

Vandens temperatūros pasiskirstymą per metus apibūdinančių rodiklių taikymo Lietuvos upėse galimybės

Gintaras Valiuškevičius,

Donata Milonaitytė

Vilniaus universitetas,
M. K. Čiurlionio g. 21, 03101 Vilnius
El. paštas: donata.milonaityte@gf.stud.vu.lt;
gintaras.valiuskevicius@gf.vu.lt

Valiuškevičius G., Milonaitytė D. Vandens temperatūros pasiskirstymą per metus apibūdinančių rodiklių taikymo Lietuvos upėse galimybės. *Geologija. Geografija*. 2018. T. 4(3). ISSN 2351-7549.

Straipsnyje nagrinėjami rodikliai, apibūdinantys vandens temperatūros pasiskirstymą per metus ir jų pritaikymo Lietuvos upių klasifikavimui pagal terminį režimą galimybės. Tyrimo metu nagrinėta informacija iš 12 VMS, apibūdinančių skirtingu hidrologiniu režimu ir baseinų rodikliais pasižyminčias upes, reprezentuojančias įvairius šalies regionus. Analizei naudoti duomenys, atskleidžiantys 2007–2016 m. vidutinę paros vandens temperatūrą. Pagal juos apskaičiuotos svarbiausios temperatūros kaitos statistinės charakteristikos, nubrėžtos temperatūros trukmės kreivės, vidutinių dešimtadienio temperatūrų pasiskirstymo per metus grafikai, pirmą kartą nustatyti H-indeksu principu apskaičiuojami vandens temperatūros indeksai. Atsižvelgiant į vandens temperatūros matavimo metodinius pokyčius po stočių automatizavimo ir į tai, kad kol kas Lietuvoje taikomos upių klasifikacijos pagal terminį režimą menkai atsižvelgia į vandens temperatūros pasiskirstymą per metus (kuris itin svarbus apibūdinant ekologines sąlygas), siūloma plėtoti klasifikacijos metodiką pasitelkiant temperatūros trukmės kreives ir temperatūros indeksus. Tikimasi, kad ateityje, praplėtus tyrimų arealą ir išanalizavus ilgesnes duomenų sekas, šių rodiklių (ypač vandens temperatūros indekso) taikymas palengvins upių ekologinių sąlygų vertinimą pagal vandens temperatūros kriterijus.

Raktažodžiai: vandens temperatūra, Lietuvos upės, temperatūros indeksas, temperatūros pasiskirstymas per metus, H-indeksas

ĮVADAS

Vandens temperatūra – vienas iš svarbiausių hidroekosistemos būklės rodiklių. Nuo to, kiek išyla vanduo, priklauso daugelis hidrofizinių, hidrocheminių, hidrobiologinių savybių ir procesų. Pastaruoju metu vandens temperatūra dažnai naudojama ir kaip klimato kaitos indikatorius, charakterizuojan-

tis upių bei ežerų vandens režimo pokyčius (Langan ir kt., 2001; Van Vliet ir kt., 2013).

Upių vandens temperatūros tyrimai ypač aktualūs analizuojant jų atitikimą įvairių organizmų gyvenimo sąlygoms. Nagrinėjant terminius rodiklius šiuo aspektu, dažniausiai domimasi šaltamėgių žuvų populiacijos parametrų priklausomybe nuo vandens temperatūros charakteristikų

(Gonia ir kt., 2006; Hari ir kt., 2006). Prieš kelio-liką metų buvo mėginama įtraukti vandens temperatūros rodiklius ir į Lietuvos paviršinių vandenų klasifikacijos sistemą (Ansbæk, Valatka, 2001), bet Bendrosios vandens politikos direktyvos (BVPD) pagrindu sukurtame vandens telkinių etaloninių sąlygų apraše (Lietuvos Respublikos..., 2005) jie nenaudojami. Šia tema mūsų šalyje būta pavienių tyrimų, kuriuose analizuotas upių atitikimas ekologinėse klasifikacijose minimiems ribinių vandens temperatūrų kriterijams (Vanagaitė, Valiuškevičius, 2011), atliktas upių klasifikavimas pagal vidutinę daugiametę vandens temperatūrą, sudarant galimybes įvertinti neištirtų upių terminius rodiklius (Jablonskis, Jurgelėnaitė, 2010), bei nagrinėti vandens temperatūrą šiltuoju metų laiku lemiantys veiksniai (Jurgelėnaitė, Jakimavičius, 2014).

Plačiau Lietuvoje tirti klimato kaitos procesų poveikio upių vandens temperatūros pokyčiams klausimai. Galimus mūsų šalies upių vandens temperatūros pokyčius ne kartą yra analizavusi A. Jurgelėnaitė. Jos (vienos ir su bendraautorais) darbuose ypač daug dėmesio skiriama įvairiu hidrologiniu režimu pasižyminčių upių temperatūros rodiklių prognozėms XXI a., taikant skirtingus klimato kaitos scenarijus aprašančius modelius. Tyrimų rezultatai rodo, kad, nepriklausomai nuo prognozei naudoto modelio, XXI a. pabaigoje daugumoje Lietuvos upių vandens temperatūros vidurkis bus padidėjęs nuo keliolikos iki keliasdešimties procentų (2–3 °C), palyginti su šiandieniniais duomenimis (Jurgelėnaitė, Jakimavičius, 2014; Jurgelėnaitė, 2015). Pasinaudodama 1945–2010 m. laikotarpio matavimų duomenimis, autorė taip pat tyrė šiuo metu vyraujančias vandens temperatūros kaitos tendencijas (Jurgelėnaitė ir kt., 2012). Panaši analizė, naudojant trumpesnes duomenų sekas, buvo atliekama ir anksčiau skelbtuose darbuose (Glavnoe upravlenie..., 1969; Kilkus, Valiuškevičius, 2001). Šie tyrimai padėjo nustatyti šiltu, vėsiu ir šaltu vandeniu išsiskiriančių upių vandens temperatūros reakciją į aplinkos veiksnius lemiančias priežastis, išryškinti pokyčių ypatumus, padėjo įvertinti vandens temperatūrą apibūdinančių duomenų patikimumo ribas ir atrinkti homogeniškumu pasižyminčias vandens temperatūros duomenų sekas.

Nemažai dėmesio šalies mokslininkai skyrė tyrimams, kuriuose nagrinėjamas upių ir jų baseinų fizinių geografinių sąlygų bei jų antropogeninio

įsisavinimo lygmens poveikis vandens terminiam režimui. Detaliai išanalizuotos bendrosios charakteristikos, lemiančios įvairaus dydžio upių vandens temperatūrą skirtinguose Lietuvos regionuose (Grižienė ir kt., 1983; Jablonskis, Jurgelėnaitė, 2010), ypač akcentuojant tvenkinių poveikio upių terminiam režimui problematiką (Rimavičiūtė, 2000a; 2000b; Meilutytė-Barauskienė ir kt., 2005). Kai kuriuose baseinuose tirtas temperatūros poveikis upių vandens fizikinėms-cheminėms savybėms (Kilkus, 2006). Pastaraisiais metais Lietuvoje atliktuose tyrimuose mėginama atkreipti dėmesį į vandens temperatūros svarbą upių ekologinėms sąlygoms (Višinskienė, Bernotienė, 2012; Bernotienė, Bartkevičienė, 2013; Kesminas ir kt., 2015), tačiau tokių darbų kol kas negausu.

Panašios problemos dažnai analizuojamos ir kaimyninėse valstybėse, kas rodo, jog kol kas Šiaurės Europos regione upių terminio režimo tyrimai koncentruoti į pirminės problematikos išryškini- mą: domimasi vandens temperatūrą lemiančiomis priežastimis, jos svyravimų periodiškumu, dabartinėmis kaitos tendencijomis ir galimais pokyčiais ateityje. Ypač daug tokio pobūdžio darbų pastaraisiais metais yra paskelbę Lenkijos tyrėjai (Ptak ir kt., 2015; Rajwa-Kuligiewicz ir kt., 2015; Marszelewski, Pius, 2016; Graf, 2018). Svarbių rezultatų pasiekta ir tiriant didžiąsias Europos upes: Reiną (Hardenbicker ir kt., 2017), Rūrą ir Masą (Pyka ir kt., 2016), Elbę ir Dunojų (Markovic ir kt., 2013). Kita vertus, Europoje vis daugiau dėmesio skiriama tyrimams, nagrinėjantiems vandens temperatūros poveikį upės ekosistemos būklei. Dažniausiai analizei pasirenkamos specifinės faunos rūšys, indikuojančios bendrą ekosistemos reakciją (Daufresne, Boët, 2007; Leuven ir kt., 2011; Krolak ir kt., 2017).

Šiandienis problemos pažinimo lygmuo ir vyraujančios tyrimų tendencijos sufleruoja, kad viena aktualiausių temų šioje srityje yra upių klasifikacijos pagal terminius rodiklius tobulinimas. Skirstant upes pagal vandens temperatūrą, dauguma atvejų naudojamas vienas parametras (vidutinė temperatūra, upės šilumos atsargos ir pan.). Tokiu principu sudarytos klasifikacijos dažniausiai turi vieną trūkumą – menkai atspindi vandens temperatūrų pasiskirstymą ir neparodo, kokios metų ar atskirų sezonų temperatūros upei labiausiai būdingos. Apibūdinant hidroekosistemos būklę būtent šios charakteristikos yra itin svarbios. Tobulinant

upių klasifikacijos pagal terminį režimą principus, taip pat svarbu atsižvelgti į tai, kad per kelis pastutinius metus Lietuvoje (kaip ir daugelyje kaimyninių šalių) smarkiai pakito vandens temperatūros matavimo metodika: automatizavus vandens matavimo stotis (VMS), gaunami duomenys, kurie dažnai nereprezentuoja pagrindinio srauto terminų sąlygų ir yra labiau priklausomi nuo vietinių veiksnių.

Šiame darbe, analizuojant įvairių regionų ir skirtingo dydžio Lietuvos upes, mėginama pateikti upių klasifikavimui pagal terminį režimą labiausiai tinkamus rodiklius. Pirmą kartą upių terminio režimo apibūdinimui pasitelktas h indekso (Hirsch, 2005) principu skaičiuojamas temperatūros indeksas. Ateityje apdorojus daugiau informacijos ir naudojantis šiais parametrais ti-

kimasi suklasifikuoti šalies upes pagal temperatūros pasiskirstymą per metus, kas leistų išryškinti skirtingomis hidroekologinėmis sąlygomis pasižyminčias vandentėkmes.

DUOMENYS IR METODIKA

Darbe naudoti 12 VMS, išsidėsčiusių prie skirtingo dydžio upių įvairiuose Lietuvos regionuose, vandens temperatūros duomenys. Pasirenkant upes stengtasi, kad jos pasižymėtų kuo įvairesnėmis baseinų fizinėmis geografinėmis sąlygomis, morfometriniais rodikliais, maitinimo režimu ir reprezentuotų didžiąją dalį šalies vandentėkmių tipų (1 lentelė). Kadangi naudoti kasdieniai vandens temperatūros duomenys, kurių didžioji dalis yra gauta naudojant automatinę matavimo įrangą,

1 lentelė. Pagrindiniai analizuotų upių baseinų morfometriniai ir fiziniai geografiniai rodikliai (Gailiusis ir kt., 2001)

Table 1. The main morphometric and physical geographical indicators of analyzed river basins (Gailiusis et al., 2001)

Upė River	Vandens matavimo stotis (VMS) Water gauging station (WGS)	Aukščiau VMS esancio upės ruožo ilgis (km) Length of the river section higher WGS (km)	Baseino plotas (km ²) Catchment area (km ²)	Ežeringumas (%) Part of lakes area in catchment (%)	Pelkėtumas (%) Part of bogs area in catchment (%)	Miškingumas (%) Part of forests area in catchments (%)	Smėlingumas (%) Part of sandy grounds in catchments (%)
Nemunas	Smalininkai	825	81 200	1,5	15	20	–
Merkys	Puvočiai	189	4 220	0,9	10	46	67
Skroblus	Dubininkas	14	71	0,1	2	94	95
Neris	Jonava	471	24 600	2,4	10	28	–
Šventoji	Ukmergė	206	5 440	3,8	9	12	30
Dubysa	Lyduvėnai	56	1 130	0,7	13	14	20
Šešupė	Kudirkos Naumiestis	183	3 210	2,0	11	17	10
Minija	Kartena	109	1 230	1,4	8	20	12
Svyla	Guntauninkai	52	164	0,4	8	9	5
Mūša	Žilpamūšis	115	4 910	0,5	5	15	2
Yslykis	Kyburiai	14	74	0	1	4	0
Bartuva	Skuodas	52	612	0,2	5	3	3

pasirenkant upes nuspręsta nekreipti dėmesio į galimą vietinių veiksnių (vagos užžėlimo, išsekimo, aukščiau VMS esančių tvenkinių ir pan.) poveikį. Tokį sprendimą lėmė dvi priežastys: 1) automatizavus VMS, daugelyje jų gaunami duomenys labiau atspindi trumpo upės ruožo ar net konkretaus vagos taško, o ne pagrindinės vandens srauto dalies temperatūrą; 2) turima informacija neleidžia tiksliai nustatyti, kuriose VMS temperatūros davikliai yra labiau veikiami vietinių sąlygų nei kitur (tai mažai priklauso nuo upės dydžio, debito ir panašių charakteristikų, bet yra glaudžiai susiję su daviklio įrengimo vietai būdingomis savybėmis).

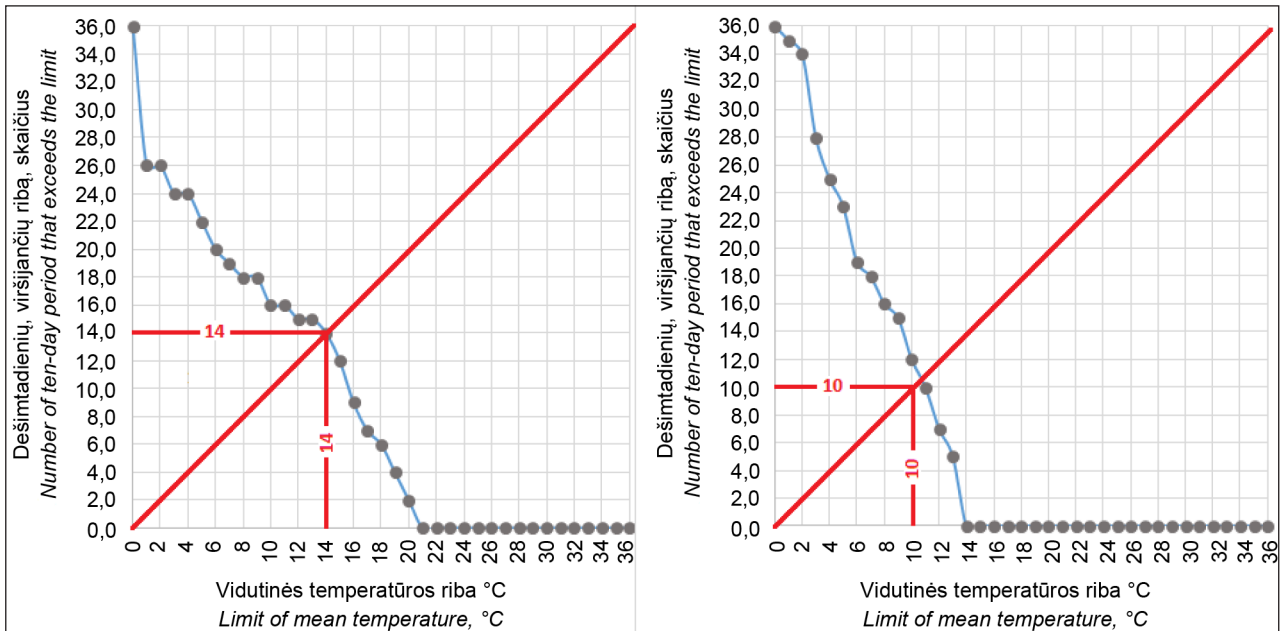
Tyrimas paremtas 2007–2016 m. vidutinės paros vandens temperatūros duomenimis. Tiriamojo laikotarpio pasirinkimą lėmė duomenų pasiekiamumas ir homogeniškumas. Iki XXI a. pirmojo dešimtmečio pabaigos daugumoje prie Lietuvos upių veikiančių VMS temperatūros matavimai buvo vykdomi du kartus per parą šiltuoju metų laiku. Vėliau, automatizavus stotis, matavimai vykdyti ištisus metus, o duomenys registruoti žymiai dažniau. Be to, ankstesnių metų vandens temperatūros matavimų rezultatai Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos (LHMT) archyve saugomi popieriniu formatu ir yra sunkiai prieinami („Hidrologiniuose metraščiuose“ pateikiama tik vidutinė dešimtadienio temperatūra), o nuo 2007 m. daugumos stočių duomenys archyvuojami kompiuterių laikmenose. 2007–2016 m. sukaupti duomenys metodiškai nėra vienalyčiai: per tą laiką beveik visose VMS pereita nuo rankinių matavimų (kai vandens temperatūrą matuodavo stebėtojas) prie automatinų matavimo įrenginių. Žinant datas, nuo kurių konkrečiose VMS temperatūra pradėta registruoti automatiškai, buvo mėginama patikrinti rankinių ir automatinio būdu gautų duomenų sekos dalių homogeniškumą. Patikrai pasitelkti 5 % reikšmingumo kritines reikšmes atitinkantys Fišerio ir Stjudento kriterijai. Nei vienos analizuotos VMS duomenų sekose vienalytiškumo pažeidimų nenustatyta. Spėtina, kad duomenų sekų homogeniškumą padėjo užtikrinti LHMT naudotos duomenų korekcijos: daugelyje stočių, įdiegus automatinis matavimo įrenginius, vandens temperatūra tam tikrą laiką papildomai matuota ir stebėtojų, į jų matavimų rezultatus buvo atsižvelgiama skaičiuojant vidutinę paros temperatūrą (tam tikrais atvejais įvestos pataisos). Vis dėlto būtina pripažinti, kad, analizuojant vos 10 metų trukmės laikotarpį

su metodiškai nevienalyčiais duomenimis, gauti rezultatai gali būti vertinami tik kaip apytikriai. Todėl šiame tyrime gautų rezultatų nederėtų traktuoti kaip tikslių reikšmių: pagrindinis darbo tikslas buvo išryškinti esmines tam tikrų terminų upių režimą apibūdinančių rodiklių savybes, pagal kurias vėliau galima būtų tobulinti upių terminės klasifikacijos schemą.

Iš kasdienių 2007–2016 m. duomenų buvo apskaičiuoti šie statistiniai temperatūros rodikliai: maksimali ir vidutinė vandens temperatūra, vidutinė temperatūros suma per metus, temperatūros standartinis nuokrypis, pirmo, antro ir trečio kvartilų ribas reprezentuojančios temperatūros reikšmės (Q1, Q2, Q3), trečio ir pirmo kvartilų reikšmių skirtumas (Q3–Q1). Remiantis šio laikotarpio duomenimis, buvo sudaromos vandens temperatūros trukmės kreivės, parodančios, kiek laiko upėje trunka laikotarpis, kai temperatūra yra aukštesnė už tam tikrą ribą. Duomenys apie vidutinę paros vandens temperatūrą naudoti ir analizuojant vidutines dešimtadienio vandens temperatūras: pagal juos apskaičiuoti dešimtadienių temperatūros vidurkiai ir nubrėžti jų kaitą per metus apibūdinantys grafikai.

Iš 2007–2016 m. dešimtadienių vandens temperatūros vidurkių apskaičiuoti vandens temperatūros indeksai (1 pav.). Temperatūros indekso skaičiavimui pasitelkta schema, primenanti gerai žinomo bibliometrinio rodiklio H-indekso (Hirsch, 2005) skaičiavimo principą. Upės temperatūros indeksu šiame tyrime laikėme skaičių x , rodantį, kiek dešimtadienių per metus vidutinė dešimtadienio vandens temperatūra yra didesnė už x . Tai reiškia, kad didesniu temperatūros indeksu pasižyminčiose upėse (lyginant su upėmis, kurių indekso reikšmė mažesnė) vanduo ilgesnį laiką būna šiltas.

Teoriškai temperatūros indeksas gali svyruoti nuo 0 (jei nei vieno tų metų dešimtadienio vidutinė vandens temperatūra neviršija 1 °C) iki 36 (jei visus 36 metų dešimtadienius vandens temperatūra yra aukštesnė kaip 36 °C). Pabrėžtina, kad dešimtadienis – sąlyginis pavadinimas, jis trunka ne būtinai 10 dienų: pavyzdžiui, sausio paskutinis dešimtadienis trunka 11 dienų, o vasario paskutinis dešimtadienis – 8 arba 9 dienas. Vertinant indeksą buvo operuojama tik sveikais skaičiais, t. y. neatsižvelgta į nepilnas dešimtadienio dalis, o viršijamų temperatūros reikšmių laiptas buvo



1 pav. 2009 m. vandens temperatūros indekso skaičiavimo Mūšoje ties Žilpamūšiu (kairėje) ir Skrobluje ties Dubininku (dešinėje) pavyzdžiai. Indekso vertės nustatymo metodika aprašyta tekste

Fig. 1. Examples of calculating the water temperature index for 2009 in the Mūša-Žilpamūšiai (on the left) and Skroblus-Dubininkas (on the right). The methodology for determining the index value is described in the text

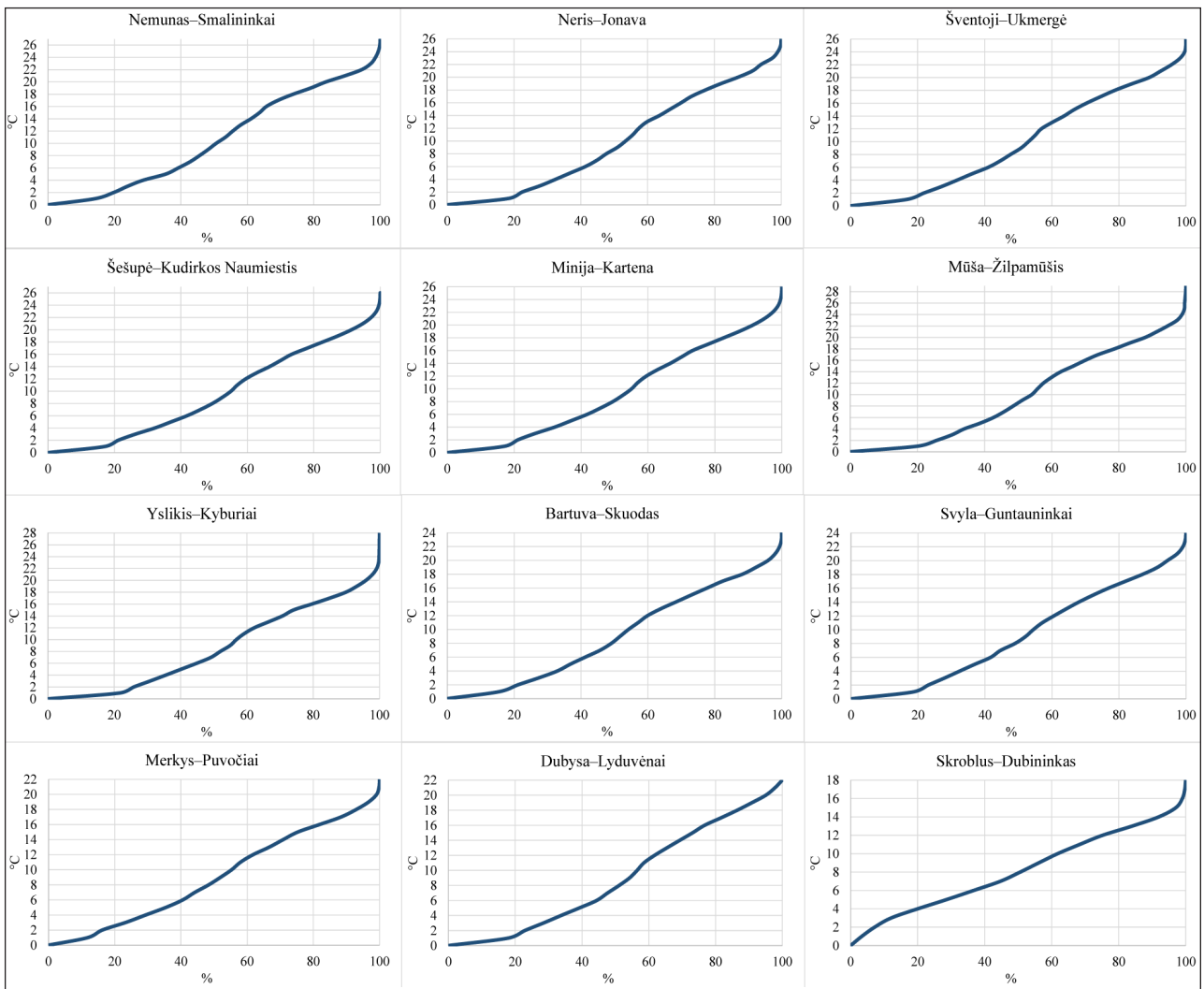
prilygintas 1 (todėl indeksas negali būti lygus 9,8 arba 12,3, o tik 10 arba 12). Temperatūros indeksas buvo skaičiuojamas kiekvieniems metams atskirai, o vėliau išvestas rodiklio vidurkis už visą tyrimų laikotarpį suapvalintas iki sveiko skaičiaus. 1 pav. parodyta schema iliustruoja specifinius konkrečių metų temperatūros indekso skaičiavimo atvejus. Pavyzdžiui, Mūšoje ties Žilpamūšiu 2009 m. buvo 14 dešimtadienių, kurių vandens temperatūros vidurkis viršijo 14 °C, todėl nekyla abejonų, kad indeksas lygus 14 (jis negali būti didesnis, nes 15 °C vidutinės temperatūros riba buvo viršyta tik 12 dešimtadienių, ir negali būti mažesnis, nes 13 °C riba viršyta 15 dešimtadienių). Skrobluje ties Dubininku tais pačiais metais temperatūros indeksas lygus 10, nors net 12 dešimtadienių temperatūros vidurkis buvo didesnis kaip 10 °C (indeksas negali būti didesnis, nes 11 °C vidutinės temperatūros ribą viršija tik 10 dešimtadienių).

Dauguma darbe naudotų duomenų sekų buvo tvarkingos ir nereikalavo papildomo apdorojimo (kaip minėta, naudoti LHMT duomenys, kurie yra koreguoti pagal stebėtojų duomenis ir gretimos upėse stebėtą situaciją). Kai kuriose kasdienių duomenų sekose pasitaikė nežymių trūkių šiltuoju metų sezonu, kurie neturėjo esminio poveikio

darbo rezultatams. Šiltuoju metų sezonu dviejose VMS nustatyti ilgesnį laikotarpį apėmę duomenų trūkiai: 2009 m. visą gegužės mėnesį ir pirmą birželio dieną nebuvo Dubysos ties Lyduvėnais duomenų; 2010 m. birželio, liepos ir rugpjūčio, 2012 m. rugpjūčio ir 2014 m. rugsėjo mėnesiais – Skroblaus ties Dubininku duomenų. Šių metų duomenys Lyduvėnų ir Dubininko VMS buvo išbrokuoti skaičiuojant vidutinius metinius vandens temperatūros indeksus. Skaičiuojant tam tikromis temperatūromis pasižymintį dienų skaičių, Lyduvėnų ir Dubininko VMS duomenys nebuvo brokuojami, tačiau analizuojant gautus rezultatus atsizvelgta į galimus netikslumus, atsiradusius dėl duomenų trūkių.

VIDUTINĖ PAROS VANDENS TEMPERATŪRA IR JOS KAITA

Tyrimo metu naudoti kasdieniai paros vandens temperatūros vidurkiai, tai leido apskaičiuoti ne tik šiltojo laikotarpio, bet visų metų upių hidrotėmies charakteristikas. Pirmiausia aptarsime svarbiausius statistinius temperatūros rodiklius. Lyginant su ankstesnių tyrimų, kuriuose naudoti mėnesiniai duomenys (Jablonskis, Jurgelėnaitė,



2 pav. Analizuotų upių vandens temperatūros (°C) trukmės (% nuo bendro dienų skaičiaus) kreivės, sudarytos iš 2007–2016 m. kasdinių temperatūros vidurkių duomenų

Fig. 2. The water temperature (°C) frequency (% of the total number of days) curves of the analyzed rivers according to 2007–2016 daily average temperature data

2010; Jurgelėnaitė, 2015), rezultatai, juose matoma nemažai naujų detalių.

Analizuojant paaiškėjo, kad metų vidutinė temperatūra įvairiose upėse skiriasi ne taip ryškiai kaip šiltuoju laikotarpiu (2 lentelė). Mažiausias metinis vandens temperatūros vidurkis (8,1 °C) būdingas Skroblui ties Dubininku, didžiausias (10,5 °C) – Nemunui ties Smalininkais ir Šešupei ties Kudirkos Naumiesčiu.

Pastebėta, kad vėsesniu ir šiltesniu vandeniu pasižymintiose upėse gerokai skiriasi ir vandens temperatūros svyravimai. Tą ypač gerai atspindi skirtumas tarp trečio ir pirmo kvartilų reikšmių (Q3–Q1). Matome, kad mažiausias skirtumas tarp šių rodiklių būdingas upėms, kurių vidutinė tem-

peratūra gerokai žemesnė: Skroblui ties Dubininku, Merkiui ties Puvočiais, Bartuvai ties Skuodu, Yslykiui ties Kyburiais, Dubysai ties Lyduvėnais, Svylai ties Guntauninkais. Šių upių vidutinės paros temperatūros duomenų sekoms būdingas ir gerokai mažesnis standartinis nuokrypis (2 lentelė). Tuo tarpu upėse, kurių vidutinė ir maksimali temperatūra per analizuotą dešimtmetį buvo aukštesnė (Nemune ties Smalininkais, Šešupėje ties Kudirkos Naumiesčiu, Neryje ties Jonava, Mūšoje ties Žilpamūšiu), tiek standartinis nuokrypis, tiek Q3 ir Q1 reikšmių skirtumas – daug mažesnis.

Vandens temperatūros svyravimus apibūdinančių statistinių rodiklių skirtumai rodo, kad daugeliu atvejų, ypač mažesnėse upėse, vandens

2 lentelė. Upių vandens temperatūros statistiniai rodikliai (2007–2016 m. vidutinės paros temperatūros duomenys)

Table 2. The statistical indicators of river water temperature (by 2007–2016 daily temperature data)

Rodiklis / Indicator Upė–VMS River–WGS	Vidutinė tem- peratūra °C Mean tempera- ture, °C	Maksimali temperatūra °C Maximum temperature, °C	Standartinis nuokrypis °C Standart de- viation, °C	Q1, °C	Q2, °C	Q3, °C	Q3–Q1, °C
Nemunas–Sma- lininkai	10,5	26,5	7,85	3,2	9,7	18,1	14,9
Merkys–Puvočiai	8,9	21,4	6,22	3,2	8,4	14,9	11,7
Skroblus–Dubininkas	8,1	17,6	4,24	4,5	7,8	11,9	7,4
Neris–Jonava	9,9	25,8	7,81	2,4	8,7	17,5	15,1
Šventoji–Ukmergė	9,8	25,0	7,61	2,5	8,6	17,1	14,6
Dubysa–Lyduvėnai	9,0	24,2	7,05	2,3	7,7	15,6	13,3
Šešupė–Kudirkos Naumištis	10,5	26,6	8,01	2,9	9,7	18,3	15,4
Minija–Kartena	9,4	25,5	7,31	2,7	8,1	16,3	13,6
Svyla–Guntauninkai	9,1	23,5	6,99	2,2	8,2	15,5	13,3
Mūša–Žilpamūšis	9,7	28,0	7,90	1,8	8,5	17,2	15,4
Yslykis–Kyburiai	8,5	27,8	6,96	1,7	7,2	15,1	13,4
Bartuva–Skuodas	9,1	23,8	6,80	2,6	8,2	15,3	12,7

temperatūrą labiausiai lemia upių maitinimo tipas: lyginant gautus terminius rodiklius su Lietuvos upių klasifikacija pagal nuotėkio režimą (Jablonskis, Janukėnienė, 1978) nesunku pastebėti, kad vėsesnėse upėse žymiai didesnė nuotėkio dalis tenka požeminio vandens prietakai. Didesnėse upėse (Nemune, Neryje, Šešupėje, Mūšoje) svarbiu veiksmu tampa tekančio vandens įšilimo ar atvėsimo vagoje galimybė, todėl didesniais Q3 ir Q1 reikšmių skirtumais bei didesne svyravimų amplitude pasižymi upės su ilgesniais aukščiau VMS esančios vagos ruožais (1 lentelė). Sąsajas tarp šių parametrų yra pastebėję ir J. Jablonskis su A. Jurgelėnaite (2010), jie analizavo šiltojo laikotarpio upių terminius rodiklius. Kita vertus, Merkio ties Puvočiais terminiai rodikliai, nepaisant ilgai trunkančio vandens tekėjimo 189 km ilgio vagos atkarpa, lieka labiau priklausomi nuo vietinių veiksmų, susijusių su upės mitybos ypatumais (iš dalies tai gali lemti ir intensyvus upės reguliavimas aukštuopyje, kai nukreipus didžiąją dalį nuotėkio į Vokę smarkiai pakeičiamas Merkio hidrologinis režimas ilgame ruože (Gailiūšis ir kt., 2001)).

Daugumoje upių apie temperatūros svyravimus galima spręsti ne tik pagal Q3 ir Q1 reikšmių skirtumą ar standartinį nuokrypį, bet ir pagal mak-

simalios vandens temperatūros reikšmes. Išimtį sudaro Yslykis ties Kyburiais, kurio maksimali vandens temperatūra (27,8 °C) gerokai didesnė nei daugumoje upių, nepaisant mažų vidutinės temperatūros, Q3 ir Q1 skirtumų bei standartinio nuokrypio reikšmių (iš turimų duomenų galima spėti, kad 2016 m. birželio gale, ypač nusekus Šiaurės Lietuvos upėms, Yslykyje išmatuotos išskirtinai aukštos temperatūros gali būti susiję su daviklio įrengimu pernelyg sekloje ir užželiančioje vagos vietoje).

Siekiant išsiaiškinti upių vandens temperatūros kaitą per metus, pasitelktos temperatūros trukmės kreivės, rodančios, kiek laiko upės vandens temperatūra buvo žemesnė už tam tikrą ribą (2 pav.). Pagal kreivių formą taip pat galima spręsti ir apie tai, kokios terminės sąlygos upėje pasitaiko dažniausiai. Laikas kreivėse pateiktas procentais. Vertinant jį paromis, 1 % dera prilyginti 3,653 paroms, nes per 10 tiriamojo laikotarpio metų pasitaikė trys keliamieji metai.

Daugumos tirtų upių temperatūros trukmės kreivės – panašios formos. Nemažą dalį laiko beveik visose upėse trunka laikotarpis su artimomis 0 °C vandens temperatūromis (maždaug 20–25 % laiko arba apie 75–85 paras kiekvienais metais

vidutinė paros vandens temperatūra jose svyruoja tarp 0 ir 2 °C). Ryškesnės išimtys šiuo požiūriu – stabilia temperatūra pasižyminčio požeminio vandens (kuris žiemą yra šiltesnis, o vasarą vėsesnis už paviršinių vandenį) gausiai maitinamos upės: Skroblus ties Dubininku ir Merkys ties Puvočiais, kur dienų su analogiška temperatūra tėra atitinkamai 7,2 % ir 16,2 %. Kiek mažiau nei kitur dienų su vidutine 0–2 °C vandens temperatūra yra ir Nemune ties Smalininkais (čia jos sudaro 19,8 %). Didesnis aukšta vandens temperatūra pasižyminčių dienų skaičius nustatytas stambiose arba tose upėse, kurias maitina daugiausia paviršinė prietaka. Pavyzdžiui, aukštesnė nei 20 °C vandens temperatūra Nemune ties Smalininkais laikosi 52 paras per metus (14,1 % laiko), Neryje ties Jonava – 44 paras (11,9 %), Šventojoje ties Ukmerge – 37 paras (10,1 %), Šešupėje ties Kudirkos Naumiesčiu – 56 paras (15,3 %), Mūšoje ties Žilpamūšiu – 40 parų (10,9 %). 25 °C viršijanti vidutinė paros vandens temperatūra pasiekama retai. 2007–2016 m. tokie atvejai nustatyti Nemune ties Smalininkais, Šešupėje ties Kudirkos Naumiesčiu, Minijoje ties Kartena, Neryje ties Jonava, Šventojoje ties Ukmerge, Mūšoje ties Žilpamūšiu ir Yslykyje ties Kyburiais. Dauguma jų nustatyti 2010, 2012 ir 2016 metais.

Kreivės leidžia išvelti ir kitas ekologiškai svarbias ribas atitinkančius vandens temperatūros trukmės ypatumus. Didžiojoje dalyje upių laikotarpis, kai vidutinė paros vandens temperatūra svyruoja tarp 5 ir 15 °C (ichtiologų tyrimai (Kesminas ir kt., 2015) rodo, kad šis temperatūros intervalas ypač svarbus lašišinių žuvų populiacijos vystymuisi) sudaro 33–36 % metų laiko ir trunka 120–130 dienų. Tačiau kai kuriose upėse į šį temperatūros intervalą patenkantis laikotarpis apima žymiai didesnę ar mažesnę metų dalį: Skrobluje ties Dubininku – 68 %, Merkyje ties Puvočiais – 40 %, Mūšoje ties Žilpamūšiu ir Nemune ties Smalininkais – 28 %, Šešupėje ties Kudirkos Naumiesčiu, Šventojoje ties Ukmerge, Neryje ties Jonava – 30 %.

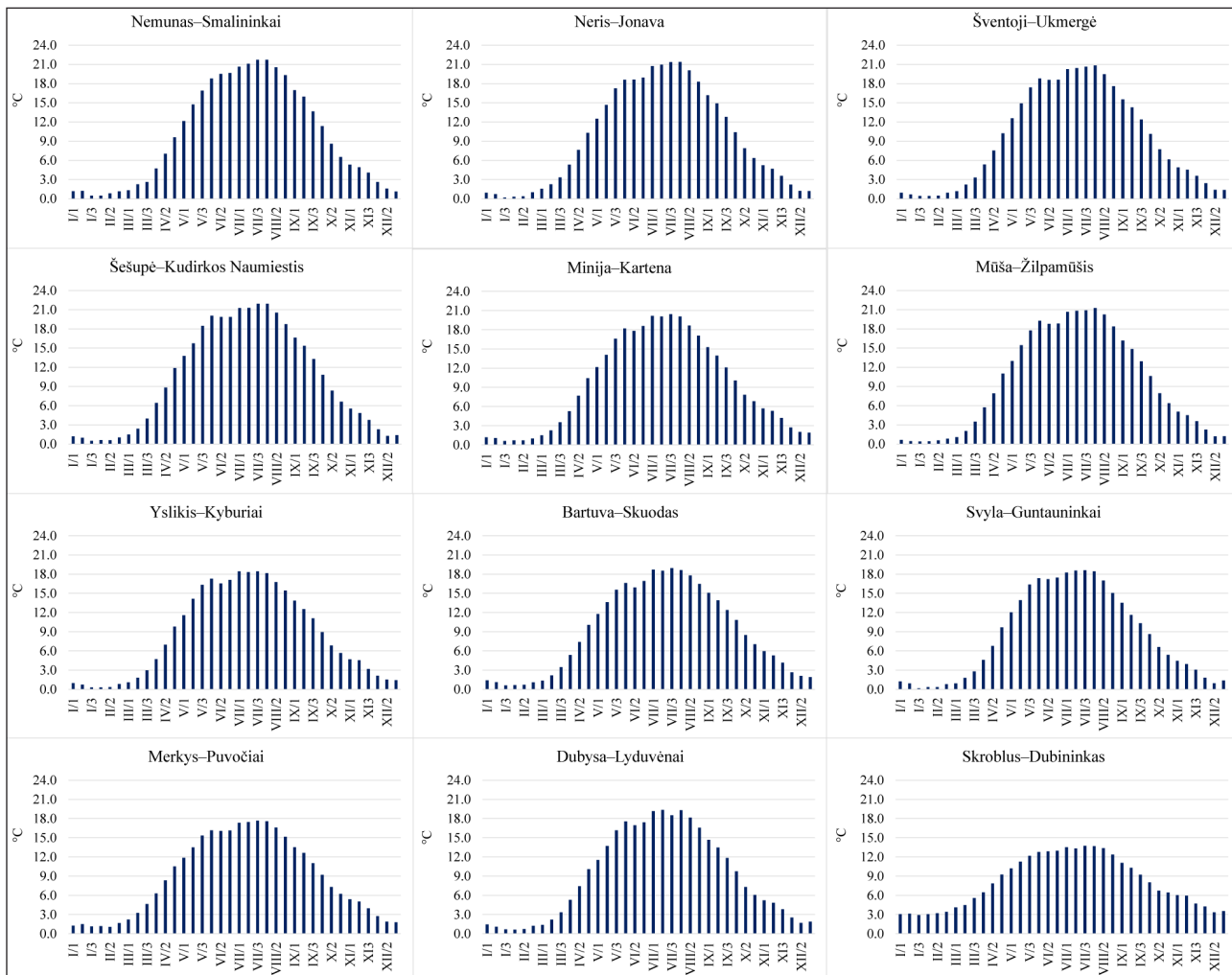
Be abejo, iš 10 metų duomenų sudarytos vandens temperatūros trukmės kreivės nėra labai tikslios. Tačiau pradiniai tyrimo rezultatai rodo, kad ateityje, pailgėjus automatinių VMS vandens temperatūros duomenų sekoms, jos galėtų tapti ypač patogiu įrankiu vertinant upės ekologines sąlygas, skaičiuojant vandens laipsniadienius ir pan.

VIDUTINĖ DEŠIMTADIENIO VANDENS TEMPERATŪRA IR JOS KAITA

Vidutinė paros temperatūra atspindi bendrąsias upių vandens savybes, tačiau daugeliui jose gyvenančių organizmų ne mažiau svarbu ir tai, kad laikotarpis su tam tikra vandens temperatūra būtų pakankamai ilgas. Vandens augalų ir gyvūnų vystymasis ypač sklandžiai vyksta tada, kai per konkrečią jų raidos fazę vandens temperatūra nuolat svyruoja tinkamame intervale. Šiuo požiūriu informatyvesni yra upių terminio režimo rodikliai, paremti vidutine dešimtadienio vandens temperatūra. Tokia informacija patogi dar ir todėl, kad LHMT ilgą laiką viešai skelbė tik vidutinės dešimtadienių vandens temperatūros duomenis.

Vidutinės dešimtadienio vandens temperatūros (3 pav.) kinta siauresniame intervale nei vidutinės paros temperatūros. Žemiausia dešimtadienio temperatūra svyruoja nuo 0,1 iki 0,4 °C: tokios reikšmės žiemos metu būdingos Svylai ties Guntauninkais, Yslykiui ties Kyburiais, Neriai ties Jonava, Mūšai ties Žilpamūšiu, Šventajai ties Ukmerge. Tiksliai įvertinti minimalų dešimties parų vandens temperatūros vidurkį – sudėtinga, nes beveik visais atvejais mažiausios reikšmės gautais dešimtadieniais, kurių duomenų sekos pasižymi trūkiais. Didesne požeminio vandens prietaka pasižyminčiose upėse vidutinė dešimtadienio temperatūra taip smarkiai nenukrinta (Merkyje ties Puvočiais ji visais dešimtadieniais yra ne žemesnė kaip 1,1 °C, o Skrobluje ties Dubininku – 2,9 °C). Šalčiausias vanduo daugumai upių būdingas sausio pabaigoje ir vasario pradžioje.

Vasarą vidutinė dešimtadienio vandens temperatūra įvairiose upėse skiriasi labiau nei žiemą. Šiltuoju laikotarpiu ypač išryškėja baseino sąlygų nulemti mitybos ypatumai. Antai, vidutinė liepos mėnesio trečiojo dešimtadienio vandens temperatūra Skrobluje ties Dubininku nesiekia 13,8 °C, o Šešupėje ties Kudirkos Naumiesčiu viršija 21,9 °C. Skiriasi ir aukščiausios vidutinės dešimtadienio temperatūros pasiekimo datos. Daugelyje upių šilčiausias yra trečiasis liepos dešimtadienis, tačiau pasitaiko išimčių: Yslykyje ties Kyburiais tiriamuoju laikotarpiu vanduo buvo šilčiausias liepos pirmojo, Dubysoje ties Lyduvėnais – liepos antrojo, o Mūšoje ties Žilpamūšiu, Neryje ties Jonava, Šventojoje ties Ukmerge ir Nemune ties Smalininkais – rugpjūčio pirmojo dešimtadienio metu.



3 pav. Vidutinės dešimtadienio upių vandens temperatūros (°C) kaita per metus, apskaičiuota iš 2007–2016 m. duomenų

Fig. 3. Distribution of ten days period average of river water temperature (°C) according to 2007–2016 data

Maksimalios dešimtadienio temperatūros pasiekimo laikas susijęs su upės dydžiu – vandeninėse upėse aukščiausia dešimtadienio vandens temperatūros vidurkio reikšmė pasiekama vėliau nei seklesnėse ir trumpesnėse (didesnei vandens masei įšilti reikia daugiau laiko). Panašūs rezultatai buvo gauti grupuojant upes pagal ryšio tarp vidutinės ir maksimalios dešimtadienio vandens temperatūros pobūdį (Vanagaitė, Valiuškevičius, 2011). Tačiau būtina neužmiršti, kad nagrinėtas vos dešimties metų trukmės laikotarpis, todėl aukščiausios vandens temperatūros pasiekimo datų skirtumai gali būti nulemti ir kelių metų, pasižymėjusių netipinėmis orų sąlygomis: būtent dėl šios priežasties daugelyje tirtų upių pirmąjį birželio dešimtadienį vandens temperatūra buvo aukštesnė nei to paties mėnesio antrąjį ir trečiąjį. Maža to,

kai kuriose VMS poveikį rezultatams gali turėti ir vandens temperatūros matavimui skirtų daviklių vietos parinkimo ypatumai (ypač vasarą smarkiai nusenkančiose upėse).

Vidutinės dešimtadienių temperatūros pasiskirstymo grafikai leidžia detaliau paanalizuoti laikotarpio, kai vandens temperatūra nesiekia tam tikrų slenkstinių ribų, trukmę. Pavyzdžiui, laikotarpis, kai vandens temperatūra 12,6–15,4 °C, kuri laikoma optimali upėtakių augimui (Kesminas ir kt., 2015), skirtingose upėse trunka nevienodai ir stebimas skirtingu metu. Šiuo požiūriu geriausiomis sąlygomis pasižymi Skroblus ties Dubininku, kur tokia vidutinė dešimtadienio vandens temperatūra laikosi apie 80 parų (nuo birželio pirmojo iki rugpjūčio antrojo dešimtadienio imtinai). Pabrėžtina, kad Skroblus – vienintelė iš analizuotų

upių, kur šis laikotarpis yra vientisas. Visose kitose upėse tokios temperatūros stebimos du kartus per metus: baigiantis pavasariui ir vasaros pabaigoje – rudens pradžioje. Be Skroblaus, pakankamai ilgai toks laikotarpis trunka Merkyje ties Puvočiais, kur jis apima gegužės antrąjį ir trečiąjį, rugpjūčio trečiąjį ir rugsėjo antrąjį dešimtadienius. Trumpiausiai (gegužės antrąjį ir rugsėjo trečiąjį dešimtadienius) 12,6–15,4 °C vidutinė vandens temperatūra laikosi Nemune ties Smalininkais.

Nagrinęjant vidutinę dešimtadienio vandens temperatūrą, buvo mėginta suklasifikuoti upes taikant temperatūros indeksą (indekso skaičiavimas aprašytas skyriuje „Duomenys ir metodika“). Šis rodiklis atspindi svarbiausius upės terminio režimo ypatumus (vidutinę vandens temperatūrą ir laikotarpio, kai jos reikšmė viršijama, trukmę), be to, esant poreikiui, jį galima apskaičiuoti naudojant ne tik naujausius, automatinėse VMS sukauptus vandens temperatūros duomenis, bet ir ankstesnių metų matavimų rezultatus (kai vandens temperatūra VMS matuota tik šiltuoju metų laikotarpiu, o viešai skelbta ne kiekvienos paros, bet vidutinė dešimtadienių temperatūra).

Išnagrinėjus 2003–2016 m. duomenis paaiškėjo, kad analizuotų upių temperatūros indeksai

įvairiais metais svyruoja nuo 10 iki 14 (3 lentelė). Kaip ir pagal kitus terminius rodiklius, labiausiai išsiskyrė Skroblus ties Dubininku, kurio vidutinis vandens temperatūros indeksas tiriamuoju laikotarpiu buvo 11 (vidutiniškai vos 11 dešimtadienių per metus viršijama 11 °C vidutinė vandens temperatūra). Maksimalus temperatūros indeksas (14) būdingas Šešupei ties Kudirkos Naumiesčiu ir Mūšai ties Žilpamūšiu, jose per metus vidutiniškai būna apie 14 dešimtadienių, kurių vidutinė vandens temperatūra viršija 14 °C. Didžiosios dalies tirtų upių (Nemuno ties Smalininkais, Neries ties Jonava, Šventosios ties Ukmerge, Dubysos ties Lyduvėnais, Minijos ties Kartena, Bartuvos ties Skuodu) temperatūros indeksas buvo 13. Trijose VMS (Merkyje ties Puvočiais, Svyloje ties Guntauninkais, Yslykyje ties Kyburiais) indeksas lygus 12. Nors nagrinėtas laikotarpis nėra itin ilgas, o tirtų upių skaičius nedidelis, tokia temperatūros indekso sklaida skirtingomis savybėmis pasižymintuose baseinuose leidžia spėti, jog daugumoje Lietuvos upių jis svyruoja panašiose ribose. Kartu tai rodo, kad taikant šį indeksą upių tyrimams didesnėje teritorijoje, kuriai būdingas ryškesnis klimato zoniškumas, labiau besiskiriančios hidrogeologinės sąlygos, reljefo ir kraštovaizdžio

3 lentelė. Vandens temperatūros indeksų pasiskirstymas tirtose upėse skirtingais metais

Table 3. The distribution of water temperature indices in investigated rivers in different years

Upė ir stotis <i>River-station</i>	Temperatūros indeksas / <i>Index of temperature</i>										Vidutinis <i>Mean</i>
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Nemunas–Smalininkai	13	13	14	13	14	14	13	13	13	14	13
Merkys–Puvočiai	12	12	12	12	12	12	13	12	12	13	12
Skroblus–Dubininkas	11	10	10	–	11	–	11	–	10	11	11
Neris–Jonava	13	13	13	13	13	14	13	13	13	13	13
Šventoji–Ukmergė	13	12	13	13	13	14	13	13	13	13	13
Dubysa–Lyduvėnai	12	13	–	12	13	12	13	13	12	13	13
Šešupė–Kudirkos Naumiestis	14	13	14	13	13	14	14	14	13	14	14
Minija–Kartena	12	13	13	13	13	13	13	13	12	13	13
Svyła–Guntauninkai	12	11	11	12	13	13	13	12	12	13	12
Mūša–Žilpamūšis	14	13	14	13	13	14	13	14	13	14	14
Yslykis–Kyburiai	12	12	12	12	12	12	13	13	12	13	12
Bartuva–Skuodas	13	13	12	13	13	13	13	12	13	14	13

įvairovė, galima tikėtis sėkmingo jo panaudojimo klasifikuojant upes pagal terminį režimą. Ateityje galima būtų nagrinėti ir panašaus indekso taikymo ežerams ir tvenkiniams perspektyvas.

DISKUSIJA IR APIBENDRINIMAS

Ištyrus 12 skirtingu hidrologiniu režimu pasižyminčių upių įvairiuose Lietuvos regionuose matoma, kad daugumą vandens temperatūros rodiklių skirtumų jose lemia kelios kompleksiskai veikiančios priežastys. Tai patvirtino ankstesnių tyrimų (Jurgelėnaitė ir kt., 2012; Jurgelėnaitė, 2015) nustatytų veiksnių, lemiančių vandens temperatūrą, svarbą.

Mažesnius baseinus turinčių upių terminis režimas, palyginti su kitais, labiau priklauso nuo jų maitinimo tipo. Kartais maitinimo pobūdis svarbus ir stambesnių upių (pvz., Merkio ties Puvočiais) termikai. Gausiai požeminio vandens maitinamos upės pasižymi žemesne vidutine vandens temperatūra. Jų terminis režimas išsiskiria stabilumu (mažesni temperatūros standartiniai nuokrypiai, siauresnė jos svyravimų amplitudė, mažesni skirtumai tarp trečio ir pirmo kvartilių ribas žyminčių reikšmių (Q3–Q1), mažesni vandens temperatūros indeksai). Dėl stabilios požeminio vandens temperatūros šiose upėse ilgiau trunka laikotarpiai su artima metiniam vidurkiui vandens temperatūra, kas užtikrina palankias ekologines sąlygas daugeliui svarbių floros ir faunos rūšių. Tipišku tokiu režimu pasižyminčios upės pavyzdžiu laikytinas Skroblus ties Dubinku. Panašios sąlygos dažnai stebimos Merkyje ties Puvočiais. Reikėtų pabrėžti, kad Yslykis ties Kyburiais (kuris pagal maitinimo režimą negali būti lyginamas su Pietryčių Lietuvos hidrologiniai sričiai priklausančiomis upėmis) taip pat pasižymi gana stabiliais terminiais rodikliais: tikėtina, kad šias savybes lemia santykinai gausi požeminio vandens prietaka sausmečio metu, nors pats Yslykio debitas jam išsekus tampa itin menkas (Gailiušis ir kt., 2001), vandens temperatūra šiltuoju metų laiku čia retai pasiekia tokias reikšmes, kurios būdingos Šešupei ar Mūšai. Upės, kuriose didžiąją dalį nuotėkio formuoja paviršinio vandens prietaka, pasižymi priešingomis savybėmis: aukšta vidutine vandens temperatūra, staigiais temperatūros pokyčiais, didelėmis maksimalios temperatūros reikšmėmis.

Nors šiame darbe naudoti kitokie temperatūros rodikliai nei ankstesniuose tyrimuose, vis tiek pasitvirtino seniau išryškėjusi priklausomybė tarp vandens temperatūros ir debito (Jurgelėnaitė, 2015). Dirbant su kasdieniais duomenimis tokio tipo ryšys geriausiai matomas Nemune ties Smalininkais ir Neryje ties Jonava: didesniu nuotėkiu pasižyminčių upių vandens masė geba akumuluoti didesnius šilumos srautus (vasarą tai leidžia vandeniui labiau įšilti). Abi upės išsiskiria aukštesne vidutine vandens temperatūra ir didesnėmis nei daugelis kitų upių maksimalios temperatūros reikšmėmis. Lyginant su kitomis, didžiosios upės taip pat pasižymi gerokai trumpesniais laikotarpiais su artima vidurkiui ir palankia šaltamėgių žuvų rūšims vandens temperatūra. Rezultatai atskleidžia ir sąveiką tarp upės vagos ilgio aukščiau VMS ir terminių rodiklių. Didesnį atstumą upės vaga įveikęs vanduo ilgesnį laiką kontaktuoja su aplinka. Šiltuoju metų laiku tokios sąlygos palankios jo įšilimui, o šaltuoju – atvėsimui. Tai geriausiai matoma analizuojant vidutinio dydžio upių vandens temperatūros rodiklius. Palyginus Šešupės ties Kudirkos Naumiesčiu ir Mūšos ties Žilpamūšiu vandens temperatūros rodiklius su trumpesnių upių charakteristikomis, matome itin dideles Q3 ir Q1 skirtumų, standartinio nuokrypio ir maksimalios temperatūros reikšmes.

Minėti veiksniai veikia upių terminį režimą kompleksiskai, todėl gali sustiprinti arba eliminuoti vienas kito poveikį. Pavyzdžiui, Merkio ties Puvočiais vandens temperatūros rodiklius, nepaisant nemenko debito ir santykinai ilgos vagos, labiausiai lemia vyraujanti stabilia temperatūra išsiskiriančio požeminio vandens prietaka. Tuo tarpu Šešupėje ties Kudirkos Naumiesčiu ir Mūšoje ties Žilpamūšiu dominuojantis paviršinis maitinimas dar labiau padidina temperatūros svyravimų, būdingų ilgai tekančiai vandens masei, galimybes.

Nors negalima teigti, kad straipsnyje analizuoti rodikliai geriau tinka upių klasifikavimui pagal terminį režimą, palyginti su anksčiau naudotomis charakteristikomis, būtina pabrėžti kelis jų privalumus. Pirmiausia, automatizavus VMS atsiranda daugiau galimybių naudoti panašiams tyrimams kasdienes vandens temperatūros duomenis, tad būtina ieškoti labiau tokiam informacijos formatui pritaiktų upių terminio režimo apibūdinimo būdų. Be to, straipsnyje naudojami rodikliai turi platesnes pritaikymo galimybes, apibūdinant upių

hidroekologines sąlygas (kurias vertinant ypač svarbu, kiek laiko vandens temperatūra svyruoja tam tikrame intervale).

Svarbu pabrėžti, kad įrengus automatinius vandens temperatūros registratorius, kurių davikliai nuolat stovi stabilioje padėtyje konkrečioje vagos vietoje, VMS išmatuota vandens temperatūra tapo labiau priklausoma nuo vietinių veiksnių. Dalis jų gali būti susiję su temperatūros matavimo vietos parinkimu. Įrengus daviklį nepakankamu atstumu nuo kranto arba netinkamame gylyje, matavimų rezultatai ne visada atspindi upe tekančio vandens srauto temperatūrą. Tai ypač būdinga nuosėkio laikotarpiui, kai daviklis gali atsidurti stovinčiame vandenyje, įšalti ar net kontaktuoti su oru, todėl vasarą kartais registruojamos ekstremaliai aukštos, o žiemą – ekstremaliai žemos vandens temperatūros. Panašu, kad būtent šios priežastys lemia išskirtines temperatūros reikšmes Yslykyje ties Kyburiais ir Mūšoje ties Žilpamūšiu (šios upės vandens temperatūros režimui poveikį gali daryti ir tai, kad upė teka karstiniu regionu, pasižyminčiu specifine termika išsiskiriančiais požeminio vandens šaltiniais). Kartais temperatūros matavimų rezultatai gali priklausyti ir nuo būdingų upės ruožo, esančio šalia VMS, savybių (pločio, gylio, nuolydžio, užaugimo ir ledo sangrūdų susidarymo galimybių, gausesnės nei kitur požeminės ar paviršinės prietakos).

Tyrimo rezultatai rodo, kad siekiant deramai apibūdinti Lietuvos upių terminį režimą naudoti ni kuo universalesni kokybiniai ir kiekybiniai rodikliai. Patogiausi iš jų kol kas laikytini vandens temperatūros trukmės kreivės ir temperatūros indeksai. Naudojant temperatūros trukmės kreives (rodančias, kiek laiko per metus trunka laikotarpis su tam tikrą ribą viršijančiomis temperatūromis), upes galima klasifikuoti pagal jų kreivių formą. Tai būtų pakankamai objektyvus rodiklis, leidžiantis tipizuoti upes pagal vandens temperatūros pasiskirstymą per metus. Temperatūros indeksai (reprezentuojantys dešimtadienių su tam tikrą ribą viršijančia vidutine vandens temperatūra skaičių) leidžia skirstyti upes pagal vidutinę konkretaus laikotarpio indekso vertę. Kaip papildoma informacija upių terminiam režimui apibūdinti gali būti pasitelkti vidutinės dešimtadienių vandens temperatūros kaitos per metus grafikai. Kol kas visi tyrimuose naudoti rodikliai skaičiuoti naudojant trumpą (10 metų) laikotarpį, be to, ištirta tik 12 upių, to-

dėl dauguma rezultatų laikytini apytiksliais. Tačiau pilotinis tyrimas atskleidė, kad ateityje, praplėtus tyrimų arealą ir panaudojus ilgesnes duomenų sekas, šie rodikliai gali leisti gerokai patobulinti upių klasifikavimo pagal terminį režimą metodiką.

PADĖKA

Autoriai dėkoja Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos Hidrologinių stebėjimų poskyrio vedėjui J. Šimkui ir vyriausiajam specialistui A. Kajučiui už suteiktą galimybę panaudoti darbe naujausius kasdienių temperatūros matavimų duomenis bei konsultacijas metodiniais klausimais. Autoriai taip pat nori išreikšti padėką dviems anoniminiams straipsnio recenzentams už kruopščią rankraščio analizę ir vertingas pastabas.

Gauta 2018 06 14
Priimta 2018 07 09

LITERATŪRA

1. Ansbæk J., Valatka S. 2001. *Siūloma paviršinių vandenų klasifikavimo sistema bei metodiniai nurodymai įvertinimui*. Danijos aplinkos apsaugos agentūra ir Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija.
2. Bernotienė R., Bartkevičienė G. 2013 The relationship between water temperature and the development cycle beginning and duration in three black fly species. *Journal of Insect Science*. 13(1): 397–402.
3. Daufresne M., Boët P. 2007. Climate change impacts on structure and diversity of fish communities in rivers. *Global Change Biology*. 13(12): 2467–2478.
4. Gailiušis B., Jablonskis J., Kovalenkoviėnė M. 2001. *Lietuvos upės: hidrografija ir nuotėkis*. Kaunas: LEI.
5. Glavnoe upravlenie gidrometeorologicheskoy sluzhby pri sovete ministrov SSSR. 1969. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR*. Tom 4. Vypusk 3. Leningrad: Gidrometeorologicheskoe izdatel'stvo (rusų k.).
6. Goniea T. M., Keefer M. L., Bjornn T. C., Peery C. A., Bennett D. H., Stuehrenberg L. C. 2006. Behavioral thermoregulation and slowed migration by adult fall Chinook salmon in response to high Columbia River water temperatures. *Transactions of the American Fisheries Society*. 135(2): 408–419.
7. Graf R. 2018. Distribution properties of a measurement series of river water temperature at different time resolution levels (based on the example of the lowland river Noteć, Poland). *Water*. 10(2): 203; <https://doi.org/10.3390/w10020203>

8. Grižienė G. J., Čelkis G. J., Jablonskis J. S. 1983. Charakteristiki temperatury vody reki Nemunas po dannym nabliudenių 1945–1988 g. g. *Lietuvos TSR mokslų akademijos darbai. Serija B*, 6(139): 43–52 (rusų k.).
9. Hardenbicker P., Viergutz C., Becker A. 2017. Water temperature increases in the river Rhine in response to climate change. *Regional Environmental Change*. 17: 299–308.
10. Hari R. E., Livingstone D. M., Siber R., Burkhardt-Holm P., Guttinger H. 2006. Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. *Global Change Biology*. 12(1): 10–26.
11. Hirsch J. E. 2005. An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 102(46): 16569–16572.
12. Jablonskis J., Janukėnienė R. 1978. *Lietuvos upių nuotėkio kaita*. Vilnius: Mokslas.
13. Jablonskis J., Jurgelėnaitė A. 2010. Vandens temperatūros įvairovės savitumai Lietuvos upėse. *Energetika*. 56(2): 163–171.
14. Jurgelėnaitė A., Kriaučiūnienė J., Šarauskiene D. 2012. Spatial and temporal variation in the water temperature of Lithuanian rivers. *Baltica*. 25(1): 65–76.
15. Jurgelėnaitė A., Jakimavičius D. 2014. Prediction of river water temperature and its dependence on hydro-meteorological factors. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba*. 68(2): 15–24.
16. Jurgelėnaitė A. 2015. *Lietuvos upių vandens šiltojo metų laikotarpio terminis režimas ir jo prognozė klimato kaitos sąlygomis*: daktaro disertacija. Kaunas: Lietuvos energetikos institutas.
17. Kesminas V., Virbickas T., Kazlauskienė N., Leliūna E., Kontautas A. 2015. *Lašišinių žuvų išteklių atkūrimo ir apsaugos programos 2015–2025 metais mokslinis pagrindimas (Šlakys – Salmo trutta)*. Vilnius: Lietuvos hidrobiologų draugija. <https://zum.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/mokslas-mokymas-ir-konsultavimas/mokslas/moksliniu-tyrimu-ir-taikomoji-veikla>
18. Killus K. 2006. Space distribution of low runoff and hydrophysical-hydrochemical properties of surface water in the Dovinė River basin. *Geografija*. 42(1): 7–12.
19. Killus K., Valiuškevičius G. 2001. Klimato svyravimų atspindžiai ežerų ir upių hidrologiniuose bei hidrofizikiniuose rodikliuose. Iš: *Klimato svyravimų poveikis fiziniams geografiniams procesams Lietuvoje* (red. A. Bukantis, K. Killus, E. Rimkus). Vilnius: Geografijos institutas, Vilniaus universitetas. 194–232.
20. Krolak E., Lewandowski K., Kasprzykowski Z. 2017. Impact of heated waters on water quality and macroinvertebrate community in the Narew River (Poland). *Open Life Science*. 12(1): 190–199.
21. Langan S. J., Johnston L., Donaghy M. J., Youngson A. F., Hay D. W., Soulsby C. 2001. Variation in river water temperatures in an upland stream over a 30-year period. *Science of the Total Environment*. 265(1–3): 195–207.
22. Leuven R. S. E. W., Hendriks A. J., Huijbregts M. A. J., Lenders H. J. R., Matthews J., Van Der Velde G. 2011. Differences in sensitivity of native and exotic fish species to changes in river temperature. *Current Zoology*. 57(6): 852–862.
23. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas dėl paviršinių vandens telkinių tipų aprašo ir paviršinių vandens telkinių tipų etaloninių sąlygų aprašo patvirtinimo. 2005 m. gegužės 23 d. Nr. D1-256. Suvestinė redakcija nuo 2016-08-10. <https://www.e-tar.lt>
24. Markovic D., Scharfenberger U., Schmutz S., Pletterbauer F., Wolter C. 2013. Variability and alteration of water temperatures across the Elbe and Danube River Basin. *Climatic Change*. 119(2): 375–389.
25. Marszelewski W., Pius B. 2016. Long-term changes in temperature of river waters in the transitional zone of the temperate climate: a case study of Polish rivers. *Hydrological Sciences Journal*. 61(8): 1430–1442.
26. Meilutytė-Barauskienė D., Kovalenkoviene M., Šarauskiene D. 2005. The impact of runoff regulation on the thermal regime of the Nemunas. *Environmental Research, Engineering and Management*. 4(34): 43–50.
27. Pyka C., Jacobs C., Breuer R., Elbers J., Nacken H., Sewilam H., Timmerman J. 2016. Effect of water diversion and climate change on the Rur and Meuse in low-flow situations. *Environmental Earth Sciences*. 75: 1206. DOI: 10.1007/s12665-016-5989-3
28. Ptak M., Choinski A., Kirviel J. 2016. Long-term water temperature fluctuations in coastal rivers (southern Baltic) in Poland. *Bulletin of Geography-Physical Geography Series*. 11(1): 35–42.
29. Rajwa-Kuligiewicz A., Bialik R. J., Rowinski P. M. 2015. Dissolved oxygen and water temperature dynamics in lowland rivers over various timescales. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. 63(4): 353–363.
30. Rimavičiūtė E. 2000a. *Nuotėkio reguliavimo tvenkinių įtaka upių žemutiniams bjefams*: daktaro disertacija. Kaunas: Lietuvos energetikos institutas.
31. Rimavičiūtė E. 2000b. Tvenkinių poveikis Lietuvos upių žemutinio bjefo terminiam režimui. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba*. 2(12): 3–12.
32. Vanagaitė J., Valiuškevičius G. 2011. Lietuvos upių vandens temperatūros atitikimo ekologiniams reikalavimams įvertinimas. *Geografija*. 47(2): 62–70.
33. Van Vliet M. T., Franssen W. H., Yearsley J. R., Ludwig F., Haddeland I., Lettenmaier D. P., Kabat P.

2013. Global river discharge and water temperature under climate change. *Global Environmental Change*. 23(2): 450–464.
34. Višinskienė G., Bernotienė R. 2012. The use of benthic macroinvertebrate families for river quality assessment in Lithuania. *Open Life Sciences*. 7(4): 741–758.

Gintaras Valiuškevičius, Donata Milonaitytė

POSSIBILITIES OF THE USE OF INDICATORS OF WATER TEMPERATURE DISTRIBUTION OVER THE YEAR IN LITHUANIAN RIVERS

Summary

The article analyzes the indicators describing the distribution of water temperature per year and their possibilities for the classification of Lithuanian rivers according to the thermal regime. The study analyzes information from 12 water gauging stations (WGS) on rivers with different hydrological conditions and catchment characteristics in different regions of the country. The data used for the analysis are the daily water temperature averages in the period 2007–2016 and ten days temperature averages in the period 2003–2006. According to these data, we calculated the main statistical parameters of temperature change and temperature indexes and drew temperature curves and graphs of distribution of ten days temperature averages over the year. The temperature curves indicate how long rivers water temperature is below a certain limit (Fig. 1). The shape of curves can be used to decide about thermal conditions in the river. Time curves were expressed as a percentage. When evaluating it in days, 1% was equal to 3.653 days,

because 10 years of the research period included 3 leap years. A scheme used to calculate the temperature index was based on the calculation of the bibliometric indicator H-index (Hirsch, 2005). In this study, we considered number x as a river temperature index which indicates how many decades per year the average ten-day water temperature is not less than x . In the rivers with a higher temperature index (compared to rivers with lower index values), water was warm for a long time.

Based on the results obtained it has become clear that the greatest impact on the thermal regime of Lithuanian rivers is made by: (1) the type of river water supply, (2) river discharge, and (3) the length of the river channel section above the temperature measurement point. Part of the water temperature peculiarities are determined by the local characteristics and measurement methodology of the local river sector near the WGS. At present, the classification of rivers according to the thermal regime in Lithuania does not take much into account the distribution of water temperature per year (which is very important for the characterization of ecological conditions). Therefore, in the future it is proposed to develop the classification methodology using temperature-time curves and water temperature indexes. It is expected that the use of these indicators (especially water temperature index) would facilitate the assessment of the ecological conditions of rivers according to water temperature criteria by extending the survey area and analyzing longer data series.

Keywords: water temperature, Lithuanian rivers, temperature index, temperature distribution per year, H-index