

NUOSĖKIO LAIKOTARPIŲ TRUKMĖ IR PASISKIRSTYMAS LIETUVOS UPĖSE 1960–2019 METAIS

*Gintarė Giliūtė, Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba
Gintaras Valiuškevičius, Vilniaus universitetas*

SANTRAUKA

Klimato reiškinių intensyvumo pokyčiai tampa vis ryškesne bei aktualesne šių dienų problema. Vienas iš klimato kaitos poveikio padarinių – vis dažniau Lietuvos upėse stebimi įvairaus intensyvumo ir trukmės nuosėkio laikotarpiai. Šiuo metu galiojantys teisės aktai reglamentuoja gamtosauginį vandens debitą kaip 30 sausiausių parų minimalaus debito dalį. Šis debitas užtikrina tik minimalias vandens ekosistemų gyvavimo sąlygas, todėl yra tinkamas upių nuosėkio sąlygoms tirti.

Straipsnyje nagrinėjamas gamtosauginio debito ($Q_{80\%}$) reikšmių pasiskirstymas 1960–2019 m. ir atskirais šio laikotarpio dvidešimtmečiais (1960–1979, 1980–1999 ir 2000–2019 m.) pagal nenutrūkstamus kasdinių debitų matavimo duomenis 15 VMS, kurios reprezentuoja skirtingas Lietuvos hidrologines sritis. Be to, aptariami nuosėkio laikotarpio ir jų dinamikos tarpusavio ryšiai 15 vandens matavimo stočių (VMS), nagrinėjamos nuosėkio atvejus lėmusios priežastys ir išskiriami laikotarpiai, pasižymintys didžiausiu nuosėkio atvejų skaičiumi. Atlikus tyrimą paaiškėjo, kad nuo XXI a. pradžios nuosėkio atvejai Lietuvos upėse fiksuojami vis dažniau, taip pat daugelyje upių stebimas ryškus nuosėkio periodo pailgėjimas šiltuoju metų laiku.

Reikšminiai žodžiai: Lietuvos upės, gamtosauginis debitas, klimato kaita, nuosėkis.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5200/GE.2022.5>

ĮVADAS

Pastaraisiais dešimtmečiais stiprėjanti klimato kaita kelia vis didesnę susirūpinimą. Kintančių klimato sąlygų poveikis sukelia neigiamus padarinius tiek gamtos sistemose, tiek socialinėje ir ekonominėje aplinkoje. Ne išimtis ir vandens telkiniai, kurių kokybinių ir kiekybinių rodiklių kaita atspindi klimato sistemos pokyčius (Pauliukevičius, 2004; Meilutytė-Barauskienė ir kt., 2008; Rimkus ir kt., 2013; Stonevičius ir kt., 2014). Vienas iš klimato kaitos padarinių – vis dažniau Lietuvos upėse stebimi įvairaus intensyvumo ir trukmės nuosėkio laikotarpiai.

Nuosėkis – upės vandens režimo fazė, kuriai būdinga tai, kad žemas vandens lygis ir mažas vandens debitas, labai sumažėjus ar visai nutrūkus paviršiniam pritekėjimui, ilgai išlieka pastovūs (Lietuvos Respublikos..., 2006). Lietuvos hidrologinėje literatūroje ilgas upių ir ežerų nuosėkio periodas skirtingu metu buvo vadinamas įvairiai – sausuoju periodu, sausmečiu, žemo nuotėkio laikotarpiu, nuosėkiu (Gailiušis ir kt., 2001). Vyraujant nuosėkiui šalies upės nuolat būdingi maži debitai, todėl pradiniam tyrimų etape (XX a. 7–8 dešimtmečiais) tiriant su šiuo reiškiniu susijusias problemas dažniausiai analizuotas upių minimalus nuotėkis (Lasinskas, 1968; Barisas, 1972; Jablonskis, Janukėnienė, 1978; Januškis, 1981). Autorių darbuose nagrinėtos klimato ir fizinės geografinės priežastys, dėl kurių analizuojamose upėse įsivyrąja minimalūs debitai, ir išskirti du nuosėkio periodai: vasaros–rudens (šiltojo laikotarpio) ir žiemos (šaltojo laikotarpio).

Svarbūs Lietuvos upių minimalų nuotėkį analizuojantys darbai paskelbti tik praėjus maždaug 20 metų po V. Januškie monografijos apie Lietuvos upių minimalų nuotėkį (Januškis, 1981) pasirodymo. Remiantis per tą laiką sukauptais duomenimis gauta naujų rezultatų apie nuotėkio teritorinį pasiskirstymą ir daugiametę kaitą. Ypač daug dėmesio skirta įvairaus tipo nuotėkio skaičiavimo metodams tobulinti (Gailiušis ir kt., 2001; Pauliukevičius, 2004; Kutra, Berankienė, 2006; Kriaučiūnienė ir kt., 2007; Meilutytė-Barauskienė ir kt., 2008). Šių autorių darbuose tirtos svarbiausios upių hidrologinio režimo charakteristikos, išryškinti nuotėkio teritorinio pasiskirstymo dėsningumai, analizuoti upių metų nuotėkio periodiniai svyravimai ir kaitos tendencijos sausiausiu metų laikotarpiu, atlikta minimalaus nuotėkio statistinė analizė, nustatyti antropogeniniai veiksniai, turintys įtakos nuotėkio sąlygoms.

Pastaraisiais dešimtmečiais, plečiantis klimato kaitos tyrimams ir gausėjant įrodymų apie šio reiškinio sukeltus neigiamus padarinius, didėja mokslinės bendruomenės dėmesys sausroms, dėl kurių senka šalies vandens telkiniai (Jakimavičiūtė, Stankūnavičius, 2008; Valiukas, 2011; Bukantis, 2014; Rimkus ir kt., 2017; Kugytė, Valiūškevičius, 2021; Nazarenko ir kt., 2022). Dauguma Lietuvos mokslininkų atliktų tyrimų skirti meteorologinėms ir agrometeorologinėms sausroms, tačiau po šių fazių ateina hidrologinė sausra, todėl minėtų autorių darbuose taikomos skaičiavimo metodikos, apimančios oro temperatūrą ir kritulius, gali būti pritaikomos ir vertinant sausrų poveikį upių vandeningumui. Straipsniuose dažniausiai nagrinėti didžiausių ir mažiausių Lietuvos upių pokyčiai bei mėginta lyginti tam tikrų Lietuvos regionų upių režimo kaitą XXI a. (Kriaučiūnienė ir kt., 2008; Jablonskis, 2012; Rimkus ir kt., 2012; Stonevičius ir

kt., 2014; Akstinas, 2016; Stonevičius ir kt., 2017; Šarauskienė ir kt., 2020). Taip pat analizuoti globalūs klimato modeliai, jų pritaikymo sausrų prognozėms galimybės. Pasak problemą analizavusių autorių, klimato kaita neišvengiamai formuos esminius Lietuvos upių hidrologinio režimo pokyčius. Su įvairiais klimato kaitos scenarijais susietos XXI a. prognozės numato oro temperatūros kilimą ir kritulių kiekio kaitą. Manoma, kad Lietuvoje tai ypač paveiks bendras vandens išteklių ir metinio nuotėkio pasiskirstymo tendencijas: prognozuojami intensyvūs ir ekstremalūs potvyniai bei didėjantis sausringumas (Rimkus ir kt., 2006; Kriauciūnienė ir kt., 2012; Akstinas, 2016; Stonevičius ir kt., 2017; Šarauskienė ir kt., 2018; Nazarenko ir kt., 2022).

Tikslinant tokias ilgalaikes prognozes svarbu nuolat lyginti jų rezultatus su realiais, šiuo metu vykstančiais, prognozuojamų rodiklių pokyčiais. Šio tyrimo pagrindinis tikslas – išanalizuoti nuosėkio laikotarpių Lietuvos upėse kaitos tendencijas, pasikartojimą ir cikliškumą 1960–2019 m. To siekiant, darbe mėginama įvertinti nuosėkio laikotarpių pasikartojimo cikliškumą Lietuvos upėse įvairiais laikotarpiais pagal 15 vandens matavimo stočių (VMS) kasdienių debitų duomenis, identifikuoti upes ir rajonus, kuriuose 1960–2019 m. buvo dažniausiai stebimas nuosėkis, ir išnagrinėti atvejų, kai upių debitas nagrinėtose VMS nesiekė 30 paeiliui einančių sausiasių parų debito 80 proc. tikimybės reikšmių, pasiskirstymą.

Nuosėkio Lietuvos upėse tyrimų nėra gausu, todėl gauti rezultatai ateityje bus naudingi teoriškai analizuojant nuosėkio susidarymo aplinkybes, taikant panašių rodiklių skaičiavimus praktikoje ir pagrindžiant ilgalaikes nuotėkio režimo kaitos prognozes.

DUOMENYS IR ANALIZĖS METODAI

Atliekant tyrimą pasirinktos upių VMS, turėjusios kasdienių debitų duomenų seką nuo 1960 iki 2019 m. Šį reikalavimą atitiko 15 VMS iš skirtingų Lietuvos hidrologinių sričių (1 pav.).

Lietuvos teritorija pasižymi hidrologinių sąlygų įvairove, todėl parenkant tyrimui tinkamas VMS stengtasi, kad jos reprezentuotų skirtingas Lietuvos hidrologines sritis ir kuo įvairesniais rodikliais pasižyminčius baseinus. Pagrindinės upių ir jų baseinų charakteristikos pateiktos 1 lentelėje.



Nr.	Upė	VMS
1.	Merkys	Puvočiai
2.	Strėva	Semeliškės
3.	Žeimena	Pabradė
4.	Ūla	Zervynos
5.	Neris	Jonava
6.	Nemunas	Smalininkai
7.	Verknė	Verbyliškės
8.	Nevežis	Panevėžys
9.	Minija	Kartena
10.	Venta	Papilė
11.	Jūra	Tauragė
12.	Nemunėlis	Tabokinė
13.	Šušvė	Šiaulėnai
14.	Bartuva	Skuodas
15.	Mituva	Žindaičiai

1 pav. Darbe nagrinėjamos VMS ir jų išsidėstymas (VMS žemėlapyje suskirstytos pagal 60 metų nuotėkio 25 proc. kvartilio ir vidurkio santykio reikšmes)

Nuosėkio kaitos tendencijos 1960–2019 m. buvo identifikuojamos pagal nustatytas gamtosauginio debito reikšmes. Gamtosauginį debitą apibrėžia minimalus gegužės–spalio mėnesių 80 proc. arba 95 proc. (toliau $Q_{80\%}$ ir $Q_{95\%}$) tikimybės, priklausomai nuo upės nuotėkio per metus natūralaus reguliavimo koeficiento, 30 sausiasių parų iš eilės vidutinis vandens debitas (Lietuvos Respublikos..., 2005). Kadangi nuotėkio natūralaus reguliavimo koeficientas laikui bėgant kinta, tyrime nutarta visose VMS nagrinėti tik $Q_{80\%}$ nesiekiančius atvejus, nepriklausomai nuo to, ar pagal nuotėkio natūralaus reguliavimo koeficiento reikšmę upės gamtosauginis debitas atitinka 80 proc. tikimybės ar 95 proc. tikimybės 30 sausiasių iš eilės einančių parų debitą. Gamtosauginio debito reikšmės gautos iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos (LHMT). Upėse, kuriose ledo danga nepastovi, $Q_{80\%}$ LHMT skaičiuojamas naudojant visų metų duomenis, o upėse, kuriose ledo danga stabili, $Q_{80\%}$ skaičiuojamas atskirai vasaros–rudens ir žiemos sezonams. Nagrinėjamos VMS (išskyrus didžiąsias upes) vasaros–rudens laikotarpiu vyravo mažesnis gamtosauginis debitas nei žiemos laikotarpiu, todėl šiame darbe buvo vertinami atvejai, kai kasdieniai debito duomenys nesiekė vasaros–rudens laikotarpio $Q_{80\%}$ debito reikšmių (2 lentelė). Tose VMS, kur LHMT neskaičiuoja gamtosauginio debito atskirai vasaros–rudens ir žiemos sezonams, naudota pagal visų metų duomenis apskaičiuoto gamtosauginio debito reikšmė.

1 lentelė. Analizuojamų upių ir baseinų charakteristikos: E – ežeringumas, P – pelkėtumas, M – miškingumas ir S – smėlingumas (pagal Gailiušis ir kt., 2001)

Upė	VMS	Baseino plotas, km ²	Debitas m ³ /s	Nuotėkio modulis, l / s ² km ²	Nuotėkio aukštis, mm	Kritulių kiekis, mm	E, (%)	P, (%)	M, (%)	S, (%)
Pietryčių Lietuvos hidrologinė sritis										
Merkys	Puvočiai	4300	35,3	8,2	259	740	0,9	10	46	67
Žeimena	Pabradė	4300	21,2	8,7	275	730	7,0	10	37	76
Verknė	Verbyliškės	694	5,05	7,3	229	740	2,0	14	12	20
Ūla	Zervynos	679	4,94	7,3	230	700	0,3	11	84	89
Strėva	Semeliškės	234	1,64	7,5	235	730	6,3	12	19	30
Vidurio Lietuvos lygumos hidrologinė sritis										
Nemunėlis	Tabokinė	2690	19,8	7,4	232	730	0,6	10	24	19
Venta	Papilė	1579	9,9	6,4	201	700	0,6	7	27	10
Nevėžis	Panevėžys	1130	5,32	5,2	164	700	0,3	6	23	20
Mituva	Žindaičiai	403	2,83	7,0	221	750	0,2	1	20	8
Šušvė	Šiaulėnai	162	1,28	7,9	249	700	0,1	22	16	16
Žemaičių aukštumos hidrologinė sritis										
Jūra	Tauragė	1690	21,0	12,4	391	850	0,2	6	20	8
Minija	Kartena	1230	15,9	12,9	407	900	1,4	8	20	12
Bartuva	Skuodas	612	7,5	12,3	387	800	0,2	5	3	3
Didžiosios (tranzitinės) upės										
Nemunas	Smalininkai	81200	540	6,6	209	700	1,5	15	21	-
Neris	Jonava	24600	111	7,3	230	700	2,4	10	28	-

2 lentelė. 80 proc. tikimybės 30 iš eilės sausiausių parų vidutinių debitų reikšmės tirtose VMS

Nr.	Upė	VMS	Baseino plotas, km ²	Stebėjimo laikotarpis	Nuosėkio laikotarpis	80 proc. tikimybės debito reikšmė, m ³ /s
1.	Merkys	Puvočiai	4 300	1970–2015 m.	Visų metų	15,4
2.	Strėva	Semeliškės	234	1970–2015 m.	Visų metų	0,42
3.	Žeimena	Pabradė	4 300	1970–2015 m.	Vasaros–rudens	9,30
4.	Ūla	Zervynos	679	1970–2015 m.	Visų metų	2,24
5.	Neris	Jonava	24 600	1950–2015 m.	Visų metų	65,6
6.	Nemunas	Smalininkai	81 200	1950–2015 m.	Vasaros–rudens	211
7.	Verknė	Verbyliškės	694	1970–2015 m.	Vasaros–rudens	1,36
8.	Nevėžis	Panevėžys	1 130	1980–2015 m.	Visų metų	0,44
9.	Minija	Kartena	1 230	1970–2015 m.	Vasaros–rudens	1,37

Nr.	Upė	VMS	Baseino plotas, km ²	Stebėjimo laikotarpis	Nuosėkio laikotarpis	80 proc. tikimybės debito reikšmė, m ³ /s
10.	Venta	Papilė	1 579	1970–2015 m.	Vasaros–rudens	0,86
11.	Jūra	Tauragė	1 690	1970–2015 m.	Vasaros–rudens	1,93
12.	Nemunėlis	Tabokinė	2 690	1970–2015 m.	Vasaros–rudens	1,12
13.	Šušvė	Šiaulėnai	162	1970–2015 m.	Vasaros–rudens	0,027
14.	Bartuva	Skudodas	612	1970–2014 m.	Vasaros–rudens	0,40
15.	Mituva	Žindaičiai	403	1986–2015 m.	Vasaros–rudens	0,027

Nuosėkio laikotarpių trukmė ir dinamika per daugiametį laikotarpį buvo vertinama atskiriems 1960–2019 m. 20 metų periodams (1960–1979 m., 1980–1999 m., 2000–2019 m.) ir visam 60 metų laikotarpiui. Kiekvieno periodo metu buvo suskaičiuotas dienų, kai debitas nesiekė $Q_{80\%}$ reikšmės, skaičius ir įvertintas tokių atvejų pasikartojimas konkrečiomis datomis.

REZULTATAI

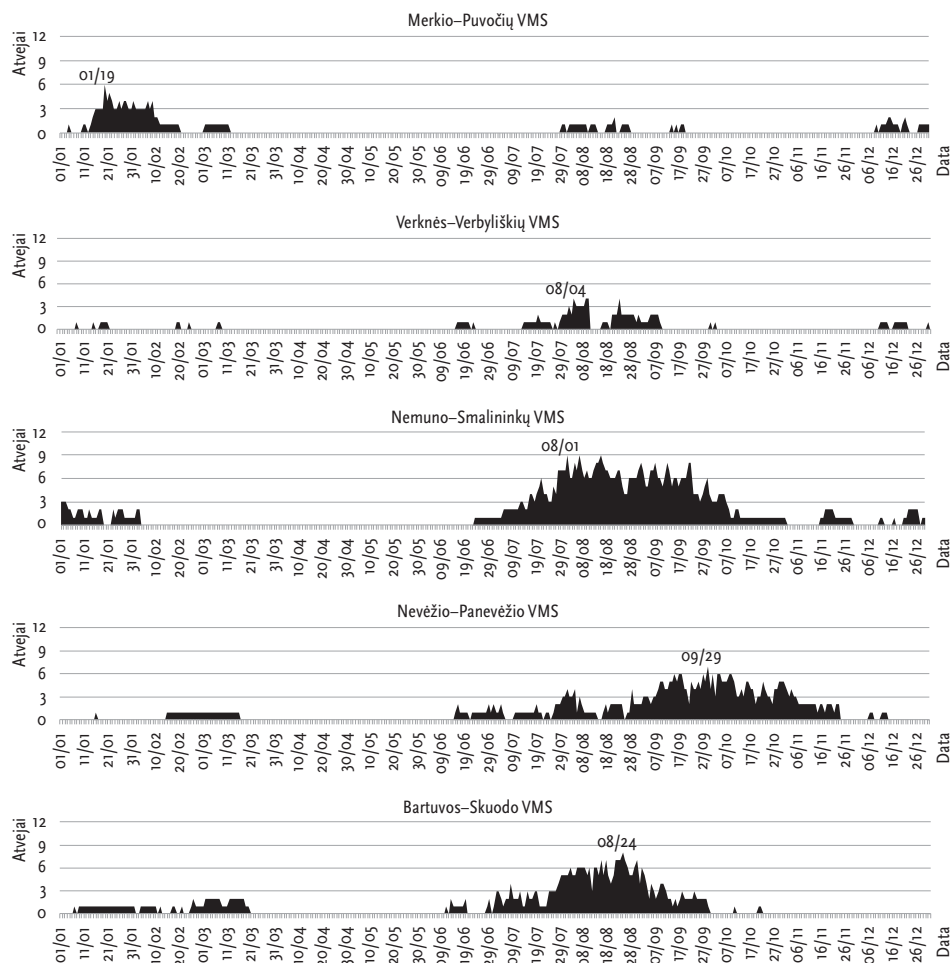
Ilgas matavimų laikotarpis suteikia galimybę įvertinti bendrą nuotėkio kaitą per metus ir sausų dienų pasikartojimo ypatumus įvairiais metais. 3 lentelėje matyti, kad nagrinėjamų upių metiniame cikle nuosėkis dažniausiai stebimas vasarą, rudenį ir žiemą. Nuosėkis šiltuoju laikotarpiu prasideda apie birželio vidurį ir baigiasi rugsėjo–spalio mėnesiais. Po staigaus pavasario potvynio upės nusenka anksčiau, o potvyniui užtrukus dėl vėsių orų ar lietaus poplūdžių upės pradeda sekti tik vasaros viduryje. Didžiausias atvejų, kai debitas nesiekė $Q_{80\%}$ reikšmės, skaičius nagrinėjamosiose upėse fiksuojamas rugpjūčio–rugsėjo mėnesių sandūroje. Žiemos metu daugiausia nuosėkio atvejų, kai debitas buvo mažesnis už $Q_{80\%}$ reikšmę, pasitaikė gruodžio–sausio mėnesiais (jie dažniausiai stebėti Merkyje ties Puvočiais ir Nemune ties Smalininkais). Taip pat nagrinėjamoju laikotarpiu nuosėkio atvejų fiksuota ir pavasario sezonu. Tokiu metu vandens stygius buvo būdingas Žemaičių aukštumos hidrologinėje srityje tekančiai Bartuvai ties Skudodu, kurios nuotėkio režimas ypač nestabilus (3 lentelė).

Grafinis nuosėkio pasiskirstymo vaizdas liudija, kad didžiosiose šalies upėse bendras šių dienų skaičius ne tik gerokai didesnis, bet ir pats nuosėkio laikotarpis yra labiau tolydus nei mažesnėse upėse (3 pav.). Tarkim, 1960–2019 m. laikotarpiu mažesnio nei $Q_{80\%}$ debito atvejai Nevėžyje ties Panevėžiu stebėti 189 dienas, Nemune ties Smalininkais – 181 dieną, o Merkyje ties Puvočiais ir Verknėje ties Verbyliškėmis tokių dienų būta atitinkamai 94 ir 81.

3 lentelė. Bendras dienų, kai vidutinis debitas neviršijo $Q_{80\%}$ reikšmių, skaičius 1960–2019 m. laikotarpiu ir skirtingais šio laikotarpio metų sezonais analizuotose VMS

Nr.	Upė	VMS	Pavasaris	Vasara	Ruduo	Žiema	Bendras atvejų skaičius
1.	Merkys	Puvočiai	11	22	4	127	164
2.	Strėva	Semeliškės	0	45	8	9	62
3.	Žeimena	Pabradė	0	328	96	3	427
4.	Ūla	Zervynos	2	180	101	23	306
5.	Neris	Jonava	0	117	51	30	198
6.	Nemunas	Smalininkai	0	313	252	67	632
7.	Verknė	Verbyliškės	2	85	15	20	122
8.	Nevėžis	Panevėžys	16	106	310	21	453
9.	Minija	Kartena	0	100	39	3	142
10.	Venta	Papilė	3	233	63	18	317
11.	Jūra	Tauragė	2	135	48	27	212
12.	Nemunėlis	Tabokinė	0	73	92	0	165
13.	Šušvė	Šiaulėnai	0	113	24	1	138
14.	Bartuva	Skuodas	27	173	36	30	266
15.	Mituva	Žindaičiai	0	186	148	0	334

Pietryčių Lietuvoje tiek vasarą, tiek žiemą minimalus nuotėkis yra didžiausias, lyginant su kitose hidrologinėse srityse tekančių upių nuotėkiu (1 lentelė). Aukštą minimalų nuotėkį čia pirmiausia užtikrina gausus požeminis maitinimas, todėl nuotėkis didžiąją metų dalį viršija $Q_{80\%}$, o nuosėkio dienų skaičius čia tekančiose upėse (Verknėje, Merkyje, Žeimenoje) yra vienas mažiausių tarp nagrinėjamų VMS. Dažniausiai nuosėkis čia stebimas vasaros pabaigoje arba rudens pradžioje. Verknėje ties Verbyliškėmis ir Merkyje ties Puvočiais nuosėkio atvejų skaičius, lyginant su kitomis upėmis, gerokai mažesnis: Verknėje ties Verbyliškėmis nuosėkis, neviršijantis $Q_{80\%}$, dažniausiai stebėtas rugpjūčio 4, 9–10 ir 23 d., tačiau ir šiomis dienomis fiksuota vos po 4 nuosėkio atvejus. Išsiskyrė ir Merkys, kur nuotėkis, mažesnis už $Q_{80\%}$ kritinę reikšmę, dažniausiai pasikartojo šaltuoju sezonu, ypač nuo sausio vidurio iki vasario vidurio (daugiausia nuosėkio atvejų būta sausio 19 d. – 1960–2019 m. laikotarpiu šią dieną fiksuoti 6 atvejai, kai debitas nesiekė $Q_{80\%}$). Šiltuoju sezonu nuosėkio atvejai Merkyje pasikartoja rečiausiai, lyginant su kitomis VMS. Žeimenoje ties Pabrade nustatyti atvejai pasiskirstė labai tolygiame intervale: nuo birželio 19 d. iki spalio 8 d. Dažniausiai pasikartojantys nuosėkio atvejai (kai per 60 metų $Q_{80\%}$ nesiekiantis debitas tą pačią metų dieną stebėti 5–10 kartų) būdingi nuo rugpjūčio 3 d. iki rugsėjo 11 d. (2 pav.).



2 pav. Bendras atvejų, kai vidutinis paros debitas neviršijo $Q_{80\%}$ reikšmių, skaičius pasiskirstymas konkrečiomis metų dienomis 1960–2019 m.

Nemune ties Smalininkais pasikartojančių nuosėkio atvejų skaičius – vienas didžiausių tarp nagrinėjamų VMS. Didžioji šalies upė nuosėkio laikotarpiais yra maitinama požeminio vandens ištekliais ir menkai reaguoja į trumpalaikius kritulius (priešingai nei mažesnės upės). Dėl šių priežasčių Nemunas paprastai nenusenka trumpam – jei upėje prasideda nuosėkis, tai jis dažniausiai yra susijęs su ilgalaikiu sausuoju laikotarpiu. Tai atsispindi ir 2 pav. – bendras nuosėkio dienų skaičius Nemune yra didelis, o nuosėkis tęsiasi gerokai ilgiau (upei būdinga didesnė inercija ir lėtesnė reakcija į besikeičiančias aplinkos sąlygas). Šiltuoju laikotarpiu dažniausiai pasikartojantys atvejai (kai $Q_{80\%}$ nesiekiančios debito

reikšmės tą pačią dieną pasikartojo daugiau nei 5 kartus) užfiksuoti nuo liepos 21 d. iki rugsėjo 30 d., tačiau pasikartojančių atvejų intervalas (be žiemos sezono) trunka nuo birželio 23 d. iki lapkričio 2 d. Didžiausias tą pačią dieną pasikartojančių atvejų skaičius sudarė 9 kartus (tiek kartų nuosėkis fiksuotas rugpjūčio 1, rugpjūčio 7 ir rugpjūčio 15 d.). Nemune dažniau pasitaiko nuosėkio atvejų ir šaltuoju laikotarpiu: net 3 kartus buvo fiksuoti tą pačią dieną pasikartojantys nuosėkio atvejai sausio mėnesio 1–3 d. Spėtina, kad žiemos nuosėkį Nemune galima sieti su smulkių baseino upelių peršalimu iki dugno – tai patvirtina ir faktas, kad dauguma žiemos nuosėkio atvejų Nemune stebėti 1960–1979 m. laikotarpiu (3 pav.), kai žiemos mūsų regione buvo gerokai atšiauresnės.

Nemažą dienų, kurioms būdingas $Q_{80\%}$ nesiekiantis debitas, skaičių per metus Nevėžyje ties Panevėžiu iš dalies lemia tai, kad upė teka Vidurio Lietuvos lygumos hidrologinėje srityje, išsiskiriančioje lygumomis ir sunkesnės mechaninės sudėties gruntais, dėl ko negiliai įsirižusios upių vagos gauna santykinai menką prietaką iš požemio. Šios upės pagrindinis maitinimo šaltinis – krituliai, tačiau jų, lyginant su kitomis VMS, Nevėžio baseinas gauna mažiausiai. Todėl Nevėžyje ties Panevėžiu stebimas gerokai ilgiau trunkantis metinis nuosėkio atvejų pasiskirstymas ir mažesnis nuosėkio atvejų pasikartojimas konkrečiomis dienomis. Priešingai yra Bartuvoje ties Skuodu, kuri plyti Žemaičių aukštumos hidrologinėje srityje ir čia iškrenta didžiausias iš tirtų upių kritulių kiekis, todėl nuosėkio atvejų metinio pasiskirstymo diapazonas čia kur kas siauresnis. Nevėžyje ties Panevėžiu 1960–2019 m. dažniausiai nuosėkis kartojo rugpjūčio 29 d. (7 kartus), o Bartuvoje ties Skuodu – rugpjūčio 24 d. (8 kartus).

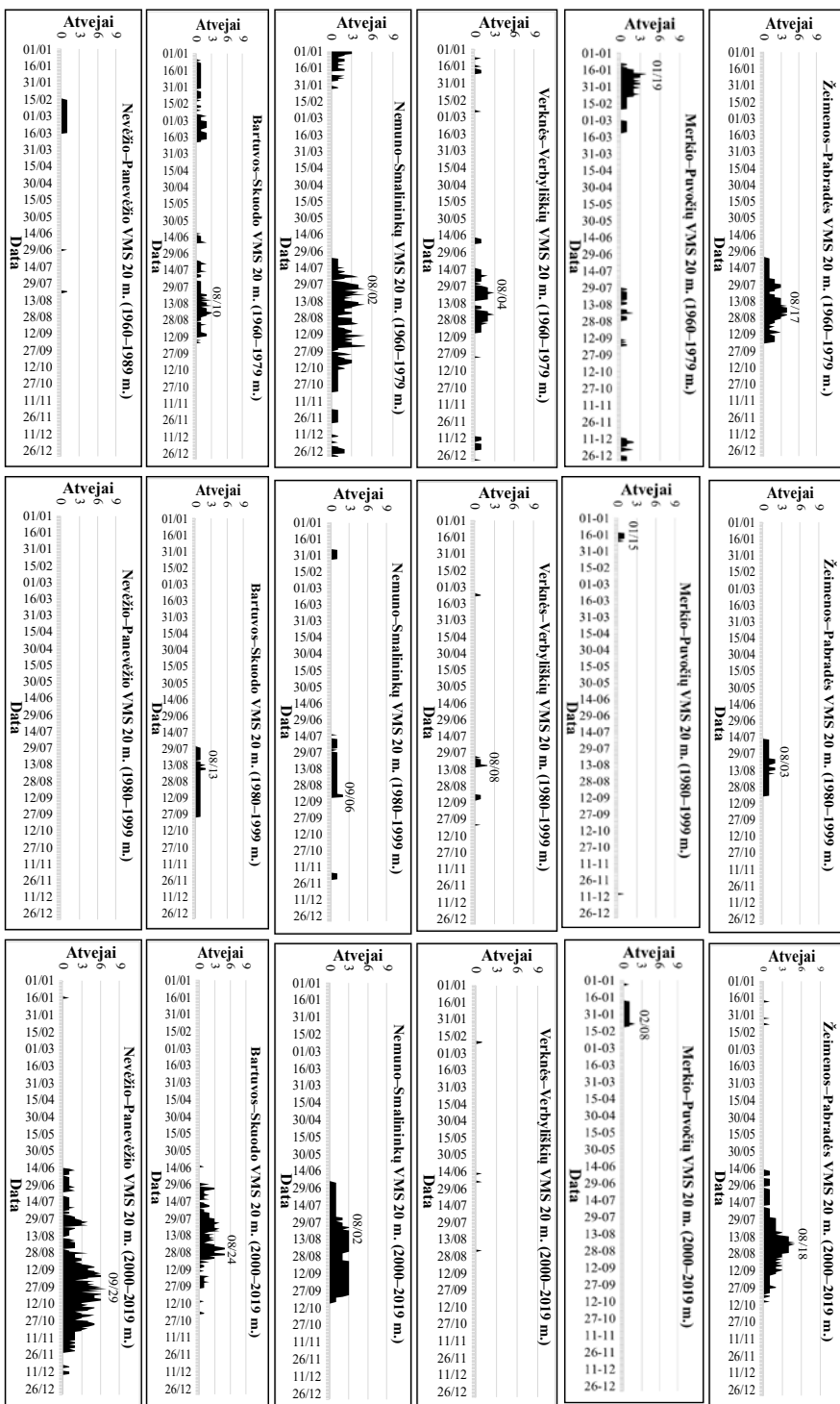
Vertinant gautų atvejų pasiskirstymą atskirais dvidešimties metų periodais išryškėjo gana aiškios vandeningo 1980–1999 m. bei sauringų 1960–1979 m. ir 2000–2019 m. laikotarpių tendencijos, kurias 60 metų rezultatai nerodo (4 lentelė). Daugumoje nagrinėtų dvidešimtmečių beveik visose VMS pasitaikė atvejų, kuomet $Q_{80\%}$ reikšmės nebuvo viršytos. Išimtį sudaro Šušvė ir Mituva 1960–1979 m. bei Nevėžis, Jūra ir Mituva 1980–1999 m.: šiose upėse tuo metu nebuvo identifikuota nė vieno nuosėkio atvejo. Daugiausia nuosėkio atvejų, kai paros debitas neviršijo $Q_{80\%}$ reikšmių, buvo fiksuojama 2000–2019 m. periodu. Šiuo laikotarpiu, lyginant su 1960–1979 m., daugumoje upių gerokai išaugo bendras nuosėkio atvejų skaičius. Tai ryškiai matoma Žeimenos, Ūlos, Nevėžio, Mituvos, Ventos, Nemunėlio ir Šušvės upių VMS. Tarp gautų rezultatų išsiskyrė Verknės, Strėvos, Merkio, Minijos, Jūros ir Neries VMS, kur dauguma nuosėkio atvejų buvo nustatyta pirmajame dvidešimtmečiuose, ir Nemunas bei Bartuva, kur santykinai daug nuosėkio atvejų stebėta tiek 1960–1979 m., tiek 2000–2019 m.

4 lentelė. Bendras dienų, kai vidutinis debitas neviršijo $Q_{80\%}$ reikšmių, skaičius įvairiais 1960–2019 m. laikotarpio dvidešimtmečiais ir skirtingais metų sezonais analizuotose VMS

Upė	VMS	Pavasaris			Vasara			Ruduo			Žiema			Bendras atvejų skaičius		
		1960–1979	1980–1999	2000–2019	1960–1979	1980–1999	2000–2019	1960–1979	1980–1999	2000–2019	1960–1979	1980–1999	2000–2019	1960–1979	1980–1999	2000–2019
Merkys	Puvočiai	11	0	0	22	0	0	4	0	0	94	8	25	131	8	25
Strėva	Semeliškės	0	0	0	35	10	0	2	4	2	9	0	0	46	14	2
Žeimena	Pabradė	0	0	0	127	56	145	33	5	58	0	0	3	160	61	206
Ūla	Zervynos	2	0	0	28	42	110	16	18	67	23	0	0	69	60	177
Neris	Jonava	0	0	0	39	58	20	19	16	16	12	18	0	70	92	36
Nemunas	Smalininkai	0	0	0	140	45	128	135	17	100	58	9	0	333	71	228
Verknė	Verbyliškės	0	2	0	72	10	3	9	6	0	18	0	2	99	18	5
Nevėžis	Panevėžys	16	0	0	3	0	103	0	0	310	15	0	6	34	0	419
Minija	Kartena	0	0	0	58	2	40	20	12	7	3	0	0	81	14	47
Venta	Papilė	3	0	0	102	2	129	10	8	45	18	0	0	133	10	174
Jūra	Tauragė	2	0	0	99	0	36	15	0	33	27	0	0	143	0	69
Nemunėlis	Tabokinė	0	0	0	2	16	55	20	61	11	0	0	0	22	77	66
Šušvė	Šiaulėnai	0	0	0	0	75	38	0	15	9	0	0	1	0	90	48
Bartuva	Skuodas	27	0	0	51	27	95	0	27	9	30	0	0	108	54	104
Mituva	Žindaičiai	0	0	0	0	0	186	0	0	148	0	0	0	0	0	334

Iš 4 lentelės matyti, kad 2000–2019 m. vasaros ir rudens sezonais daugumoje upių išaugo nuosėkio atvejų skaičius, o žiemos sezono nuosėkio atvejų skaičius gerokai sumažėjo, pavasarį nuosėkio atvejų išvis nefiksuoja, priešingai nei pirmojo dvidešimtmečio metu. Tai greičiausiai sietina su nuosėkio genezės pokyčiais: jei analizuojamo laikotarpio pradžioje upės neretai pasiekdavo nuosėkio fazę dėl to, kad žiemą vyraudavo tiesiogiai baseino negalintys maitinti kieti krituliai, o papildomą vandens prietaką iš grunto trikdavo įšalas, tai jo pabaigoje vos ne vienintelė upių nuosėkio formavimosi priežastimi tapo ilgalaikės sausros šiltuoju metų laiku. Paskutinį dvidešimtmetį stipriausiai nuseko Nevėžis ir Mituva, tekančios Vidurio Lietuvos hidrologinėje srityje, taip pat Pietryčių Lietuvos hidrologinė sričiai priklausančios Žeimena ir Ūla. Rečiausiai nuosėkio atvejai paskutinio dvidešimtmečio metu fiksuoti Strėvoje ir Verknėje.

Sausiausias laikotarpis, kai upės labiausiai nusenka, fiksuojamas rugpjūčio–rugsėjo mėnesiais – šie mėnesiai pasižymi didžiausiu pasikartojančių nuosėkio



3 pav. Bendras atvejų, kai vidutinis paros debitas neviršijo $Q_{80\%}$ reikšmių, skaičiaus pasiskirstymas konkrečiais metų dienomis 1960–1979, 1980–1999 ir 2000–2019 m. laikotarpiais

atvejų skaičiumi. Svarbu pastebėti, kad paskutinio dvidešimtmečio metu (2000–2019 m.) nuosėkio atvejai praddami fiksuoti kur kas anksčiau ir baigiami fiksuoti gerokai vėliau nei kitais 20 metų laikotarpiais. 2000–2019 m. atvejai visose stotyse stebimi nuo birželio vidurio iki spalio pabaigos (Nevėžyje – iki lapkričio), kai 1960–1979 ir 1980–1999 m. laikotarpiais – nuo birželio–liepos mėnesių sandūros iki rugsėjo pabaigos (tik 1960–1979 m. Nemune iki lapkričio) (3 pav.).

Rezultatai liudija, kad paskutinį dvidešimtmetį, lyginant su kitais 20 metų laikotarpiais, nuosėkiui formuotis palankios sąlygos susidaro vis dažniau, kas ypač ryškiai matoma Nevėžio, Mituvos, Ventos, Ūlos, Žeimenos ir Nemuno upėse (4 lentelė). Tiesa, būtina pabrėžti, kad ypač didelis dienų su nuosėkiu skaičius, būdingas Nevėžio ties Panevėžiu upei, neabejotinai yra ne tik gamtinių, bet ir antropogeninių procesų poveikio rezultatas: nuo XXI a. pradžios nustojus tiekti vandenį Šventosios–Nevėžio kanalu, nuotėkis žemiau Traupio esančioje Nevėžio atkarpoje gerokai sumažėjo, ypač sausesniais laikotarpiais (Gailiušis ir kt., 2001; Šalnaitė, 2010).

Kita vertus, matant Verknės ties Verbyliškėmis ir Merkio ties Puvočiais nuosėkio atvejų pasiskirstymą, nesunku pastebėti, kad tai nėra būdinga visoms upėms: spėtina, kad smėlingesniuose ir miškingesniuose regionuose tekančios Pietryčių Lietuvos upės, gaunančios nemenką prietaką iš giliai slūgsančių požeminių vandens sluoksnių, šiltuoju metų laiku junta gerokai mažesnę klimato kaitos poveikį savo hidrologiniam režimui, lyginant su kitų regionų baseiniais.

Šiltuoju sezonu pastebima priešinga atvejų pasiskirstymo tendencija: nagrinėjamoje VMS 1960–1979 m. laikotarpiu buvo fiksuojama gerokai daugiau nuosėkio atvejų nei antrajame ir trečiajame dvidešimtmečiuose, kurie išsiskyrė tik pavieniais atvejais, fiksuotais Žeimenos, Nevėžio, Šušvės, Verknės ir Merkio upėse. Pirmajame dvidešimtmečiuose nuosėkio atvejai buvo fiksuojami 11 VMS, tik Žeimenoje ties Pabrade, Šušvėje tie Šiaulėnais, Nemunėlyje ties Tabokine ir Mituvoje ties Žindaičiais šį sezoną atvejų nebuvo fiksuota (4 lentelė). Šiuo laikotarpiu gauti atvejai nagrinėjamoje VMS pasiskirstė kur kas netolygiau nei šiltuoju (3 pav.). Dauguma jų fiksuoti Merkyje ties Puvočiais (sausio–vasario mėnesiais), Nemune ties Smalininkais (gruodžio–sausio mėnesiais) ir Bartuvoje ties Skuodu (kovo mėnesį). Tai rodo, kad per paskutinius 60 metų gerokai pakito nuosėkų sukeliančios sąlygos: jei pirmąjį iš nagrinėtų dvidešimtmečių (1960–1979 m.) daugelis nuosėkio atvejų buvo siejami su šaltomis žiemomis (vyravo kieti krituliai, dėl ko galimybė formuotis gausniam paviršiniam nuotėkiui atsirasdavo tik pavasarį – sniego tirpsmo metu; dirvožemiui buvo būdingas gilus iššalas, žiemą neleidžiantis susidaryti prietakai iš dirvožemio, o dalis smulkesnių intakų iššaldavo iki dugno), tai antrojo (1980–1999 m.) ir trečiojo dvidešimtmečio (2000–2019 m.)

metu nuosėkis susidarydavo pirmiausia dėl karštų ir sausų vasarų (nuosėkio formavimąsi lėmė ilgi laikotarpiai be kritulių ir labai padidėjęs garavimas nuo baseino paviršiaus). Tačiau daugumoje upių mažėjantis nuosėkio atvejų skaičius žiemos laikotarpiu rodo, kad užtikrinamas nagrinėjamų upių minimalus nuotėkis šaltuoju sezonu. Tai gali būti siejama su vis dažniau pasitaikančiomis šiltomis žiemomis, dėl ko iškrenta ne sniegas, o skysti krituliai. Žiemą iškritus lietui, o ne sniegui atsiranda galimybė upėms pasipildyti paviršine prietaka visus metus, kas ankstesniais dvidešimtmečiais, esant sniegui ir giliam įšalui, nebūdavo įmanoma.

IŠVADOS

- 1960–2019 m. daugiausia atvejų (632), kai debitas neviršijo $Q_{80\%}$ tikimybės reikšmių, nustatyta Nemune ties Smalininkais. Nemažai tokių atvejų taip pat užfiksuota Žemaičių aukštumos ir Vidurio Lietuvos hidrologinėse srityse tekančiose upėse: Nevėžyje ties Panevėžiu (453), Mituvoje ties Žindaičiais (334), Ventoje ties Papile (317). Mažiausiai gilaus nuosėkio atvejų būta mažesnėse Pietryčių Lietuvos hidrologinės srities upėse: Strėvoje ties Semeliškėmis (62) ir Verknėje ties Verbyliškėmis (122).
- Tyrimo rezultatai rodo, kad 1960–2019 m. laikotarpio pabaigoje Lietuvos upėse gerokai padaugėjo atvejų, kai debitai nesiekia $Q_{80\%}$ reikšmių. Lyginant atskirus 20 metų trukmės periodus (1960–1979, 1980–1999 ir 2000–2019 m.), paaiškėjo, kad dauguma atvejų, kai debitai neviršijo $Q_{80\%}$ reikšmių, nustatyta 2000–2019 m. Šiuo laikotarpiu fiksuota beveik pusė (49,3 proc.) visų atvejų, kai debitas neviršija $Q_{80\%}$, buvusių per 1960–2019 m. laikotarpį. Ši dvidešimtmetį daugiausia nuosėkio atvejų fiksuota Nevėžyje ties Panevėžiu (419), o mažiausiai – Strėvoje, ties Semeliškėmis (2).
- 2000–2019 m. periodu ne tik padaugėjo nuosėkio atvejų (šiuo laikotarpiu metinis fiksuotų atvejų skaičius labai išaugo: 4 iš 6 VMS, išskyrus Verknę ties Verbyliškėmis ir Merkį ties Puvočiais), bet ir gerokai pailgėjo nuosėkio laikotarpio trukmė šiltuoju sezonu. 2000–2019 m. nuosėkis dažnai truko nuo birželio iki spalio mėnesio (Nevėžio–Panevėžio VMS iki lapkričio mėnesio pabaigos), kai ankstesniais 20 metų laikotarpiais tokie atvejai buvo fiksuojami liepos–rugsėjo mėnesių intervale (tik Nemuno–Smalininkų VMS iki spalio mėnesio pabaigos). Šaltuoju sezonu stebima priešinga tendencija: nagrinėjamoje VMS 1960–1979 m. laikotarpiu buvo fiksuota gerokai daugiau nuosėkio atvejų nei paskutinio dvidešimtmečio metu.

4. Analizuojant atvejų, kai nuotėkis nesiekė $Q_{80\%}$ metinį pasiskirstymą, paaiškėjo, kad daugiausia nuosėkio atvejų 1960–2019 m. šiltuoju laikotarpiu fiksuojama rugpjūčio–rugsėjo mėnesiais, o šaltuoju laikotarpiu – gruodžio–sausio mėnesiais. Konkrečiomis metų datomis gilaus nuosėkio atvejai dažniausiai buvo linkę kartotis Nemune ties Smalininkais, Nevėžyje ties Panevėžiu, Žeimenoje ties Pabrade, Bartuvoje ties Skuodu ir Merkyje ties Puvočiais. Mažiausias šių atvejų pasikartojimas analogiškais metų dienomis stebėtas mažiausioje nagrinėtoje upėje – Verknėje ties Verbyliškėmis.

LITERATŪRA

1. Akstinas, V. (2016). Low flow projections of the south–eastern Lithuanian rivers in 21st century. *The 13th International conference of young scientist on energy issues*. Kaunas: Lietuvos energetikos institutas.
2. Barisas, A. (1972). Virintos baseino upių šiltojo laikotarpio minimalaus nuotėkio ekspedicioinio tyrimo rezultatai. *Geografija ir geologija*, 9, 13–30.
3. Bukantis, A. (2014). *Kas užlopyt dangų*. Vilnius: Tyto alba.
4. Gailiūšis, B., Jablonskis, J., Kovalenkoviėnė, M. (2001). *Lietuvos upės. Hidrografija ir nuotėkis*. Kaunas: Lietuvos energetikos institutas.
5. Jablonskis, J., Janukėnienė, R. (1978). *Lietuvos upių nuotėkio kaita*. Vilnius: Mokslas.
6. Jablonskis, J. (2012). Nemuno nuotėkis žiemų kontrastų fone. *Energetika*, 58 (2), 108–116.
7. Jakimavičiūtė, N., Stankūnavičius, G. (2008). Sausrų Lietuvoje diagnozė naudojant skirtingus kritulių rodiklius ir klasifikacijos metodus. *Geografija*, 44 (2), 50–57.
8. Januškis, V. (1981). *Lietuvos upių minimalus nuotėkis šiltuoju laikotarpiu*. Vilnius: Mokslas.
9. Kriauciūnienė, J., Jakimavičius, D., Šarauškienė, D., Kaliatka, T. (2012). Estimation of uncertainty sources in the projections of Lithuanian river runoff. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 27 (4), 769–784.
10. Kriauciūnienė, J., Kovalenkoviėnė, M., Meilutytė-Barauskienė, D. (2007). Changes of the Low Flow in Lithuanian Rivers. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba*, 4 (42), 5–12.
11. Kriauciūnienė, J., Meilutytė-Barauskienė, D., Rimkus, E., Kažys, J., Vincevičius, A. (2008). Climate change impact on hydrological process in Lithuanian Nemunas river basin. *Baltica*, 21 (1–2), 51–61.
12. Kugytė, G., Valiuškevičius, G. (2021). Hidrologinių sausrų identifikavimas Lietuvos upėse. *Geografija ir edukacija: Mokslo almanachas*, 9, 87–99.
13. Kutra, S., Berankienė, L. (2006). Azoto koncentracijos vidutinio dydžio upių vandenyje priklausomybė nuo nuotėkio modulio. *Vandens ūkio inžinerija*, 30 (50), 57–66.
14. Lasinskas, M. (1968). Šešupės aukštupio minimalūs debitai. *Hidrometeorologiniai straipsniai*, 1, 1–288.
15. Lietuvos Respublikos Vyriausybė. (2005). Dėl gamtosauginio vandens debito apskaičiavimo tvarkos aprašo patvirtinimo. *Valstybės žinios*, 94–3508.
16. Lietuvos Respublikos Vyriausybė. (2006). Dėl Lietuvos aplinkos apsaugos normatyvinio dokumento LAND 81–2006 patvirtinimo. *Valstybės žinios*, 87–3427.

17. Meilutytė-Barauskienė, D., Kovalenkoviėnė, M., Irbinskas, V. (2008). Lietuvos upių vandens ištekliai klimato kaitos fone. *Geografija*, 44 (2), 1–8.
18. Nazarenko, S., Kriaučiūnienė, J., Šarauskienė, D., Jakimavičius, D. (2022). Patterns of Past Future Droughts in Permanent Lowland Rivers. *Water*, 14 (1), 71.
19. Pauliukevičius, H. (2004). Mažos upės nuotėkio ypatybės metais su sausu šiltuoju laikotarpiu. *Geografijos metraštis*, 37 (1–2), 18–25.
20. Rimkus, E., Bukantis, A., Stankūnavičius, G. (2006). Klimato kaita: faktai, prognozės. *Geologijos akiračiai*, 1 (61), 10–20.
21. Rimkus, E., Stonevičius, E., Kilpys, J., Mačiulytė, V., Valiukas, D. (2017). Drought identification in the eastern Baltic region using NDVI. *Earth System Dynamics*, 8 (3), 627–637.
22. Rimkus, E., Stonevičius, E., Korneev, V., Kažys, J., Valiuškevičius, G., Pakhomau, A. (2013). Dynamics of meteorological and hydrological droughts in the Neman river basin. *Environmental research letters*, 8, 1–10.
23. Rimkus, E., Valiukas, D., Kažys, J., Gečaitė, I., Stonevičius, E. (2012). Dryness dynamics of the Baltic Sea region. *Baltica*, 25 (2), 129–142.
24. Stonevičius, E., Rimkus, E., Štaras, A., Kažys, E., Valiuškevičius, G. (2017). Climate change impact on the Nemunas River basin hydrology in the 21st century. *Boreal environment research*, 22, 49–65.
25. Stonevičius, E., Valiuškevičius, G., Rimkus, E., Kažys, J. (2014). Climate induced changes of Lithuania rivers runoff in 1960–2009. *Water Resources*, 41 (5), 592–603.
26. Šalnaitė, I. (2010). *Nevėžio baseino sausmečio nuotėkio tendencijos: Magistratūros studijų baigiamasis darbas*. Kaunas: ASU.
27. Šarauskienė, D., Akstinas, V., Kriaučiūnienė, J., Jakimavičius, D., Bukantis, A., Kažys, J., Povilaitis, A., Ložys, L., Kesminas, V., Virbickas, T., Pliuraitė, V. (2018). Projection of Lithuanian river runoff, temperature and their extremes under climate change. *Hydrology research*, 49 (2), 344–361.
28. Šarauskienė, D., Akstinas, V., Nazarenko, S., Kriaučiūnienė, J., Jurgelėnaitė, A. (2020). Impact of physico-geographical factors and climate variability on flow intermittency in the rivers of water surplus zone. *Hydrological Process*, 1–13.
29. Valiukas, D. (2011). Sausringi laikotarpiai Vilniuje 1891–2010 m. *Geografija*, 47 (1), 9–18.

DURATION AND DISTRIBUTION OF LOW FLOW PERIODS IN LITHUANIAN RIVERS IN 1960–2019

Gintarė Giliūtė, Gintaras Valiuškevičius

Summary

Changes in the intensity of climate events are becoming more and more pronounced and relevant today. One of the consequences of the effects of climate change is that more low flow periods of various intensities and durations are observed in Lithuanian rivers. The current legislation regulates the environmental flow of water as a minimum part of the 30

driest days. Environmental flow ensures only minimal conditions for the survival of aquatic ecosystems and is therefore suitable for the study of low flow conditions in the rivers.

The article examines the distribution of environmental flow values ($Q_{80\%}$) in 1960–2019 and in separate (1960–1979, 1980–1999 and 2000–2019) periods according to continuous daily flow measurement data of 15 WGS, which represent different hydrological areas of Lithuania. This article discusses the interrelationships between the low flow periods and their dynamics in 15 WGS, examines the causes of low flow cases and distinguishes the periods with the highest number of low flow cases. The study revealed that since the 21st century cases of low flow are being recorded more frequently in Lithuanian rivers, and a significant prolongation of low flow periods is observed in many rivers during the warm season.

Keywords: Lithuanian rivers, environmental flow, climate change, low flow