

SIEROS SRAUTAS AUKŠTAITIJOS KOMPLEKSNIO MONITORINGO STOTIES GEOSISTEMOJE

Ieva Baužienė

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

El. paštas: bauziene@geo.lt

Įvadas

Kompleksinis natūralių ekosistemų monitoringas (KM, arba stebėseną) Lietuvoje vykdomas jau daugiau kaip dešimt metų. Aukštaitijos (LT01) ir Dzūkijos kompleksinio monitoringo stotys (KMS) pradėjo funkcionuoti nuo 1993 m., o Žemaitijos (LT03) – nuo 1995 metų. Dzūkijos KMS buvo uždaryta 1999 metais.

Turint dešimties metų natūralių ekosistemų stebėjimų duomenis buvo skaičiuojami medžiagų balansai ir prognozuojami jų pokyčiai. Lietuvos sąlygomis kalibruoti įvairūs hidrologiniai bei geocheminiai modeliai bei nustatyta, kad jų efektyvumas (matuotų ir modeliuotų parametrų ryšys) yra patenkinamas (Samuila, 1999, 2000, 2001).

Patenkinamą modeliavimo efektyvumą, be kitų veiksnių, lemia įvairūs ekosistemų (ir geosistemos) buferiškumo aspektai, kurie nenumatyti modelyje. Dažniausiai modeliuotos reikšmės būna didesnės, o pokyčiai – greitesni už matuotuosius (Samuila, 1999, 2000; Constantini et al., 2002).

Kitas modeliavimo klaidų šaltinis – neteisingas laikotarpio pasirinkimas, kai neatsižvelgiama į ekosistemos (geosistemos) funkcionavimo ritmą. Taikant modelius tenka daryti prielaidas apie laikotarpio ilgį, visi sistemos parametrai, kurie nėra kintamieji, turi susilyginti su laikotarpio pradžios, t.y. turi būti modeliuojamas visas ciklas. Modeliuojant teršimą neužtenka pasirinkti vienerių ar kelerių metų ciklo, nes patikimesni yra ilgesnių laikotarpių modeliavimo rezultatai.

Suakauptus daugiau duomenų galima išspręsti kai kurias nurodytas problemas. Turint ilgas stebėsenos duomenų sekas modeliai gali būti tobulinami.

Šiame darbe naudojantis per dešimtmetį surinktais Aukštaitijos KMS duomenimis ir atsižvelgiant į klimato ciklus tyrinėti lokalaus ir regioninio masto sieros srautai, t.y. sieros patekimas į geosistemą ir išnešimas iš jos. Iš vandens ir sieros srautų santykio aiškėja, kad reikėtų tikslinti Aukštaitijos KMS baseino dydį, Versminio upelio nuotėkio modulį.

1. Tyrimo objektas ir metodai

Didžiausia duomenų bazė sukaupta Aukštaitijos KMS, nes stotis funkcionuoja ilgiausiai, be to, čia yra meteorologinė įranga, fiksuojanti specifinius miško klimato parametrus.

Aukštaitijos KMS įkurta Versminio upelio baseine, Aukštaitijos NP Ažvinčių sengirės rezervate. Geografinės baseino koordinatės: ilguma – 26°03'20"–26°04'50", platumą – 55°26'00"–55°26'53". Vietovės klimatas vidutiniškai šaltas ir drėgnas, su gausiais krituliais. Daugiametė vidutinė oro temperatūra čia sudaro 5,8°C, daugiametis vidutinis kritulių kiekis – 682 mm. Augalų vegetacija trunka 189 dienas.

Pagrindiniai Aukštaitijos KMS geosistemos parametrai: baseino dydis – 1,015 km² (4 skyriuje patikslintas); vyrauja kraštinės glacioakvalinės akumuliacinės, daugiausia iš smėlio,

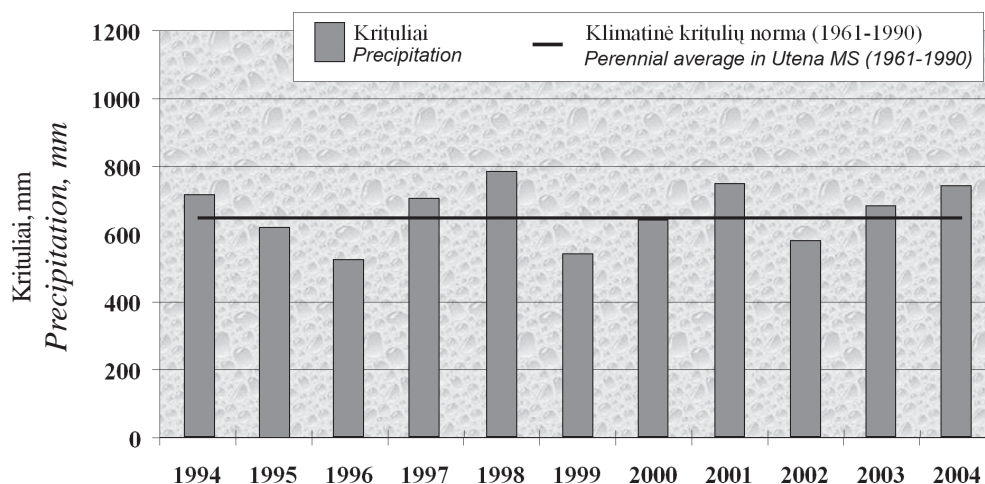
gargždo ir riedulių sudarytos formos, mažiau paplitęs fluvioiglacialinis smulkiagrūdis smėlis, organinės nuogulos; vyrauja karbonatingas smėlžemis, yra glėjiško smėlžemio, giliojo žemapelkės durpžemio.

Augalija: vyrauja spygliuočių daugiaardžiai medynai, daugiausia pušynai su eglės priemaiša. Nemažą teritoriją užima mišrus spygliuočių bei mišrus spygliuočių–lapuočių miškai. Drėgnesnėse augavietėse, šalia Versminio upelio ištakos, pasitaiko ir grynų beržynų. Pagal medynų amžių vyrauja seni perbrendę grynai ar įvairiaamžiai medynai – pušynai ir eglynai. Pagrindinis biotopas – brukniniai pušies ir eglės–pušies miškai. Iš viso Versminio upelio baseine išskirti 2 biotopai.

Tyrimų metodika – standartinė, pateikta integruoto kompleksinio monitoringo nurodymuose (Manual..., 1998).

2. Stebėjimų laikotarpio charakteristikos

Tiriant klimatinius ciklus svarbiausiu sieros išplovimo kriterijumi pasirinktas kritulių kiekis. Tyrimų metais (1994–2004) kritulių kiekis kito cikliškai. Metų vidurkiais išsiskiria trimečiai ciklai (1 pav.).



1 pav. Kritulių metų kiekio 1994–2004 m. Aukštaitijos KMS palyginimas su daugiamečiu Utenos MS kritulių vidurkiu (1961–1990).

Fig. 1. Annual precipitation of Aukštaitija CMS in 1994–2004 and long-term average.

Aukštaitijos KMS meteorologijos stotis (MS) yra miške, maždaug 100 m nuo Uteno ežero. 1994–2003 metais Aukštaitijos KMS kritulių kiekio vidurkis sudarė 101% artimiausios Utenos meteorologijos stoties matuoto daugiamečio vidurkio (klimatinės kritulių normos), o 1994–2004 m. – 103%. Miškas padidina, o vidutinio dydžio ežeras gali sumažinti kritulių kiekį 5–10% (Bukantis, 1994). Sprendžiant pagal Utenos ir Aukštaitijos KMS meteorologijos stotyse išmatuotų kritulių kiekio vidurkius miško poveikis Aukštaitijos KMS yra kiek didesnis nei ežero.

Kritulių pobūdį per stebėjimo laikotarpį rodo jų mėnesių vidurkių analizė. Atsižvelgiant į daugiamečius kritulių vidurkius ir prielaidą, kad normalusis nuokrypis nuo normos yra 50% (Bukantis, 1994), palygintas įvairios trukmės kritulių ciklų santykis su daugiamečiais vidurkiais (lent.).

Lentelė. Aukštaitijos KMS 1994–2004 m. mėnesio kritulių kiekio palyginimas su daugiamečiais vidurkiais (Utenos MS, 1961–1990).

Table. Comparison of monthly precipitation in the Aukštaitija CMS 1994–2004 with the monthly climatic norm (Utenos MS, 1961–1990).

Klimato ciklo trukmė (metais) <i>Duration of climate cycle</i>	Kritulių stygius ir perteklius palyginus su daugiamečiais vidurkiais (%) <i>Smaller and higher values in comparison with the long-term means</i>		
	mažiau už daugiamečių vidurkį <i>less than the long-term mean</i>	0,5 karto mažiau negu daugiamečių vidurkis <i>by 0.5 times lower than the long-term mean</i>	1,5 karto daugiau nei daugiamečių vidurkis <i>by 1.5 times higher than the long-term mean</i>
1995–1997	64	22	14
1998–2000	61	22	17
2001–2003	56	17	19
Septynmetis (1994–2001)	60	20	16
Dešimtmetis (1994–2003)	58	19	17
Vienuolikmetis (1994–2004)	56	18	18

Pastaraisiais metais Aukštaitijos KMS duomenys rodo sausrų mažėjimo tendenciją. 1995–1997 ir 1998–2000 metų ciklai buvo sausi, maždaug penktadalio mėnesių (22%) kritulių kiekis buvo perpus mažesnis už normą. 2001–2003 metais sausringų mėnesių būta mažiau (17%), o drėgnesnių padaugėjo. Ilgėjant klimato ciklui (lent.) mėnesių, kai kritulių kiekis nesiekia daugiamečio vidurkio, mažėja, o vienuolikamečiame cikle (1994–2004) sausringų mėnesių dalis susilygino su lietingų, ir kritulių daugiamečių vidurkis buvo viršytas 1,5 karto, po 18%. Taigi vienuolikos metų periodas yra pakankamai ilgas klimatinės kritulių normos atžvilgiu ir galėtų būti naudojamas medžiagų balansui skaičiuoti.

Aukštaitijos KMS meteorologijos stoties duomenys rodo klimato drėgnėjimo tendenciją. Pagal trisdešimtmečius klimato ciklus, dabar yra 1987 m. prasidėjusio drėgnojo laikotarpio vidurys (Kavaliauskas, 1995).

3. Sieros srauto su krituliais dinamika

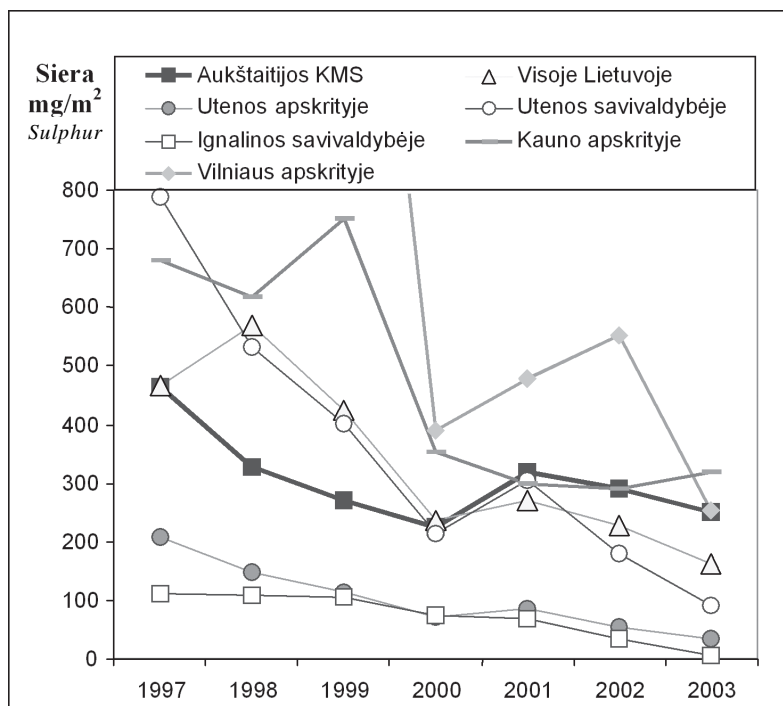
Medžiagų migravimo santykinai natūraliose geosistemose tyrimams siera pasirinkta todėl, kad 1997–2003 m. skelbti įvairaus lygio sieros dioksido emisijų duomenys visos Lietuvos, apskričių ir savivaldybių mastu (Lietuvos..., 1999–2004). Iš jų galima numatyti patenkančios į kompleksinio monitoringo ekosistemą sieros šaltinius ir prognozuoti tolesnius sieros srauto procesus.

Sieros srautai lemia svarbius geosistemos pokyčius. Sulfatai yra vieni svarbiausių dirvožemio anijonų, kurie dalyvauja rūgščių neutralizavimo dirvožemyje reakcijose. Sulfatų pertekliaus geosistemoje pasekmė – uolienu dūlėjimo pagreitinėjimas.

Sieros srautas su krituliais Aukštaitijos KMS 1997–1999 m. buvo maždaug lygus sieros išmetimo į atmosferą iš stacionarių taršos šaltinių Utenos apskrityje ir Utenos savivaldybėje vidurkiui ir mažesnis negu gretimose Vilniaus ir Kauno apskrityse bei visos Lietuvos mastu. Nuo 2000 metų situacija pasikeitė, sieros srautas su krituliais Aukštaitijos KMS, kaip ir visoje Lietuvoje, sumažėjo ir prilygo Utenos savivaldybės bei visos Lietuvos vidurkiui. 2001–2003 metais sieros emisijų lygis mažėjo, tik neproporcingai Utenos savivaldybės, apskrities ir visos Lietuvos mastu (2 pav.).

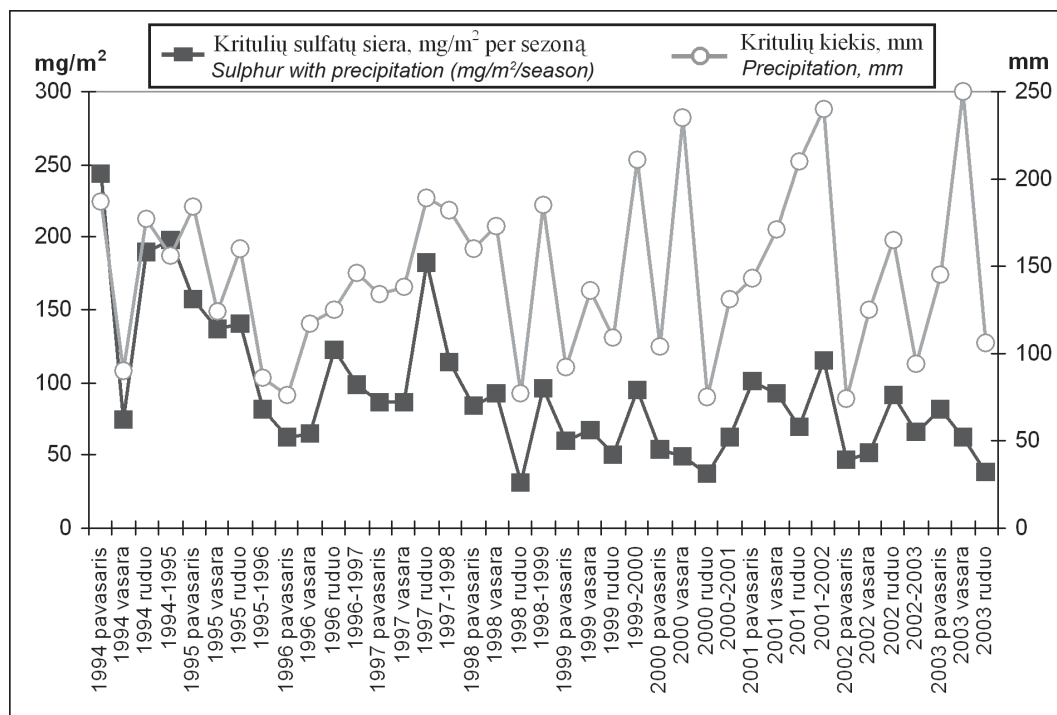
Sieros srauto kitimo 2000–2003 m. kitokių pobūdį galėjo lemti sieros išmetimas į atmosferą ne lokaliu, bet regiono mastu. Sieros išmetimas didėjo gretimose apskrityse: 2000–2001 m. – Vilniaus, 2002–2003 m. – Kauno (2 pav.).

Vilniaus ir Kauno apskritys yra į pietus ir pietvakarius nuo Aukštaitijos KMS. Žiemą pietų ir pietvakarių krypties oro pernaša galėjo padidinti sieros srautą Aukštaitijos KMS. Sieros srautas 2001–2003 m. žiemomis buvo didesnis negu kitais sezonais (3 pav.).



2 pav. Sieros srautas su krituliais Aukštaitijos KMS 1997–2003 m. ir sieros emisijos visos Lietuvos, artimiausių apskričių ir savivaldybių mastu (Lietuvos..., 1999–2004).

Fig. 2. Flux of sulphur with precipitation in the Aukštaitija CMS and pollution by sulphur from stationary sources in local and nearby administrative counties.



3 pav. Sieros srautas su krituliais ir kritulių kiekis Aukštaitijos KMS 1994–2003 metais.

Fig. 3. Fluxes of sulphur with precipitation and precipitation amount in 1994–2003 in the Aukštaitija CMS.

2001–2003 m. laikotarpis buvo netipiškas ir pagal sieros patekimo į Aukštaitijos KMS ekosistemą su krituliais bei kritulių kiekio santykį. Monitoringo pradžioje, 1994–1999 m., gauseni krituliai atnešdavo daugiau sieros, išskyrus 1995 m. pavasarį, 1996 m. vasarą bei dvi (1996–1997 ir 1997–1998) žiemas. Nuo 2000–2003 metų, vasaromis pagausėjus kritulių, sulfatų srautas nepadidėjo (3 pav.). Didžiausias sieros srautas 2000–2003 m. būdingas žiemoms ir rečiau – pavasariams. Tai turėtų būti susiję su šildymo laikotarpiu, kai katilinėse sudeginama daugiau kuro.

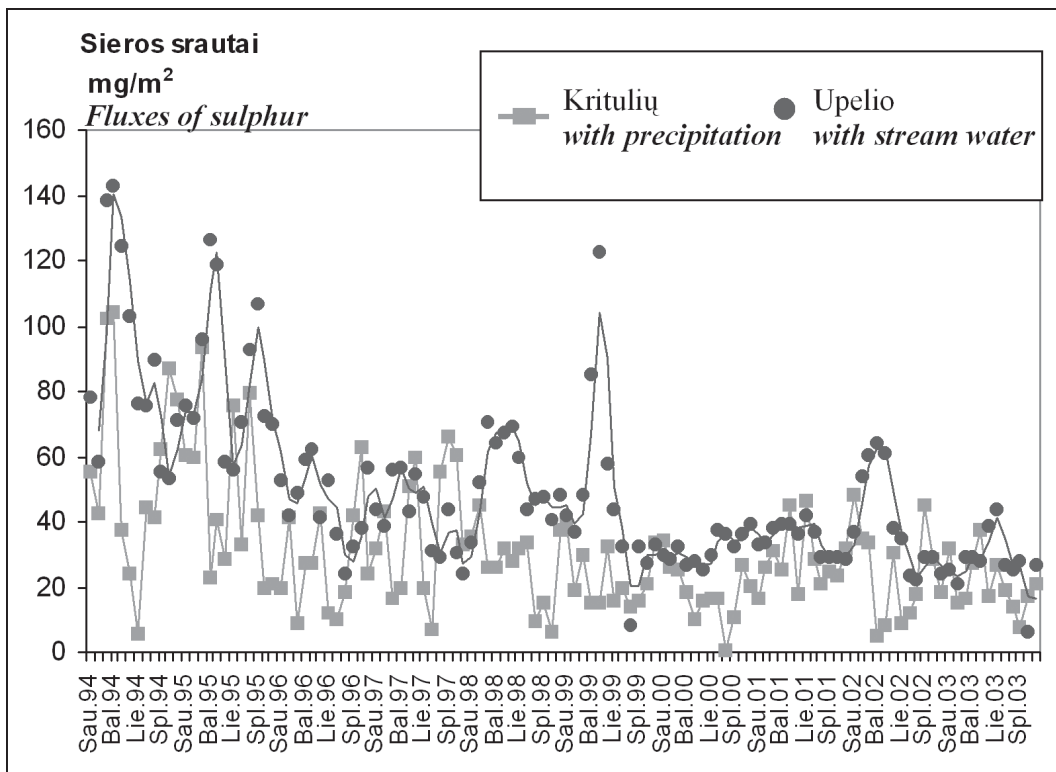
4. Sieros išplovimo dinamika

Į ekosistemą siera patenka, migruoja ir iš jos išplaunama per tam tikrą laiką. Palyginus sieros srautą su krituliais ir jos išnešimą su upelio vandeniu per mėnesį matyti, kad po sieros srauto su krituliais padidėjimo šiltuoju sezonu po 1–2 mėnesių padidėja ir jos išnešimas su upelio vandeniu (4 pav.).

Iš stebėjimų duomenų neįmanoma nustatyti, kokia kritulių sieros dalis išnešama, nes jos išnešimas upeliu yra didesnis už srautą su krituliais. Jei dalis sieros fiksuotųsi ekosistemoje, mažėjančio teršimo fone sieros srautas su upelio vandeniu turėtų būti mažesnis už srautą su krituliais. 1994–2003 metais suminis sieros išnešimas iš Aukštaitijos KMS buvo 1,58 karto didesnis už jos srautą su krituliais.

Atvirkštinę situaciją galėjo lemti tiek objektyvios priežastys, pavyzdžiui, didelės sieros junginių atsargos uolienose, tiek skaičiavimo metodikų paklaidos. Šiame darbe nagrinėtas galimas netikslus balanso parametų skaičiavimas.

Sieros išnešimas upeliu yra tiesiogiai proporcingas nuotėkio moduliiui. Nuotėkio modulis yra atvirkščiai proporcingas baseino plotui. Taigi baseino plotas yra per didelis. Upelio baseino



4 pav. Sieros srautai su krituliais ir išnešimas su upelio vandeniu 1994–2003 metais.

Fig. 4. Incoming fluxes of sulphur with precipitation and outflux with stream water in 1994–2003.

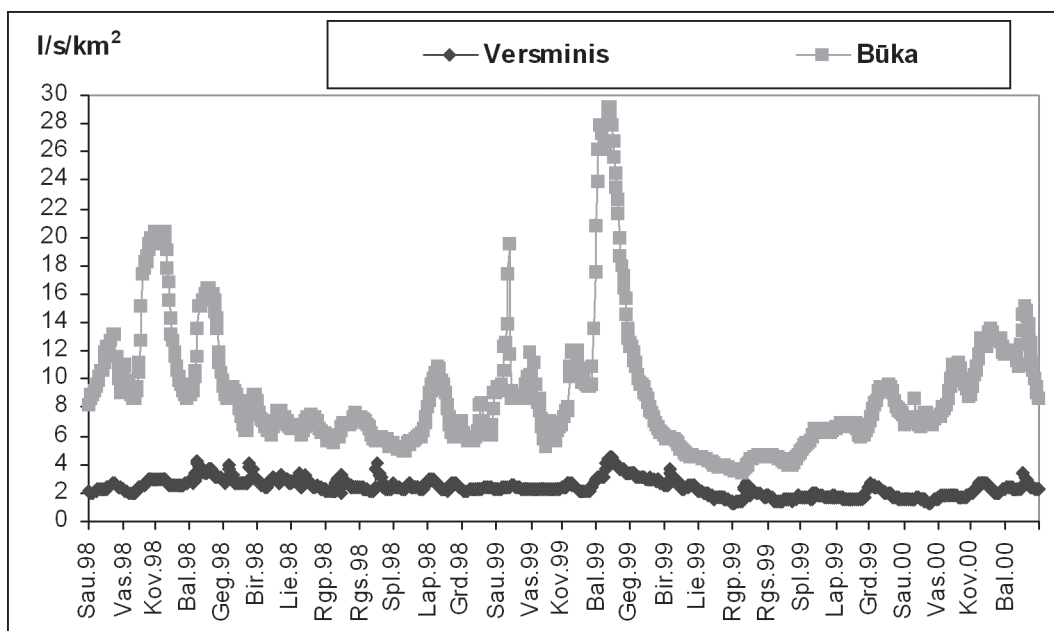
dydis buvo nustatytas iš topografinio pagrindo, kurio ribos miške galėjo būti išvestos netiksliai. Versminio upelio baseino dydis jį patikslinus atsižvelgiant į sieros balansą: $1,015 \text{ km}^2/1,58=0,642 \text{ km}^2$.

Aukštaitijos KMS Versminio upelio nuotėkio modulio reikšmės yra mažesnės ir palyginus su regiono reikšmėmis. Tai taip pat rodo, kad nustatytas per didelis baseino dydis.

Versminio nuotėkio modulis 1994–2004 m. buvo 1,26–5,40 l/s/km², vidurkis – 2,10 l/s/km². Vidutinis Versminio debitas 4 kartus mažesnis negu Būkos (artimiausios upės, turėjusios hidrologijos stotį), kurios daugiametis nuotėkio modulio vidurkis – 8,39 l/s/km² (Hidrologijos..., 1999–2000). Panašus nuotėkio neatitikimas gaunamas ir lyginant su modeliavimo rezultatais: modeliuojant *MIKE BASIN NAM* modeliu regionui būdingi nuotėkio moduliai yra 7,7–8,88 l/s/km² (Aplinkos..., 2004).

Pagal nuotėkio modulį Versminio upelio baseinas galėtų būti 3–4 kartus mažesnis, bet reikia atsižvelgti ir į tai, kad nuotėkio modulis priklauso nuo baseino dydžio. Skirtingo dydžio baseinuose skiriasi sezoninis nuotėkio svyravimas, nuotėkio modulį veikia įvairūs fiziniai geografiniai veiksniai (Gailiušis, Jablonskis, Kovalenkoviėnė, 2001).

Buvo palyginti 1998–2000 metų Būkos ir Versminio upelio nuotėkių modulių paros vidurkiai (5 pav.). Matyti, kad daugiau kaip šimtą kartų didesni negu Versminio baseiną turinčios Būkos upės nuotėkio modulio svyravimas labiau priklauso nuo sezono: žiemą ir pavasarį nuotėkio modulis padidėja palyginus su vidurkiu kelis kartus. 1998–2000 metų žiemomis Būkos ir Versminio nuotėkio modulio santykis buvo 3,5–5,1, pavasarį – 4–5,1, vasarą 2,2–2,6, o rudenį 2,8–3,4. Versminio nuotėkio modulis nuo artimiausios upės skiriasi mažiausiai nuosėkio laikotarpiu.



5 pav. Būkos ir Versminio upelių nuotėkių modulių paros vidurkiai 1998–2000 metais.

Fig. 5. Daily average yield values of Būka and Versminis streams in 1998–2000.

Versminio upelio baseino plotą patikslinus pagal sieros balansą, 1998 ir 1999 metų nuosėkio laikotarpiu Būkos nuotėkio modulis viršytų Versminio tik 1,4–1,6 karto. Versminio upelio nuotėkio modulio vidurkis 1994–2004 m. lygus 3,33 l/s/km², taigi 2,3–2,5 karto mažesnis už regiono vidurkius.

Išvados

1. Aukštaitijos KMS dešimties metų (1994–2004) stebėjimų laikotarpis kritulių kiekio ir mėnesio vidurkių atžvilgiu yra pakankamas, kad išryškėtų lokalios ir regiono klimato tendencijos. Šiam periodui būdingas laipsniškas kritulių kiekio didėjimas, todėl tikėtinas tirpių medžiagų išplovimo iš ekosistemos augimas.

2. Sieros srautas su krituliais Aukštaitijos KMS 1997–1999 m. kito sinchroniškai su Utenos apskrities sieros išmetimu į atmosferą iš stacionarių taršos šaltinių. 2000–2003 metais mažėjant lokaliai sieros išmetimui iš stacionarių šaltinių Aukštaitijos KMS metinis sieros srautas proporcingai nesumažėjo. Sieros srautą padidino padidėjęs sieros išmetimas regione žiemą gretimose Vilniaus ir Kauno apskrityse ir pietų bei pietryčių krypties oro masių pernašos vyravimas.

3. Sukaupus ilgesnio negu 10 metų laikotarpio stebėsenos duomenis ir ištyrus daugiau tirpiųjų medžiagų balansų galima patikslinti Aukštaitijos KMS Versminio upelio baseino plotą.

Gauta 2005-03-10

Literatūra

Aplinkos būklė 2003 (2004)/LR Aplinkos m-ja, Vilnius.

Bukantis A. (1994). Lietuvos klimatas, Vilnius.

Constantini E. A. C., Pellegrini S., Vignozzi N., Ciampalini R., Magini S., Barbrtti R. (2002). Using Different Methods for Calibration Field Characterization of Soil Hydrological Qualities for Vine and Olive Tree Zonong. Sustainable Land Management – Environmental Protection. *Advances in Geoecology*, Vol. 35, IUSS, Reishskirchen, p. 101–114.

Gailiūsis B., Jablonskis J., Kovalenkoviėnė M. (2001). Lietuvos upės: hidrografija ir nuotėkis, Kaunas.

Kavaliauskas B. (1995). Atmosferos kritulių kintamumas. *Klimatologija. Geografijos in-to darbai*, p. 55–61.

Lietuvos apskritys 1998 (1999)/ Statistikos departamentas prie LR Vyriausybės, Vilnius, p. 48–49.

Lietuvos apskritys 2000 (2001)/ Statistikos departamentas prie LR Vyriausybės, Vilnius, p. 54–55.

Lietuvos apskritys 2002 (2003)/ Statistikos departamentas prie LR Vyriausybės, Vilnius, p. 32–33.

Lietuvos apskritys 2003. (2004)/ Statistikos departamentas prie LR Vyriausybės, Vilnius, p. 24–25.

Hidrologijos metraštis (1999–2000)/Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba, Vilnius.

Manual for Integrated Monitoring (1998). ICP IM Programme Centre, Finnsh Environment Institute, Helsinki.

Samuila M. (1999). Simulation of Some Hydrological Indices in the Aukštaitija Integrated Monitoring Territory, *Geografijos metraštis*, t. 32, p. 260–277.

Samuila M. (2000). Dirvožemio vandens balanso elementų skaičiavimas WATBAL modeliu, *Geografijos metraštis*, t. 33, p. 434–448.

Samuila M. (2001). Dirvožemio vandens balanso modelių taikymas Žemaitijos integruoto monitoringo teritorijai, *Geografijos metraštis*, t. 34(2), p. 103–120.

Ieva Baužienė

Institute of Geology and Geography, Vilnius

Flux of sulphur in the geosystem of Aukštaitija complex monitoring station

Summary

Complex monitoring of natural ecosystems (CM) has been going on in Lithuania for already more than ten years. The first complex monitoring station was established in Aukštaitija (LT01). Based on the natural ecosystems observation data for 1999–2001, the material balance was calculated and future processes predicted. Different hydrological and geochemical models were calibrated for Lithuania and it was determined that their efficiency (the link between measured and modelled parameters) is only satisfactory. It is necessary to obtain long-term observation data and analyse buffer properties of ecosystem.

The greatest database is accumulated in the Aukštaitija CM station which has meteorological equipment recording specific climate parameters in the forest environment. Amount and chemical composition of precipitation and composition of stream water was determined with reference to integrated complex monitoring (Manual, 1998).

Annual amount of precipitation, monthly averages and their seasonal variations in the Aukštaitija CMS were compared with the long-term data from the closest Utena meteorological station. It was determined that 11 years of observation (1994–2004) is sufficient for manifestation of local and regional climate trends. This time span was marked by gradual increase of precipitation what implies increasing rates of leaching of soluble elements from the ecosystem.

Dynamics of pollution with sulphur in the Aukštaitija CMS in 1997–1999 followed the pattern of sulphur emissions from the point sources of Utena County. Yet in 2000–2003, the annual flow of sulphur did not reduce in proportion to the reduced local emissions of sulphur from point sources. It was affected by higher regional emissions from the adjacent Vilnius and Kaunas Counties.

The basin area of Aukštaitija CMS, specified by a ten-year dynamics of sulphur input and leaching from the geosystem and yield of regional rivers, is 0.642 km² (the previous value was 1.015 km²). The monitoring data of a greater number of soluble element balances for a longer period would allow the final specification of the basin area.