metais. Magistro darbas, Gamtos mokslų fakultetas, Vytauto Didžiojo universitetas.
- 106) Tamire, G., Mengistou, S. (2012). Macrophyte species composition, distribution and diversity in relation to some physicochemical factors in the littoral zone of Lake Ziway, Ethiopia. *African Journal of Ecology*, 51(1), 66-77. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1111/aje.12007>
- 107) Telšių RATC (2024). Monitoringai, Prieiga per internetą: 2024 kovo 20 d.]. <https://tratc.lt/monitoringai/>
- 108) Tockner, K., Tonolla, D., Uehlinger, U., Siber, R., Robinson, C. T., & Peter, F. D. (2009). Introduction to European Rivers. *Rivers of Europe*, 1–21. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-369449-2.00001-1>
- 109) Tričys, V., Genienė, V., Klimas, R., Mociūtė, N. (2004). Quality Issues of Surface Water in Šiauliai City. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba*, 2(28), 16-22. ISSN: 1392-1649.
- 110) UETK (2024). Lietuvos Respublikos upių, ežerų ir tvenkinių kadastras, Prieiga per internetą: 2024 kovo 6 d.]. <https://uetk.biip.lt/zemelapis/>
- 111) University of Idaho (2024). Plot-based or Quadrat Techniques, [žiūrėta: 2024 vasario 12 d.]. Prieiga per internetą: [https://www.webpages.uidaho.edu/veg\\_measure/Modules/Lessons/Module%205\(Density\)/5\\_2\\_Plot-based\\_Techniques.htm](https://www.webpages.uidaho.edu/veg_measure/Modules/Lessons/Module%205(Density)/5_2_Plot-based_Techniques.htm)
- 112) Uzule, L. (2015). Macrophyte vegetation assessment in stream of the Venta river basin district. *Acta Biol. Univ. Daugavp.*, 15 (1). ISSN 1407 – 8953.



- 113) Valstybės žemės fondas (2018). Atnaujinti žemės našumo vertinimo erdviniai duomenys, [žiūrėta 2024 Kovo 16 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.vzf.lt/?naujienos=atnaujinti-zemes-nasumo-vertinimo-erdviniai-duomenys>
- 114) Vigiak, O., Udias, A., Grizzeti, B., Zanni, M., Aloe, A., Weiss, F., Hristov, J., Bisselink, B., De Roo, A., Pistocchi, A. (2023). Recent regional changes in nutrient fluxes of European surface waters. *Science of The Total Environment*, 858 (3), 160063. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160063>
- 115) Vilkonis, K. Z., (2020). *Lietuvos žaliasis rūbas: Atlasas*. p. 408. ISBN: 9789955372165
- 116) Virbickas, T., Skrupskelis, K., Pliūraitė, V., Višinskas, V. (2016). Pasvalio miesto tvenkinio ir Lėvens upės žemiau Pasvalio miesto tvenkinio ekologinės būklės nustatymas 2016 m, [žiūrėta: 2024 kovo 3 d.]. Prieiga per internetą: [https://www.pasvalys.lt/data/public/uploads/2016/12/d7\\_ataskaita.pdf](https://www.pasvalys.lt/data/public/uploads/2016/12/d7_ataskaita.pdf)
- 117) Vithanage, M., Bhattacharya, P. (2015). Fluoride in Drinking Water: Health Effects and Remediation. *CO<sub>2</sub> Sequestration, Biofuels and Depollution. Environmental Chemistry for a Sustainable World*. 5, 105-151. DOI: Prieiga per internetą: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-11906-9\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-11906-9_4)
- 118) Voulvoulis, N., Arpon, K. D., Giakoumis T. (2016). The EU Water Framework Directive: From great expectations to problems with implementation. *Science of The Total Environment*, 358-366. DOI: \_\_\_\_\_ Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.228>
- 119) Wang, H., Waldon, M. G., Meselhe E. A., Arceneaux J. C., Chen, C., Hardwell, M. C. (2009). Surface Water Sulfate Dynamics in the Northern Florida Everglades. *Journal of environmental quality*, 38 (2), 734-741. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.2134/jeq2007.0455>
- 120) WAREG (European water regulators). (2023). The Evolution and Impact of the EU's Urban Wastewater Treatment Directive, [žiūrėta: 2024 balandžio 10 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.wareg.org/articles/eu-urban-wastewater-treatment-directive/>
- 121) WISE: Freshwater information system for Europe (2024b). Overview: urban waste water production and its treatment in Lithuania, [žiūrėta 2024 Kovo 10 d.]. Prieiga per internetą: <https://water.europa.eu/freshwater/countries/uwwt/lithuania>
- 122) WISE: Freshwater information system for Europe (2024a). Overview: urban waste water production and its treatment in EU, [žiūrėta 2024 Kovo 10 d.]. Prieiga per internetą: <https://water.europa.eu/freshwater/countries/uwwt/european-union>

- 123) Withers, P.J.A., Neal, C., Jarvie, H.P., Doody, D.G. (2014). Agriculture and Eutrophication: Where Do We Go from Here? *Sustainability*, 6, 5853-5875. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.3390/su6095853>
- 124) Woodward, G., Gessner, M. O., Giller, P. S., Gulis, V., Hladyz, S., Lecerf, A., Malmqvist, B., Mickie B. G., Tiegs, S. D., Cariss, H., Dobson, M., Elozegi, A., Ferreira, V., Graça, M. A. S., Fleituch, T., Lacoursiere, J. O., Nistorescu, M., Pozo, J., Risnoveanu, G., Schindler, M., Vadineanu, A., Vought, L. B. M., Chauvet, E. 2012. Continental-Scale Effects of Nutrient Pollution on Stream Ecosystem Functioning. *Science*, 336,1438-1440. DOI: 10.1126/science.1219534
- 125) Zaghoul, A., Saber, M., Gadow, S., Awad, F. (2020). Biological indicators for pollution detection in terrestrial and aquatic ecosystems. *Bulletin of the National Research Centre*, 44 (127). DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00385-x>
- 126) Zhang, X., Zhang, Y., Shi, P., Bi, Z., Shan, Z., Rena, L. (2020). The deep challenge of nitrate pollution in river water of China. *Science of The Total Environment*, 770, 144674. DOI: Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144674>
- 127) Zhou, Y., Khu, S., Xi, B., Su, J., Hao, F., Wu, J., Huo, S. (2014). Status and challenges of water pollution problems in China: learning from the European experience. *Environ Earth Sci*, 72:1243, 1254. DOI: 10.1007/s12665-013-3042-3

Jonų chromatografo kalibracinių kreivių pavyzdys



## Bendro fosforo kalibracinės kreivės pavyzdys

Analitė		B.fosforas			
Prietaisas	HACH	DR3900		Nr.	1481287
Bangos ilgis	880	nm			
Kiuvetės dydis	10	mm			
Standartinis tirpalas	Fosfatų st.	1000	mg/l	Pagamintas:	įsigytas, MERCK
				Galioja iki:	2025.02.28
Kalibravimo data	2023.08.07				
Tuščio mėginio absorbcija	0,076				
Koncentracija, C mg/l	Išmatuota absorbcija, ABS				Leistina reikšmė
0	0			R <sup>2</sup>	≥0.995
0,0325	0,026				
0,065	0,045				
0,13	0,089				
0,26	0,176				
0,39	0,254				
0,65	0,412				
1,30	0,820				
<b>Patikrinimas</b>					
Vidinis standartinis tirpalas	beta-glicerofosfatas	50mgP/l		Pagamintas:	2023.08.02
				Galioja iki:	2023.09.02
Teorinė reikšmė T, mg/l	ABS	Koef	Konc., C mg/l	Teisingumas, %	
0,20	0,129	0,6345	0,203	1,7	

## ChDS kalibracinės kreivės pavyzdys

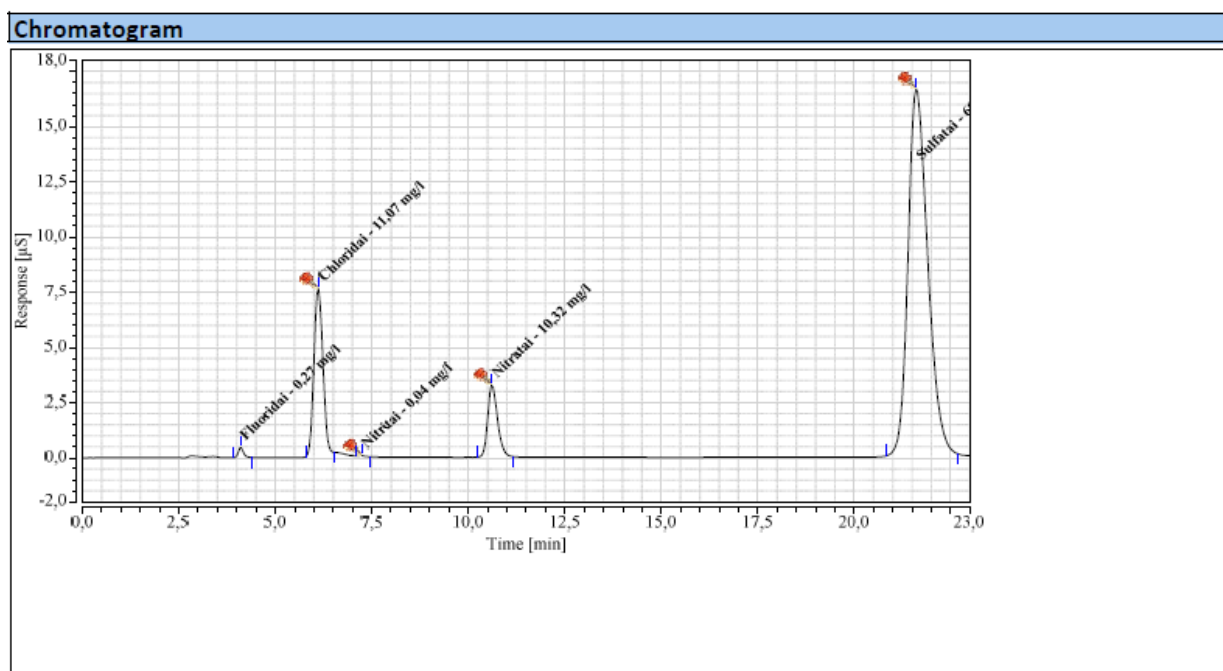
Metodas	ISO 15705				
Analitė	ChDS Cr				
Prietaisas	HACH DR3900		Nr. 1481287		
Bangos ilgis	440 nm				
Kiuvetės dydis	10 mm				
Standartinis tirpalas	KHP 1000 mg/l		Pagamintas:	2023.03.13	
			Galioja iki:	2023.04.13	
Kalibravimo data	2023.03.15				
Tuščio mėginio absorbcija	0,405				
Koncentracija , C mg/l	Išmatuota absorbcija, ABS			Leistina reikšmė	
0	0,000			R <sup>2</sup>	≥0.995
10	-0,037				
20	-0,068				
40	-0,146				
60	-0,216				
80	-0,281				

<b>Patikrinimas</b>					
Vidinis standartinis tirpalas	ChDS	1000 mg/l		Pagamintas:	2023.03.13
				Galioja iki:	2023.04.13
Teorinė reikšmė T, mg/l	ABS	Koef	Konc., C mg/l	Teisingumas, %	
60	-0,224	-0,0036	62,2	3,7	

## Anijonų rezultatų pavyzdys „Chromleon 7“ programinėje įrangoje

Chromatogram and Results	
<b>Injection Details</b>	
Injection Name:	<b>01/1.1</b>
Vial Number:	1
Injection Type:	Unknown
Calibration Level:	
Instrument Method:	Metodas_injectposition_20230223
Processing Method:	Processing_Method_20230223
Injection Date/Time:	2023-03-20 13:50
Run Time (min):	23,00
Injection Volume:	25,00
Channel:	ECD_1
Dilution Factor:	1,0000
Sample Weight:	1,0000
User:	DESKTOP-T5L8V42\Admin



No.	Peak Name	Retention Time min	Area $\mu\text{S} \cdot \text{min}$	Height $\mu\text{S}$	Relative Area %	Relative Height %	Amount mg/L
1	Fluoridai	4,101	0,067	0,464	0,52	1,67	0,274
2	Chloridai	6,111	2,011	7,506	15,69	26,96	11,073
3	Nitritai	7,248	0,005	0,028	0,04	0,10	0,040
4	Nitratai	10,611	0,950	3,260	7,41	11,71	10,316
n.a.	Fosfatai	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	Sulfatai	21,608	9,785	16,586	76,34	59,57	69,082
<b>Total:</b>			<b>12,818</b>	<b>27,844</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	

Vandens mėginių paėmimo juodraščio pavyzdys

Ėminių ėmimo data: **2023.12.17** Tikslas:  monitoringui,  kita (rašyti):

Objektas (pavadinimas, adresas): **Vilolės upė, Karaius Hagistai**

Ėminio ėmimo vieta (filialistavo, šulinio, gręžinio Nr. ar kt.)	Ėminio rūšis <sup>1</sup>	Ėminio ėmimo įranga <sup>2</sup>	Paėmimo laikas, hh:mm	Taro identifikavimas <sup>3</sup>	Beh	ChDS	BDS <sup>7</sup>	Biogenal	Jonai (rašyti pastabose)	SM	Fosfatai	Naftos produktai			Me	Fen	Spam	Kiti (rašyti pastabose)	Ėmimo vietoje nustatomi parametrai					
												LA	NP	NP					Vandens lygis <sup>4</sup> , m	T, °C	pH	Ištirpęs deguonis (O <sub>2</sub> )	Eh, mV	SEL, μS/cm
1-1	pvl/m	S6	14:01		P500															6,5	7,65	-	1034	
1-2	pvl/m	S4	14:03		P500															6,4	7,65	-	1033	
1-3	pvl/m	S6	14:04		P500															6,5	7,67	-	1030	
2.1	pvl/m	S4	14:14		P500															4,6	7,49	-	1029	
2.2	pvl/m	S6	14:18		P500															4,6	7,51	-	1030	
2.3	pvl/m	S6	14:19		P500															4,7	7,49	-	12027	
3.1	pvl/m	S4	14:29		P500															6,1	7,85	-	1138	
3.2	pvl/m	S4	14:30		P500															6,3	7,85	-	1138	
3.3	pvl/m	S6	14:31		P500															6,1	7,87	-	1137	
4.1	pvl/m	S4	14:45		P500															5,8	7,86	-	1134	
4.2	pvl/m	S6	14:46		P500															5,8	7,88	-	1135	
4.3	pvl/m	S6	14:47		P500															5,9	7,88	-	1135	
5.1	pvl/m	S6	15:10		P500															5,9	7,85	-	1280	
5.2	pvl/m	S4	15:12		P500															6,0	7,85	-	1283	
5.3	pvl/m	S6	15:12		P500															5,8	7,86	-	1284	
6.1	pvl/m	S4	15:30		P500															8,6	7,91	-	1055	
6.2	pvl/m	S4	15:31		P500															8,4	7,72	-	11065	

<sup>1</sup> - skaitelis; <sup>2</sup> - pavadinimas; <sup>3</sup> - polimero vanduo; N - neekst; M - momentinis centras; S - stacionarus centras





**PATVIRTINIMAS apie parengto darbo  
savarankiškumą**

**CONFIRMATION**

Vardas, pavardė <i>Name, Surname</i>	Marius Turskis
Darbo pavadinimas <i>Thesis topic</i>	Šiaulių miesto urbanizuotų teritorijų poveikio Vijolės upelio ekologiinei būklei vertinimas  <i>Assessment of the Impact of the Urbanized Areas of the City of Šiauliai on the Ecological Condition of Vijolė Stream</i>

Patvirtinu, kad įteikiamas darbas yra atliktas mano paties ir nėra pateiktas kitam kursui šiame ar ankstesniuose semestruose; nebuvo naudotas kitoje mokslo ir (ar) studijų įstaigoje Lietuvoje ir užsienyje; nenaudoja šaltinių, kurie nėra nurodyti darbe, ir pateikia visą panaudotos literatūros sąrašą.

*I confirm that I am the author of submitted paper, which has been prepared independently and has never been presented for any other course or used in another educational institution, neither in Lithuania, or abroad. I also provide a full bibliographical list which indicates all the sources that were used to prepare this assignment and contains no un-used sources.*

Šiame darbe tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos yra pažymėtos literatūros nuorodose.

*Quotes from other sources directly or indirectly used in this thesis, are indicated in literature references.*

**Aš, Marius Turskis, pateikdamas (-a) šį darbą, patvirtinu (pažymėti)**



*I, Marius Turskis, by submitting this paper confirm (check)*