

ARMONOS UPĖS EKOLOGINĖ BŪKLĖ: 2015 IR 2024 M. TYRIMŲ REZULTATŲ ĮVERTINIMAS

Inga Stankevičienė, Ingrida Radveikienė, Jolanta Jurkevičiūtė

Vilniaus kolegija

Anotacija. Upių vandens kokybės pokyčius lemia tiek gamtiniai, tiek antropogeniniai veiksniai. Natūralūs procesai, tokie kaip klimato kaita, geocheminiai pokyčiai ir hidrologinės sąlygos, veikia upių ekosistemas, tačiau didžiausią poveikį dažniausiai daro žmogaus veikla. Pagrindiniai taršos šaltiniai – žemės ūkio veikla, nuotekų išleidimas, hidromorfologiniai upių pokyčiai bei tarša iš kaimyninių šalių. Literatūroje teigiama, kad didelę įtaką upių ekologiinei būklei daro azoto ir fosforo junginių perteklius, kuris skatina eutrofikacijos procesus. Norint užtikrinti paviršinių vandens telkinių apsaugą ir tinkamą jų valdymą, svarbu nuolat stebėti jų būklę ir analizuoti pokyčius. Šio tyrimo tikslas – palyginti Armonos upės ekologinę būklę pagal fizikinius-cheminius rodiklius, remiantis 2015 ir 2024 metų tyrimų rezultatais. Armonos upė, esanti Ukmergės rajono savivaldybės teritorijoje, buvo tiriama siekiant nustatyti vandens kokybės pokyčius po devynerių metų. Tyrimu nustatyta, kad 2015 m. Armonos upėje didesnė tarša buvo pagal BDS₇, bendrojo azoto, fosfatų fosforo ir bendrojo fosforo kiekį. Šio tyrimo metu analizuoti rodikliai: ištirpusio deguonies kiekio, biocheminio deguonies suvartojimo (BDS₇), azoto (nitrato (NO₃-N), nitrito (NO₂-N), amonio (NH₄-N), bendrasis (N_b)) ir fosforo ((fosfatų) PO₄-P, (bendrasis) P_b) junginių koncentracijos, taip pat pagrindinių jonų – sulfatų, chloridų, kalcio, magnio, natrio ir kalio koncentracijos. Tyrimo rezultatai parodė, kad 2024 metais upės vanduo beveik visuose mėginių paėmimo taškuose atitiko gerą arba labai gerą ekologinę būklę. Tačiau kai kuriuose ruožuose, ypač žemiau santakos su intaku Pavarklu ir šalia gyvenviečių, nustatyti padidėję azoto ir fosforo junginių kiekiai, rodantys taršos šaltinius. Lyginant su 2015 metų tyrimo rezultatais, nustatyta mažesnė biocheminio deguonies suvartojimo ir fosfatų koncentracija. Tačiau upės būklė pagal nitrato azoto kiekį išliko vidutinė žemiau santakos su Pavarklo upe ir prie santakos su Šventosios upe. Be to, nustatyta, kad šiuose mėginių paėmimo taškuose 2024 m. nitrato azoto koncentracija buvo didesnė nei 2015 m., o tai, manoma, galėjo lemti pasklidoji ir sutelktoji tarša.

Reikšminiai žodžiai: Armonos upė, paviršinis vanduo, fizikiniai-cheminiai rodikliai, vandens kokybė

Įvadas

Vandens kokybė upėse prastėja dėl gamtinių ir antropogeninių veiksnių (Anh ir kt., 2023). Natūralūs procesai, tokie kaip uolienų dūlėjimas, evapotranspiracija, klimato kaita ir stichinės nelaimės, sukelia upių vandens kokybės pokyčių (Schreiber ir kt., 2022). Antropogeninius veiksnius sukelia pasklidoji tarša (žemės ūkio veikla, hidromorfologiniai paviršinių vandens telkinių pokyčiai, atsirandantys dėl žemių sausinimo (melioracijos), hidroelektrinių ir upių tvenkimo), antrinė tarša (atsirandanti dėl ilgalaikės taršos praeityje), sutelktoji tarša (miestų ir gyvenviečių nuotekų valymo įrenginių tarša) ir tarptautinė tarša (iš kaimyninių šalių patenkančios teršalai) (Dėl vandenų srities plėtros 2017–2023 metų programos patvirtinimo, 2017). Antropogeninė veikla daro intensyvų poveikį biologiniams (augalai, gyvūnai ir kt.), cheminiams (įvairios cheminės medžiagos ore, vandenyje, dirvožemyje) ir fiziniams (klimatas, temperatūra, geografinė struktūra) aplinkos komponentams, pvz., į dirvožemį su gyvulių mėšlu ir mineralinėmis trąšomis patenkančios azoto ir fosforo junginių išplovos į paviršinius vandens telkinius skatina eutrofikaciją – spartų dumblių dauginimąsi, kuris lemia vandens telkinių užžėlimą, uždumblėjimą, žuvų įvairovės mažėjimą (Aplinkos apsaugos agentūra, 2023). Upės vandens stebėseną leidžia įvertinti ir nustatyti, ar vyksta / įvyko pokyčių vandenyje (Anh ir kt., 2023). Upių vandens telkinių ekologinę būklę skirstoma į penkias klases: labai gerą, gerą, vidutinę, blogą ir labai blogą bei vertinama pagal fizikinius-cheminius, hidromorfologinius ir biologinius kokybės rodiklius. Vertinant upių ekologinę būklę pagal fizikinius-cheminius kokybės rodiklius, nustatomas nitrato azoto (NO₃-N), amonio azoto (NH₄-N), bendrojo azoto (N_b), fosfatų fosforo (PO₄-P), bendrojo fosforo (P_b) kiekis, biocheminio deguonies suvartojimas per 7 paras (BDS₇) ir ištirpusio deguonies kiekis (O₂) (Dėl paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodikos patvirtinimo, 2007). Lietuvoje gerą būklę atitinka 35 proc. paviršinių vandens telkinių, o neatitinka – 65 proc. (Aplinkos apsaugos agentūra, 2023). Armona yra upė, esanti Ukmergės rajono savivaldybės teritorijoje, Šventosios dešinysis intakas. Upės ilgis yra 30 km, plotis 5–8 m, gylis 0,5–2,0 m, srovės greitis 0,1–0,3 m/s. Armona prasideda 4 km į pietvakarius nuo Siesikų, teka į šiaurės rytus, pratekėjusi Siesikų ežerą suka į pietryčius ir įteka į Šventosios upę, 8 km į pietvakarius nuo Ukmergės (Stankevičienė ir kt., 2016).

2015–2016 metais atlikto tyrimo metu nustatyta, kad Armonos upės vandens kokybei įtakos turi sutelktosios ir pasklidosios taršos šaltiniai (Stankevičienė ir kt., 2016). Upės atkarpose ties kaimais ir Deltuvos valymo įrenginiais vanduo neatitinka geros ekologinės būklės kriterijų pagal BDS₇, PO₄-P, P_b,

NO₃-N, NH₄-N ir N_b rodiklius. Upės pradžioje, aukščiau Siesikų ežero ir žemiau santakos su Pavarklo upe, NO₃-N ir N_b rodiklių vertės neatitinka upių geros ekologinės būklės klasės (Stankevičienė ir kt., 2016). Todėl buvo nuspręsta įvertinti Armonos upės vandens kokybę, palyginant 2015 metų ir 2024 metų upės vandens tyrimų rezultatus.

Tyrimo objektas – Armonos upės vanduo.

Darbo tikslas – įvertinti Armonos upės ekologinės būklės pokyčius lyginant 2015 m. ir 2024 m. tyrimų rezultatus.

Uždaviniai:

1. Nustatyti pagrindinius Armonos upės vandens kokybės fizikinius-cheminius rodiklius.
2. Išanalizuoti Armonos upės vandens kokybės rodiklius, remiantis 2015 m. ir 2024 m. tyrimų rezultatais.

Tyrimo metodai ir sąlygos

Armonos upės vandens mėginiai buvo paimti 2024 m. spalio 10 d. aštuoniuose taškuose: upės pradžioje, aukščiau ir žemiau Siesikų ežero, Vidumiškių k., žemiau Deltuvos k., žemiau Dovydiškių tvenkinio, žemiau santakos su Pavarklo upe, prie santakos su Šventosios upe. Vandens mėginiai buvo paimti vadovaujantis mėginių ėmimo standartu LST EN ISO 5667-1:2023.

Fizikiniai rodikliai buvo nustatyti vadovaujantis standartais: LST EN ISO 5814:2012. „Vandens kokybė. Ištirpusio deguonies nustatymas. Elektrocheminio zondo metodas“; „LST EN 27888:2002. Vandens kokybė. Savitojo elektrinio laidžio nustatymas“; „LST ISO 10523:2012. Vandens kokybė. Aktyvios vandens reakcijos (pH) nustatymas elektrometriniu metodu“ (matuoklis *AQUA TROLL 500, In-Situ*); „LST EN 872:2005. Vandens kokybė. Skandinavių medžiagų nustatymas. Košimo pro stiklo pluošto koštuvą metodas“ (svarstyklės *XSR105, Mettler Toledo*).

Cheminiai rodikliai buvo nustatyti vadovaujantis standartų reikalavimais: „ISO 5815-2:2003. Vandens kokybė. Biocheminio deguonies suvartojimo per 7 paras nustatymas. 2 dalis. Neskiestų mėginių metodas“ (oksimitras *Seven GO SG6, Mettler Toledo*); „LST EN ISO 11905-1:1997. Vandens kokybė. Azoto nustatymas. 1 dalis. Oksidacinio mineralinimo peroksodisulfatu metodas“ (spektrofotometras *UV5, Mettler Toledo*); „LST EN 26777:1999. Vandens kokybė. Nitrito kiekio nustatymas. Molekulinės absorbcijos spektrometrinis metodas“ (spektrofotometras *UV5, Mettler Toledo*); „LST EN ISO 6878:2004. Vandens kokybė. Ortofosfatų kiekio nustatymas spektrometriniu metodu, vartojant amonio molibdatą“ (spektrofotometras *UV5, Mettler Toledo*); „LST EN ISO 6878:2004. Vandens kokybė. Fosforo nustatymas. Spektrometrinis metodas, vartojant amonio molibdatą“ (spektrofotometras *UV5, Mettler Toledo*); „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“; „LST EN ISO 14911:2000. Vandens kokybė. Ištirpusių Li⁺, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mn²⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Sr²⁺ ir Ba²⁺ nustatymas jonų mainų chromatografija. Vandens ir nuotekų tyrimo metodas“ (jonų mainų chromatografinė sistema *Dionex Integrion HPIC, Thermo Fisher Scientific*).

Tyrimai buvo atlikti standartizuotais metodais, kurių tikslumas buvo patikrintas (teisingumo, glaudumo, aptikimo ir nustatymo ribos atitinka metodams keliamus reikalavimus). Siekiant užtikrinti kiekvieno gauto rezultato patikimumą, buvo naudojamos kontrolinės vidurkių ir x-diagramos.

Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas

2024 metų spalio mėnesio mėginiai buvo paimti aštuoniuose upės vietose. Armonos upės ištakose 2015 metų spalio mėnesį vandens lygis buvo žemiau aplinkosaugos reikalavimų, todėl mėginių nebuvo paimta, matavimai ir tyrimai nebuvo atlikti (Stankevičienė ir kt., 2016). Vandens temperatūra yra pagrindinis fizikinis upės parametras, reguliuojantis įvairius vandenyje vykstančius procesus: aukštesnė vandens temperatūra gali padidinti mikroorganizmų augimo greitį, stimuliuoti pirminį visos ekosistemos vystymąsi ir palengvinti biologines invazijas. Upių vandens temperatūra labiausiai priklauso nuo aplinkos temperatūros. Tačiau jai daro poveikį ir kiti procesai, pvz., antropogeninė veikla (Hardenbicker ir kt., 2017). Iš 1 lentelėje pateiktų duomenų matoma, kad 2024 metų spalio mėnesį upės vandens temperatūra mėginių paėmimo metu buvo apie 13 °C. 2015 metų spalio mėnesį upės vandens temperatūra skirtingose mėginių paėmimo vietose buvo nuo 4 °C iki 11 °C (Stankevičienė ir kt., 2016).

Literatūroje nurodoma, kad ištirpusio deguonies koncentracija priklauso nuo vandens temperatūros, besikeičiančių hidrometeorologinių sąlygų ir biologinių procesų, tokių kaip fotosintezė ir organinių medžiagų skaidymas (Rajwa-Kuligiewicz ir kt., 2015). 2024 metų spalio mėnesį nustatytos ištirpusio deguonies reikšmės neatitinka geros ekologinės būklės mėginių, paimtų upės ištakoje, aukščiau ir žemiau Siesikų ežero, ties

Vidumiškių kaimu ir žemiau Deltuvos kaimo (1 pav., a). Labai geros ekologinės būklės yra upės mėginiai, paimti žemiau Dovydiškių tvenkinio ir santakos su Pavarklo upe, o taip pat prie santakos su Šventosios upe (Dėl paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodikos patvirtinimo, 2007). Manoma, kad šiose upės vietose dujų tirpumą paspartino vandens masės maišymasis (vidutinė ir greita srovė), tuo tarpu kitose mėginių paėmimo vietose buvo silpna srovė ar stovintis vanduo. Didelės ištirpusio deguonies koncentracijos (apie 10 mg/l) gali būti susijusios su mažesne biocheminiu būdu skaidomų medžiagų koncentracija upės vandenyje, o mažas ištirpusio deguonies kiekis – su didesne biocheminiu būdu skaidomų medžiagų koncentracija. 2015 m. ištirpusio deguonies kiekis Armonos upės vandenyje nebuvo išmatuotas.

1 lentelė. Armonos upės vandens mėginių paėmimo taškai ir aplinkos sąlygos

Mėginio paėmimo taškas	Upės ištaka	Aukščiau Siesikų ež.	Žemiau Siesikų ež.	Vidumiškių k.	Žemiau Deltuvos k.	Žemiau Dovydiškių tvenkinio	Žemiau santakos su Pavarklo upe	Prie santakos su Šventosios upe
Numeris	1	2	3	4	5	6	7	8
Koordinatės (LKS)	530566, 6122636	532141, 6127777	534989, 6129327	541025, 6123750	542111, 6121779	544367, 6119198	543871, 6117659	544231, 6116802
Data	2024-10-10							
Oro sąlygos	Debesuota, silpnas vėjas, temp. 16,5 °C	Debesuota, silpnas vėjas, temp. 16,5 °C	Debesuota, silpnas vėjas, temp. 17,0 °C	Debesuota su pragiedruliais, silpnas vėjas, temp. 17,5 °C	Debesuota su pragiedruliais, silpnas vėjas, temp. 16,5 °C	Debesuota, silpnas vėjas, temp. 17,5 °C	Giedra, silpnas vėjas, temp. 17,0 °C	Debesuota, silpnas vėjas, temp. 17,0 °C
Vandens būklė	Stovintis vanduo, temp. 12,3 °C	Stovintis vanduo, temp. 13,3 °C	Tekantis vanduo (srovė silpna), temp. 13,7 °C	Tekantis vanduo (srovė silpna), upė patvinusi dėl bebrų užtvankų, temp. 13,1 °C	Tekantis vanduo, temp. 12,1 °C	Tekantis vanduo, temp. 12,6 °C	Tekantis vanduo, temp. 12,2 °C	Tekantis vanduo, temp. 12,4 °C

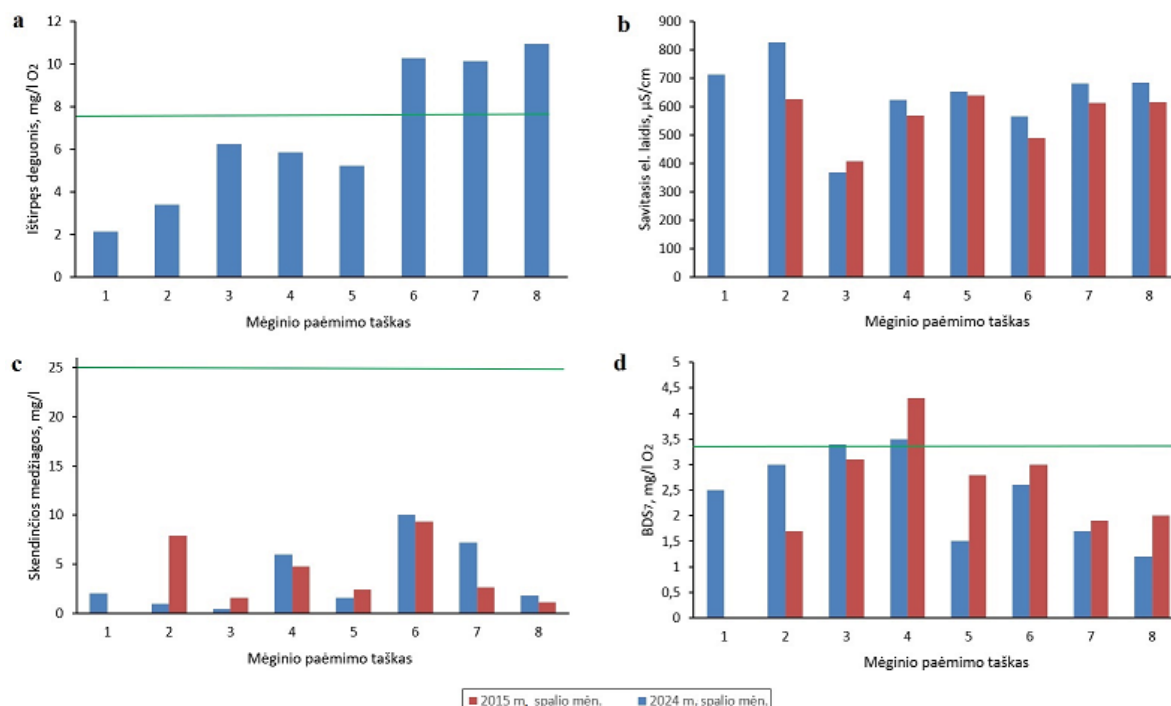
2024 metų spalio mėnesio matavimų rezultatai rodo, kad Armonos upės mėginių savitojo elektrinio laidžio reikšmės svyruoja nuo 369 iki 827 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (1 pav., b). Stovinčio vandens mėginiuose, paimtuose upės ištakoje ir aukščiau Siesikų ežero, nustatytos didžiausios elektrinio laidžio reikšmės (atitinkamai 713 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ir 827 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Mažiausia elektrinio laidžio reikšmė (369 $\mu\text{S}/\text{cm}$) nustatyta mėginyje, kuris buvo paimtas žemiau Siesikų ežero. 2015 metų spalio mėnesį nustatytos elektrinio laidžio reikšmės svyruoja nuo 408 iki 640 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ir jos yra mažesnės palyginus su 2024 metų tyrimo rezultatais. Manoma, kad tam įtakos turėjo žemesnė upės vandens temperatūra. 2015 m. nustatytos didžiausios elektrinio laidžio reikšmės mėginių paėmimo taškuose aukščiau Siesikų ežero (628 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ir žemiau Deltuvos kaimo (640 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Mažiausia elektrinio laidžio reikšmė (408 $\mu\text{S}/\text{cm}$) nustatyta mėginyje, kuris buvo paimtas žemiau Siesikų ežero.

Vandens pH yra svarbus rodiklis vertinant vandens kokybę, nes jis veikia cheminius ir biologinius procesus, vykstančius vandens telkiniuose, pvz., gali paveikti maistinių medžiagų ir mineralų tirpumą bei jų prieinamumą vandens organizmams (Dewangan ir kt., 2023). Tirtuose upės mėginiuose, nepriklausomai nuo mėginio paėmimo datos ir vietos, nustatytos pH reikšmės yra apie 8, išskyrus 2024 m. mėginius, paimtus žemiau Dovydiškių tvenkinio, žemiau santakos su Pavarklo upe ir prie santakos su Šventosios upe, kur pH vertės yra didesnės nei 8,3.

Upių vandens skendinčias medžiagas (SM) sudaro tiek neorganiniai, tiek organiniai junginiai. Pagrindinės neorganinės medžiagos yra fosforatai, karbonatai, kvarcas ir feldšpatai. Organinių medžiagų kiekis, kuris paprastai siekia iki 30 proc., bei jų sudėtis kinta priklausomai nuo metų laiko ir vandens debito pokyčių (Walch ir kt., 2022). SM koncentracijos, nustatytos 2024 m., kai kuriuose mėginiuose yra mažesnės nei metodo nustatymo riba ($\text{NR} = 2,0 \text{ mg/l}$) ir daugiausiai siekia tik iki 10 mg/l, o ribinė vertė yra 25 mg/l (1 pav., c). Didžiausia SM koncentracija 2015 ir 2024 metais nustatyta mėginyje, paimtame žemiau Dovydiškių tvenkinio. Šioje upės dalyje buvo stipriausia srovė (vertinta vizualiai). 2015 ir 2024 metais nustatyta SM koncentracija visose upės atkarpose neviršijo paviršinių vandens telkinių, kuriuose gali gyventi ir veistis gėlavandenės žuvis, šio rodiklio ribinės vertės (25 mg/l) (Dėl paviršinių vandens telkinių, kuriuose gali gyventi ir veistis gėlavandenės žuvis, apsaugos reikalavimų aprašo patvirtinimo, 2005).

Biocheminis deguonies suvartojimas (BDS_7) – rodiklis, nurodantis deguonies kiekį, kurį mikroorganizmai sunaudoja organinių medžiagų biocheminiam skaidymui. Pagrindiniai šių organinių medžiagų šaltiniai yra pasklidoji ir sutelktoji tarša (Diamantini ir kt., 2018). BDS_7 tyrimo rezultatai (1 pav., d) parodė, kad 2024 metų mėginiuose, paimtuose žemiau Siesikų ežero ir ties Vidumiškių kaimu, nustatytos BDS_7 vertės (atitinkamai 3,4 mg/l ir 3,5 mg/l) viršija geros ekologinės būklės ribą – 3,3 mg/l (Dėl paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodikos patvirtinimo, 2007). Kituose mėginiuose nustatytos BDS_7 vertės svyruoja nuo 1,2 iki 3,0 mg/l, tai rodo labai gerą ir gerą upės ekologinę būklę. 2015 metų spalio mėnesio BDS_7 vertės visose upės atkarpose neviršija geros ekologinės būklės ribos, išskyrus mėginį, paimtą ties

Vidumiškių kaimu (4,3 mg/l) (Dėl paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodikos patvirtinimo, 2007). Tyrimo rezultatai parodė, kad upės vanduo organinėmis medžiagomis labiausiai teršiamas šalia Vidumiškių kaimo.

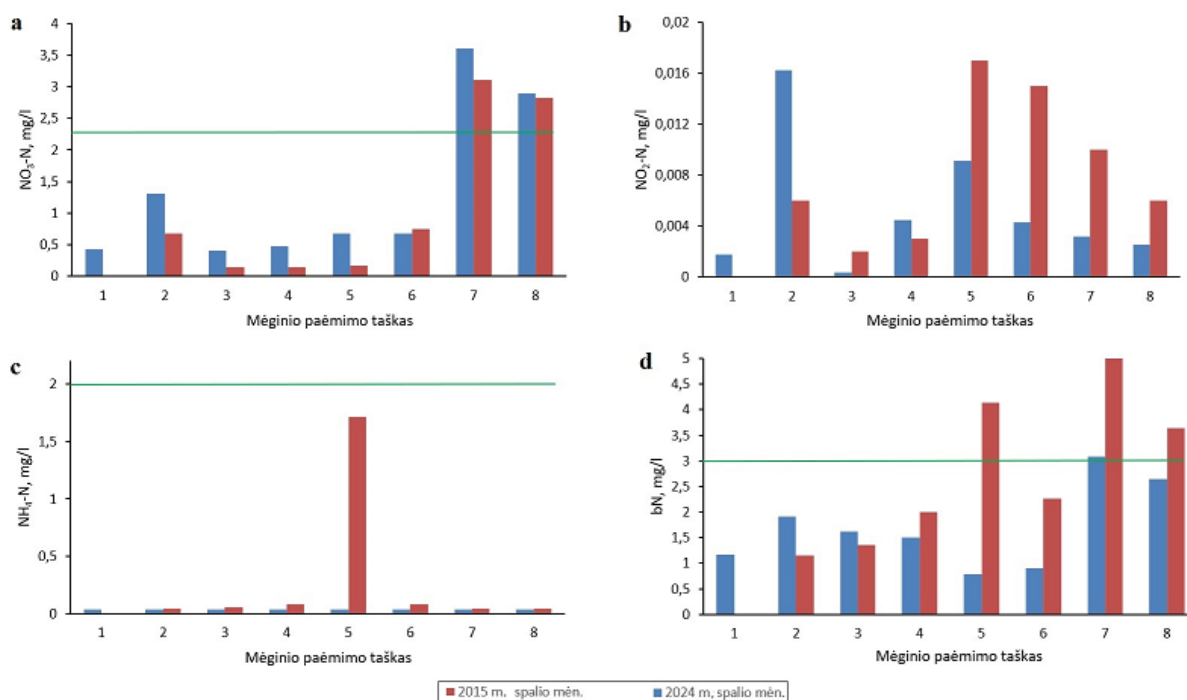


1 pav. Armonos upės vandens fizikinių-cheminių rodiklių (ištirpusio deguonies (a), savitojo elektrinio laidžio (b), skendinčių medžiagų (c), BDS₇ (d)) tyrimų rezultatai (kokybės elemento rodiklio vertės pažymėtos žalios spalvos linija; ėminio paėmimo taškai: 1 – Armonos upės pradžia, 2 – aukščiau Siesikų ež., 3 – žemiau Siesikų ež., 4 – Vidumiškių k., 5 – žemiau Deltuvos k., 6 – žemiau Dovydiškių tvenkinio, 7 – žemiau santakos su Pavarklo upe, 8 – prie santakos su Šventosios upe). Matavimo paklaida 5 proc.

Eutrofikacija yra pagrindinė paviršinių vandenų kokybės problema, kurią sukelia perteklinis azoto (N) ir fosforo (P) kiekis. Šis procesas skatina dumblių žydėjimą, kuris gali būti toksinis, neigiamai veikti ekosistemas ir žmonių sveikatą bei sukelti nemalonų vandens kvapą. Nors eutrofikacija upėse nėra tokia dažna kaip ežeruose, ji gali vykti esant palankioms sąlygoms, tokioms kaip lėta vandens tėkmė, įrengtos užtvankos ar didelis maistinių medžiagų kiekis upės vandenyje. Amonio jonai (NH₄⁺) yra vienas svarbiausių dumblių ir cianobakterijų žydėjimą skatinančių veiksnių, dažnai aptinkamas eutrofikuočiuose vandenyse (Scott Winton ir kt., 2019; Zhang ir kt., 2015). Literatūroje nurodoma, kad amonio ir nitratų kiekiams gamtiniuose vandenyse būdingas sezoniskumas, susijęs su azoto kiekio svyravimais dėl mikroorganizmų veiklos. Didelis kiekis nitratų nustatomas rudenį ir žiemą, o mažesnis – pavasarį ir vasarą, nes šiltuoju laikotarpiu augalai juos aktyviai pasisavina (Nakakuni ir kt., 2024). Upių geros ekologinės būklės vertės yra reglamentuotos: NO₃-N koncentracija ≤ 2,30 mg/l; NH₄-N koncentracija ≤ 0,20 mg/l ir N_b koncentracija ≤ 3,00 mg/l (Dėl paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodikos patvirtinimo, 2007).

NO₃-N tyrimo rezultatai (2 pav., a) rodo, kad 2015 ir 2024 metų mėginiai, paimti žemiau santakos su Pavarklo upe ir prie santakos su Šventosios upe, neatitinka geros ekologinės būklės kokybės rodiklių. 2015 metais septintame mėginio paėmimo taške nustatyta, kad NO₃-N koncentracija neatitinka geros ekologinės būklės vertės 1,4 karto, o 2024 metais – 1,6 karto. Manoma, kad NO₃-N koncentracijos padidėjimas turėjo įtakos upės dešiniojo intako Pavarklo upės vandeniui, kuris tekėdamas per gyvenvietes ir dirbamus žemės ūkio laukus galėjo būti paveiktas sutelktosios ir pasklidosios taršos šaltinių (Gamtos katalogas, n.d.). Upės būklė pagal NO₃-N koncentraciją atitinka labai gerą mėginiuose, paimtuose upės ištakoje, aukščiau ir žemiau Siesikų ežero, ties Vidumiškių kaimu, žemiau Deltuvos kaimo ir žemiau Dovydiškių tvenkinio.

2024 metais tirtuose mėginiuose nitritų azoto (NO₂-N) nustatyti kiekiai nėra reikšmingi (~ 0,02 mg/l), kaip ir 2015 metais (2 pav., b). NH₄-N tyrimo rezultatai (2 pav., c) rodo, kad 2015 ir 2024 metais Armonos upės vanduo visuose jos mėginių paėmimo taškuose atitinka labai gerą upės ekologinę būklę, išskyrus 2015 m., kai vanduo atitiko gerą upės ekologinę būklę žemiau Deltuvos kaimo (Dėl paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodikos patvirtinimo, 2007). Lyginant 2015 ir 2024 metų amonio azoto tyrimo rezultatus stebima, kad jo koncentracija 2024 metais dar labiau sumažėjo.



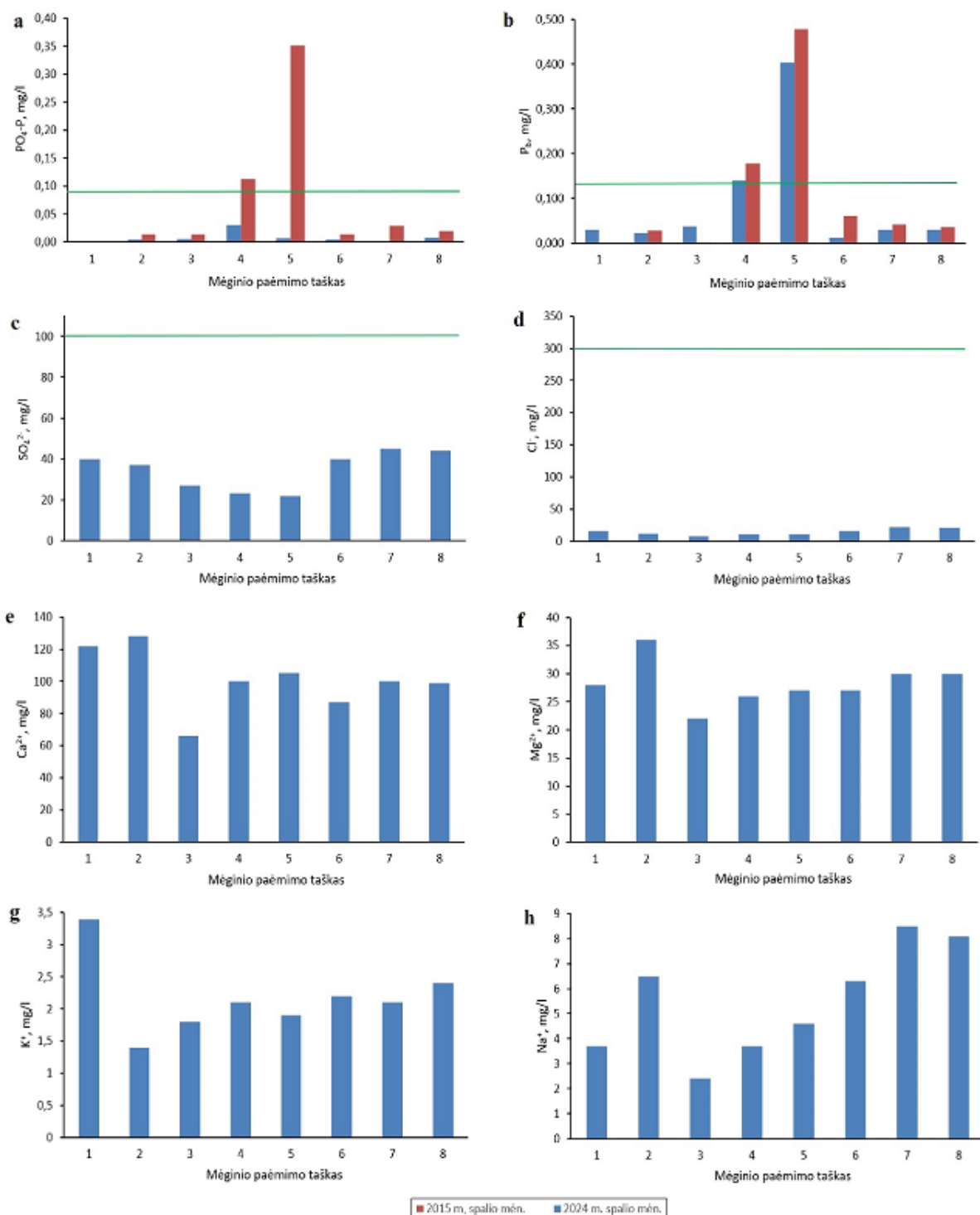
2 pav. Azoto junginių (NO_3^- (a), NO_2^- (b), NH_4^+ (c) ir bendrojo azoto (d)) koncentracijos Armonos upėje (kokybės elemento rodiklio vertės pažymėtos žalios spalvos linija; ėminio paėmimo taškai: 1 – Armonos upės pradžia, 2 – aukščiau Siesikų ež., 3 – žemiau Siesikų ež., 4 – Vidumiškių k., 5 – žemiau Deltuvos k., 6 – žemiau Dovydiškių tvenkinio, 7 – žemiau santakos su Pavarklo upe, 8 – prie santakos su Šventosios upe). Matavimo paklaida 5 proc.

Bendras azotas vandenyje randamas amoniako, amonio, nitritų, nitratų bei organinių azoto junginių pavidalu (Stankevičienė ir kt., 2016). Pagal nustatytą N_b koncentraciją (2 pav., d), 2024 metų rudenį Armonos upės vanduo 1–6 mėginių paėmimo taškuose atitiko labai gerą ekologinę būklę (N_b rodiklio vertė iki 2,00 mg/l). Armonos upės vandens kokybė prie santakos su Šventosios upe atitiko gerą ekologinę būklę (N_b rodiklio vertė 2,64 mg/l). 2015 metų rudenį paimituose vandens mėginiuose N_b koncentracija atitiko labai gerą upės ekologinę būklę 1–4 ir 6 mėginių paėmimo taškuose. Nustatyta, kad mėginiai, paimti ties Deltuvos kaimu, prie santakos su Pavarklo ir Šventosios upėmis, ženkliai neatitiko upės geros ekologinės būklės vertės (3 mg/l) (Dėl paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodikos patvirtinimo, 2007).

Pagrindiniai fosforo junginių šaltiniai paviršiniuose vandenyse yra buitinės ir pramoninės nuotekos (dėl plovikliuose esančių fosfatų) bei žemės ūkio veikla (trąšų naudojimas ir dirvožemio erozija) (Minareci ir kt., 2018). Išnagrinėjus 3 pav. a dalyje pateiktus tyrimo rezultatus matoma, kad 2024 metų Armonos upės vandens kokybė atitinka labai gerą ekologinę būklę ($\text{PO}_4\text{-P}$ koncentracija < 0,050 mg/l) (Dėl paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodikos patvirtinimo, 2007). 2015 metų rudenį upės vandens kokybė ties Vidumiškių kaimu ir žemiau Deltuvos kaimo neatitiko geros upės ekologinės būklės ribinės vertės. Upės mėginyje, paimtame žemiau Deltuvos kaimo, nustatyta $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentracija yra 0,35 mg/l, todėl pagal šį rodiklį – upės ekologinė būklė yra bloga (rodiklio vertės ribos 0,181–0,400 mg/l).

Pagal nustatytas P_b reikšmes (3 pav., b) matoma, kad 2024 ir 2015 metais 1–3 ir 6–8 upės vandens mėginių paėmimo taškuose vanduo yra geros (rodiklio vertė < 0,100 mg/l) ir / ar labai geros (rodiklio vertės ribos 0,100–0,140 mg/l) ekologinės būklės. Nustatyta, kad 2024 ir 2015 metais ties Vidumiškių kaimu upės ekologinė būklė yra vidutinė (P_b rodiklio vertė 0,141–0,230 mg/l), o žemiau Deltuvos kaimo – labai bloga (P_b rodiklio vertė > 0,470 mg/l). Apibendrinant galima teigti, kad labiausiai fosforo turinčiais junginiais teršiama upė ties Deltuvos valymo įrenginiais.

Kadangi 2015 m. Armonos upėje buvo užfiksuota didesnė tarša, nuspręsta išsamiau ištirti vandens kokybę, įvertinant sulfatų, chloridų, kalcio, magnio, kalio ir natrio koncentracijas. Sulfatai yra vieni iš įprastų vandens ekosistemų teršalų, kurie ypač paplitę karstiniuose reljefuose. Didelės sulfato koncentracijos vandenyje gali sutrikdyti ekologinę pusiausvyrą, skatinti karbonatų tirpimą ir sustiprinti erozijos procesus (Zhang ir kt., 2021). 2024 m. rudenį nustatyta sulfatų koncentracija Armonos upės vandens mėginiuose svyruoja nuo 22 iki 45 mg/l (3 pav., c). Pagal Nuotekų tvarkymo reglamentą, vandens telkinyje – priimtume didžiausia leistina sulfatų koncentracija (dydis išreikštas kaip metinė vidutinė vertė, DLK) – 100 mg/l (Dėl Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2006 m. gegužės 17 d. įsakymo Nr. D1-236 „Dėl nuotekų tvarkymo reglamento patvirtinimo“ pakeitimo, 2006). Upės vandens mėginių paėmimo taškuose (1–8) sulfatų koncentracija neviršija DLK. Sulfatų koncentracija 2015 metais Armonos upės vandenyje nebuvo nustatyta.



3 pav. Armonos upės vandens cheminių rodiklių ($PO_4\text{-P}$ (a), bendrojo fosforo (b), SO_4^{2-} (c), Cl^- (d), Ca^{2+} (e), Mg^{2+} (f), K^+ (g), Na^+ (h)) tyrimų rezultatai (kokybės elemento rodiklio vertės pažymėtos žalios spalvos linija; ėminio paėmimo taškai: 1 – Armonos upės pradžia, 2 – aukščiau Siesikų ež., 3 – žemiau Siesikų ež., 4 – Vidumiškių k., 5 – žemiau Deltuvos k., 6 – žemiau Dovydiškių tvenkinio, 7 – žemiau santakos su Pavarklo upe, 8 – prie santakos su Šventosios upe). Matavimo paklaida 5 proc.

Chloridai paviršiniuose vandenyse gali atsirasti tiek iš natūralių, tiek iš antropogeninių šaltinių. Natūraliai chloridai patenka į vandenį dėl nuosėdinių uolienų dūlėjimo ir tirpimo (Oluwaniyi & Asiwaju-Bello, 2020). Pagal Nuotekų tvarkymo reglamentą, vandens telkinyje – priimtuve chloridų DLK – 300 mg/l (Dėl Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2006 m. gegužės 17 d. įsakymo Nr. D1-236 „Dėl nuotekų tvarkymo reglamento patvirtinimo“ pakeitimo, 2006). 2024 metais nustatyta chloridų koncentracija upės vandens mėginiuose svyruoja nuo 8 iki 22 mg/l ir neviršija DLK (3 pav., d). Chloridų kiekis 2015 metais nebuvo nustatytas.

Kalcis ir magnis yra natūraliai paviršiniuose vandenyse aptinkami ir vieni iš labiausiai prieinamų šarminių žemės metalų aplinkoje. Kalcio koncentraciją daugiausia lemia karbonatų balansas, kurį veikia tiek natūralūs geocheminiai procesai, tiek aplinkos sąlygos. Literatūroje teigiama, kad kalcio ir magnio koncentracijos paviršiniuose vandenyse didėja dėl jų išplovimo iš pamatinių uolienų, vykstant dūlėjimo procesams (Potasznik & Szymczyk, 2015). Armonos upės vandenyje nustatyta kalcio koncentracija yra nuo 66 iki 128 mg/l, o magnio nuo 22 iki 37 mg/l (3 pav., e ir f). Didesnės kalcio koncentracijos nustatytos mėginiuose, paimtuose upės ištakoje ir aukščiau Siesikų ežero. Kalcio ir magnio kiekiai upės vandenyje 2015 metais nebuvo nustatyti.

Pagrindiniai kalio ir natrio jonų šaltiniai – uolienų dūlėjimas, jų sudėtyje esančios natrio ir kalio druskos tirpsta ir išplaunamos į paviršinius vandenis. Šių jonų koncentracijai paviršiniuose vandenyse turi įtakos biologiniai procesai, vykstantys dirvožemyje ir žemės plutoje. Nemažai šių jonų patenka į paviršinius vandenis su buitinėmis ir pramoninėmis nuotekomis. Paviršiniuose vandenyse natrio visada būna daugiau negu kalio (Oluwaniyi & Asiwaju-Bello, 2020). Upės vandens mėginiuose nustatyta kalio jonų koncentracija (3 pav., g) yra nuo 1,4 iki 3,4 mg/l, o natrio jonų koncentracija (3 pav., h) – nuo 2,4 iki 8,5 mg/l. Nustatyta didesnė nei 8 mg/l natrio koncentracija (7 ir 8 mėginių paėmimo taškuose) gali būti siejama su Pavarklo upės intako įtaka Armonos upės vandens kokybei. Pavarklo upės vanduo galėjo būti užterštas buitinėmis nuotekomis, nes ši 7 km ilgio upė teka per kelias gyvenvietes (Gamtos katalogas, n.d.). Kalio ir natrio jonų koncentracija upės vandenyje 2015 metais nebuvo nustatyta. Literatūroje teigiama, kad kalis retai randamas vandenyje dideliais kiekiais, o jo vidutinė koncentracija paviršiniuose vandenyse siekia apie 8,9 mg/l (Oluwaniyi & Asiwaju-Bello, 2020).

Išvados

1. Armonos upės vandens mėginių fizikinių-cheminių rodiklių tyrimai, atlikti 2024 m., parodė, kad švariausias vanduo buvo ištakoje, netoli Siesikų miestelio. Geros upių ekologinės būklės pagal ištirpusį deguonį neatitiko mėginiai, paimti žemiau Dovydiškių tvenkinio (10,3 mg/l), žemiau santakos su Pavarklo upe (10,1 mg/l) ir prie santakos su Šventosios upe (11,0 mg/l). Šiose upės atkarpose taip pat nustatytos didesnės pH vertės (nuo 8,4 iki 8,6). Geros upių ekologinės būklės pagal nitratų ir bendrąjį azoto kiekį neatitiko mėginiai, paimti žemiau santakos su Pavarklo upe ($\text{NO}_3\text{-N}$ 3,6 mg/l, N_b 3,1 mg/l), o prie santakos su Šventosios upe – tik pagal nitratų azotą ($\text{NO}_3\text{-N}$ 2,9 mg/l). Žemiau Siesikų ežero ir ties Vidumiškių kaimu Armonos upės vandens kokybė neatitinka geros upių ekologinės būklės pagal BDS_7 rodiklį (3,4 mg/l ir 3,5 mg/l). Vertinant bendrąjį fosforo kiekį nustatyta, kad Armonos upė neatitinka geros upių ekologinės būklės ties Vidumiškių kaimu (0,14 mg/l) ir žemiau Deltuvos kaimo (0,40 mg/l). Remiantis tyrimų rezultatais, galima teigti, kad didžiausią įtaką Armonos upės vandens kokybei galėjo turėti Pavarklo upės intakas į Šventosios upę, kuris, tekėdamas per kelias gyvenvietes, galėjo būti paveiktas sutelktosios ir pasklidosios taršos šaltinių.
2. Lyginant 2024 m. ir 2015 m. spalio mėnesiais atliktų Armonos upės vandens tyrimų rezultatus, matoma, kad fizikinių parametrų vertės buvo panašios, o SM koncentracija visose upės atkarpose neviršijo ribinės vertės, nustatytos paviršiniams vandens telkiniams, tinkamiems gėlavandenėms žuvims gyventi ir veistis. Visose upės atkarpose amonio azoto rodiklis atitinka geros ir labai geros būklės reikalavimus. Pagal BDS_7 rodiklį upės vanduo geros ekologinės būklės neatitiko 2024 m. žemiau Siesikų ežero, o ties Vidumiškių kaimu 2015 ir 2024 metais. 2015 ir 2024 metais tose pačiose upės atkarpose vanduo pagal nitratų azoto ir bendrojo fosforo rodiklius taip pat neatitiko geros ekologinės būklės ribų. 2015 m. fosfatų fosforo ir bendrojo fosforo vertės neatitiko geros ekologinės būklės reikalavimų ties Vidumiškių kaimu ir žemiau Deltuvos kaimo, o 2024 m. šiose atkarpose neatitiko tik bendrojo fosforo vertės. Lyginant taršos rodiklius, 2015 m. Armonos upėje didesnė tarša buvo pagal BDS_7 , bendrojo azoto, fosfatų fosforo ir bendrojo fosforo, o 2024 m. – pagal nitratų azoto kiekį. 2015 m. upės ekologinė būklė pagal nitratų azoto kiekį beveik visuose mėginių paėmimo taškuose buvo vidutinė. Tačiau 2024 m. nustatyta, kad upės būklė iš vidutinės pasikeitė į gerą būklę, išskyrus paėmimo taškus žemiau santakos su Pavarklo upe ir prie santakos su Šventosios upe, kur upės būklė išliko vidutinė.

Literatūra

1. Dėl vandenų srities plėtros 2017–2023 metų programos patvirtinimo: Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimas. 2017 m. vasario 1 d. Nr. 88. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/4606c421eea211e6be918a531b2126ab>
2. Anh, N. T., Can, L. D., Nhan, N. T., Schmalz, B., & Luu, T. L. (2023). Influences of key factors on river water quality in urban and rural areas: A review. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 8, 1–12. <https://doi.org/10.1016/J.CSCEE.2023.100424>
3. Dėl paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodikos patvirtinimo: Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas. 2007 m. balandžio 12 d. Nr. D1-210. <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.881D6E973D28/asr>
4. Dėl paviršinių vandens telkinių, kuriuose gali gyventi ir veisti gėlavandenės žuvys, apsaugos reikalavimų aprašo patvirtinimo: Lietuvos Respublikos apsaugos ministro įsakymas. 2005 m. gruodžio 21 d. Nr. D1-633. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.269278/wpjUmoVXMH>
5. Dėl Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2006 m. gegužės 17 d. įsakymo Nr. D1-236 „Dėl nuotekų tvarkymo reglamento patvirtinimo“ pakeitimo: Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas. 2020 m. gruodžio 3 d. Nr. D1-734. <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/77700e20354511eb932eb1ed7f923910>
6. Dewangan, S. K., Shrivastava, S. K., Tigga, V., & Lakra, M. (2023). Review paper on the role of pH in water quality implications for aquatic life, human health, and environmental sustainability. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology (IARJSET)*, 10(6), 215–218. DOI: 10.17148/IARJSET.2023.10633
7. Diamantini, E., Lutz, S. R., Mallucci, S., Majone, B., Merz, R., & Bellin, A. (2018). Driver detection of water quality trends in three large European river basins. *Science of The Total Environment*, 612, 49–62. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.08.172>
8. Hardenbicker, P., Viergutz, C., Becker, A., Kirchesch, V., Nilson, E., & Fischer, H. (2017). Water temperature increases in the river Rhine in response to climate change. *Regional Environmental Change*, 17(1), 299–308. <https://doi.org/10.1007/s10113-016-1006-3>
9. Minareci, O., Cakir, M., & Minareci, E. (2018). The Study of Surface Water Quality in Buyuk Menderes River (Turkey): Determination of Anionic Detergent, Phosphate, Boron and Some Heavy Metal Contents. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(4), 5287–5298. https://doi.org/10.15666/aeer/1604_52875298
10. Nakakuni, M., Yamaguchi, H., Ichimi, K., & Tada, K. (2024). Seasonal variation in pore water nutrients and their fluxes from the bottom sediments in Harima Nada, Seto Inland Sea. *Journal of Oceanography*, 80(3), 219–232. <https://doi.org/10.1007/S10872-024-00719-7>
11. Oluwaniyi, O. E., & Asiwaju-Bello, Y. A. (2020). Geochemical processes influencing stream water chemistry: a case study of Ala River, Akure, Southwestern Nigeria. *Sustainable Water Resources Management*, 6(6), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s40899-020-00460-1>
12. Gamtos katalogas. (n.d.). *Pavarklas (upė)*. <https://ezerai.vilnius21.lt/pavarklas-v10056.html>
13. Potasznik, A., & Szymczyk, S. (2015). Magnesium and calcium concentrations in the surface water and bottom deposits of a river-lake system. *Journal of Elementology*, 20(3), 677–692. DOI: 10.5601/jelem.2015.20.1.788
14. Rajwa-Kuligiewicz, A., Bialik, R. J., & Rowiński, P. M. (2015). Dissolved oxygen and water temperature dynamics in lowland rivers over various timescales. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 63(4), 353–363. <https://doi.org/10.1515/JOHH-2015-0041>
15. Schreiber, S. G., Schreiber, S., Tanna, R. N., Roberts, D. R., & Arciszewski, T. J. (2022). Statistical tools for water quality assessment and monitoring in river ecosystems – a scoping review and recommendations for data analysis. *Water Quality Research Journal*, 57(1), 40–57. <https://doi.org/10.2166/WQRJ.2022.028>
16. Scott Winton, R., Calamita, E., & Wehrli, B. (2019). Reviews and syntheses: Dams, water quality and tropical reservoir stratification. *Biogeosciences*, 16(8), 1657–1671. <https://doi.org/10.5194/BG-16-1657-2019>
17. Stankevičienė, I., Jurkevičiūtė, J., Latvėnas, M., & Čerčikienė, I. (2016). Antropogeninių taršos šaltinių įtaka upės Armonos vandens kokybei. *Mokslo taikomieji tyrimai Lietuvos kolegijose*, 12, 7–14. <https://ojs.kaunokolegija.lt/index.php/mttlk/article/view/111>
18. Aplinkos apsaugos agentūra. (2023). *Apibendrinta Lietuvos aplinkos būklės ir jos pokyčių ataskaita 2023 m. Vanduo*. <https://experience.arcgis.com/experience/ee4ccd892bf641debedca3b6c46bb853/page/VANDUO/?draft=true>
19. Walch, H., von der Kammer, F., & Hofmann, T. (2022). Freshwater suspended particulate matter—Key components and processes in floc formation and dynamics. *Water Research*, 220, 1–19. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2022.118655>
20. Zhang, J., Jin, M., Cao, M., Huang, X., Zhang, Z., & Zhang, L. (2021). Sources and behaviors of dissolved sulfate in the Jinan karst spring catchment in northern China identified by using environmental stable isotopes and a Bayesian isotope-mixing model. *Applied Geochemistry*, 134. <https://doi.org/10.1016/J.APGEOCHEM.2021.105109>
21. Zhang, L., Shao, S., Liu, C., Xu, T., & Fan, C. (2015). Forms of Nutrients in Rivers Flowing into Lake Chaohu: A Comparison between Urban and Rural Rivers. *Water*, 7(8), 4523–4536. <https://doi.org/10.3390/W7084523>

ECOLOGICAL STATUS OF THE RIVER ARMONA: ASSESSMENT OF THE RESEARCH RESULTS OF 2015 AND 2024

Summary

Both natural and anthropogenic factors influence the changes in the quality of river water. Natural processes, such as climate change, geochemical transformations, and hydrological conditions, affect river ecosystems. However, human activity usually has the most significant impact. The main sources of pollution are agricultural activities, wastewater discharge, hydromorphological changes in rivers, and pollution from neighbouring countries. The scientific literature states that excessive nitrogen and phosphorus compounds play a crucial role in determining the ecological status of the river, as they contribute to eutrophication processes. To ensure the protection and proper management of surface water bodies, continuous monitoring and analysis of their condition over time are essential. This study aims to compare the ecological status of the river Armona according to physico-chemical indicators based on the results of the research conducted in 2015 and 2024. The river Armona, located in the Ukmergė district municipality, was investigated to determine changes in water quality after nine years. The study determined that in 2015, the Armona had higher pollution levels based on BOD₇, total nitrogen, phosphate phosphorus, and total phosphorus. In this study, the analysed indicators included dissolved oxygen content, biochemical oxygen demand (BOD₇), nitrogen compounds (nitrate (NO₃-N), nitrite (NO₂-N), ammonium (NH₄-N), and total nitrogen (N_b)), phosphorus compounds (phosphate (PO₄-P) and total phosphorus (P_b)), as well as concentrations of major ions such as sulphates, chlorides, calcium, magnesium, sodium, and potassium. The study results showed that in 2024, the river water met good or very good ecological status in almost all sampling sites. However, in certain sections, particularly downstream of the confluence with the tributary Pavarklas and near settlements, increased concentrations of nitrogen and phosphorus compounds were detected, indicating sources of pollution. Compared to the results of the 2015 study, lower biochemical oxygen demand and phosphate concentrations have been observed. However, the ecological status based on nitrate nitrogen remained moderate downstream of the confluence with the Pavarklas and near the confluence with the river Šventoji. Furthermore, it has been determined that at these sampling sites, the nitrate-nitrogen concentration in 2024 was higher than in 2015, likely due to diffuse and point-source pollution.

Keywords: river Armona, surface water, physicochemical analysis, water quality

Informacija apie autores

dr. Inga Stankevičienė. Vilniaus kolegijos Agrotechnologijų fakulteto Chemijos ir maisto technologijos katedros lektorė. Mokslinių tyrimų kryptis – chemija.

El. pašto adresas: i.stankeviciene@atf.viko.lt

Ingrida Radveikienė. Vilniaus kolegijos Agrotechnologijų fakulteto Chemijos ir maisto technologijos katedros lektorė. Mokslinių tyrimų kryptis – chemija.

El. pašto adresas: i.radveikiene@atf.viko.lt

Jolanta Jurkevičiūtė. Vilniaus kolegijos Agrotechnologijų fakulteto Chemijos ir maisto technologijos katedros lektorė. Mokslinių tyrimų kryptis – chemija.

El. pašto adresas: j.jurkeviciute@atf.viko.lt