

Vandens savitojo elektros laidžio pasiskirstymo ypatumai Stirnių baseino ežeruose

Kęstutis Kilkus

Vilniaus universitetas,
El.paštas: kestitis.kilkus@gf.vu.lt

Kilkus K. Vandens savitojo elektros laidžio pasiskirstymo ypatumai Stirnių baseino ežeruose. *Geografija*. 2007. T. 43. Nr. 2. ISSN 1392-1096.

Straipsnyje analizuojami paviršinio vandens savitojo elektros laidžio (C) erdvinio pasiskirstymo ypatumai Stirnių baseino ežeruose (iš viso 15-oje). Nustatyta, kad vienkartiniai C matavimai reprezentuoja vasaros sausmečiui būdingą situaciją, o C pasiskirstymas vienai hidrografinei sistemai priklausančiuose ežeruose yra susijęs su pastarųjų hidrografiniu aktyvumu (paviršinio nuotėkio reguliarumu), padėtimi sistemoje (vandens lygio altitute) ir požeminio maitinimo intensyvumu.

Raktažodžiai: paviršinio vandens savitasis elektros laidis, vandens druskingumas, ežerų hidrografinis aktyvumas, paviršinio nuotėkio reguliarumas, ežero vandens lygio altitute, požeminis maitinimas

ĮVADAS

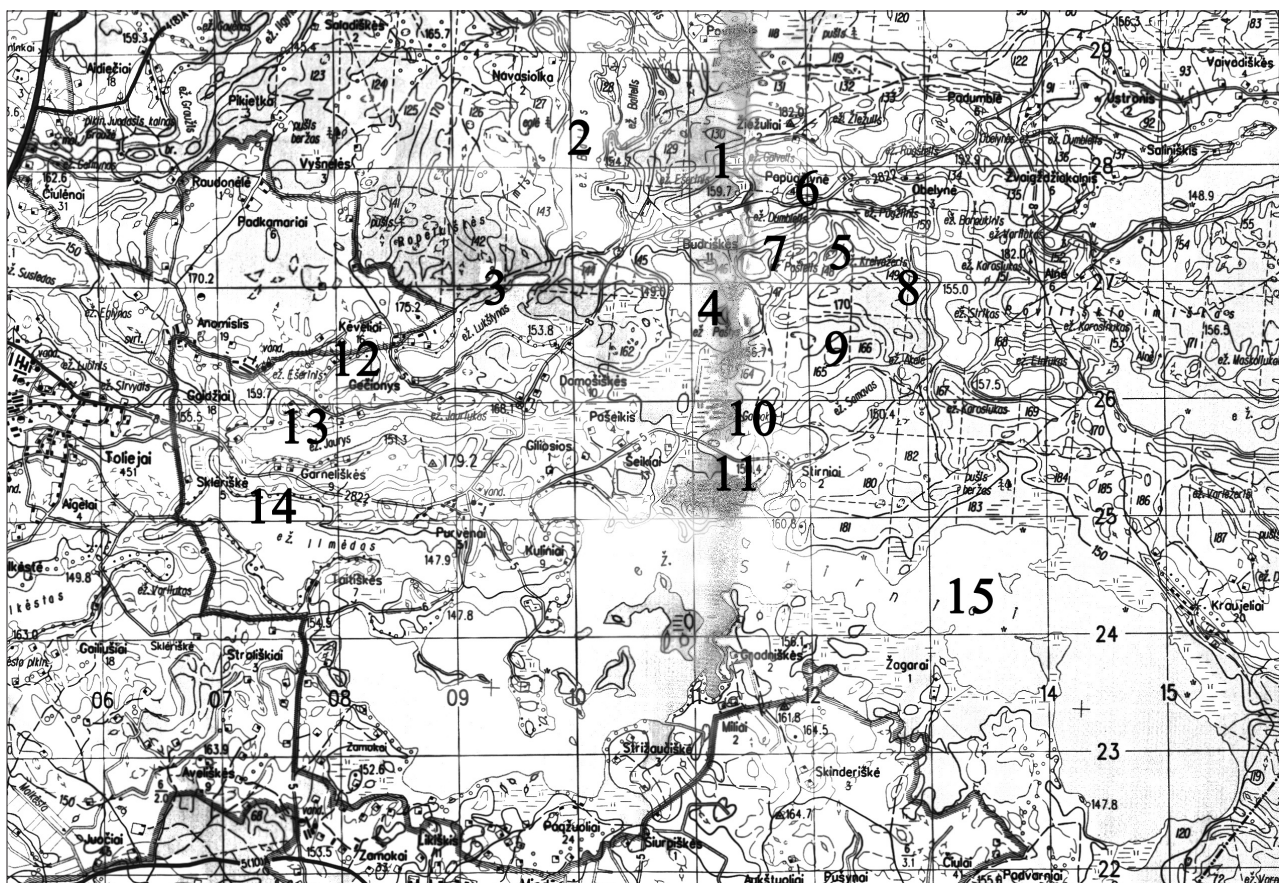
Vienas iš paprasčiausiai *in situ* išmatuojamų hidrofizinių rodiklių yra vandens savitasis elektros laidis (C , $\mu S\ cm^{-1}$). Hidrokarbonatiniame vandenyje yra glaudi C ir pagrindinių jonų (elektros krūvių nešiklių) koreliacija (Wetzel, 1983), todėl pagal vandens savitąjį elektros laidį galima apibūdinti ir vandens druskingumą. Nors jonų judrumas vandenyje priklauso ir nuo temperatūros, šiuolaikiniai prietaisai (konduktometrai) sugeba matavimo rezultatą koreguoti pagal pasirinktą standartą, pavyzdžiui, 20 °C temperatūrą, todėl šiuo požiūriu gautieji duomenys yra homogeniški. Įvairių gamtinio vandens rūšių (atmosferos, paviršinio, požeminio) druskingumas labai skiriasi, o ežeruose jis priklauso nuo vandens balanso struktūros, ežero trofiškumo, maitinančiojo baseino savybių (pločio, litologijos, miškingumo, pelkėtumo), antropogeninės apkrovos ir kt. (Maslanka, Lange, Nowinski, 2003). Dėl to C gali būti daugelio ežeruose vykstančių procesų ir reiškinių indikatoriumi, nors, kita vertus, priežastiniai ryšiai neretai yra itin sudėtingi ir nevienareikšmiai (Maslanka, Lange, 2000). Lietuvoje C duomenys padėjo išskirti skirtingų savybių vandens mases Žuvinto ežere (Kilkus, 2005), paaiškinti kai kurias požeminio vandens nulemtas termines anomalijas ežeruose žiemą (Kilkus, 2002), ežerų cheminę stratifikaciją (Kilkus, Pumpputytė, 2001; 2002).

Šiame darbe autorius pateikia naujus duomenis, bylojančius, kad C pasiskirstymas vienai hidrografinei sistemai priklausančiuose ežeruose yra susijęs su pastarųjų hidrografiniu aktyvumu, padėtimi (vandens lygio altitute) ir požeminio maitinimo intensyvumu.

TYRIMO OBJEKTAI

Tirti ežerai (iš viso 15) telkšo Lakajos baseino šiaurinėje dalyje, kurią drenuoja Stirnių ežeras (1 pav.). Pagal savo padėtį baseine (vandens lygio altitute) ir jungiančius upelius jie diferencijuojasi į keturias žemesnio rango hidrografines sistemas: 1) Ešerinis II, Baltis, Lukštynas, Paštis, Stirniai; 2) Kreivasis, Duobulis, Paštelis, Paštis, Stirniai; 3) Strikas, Samovas, Galnakis, Galnakėlis, Stirniai; 4) Ešerinis I, Jaurys-Jauriukas, Ilmedas, Stirniai. Visi ežerai yra gamtinės (ledyninės) kilmės, jų plotai – nuo 2,9 iki 862 ha, vandens lygio altitudės – nuo 147,8 iki 161,2 m BS (1 lentelė).

Ežerų baseinų paviršiaus litologija yra ganėtinai marga. Smėlingi plotai apaugę miškais, kurie paplitę Balčio, Ešerinio II, Paščio, Paštelio, Kreivojo, Duobulio, Striko, Samovo ežerų baseinuose. Sunkesnės mechaninės sudėties gruntai dengia Ešerinio I, Jaurio-Jauriuko, Ilmedo (4-a grupė) ir iš dalies Lukštyno ežerų baseinus. VU hidrologai Stirnių baseino ežerus tyrinėja įvairiais aspektais nuo 1977 m. (Barisas, Kilkus, 1979; Kilkus, 2000; Kilkus, Pumpputytė, 2001; 2002), todėl per ilgą laiką sukaupta medžiaga yra naudinga ir šiam darbui. Pavyzdžiui, yra žinoma, kad iš 15 aptariamų ežerų du yra visiškai uždari (neturi paviršinio nuotėkio), 4 – sezoniškai ir cikliška nuotakūs ir 9 – nuolat nuotakūs, t. y. iš jų išteka neišdžiūstantys upeliai. Ežerų nuotėkio reguliarumas neblogai dera su vandens lygio altitute (1 lentelė) ir iš dalies požeminio vandens prietaka (2 lentelė).



1 pav. Tirtųjų ežerų situacinė schema (ežerų numeriai – pagal 1 lentelę)
Fig. 1. Location of study lakes (numbers of lakes as in Table 1)

1 lentelė. Tiriamųjų ežerų morfometriniai ir hidrografiniai rodikliai
Table 1. Morphometrical and hydrographical indices of lakes

Eil. Nr. No	Ežeras Lake	Hidrografinės sistemos Nr. Number of hydrographical system	Nuotėkio reguliarumas Runoff regularity	Vandens lygio altitudė m BS Water stage, m BS	Ežero plotas ha Lake area, hc	Didžiausias gylis m Maximum depth, m
1	Ešerinis II	1	u	159,7	8	(10,9)
2	Baltis	1	c	154,7	75,6	30,3
3	Lukštynas	1	c	153,8	31,8	21,5
4	Paštis	1, 2	n	149,0	38,2	17,5
5	Kreivasis	2	u	155,5	3,3	7,1
6	Duobulis	2	n	152,9	3,8	16
7	Paštelis	2	n	150,9	2,9	(6,5)
8	Strikas	3	c	155,0	23,4	(7,8)
9	Samovas	3	n	150,4	19	(16,0)
10	Galnakis	3	n	148,7	8,1	(17,0)
11	Galnakėlis	3	n	148,2	4	(6,0)
12	Ešerinis I	4	s	161,2	6,5	–
13	Jaurys-Jauriukas	4	n	151,3	28,1	(16,0)
14	Ilmedas	4	n	147,9	79,1	17,5
15	Stirniai	1, 2, 3, 4	n	147,8	819	35,1

Nuotėkio reguliarumas: n – nuolat nuotakūs, c – cikliška nuotakūs, s – sezoniškai nuotakūs, u – uždari ežerai; skliaustuose nurodytas didžiausias gylis yra pagrįstas tik keliais atsitiktiniais matavimais, todėl yra apytikslis.

Runoff regularity: n – perennial outflow, c – surface outflow during wet decades only, s – intermittent outlet which flows during the wet season, u – closed lake; values of maximum depth in brackets are approximate and based on a very few measurements.

2 lentelė. Ežerų (numeris pagal 1 lentelę) vandens savitasis elektros laidis C (2007.08.14) ir požeminio vandens santykinė prietaka U (Barisas, Kilkus, 1979)
Table 2. Water electric conductivity C (14.08.2007, No as in Table 1) and relative discharge of inflowing groundwater U (Barisas, Kilkus, 1979)

Eil. Nr. No	$C, \mu S cm^{-1}$	$U, l/s 1 km$ kranto linijos $U, litre per sec. per 1 km shoreline$	Eil. Nr. No	$C, \mu S cm^{-1}$	$U, l/s 1 km$ kranto linijos $U, litre per sec. per 1 km shoreline$
1	26	0	9	259	3,6
2	57	0	10	307	3,0
3	87	0	11	255	–
4	285	5,8	12	115	0
5	15	0	13	295	0
6	240	2,6	14	310	1,5
7	304	1,3	15	244	0,8
8	14	0			

DUOMENYS IR METODIKA

Visuose 15-oje ežerų vandens savitasis elektros laidis buvo išmatuotas 2007.08.14. Matavimai atlikti giedrą nevejųotą dieną *in situ* paviršiniame vandens sluoksnyje (10 cm gylyje) skaitmeniniu *WTW* tipo konduktometru. Užfiksuotas C reikšmių erdvinės kaitos

intervalas yra labai platus – nuo 14 iki 310 $\mu S cm^{-1}$ (2 lentelė). Kadangi matavimai atlikti vasaros nuosėkio laikotarpiu, o vandens druskingumas, taigi ir C , kinta per metus, iškilo būtinybė įvertinti gautųjų duomenų reprezentatyvumą. Tai atlikta pagal dviejų ežerų – Duobulio ir Kreivojo – vandens savitojo elektros laidžio duomenų eiles, apimančias visus limnologinius sezonus per 2001–2003 m. (3 lentelė).

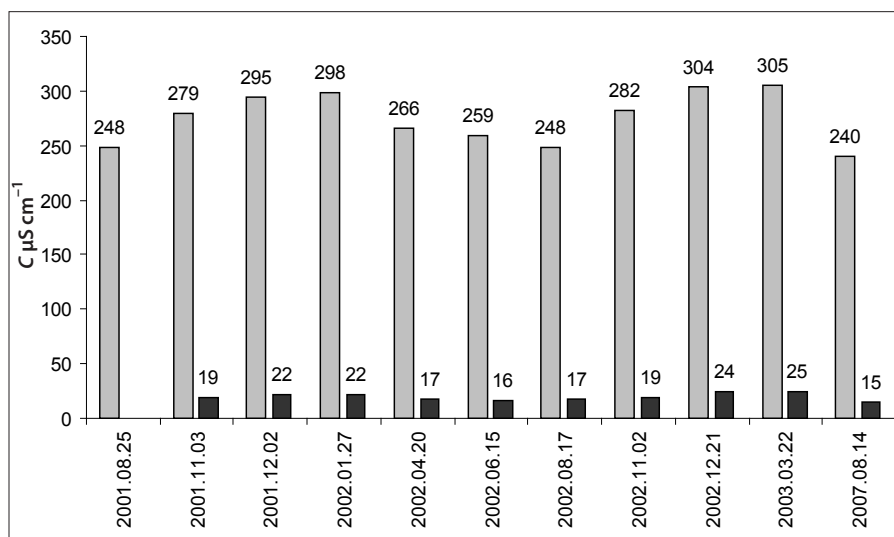
Kaip ir reikėjo tikėtis, vasarą paviršinio vandens C yra šiek tiek mažesnis už vidutinę reikšmę dėl epilimnionuose vykstančių biologinių procesų, kurių metu įsisavinami ir vandenyje ištirpę cheminiai junginiai, taip pat dėl karbonatų sedimentacijos (Maslanka, Lange, Nowinski, 2003). Absoliutūs nuokrypiai nuo vidurkio yra mažesni ežeruose, kurių vandens C taip pat yra mažas, santykiniai nuokrypiai – priešingai. Kita vertus, kiek galima spręsti iš turimų duomenų, vasaros sezoną apibūdinančios C reikšmės yra ganėtinai stabilios (2 pav.)

Iš atliktos analizės aiškėja, kad 2007.08.14 C duomenų serija pakankamai gerai reprezentuoja vasaros sausmečio sąlygas (Duobulio ežere C vertė skiriasi nuo ankstesniais metais vasarą atliktų matavimų vidurkio apie 5%) ir gali būti panaudota tolimesniame tyrime pasitelkiant koreliacinės ir loginės analizės metodus.

3 lentelė. Duobulio ir Kreivojo ežerų vandens savitojo elektros laidžio paviršiniame sluoksnyje reikšmių 2007.08.14 ir 2001–2003 m. palyginimas

Table 3. Comparison of surface water electric conductivity values in Lake Duobulis and Lake Kreivasis measured on 2007.08.14 and during the period 2001–2003

Ežeras Lake	Matavimų skaičius Number of measurements	Vandens savitasis elektros laidis C Water electric conductivity C				
		2001–2003 m. Period of 2001–2003		2007.08.14		
		Kaitos intervalas $\mu S cm^{-1}$ Range of C values, $\mu S cm^{-1}$	Vidurkis $\mu S cm^{-1}$ Mean, $\mu S cm^{-1}$	Išmatuotas C $\mu S cm^{-1}$ Measured C , $\mu S cm^{-1}$	Nuokrypis nuo 2001–2003 m. vidurkio $\mu S cm^{-1}$ Deviation from the mean of 2001–2003, $\mu S cm^{-1}$	Nuokrypis nuo 2001–2003 m. vidurkio % Deviation from the mean of 2001–2003, %
Duobulis	10	248–305	278	240	–38	13,7
Kreivasis	9	16–25	20	15	–5	25,0



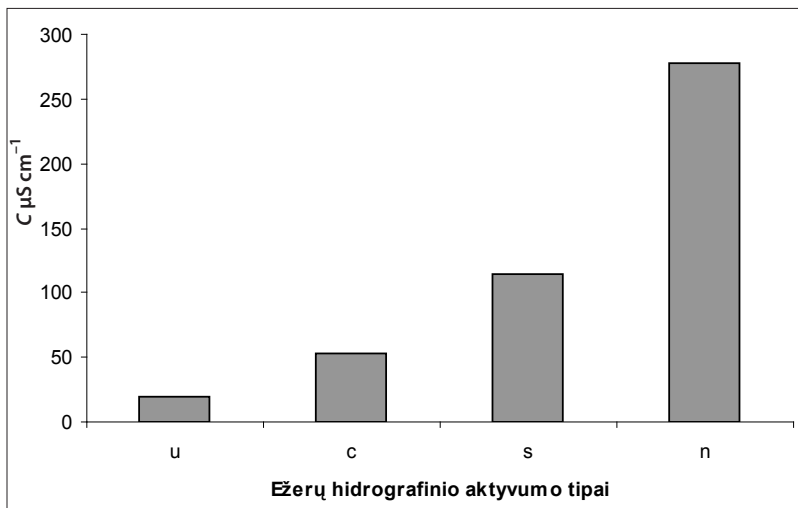
2 pav. Paviršinio vandens savitojo elektros laidžio (C) kaita per 2001–2007 m. Duobulio (pilki stulpeliai) ir Kreivojo (juodi stulpeliai) ežeruose
Fig. 2. Changes in surface water electric conductivity of Lake Duobulis (grey columns) and Lake Kreivasis (black columns) during the period 2001–2007

REZULTATAI IR IŠVADOS

Net ir paviršutinis žvilgsnis į 1, 2 lentelėse pateiktus duomenis leidžia daryti išvadą, kad C vertės diferencijuojasi pagal ežerų hidrografinio aktyvumo (paviršinio nuotėkio reguliarumo) tipus. Šitai dar akivaizdžiau patvirtina apibendrintos C vertės (3 pav.). Aptiktojo dėsningumo – $C_n > C_s > C_c > C_u$ (simboliai prie C nurodo nuotėkio reguliarumą, – priežastys gali būti kelios ir, be to, tarpusavyje susijusios).

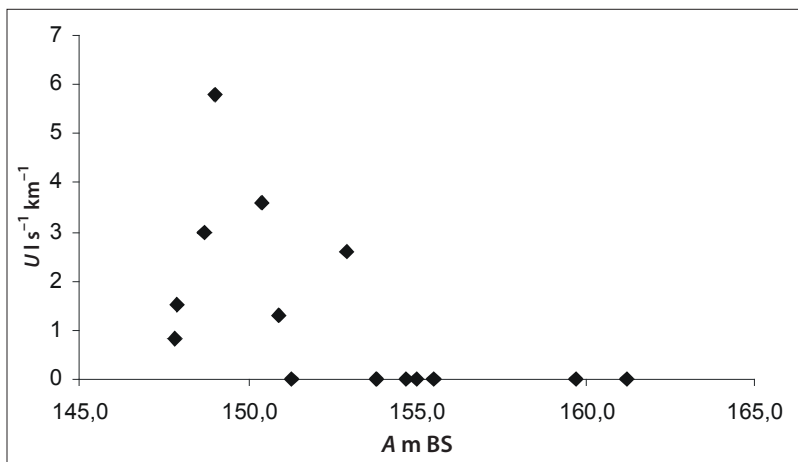
1. Uždari ir cikliškai nuotakūs ežerai telkšo didesniame aukštyje, todėl nedrenuoja net ir gruntinio vandens, kurio C tiriamame regione yra apie $450 \mu\text{S cm}^{-1}$ (Giedraitienė ir kt., 2001). Būtent dėl požeminio maitinimo stokos šie ežerai neturi ir reguliaraus paviršinio nuotėkio (4 pav.). Žemėjant drenažo bazei, didėja požeminio vandens prietaka į ežerus, todėl didėja ir jų paviršinio vandens C (5 pav.).

2. Smėlinguose mišku apaugusiuose baseinuose, kurie būdingi mūsų tirtiems uždariesiems ir periodiškai nuotakiems



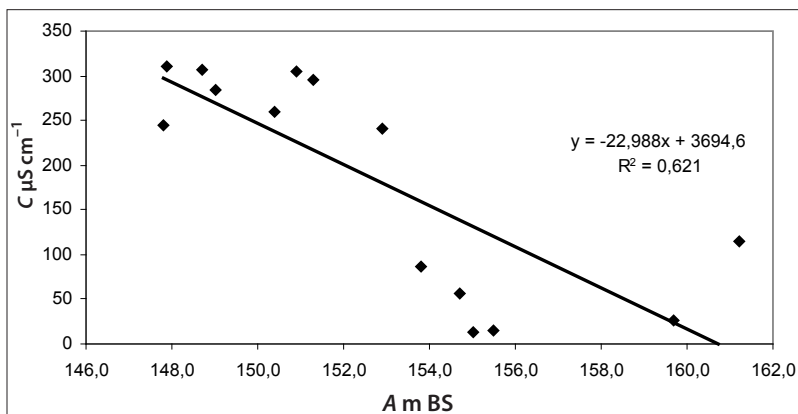
3 pav. Vandens savitojo elektros laidžio C vidutinių verčių pasiskirstymas pagal ežerų hidrografinio aktyvumo tipus (sutarinius ženklus žr. 1 lentelėje)

Fig. 3. Distribution of mean values of water electric conductivity C according to the regularity of surface outflow (notation as in Table 1)



4 pav. Požeminio vandens santykinės prietakos U (litrai per sekundę 1 km kranto linijos ruože) priklausomybė nuo ežero vandens lygio altitudės A

Fig. 4. Relative discharge of groundwater U inflowing to the lake (litres per second per 1 km shoreline) plotted against the water stage A



5 pav. Vandens savitojo elektros laidžio C priklausomybė nuo ežero vandens lygio altitudės A

Fig. 5. Relationship between water electric conductivity C and lake water stage A

ežerams, iškritusius kritulius greitai sugeria miško paklotė ir po ją slūgsantis smėlis, todėl paviršinis nuotėkis, galintis atplukdyti ištirpusių cheminių junginių, yra menkas (Kilkus, Pumputytė, 2001). Jei tokioje pačioje aplinkoje telkšantis ežeras dėl vienos ar kitos priežasties (yra žemiau, didesnis dubens įsirėžimo gylis) sugeba drenuoti ir požeminį vandenį, jo C padidėja dešimtį ir daugiau kartų (Kreivasis ir Duobulis).

3. Jei ežeras analizuojamoje hidrografinėje sistemoje telkšo aukštai ir jo nemaitina požeminiai vandenys, baseino paviršių dengiantys sunkesnės mechaninės sudėties gruntai nulemia didesnę paviršinio vandens ir cheminių junginių prietaką bei akumuliaciją ežere – taigi ir sezoniskai kintantį nuotėkį bei aukštesnes C vertes (Ešerinis I).

Derėtų apibūdinti ir aptariamą dėsningumą sujaukiančias priežastis – bent jau svarbiausias ir išryškėjusias šio tyrimo metu.

Sudėtingos geomorfologinės sandaros rajone vandens savitojo elektros laidžio priklausomybė nuo drenažo bazės aukščio (ežero vandens lygio altitudės) yra lokali, todėl 5 paveiksle atvaizduotas apibendrintas ryšys galėtų būti diferencijuotas pagal žemesnio rango hidrografines sistemas (pavyzdžiui, Ešerinio I, Jaurio-Jauriuko, Ilmedo, Stirnių).

Akivaizdu, kad ežero vandens C lemia ne absoliutus prietkančio požeminio vandens kiekis, o jo dalis ežero vandens tūryje. Dėl šios priežasties (mažos požeminio vandens dalies) anomaliai žema C vertė Stirnių ežere. Galima būtų duomenis standartizuoti pagal ežerų vandens tūrį, deja, informacija apie baseino ežerų batimetriją yra nepilna.

Gauta 2007 10 05

Parengta 2007 10 16

Literatūra

1. Barisas A., Kilkus K. (1979). Kai kurie Stirnių grupės ežerų hidrologinio režimo bruožai ryšium su tarpežerių ūkiniu panaudojimu. *Geografijos metraštis*. 17: 121–127.
2. Giedraitienė J. et. al. (2001). *Groundwater monitoring in Lithuania 2000*. Vilnius: Geological Survey of Lithuania.
3. Kilkus K. (2000). *Dimiktinių ežerų terminės struktūros*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla.
4. Kilkus K. (2002). Winter stratification in relation to lake morphometry and water conductance. *Limnological Review*. 2: 191–200.
5. Kilkus K. (2005). Space heterogeneity of hydrophysical-hydrochemical fields in shallow overgrown lake. *Limnological Review*. 5: 117–122.
6. Kilkus K., Pumputytė N. (2001). Ledo luisto guolio ežerų ontogenezės hidrologinė interpretacija. *Geografijos metraštis*. 34(2): 15–23.
7. Kilkus K., Pumputytė N. (2002). Annual limnological cycle of a small meromictic lake: results of field studies. *Limnological Review*. 2: 201–207.
8. Maslanka W., Lange W. (2000). Non-typical distribution of conductivity in lakes of Pomeranian Lake District. *Naturalne i antropogeniczne przemiany jezior*. Olsztyn. 59–61.
9. Maslanka W., Lange W., Nowinski K. (2003). Natural regularities in variation of electric conductivity of water in chosen lakes of Southern Baltic Lakelands. *Limnological Review*. 3: 151–158.
10. Wetzel R. (1983). *Limnology*. Fort Worth-Tokyo: Saunders College Publ.

Kęstutis Kilkus

PECULIARITIES OF WATER ELECTRIC CONDUCTIVITY DISTRIBUTION IN STIRNIAI CATCHMENT LAKES

Summary

The paper presents the results of an analysis of the space variability of water electric conductivity C of a cluster of 15 lakes located in the northern part of the Lakaja River catchment (Lake Stirniai sub-catchment). The size of the chosen lakes varies within 2.9 and 819 ha. The hydrophysical survey of the lakes on 14 August 2007 was carried out and surface water electric conductivity was measured *in situ*. The data showed a considerable space variability forming a very wide range from 14 to 310 $\mu\text{S cm}^{-1}$. The lowest C values were noted in closed lakes (two lakes, the mean value of C is 20 $\mu\text{S cm}^{-1}$) in which alimantation is determined by direct atmospheric precipitation. The most numerous, represented by as many as 9 lakes, are the water bodies with the C between 240–310 $\mu\text{S cm}^{-1}$ which have a perennial surface outflow. The C values of lakes with surface outflow during wet decades or seasons only take an intermediate position between the above-mentioned extremes. So it was established that the C values differentiate according to surface outflow regularity. The latter depends on the underground alimantation which increases in lower sections of a hydrographic system. This is why a statistically important relationship (the coefficient of correlation $R = 0.79$) between the C and water stage of the lake has been established.