

BIOGENINIŲ MEDŽIAGŲ SRAUTŲ, PATENKANČIŲ Į EŽERUS PER Į JUOS ĮTEKANČIAS UPES, KANALUS IR GRIOVIUS, ANALIZĖ

Indrė Prišaitė¹, Lina Bagdžiūnaitė-Litvinaitienė², Andrius Litvinaitis³

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Aplinkos inžinerijos fakultetas,
Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra*

El. p. ¹indre.prisaite@gmail.com; ²lina.litvinaitiene@vilniustech.lt; ³andrius.litvinaitis@vilniustech.lt

Anotacija. Mažas savaiminis ežerų apšalimas, greičėjantys eutrofikacijos procesai ir prastėjanti vandens kokybė rodo, kad paviršiniai vandens telkiniai yra neigiamai paveikti antropogeninės taršos. Moksliniuose darbuose mažai nagrinėtas ir atliktas skirtingų ežerų, kurie turi tam tikrą savo ypatybių dėl antropogeninių veiksnių ir fizinių-geografinių sąlygų, vertinimas. Tyrimų objektu pasirinkti trys ežerai: Papis, prie kurio vykdoma ūkinė veikla ir yra žuvininkystės tvenkinių, Didžiulis, kurio ypatybė – žuvininkystės tvenkiniai, ir Kampuolis, aplink kurį nevyksta jokia ūkinė veikla, tačiau dėl nenustatytų priežasčių ežeras neatitinka geros būklės. Prie Papiro ežero imami septyni mėginiai, įrengiami du hidrometriniai postai vandens lygiui matuoti. Prie Didžiulio ežero imami keturi mėginiai ir įrengiami keturi hidrometriniai postai, o prie Kampuolio imami trys mėginiai ir įrengiami trys hidrometriniai postai. Biogeninių medžiagų koncentracijos nustatomos HANNA daugiaparametriu fotometru, o jų srautai nustatomi nubraižius vagos ir slėnio dalies profilius. Specifinės priemonės ežerų ekologiškai būklei pagerinti parenkamos individualiai kiekvienam vandens telkiniui, priklausomai nuo nustatytos problemos. Tyrimo laikotarpiu atlikti 102 vandens kokybės tyrimai 14 tyrimo vietų kovo–gegužės ir rugsėjo–gruodžio mėnesiais. Nustatyta, kad apkrovos biogeninėmis medžiagomis tyrimo laikotarpiu kito dėsningai metų laiko ir žemės plotų naudojimo intensyvumo atžvilgiu. Parinktos priemonės nustatytiems taršos šaltiniams pašalinti. Papiro ežero problemoms spręsti siūloma sustiprinti žuvininkystės tvenkinių kontrolę ir užtikrinti maksimalų buitinių nuotekų išvalymą. Kampuolio ežerui siūloma platinti pakrančių apsaugines juostas. Taip pat rekomenduotina atkurti Didžiulio ežero vandens lygį į patvankos projektinį vandens lygį. Kampuolio ežero baseine, siekiant išsiaiškinti realią situaciją, galimai buvusio sąvartyno teritorijoje siūlytina atlikti preliminarųjį ekogeologinį tyrimą, įvertinant grunto ir požeminio vandens taršą.

Reikšminiai žodžiai: biogeninės medžiagos, sutelktoji tarša, pasklidoji tarša, bendrasis fosforas, bendrasis azotas, fotometrinė analizė, antropogeninė veikla.

Įvadas

Ežerai – vienas svarbiausių kraštovaizdžio elementų, formuojančių jo estetinę, rekreacinę, kultūrinę, ūkinę, gamtosauginę ir komercinę vertę. Tačiau antropogeninė eutrofikacija, sukeliama dėl intensyvios antropogeninės veiklos ežero baseine, priverčia ežerus prarasti jų ekosistemoms būdingas funkcijas, o tai yra didžiulė ekologinė problema (Kronvang et al., 2008).

Antropogeniniai taršos šaltiniai pagal jų poveikio būdą skirstomi į dvi pagrindines grupes: sutelktosios ir pasklidosios taršos šaltinius.

Sutelktoji tarša yra miestų ir gyvenviečių nuotekų valyklų išleistuvų tarša, kur daugiausia teršiama organinėmis medžiagomis ir fosforo junginiais, miestų ir gyvenviečių paviršinių nuotekų išleistuvų tarša, kur teršiama naftos produktais, druskomis, suspenduotomis medžiagomis ir

metalais, bei pramoninių nuotekų išleistuvų tarša, kur teršiama pavojingosiomis medžiagomis, ir gamybinių nuotekų išleistuvų tarša, kur teršiama fosforo ir azoto junginiais (Taršos šaltiniai ir apkrovos, 2010).

Pasklidosios taršos šaltiniai gali būti dėl žemės ūkio veiklos susidaranti tarša, tokia kaip mėšlo ir mineralinių trąšų apkrovos ir gyventojų, kurių namų ūkiai neprijungti prie nuotekų surinkimo tinklų, tarša (Brack et al., 2007). Pasklidąją taršą kur kas sunkiau įvertinti ir kontroliuoti nei sutelktąją, nes nėra žinomi konkretūs taršą sukelianys šaltiniai ir taršos mastas.

Didžiulę įtaką kraštovaizdžio kokybei turi antropogeninio poveikio sukelti ežerų ir jų pakrančių ekosistemų pokyčiai. Pastebimiausi įvyko nedidelių ir negilių ežerų pasikeitimai. Daugumoje jų matomas pakrančių užpelkėjimas, vandens telkinio dubens dalies ar net viso ežero ploto

ištisinis užžėlimas dugne įsišaknijusiais augalais makrofitais. Planktoniniai mikrodumbliai sukelia vandens žydėjimus, kurie sumažina ežero rekreacinę vertę vasarą. Dėl sparčios eutrofikacijos kai kurių ežerų guoliai stipriai užnešti ežerinėmis nuosėdomis (sapropeliu), gausiomis biogeninių medžiagų. Sapropelis, atpalaiduodamas biogenines medžiagas, ežero ekosistemą nuolat laiko eutrofinės būklės, net jei ir nebėra išorinių maisto medžiagų prietakos šaltinių. Hidrocheminių ciklų ir dujų apykaitos režimo sutrikimas yra tiesioginis veiksnys deguonies stygiui ežere, todėl žiemą dūsta žuvis (Aplinkos apsaugos agentūra, 2009).

Atsižvelgiant į tai, kad vandens telkiniai yra veikiami antropogeninės taršos, atliekami detalūs ežerų vandens tyrimai ir taikomos optimalios priemonės gerai rizikos vandens telkinių būklei pasiekti.

Darbo tikslas – ištirti Papio, Didžiulio ir Kampuolio ežerų vandens kokybę, atsižvelgiant į pasklidą ir sutelktą taršą, taip pat atlikti biogeninių medžiagų koncentracijų kitimo tendencijų analizę ir pasiūlyti priemones vandens telkinių taršai mažinti.

Metodika

Tyrimų objektu pasirinkti trys ežerai, priklausantys Nemuno UBR.

Papis – ežeras pietryčių Lietuvoje, Šalčininkų rajone. Ilgis iš pietų į šiaurę – 2,6 km, plotis – iki 1,1 km. Ežeras sekus, jo didžiausias gylis – 1,6 m. Į Papio ežerą įteka Okva ir Merkio–Vokės kanalas, o išteka Neries intakas Vokė. Pietuose ežeras su Merkiu jungiamas Merkio–Vokės kanalu (Kilkus, 2004). Čia vykdoma ūkinė veikla – prie Merkio–Vokės kanalo įsikūrusi Baltoji Vokė garsėja žuvininkystės tvenkiniais.

Didžiulis – ežeras pietryčių Lietuvoje, Trakų rajone. Ilgis šiaurės vakarų–pietryčių kryptimi – 2,26 km, plotis – iki 1,28 km. Giliausia ežero vieta siekia 4,3 m. Į Didžiulį įteka Dusmena ir trys upokšniai, o pietuose išteka Dusmena (Varėnės intakas, Merkio baseinas) (Kilkus, 2004). Žuvininkystės tvenkiniai, esantys šalia ežero, turi įtakos jo hidrologiniam režimui.

Kampuolis – ežeras rytų Lietuvoje, Švenčionių rajone. Ilgis pietų–šiaurės–šiaurės rytų kryptimi – 2,2 km, plotis – iki 0,67 km. Giliausia vieta – 12,3 m. Per Kampuolio ežerą prateka Žeimenos intakas Sirgėla, įtekantis pietinėje, ištekantis šiaurinėje dalyse (Kilkus, 2004). Aplink ežerą nevyksta ūkinė veikla, tačiau dėl nenustatytų priežasčių Kampuolio ežeras neatitinka geros būklės ir yra įtrauktas į 2017–2023 m. vandenų srities plėtros programą (Lietuvos Respublikos Vyriausybė, 2017).

Tiriamųjų ežerų ekologinė būklė įvertinta pagal Aplinkos apsaugos agentūros pateiktus monitoringo duomenis (Kampuolio ež. – 2012, 2016, 2019 metų; Didžiulio ež. – 2013, 2017, 2019 metų) bei Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2018 m. gruodžio 5 d. įsakymu Nr. D1-1045 „Dėl vandensaugos tikslų patvirtinimo“ (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2018) Ežerų kategorijos vandens telkinių vandensaugos tikslų duomenis, vadovaujantis Paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodika, patvirtinta Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2007 m. balandžio 12 įsakymu Nr. D1-210 „Dėl Paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodikos patvirtinimo“.

Prie Papio ežero imami septyni mėginiai (mėginių ėmimo taškai (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7) Merkio–Vokės kanale – ties ištekėjimu, Merkio–Vokės kanale, kanale po tvenkinio išleidimo, Merkio–Vokės kanale – ties įtekėjimu į pelkę, Merkio–Vokės kanale – ties įtekėjimu į ežerą, Okvos upėje – ties įtekėjimu į pelkę, Okvos upėje – ties įtekėjimu į Papio ežerą (1 pav., 1 lentelė). Įrengti hidrometriniai postai vandens lygiui matuoti 1.3 ir 1.6 taškuose (2 pav.).



1 paveikslas. Papio ežero mėginių ėmimo vietų taškų geografinė padėtis (Lietuvos Respublikos upių, ežerų ir tvenkinių kadastras)

Prie Didžiulio ežero imami keturi mėginiai ir įrengiami hidrometriniai postai vandens lygiui matuoti: Dusmenos upėje – ties įtekėjimu į Didžiulio ežerą (taškas 2.1), Kanale ar griovyje – ties įtekėjimu į Didžiulio ežerą (taškai 2.2, 2.3 ir 2.4) (3 pav.).



2 paveikslas. Hidrometrinis postas, vandens lygio matuoklė, Papio ežeras, 1.3 taškas



3 paveikslas. Didžiulio ežero mėginių ėmimo vietos taškų geografinė padėtis (Lietuvos Respublikos upių, ežerų ir tvenkinių kadastras)

Prie Kampuolio ežero imami trys mėginiai ir įrengiami trys hidrometriniai postai vandens lygiui matuoti (taškai 3.1, 3.2 ir 3.3) Sirgėlos upėje – ties įtekėjimu į ežerą, kanale ar griovyje – ties įtekėjimu į ežerą, kanale ar griovyje – ties įtekėjimu į pelkę (4 pav.).

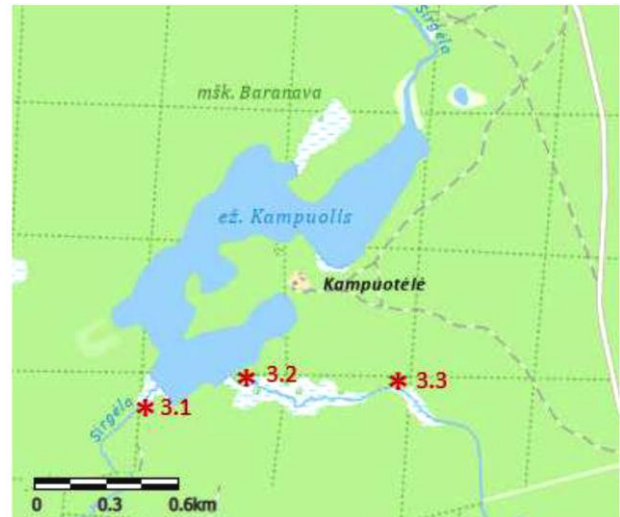
Mėginiai imami ir vandens lygio matuoklės fiksuojamos kartą per šiuos mėnesius: kovą, balandį, gegužę, rugšėį, spalį, lapkritį ir gruodį.

Biogeninių medžiagų koncentracijos nustatomos fotometrines analizės pagrindu veikiančiu HANNA daugiaparametriu fotometru HI 83205 (Hanna Instruments, 2008).

Nustatomos biogeninių medžiagų koncentracijos:

- amonio azoto ($\text{NH}_4\text{-N}$). Amonio koncentracija nustatoma pagal Neslerio metodą;

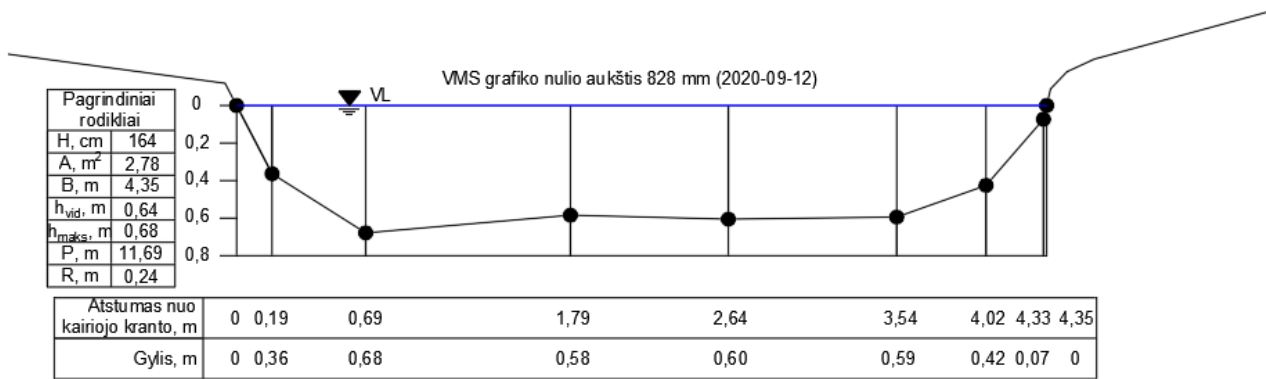
- nitritų azoto ($\text{NO}_2\text{-N}$). Nitritų koncentracija nustatoma diazotizacijos metodu;
- nitratų azoto ($\text{NO}_3\text{-N}$). Nitratų koncentracija vandenyje nustatoma kadmio mažinimo metodu;
- fosfatinio fosforo ($\text{PO}_4\text{-P}$). Fosfatų koncentracija vandenyje nustatoma askorbo rūgšties metodu;
- ištirpusio deguonies (O_2). Ištirpusio deguonies kiekis nustatomas Winklerio metodu.



4 paveikslas. Kampuolio ežero mėginių ėmimo vietos taškų geografinė padėtis (Lietuvos Respublikos upių, ežerų ir tvenkinių kadastras)

1 lentelė. Mėginių ėmimo ir įrengtų hidrometrinių postų koordinatės

Mėginių ėmimo vieta Nr.	Mėginių ėmimo taškai Nr.	Koordinatės (LKS-94)
1.	1.1	6034756, 572049
	1.2	572949, 6037730
	1.3	572824, 6037533
	1.4	572949, 6037730
	1.5	573114, 6038177
	1.6	6039398, 574024
	1.7	6039391, 573734
2.	2.1	6032545, 532381
	2.2	6033034, 530753
	2.3	6032981, 531726
	2.4	6032253, 532566
3.	3.1	6117721, 623058
	3.2	6117766, 623363
	3.3	6117693, 623961



5 paveikslas. Kanalo ties įtekėjimu į Didžiulio ežerą (2.4 taškas) skersinio pjūvio profilis

Matuoklėmis, įrengtomis hidrometriniuose postuose, įvertinami vandens lygiai kiekvieną fiksuotą mėnesį. Išniveliavus upių, kanalų ir griovių krantus ir vagą, kiekviename niveliavimo taške gaunami gyliai. Pratekančiam debitui sužinoti gauti gylio matavimo duomenų rezultatai tvarkomi sudarant skersinių pjūvių profilius (5 pav.).

Nubraižius skersinių pjūvių profilius, nustatyti debiti pagal debito nustatymo formulę:

$$Q = AC\sqrt{Ri}, \quad (1)$$

čia A – skerspjūvio plotas, m²; C – Šezi koeficientas; R – hidraulinis spindulys, m; i – nuolydis, m.

Biogeninių medžiagų srautai nustatyti pagal biogeninių medžiagų srautų formulę:

$$S_1 = \sum_{i=1}^n \frac{C_{ii} \cdot W_{ii}}{1000}, \quad (2)$$

čia C_{ii} – biogenų koncentracija, nustatyta vieno stebėjimo per mėnesį metu, mg/l; W_{ii} – nuotėkio tūris, apskaičiuotas pagal mėnesio vidutinį debitą, m³; n – stebėjimų skaičius per nagrinėjamą laikotarpį.

Laukų antropogenines apkrovas daugiausia lemia žemės ūkio augalų tręšimas mineralinėmis ir organinėmis trąšomis. Ten, kur nėra įrengta centralizuotų kanalizacijos tinklų, laukuose ir daržuose paskleidžiami ir žmonių teršalai.

Laukų apkrovos mineralinėmis trąšomis skaičiuojamos pagal formulę:

$$A_m = \frac{T_m}{F_{žū}}, \quad (3)$$

čia T_m – rajone sunaudotas mineralinių trąšų kiekis, kg; $F_{žū}$ – rajono žemės ūkio naudmenų plotas, ha.

Žmonių sukeliama tarša:

$$A_z = \frac{S_z Z}{F_{žū}}, \quad (4)$$

čia S_z – žmogaus teršimo norma, kg/metus; Z – gyventojų skaičius, vnt.

Gyvulių sukelta tarša:

$$A_g = \frac{S_g SG}{F_{žū}}, \quad (5)$$

čia S_g – gyvulių teršimo norma kg/metus; SG – sąlyginių gyvulių skaičius, vnt.

Bendra antropogeninė apkrova:

$$A_b = A_m + A_z + A_g + A_a, \quad (6)$$

čia A_a – atmosferinė apkrova, kg/ha.

Atliekant biogeninių medžiagų išplovimų skaičiavimus, vandenų, ištekančių iš miškingų teritorijų, užterštumą galima laikyti foniniu. Išplaunamo azoto kiekis skaičiuojamas pagal tokias formules:

$$NH_4^+ = 0,03945, \quad (7)$$

$$NO_3^- = 0,000445 h_0 + 0,000551, \quad (8)$$

$$N_{org} = 0,0279 h_0 + 0,00893, \quad (9)$$

$$N = NH_4^+ + NO_3^- + N_{org}. \quad (10)$$

Išplaunamo fosforo kiekis iš miškingų teritorijų:

$$P = 0,00014 h_0 - 0,000383, \quad (11)$$

čia h_0 – vidutinis daugiamečių upės nuotėkio aukštis, mm, (Kaunas, 2004).

Specifinės priemonės ežerų ekologiškai būklei pagerinti parenkamos individualiai kiekvienam vandens telkiniui, priklausomai nuo nustatytos problemos. Skirtingo tipo specifinės tipinės priemonės buvo parinktos šioms skirtingoms problemoms spręsti: sutelktajai taršai, pasklidajai taršai, esant neaiškiai priežasčiai.

Rezultatai ir jų analizė

Atlikus daugiamečių Valstybinio monitoringo duomenų analizę, paaiškėjo, kad visi nagrinėjami ežerai neatitinka bendros vandens telkinio geros būklės. Ekologinės būklės atžvilgiu Didžiulio ir Papio ežerai atitinka vidutinę ekologinę klasę, o Kampuolio – blogą.

Vertinant atskirų ežerų būklę per kelerius pastaruosius metus, reikėtų atkreipti dėmesį, kad Kampuolio ežere nuo 2012 m. iki 2019 m. organinių medžiagų (BDS₇) koncentracijos sumažėjo beveik 30 proc. ir pagal šį kriterijų atitinka labai gerą ekologinę būklę (6 pav.).

Bendrojo azoto (N_b) koncentracijos per nagrinėjamąjį laikotarpį neviršijo labai geros ekologinės būklės klasės kriterijų, o bendrojo fosforo (P_b) koncentracijos 2019 m., palyginti su 2012 m., sumažėjo daugiau nei 50 proc., tačiau N:P santykis rodo, kad ežere yra puikios sąlygos fitoplanktonui vystytis (7 pav.).

Pagal fitoplanktono ir makrozoobentosos indeksus ežeras atitinka vidutinę ekologinę klasę, o pagal žuvų indeksą – blogą. Galima teigti, kad ežero bendrą blogą būklę suformavo praeities ūkinė veikla.

Didžiulio ežero vandens kokybės rodikliai prastesni, lyginant su Kampuolio ežeru, ir 2013–2019 m. matomas tik N_b koncentracijų sumažėjimas iki 20 proc., tačiau BDS₇

koncentracijos nuolat viršijo geros ekologinės klasės kriterijaus vertes.

P_b koncentracijos per nagrinėjamąjį laikotarpį kito įvairiai – 2013 m. koncentracijos viršijo geros klasės rodiklius 33 proc., o 2017 m. vidutinė P_b koncentracija atitiko geros vandens klasės vertę, tačiau gegužės ir rugpjūčio mėnesiais siekė vidutinės klasės reikšmes.

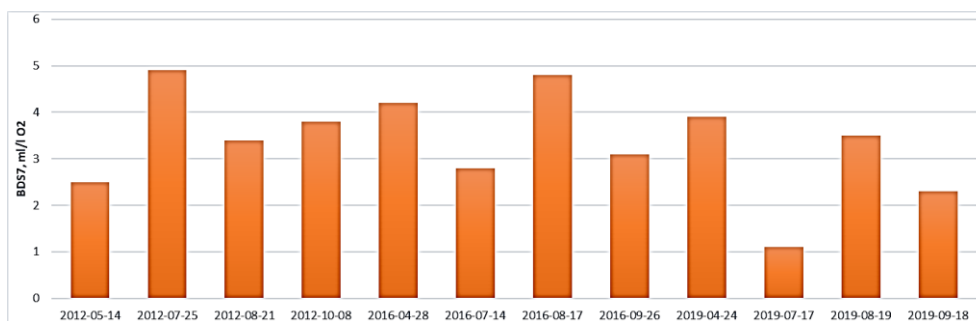
2019 m. ežero būklė pagal P_b parametą atitiko blogos ekologinės klasės vertes. Šis ežeras yra paveiktas antropogeninės veiklos ir dėl netinkamai reguliuojamo vandens lygio jis praranda savaiminio apsivalymo galimybę.

Pagal fitoplanktono ir žuvų indeksus ežeras atitinka vidutinę ekologinę būklę, o pagal makrobentų indeksą – gerą.

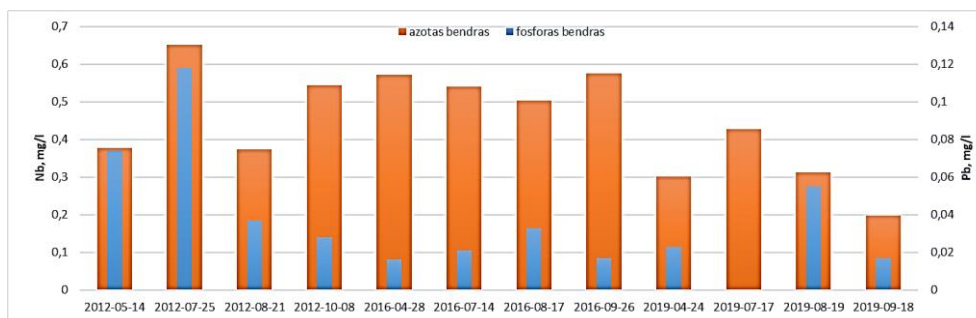
Papio ežero monitoringo duomenų yra nedaug ir jie rodo, kad pagal N_b ir P_b koncentracijas vandens kokybė yra gera.

Tyrimo laikotarpiu atlikti 102 vandens kokybės tyrimai 14 tyrimo vietų kovo–gegužės ir rugsėjo–gruodžio mėnesiais.

Bendrojo azoto koncentracijos tyrimo laikotarpiu kito nuo 1,0 iki 8,3 mg/l. Rezultatai daugiausia rodė labai gerą (64) ir gerą (22) tiriamųjų vandens telkinių būklę (2 lentelė).



6 paveikslas. Kampuolio ežero BDS₇ koncentracijų kaita 2012–2019 m.



7 paveikslas. Kampuolio ežero Nb ir Pb koncentracijų kaita 2012–2019 m.

Blogą būklę rodančios koncentracijos (2) nustatytos mažuose (iki 3 km²) baseinuose, ir 10 kartų – vidutinės būklės kovo, gruodžio mėnesiais galimai dėl nevykstančios vegetacijos ir laukų tręšimo.

2 lentelė. Bendrojo azoto koncentracijų kaita tirtose vietose

Taškas/mėn.	Kovas	Balandis	Gegužė	Rugsėjis	Spalis	Lapkritis	Gruodis
MVK1	1,1	2,7	1,4	1,6	1,7	2,1	2,1
MVK2	3,9	2,9	1,5	1,5	1,7	2,2	2,2
MVK3	4,8	2,8	2,5	1,4	1,5	1,9	3,1
MVK4	4,6	2,7	2,4	1,6	1,7	1,1	2,5
MVK5	4,9	1,6	2,3	1,5	1,6	2,1	2,9
PAO1	1,4	1,6	1,1	1,3	1,1	1,4	1,2
PAO2	1,2	3,8	1,4	1,2	1,2	1,1	1,4
DI1	1,8	1,9	3,9	2,7	1,6	1,7	1,8
DI2	7,6	2,2	2,2	1,3	1,4	1,8	1,9
DI3	5,4	3,8	2,7	1,4	2,1	3,6	2,4
DI4	8,3	1,4	2,1	1,1	1,5	1,8	2,9
KaS1	1,2	1,2	1,6	1,4	1,4	1,1	1,2
Ka2	1,1	1,3	1,6	1	1,3	1,1	1,3
Ka3	1,4	1,1	1,7	1	1,8	1,6	1,1
*Būklė	1. gera	gera	vidutinė	bloga	1. bloga		

Bendro fosforo koncentracijos kito intervale 0,012–0,873 mg/l. 91 mėginys atitiko labai geros būklės kriterijų (2 lentelė). Trys labai blogos ir blogos būklės mėginiai nustatyti gegužės mėnesį greičiausiai dėl nuotekų iš gyvenamųjų teritorijų.

BDS₇ (3,86–26) 82 mėginys atitiko labai blogos būklės kriterijų, 10 – blogos. Šeši vidutinės būklės kriterijų atitinkantys mėginiai imti rugsėjo mėn.

Ištirpusio deguonies (0,96–13,14 mg/l) mėginiai maždaug po lygiai išsidėstė nuo labai geros iki labai blogos būklės kriterijų per visą laikotarpį. Labai blogos būklės mėginiai fiksuoti rugsėjo, spalio mėnesiais.

Atlikus žemės ūkio reikmėms naudojamų laukų antropogeninių apkrovų teorinius skaičiavimus nustatyta, kad didžiausia tikėtina gyvulių antropogeninė apkrova buvo Papio baseine. Didžiausia tikėtina apkrova mineralinėmis trąšomis nustatyta taip pat Papio baseine (3 lentelė).

Per tiriamąjį laikotarpį nagrinėtais intakais į Papio ežerą bendrojo azoto srautas buvo 94,2 t, vidutiniškai po 6,73 t/mėn. Didžioji srauto dalis, t. y. 90,6 t, pernešama Merkio–Vokės kanalu.

3 lentelė. Taršos apkrovos, susidaranti tiriamųjų ežerų baseinuose

Kampuolio baseinas	Papio baseinas	Didžiulio baseinas
Laukų antropogeninių apkrovų nustatymas, kg/ha/metus		
Apkrova mineralinėmis trąšomis, A _m		
0	11,91	10,93
Žmonių sukeliama antropogeninė apkrova, A _z		
0	3,28	4,31
Gyvulių antropogeninė apkrova, A _g		
0	9,46	7,99
Foninė tarša, kg/ha/metus		
Išplaunamos azoto kiekiai iš miškingų teritorijų, N _b		
6,85	7,42	7,99
Išplaunamo fosforo kiekiai iš miškingų teritorijų, P _b		
0,033	0,036	0,039

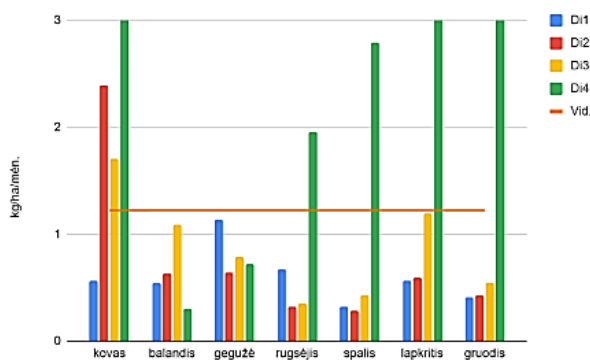
Okvos upė per tiriamąjį laikotarpį buvo įnešta 3,6 t bendrojo azoto, vidutiniškai po 516 kg/mėn. Okvos baseino apkrovos atskirais laikotarpiais kito nuo 0,16 iki 0,37 kg/ha/mėn., vidutiniškai – 0,25 kg/ha/mėn.

Bendrojo fosforo srautas per tiriamąjį laikotarpį sudarė 2,1 t, daugiausia per Merkio–Vokės kanalą – 1,77 t. Vidutinis įnešimas per intakus sudarė 151 kg/mėn. Okvos upė per tiriamąjį laikotarpį įnešta 347 kg bendrojo fosforo, gegužės mėn. – 218,7 kg/mėn., o likusiais mėnesiais – 16,3–33,9 kg/mėn. Iš Okvos upės baseino Pb išplaunama 0,008–0,016 kg/ha/mėn. ir gegužės mėn. – 0,1 kg/ha/mėn.

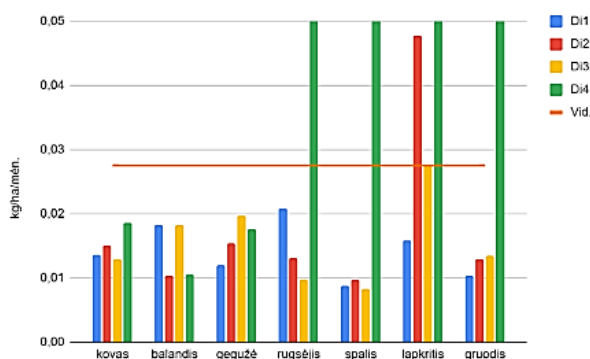
Iš tirtųjų intakų į Didžiulio ežerą nagrinėjamoju laikotarpiu bendrojo azoto buvo įnešta 19,2 t arba vidutiniškai po 687 kg/mėn. Didžiausi srautų kiekiai į ežerą pateko per didžiausią Dusmenos intaką – 14,3 t. Iš mažiausio 2.4 intako, kuriuo permetama dalis Musės debito į Didžiulio ežerą, bendrojo azoto srautas sudarė 2,7 t.

Prietaka į Didžiulio ežerą iš Dusmenos (2.1) baseino kito nuo 0,35 kg/ha/mėn. iki 1,7 kg/ha/mėn. arba vidutiniškai po 0,87 kg/ha/mėn. 2.2 ir 2.3 intakų baseinų apkrovos kito 0,28–2,4 kg/ha/mėn., vidutiniškai 0,68 kg/ha/mėn. (8 pav.).

Bendrojo fosforo prietaka į Didžiulio ežerą iš visų intakų sudarė 374 kg per tiriamąjį laikotarpį, arba vidutiniškai po 13,4 kg/mėn. Didžiausi P_b srautai fiksuoti Dusmenos upėje – iki 257,8 kg. Per 2.4 intaką įnešta 63,3 kg, vidutiniškai po 9 kg/mėn. Bendrojo fosforo apkrova Dusmenos 2.2, 2.3 baseinuose kito nuo 0,008 iki 0,021 kg/ha/mėn., vidutiniškai po 0,014–0,018 kg/ha/mėn., išskyrus lapkričio mėn., kai Dusmenos upės vandenyje nustatytos aukštesnės P_b koncentracijos, tad išplovimai siekė 0,048 kg/ha/mėn. (9 pav.).



8 paveikslas. Didžiulio ežero intakų baseinų N_b apkrovų kaita



9 paveikslas. Didžiulio ežero intakų baseinų P_b apkrovų kaita

Į Kampuolio ežerą per analizuotus intakus tiriamuoju laikotarpiu pateko 1 t bendrojo azoto, vidutiniškai po 71,5 kg/mėn. Iš miškingų baseinų didesni kiekiai bendrojo azoto išnešti gegužės–spalio mėnesiais. Iš baseinų buvo išplaunama 0,01–0,36 kg/ha/mėn., vidutiniškai 0,25 kg/ha/mėn. iš Sirgėlos ir 0,14–0,35 kg/ha/mėn., vidutiniškai 0,25 kg/ha/mėn. iš 3.2 intakų baseinuose.

Bendrojo fosforo srautas nustatytas 36 kg per tirtąjį laikotarpį, arba vidutiniškai po 2,6 kg/mėn. Prietaka iš abiejų intakų svyravo 0,0003–0,013 kg/ha/mėn., vidutiniškai 0,009 kg/ha/mėn.

Paminėtina, kad vandens gylį matuojant kartą per mėnesį gali susidaryti paklaidos, nes biogeninių medžiagų srautai, patenkantys į ežerus, apskaičiuoti kg/mėn. šimtųjų tikslumu.

Išnagrinėjus visų ežerų reikšmingus sutelktosios taršos šaltinius nustatyta, kad Didžiulio ir Kampuolio ežerų baseinuose sutelktosios taršos šaltinių neidentifikuota. Papio ežero sutelktosios taršos šaltiniai yra 2, t. y. žuvininkystės tvenkinio vanduo ir buitinių nuotekos. Pirmojo taršos šaltinio atžvilgiu reikėtų sustiprinti žuvininkystės

tvenkinių kontrolę. Dėl buitinių nuotekų netiesioginio patekimo į ežerą reikėtų užtikrinti jų maksimalų išvalymą (bent trečtinį valymą).

Pasklidajai taršai mažinti pirmiausia skiriamos nelegalios taršos kontrolės ir prevencijos priemonės. Joms nepasiteisinus imamasi papildomų inžinerinių ir techninių priemonių: dirbtinės šlapynės, sedimentacijos tvenkinėliai, vandens telkinių pakrančių apsauginės juostos / zonos ir kt. Dalis priemonių, susijusių su šlapynių įrengimu, nerekomenduojamos (Povilaitis ir kt., 2015), nes analizuotų upelių baseinus pelkės dengia 7–22 % baseino ploto. Literatūros šaltiniuose pateikiami azoto sulaikymo pakrančių apsauginėse juostose rezultatai labai įvairūs, tačiau bendrai paėmus, vandenyje, tekančiame per pakrantės ekosistemą, gali būti sulaikoma iki 74,2±4,0 % azoto (Brian ir Bruce, 2004). Visų nagrinėtų ežerų baseinuose esantiems intakams, išskyrus Kampuolio ežerą, kaip pasklidosios taršos mažinimo inžinerinę ir techninę priemonę siūloma platinti apsaugines pakrančių juostas.

Didžiulio ežeras yra aukščiau žuvininkystės tvenkinių, tad nesureguliuotas ar netinkamai reguliuojamas vandens lygių svyravimas turi įtakos ežero ekosistemai. Mokslo darbuose nustatyta, kad ežero vandens lygis turi įtakos ir jo vandens kokybei (Nazari-Sharabian et al., 2019). Taigi rekomenduotina atkurti ežero vandens lygį į patvankos projekcinį vandens lygį. Kampuolio ežero baseine nėra sutelktosios taršos šaltinių, tačiau, kalbant su vietos gyventojais, gauta informacija apie buvusį nelegalų ir netinkamai eksploatuotą sąvartyną prieš 30–40 metų 2 km nuo ežero. Siekiant realiai išsiaiškinti situaciją galima buvusio sąvartyno teritorijoje, siūlytina atlikti preliminarųjį ekogeologinį tyrimą įvertinant grunto ir požeminio vandens taršą. Įtarimams patvirtintus turėtų būti atliekamas detalusis ekogeologinis tyrimas patikslinant taršos mastą, o prireikus parengiamas ir teritorijos tvarkymo planas bei atliekami tvarkymo darbai.

Išvados

1. Didžiulio ežere bendrojo azoto koncentracijos per visą nagrinėtąjį laikotarpį mažėjo iki 20 % ir atitiko gerą ekologinės būklės klasę, tačiau bendrojo fosforo koncentracijos smarkiai – net iki 50 % – didėjo ir atitiko blogą ekologinės klasės būklę. BDS₇ koncentracijos išliko stabilios per visą nagrinėtąjį laikotarpį ir atitiko vidutinės ekologinės klasės būklę. Kampuolio ežere per nagrinėjamąjį laikotarpį bendrojo azoto koncentracijos sumažėjo iki 35 % ir atitiko labai gerą ekologinę būklės klasę, o bendrojo fosforo koncentracijos sumažėjo daugiau 50 % ir

2019 m., kaip ir bendras azotas, atitiko labai gerą ekologinę būklę. BDS₇ koncentracijos per 2012–2019 m. laikotarpį sumažėjo beveik 30 % ir atitiko gerą ekologinės būklės klasę. Išsamesnei Papio ežero duomenų analizei nepakako duomenų.

2. Tyrimo laikotarpiu atlikti 102 vandens kokybės tyrimai 14-oje tyrimo vietų kovo–gegužės ir rugsėjo–gruodžio mėnesiais, išanalizuota vandens cheminių parametrų kaita, nustatyti dėsniniai ir priežastingumas. Nustatyta, kad nagrinėjamųjų medžiagų koncentracijos tyrimo laikotarpiu kito dėsninai metų laiko, žemės plotų naudojimo intensyvumo atžvilgiais.

3. Atlikus žemės ūkio reikmėms naudojamų laukų antropogeninių apkrovų teorinius skaičiavimus, nustatyta, kad didžiausia tikėtina gyvulių antropogeninė apkrova būtų Papio baseine. Didžiausia tikėtina apkrova mineralinėmis trąšomis nustatyta taip pat Papio baseine.

4. Atlikta tiriamųjų ežerų intakų baseinų apkrovų biogeninėmis medžiagomis skaičiavimai ir analizė pagal natūrinių tyrimų rezultatus, nustatyti dėsniniai ir priežastingumas. Nustatyta, kad apkrovos biogeninėmis medžiagomis tyrimo laikotarpiu kito dėsninai metų laiko, žemės plotų naudojimo intensyvumo atžvilgiu. Baseinų apkrovos biogeninėmis medžiagomis neviršijo teoriniais skaičiavimais nustatytą, Nemuno UBR valdymo plane pateiktą apkrovų minimalių reikšmių.

5. Papio ežero sutelktosios taršos šaltinių įtakai mažinti siūloma sustiprinti žuvininkystės tvenkinių kontrolę, o dėl buitinių nuotekų netiesioginio patekimo į ežerą reikėtų užtikrinti jų maksimalų išvalymą (bent trečtinį valymą). Visų nagrinėtų ežerų baseinuose esantiems intakams, išskyrus Kampuolio ežerą, kaip pasklidosios taršos mažinimo inžinerinę ir techninę priemonę siūloma plauti pakrančių apsauginės juostas. Rekomenduotina atkurti Didžiulio ežero vandens lygį į patvankos projekcinį vandens lygį. Kampuolio ežero baseine, siekiant realiai išsiaiškinti situaciją galimai buvusio sąvartyno teritorijoje, siūlytina atlikti preliminarųjį ekogeologinį tyrimą, įvertinant grunto ir požeminio vandens taršą. Įtarimams pasitvirtinus, turėtų būti atliekamas detalusis ekogeologinis tyrimas, patikslinant taršos mastą, o prireikus parenkiamas ir teritorijos tvarkymo planas bei atliekami tvarkymo darbai.

Literatūra

Aplinkos apsaugos agentūra. (2009). *Restauruotinių Lietuvos ežerų nustatymas ir preliminarus restauravimo priemonių parinkimas šiems ežerams, siekiant pagerinti jų būklę* (Galutinė ataskaita, 1 dalis). Vilnius.

https://www.academia.edu/36295187/Restauruotini_Lietuvos_e%C5%BEerai_1_dalis

Aplinkos apsaugos agentūra. (2010). *Taršos šaltiniai ir apkrovos. Pagrindinių priemonių poveikio vertinimas. Rizikos vandens telkiniai*. <https://aaa.lrv.lt/>

Brack, W., Klamer, H. J. C., López De Alda, M., & Barceló, D. (2007). Effect directed analysis of key toxicants in European river basins: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 14(1), 30–38.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17352126/>

Brian, H. M., & Bruce, D. (2004). A review of the efficiency of buffer strips for the maintenance and enhancement of riparian ecosystems. *Water Quality Research Journal of Canada*, 39(3), 311–317. <https://doi.org/10.2166/wqrj.2004.042>

Hanna Instruments. (2008). *Hanna Instruments HI 83205. Instruction Manual*. 2012–2017.

<https://www.manualslib.com/manual/465222/Hanna-Instruments-Hi-83205.html?page=2#manual>

Kaunas, Z. (2004). *Upių taršos skaičiavimai*. Vilnius.

Kilkus, K. (2004). *Ežerotyra, limnologija*. Iš *Visuotinė lietuvių enciklopedija*, 5, 730–731.

Kronvang, B., Andersen, H. E., Børgesen, C., Dalgaard, T., Larsen, S. E., Bøgestrand, J., & Blicher-Mathiasen, G. (2008). Effects of policy measures implemented in Denmark on nitrogen pollution of the aquatic environment. *Environmental Science & Policy*, 11(2), 144–152.

<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2007.10.007>

Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2018). Įsakymas dėl vandensaugos tikslų patvirtinimo 2018 m. gruodžio 5 d. Nr. D1-1045. *TAR*, 2018-12-06, Nr. 19841.

<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/1aaad2c0f88d11e895b0d54d3db20123?jfwid=mmceonkuy>

Lietuvos Respublikos Vyriausybė. (2017). Nutarimas dėl vandens šalties plėtros 2017–2023 metų programos patvirtinimo 2017 m. vasario 1 d. nutarimas Nr. 88. *TAR*, 2017-02-09, Nr. 2348.

<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/4606c421eea211e6be918a531b2126ab?jfwid=-wd7z6lfxo>

Nazari-Sharabian, M., Taheriyoun, M., Ahmad, S., Karakouzian, M., & Ahmadi, A. (2019). Water quality modeling of Mahabad Dam watershed–reservoir system under climate change conditions, using SWAT and system dynamics. *Water*, 11(2), 394. <https://doi.org/10.3390/w11020394>

Povilaitis, A., Taminskas, J., Gulbinas, Z., Linkevičienė, R. ir Pileckas, M. (2011). *Lietuvos šlapynės ir jų vandensauginė reikšmė: monografija* [Lithuanian wetland and their water protective importance]. Apyaušris.

<https://www.vdu.lt/cris/handle/20.500.12259/83485?mode=full>

ANALYSIS OF NUTRIENT FLOWS INTO LAKES, THROUGH RIVERS, CHANNELS AND DRAFT

I. Prišaitė, L. Bagdžiūnaitė-Litvinaitienė, A. Litvinaitis

Summary

Low spontaneous lake clean-up, accelerating eutrophication processes and deteriorating water quality indicate that surface water bodies are adversely affected by anthropogenic pollution. In research papers with extensive examination and performance in different lakes, which have some of their own characteristics due

to the assessment of anthropogenic actions and physical-geographical conditions. The three lakes of the object of research are: Papis, where there is economic activity and there are fishing ponds, Didžiulis, which is characterized by fishing ponds and Kampuolis, there is basically no economic activity, but due to the unidentified main lakes it does not seem to be in the best condition. Seven samples are taken at Lake Papis, and two hydrometric stations are installed to measure the water level. Four samples and four hydrometric stations are taken at Didžiulis Lake, and three samples and three hydrometric stations are installed at Kampuolis. Concentrations of nutrients are determined with a HANNA multiparametric photometer, and their flows are determined by drawing profiles of the channel and part of the valley. Specific measures to improve the ecological status of lakes are selected individually for each water body, depending on the problem identified. During the study period, 102 water quality studies were performed at 14 study sites in March–May and September–

December. It was found that the load of nutrients changed regularly during the study period in terms of land use intensity. Measures have been selected to eliminate the identified sources of pollution. To solve the problems of Lake Papis, it is proposed to strengthen the control of fishing ponds and ensure maximum treatment of domestic wastewater. It is proposed to distribute coastal protection strips to Corner Lake. It is also recommended to restore the water level of the Great Lake to the design water level of the dam. In the Kampuolis Lake basin, in order to realistically find out the situation in the territory of a possible former landfill, it is recommended to perform a preliminary ecogeological study assessing the soil and groundwater pollution.

Keywords: nutrients, concentrated source of pollution, total nitrogen, total phosphorus, anthropogenic activities, photometric analysis, water quality.