

FOSFORO ŠALTINIAI IR NUOTĖKIS ŽUVINTO BASEINE

Julius Taminskas, Rita Linkevičienė, Rasa Šimanauskienė

Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševčenkos g. 13, LT-03223, Vilnius

El. paštas: julius.taminskas@geo.lt, rita.linkeviciene@geo.lt, rasa.simanauskiene@geo.lt

Taminskas J., Linkevičienė R., Šimanauskienė R.. SOURCES AND LOADS OF PHOSPHORUS IN THE ŽUVINTAS CATCHMENT. *Annales Geographicae* 39(1), 2006.

Abstract. Investigation of the main sources of phosphorus in the Žuvintas Lake catchment was carried out in 2004–2005. Water samples were taken from lakes, their influents and effluents, other sites of Spernia-Bambena River, wells of urban areas, precipitation, etc. The obtained data were used for evaluation of phosphorus balance and sources in the lakes of Žuvintas catchment.

The article contains data on phosphorus balance in the Simnas and Žuvintas lakes. It was determined that concentrations of anthropogenic phosphorus in the Žuvintas Lake catchment twice and even thrice exceed the concentrations of natural phosphorus. Presumably this is one of the causes of rapid eutrophication of the lake.

References 15, Figs 3, Tables 2. In Lithuanian, summary in English.

Keywords: phosphorus loads, phosphorus retention, water quality.

Received: 3 July 2006, accepted: 13 November 2006.

Įvadas

Biogenų perteklius vandens telkinyje sukelia natūraliomis sąlygomis nebūdingą pernelyg spartų augalų ir kitų organizmų vystymąsi. Tai, savo ruožtu, lemia vandens masės fizinių ir cheminių savybių kaitą, skatina vandens telkinių uždumblėjimą, biotopų kaitą ir rekreacinių išteklių sumažėjimą. Ištirta (Taminskas, 2001; Taminskas, Linkevičienė, 2003), kad agrariniame kraštovaizdyje, nesant reikšmingos taškinės taršos, dažniausiai eutrofikaciją ribojantis biogenas yra fosforas. Dėl jo stokos intensyvios ir nedarnios žemdirbystės laikotarpio pabaigoje – per paskutinį XX a. dešimtmetį azoto perteklių turinčiuose vandens telkiniuose stabilizavosi eutrofikacijos procesai. Tačiau telkiniuose, kur yra fosforo perteklius, šie procesai tęsiasi.

Perteklinis biogenų kiekis ypač akivaizdžius pokyčius sukelia tuose vandens telkiniuose, kur akumuliuojama daug nešmenų. Tokioms vietoms galima priskirti pratakus sekliuosius ežerus. Vienas jų būtų Žuvinto biosferos rezervato eutrofinis Žuvinto ežeras (1 lent.). Jo plotas nuo 1934 iki 1960 metų sumažėdavo maždaug po 0,2 ha per metus, o vandens tūris per šį laikotarpį sumažėjo beveik perpus (Bieliukas, Stanaitis, 1962). XX a. antroje pusėje ežero plotas ir tūris ir toliau mažėjo (Taminskas, Linkevičienė, Žikulinas, 2005). Ežere sparčiai plečiasi plūduriuojančiųjų makrofitų sąžalynai. Viena pagrindinių jų vešėjimo priežasčių yra didelė biogenų, ypač fosforo, ir organinių medžiagų prietaka. Nustatyta, kad nuo 1953 iki 1985 metų į Žuvintą įtekančioje Bambenoje N_{min} koncentracija padidėjo 2 kartus, o P_{min} – net 10 kartų (Tamošaitis, Klimkaitė, Lasinskas, 1986). Pastaraisiais metais vandenyje fosforo labai padaugėjo ir paspartėjo eutrofikacijos procesai aukščiau baseine telkšančiame Simno ežere.

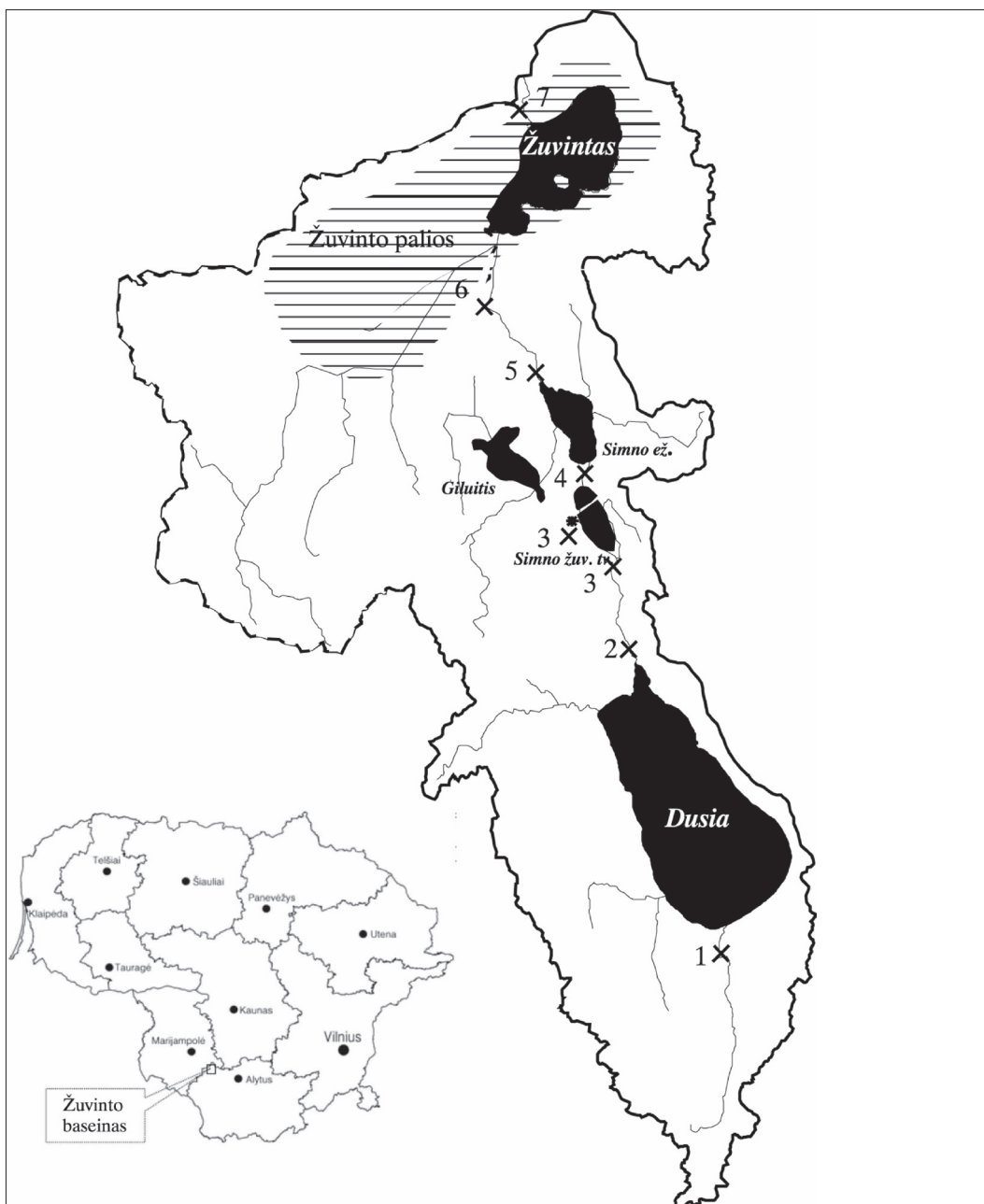
Agrarinio kraštovaizdžio vandens telkiniuose fosforo pagausėjimas daugiausia susijęs su nesubalansuotu tręšimu arba trąšų plovimu eroduojamose žemėse, tačiau eutrofikaciją gali didinti fosforo šaltiniai. Pavyzdžiui, labai mažo miškingumo, su gausiomis melioravimo sistemomis agrariniame Žuvinto ežero baseine yra keli taškiniai objektai, iš kurių gali susidaryti ne ką mažesnis fosforo nuotėkis, negu jo plovimas iš dirbamų žemių.

Informacijos apie pagrindinius fosforo šaltinius stoka apsunkina darnią baseino tvarkybą, todėl, norint nustatyti didžiausius fosforo šaltinius, buvo tiriama jo kiekis krituliuose, požeminiame ir paviršiniame vandenyje.

Šio darbo tikslas – nustatyti pagrindinius fosforo šaltinius Žuvinto baseine ir įvertinti jų dalį Žuvinto ežero fosforo balanse.

1. Tyrimų objektas ir metodai

Žuvinto baseine yra keturi didesni nei 100 ha skirtingos trofinės būklės ežerai (1 pav.).



1 pav. Žuvinto baseinas ir vandens mėginių ėmimo 2004–2005 m. vietos

Fig. 1. Žuvintas basin and sampling sites

Kiti baseino ežerai labai maži. Dusia – didžiausias ir mažiausiai eutrofiktuotas baseino ežeras, jo vanduo atsinaujina daugiau nei per 16 metų (1 lent.). Nors didžiausią Dusios baseino dalį užima žemės ūkio naudmenos (2 lent.), dėl palyginti reto hidrografinio tinklo ir gausių aklinių daubų tiesioginė biogenų prietaka į ežerą sumažėja. Į Dusią įteka 9 maži upeliai, o išteka Spernia – taip vadinasi Dovinės aukštupys. Baseino miškingumas labai mažas, ir dėl to būtų galima tikėtis didesnio fosforo plovimo (Gergel et al., 2002), tačiau labai seniai čia sukultūrintas kraštovaizdis (daugiausia ganyklų ir pievų) lemia tai, kad didžiausią dalį fosforo absorbuoja grunto dalelės arba jis kaupiasi beveik nejudrioje organinėje medžiagoje (Holton, Kamp-Nielsen, Stuanes, 1988).

1 lentelė. Didžiųjų Žuvinto baseino ežerų morfometriniai rodikliai

Table 1. Morphometric indices of the large lakes of Žuvintas basin

Ežeras <i>Lake</i>	Ežero plotas, <i>Lake area</i> <i>ha</i>	Vidutinis gylis <i>Average</i> <i>depth, m</i>	Didžiausias gylis <i>Greatest</i> <i>depth, m</i>	Baseino plotas <i>Basin area,</i> <i>km²</i>	Vandens apykaita, metai <i>Water turnover, years</i>
Dusia	2334	15,4	32,6	107,8	16,67
Simnas	244	2,3	4,0	176,8	0,17
Giluitis	234	9,14	22,0	34,8	2,85
Žuvintas	971	1,2	3,4	344,9	0,19

Tarp Dusios ir Simno ežerų yra nedidelis Kalesninkų tvenkinys, patvenktas hidroenergetikos tikslais, tačiau dabar hidroenergetikai jis nenaudojamas, o iš šio tvenkinio, kurio pakrantėje įsikūrusi Kalesninkų gyvenvietė, vanduo imamas žemiau tvenkinio esantiems Simno žuvininkystės tvenkiniams pripildyti (jie buvo įrengti 1965 m., bendras plotas – 113 ha) (1 pav.). Upė, į kurią išleidžiamas žuvininkystės tvenkinių vandens perteklius, teka ištiesinta ir pagilinta vaga šalia tvenkinių. Tvenkiniuose žuvinivaisai auginamas mailius. Didelė jo dalis tvenkiniuose žūva ir gali būti reikšmingas fosforo šaltinis. Be to, žiemos pabaigoje į tvenkinius išpilama mėšlo, kurio kiekis, preliminariais vertinimais, gali siekti 100 tonų.

Žemiau žuvininkystės tvenkinių yra Simno miestelis, kurio tik nedidelė dalis buitinių nuotekų patenka į Simno centrinę nuotekų surinkimo ir valymo sistemą. Kitos miestelio dalies nuotekos iš surinkimo duobių ir tvartų su gruntiniu vandeniu arba vietos kanalizacijos sistemomis pasiekia Spernios upelį, Giluičio ir Simno ežerus. Dalis centralizuotai surinktų Simno miestelio nuotekų po valymo išleidžiama tiesiai į Simno ežerą.

Simno ežerų pratekanti upė iki ežero vadinama Spernia, o žemiau jo – Bambena. Taip pat į šį ežerą užpelkėjusiu slėniu iš Giluičio ežero atiteka 35,7 km² baseiną turintis Simnyčios upelis.

2 lentelė. Ežerų baseinų žemėnauda, %

Table 2. Land use in lake basins, %

Ežeras <i>Lake</i>	Žemės ūkio naudmenos <i>Farmlands</i>	Urbanizuota teritorija <i>Urban area</i>	Miškai <i>Forests</i>	Šlapynės <i>Wetlands</i>	Ežerai <i>Lakes</i>
Dusia	65	0,9	7,7	3,2	23,2
Simnas	68,9	1,8	8,3	4,3	16,7
Žuvintas	47,1	1,2	10	29,2	12,5

Į Giluičio ežerą, kuris turi keturius nedidelius intakus, patenka dalis Simno miestelio nuotekų ir biogenų iš agrarinės ežero baseino dalies. Šis ežero vanduo atsinaujina palyginti lėtai (1 lent.).

Žemiau Simno ežero Bambena teka agrarine teritorija, o prieš pat Žuvintą ištiesinta vaga kerta žemapelkę. Pelkėje į Bambeną įteka Kiaulyčia, turinti žemės ūkyje intensyviai naudojamą 98 km² baseiną. Be Bambenos, į Žuvintą įteka Rudžio upelis, tačiau jis drenuoja tik Žuvinto pelkę.

Žuvinto, jo intakų ir kitų baseino ežerų hidrocheminiai tyrimai buvo pradėti 1953 metais (Klimkaitė, 1962). Šiuo laikotarpiu baseino ūkinis naudojimas buvo labai ekstensyvus – naudojama mažai trąšų ir chemikalų, pramoninės taršos objektų ir žuvininkystės tvenkinių nebuvo, daugelis pelkių buvo nesusausintos ir kt. Detalesni fosforo tyrimai Dovinės baseine prasidėjo tik 1985 metais. Tada fosforo kiekis buvo matuojamas Dusios, Simno ir Žuvinto ežeruose bei jų intakuose (Lietuvos TSR..., 1986). Šis laikotarpis priskirtinas intensyvios nesubalansuotos žemdirbystės laikotarpiui.

Norint nustatyti natūralų fosforo plovimą, reikėtų rasti Žuvinto baseine žemės ūkyje nenaudojamą ir taškinės taršos šaltinių neturinčią teritoriją. Žuvinto baseine ar greta jo tokių teritorijų nepavyko rasti, todėl natūraliam fosforo plovimui iš ekstensyviai naudojamo agrarinio kraštovaizdžio nustatyti buvo panaudoti XX a. 6–7 dešimtmečiais atliktų fosforo kiekio tyrimų duomenys.

Fosforo kiekiui antropogenizuotame Žuvinto baseine nustatyti buvo pasinaudota 2004–2005 m. hidrocheminių tyrimų duomenimis. 2004 metais, norint nustatyti žuvininkystės tvenkinių išleidžiamo vandens poveikį upės ir žemiau esančių ežerų vandens kokybei, spalio 8 d.–lapkričio 22 d. buvo tirta fosforo koncentracija vandenyje – nuo žuvininkystės tvenkinių iki Žuvinto ežero (1 pav.). 2005 metais, norint įvertinti fosforo kiekį skirtingose baseino dalyse, vandens tyrimai kartą per mėnesį buvo atliekami visame ežero baseine. Vandens mėginiai imti Dusios, Simno, Gilučio, Žuvinto ežeruose, įvairiuose upės skerspjūviuose (1 pav.), šalia upės ir ežerų esančių gyvenviečių šuliniuose, Simno nutekamųjų vandenų išleistuve, Simno žuvininkystės tvenkiniuose, uždarame tvenkinyje Simno miestelyje ir kritulių vandenyje.

Paimtuose vandens mėginiuose bendrasis fosforas (P_b) buvo nustatomas spektrometriniu metodu. Rūgščioje terpėje oksiduojant amonio persulfatu, bet kurio pavidalo vandenyje esantys fosforo junginiai buvo paverčiami tirpiu ortofosfatu, kurio koncentracija nustatoma molibdatu, redukuojant askorbo rūgštimi, kai dalyvauja stibio jonai. Mineralinis fosforas nustatomas rūgščioje terpėje ortofosfatui reaguojant su molibdatu. Redukavus šį junginį susidaro intensyvios mėlynos spalvos molibdeno kompleksas. Matuojant šio komplekso absorbciją nustatoma ortofosfato koncentracija (Fosforas, 1994).

Žuvinto baseine buvo paimta palyginti nedaug kritulių vandens mėginių, todėl, norint tiksliau įvertinti vidutinį fosforo kiekį krituliuose, papildomai buvo naudotasi fosforo matavimų kitų upių baseinuose duomenimis (Runoff..., 1994). Su krituliais iškritusio fosforo kiekis (PI , kgP m^{-1}) buvo skaičiuojamas pagal vidutinį fosforo kiekį krituliuose (mg l^{-1}) ir vidutinį metinį kritulių kiekį (mm) Lazdijų bei Žuvinto meteorologijos stotyse.

Įvertinant natūralią fosforo prietaką (SR'_N , kg m^{-1}) į limnoglacialinio reljefo upelius ir ežerus bei natūraliomis sąlygomis fosforo nuotėkį iš ežerų ($SR'_{N'}$, kgP m^{-1}), buvo pasinaudota ankstesniais fosforo kiekio Dovinės baseine tyrimais (Sūduvos..., 1960). 1960 metais buvo nustatyta, kad P_b kiekis Dusios ir kituose šio regiono ežeruose buvo labai mažas – iki $0,05 \text{ mgP l}^{-1}$ ir didėjo didėjant gyliui. Paviršiniame vandens sluoksnyje (iki 5 m gylio) dažniausiai fosforo visai nebuvo. Ežeruose P_b kiekis kito nuo $0,01$ iki $0,04 \text{ mgP l}^{-1}$ (Sūduvos..., 1960). Kiti šaltiniai (Tamošaitis, Klimkaitė, Lasinskas, 1986) taip pat nurodo, kad XX a. šeštame dešimtmetyje neužterštame ežere foninis P_b kiekis buvo apie $0,01$ – $0,02 \text{ mgP l}^{-1}$. Pagal tai buvo nustatyta vidutinė P_b koncentracija beveik natūraliomis sąlygomis (be pramonės, bet ekstensyvaus žemės ūkio sąlygomis): įtekančiuose į ežerus upeliuose – apie $0,05 \text{ mg l}^{-1}$, iš ežerų ištekančiuose – $0,02 \text{ mg l}^{-1}$. Paviršinis vandens nuotėkis buvo nustatytas pagal priimtą bendrą baseino hidromodulį – $5,8 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^2$ (Gailiušis, Jablonskis, Kovalenkoviėnė, 2001).

Žemės ūkio poveikis fosforo nuotėkiui buvo vertinamas naudojantis ankstesnių tyrimų medžiaga (Lietuvos TSR..., 1986) ir 2005 m. atliktų tyrimų mažuose agrariniuose subbaseinuose duomenimis.

Dėl antropogeninio poveikio žemiau ežero susidarancio fosforo kiekis (SR'_{ANT} , kg m^{-1}) buvo skaičiuojamas kaip skirtumas tarp realaus ir natūralaus (SR'_N) fosforo nuotėkio iš ežero.

Vertinant antropogeninę taršą buvo atsižvelgta ir į JAV vandens kokybės kriterijus (US Environmental..., 1986). Pagal juos, į ežerą įtekančios upės P_b kiekis neturi viršyti $0,05 \text{ mg l}^{-1}$, iš ežero ištekančios – $0,025 \text{ mg l}^{-1}$, o upėje, netekančioje per ežerą, – $0,1 \text{ mg l}^{-1}$.

Dalyje baseino, neturinčio paviršinio hidrografinio tinklo, yra tik gruntinio vandens nuotėkis. Čia fosforo nuotėkis (GD , kgP m^{-1}) buvo vertinamas pagal gruntinio vandens nuotėkio modulį ir fosforo koncentraciją gruntiniame vandenyje. Gruntinio vandens nuotėkis yra labai panašus visame Dovinės baseine – apie $2 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ (Симнишкайте, 1972).

2004–2005 metais buvo nustatytas labai didelis fosforo kiekis Spernios–Bambenos slėnyje esančių gyventojų šulinių vandenyje. Tai atspindi fosforo kiekį urbanizuotų teritorijų gruntiniame vandenyje. Todėl balansui buvo apskaičiuotas fosforo nuotėkis su gruntiniu vandeniu iš urbanizuotų teritorijų (DS , kgP m^{-1}), susidaręs dėl grunto erozijos, gyvenamųjų namų nuotekų sėmimo, srutų pylimo ir kitokios buitinės taršos. Jis buvo skaičiuojamas pagal urbanizuotų teritorijų plotą, vidutinį gruntinio nuotėkio modulį ir gruntinio vandens užterštumą urbanizuotose teritorijose.

Fosforo sulaikymas ežeruose (RET , kgP m^{-1}) buvo skaičiuojamas pagal skirtumą tarp ištekančio iš ežero ir į ežerą įvairiais būdais patenkančio fosforo kiekio.

Nustatant svarbiausius fosforo taškinis šaltinius buvo analizuojami 2004 ir 2005 metų tyrimų rezultatai. Analizė parodė, kad didžiausia fosforo prietaka, galinti turėti įtakos Simno ir Žuvinto ežerų eutrofikacijai, susidaro atkarpoje tarp Kalesninkų tvenkinio ir Simno ežero. Be minėtų fosforo šaltinių, šioje atkarpoje papildomai buvo nustatyti šie šaltiniai: Simno vandens valymo įrenginių išleidžiamas fosforo kiekis (MW , kgP m^{-1}) ir žuvininkystės tvenkinių fosforo nuotėkis (FI , kgP m^{-1}).

Fosforo nuotėkis (OF , kgP m^{-1}) iš Simno ir Žuvinto ežerų buvo apskaičiuotas 2004–2005 metų tyrimų duomenimis, o sulaikymas ežeruose (RET , kgP m^{-1}) nustatytas pagal tų metų fosforo kiekio balanso pajamų ir išlaidų skirtumą.

2. Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

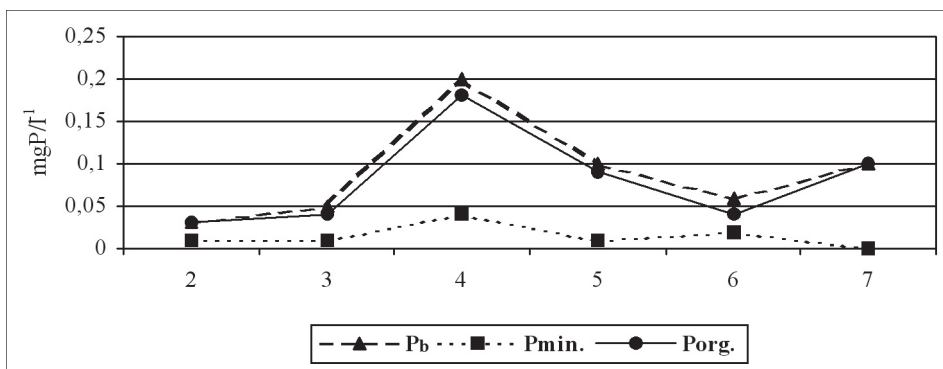
Intensyvios ir nedarnos žemdirbystės laikotarpiu, XX a. 7–9 dešimtmečiais, į Dusios ežerą iš agrarinių plotų su intakų vandeniu patekdavo apie 970 kgP m^{-1} ($0,18 \text{ kgP ha}^{-1}$). Pastaraisiais metais šis kiekis sumažėjo iki 700 kgP m^{-1} ($0,13 \text{ kgP ha}^{-1}$). Tuo tarpu iš ankstesnių tyrimų (Sūduvos..., 1960; Tamošaitis, Klimkaitė, Lasinskas, 1986) duomenų matyti, kad iš mažai antropogeniškai paveikto baseino į ežerą per intakus galėjo patekti tik apie 490 kgP m^{-1} ($<0,1 \text{ kgP ha}^{-1}$). Su krituliais ant ežero paviršiaus iškrinta apie $1420 \text{ kgP m}^{-1} P_b$. Dar apie $100\text{--}120 \text{ kgP m}^{-1}$ patenka su požeminiu nuotėkiu iš neurbanizuotos baseino dalies. Apie $20\text{--}40 \text{ kgP m}^{-1}$ taršą sukelia rytinėje ežero dalyje esančios gyvenvietės. Iš viso į Dusią su paviršiniu ir požeminiu nuotėkiu patenka tik $830\text{--}850 \text{ kgP m}^{-1}$ (vidutiniškai $0,1 \text{ kgP ha}^{-1}$). Tuo tarpu su krituliais ant ežero paviršiaus P_b iškrinta 1,7 karto daugiau.

Iš Dusios ežero ištekančiame vandenyje (2 pav., 2 taškas) vidutinis metinis bendrojo fosforo kiekis buvo $0,036 \text{ mgP l}^{-1}$ (maksimalus – $0,055 \text{ mgP l}^{-1}$). Tai nedaug viršijo neužterštų ežerų bendrojo fosforo kiekį (iki $0,03 \text{ mgP l}^{-1}$).

Vidutinis P_b nuotėkis iš Dusios ežero – $0,071 \text{ kgP ha}^{-1}$. Beveik $2/3$ į Dusią patekusio P_b (apie 1500 kgP m^{-1}) kaupiasi ežere.

Tarp Dusios ežero ir Simno žuvininkystės tvenkinių (1 pav., 3 taškas) fosforo kiekis kito labai panašiai – nuo $0,044$ iki $0,055 \text{ mgP l}^{-1}$. Didžiausias kiekis buvo nustatytas ne vegetacijos tarpsniu. Tuo tarpu vegetacijos metu fosforo kiekis svyravo tik nuo $0,017$ iki $0,039 \text{ mgP l}^{-1}$. Pagrindinis fosforo šaltinis šioje atkarpoje yra Kalesninkų gyvenvietė, kurioje nėra nuotekų surinkimo ir valymo įrenginių.

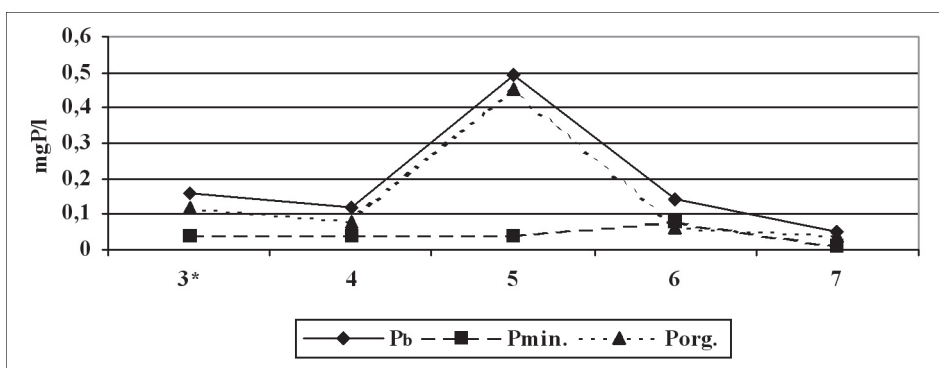
Atkarpoje nuo Dusios iki Simno ežero (1 pav., nuo 2 iki 4 taško) iš urbanizuotų teritorijų į upę su gruntiniu nuotėkiu patenka apie 150 kgP m^{-1} . Kai kurie Simno miestelio gyvenamieji namai ir visuomeninės paskirties pastatai prijungti prie centrinės nuotekų surinkimo ir valymo sistemos, tačiau dėl pasenusios valymo technologijos ir mažo



2 pav. Fosforo kiekio kaita išilginiame Spėrnios–Bambėnos pėjvyje 2005 metais: 2 – žemiau Dusios ežero; 3 – aukšėiau Simno žuvininkystės tvenkinių; 4 – aukšėiau Simno ežero; 5 – žemiau Simno ežero; 6 – aukšėiau Žuvinto, 7 – žemiau Žuvinto

Fig. 2. Phosphorus distribution in the longitudinal section of Spėrnia–Bambėna in 2005: 2 – downstream from the Dusia Lake; 3 – upstream from the Simnas fishery ponds; 4 – upstream from the Simnas Lake; 5 – downstream from the Simnas Lake; 6 – upstream from the Žuvintas Lake; 7 – downstream from the Žuvintas Lake

pajėgumo nuotekos neišvalomos iki reikiamo lygio. Į Simno ežerą iš valymo įrenginių išleidžiamose nuotekose bendrojo fosforo koncentracija siekia $2,76 \text{ mgP l}^{-1}$, $P_{org.} - 0,333 \text{ mgP l}^{-1}$, $P_{min.} - 2,43 \text{ mgP l}^{-1}$. 2004–2005 metais iš Simno miestelio nuotekų sistemos į Simno ežerą buvo išleista apie 100 kgP m^{-1} (MW). Šioje upės atkarpoje didokas fosforo šaltinis yra Simno žuvininkystės tvenkiniai. Kadangi nėra griežto žuvininkystės tvenkinių vandens išleidimo grafiko ir patikimos išleidžiamo vandens nuotėkio bei kokybės stebėsenos, gana sunku tiksliau įvertinti iš žuvininkystės tvenkinių patenkanėio fosforo kiekį. Tvenkinių vanduo išleidžiamas maždaug per du mėnesius, taėiau labai netolygiai. Dėl to nepavyko paimti vandens mėginių esant didžiausiam išleidžiamo vandens debitui, taėiau net išleidžiant mažą vandens kiekį, žemiau žuvininkystės tvenkinių (3 pav., 3* taškas) P_b fosforo koncentracija svyravo nuo 0,07 iki 0,42 mgP l^{-1} , $P_{min.}$ – nuo 0,03 iki 0,05 mgP l^{-1} , $P_{org.}$ – 0,03 iki 0,39.



3 pav. Fosforo kaita Dovinės išilginiame pėjvyje 2004 metais: 3* – Spėrnia žemiau Simno žuvininkystės tvenkinių, 4 – aukšėiau Simno ežero; 5 – žemiau Simno ežero; 6 – aukšėiau Žuvinto, 7 – žemiau Žuvinto

Fig. 3. Phosphorus variations in the longitudinal section of Dovinė in 2004: 3* – Spėrnia downstream from the Simnas fishery ponds; 4 – upstream from the Simnas Lake; 5 – downstream from the Simnas Lake; 6 – upstream from the Žuvintas Lake; 7 – downstream from the Žuvintas Lake

Jeigu Spėrnioje iš žuvininkystės tvenkinių išleidžiamas vanduo P_b koncentraciją padidina nuo 0,04 iki 0,16 mgP l^{-1} , iš tvenkinių į upę per du tvenkinių išleidimo mėnesius patenka apie 630 kg fosforo. Taėiau žinant, kad tam tikromis tvenkinių vandens išleidimo fazėmis teka labai drumstas vanduo, galima manyti, kad su skendinėiosiomis ir ištirpusiomis medžiagomis iš žuvininkystės tvenkinių išleidžiamas daug didesnis P_b kiekis. Kita vertus,

išleidžiant tvenkinius ir po jų išleidimo žemiau Simno P_b kiekis vandenyje padidėja net 4 kartus (3 pav., 5 taškas). Darant prielaidą, kad išleidžiant tvenkinių vandenį Simno ežere susikaupęs P_b vėliau, maždaug per du mėnesius, išnešamas iš ežero, apskaičiuota, kad per šį laikotarpį iš Simno ežero išnešamas fosforo kiekis sudaro 2640 kgP m⁻¹. To kiekio apie 270 kgP m⁻¹ yra su SR_N , SR_{ANT} , DS , PI ir MW patekęs fosforas (3 ir 4 lygtys). Labai sunku įvertinti, kiek fosforo per šiuos du mėnesius susikaupia ežere. Jeigu fosforas ežere sulaikomas tolygiai visus metus, tai, 2005 m. fosforo balanso duomenimis, Simno ežere per du mėnesius sulaikoma apie 350 kgP. Tokiu atveju fosforo prietaka iš žuvininkystės tvenkinių turėjo būti apie 2020 kgP m⁻¹ (3 lygtis). Taigi labai didelis fosforo nuotėkis iš žuvininkystės tvenkinių gali būti viena ekstremalaus fosforo kiekio padidėjimo Spernios atkarpoje tarp žuvininkystės tvenkinių ir Simno ežero (2 pav., 4 taškas) priežasčių.

$$5490 IF - 3100 OF = 2390 RET \quad (1)$$

$$5160 SR + 180 GD + 150 PI - 3100 OF = 2390 RET \quad (2)$$

$$1400 SR_N + 3760 SR_{ANT} + 180 GD + 150 PI - 650 SR'_N - 2450 SR'_{ANT} = 2390 RET \quad (3)$$

$$3760 SR_{ANT} = 150 DS + 100 MW + 2020 FI + 1490 SR_{AGR} \quad (4)$$

Be Spernios upelio, kuris į Simno ežerą atneša 4870 kgP m⁻¹, dar apie 290 kgP m⁻¹ patenka iš Giluičio ežero (2 lygtis – SR). Į Giluičio ežerą, lyginant su Dusia, didesnis fosforo kiekis patenka dėl intensyviau naudojamo jo agrarinio baseino – 0,255 kgP m⁻¹ ha. Nuleidžiant Simno žuvininkystės tvenkinius, iš Simno ežero ištekančiame vandenyje P_t koncentracija ypač didelė (iki 1,215 mg/l⁻¹). Labiausiai ji padidėja spalio antroje pusėje – praėjus maždaug 1–1,5 mėnesio nuo ežero vandens leidimo pradžios. Vadinasi, Simno ežeras palaipsniui kaupia išleidžiamų žuvininkystės tvenkinių fosforą (IF). Į mezotrofinį Simno ežerą patenka apie 5490 kgP m⁻¹, šiek tiek mažiau nei pusė šio kiekio sulaikoma ežere (1 lygtis). Išleidžiant tvenkinių vandenį Simno ežere eutrofikaciją ribojantis biogenas buvo azotas, nes P:N santykis siekė 1/2. Simno ežero vanduo pasikeičia maždaug per 2 mėnesius, todėl iki pavasario potvynio ežero vandenyje fosforo sumažėja, o vidutinės metinės fosforo ir azoto koncentracijos santykis buvo jau 1/20. Simno ežerą, kuriame per metus fosforo sulaikoma beveik 4 kartus daugiau nei labai panašaus dydžio Giluičio ežere, dėl intensyvaus fosforo kaupimosi nuosėdose ir ypač greitos ežero eutrofikacijos galima priskirti probleminiams ežerams. Simno vanduo nepajėgia apsivalyti nuo jame esančio fosforo, todėl per metus iš jo papildomai išnešama apie 2450 kgP m⁻¹ (3 lygtis).

$$4680 IF - 2160 OF = 2520 RET \quad (5)$$

$$3880 SR + 190 GD + 610 PI - 2160 OF = 2520 RET \quad (6)$$

$$2580 SR_N + 1300 SR_{ANT} + 190 GD + 610 PI - 1260 SR'_N - 900 SR'_{ANT} = 2520 RET \quad (7)$$

Tarp Simno ir Žuvinto ežerų fosforo kiekis Spernios upės vandenyje šiek tiek sumažėja. Tai gali lemti palyginti natūralus ir užpelkėjęs šios upelio atkarpos slėnis. Čia pats didžiausias fosforo kiekis (0,376 mg/l⁻¹) nustatytas žuvininkystės tvenkinių vandens išleidimo pabaigoje. Iš Žuvinto ežero ištekančioje Dovinėje P_b kiekis buvo labai mažas net išleidžiant žuvininkystės tvenkinių vandenį, ir tik kartą (2004-10-11) viršijo 0,01mg/l⁻¹. Vadinasi, ežeras sulaiko didesnę dalį iš žuvininkystės tvenkinių patenkančio fosforo. Pastaraisiais metais į ežerą pateko 4680 kgP m⁻¹, su nuotėkiu buvo išnešta nuo 2160 kgP m⁻¹, sulaikyta 2520 kgP m⁻¹ (5 lygtis). Didžiausią fosforo balanso pajamų dalį sudaro į ežerą su paviršiniu nuotėkiu patenkantis fosforas, su krituliais patenka apie 13%, o su požeminiu nuotėkiu – apie 5% fosforo (6 lygtis). Beveik 2/3 į ežerą atnešamo fosforo yra antropogeninės kilmės. Ežeras nepajėgia apsivalyti nuo vandenyje esančio fosforo, todėl per metus iš Žuvinto papildomai išnešama apie 900 kgP (7 lygtis).

Apibendrinimas

2004–2005 m. Žuvinto ežero baseine buvo atlikti fosforo tyrimai. Vandens mėginiai buvo imami 4 didžiuosiuose baseino ežeruose, jų intakuose ir ištakose, kitose Spernios–Bambenos upės atkarpose, urbanizuotų teritorijų šachtiniuose šuliniuose, krituliuose ir kt. Gauti duomenis buvo panaudoti įvertinant Žuvinto baseino ežerų fosforo balansą ir nustatant reikšmingiausius fosforo šaltinius.

Natūraliomis sąlygomis į Žuvinto baseino hidrografinį tinklą per metus turėtų patekti apie 3160 kg P, tačiau tyrimais nustatyta, kad šis kiekis viršijamas keletą kartų. Vien keturiuose didžiuosiuose baseino ežeruose per metus sulaikoma daugiau nei du kartus didesnis fosforo kiekis (6930 kg P). Didžiausias jo kiekis sulaikomas Žuvinto (36%) ir Simno ežeruose (34%). Nustatyta, kad apie 40% viso Simno ir Žuvinto ežeruose sulaikyto fosforo patenka iš Simno žuvininkystės tvenkinių.

Spernios upeliu į Simną patenkantis fosforas beveik tris kartus viršija natūralų fosforo nuotėkį. Paviršinis fosforo nuotėkis į Žuvinto ežerą yra apie 50% didesnis už natūralųjį.

Įvertinus Žuvinto baseine sulaikyto ir iš jo išnešamo fosforo kiekį, matyti, kad baseine antropogeninės kilmės fosforo yra 2–3 kartus daugiau nei natūralios kilmės. Autorių nuomone, šis reiškinys yra viena pagrindinių Simno ir Žuvinto ežerų sparčios eutrofikacijos priežasčių.

Padėka

Autoriai dėkoja *PIN-Matra* projekto rėmėjams ir vykdytojams už finansinę paramą ir kolegiską bendradarbiavimą atliekant Dovinės baseino tyrimus. Taip pat dėkingi Lietuvos gamtos paveldo fondui, Alytaus rajono savivaldybei ir Žuvinto biosferos rezervato darbuotojams už geranorišką pagalbą ir vertingus patarimus.

Literatūra

- Bieliukas K., Stanaitis A.** (1962). Žuvinto ežero morfometrinių rodiklių kitimas: Moksliniai praneš. Ežerotyra, t. 14, sąs. 2, p. 39–62.
- Gailiūšis B., Jablonskis J., Kovalenkoviėnė M.** (2001). Lietuvos upės: hidrografija ir nuotėkis, Kaunas: Lietuvos energetikos institutas, 790 p.
- Gergel S. E., Turner M. G., Miller J. R., Melack J. M., Stanley E.H.** (2002). Landscape Indicators of Human Impacts to Riverine Systems, *Aquatic Sciences*, Vol. 64, p. 118–128.
- Holton H., Kamp-Nielsen L., Stuanes A. O.** (1988). Phosphorus in Soil, Water and Sediment: An overview, *Hydrobiologia*, Vol. 170, p. 19–34.
- Fosforas** (1994). Unifikuoti nuotėkų ir paviršinių vandenų kokybės tyrimo metodai, I dalis. Cheminiai analizės metodai/LR Aplinkos apsaugos m-ja, Vilnius, p. 117–122.
- Klimkaitė I.** (1962). Žuvinto ežero nuosėdų cheminė charakteristika: Moksliniai praneš. Ežerotyra, t. 14, sąs. 2, p. 139–162.
- Lietuvos TSR** ežerų eutrofikacijos tyrimai ir jų raidos prognozė: Zoologijos ir parazitologijos in-to Geografijos sk. ataskaita (1986), 266 p.
- Runoff of Nutrients from Minija River Basin: Final Report of VKI (Denmark), GI and KU (Lithuania)** (1994), 105 p.
- Sūduvos** aukštumų ežerų fizinė geografinė charakteristika. Geologijos ir geografijos in-to ataskaita, (1960) 257 p.
- Taminskas J.** (2001). Bendrojo fosforo ir azoto kaita Lietuvos ežeruose, *Geografijos metraštis*, t. 34(1), p. 31–41.
- Taminskas J., Linkevičienė R.** (2003). Šventosios aukštupio ūkinio naudojimo poveikis Sartų ežero vandens kokybei, *Geografijos metraštis*, t. 36(1), p. 34–44.
- Taminskas J., Linkevičienė R., Žikulinas J.** (2005). Antropogeninis poveikis Žuvinto ežerui: hidrografinio tinklo pertvarkymai, *Geografijos metraštis*, t. 38(1), p. 167–171.
- Tamošaitis J. Klimkaitė I., Lasinskas M.** (1986). Antropogenizacijos įtaka Žuvinto ežero režimui, *Geografijos metraštis*, t. 22–23, p. 167–171.
- US Environmental Protection Agency** (1986). Quality Criteria for Water. US EPA Rep. 440/5-86-001. US EPA, Office of Water Regulations and Standards US. Gov. Print. office (PT87-226759).
- Симнишкайте И. Ч.** (1972). Подземный сток в реках Советской Литвы и Калининградской области РСФСР: Автореф. дис. канд. геогр. н., Вильнюс, 27 с.

Julius Taminskas, Rita Linkevičienė, Rasa Šimanauskienė
Institute of Geology and Geography, Vilnius

Sources and Loads of Phosphorus in the Žuvintas Catchment

Summary

Approximately until the last decade of the 20th century, the loads of nitrogen and phosphorus in many Lithuanian lakes had been high due to unsustainable agriculture. High concentrations of the mentioned chemicals were responsible for rapid eutrophication processes. The Žuvintas Lake situated in the Žuvintas Biosphere Reserve can be mentioned as one of such lakes. In 1934–1960, its area had been annually reducing by about 0.2 ha and the water volume during the same time span had reduced almost twice. The same tendencies continued in the second half of the century. The lake area reduced due to expanding overgrowths of macrophytes. High inputs of biogens, phosphorus in particular, and organic material are one of the main causes of macrophytes flourishing. It was determined that since 1953 until 1985, the concentration of N_{\min} in the Bambena tributary of Žuvintas had increased twice and the concentration of P_{\min} had increased even by ten times. Recently, the input of phosphorus and eutrophication have noticeably intensified in the Simnas Lake situated upstream from Žuvintas.

The present work deals with the main sources of phosphorus in the Žuvintas Lake catchment. In 2004–2005, the water samples were taken from the four largest lakes of the basin, their effluents and influents, other sections of the Spernia–Bambena River, wells of urban areas, precipitation, etc. In 2004, the investigation was carried out only at the time of draining of the Simnas fishery ponds and in 2005 throughout the year. The obtained data were used for evaluation of phosphorus balance in the lakes of Žuvintas catchment and for determining the main sources.

It was determined that phosphorus input into the Simnas Lake with the waters of Spernia stream more than three times exceeds the natural phosphorus loads. The surface input of phosphorus into the Žuvintas Lake is by 50% higher than the natural one. About 40% of phosphorus input into the Simnas and Žuvintas lakes comes from the Simnas fishery ponds.

The content of anthropogenic phosphorus in the Žuvintas catchment exceeds the content of natural phosphorus by 2–3 times. This is, presumably one of the causes of rapid eutrophication of the lake.