

Lietuvos upių vandens išteklių klimato kaitos fone

Diana Meilutytė-Barauskienė,

Milda Kovalenkoviėnė,

Valdas Irbinskas

*Lietuvos energetikos institutas,
Breslaujos g. 3, LT-44403 Kaunas
El. paštas: diana@mail.lei.lt*

Meilutytė-Barauskienė D., Kovalenkoviėnė M., Irbinskas V. Lietuvos upių vandens išteklių klimato kaitos fone. *Geografija*. 2008. T. 44. Nr. 2. ISSN 1392-1096

Straipsnyje analizuojami Lietuvos upių vandens išteklių yra pateikti balanso forma – apskaičiuotas tik Lietuvos teritorijoje susiformavęs nuotėkis, atitenkantis tranzitu ir į gretimas valstybes nutekantis vanduo. Analizuojamas upių metų nuotėkio daugiamečių kaitos pobūdis – periodiniai svyravimai ir kaitos trendai bei sausiausio metų laikotarpio nuotėkio kaita.

Raktažodžiai: vandens išteklių, nuotėkio periodinė kaita, minimalus nuotėkis, kaitos trendai

ĮVADAS

Šalies turimi paviršinio vandens išteklių ir racionalus jų panaudojimas yra visada aktuali problema. Vertinant platesne prasme vandens išteklių yra neišsemiami, nes dalyvauja uždaramame vandens apykaitos rate. Tačiau šiame apykaitos rate vyksta vandens išteklių persiskirstymas tiek erdvėje, tiek laike. Vandens išteklių dydis ir pasiskirstymo netolygumas laike priklauso nuo konkrečios teritorijos klimatinių ir meteorologinių sąlygų ir kinta kasmet – būna labai vandeningų ir sausų laikotarpių. Regioniniu požiūriu net nedidelėse teritorijose kartais tų pačių metų upių vandeningumas labai skiriasi. Visa tai iš esmės nulemia pagrindinio upių maitinimo šaltinio daugiamečių kritulių kiekio kaita ir teritorinis pasiskirstymas.

Globalinio klimato kaitos fone Lietuvos klimatologai daugiamečių metų kritulių kiekio sekose esminių pokyčių dar nefiksuoja, tačiau nustatė ryškų sezoninį jų persiskirstymą – pastebimai padidėjo žiemos ir sumažėjo vasaros sezonų kritulių kiekis. Daugiamečių oro temperatūrų sekos jau rodo metų ir visų sezonų, išskyrus rudenį, temperatūrų augimą (*Klimato elementy...*, 1998; Galvonaitė, Valiukas, 2005; Bukantis, Gulbinas, 2001; Rimkus, Stankūnavičius, 2002; Bukantis, Rimkus, 2005).

Klimato atšilimas neišvengiamai turės įtakos esminiems hidrologinio upių režimo bei vandens išteklių svyravimams. Pagal klimato kaitos scenarijus [6–9] prognozuojamas oro temperatūros didėjimas, kritulių ir išgaravimo pokyčiai gali ypač paveikti bendrus vandens išteklius bei metinio nuotėkio pasiskirstymo dėsninumus, nes numatomi ekstremalūs potvyniai ir didelės sausros.

Šio straipsnio tikslas – pagal ilgamečius nuotėkio duomenis įvertinti turimus Lietuvos upių vandens išteklius ir jų kaitą pastaraisiais dešimtmečiais.

TYRIMO DUOMENYS IR METODIKA

Vertindami Lietuvos upių vandens išteklius pasinaudojome upių nuotėkio ilgamečiais duomenimis, paskelbtais Lietuvos hidro-meteorologijos tarnybos (LHMT) leidiniuose (*Ресурсы...*, 1965, 1974, 1978; *Государственный...*, 1976–1989; *Гидрологический...*, 1990–2006).

Analizei pasirinkome vandens matavimo stočių (VMS) nuotėkio duomenis iš penkių pagrindinių Lietuvos upių baseinų – Nemuno, Ventos, Lielupės, Dauguvos ir Baltijos pajūrio upių. Pasirinkome VMS, esančias arčiau upių žiočių ir valstybės sienų (jei upė kerta valstybės sieną), nuotėkio duomenis – iki 2006 m. imtinai. Vidutinės daugiamečių vandens debitų reikšmės, apskaičiuotos VM stotyse, atitinkamais metodais buvo pritaikytos upių žiotims arba prie valstybės sienos esančiam upės baseinui. Tačiau tiesiogiai VMS debitus perskaiciuoti žiotims galima ne visur. Jei tarp VMS ir žiočių yra dideli baseino plotų skirtumai, be to, yra intakų su gerokai besiskiriančiais hidromoduliais, reikia papildomų skaičiavimų. Tokie yra Nemuno žemupio didžiausių intakų Jūros ir Minijos baseinuose atvejai. Jūros baseine perskaiciuojant debitus iš Tauragės VMS žiotims, reikėjo įvertinti kur kas mažesnius Šešuvio hidromodulius iš gana didelio baseino ploto, o Minijos baseine, atvirkščiai, – perskaiciuojant debitus iš Kartenos VMS būtina įvertinti kairiojo intako Veiviržo gerokai didesnius hidromodulius. Ties Respublikos siena apskaičiavome iš gretimų valstybių atitekančių nuotėkį ir Lietuvos upių nuotėkį, kuris į Baltijos jūrą nuteka per kaimynines valstybes.

Smalinių VMS duomenys fiksuoja nuotėkį iš 83% Nemuno baseino teritorijos. Žemiau Smalinių VMS esančio Nemuno baseino nuotėkis apskaičiuotas sumuojant didžiausių žemupio intakų – Šešupės, Jūros ir Minijos – nuotėkį žiotyse bei įvertinant Nemuno žemupio nuotėkį iš Kaliningrado srities nuo Šešupės žiočių iki Nemunyno.

Nemuno nuotėkis Gilijos (Matrosovkos) atėaka į Kurėių marias per Kaliningrado sritį patikslintas remiantis koreliacinio ryėio lygtimi ($r = 0,89$) tarp Nemuno ties Smalininkais ir Gilijos ties Mostovoje debitų 1969–1991 metais.

Visuose upių baseinuose nuotėkis iš tų baseino dalių, kurios nepatenka į VMS reprezentuojamą teritoriją, buvo skaičiuojamas pagal atitinkamos teritorijos nuotėkio hidromodulius ($l/s \cdot km^2$) (Gailiuėis, Jablonskis, Kovalenkoviėnė, 2001), perskaičiuojant juos pagal hidrologinių charakteristikų tarpusavio ryėio formules į debitus ir nuotėkio tūrius. Teritorijos vandens iėtekliai yra įvertinti $km^3/metus$.

Nuotėkio kaitos analizei panaudojome Mann-Kendall testą, kuriuo nustatomi teigiami ir neigiami tiriamos charakteristikos trendai (30% patikimumo lygmuo) ir reikėsmingi teigiami arba neigiami trendai (5% patikimumo lygmuo). Reikėsmingi (5%) teigiami arba neigiami trendai pateikiami diagramose, kuriose nustatytų trendų skaičius yra išreiėkiamas % tiriamų VMS skaičiaus. Kartoschemose pateikiami 5% ir 30% patikimumo trendai suteikia galimybę įvertinti nustatytų trendų pasiskirstymo teritorijoje dėsningumus.

LIETUVOS UPIŲ VANDENS IŠTEKLIAI

Lietuvoje jau fiksuojami nuotėkį veikiančių klimato elementų – oro temperatūros ir kritulių – pokyčiai (*Klimato elementų...*, 1998; Galvonaitė, Valiukas, 2005; Bukantis, Gulbinas, 2001; Rimkus, Stankūnavičius, 2002; Bukantis, Rimkus, 2005). Ar reagavo į tai upių nuotėkis?

Lietuvos upių metų nuotėkio, sezoninio pasiskirstymo ir ekstremalių hidrologinio režimo charakteristikų – pavasario potvynių ir liūčių maksimalių debitų bei minimalaus nuotėkio – statistinė analizė ir teritorinio pasiskirstymo dėsningumai yra pateikti kolegų darbe (Gailiuėis, Jablonskis, Kovalenkoviėnė, 2001). Čia analizuoti nuotėkio duomenys iki 1996 metų. Dabar

jau turime 10-čia metų pailgėjusias nuotėkio duomenų eilutes, todėl galime įvertinti pastarųjų deėimtmečių nuotėkio kaitos pobūdį.

Lietuvos teritorijoje upių nuotėkis yra skirtingas. Vidutinis daugiamečių metų nuotėkis (norma) kinta nuo 4,0 iki $14,7 l/s \cdot km^2$. Didžiausiu vandeningumu pasižymi Vakarų Lietuvos upės. Minijos baseino metų nuotėkio hidromodulis yra $13,0–14,7 l/s \cdot km^2$, pajūrio upių ir Jūros baseino – $12,0–13,0 l/s \cdot km^2$. Vidurio Lietuvos hidrologiniame rajone upių vandeningumas palaipsniui mažėja. Jūros kairiojo intako Šeėšuvio baseino hidromodulis yra $8,1 l/s \cdot km^2$, Dubysos baseino – $7,4–10,0 l/s \cdot km^2$. Vidurio Lietuvos upės turi mažiausius hidromodulius. Nevėžio ir jo intakų baseinų metų nuotėkis yra $4,5–5,2 l/s \cdot km^2$. Dar mažesnis upių nuotėkis šiaurinėje šio hidrologinio rajono dalyje, Mūėos ir Lielupės kairiųjų intakų baseinuose, – $4,2–4,5 l/s \cdot km^2$. Kiek didesnis yra Šeėšupės baseino nuotėkis – $5,0–6,0 l/s \cdot km^2$. Pietryčių Lietuvoje nuotėkis jau didesnis: Žeimenos, Šventosios baseinuose – $7,0–8,7 l/s \cdot km^2$, Merkio, Vilnios baseinuose – $7,2–9,2 l/s \cdot km^2$. Pateikti nuotėkio dydžiai yra vidutinės daugiamečio laikotarpio reikėsmės, tačiau atskirais metais priklausomai nuo meteorologinių sąlygų jie labai skiriasi, t. y. būna labai sausų, vandeningų metų ir ekstremalių sezoninių reikėsmių.

Lietuvos upių metiniai vandens iėtekliai pagal nuotėkio duomenis iki 2006 m. imtinai yra pateikti 1 lentelėje balanso forma: apskaičiuotas iš gretimų valstybių atitekanis nuotėkis, tik Lietuvos teritorijoje susiformavęs nuotėkis, nuotėkis į Baltijos jūrą per gretimas valstybes, taip pat į jūrą ir per Kurėių marias į jūrą nutekantis vanduo. Papildomai pateikti vien Nemuno baseino vandens iėtekliai. Lietuvos teritorijoje susiformuoja vidutiniškai $15,961 km^3$ vandens iėteklių, iš jų $3,379 km^3$ nuteka į Baltijos jūrą per Latviją. Iš Lenkijos, Baltarusijos, Latvijos ir Kaliningrado srities į Lietuvą atiteka $8,883 km^3$ vandens. Beveik 96% šio kiekio sudaro iš Nemuno ir Neries aukėstupių atitekėjęs

1 lentelė. Lietuvos upių vandens iėtekliai ($km^3 / metus$)
Table 1. Water resources of Lithuanian rivers ($km^3 / year$)

Upės baseinas	Baseino plotas km^2	Metų nuotėkio tūris km^3	
		Vidutinių	Sausų (P = 95%)
Nuotėkis į Lietuvos teritoriją iš gretimų valstybių			
Nemunas iš Baltarusijos ir Lenkijos (per Baltarusiją) iki sienos	36614*	6,452	4,774
Neris iš Baltarusijos (iki sienos)	11005	2,087	1,574
Šventoji (Neries) iš Latvijos (iki sienos)	88	0,019	0,011
Šeėšupė iš Lenkijos (iki sienos)	287	0,061	0,034
Šeėšupė iš Kaliningrado srities	919	0,154	0,069
Nemuno žemupys nuo Šeėšupės žiočių iki Nemunyno Kaliningrado srityje	439	0,110	0,056
Šventoji (pajūrio) iš Latvijos (iki sienos)	82	0,031	0,015
Iė viso:	49433,8	8,883	6,533
Lietuvos teritorijoje susiformavęs nuotėkis			
Nemuno baseinas tik Lietuvos teritorijoje	46695	12,117	8,999
Bartuvos, Ventos, Lielupės, Dauguvos baseinai	16684	3,379	1,663
Baltijos pajūrio upės	1384	0,465	0,221
Iė viso:	64763	15,961	10,883

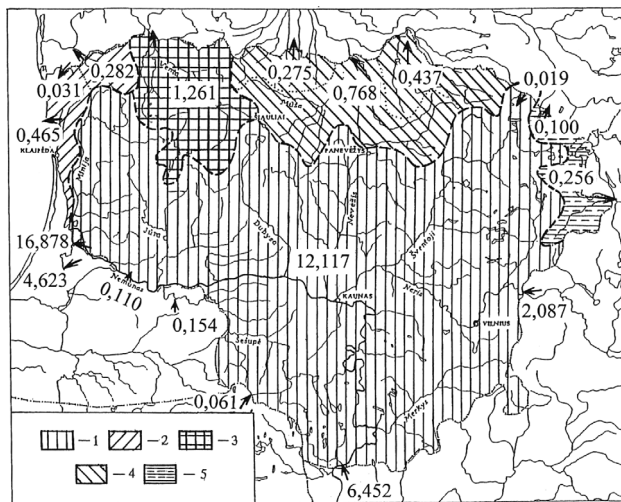
Lietuvos upių ir tranzitinis per Lietuvą nuotėkis: $15,961 + 8,883 = 24,844 km^3$

1 lentelė (tęsinys).

Table 1 (continued).

Upės baseinas	Baseino plotas km ²	Metų nuotėkio tūris km ³	
		Vidutinių	Sausų (P = 95%)
Nuotėkis iš Lietuvos teritorijos į gretimas valstybes			
Dauguvos intakai į Baltarusiją (iki sienos)	1404	0,256	0,169
Laukesa ir Dūkšta į Latviją (iki sienos)	453	0,100	0,063
Nemunėlis į Latviją (iki sienos)	1892	0,437	0,216
Mūša į Latviją (iki sienos)	5297	0,768	0,344
Lielupės mažieji intakai į Latviją (iki sienos)	1750	0,275	0,097
Venta į Latviją (iki sienos)	5140	1,261	0,638
Bartuva į Latviją (iki sienos)	748	0,282	0,136
Gilija (Matrosovka) į Kaliningrado sritį	125	4,091	3,027
Iš viso:	16809	7,471	4,69
Nuotėkis į Kuršių marias ir Baltijos jūrą			
Šventoji į Baltijos jūrą	390	0,147	0,071
Akmena–Danė, taip pat mažosios pajūrio bei pamario upės	994	0,318	0,150
Iš viso:	1384	0,465	0,221
Nemuno baseinas			
Nuotėkis į Lietuvą iš gretimų valstybių	49352	8,852	6,518
Lietuvos teritorijoje susiformavęs nuotėkis	46695	12,117	8,999
Nemuno delta Kaliningrado srityje	1691	0,532	0,269
Visas Nemuno baseinas	97863	21,501	15,786
Tarp jų:			
Nemuno žiotys Lietuvos teritorijoje	96047	16,878	12,490
Gilija (Matrosovka) ir Nemuno delta Kaliningrado srityje	1816	4,623	3,296

* Iš jų 2230 km² Lenkijoje.



1 pav. Vidutinis daugiamečių pagrindinių Lietuvos upių baseinų nuotėkis km³ per metus: 1 – Nemuno, 2 – Baltijos pajūrio upių, 3 – Ventos, 4 – Lielupės, 5 – Dauguvos

Fig. 1. Average perennial runoff of Lithuanian rivers in the basins of Lithuanian rivers: 1 – Nemunas, 2 – Rivers of the Baltic Sea, 3 – Venta, 4 – Lielupė, 5 – Daugava

vanduo. Palyginę suminį, 24,844 km³, Lietuvos upių ir tranzitinių per Lietuvą nuotėkį su (Gailiušis, Jablonskis, Kovalenkoviėnė, 2001) darbe pateiktu iki 1996 m. apskaičiuotu 26,012 km³ nuotėkio dydžiu gauname apie 4,5% mažesnius vandens išteklius. Šį skirtumą nulėmė kur kas sausesni už vidutinius 1997–2006 m.

orai (Nemunas–Smalininkai, $K = 0,90$). Vidutinis daugiamečių nuotėkio dydis per metus – 24,844 km³. Pagal Lietuvos upių metų nuotėkio statistinius parametrus (Q_{vid} , C_v , $C_s = 2C_v$), sausais 95% tikimybės metais apskaičiuoti vandens ištekliai būtų tik ~ 19.766 km³ per metus, o vandeningais 5% tikimybės metais ~ 34.471 km³ per metus.

Vandens išteklių pasiskirstymo Lietuvos upių baseinuose schema pateikta 1 paveiksle.

LIETUVOS UPIŲ METŲ NUOTĖKIO SVYRAVIMŲ POBŪDIS

Nuotėkio kaitos amplitudę geriausiai iliustruoja labai ilgas nuotėkio matavimų sekas turinčių vandens matavimo stočių (VMS) duomenys. Tokia unikali yra Nemuno ties Smalininkais VMS, kurioje nuotėkis stebimas nuo 1812 m. iki šiol, t. y. turime 196 metų eilutę. Palyginti ilgai, 82–85 metus, nuotėkis matuojamas Minijoje ties Kartena, Jūroje ties Taurage, Šventijoje ties Ukmergė, Nemune ties Nemajūnais ir Kaunu, Neryje ties Vilniumi ir Jonava. Tokie duomenys suteikia galimybę vertinti Lietuvos upių nuotėkį įvairiais aspektais: patikimai nustatyti vidutines reikšmes-normas, įvertinti svyravimų pobūdį, ekstremalių reikšmių amplitudę, būdingus ir išskirtinius hidrologinio režimo bruožus. Be to, tokių VMS duomenys yra geri analogai, pagal kuriuos įvairiais metodais galima patikslinti ir įvertinti nuotėkį upių, turinčių kur kas trumpesnes nuotėkio stebėjimų duomenų eilutes.

Nemuno ties Smalininkais daugiamecis nuotėkis ir jo kaita yra integralinis rodiklis – didelės teritorijos (81200 km²) nuotėkį formuojančių veiksnių sąveikos rezultatas. Jis geriausiai koreliuoja ($r = 0,71–0,91$) su Pietryčių Lietuvos hidrologinio rajono upėmis, kurių nuotėkis yra visiškai integruotas Nemune ir sudaro ~ 80% Nemuno ties Smalininkais nuotėkio. Mažiausi koreliacijos koeficientai ($r = 0,44–0,70$) sieja Nemuno ties Smalininkais nuotėkį su Vakarų Lietuvos hidrologinio rajono upėmis. Šio rajono upės savo nuotėkį atplukdo į Nemuną žemiau Smalininkų VMS ir tiesiogiai į Baltijos jūrą.

Hidrologinių rajonų ribose didžiausi metų nuotėkio koreliacijos koeficientai ($r = 0,78–0,94$) sieja Vakarų Lietuvos ir Vidurio Lietuvos upes ($r = 0,70–0,90$), o mažiausi – Pietryčių Lietuvos upes ($r = 0,51–0,82$).

Ilgą Nemuno ties Smalininkais nuotėkio stebėjimų eilę suteikia galimybę įvertinti periodinius nuotėkio svyravimus, t. y. išskirti vandeningų ir sausų laikotarpių periodinę kaitą. Antroje lentelėje pateikiame Nemuno ties Smalininkais ir palyginimui trijų hidrologinių rajonų upių nuotėkio periodinių svyravimų laikotarpius, taip pat tų laikotarpių vidutinius modulinius koeficientus $K = Q_i / Q_{vid}$. Paprastai tiek vandeningu, tiek sausu periodu būna keli priešingo vandeningumo ženklo metai, tačiau jie nepakeičia viso periodo ženklo. Sausų ir vandeningų laikotarpių nuotėkis Nemune vidutiniškai skiriasi 16%, Pietryčių ir Vakarų Lietuvos upėse – 21–23%, o Vidurio Lietuvos upėse – 28%.

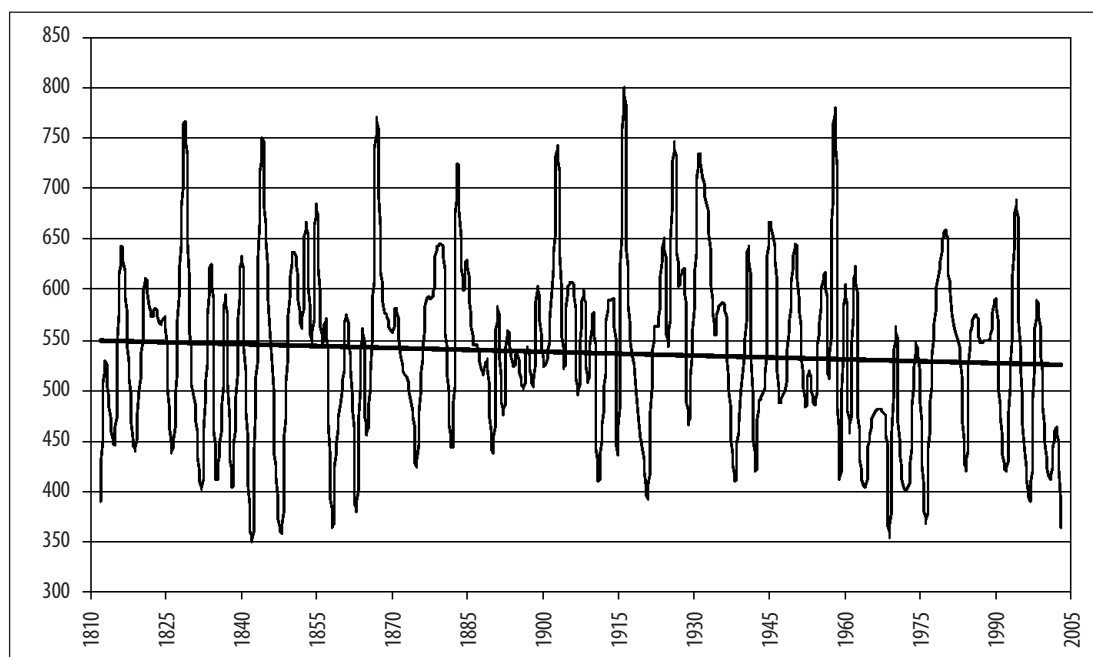
Paanalizavome, kaip sausi metai yra pasiskirstę Nemuno ties Smalininkais ilgoje 196 metų nuotėkio duomenų sekoje. Nemuno ties Smalininkais 75% tikimybės debitas yra $Q_{75\%} = 475 \text{ m}^3/\text{s}$. Mažesnių už šį debitą visoje sekoje yra 49, o iš jų 20 būtent 1963–2007 metais. Vandeningų 25% tikimybės metų debitas yra $Q_{25\%} = 597 \text{ m}^3/\text{s}$. Didesnių už šį debitą sekoje yra 46 ir tik 4 iš jų buvo 1963–2007 metais (1979, 1980, 1981 ir 1994 metais). Taigi statistika rodo sausų metų daugėjimą. Ar tokia metų vandeningumo eiga išliks toliau, parodys netolima ateitis.

Ilgos Nemuno ties Smalininkais debitų chronologinės sekos kaitos tendenciją nusakantis tiesinis trendas yra neigiamas (2 pav.). Koks laikotarpis nulemia tokių kaitos pobūdį, išryškėja analizuojant Nemuno ties Smalininkais nuotėkio vidurkius 10-ies metų intervalu (3 pav.). Matome, kad nuo praeito amžiaus 7-ojo dešimtmečio pradžios visų dešimtmečių vidutiniai debitai yra labai sumažėję.

2 lentelė. Lietuvos upių metinio nuotėkio periodinio svyravimo laikotarpiai
Table 2. Periodic annual runoff fluctuation of Lithuanian rivers

Laikotarpis	Metų skaičius	Vidutinis debitas m^3/s	Vidutinis modulinis koeficientas \bar{K}	Hidrologinių rajonų upių vidutiniai moduliniai koeficientai		
				Pietryčių Lietuva	Vidurio Lietuva	Vakarų Lietuva
1812–1815*	4 (-)*	458	0,85	–	–	–
1816–1829	14 (5)	567	1,06	–	–	–
1830–1843	14 (3)	489	0,91	–	–	–
1844–1857	14 (4)	573	1,07	–	–	–
1858–1866	9 (3)	481	0,90	–	–	–
1867–1885	19 (6)	576	1,08	–	–	–
1886–1898	13 (4)	523	0,98	–	–	–
1899–1910	12 (4)	578	1,08	–	–	–
1911–1921	11 (3)	521	0,97	–	–	–
1922–1936	15 (1)	611	1,14	1,22	1,06	1,13
1937–1948	12 (4)	523	0,98	0,91	0,88	0,89
1949–1962	14 (5)	561	1,05	1,09	1,13	1,02
1963–1977	15 (2)	452	0,84	0,85	0,75	0,80
1978–1990	13 (1)	566	1,05	1,08	1,23	1,21
1991–2006	16 (4)	483	0,90	0,99	0,96	0,98

* Nepilnas laikotarpis; (–) – priešingo vandeningumo ženklo metų skaičius.



2 pav. Nemuno ties Smalininkais metinių debitų chronologinė seka ir jų kaitos tiesinis trendas

Fig. 2. Chronological succession of the Nemunas–Smalininkai discharges and their linear fluctuation trend

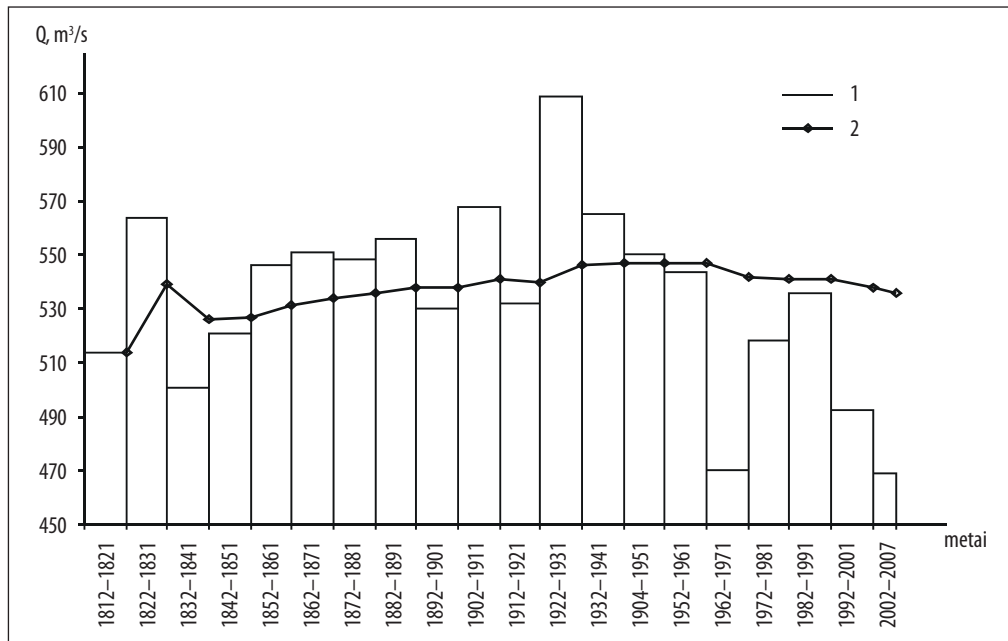
Siedami šiuos nuotėkio pokyčius su periodinio svyravimo laikotarpiais (2 lentelė) matome, kad per pastaruosius keturis dešimtmečius Nemuno nuotėkyje buvo dvi mažiausio vandeningumo ($K = 0,84$ ir $0,90$) ir viena vandeninga fazė ($K = 1,05$). Remdamiesi periodinio Nemuno nuotėkio svyravimo dėsninumu, galime tikėtis vandeningesnio apie 14 metų laikotarpio. Paskelbtų 2007 m. nuotėkio duomenų dar neturime, tačiau preliminariai žinome, kad 2007 m. daugelio Lietuvos upių metinis nuotėkis jau buvo gerokai didesnis už daugiamečių vidurkį.

Nustačius Lietuvos upių svyravimų pobūdį kyla klausimas, kokios šios kaitos tendencijos – didėjimo ar mažėjimo? Į šį klausimą padeda atsakyti Mann-Kendall testas. Dalyvaudami Šiaurės Europos ir Baltijos šalių projekte „Klimatas ir Energija“

(Kriaučiūnienė, Kovalenkovičienė, Gailiūšis, 2006) šiuo metodu analizavome metų, sezonų ir ekstremalių nuotėkio charakteristikų – pavasario potvynių ir nuosėkio minimalių debitų – kaitą. Nuotėkio charakteristikas analizavome metus suskirstę į tris periodus: 1922–2003, 1941–2003 ir 1961–2003.

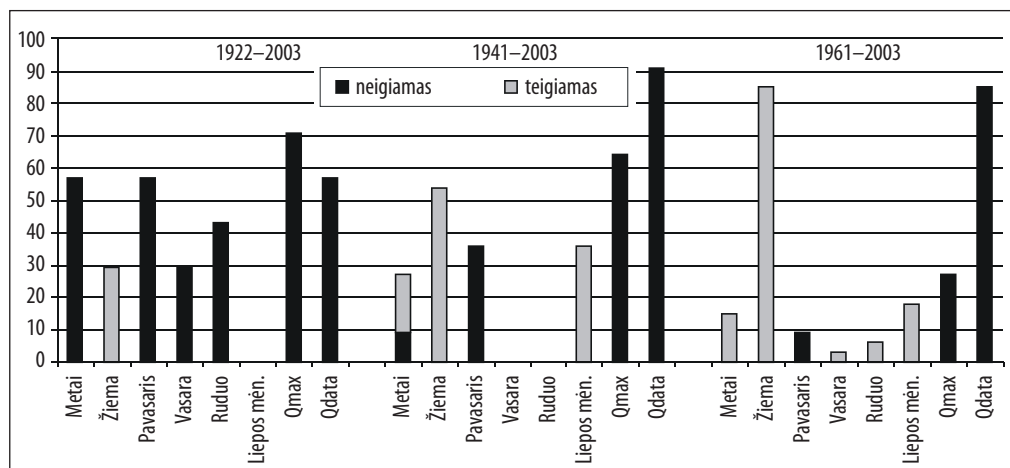
Ketvirtame paveiksle pateikta tiriamų nuotėkio charakteristikų, nustatytų Mann-Kendall testu, reikšmingų (5% reikšmingumo lygmuo) tendų suminė statistika.

Matome, kad pavasarį, vasarą ir rudenį (1922–2003 m.) nustatyti reikšmingi neigiami trendai, t. y. nuotėkio mažėjimas, o žiemą nuotėkis didėja (29% VMS). Daugelyje VMS (70%) užfiksuotas pavasario maksimalių debitų (Q_{max}) mažėjimas ir ankstesnės jų datos (Q_{data}).



3 pav. Nemuno ties Smalininkais metinis nuotėkio vidurkis dešimtmečių intervalais ir debitų sekos vidurkio kaita ilgėjant sekai (1 – dešimtmečių debitų vidurkis, 2 – ilgėjančios debitų sekos vidutinė reikšmė)

Fig. 3. Average annual runoff of the Nemunas-Smalininkai in ten-decade intervals and the average fluctuation of discharge sequences when a sequence is going to be longer (1 – average values of the 10-decade period discharges, 2 – average elongation value of the discharge sequence)



4 pav. Lietuvos upių metinio ir sezonų nuotėkio reikšmingų (5% reikšmingumo lygmuo) tendų suminė (%) statistika

Fig. 4. Total statistic (%) of the significant (5% significant level) trends of the annual and seasonal runoff in the Lithuanian rivers

Analizuojant 1941–2003 m. vyrauja tos pačios tendencijos: didėja žiemos nuotėkis (54% VMS), padidėja sausiausio liepos mėnesio nuotėkis (36% VMS), kartu išauga ir metų nuotėkis (18% VMS).

Ir analizuodami nuotėkio pokyčių trendus per trumpiausią, 1961–2003 m., laikotarpį matome, kad išlieka akivaizdi žiemos nuotėkio didėjimo (85% VMS), pavasario nuotėkio ir maksimalių debitų mažėjimo bei jų ankstesnių datų tendencija, kurią taip pat rodo 85% VMS nuotėkio duomenys.

Per visą ilgą laikotarpį mažiausi pokyčiai yra būdingi rudens bei vasaros sezonams ir sausiausiam liepos mėnesiui – nuotėkio dydžiai svyruoja be reikšmingų tendy.

Pagal teritorinį pasiskirstymą metų ir žiemos sezono nuotėkis Vakarų Lietuvos upėse turi daugiausia teigiamų tendy.

LIETUVOS UPIŲ NUOSĖKIO NUOTĖKIS

Dėl netolygaus Lietuvos upių nuotėkio pasiskirstymo per metus vandens ištekliai sausuoju metų laiku labai sumažėja. Maži upių nuosėkio debitai, ypač sausais metais, apsunkina vartotojų aprūpinimą vandeniu, neužtikrina vandens apšalymo galimybių, sutrikdo natūralų vandens ekosistemų egzistavimą.

Daugiamečių stebėjimų duomenimis (Gailiušis, Jablonskis, Kovalenkoviėnė, 2001), iki 1996 m. Vakarų ir Vidurio Lietuvos upėse vasaros–rudens nuosėkis truko 80–207 dienų, Pietryčių Lietuvos upėse – 95–212 dienų, o Nemuno ir Neries – 45–218 dienų. 2002 m. nuosėkis visose Lietuvos upėse buvo rekordiškai ilgas – nuo 180–190 dienų Pietryčių Lietuvoje iki 240–250 dienų likusioje teritorijoje.

Nors nuosėkio laikotarpis ir jo charakteristikos (trukmė, pastovumas, vidutiniai debitai, mažiausi paros debitai, nuotėkio tūris) yra ryškūs upės hidrologinio režimo rodikliai, dažniausiai tyrimams yra naudojama viena iš šio laikotarpio charakteristikų – 30 sausiausią paeilui einančių parų vidutinis debitas Q_{30} . Šio debito pranašumas palyginus su mažiausiu kalendorinio mėnesio vidutiniu debitu $Q_{mėn}$ yra akivaizdus. Per kalendorinį mėnesį gali pasitaikyti ryškūs trumpalaikiai liūčių sukelti poplūdziai – tokiu atveju minimalūs $Q_{mėn}$ debitai bus padidėję ir neatspindės natūralaus gamtinių vandenų išsekimo. Kai upių nuosėkio laikotarpis ilgas ir pastovus, $Q_{mėn}$ ir Q_{30} skiriasi nedaug arba sutampa, tačiau vandeningais metais skirtumai yra dideli. Didžiausiais šių charakteristikų skirtumais pasižymi Vakarų Lietuvos upės. Lietuvoje kalendorinio mėnesio debitai būna nuo 3 iki 29% didesni už Q_{30} debitus.

Praktiniu požiūriu Q_{30} charakteristika yra labai svarbi, nes, remiantis Lietuvos norminiais aktais (Žin..., 2005) pagal Q_{30} debitus (95% tikimybė) yra nustatomi upių gamtosauginiai debitai.

Pagal ilgiausias duomenų sekas palyginę sausojo 30 d. laikotarpio pradžios datas iki 1960 m. ir nuo 1961 m. (nuo šio dešimtmečio klimatologai fiksuoja ryškias klimato kaitos tendencijas) pastebėjome esminį poslinkį iš birželio į rugpjūčio mėnesį (3 lentelė). Tai ypač būdinga Vakarų Lietuvos upėms.

Pietryčių Lietuvoje minimalus nuotėkis yra didžiausias lyginant su likusia teritorijos dalimi. Minimalaus Q_{30} nuotėkio vidutiniai daugiamėčiai hidromoduliai Šventosios, Verknės, Strėvos baseinuose yra 1,7–3,1 l/s · km², Žeimenos, Vilnios, Merkio baseinuose – 3,6–5,6 l/s · km². Itin aukštas ir mažai

kintantis skirtingo vandeningumo metais minimalus nuotėkis yra Skroblaus baseine – 7,9 l/s · km². Nors Pietryčių Lietuvoje aukštą nuosėkio nuotėkį užtikrina gausūs požeminis upių maitinimas, tačiau sausais metais (95% tikimybė) minimalūs debitai čia yra 1,4–1,8 karto mažesni.

Vakarų Lietuvoje minimalus nuosėkio nuotėkis kinta 0,4–2,5 l/s · km² ribose. Mažiausias nuosėkio nuotėkis (0,4–0,6 l/s · km²) yra Pajūrio žemumos upėse Šventojėje ir Akmenyje–Danėje. Didžiausias nuosėkio nuotėkis (2,0–2,5 l/s · km²) yra Minijos ir Jūros baseinuose. Sausais (95% tikimybė) metais minimalus nuotėkis šiame rajone yra 2,0–3,1 karto mažesnis.

Vidurio Lietuvoje vasaros nuosėkio nuotėkis yra mažiausias: Mūšos, Lielupės mažųjų intakų baseinuose tesiekia 0,1–0,3 l/s · km², Nevėžio, Šešupės baseinuose, kurie sudaro didžiąją šio hidrologinio rajono dalį, – 0,5–1,0 l/s · km², Dubysos baseine kiek didesnis – 1,6–1,7 l/s · km². Minimalus nuotėkis sausais metais (95% tikimybė) šio rajono upėse yra 2,2–5,4 mažesnis už vidutinius, o mažos upės visai išdžiūsta.

Mažą sausojo laikotarpio nuotėkį Vidurio Lietuvoje nulemia kompleksas gamtinių veiksnių: čia iškrenta mažiausias kritulių kiekis, baseinuose vyrauja nelaidūs dirvožemiai, todėl sniego tirpsmo ir lietaus vanduo greitai nuteka, o nuosėkis trunka ilgai ir būna intensyvus. Šiame rajone išdžiūsta daug mažų ($A < 200$ km²) upių. Nuotėkio stebėjimų duomenimis (102 Lietuvos upių), nustatėme 17 upių, pasižyminčių įvairia išdžiūvimo trukme ir periodiškumu (Dotnuvėlė, Alsa, Milupė, Pilvė, Yslikis, Pedamė, Imsrė ir kitos). Deja, pastaruoju metu iš Vidurio Lietuvos mažųjų upių žinojome tik Yslikio ir Kraujupio nuotėkį, nors Lietuvoje yra ~ 5350 upių, kurių baseinų plotai – iki 200 km² (Gailiušis, Jablonskis, Kovalenkoviėnė, 2001). Išdžiūvimo laikotarpiai priklauso nuo upės dydžio ir siekia vidutiniškai 10–100 dienų, o maksimali trukmė – 170–197 dienos. Tik 2006 m. pradėtas matuoti nuotėkis mažuose Lielupės intakuose Platonyje ir Sidabroje, ir šiais metais nustatyta, kad jos buvo išdžiūvusios 163–167 dienas.

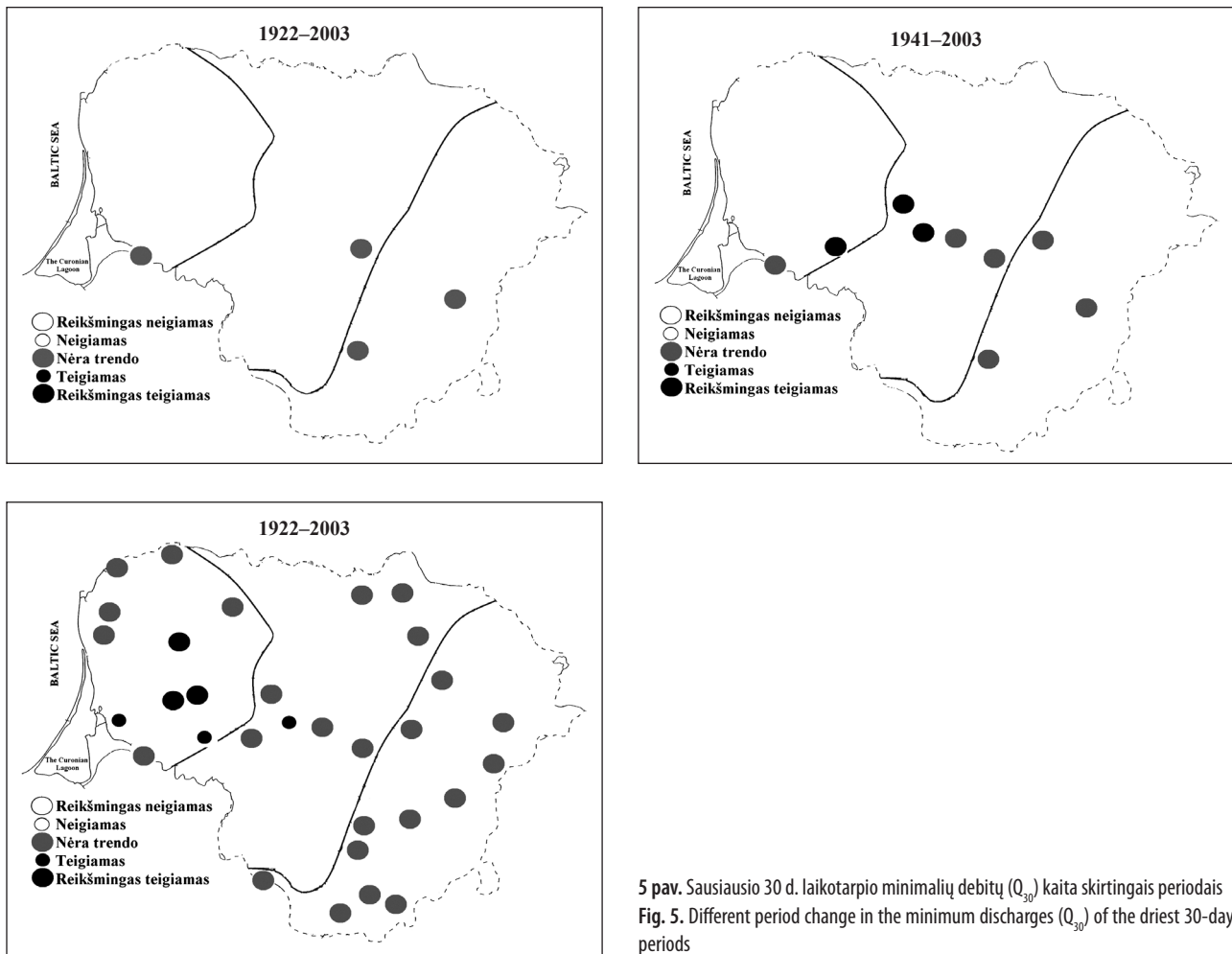
Ilgiausia patikimų minimalių debitų seka užfiksuota Nemune ties Smalininkais – nuo 1893 metų. Q_{30} chronologinės sekos tiesinis trendas nerodo jokių pokyčių.

Remdamiesi projekte „Klimatas ir energija“ nustatytais laikotarpiais (1922–2033, 1941–2003 ir 1961–2003), Q_{30} debitų ilgametės kaitos trendus Mann-Kendall testu per 1922–2003 m. galime vertinti tik pagal Lietuvos didžiųjų upių – Nemuno ir Neries – debitus. Šių stočių duomenys reprezentuoja nuotėkį iš Pietryčių ir Vidurio Lietuvos upių. Šioje teritorijoje trendų nėra – minimalus nuotėkis pastovus vidurkio atžvilgiu.

1941–2003 m. laikotarpiu Nemuno ir Neries minimalus nuotėkis taip pat neturi trendų, o kelios stotys Vidurio Lietuvoje jau turi teigiamus trendus. Labai panaši situacija

3 lentelė. Sausiausio 30 d. laikotarpio pradžia Lietuvos upėse
Table 3. Beginning of the driest 30-day period in Lithuanian rivers

Mėnesiai	Gegužė	Birželis	Liepa	Rugpjūtis	Rugsėjis	Spalis
Iki 1960 m.						
Atvejai %	6,0	35,9	23,6	19,6	12,3	2,6
1961–2006 m.						
Atvejai %	7,4	14,1	24,4	37,3	16,6	3,2



5 pav. Sausiausio 30 d. laikotarpio minimalių debitų (Q_{30}) kaita skirtingais periodais
Fig. 5. Different period change in the minimum discharges (Q_{30}) of the driest 30-day periods

yra ir 1961–2003 metais. Beveik visoje Lietuvos teritorijoje minimalaus nuotėkio kaitos tendrų nėra, išskyrus Vakarų Lietuvą, kurioje dalis upių jau turi teigiamus ir reikšmingus teigiamus (5% reikšmingumo lygmuo) trendus. Tokius pokyčius, matyt, nulėmė labai vandeningas 1978–1990 m. laikotarpis, kai Vakarų Lietuvoje buvo dideli ir nuosėkio debitai (vidutiniai moduliniai koeficientai K šioje teritorijoje yra 1,15–1,54 intervale), taip pat 1998 m. (K yra net 1,39–2,63), nes trumpesnėse sekose ekstremalių dydžių reikšmė tendrų kaitai yra didesnė.

Taigi minimalaus nuotėkio sekose daugiamečių kaitos pokyčiai, t. y. nuotėkio didėjimas, nustatyti tik Vakarų Lietuvos upėse. Tai, kad minimalaus nuotėkio ilgametėse sekose didesnėje Lietuvos teritorijoje nenustatėme jokių kitimo tendencijų nusakančių tendrų, gerai dera su darbų (Bukantis, Gulbinas, 2001; Kriauciūnienė, Kovalenkoviėnė, Gailiušis, 2006) rezultatais, kuriuose analizuojant nuotėkį lemiančius kritulius vasaros ir rudens sezonų metu 1961–2003 m. jų sekose taip pat nenustatyta kaitos tendrų.

IŠVADOS

1. Lietuvos upių vidutiniai daugiamečiai vandens ištekliai yra $24,844 \text{ km}^3 / \text{metus}$, iš jų tranzitu iš gretimų valstybių atiteka $8,883 \text{ km}^3 / \text{metus}$, Lietuvoje susiformuoja $15,961 \text{ km}^3 / \text{metus}$, iš Lietuvos į gretimas valstybes nuteka $7,471 \text{ km}^3 / \text{metus}$. Lyginant

su 1996 m. apskaičiuotais vandens ištekliais ($26,012 \text{ km}^3 / \text{metus}$) dabar jie yra 4,5% mažesni.

2. Sausų (95% tikimybė) metų vandens ištekliai yra $19,766 \text{ km}^3 / \text{metus}$, o vandeningų (5% tikimybė) – $34,471 \text{ km}^3 / \text{metus}$.

3. Nemuno baseine vandens susiformuoja $21,501 \text{ km}^3 / \text{metus}$; iš jų $8,852 \text{ km}^3 / \text{metus}$ atiteka tranzitu; į Kuršių marias Lietuvos teritorijoje nuteka $16,878 \text{ km}^3 / \text{metus}$, per deltą Kaliningrado srityje – $4,623 \text{ km}^3 / \text{metus}$.

4. Lietuvos upių nuotėkiui būdinga periodinė vandeningumo kaita. Ilgoje Nemuno ties Smalininkais nuotėkio sekoje yra 7 pilni vandeningumo ciklai, kurių vidutinė trukmė – 27 metai, vandeningos fazės vidutinė trukmė – 14 metų, o sausos – 13 metų. Sausųjų ir vandeningųjų laikotarpių nuotėkis Nemune skiriasi vidutiniškai 16%, Pietryčių ir Vakarų Lietuvos upėse – 21–23%, o Vidurio Lietuvos upėse – 28%.

5. Nemuno ties Smalininkais metinio nuotėkio chronologinės sekos neigiamą tendrą nulėmė sumažėjęs pastarųjų keturių dešimtmečių nuotėkis.

6. Daugumos Lietuvos upių nuosėkio periodu Q_{30} chronologinėse sekose kaitos tendrų nenustatyta, išskyrus dalį Vakarų Lietuvos upių, kurių analizė Mann-Kendall testu parodė minimalaus nuotėkio didėjimo tendencijas 1961–2003 metais. Sausasis 30 d. upių laikotarpis pastaraisiais dešimtmečiais prasideda vėliau – dažniausiai rugpjūčio mėnesį.

Literatūra

1. *Klimato elementų kintamumas Lietuvos teritorijoje*. (1998). Kolektyvinė monografija. Vilnius. 1–171.
2. Galvonaitė A., Valiukas D. (2005). *Lietuvos klimato kaita (1991–2003)*. Vilnius. 1–80.
3. Bukantis A., Gulbinas Z. ir kt. (2001). *Klimato svyravimų poveikis fiziniams geografiniams procesams Lietuvoje*. Vilnius. 1–280.
4. Rimkus E., Stankūnavičius G. (2002). Snow water equivalent variability and forecast in Lithuania. *Boreal Environment research*. 7(4): 457–462.
5. Bukantis A., Rimkus E. (2005). Climate variability and change in Lithuania. *Acta Zoologica Lituanica*. 15(2): 100–104.
6. Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K. B., Tignor M., Miller H. L. (eds.) (2007). *IPCC, 2007: Climate Change. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
7. Nakicenovic N., Swart R. (eds.) (2000). *Special Report on Emissions Scenarios*. Cambridge: Cambridge University Press.
8. Khon V. Ch., Mokhov I. I., Roeckner E., Semenov V. A. (2007). Regional changes of precipitation characteristics in Northern Eurasia from simulations with global climate model. *Global and Planetary Change*. 57: 118–123.
9. Bergstrom S., Carlsson B., Gardelin M., Lindstrom G., Petterson A., Rummukainen M. (2001). Climate change impacts on runoff in Sweden – assessments by global climate models, dynamical downscaling and hydrological modeling. *Climate research*. 16: 101–112.
10. *Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики*. Т. 4. Вып. 3. 1965; 1974; 1978.
11. *Государственный водный кадастр*. (1976–1989 г.). Раздел 1. Сер. 2. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Вильнюс.
12. *Hidrologijos metraštis (1990–2006)*. 1. Vandens lygiai. 2. Vandens debitai. Vilnius: LHMT.
13. Gailiušis B., Jablonskis J., Kovalenkoviėnė M. (2001). *Lietuvos upės. Hidrografija ir nuotėkis*. Kaunas. 1–791.
14. Dėl gamtosauginio vandens debito apskaičiavimo tvarkos aprašo patvirtinimo. LR aplinkos ministro įsakymas Nr. D1-382. 2005 m. liepos 29 d. (2005). *Valstybės žinios*. 94: 358.
15. Kriauciūnienė J., Kovalenkoviėnė M., Gailiušis B. (2006). Climate change and possible impact on hydropower production in Lithuania. *European Conference on Impacts of Climate Change on renewable Energy Courses*. Reykjavik, Iceland. June 5–9, 2006. *Climate and Energy*. 163–167.

Diana Meilutytė-Barauskienė, Milda Kovalenkoviėnė,
Valdas Irbinskas

WATER RESOURCES OF LITHUANIAN RIVERS AND THEIR RELATION TO CLIMATE CHANGE

Summary

The main object of the paper article is water resources of Lithuanian rivers, which were calculated using a long data series of the runoff. Water resources are based on the balance equation. This means that this equation includes only the runoff formed in the Lithuanian territory, from neighboring countries to Lithuania and through them into the sea. The average and dry annual water resources have been calculated at a 95% probability.

The average perennial water resources of Lithuanian rivers are 24.844 km³ / year, of them 8.883 km³ / year is the transit from Belarus, Poland and Kaliningrad Region to Lithuania, 15.961 km³ / year is formed in Lithuania and 7.471 km³ / year are effluents through Latvia into the Baltic Sea from Kaliningrad Region into the Curonian Lagoon. The Nemunas basin floats 21.501 km³ / year to the Curonian Lagoon. The present water resources are by 4.5% less in comparison with water resources of in the year 1996.

Cyclic water change is typical of the Lithuanian rivers. The Nemunas-Smalininkai hydrological station has noted 7 cycles in a long data series. The average term of a cycle is 27 years (14 years of a wet and 13 years of a dry period). The runoff of the Nemunas river differs in the duration of dry and wet periods (by about 16%). The runoff of rivers in Southeast and Western Lithuania differs by 21–23% and in Middle Lithuania by 28%.

The long data series of the Nemunas-Smalininkai runoff have a negative trend because of a decrease in the last four decades. The runoff measured by this water management station consists of river runoff from the southeastern and middle parts of Lithuania. The annual runoff has a positive trend in the majority of Western Lithuanian rivers in the period 1961–2003.

The minimum runoff of a dry period shows no trend in most Lithuanian rivers, except Western Lithuania where a positive trend was estimated in the period 1961–2003.