

SAUSUMOS VANDENŲ TYRIMAI

MAŽOS UPĖS NUOTĖKIO YPATYBĖS METAIS SU SAUSU ŠILTUOJU LAIKOTARPIU

Henrikas Pauliukevičius

*Lietuvos žemės ūkio universiteto Vandens ūkio institutas, Parko g. 6, LT-58102, Vilainiai,
Kėdainiai*

El. paštas: h.pauliukevicius@takas.lt

Įvadas

Per pastaruosius keliolika metų padažnėjo sausų vasarų. Sausas šiltasis laikotarpis ($p > 75\%$) buvo 1991, 1992, 1994–1996 ir 2000 metais. Ilgas karštas ir sausas laikotarpis 2002 m. vasarą Lietuvoje taip pat sukėlė nemažai rūpesčių. Vasaros pabaigoje–rudens pradžioje daug kur nuseko šuliniai, išdžiūvo ganyklos, degė durpynų. Rytų ir Pietų Lietuvoje kai kuriose vietose pasitaikė sausrų, trukusių iki 40 dienų. Vidurio Lietuvoje sausros padariniai dėl čia vyraujančių sunkesnių dirvožemių nebuvo tokie skaudūs, kaip Rytų ir Pietų Lietuvoje. Čia, palyginti su Pietų Lietuva, nebuvo ir ilgų sausringų laikotarpių. Visa tai, be abejo, negalėjo nepaveikti upių nuotėkio.

Lietuvoje yra įrengta per 350 upių tvenkinių (Gailiušis, Jablonskis, Kovalenkoviėnė, 2001). Dažniausiai jie įrengti lietinimo ir rekreacijos tikslais. Tačiau jų poveikis nuotėkiui taip pat akivaizdus (Pašvenskas, 2000). Šiame darbe nagrinėjamos nedidelės Vidurio Lietuvos upės Šušvės nuotėkio susidarymo ypatybės 2002 metais. Šušvės baseine įrengti 5 tvenkiniai (Gaigalis ir kt., 1979), kurių didžiausias, Angirių, yra pačios Šušvės. Darbo tikslas – įvertinti nuotėkio ypatybes užtvankomis reguliuojamoje upėje metais su sausringu šiltuoju laikotarpiu bei nustatyti dabartinio nuotėkio vietą daugiametėje jo duomenų sekoje.

1. Tyrimų objektai, sąlygos ir metodika

Šušvė – didžiausias Nevėžio intakas, tačiau priskiriama mažų upių kategorijai. Upės ilgis – 130,5 km, baseino plotas – 1165 km². Upė išteka iš Tytuvėnų tyrelio, baseino aukštupys pelkėtas (Gaigalis ir kt., 1979). Vidurupyje Šušvė teka Šeduvos moreninio ruožo pakraščiu. Ties Pilsupiais upė prasiveržia pro moreninį ruožą ir vingiuoja Nevėžio lyguma (Basalykas, 1965). Jos baseinas ilgas ir siauras, nusidriekęs iš šiaurės į pietus apie 100 km, bet visas priklauso vienam iš sausringiausių rajonų Lietuvoje (Lietuvos..., 1981).

Šušvės vandens lygiai ir debitai nuo 1956 m. matuojami ties Šiaulėnais, nuo 1940 m. – ties Josvainiais (1 pav.). Angirių užtvankoje įrengus hidroelektrinę, Josvainių hidrologijos poste, kuris yra vos keli kilometrai žemiau užtvankos, 2000–2003 m. matuotas tik upės vandens lygis. Nuo 2003 m. vandens debito matavimai atnaujinti.

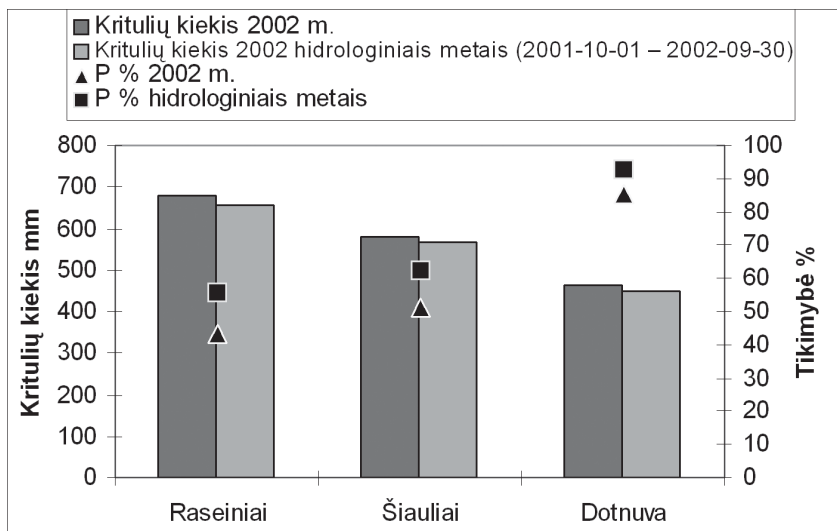
Tyrimai buvo atlikti 2002 metais. Šušvės baseine nuolat veikiančių ar veikusių meteorologijos stočių ar postų nėra. Artimiausios stotys – Dotnuvos, Šiaulių, Raseinių ir Kauno, postai – Radviliškio, Kelmės ir Vilainių. Sprendžiant iš meteorologinių stebėjimų duomenų, Šiauliai, Radviliškis ir Dotnuva priklauso sausiausioms vietoms Lietuvoje



1 pav. Vandens matavimo postų ir meteorologijos stočių išsidėstymas Šušvės baseine.

Fig. 1. The location of water measuring posts and meteorological stations in the Šušvė River basin.

(Hidrometeorologiniai..., 1951–2002). 2002 metais kritulių iškrito nuo 462 mm (Dotnuva, tikimybė – 85%) iki 679 mm (Raseiniai). Hidrologiniai metai, visų stočių duomenimis, buvo sausesni už kalendorinius (2 pav.). Pažymėtina, kad apskritai hidrologiniai metai, palyginti su kalendoriniais, geriau sutampa su natūraliu nuotėkio formavimusi, todėl nuotėkio susidarymo ypatybės nagrinėtos tiek kalendoriniais, tiek hidrologiniais metais.



2 pav. Kritulių kiekis ir tikimybė meteorologijos stotyse aplink Šušvės baseiną kalendoriniais bei hidrologiniais 2002 metais.

Fig. 2. Precipitation amount and its probability measured at the meteorological stations around the Šušvė basin in the hydrological and calendar year 2002.

Ištirta (Kutra, Berankienė, 2003), kad didesnėje kaip 80% Šušvės baseino dalyje išskrintantis kritulių kiekis yra artimiausias Dotnuvos meteorologijos stoties ir Radviliškio posto

kritulių matavimo duomenims bei pačioje šiaurinėje baseino dalyje esančios Šiaulių stoties duomenims. Beje, Dotnuvoje ir Radviliškyje kritulių daugiametės normos tesiskiria 1%, Dotnuvoje ir Šiauliuose – 14%. Šušvės aukštupyje kritulių kiekis panašus į iškrintantį Kelmės meteorologijos poste, o šiek tiek piečiau – į Raseinių meteorologijos stotyje išmatuotą, t.y. gerokai didesnis negu Dotnuvoje. Kitoje – pačioje pietinėje baseino dalyje, kuri yra žemiau Josvainių hidrologijos posto, kritulių kiekis artimas išmatuotajam Vilainių poste. Tuo tarpu Kauno stotyje išmatuotų kritulių sąsajos su krituliais Šušvės baseine minėti autoriai nenustatė. Meteorologijos postuose kritulių matavimo patikimumas mažesnis negu stotyse, be to, stebėjimo duomenų sekoje yra nemažai pertrūkių. Remiantis minimomis kritulių pasiskirstymo Šušvės baseine ypatybėmis darbe buvo naudojami tik Dotnuvos, Raseinių ir Šiaulių meteorologijos stočių (1 pav.) duomenys.

Nustatant 2002 m. Šušvės debitus Josvainių hidrologijos poste naudotasi debito kreivėmis. Laisvos vagos vandens debito ir horizonto ryšio lygtis buvo taikoma pataisoms dėl ledo reiškinių ir užaugus vagai augalais apskaičiuoti (Poška, Punys, 1996).

Meteorologinių ir hidrologinių rodiklių tikimybės apskaičiuotos Čegodajevo formule (Рождественский, Чеботарев, 1974). Hipotezės apie hidrologinių ir meteorologinių elementų skirtumo patikimumą buvo tikrinamos taikant t kriterijų (Доспехов, 1987).

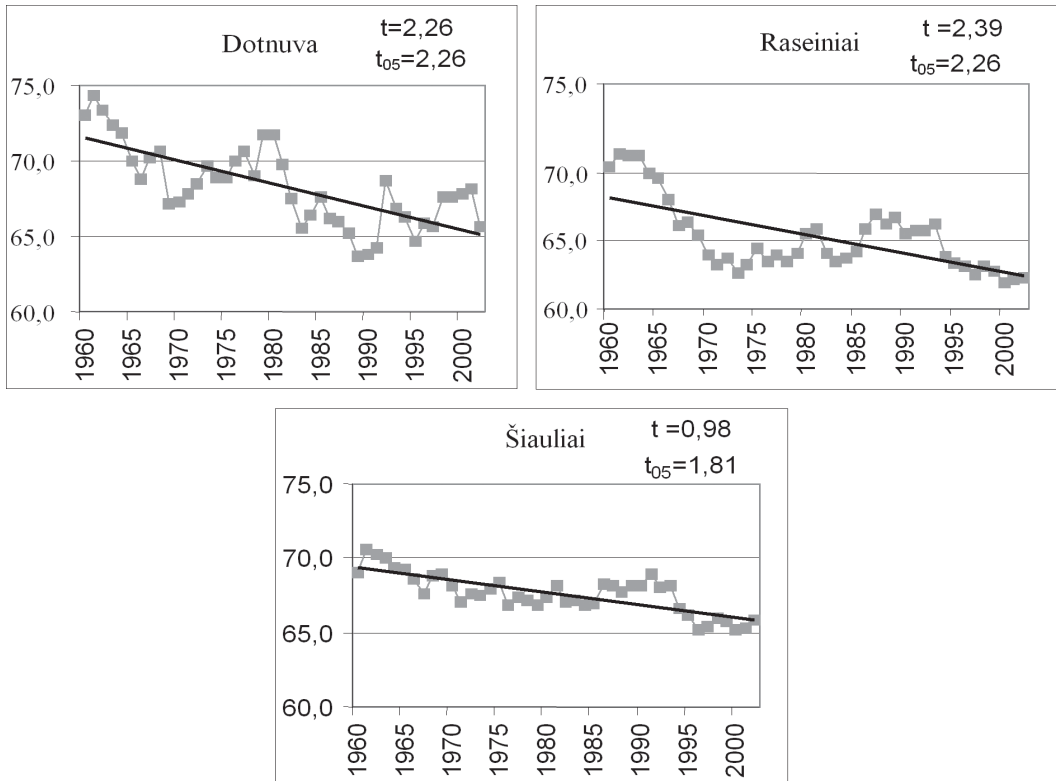
Šiltojo laikotarpio pabaigoje – rugsėjo 12 d. ir spalio 14 d. – ekspedicijų metu buvo matuojamas neišdžiūvusių upelių debitas ir nustatoma, iš kokios baseino dalies nuotėkio nebuvo. Debitas matuotas hidrometrinėmis plūdėmis (Poška, Punys, 1996).

2. Meteorologinės sąlygos

Dotnuvos meteorologijos stoties duomenimis, sausiausi buvo 2002 metai. Kritulių iškrito 82% normos. Šešių iš eilės mėnesių kritulių kiekis buvo mažesnis už vidutinį daugiametį, o keturių iš jų nesiekė ir pusės atitinkamo mėnesio normos. Balandį–rugsėį buvo pats sausiausias laikotarpis per visą stebėjimų Dotnuvoje laiką. Kai kurių mėnesių kritulių tikimybė svyruoja nuo 63,5% (birželio) iki 96,2% (rugsėjo). Ilgiausias laikotarpis be kritulių buvo 29 dienos – nuo rugpjūčio 2 d. iki mėnesio pabaigos. Tiesa, rugpjūčio 2 d. iškrito 29 mm kritulių – 44% mėnesio normos.

Kitose meteorologijos stotyse balandžio–rugsėjo laikotarpis taip pat buvo sausas, nors ir ne pats sausiausias ($p = 75\text{--}93\%$). 2002 metai išsiskiria tuo, kad per minima laikotarpį iškrito mažai kritulių, palyginus su metų kritulių kiekiu. Laikotarpio krituliai kai kuriose stotyse sudarė 37–48% metinių kritulių (daugiametis vidurkis – 56–60%). Raseinių meteorologijos stotyje tai buvo mažiausias rodiklis per visą stebėjimų laikotarpį, Dotnuvos – antras nuo 1993 metų. Ilgainiui mažėja ir viso šiltojo laikotarpio (balandis–spalis) kritulių dalis metiniame kritulių kiekyje.

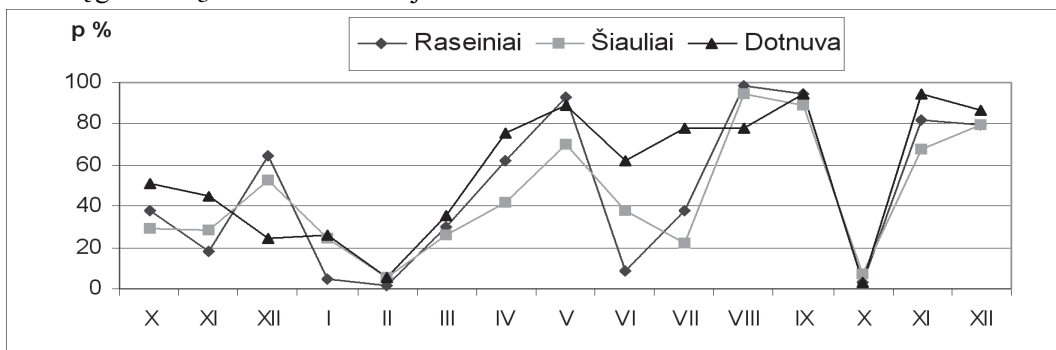
Prieš penkiasdešimt metų balandį–spalį prilydavo vidutiniškai 5–7% daugiau negu dabar (3 pav.). Aišku, tai dešimtmečių vidurkis, kai kuriais metais būta svyravimų. Tačiau Dotnuvos ir Raseinių stotyse skirtumas tarp laikotarpio pradžios ir pabaigos statistiškai patikimas (klaidos tikimybė 5% ir mažesnė). Toks šiltojo laikotarpio kritulių mažėjimas gali būti susijęs su atmosferos cirkuliacijos pokyčiais dėl klimato atšilimo. Per tą patį laikotarpį (1951–2002) vidutinė metų temperatūra (trijų stočių vidurkis) padidėjo 1°C. Skirtumas statistiškai patikimas ($p < 0,01$). Metų kritulių kiekis per 50 metų laikotarpį nedaug pasikeitė, Vakarų Lietuvoje padidėjo, kitoje Lietuvos dalyje – sumažėjo (Klimato..., 1998; Berankienė, 2002).



3 pav. Šiltojo laikotarpio (balandis–spalis) kritulių dalis procentais metų kritulių kiekio meteorologijos stotyse aplink Šušvės baseiną, dešimties metų slankieji vidurkiai (t , t_i – skirtumo tarp laikotarpio pradžios ir pabaigos patikimumo faktinis ir teorinis kriterijai).

Fig. 3. The precipitation percentage of the warm period (April–October) in the total yearly rainfall rate measured at the meteorological stations around the Šušvė basin, 10 year moving averages (t , t_i – the actual and theoretical reliability criteria of difference between the beginning and the end of the period).

Hydrologiniai 2001–2002 metai Dotnuvoje, Raseiniuose ir Šiauliuose buvo 1,9°C šiltesni už daugiamečių vidurkį. Visų mėnesių, išskyrus 2001 m. gruodį ir 2002 m. spalį, oro temperatūra buvo aukštesnė už normą, kai kuriais mėnesiais – net iki 4–5°C. Didesnė temperatūra lemia didesnę garavimą, atitinkamai mažėjant nuotėkiui.



4 pav. Mėnesių ir sezonų kritulių tikimybė (p) meteorologijos stotyse aplink Šušvės baseiną nuo 2001m. spalio iki 2002 m. gruodžio.

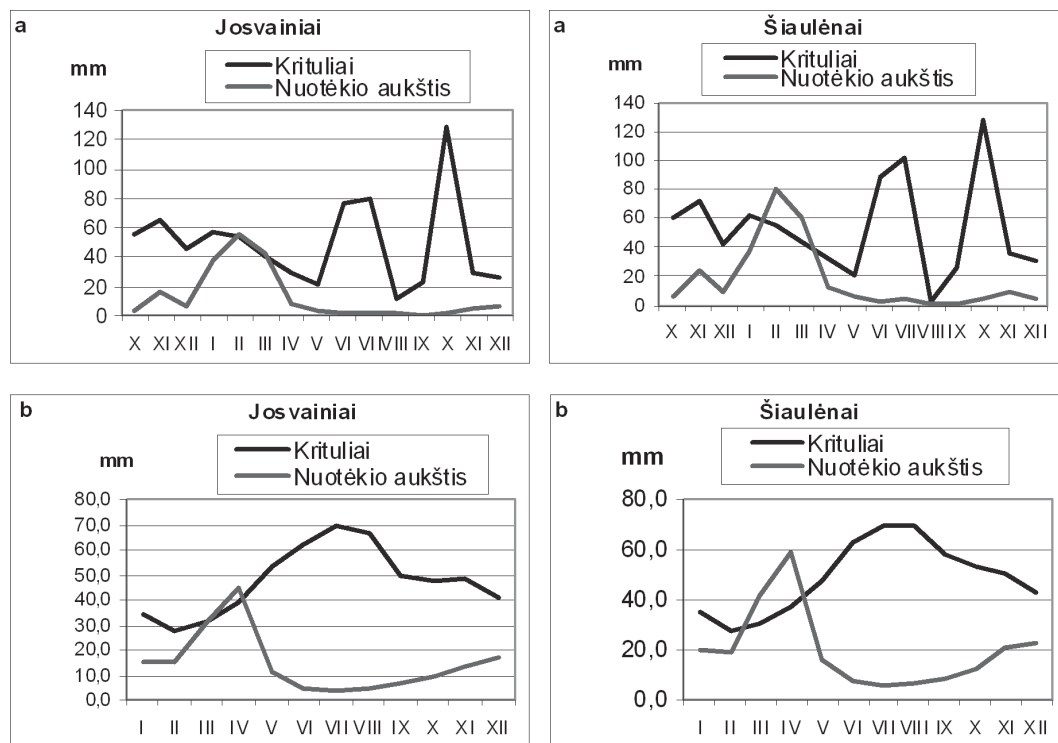
Fig. 4. The probability (p) of monthly and seasonal precipitation according to the data of the meteorological stations around the Šušvė basin (October 2001–December 2002).

2001 m. spalį kritulių iškrito arti normos, lapkritis Raseiniuose buvo drėgnas, Šiauliuose ir Dotnuvoje – vidutinio drėgnumo (4 pav.). 2001 metų gruodis, Dotnuvos meteorologijos stoties duomenimis, priskirtinas drėgnam, o Raseinių ir Šiaulių – vidutiniškai drėgnam. 2002 metų sausis ir vasaris buvo drėgni. Vasarį Raseiniuose kritulių iškrito daugiausiai per visą stebėjimo laikotarpį. Ledo reiškiniai prasidėjo pirmą gruodžio dekadą. Šušvėje ties Šiaulėnais pastovi ledo danga išsilaikė iki sausio 23 d., o ties Josvainiais Šušvė nevisiškai užšalo.

Nuo kovo iki gegužės vidutinis mėnesio kritulių kiekis vis mažėjo. Gegužė visose stotyse, išskyrus Šiaulių, jau priskirtina sausam mėnesiui. Birželis ir liepa išsiskiria didžiausiu kritulių netolygumu. Birželį Raseiniuose iškrito 116 mm kritulių. Mėnuo priskirtinas drėgnam ($p = 9\%$). Dotnuvoje kritulių kiekis birželį sudarė 53 mm ($p = 62\%$). Liepą Raseiniuose palijo 2–3 kartus daugiau negu Šiauliuose ir Dotnuvoje. Rugsjūtis ir rugsėjis buvo sausi visų stočių duomenimis. 2002 metų ruduo visų stočių duomenimis buvo drėgnas (p nuo 3% iki 11%). Lapkritis bei gruodis vėl buvo sausi.

3. Hidrologinių rodiklių kaita

Kritulių ir nuotėkio eiga Šušvės baseine parodyta 5 paveiksle. Josvainių ir Šiaulėnų hidrologijos postuose nuotėkio eiga panaši, tik ties Šiaulėnais nuotėkio sluoksnis didesnis negu ties Josvainiais. Išsiskiria rugsjūčio ir rugsėjo mėnesiai, kai nuotėkio sluoksnis Šiaulėnuose buvo mažesnis, nors prilijo ir daugiau. Čia išryškėjo Angirių užtvankos reguliuojamasis poveikis. 2002 metų nuotėkio kontrastingumą geriausiai parodo jo palyginimas su daugiamečiu vidurkiu.



5 pav. Kritulių ir nuotėkio aukščio kaita Šušvės baseino hidrologiniuose postuose 2002 m. (a) ir daugiamečiai mėnesių vidurkiai (b).

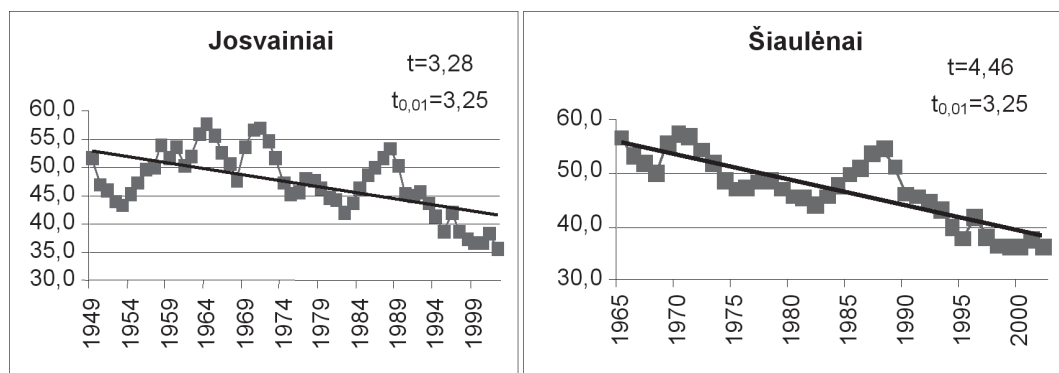
Fig. 5. Changes in precipitation amount and depth of runoff in hydrologic posts of the Šušvė basin in 2002 (a) and long-term monthly average values (b).

Josvainių posto duomenimis, 2001m. spalį ir gruodį upės debitas nesiekė ir pusės normos, o lapkričio buvo arti normos. Vidutiniai 2002 m. pirmųjų trijų mėnesių debitai buvo didesni už vidutinius daugiamečius: sausio – 2,5, vasario – 3,6, kovo – 1,3 karto (vidutinio mėnesio debito tikimybė – atitinkamai 11%, 3% ir 26%). Kitų septynių mėnesių vidutiniai debitai daugiau kaip perpus mažesni už normą. Prie pusės normos priartėja tik liepos debitas, kitų mėnesių dažniausiai nesiekia ir 30%. Balandį–rugsėję vidutinio debito tikimybė – 96%. Mažesnis to laikotarpio nuotėkis buvo tik 1951 ir 1959 metais. Nors spalį iškrito nuo 110 mm iki 168 mm kritulių (nuo 2 iki 3 normų), vidutinis mėnesio debitas tesudarė 14% normos ir ne ką padidėjo, palyginti su rugsėju.

Šiaulėnų posto duomenimis, kai kurių mėnesių vidutinio debito svyravimai didesni negu Josvainių poste. Šiaulėnuose 2001 m. spalio ir gruodžio debitas nesiekė ir 30% normos. 2002 metų vasario debitas buvo didesnis už vidutinį daugiamečių daugiau kaip 6 kartus, o sausio ir kovo – atitinkamai 1,4 ir 1,2 karto. Balandžio–liepos debitai sudarė 0,2–0,6 normos, o rugpjūčio ir rugsėjo buvo vieni mažiausių per visą stebėjimų laikotarpį (mažiau kaip 10% normos, tikimybė atitinkamai 94% ir 98%).

Tai, kad Šiaulėnuose mėnesių vidutinių debitų kaitos amplitudė buvo didesnė nei Josvainiuose, rodo Angirių tvenkinio ir elektrinės lyginamąjį poveikį nuotėkiui. Sausmečiu per elektrinės turbinas išleidžiamas vanduo didino minimalius upės debitus žemiau užtvankos, o spalį, nors kritulių iškrito apie 3 norma, nuotėkis žemiau Angirių padidėjo labai nežymiai – didžioji dalis kritulių, patekusių į hidrografinį tinklą spalį aukščiau užtvankos, buvo sunaudoti tvenkinio vandens lygiui pakelti. Be to, į hidrografinį tinklą pateko ne visi krituliai, nes po ilgo sauso laikotarpio dirvožemių akumuliacinė geoba buvo didžiulė. Tuo tarpu spalio krituliai aukštupyje, nors ir didesni, nuotėkio Šiaulėnuose nepadidino – pelkėtas aukštupys sušvelnino staigų perteklinį kritulių vandens nuotėkį.

Kalbant apie 2002 metų ir viso pastarojo dešimtmečio Šušvės nuotėkio rodiklių vietą daugiamečių duomenų sekoje ryškėja panašios tendencijos, kaip ir kritulių. Šiltojo laikotarpio nuotėkio dalis metiniame nuotėkyje per visą stebėjimų laikotarpį sumažėjo (6 pav.). Skirtumo tarp laikotarpio pradžios ir pabaigos klaidos tikimybė – tik 1%, bet ryškesnis nuotėkio cikliškumas – gana akivaizdūs 9–11 metų ciklai.



6 pav. Šiltojo laikotarpio (balandis–spalis) dalis procentais metų nuotėkio aukščio Šušvės baseine, dešimtmečių slankieji vidurkiai (t , t_i – skirtumo tarp laikotarpio pradžios ir pabaigos patikimumo faktinis ir teorinis kriterijai).

Fig. 6. The runoff percentage of the warm period (April–October) in total yearly runoff rate in the Šušvė basin, 10-year moving averages (t , t_i – the actual and theoretical reliability criteria of the difference between the beginning and the end of the period).

Šiltojo laikotarpio nuotėkio koeficientai per stebėjimų laikotarpį abiejuose postuose taip pat gerokai sumažėjo, nors metų nuotėkio koeficientai, Josvainių posto duomenimis, sumažėjo nedaug, o Šiaulėnuose – netgi šiek tiek padidėjo. Nuotėkis galėjo sumažėti dėl padidėjusio garavimo, kylant vidutinei oro temperatūrai.

Rugsėjį nuotėkis į Šušvę buvo tik iš Gomertos bei Žadikės upelių (pastatytos jų užtvankos) ir iš mažo Š-1 intako, kurį maitino gruntinis vanduo (lent.). Žemiau Žadikės visi upeliai buvo išdžiūvę, tarp jų ir Ažytė, kurios baseino plotas – 98 km². Baseino aukštupyje nuotėkio nebuvimą lėmė ne vien sausra, bet ir bebrų suręstos užtvankos. Šušvė ties Šiaulėnais ir Beržė (didžiausias Šušvės intakas) neišdžiūvo, o tik buvo patvenktos. Tai rodo gamtosauginį bebrų vaidmenį sukaupiant vandens jautriausiose baseinų vietose – aukštupiuose. Bebrų patvenktuose melioravimo grioviuose susilaiko nemažas vandens kiekis (tokiu būdu 1999 m. galėjo susikaupti 23–25 mln. m³ vandens) ir to vandens poveikis aplinkai yra teigiamas, kadangi vanduo kaupiasi vandenskyrose (Lamsodis, 2001). Rugsėjį nuotėkio nebuvo beveik iš 50% Šušvės baseino ploto, beveik visoje kitoje baseino dalyje nuotėkio moduliai dažniausiai buvo mažesni kaip 0,5 l/s km². Rugsėjo mėnesio nuotėkio tikimybė Josvainių hidrologinio posto duomenimis buvo 93%, spalio – 78%, Šiaulėnuose – atitinkamai 98% ir 69%.

Nuotėkis Ažytėje ir Šušvės aukštupyje atsinaujino tik spalio viduryje, bet nuotėkio moduliai buvo mažesni kaip 1 l/s km². Beržės aukštupys tebebuvo patvenktas, o Šušvės

Lentelė. Šušvės ir jos intakų debito (Q , m³/s) ir nuotėkio modulio (q , l/s km²) rodikliai 2002 m. šiltojo laikotarpio pabaigoje.

Table. The discharge (Q , m³/s) and the runoff rate (q , l/s km²) of the Šušvė River and its tributaries at the end of the warm period in 2002.

Upė, vieta <i>River, location</i>	Atstumas nuo žiočių, <i>Distance from the mouth,</i> km	Baseino plotas, <i>Area of the basin,</i> km ² (Gailiūšis et al., 2001)		Debito matavimo data <i>Date of discharge measurements</i>			
		matavimo vietoje <i>in the measuring spot</i>	visas <i>whole</i>	2002-09-12		2002-10-14	
				Q	q	Q	q
Šušvė, Vaitkaičiai	115	90,5	1165,4	0	0	0,01	0,11
Šušvė, Šiaulėnai	108,6	162	1165,4	0,047	0,3	0,13	0,8
Gomerta	86	53	53	0,094	1,77	0,093	1,75
Beržė	80,8	301	301,1	0,03	0,1	0,1	0,33
Žadikė	75,1	89	89	0,058	0,65	0,118	1,33
Vedreikė	68,2	9,3	9,6	0	0	0	0
Miegotas	59,4	9,4	9,5	0	0	0	0
Krimslė	59,3	10,6	11	0	0	0	0
Š-1	54,9	5,4	5,4	0,003	0,63	0,004	0,74
Ažytė	54	98	98,4	0	0	0,012	0,12
Pečupė	40,8	12,5	13	0	0	0	0
Liedas	15,5	31	31,5	0	0	0	0
Šušvė, Josvainiai	14,2	1079	1165,4	0,32	0,3	0,305	0,28
Vikšrupis	11,3	28,5	30,4	0	0	0	0
Putnupys	1,2	16	16,8	0	0	0,0001	0,006

žemupyje buvo išdžiūvę ir didesni jos intakai (Liedas, Vikšrupis ir Putnupys). Iš viso spalį nebuvo nuotėkio iš 40% baseino ploto.

Rugsėjį ir spalį nustatyti nuotėkio moduliai (lent.) rodo, kad upės debitas žemiau Angirių nebuvo mažesnis už gamtosauginį (Šušvės upės gamtosauginis modulis yra 0,28 l/s km²). Gamtosauginiu nuotėkio moduliui laikomas 80% tikimybės minimalus nuotėkio modulis. Tačiau pradėjus eksploatuoti Angirių hidroelektrinę, Josvainių hidrologijos poste labai padidėjo vandens lygio ir debito svyravimas. Tai buvo viena priežasčių, dėl kurių nuo 2001 m. nutrauktas debito matavimas. 2002 metų šaltuoju laikotarpiu (ne potvynio metu) dviejų iš eilės parų vandens lygis upėje skirdavosi iki 101 cm, o debitas – iki 18,5 m³/s. Šiltojo laikotarpio šie skirtumai mažesni – dviejų iš eilės parų vandens lygis upėje skyrėsi iki 52 cm, debitas – iki 5,4 m³/s. Tokie staigūs ir dažni nuotėkio rodiklių svyravimai gali pabloginti pakrančių ekologines sąlygas. Remiantis aplinkos apsaugos reikalavimais, vandens lygio žemėjimo intensyvumas neturi būti didesnis kaip 0,2 m per parą (Tvenkinių ..., 1995). Šaltuoju laikotarpiu būta atveju, kai minimas intensyvumas buvo didesnis nei šis normatyvas, iš jų 3 – ne potvynio metu (gruodį, kai oro temperatūra buvo neigiama).

Išvados

1. Per 2002 metus krituliai pasiskirstė labai netolygiai. Metų pradžia buvo drėgna, o šiltasis laikotarpis – ekstremaliai sausas. Nuotėkis šaltuoju laikotarpiu buvo didesnis už daugiamečių vidurkį, o šiltuoju – daug mažesnis.

2. Šiltojo laikotarpio kritulių dalis metiniuose krituliuose visų trijų meteorologijos stočių duomenimis per paskutinius 50 metų mažėjo. Dotnuvoje ir Raseiniuose kritulių skirtumo patikimumas statistiškai patikimas. Tokios pat ir nuotėkio kaitos tendencijos (Šiaulėnų ir Josvainių hidrometeorologijos postų duomenys, skirtumas statistiškai patikimas).

3. 2002 metų rugsėjį į Šušvę vandenį plukdė tik tie aukštupio intakai, ant kurių pastatyta užtvankų, bei keli maži intakai, maitinami gruntinio vandens. Šušvės vidurupyje bei žemupyje buvo išdžiūvę visi intakai. Rugsėjį nuotėkio nebuvo iš 50%, spalį – iš 40% Šušvės baseino ploto. Rugsėjo mėnesio nuotėkio tikimybė Josvainių hidrologijos posto duomenimis buvo 93%, spalio – 78%.

4. Šiltuoju metų laiku išryškėjo Angirių užtvankos reguliuojamasis poveikis Šušvės nuotėkiui ties Josvainiais. Per sausrą pro užtvanką buvo praleidžiami debitai, didesni už gamtosauginius. Tačiau vandens lygio ir debito svyravimas tuo metu, kai vandens buvo pakankamai, labai didelis. Šaltuoju laikotarpiu dviejų iš eilės parų vandens horizontas upėje skyrėsi iki metro, debitas – iki keliolikos kub. metrų per sekundę.

Gauta 2004-09-11

Literatūra

Basalykas A. (1965). Lietuvos TSR fizinė geografija, Vilnius.

Berankienė L. (2002). Daugiamečių kritulių ir nuotėkio eiga Šušvės baseine, *Mokslo darbai. Vandens ūkio inžinerija* 20(42), p. 25–30.

Gaigalis K., Jurgelevičienė I., Lasinskas M., Tautvydas A. (1979). Nevėžio, Dubysos, Mítuvos ir Jūros baseinai, Vilnius.

Gailiūšis B., Jablonskis J., Kovalenkoviėnė M. (2001). Lietuvos upės. Hidrografija ir nuotėkis, Kaunas.

Hidrometeorologiniai biuletėniai (1951–2002), Vilnius.

- Klimato** elementų kintamumas Lietuvos teritorijoje (1998), Vilnius.
- Kutra S., Berankienė L.** (2003). Kritulių modeliavimas Šušvės baseine, *Mokslo darbai. Vandens ūkio inžinerija* 22(44), p. 30–37.
- Lamsodis R.** (2001). Beavers Castor fiber and the consequences of their activities in drainage channels, *Proceedings of 2nd European Beaver Symposium, Krakow, Poland*, p. 128–141.
- Lietuvos** TSR atlasas: mokslinių informacinių žemėlapių rinkinys (1981), Maskva.
- Pašvenskas V.** (2000). Tvenkinių įtaka upių nuotėkio režimui, *Melioracija ir kraštotvarka: tarptautinė konferencija*, Kaunas.
- Poška A., Punys P.** (1996). Inžinerinė hidrologija, Kaunas.
- Tvenkinių** naudojimo ir priežiūros tipinės taisyklės: LAND 2-95 (1995), Vilnius: Aplinkos apsaugos ministerija.
- Доспехов Б. А.** (1987). Методика полевого опыта, Москва.
- Рождественский А. В., Чеботарев А. И.** (1974). Статистические методы в гидрологии, Ленинград.

Henrikas Pauliukevičius

Water Management Institute of Lithuanian University of Agriculture, Vilainiai

Specific features of small river runoff in years with dry warm season

Summary

The paper gives the analysis of the distribution of precipitation in the basin of a small river and presents certain approaches of the runoff formation. The object of the study – the River Šušvė (the length 130.5 km, basin area 1165 km²) basin – itself contains no meteorological stations therefore precipitation was evaluated on the basis of the data collected in the nearby stations located in Dotnuva, Raseiniai and Šiauliai. An obvious difference was observed in the long-term rates of precipitation amounts of certain months.

In 2002, the average values of precipitation and runoff were close to the long-term rate though the rainfall distribution was very uneven within the year, what resulted in some extreme seasonal and months by values. The beginning of the year was rather wet; in Kaunas and Raseiniai February was wettest during the whole study period. The warm period was extremely dry. In Dotnuva the April–September period was driest within the whole study period. Considering the data of the meteorological station in Raseiniai, the period mentioned was least abundant in rainfalls in 2002 compared to the annual precipitation rate.

During the last 50 years the portion of the total warm period also decreased in the annual precipitation rate. A statistically reliable difference ($p < 0.05$) between the beginning and the end of the period was obtained in two meteorological stations (except for the meteorological station in Šiauliai). Average air temperature of the year increased by 1°C within the period from 1951 to 2002 ($p < 0.01$). Such decrease in precipitation amount of the warm period might be related to the changes in atmospheric circulation due to the warming climate. As no longer-lasting measurements were taken in meteorological stations, there is no evidence to suggest whether the changes are of anthropogenic origin or are only a part of a longer natural cycle. During the last decades the part of runoff of the warm period is also decreasing in total yearly runoff rate.

At the end of the dry period (in September) nearly all dam-free tributaries of the river Šušvė (including the tributary Ažytė with the basin area of 98 km²) were dried out. In the middle of October the runoff from the Ažytė and upper reaches of the Šušvė recurred, however it did not exceed 1 l/s km².

During the operation of hydroelectric power station the eco-discharge of water was not impeded, though the allowable intensity of water level decrease was exceeded in certain cases.

NEMUNO NUOTĖKIO PROGNOZAVIMAS *HBV* MODELIU

**Gintaras Valiuškevičius, Egidijus Rimkus, Gintautas Stankūnavičius,
Arūnas Bukantis**

Vilniaus universitetas, Čiurlionio g. 21/27, LT-03101, Vilnius
El. paštas: gintaras.valiuskevicius@gf.vu.lt; egidijus.rimkus@gf.vu.lt;
gintas.stankunavicius@gf.vu.lt; arunas.bukantis@gf.vu.lt

Įvadas

Kiekviena upė surenka jos baseine susidariusį ir ten pat transformuotą vandens nuotėkį, todėl jos režimas atspindi klimato, baseino ploto ir tūrio, paviršinių gruntų filtracinių savybių, augalijos, reljefo, slėnio pločio, vagos nuolydžio, įsirežimo gylio ir kitus veiksnius (Kilkus, 1998). Nemunas pagal ilgumą (937 km) yra 14-ta, o pagal baseino plotą (97 924 km²) – 15-ta Europos upė. Lietuvai tenka 47,5% jo baseino ploto, o likusi dalis – Baltarusijai, Lenkijai, Rusijai ir Latvijai. Nemuno upynui priklauso net 71,8% Lietuvos teritorijos ploto. Šios upės hidrologinis režimas tyrinėjamas jau nuo XIX a. pradžios, kai Prūsija įsteigė pirmąsias vandens matavimo stotis: Rusnės, Tilžės, Smalininkų ir kt. Dabar lietuviškoje Nemuno dalyje veikia 4 hidrologijos stotys (Druskininkų, Nemajūnų, Kauno, Smalininkų), kuriose atliekami nuotėkio matavimai.

Per metus Nemunas nuplukdo į Kuršių marias apie 25 km³ vandens. Nemuną maitina tirpstančio sniego, požeminis ir lietaus vandenys. Atitinkamai jie sudaro 40, 35 ir 25% nuotėkio. Didžiausią Nemuno nuotėkio (ties Smalininkais) dalį sudaro pavasario potvynio metu upe nutekantis vandens kiekis, t.y. 40–43% viso metinio nuotėkio. Kitais metų laikais – vasarą, rudenį ir žiemą – nuotėkis vienodesnis ir per šį laikotarpį nuteka apie 58% metinio nuotėkio (vidutiniškai 18–20% kiekvieną sezoną). Nuotėkiui būdingi įvairaus rango – šimtmečių, dešimtmečių ir kelerių metų – cikliški svyravimai bei trumpos sezoninės fluktuacijos (Lasinskas 1973; Rainys, 1973; Kilkus, 1998, ir kt.). Iki šiol Nemuno nuotėkio pasiskirstymas įvairiais mėnesiais daugiausia analizuojamas remiantis tipinėmis hidrogramomis. Jos kaip analogai panaudojamos upės ruožams, kurių stokojama tiesioginių matavimo duomenų. Tačiau sprendžiant įvairius hidrologinius uždavinius dažnai susiduriama ne tik su sistemingų tiesioginių nuotėkio matavimo duomenų stoka, bet ir su būsimo nuotėkio prognozavimo problema. Nesant stebėjimo duomenų nuotėkį galima apskaičiuoti ir netiesioginiais būdais. Pagrindinis, kartais – ir vienintelis, toks būdas – upių nuotėkio analizė vandens balanso modeliais (pavyzdžiui: *WatBal*, *HBV*, *Lisflood* ir kt.) (Yates, 1994; Štaras, 2002). Modeliuojamo upės nuotėkio tikslumas priklauso nuo pasirinkto vandens balanso modelio vidinės loginės struktūros bei pradinių parametru nustatymo metodų.

Autoriai šiame straipsnyje analizuoja *HBV* modelio taikymo Nemuno nuotėkiui skaičiuoti rezultatus bei aptaria šio modelio panaudojimo lietuviškosios Nemuno baseino dalies nuotėkio prognozei galimybes. Didžioji dalis šių tyrimų atlikta vykdant Europos Sąjungos Komisijos 5-osios bendrosios programos projektą *Europinė potvynių prognozavimo sistema* (2002–2003).

1. HBV-96 modelio struktūra ir veikimo principas

Matematinis hidrologinių procesų *HBV* modelis naudojamas baseine susiformuojančio nuotėkio reikšmių, kaitos bei ypatybių modeliavimui. Teorinius originalaus modelio pagrindus sukūrė S. Bergstromas (Bergstrom, 1976) apie 1970 metus Švedijos meteorologijos ir hidrologijos institute (SMHI). Pirmos operatyvios hidrologinės prognozės šiuo modeliu sudarytos 1975 m. keliems nedideliems Švedijos šiaurinėje dalyje esantiems upių baseinams. Sukurtas modelis nuolat tobulintas, paskutinė jo versija vadinama *HBV-96*. Šiuo metu modelis įsisavintas ir naudojamas daugiau nei keturiasdešimtyje pasaulio šalių, dauguma vartotojų – Europoje bei Šiaurės Amerikoje (šių žemynų gamtinės sąlygos artimiausios toms, kurioms buvo kuriamas pradinis modelio variantas), tačiau kai kurių baseinų nuotėkis modeliuotas visuose žemynuose ir klimato zonose.

Tokį modelio populiarumą lemia jo taikymo plačios galimybės (modeliavimo duomenimis galima remtis išpėjant apie potvynius, užtikrinant užtvankų saugumą, vykdant vandens kokybės kontrolę ir kt.) bei sąlyginai paprasta modelio schema (1 pav.). Iš esmės *HBV-96* yra kritulių–nuotėkio modeliavimo būdas, kuriuo skaičiuojamas bendras baseino vandens balansas. Pagrindinė šio skaičiavimo formulė (Bergstrom, 1976):

$$P - E - Q = \frac{d}{dt} [SP + SM + UZ + LZ + V],$$

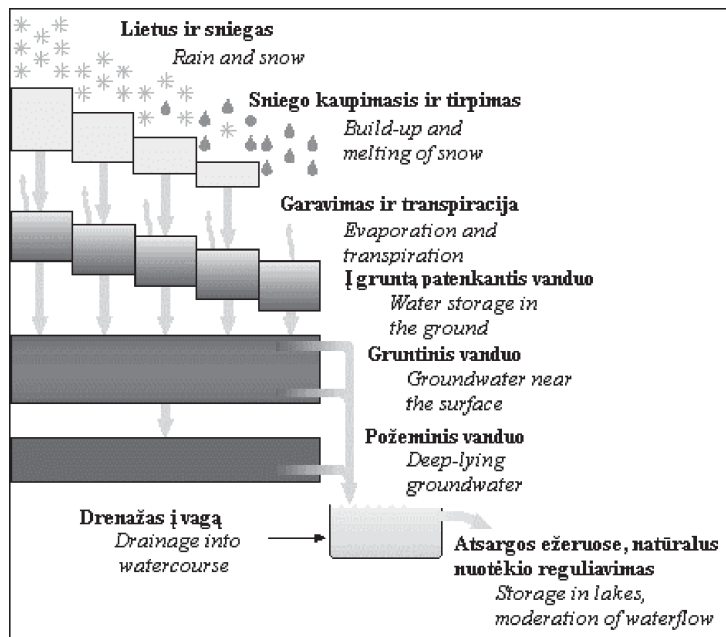
čia: P – krituliai, E – evapotranspiracija, Q – nuotėkis, SM – dirvos drėgmė, SP – vandens atsargos sniege, UZ – gruntinis vanduo, LZ – požeminis vanduo, V – ežerų tūris. Atliekamus skaičiavimus, kaip pabrėžia patys modelio kūrėjai, galima suskirstyti į tris pagrindines grupes: 1) žemės paviršių pasiekiančių kritulių kiekio nustatymas, 2) šlaitinio nuotėkio apskaičiavimas, 3) vagnio nuotėkio bei nuotėkio transformacijos įvertinimas.

Modelių nesunku pritaikyti ir dėl to, kad, norint apskaičiuoti baseine susidarantį nuotėkį, pakanka palyginus nedaug pradinės informacijos. Ją sudaro trijų rūšių (geografiniai, meteorologiniai ir hidrologiniai) duomenys. *Geografinę informaciją* šiuo atveju sudaro: baseinų plotai, vidutinis aukštis, miškingumas ir ežeringumas bei meteorologijos stočių (MS) reprezentuojamų baseino dalių dydžiai. *Meteorologinė informacija* – kasdieniai MS duomenys apie kritulių kiekį bei vidutinę paros oro temperatūrą, *hidrologinė* – kasdieniai duomenys apie hidrologijos stotyse (HS) išmatuotus debitus ir iš vandens talpyklos ištekancio vandens debito kreivės parametrai. Šių duomenų visiškai pakanka modelio kalibravimui ir verifikavimui.

Modeliavimo rezultatų vartotojo sąsajoje pateikiamos kritulių kiekio, oro temperatūros, sniego atsargų (jas modelis apskaičiuoja pagal kritulių kiekį ir oro temperatūrą) bei apskaičiuoto ir išmatuoto debito reikalingame pjūvyje chronologinės kaitos kreivės. Modelis kalibruojamas bandymų ir klaidų būdu, stengiantis parinkti tokias kalibravimo parametrų reikšmes, kad apskaičiuotasis nuotėkis kuo mažiau skirtųsi nuo realaus. Kiekybiškai ši atitikimą modelis vertina determinacijos koeficientu R^2 (kurio reikšmė turi viršyti 0,8) bei suminiu nuokrypiu (pageidautina, kad analizuojamo laikotarpio jis neviršytų 100 mm).

2. Panaudoti duomenys ir darbo metodika

Prieš pradėdant nuotėkį skaičiuoti *HBV-96* modeliu būtina tiksliai apibrėžti modeliuojamo baseino ir subbaseinų rodiklius, t.y. suvesti teritoriją apibūdinančią geografinę informaciją. Nemunas – didelė upė, taigi pirmiausia reikėjo apsispręsti, ar bus modeliuojamas viso baseino, ar tik jo dalies nuotėkis. Apimti visą baseiną buvo sunku dėl dviejų priežasčių: a) Nemuno drenuojamos



1 pav. Principinė HBV modelio schema (pagal: SMHI, 2003).

Fig. 1. Principal scheme of HBV model (according to: SMHI, 2003).

teritorijos atskirose dalyse (pvz., Nemuno žemupyje) yra per retas nuotėkio stebėjimo stočių tinklas; b) dalis baseino yra Baltarusijoje, iš kur gana sudėtinga gauti specifinę, modelio kalibravimui reikalingą informaciją. Dėl šių priežasčių modeliavimui buvo pasirinkta lietuviškoji Nemuno baseino dalis nuo Druskininkų iki Smalininkų.

Siekiant didesnio nuotėkio apskaičiavimo tikslumo, lietuviškoji Nemuno baseino dalis buvo padalyta į keturis subbaseinus. Trys iš jų išskirti Nemuno atkarpose: 1) tarp Druskininkų ir Nemajūnų (~5700 km²), 2) tarp Nemajūnų ir Kauno HE (~2900 km²), 3) tarp Kauno HE ir Smalininkų (~11 400 km²), be to, kaip atskiras subbaseinas išskirta Neries atkarpos nuo Buivydžių iki Jonavos drenuojama teritorija (~13 500 km²). Išvardytų šešių HS (Druskininkų, Nemajūnų, Kauno HE, Smalininkų, Buivydžių ir Jonavos) kasdienių debitų duomenys sudarė pradinę hidrologinę informaciją. Kauno HE praleidžiamo nuotėkio debitų kreivės parametrai parinkti skirtingi įvairių laikotarpių, priklausomai nuo Kauno marių vandens lygio ir užtvankos darbo grafiko (modeliu išreiškiama debitų kreivė – specifinės analitinės formos, kuriai parinkti vienodų parametru visam kalibracijos laikotarpiui, deja, neįmanoma). Meteorologinė informacija (duomenys apie vidutinę paros oro temperatūrą bei paros kritulių sumas) rėmėsi 17 Lietuvos MS matavimų duomenimis. Kadangi modelis skaičiuoja oro temperatūrą bei kritulių kiekį, tenkantį visam subbaseinui pagal konkrečių stočių apskaičiuotus svertinius koeficientus, buvo panaudoti ir kelių formaliai už baseino ribų esančių MS meteorologiniai duomenys. Svertiniai koeficientai, įvertinantys kiekvienos MS reprezentuojamą subbaseino dalį, buvo apskaičiuoti poligonų metodu.

Skaičiavimui pasirinktas 1990–1999 m. laikotarpis. Kaip nurodo modelio kūrėjai, 10 metų laikotarpio, esant normalioms sąlygoms, visiškai pakanka modeliui ir kalibruoti, ir verifikuoti. Kalibracijai panaudoti laikotarpio nuo 1991-07-01 iki 1996-09-30, o verifikacijai – nuo 1996-10-01 iki 1999-12-31 duomenys. Tokios šių laikotarpių pradžios ir pabaigos datos pasirinktos atsižvelgiant į hidrogramos pobūdį bei Kauno marių vandens lygį (du svarbiausius rodiklius, į kuriuos būtina atsižvelgti parenkant laikotarpio startines datas).

Kalibracija buvo atliekama bandymų ir klaidų būdu parenkant kalibracijos parametru reikšmes keturiais pagrindiniais etapais:

- 1) kalibruoti parametrai, reguliuojantys bendrą nuotėkio per visą kalibracijos laikotarpį tūrį;
- 2) kalibruoti sniego kaupimosi ir tirpsmo intensyvumą apibūdinantys parametrai;
- 3) parinktos tinkamiausios dirvoje sukaupią drėgmę atspindinčių rodiklių reikšmės;
- 4) kalibruoti parametrai, lemiantys hidrogramos „pikų aštrumą“.

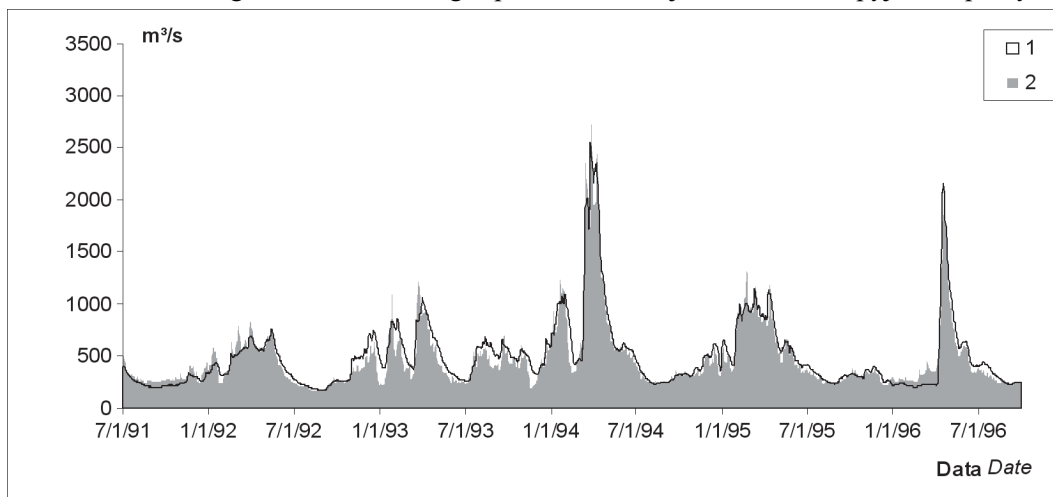
Jei atlikus visus keturis kalibracijos etapus suminis nuokrypis ir determinacijos koeficiento reikšmė viršydavo leistinas ribas, visi kalibruotieji parametrai ta pačia tvarka koreguoti iš naujo. Kalibracija visiškai baigiama tuomet, kai suminio nuokrypio reikšmė toliau koreguojant kalibracijos parametrus ima didėti, o determinacijos koeficiento reikšmė – mažėti, be to, jos abi būna „normos“ ribose arba kiek įmanoma arčiau jos. Kiekvienas subbaseinas kalibruotas atskirai. Be to, siekiant didesnio tikslumo, modelio sąlyga buvo ta, kad į subbaseiną nėra vandens prietakos iš aukščiau. Subbaseinai „sujungti“ į vientisą sistemą tik baigus kalibruoti.

Verifikuojant modelį kalibracijos parametrai nebuvo keičiami. Pritaikius kalibracijos metu nustatytus parametrus vėlgi įvertintos verifikacijos laikotarpio determinacijos koeficiento ir suminio nuokrypio reikšmės (joms neatitikus keliamų reikalavimų kalibruojama iš naujo).

3. Modelio kalibravimo ir verifikavimo rezultatai

Kalibruojant modelį pirmiausia orientuotasi į galimybę ateityje panaudoti nuotėkio skaičiavimų rezultatus potvynių prognozei. Todėl mažiau dėmesio kreipta į nuosėkio nuotėkio modeliavimą, bet siekta kiek įmanoma sumažinti skirtumus tarp realių ir modeliuotųjų debitų potvynio bangai slenkant upe. Toks požiūris iš esmės pasiteisino, nes, kaip matyti 2 paveiksle, kalibruoto laikotarpio realių ir modeliuotųjų nuosėkio debitų hidrogramos beveik sutampa.

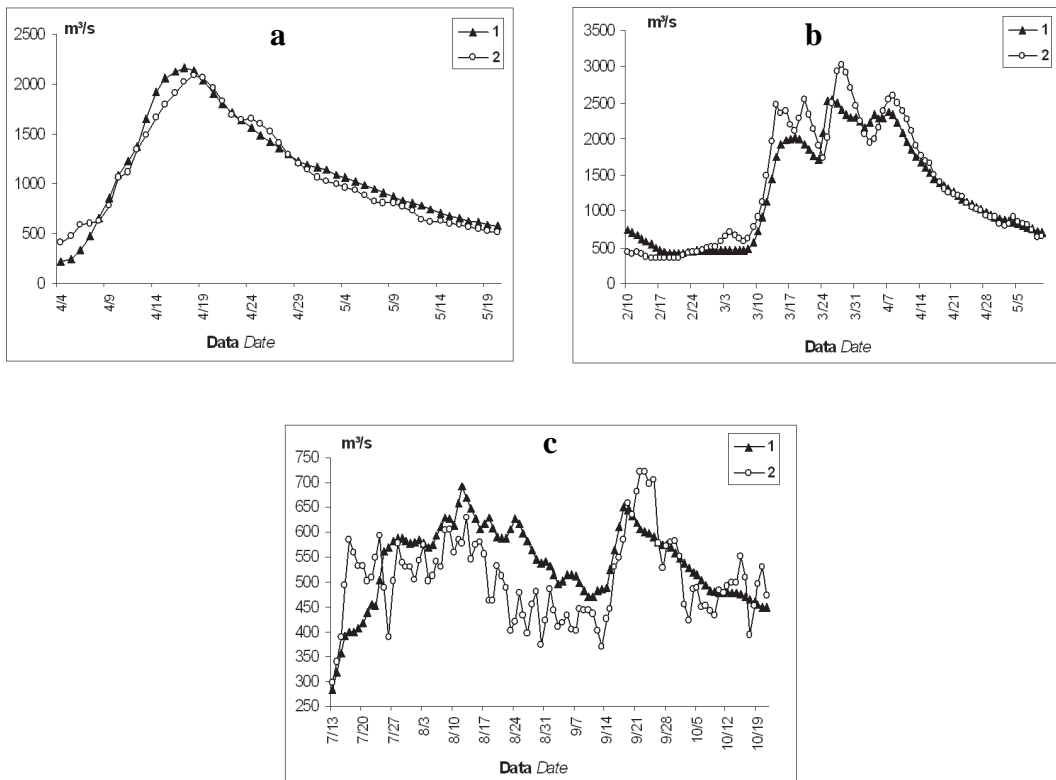
Didesni debito skirtumai visuose subbaseinuose išryškėjo modeliujant potvynį. Be to, būtina pastebėti, jog modelis žymiai tiksliau imituoja potvynio bangos formą ir pateikia artimesnes išmatuotosioms debitų reikšmes tais atvejais, kai potvynio bangai būdingas sąlyginai lėtas kilimas bei slūgis ir tik vienas bangos pikas. Kalibruojamame laikotarpyje toks potvynis



2 pav. HBV modeliu apskaičiuotasis (1) ir Smalininkų hidrologijos stotyje išmatuotasis (2) Nemuno debitas modelio kalibravimo laikotarpyje (nuo 1991-07-01 iki 1996-09-30).

Fig. 2. The Nemunas river discharge measured in Smalininkai gauge station (1) and calculated using HBV model during the verification period (from 01 07 1991 to 30 09 1996).

buvo 1996 m. pavasarį (3 pav., a). Kaip matyti šiuo atveju, net realiam debitui viršijant 2000 m³/s, apskaičiuotasis nuo jo skiriasi ne daugiau kaip 100–200 m³/s (potvynio maksimumo skirtumas vos 48 m³/s, t.y. 2,3%).



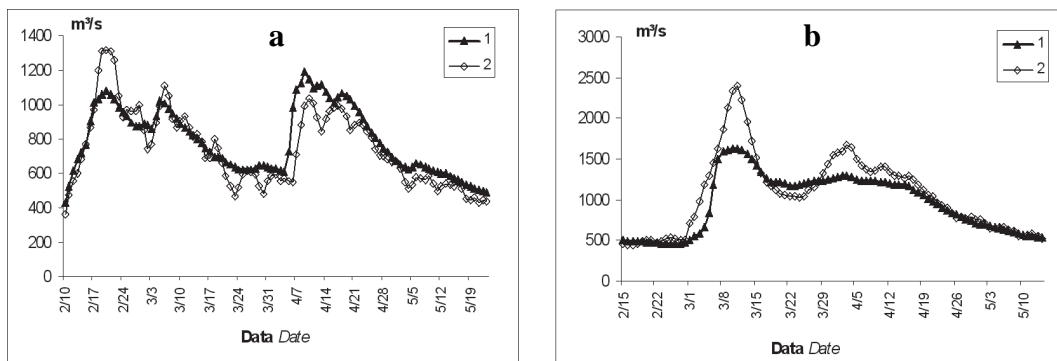
3 pav. *HBV* modeliu apskaičiuotasis (1) ir Smalininkų hidrologijos stotyje išmatuotasis (2) Nemuno debitas: a) esant 1996 m. potvyniui; b) esant 1994 m. potvyniui; c) esant 1993 m. vasaros–rudens poplūdžiams.

Fig. 3. *The Nemunas river discharge measured in Smalininkai gauge station (2) and calculated using HBV model (1) during spring flood in 1996 (a); spring flood in 1994 (b) and summer-autumn high water season in 1993 (c).*

Tuo tarpu 1994 m. pavasario potvynis Nemune praėjo keliomis bangomis, kurios itin staigiai kilo ir slūgo (3 pav., b). Tokio tipo potvynio eigą *HBV-96* modelis imituoja prasčiau: kartais išmatuotieji debitai skiriasi nuo apskaičiuotųjų beveik 20–30%. Be to, būna, kad modelis ne visai tiksliai nustato pikų datas, o kai kurias atskiras potvynio bangas sujungia į vieną. Taigi modelis neretai parenka netikslią nuotėkio skaičiavimo schemą: imituoja sniego tirpsmo potvynį esant lietaus poplūdžiui ar atvirkščiai. Realybėje svarbiausi atskiras potvynio bangas formuojantys vandens šaltiniai (sniego tirpsmas, lietūs, požeminė vandens prietaka) Lietuvos sąlygomis keičiasi taip greitai, kad modelis į šiuos pokyčius nespėja reaguoti. Beje, tokio tipo potvynių metu tiek Nemune, tiek jo intakuose nereti ledo kamščiai, į kurių poveikį skaičiuojant nuotėkį vandens balanso tipo modeliais atsižvelgti neįmanoma. Čia tikslesnių rezultatų, matyt, galima tikėtis dirbant su mažesniais subbaseiniais bei turint tikslesnę geografinę informaciją (ypač apie baseino miškingumą ir urbanizaciją). Mažesnių subbaseinų su konkrečiais miškingumo duomenimis modelis tiksliau įvertintų atskirose baseino dalyse susikaupusio bei ištirpusio sniego kiekį.

Tam tikri netikslumai *HBV-96* modeliui imituojam lietaus poplūdžius (3 pav., c) susidaro dėl kritulių teritorinio diskretiškumo. Modeliu teisingai apskaičiuojamas bendras poplūdžio tūris, bet kartais klystama skaičiuojant konkrečias parų debitų reikšmes. Pradinei informacijai apie baseiną ar jo dalį priklauso tik vandens atitekėjimo pagrindine vaga ir nuo tolimiausio baseino taško laikas. Todėl ne visai teisingai įvertinamas atitekėjimo iš atskirų baseino dalių laikas. Taigi poplūdžių nuotėkio modeliavimo tikslumas tuo menkesnis, kuo netolygiau krituliai pasiskirsto baseino teritorijoje.

Panašūs gauti ir verifikavimo rezultatai. 4 paveikslas dar kartą įtikina, kad nuotėkio skaičiavimo tikslumą lemiantis veiksnys yra potvynio genėzės kaitos intensyvumas. 1998 metų pavasarį (4 pav., a) net ir keliomis bangomis praėjęs potvynis buvo pakankamai tiksliai modeliuotas. Tą nesunku paaiškinti: potvynis truko ilgai (virš 3 mėnesių), tad modelis spėjo sureaguoti į nuotėkį formuojančių šaltinių pokyčius. O 1999 metais, dar nespėjus nulsūgti labai staigiai pirmai potvynio bangai, kilo antroji, tad ir *HBV-96* modeliui apskaičiuotosios nuotėkio reikšmės gan ženkliai skiriasi nuo išmatuotųjų (4 pav., b).



4 pav. *HBV* modeliui apskaičiuotasis (1) ir Smalininkų hidrologijos stotyje išmatuotasis (2) Nemuno debitas: a) esant 1998 m. potvyniui; b) esant 1999 m. potvyniui.

Fig. 4. *The Nemunas river discharge measured in Smalininkai gauge station (2) and calculated using HBV model (1) during: a) spring flood in 1998 and b) spring flood in 1999.*

Vis dėlto svarbiausi modeliavimo tikslumą atspindintys rodikliai (determinacijos koeficientas bei suminis nuokrypis) ir kalibracijos, ir verifikacijos laikotarpiais visuose subbaseinuose atitinka jiems keliamus reikalavimus (lent.). Dažniausiai rezultatai yra net žymiai geresni nei reikalaujama. Tad galima teigti, jog *HBV-96* modelis tinka Nemuno nuotėkiui skaičiuoti ir rimtesni neatitikimai tarp apskaičiuotųjų bei išmatuotųjų debitų dydžių pirmiausia susiję su paties modelio ribotomis galimybėmis. Aukščiausia determinacijos koeficiento reikšmė (rodanti geriausią ekstremalių apskaičiuotojo ir realaus debito datų sutapimą) gauta modeliuojant upės Druskininkų–Nemajūnų ruožą. Mažiausias suminis nuokrypis (iš kurio galima spręsti, kad apskaičiuotojo ir išmatuotojo nuotėkio tūris skiriasi mažiausiai) – Neris tarp Buivydžių ir Jonavos. Iš bendro konteksto kiek iškrinta Nemuno Nemajūnų–Kauno subbaseinas. Jo vienintelio suminis nuokrypis viršijo leidžiamą 100 mm. Tai aiškiai susiję su nuotėkį reguliuojančiu Kauno HE poveikiu. Reikia atkreipti dėmesį ir į tai, jog visų subbaseinų suminis nuotėkio nuokrypis buvo neigiamas, t.y. apskaičiuotasis nuotėkio tūris šiek tiek mažesnis už realųjį.

Lentelė. Apskaičiuotųjų ir išmatuotųjų debitų sieties rodikliai Nemuno baseino dalių kalibracijos ir verifikacijos laikotarpiais.

Table. *The relational parameters between calculated and measured discharges in different subbasins of Nemunas river catchment during calibration and verification periods.*

Hidrologijos stotys <i>Hydrological stations</i>	Kalibracija/ <i>Calibration</i>		Verifikacija/ <i>Verification</i>	
	laikotarpis/ <i>period</i> : 1991-07-01–1996-10-01	laikotarpis/ <i>period</i> : 1996-10-01–1999-12-31	R ²	R ²
	suminis nuokrypis (mm) <i>accumulated difference (mm)</i>	suminis nuokrypis (mm) <i>accumulated difference (mm)</i>		
Nemajūnai	0,99	-85	0,99	70
Kaunas	0,93	-132	0,95	23
Jonava	0,92	-22	0,84	-12
Smalininkai	0,92	-58	0,89	-11

Apibendrinimas

Rezultatai rodo, kad *HBV-96* modelis ateityje gali būti gan sėkmingai taikomas prognozuojant Nemuno nuotėkį. Trumpalaikė (iki 3 parų) nuotėkio prognozė šiuo modeliu galima ir naudojant tik lietuviškosios šios upės baseino dalies duomenis. Tačiau norint gauti tikslesnius rezultatus derėtų prieš pradėdant modeliavimą teritoriją į subbaseinus suskirstyti smulkiau. Taip darant galima tiksliau įvertinti vietos geografinių veiksnių – miškingumo, ežeringumo ir pan. – poveikį nuotėkiui. Tokiu atveju nuotėkio prognozė, bent jau baseino dalies iki Kauno, turėtų būti pakankamai tiksli net ir tais atvejais, kai potvynio kyla kelios bangos.

Kita vertus, vartotojams (ypač Kauno HE) aktualesnė yra ilgalaikė ar bent jau vidutinės trukmės (5–7 parų) nuotėkio prognozė. Jai sudaryti būtina atlikti modelio kalibravimą ir Nemuno aukštupio baseinui (Baltarusijos teritorija), nes priešingu atveju prognozės išankstumas viršytų atiteikimo laiką. Be to, tiek trumpalaikės, tiek vidutinės trukmės hidrologinės prognozės bus pakankamai tikslios tik tuomet, kai turėsime kokybiškas kiekybines meteorologines prognozes. Trijų parų laikotarpio meteorologinėmis prognozėmis dažniausiai galima pasikliauti, o kritulių kiekio ir oro temperatūros didesnio išankstumo prognozės savo kokybe hidrologų kol kas netenkina.

Gauta 2004-01-05

Literatūra

- Bergström S.** (1972). Utveckling och tillämpning av en digital avrinningsmodell, *SMHI Notiser och preliminära rapporter. Ser. Hydrology 22*, Norrköping.
- Bergström S.** (1976). Development and Application of a Conceptual Runoff Model for Scandinavian Catchments, *SMHI Reports RHO 7*, Norrköping.
- Yates D.** (1994). WatBal – An integrated Water Balance model for Climate Impact Assessment of River Basin Runoff, *ILASA WP 30*, p. 64–94.
- Kilkus K.** (1998). Lietuvos vandenų geografija, Vilnius.
- Lasinskas M.** (1973). Nemuno nuotėkio pasiskirstymas per metus, *Hidrometeorologiniai straipsniai 6*, p. 21–26.
- Rainys A.** (1973). Pavasariinių potvynių vandens lygių dinamika Nemuno deltoje, *Hidrometeorologiniai straipsniai 6*, p. 27–37.
- SMHI** (2003). HBV Model Structure, <http://www.smhi.se/en/index.htm>.
- Štaras A.** (2002). Vandens balanso modelių pritaikymo galimybės upių nuotėkio analizei, *Geografija 38*(1), p. 11–14.

Nemunas River run-off simulations using HBV model

Summary

Classical hydrograph is still a useful analysis tool for Nemunas River run-off temporal distribution in different seasons. These hydrographs are used like analogues for river sectors with no observing stations. Solving hydrological problems one can often encounter problems related not only with gaps in the continuous instrumental observations but also with forthcoming run-off forecast. The mathematical model describing hydrological processes – HBV is used for run-off fluctuation and features simulation.

This paper deals with the results of the application of HBV model for Nemunas River run-off calculation. It also contains a discussion of the possibilities of run-off prediction in the Lithuanian part of Nemunas River catchment. This part of catchment was divided into four subbasins for calculation accuracy. Three subbasins lie in different Nemunas River sectors between: 1) Druskininkai and Nemajūnai (~5700 km²), 2) Nemajūnai and KHS Kaunas Hydropower station (~2900 km²), 3) KHS and Smalininkai (~11400 km²). Besides, a separate subbasin was distinguished in the Neris River sector between Buivydžiai and Jonava (~13500 km²). The 1990–1999 year period was chosen for calculations and divided into periods for calibration – from 01 07 1991 to 30 09 1996, and for verification – from 01 10 1996 to 31 12 1999. These dates were selected with regard to hydrograph features and KHS reservoir water levels.

Calibration revealed that this model precisely simulates the shape of flood wave and gives small biases from observational discharge values when the flood slopes up and down with the single peak. (Fig. 3, a). Flood wave with several peaks is simulated by HBV-96 a little worse and in some cases errors account for 20–30% of observed values (Fig. 3, b). Some uncertainties occurred when simulating rain-induced floods which are probably caused by discreet precipitation distribution in the territory. The calculated values of the total flood volume are close to the observed ones, therefore there are a lot of small and significant biases calculating daily discharges. The authors relate these errors with different flood wave speed from various parts of the catchment. The calculated rain-induced run-off strongly depends on spatial and temporal distribution of precipitation during the flood period.

Despite these uncertainties the main parameters representing model accuracy (R^2 and accumulated difference) satisfy all model requirements equally for calibration and verification periods. Results show, that HBV-96 model could be successfully applied for Nemunas River run-off prediction. Short range (up to 3 days) forecast now formally is possible even if using data from the Lithuanian part of the catchment. Also some enhancements should be done, for example catchment splitting to smaller subbasins. That allows better evaluation of local geographical factors – forested areas, lake fraction, etc. The forecast would be accurate enough at least in the sector up to Kaunas HPS after this enhancement in all cases, including multi wave flood.

On the other hand the end-users (i.e. Kaunas HPS) are very interested in long range or at least in medium range (3–7 days) forecast. The model calibration should be done also for Nemunas River upper reaches (Belorussian territory) to achieve this purpose because the forecast lead time must overpass flood wave traveling time. Besides, the precision of short range and medium range forecasts depends on the quality of numerical weather forecasts. Short range weather forecasts now are almost accurate but their quality decreases with the increasing forecast lead time (especially for temperature and precipitation).