ISSN 0132–3156 Geografijos metraštis 37(1-2) t., 2004

KLIMATOLOGIJA

ŠIAURĖS ATLANTO VANDENYNO PAVIRŠIAUS TEMPERATŪROS RYŠYS SU ATMOSFEROS CIRKULIACIJA VIRŠ EUROPOS

Paulius Jalinskas
Vilniaus universitetas, M. K. Čiurlionio g. 21/27, LT-03101, Vilnius
Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba, Rudnios g. 6, LT-09300, Vilnius
El. paštas: paulius.jalinskas@gf.vu.lt

Gintautas Stankūnavičius
Vilniaus universitetas, M. K. Čiurlionio g. 21/27, LT-03101, Vilnius
El. paštas: gintas.stankunavicius@gf.vu.lt

Įvadas

Atmosferos ir vandenyno sąveika, jos poveikis atmosferos cirkuliacijai domina tiek hidrologus, tiek klimatologus. Šios krypties tyrimus dar 1962 m. pradėjo J. Bjerknes. 1964 metais pasirodžiusiame straipsnyje (Bjerknes, 1964) šis mokslininkas analizavo Atlanto vandenyno paviršiaus temperatūros (VPT) kelių dešimtmečių anomalijų kaitą ir teigė, jog temperatūros svyravimas gali turėti įtakos ir klimato pokyčiams. Ši išvada grindžiama aptiktu Golfo srovės vandens temperatūros teigiamų anomalijų ir vėjo sustiprėjimo vidutinėse Šiaurės Atlanto platumose ryšiu. Panašius tyrimus Ramiojo vandenyno atžvilgiu atliko J. Namias (1963). Tačiau absoliuti dauguma minėta tema publikacijų pasirodė praeitame dešimtmetyje, nes didžiulių duomenų bazių prieinamumas, technikos pažanga įgalino sukurti bendrųjų atmosferos cirkuliacijos ir klimato modelių, be to, reikėjo patenkinti padidėjusį ilgalaikių prognozių poreikį.

Atmosferos ir vandenyno sąveika yra esminis veiksnys, nuo kurio priklauso klimato sistemos bei oro sąlygų kaita. Vienas iš atmosferos ir vandenyno sąveikos veiksnių, įtakojantis Europos, kartu ir Lietuvos regiono, atmosferos cirkuliaciją, yra Šiaurės Atlantas, kuriam būdinga savita giliųjų ir paviršinių srovių sistema, intensyvios vertikaliosios vandens sąmaišos zonos, hidrologiniai frontai, atmosferos aktyvumo centrai, vadinamasis audrų takas ir kt.

Pripažinta, kad glaudžios vandenyno ir atmosferos fluktuacijų sąsajos, jų pažinimas yra reikšminga ne tik visapusiško klimato sistemos pažinimo dedamoji dalis – šios žinios yra svarbios praktiniu požiūriu, nes reikalingos sudaryti ilgalaikėms oro ir klimato prognozėms.

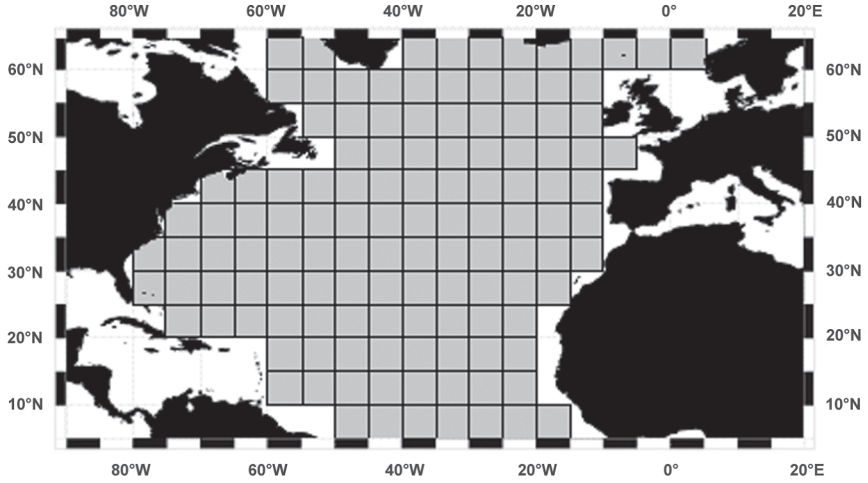
1. Duomenys ir darbo metodika

Duomenys. Darbe naudotasi *NOAA CPC* (Nacionalinės vandenyno ir atmosferos valdybos klimato prognozių centras, JAV) meteorologijos duomenų archyvo duomenimis (1 lent.). Šiaurės Atlanto vandenyno paviršiaus temperatūros anomalijų (VPTA) duomenys imti iš *NOAA* archyvo 127-ių 5x5° dydžio akvatorijų (1 pav.) 10 metų laikotarpio – nuo 1990 m. sausio 3 d. iki 1999 m. gruodžio 31 d. 1° kontūro VPTA reikšmės (skaičiuotos 1968–1996 m. anomalijos) apdorotos optimalios interpoliacijos (*OI–SST*) metodu (Reynolds, Smith, 1994).

1 lentelė. Pradinių duomenų apžvalga.
Table 1. *Data characteristics.*

Parametras *Parameter*	**Lygis** *Level*	**Tipas** *Type*	**Matavimo vienetai** *Units*	**Šaltinis** *Source*
Vandens paviršiaus temperatūros anomalija *Sea surface temperature anomaly*	–	Vidutinės 7 parų reikšmės *Weekly*	°C	CPC
Zoninė ir meridianinė vėjo dedamosios *Zonal and meridional wind component*	700 hPa	Vidutinės paros reikšmės *Daily mean*	m/s	CPC
Geopotencialusis aukštis ir geopotencialiojo aukščio anomalija *Geopotential height and geopotential height anomaly*	700, 500 hPa	Vidutinės paros reikšmės *Daily mean*	m	CPC
Šiaurės Atlanto osciliacijos (NAO) rodiklis *North Atlantic Oscillation (NAO) index*	–	Paros reikšmės *Daily*	–	CPC

Imti to paties laikotarpio (1990-01-03–1999-12-31) atmosferos cirkuliacijos virš Europos žemyno ir Baltijos regiono rodikliai: 700 hPa lygio vidutinė paros zoninė (***u***) ir meridianinė (***v***) horizontaliojo vėjo greičio dedamosios, slėgis jūros lygyje, 500 ir 700 hPa geopotencialusis aukštis (teritorijos nuo 54° iki 56° š. pl. ir nuo 23° iki 25° r. ilg.). Minėti duomenys *NOAA* archyve pateikti paros vidutinių reikšmių pavidalu, jie buvo perskaičiuoti į 7 parų vidurkius. Žemo dažnio atmosferos cirkuliacijos pavyzdžių rodikliams skaičiuoti naudotasi 700 ir 500 hPa geopotencialiojo aukščio duomenimis.



1 pav. Tirtoji Šiaurės Atlanto akvatorija (pilka spalva).
Fig. 1. *The study area of the North Atlantic (gray).*

Pagrindinių komponenčių analizė (PKA). Pagrindinių komponenčių analizė (PKA) – gerai žinomas vienas seniausių daugiavariacinių analizės metodų, plačiai naudojamų gamtos moksluose. Metodą išpopuliarino E. N. Lorenz publikacija (1956), kurioje jis vadinamas empirine ortogonaliąja funkcija (EOF). Abu pavadinimai plačiai prigijo ir apima tapačias skaičiavimo procedūras. PKA yra vienas faktorinės analizės metodų, o pačios faktorinės analizės tikslas – minimaliai prarandant informacijos pakeisti stebimąjį reiškinį apibūdinančiųjų

požymių aibę kelių veiksnių rinkiniu (Čekanavičius, Murauskas, 2002).

Atsižvelgiant į PKA privalumus metodas buvo pradėtas taikyti geopotencialiojo aukščio, temperatūros, kritulių laukų analizei. Dažnai šių laukų stebėjimo duomenys sudaro ilgas – parų, savaitines, mėnesines, metines duomenų sekas, kitaip sakant – tai tarpusavyje koreliuojamos taškų ar stočių laiko reikšmių sekas. PKA uždavinys – nustatyti, išreikšti bendras duomenų sekų laiko (erdvės) variacijas bei dideles duomenų sekas pakeisti mažesnėmis naujų narių sekomis, reprezentuojančiomis pirminius duomenis.

Vieno tikslaus ir visuotinai priimto kriterijaus, nustatančio PK skaičių, nėra; tai priklauso nuo naudojamų duomenų ir siekiamų tikslų. Darbe naudotasi *dominuojančios variacijos taisyklės* metodika, kuria buvo išskiriami didžiausių tikrinių reikšmių (reprezentuojančių ir didžiausią pradinių duomenų sklaidą) komponentai. Dominuojančios variacijos taisyklės vaizdavimui pasirinktas nuogriuvos testas (*scree test*; Cattell, 1966), kuomet grafike vaizduojama tikrinių reikšmių ir PK skaičiaus priklausomybė. Nuogriuvos testu randamas taškas, kuris skiria greitai kintančias reikšmes kairėje nuo lėtai kintančiųjų – dešinėje. PK skaičiaus parinkimo metodika darbui pasirinktos 6 PK, kartu reprezentuojančios 67,8% bendros duomenų sklaidos (3 pav.).

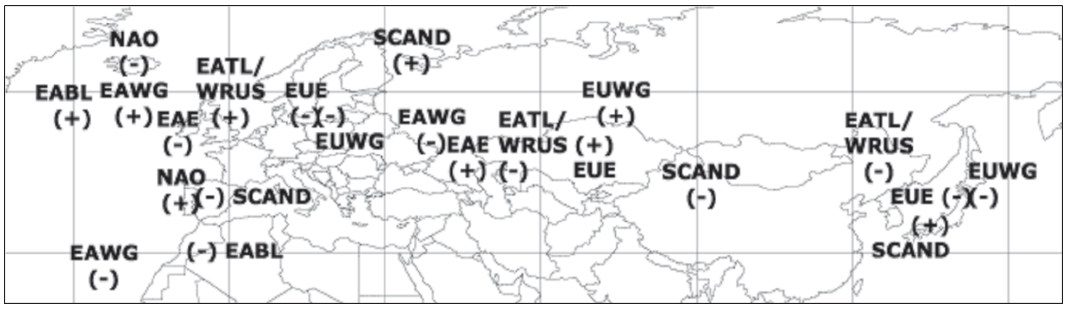
Koreliacinė analizė. Ryšiui tarp VPTA ir atmosferos cirkuliacijos virš Baltijos regiono, VPTA ir tolimųjų klimatodaros veiksnių nustatyti remtasi koreliacijos analize, plačiai taikoma daugelyje tyrimų. Atliekant VPTA koreliaciją su kitais parametrais, kad nereikėtų koreliuoti kiekvienos pasirinktos Šiaurės Atlanto akvatorijos VPTA (127), anomalijų reikšmės buvo perskaičiuotos naudojantis pagrindinių komponenčių analize, o koreliacijos koeficientai įvertinti 99% patikimumo lygmeniu. Koreliacijos koeficientai laikyti patikimais, kai $\boldsymbol{p} < 1$.

Žemo dažnio atmosferos cirkuliacijos formos (*teleconnection patterns*) – tai atokiai viena nuo kitos esančių atmosferos anomalijų asociacija, dažna tarp įvairaus geopotencialiojo aukščio slėgio laukų (Glantz, Katz, Nicholls, 1990). Žemo dažnio atmosferos cirkuliacijos svyravimai gali būti susiję tiek su bendrąja cirkuliacija, tiek su sausumos (vandenyno) būkle (Yin, 1994). Geriausiai ištirtos makrocirkuliacijos formos, įtakojančios dideles teritorijas, – Ramiojo vandenyno–Šiaurės Amerikos (*PNA – Pacific–North American*), Šiaurės Atlanto osciliacija (*NAO – North Atlantic Oscillation*), El Ninjo (Pietų osciliacija) (*ENSO – El Nino* (*South Oscillation*) (Wallace and Gutzler, 1981; Yarnal 1985). Išsamioje J. M. Wallace ir D. S. Gutzler (1981) žemo dažnio atmosferos cirkuliacijos formų studijoje, remiantis Šiaurės pusrutulio 500 hPa geopotencialiojo aukščio duomenimis, pateikti 5 makrocirkuliacijos atvejai ir pagrindinės rodiklių skaičiavimo lygtys, apibūdinančios du, tris ir keturis aktyvumo centrus. A. G. Barnston ir R. E. Livezey darbe (1987) naudojantis 700 hPa geopotencialiojo aukščio duomenimis išskirta 13 makrocirkuliacijos formų.

Darbe remtasi tais žemo dažnio atmosferos cirkuliacijos svyravimų atvejais, kurie tiek geografine padėtimi (2 pav.), tiek poveikio zona yra svarbūs Baltijos regionui. Pasirinktų žemo dažnio atmosferos cirkuliacijos modų rodikliai apskaičiuoti naudojantis 500 bei 700 hPa geopotencialiojo aukščio savaitiniais duomenimis ir 2 lentelėje pateiktomis lygtimis.

SCAND makrocirkuliacijos tipas (Barnston and Livezey, 1987) – anksčiau vadintas *EU1* (*Eurasia-1*). Ši forma įtakoja atmosferos cirkuliaciją visus metus, išskyrus birželį ir liepą. Teigiama fazė sietina su teigiamomis geopotencialiojo aukščio anomalijomis, kartais indukuojančiomis galingus blokuojančius anticiklonus (kaip ir *EATL (WRUS)*) virš Skandinavijos ir Vakarų Rusijos. Neigiamos fazės ši makrocirkuliacijos forma susijusi su neigiamomis geopotencialiojo aukščio anomalijomis virš minėtų regionų (Yin, 1994).

EATL/WRUS (*East Atlantic (West Russia)*) – ši žemo dažnio atmosferos cirkuliacijos moda išlieka aktyvi didžiąją metų dalį, išskyrus birželį–rugpjūtį. Pirmieji modą išskyrė



2 pav. Žemo dažnio atmosferos cirkuliacijos centrų padėtis ir ženklai Rytų Atlanto–Eurazijos–Vakarų Ramiojo vandenyno sektoriuje.
Fig. 2. *Location and signs of teleconnection patterns.*

2 lentelė. Žemo dažnio atmosferos cirkuliacijos formos, jų šaltiniai ir rodiklių lygtys.
Table 2. *Teleconnection indices and their calculation procedures.*

Forma *Teleconnection*	**Šaltinis** *Source*	**Formulė** *Equation/description*
SCAND	BL	*SCAND*=1/4*(*z*(65°N,35°E)+*z*(35°N,135°E)–*z*(40°N,90°E)–*z*(40°N,5°W))
EATL (WRUS)	BL	*EATL (WRUS)*=1/4*(*z*(55°N,0°E)+*z*(45°N,125°E)–1/2**z*(45°N,55°E)
EA	BL	*EABL*=1/2*(*z*(55°N, 30°W)–*z*(30°N, 5°W))
	WG	*EAWG*=1/2**z* '(55°N,20°W)+1/4*(*z* '(25°N,25°W)+ *z* '(50°N,40°E))
	E	*EAE*=1/2*(*z*(45°N,45°E)–*z*(50°N,10°W))
EU	WG	*EUWG*=1/2**z* '(55°N,75°E)+1/4*(*z* '(55°N,20°E)+ *z* '(40°N,145°E)
	E	*EUE*=1/2**z*(50°N,70°E)+1/4*(*z*(55°N,15°E)+ *z*(40°N,140°E))
NAO	BL	Islandijos ir Azorų slėgio anomalijų jūros lygyje skirtumas *SLP anomaly difference between Island and Azores*

z – 700 hPa geopotencialiojo aukščio anomalija; *z'* – 500 hPa geopotencialiojo aukščio anomalija; BL – Barnston ir Livezey, 1987; WG – Wallace ir Gutzler, 1981; E – Esbensen, 1984 / *z – 700 hPa geopotetial height anomaly; z' – 500 hPa geopotetial height anomaly; BL – Barnston and Livezey, 1987; WG – Wallace and Gutzler, 1981; E – Esbensen, 1984.*

A. G. Barnston ir R. E. Livezey (1987) kaip *EU2* (*Eurasia-2*). Teigiamai fazei (dažnesnei vėlyvą žiemą ir ankstyvą pavasarį) būdingos neigiamos geopotencialiojo aukščio anomalijos virš vakarinės ir pietvakarinės Rusijos dalies, o teigiamos – virš Europos ir rytinės Atlanto dalies (Yin, 1994).

EA (*East Atlantic*) – Rytų Atlanto makrocirkuliacijos forma, aprašyta A. G. Barnston ir R. E. Livezey (1987), aktyvi didžiąją metų dalį, išskyrus gegužę–rugpjūtį. Savo struktūra forma artima *NAO*, tik šiaurės–pietų dipolis pasistūmėjęs į pietryčius. Pietinio centro intensyvumą ir padėtį stipriai veikia subtropikai, kas taip pat skiria nuo *NAO*. Šiai formai gruodį–sausį būdingas stacionarių anticiklonų formavimasis Šiaurės Atlanto vidutinėse ir subpoliarinėse platumose (Stankūnavičius, 2000).

EA (*East Atlantic*) – Rytų Atlanto makrocirkuliacijos forma, aprašyta J. M. Wallace ir D. S. Gutzler (1981). Tai trijų centrų sistema: esant teigiamai fazei slėniai yra į pietvakarius nuo Kanarų salų ir ties Juodąja jūra, gūbrys – į vakarus nuo Britų salų.

EA (*East Atlantic*) – Rytų Atlanto makrocirkuliacijos forma, aprašyta S. K. Esbensen (1984). Tai dipolė sistema: esant teigiamai fazei gūbrys būna virš Kaspijos jūros, o slėnis – virš Britų salų.

EU (*European*) – europinis tipas, aprašytas J. M. Wallace ir D. S. Gutzler (1981). Tai tripolė sistema su gūbriu Vidurio Rusijoje ir slėniais virš pietinės Baltijos dalies ir į vakarus

nuo Japonijos (2 pav.). Tipas artimas *EU* (*European*) formai, aprašytai S. K. Esbensen (1984), tik pastarosios centrai yra kiek į vakarus; tai susiję su naudoto geopotencialiojo aukščio reikšmių skirtumais (S. K. Esbensen rėmėsi 700 hPa, o J. M. Wallace ir D. S. Gutzler – 500 hPa aukščiu).

NAO – viena pastoviausių žemo dažnio atmosferos cirkuliacijos formų, kurią pirmą kartą aprašė G. T. Walker (1924), o klimatologiniams tyrimams adaptavo A. G. Barnston ir R. E Livezey (1987). Ji jungia *East Atlantic* ir *West Atlantic* atmosferos žemo dažnio cirkuliacijos modų dalis, kurias žiemos sezonams identifikavo J. M. Wallace ir D. S. Gutzler (1981). *NAO* sudarytas iš dviejų slėgio jūros lygyje anomalijų polių. Vienas dipolio centras yra virš Grenlandijos, kitas – priešingo ženklo centras apima centrinę Atlanto dalį tarp 35° ir 40° šiaurės platumos. Esant teigiamai fazei virš centrinės Atlanto, rytinės JAV dalies ir Vakarų Europos, slėgio ir geopotencialiojo aukščio reikšmės būna didesnės už daugiametes, o esant neigiamai fazei – atvirkščiai. Neigiamos *NAO* rodiklio reikšmės žymi vyravusius blokuojančius procesus Šiaurės Atlante, artimos nuliui – didelės amplitudės bangų gūbrių ir slėnių kaitą, o nedidelės teigiamos reikšmės rodo zoninę cirkuliaciją Atlante ir meridianinę – Šiaurės Europoje bei stacionarius ir lėtai judančius gūbrius virš Šiaurės Europos (Barnston and Livezey, 1987).

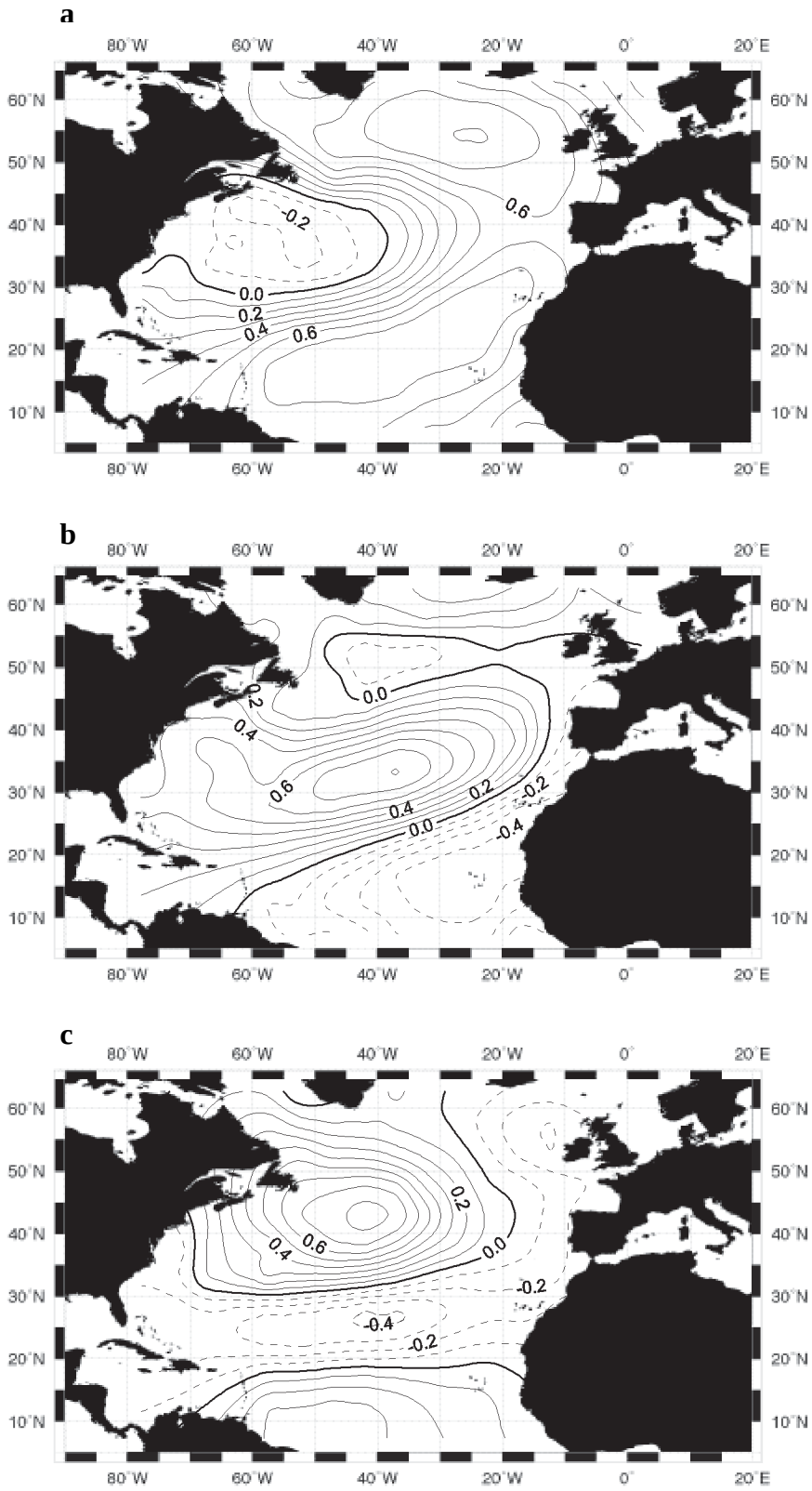
2. Šiaurės Atlanto VPTA duomenų erdvinė sklaida

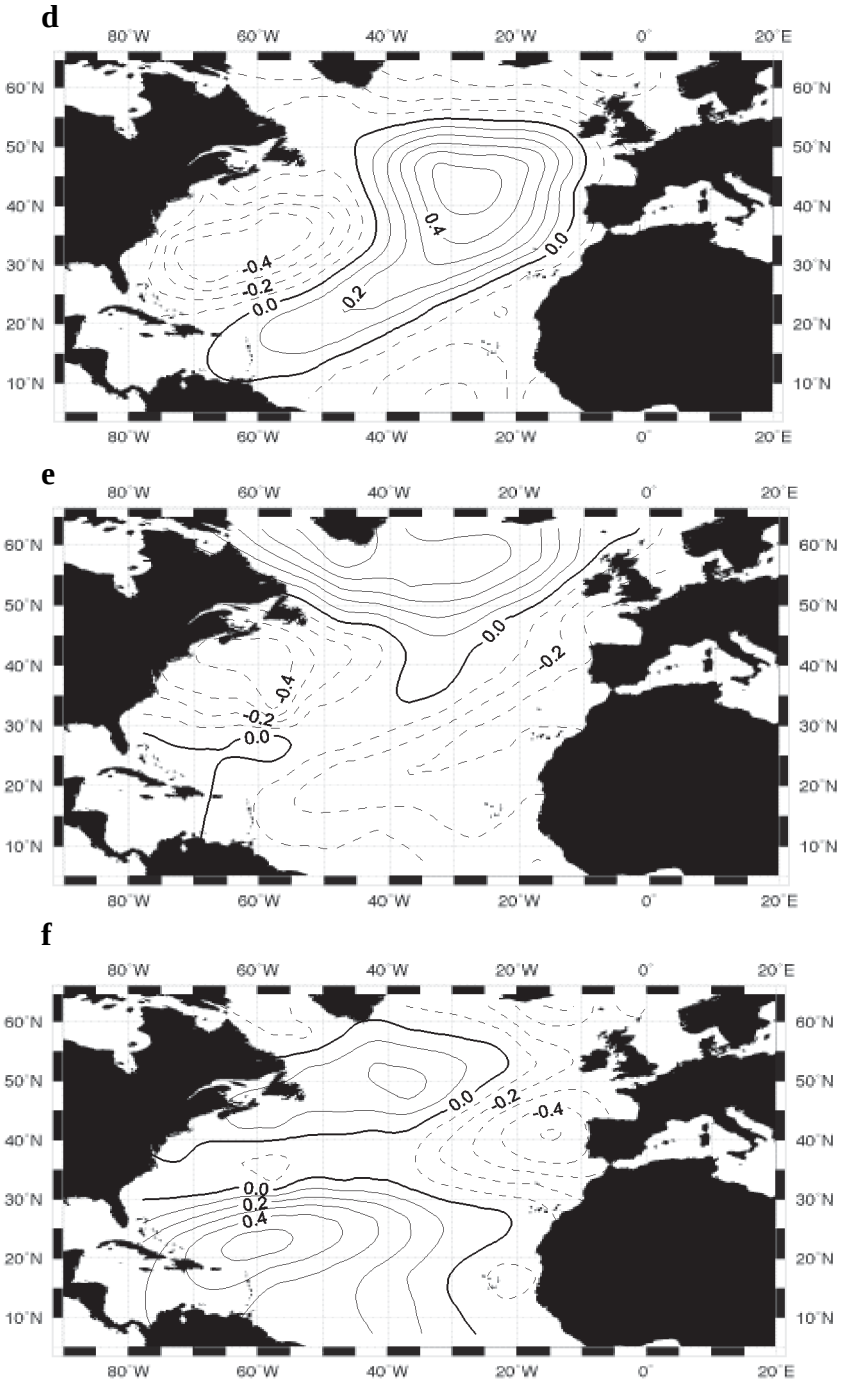
Šiaurės Atlanto VPTA duomenų erdvinės sklaidos analizei naudotas pagrindinių komponenčių analizės metodas, taikytas 1990–1999 metų laikotarpiui, 127-ioms akvatorijoms. Remiantis nuogriuvos testu tolesniam darbui buvo pasirinktos šešios pagrindinės komponentės ir jų svorių įverčiai (3 pav.), kartu reprezentuojantys 67,8% Šiaurės Atlanto VPTA pradinių duomenų sklaidos. Pagal PKA buvo išskirtos Šiaurės Atlanto VPTA modos (būsena arba tipas), kuriose vaizduojamos akvatorijos su panašiu ar artimu VPTA pasiskirstymu, bei apibūdinti jų tarpusavio ryšiai.

Pagrindinis – PK1 pateikia 28,6% pradinių duomenų sklaidos (3 pav., a). Tai Šiaurės Atlanto tripolė VPTA moda su dviem ryškiomis anomalijomis šiltųjų Pasatų ir Irmingerio srovių rajonuose bei mažesnio intensyvumo ir priešingo ženklo anomalija rytinėje vandenyno dalyje – Golfo srovės rajone.

Moda savo centrų išsidėstymu (ženklai priešingi, t.y. atitiktų PK1 modos neigiamą fazę) artima W. K. Dewar (2001) išskirtam Šiaurės Atlanto VPT tripoliui, koreliuojančiam su *NAO* rodikliu (Rodwell, Rowell, Folland, 1999; Mehta et al., 2000). Apskaičiuotoje PK1 reikšmių įverčių sekoje galima išskirti 2 penkmečius. Pirmasis laikotarpis (1990–1995) išsiskyrė neigiamais veiksnio reikšmių įverčiais, antrasis – vyravusiais teigiamais įverčiais (4 pav.). Vienos fazės keitimosi kita trukmė (1994–1995) sutampa su *NAO* pokyčiu tarp 1994–1995 metų žiemos iki 1995–1996 metų žiemos, kuomet fiksuotas didžiausias daugiamečio *NAO* indekso pokytis per 173 metus. Praeito amžiaus 9-ojo ir 10-ojo dešimtmečių sandūroje *NAO* indeksas buvo aukščiausias per visą instrumentinių stebėjimų laikotarpį, o indekso keitimasis nuo žemo (1960–1970) iki aukšto (apie 1990-uosius) buvo didžiausios amplitudės žemo dažnio *NAO* indekso svyravimas (Jones, Jonsson and Wheel, 1997).

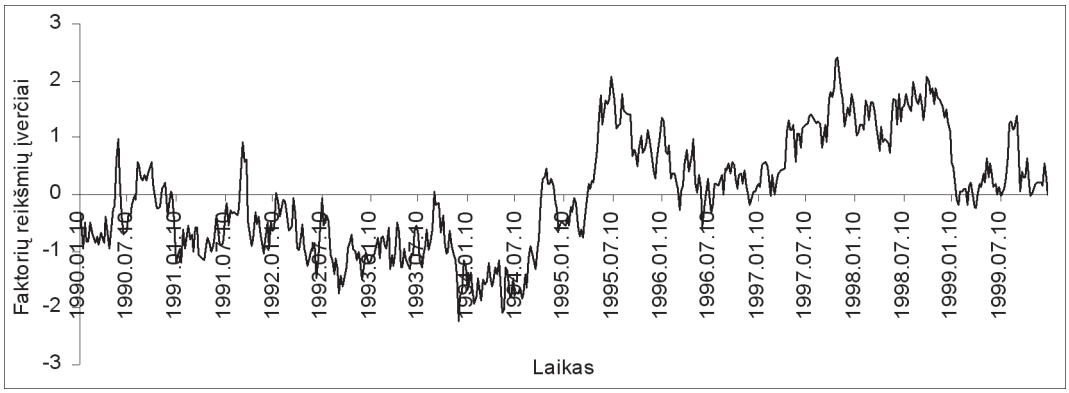
PK2 reprezentuoja 12,1% visų duomenų sklaidos (3 pav., b). Ši moda sudaryta iš dviejų centrų, kurių vienas užima centrinę Šiaurės Atlanto vandenyno dalį, antras, priešingo ženklo, – Pasatų srovės rajoną.


a
80°W
60°W
40°W
20°W
0°
20°E
60°N
50°N
40°N
30°N
20°N
10°N
-0.2
0.6
0.0
0.2
0.4
0.6
b
0.2
0.4
0.0
0.6
0.4
0.2
-0.2
0.0
-0.4
c
0.2
0.4
0.6
0.0
-0.2
-0.4
-0.2



3 pav. Šiaurės Atlanto VPTA PK svorių įverčių (išreikštų koreliacijos koeficientais tarp PK ir skirtingų akvatorijų pradinių VPTA sekų) erdvinis pasiskirstymas: a) 28,6%, b) 12,1%, c) 8,9%, d) 7,0%, e) 6,4% ir f) 4,8% bendros pradinių duomenų sklaidos. Izolinijų intervalas lygus 0,1; punktyru pažymėtos neigiamos, linija – teigiamos ***r*** reikšmės. Koreliacijos koeficientai yra statistiškai patikimi, kuomet $|r| \geq$ 0,113 (tenkinamas 99% patikimumo lygmuo).

Fig. 3. *North Atlantic PC loadings and subregions. Explained variance: a) 28.6%, b) 12.1%, c) 8.9%, d) 7.0%, e) 6.4% and f) 4.8%. Interval 0.1. Dashed lines – negative, solid – positive values. Significant values ≥ 0.113 (99% significance level).*



4 pav. Šiaurės Atlanto VPTA pirmos PK faktorių reikšmių įverčiai (1990–1999).
Fig. 4. *North Atlantic SSTA factor scores of the first PC (1990–1999).*

PK3 reprezentuoja 8,9% duomenų sklaidos (3 pav., c). Tai „sumuštinio“ (Blade, 1999) tipo moda, susidedanti iš trijų centrų. Didžiausio intensyvumo anomalija išsidėsčiusi šiauriau 30° š. pl., apima rytinę Kanados pakrantę ir siekia Grenlandiją, to paties ženklo, tik mažesnio intensyvumo, anomalija užima subtropines Šiaurės Atlanto platumas. Priešingo ženklo anomalija įsiterpusi tarp minėtų lygiagrečiai vakarinės Europos pakrantės.

PK4 pateikia 7% visos duomenų sklaidos (3 pav., d). Tai dipolė moda su ryškia meridianine dedamąja, kurios vienas centras tęsiasi nuo Britų salų iki Karibų jūros (Šiaurės Atlanto srovės akvatorija), kitas užima Sargasų jūros akvatoriją.

PK5 reprezentuoja 6,4% visų duomenų sklaidos (3 pav., e). Tai dviejų, priešingo ženklo, centrų moda. Vienas centras apima skirtingų srovių rajoną (šiltosios Irmingerio, šaltosios Labradoro ir Rytų Grenlandijos), esantį šiauriau 45° lygiagretės, kitas, artimas PK4, driekiasi Sargasų jūros akvatorijoje.

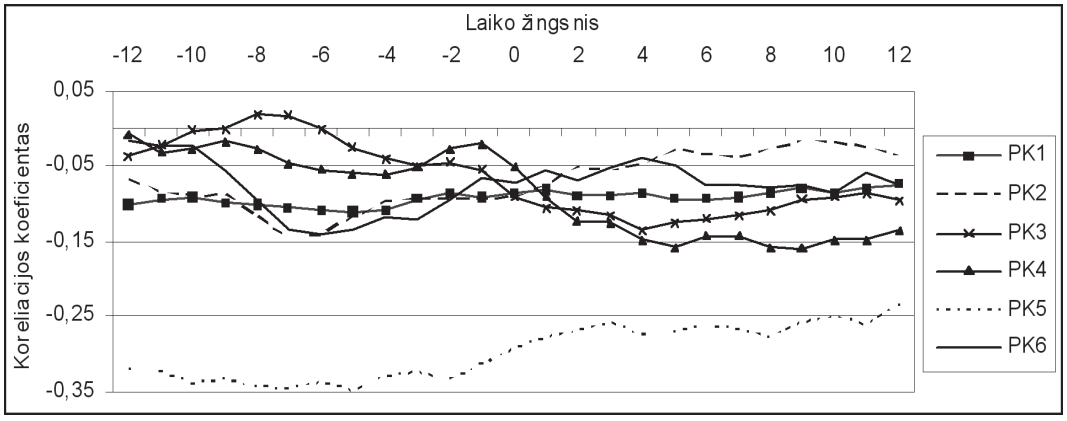
PK6 reprezentuoja 4,8% duomenų sklaidos (3 pav., f). Zoniniu išsidėstymu artimas PK3, du teigiamos koreliacijos koeficientų centrai apima subtropines ir vidutines Šiaurės Atlanto platumas į vakarus nuo 20° dienovidinio. Priešingo ženklo centras yra akvatorijoje Azorų salų rajone.

3. Šiaurės Atlanto VPTA ir vidurinės troposferos geopotencialiojo 700 ir 500 hPa aukščio ryšys

Vandenyno ir atmosferos sąveiką iliustruoja VPTA ir geopotencialiojo 500 ir 700 hPa aukščio tyrimo rezultatai. Tiek 700, tiek 500 hPa geopotencialiojo aukščio koreliacijos su VPTA modomis rezultatai panašūs (didžiausių koreliacijos koeficientų pasiskirstymas), tik 500 hPa atžvilgiu gauta daugiau statistiškai patikimų ir didesnių ***r*** reikšmių. VPTA atsakas į geopotencialiojo 700 ir 500 hPa aukščio kaitą PK1 ir PK2 atvejais aptiktas po 5 savaičių (***r*** teigiami). VPTA atsakas į geopotencialiojo 500 ir 700 hPa aukščio kaitą apibūdinamas neigiamais ***r***, nustatytas PK4 atveju po savaitės, PK5 atveju – po 2 savaičių. PK3 pavyzdyje 700 hPa aukščio kaitos atsakas VPTA juntamas po savaitės. VPTA PK3 ir 500 hPa aukščio ryšys išryškėja esant sinchroninei koreliacijai. PK3 atveju vandenyno ir atmosferos sąveikai būdingas abipusis grįžtamasis ryšys, tačiau spręsti, kas šioje sąveikoje turi pirmenybę, – sunku. PK3 modos teigiama fazė susijusi su Euroatlantiniame sektoriuje susidarančiais blokuojančiais anticiklonais. Remiantis kitų Šiaurės Atlanto VPTA modų ir izobarinių 700 ir 500 hPa paviršių koreliacija galima spėti, kad pirmiausia į atmosferos procesus reaguoja vandenynas, o vėliau „signalas“ perduodamas atmosferai.

4. Šiaurės Atlanto VPTA ir vidurinės troposferos vėjo dedamųjų ryšys

Koreliacijai tarp šešių Šiaurės Atlanto VPTA modų ir zoninės vėjo dedamosios virš Baltijos regiono sekų bendra yra tai, kad visi statistiškai patikimi koreliacijos koeficientai yra neigiami, t.y. identifikuoja atvirkštinį ryšį. VPTA modų atsakas į zoninės vėjo dedamosios kaitą aptiktas PK2 atveju po 7 savaičių, PK5 atveju – po 5, PK6 – po 6 savaičių. Zoninės vėjo dedamosios atsakas į VPTA rastas PK3 atveju po 4, PK4 – po 9 savaičių (5 pav.). PK5 atveju patikimas atvirkštinis ryšys egzistuoja visų pasirinktų koreliacijos žingsnių atžvilgiu, t.y. iliustruoja grįžtamąjį vandenyno ir atmosferos sąveikos ryšį, tik pirmumas lieka nenustatytas. Apibendrinant gautus rezultatus, paaiškėjo, kad didėjant teigiamų VPTA modų fazių intensyvumui (PK3, PK4, PK5) zoninė dedamoji turėtų silpnėti. Šios sąveikos mechanizmas gali būti aiškinamas minėtų Šiaurės Atlanto VPTA modų poveikiu: mažėjant atmosferos barokliniškumui, mažėja horizontalieji bariniai gradientai, kartu ir zoninė vėjo dedamoji.



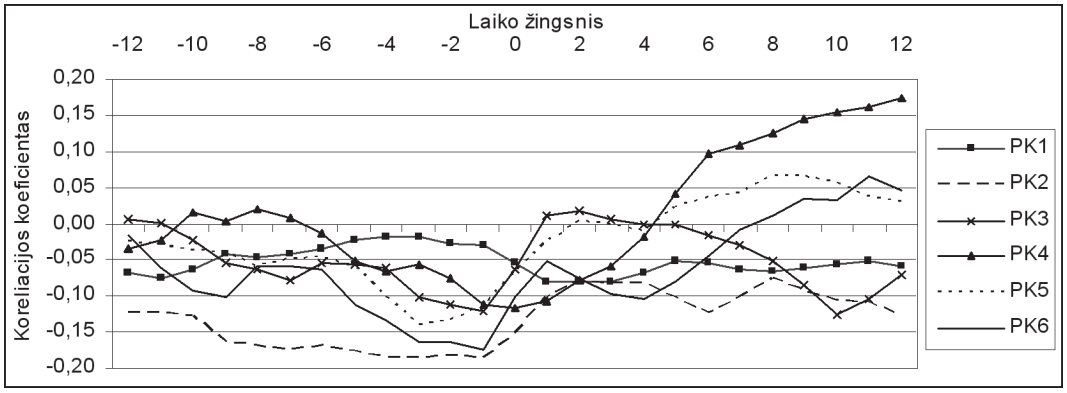
5 pav. Šiaurės Atlanto VPTA PK ir zoninės vėjo dedamosios koreliacijos rezultatai.
Fig. 5. *North Atlantic SSTA PC and zonal wind correlation results.*

Šiaurės Atlanto VPTA atsakas į meridianinės vėjo dedamosios kaitą apibūdinamas teigiamais ***r*** PK2 atveju po 7 savaičių, PK3 atveju – po 1, PK6 atveju – po 2 savaičių. Meridianinės vėjo dedamosios atsakas apibūdinamas neigiamu ***r*** ir aptiktas PK4 atveju po 11 savaičių, taigi PK4 VPTA forma gali silpninti pietinę pernašą ir suaktyvinti šiaurinę pernašą virš Baltijos regiono, kartu šalčio veržimąsi į pietus. Tokią situaciją dažnai lemia blokuojantys dariniai Euroatlantiniame sektoriuje.

5. Šiaurės Atlanto VPTA ir žemo dažnio atmosferos cirkuliacijos rodiklių ryšys

Analizuojant *SCAND* makrocirkuliacijos formos rodiklio ir VPTA PK koreliacijos koeficientus nustatyta, kad PK4 atveju VPTA stipriausias atsakas į *SCAND* rodiklio kaitą išryškėja po savaitės (***r*** neigiamas), o PK6 atveju – po 3 savaičių (***r*** neigiamas). Aptikus tik dviejų VPTA modų ryšį su *SCAND* rodikliu, tai būtų galima aiškinti PK ir rodiklio centro artumu. Abiem atvejais VPTA anomalijų centrai yra šalia vakarinės pietų Europos pakrantės ir išsiskiria dideliu intensyvumu bei skirtingais ženklais. Taigi esant teigiamai *SCAND* fazei (centras virš Pirėnų pusiasalio apibūdinamas neigiamu anomalijos ženklu) PK6 (3 pav., c) modos atveju esanti neigiama anomalija turėtų intensyvėti, o PK4 atveju būtų atvirkščiai – silpnėtų.

EATL (WRUS) rodikliu apibūdinamas žemo dažnio atmosferos cirkuliacijos maksimalus poveikis VPTA juntamas PK2 atveju po 3 savaičių, PK5 – po 3, PK3 ir PK6 – po savaitės (visais atvejais ryšys yra atvirkštinis). Šią atvirkštinę priklausomybę gali lemti *EATL (WRUS)* tripolio vienas centrų, esantis arčiausiai Šiaurės Atlanto akvatorijos – Šiaurės jūros rajone ir turintis teigiamą ženklą. Visais keturiais minėtais PK modų atvejais neigiamos VPTA anomalijos apima vakarinę Europos pakrantės dalį. Atsakas į VPTA modų reikšmių kaitą *EATL (WRUS)* rodiklio duomenų sekoje atsiranda PK3 atveju po 10 savaičių, PK2 – po 12 (***r*** neigiamas), o PK4 – po 12 savaičių (***r*** teigiamas); šioms VPTA ir žemo dažnio atmosferos cirkuliacijos modoms būdingas ir grįžtamasis ryšys (6 pav.).



6 pav. Šiaurės Atlanto VPTA PK ir *EATL (WRUS)* •emo da•nio atmosferos cirkuliacijos rodiklio koreliacijos rezultatai.
Fig. 6. *North Atlantic SSTA PC and EATL/WRUS teleconnection index correlation results.*

VPTA atsakas į EABL rodiklio kaitą išryškėja po savaitės PK1 ir PK3 atveju, po 3 savaičių – PK5 atveju, po 2 – PK6 atveju (***r*** teigiami), visų VPTA modų teigiamų anomalijų rajonai sutampa su EABL dipolio centru (55° š. pl., 30° r. ilg., 3 pav.). Neigiamas koreliacijos koeficientas tarp nagrinėjamo žemo dažnio atmosferos cirkuliacijos pavyzdžio ir PK2 modos fiksuotas po 3 savaičių ir sietinas su minėtos VPTA modos nedideliu neigiamos anomalijos centru, artimu EABL dipolio teigiamo centro lokalizacijai. EABL rodiklio atsakas į VPTA duomenų erdvinę sklaidą ir iliustruojantis grįžtamąjį ryšį nustatytas nagrinėjant du PK pavyzdžius: PK1 – po 12 savaičių (***r*** teigiamas) ir PK5 – po 4 savaičių (***r*** neigiamas).

EAWG – VPTA atsakas PK1 duomenų sekoje išryškėja po savaitės (***r*** teigiamas), PK2 – taip pat po savaitės (***r*** neigiamas), PK3 atveju – po 9 savaičių (***r*** neigiamas), PK4 – po 2 savaičių. Rodikliu apibūdinamų atmosferos aktyvumo centrų intensyvumo atsakas į VPTA kaitą aptiktas po 4 savaičių (***r*** neigiamas). Koreliacinės analizės rezultatai artimi *EABL* koreliacijos su VPTA modomis rezultatams; tai akivaizdu žinant abiejų žemo dažnio atmosferos cirkuliacijos formų padėtį erdvėje. Skirtumas tas, kad *EAWG* ir VPTA PK modų nesieja grįžtamasis ryšys bei tai, kad atsiranda ryšys su PK4 moda. Pastarasis ryšys aiškintinas skirtingų modų aktyvumo centrų padėtimi bei galimu Rossby bangų poveikiu VPTA.

EAE atveju nustatyta, kad atmosfera PK2 atveju reaguoja į VPTA pokyčius po savaitės (***r*** teigiamas), po 2 savaičių – PK4 atveju (***r*** neigiamas) ir po 3 savaičių PK6 atveju (***r*** teigiamas). Rodiklio reikšmių sekoje atsakas į VPTA lauko erdvinį pasiskirstymą aptiktas PK4 eilėje po 11–12 savaičių (***r*** neigiamas). *EAE* dipolio neigiamos izobarinio 700 hPa paviršiaus anomalijos centras yra kiek šiauriau nei *EABL* ir *EAWG* modų neigiamų anomalijų centrai (2 pav.), todėl ir apžvelgiamos modos koreliacija esant PK6 (3 pav.) išsiskiria gana dideliais teigiamais koreliacijos koeficientais, kartu ir stipriu grįžtamuoju ryšiu, kaip ir PK4 atveju.

EUWG rodiklio ir Šiaurės Atlanto VPTA PK atvejų ryšys apibūdinamas tik VPTA atsaku į rodiklio kaitą. Taip PK4 pavyzdyje atsakas rastas po savaitės, PK5 – po 3 savaičių (***r*** teigiami). Artimos *EUWG* žemo dažnio atmosferos judesių modos *EUE* poveikis Šiaurės Atlanto PK fiksuotas po savaitės PK4 ir PK6 atveju bei po 3 savaičių (***r*** teigiami) PK5 atveju. Po vieną abiejų žemo dažnio atmosferos cirkuliacijos svyravimų tripolių modų centrų yra artimos mūsų respublikos teritorijai (2 pav.).

NAO rodiklio ir VPTA PK1 koreliacija išsiskyrė ypač dideliais neigiamais koeficientais, statistiškai patikimais visais pasirinktais koreliacijos žingsniais. Maksimali reikšmė aptikta po 2 savaičių (VPTA atsakas į žemo dažnio atmosferos judesių tolimojo ryšio rodiklio kaitą). Glaudus PK1 ir *NAO* ryšys sutampa su išskirto (Dewar, 2001) Šiaurės Atlanto VPT tripolio ryšiais su NAO. PK5 ir PK6 atvejais maksimalus VPTA atsakas juntamas po 3 savaičių (***r*** neigiami). Tai gali būti aiškinama *NAO* teigiamos anomalijos centro vietoje PK5 ir PK6 atvejais esančia neigiama VPTA anomalija, kuri esant neigiamai *NAO* fazei gali būti nulemta ir palaikoma neigiamos atmosferos slėgio anomalijos.

Remiantis tyrimais galima teigti, kad dauguma tirtojo dešimtmečio Šiaurės Atlanto VPTA svyravimo modų yra susijusios su atmosferos cirkuliacija, nors galima prielaida, jog VPTA anomalijos gali veikti atmosferos cirkuliaciją. Šie rezultatai sutampa su skelbtų darbų (Lau and Nath, 1994; Graham et al., 1994; Delworth, 1996) išvadomis, kuriose teigiama, kad atmosferos cirkuliacijos atsakas į Šiaurės Atlanto vidutinių platumų VPTA svyravimą yra silpnas, savo ruožtu mokslininkai išskiria tropinių Atlanto vandenyno platumų vaidmenį, turintį, anot jų, didesnį poveikį atmosferos cirkuliacijai. J. Bjerknes (1964) pateikė paradigmą, pagal kurią, Šiaurės Atlanto daugiametis VPT svyravimas daugiausia yra susijęs su atmosferos fluktuacijomis, o dešimtmečių VPT svyravimą lemia vidiniai vandenyno procesai. Atmosferos poveikis vandenynui gali persiduoti dviem būdais: 1) atmosferos cirkuliacijos anomalijų judesio momento perdavimu vandenynui, taip veikiant vandenyno cirkuliaciją bei vertikaliąją ir horizontaliąją šilumos advekciją ir 2) apatinės atmosferos šilumos anomalijas veikiančia VPTA (Delworth, 1996).

Išvados

1. Šiaurės Atlanto VPTA stipriausias atsakas į atmosferos cirkuliacijos rodiklių kaitą virš Europos žemyno truko nuo 1 iki 3 savaičių.

2. Atmosferos cirkuliacijos rodiklių virš Europos žemyno atsakas į Šiaurės Atlanto VPTA kaitą, aptiktas tarp Šiaurės Atlanto VPTA modų su būdinga teigiama VPT anomalija šiaurinėje ir centrinėje vandenyno dalyje: 1) horizontaliojo vėjo zoninės ir meridianinės dedamųjų 700 hPa lygyje virš Baltijos regiono, 2) *EATL (WRUS)* ir *EAWG* žemo dažnio atmosferos cirkuliacijos svyravimų formų. VPTA modų ir vėjo dedamųjų ryšys, apibūdinamas neigiamais koreliacijos koeficientais, gali būti VPTA poveikio vidutinių platumų atmosferos baroklinišku mui rezultatas. Mažėjant baroklinišku mui silpnėja horizontalieji bariniai gradientai, kartu ir pernaša.

3. Grįžtamasis ryšys tarp Šiaurės Atlanto VPTA ir atmosferos cirkuliacijos virš Europos žemyno rodiklių ypač stiprus tarp *NAO* rodiklio ir pirmosios VPTA pagrindinių komponenčių modos tripolio su dviem teigiamos VPT anomalijos centrais pietinėje bei šiaurinėje vandenyno dalyse ir mažesnio intensyvumo neigiamu centru Golfo srovės rajone (koreliacijos koeficientai neigiami).

Gauta 2004-08-03

Literatūra

Barnston A. G. and Livezey R. E. (1987). Classification, Seasonality and Persistence of low frequency atmospheric circulation patterns, *Monthly weather review* **115**, p. 1083–1126.

Bjerknes J. (1964). Atlantic air–sea interaction, *Advances in Geophysics* **10**, p. 1–82.

Blade I. (1999). The influence of Midlatitude Ocean–Atmosphere coupling in the Low-frequency Variability of a GCM. Part II: Interaction variability induced by Tropical SST forcing, *J. of Climate* **12**, p. 21–45.

Cattell R. B. (1966). The scree test for the number of factors, *Multivariate Behavioral Research* **1**, p. 245–276.

Čekanavičius V., Murauskas G. (2002). Statistika ir jos taikymas, Vilnius. D. II.

Delworth T. L. (1996). North Atlantic Interannual Variability in a Coupled Ocean–Atmosphere Model, *J. of Climate* **9**, p. 2356–2375.

Dewar W. K. (2001). On ocean dynamics in Midlatitude Climate, *J. of Climate* **14**, p. 4380–4397.

Esbensen S. K. (1984). A comparison of Intermonthly and Interannual Teleconnections in the 700 mb Geopotential High Field during the Northern Hemisphere winter, *Monthly weather review* **112**, p. 2016–2032.

Glantz M. H., Katz R. W. and Nicholls N. (1990). Teleconnections linking world–wide climate anomalies: scientific basis and societal impact, Cambridge.

Graham N. E., Barnett T. P., Wilde R., Ponater M. and Schubert S. (1994). On the roles of Tropical and Midlatitude SST's in forcing Interannual to Interdecadal Variability in the winter Northern Hemisphere circulation, *J. of Climate* **7**, p. 1416–1441.

Jones P. D., Jonsson T. and Wheel D. (1997). Extension using early instrumental pressure observation from Gibraltar and SW Iceland to the North Atlantic Oscillation, *Int. J. Climatol.* **17**, p. 1433–1450.

Lau N. C. and Nath M. J. (1994). A Model Study of the relative roles of Tropical and Extratropical SST Anomalies in the Variability of the Global Atmosphere–ocean System, *J. of Climate* **7**, p. 1184–1207.

Lorenz E. N. (1956). Empirical Orthogonal Functions and Statistical Weather Prediction, *Technical Report 1: Statistical Forecasting Project.* Cambridge: Department of Meteorology, MIT.

Mehta V., Suarez M., Manganello J. and Delworth T. L. (2000). Oceanic influence on the North Atlantic Oscillation and Associated Northern Hemisphere Climate Variations, *Geophysical Research Letters* **27**, p. 121–124.

Namias J. (1963). Large-scale air–sea interactions over the North Pacific from summer 1962 through the subsequent winter, *J. Geophys. Res.* **68**, p. 6171–6186.

Reynolds R. W., Smith T. M. (1994). Improved Global Sea Surface temperature analyses using optimum interpolation, *J. of Climate* **7**, p. 929–948.

Rodwell M., Rowell D. and Folland C. (1999). Oceanic Forcing of the Wintertime North Atlantic Oscillation and European Climate, *Nature* **398**, p. 320–323.

Stankūnavičius G. (2000). Ilgalaikių oro temperatūros anomalijų Lietuvoje sinoptinės sąlygos. *Dr. disertacija*, Vilnius.

Walker G. T. (1924). Correlation in Seasonal Variations of Weather, *IX Memo. Ind. Meteor. Dept.* **24**, p. 275–332.

Wallace J. M. and Gutzler D. S. (1981). Telleconections in the 500 mb Geopotential Height Field during the Northern Hemisphere winter, *Monthly weather review* **109**, p. 784–812.

Yarnal B. (1985). Extratropical Teleconnection with El Nino/Southern Oscillation (ENSO) events, *Prog. Phys. Geogr*. **9**, p. 315–352.

Yin Z. Y. (1994). Reconstruction of the winter Pacific–North American Teleconnection Pattern during 1895–1947 and its Application in Climatological Studies, *Climate research* **4**, p. 79–94.

Paulius Jalinskas
Vilnius University; Lithuanian Hydrometeorological Service

Gintautas Stankūnavičius
Vilnius University

The North Atlantic SST connection with atmospheric circulation over Europe

Summary

The study extends the investigation of midlatitude ocean–atmosphere interactions between the North Atlantic sea surface temperature (SST) anomalies and Europe on atmospheric circulation for the period 1990–1999. The SST anomalies at 127 North Atlantic water surface areas (5°x5° grid) with totally complete weekly records were analyzed by principal component analysis (PCA) to investigate the spatial pattern of SST anomalies variation. Scree plot indicated that six PC's should be retained from the PCA of SST anomalies. All six PC's represent 67.8% of the total variance. Oceanic SST anomalies variability in the North Atlantic is dominated by the so-called North Atlantic tripole (first PC, representing 28.6% of variance).

Correlation analysis was carried out between the scores of the six SST anomaly principal components and 700 and 500 mb geopotential height, zonal and meridional wind components over the Baltic region and also geopotential height anomalies in the Eastern Atlantic–Eurasian–Western Pacific realm corresponding to different teleconnection patterns. The results of this study are also in good agreement with the work of Lau and Nath (1994), Graham et al. (1994) and Delworth (1996). Investigation results suggested that the dominant modes of interannual SST anomalies variability in the North Atlantic are principally forced by atmospheric variability with the notion that atmosphere is driving the ocean. The leading mode of co variability in the North Atlantic SST anomalies and most teleconnection indices over the East Atlantic and Eurasia is characterized by statistically significant correlation coefficients, which indicated that the atmosphere circulation leads ocean from 1 to 3 weeks. As well as 700 and 500–hPa heights lead ocean for a period up to 5 weeks.

ISSN 0132–3156 Geografijos metraštis 37(1-2) t., 2004

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, Kovalenkovienė, 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

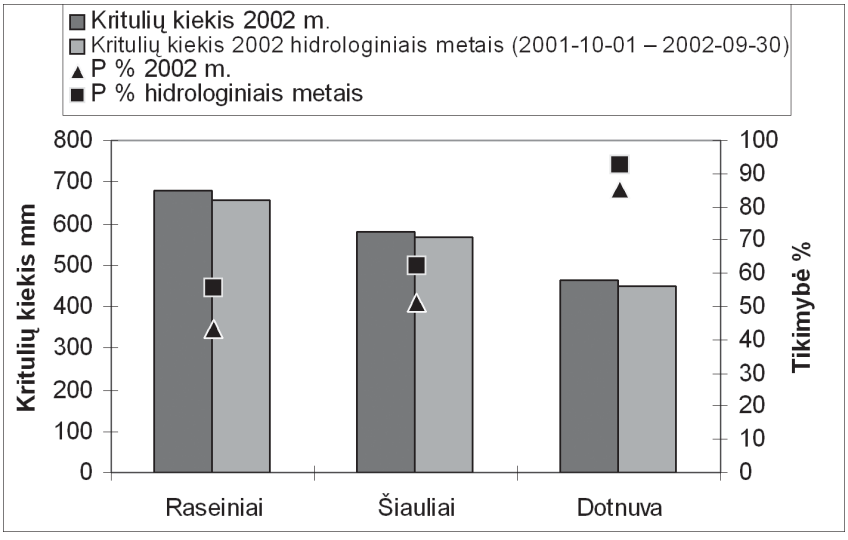
Šušvė – didžiausias Nevėžio intakas, tačiau priskiriama mažų upių kategorijai. Upės ilgis – 130,5 km, baseino plotas – 1165 km^2. Upė išteka iš Tytuvėnų tyrelio, baseino aukštupys pelkėtas (Gaigalis ir kt., 1979). Vidurupyje Šušvė teka Šeduvos moreninio ruožo pakraščiu. Ties Pilsupiais upė prasiveržia 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 iškrintantis 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 išmatuotąjį, 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).

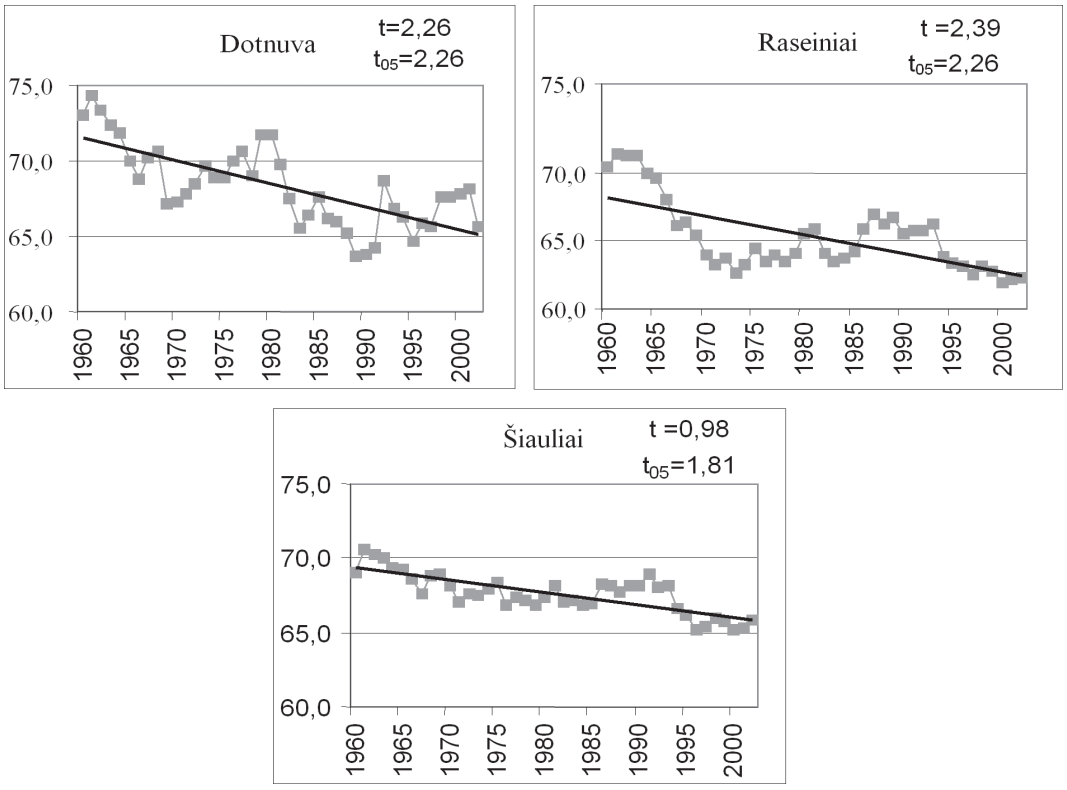
Šiltojo laikotarpio pabaigoje – rugsėjo 12 d. ir spalio 14 d. – ekspedicijų metu buvo matuojamas neišdžiūvusių upelių debitas ir nustatoma, iš kokios baseino dalies nuotėkio nebuvo. Debitas matuotas hidrometrinėmis plūdėmis (Poška, Punys, 1996).

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–rugsėjį 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 = 75–93%). 2002 metai išsiskiria tuo, kad per minimą 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.

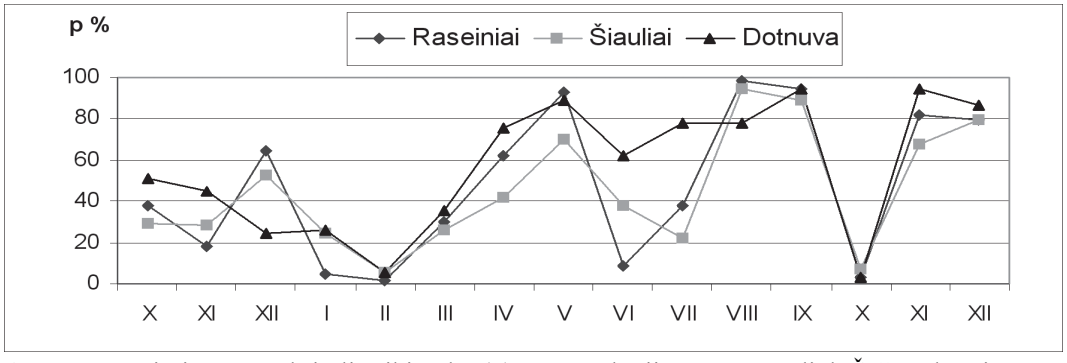
Prieš penkiasdešimt metų balandį–spalį prilydavo vidutiniškai 5–7% daugiau negu dabar (3 pav.). Aišku, tai dešimtmečių vidurkis, kai kuriais metais būta svyravimų. Tačiau Dotnuvos ir Raseinių stotyse skirtumas tarp laikotarpio pradžios ir pabaigos statistiškai patikimas (klaidos tikimybė 5% ir mažesnė). 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 diference between the beginning and the end of the period).*

Hidrologiniai 2001–2002 metai Dotnuvoje, Raseiniuose ir Šiauliuose buvo 1,9°C šiltesni už daugiametį 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 didesnį garavimą, atitinkamai mažėjant nuotėkiui.



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

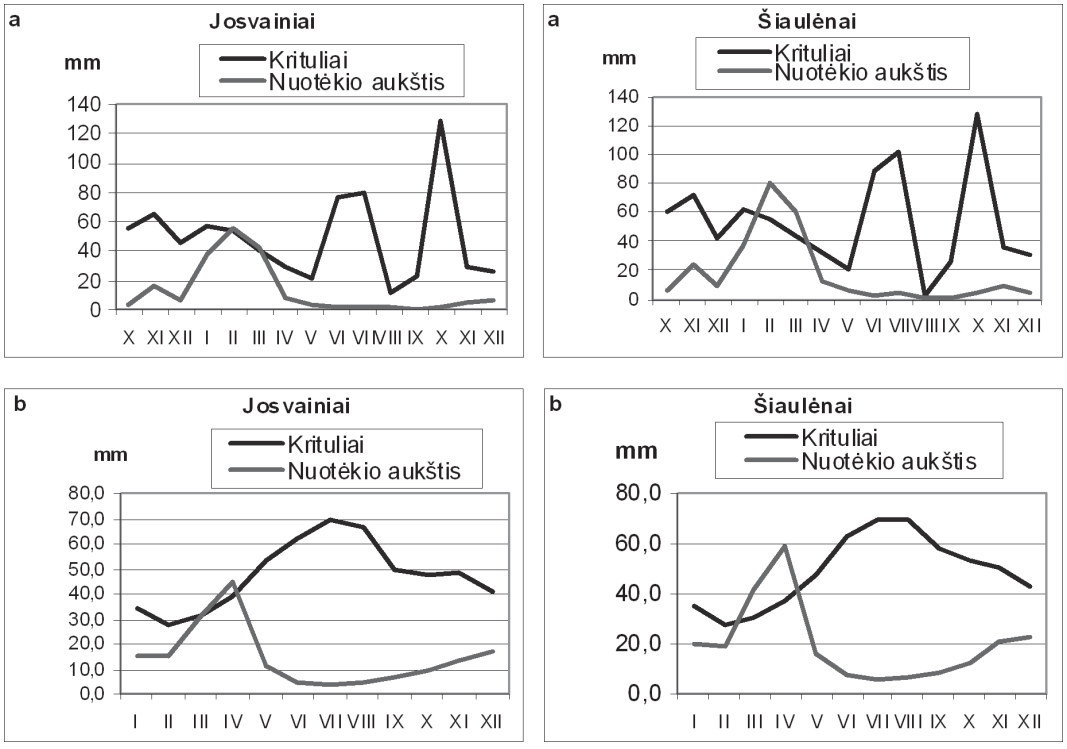
Fig. 4. *The probability (p) of monthly and seasonal precipitation according to the data of the meteorological stations around the Šušvė basin (October 2001–December 2002).*

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. Rugpjūtis 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 rugpjūčio 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).

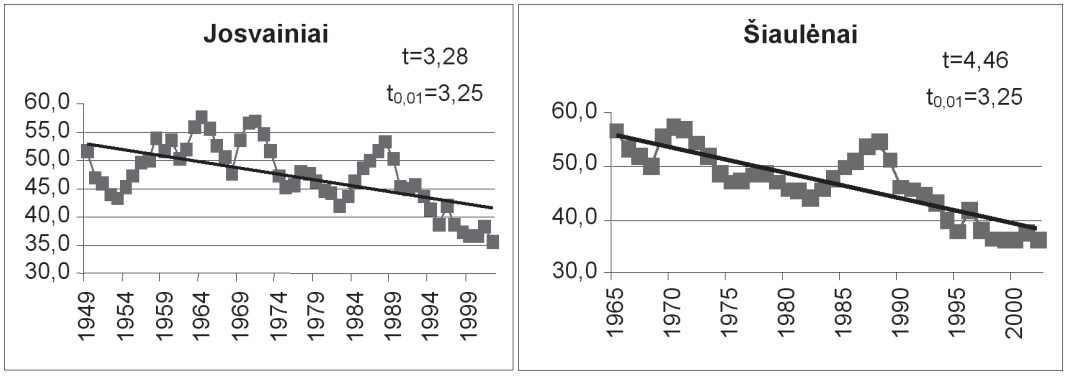
Fig. 5. *Changes in precipitation amount and depth of runoff in hydrologic posts of the Šušvė basin in 2002 (a) and long-term monthly average values (b).*

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–rugsėjį 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 daugiametį 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 geba 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 daugiametėje 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 ciklišku mas – 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 diference 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 km^2. 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. m^3 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 km^2. 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 km^2. Beržės aukštupys tebebuvo patvenktas, o Šušvės

Lentelė. Šušvės ir jos intakų debito (Q, m^3/s) ir nuotėkio modulio (q, l/s km^2) rodikliai 2002 m. šiltojo laikotarpio pabaigoje.
Table. *The discharge (Q, m^3/s) and the runoff rate (q, l/s km^2) of the Šušvė River and its tributaries at the end of the warm period in 2002.*

Upė, vieta *River, location*	**Atstumas nuo žiočių,** *Distance from the mouth,* **km**	**Baseino plotas,** *Area of the basin,* **km^2** (Gailiušis et al., 2001)		**Debito matavimo data** *Date of discharge measurements*			
		matavimo vietoje *in the measuring spot*	**visas** *whole*	**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 km^2). Gamtosauginiu nuotėkio moduliu 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 m^3/s. Šiltojo laikotarpio šie skirtumai mažesni – dviejų iš eilės parų vandens lygis upėje skyrėsi iki 52 cm, debitas – iki 5,4 m^3/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 atvejų, 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 daugiametį 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). Daugiametė 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, Mituvos ir Jūros baseinai, Vilnius.

Gailiušis B., Jablonskis J., Kovalenkovienė M. (2001). Lietuvos upės. Hidrografija ir nuotėkis, Kaunas.

Hidrometeorologiniai biuleteniai (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 km^2) 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 1ºC 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 km^2) 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 km^2.

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.

ISSN 0132–3156 Geografijos metraštis 37(1-2) t., 2004

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, įsirėžimo gylio ir kitus veiksnius (Kilkus, 1998). Nemunas pagal ilgumą (937 km) yra 14-ta, o pagal baseino plotą (97 924 km^2) – 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 km^3 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 parametrų 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 įspėjant 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):

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

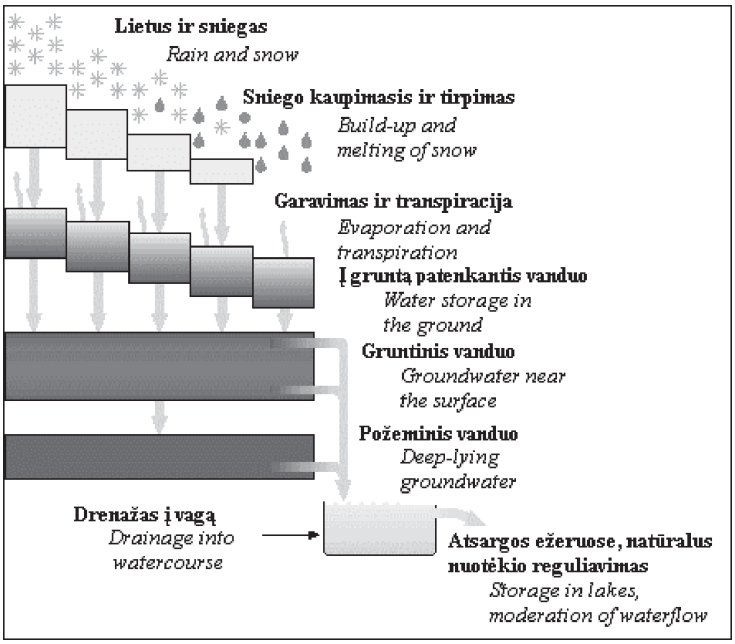
čia: P – krituliai, E – evapotranspiracija, Q – nuotėkis, SM – dirvos drėgmė, SP – vandens atsargos sniege, UZ – gruntinis vanduo, LZ – požeminis vanduo, V – ežerų tūris. Atliekamus skaičiavimus, kaip pabrėžia patys modelio kūrėjai, galima suskirstyti į tris pagrindines grupes: 1) žemės paviršių pasiekiančių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

Modelį 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 ištekančio 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 šį 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 pradedant 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 km^2), 2) tarp Nemajūnų ir Kauno HE (~2900 km^2), 3) tarp Kauno HE ir Smalininkų (~11 400 km^2), be to, kaip atskiras subbaseinas išskirta Neries atkarpos nuo Buivydžių iki Jonavos drenuojama teritorija (~13 500 km^2). 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 parametrų 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 parametrų 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 sukauptą drėgmę atspindinčių rodiklių reikšmės;
4) kalibruoti parametrai, lemiantys hidrogramos „pikų aštrumą“.

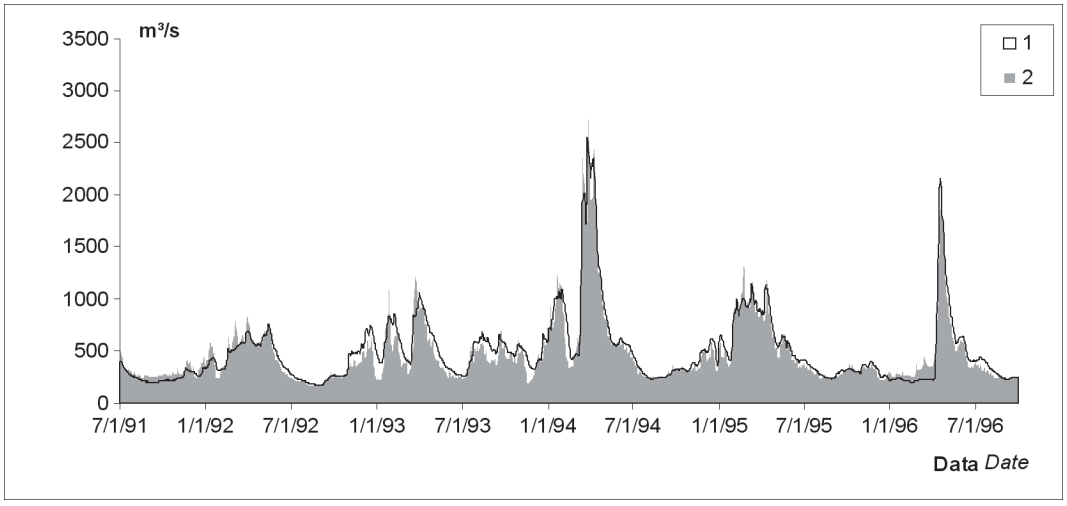
Jei atlikus visus keturis kalibracijos etapus suminis nuokrypis ir determinacijos koeficiento reikšmė viršydavo leistinas ribas, visi kalibruotieji parametrai ta pačia tvarka koreguoti iš naujo. Kalibracija visiškai baigiama tuomet, kai suminio nuokrypio reikšmė toliau koreguojant kalibracijos parametrus 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.

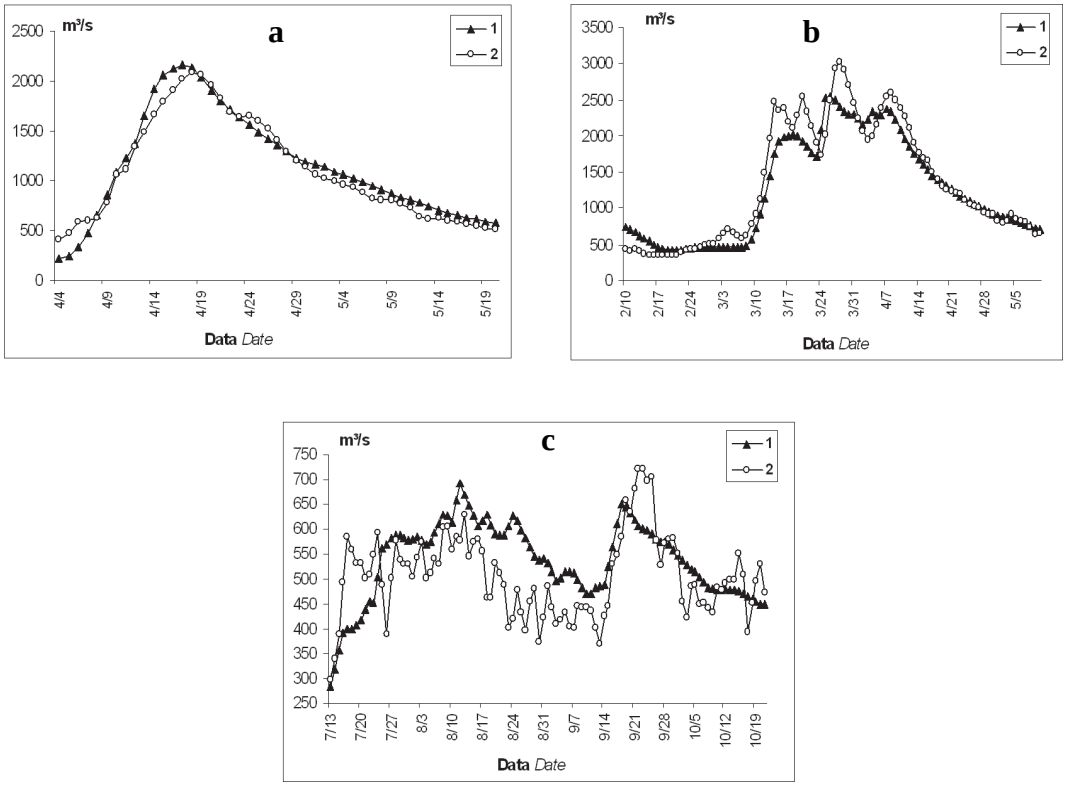
Didesni debito skirtumai visuose subbaseinuose išryškėjo modeliuojant potvynį. Be to, būtina pastebėti, jog modelis žymiai tiksliau imituoja potvynio bangos formą ir pateikia artimesnes išmatuotosioms debitų reikšmes tais atvejais, kai potvynio bangai būdingas sąlyginai lėtas kilimas bei slūgis ir tik 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%).



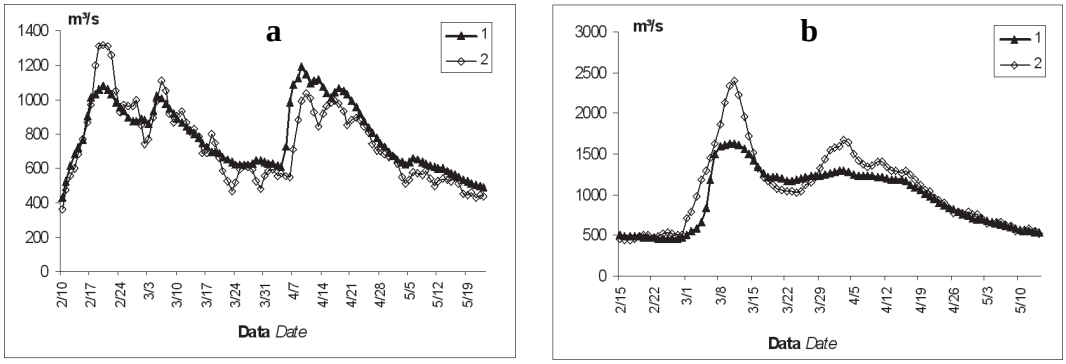
3 pav. *HBV* modeliu apskaičiuotasis (1) ir Smalininkų hidrologijos stotyje išmatuotasis (2) Nemuno debitas: a) esant 1996 m. potvyniui; b) esant 1994 m. potvyniui; c) esant 1993 m. vasaros–rudens poplūdžiams.

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 subbaseinais 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* modeliu imituojant 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 genezės 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 nuslūgti labai staigiai pirmai potvynio bangai, kilo antroji, tad ir *HBV-96* modeliu apskaičiuotosios nuotėkio reikšmės gan ženkliai skiriasi nuo išmatuotųjų (4 pav., b).



4 pav. *HBV* modeliu 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 in1998 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) – Neries 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 *Hydrological stations*	**Kalibracija**/*Calibration* laikotarpis/*period*: 1991-07-01–1996-10-01		**Verifikacija**/*Verification* laikotarpis/*period*: 1996-10-01–1999-12-31	
	R^2	suminis nuokrypis (mm) *accumulated difference (mm)*	R^2	suminis nuokrypis (mm) *accumulated difference (mm)*
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 pradedant 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 atitekėjimo 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). Pavasarinių 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.

Gintaras Valiuškevičius, Egidijus Rimkus, Gintautas Stankūnavičius, Arūnas Bukantis
Vilnius University

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 km^2), 2) Nemajūnai and KHS Kaunas Hydropower station (~2900 km^2), 3) KHS and Smalininkai (~11400 km^2). Besides, a separate subbasin was distinguished in the Neris River sector between Buivyd•iai and Jonava (~13500 km^2). 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).

ISSN 0132–3156 Geografijos metraštis 37(1-2) t., 2004

EŽERO BASEINO IR APYEŽERIO ĮTAKA ORGANOGENINIO ATABRADO RAIDAI

Rita Linkevičienė, Julius Taminskas, Rasa Šimanauskienė
Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševčenkos g. 13, LT-03223, Vilnius
El. paštas: rita.linkeviciene@geo.lt; julius.taminskas@geo.lt; rasa.simanauskiene@geo.lt

Įvadas

Ežero organogeninio atabrado formavimasis yra nauja ir daugiaplanė problema, kurią turėtų tyrinėti ne viena mokslo sritis. 2001–2003 metais šia tema dirbo įvairių sričių mokslininkai, vykdydami kompleksinį mokslo tyrimo projektą *Ežerų kranto zonos žemėnaudos įtaka organogeninio atabrado formavimuisi.* Buvo surinkta duomenų apie ežero hidrofizinius, hidrocheminius ir hidrobiologinius rodiklius, atabrado nuosėdų geochemiją ir granuliometriją, kompleksiškai ištirta eulitoralės, apyežerio ir ežero baseino augalija, hidrologiniai ir morfologiniai rodikliai, žemėnaudos struktūra bei nagrinėtas jų poveikis organogeninio atabrado susidarymui. Tačiau norint giliau pažinti organogeninio atabrado formavimosi dėsningumus ir visos limnologinės sistemos raidą reikėtų dar išplėsti tyrimus ir surinkti įvairesnę faktologinę medžiagą, pradedant organinės medžiagos produkavimu ir baigiant jos destrukcija ar kvazistacionaria akumuliacija.

Šiame straipsnyje, remiantis pirminiais tyrimais, pabandyta apžvelgti bendruosius organogeninio atabrado formavimosi dėsningumus bei išanalizuoti ežero baseino ir apyežerio žemėnaudos įtaką šiam procesui. Pabrėžtina, kad šie tyrimai yra tik pirminės stadijos, todėl tyrimų rezultatai iškelia daugiau klausimų, nei duoda vienareikšmių atsakymų. Daugeliui tyrinėjimų rezultatų reikalingos kartotinės patikros: faktinių duomenų, surinktų skirtingomis meteorologinėmis sąlygomis, tyrimų ežeruose su skirtingomis baseinų morfometrinėmis charakteristikomis, žemėnaudos struktūra ir kt. Atliekant tyrimus išryškėjo, kad yra labai mažai duomenų arba visai netyrinėti kai kurie procesai, vykstantys eulitoralėje ir atabrado zonoje, pavyzdžiui, organinės medžiagos destrukcijos priklausomybė nuo vandens lygio svyravimo, mikroklimato ir hidrofizinių rodiklių kaita eulitoralėje, įvairios organinės medžiagos (žiedadulkių, skirtingų medynų nuokritų, žolinės augalijos ir kt.) destrukcijos intensyvumas eulitoralėje ir litoralėje bei kiti klausimai. Taigi šio straipsnio tikslas – apibendrinti ežero baseino, kranto zonos žemėnaudos pokyčius ir jų poveikį organinės medžiagos susidarymui, pernašai, destrukcijai ir akumuliacijai.

Darbui iškelti uždaviniai:

• įvertinti ežero baseino, apyežerio ir eulitoralės žemėnaudos kaitą XX a. ir jos poveikį organogeninio atabrado formavimuisi;

• atlikti medynų ir organinės medžiagos ežero pakrantėje lyginamąją analizę;

• įvertinti gamtosaugos priemonių poveikį organogeninio atabrado susidarymui.

1. Metodika

Straipsnyje pateikti apibendrinti duomenys, kuriuos 2001–2003 m. surinko Geologijos ir geografijos instituto Klimato ir vandens sistemų skyriaus darbuotojai.

Apyežerio žemėnaudos retrospektyvinė analizė apima Balsio ir Gulbino (Vilniaus m.), Spėros (Širvintų r.), Duobulio ir Kreivąjį ežerus (Molėtų r.). Ji atlikta pagal kartografinę medžiagą: topografinius žemėlapius (1915 m., M 1:25 000), aerofotonuotraukas (1952–1970 m.) ir miškotvarkos planus (2000 m., M 1:10 000). Apyežerio riba nustatyta pagal reljefą, įvertinus iš kokios teritorijos tiesiogiai į ežerą gali patekti šlaitinė nuoplova. Apyežerio plotas apskaičiuotas iš 1:10 000 mastelio miškotvarkos planų. Įvairių tipų žemėnaudos (miško, pievų ir bendras apyežerio) plotai perskaičiuoti proporcingai šiam plotui remiantis ankstesne kartografine medžiaga.

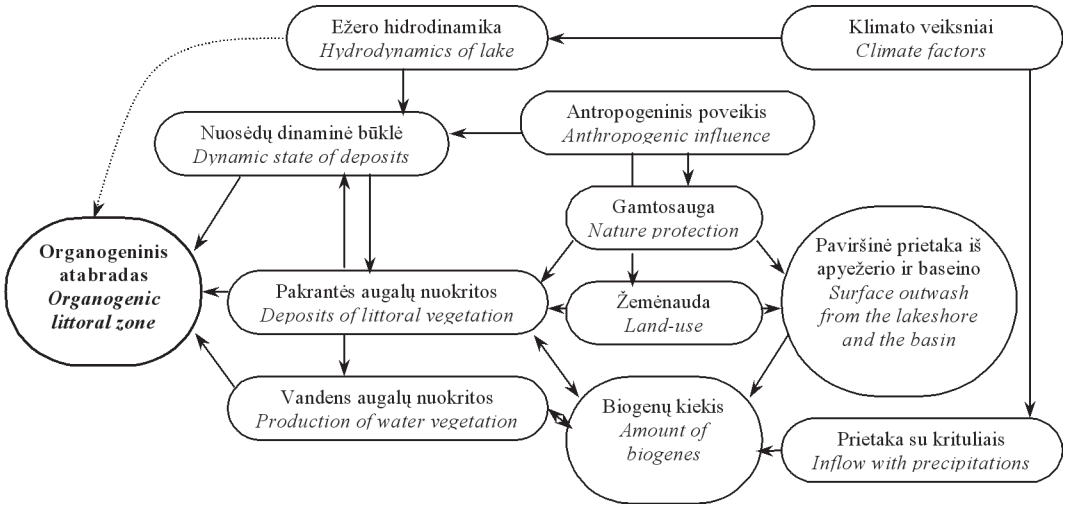
Augalijos poveikis organogeninio atabrado formavimuisi vertintas Balsio ir Gulbino ežeruose, nustatant nuokritų absoliutų sausosios medžiagos kiekį (t/m.) bei vidutinį nuokritų sausosios medžiagos kiekį (t/ha/m.). Eulitoralės riba nustatyta pagal daugiametį vandens lygio svyravimą.

2. Bendrieji organogeninio atabrado formavimosi principai

Organogeninis atabradas formuojasi ežero pakrantėje kaupiantis ir yrant organinei medžiagai. Didžioji dalis šių liekanų susidaro iš atabrade augančių makrofitų bei eulitoralės ir apyežerio augalijos kasmetinių nuokritų. Pratakiuose ežeruose šiam procesui poveikio turi ir iš baseino atnešamas ištirpusių biogenų kiekis bei nesuirusi organinė medžiaga. Apyežerio reljefas, mikroklimato sąlygos ir metinis ežero vandens lygio svyravimas lemia organinių liekanų kaupimosi sąlygas: sausuminėje pakrantės dalyje ir nuosėkio metu eulitoralėje atsidengusios organinės nuosėdos išdžiūva, greičiau mineralizuojasi, dalis jų vėjo ir vandens išnešama iš atabrado. Priekrantinių nuosėdų, tarp jų ir organinių liekanų, kaupimąsi lemia ežero atabrado dinaminė būklė: abraduojamose, perklostomose ežero kranto atkarpose nuosėdos nuolat maišomos, dalis jų išnešama į gilesnes ežero dalis, tuo tarpu į akumuliacinį atabradą patekusi medžiaga, priklausomai nuo priekrantinių srautų galios, daugiausia suklostoma įvairiose atabrado vietose. Nuo ežero atabrado dinaminės būklės priklauso ir makrofitų juostų formavimasis. Dar vienas labai svarbus organogeninio atabrado raidos veiksnys – į ežerą ir jo atabradą patenkančių biogeninių medžiagų kiekis, nuo kurio priklauso ir vandens, ir pakrantės augalijos bioproduktyvumas (1 pav.).

Lietuvos gamtinėmis sąlygomis į ežerus dažniausiai organinės medžiagos patenka daugiau nei išnešama su nuotėkiu ar ji spėja mineralizuotis. Kvartero nuogulų dengiamuose, gausiai kritulių maitinamuose baseinuose formuojasi gana vešli augmenija, tankus hidrografinis tinklas bei nemaži reljefo nuolydžiai didina paviršinę nuoplovą ir medžiagų transportą link reljefo duburių, kuriuose dažnai telkšo ežerai. Dauguma negilių Lietuvos ežerų (92% batimetriškai tirtų ežerų vidutinis gylis neviršija 10 m, 39% – 3 m) pagal hidrobiologines sąlygas yra eutrofiniai, ne tokie maistingi yra tik giliausieji, mažesnę antropogeninę apkrovą patiriantys bei šiuolaikinių geomorfologinių procesų (pvz., karsto) suformuoti „jauni“ ežerai. Be palankių gamtinių sąlygų, biogenų kiekio didėjimą ežeruose bei eutrofikacijos procesus labai paspartino XX a. viduryje sparti žemės ūkio bei pramonės plėtra ir tuo metu dar menkai sprendžiamos gamtosaugos problemos. Didėjanti organinių medžiagų prietaka iš baseino, intensyvėjanti ežerų eutrofikacija ir dažnai sutrikdyti natūralūs hidrodinaminiai procesai sudarė palankias sąlygas intensyviai formuotis organogeniniam ežerų atabradui.

Su šlaitine nuoplova bei vandens prietaka į ežerą patenkantys biogenai didina makrofitų bei fitoplanktono produktyvumą. Jeigu organikos prietaka į ežerą viršija jos destrukcijos intensyvumą, ežeras senėja: palaipsniui užželia ir virsta pelke. Klimatinių, mikroklimatinių sąlygų, hidrodinaminių procesų ežere ir ypač litoralėje, vandens ir organikos balanso pokyčiai



1 pav. Organogeninio atabrado formavimosi veiksniai.
Fig. 1. *Factors influencing the formation of organogenic littoral zone.*

gali sutrikdyti tokią ežero raidą, paspartindami jo eutrofikaciją arba, atvirkščiai, vėl sugrąžindami ežerą į ankstesnį brandos tarpsnį.

Ežerai, jų pakrantės naudojamos seniai. Žmogaus santykis su ežeru keitėsi priklausomai nuo gyvensenos. Anksčiau žmonės pasyviai naudojosi ežerų teikiamomis galimybėmis, ekstensyvi ūkinė veikla baseine beveik netrikdė natūralios ežero raidos ir gamtinių funkcijų. Daugiau duomenų apie ežerų ir apyežerių būklę, pagrįstų instrumentiniais matavimais, turima nuo XX a. pradžios. Tuomet Lietuvos ūkyje svarbią vietą užėmė ekstensyvi žemdirbystė. Plėtojant šią veiklą buvo įsisavinamos ir mažiau žemės ūkiui tinkamos ežerų pakrantės, didelė dalis kasmetinės žolinės produkcijos ir menkaverčių medžių buvo pašalinami iš apyežerio. Ekstensyvios žemdirbystės lemiama biogenų prietaka iš baseino taip pat buvo minimali. Maždaug 3-e XX a. dešimtmetyje žemės ūkis pradėjo intensyvėti: pradėta sausinti organinius dirvožemius, naudoti mineralines trąšas, didėjo biogenų ir organinės medžiagos prietaka iš baseino. Šie procesai dar paspartėjo 7–9 dešimtmečiais, kuomet ežerų pakrantes nustota naudoti ekstensyviam žemės ūkiui, intensyvi žemės ūkio veikla plečiama baseinuose, ežerų pakrantėse atsiranda taškinės taršos šaltinių. Kita vertus, baseino hidrografiniai pokyčiai, vandens lygio reguliavimas pakeitė vandens apykaitos ir lygio sezoninį svyravimą, hidrodinaminį pakrantės nuosėdų perklostymą bei organinių medžiagų mineralizaciją. Intensyvėjant ūkinei veiklai bei įvairėjant žmonių poreikiams ežerų bei apyežerių funkcinis pritaikymas plėtėsi: be tradicinio naudojimo žvejybai, ežerai tapo vandens talpyklomis hidroenergetikos bei melioracijos įmonėms, aušintuvais įvairių pramonės šakų technologiniuose cikluose, nuotekų priimtuvais ir pan. Iki pat paežerių nusidriekė žemės ūkio naudmenų bei ganyklų plotai. Visų šių paminėtų ir nepaminėtų ežerų bei jų baseinų funkcijų atsiradimas lėmė tai, kad „žmogiškasis faktorius“ tapo labai svarbus tolesnei ežerų raidai.

Siekiant sulėtinti ežerų eutrofikacijos procesą, mažinti biogenų prietaką, imta riboti ūkinę veiklą ežerų pakrantėse: įteisintos vandens telkinių apsaugos juostos ir zonos ir griežtai reglamentuotas jų naudojimas. Praėjusį dešimtmetį intensyvaus žemės ūkio laikotarpis baigėsi, svarbesnis tapo ežerų ir jų pakrančių naudojimas rekreacijai. Dėl rekreacinės veiklos didėja mechaninis pakrantės nuosėdų permaišymas. Kita vertus, aplinkosaugos reikalavimai, ribojantys teršalų patekimą iš žemės ūkio naudmenų bei taškinės taršos objektų į vandens telkinius, kartu riboja ir intensyvią veiklą pakrantėse, stabilizuodami atabrado nuosėdas ir

suformuodami krūmynus bei organinių nuosėdų storymę eulitoralėje.

Taigi organogeninių atabradų raida ežeruose priklauso nuo daugybės įvairiomis kryptimis veikiančių veiksnių, kurių pusiausvyra nuolat kinta tiek laike, tiek erdvėje, kartu keisdama ir pakrančių būklę. Antropogeninis poveikis ežerams ir jų atabradams ateityje tikrai nemažės. Todėl aktualesnė problema yra ne šios įtakos ribojimas (nors ir šis ribojimas, pavyzdžiui, vandensauginių juostų nustatymas, jau yra antropogeninis poveikis), bet darnus funkcinis naudojimas, padedantis išsaugoti ežerų gamtines vertybes, ūkinį potencialą bei rekreacinį ir estetinį patrauklumą.

3. Ežero baseino, apyežerio ir eulitoralės žemėnaudos poveikis atabrado raidai

Ežero ir pakrantės augalijos bioproduktyvumą, be kitų veiksnių, lemia ir ežero baseino, apyežerio ir eulitoralės žemės naudmenų struktūra bei jos kaita. Čia per metus susidarančios organinės medžiagos nėra iki galo mineralizuojamos arba pašalinamos iš ežero aplinkos, todėl jos su eroziniais produktais ir tekančiu vandeniu upėmis bei su krituliais patenka į ežerą.

Iš baseino į ežerą patenkantis biogenų kiekis priklauso nuo ežero mitybos sąlygų bei baseino geocheminių rodiklių ir ūkinio naudojimo. Intensyvios žemės ūkio veiklos metais (XX a. 8–9 dešimtmečiai) Lietuvos ežeruose bendrojo azoto koncentracija siekė 6 mg/l, o bendrojo fosforo – 0,8 mg/l (Taminskas, 2001). Geriausi biogenų akumuliatoriai yra vešlios augmenijos plotai (miškai, pievos, ganyklos), todėl su paviršine nuoplova didžiausias biogenų kiekis iš baseino į ežerą patenka iš urbanizuotų ir (ar) agrarinių teritorijų (ypač dirbamų laukų). Lyginant Balsio, Gulbino, Spėros, Duobulio bei Kreivojo ežerų baseinus, paaiškėjo, jog labiausiai antropogenizuotas yra Gulbino baseinas – daugiau nei trečdalį (33,85%) baseino ploto užima užstatytos arba rengiamos užstatyti teritorijos. Daugiausia ariamos žemės taip pat yra Gulbino (20,7%) bei Spėros (17,2%) ežerų baseinuose. Taigi pastarieji ežerai išsiskiria didesniu biogenų prietakos potencialu, nei Balsio (dirbamos žemės – 5,2%), Duobulio (0%) ar Kreivojo (0%) ežerų baseinai. Tiesioginį paviršinės nuoplovos poveikį Gulbino bei Spėros ežerams sustiprina ir tai, jog dirbami laukai tiesiogiai siekia ežerą (šiaurinė Spėros ežero dalis) ar intakus (Gulbino ežero vakarinė dalis).

Vis dėlto didžiausią poveikį ežerų trofiškumui turi apyežerio bei eulitoralės zonose besiformuojanti žemėnaudos struktūra. Šiose zonose, kaip ir visame baseine, fitocenozės atlieka svarbų barjero vaidmenį, kaupdamos biogenus bei taip neleisdamos tiesiogiai į ežerus patekti eutrofikaciją skatinančioms medžiagoms. Kita vertus, ežerų pakrančių apaugimas krūmais ir medžiais turi ir negatyvų poveikį. Lapų, spyglių, šakų, žolinės augalijos nuokritos, patekusios į vandens telkinius, didina atabrado zonos bioproduktyvumą bei organinių medžiagų kiekį. Lyginant su kitais žemėveiksliais, fitomasės prieaugis miškuose yra didžiausias, metinis prieaugis siekia 9,7 t/ha, tuo tarpu žemės ūkio naudmenų – 8,2, pelkių – 7, krūmų – 6,5 t/ha (Bumblauskis, 1988). Vadinasi, daugiausia biogeninių medžiagų su paviršine nuoplova į ežerą patenka iš mišku apaugusių apyežerio bei eulitoralės zonų.

Tirtųjų ežerų eulitoralėse (miškų 59–100%) ir apyežeriuose (miškų 91–100%) vyrauja miškingos teritorijos, išskyrus Spėros apyežerį, kur medynai užima tik 26,9% ploto. Todėl tyrimų metu ypač svarbu buvo įvertinti miškų poveikį organogeninio atabrado susidarymui.

Apyežeryje bei eulitoralėje augančių medynų nuokritų absoliutus sausosios medžiagos kiekis (t/m.) bei vidutinis nuokritų sausosios medžiagos kiekis (t/ha/m.) buvo apskaičiuojamas dviem skirtingais skaičiavimo metodais (Ežerų..., 2002; Jodinskaitė, 2002). Lyginant, rininės (Balsys, Gulbinas) bei ledo luisto guolio (Spėra, Duobulis, Kreivasis) kilmės ežerų eulitoralės

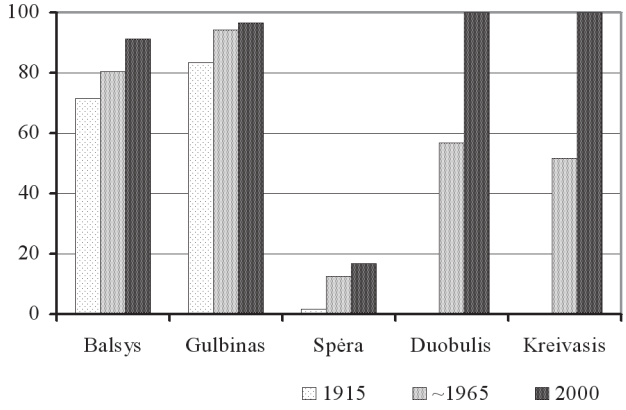
bei apyežerio tyrimo rezultatus, išryškėjo bendrieji dėsningumai, atskleidžiantys tendencingą medinės augalijos poveikį organogeninio atabrado formavimuisi.

Nagrinėtų ežerų apyežeriuose ryškią persvarą (išskyrus Spėros apyežerį) turi spygliuočiai medžiai (vyrauja pušynai). Kadangi nuokritų sausosios medžiagos kiekis (t/m.) yra tiesiogiai proporcingas medynų užimamam plotui, natūralu, jog spygliuočių medynai ir suformuoja didžiausią nuokritų kiekį (t) per metus. Kita vertus, apskaičiavus vidutinį nuokritų sausosios medžiagos kiekį (t), tenkantį ploto vienetui (ha), paaiškėjo, jog, nepaisant spygliuočių medžių užimamo ploto, visuose apyežeriuose didžiausias vidutinis nuokritų kiekis (t/ha/m.) susiformuoja po lapuočiais (ypač po beržynais, liepynais).

Tyrimų metu daug dėmesio buvo skirta detalioms eulitoralės studijoms, kadangi iš šios periodiškai užliejamos zonos kasmet į ežerą patenkančių maisto medžiagų kiekis yra didžiausias. Didžiausią visų ežerų eulitoralės plotą užima lapuočiai medynai (Spėros eulitoralėje net 100%), formuojantys tiek didžiausią metinį nuokritų kiekį (t/m.), tiek nuokritų kiekį, tenkantį ploto vienetui (t/ha/m.). Pagal pastarąjį rodiklį, tirtųjų ežerų eulitoralėje vyrauja beržynai, liepynai bei juodalksnynai.

Norint prognozuoti biogeninių medžiagų prietaką į ežerą bei organogeninio atabrado formavimąsi, į tirtųjų ežerų pakrantės miškų vystymąsi buvo pažvelgta iš istorinės perspektyvos. Dabartinė situacija apyežeriuose buvo įvertinta pagal 2000 m. Valstybinio miškotvarkos instituto sudarytus planus, o eulitoralės zonose – lauko tyrimų metu. XX a. 6–7 dešimtmečių žemėnauda užfiksuota aerofotonuotraukose: Duobulio ir Kreivojo ežerai patenka į 1952 m. nuotrauką, Balsys ir Gulbinas – į 1969 m., Spėra – į 1970 m. XX a. pirmųjų dešimtmečių žemėnaudą galima apytiksliai įvertinti pagal 1915 m. vokiečių sudarytus topografinius žemėlapius.

Atlikus detalesnę apyežerių žemėveikslių kaitos XX a. analizę, paaiškėjo, jog miškų plotas tirtųjų ežerų apyežeriuose XX a. didėjo (2 pav.). Rininių Gulbino ir Balsio ežerų šlaitai miškais buvo apaugę ir XX a. pradžioje, todėl miškų plotas čia nelabai padidėjo (13–20%), ypač turint omenyje tai, kad buvo naudojama nevienoda kartografinė medžiaga. Spėros apyežerio pietinėje dalyje 1915 m. žemėlapyje pažymėtas tik vienas nedidelis miško plotelis (beje, pagal 1929–1934 m. Lietuvos karo topografijos skyriaus atliktus matavimus išleistame 1:100 000 mastelio žemėlapyje, matyt, dėl generalizacijos, nepažymėtas ir šis plotelis). Vėliau miškas plėtėsi užimdamas anksčiau buvusios krūmokšniais ir pieva apaugusios pelkės vietą. Pašlapusių pievų plotas nuo 1915 iki 1970 metų Spėros apyežeryje sumažėjo beveik perpus. Didžiausi žemėnaudos pokyčiai nustatyti Duobulio ir Kreivojo ežero pakrantėse. Dabar itin miškinguose apyežeriuose XX a. viduryje miškai užėmė tik kiek daugiau nei pusę ploto (2 pav.).



2 pav. Miškų ploto kaita tirtuose apyežeriuose, %.
Fig. 2. *Changes of forested areas in the lakeshore, %.*

Galima įžvelgti dvi pagrindines tokių žemėnaudos pokyčių priežastis. Viena vertus, miškais buvo užleidžiamos žemės ūkiui netinkamos dirvos ir pievos. XX a. viduryje, keičiantis žemės valdymo ir dirbimo formoms, dirbamų laukų plotai buvo stambinami, ir kalvotų (kaip Duobulio ir Kreivojo ežero) bei pelkėtų (kaip Spėros) apyežerių panaudojimas žemės ūkiui tapo nerentabilus. Šią tendenciją dar sustiprino vandens telkinių apsaugos zonų ir juostų įteisinimas, įstatymiškai apribojęs ūkinę veiklą apyežerio bei eulitoralės zonose.

Taigi XX amžiuje Balsio, Gulbino, Spėros, Duobulio ir Kreivojo ežerų pakrantėse miškų plotai išsiplėtė, kartu padidėjo ir bendras apyežerio bei eulitoralės produktyvumas, susiformuojantis organinių nuokritų kiekis. Tai patvirtina ir atlikti skaičiavimai, jog tirtųjų ežerų apyežeryje bei eulitoralėje nuokritų kiekis ploto vienetui per metus yra didžiausias po lapuočių medynais (ypač beržynais, liepynais, juodalksnynais), užimančiais santykinai nedidelius medynų plotus, lyginant su spygliuočiais. Tuo remiantis galima daryti išvadą, jog didžiausią poveikį ežerų eutrofikacijai bei organogeninio atabrado formavimuisi daro lapuočių miškai (beržynai, liepynai, juodalksnynai) – didėjant šių medynų plotui, didės ir juose susidarančių nuokritų kiekis, kas savo ruožtu spartins organogeninio atabrado formavimąsi.

4. Organinės medžiagos kiekio atabrade priklausomybė nuo pakrantės medynų

Siekiant nustatyti konkrečių tipų medynų poveikį organogeninio atabrado raidai buvo atlikta Balsio ir Gulbino ežerų pakrantės medynų ir organinės medžiagos kiekio atabrade lyginamoji analizė.

Organinės medžiagos kiekio dalis nuosėdose įvairiose Balsio eulitoralės atkarpose svyruoja plačiame diapazone, nuo mažiausio – <5% pietinėje, labiausiai antropogenizuotoje, ežero dalyje (31, 32, 33 ploteliai) iki maksimalaus – >20% šiaurrytinėje ir šiaurinėje ežero dalyse (7, 15, 16, 17 ploteliai; 3 pav.).

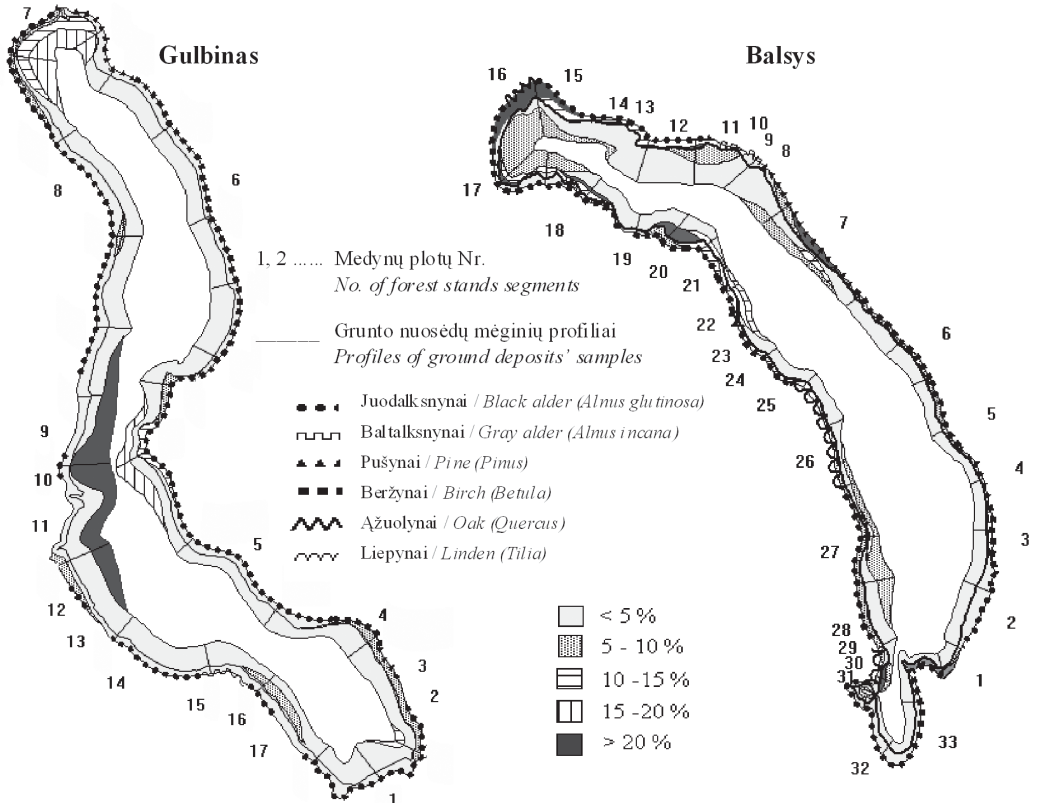
Medynų suformuotų nuosėdų, kartu ir organinės medžiagos kaupimąsi eulitoralėje būtų galima sieti ne tik su medynų užimamais plotais, bet ir su jų skalsumu bei ežero pakrančių reljefu. Balsio eulitoralėje mažiausius plotus užima baltalksnynai (0,0075 ha) bei ąžuolynai (0,0575 ha), tačiau jų nuokritos suformuoja vidutiniškai didžiausią organinės medžiagos kiekį (atitinkamai 13,27% ir 16,53%). Tai galima paaiškinti priekrantės reljefo pobūdžiu: nuolydžiai šiaurinėje ežero dalyje augančiuose ąžuolynuose (31 plot., 3 pav.) yra nedideli, ežero krantai lėkšti, ši ežero dalis pelkėta.

Organinės medžiagos ties baltalksnynų augavietėmis (8, 10 plot., 3 pav.) į Balsio ežerą patenka su intako nešmenimis, todėl galima teigti, jog ties ąžuolų bei baltalksnių medynais Balsio priekrantėje nedidelė paviršinė nuoplova lemia didelius organikos kiekius, besiformuojančius eulitoralės zonoje.

Didžiausius plotus Balsio eulitoralėje užima nemažo skalsumo beržynai bei juodalksnynai, todėl vidutinis organikos kiekis po šiais medynais yra vienas didesnių (atitinkamai 12,42% ir 7,62%; 4 pav.). Nagrinėjant apaugusias šiais medynais atskiras eulitoralės atkarpas, vėlgi išryškėja pakrantės reljefo bei krantų vingiuotumo įtaka organikos kaupimuisi. Pietrytinėje bei rytinėje ežero dalyse, kur krantai statūs bei mažai vingiuoti, po šiais medynais organikos kiekis tesiekia 5–10%, tuo tarpu šiaurinėje, šiaurvakarinėje bei vakarinėje Balsio pakrantėse, kur didesnis krantų vingiuotumas bei nedidelė paviršinė nuoplova, didesni kiekiai organikos turi tendenciją susilaikyti ežero priekrantėje, neišnešant jos į ežero gilumą. Mažiausiomis vidutinėmis organikos reikšmėmis išsiskiria pušynai (4,63%) ir liepynai (4,1%), užimantys vienus mažiausių plotų Balsio eulitoralėje bei dažniausiai formuojantys retmiškius.

Balsio ežero litoralėje (1 m gylyje) visų medynų poveikio zonos ploteliams būdinga

organinės medžiagos kiekio mažėjimo trendas. Šį reiškinį, matyt, galima sieti su ežero hidrodinamika (bangavimas, priekrantinės srovės, vandens lygio svyravimas) bei žmogaus veikla (maudymasis, plaukiojimas valtimi, žvejojimas ir pan.). Minėti veiksniai, išjudinantys bei išmaišantys litoralės zonoje esančias nuosėdas, kartu riboja ir organinių medžiagų kaupimąsi ežero atabrade. Balsio ežere, 1m gylyje, maksimalūs organikos kiekiai (>20%) nustatyti tik šiaurvakarinėje dalyje, beržynais ir juodalksnynais apaugusiose eulitoralės atkarpose (17, 18, 20 plot.; 3 pav.). Tai galima sieti su šioje dalyje vyraujančiu labai vingiuotu krantu ir mažu bangavimu regione vyraujant vakarų ir pietvakarių krypties vėjui: iš eulitoralės zonos pakliuvusios medynų nuokritos kaupiasi ramiuose ežero įlinkiuose, kartu formuodamos gausią organiką.

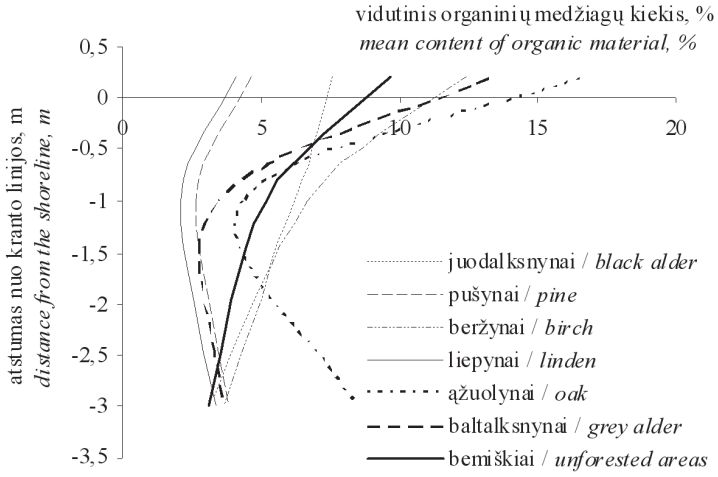


3 pav. Organinės medžiagos pasiskirstymo Gulbino ir Balsio ežerų kranto zonoje schema.
Fig. 3. *The scheme of the distribution of organic material in the littoral zone of Balsys Lake.*

Einant gylyn, ežero dubens šlaito zonoje (3 m gylyje), daugumos medynų nuokritų vidutinis organikos kiekis turi tendenciją didėti (4 pav.), ypač Balsio šiaurrytinėje, šiaurvakarinėje bei vakarinėje dalyse. Vakarinėje dalyje (27, 28 plot.; 3 pav.) tai galima sieti su stačiais ežero krantais bei didele paviršine nuoplova, lemiančia medynų nuokritų išnešimą į ežero gilumą bei organinių medžiagų padidėjimą ežero dubens šlaito zonoje. Tuo tarpu šiaurvakarinėje ežero dalyje, vyraujant lėkštiems ežero krantams bei apipelkėjusioms pakrantėms, ežero dubens zonoje organinės medžiagos padidėja iki 8,36% (ąžuolynuose) ir tai greičiausia susiję su lėtesniais hidrodinaminiais procesais.

Gulbino ežero eulitoralėje organinės medžiagos grunte aptinkama tik iki 5%, ir tik kai kuriose atkarpose, kur ežero krantai ne tokie statūs, jos padaugėja iki 15% (pietrytinėje ir

rytinėje ežero dalyse, 2, 3, 4 ir dalis 5 plot.; 3, 5 pav.). Toks mažas organikos kiekis eulitoralėje, matyt, susijęs su dažniau kintančiu vandens lygiu ir didesne vandens lygio svyravimo amplitude, dėl ko organinė medžiaga lengviau pernešama į litoralę bei gilesnę ežero akvatoriją.



4 pav. Organinių medžiagų pasiskirstymas įvairių tipų medynų gruntuose Balsio ežero kranto zonoje.
Fig. 4. *Distribution of organic material under the different forest stands in the littoral zone of Balsys Lake.*

Didžiausią plotą eulitoralėje užima bemiškės teritorijos (4,50 ha). Tačiau pagal suformuojamą vidutinį organikos kiekį eulitoralėje jas lenkia beržynai. Palyginus po įvairiais medynais susiformuojantį vidutinį organikos kiekį grunte su bemiškėmis Gulbino eulitoralės vietomis, matyti, jog atvirose vietose vidutinis organinės medžiagos kiekis grunte yra 0,1% mažesnis už didžiausią miškingo ploto rodiklį (beržynai). Kita vertus, vakarinėje ežero dalyje (11 plot.; 3 pav.), ties Riešės upelio įtekėjimo bei ištekėjimo vieta, organinės medžiagos kiekis padidėja iki maksimalios vidutinės reikšmės eulitoralėje – 4,57%. Tai, matyt, susiję su upelio nešmenimis, šioje vietoje apipelkėjusiomis pakrantėmis bei netoliese augančiu juodalksnynu.

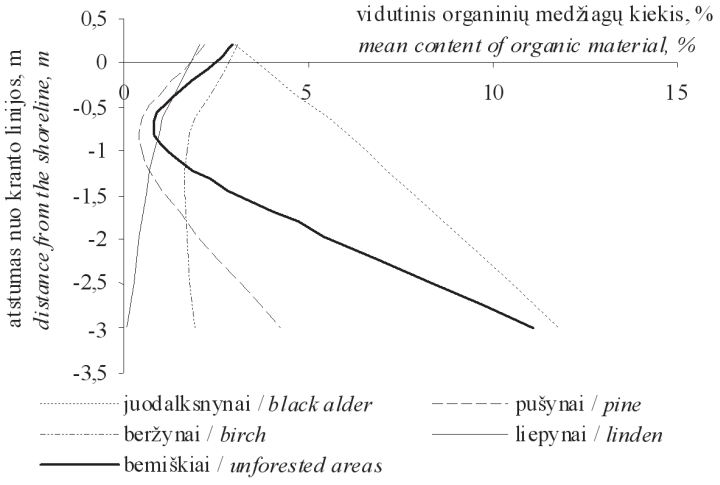
Lyginant po atskirais medynų tipais susiformuojančios organikos kiekius Gulbino eulitoralėje, nustatyta organikos kiekio tiesinė priklausomybė nuo medyno užimamo ploto. Didžiausius plotus eulitoralėje užima juodalksnynai ir beržynai (po 1,57 ha). Panašus ir po šiais medynais susiformuojančios organinės medžiagos kiekis (atitinkamai 3,02% bei 3,08%). Daugiausia organikos susiformuoja rytinėje ežero dalyje juodalksnynuose (5 plot.; 11,14%), kur vyrauja lėkštesni šlaitai bei mažesnė paviršinė nuoplova, lemianti medynų nuokritų kaupimąsi (3, 5 pav.).

Analogiškai Balsio ežerui, mažiausius organinės medžiagos kiekius suformuoja liepynai ir pušynai, ne tik užimantys mažiausius eulitoralės plotus, bet ir esantys nedidelio skalsumo, kartu čia susidaro ir nedaug nuokritų.

Gulbino litoralėje (1 m gylis), kaip ir Balsyje, visų medynų (išskyrus juodalksnynų) poveikio zonose esantiems ploteliams būdinga vyraujančios organinės medžiagos kiekio mažėjimo trendas (5 pav.). Vidutinis organinės medžiagos kiekis litoralėje sudaro iki 5% ir tik šiaurinėje (7 ir 8 plot. šiaurinės atkarpos) bei vakarinėje (10 plot.) ežero dalyse jo reikšmės siekia daugiau kaip 20% (3, 5 pav.). Maksimalios reikšmės nustatytos ties juodalksnynų plotais, atitinkamai 29,71% bei 28,03%. Šiaurinėje ežero dalyje tokius didelius organikos kiekius galima sieti su lėtesniais hidrodinamikos procesais, plačiu atabradu bei protaka su pamažu pelkėjančiu Raistelio ežeru.

Vakarinėje ežero dalyje ties nedideliais juodalksnynais greta įtekančio ir ištekančio Riešės upelio tokiems rodikliams poveikio turi ir kiti veiksniai: 1 m gylyje aptinkami dideli

organikos kiekiai susiję su Riešės upeliu atplukdomomis organinėmis medžiagomis. Lėtėjant srovės greičiui, atneštos medžiagos pamažu nusėda ir plačia juosta pasklinda po visą atabradą, todėl įvertinti tik juodalksnynų nuokritų poveikį grunto organikai yra ganėtinai sudėtinga.



5 pav. Organinių medžiagų pasiskirstymas įvairių tipų medynų gruntuose Gulbino ežero kranto zonoje.
Fig. 5. *Distribution of organic material under the different forest stands in the littoral zone of Gulbinas Lake.*

Gulbino ežero dubens šlaito zonoje (3 m gylyje), kaip ir Balsio ežere, daugumos medynų nuokritų vidutinis organikos kiekis turi tendenciją didėti (5 pav.); ypač tai būdinga vakarinei ežero dubens šlaito daliai (9, 10, 11 ir 12 kranto zonos žemėnaudos plotelių poveikio sfera). Šie keturi kranto zonos žemėnaudos ploteliai – tai besikaitaliojančios bemiškės ir juodalksniais apaugusios eulitoralės atkarpos. Maksimalios reikšmės juose (atitinkamai plotelių: 26,18%, 38,82%, 26,41% ir 26,41%; 3, 5 pav.) gerokai padidina ir bendras vidutines organikos kiekio reikšmes, apskaičiuotas to tipo teritorijoms (juodalksnynams bei bemiškėms teritorijoms). Tačiau šioje, vakarinėje, ežero pakrantėje organinių medžiagų prietakai palankias sąlygas sudaro ir Riešės upelis. Pastarojo poveikis jaučiamas net ir rytinių ežero krantų dubens šlaite – Riešės upelio nešmenys maksimalius organinės medžiagos kiekius 3 m gylyje juodalksnynais apaugusiame šlaite (5 plot.) padidina iki 18,70%.

Šiaurinėje ežero dalyje, ties protaka su Raistelio ežeru, 3 m gylyje organikos sumažėja iki 10–15% (3, 5 pav.), tačiau, lyginant jas su viso ežero dubens šlaitu, tai nemaži dydžiai, susiję su nedideliu vandens masių judėjimo bei eulitoralėje augančios augalijos nuokritų poveikiu.

Didžiojo ir Mažojo Gulbino ežerų jungties zonoje, juodalksnynais apaugusiame krante (1 plot.) dėl lėtėjančios vandens masių kaitos organinių medžiagų nuo 1 m iki 3 m gylio padidėja iki 15% (3, 5 pav.).

5. Gamtosaugos priemonių poveikis organogeninio atabrado formavimuisi

Gamtosaugos priemonių poveikis ežero organogeninio atabrado formavimuisi išryškėja per jų poveikį biogenų ir kitų teršalų prietakai bei ežero pakrantės naudojimui.

Biogenų ir organinių medžiagų, patenkančių į vandens telkinius dėl ūkinės veiklos, kiekis ribojamas nustatant didžiausias leidžiamas medžiagų koncentracijas ūkio subjektų išleidžiamose nuotekose, nustatant aplink vandens telkinius barjerines zonas, kurios turėtų akumuliuoti chemines medžiagas. Taip pat numatomos ir ilgalaikės ūkio bei technologijų

plėtros strategijos, turėsiančios sumažinti į vandens telkinius patenkančių biogenų kiekį. Šios priemonės pradėtos taikyti jau prieš kelis intensyvios ūkio plėtros dešimtmečius, kuomet vandens taršos problema ypač paaštrėjo. 1973 metais priimtame *Lietuvos TSR Vandens kodekse* įteisinti draudimai ūkinėms organizacijoms „mesti, versti arba nuleisti į vandens objektus gamybines, buitines ir kitų rūšių atliekas“, įpareigojimai užkirsti kelią naftos, chemijos produktų, trąšų patekimui. Nuleisti nuotekas leidžiama tik tuo atveju, jei dėl to „vandens objekte nepadaugėja teršiančių medžiagų virš nustatytų normų“ ir jei nuotekos yra išvalytos iki nustatytos ribos. Įdiegiant ir tobulinant nuotekų valymo technologijas, cheminių medžiagų, tarp jų ir biogeninių, prietaka į vandens telkinius buvo apribota. Pastaraisiais metais griežti aplinkosaugos reikalavimai keliami bene visų rūšių ūkinei veiklai. Perimant europinius reikalavimus, Lietuvoje numatyta programa įgyvendinti ES *Nitratų direktyvą*, kuria siekiama sumažinti žemės ūkio keliamą vandens taršą.

1982 metais vandens telkinių taršai mažinti įteisintos vandensauginės juostos ir zonos. Vandensauginių juostų atsiradimą galima sieti su Rusijos caro Petro I ar dar ankstesniais potvarkiais, tačiau iki XX a. 9 dešimtmečio apsaugos statusas buvo taikomos tik kai kurioms pakrantėms, daugiausia siekiant išsaugoti vandens telkinių ar pakrantės miškų ūkinį potencialą ar reguliuoti vandens režimą (Pauliukevičius, 2000). Vandens apsauginių juostų bei zonų naudojimą reglamentuoja *Specialiosios žemės ir miško naudojimo sąlygos.* Šių apsauginių teritorijų poveikis organogeninio atabrado formavimuisi yra dvejopas. Viena vertus, apsauginės juostos ir zonos sulaiko iš baseino su šlaitine nuoplova patenkančią išsklaidytąją taršą. Tačiau apribojus ūkinę veiklą ežerų pakrantėse, didėja jų užžėlimas menkaverčiais medžiais ir krūmynais bei juose susidarančių nuokritų kiekis. Organogeninio atabrado formavimąsi dar paspartina sumažėjęs pakrantės rekreacinis potencialas bei su rekreaciniu naudojimu susijęs mechaninis nuogulų išmaišymas.

Ežerų baseinuose taikomas gamtosaugos priemones pagal jų poveikį galima skirstyti į dvi grupes: mažinančias taršą ir antropogeninį poveikį bei sukuriančias papildomus teršalų patekimo į ežerus barjerus. Manome, kad antroji gamtosauginių priemonių grupė gali sukelti ir negatyvių pasekmių: teršalų kaupimąsi kitose landšafto zonose, antrinių taršos šaltinių susidarymą, landšafto savivalos potencialą lemiančių fizinių rodiklių kaitą ir kt. Tai taip pat gali skatinti ir organogeninio atabrado susidarymą.

Apibendrinimas

Miškų plotas visų tirtųjų ežerų apyežeriuose per XX a. padidėjo nuo 13 iki 50%. Miškingumo didėjimą XX a. viduryje, keičiantis žemės valdymo ir dirbimo formoms, skatino mažas nederlingų dirvožemių ir kalvotų landšaftų naudojimo žemės ūkyje rentabilumas. Šią tendenciją dar sustiprino vandens telkinių apsaugos zonų ir juostų įteisinimas, įstatymiškai apribojęs ūkinę veiklą apyežerio bei eulitoralės zonose. XX amžiuje, padidėjus ežerų pakrantėse miškų plotui, išaugo ir apyežerio bei eulitoralės produktyvumas, taip pat organinių nuokritų kiekis. Ypač daug nuokritų suformuoja pakrantėje augančių kai kurių lapuočių bendrijos – beržynai, liepynai, juodalksnynai, nors jie, lyginant su spygliuočiais, užima nedidelį pakrančių medynų plotą. Atlikus Balsio ir Gulbino ežerų pakrančių augmenijos bei organinės medžiagos lyginamąją analizę nustatyta, kad didžiausias organikos sankaupas eulitoralės zonoje, ąžuolynuose, baltalksnynuose (Balsys), beržynuose (Balsys ir Gulbinas) bei juodalksnynuose (Gulbinas) įtakoja ne tik medynų užimamas plotas, bet ir jų skalsumas bei ežero pakrančių reljefo pobūdis (apipelkėjusios pakrantės, lėkštesni šlaitai, nedidelė šlaitinė nuoplova) ir ežero vandens lygio svyravimas. Balsio ir Gulbino ežerams būdinga bendra tendencija – ryškus

organinės medžiagos kiekio sumažėjimas litoralės zonoje. Tai galima sieti su ežero hidrodinamika (bangavimas, srovės, vandens lygio svyravimas) bei žmogaus veikla (maudymasis, plaukiojimas valtimis, žvejojimas ir pan.) – veiksniais, skatinančiais vandens maišymąsi bei medynų nuokritų išnešimą į ežero gilumą. Balsio ir Gulbino ežero dubens šlaito zonoje organinių medžiagų kiekis, lyginant su litoralės zona, padidėja. Tai, matyt, lemia arba didelė paviršinė nuoplova (statūs ežero krantai), arba lėtesni hidrodinaminiai procesai (lėkštesni ežero krantai), nuo kurių priklauso medynų nuokritų išnešimas į gilesnius ežero horizontus (Balsyje – ties ąžuolynais, o Gulbino ežere – ties juodalksnynais bei bemiškėmis teritorijomis).

Aiškiai apibrėžtos ir teisiškai reglamentuotos gamtosaugos priemonės Lietuvos ežerų pakrantėse ir baseinuose pradėtos taikyti XX a. paskutiniais dešimtmečiais. Pagal veikimo principus galima išskirti dvi gamtosaugos priemonių grupes, mažinančias taršą ir antropogeninį poveikį bei sukuriančias papildomus barjerus teršalų patekimui į vandens telkinius. Tikėtina, kad papildomų barjerų sukūrimas gali sukelti ir negatyvių pasekmių: teršalų kaupimąsi kitose landšafto zonose, antrinių taršos šaltinių atsiradimą, nepageidautiną landšafto savivalos potencialą lemiančių fizikinių rodiklių keitimąsi ir kt. Su gamtosaugos priemonėmis susiję aplinkos pokyčiai skatina ir ežerų organogeninių atabradų formavimąsi.

Padėka

Autoriai dėkoja Lietuvos valstybiniam mokslo ir studijų fondui už paramą mokslo tiriamajam darbui *Ežerų kranto zonos žemėnaudos įtaka organogeninio atabrado formavimuisi*.

Gauta 2004-07-12

Literatūra

Bumblauskis T. (1988). Organinių medžiagų apykaita landšafte, *Geografijos metraštis* **24**, p. 168–173.
Ežerų kranto zonos žemėnaudos įtaka organogeninio atabrado formavimuisi (2002), *Ataskaita*, GGI, BI, VU, VPU, Vilnius, p. 4–30.
Jodinskaitė R. (2002). Medynų poveikis organikos kaupimuisi ežerų eulitoralėje, *Geografijos metraštis* **35**, p. 33–43.
Pauliukevičius G. (2000). Vandens apsauginiai miškai, Vilnius.
Taminskas J. (2001). Bendro fosforo ir azoto kiekio kaita Lietuvos ežeruose, *Geografijos metraštis* **34**(1), p. 31–41.

Julius Taminskas, Rita Linkevičienė, Rasa Šimanauskienė
Institute of Geology and Geography, Vilnius

The influence of the lake basin and the lakeside area on the evolution of organogenic littoral zone

Summary

With the expansion of forested lake shores in the 20th century the productivity of the lakeside and eulittoral zone and the amount of organic deposits have also increased. Though deciduous trees (birch, lime-trees and black alder in particular) account for smaller proportion of forest stands in the

littoral zone of lakes than coniferous trees they produce an especially great amount of organic deposits.

A comparative analysis of vegetation and organic material in the littoral zones of Balsys and Gulbinas lakes revealed that the greatest amounts of organic deposits in the eulittoral oak, grey alder, birch and black alder groves are predetermined not only by the area occupied by forest stands but also by their longevity, lakeshore relief (swampy shores, flat slopes and small down-slope runoff) and lake water level dynamics. A trend of appreciable reduction of organic material in the littoral zones of Balsys and Gulbinas lakes has been observed. This is related, probably, with the hydrodynamics of lakes (waves, currents, water level fluctuations) and human activity (bathing, boating, fishing etc.) stimulating the water mixing and transport of organic deposits to deeper water horizons. The slope zone of the basin is especially rich in organogenic sediments. This is conditioned either by the high runoff (steep lake slopes) or by slow hydrodynamic processes (flat slopes) responsible for transport of organic deposits to deeper lake water horizons.

Clearly defined and legally regulated measures of nature protection were applied in the basins and littoral zones of Lithuanian lakes in the last decades of the 20th century. Two groups of nature protective measures can be distinguished: measures reducing pollution and mitigating the anthropogenic effects and measures creating additional barriers preventing penetration of pollutants into water basins. Creation of additional barriers may have some negative implications: accumulation of pollutants in other zones of landscape, appearance of secondary sources of pollution and unwanted change of physical indices responsible for self-cleaning potential of landscape. Environmental changes entailed by nature protection measures stimulate the formation of organogenic littoral zones in lakes.

ISSN 0132–3156 Geografijos metraštis 37(1-2) t., 2004

EŽERO NAUDOJIMO ĮTAKA ORGANOGENINIO ATABRADO RAIDAI

Julius Taminskas, Rita Linkevičienė, Rasa Šimanauskienė
Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševčenkos g. 13, LT-03223, Vilnius
El. paštas: julius.taminskas@geo.lt; rita.linkeviciene@geo.lt; rasa.simanauskiene@geo.lt

Įvadas

Žmogaus veiklos poveikis ežero organogeninio atabrado raidai būna dvejopas. Viena vertus, tai priklauso nuo ežero baseino, ypač arčiausiai ežero esančio sausumos ruožo – apyežerio – naudojimo. Baseino bei apyežerio žemėnauda lemia jame susidarančių ir galinčių su paviršiniu nuotėkiu į ežerą patekti organinių medžiagų kiekį. Šios priklausomybės nagrinėtos ankstesniame straipsnyje. Tačiau tolesnį organikos klostymąsi atabrade, jos mineralizacijos procesus ar išnešimą į gilesnes ežero zonas veikia ežere, ypač priekrantėje vykstantys procesai, kuriuos gali gerokai „pakoreguoti“ žmogaus veikla. Šio straipsnio tikslas – išanalizuoti ežero ūkinio naudojimo poveikį organogeninio atabrado formavimuisi. Atliekant tyrimą daugiausia buvo remiamasi 2001–2003 metais vykdyto kompleksinio mokslinio tyrimo projekto *Ežerų kranto zonos žemėnaudos įtaka organogeninio atabrado formavimuisi* medžiaga.

Darbui buvo numatyti tokie uždaviniai:

• nustatyti skirtingų funkcinių atabrado zonų vandens ir nuosėdų cheminius rodiklius ir įvertinti jų priklausomybę nuo atabrado naudojimo;

• įvertinti ežero hidrodinamikos pokyčių poveikį organogeninio atabrado susidarymui.

1. Metodika

Skendinčiųjų nešmenų ir ištirpusių medžiagų analizei mėginiai imti Gulbino ir Balsio ežerų atabraduose bei pratekančiuose upeliuose. Atabrado zonoje pavyzdžiai hidrocheminei analizei imti paviršiuje, 0,5 m, 1 m, 1,5 m gylyje, skirtingo naudojimo kranto atkarpose (gamtinėje ir rekreacinėje) ir analizuojami standartiniais cheminės analizės metodais (Unifikuoti…, 1994). Nuosėdų geocheminei analizei mėginiai imti sausoje eulitoralės dalyje, 0,5 m, 1 m, 1,5 m gylyje. Tiriamoji medžiaga buvo smulkinama, sijojama, džiovinama. Joje nustatyta CO_2 (%), pelenų kiekis (%), $CaCO_3$ (%), CaO (%), mineralinė ir organinė mėginio dalis (%).

Ežero hidrodinaminių rodiklių kaitai įvertinti buvo sisteminami Sartų ežero vandens lygio svyravimo duomenys, išryškinant bendruosius antropogeninės veiklos dėsningumus, galėjusius lemti ežerų vandens lygio svyravimą. Taip pat buvo vertinama, kokį poveikį vėjo greičio kaitai ir bangavimui atabrado zonoje turi makrofitų juostos ir kita pakrantės augmenija (Zaraso ežero pavyzdžiu). Kadangi kitų ežerų ilgalaikių vandens lygio stebėjimų, reikalingų hidrodinamikai įvertinti, nėra, pasinaudota Drūkšių ežero stebėjimo medžiaga, kuri tiko analizuojamos problemos iliustravimui.

2. Hidrocheminių rodiklių priklausomybė nuo atabrado funkcinio naudojimo

Norint atsakyti į kausimą, kaip atabrado zonos naudojimas veikia organinių nuosėdų pasiskirstymą, migraciją ir transformaciją, be kitų kausimų, reikia nustatyti atabrado zonos vandens fizikinius ir cheminius rodiklius, esant skirtingam jo funkciniam panaudojimui. Balsio

ir Gulbinų ežeruose buvo atlikti kompleksiniai fiziniai ir cheminiai tyrimai skirtingo funkcinio panaudojimo atabraduose. Išskirtos dvi atabrado funkcinio naudojimo zonos:

• rekreacinė, kurioje dugno nuosėdos nuolatos arba periodiškai maišomos veikiant antropogeniniams veiksniams (maudyklos, laivų prieplaukos ir pan.);

• gamtinė, kurioje dugno nuosėdos dėl žmonių veiklos neišmaišomos, o atabradą nuo pakrantės skiria krūmų ir medžių apsauginė juosta.

Balsio ir Gulbino ežeruose buvo parinkta po du rekreacinius ir gamtinės zonos profilius ir juose tiriamas atabrado zonos skendinčiųjų bei ištirpusių medžiagų pasiskirstymas.

Skendinčiųjų medžiagų kiekis tirtuose atabraduose svyravo nuo 0,4 iki 10,22 g/m³ (vidutiniškai 2,77 g/m³). Mažiausiai skendinčiųjų medžiagų rasta Balsio ežero gamtinės zonos paviršiniame sluoksnyje ties atšlaja, didžiausias skendinčiųjų medžiagų kiekis – Gulbino ežero gamtinės zonos vandens priedugnio sluoksnyje (2 m gylyje). Tokį didelį skendinčiųjų medžiagų kiekį Gulbino priedugninio sluoksnyje ties atšlaja, matyt, galėjo lemti priedugnio vandens srovės, atsirandančios dėl santykinai didelio Gulbino ežero pratakumo.

Atšlajos paviršiniame sluoksnyje (iki 0,5 m) skendinčiųjų medžiagų kiekis Gulbino ežere nelabai kito (nuo 2,01 iki 3,42 g/m³), o Balsio ežere jų koncentracija buvo mažesnė, tačiau kaitos intervalas – daug platesnis (nuo 0,4 iki 2,24 g/m³). Matyt, tokį skirtumą lemia skirtingas šių ežerų pratakumas. Gulbiną maitina didelis paviršinis baseinas, gana daug skendinčiųjų medžiagų (0,33–4,7 g/m³) atneša Riešė. Tuo tarpu Balsyje vyrauja autochtoninės skendinčiosios medžiagos.

Priedugnio sluoksnyje (2 m gylyje) vidutinis skendinčiųjų medžiagų kiekis buvo 3,85 g/m³. Jis kito labai plačiame intervale: nuo 0,99 (Balsio gamtinė zona) iki 10,22 g/m³ (Gulbinas). Tokį didelį skirtumą priedugnio sluoksnyje ties ežero dubens atšlaja, matyt, lemia tiek smulkių dalelių kiekis atabrade, tiek dugno dinaminė būklė. 2001 metais ištirta, kad 2 m gylyje Gulbino ežero nuosėdose yra daugiau organikos ir smulkios granuliometrinės sudėties medžiagų. Kita vertus, Riešės nuotėkis atabrado zonoje sukelia nuotėkines sroves, kurioms veikiant skendinčiosios medžiagos tolygiau paskirsto po visą ežerą.

Lyginant Gulbino rekreacinę ir gamtinę zonas, nustatyta, kad šio ežero rekreacinėje zonoje vidutinis skendinčiųjų medžiagų kiekis buvo 2,61 g/m³, o gamtinėje zonoje – 3,05 g/m³. Rekreacinėje zonoje jų kiekis kito siauresniame intervale (1,79–3,61 g/m³) nei gamtinėje zonoje (0,67–5,33 g/m³). Balsio ežero rekreacinėje zonoje vidutinis nešmenų kiekis (3,23 g/m³) buvo didesnis nei gamtinėje zonoje (1,28 g/m³). Skendinčiųjų medžiagų kiekio kaitos intervalas abiejose zonose buvo gana didelis: gamtinėje – nuo 0,4 iki 2,35 g/m³, rekreacinėje – nuo 0,87 iki 6,59 g/m³. Matyt, Gulbino atabrado gamtinėje zonoje skendinčiųjų medžiagų kiekį lemia čia esantis didelis organinės ir smulkios granuliometrinės sudėties medžiagos kiekis ir stipresnės nuotėkinės srovės. Tuo tarpu šio ežero rekreacinėje zonoje organinių ir smulkios granuliometrinės sudėties medžiagų yra mažiau, dėl to skendinčiųjų medžiagų kiekis, netgi periodiškai maišantis nuosėdoms (maudantis), vandenyje yra mažesnis. Kitaip yra Balsio ežere, kuriame nuotėkio srovių nesusidaro, o organinės ir smulkios granuliometrinės sudėties medžiagos kiekis dugno nuosėdose yra mažesnis. Dėl to šiame ežere skendinčiųjų medžiagų daugiau yra rekreacinėje zonoje.

Analizuojant biogenų pasiskirstymą Gulbino ir Balsio ežerų vandenyje išryškėja gana nevienoda vidutinė bendrojo azoto koncentracija šiuose ežeruose: Gulbino ežere ji kinta nuo 2,09 iki 2,49 mgN/l, o Balsyje yra apie keturis kartus mažesnė (0,55–0,69 mgN/l; lent.). Tuo tarpu vidutinė organinio azoto koncentracija Balsyje (0,47 mgN/l) yra netgi šiek tiek didesnė nei Gulbine (0,33 mgN/l). Didžiausias skirtumas yra tarp vidutinės nitratinio azoto koncentracijos Gulbino ežere (1,03 mgN/l) ir šio junginio koncentracijos Balsio ežere (0,09 mgN/l).

Profilis	N/NO_2^-	N/NO_3^-	N/NH_4^+	$N_{min.}$	$N_{org.}$	N_b	P_b
G-1*	0,07	1,14	0,71	1,92	0,17	2,09	0,03
G-2*	0,07	0,97	0,78	1,82	0,37	2,19	0,08
G-3	0,09	1,10	1,09	2,29	0,20	2,49	0,55
G-4	0,10	0,91	0,35	1,36	0,57	1,93	0,30
B-1*	0,01	0,10	0,12	0,24	0,32	0,55	0,51
B-2*	0,02	0,15	0,15	0,32	0,52	0,52	0,12
B-3	0,01	0,07	0,36	0,43	0,57	0,57	0,01
B-4	0,01	0,05	0,14	0,21	0,48	0,69	0,09
Vid.	**0,05**	**0,56**	**0,46**	**1,07**	**0,40**	**1,38**	**0,21**
Maks.	**0,10**	**1,14**	**1,09**	**2,29**	**0,57**	**2,49**	**0,55**
Min.	**0,01**	**0,05**	**0,12**	**0,21**	**0,17**	**0,52**	**0,01**

Lentelė. Vidutinės biogenų koncentracijos (mg/l) skirtingose Gulbino ir Balsio atabrado zonose.
Table. *Mean concentrations of biogenes (mg/l) in different littoral zones of Gulbinas and Balsys lakes.*

* – matavimų profiliai rekreacinėje zonoje/*measuring profiles in the recreational zone.*

Taigi Gulbinui tarša daro didelį poveikį. Nitritinio azoto taip pat kelis kartus daugiau yra Gulbino (0,08 mgN/l) nei Balsio (0,01 mgN/l) ežere. Panašus santykis yra ir tarp vidutinės amonio azoto koncentracijos šiuose ežeruose (Gulbino – 0,73 mgN/l, Balsio – 0,19 mgN/l). Vadinasi, nepaisant ūkinio naudojimo pokyčių Riešės baseine, ir dabar šio ežero tarša azoto junginiais yra gana reikšminga.

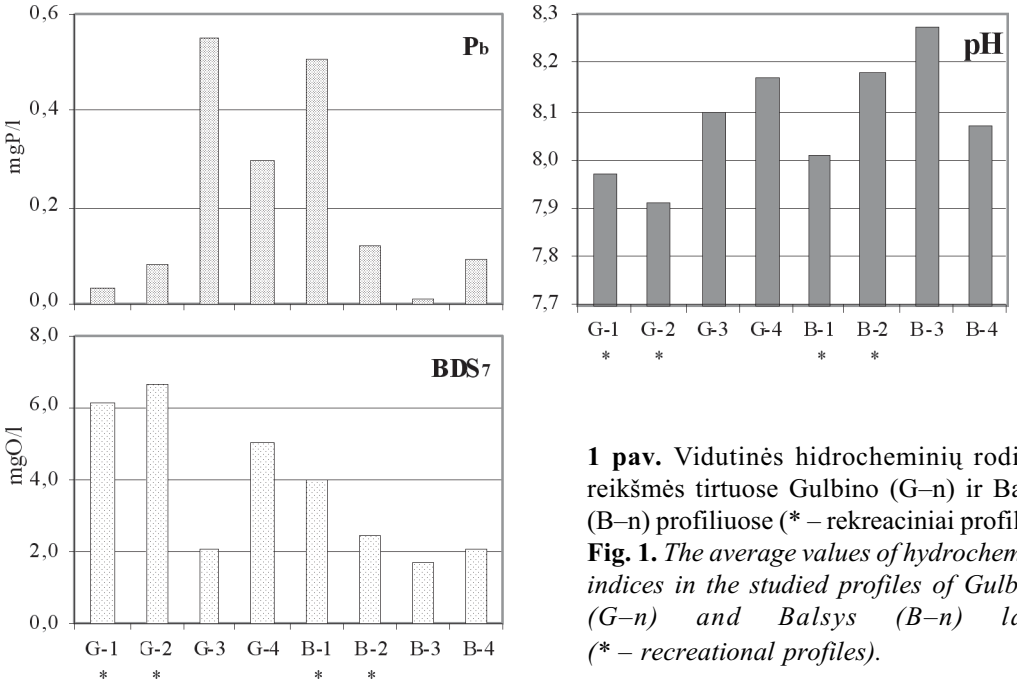
Kiek kitoks santykis tarp vidutinės bendrojo fosforo koncentracijos Balsio ir Gulbino ežeruose. Šių medžiagų vidutinė koncentracija abiejuose ežeruose labai panaši (1 pav.). Kita vertus, skirtingo funkcinio panaudojimo zonose ji pasiskirsto priešingai. Gulbino rekreacinio naudojimo zonoje fosforo koncentracija yra mažiausia (0,03–0,08 mgP/l), o Balsio – didžiausia (0,12–0,51 mgP/l). Gulbino ežero gamtinio naudojimo zonoje fosforo koncentracija yra didesnė (0,3–0,55 mgP/l) nei rekreacinėje, o Balsio ežere – mažesnė (0,01–0,09 mgP/l). Gamtinio ir rekreacinio Gulbino atabrado vandenyje nustatyto bendrojo fosforo kiekis labai skiriasi. Toks skirtumas galėjo susidaryti dėl nevienodų fosforo prietakos šaltinių: gamtinėje zonoje fosforo į vandenį patenka iš nuosėdų, kuriose jo yra susikaupę dėl ankstesnės taršos. Tuo tarpu rekreacinėse zonose organinių nuosėdų beveik nėra, ir fosforas čia patenka tik iš baseino su Riešės nuotėkiu.

Vidutinė BDS_7 koncentracija matavimų profiliuose kinta nuo 1,74 iki 6,67 mg O_2/l. Balsio ežere BDS_7 rodiklis yra 2–3 kartus mažesnis nei Gulbino. Kita vertus, Gulbino ir Balsio ežerų BDS_7 rodiklis daug didesnis apskaičiuotas rekreacinio naudojimo pakrantėms. Panašios priklausomybės tarp kitų elementų nerasta. Atvirkštinė priklausomybė yra tarp vidutinės pH koncentracijos ir rekreacinio naudojimo (1 pav.). Deguonies pasiskirstymas tirtuose profiliuose nelabai kinta. Visoje atabrado zonoje, nepriklausomai nuo funkcinio panaudojimo ar gylio, deguonies prisotinimas buvo didesnis nei 100%, o koncentracija – 9,18–19,8 mg/l.

3. Ežerų hidrodinamikos pokyčiai

Makrofitų juostų bei organogeninio atabrado formavimąsi lemia hidrodinaminiai procesai atabrado zonoje: bangavimas, srovės, vandens lygio svyravimas bei su jais susijęs atabrado nuosėdų maišymasis ir perklostymas. Jau buvo minėta, kad žmonių veikla pakrantėje (maudymasis, žvejojimas, plaukiojimas valtimi, gyvulių girdymas ir pan.) taip pat išjudina ir maišo atabrado nuosėdas. Kita vertus, makrofitų sąžalynai bei kita pakrantės augmenija savo ruožtu iškreipia vėjo lauką ir taip įtakoja priekrantės zonos hidrodinaminius procesus.

Lietuvos ežerų atabrado formavimosi bei užaugimo dėsningumus XX a. 6–7 dešimtmetį tyrinėjo ir aprašė A. Garunkštis ir M. Vasiliauskienė. Šiais tyrimais nustatyta tiesioginė



1 pav. Vidutinės hidrocheminių rodiklių reikšmės tirtuose Gulbino (G–n) ir Balsio (B–n) profiliuose (* – rekreaciniai profiliai).
Fig. 1. *The average values of hydrochemical indices in the studied profiles of Gulbinas (G–n) and Balsys (B–n) lakes (* – recreational profiles).*

priklausomybė tarp atabrado užaugimo ir bangavimo bei priekrantinių srovių (Garunkštis, Vasiliauskienė, 1961). Dėl šių priežasčių intensyvėjant kranto performavimui bei nuosėdų išmaišymui augalijos danga atabrade menkėja.

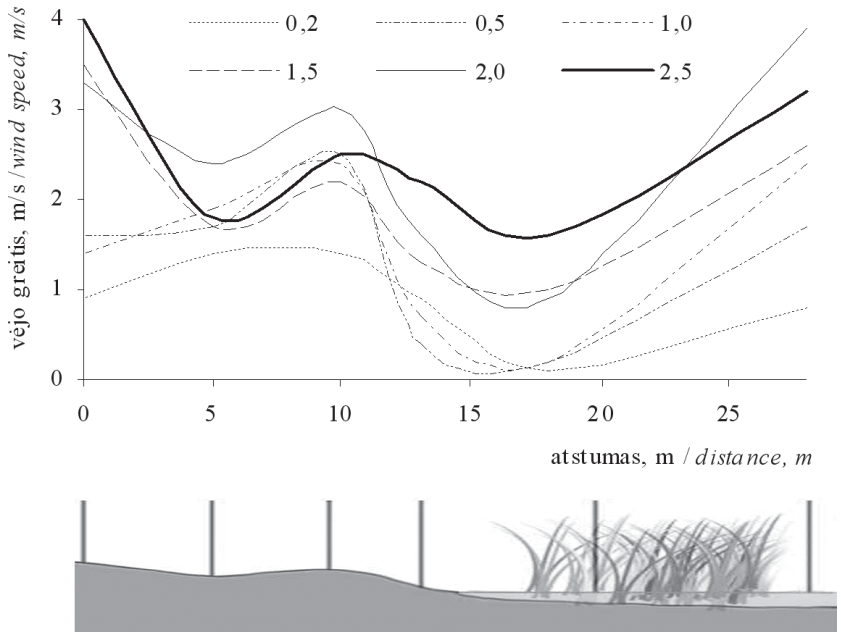
Veikiant santykinai mažai kintamiems gamtiniams veiksniams, ežerų atabradai vystosi link pusiausviros būsenos profilio, t. y. kai atabrado nuogulos perklostomos pagal konkrečioje kranto atkarpoje išryškėjantį bangavimo, srovių, vandens lygio svyravimo poveikį, dugno morfologiją ir litologiją. Kuo atabrado forma artimesnė pusiausviros būsenos profiliui, tuo mažesnis yra nuogulų judėjimas. Nuogulų judėjimą stabdo jau susiformavusios makrofitų juostos bei greta vandens augantys pakrantės augalai. Atabrado raida priklauso ir nuo ežerų genezės: rininių ežerų, kurių dubens šlaitas yra status, atabradai išsivystę mažiau nei ledo luisto guolio, lėkštų šlaitų ežerų (Garunkštis, Vasiliauskienė, 1961).

Ežero vandens masės judėjimas lemia susikaupusių priekrantėje organinių nuosėdų transformavimąsi: nukritus vandens lygiui, keičiasi eulitoralėje susikaupusių organinių medžiagų drėgmė ir struktūra, jos perklostomos, nunešamos defliacinių procesų, gauna daugiau deguonies ir greičiau mineralizuojasi. Vėl užliejus vandeniui sumažėjęs ir pakeitęs struktūrą nuosėdų sluoksnis, veikiamas priekrantinių srovių bei bangavimo, išnešamas į gilesnę ežero akvatoriją.

Nuosėdų kaupimąsi ir hidrodinaminius procesus lemia vėjo lauko trikdžiai makrofitų sąžalynais apaugusiose pakrantėse. Vėjo greitis ties makrofitų juosta sumažėja visuose aukščiuose, net virš makrofitų (2,5 m virš vandens) jis sumažėja du kartus. Dėl to susidaro žemyn nukreipti oro srautai ir didėja kietųjų kritulių, dulkių kiekis makrofitų sąžalynuose (2 pav.).

Antropogeninis poveikis ežero vandens judėjimui yra dvejopas. Viena vertus, žmonių veikla priekrantėje (daugiausia rekreacinė: maudymasis, plaukiojimas valtimi) permaišo atabrado nuosėdas ne tik tiesiogiai, bet ir sukelia lokalų vandens masės judėjimą. Didesnio masto antropogeninis poveikis vandens lygio svyravimui būna ežeruose, kurių baseine arba ištakoje veikia hidrotechniniai įrenginiai.

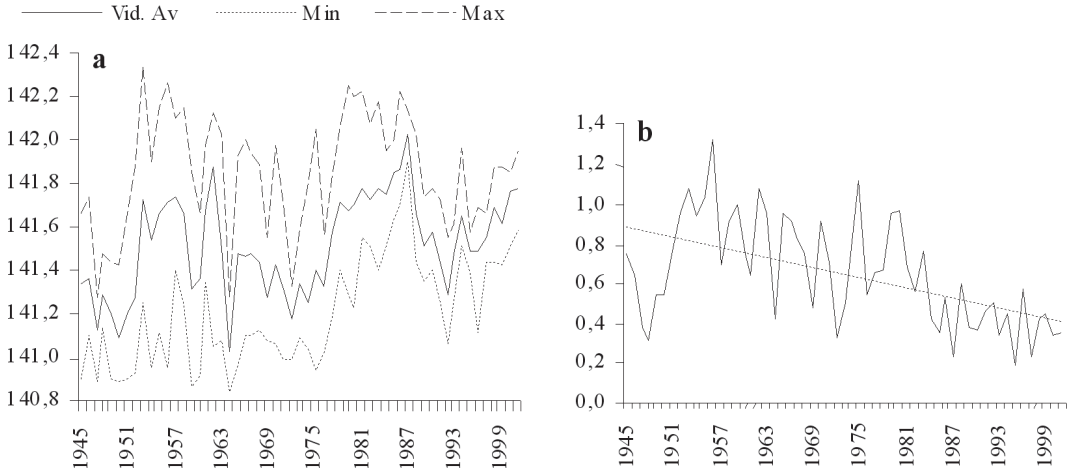
Lietuvoje patvenktas 81 ežeras (Gailiušis, Jablonskis, Kovalenkovienė., 2001). Patvenktų ežerų vandens lygio reguliavimo pobūdis priklauso nuo ežero naudojimo. Pavyzdys – Drūkšių ežeras. 1953 metais pastatyta Drūkšių ištakos Prorvos hidroelektrinė, be to, siekiant



2 pav. Vėjo greičio kaita priekrantėje ir atabrade (0,2, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 m aukštyje).
Fig. 2. *Wind speed changes in the littoral zone at the measured points of height: 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 m.*

padidinti Prorvos nuotėkį buvo pertverta kita ežero ištaka – Drūkša. Dėl šių pertvarkymų ežero vandens lygis, ypač maksimalus, padidėjo, tačiau jo svyravimo amplitudė buvo gana didelė (vidutiniškai 1 m). Nuo 1984 m. Drūkšių ežeras buvo pradėtas naudoti kaip Ignalinos AE aušintuvas. Buvo stengiamasi palaikyti daugmaž vienodą ežero vandens lygį, gerokai padidėjo minimalus lygis, maksimalus – sumažėjo, o vandens lygio svyravimo amplitudė sumažėjo perpus (3 pav.).

Ežero vandens režimui įtakos turi ne tik paties ežero patvanka, bet ir baseino nuotėkio pasikeitimas dėl žmogaus veiklos. Pavyzdžiui, Sartų ežero vandens režimą gerokai pakeitė baseine įrengtas Antalieptės tvenkinys bei Vasaknų žuvininkystės tvenkiniai. Sulaikant tvenkiniuose ir



3 pav. Drūkšių ežero vandens lygio svyravimas (a) ir svyravimo amplitudė (b), m.
Fig. 3. *Water level dynamics (a) in the Drūkšiai Lake and their fluctuation amplitude (b), m.*

perskirstant pavasario potvynio ir lietaus poplūdžių vandenį maksimalus vandens lygis pažemėjo, o minimalus – padidėjo. Toks vandens lygio svyravimo amplitudės sumažėjimas, dar prisidėjus biogenų prietakai, paspartino makrofitų suvešėjimą bei organogeninio atabrado formavimąsi (Taminskas, Linkevičienė, 2003). Iš kitų tirtųjų ežerų tik Balsio ištakoje yra pastatytas nereguliuojamas slenkstis, kuris minimalų ežero lygį pakelia iki 0,5 m. Ežero eulitoralės plotas dėl šio nereguliuojamo slenksčio sumažėjo daugiau kaip 2 ha.

Apibendrinimas

Skendinčiųjų medžiagų kiekis tirtuose atabraduose svyravo nuo 0,4 iki 6,59 g/m³ (vidutiniškai sudarė 2,77 g/m³). Ypač didelis skendinčiųjų medžiagų kiekis nustatytas Gulbino ežero atšlajos priedugnio sluoksnyje; tai galėjo lemti priedugnio srovės, atsirandančios dėl santykinai didelio Gulbino pratakumo. Tą patvirtina ir didelės šių medžiagų koncentracijos, tačiau tolygiau jos pasiskirsčiusios Gulbino ežere.

Didelių skirtumų tarp skendinčiųjų medžiagų Gulbino ir Balsio atabrado gamtinėje ir rekreacinėje zonose nenustatyta. Skendinčiųjų medžiagų kiekio šių ežerų gamtinėje ir rekreacinėje zonoje santykis yra atvirkščiai proporcingas: Balsio rekreacinėje zonoje vidutinis nešmenų kiekis (3,23 g/m³) buvo didesnis nei gamtinėje zonoje (1,28 g/m³), tuo tarpu Gulbino rekreacinėje zonoje vidutinis skendinčiųjų medžiagų kiekis buvo 2,61, o gamtinėje zonoje – 3,05 g/m³. Gulbino atabrado gamtinėje zonoje didesnį skendinčiųjų medžiagų kiekį lemia čia esantis didelis organinės ir smulkios granuliometrinės sudėties medžiagos kiekis ir stipresnės priedugnio srovės. Šio ežero rekreacinėje zonoje organinių ir smulkios granuliometrinės sudėties medžiagų yra mažiau, dėl to skendinčiųjų medžiagų kiekis, netgi periodiškai maišantis nuosėdoms (maudantis), vandenyje yra mažesnis. Kitaip yra Balsyje, kuriame nuotėkinių srovių nesusidaro, o organinės ir smulkios granuliometrinės sudėties medžiagos kiekis dugno nuosėdose yra mažesnis.

Vidutinė bendrojo azoto koncentracija Balsio ežere yra apie keturis kartus mažesnė nei Gulbine, o vidutinė organinio azoto koncentracija Balsyje yra šiek tiek didesnė nei Gulbine. Labiausiai šiuose ežeruose skiriasi vidutinė nitratinio azoto koncentracija – Gulbino ji sudaro 1,03 mgN/l, Balsio – 0,09 mgN/l. Nitritinio azoto taip pat keliskart daugiau yra Gulbino ežere. Panašus santykis yra ir tarp vidutinės amonio azoto koncentracijos. Tai rodo, kad, nepaisant ūkinio naudojimo pokyčių Riešės baseine, ir dabar šio ežero tarša azoto junginiais yra gana reikšminga. Kiek kitoks santykis tarp vidutinės bendrojo fosforo koncentracijos minėtuose ežeruose. Šių medžiagų vidutinė koncentracija abejuose ežeruose yra panaši. Kita vertus, skirtingo funkcinio naudojimo zonose ji pasiskirsto priešingai. Gulbino rekreacinio naudojimo zonoje fosforo koncentracija yra mažesnė nei gamtinio naudojimo, o Balsio – atvirkščiai.

Balsio BDS_7 rodiklis yra 2–3 kartus mažesnis nei Gulbino. Ir Gulbino, ir Balsio ežeruose BDS_7 rodiklis yra daug didesnis rekreacinio naudojimo pakrantėse, nors panašios priklausomybės tarp kitų elementų nenustatyta. Šis rodiklis gali būti naudojamas organinės medžiagos oksidacijos intensyvumui apibūdinti, tad galima daryti išvadą, kad rekreacinio naudojimo zonoje organinės medžiagos oksidacijos intensyvumas yra didesnis.

Makrofitų juostų bei organogeninio atabrado formavimasis yra spartesnis tose atabrado dalyse, kur hidrodinaminiai procesai yra ne tokie intensyvūs. Ežerų vandens lygio reguliavimas sumažina vandens lygio kaitos amplitudę, taip pat eulitoralės plotą. Kita vertus, makrofitų sąžalynai ir kita pakrantės augmenija iškreipia vėjo lauką ir silpnina priekrantės zonos hidrodinaminių procesų aktyvumą. Vėjo greitis ties makrofitų juosta sumažėja visuose aukščiuose, net virš makrofitų vėjas susilpnėja perpus. Dėl to mažėja bangavimas, lėtėja priekrantės srovės, be to, susidaro žemyneigiai oro srautai ir didėja makrofitų sąžalynuose kietųjų kritulių, dulkių kiekis. Taigi makrofitų

juostų, kitų pakrantės augalų produktyvumo augimas bei organogeninio atabrado formavimasis ir priekrantės hidrodinaminis aktyvumas yra vienas kitą lemiantys procesai. Galima manyti, kad egzistuoja konkrečios pakrantės augalijos išsivystymo ir hidrodinaminių procesų intensyvumo ribos, nuo kurių keičiasi atabrado pobūdis – abrazinis atabradas virsta akumuliaciniu organogeniniu.

Padėka

Autoriai dėkoja Lietuvos valstybiniam mokslo ir studijų fondui už paramą mokslo tiriamajam darbui *Ežerų kranto zonos žemėnaudos įtaka organogeninio atabrado formavimuisi*.

Gauta 2004-07-12

Literatūra

Gailiušis B., Jablonskis J., Kovalenkovienė M. (2001). Lietuvos upės, Kaunas: LEI.
Garunkštis A. Vasiliauskienė M. (1961). Kai kurie Lietuvos ežerų atabradų užaugimo dėsningumai, *Geografinis metraštis* **4**, p. 287–299.
Taminskas J., Linkevičienė R. (2003). Šventosios aukštupio ūkinio naudojimo poveikis Sartų ežero vandens kokybei, *Geografijos metraštis* **36**(1), p. 34–44.
Unifikuoti nuotekų ir paviršinių vandenų kokybės tyrimų metodai, I d. (1994), Vilnius, 223 p.

Julius Taminskas, Rita Linkevičienė, Rasa Šimanauskienė
Institute of Geology and Geography, Vilnius

The influence of the use of lakes on the evolution of organogenic littoral zones

Summary

The content of particulate material in the investigated littoral zones ranged from 0.4 to 6.59 g/m³ (the average of 2.77 g/m³). An especially great amount of particulate material was determined in the near-bottom layer of Gulbinas underwater slope. It is predetermined, probably, by the near-bottom currents occurring due to the relatively high drainage capacity of the lake.

The average concentration of total nitrogen in Balsys is four times as low as in Gulbinas but the concentration of organic nitrogen is slightly higher. The greatest difference was determined between the average concentrations of nitratic nitrogen in Gulbinas (1.03 mgN/l) and Balsys (0.09 mgN/l). The absolute value of nitritic nitrogen in Gulbinas is also by a few times higher. The ratio between the average concentrations of ammonium nitrogen in these lakes is also comparable. This is an indication that despite the changes of economic activity in the Riešė basin the pollution of this lake with nitrogen compounds remains high. The average concentrations of total phosphorus in Balsys and Gulbinas are comparable yet differently distributed in various functional zones. The concentration of phosphorus in the recreational zone of Gulbinas Lake is higher than in the natural zone, whereas in the Balsys Lake it is the other way round.

The index BOD_7 of Balsys Lake is 2–3 times as low as that in Gulbinas Lake. The index of biogenic oxygen demand is considerably higher in the recreational zones (of the both lakes) what is not characteristic of any other element. The index BOD_7 may be used for description of organic material oxidation intensity leading to a conclusion that this process is more intensive in the recreational zones.

Formation of macrophyte belts and organogenic littoral zone is more intensive in the areas where the hydrodynamic processes are less intensive. The wind speed reduces at all points of height near the macrophyte belt. Wind speed reduction reduces waves and slows down the nearshore currents. Moreover, there develop downward airflows which increase the amount of solid particles (dust) in the macrophyte growths.

ISSN 0132–3156 Geografijos metraštis 37(1-2) t., 2004

POŽEMINIO VANDENS IŠTEKLIŲ FORMAVIMOSI SĄLYGOS NEMUNO SLĖNIO LIŠKIAVOS–ALYTAUS RUOŽE

Algirdas Zuzevičius, Jonas Diliūnas, Gediminas Čyžius, Mykolas Kaminskas
Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševčenkos g. 13, LT-03223, Vilnius
El. paštas: zuzevicius@geo.lt

Įvadas

Istoriškai Nemunas, kaip ir kitos didelės upės ir jų slėniai, savo gamtiniais ištekliais turėjo ir tebeturi ypatingą reikšmę visuomenės ekonominei ir socialinei–kultūrinei raidai. Dėl sudėtingų gamtinės aplinkos ir ūkinės veiklos santykių šios upės regione itin svarbu taikyti objektyviai pagrįstus darnios plėtros principus.

Nemuno slėnio ruožas tarp Liškiavos ir Alytaus yra palyginus retai gyvenamas, išsiskiria savitais kraštovaizdžiais, gamtinių ir istorinių paminklų gausa bei naudingųjų iškasenų (pirmiausia, požeminio vandens) telkiniais ir tampa įvairių, dažnai konfliktinių, interesų objektu.

Lietuvai tapus Europos bendrijos nare ir vykdant Europos Sąjungos vandens direktyvą bei prisiimtus įsipareigojimus savų energijos šaltinių panaudojimo srityje iškyla upių ir jų slėnių naujų panaudojimo ir tyrimo uždavinių.

Savi energijos šaltiniai šiuo metu tenkina tiktai apie 2% Lietuvos energijos poreikio, bet pagal Europos bendrijos reikalavimus per artimiausius 10 metų turės tenkinti 10–12%. Tiek energijos gali būti gauta tiktai kompleksiškai naudojant visus galimus Lietuvos teritorijos energijos šaltinius (biologinius, vėjo, Saulės, geoterminius ir vandens). Akivaizdu, kad teks iš naujo įvertinti Lietuvos upių hidroenergetinių išteklių panaudojimo ekonomines ir aplinkosaugines galimybes. Tarp tiesiogiai hidroelektrinių tvenkinių veikiamų geologinės aplinkos elementų yra požeminis vanduo (jo lygiai, paviršinio ir požeminio vandens apykaitos intensyvumas ir kt.).

Pastarąjį dešimtmetį, labai sumažėjus gėlo požeminio vandens naudojimui, jo išteklių tyrimai Lietuvoje vykdomi epizodiškai. Tačiau ženkliai pasikeitė požeminio vandens išteklių tyrimų, vertinimo ir apsaugos ideologija bei kokybės reikalavimai (Directive..., 2000; Lietuvos..., 2003). Todėl dabar dalies anksčiau Lietuvoje įvertintų ir naudojamų požeminio vandens išteklių ištirtumas tų reikalavimų netenkina, taigi didėja papildomų specializuotų tyrimų bei mokslinių apibendrinimų poreikis.

Nemuno vidurupis pasižymi sudėtingomis hidrogeologinėmis sąlygomis. Gėlo požeminio vandens zoną, kurios storis siekia 300 m, sudaro vertikaliu ir horizontaliu atžvilgiais labai kaičios litologinės sudėties kvartero amžiaus dariniai (smėlis, žvirgždas, priemolis) ir viršutinės bei apatinės kreidos karbonatinės (kreida, mergelis) ir terigeninės (smėlis) uolienos, slūgsančios ant regioninės juros–triaso sistemų molingų darinių vandensparos. Dėl sąlygų sudėtingumo regioniniai požeminio vandens ištekliai čia vertinti taikant supaprastintas analitines schemas ir apibendrintus rodiklius. Matematiniu modeliavimu vertinti tiktai Alytaus miesto Radžiūnų vandenvietės eksploataciniai ištekliai (Bendoraitis, Gregorauskas, Klimas, 1995).

Straipsnyje pateikiami požeminio vandens formavimosi Nemuno slėnio ruože tarp Liškiavos ir Alytaus matematinio modeliavimo duomenys.

Objektyvūs (kiekybiniai) duomenys apie požeminio vandens nuotėkio ir išteklių formavimosi dėsningumus, jų priklausomybę nuo Nemuno lygio režimo reikalingi planuojant

požeminio vandens naudojimą ir kitą ūkinę veiklą regione bei sprendžiant tarptautines vandens naudojimo baseine problemas.

1. Tyrimų metodika

Kiekybiniai aktyvios apykaitos zonos požeminio vandens formavimosi dėsningumai Nemuno slėnyje įvertinti matematinio modeliavimo metodais. Filtracinio ir masės uždavinių, atspindinčių požeminio vandens išteklių, dinamikos ir mineralizacijos formavimąsi, sprendimui naudotasi JAV geologijos tarnyboje sukurta programine įranga (atitinkamai *MODFLOW* ir *MT3D*), o modelių projektavimui ir rezultatų interpretacijai – JAV ESI firmos *Groundwater Vistas 3.0* programine įranga (licencijų savininkas – GGI) (McDonald, Harbaugh, 1988; Rumbaugh, Rumbaugh, 1997).

Modeliavimas pirmuoju atveju – filtracijos uždavinio sprendimas baigtinių skirtumų metodu:

$$\frac{\delta}{\delta x}\left(kx-\frac{\delta h}{\delta x}\right)+\frac{\delta}{\delta y}\left(ky-\frac{\delta h}{\delta y}\right)+\frac{\delta}{\delta z}\left(kz-\frac{\delta h}{\delta z}\right)\pm Q\pm w=\mu\frac{\delta h}{\delta t}\cdot \qquad (1)$$

Lygtyje *kx, ky, kz* – terpės filtracijos koeficientas *x, y, z* koordinačių kryptimi (m/d), *h* – vandens lygis, altitudė (m), *Q* – vidinių vandens šaltinių (+) arba naudotojų (–) debitas (m^3/d), *w* – infiltracija (+) arba iškrova (–) (m/d), μ – poringos terpės talpumas (gravitacinis arba tamprusis), *t* – laikas (d).

Cheminių medžiagų su požeminiu vandeniu transporto uždavinys aprašomas diferencialine lygtimi

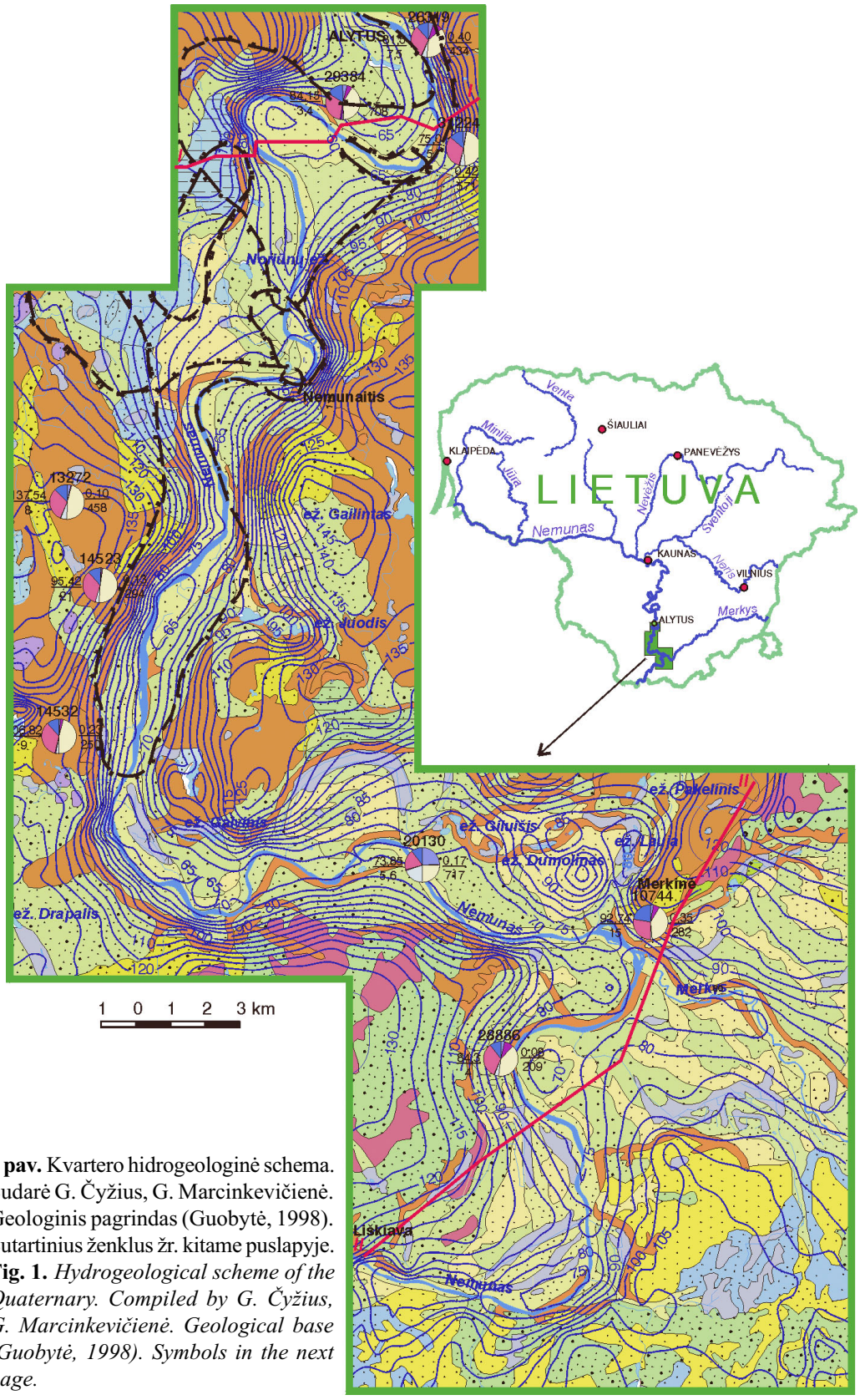
$$\delta/\delta t(n_0C)+\nabla(qC-\ n_0D\nabla C)\ =\ 0, \qquad (2)$$

kuri taip pat modeliuojant sprendžiama aproksimavus baigtinių skirtumų metodu. Medžiagų transporto uždavinio sprendimo sudėtinė dalis – preliminarus kartotinis filtracijos uždavinio sprendimas.

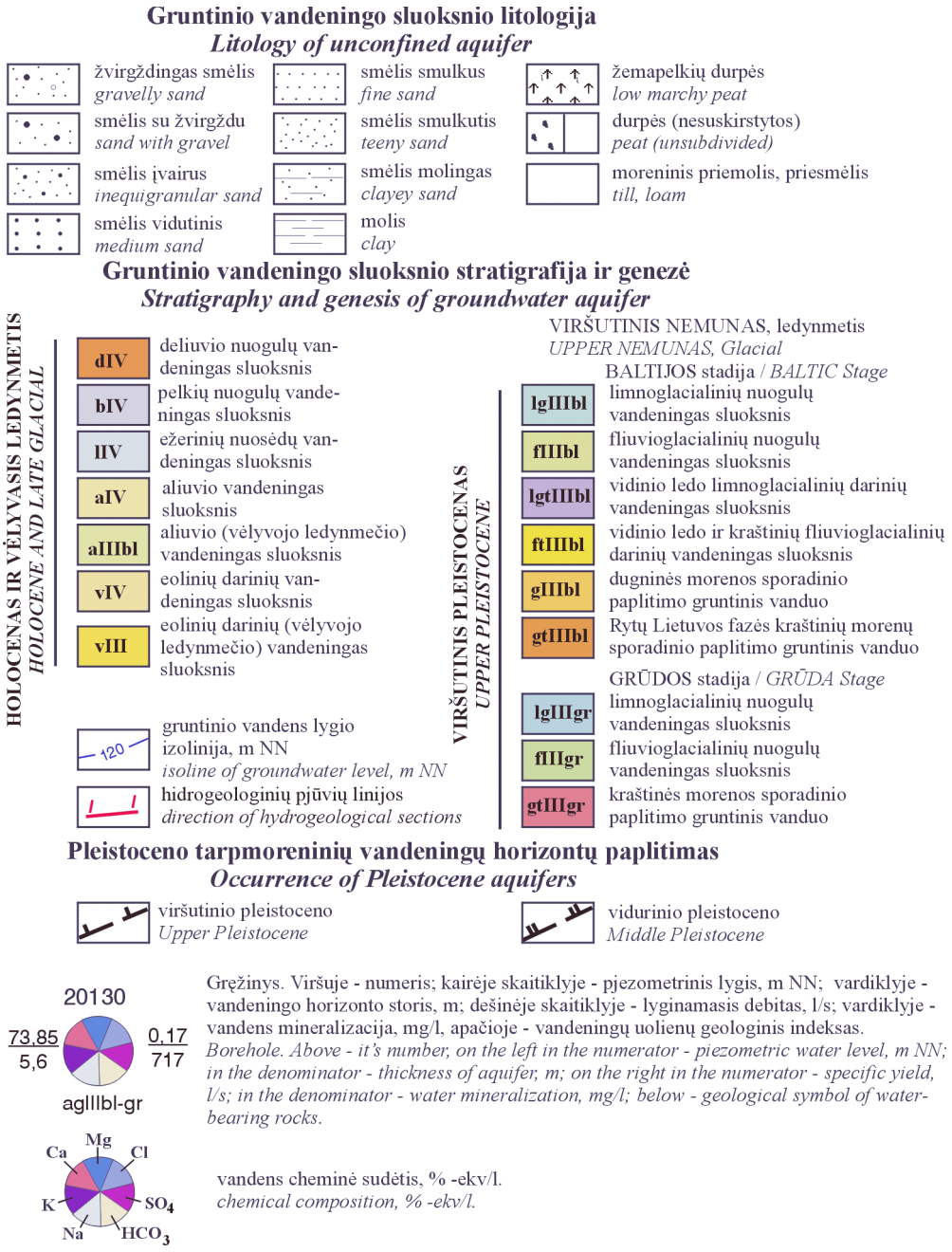
Lygtyje (2) *C* – cheminių medžiagų kiekis vandenyje, kg/m^3, n_0 – efektyvusis uolienų poringumas, *q* – vandens srauto debitai, *D* – difuzijos koeficientas, m^2/d., ∇ rodo, kad po jo sekantys kintamieji vertinami *x, y, z* kryptimis.

Požeminio vandens formavimosi dėsningumų vertinimui pasirinktas tipiškas apie 650 km^2 plotas, apimantis Nemuno upės slėnį ir gretimą teritoriją, kurioje formuojasi pagrindinė požeminio nuotėkio dalis (1, 2 pav.).

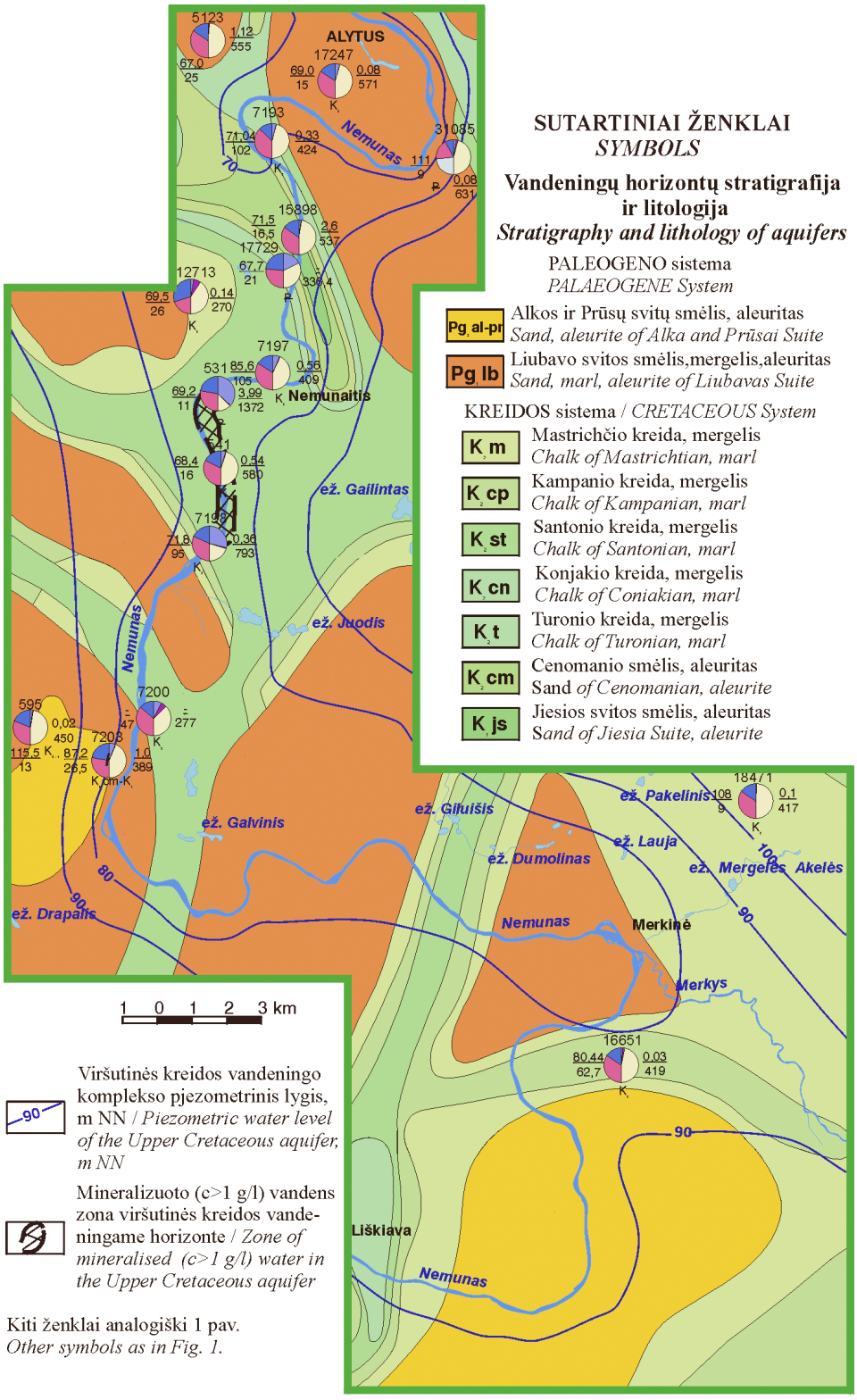
Filtracijos sritis plane apribota už Nemuno slėnio ribų einančia viršutinių vandeningųjų horizontų požeminio vandens vandenskyra, kuri schematizuota kaip 2-os rūšies ribinė sąlyga (*Q* = const = 0); giliau slūgsančių horizontų, kurių vanduo formuojasi ir už modeliuojamo ploto ribų, tačiau lygio režimas nepriklauso nuo sezoninio upės lygio svyravimo, čia realizuota 1-os rūšies ribinė sąlyga (*H* = const). Viršutinės srities ribos: ežerai, upės – 1-os ((*H* = *f*(*t*)) arba 3-os ((*Q* = *f*(*H*–*h*)) rūšies ribinė sąlyga, kitur – infiltracinė gruntinio horizonto mityba (q_w = const). Apatinė riba – 2-os rūšies ribinė sąlyga (*Q* = const = 0), imituojanti nelaidžią apatinės triaso uolienų storymės dalį. Išimtis – mineralizuoto vandens iškrovos zona Nemunaičio apylinkėse, kur žemiau triaso vandensparos realizuota 3-os rūšies ribinė sąlyga (($Q=f(H_{K1}-H_T)$). *H* ir *h* – požeminio ir paviršinio vandens lygis (altitudė), H_{K1}, H_T – apatinės kreidos ir triaso horizontų lygis (altitudė).



1 pav. Kvartero hidrogeologinė schema. Sudarė G. Čyžius, G. Marcinkevičienė. Geologinis pagrindas (Guobytė, 1998). Sutartinius ženklus žr. kitame puslapyje.
Fig. 1. *Hydrogeological scheme of the Quaternary. Compiled by G. Čyžius, G. Marcinkevičienė. Geological base (Guobytė, 1998). Symbols in the next page.*



Tirtajame arba gretimuose Nemuno upės ruožuose vandens lygis įvairiu laiku stebėtas Druskininkų, Merkinės, Nemunaičio, Alytaus ir Nemajūnų vandens matavimo stotyse (Гидрологические..., 1950; Ресурсы..., 1974; Kasdienis..., 2001–2004). Dabar veikia aukščiau ir žemiau tiriamos atkarpos esančios Druskininkų ir Nemajūnų vandens matavimo stotys. Čia atliktų stebėjimų duomenimis apskaičiuotas vidutinis metinis upės vandens lygis svyruoja palyginus nedaug (apie 1 metrą), tačiau didžiausias skirtumas tarp pamatuoto aukščiausio ir žemiausio lygio Druskininkų vandens matavimo stotyje siekia 11 m, o Nemajūnų stotyje – beveik 9 m. Pavasarinio potvynio lygiai vidutinį metinį viršija 4–6 m.



2 pav. Prekvartero hidrogeologinė schema. Sudarė G. Čyžius. Geologinis pagrindas (Šliaupa ir kt., 1999).
Fig. 2. *Hydrogeological scheme of the Heb-Quaternary. Compiled by G. Čyžius. Geological base (Šliaupa et al, 1999).*

Mineralizuoto požeminio vandens šaltiniai Nemuno slėnyje (pavyzdžiui, Druskelės, Nemunaičio) formuojasi tektoninių plyšių zonose, kur išsikrauna giliai slūgsančių lėtos apykaitos zonos sūrymai. Pagal analogiją su Druskininkų ir Birštono mineralizuoto vandens telkiniais laikytina, kad padidėjusios iki 0,6–2,5 g/l mineralizacijos vandens formavimosi priežastis yra triaso ir gilesnių sluoksnių sūrymų (mineralizacija 50–55 g/l) iškrova pro tektoninės kilmės silpnai laidžių sluoksnių plyšius ir nuoseklus maišymasis su aukščiau slūgsančių horizontų vandeniu giliausioje Nemuno slėnio dalyje (vagoje ir žemose terasose) dėl vandens spūdžio juose skirtumo.

Potvynių metu arba dėl kitų priežasčių pakilus Nemuno vandens lygiui, sūrymų prietaka į apatinės kreidos ir aukščiau slūgsančius vandeninguosius horizontus bei šaltinių arba iškrovos tvenkinio dugne debitai (Q) mažėja proporcingai pakitusiam (sumažėjusiam) lygio skirtumui (gradientui) tarp horizontų ir paviršinio vandens ($Q=f(I_0–I_t)$). Tačiau, kaip rodo analogiškas Birštono telkinio atvejis, dėsningo šaltinių mineralizacijos pokyčio dėl Nemuno patvankos pastačius Kauno hidroelektrinės užtvanką neįvyko. Tikėtina, kad sumažėjus šaltinių debitui, sūrymo ir kitų horizontų vandens proporcijos mišinyje ir šaltinių vandens mineralizacija praktiškai nepakito. Todėl išsikraunančio vandens mineralizaciją (C_i) taip pat galima įvertinti analitiškai pagal formuojančių horizontų dalį (q_n) su mineralizacija (C_n) bendrame iškrovos debite (Q_i) paprasta vandens maišymosi lygtimi

$$C_i = (q_1C_1 + q_2C_2 + ...+ q_nC_n)/Q_i . \qquad (3)$$

Pažymėtina, kad horizontų indėlis bendrame iškrovos debite nustatomas filtracijos uždavinio modelyje sprendimu. Modeliavimui reikalingi duomenys apie geologinę sandarą (sluoksnių slūgsojimas, storiai, litologija), hidrogeologines sąlygas (vandeningi ir silpnai laidūs sluoksniai, hidrodinamika, filtraciniai ir talpiniai rodikliai, požeminio vandens mineralizacija), hidrologija (upių, ežerų ir tvenkinių rodikliai), dabartinę ir planuojamą ūkinę veiklą (vandenvietės ir jų ištekliai bei režimas ir kt.) gauti atliekant įvairius geologinius ir hidrogeologinius darbus ir apibendrinti pagal geologijos fonde, Hidrometeorologijos tarnyboje, Geologijos ir geografijos institute sukauptą informaciją, apibendrinančius darbus.

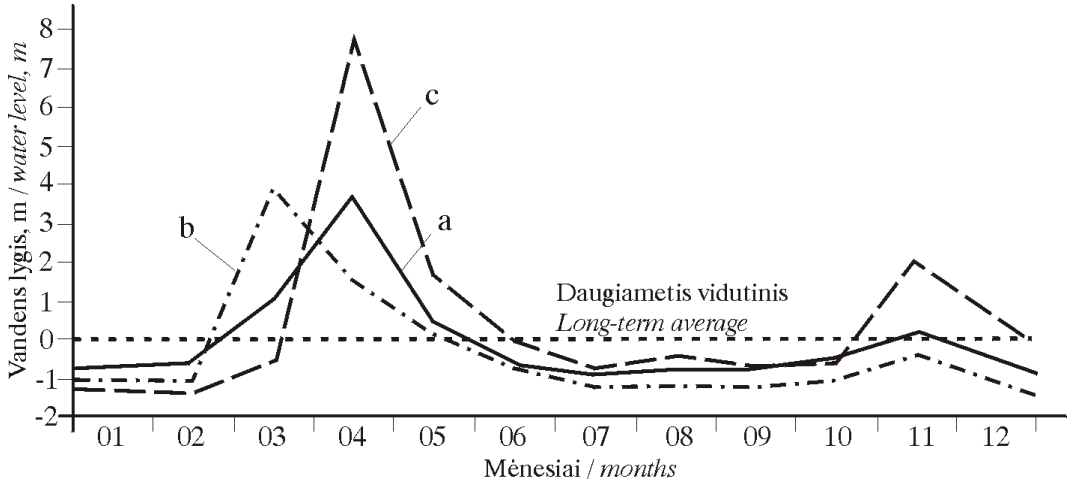
Modeliuojamos storymės parametrai ir ribinių sąlygų vaidmuo patikslinti modelio kalibravimu. Modelio kokybės kriterijumi priimtas geriausias išmatuotųjų ir modelinių požeminio vandens lygių sutapimas.

Modeliavimo tikslas – požeminio vandens apykaitos (gamtinių išteklių), vandenviečių eksploatacinių išteklių, vandens lygio, šaltinių vandens mineralizacijos pokyčių įvertinimas priklausomai nuo Nemuno vandens lygio režimo.

Dėl sezoninio vandens lygio upėje svyravimo požeminio ir paviršinio vandens apykaitos intensyvumas taip pat kinta. Apibendrintą (integruotą), vidutiniam daugiamečiam artimą, intensyvumą galima nustatyti priėmus stabilias vidutines daugiametes vandens lygio upėje reikšmes. Kadangi šiuo atveju požeminio ir paviršinio vandens apykaita yra pastovi (t.y. ją aprašančioje (1) lygtyje dešinysis narys lygus nuliui), ją galima įvertinti modeliuojant stacionarios filtracijos uždavinį.

Daug aukštesnis už vidutinį metinį (arba daugiametį) vandens lygis upėje būna dažniausiai pavasarinio potvynio metu (kovą–balandį) ir rečiau – rudenį. Tačiau šiais laikotarpiais vandens apykaitos sąlygos kinta ir požeminis nuotėkis į upes mažėja. Ypač pakinta paviršinio ir gruntinio vandeningojo horizonto apykaitos pobūdis. Vandens lygio upėje kilimo metu pakinta net apykaitos kryptis – paviršinis vanduo maitina požeminį, o procesas yra nestacionarus (sprendžiama baigtinių skirtumų metodu aproksimuota (1) lygtis).

Modeliavimui priimta, kad vandens horizontas upėje (1-os rūšies ribinė sąlyga $H = f(t)$) metų bėgyje kinta pagal daugiamečius mėnesinius vidurkius (3 pav.). Jeigu aukštas lygis upėje išliktų (pavyzdžiui, ją užtvenkus), po 1–2 metų gruntinis horizontas prisipildytų vandens ir šis vėl imtų maitinti upę.



3 pav. Metinis vandens lygio kitimas Nemune (Nemajūnų posto duomenimis). Vidutinis mėnesinis: a – daugiametis (modeliuotas), b – sausų metų, c – vandeningų metų.
Fig. 3. *Annual variation of Nemunas river level (according to the data of Nemajūnai station). Average monthly: a – long–term (modelled), b – of dry years, c – of high water years.*

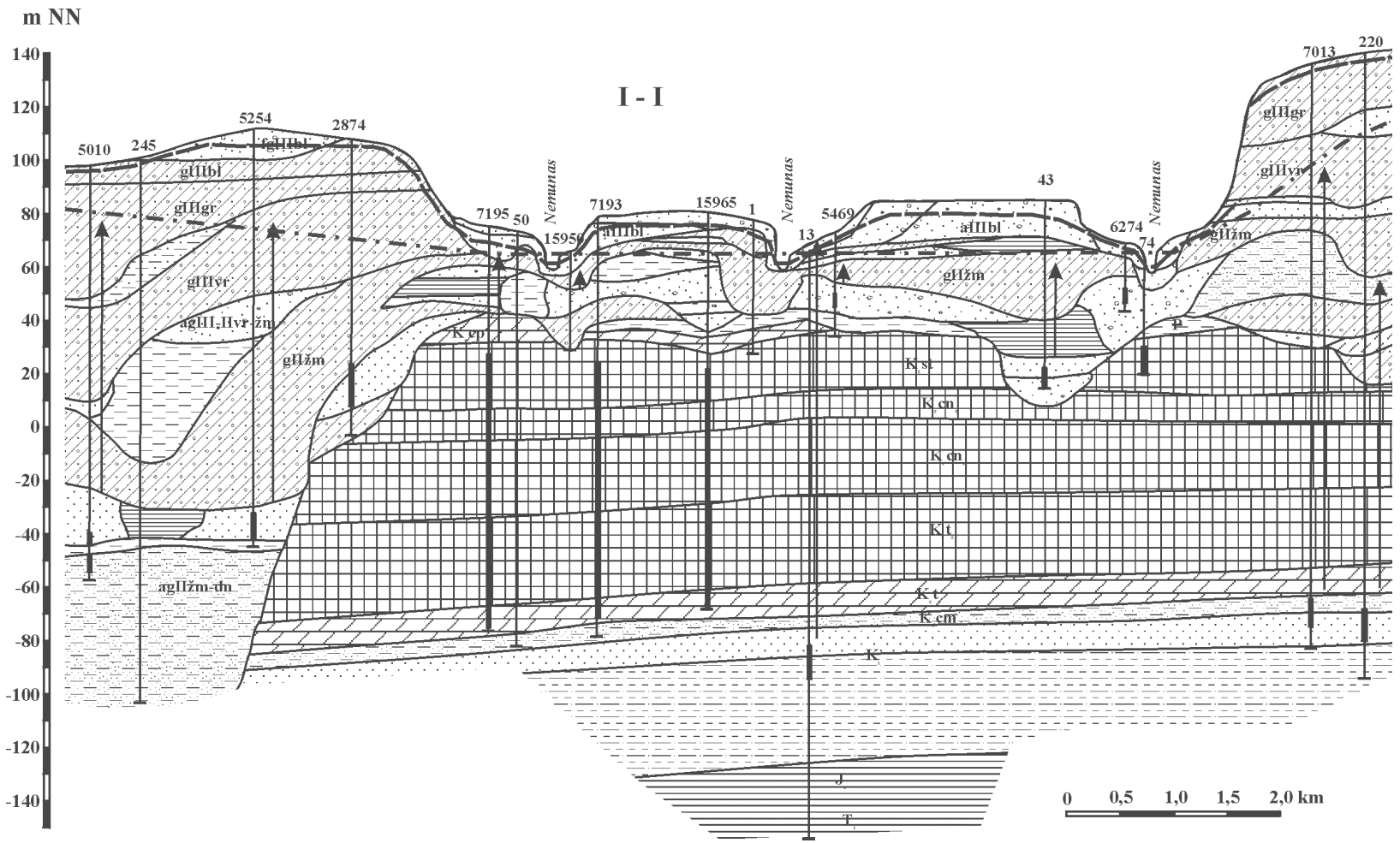
Matematinis modelis apima teritoriją, kuri gali turėti įtakos požeminio vandens režimui Nemuno slėnyje, ir joje išplitusius gruntinį, viršutinio pleistoceno, vidurinio pleistoceno, viršutinės kreidos ir apatinės kreidos vandeninguosius ir juos skiriančius silpnai laidžius (maždaug iki 300 m gylio) sluoksnius (4–6 pav.). Regioninio modelio skaičiuojamųjų blokų dydis – 1000 m, o pagalbinių modelių, skirtų parametrų kalibravimui esant sudėtingesnių hidrogeologinių ir antropogeninių sąlygų plotams (vandenvietės, perspektyvūs sklypai), – 100 m. Modeliavimo eiga: 1 – regioninio modelio sudarymas ir kalibravimas; 2 – požeminio vandens gamtinių išteklių ir apykaitos formavimosi dėsningumų nustatymas esant įvairiam Nemuno upės lygiui, jo režimui ir vandenviečių debitams.

Vandenvietės ir perspektyvūs plotai modeliuoti apibendrintai 2-os rūšies ribine sąlyga: Q = const = išžvalgytieji arba prognoziniai ištekliai.

2. Hidrogeologinės sąlygos ir tyrimų rezultatai

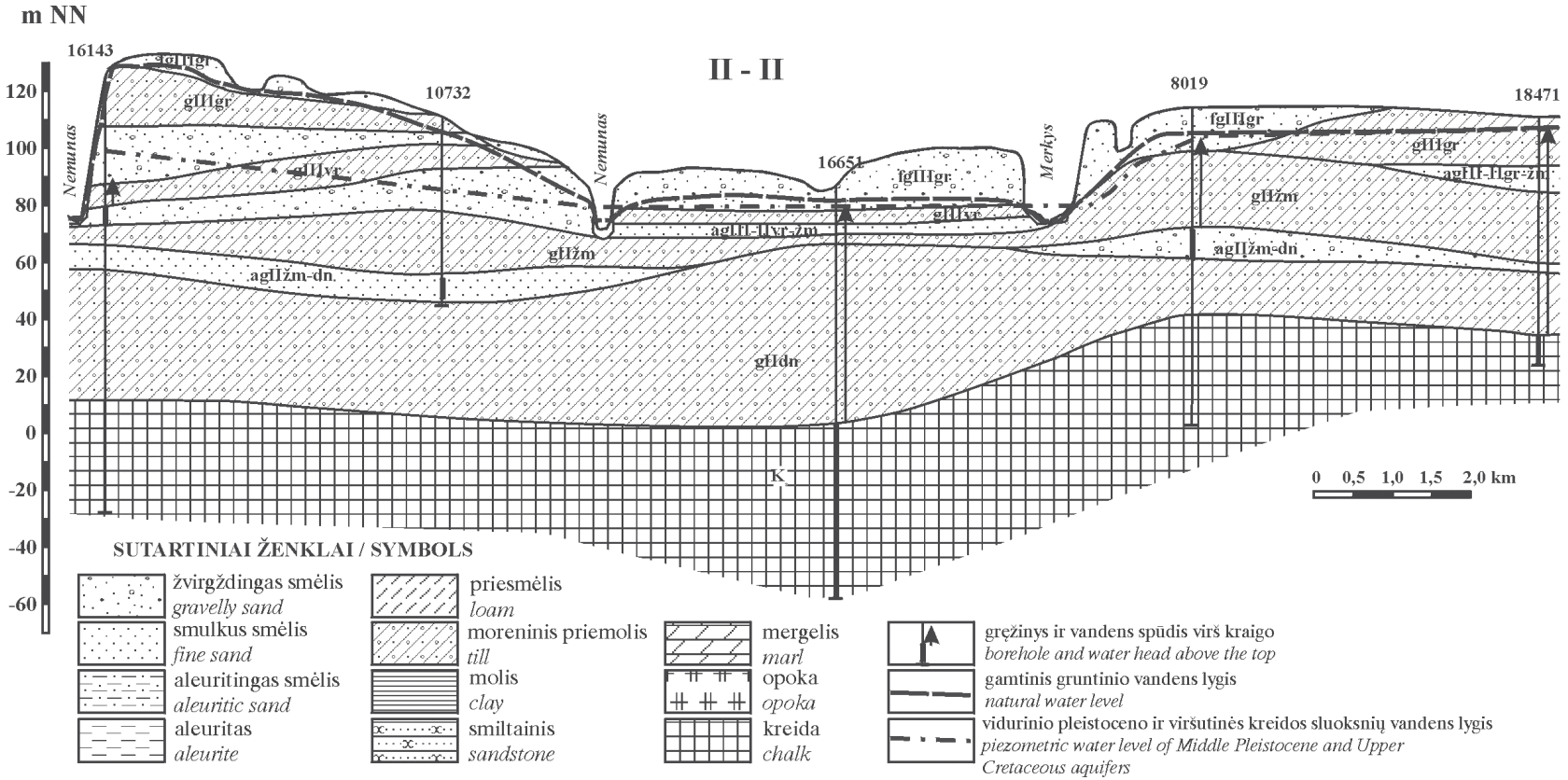
Įvairios paskirties geologiniai ir hidrogeologiniai bei požeminio vandens išteklių tyrimai įgalina pakankamai išsamiai apibūdinti regiono hidrogeologines sąlygas (Bendoraitis, 1988; Bendoraitis, Gregorauskas, Klimas, 1995; Bendoraitis, Valys, 1992; Kaladinskienė, Krikščiūnas, Šonta, 1961; Kilda, 1973; Kučas, 1968).

Regione įvairios mineralizacijos požeminis vanduo aptinkamas visoje nuosėdinėje storymėje, kurios storis siekia 500–600 m. Nemuno slėnis drenuoja aukščiau juros ir triaso vandensparinių apie 130 m storio molių esantį daugiausia gėlą kvartero, paleogeno, viršutinės bei apatinės kreidos uolienų požeminį vandenį. Gėlo ir sūraus požeminio vandens zonas skiria minėtas vandensparinių uolienų kompleksas. Po juo slūgsančiame požeminiame vandenyje yra 30–60 g/l ištirpusių druskų.

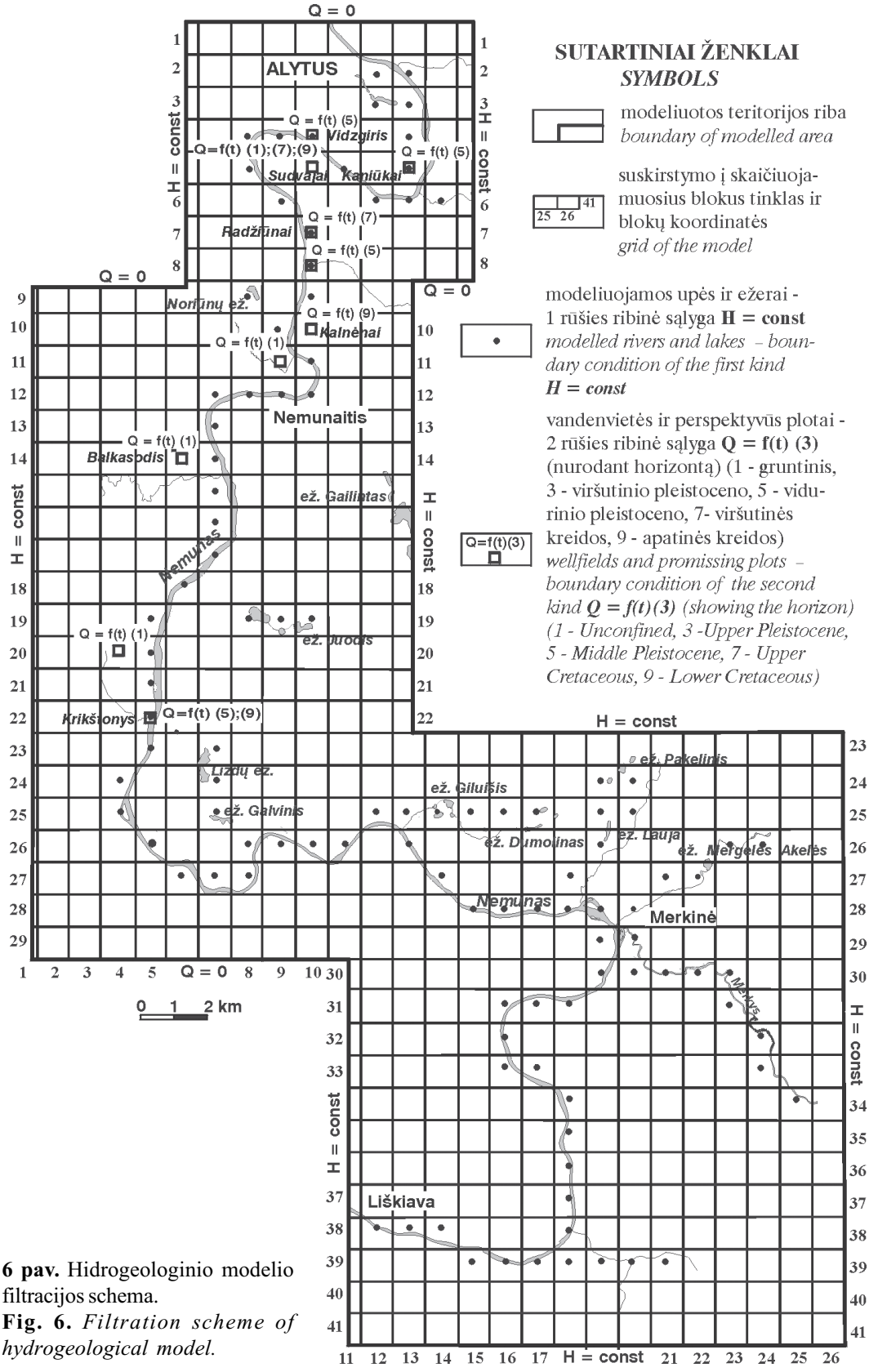


4 pav. Hidrogeologinis profilis I-I (pagal: Bendoraitis ir kt., 1995). Pjūvio kryptis ir stratigrafiniai sutartiniai ženklai 1 ir 2 pav.; litologiniai sutartiniai ženklai 5 pav.

Fig. 4. *Hydrogeological profile I-I (based on Bendoraitis et al., 1995).The direction of profile, stratigraphical and lithological symbols in Figs 1, 2 and 5.*



5 pav. Hidrogeologinis profilis II-II. Pjūvio kryptis ir stratigrafinai sutartiniai ženklai 1 ir 2 pav.
Fig. 5. *Hydrogeological profile II-II. The direction of profile and stratigraphical symbols in Figs 1 and 2.*



6 pav. Hidrogeologinio modelio filtracijos schema.
Fig. 6. *Filtration scheme of hydrogeological model.*

Kvartero nuogulų vandeningąjį kompleksą sudaro gruntinis ir tarpmoreniniai spūdiniai viršutiniojo ir viduriniojo pleistoceno horizontai (Varduvos–Žemaitijos ir Žemaitijos–Dainavos svitų tarpmoreniniai dariniai), skiriami įvairaus storio silpnai laidžių moreninio priemolio arba priesmėlio sluoksnių, kurių filtracijos koeficientas – nuo 0,0001 iki 0,5 m/d (1 pav.). Nemuno slėnio žemutinių terasų zonai, kur vandeningieji sluoksniai dėl mažo juos skiriančių molingų nuogulų storio turi gerą hidraulinį ryšį, būdinga labai intensyvi požeminio vandens apykaita.

Nemuno slėnio žemutinių terasų ribose gruntinis vanduo dažniausiai slūgso holoceno ir vėlyvojo kvartero amžiaus aliuvio nuogulose, kurių filtracijos koeficientas dažniausiai lygus 5–15 m/d. Vandeningojo sluoksnio storis dažniausiai yra 3–5 m. Kai kuriose slėnio atkarpose (Sudvajų, Kaniūkų, Nemunaičio, Krikštonių apylinkės) aliuvis slūgso ant tarpmoreninių smėlingų nuogulų. Čia gruntinio vandeningo sluoksnio storis siekia 20–30 m. Gruntinio vandens lygį pirmosios ir antrosios viršsalpinių terasų ribose lemia vandens horizonto Nemune kitimas: 100 m pločio pakrantės zonoje gruntinio vandens lygio svyravimo amplitudė siekia 50–70% upės lygio svyravimo amplitudės. Požeminio ir paviršinio vandens apykaitos intensyvumą lemia vagos dugno uolienų filtracinės savybės. Jas ir požeminio bei paviršinio vandens hidraulinį ryšį kiekybiškai apibūdinantis ekvivalentiškas papildomas filtracijos kelias (ΔL) kinta nuo 50–100 iki 500–900 m.

Kitoje regiono dalyje žemės paviršiuje išplitusios kitų genetinių tipų nuogulos. Gruntinio vandeningojo horizonto gylis čia kinta nuo 1,5 iki 9,0 m, o uolienų filtracijos koeficientas – nuo 0,1 iki 30 m/d.

Gėlo gruntinio vandens cheminė sudėtis priklauso nuo vandeningų nuogulų litologinės sudėties. Jame vyrauja hidrokarbonatai ir kalcis su magniu, kurie sudaro 75–80 ir 60–30 mg-ekv. % atitinkamai viso anijonų ir katijonų kiekio (hidrokarbonatinis kalcio–magnio tipo vanduo). Bendroji vandens mineralizacija kinta nuo 200 mg-ekv./l (durpėse) iki 560 mg-ekv./l (moreniniuose priemoliuose).

Viršutinio pleistoceno spūdinis vandeningasis horizontas – 3–20 m storio smėlio sluoksnis, slūgso 40–60 m gylyje ir paplitęs beveik visame rajone, išskyrus Nemuno slėnio ruožą nuo Krikštonių iki Alytaus. Uolienų filtracijos koeficientas yra 0,1–4,0 m/d, horizonto filtracinis laidumas (filtracijos koeficiento ir sluoksnio storio sandauga) dažniausiai neviršija 50–100 m^2/d, gręžtinių šulinių lyginamieji debitai – 0,1–0,5 l/s. Vandens spūdis virš horizonto kraigo didėja nuo 15–40 m prievaginėje slėnio dalyje iki 60–80 m jo pakraštyje.

Vidurinio pleistoceno spūdinis vandeningasis horizontas paplitęs visame regione. Jį sudarančio įvairaus rupumo 15–30 m storio smėlio sluoksnio slūgsojimo gylis – nuo 10–30 m prievaginėje Nemuno slėnio dalyje iki 80–140 m – už jo ribų. Uolienų filtracijos koeficientas sudaro 1–20 m/d, sluoksnio filtracinio laidumo koeficientas – dažniausiai 100–500 m^2/d, vietomis nedideliuose lokaliuose sklypuose Nemuno slėnyje siekia 1000 m^2/d ir dar daugiau. Gręžtinių šulinių lyginamasis debitas – 2–5 l/s.

Už slėnio ribų esančioje pagrindinėje mitybos srityje abiejų pleistoceno vandeningųjų kompleksų pjezometriniai lygiai skiriasi 10–15 m (altitudės – 80–135 m NN). Nemuno slėnyje – požeminio vandens iškrovos srityje viduriniojo pleistoceno horizonto lygiai 2–3 m viršija viršutinio pleistoceno horizonto lygius ir 5–10 m – upės sausmečio vandens horizontą. Jie kinta nuo 60 m (Alytaus apylinkės) iki 80 m NN (Liškiavos apylinkės).

Kvartero nuogulų vanduo yra gėlas, jame vyrauja hidrokarbonatų kalcio ir magnio jonai. Bendroji vandens mineralizacija dažniausiai neviršija 0,2–0,5 g/1. Požeminis vanduo atitinka geriamojo vandens normatyvo reikalavimus, tik jame padaugėję geležies bei organinės medžiagos (pagal permanganatinės oksidacijos rodiklį).

Viršutinės ir *apatinės kreidos* vandeningieji horizontai išplitę visame regione. Viršutinės kreidos vandeningųjų uolienų (balta kreida, kreidos mergelis ir smėlis) sluoksnio storis siekia 120 m, jo padas Nemuno slėnyje aptinkamas 130–170 m, už slėnio ribų – 230 m gylyje. Vandeningiausia – viršutinė sluoksnio dalis, kuri vietomis sudaro vientisą horizontą su paleogeno smėliais (2 pav.). Uolienų filtracijos koeficientas šiaurinėje regiono dalyje yra 10–30 m/d, pietinėje – 0,1–10 m/d, gręžtinių šulinių lyginamasis debitas dažniausiai yra 0,1–1,5 1/s. Atitinkamai horizonto laidumo koeficientas mažėja nuo 100–150 iki 30–50 m^2/d.

Apatinės kreidos vandeningasis horizontas slūgso 170–210 m gylyje. Požeminis vanduo yra smulkiame, vietomis molingame, ir vidutinio rupumo smėlyje. Vandeningojo sluoksnio storis – 5–12 m, nuo viršutinės kreidos horizonto jį skiria molingi aleuritai, kurių sluoksnio storis neviršija 3–5 m. Vandeningų uolienų filtracijos koeficientas – 0,5–10 m/d, dažniausi gręžtinių šulinių lyginamieji debitai – 0,1–0,4 1/s. Vandens spūdis – 100–200 m, pjezometrinis lygis Nemuno slėnyje – 5–10 m aukštesnis nei viršutinės kreidos vandens lygis. Apatinė vandenspara – to paties amžiaus molingo smėlio ir aleurito storymė (40–50 m), juros moliai ir aleuritai bei triaso moliai ir mergeliai – visas silpnai laidžių uolienų storis yra apie 150 m.

Kreidos vandeningųjų horizontų požeminis vanduo yra gėlas, hidrokarbonatinis kalcio–magnio tipo, jo mineralizacija – 0,3–0,5 g/1. Vandens kokybė atitinka geriamojo vandens higienos normas, tik jame gerokai padidėjusi geležies koncentracija.

Tačiau Nemuno slėnyje yra tektoninių lūžių, pro kuriuos sūrus triaso, permo ir dar gilesnių horizontų vanduo pakyla iki kreidos vandeningųjų sluoksnių, kartais šaltiniais išsrūva ir žemės paviršiuje. Tokie požeminiai mineralizuoto vandens kupolai ir šaltiniai žinomi Nemuno slėnyje aukščiau Nemunaičio (Nemunaičio ir Druskelės šaltiniai). Apatinės kreidos horizonte šiose vietose slūgso mineralizuotas (1,5–4,1 g/l) chloridinis natrio vanduo. Viršutinės kreidos horizonte taip pat esama mineralizuoto vandens, tačiau jo paplitimo arealas – gerokai mažesnis, o vandens mineralizacija neviršija 1,4–1,8 g/l. Šaltinių vandens mineralizacija yra nepastovi ir kinta nuo 0,6 iki 2,5 g/l.

Aktyviosios apykaitos zonos požeminio vandens cheminė sudėtis apibūdinta 1 lentelėje (Bendoraitis, Gregorauskas, Klimas, 1995; Lietuvos..., 2003).

Požeminio vandens eksploataciniai ištekliai regione detaliai žvalgyti tiktai Alytaus centrinio vandentiekio reikalams. Išžvalgytos ir įvairiu laiku buvo eksploatuojamos Vidzgirio, Radžiūnų ir Strielčių vandenvietės. Pastaraisiais metais vandens sunaudojimas labai sumažėjo ir šiuo metu vandenviečių debitas yra tiktai apie 10 tūkst. m^3/d. Be to, 1985–1992 m. 15–20 km aplink Alytų Nemuno slėnyje ir už jo ribų buvo vykdomos požeminio vandens paieškos miesto vandens poreikio tenkinimui ateityje (2010 m.), jis tuometinėmis prognozėmis buvo 90 tūkst. m^3/d. Atrasti perspektyvūs sklypai, kuriuose požeminio vandens ištekliai įvertinti preliminariai (2 lent.).

2003 metais Alytaus miesto vandenvietėse požeminio vandens buvo išgaunama apie 10,5 tūkst. m^3/d, t.y. tiktai apie 15% bendro detaliai ištirtų išteklių kiekio (66,3 tūkst. m^3/d). Daugiausiai vandens (beveik 7 tūkst. m^3/d) išgaunama Strielčių vandenvietėje, esančioje už modeliuoto regiono ribų (žemiau Alytaus), kur kaptuojamas vidurinio pleistoceno horizontas. Perspektyvus Ilgio sklypas taip pat nemodeliuotas, nes yra už tirto regiono ribų.

Taigi dabar požeminio vandens režimas regione praktiškai yra natūralus, netrikdomas gavybos ir priklauso tiktai nuo klimatinių veiksnių (krituliai, vandens lygio upėse kitimas).

Modeliuotas natūralus požeminio vandens režimas ir prognozuotas vandens gavybos išžvalgytose vandenvietėse ir perspektyviuose plotuose sutrikdytas režimas. Vandenviečių ir perspektyvių plotų ištekliai yra daug kartų didesni už dabartinį požeminio vandens poreikį regione.

1 lentelė. Požeminio vandens cheminė sudėtis.

Table 1. *Chemical composition of groundwater (according to Bendoraitis, Gregorauskas, Klimas, 1995; Lietuvos..., 2003).*

Komponentas, rodiklis (dimensija) *Component, (dimension)*	**Koncentracija, rodiklio reikšmė horizontų vandenyje (nuo–iki/vidutinė)** *Concentration, the value of rate in horizons water (from–to/average)*			**Higienos normos didžiausia leidžiama koncentracija (DLK)** *Admissible concentration by sanitary standard (MAC)*
	kvartero *Quaternary*	**viršutinės kreidos** *Upper Cretaceous*	**apatinės kreidos** *Lower Cretaceous*	
1	2	3	4	5
SL (mg/l)	183–692/370,5	196–1500/377,9	296–2500/381,2	
BK (mg- ekv./l)	1,0–7,99/5,36	2,45–6,28/5,07	5,06–6,66/6,21	
pH	6,5–7,9/7,41	7,45–7,45/7,45		6,5–9,5
PO (mgO_2/l)	0,92–6,24/2,69	0,64–4,96/2,98	2,64–5,92/4,55	5,0
Cl^-(mg/l)	6–217/46,1	3–244/27,93	7–27/19,08	250
SO_4^{--} (mg/l)	4–127/35,0	1,2–7/2,74	4–24/8,8	250
HCO_3^- (mg/l)	136–386/306,1	190–440/373,63	284–439/401,6	
NO_2^-(mg/l)	0–1,2/0,29	0–0,63/0,08	0,014–1,5/0,521	0,5
NO_3^-(mg/l)	0–4/1,834	0–4/2,28	0,63–6/3,543	50
Na^+ (mg/l)	10,81–81,62/30,8	14,55–46,62/33,07	3,57–29,1/22,72	200
K^+ (mg/l)	0,51–4,34/2,34	4,55–8,2/6,77	2,31–14,23/6,25	
Ca^{++} (mg/l)	6–114/77,3	23–96/72,15	80–94/90,8	
Mg^{++} (mg/l)	1–37/16,78	13–20/16,22	13–24/20,4	
Fe^{++} (mg/l)	0,53–5,57/2,1	4,05–4,05/4,05		0,2
NH_4^+ (mg/l)	0–0,787/0,24	0,08–1,5/0,65	0,1–0,4/0,19	0,5
Pb^{++} (mg/l)	0,0–0,05/0,0027	0,0005–0,043/0,0054	<0,001–0,021/0,011	0,025
Se^{++} (mg/l)	0–0,0016/0,0005	<0,0001		0,01
F^- (mg/l)	0,05–0,38/0,2	0,17–0,47/0,37		1,5
Mn^{++} (mg/l)	0,05–0,205/0,105	0,02–0,117/0,05	0,033–0,043/0,038	0,05
Cu^{++} (mg/l)	<0,0005–0,036/0,0093	<0,0005–0,007/0,003	0,0023–0,005/0,0036	2,0
Zn^{++} (mg/l)	0,012–1,0/0,065	0, 0053–0,47/0,099	0,044–0,42/0,232	
Al^{++} (mg/l)	0,0204–0,88/0,221	0,009–0,122/0,0574	0,016	0,2

SL – sausoji liekana, BK – bendrasis kietumas, PO – permanganatinė oksidacija / *SL – dry residue, BK – total hardness, PO – permanganate oxidation, MAC – maximum admissible concentration for drinking water according to sanitary standard (Lietuvos..., 2003).*

Siekiant įvertinti galimą maksimalų gavybos poveikį požeminio vandens režimui, modelyje priimta, kad vandenviečių debitas yra pastovus ir lygus ištekliams, t.y. realizuota 2-os rūšies ribinė sąlyga (($Q = f(x, y, z)$ = const)).

Daugiametis vidutinis mėnesinis vandens horizonto Nemune svyravimo grafikas, modelyje realizuotas 1-os rūšies ribine sąlyga (($H = f(t)$), parodytas 3 paveiksle. Būdingi, požeminio ir paviršinio vandens apykaitos apibendrinantieji dydžiai (daugiametis vidutinis, vidutinis potvynio) gauti stacionarios filtracijos uždavinio sprendimu, kiti – nestacionarios filtracijos uždavinio sprendimu.

Požeminio vandens formavimosi šaltiniai Nemuno slėnyje įvairaus upės lygio režimo sąlygomis parodyti 3 lentelėje.

Požeminio vandens apytakos intensyvumo kaita parodyta 4 lentelėje.

Potvynio ir jo slūgimo laikotarpyje požeminio (pirmiausia gruntinio) ir paviršinio vandens apykaitos intensyvumas ir net kryptis nuolatos kinta. Be to, kylant vandens lygiui horizontuose dėl jų gravitacinio arba tampriojo (spūdiniuose horizontuose) talpumo vanduo kaupiasi, o krintant – sukauptas išsiskiria (3 lent.). Todėl momentinės apykaitos reikšmės 4 lentelėje neparodytos ir aptartos atskirai.

Dabartinė požeminio vandens gavyba Radžiūnų vandenvietėje (apie 4 tūkst. m^3/d.) ir pavieniais gręžiniais regioninio poveikio požeminio vandens lygiui nedaro. Todėl požeminio ir

2 lentelė. Išžvalgytieji ir prognoziniai eksploataciniai Alytaus miesto požeminio vandens ištekliai ir gavyba (Hansen, Paukštys, 2001; UAB „Dzūkijos..., 2004).
Table 2. *Explored and prognostic groundwater reserves and extraction in Alytus (Hansen,Paukštys, 2001; www.vandenys.lt, 2004).*

Eil. Nr. *No.*	**Vandenvietė, sklypas** *Wellfield, site*	**Vandeningasis horizontas** *Aquifer*	**Ištekliai, tūkst. m³/d** *Reserves, thous m³/d*	**Gavyba, tūkst. m³/d (2003)** *Extraction, thous m³/d (2003)*
1	Vidzgirio	Vidurinio pleistoceno / *Middle Pleistocene*	13,7	0
		Viršutinės kreidos / *Upper Cretaceous*	0	0
2	Radžiūnų (I, II, III sklypai)	Vidurinio pleistoceno (I) *Middle Pleistocene*	3,4	3,9
		Viršutinės kreidos (II) / *Upper Cretaceous*	18,2	0
		Apatinės kreidos (III) / *Lower Cretaceous*	4,0	0
3	Strielčių	Vidurinio pleistoceno / *Middle Pleistocene*	27,0	6,6
4	Sudvajų	Gruntinis / *Unconfined*	15,0	0
		Viršutinės kreidos / *Upper Cretaceous*	14,0	0
		Apatinės kreidos / *Lower Cretaceous*	7,0	0
5	Ryliškių	Vidurinio pleistoceno / *Middle Pleistocene*	17,0	0
		Apatinės kreidos / *Lower Cretaceous*	7,0	0
6	Krikštonių	Gruntinis / *Unconfined*	12,0	0
7	Kalnėnų	Gruntinis / *Unconfined*	8,0	0
8	Balkasodžio	Gruntinis / *Unconfined*	8,0	0
9	Kaniūkų	Vidurinio pleistoceno / *Middle Pleistocene*	7,0	0
10	Ilgio	Viršutinio pleistoceno / *Upper Pleistocene*	8,0	0
		Iš viso *Total*	***169,3***	***10,5***

paviršinio vandens apykaita praktiškai išlieka natūrali. Objektyviai pagrįstos gavybos augimo prognozės taip pat nėra. Todėl kaip maksimaliai galimas tolimoje perspektyvoje vertintas tiktai išžvalgytųjų ir prognozinių išteklių gavybos poveikis požeminio ir paviršinio vandens apykaitai regione.

Vidutinė požeminio vandens iškrova modeliuotame 75 km ilgio Nemuno slėnio ruože tarp Liškiavos ir Alytaus natūraliomis sąlygomis yra apie 403 tūkst., o potvynio metu – apie 385 tūkst. m³/d arba vidutiniškai atitinkamai – nuo 5,4 tūkst. iki 5,1 tūkst. m³/d km. Išgaunant visus dabar regione ištirtus išteklius (134 tūkst. m³/d), požeminio vandens iškrova į Nemuną regione sumažėtų iki 334 tūkst. ir 317 tūkst. m³/d, arba 4,5 tūkst. ir 4,2 tūkst. m³/d km (atitinkamai vidutinė ir potvynio laikotarpio).

Dabartinėmis sąlygomis (2003) iš Nemuno įsifiltravęs vanduo formuoja apie 25% Radžiūnų vandenvietėje išgaunamo vandens (1 tūkst. iš 4 tūkst. m³/d). Išgaunant visus modeliuojamos teritorijos gerai ištirtus ir prognozinius eksploatacinius išteklius, įsifiltravusio vandens dalis padidėtų iki 42% (57 tūkst. iš 134 tūkst. m³/d).

Natūraliomis sąlygomis apie 80% bendro apie 400 tūkst. m³/d (apie 4,7 m³/s) požeminio vandens nuotėkio į upes modeliuojamoje 638 km² teritorijoje formuoja įsifiltravęs vanduo. Tai vidutiniškai sudaro beveik 500 m³/d km² (182 mm/a, arba 5,7 l/s km²). Bendras spūdinių vandeningųjų sluoksnių nuotėkis – 187 tūkst. m³/d, arba 279 m³/d km² (102 mm/a, arba 3,2 l/s km²). Primintina, kad platesniam regionui būdingas požeminis nuotėkis į upes, nustatytas jų hidrografo skaidymo būdu, yra nuo 2,5 iki 5 l/s km² (Lietuvos…, 1981). Šiuo atveju modeliuotas pastovus per metus (vidutinis daugiametis) vandens lygis Nemune duoda 10–20% didesnį bendrą požeminį nuotėkį į upę, nes iš tikrųjų potvynio metu gruntinio vandens nuotėkis į ją nutrūksta. Be to, potvynio slūgimo laikotarpio gruntinio vandens nuotėkis į upę,

3 lentelė. Požeminio vandens formavimosi šaltiniai regione (modeliavimo duomenys).
Table 3. *The sources of groundwater formation in the region (data of modeling).*

Vandeningasis sluoksnis ar kompleksas *Aquifer or aquifer system*	**Apytakos kryptis, vandens šaltinis arba vartotojas** *The direction of flow, source of water or consumer*	**Požeminio vandens balansas (prietaka–iškrova), tūkst. m³ /d** *Groundwater balance (inflow–discharge), thous m³ /d*					
		daugiametis vidutinis *long-term average*		**potvynio (vidutinis)** *tidal (average)*		**potvynio maksimumo** *of tidal maximum*	**potvynio slūgimo** *of tidal settlement*
		natūraliomis sąlygomis *under natural conditions*	**išgaunant išžvalgytuosius ir prognozinius išteklius** *with extraction of all reserves*	**natūraliomis sąlygomis** *under natural conditions*	**išgaunant išžvalgytuosius ir prognozinius išteklius** *with extraction of all reserves*		
1	2	3	4	5	6	7	8
Gruntinis *Unconfined*	Viršus / *Top*	319–406	376–334	319–385	377–317	1763–22	319–2170
	iš to skaičiaus / *including:*						
	- infiltracija/*infiltration*	*319–0*	*319-0*	*319–0*	*319–0*	*319–0*	*319–0*
	- upės /*river*	*0–406*	*57–334*	*0–385*	*58–317*	*1444–22*	*0– 2170*
	Apačia/*Bottom*	201–178	171–232	191–174	162–230	138–164	226–166
	Šoninis nuotėkis /*Outflow*	64–3	65–3	56–7	58–7	62–6	63–4
	Talpa / *Capacity*	0–0	0–0	0–0	0–0	0–1771	1732–0
	Gavyba / *Extraction*	0–0	0–43	0–0	0–43	0–0	0–0
Viršutinio pleistoceno *Upper Pleistocene*	Viršus / *Top*	178–201	232–171	174–191	230–162	164–138	166–226
	Apačia / *Bottom*	155–132	128–189	146–129	120–188	110–118	166–123
	Talpa / *Capacity*	0–0	0–0	0–0	0–0	0–18	17–0
Vidurinio pleistoceno *Middle Pleistocene*	Viršus / *Top*	132–155	189–128	12 9–146	188–120	118–110	123–166
	Apačia / *Bottom*	63–40	47–67	58–41	42–69	44–36	68–38
	Talpa / *Capacity*	0–0	0–0	0–0	0–0	0–16	13–0
	Gavyba / *Extraction*	0–0	0–41	0–0	0–41	0–0	0–0
Viršutinės kreidos *Upper Cretaceous*	Viršus / *Top*	40–63	67–47	41–58	69–42	36–45	38–68
	Apačia / *Bottom*	26–3	18–6	21–4	14–8	24–3	25–30
	Talpa / *Capacity*	0–0	0–0	0–0	0–0	0–12	8–0
	Gavyba / *Extraction*	0–0	0–32	0–0	0–32	0–0	0–0
Apatinės kreidos Lower *Cretaceous*	Viršus / *Top*	3–26	6–18	4–21	8–14	3-24	3–25
	Šoninis nuotėkis / *Outflow*	23–0	30–0	17–0	24–0	23-0	23–0
	Talpa / *Capacity*	0–0	0–0	0–0	0–0	0-2	0–1
	Gavyba / *Extraction*	0–0	0–18	0–0	0–18	0-0	0–0
Bendra apytaka filtracijos srityje *Total cycle in the filtration zone*	Viršus / *Top:*	319–406	376–334	319–385	377–318	1763–22	319–2170
	iš to skaičiaus / *including:*						
	infiltracija / *infiltration*	*319–0*	*319–0*	*319–0*	*319–0*	*319–0*	*319–0*
	- upės / *river*	*0–403*	*57–334*	*0–385*	*58–317*	*1444–22*	*0–2170*
	Šoninis nuotėkis / *Outflow*	87–3	95–3	73–7	82–7	85–6	86–4
	Talpa / *Capacity*	0–0	0–0	0–0	0–0	0–1820	1770–1
	Gavyba / *Extraction*	0–0	0–134	0–0	0–134	0–0	0–0
	Iš viso filtracijos srityje *Total in the filtration zone*	406–406	471–471	392–392	459–458*	1848–1848	2175

*– skaičiavimo disbalansas / *calculating disbalance.*

4 lentelė. Požeminio vandens apytakos intensyvumas regione.
Table 4. *The intensity of groundwater circulation in the region.*

Vandeningasis sluoksnis *Aquifer*	**Apytakos modulis, m³/d km² – mm/a – l/s km²** *The modulus of circulation intensity, m³/d km² – mm/a – l/s km²*			
	daugiametis vidutinis *long-term average*		**potvynio laikotarpio (vidutinis)** *of tidal period (average)*	
	natūraliomis sąlygomis *under natural conditions*	**išgaunant išžvalgytuosius ir prognozinius išteklius** *with extraction of all reserves*	**natūraliomis sąlygomis** *under natural conditions*	**išgaunant išžvalgytuosius ir prognozinius išteklius** *with extraction of all reserves*
1	2	3	4	5
Gruntinis / *Unconfined*	500–182–5,7	589–215–6,8	589–215–6,8	589–215–6,8*
Viršutinio pleistoceno *Upper Pleistocene*	279–102–3,2	367–133–4,2	272–91–3,1	360–131– 4,1
Vidurinio pleistoceno *Middle Pleistocene*	206–75–2,4	296–108–3,4	208–78–2	295–07–3,4
Viršutinės kreidos *Upper Cretaceous*	62–23–0,7	105–38–1	64–23–0,7	108–39–1
Apatinės kreidos *Lower Cretaceous*	5–2–0,05	9–3–0,1	6–2–0,07	12–5–0,1

taikant hidrografo skaidymą, požeminiam nuotėkiui nepriskiriamas.

Požeminio vandens nuotėkio į Nemuną intensyvumas priklauso nuo upės vagos ir gretimų teritorijų hidrogeologinių sąlygų ir vidutiniškai yra apie 5,4 tūkst. m^3/d km (kinta nuo 2 tūkst. iki 12 tūkst. m^3/d km). Didžiausias nuotėkis būdingas Krikštonių–Nemunaičio atkarpai.

Kaip matyti iš 3 lentelės duomenų, potvynio Nemune metu požeminio vandens apytaka tarp modeliuotos ir gretimų teritorijų (šoninė prietaka) dėl laikinai mažėjančio vertikaliojo ir horizontaliojo srauto gradiento, lyginant su vidutine daugiamete, esant kitoms sąlygoms vienodoms, kinta (mažėja) nežymiai (apie 10%) – nuo 87 tūkst. iki 73 tūkst. m^3/d natūraliomis sąlygomis ir nuo 95 tūkst. iki 82 tūkst. m^3/d išgaunant išteklius.

Potvynio metu Nemunas ima maitinti gretimų teritorijų gruntinį vandenį ir modeliuotoje 75 km atkarpoje praranda apie 17 m^3/s (0,22 m^3/s vagos km) vandens. Dėl laikinai sumažėjusio lygio skirtumo ir gradiento, kaip matyti iš modeliavimo duomenų (3 lent. 7 stulpelis), potvynio maksimumo metu (vidutinės daugiametės reikšmės) požeminio vandens iškrova į Nemuną praktiškai nutrūksta, taip pat sumažėja vandens apykaita tarp spūdinių horizontų. Pavasarinio potvynio upėje sukeltas gruntinio vandens lygio pakilimas (daugiau kaip 0,5 m) apima 1–3 km pločio pakrančių ruožus (7 pav.). Spūdiniuose horizontuose patvankos dydis gelmėjant mažėja (8 pav.).

Nuslūgus vandens lygiui upėje, gruntiniame horizonte sukauptas vanduo (iš viso regione susikaupia apie 45–50 mln. m^3, arba vidutiniškai apie 70 mm sluoksnis) upės maitinimui išeikvojamas per 50–60 dienų. Vidutinis šio laikotarpio požeminio vandens nuotėkio intensyvumas – apie 0,1, maksimalus – apie 0,25 m^3/s km (vidutinis daugiametis – apie 0,06 m^3/s km).

Požeminio vandens cheminės sudėties ir kokybės stabilumo požiūriu svarbiausi objektai yra vandenvietės ir aukščiau Nemunaičio upės slėnyje išplitusi padidėjusios mineralizacijos požeminio vandens zona su čia esančiais šaltiniais (Nemunaičio, Druskelės).

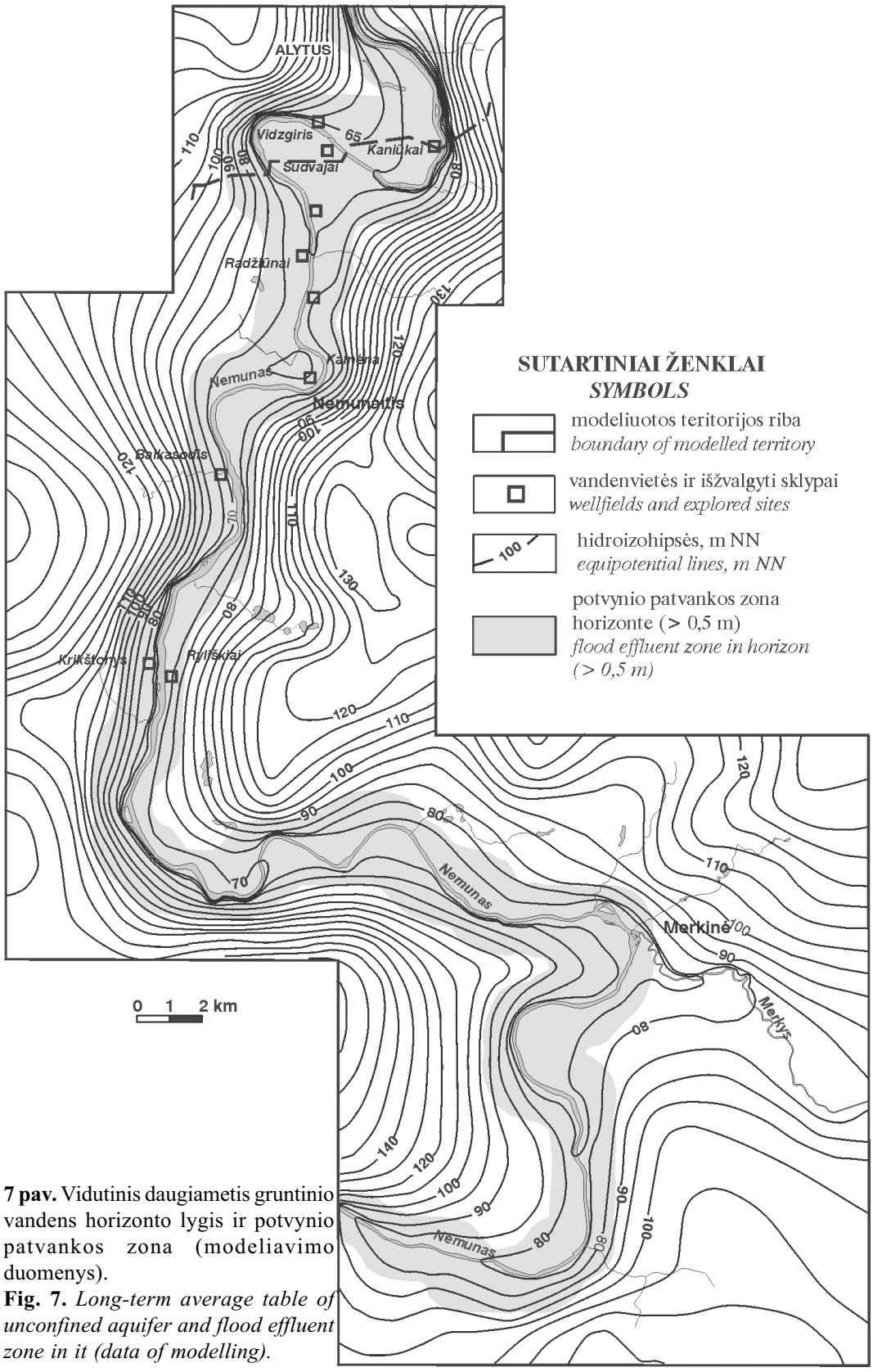
Laikinas požeminio vandens apytakos sumažėjimas per potvynį jaučiamo poveikio gėlo požeminio vandens mineralizacijai ir cheminei sudėčiai regiono mastu nedaro.

Visos Alytaus miesto vandenvietės ir perspektyvūs sklypai (išskyrus Ilgio) išsidėstę Nemuno slėnyje. Žymią dalį jų eksploatacinių išteklių (apie 40%) formuoja paviršinio vandens prietaka. Pastarojo mineralizacija yra mažesnė už požeminio vandens. Todėl čia kaptuojamo ir aukščiau jo esančių sluoksnių požeminio vandens mineralizacija esant pastoviai ir intensyviai, artimai ištirtiems ištekliams gavybai, gali kiek sumažėti, o kokybė, tinkamai organizavus gavybą ir sanitarinę aplinkos būklę, nepablogėtų.

Vidutinė daugiametė požeminio vandens iškrova aukščiau Nemunaičio upės slėnyje esančios apie 8 km ilgio padidėjusios mineralizacijos požeminio vandens zonos ribose yra apie 6,6 tūkst. m^3/d km. Potvynio metu čia požeminio vandens iškrova sumažėja apie 10%.

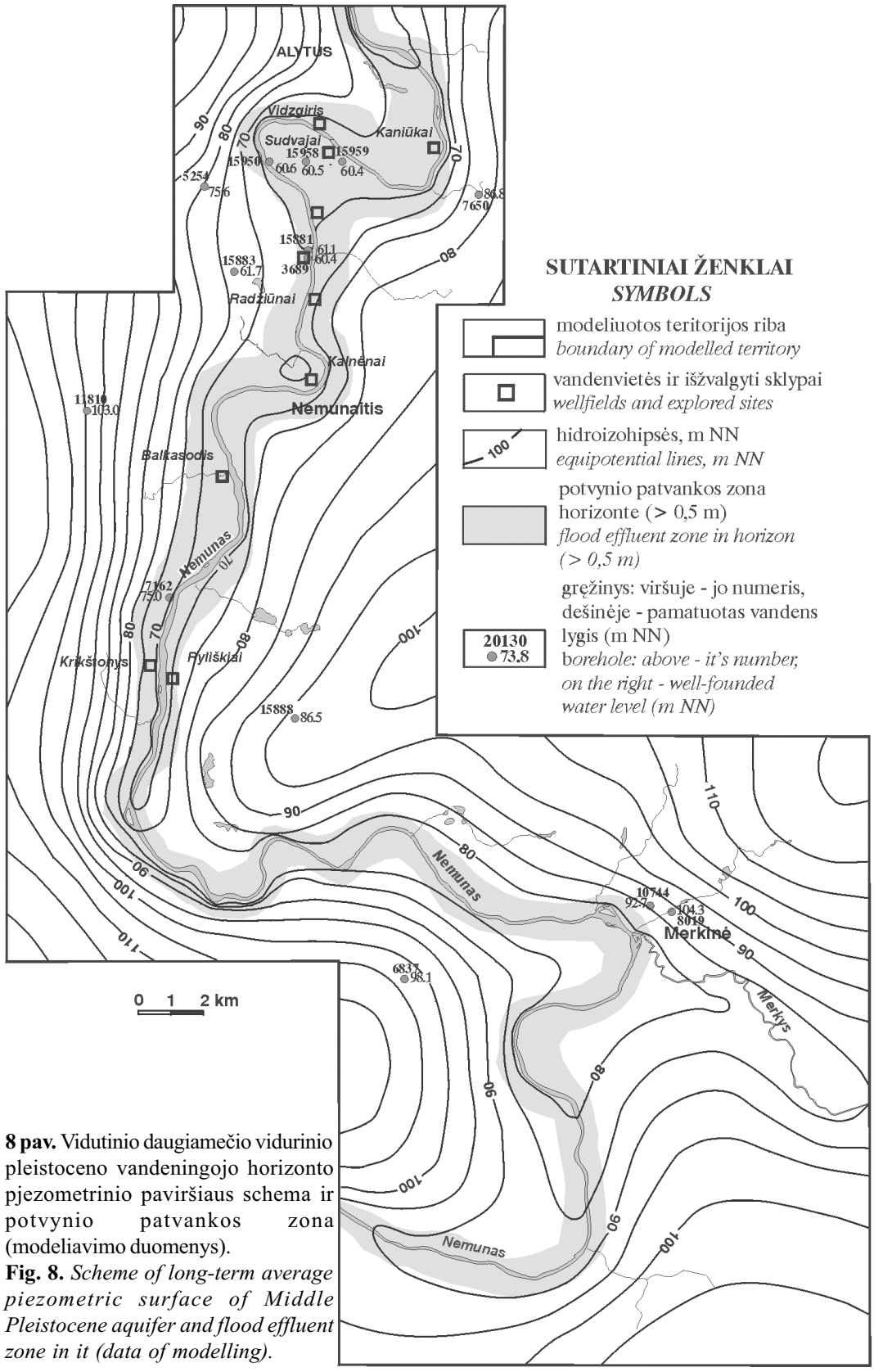
Bendrame iškrovos debite apatinės kreidos vandens (vidutinė mineralizacija – apie 2 g/l) kiekis, kuris lemia padidėjusios mineralizacijos zonos susidarymą, sumažėja apie 40% – nuo 48 iki 33 m^3/d km ilgio upės atkarpoje. Kadangi analogiškai mažėja gėlo požeminio vandens prietaka į slėnį (nuo 150 iki 106 m^3/d km), tai (3) formule apskaičiuota viršutinės kreidos vandens mineralizacija (C_i) sumažėja nuo 0,87 iki 0,86 g/l (t.y. 2%).

Padidėjusios mineralizacijos požeminio vandens versmės (pavyzdžiui, Nemunaičio vandens mineralizacija – 0,6 g/l, debitas – apie 50 m^3/d) arba mineralizuoto vandens (pavyzdžiui, Druskelės vandens mineralizacija – 2,14 g/l, debitas – apie 79,5 m^3/d) yra minėtos zonos ribose. Tačiau jos formuojasi lokaliose tektoninio sluoksnių trupinimo zonose, kurių dėl nepakankamo ištirtumo regioniniame filtraciniame viengubą poringumą imituojančiame modelyje atkurti neįmanoma.



7 pav. Vidutinis daugiametis gruntinio vandens horizonto lygis ir potvynio patvankos zona (modeliavimo duomenys).

Fig. 7. *Long-term average table of unconfined aquifer and flood effluent zone in it (data of modelling).*



8 pav. Vidutinio daugiamečio vidurinio pleistoceno vandeningojo horizonto pjezometrinio paviršiaus schema ir potvynio patvankos zona (modeliavimo duomenys).

Fig. 8. *Scheme of long-term average piezometric surface of Middle Pleistocene aquifer and flood effluent zone in it (data of modelling).*

Taigi Nemuno potvyniai požeminio vandens hidrogeocheminio zoniškumo iš esmės nepakeičia. Tačiau galimas laikinas dabartinių mineralizuoto vandens šaltinių (Druskelės, Nemunaičio) išeigos vietų (žiočių) užliejimas per potvynius upės vandens lygiui pakilus aukščiau vidutinio 8–9 m.

Matematinis modelis sudarytas jau turimos, tačiau nepakankamos informacijos pagrindu. Ypač stokojama duomenų apie požeminio vandens režimą, kurio stebėjimui visuose horizontuose ir įvairiose slėnio vietose būtina įrengti specializuotą postų tinklą.

Apibendrinimas

Požeminio vandens formavimosi dėsningumai apie 75 km ilgio Nemuno slėnio ruože tarp Liškiavos ir Alytaus vertinti matematinio modeliavimo metodais. Sudarytas modelis apima maždaug 650 km^2 slėnio ir gretimų teritorijų visą vandens aktyvios apykaitos zoną, apimančią gruntinį, viršutinio pleistoceno, vidurinio pleistoceno, viršutinės kreidos ir apatinės kreidos vandeninguosius horizontus ir juos skiriančius silpnai laidžius sluoksnius. Tirta požeminio ir paviršinio vandens apykaitos ir lygio dinamikos priklausomybė nuo sezoninio Nemuno vandens lygio svyravimo bei požeminio vandens gavybos.

Šiuo metu požeminio vandens gavyba Radžiūnų vandenvietėje (apie 4 tūkst. m^3/d) ir pavieniais gręžiniais regioninio poveikio požeminio vandens lygiams nedaro. Todėl požeminio ir paviršinio vandens apykaita praktiškai išlieka natūrali. Objektyviai pagrįstos gavybos augimo prognozės taip pat nėra. Todėl kaip maksimaliai galimas tolimoje perspektyvoje vertintas tiktai išžvalgytųjų ir prognozinių išteklių gavybos poveikis požeminio ir paviršinio vandens apykaitai regione.

Vidutinė požeminio vandens iškrova modeliuotame 75 km ilgio Nemuno slėnio ruože tarp Liškiavos ir Alytaus natūraliomis sąlygomis yra apie 400 tūkst., o potvynio metu – apie 385 tūkst. m^3/d, arba vidutiniškai atitinkamai – nuo 5,4 tūkst. iki 5,1 tūkst. m^3/d km. Jos intensyvumas priklauso nuo vagos ir gretimų teritorijų hidrogeologinių sąlygų ir vidutiniškai yra apie 5,4 tūkst. m^3/d km (kinta nuo 2 tūkst. iki 12 tūkst. m^3/d km). Didžiausias nuotėkis būdingas Krikštonių–Nemunaičio atkarpai.

Išgaunant visus dabar regione ištirtus vandens išteklius (134 tūkst. m^3/d), požeminio vandens iškrova į Nemuną regione sumažėtų iki 334 tūkst. ir 317 tūkst. m^3/d, arba 4,5 tūkst. ir 4,2 tūkst. m^3/d km (atitinkamai vidutinė ir potvynio laikotarpio).

Visos tirtame regione išžvalgytos vandenvietės ir perspektyvūs sklypai yra žemutinių Nemuno terasų ribose. Upės vanduo yra svarbus jų eksploatacinių išteklių formavimosi šaltinis. Dabartinėmis sąlygomis (2003) iš Nemuno įsifiltravęs vanduo formuoja apie 25% Radžiūnų vandenvietėje išgaunamo vandens (1 tūkst. iš 4 tūkst. m^3/d). Išgaunant visus gerai ištirtuosius ir prognozinius eksploatacinius išteklius, įsifiltravusio upės vandens dalis padidėtų iki 42% (57 tūkst. iš 134 tūkst. m^3/d).

Natūraliomis sąlygomis vidutiniškai apie 320 tūkst. m^3/d (4,7 m^3/s), arba apie 80% bendro požeminio vandens nuotėkio į Nemuną formuoja slėnyje ir gretimose teritorijose įsifiltravęs vanduo. Bendras spūdinių vandeningųjų sluoksnių nuotėkis yra 187 tūkst. m^3/d, arba 279 m^3/d km^2 (102 mm/a, arba 3,2 l/s km^2).

Potvynio metu Nemunas ima maitinti slėnio gruntinį vandenį, prarasdamas modeliuotame 75 km ruože apie 17 m^3/s (0,22 m^3/s vienam vagos km) vandens. Potvynio maksimumo metu dėl laikinai sumažėjusio lygio skirtumo ir gradiento, požeminio vandens iškrova į Nemuną praktiškai nevyksta, taip pat sumažėja ir apykaita tarp spūdinių

horizontų. Pavasarinio potvynio upėje sukeltas gruntinio vandens lygio pakilimas (daugiau kaip 0,5 m) apima 1–3 km pločio pakrančių ruožus. Spūdiniuose horizontuose patvankos dydis su gyliu mažėja.

Nuslūgus vandens lygiui upėje, gruntiniame horizonte sukauptas vanduo upės maitinimui išeikvojamas per 50–60 dienų. Vidutinis šio laikotarpio požeminio vandens nuotėkio intensyvumas – apie 0,1, maksimalus – apie 0,25 m^3/s km (vidutinis daugiametis – apie 0,06 m^3/s km).

Požeminio vandens cheminės sudėties ir kokybės stabilumo požiūriu svarbiausi objektai yra vandenvietės ir aukščiau Nemunaičio upės slėnyje išplitusi padidėjusios mineralizacijos požeminio vandens zona ir su ja susiję padidėjusios mineralizacijos šaltiniai (Nemunaičio, Druskelės).

Laikinas požeminio vandens apytakos sumažėjimas potvynio metu jaučiamo poveikio gėlo požeminio vandens mineralizacijai ir cheminei sudėčiai regiono mastu nedaro.

Gauta 2004-08-19

Literatūra

Bendoraitis A., Gregorauskas M., Klimas A. (1995). Alytaus požeminio vandens telkinio Radžiūnų ir Radžiūnų–II sklypų eksploatacinių išteklių įvertinimo ataskaita / UAB „Vilniaus hidrogeologija“, Vilnius. (Rankraštis.)

Bendoraitis A., Valys A. (1992). Kaniūkų sklypo hidrogeologinių tyrimų spindulinio šulinio įrengimui ataskaita / AB „Artva“, Vilnius. (Rankraštis.)

Bendoraitis A. (1988). Paieškiniai hidrogeologiniai tyrimai Alytaus miesto centralizuotam vandentiekiui / Vilniaus hidrogeologijos ekspedicija, Vilnius. (Rankraštis, rusų k.)

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy (2000), *Official Journal L*, No.327-1.

Guobytė R. (1998). Kvartero geologinio žemėlapio 1:200 000 masteliu revizija, nauja redakcija ir parengimas spaudai / Lietuvos geologijos tarnyba, Vilnius. (Rankraštis.)

Hansen E., Paukštys B. (2001). Alytaus vandens tiekimo pagerinimas, A dalis / DANCEE ir UAB „Dzūkijos vandenys”, Vilnius. (Rankraštis.)

Kaladinskienė A, Krikščiūnas V., Šonta Z. (1961). Hidrogeologinių tyrimų Alytaus rniesto vandentiekiui ataskaita/Vilniaus hidrogeologijos ekspedicija, Vilnius. (Rankraštis, rusų k.)

Kasdienis hidrometeorologinis biuletenis. 2001–2004/Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba, Vilnius.

Kilda K. (1973). Požeminio vandens Alytaus miesto vandentiekiui paieškų ir parengiamosios žvalgybos ataskaita/Vilniaus hidrogeologijos ekspedicija, Vilnius. (Rankraštis, rusų k.)

Kučas A. (1968). Hidrogeologinių tyrimų Alytaus miesto centralizuoto vandentiekio išplėtimui ataskaita / Vilniaus hidrogeologijos ekspedicija. Vilnius. (Rankraštis, rusų k.)

Lietuvos higienos norma HN24:2003 „Geriamo vandens saugos ir kokybės reikalavimai” (2003), *Valstybės žinios*, Nr.79-3606.

Lietuvos TSR atlasas (1981), Maskva.

McDonald M. G., Harbaugh A. W. (1988). A modular three–dimensional finite–difference groundwater flow model (MODFLOW), Modelling techniques.

Rumbaugh J. O., Rumbaugh D. B. (1997). Groundwater Vistas: Guide to using.

Šliaupa S., Čyžienė J., Lazauskienė J. (1999). Prekvartero geologinio žemėlapio 1: 200 000 masteliu revizija / Lietuvos geologijos tarnyba, Vilnius. (Rankraštis.)

UAB „Dzūkijos vandenys“ internetinis puslapis (2004), *www.vandenys.lt.*

Гидрологические сведения по рекам и озерам Литовской ССР 1933–1944 гг. (1950), Ленинград: Гидрометеоиздат.

Ресурсы поверхностных вод СССР: Основные гидрологические характеристики (1974), Ленинград: Гидрометеоиздат, т. 4, вып. 3.

Algirdas Zuzevičius, Jonas Diliūnas, Gediminas Čyžius, Mykolas Kaminskas

Institute of Geology and Geography, Vilnius

Formation of groundwater resources in the Liškiava–Alytus section of the Nemunas River valley

Summary

Due to natural resources Nemunas, as other big rivers and their valleys, has always played an important role in the economic and social–cultural development of society. The complicated interrelations of natural environment and economic activity require thorough application of the principles of sustainable development.

The sector of the Nemunas valley between Liškiava and Alytus is comparatively sparsely populated and marked by specific landscape, great number of natural and historical monuments and deposits of valuable minerals (groundwater in the first place). It often is an object of conflicting interests.

The regularities of groundwater formation in the 75 km long sector of Nemunas valley can be evaluated by the methods of mathematical modelling. A model was created for an area of 650 km^2 of the valley with the surrounding territories. The area represents the active water exchange zone including the groundwater, Upper Pleistocene, Middle Pleistocene, Upper and Lower Cretaceous aquifers and the intermediate semi-permeable horizons. The dependence of groundwater–surface water exchange and level dynamics on the seasonal Nemunas water horizon fluctuation and groundwater extraction was the object of the present research.

The groundwater abstraction in the Radžiūnai settlement (about 4 thou m^3/d) and in the individual wells produces no regional influence on the groundwater level. Thus, the groundwater–surface water exchange bears almost natural character. There is no objectively based future prognosis for increase of groundwater extraction. For this reason only the impact of extraction of the explored and prognostic groundwater resources on the groundwater–surface water exchange in the region was evaluated as a possible one in the far future.

The mean groundwater discharge in the modelled 75 km long sector of Nemunas valley is about 400 thou m^3/d under natural conditions and about 385 thou m^3/d during tides or the average from 5.4 to 5.1 thou m^3/d km respectively. Its intensity depends on the hydrogeological conditions of the river channel and adjacent territories and makes up about 5.4 thou m^3/d km on the average (varies from 2 to 12 thou m^3/d km). The highest discharge values are characteristic of the Krikštonys–Nemunaitis sector.

In case of extraction of all explored groundwater resources (134 thou m^3/d) the groundwater discharge into Nemunas would reduce in the region to 334 and 317 thou m^3/d or 4.5 and 4.2 thou m^3/d km (the mean and tide values respectively).

All explored wellfields and promising plots are situated within the area of low Nemunas terraces. The river water is an important formation source of exploitation resources. The filtration water from Nemunas today (2003) forms about 25 % of the water extracted in the Radžiūnai wellfield (1 out of 4 thou m^3/d). In case of extraction of all explored and prognostic exploitation resources the proportion of infiltrated river water would increase up to 42 % (57 out of 134 thou m^3/d).

About 320 thou m^3/d (4.7 m^3/s) or 80 % of the total of groundwater discharge into Nemunas under the natural conditions are formed by infiltration water in the valley and surrounding territories. The total confined groundwater discharge is 187 thou m^3/d or 279 m^3/d/km^2 (100 mm/a or 3.2 l/s km^2).

Recharging the groundwater of its valley during tides Nemunas loses about 17 m^3/s (0.22 m^3/s km of the channel) of its water in the modelled sector. The groundwater discharge into Nemunas does not actually take place during the tide peak due to temporary reduction of the level differences and gradient. The water exchange between the confined horizons also weakens. The rise of groundwater

level (>5 m), induced by spring floods, includes the 1–3 km wide riverside sections. The water head in the confined horizons reduces with depth.

The water accumulated in the aquifer is spent for river recharge in 50–60 days after the water fall in the river horizon. The mean groundwater discharge intensity for this period is about 0.1 m^3/s km and the maximum is about 0.25 m^3/s km (the long-term mean is about 0.06 m^3/s km).

The wellfields and the elevated groundwater mineralization zone, spread in the river valley upstream from Nemunaitis, as well as the related highly mineralized springs (Nemunaitis, Druskelė) are the most important objects from the point of view of the stability of the groundwater chemical composition and quality.

The temporary reduction of groundwater exchange during tides produces no appreciable regional effect on the fresh groundwater mineralization and chemical composition.

ISSN 0132–3156 Geografijos metraštis 37(1-2) t., 2004

JŪROTYRA

KURŠIŲ NERIJOS MARIŲ KRANTO ZONOS MORFOLITODINAMINIAI RUOŽAI

Ramūnas Povilanskas
Klaipėdos universitetas, H. Manto g. 84, LT-92294, Klaipėda

Julius Taminskas
Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševčenkos g. 13, LT-03223, Vilnius
El. paštas: julius.taminskas@geo.lt

Įvadas

Darniam visos Kuršių nerijos tvarkymui būtina išsami ir įvairiapusiška ilgalaikių kranto zonos morfologinių pokyčių bei krantus tiek iš jūros, tiek iš marių pusės veikiančių veiksnių analizė, apimanti visą Kuršių nerijos kranto zoną (abipus sienos).

2003 metais *TACIS CBC SPF* programos projekto „Kompleksinis Kuršių nerijos (abipus sienos) tvarkymo planas“ užsakymu buvo atlikti kompleksiniai tarpdisciplininiai Kuršių nerijos krantų dabartinės būklės tyrimai. Jais remiantis parengta Kuršių nerijos (abipus sienos) darnios krantotvarkos principinė schema, pagrįsta darnios plėtros ir interesų derinimo principais bei *Acquis communautaire* gamtosaugos ir gamtonaudos reikalavimais.

Sėkmingas Kuršių nerijos kranto zonos konfliktų sprendimas ir subalansuota žmogaus veikla šioje ypač jautrioje poveikiui teritorijoje įmanomi tik remiantis darnios krantotvarkos principais (Povilanskas, 1999). Litodinaminis kranto zonos skirstymas sudaro dinaminį kranto zonos erdvinės struktūros pagrindą, kuriuo turėtų remtis teritorinis planavimas ir ūkinė veikla kranto zonoje. Tai ypač aktualu sprendžiant marių krantų apsaugos nuo ardymo, krantinių ir jachtų prieplaukų statybos problemas.

1. Metodika

Litodinaminiuose kranto zonos ruožuose ilgalaikė nešmenų apykaita yra gerokai intensyvesnė, lyginant su nešmenų išnaša už šių ruožų ribų (Armaitienė ir kt., 2004). Šioje studijoje, remiantis R. Povilansko disertacijoje (1998a) pateiktais duomenimis ir juos papildžius naujausia tyrimų medžiaga apie marių kranto zonos dinamiką XX a. pabaigoje, pakartotinai statistiniais metodais buvo patikslintas litodinaminis Kuršių nerijos marių kranto zonos skirstymas.

Nepaisant to, kad nėra tiesioginių ilgalaikės nešmenų pernašos Kuršių nerijos marių kranto zonoje matavimų, daug netiesioginių požymių rodo, kad Kuršių nerijos marių kranto zonoje yra mažų litodinaminių ruožų, kur išryškėjusi daugiametės priekrantinės nešmenų cirkuliacijos atstojamoji.

Kiekvieną litodinaminį kranto fragmentą sudaro gretimos nešmenų divergencijos, pernašos (tranzito) ir konvergencijos vietos, o ties pustomomis kopomis, be šių trijų, – ir nešmenų prietakos iš kopų vietos (Bray, Carter, Hooke, 1995). Ši tezė buvo tikrinama remiantis

Kuršių nerijos marių kranto zonos ploto pokyčių 258 skersiniuose profiliuose 1955–1994 m. (Povilanskas, 1998b) statistine analize.

Atstojamosios priekrantinės nešmenų pernašos susidarymo ir divergencijos vietas atitinka vyraujančios ardos morfodinaminio tipo profiliai, tranzitinį ardos ir tranzitinį sąnašavimo ruožus – dinaminės pusiausvyros profiliai, priekrantinės nešmenų pernašos konvergencijos vietas – vyraujančio sąnašavimo morfodinaminio tipo profiliai, o nešmenų patekimo į kranto zoną iš slenkančių kopų – vyraujančio spartaus sąnašavimo profiliai.

Kranto zonos profilių tipizavimui pagal jų morfodinamiką 1955–1994 m. taikytos kelių pakopų tipizavimo procedūros: kranto zonos statistinis skirstymas į nehierarchines tipologines grupes ir diskriminantinė analizė. Ši analizė atlikta naudojantis statistinės analizės programinės įrangos paketu *STATISTICA*. Morfodinaminio tipizavimo požymiais pasirinkti profilių plotų pokyčiai tarp kranto linijos ir 1 m, tarp 1 m ir 2 m bei tarp 2 m ir 3 m izobatų. Siekiant sulyginti visų analizuojamų rodiklių santykinį reikšmingumą grupavimui, skirstymas atliekamas santykiniam [0; +1] požymių reikšmių variacijos intervalui, normuojant rodiklių reikšmes pagal maksimalius dydžius.

Kranto ruožai suskirstyti monotetiniu principu, t.y. vienas profilis priskirtas tik vienai grupei, priverstinai suskirstant visą arealų aibę į vis didesnį grupių skaičių. Grupių ribos nustatomos automatiškai, pagal „sutankėjimus“ daugiamatėje požymių „erdvėje“. Procedūra būdavo baigiama, kuomet toliau priverstinai didinant grupių skaičių, pagrindiniai morfodinaminiai tipai likdavo pastovūs.

Nešmenų divergencijos, kopinio įnašo, pernašos bei konvergencijos vietas atitinka penki skirtingi kranto zonos morfodinaminiai tipai, nustatomi klasterinės ir diskriminantinės analizės metodais. Laikytasi nuomonės, kad kiekvieną kranto zonos fragmentą sudaro gretimos nešmenų divergencijos, pernašos ir konvergencijos vietos (Bray, Carter, Hooke, 1995), o ties slenkančiomis kopomis, be šių trijų, – dar ir kopų nešmenų prietakos vietos.

Siekiant nustatyti analizės patikimumą, kranto zonos profiliai buvo suskirstyti į įvairius morfodinaminius tipus, o norint įsitikinti, ar patikimai pagrįstas skirtingų litodinaminių fragmentų išskyrimas, buvo atlikta *diskriminantinė analizė* pagal Wilkso parametrą λ ir Fisherio kriterijų F. Statistinio verifikavimo procedūroms taip pat buvo naudojamas statistinės analizės programinės įrangos paketas *STATISTICA*. Grupuojamuoju parametru priimti klasterinės analizės metodu nustatytų morfodinaminių tipų numeriai, o kintamaisiais parametrais – profilių ploto pokyčiai skirtingo gylio intervaluose. Analizuojant atgalines tikimybes, apibūdinančias profilių priklausomybę skirtingiems morfodinaminiams tipams, nustatyta, kurie iš jų neteisingai apriorišką priskirti konkrečiam tipui pagal klasterinės tipizacijos rezultatus.

Analogiškai, išskiriant skirtingus litodinaminius fragmentus, grupuojamuoju parametru buvo litodinaminio fragmento numeris, o kintamaisiais parametrais – morfodinaminius kranto zonos tipus apibūdinantys parametrai (profilių ploto pokyčiai skirtingose dalyse) ir profilio numeris, kuris atspindi negalimumą priskirti vienam fragmentui to paties morfodinaminio tipo profilius, kurie yra atskirti kitų, bent dviem klasėmis nuo šio besiskiriančių tipų profilių. Šiuo indeksu buvo nustatytas, pavyzdžiui, negalimumas priskirti tam pačiam fragmentui dviejų 1-ojo tipo profilių, tarp kurių yra įsiterpęs bent vienas 3-ojo tipo profilis, dviejų 2-ojo tipo profilių, tarp kurių yra 4-ojo tipo profilis ir t.t.

Nešmenų pernašos divergencijos ir konvergencijos zonos patikslintos hidrodinaminiais kriterijais.

Pagal J. P. May'ų ir W. P. Tannerį (1973), nešmenų priekrantinės pernašos divergencijos ir konvergencijos zonos sutampa su bangavimo energijos atstojamosios priekrantinės pernašos divergencijos ir konvergencijos zonomis. Ši teorinė prielaida Kuršių nerijos marių kranto

zonoje taip pat buvo tikrinama diskriminantine analize pagal Wilkso parametrą λ ir Fisherio kriterijų F. Grupuojamuoju rodikliu buvo morfodinaminis skersinio profilio tipas, kintamuoju rodikliu – imitaciniame Kuršių marių bangavimo modelyje apskaičiuota bangavimo energijos priekrantinės pernašos išvestinė pagal 2 m izobatos ilgį ($\delta P_\tau / \delta d_{2m}$), čia P_τ – bangavimo galios srauto priekrantinė (tangentinė) komponentė, d_{2m} – priekrantės 2 m izobatos ilgis. P_τ apskaičiuota tik skersinių kranto zonos profilių esančių taškų, todėl išvestinė skaičiuota pagal P_τ pokyčių tarp kaimyninių profilių tendenciją (Povilanskas ir kt., 1999).

2. Rezultatai

2.1. Litodinaminiai ruožai

Analizuojant morfodinaminių kranto zonos tipų pasiskirstymą, Kuršių nerijos marių kranto zonoje buvo išskirtas 21 litodinaminis ruožas. Šio skirstymo statistinis patikimumas patikrintas diskriminantine analize. Analizės rezultatai (Wilkso λ = 0,001626, Fisherio kriterijus F = 29,267, kai p < 0,001) rodo, kad pagal morfodinaminių tipų profilių pasiskirstymą kranto zonoje litodinaminiai fragmentai išskirti statistiškai patikimai. Apskaičiavus atgalines tikimybes, apibūdinančias profilių priklausomybę skirtingiems litodinaminiams ruožams, nustatyta, kad konkretiems ruožams neteisingai buvo priskirti tik 7 profiliai.

Kranto zonos litodinaminius ruožus lemia morfodinamikos veiksnių poveikio erdvinė įvairovė. Pavyzdžiui, raižytoje Vidmarių pakrantėje ties ragais bangavimo energijos parametrai kinta šuoliškai. Taip pat Vidmarių pakrantėje, ties Nidos ir Preilos gyvenvietėmis, XX a. pradžioje buvo pastatytos būnos. Visos šios sąlygos stabdo nešmenų pernašą išilgai kranto. Be to, išskyrus Priedyno–Skilvytės ruožą, pustomos kopos prieina prie Vidmarių labai trumpose atkarpose. Todėl Vidmarių kranto zonoje yra trumpiausi litodinaminiai ruožai (vidutinis Vidmarių ruožų ilgis – 3,18 km, palyginus su vidutiniu 8,06 km ilgiu Budume ir 6,49 km – Panerijos duburyje).

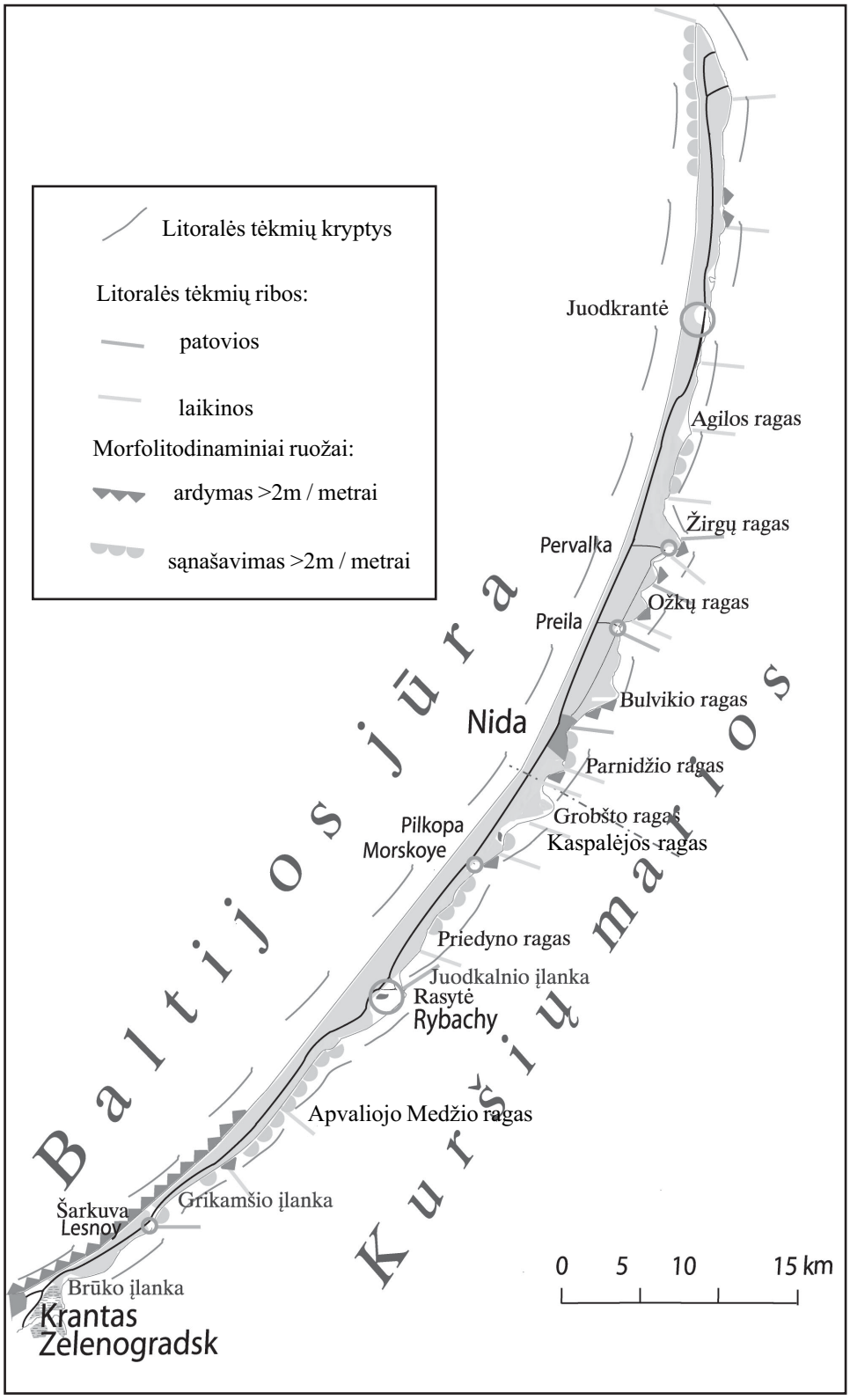
Pagal nešmenų įnašo šaltinį ir pernašos pobūdį, Kuršių nerijos marių kranto zonoje egzistuojančius morfolitodinaminius ruožus galima suskirstyti į dvi rūšis – kopinius ir pernašos.

Kopiniais ruožais vadintini tokie Kuršių nerijos kranto zonos ruožai, kurių ilgalaikius morfologinius pokyčius lemia pustomų kopų nešmenų prietaka ir sklaida atabrade. Kuršių nerijos marių kranto zonoje išskirtini 9 kopiniai ruožai: Baltikalnių–Apvaliojo Medžio rago, Apvaliojo Medžio rago–Rasytės rago, Priedyno rago–Kaspalėjos rago, Kaspalėjos įlankos, Grobšto rago, Grobšto įlankos–Parnidžio rago, Parnidžio įlankos–Nidos, Žirgų rago–Agilos rago, Senųjų Naglių įlankos–Avių įlankos (pav.)

Pernašos ruožais vadintini tokie kranto zonos ruožai, kurių ilgalaikius morfologinius pokyčius lemia atstojamoji nešmenų pernaša tarp gretimų nešmenų divergencijos ir konvergencijos vietų. Išimtį sudaro Grikinio rago–Alksnių rago translokacinis ruožas, kuriame vyrauja nešmenų išnaša į Klaipėdos sąsiaurį ir kuriame nėra ilgalaikės nešmenų konvergencijos (pav.)

Pagal vyraujančią nuogulų tūrio ilgalaikių pokyčių bendrąją tendenciją ir vyraujančius morfodinaminius kranto zonos profilių tipus ruože visus litodinaminius ruožus sąlygiškai galima suskirstyti į vyraujančio sąnašavimo, vyraujančios ardos ir dinaminės pusiausvyros tipus (lent.). Tokio suskirstymo sąlyginiu kriterijumi laikomas ±1,0 m^3/m kranto linijos vidutinių metinių viso litodinaminio ruožo nuogulų tūrio pokyčių vidurkis.

Vyraujančias morfodinamikos tendencijas kiekviename litodinaminiame ruože lemia bendras daugiametis to rajono bangavimo ir kitų veiksnių režimas. Pavyzdžiui, gretimų kopinių



Pav. Kuršių nerijos kranto zonos litodinaminiai ruožai.
Fig. *Littoral cells in the coastal zone of the Curonian spit.*

Baltikalnių–Apvaliojo Medžio rago bei Apvaliojo Medžio rago–Rasytės rago ruožų nešmenų tranzito vietose sąnašavimas yra 3–5 kartus didesnis negu translokacinio Brūko įlankos–Šarkuvos rago fragmento nešmenų konvergencijos vietoje.

Pažymėtina, kad nepaisant didelės bendros slenkančių kopų nešmenų prietakos į Kuršių nerijos marių kranto zoną kai kuriuose ruožuose šis įnašas yra nedidelis. Šiuose ruožuose kopos tik palyginti neseniai priartėjo prie Kuršių marių (pavyzdžiui, Raudonmiškio kopa ties Grobšto įlanka arba Stirnabudės kopa ties Kaspalėjos įlanka). Arba atvirkščiai, aktyvūs eoliniai procesai čia jau yra nuslopę ir kranto zoną mažai papildo eoliniai nešmenys, pavyzdžiui, Grobšto rage bei Senųjų Naglių įlankos–Avių įlankos ruože.

Pagal vidutinius daugiamečius nuogulų tūrio pokyčius kranto zonoje, visi šie trys kopiniai ruožai priskiriami skirtingiems kranto tipams: Grobšto rago ruožas priskiriamas vyraujančios ardos tipui, Senųjų Naglių įlankos–Avių įlankos ruožas – dinaminės pusiausvyros tipui, o Kaspalėjos įlankos ruožas – vyraujančio sąnašavimo tipui (lent.).

Lentelė. Kuršių nerijos marių kranto zonos litodinaminių ruožų apibūdinimas.
Table. *Characteristics of lithodynamic cells of Curonian spit coastal zone (Curonian lagoon coastline).*

Kranto zonos litodinaminiai ruožai *Lithodynamic cells of coastal zone*	**Ilgis km** *Length*	**Vidutiniai metiniai kranto zonos nuogulų tūrio pokyčiai m³/m kranto linijos** *Average annual turnover of sediments within m³/m of the coastline*	
		Vidurkis *Average*	**Standartinis nuokrypis** *Standard deviation*
Vyraujančio ardymo kranto tipas			
Juodkalnio įlankos	4,15	-23,51	14,86
Brūko įlankos – Šarkuvos rago	6,74	-18,13	19,15
Šarkuvos rago – Baltikalnių	5,31	-13,47	10,11
Grikinio rago – Alksnių rago	7,76	-10,39	7,51
Grobšto rago	1,93	-9,71	17,76
Kaspalėjos įlankos – Grobšto rago	2,92	-8,46	3,63
Karvaičių įlankos	0,93	-3,34	9,28
Pervalkos įlankos	1,39	-1,43	9,71
IŠ VISO ŠIO TIPO RUOŽUOSE	***31,13***	***-13,21***	***12,74***
Dinaminės pusiausvyros kranto tipas			
Juodkrantės	5,93	-0,36	4,96
Ožkų rago	1,70	0,35	7,23
Senųjų Naglių įlankos – Avių įlankos	3,23	0,72	7,21
Grobšto įlankos – Parnidžio rago	2,59	0,90	7,82
Bulvikio rago – Preilos	8,82	0,95	9,60
IŠ VISO ŠIO TIPO RUOŽUOSE	***22,27***	***0,71***	***7,65***
Vyraujančio sąnašavimo kranto tipas			
Kaspalėjos įlankos	1,39	1,23	6,81
Pervalkos	1,88	2,75	16,31
Pervalkos rago	1,04	3,07	9,82
Baltikalnių – Apvaliojo Medžio rago	5,88	3,28	16,39
Agilos rago – Žirgų rago	9,04	6,94	11,71
Parnidžio įlankos – Nidos	4,52	19,37	23,40
Priedyno rago – Kaspalėjos rago	9,0	24,51	29,79
Apvaliojo Medžio rago – Rasytės	14,29	33,10	35,84
IŠ VISO ŠIO TIPO RUOŽUOSE	***47,04***	***16,10***	***27,00***
VISOJE KRANTO ZONOJE	***100,44***	***4,89***	***24,55***

2.2. Litodinaminių ruožų ribos

Kuršių nerijos marių kranto zonai pritaikant litodinaminių ruožų klasifikaciją (Bray, Carter, Hooke, 1995), pagal atstojamosios daugiametės nešmenų pernašos kryptis ir ilgalaikes morfologinių pokyčių tendencijas buvo išskirtos divergencinės, konvergencinės ir pulsuojančios nešmenų prietakos ruožų ribos.

Divergencinės prietakos ruožo ribomis vadinamos kranto zonos vietos, kuriose pagal tiesioginius ir netiesioginius požymius nustatytas atstojamosios ilgalaikės priekrantinės nešmenų pernašos išsiskyrimas į priešingas puses. Ties jomis, jei nėra nešmenų prietakos iš slenkančių kopų, vyrauja viršvandeninės ir povandeninės zonos ardymas. Kuršių nerijos marių kranto zonoje tokios ribos yra ties priešvėjiniais (daugiausia pietrytiniais) ragų krantais.

Konvergencinės prietakos ruožo ribomis vadinamos kranto zonos vietos, į kurias nukreipta priešingų krypčių ilgalaikė priekrantinės nešmenų pernašos atstojamoji. Ties jomis vyksta intensyvus sąnašavimas, ypač atabrade. Kuršių nerijos marių kranto zonoje tokios ribos apatinėje kranto zonos dalyje susidaro priešais ragų viršūnes, o viršutinėje dalyje – ties „pasroviui“ esančiomis įlankomis.

Translokaciniuose ruožuose (Brūko įlankos–Baltakalnių ruože, arba Ožkų rago ir Žirgų rago) divergencinės prietakos ruože ribos ritmingai kaitaliojasi su konvergencinės prietakos ruožo ribomis.

Pulsuojančios prietakos ruožo ribomis vadinamos tokios kranto zonos vietos, kuriose pasikeičia kranto zonos morfologinių pokyčių tendencija, nesikeičiant ilgalaikės priekrantinės nešmenų pernašos krypčiai. Pulsuojančios prietakos ruožo ribos Kuršių nerijos marių kranto zonoje ypač būdingos kopiniams ruožams.

Tiek divergencinės, tiek konvergencinės ir pulsuojančios nešmenų prietakos ruožų ribos yra santykinai pastovios arba kintamos (Bray, Carter, Hooke, 1995).

Santykinai pastovios litodinaminių ruožų ribos egzistavo Kuršių nerijos marių kranto zonoje per visą XX amžių. Santykinai pastovių ribų ruožai susiformavę ties keliais didžiaisiais ragais. Šie ragai sudaro priekrantinės nešmenų pernašos slenksčius. Ribų pastovumą sustiprina ryškūs eolodinaminių, hidrodinaminių ir antropogeninių veiksnių šuoliška kaita, lyginant su gretimais kranto zonos ruožais (Žaromskis, 1994, 1997; Povilanskas, Chubarenko, 1998, 2000 Povilanskas ir kt., 1999.

Santykinai pastovios Kuršių nerijos marių kranto zonos litodinaminių ruožų ribos nustatytos ties Šarkuvos, Rasytės, Pervalkos ir Žirgų ragais bei Nida ir Preila. Ties Šarkuvos, Pervalkos ir Žirgų ragais šios ribos yra konvergencinės, o ties Rasytės ragu, Nida ir Preila – pulsuojančios.

Bunos ties Nida ir ties Preila trukdo tolimesnei nešmenų pernašai į šiaurę, todėl ribos, skiriančios Bulvikio rago–Preilos ruožą nuo Parnidžio įlankos–Nidos ir nuo Ožkų rago ruožų priskirtinos pulsuojančių santykinai pastovių ribų tipui.

Kintamomis litodinaminių ruožų ribomis vadintinos „pasroviui“ nuo pustomų kopų sklindančių eolinių nešmenų sklaidos ribos. Šios ribos kinta laike ir erdvėje kartu su smėlio kiekiu, patenkančiu į marias iš pustomų kopų.

Ties pietrytiniais ardomų ragų krantais esančios divergencinės ribos taip pat yra kintamos. Dėl krantų ekspozicijos ir krantinių procesų krypties bei intensyvumo ilgalaikių pokyčių tokių ribų, esančių ties lyginamais krantais, padėtis laiko atžvilgiu tolydžio kinta (Carter, 1988).

Išvada

Diskriminantinės analizės rezultatai (Wilkso parametras $\lambda = 0{,}001626$, Fisherio kriterijus $F = 29{,}267$, kai $p < 0{,}001$) rodo, kad pagal skirtingų morfodinaminių tipų profilių pasiskirstymą Kuršių nerijos marių kranto zonoje statistiškai patikimai išskirtas 21 litodinaminis ruožas. Nėra statistiškai patikimo ryšio tarp kranto zonos litodinaminių ruožų konvergencinių ir divergencinių ribų bei bangavimo galios srauto priekrantinės divergencijos ir konvergencijos vietų erdvinio pasiskirstymo (Povilanskas ir kt., 1999). Šios analizės rezultatas yra analogiškas R. W. G. Carterio (Carter, 1988) teiginiui: įvairių pasaulio priekrančių su skirtingu energetiniu režimu pavyzdžiu, šis mokslininkas priešingai negu J. P. May'us ir W. P. Tanneris (May, Tanner, 1973), teigia jog energijos ir medžiagos priekrantinės pernašos ribos dažniausiai nesutampa.

Gauta 2004-09-01

Literatūra

Armaitienė, A., Boldyrev, V., Povilanskas, R., Taminskas, J. (2004). Integrated shoreline management and tourism development on the cross–border world heritage site. *Case study from the Curonian spit (Lithuania / Russia). J. Coast. Conserv.* (special issue).

Bray M. J., Carter D. J., Hooke J. M. (1995). Littoral cell definition and budgets for central southern England. *J. Coast. Res.* **11**(2), p. 381–400.

Carter R. W. G. (1988). Coastal environments: An Introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines: Academic Press.

May J. P., Tanner W. P. (1973). The littoral power gradient and shoreline changes. *Coastal Geomorphology*. D.R. Coates (red.). Binhampton, State University, New York.

Povilanskas R. (1998a). Morphodynamics of the Lagoon shore-zone of the Curonian Barrier Spit, South-East Baltic. *Doctor Dissertation Thesis*, Klaipėda.

Povilanskas R. (1998b). Kuršių nerijos marių kranto linijos ir priekrantės morfologiniai pokyčiai 1955–1994 m. laikotarpiu, *Geografijos metraštis* **31**, p. 224–235.

Povilanskas R. (1999). Kuršių nerijos marių kompleksinės krantotvarkos programos metmenys, *Geografijos metraštis* **32**, p. 139–148.

Povilanskas R., Chubarenko B. V. (1998). Interaction between the migrating dunes of the Curonian barrier spit and the Curonian lagoon. *Coastal dunes – management, protection and research: Report from a European Seminar. August 1997. Skagen, Denmark*. C.H. Ovesen (ed). The national Forest and Nature Agency/Geological Survey of Denmark and Greenland.

Povilanskas R., Chubarenko B. V. (2000). Interaction between the drifting dunes of the Curonian barrier spit and the Curonian lagoon, *Baltica* **13**, p. 8–14.

Povilanskas R., Chubarenko B. V., Kabattchenko I. M., Matushevsky G. V. (1999). Application of numerical models in shoreline management of the Curonian lagoon, south-east Baltic. *Coastlines 1997: Coastal Environment Management. Proceedings of the 6th Conference of EUCC – European Union for Coastal Conservation. Naples, June 2-6, 1997*. G. Randazzo (red.). Messina–Leiden, EUCC-Italy/EUCC.

Žaromskis R. (1994). Hidrotechninių įtvarų įtaka kranto zonos akvaliniam kompleksui, *Geografija* **31**, p. 55–60.

Žaromskis R. (1997). Kuršių marių priekrantinių nešmenų srautų susidarymo energetinės prielaidos, *Geografijos metraštis* **30**, p. 135–142.

Ramūnas Povilanskas
Klaipėda University

Julius Taminskas
Institute of Geology and Geography, Vilnius

Littoral cells in the lagoon coastal zone of the Curonian spit

Summary

We define littoral cells as coastal zone units within which the net long-term sediment translocation is significantly higher than the net sediment exchange with the neighboring units. Hence, littoral cell boundaries mark resulting discontinuities in long-shore sediment drift.

We identified littoral cells and their boundaries in the lagoon coastal zone of the Curonian spit in several ways:

• The resulting discontinuities in the sediment transport, as well as the sites of sediment input, transit and output within the littoral cells, are reflected by different morphodynamic types of coastal zone cross-sections; we have tested the regularity and spatial inter-relationships of their distribution along the lagoon coast using discriminant analysis (Wilkes' λ parameter and F-criterion). We identified the resulting sediment transfer directions and net amounts by comparing net long-term sediment volume changes on neighboring shore strips.

• The stability of sediment drift convergence and divide sites was assessed from secular morphodynamic trends at these sites. For this purpose we have made an additional cartometric survey of selected coastal zone strips using charts of the Curonian lagoon from the beginning of the 20th century.

We have elicited 21 littoral cells in the lagoon coastal zone of the Curonian spit based on indications of resulting discontinuities in long-shore sediment drift. According to the sediment source and distribution pattern, we have defined all these littoral cells as either 'dune' or 'translocation'. Dune littoral cells are characterized by Aeolian sediment input and distribution 'down-drift', (usually northwards) from the source. Sediment transfer from the erosion sites to the accretion sites characterizes translocation cells. Usually, the net sediment turnover inside the dune cells is much higher than in the translocation ones.

Following the classification proposed by Bray et al. (1995), we have identified convergent, divergent and pulse, as well as, fixed and transient sediment drift boundaries in the lagoon littoral of the Curonian spit. All these boundaries are partial ones. Fixed sediment transport boundaries are those with a historical cartographic evidence of stability dating back at least to 1910–1913.

We have identified fixed convergent boundaries at four major capes: Žirgų, Pervalkos, Rasytės and Šarkuvos, and three fixed pulse boundaries: at Cape Rasytės, Nida and Preila settlements. The permanence of fixed convergent boundaries as thresholds for sediment drift is enhanced by the physical conditions of the coastal zone (stable sediment input from adjacent sites and wave energy distribution patterns). Artificial pulse boundaries are fixed by the jetty in Rybachy (Rasytė) and groynes at Nida and Preila settlements.

Transient sediment drift boundaries occur at locations where hydraulic, morphological and Aeolian conditions do not allow formation of fixed boundaries at the heads of capes. In such cases, sediment drift boundaries migrate closer to the bights between the neighboring capes over time whereas sediments usually bypass the capes. The sediment drift boundaries, which are 'down-drift' from the dune areas, usually change with declining or growing sediment input from the dunes.

ISSN 0132–3156 Geografijos metraštis 37(1-2) t., 2004

PECULIARITIES OF SEDIMENTARY ENVIRONMENT OF MOST POLLUTED BOTTOM SEDIMENTS IN THE LITHUANIAN WATERS OF CURONIAN LAGOON

Arūnas Galkus
Institute of Geology and Geography, T. Ševčenkos g. 13, LT-03223, Vilnius
E-mail: galkus@geo.lt

Introduction

The lithological composition and geochemical properties of bottom sediments of Curonian lagoon depend on sedimentary conditions. Water and particulate material circulation patterns are the most important ones. Bottom sediments of Curonian lagoon were rather thoroughly investigated in the last ten years (Gudelis, 1958; Repečka, Pustelnikov, Červinskas, 1980; Biogeochemistry..., 1983; Gulbinskas, 1994–1995; Galkus, Jokšas, 1997; Jokšas, Galkus, Stakėnienė, 1998; Pustelnikovas, 1998; Jokšas, Galkus, Stakėnienė, 2003). Yet due to the lack of field data the notion of general circulation system was based mainly on theoretical speculations.

New investigations of currents and some other water indices in the Lithuanian waters of Curonian lagoon (Galkus, Jokšas, 2002; Chubarenko, Lund-Hansen, Beloshitskii, 2002; Galkus, 2003a; Galkus, 2003b) provided data allowing a new insight into the processes taking place in the lagoon. The aim of the present article is to distinguish the areas of most highly polluted bottom sediments on the basis of certain parameters and to determine the specific features of their sedimentary environment on the basis of analysis of new and previously obtained data about spatial changes of characteristic indices.

1. Material and methods

The article deals with the Lithuanian waters (Klaipėda strait exclusive) of Curonian lagoon. The evaluation of granular and geochemical composition of bottom sediments are based on the archival material of the Institute of Geology and Geography, Department of Marine Research, Marine Environmental team, and published data (the list is given in the introductory part). The spread boundaries of the main lithological types of sediments were specified using the newest published data (Kuršių marios, 2002). The distribution pattern of analysed geochemical indices in the surface layer (0–3 cm) of sediments – organic carbon (C_{org}), hydrocarbons (HC) and metals (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd) – and investigation methods were described in detail in the article by Jokšas, Galkus, Stakėnienė, 1998. Analysis of particulate material and concentrations of $CaCO_3$ in the sediments was described in the monograph (Galkus, Jokšas, 1997).

Comparative analysis of spatial distribution of indices is the chosen method of investigation.

2. Results

2.1. Distinguishing of polluted areas of bottom sediments

Analysis of the distribution patterns of geochemical index values (during expeditional examinations and through generalization of obtained results) allowed distinguishing 6 sediment regions marked by highest sediment saturation with hydrocarbons, assemblages of certain metals or individual elements (Fig. 1).

The 1st region includes the northern part of the deepest area of lagoon, extending from its southern part till the central part, and slope section of Curonian spit at Nida settlement. The depth ranges from 3.7 to 5.8 m. The lagoon bottom closer to the spit is covered by coarse-grained (the size of mineral particles ranges from 0.1 to 0.05 mm and fine-grained (0.05–0.01 mm) silt mud. The mineral frame of one third of mud sediments at a depth of 4.5–5 m is composed of >0.01 mm particles (clay or pelite fraction). This kind of mud is referred to as silt–clay mud.

The 2nd region covers the central part of bottom depression near Preila settlement (the depth exceeds 4 m) and spit slope till the depth of about 3.7 m. The bottom is covered by silt. The variation of granular composition of its minerals particles follows similar pattern as in the 1st region. As the depth of the 2nd region is smaller it has no well developed area of fine-grained silt–clay mud. This kind of mud occurs only locally.

The 3d region is extending north of Žirgų Ragas cape along the Panerija deep towards the Agilos Ragas cape in the north. The boundary of this region approaches the spit coast in the west (50–100 m) and is striking till the 2 m isobath in the east. The surface layer of bottom sediments is composed of silt mud. The proportion of sand in the silt sediments is appreciably higher in the eastern periphery of the region.

The 4th region represents a continuation of the deep in front of Skirvytė mouth (Fig. 1). The depth in the central part of the region exceeds 4 m and in the periphery it reaches about 2 m. The bottom is covered by mud. The particles of its mineral frame grow finer with an increasing depth. Silt–clay mud is accumulating in its deepest part.

The small 5th region is distinguished immediately next to the Atmata branch mouth (Fig. 1). The depth ranges from 5–4 m near the mouth to 1.5 m in the periphery. The surface sediments of the 5th region are composed of fine-grained sand. Its composition is diversified by alluvium, coarser sand and silt admixtures.

The 6th region occupies the area near the eastern lagoon coast in front of Dreverna and Klišupė small rivers mouths and north of them. The bottom is covered by fine-grained sand of more variable granular composition than in the 5th region. The depth does not exceed 2.2 m. The eastern nearshore is overgrown with macrophytes.

The surface bottom sediments of the 1st–4th region stand out for the highest concentrations of biogenic components in the Lithuanian waters of Curonian lagoon. C_{org} amounts to 0.5–0.7% in the dominant fine-grained sand sediments. The content of C_{org} often exceeds 5 % (sometimes even 10 %) in the 1st–3rd region. It is slightly lower in the 4th region, where it ranges within 1–5%. The concentration of $CaCO_3$ is not exceptionally high in the 1st region (1–8%) but it increases considerably (>20%) in the southern periphery. The values of $CaCO_3$ increase up to 5–9% in the 2nd region, 10–19% in the 4th region and reach their maximum (>20%) in the 3d region. The concentrations of $CaCO_3$ reduce in the 5th–6th region (to 1–4% and <1% respectively) where mud sediments are not accumulating. In majority of cases the sharp rise of the proportion of mud and concentrations of biogenic

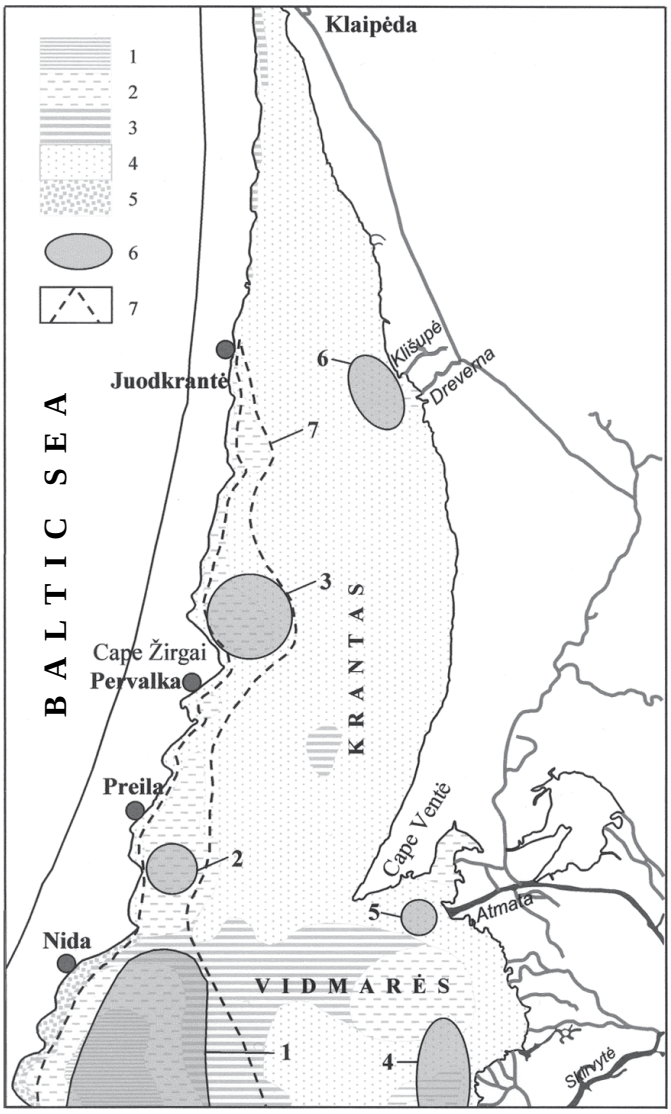


Fig. 1. Most highly polluted areas of surface (0–10 cm) bottom sediments in the Lithuanian sector of Curonian lagoon. Bottom sediments: 1 – mud silty-clayey, 2 – mud silty, 3 – sand silty–silt sandy, 4 – fine grained sand, 5 – medium-grained sand, 6 – most highly polluted areas of surface bottom sediments, 7 – zone of direct impact of dissolved and particulate matter runnoff from the southern part of Curonian lagoon.

1 pav. *Labiausiai užterštų paviršinių (0–10 cm) dugno nuosėdų rajonai Kuršių marių Lietuvos akvatorijoje. Dugno nuosėdos: 1 – aleurito–pelito dumblas, 2 – aleurito dumblas, 3 – aleuritingas smėlis–smėlingas aleuritas, 4 – smulkiagrūdis smėlis, 5 – vidutingrūdis smėlis, 6 – labiausiai užteršti paviršinių dugno nuosėdų rajonai, 7 – iš Kuršių marių pietinės dalies atsklindančios skendinčiosios ir ištirpusios vandenyje medžiagos didžiausio poveikio zona.*

material (organic carbon in particular) is associated with the growing content of planktonogenic organic detritus (sometimes up to 40%) (Jokšas, Galkus, Stakėnienė, 1998).

The average concentration of C_{org} in the bottom sediments of the 5th region in front of Atmata mouth is small (<0.5%) in comparison with the concentration of carbon in the mud and with the concentrations characteristic of the greater part of fine-grained sand. The average concentration of C_{org} in the sediments of the 6th region is higher – about 1%.

Previous investigations revealed that the concentrations of metals are greater in the mud sediments (Jokšas, Galkus, Stakėnienė, 1998). While distinguishing the most highly polluted areas of lagoon bottom we confined to the zones where the concentrations of analysed metals assemblages are appreciably higher than in the surrounding areas.

The 1st, 2nd and 3rd regions are most comparable among themselves according to the spectrum of chemical ingredients. They are characterized by elevated concentrations of metals and hydrocarbons. The mean concentrations of hydrocarbons are gradually increasing moving in the northern direction: the 1st region – 40 µg/g, the 2nd region – 60 µg/g and the 3rd region – 80 µg/g. The concentration of Zn in the mentioned three regions exceeds 70 µg/g (in the greater part of Lithuanian waters of Curonian lagoon it does not exceed 30 µg/g). The same can be said about Cu, whose concentration in the sediments of the 1st–3rd region exceeds 20 µg/g and is appreciably smaller in all other parts (Galkus, Jokšas, 1997). The zones of maximal Pb concentrations (>25 µg/g) are the mentioned three regions and the fourth one. The concentrations of Pb in the sediments of the latter increase moving south and reach their maximum values at the boundary of the investigation area. The concentration of Pb in the Curonian lagoon in the majority of cases equals to 10–15 µg/g but north of Dreverna (till the Klaipėda strait) it is <10 µg/g (Jokšas, Galkus, Stakėnienė, 1998).

The first three regions stand out also for maximal concentrations of Fe (3% on the average) and Mn (0.1%). The average concentrations of these metals in the 4th region are about half as low and they are by 6–10 times lower in the 5th and 6th regions. The 4th region is distinguished for especially high concentrations of Cd (about 2 µg/g).

The concentration of hydrocarbons in the 5th and 6th regions is similar as in the 3rd region. The same concentration in the 5th region (which stands out for the pollution with hydrocarbons) can be regarded as a serious signal of permanent pollution of bottom sediments because the dominant sand sediments are usually characterized by smaller concentrations of hydrocarbons (<6 µg/g). The region in front of Atmata mouth is ascribed to the zones of petroleum hydrocarbon pollution also by other authors (Pustelnikovas, 1998).

The concentrations of organic material and hydrocarbons slightly increase in the 6th region which is under strong impact of wave action. Yet this region is distinguished first of all for pronouncedly elevated concentrations of Cd. The average concentration of Cd exceeds the values occurring in mud sediments and equals 1.5 µg/g (the typical value for the sediments of this granular composition in northern Curonian lagoon is 0.5 µg/g).

2.2. Analysis of the specific features of sedimentary environment

The surface layer of Curonian lagoon bottom sediments has developed during a comparatively short time span and under the impact of similar factors. The environmental factors and, concomitantly, sedimentation processes are subject to certain seasonal variations yet in their total they remain rather stable. This relative stability is supported by the terrestrial runoff which always acts in one direction and plays a decisive role in the natural processes of Curonian lagoon. Human economic activity produces today a considerable influence on the formation of bottom sediments. It may change the features of the shoreline, the depths and the composition of water and drift. We are not going to focus on the composition of bottom sediments as this issue has been discussed in detail in literary sources named in the introductory part.

Water circulation. According to our newest data northern streams are dominant under the settled spring hydrometeorological regime in the section of the first three regions

(Galkus, 2003a) (Fig. 2). It is typical for all three regions that the strongest streams occur in deeper horizons: in the 3 m horizon of the 1st (10–20 cm/s) and 2nd (about 10 cm/s) regions and in the 2 m horizon of the 3rd region (10–20 cm/s). In the summer time, when the terrestrial runoff reduces to the minimum, the general direction of water transport does not change. Yet slowly moving toward the Klaipėda strait the water generates smaller or greater vortices, whose rotation depends on the changing hydrometeorological situation and local geomorphological features (Galkus, 2003b). The ring movement of the water streams is marked by episodic increase of velocities (>30 cm/s) at subaqual slopes. The highest stream velocities occur nearest to the water surface. The best conditions for settling of particulate solids occur when the water stream velocity reduces (both perpendicularly and horizontally to the bottom).

The streams strike south (Galkus, 2003a) or west (Galkus, 2003b) in the 4th region (Fig. 2). The greatest stream velocities (up to 20 cm/s) occur in the surface horizons and reduce in deeper horizons (in the near-bottom layer it is about 5 cm/s).

The region in front of Atmata mouth (No 5) can serve as the best example of transit water area. The little changed river water surges into it in the southwestern direction (Fig. 2). The water stream velocities slow down in this region (from >30 cm/s to 10–20 cm/s in spring and from 10–20 cm/s to <10 cm/s in summer). The ring water circulation, or at least signs of its formation, has been observed north-west of the 5th region (Galkus, 2003a; Galkus, 2003b).

The water of the 6th region in front of Klišupė and Dreverna small rivers is slowly moving towards the Klaipėda strait (Fig. 2). The increase of runoff from these rivers and a favourable hydrometeorological situation create good conditions for formation of closed water circulation rings in the 6th region (Galkus, 2003a). The stream velocity in this region is low: most often 10 cm/s; it rarely exceeds 20 cm/s. The depth in this area is too small to display the relationship of water stream velocities versus depth.

Water turbidity. The all distinguished most highly polluted regions of sediments (the 4th region – only partly) are included in the dispersion zone of terrestrial spring runoff (Fig. 3). The water turbidity in this zone is not lower than in the rivers. Extreme values of water turbidity at the settled spring hydrometeorological regime occur in the 6th region, where they are by 4–5 times higher than the minimal values in the eastern nearshore (Galkus, 2003a). The water turbidity of other distinguished regions does not stand out on the background of the surrounding areas.

The measured summer values of water turbidity are four times as high as the spring values (Galkus, 2003b). The approximately thrice as turbid water as in the Atmata branch is widely dispersed in the studied water area, especially in its central part. In summer the turbid water spreads northward from the southern part of Curonian lagoon. Extreme rise of turbidity values in the 6th region occur in July as also in spring. The water turbidity of other regions does not stand out on the background of the surrounding regions.

Water transparency is opposite to water turbidity index. According to the data of our newest investigations the water transparency in spring is appreciably higher than in summer (up to 1.5 m). It decreases approaching the Curonian spit coast (Fig. 3). The lowest values (<1 m) occur at the mainland coast north of Klišupė river mouth (Galkus, 2003a). The regions of highest sediment pollution (the 3rd region exclusive) belong to the zones of lower transparency than in the surrounding areas.

According to the data collected in July the water transparency values become especially low (up to 0.3–0.2 m) in the narrow nearshore of Curonian spit between Preila

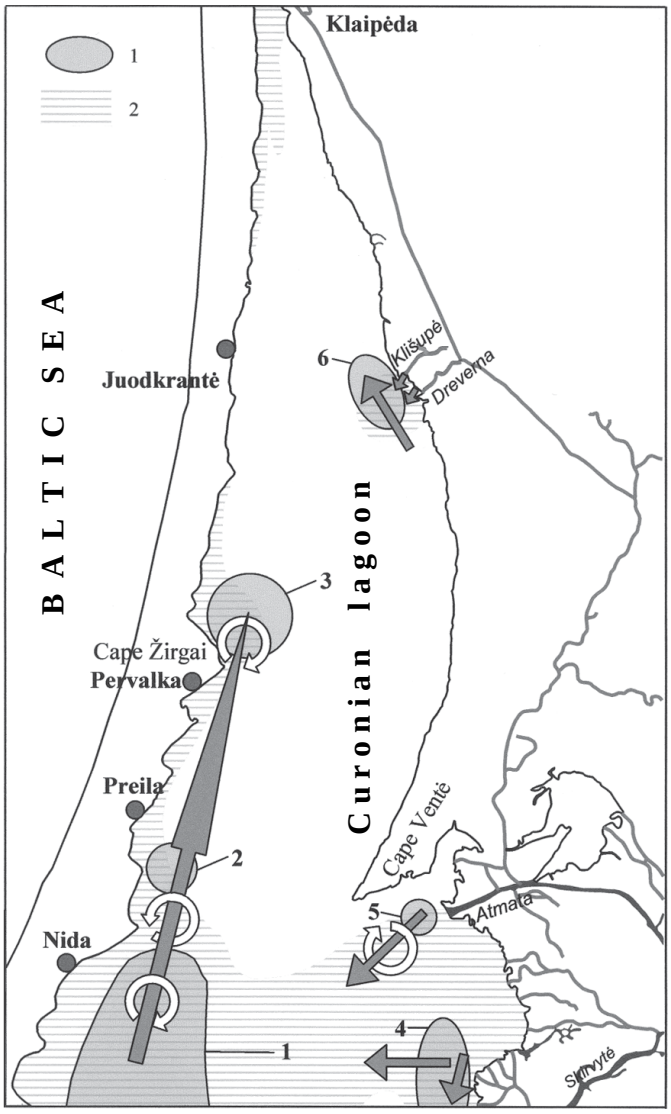


Fig. 2. Directions of main water streams (arrows) in the areas of most highly polluted bottom sediments (1) and zone of positive values of particulate matter sedimentation activity coefficient C_a in the surface bottom sediments (2).

2 pav. *Vyraujančių vandens tėkmių kryptys (pažymėtos rodyklėmis) labiausiai užterštų dugno nuosėdų rajonuose (1) ir vandenyje skendinčiosios medžiagos sedimentacijos aktyvumo koeficiento (C_a) teigiamų reikšmių zona paviršinėse dugno nuosėdose (2).*

and Pervalka (the 2nd and the 3rd regions belong to the periphery of the lowest water transparency zone). The low transparency water zone north of Pervalka extends across the lagoon till the mainland coast (Galkus, 2003b). The lowest water transparency values (about 0.1 m) at this time of the year are recorded in the 6th region, where the water is rich in plankton. The water trasparency in the greater part of lagoon in August is more even than in July but the interface zones river–lagoon and lagoon–sea become more prominent (Galkus, 2003b). The sharp decrease of Atmata river water transparency in the 5th region becomes especially visible. This is the region where the development of microorganisms and sedimentation of thindispersed material intensify under the conditions of low stream velocities and mixing of marine and lagoon water.

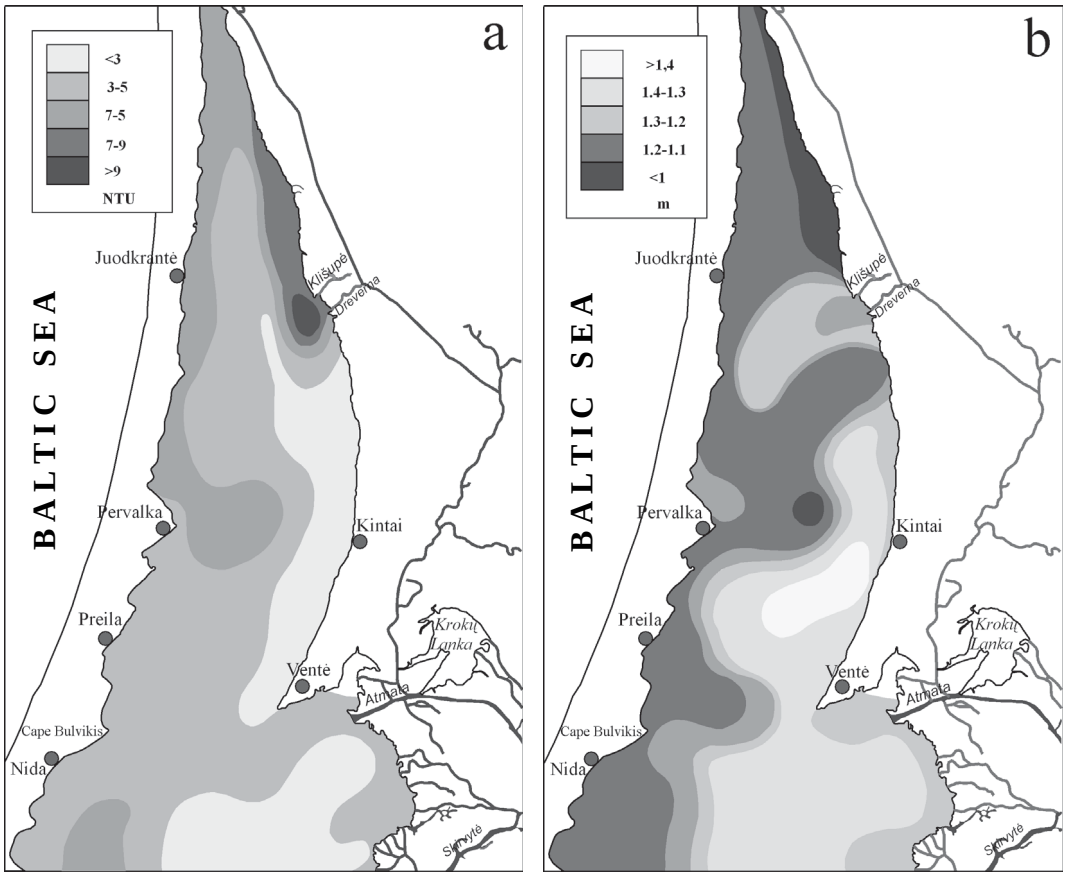


Fig. 3. Water turbidity (a) and transparency (b) in the Lithuanian water area of Curonian lagoon in April, 2002 (Galkus, 2003a). NTU – Nephelometric Turbidity Unit.
3 pav. *Vandens drumstumas (a) ir skaidrumas (b) Kuršių marių Lietuvos akvatorijoje 2002 m. balandį (Galkus, 2003a). NTU – nefetometrinis drumstumo vienetas.*

Particulate material. The thindispersed material transported in particulate form and settled on the bottom accumulates from 70% to 98% of soil pollutants (Galkus, Jokšas, 1997). The greatest amount of this material gets into the lagoon in spring. The greatest amount of organic material is produced in the lagoon water in summer. The indices of particulate material are discussed on the basis of individual long-term data.

The average spring concentration of particulate material is about 20 mg/l. This season is marked by the NW near-bottom water flow in which the concentrations of suspensions are higher than the mean values. This water flow reaches the Curonian spit and disperses in the nearshore (Fig. 3). Main water flow meets on its way all distinguished sediment regions except the 6th region. An especially high proportion (in the surface water layer – 62–85%, in the near-bottom layer – 50–70%) of planktonogenic silicon particles in the total of particulate material is a distinctive feature of the water area between the Atmata mouth and the wide sector of the western nearshore (Nida–Pervalka). The spread zone of this type of water includes the 1st, 2nd, 3rd, and 5th regions. It should be noted that the content of planktonogenic particles in the water suspensions of the 6th region is also appreciably higher (up to 41% in the surface water layer) than in the surrounding areas.

The average spring concentration of particulate material is about 32 mg/l. The flow of water saturated with particulate material from the Nemunas delta, which is typical for

spring, takes place in the whole water column in summer. The concentration of suspensions in the near-bottom water layer especially increases (50–60 mg/l) in the western nearshore between Nida and Pervalka (regions 1, 2 and 3) and at the 4th region (50 mg/l). The greater part of particulate material in suspensions is composed of biogenic particles.

The abundance of biogenic material in particulate material in the water column of the Nemunas delta front in warm season has been recorded also by other authors. Generalized results of C_{org} measuring in particulate material revealed that the zone of higher concentrations (2–5 mg/l) of organic carbon is extending from the Nemunas delta till the spit coast and further to the north (Biogeochemistry, 1983). This zone includes regions 1–5. Investigations of organic carbon in the eastern nearshore (the 6th region) have not then been carried out.

The autumn mean concentration of suspensions (26 mg/l) is slightly lower than the summer value. The distribution of particulate material is rather even. The 4th region stands out for the abundance of this material in autumn when it reaches 40–50 mg/l. The greater part of particulate material is composed of mineral particles.

The mean winter concentration of suspensions is only 4 mg/l. The migrating thindispersed material (mostly composed of allochthonous biogenic and mineral particles) produces in this season no greater influence on sedimentation processes in the most highly polluted bottom areas. Especially fine mineral particles dominate in winter suspensions in the 1st –3rd regions near the spit (60–80%) and allochthonous organic material – in the 5th and 6th regions (5–60%).

Sedimentation intensity of thindispersed material depends on its composition and abundance in the water column, water stream velocity, depth, wave action and other factors. This material absorbs the greater part of migrating pollutants. Its sedimentation intensity coefficient (C_a) was calculated for different lagoon bottom areas (Fig. 2). The calculation was based on the average interrelation of median diameter (D_{50}) of sediment fractions versus content of thindispersed fraction (<0.05 mm) using all available data on granulometric composition of different sands. C_a represents the difference between the actual content of thindispersed material in a sediment sample and the content determined by the average interrelation curve determined according to D_{50} of the sample. Positive values indicate the areas of more intensive sedimentation and greater content of settled thindispersed material than the average in the sediments of respective granular composition (Galkus, 1996). The intensity of thindispersed material sedimentation is maximal in the areas of mud sediments (with a very high content of finest fractions). Such areas include the 1st and the 2d regions of high pollution. The sedimentation intensity in the greater part of the 3rd and the 4th regions is maximal. In other parts the C_a values are positive (up to C_a=5 in the 3rd region). The thindispersed material sedimentation intensity in the 4th region is close to the average value: C_a in the sediments of the northern part of the region is close to 0. This value is increasing in the southern direction (up to C_a=1). The 6th region stands out among the surrounding areas (C_a varies from -0.8 to -0.6) for the positive K_a values (up to 3.2) in the sediments.

The variation patterns of the concentrations of silicon particles in the thindispersed material of distinguished regions generally correspond with the pattern of sedimentation intensity of microorganism products and planktonic organic material. The greatest portion of silicon patrticles was recorded in the 1st region (from 30% to 50% of the total of thindispersed material). It becomes especially high in the southern part of the region – the peripheral part of the Lithuanian waters – (often exceeds 50%) and gradually decreases in the northern direction. The concentration reduces to 30 % in the 2d region and to 25%–30% in the 3rd

region. The content of silicon particles in the 4th region is 5% and in the 6th region only <0.1%.

It is interesting to note that the distribution pattern of the typical terrigenous element Ti in the bottom sediments is comparable with the distribution pattern of silicon particles in the thindispersed material. The concentrations of Ti become especially high near the coast of Curonian spit (regions 1–3) and in the mud sediments of the 4th region (Pustelnikovas, 1998). The comparability of sedimentation intensity indices of genetically different materials can be accounted for by their close link with the thindispersed material.

Conclusions

1. Six regions of surface bottom sediments (Fig. 1) have been distinguished in the Lithuanian waters of Curonian lagoon. They stand out among the surrounding areas for high values of sediment saturation with organic material, hydrocarbons, certain assemblages of metals and individual elements: organic material, HC, Zn, Cu, Pb, Fe, and Mn – in regions 1–4, HC – in the 5th region and Cd – in the 6th region.

2. The supply and movement of sedimentary material in the regions 1–3 are predetermined by turbulent N–NE streams, abundance of biogenic particulate material and high sedimentation intensity. These regions belong to the dispersion zone of terrestrial runoff where the vital activity of plankton and sedimentation of planktonogenic particles highly intensify in spring. The surge of the water saturated with organic detritus from the southern part of lagoon plays a decisive role in summer sedimentation and composition of bottom sediments. Sedimentation of silt and clay mineral particles is very intensive in regions 1–3.

3. The formation and geochemical composition of recent bottom sediments in the 4th region are predetermined by the general SW water transport and the input of sedimentary mineral material from the Nemunas delta whose thindispersed portion intensively settles in the delta front deep of Ežia shoal. The participation of biogenic material in the processes of sedimentation of the 4th region is not as intensive as in regions 1–3.

4. The 5th region in front of Atmata mouth is in the zone of the most intensive water transit. The almost unchanged river water flows across it in the SW general direction. The slowing down of water stream velocities is responsible for intensifying sedimentation of thindispersed material and accumulation of river pollutants in the bottom sediments.

5. The 6th region in front of Klišupė and Dreverna mouths is marked by low water transparency values and slow NW streams. The sedimentation of thindispersed material in this region is more intensive than in the surrounding areas. The portion of planktonogenic particles in its particulate material increases in warm season and the content of alloshthonous organic material – in winter.

6. The high sedimentation intensity of thindispersed material is the unifying feature for the all distinguished regions. The concentrations of chemical components in the surface bottom sediments tend to grow in the areas of most intensive accumulation of biogenic material. The spectrum of pollutants is predetermined by the position of sedimentation region with respect to the dominant water streams and distance from the river mouths and other sources of pollution.

Received: 03 09 2004

References

Biogeochemistry of the Curonian lagoon (1983). Gudelis V. and Pustelnikov O. (eds), Vilnius. (In Russian.)
Chubarenko B., Lund-Hansen L.C., Beloshitskii A. (2002). Comparative analyses of potential wind-wave impact on bottom sediments in the Vistula and Curonian lagoons, *Baltica* **15**, p. 30–39.
Gudelis V. (1958). Dabartinės Kuršių marių nuosėdos ir jų litologija, *Moksliniai pranešimai: geologija ir geografija* **8**, p. 25–52.
Galkus A. (1996). Smulkiadispersinė medžiaga Kuršių marių ir Baltijos jūros ties Lietuva dugno nuosėdose, *Geografijos metraštis* **29**, p. 184–194.
Galkus A., Jokšas K. (1997). Nuosėdinė medžiaga tranzitinėje akvasistemoje, Vilnius.
Galkus A., **Jokšas K.** (2002). Kuršių marių šiaurinės dalies vandens rodiklių regioniniai ypatumai, *Geografijos metraštis* **35**, p. 44–60.
Galkus A. (2003a). Vandens cirkuliacija ir erdvinė drumstumo dinamika Kuršių marių Lietuvos akvatorijoje pavasarį nusistovėjusio hidrometeorologinio režimo sąlygomis, *Geografijos metraštis* **36**(1), p. 101–109.
Galkus A. (2003b). Vandens cirkuliacija ir erdvinė drumstumo dinamika vasarą Kuršių marių ir Baltijos jūros Lietuvos akvatorijose, *Geografijos metraštis* **36**(2), p. 48–60.
Gulbinskas S. (1994–1995). Šiuolaikinių dugno nuosėdų pasiskirstymas sedimentacinėje arenoje Kuršių marios–Baltijos jūra, *Geografijos metraštis* **28**, p. 296–314.
Jokšas K., Galkus A., Stakėnienė R. (1998). Geocheminiai Kuršių marių dugno nuosėdų ypatumai ir juos formuojantys veiksniai, *Geografijos metraštis* **31**, p. 123–144.
Jokšas K., Galkus A., Stakėnienė R. (2003). The Only Lithuanian Seaport and its Environment, Vilnius.
Kuršių marios (2002). S. Gulbinskas, R. Žaromskis (sud.), žemėlapis žvejybai, M 1:50 000, Vilnius.
Pustelnikovas O. (1998). Geochemistry of sediments of the Curonian lagoon (Baltic Sea), Vilnius.
Repečka M. A., Pustelnikov O. S., Červinskas E. (1980). Receant sedimentation in the Curonian lagoon, *Lietuvos TSR aukšt. m-klų mokslo darbai: Geografija* **16**, p. 28–73. (In Russian.)

Arūnas Galkus

Geologijos ir geografijos institutas, Vilnius

Kuršių marių Lietuvos akvatorijos labiausiai užterštų dugno nuosėdų arealų sedimentacinės aplinkos ypatybės

Santrauka

Kuršių marių dugno nuosėdų litologinė sudėtis ir geocheminės savybės priklauso nuo sedimentacijos sąlygų, kurių viena svarbiausių yra vandens ir skendinčios jame nuosėdinės medžiagos cirkuliacijos ypatybės. Atlikus tėkmių bei kai kurių kitų vandens rodiklių naujus tyrimus Kuršių marių Lietuvos akvatorijoje (Galkus, Jokšas, 2002; Galkus, 2003a; Galkus, 2003b), sukaupta vertingų duomenų, naujai nušviečiančių Kuršių mariose vykstančius procesus. Šio straipsnio tikslas – išskirti labiausiai užterštus Kuršių marių Lietuvos akvatorijos dugno nuosėdų arealus ir nustatyti jų sedimentacinės aplinkos rodiklių ypatybes, analizuojant naujų bei ankstesnių sedimentacinę aplinką apibūdinančių rodiklių erdvinę kaitą.

Straipsnyje analizuojama Kuršių marių (be Klaipėdos sąsiaurio) Lietuvos akvatorija. Dugno nuosėdų granulinė ir geocheminė sudėtis įvertinta naudojantis Geologijos ir geografijos instituto

Jūros tyrimų skyriaus Aplinkotyros teminės grupės archyvine medžiaga bei jau spaudoje skelbtais duomenimis. Pagrindinis tyrimo metodas – rodiklių erdvinio pasiskirstymo lyginamoji analizė.

Išanalizavus Kuršių marių Lietuvos akvatorijos paviršinių dugno nuosėdų geocheminių rodiklių reikšmių pasiskirstymą išskirti 6 rajonai (1 pav.), kuriuose nuosėdų prisotinimo organine medžiaga, angliavandeniliais ir tam tikru metalų komleksu ar atskirais elementais laipsnis ryškiai padidėjęs aplinkinių arealų fone: 1–4 rajonuose – organika, HC, Zn, Cu, Pb, Fe, Mn; 5 rajone – HC; 6 rajone – Cd. Nustatyta, kad 1–3 rajonų ruože smulkiadispersės nuosėdinės medžiagos patekimą ir nusėdimą ant dugno lemia sūkuringos Š–ŠR krypties tėkmės ir vandenyje esančios biogeninės medžiagos gausa bei sedimentacijos aktyvumas. 4 rajono dabartinių dugno nuosėdų formavimuisi ir geocheminei sudėčiai reikšmingiausia yra iš Nemuno deltos plūstanti nuosėdinė mineralinė medžiaga ir pietvakarių krypties vandens pernaša. Šiame rajone biogeninė medžiaga į sedimentacijos procesus įtraukiama ne taip intensyviai, kaip 1–3 rajonuose. Priešais Atmatos žiotis esantis 5 rajonas yra intensyvaus upės vandens plūsmo į Kuršių marias tranzito zonoje. Mariose sumažėjus vandens tėkmės greičiui, prieššziotiniame rajone smulkiadispersės nuosėdinės medžiagos sedimentacija ir iš Nemuno baseino atplūstančių teršalų kaupimasis dugno nuosėdose suintensyvėja. Priešais Klišupės ir Drevernos upelių žiotis esantis 6 didesnio užterštumo rajonas pasižymi mažu vandens skaidrumu ir lėtomis ŠV tėkmėmis. Palyginus su aplinkiniais vandens plotais, smulkiadispersės nuosėdinės medžiagos sedimentacija ten yra intensyvesnė, skendinčiojoje medžiagoje šiltuoju metų tarpsniu padaugėja planktonogeninių dalelių, žiemą – alochtoninės organikos kiekis.

Svarbiausias visų išskirtų labiau užterštų Kuršių marių rajonų bendras bruožas yra smulkiadispersės nuosėdinės medžiagos sedimentacijos intensyvumo išaugimas. Cheminių ingredientų koncentracijos paviršinėse dugno nuosėdose turi tendenciją padidėti ten, kur intensyviau kaupiasi biogeninė medžiaga. Teršiančių medžiagų spektro ypatybę lemia dugno nuosėdų arealo padėtis vyraujančių vandens tėkmių atžvilgiu, atstumas nuo upių žiočių ir kitų taršos šaltinių.

ISSN 0132–3156 Geografijos metraštis 37(1-2) t., 2004

LANDŠAFTOTYRA

URBANIZUOTOS APLINKOS MONITORINGO SISTEMOS ELEMENTAI IR JŲ SKYRIMO PROBLEMA

Darijus Veteikis, Margarita Jankauskaitė

Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševčenkos g. 13, LT 03223, Vilnius
El. paštas: veteikis@geo.lt; jankauskaitė@geo.lt

Įvadas

Monitoringas (arba stebėsena) – tai reguliarus ir nepertraukiamas įvairiausių procesų ir reiškinių stebėjimas. Miestuose, kur koncentruojasi didelė dalis žmogaus veiklos, procesų ir reiškinių intensyvumas bei sparta santykinai yra labai didelė, todėl neigiami procesai, jei nebus laiku pastebėti arba prognozuoti, gali atnešti daug žalos miesto ir visos šalies gyventojams, ūkiui bei gamtai. Tokiu būdu monitoringas tampa viena darnaus miestų vystymosi užtikrinimo sąlygų, arba įrankių.

Lietuvos aplinkos monitoringo įstatyme numatyti šie monitoringo objektai:

1) fizikinio, radiacinio, cheminio, biologinio ir kitokio antropogeninio poveikio šaltiniai bei jų įtaka aplinkai;

2) oro ir kritulių, paviršinio vandens (upių, ežerų, tvenkinių, Kuršių marių, Baltijos jūros), dirvožemio, Žemės gelmių, biotos būklė;

3) natūralių ir antropogeniškai veikiamų gamtinių komponentų (pelkių, natūralių ir kultūrinių pievų, miškų ir kt.) būklė;

4) aplinkoje vykstančių globalių procesų kaita ir tendencijos (rūgštieji krituliai, ozono sluoksnio kitimas, šiltnamio efektas ir kt.) (Lietuvos..., 1997).

Be to, pagal *Valstybinę LR aplinkos monitoringo programą* dar numatytas ir pagrindinių kraštovaizdžio tipų (molingų lygumų, smėlingų lygumų, kalvotų moreninių aukštumų, pajūrinių lygumų, deltinių lygumų ir upių slėnių) monitoringas (Valstybinė..., 1998). Taigi įstatyminėje bazėje neskirta vietos atskiram urbanizuotos aplinkos monitoringui.

Urbanizuotoje aplinkoje turėtų būti numatyti saviti stebėjimo objektai, kompleksiškesni dėl pačios miesto teritorinės sistemos sudėtingumo. Remiantis *Monitoringo įstatyme* pateikta monitoringo objektų klasifikacija ir nesiekiant iš esmės pakeisti jau egzistuojančių monitoringo dalių, urbanizuotoje aplinkoje galimos tokios stebimų objektų grupės: 1) poveikio aplinkai šaltiniai, 2) atskiri gamtinių sferų komponentai, 3) urbanizuoto kraštovaizdžio sistemos, 4) globalių procesų poveikis. Šia monitoringo objektų klasifikacija kaip gairėmis ir remiamasi šiame darbe. Kiekviena iš minėtų keturių monitoringo objektų grupių yra atstovaujama savitų kiekybinių arba kokybinių parametrų. Toliau šiame straipsnyje skaitytojams pateikiama urbanizuotos aplinkos monitoringo sistema, pagrįsta fiksavimu aplinkos kokybę limituojančių parametrų, nusakančių tiek atskirų kraštovaizdžio komponentų, tiek sudėtingos miesto kraštovaizdžio sistemos būklę.

1. Urbanizuotos aplinkos monitoringas Lietuvoje ir pasaulyje

Lietuvoje urbanizuotos aplinkos monitoringas nėra išskirtas į atskirą monitoringo tipą ir priklauso bendrajai monitoringo sistemai. Miestuose vykdomi tik natūralių sferų komponentų ir taršos šaltinių stebėjimai. Kai kuriuose didžiuosiuose Lietuvos miestuose (Vilniuje, Šiauliuose, Kaune, Panevėžyje) įvairiu periodiškumu stebima oro, paviršinio ir požeminio vandens, dirvožemio, augalijos būklė. Tačiau dar daugelyje Lietuvos miestų tokie stebėjimai nevykdomi, aplinkos monitoringo neturi trečias didumu Lietuvoje Klaipėdos miestas. Tuo tarpu, pvz., Kaune, kraštovaizdžio komponentų monitoringas vykdomas jau daugiau nei dešimt metų, todėl sukaupta nemažai informacijos, kurios pagrindu galima daryti apibendrinimus apie šio miesto būklės kaitą ir net numatyti jos kaitos tendencijas.

Lietuvoje nuolatinis miestų oro užterštumo monitoringas vykdomas nuo 1967 metų. Šiuo metu dešimtyje didžiausių Lietuvos miestų įrengtos 23 stacionarios stebėjimo stotys. Matuojami pagrindinių oro teršalų lygiai bei kai kurių vieno ar kito regiono emisijoms būdingų specifinių teršalų koncentracijos. Įgyvendinant projektą *Oro kokybės valdymas Vilniaus mieste*, įdiegta automatizuota oro būklės stebėjimo mieste sistema (Valstybinė..., 1998).

Užsienyje daugelis stambiųjų miestų turi oro, vandens, augalijos būklės stebėjimo postus. Be to, organizuojamos tarptautinės urbanizuotos aplinkos stebėjimo programos, kurių pagrindą sudaro miestų stebėjimai iš kosmoso. Pasaulyje žinomos nuolatinių urbanizuotų teritorijų stebėjimo iš kosmoso duomenų bazės: A*STER*, *MODIS*, *Landsat*.

Arizonos universitetas 2000 m. inicijavo tarptautinį projektą *Urbanizuotos aplinkos monitoringas* (*Urban Environmental Monitoring – UEM*), kurio vykdymo metu po pradinės 100 įvairių pasaulio miestų analizės skirtinguose žemynuose buvo išrinkti 8 gilios analizės miestai, pasižymintys intensyviais urbanizacijos procesais: Čang Majus (Tailandas), Berlynas (Vokietija), Kanbera (Australija), Delis (Indija), Lima (Peru), Manila (Filipinai), Meksikas (Meksika), Finiksas (JAV). Iš kosmoso stebimi žemės dangos kitimai, nustatomi vykstantys mieste biogeocheminiai, geofiziniai ir socialiniai procesai (Urban..., 2004).

Panašūs stebėjimai vykdomi kai kuriuose miestuose, turinčiuose pakankamai lėšų finansuoti brangius distancinius tyrimus. Urbanizuotos aplinkos pokyčiai iš kosmoso tyrinėjami Paryžiuje, Italijos miestuose (The Urban..., 2004), Sietle, JAV (An introduction..., 2003), atliekamos lyginamosios miestų (pvz., Niujorko ir Guangžou) analizės (Small, Miller, 1999). Miestų stebėsena iš kosmoso atliekama siekiant nustatyti miesto aplinkos pokyčius po gamtinės katastrofos (pvz., Žemės drebėjimo); tokie tyrimai buvo atliekami 1999 m. Turkijos Izmito mieste (An introduction..., 2003).

2. Miesto monitoringo sudėtis

Nagrinėjant miesto monitoringo galimybes susiduriama su dideliu skaičiumi urbanizuotos aplinkos elementų, kurie kinta miestui funkcionuojant. Pirma, tai gamtiniai kraštovaizdžio komponentai – oras, vanduo, dirvožemis, augalija. Antra, kraštovaizdis, teritorija, jos pokyčiai susiję su miesto plėtimusi, urbanizuotų ir natūralių teritorijų santykio, kraštovaizdžio būklės (psichoekologiniu aspektu) kaita. Be to, aplinkos monitoringas turi apimti ir taršos emisijų lygį pačiame mieste bei pernešamų iš kitų vietovių teršalų kiekį. Tokios įvairiapusės monitoringo sistemos dalys atskleistos 1 lentelėje.

1 lentelė. Pagrindinė urbanizuotos aplinkos monitoringo sudėtis (stebimieji parametrai).
Table 1. *Main composition of the monitoring of urbanized environment (observed parameters).*

I.Gamtinių sferų komponentų būklės (pažeidimo / taršos atžvilgiu) monitoringas *Monitoring of the state of natural components (aspects of disturbance and pollution)*	II.Miesto kraštovaizdžio monitoringas *Monitoring of urban landscape*	III.Taršos emisijų lygis *Level of pollution emissions*	IV. Globalių (regioninių) procesų įtaka miesto aplinkai *Influence of global (regional) processes on urban environment*
1. Oro sudėties pokyčiai *Changes of air composition* 2. Požeminio ir paviršinio vandens užteršimas *Groundwater and surface water pollution* 3. Dirvožemio užteršimas *Soil pollution* 4. Reljefas ir geodinaminiai procesai *Relief and geodynamic processes* 5. Augalijos būklė *Vegetation condition* 6. Gyvūnijos monitoringas *Wildlife monitoring* 7. Fizikinė tarša (akustinė, elektromagnetinė ir radiacinė tarša) *Physical pollution (acoustic, electromagnetic, radiation*	1. Miesto teritorijos įsisavinimo kaita *Dynamics of city area assimilation* a) miesto ribų (užstatytos teritorijos ir administracinės) poslinkiai / *Shifts of city boundaries (built-up and administrative areas)* b) skirtingos funkcinės paskirties teritorijų naudojimo efektyvumas *Efficiency of use of different functional zones* 2. Miesto kraštovaizdžio sistemos kokybės pokyčiai *Qualitative changes of urban landscape system* a) urbanizuotų ir natūralių plotų santykio kaita *Dynamics of the ratio between urbanized and natural areas* b) miesto kraštovaizdžio būklės (socioekologiniu aspektu) pokyčiai / *Dynamics of urban landscape changes (socioecological aspect)*	1. CO_2 emisijos iš pramonės, transporto ir kitų ūkio šakų / *CO_2 emissions from industrial, transport and other enterpriser* 2. Dujinių ir aerozolinių teršalų emisijos *Emissions of gas and aerosol pollutants* 3. Skystųjų ir ištirpusių teršalų emisijos *Emissions of liquid and dissolved pollutants* 4. Kietųjų atliekų susidarymas mieste *Formation of solid wastes in cities*	1. Oru atnešamų teršalų kiekis *Amount of air-transported pollutants* 2. Vandens tėkmėmis atnešamų teršalų kiekis *Amount of pollutants transported by rivers*

2.1. Natūralių sferų komponentų būklės monitoringas

Tai būtina miesto aplinkos monitoringo dalis, kurios vykdymui reikalinga oro, vandens, dirvožemio užterštumo stebėjimo, triukšmo–vibracijos ir elektromagnetinės spinduliuotės bei apšvitos matavimo technika, taip pat svarbu teisingas matavimo vietų parinkimas, atitinkantis *Valstybinėje monitoringo programoje* numatytus principus (pakankamas minimumas, reprezentatyvumas, kompleksiškumas, patikimumas, biocentriškumas, operatyvumas). Daugumos išvardytų stebėjimo elementų jau nustatytos leidžiamos ribinės užterštumo vertės, įteisintos aplinkosauginėse ir higienos normose.

Oro teršalų leidžiamus lygius numato *Lietuvos higienos normos* (Lietuvos..., 2002). Oro būklės stebėjimus miestuose reikėtų papildyti ir miesto klimato kaitos stebėjimais, todėl, tobulinant urbanizuotos aplinkos stebėseną, būtina susieti oro užterštumo ir meteorologinius stebėjimus.

Lietuvos teisiniais aktais nustatytos leidžiamos paviršinio maudyklų vandens (Lietuvos..., 1999), geriamojo vandens (Lietuvos..., 2003), žalio geriamojo vandens

(vandens, kuris ruošiamas vartojimui: paviršinio, gaunamo iš šachtinių šulinių ir gręžinių: Lietuvos..., 2001a) užterštumo normos. Vandens monitoringas neturėtų apsiriboti vien cheminio ir bakteriologinio užterštumo stebėjimais, tačiau turėtų apimti ir su vandens telkiniais, ypač tėkmėmis, tirpsmo vandeniu susijusių (hidrodinaminių ir geodinaminių) procesų stebėjimą. Hidrografinis tinklas daugumoje didžiųjų miestų gerokai pakeistas technogeninės žmogaus veiklos: sunaikinti, palaidoti maži upeliai arba ištiesintos jų vagos, dažnai paverstos kanalizacijos grioviais. Tačiau išlikusius arba renatūralizuotus hidrografinio tinklo elementus būtina stebėti ir fiksuoti jų hidrografinių parametrų kaitą. Be to, būtina nustatyti egzistuojančias kryptis ir linijas laikinų paviršinių srautų, susiformuojančių iškritus daug kritulių arba intensyviai tirpstant sniegui ant nelaidžių technogeninių paviršių. Hidrografinio tinklo pokyčių stebėjimui galima pritaikyti kosminio vaizdo, aerofotonuotraukas, tačiau būtini ir lauko stebėjimai (stebint srautų formavimąsi technogeniniuose paviršiuose, geodinaminius procesus upių atkarpose su tankia augalija). Taip pat aktualūs požeminio vandens lygio stebėjimai, kuriuos itin svarbu atlikti tose urbanizuotos teritorijos dalyse, kur sutampa užteršimo ir aukšto gruntinio vandens lygio grėsmė.

Miestuose aktualus ir dirvožemio (grunto) užterštumas sunkiaisiais metalais, naftos produktais bei mikrobinis užterštumas (susijęs su organogenine tarša). Lietuvos teisiniuose dokumentuose – aplinkosaugos ir higienos normose (Grunto..., 2002; Lietuvos..., 2004b) – nustatytos leidžiamos įvairių teršalų koncentracijos dirvožemyje, išskyrus mikrobinį užterštumą. Lietuvos įstatymai dar nereglamentuoja dirvožemio mikrobinio užterštumo leidžiamų lygių. Kad šie ribiniai rodikliai būtų įteisinti, ypač aktualu gyvenamuosiuose kvartaluose, kur didelė naminių ir benamių gyvūnų koncentracija, padidėjusi buitinė tarša sudaro sąlygas plisti paviršiniame dirvos sluoksnyje įvairiems kenksmingiems žmonių sveikatai mikroorganizmams.

Lietuvos respublikos įstatymu jau reglamentuojamas triukšmo valdymas (Lietuvos..., 2004a), nustatytos radiacinės saugos normos (Lietuvos..., 2004c), nurodytos sanitarinės zonos aplink elektromagnetinės taršos šaltinius (aukštosios įtampos elektros linijas) ir leidžiama žmogui buvimo šiose zonose trukmė (Lietuvos..., 2001b). Deja, dar nenustatytos sanitarinės zonos ir leidžiamas buvimo laikas arti kitų svarbių elektromagnetinio lauko šaltinių, pvz., mobiliojo ryšio retransliatorių, kurie miestuose dažnai įrengiami visuomeninės paskirties arba net gyvenamosiose teritorijose.

Augalijos būklei stebėti dar nesudarytas pakankamai formalizuotas pagrindas, nes nepritaikytos leidžiamos jos pažeistumo normos urbanizuotai aplinkai. *Valstybinėje monitoringo programoje* taip pat nenumatytas urbanizuotos aplinkos augalijos monitoringas. Miesto žalieji plotai gali būti stebimi lauko tyrimų metu ir naudojant vaizdus iš kosmoso, aerofotonuotraukas. Tokiai stebėsenai reikalingi aukštos kvalifikacijos specialistai, galintys įvertinti augalijos būklę.

Želdiniai miesto teritorijoje atlieka keletą svarbių funkcijų (urboekologinę, estetinę, užtvarinę ir kt.). Užtikrinant želdinių urboekologinės funkcijos realizavimą, būtina atlikti skaičiavimus, kiek ir kokių želdinių turi būti mieste, kad būtų subalansuota oro sudėtis, temperatūros ir drėgmės režimas, neutralizuoti teršalai. Kiek reikia želdinių Lietuvos miestams, kad jie visiškai atliktų urboekologinę funkciją, nenustatyta. Norint tą sužinoti, būtina ištyrinėti mūsų miestų biocheminį želdinių aktyvumą, išanalizuoti išmetamų teršalų mastą ir koncentracijos vietas, atlikti mikroklimato tyrimus, kurie atskleistų temperatūros ir drėgmės anomalijas miestuose.

Paminėtina, kad Lietuvoje dar nesutvarkyta teisinė želdinių normų bazė, todėl teikiant želdinimo rekomendacijas naudojamasi kaimynių šalių (Lenkijos, Baltarusijos) patirtimi. Želdinių normines rekomendacijas miestams yra pasiūlę Lietuvos miestotvarkos specialistai (Miestotvarka, 2003), želdynų sistema pateikta Vilniaus miesto bendrajame plane (Vilniaus..., 1999).

Ekologinė ir sanitarinė–higieninė miesto teritorijų būklė tiesiogiai susijusi su jų apželdinimo laipsniu. Nustatytas teigiamas augalijos poveikis aplinkinių teritorijų šilumos režimui. Vasarą pagrindinis diskomforto faktorius mieste yra temperatūros šuolis tarp žemės paviršiaus ir atmosferos oro. Teigiama, kad temperatūros šuolio priklausomybė nuo želdynų ploto ypač ryški esant 20–50% apželdinimui. Esant apželdinimui iki 20%, temperatūros šuolio dydis maksimalus, tačiau paktiškai jau nebepriklauso nuo atviro paviršiaus ploto. Optimalios sąlygos švaraus oro patekimui ir palankaus šilumos režimo užstatytose teritorijose susidarymui yra tada, kai atviras apželdintas paviršius sudaro 50–60% mikrorajono ploto. Tai efektyviausias atviro apželdinto paviršiaus dydis miesto užstatymo sąlygomis (Прокофьева, 1997). Sugertosios Saulės spinduliuotės dydžio sumažinimą lemia ne tik didesni tarpai tarp pastatų, bet ir asfalto dangos pakeitimas gazonais, pasižyminčiais didesniu albedu.

Kaip jau buvo minėta, kai kuriuose Lietuvos miestuose atliekami oro, vandens ir dirvožemio užterštumo, augalijos būklės stebėjimai. Tačiau tai palyginti nežymi Lietuvos miestų dalis. Tokio pobūdžio monitoringas nėra labai aktualus mažuose miestuose, kuriuose nėra išvystytos pramonės ir transporto. Kita vertus, yra didelių miestų (pvz., Klaipėda, Alytus), kur dar iki šiol nevykdomas nuolatinis aplinkos komponentų būklės stebėjimas. Maži miestai, kur vystomos taršios ūkio šakos (pvz., Radviliškis – transporto mazgas), patiriantys su oro ar vandens pernaša susijusį teršimą (pvz., panemunės miestai), turėtų vykdyti kai kurių kraštovaizdžio komponentų būklės stebėjimus; tam reikalinga išsami visos Lietuvos miestų problemų analizė.

2.2. Miesto kraštovaizdžio monitoringas

Šis monitoringas garantuoja sisteminį poiūrį į miesto aplinką. Stebimieji rodikliai šiuo atveju atspindi bendrąją kraštovaizdžio, kaip teritorinės sistemos, būklę. Stebimuosius rodiklius galima grupuoti į miesto teritorijos įsisavinimo pokyčių ir visos miesto kraštovaizdžio sistemos kokybės rodiklius (2 lent.).

Miesto ribos kaitą, kuri kontroliuojama administracine tvarka, galima sąlyginai priskirti miesto teritorijos įsisavinimo kaitos rodiklių grupei. Kaip ir visiems parametrams, ribų kaitai tyrinėti taip pat turi būti sukurta duomenų bazė. Be formaliosios miesto ribos, turi būti nustatyta ir miesto urbanizuoto branduolio riba, kurią galima pavadinti *urboekologine miesto riba*, ties kuria būtų fiksuojama urbanizuotai aplinkai būdingų ekologinių procesų pabaiga. Ir tik šios urboekologinės miesto ribos poslinkių stebėjimai turi prasmę miesto aplinkos monitoringo sistemoje, kurios tikslas sekti ne formalius, o realius reiškinius, vykstančius kraštovaizdyje.

Skirtingos funkcinės paskirties teritorijų naudojimo efektyvumas taip pat priklauso miesto žemių įsisavinimo kaitos rodikliams. Teritorijos panaudojimo efektyvumas suprantamas ir skaičiuojamas įvairiais būdais. Vieną metodą 1994 m. pasiūlė O. Bajevskis (Сизов, 2000). Pagrindinis jo principas – egzistuojančio ir projektuojamo išteklių naudojimo lygių santykio apskaičiavimas. Šis santykis randamas atlikus seką tarpinių perskaičiavimų, pateikiamų toliau tekste.

2 lentelė. Miesto teritorinio (kraštovaizdžio) monitoringo dedamųjų dalių stebėjimo metodai ir periodiškumas.
Table 2. *Methods and periodicity of observation of urban territorial (landscape) monitoring elements.*

Teritorinio (kraštovaizdžio) monitoringo parametrai *Territorial monitoring parameters*	**Metodai** *Methods*	**Periodiškumas** *Periodicity*
1. Miesto teritorijos įsisavinimo kaita / *Dynamics of assimilation of urban areas*		
a) miesto ribų (užstatytos teritorijos ir administracinės) poslinkiai *Shifts of city boundaries (built-up and administrative areas*	Projektavimo kartografinės medžiagos (planų) analizė / *Analysis of project cartographic material*	Kasmet *Yearly*
b) skirtingos funkcinės paskirties teritorijų naudojimo efektyvumas *Efficiency of use of different functional zones*	Miesto elementarioji funkcinė gardelė apibūdinama pagal santykį tarp esamo ir suprojektuoto išteklių naudojimo *Elementary city cell according to the ratio between the actual and project resource exploitation*	Kasmet *Yearly*
2. Miesto kraštovaizdžio sistemos kokybės pokyčiai / *Qualitative changes of urban landscape system*		
a) urbanizuotų ir natūralių plotų santykio kaita *Dynamics of urbanized versus natural areas*	Miesto elementariosios funkcinės gardelės suklasifikuojamos pagal urbanizacijos lygį ir įvertinamas jų plotų santykis / *Elementary city cells classified according to urbanization level and evaluation of the ratio between their areas*	Kasmet *Yearly*
b) Miesto kraštovaizdžio būklės (socioekologiniu aspektu) pokyčiai *Dynamics of urban landscape condition*	Kraštovaizdžio kokybės vertinimo mieste metodika / *Methods of evaluation of urban landscape*	Dveji treji metai *Every two–three years*

Teritorijų naudojimo efektyvumas (E) apskaičiuojamas formule

$$E = (1 / D) \text{ X } 100\%, \qquad (1)$$

čia D – nedimensinis disproporcijos (nesutapimo) tarp egzistuojančio ir projektuojamo konkretaus sklypo naudojimo rodiklis, kuris nustatomas tokiu būdu:

$$D = 1 + K_s \text{ X } \Sigma\, (B_i\, D_i), \qquad (2)$$

čia K_s – baudžiamųjų sankcijų už neefktyvų teritorijos naudojimą politikos „kietumo“ koeficientas; B_i – svorinis i-tojo išteklių tipo deficito koeficientas; D_i – i-tojo išteklių tipo disproporcijos lygio rodiklis.

Kuo mažesnė disproporcijos rodiklio reikšmė, tuo didesnis miesto teritorijų naudojimo efektyvumo rodiklis, kurio 100% reiškia visišką atitikimą tarp esamo ir projektuojamo teritorijos naudojimo.

Baudžiamosios politikos koeficientas rodo, kiek kartų papildomos išlaidos už baudas gali viršyti pradinę žemės nuomos kainą ar žemės mokestį.

Atskirų i-tųjų išteklių tipų apskaičiuojamas savitasis disproporcijos rodiklis

$$D_i = |x_i^p - x_i^e|^m / [0{,}5(x_i^p + x_i^e)], \qquad (3)$$

čia x_i^p – projektuojamas *i*-tojo išteklių tipo būdingojo naudojimo lygis; x_i^e – esamas *i*-tojo išteklių tipo būdingojo naudojimo lygis; *m* – kalibravimo koeficientas.

Svoriniai *i*-tųjų išteklių tipų deficito koeficientai B_i nustatomi pirmiausia apskaičiavus pirminius deficito koeficientus $B_i^{\wedge}$, kurie randami dvejopai, priklausomai nuo miesto projekte numatyto išteklių naudojimo atvejo:

• jeigu išteklių naudojimas pagal projektą turi augti, tada

$$B_i^{\wedge} = x_i^{p\ mst} / x_i^{e\ mst}; \quad (4)$$

• jeigu išteklių naudojimas pagal projektą turi mažėti, tada

$$B_i^{\wedge} = x_i^{e\ mst} / x_i^{p\ mst}; \quad (5)$$

čia $x_i^{p\ mst}$ – projektuojamas *i*-tojo išteklių naudojimo lygis viso miesto mastu, $x_i^{e\ mst}$ – esamas *i*-tojo išteklių naudojimo lygis viso miesto mastu.

Apskaičiuoti kiekvienos išteklių rūšies pirminiai deficito koeficientai sudedami, o prilyginus šią sumą vienetui, proporcingai paverčiami svoriniais deficito koeficientais, vieneto dalimis.

Minėto teritorijų naudojimo efektyvumo ir jo kaitos nustatymas – svarbus miesto funkcionavimo ir gyvybingumo rodiklis. Projektuose numatyto ir pagrįsto teritorinių išteklių naudojimo reglamento pažeidimas (ekonominių, ekologinių, higieninių ir socialinių normų viršijimas, kartais ir nepasiekimas) gali pakenkti tiek ekonominei, tiek ekologinei, tiek socialinei miesto būklei.

Dėl mieste vykdomos veiklos dinamiškumo tokio pobūdžio miesto teritorijos vertinimas turėtų būti atliekamas kasmet ir fiksuojamas elektroninėse kartografinėse duomenų bazėse (GIS).

Urbanizuotų ir natūralių plotų santykio kaita. Tai kraštovaizdžio poliarizacijos rodiklis miesto teritorijos viduje. Miesto šis rodiklis visada yra daug didesnis už visos šalies. Urbanizuotoje aplinkoje, kur vyksta savotiškos varžybos tarp antropogeninių ir natūralių procesų, minėto santykio pokyčiai gali būti labai reikšmingi visai miesto kraštovaizdžio sistemai, jos kokybei, tinkamumui gyventi. Šiuo atveju svarbu nustatyti urbanizuotų ir natūralių plotų santykį atskirai užstatytoje miesto teritorijoje ir miesto teritorijoje iki administracinių ribų. Užstatytos teritorijos riba – tai fizinė viso miesto riba, galinti nesiekti arba kirsti administracinę (Godienė, 2001). Miesto užstatyta teritorija rodo tikrąjį urbanizuotos aplinkos užimamą plotą kartu su jai priklausančiais aktyvaus branduolio elementais (pastatais, infrastruktūra ir jų sklypais) bei vidaus vandenimis ir želdynais, atliekančiais ekologinę kompensacinę funkciją. Taip diferencijuojant poliarizacijos laipsnį taptų įmanoma palyginti tarpusavyje įvairius miestus, nes miestų administracinės ribos dažnai priimamos remiantis skirtingais kriterijais ir ne visada sutampa su realia užstatytos teritorijos riba.

Norint kiek įmanoma tiksliau įvertinti urbanizuotų ir natūralių plotų santykį, reikia apibrėžti, kas yra urbanizuoti ir natūralūs miesto plotai ir ką daryti su jo funkcinėmis dalimis, užimančiomis tarpinę padėtį (pvz., agrariniai plotai). Šiam klausimui išspręsti siūloma ekspertinė vertinimo balais sistema, numatanti vienodą tiek technogenizuotų, tiek santykinai natūralių miesto funkcinių dalių vertinimą balais – nuo 0 iki 10 (kuo funkcija labiau technogenizuota arba, atvirkščiai, kuo ji natūralesnė, tuo jos įvertinimas artimestis 10 balų). Priklausomai nuo jų poliaus (į technogeniškumą ar į natūralumą) šie balai miesto kraštovaizdžio poliarizacijos apskaičiavimo formulėje atsidurs skaitiklyje arba vardiklyje. 3 lentelėje parodyti

ekspertiškai suteikti balai funkcinėms miesto dalims, numatytoms bendruosiuose planuose (pavyzdžiu imtas Vilniaus miesto bendrasis planas, 1999).

Daugiausia balų iš technogenizuoto kraštovaizdžio funkcinių dalių tenka infrastruktūros ir sąvartyno teritorijoms, taip pat pramonės ir komercinėms teritorijoms, mažiausiai – krašto apsaugos teritorijoms ir gyvenamųjų mažaaukščių statinių teritorijoms, pasižyminčios dideliu kiekiu žaliųjų plotų. Agrarinės teritorijos priskirtos santykinai natūralaus kraštovaizdžio arealams, tačiau gauna mažiausius poliarizacijos balus, tuo pabrėžiant jų tarpinę padėtį tarp technogenizacijos ir natūralizacijos. Natūraliausiais pripažįstamos ekosistemų apsaugos miškų ir konservacinės paskirties teritorijos, taip pat apsauginiai miškai, kiek mažiau balų (8) gauna intensyviau žmonių lankomi rekreaciniai miškai.

3 lentelė. Miesto funkcinių dalių (klasifikacija pagal: Vilniaus..., 1999) poliarizacijos įvertinimas balais.
Table 3. *Grading of polarization of the functional elements of cities (classified according to: Vilniaus..., 1999).*

Technogenizuoto kraštovaizdžio funkcinės dalys *Functional parts of technogenically affected landscape*		**Natūralaus kraštovaizdžio funkcinės dalys** *Functional parts of natural landscape*	
Pavadinimas / *Name*	Balas *Grade*	Pavadinimas / *Name*	Balas *Grade*
1. Gyvenamųjų daugiaaukščių statinių teritorija / *Territory of multi-storey living-houses*	8	1. Sodininkų bendrijų sodų žemė, keičiama į gyvenamąją teritoriją / *Land of the Association of Gardeners transformed into residential area*	3
2. Gyvenamųjų mažaaukščių statinių teritorija / *Territory of low living-houses*	6	2. Specializuotų ūkių žemė / *Land of specialized farms*	2
3. Visuomeninės paskirties teritorija *Territory of public use*	7	3. Valstybinių žemės ūkio įmonių žemė *Land of state farms*	2
4. Pramonės teritorija / *Industrial area*	9	4. Gyventojų asmeninių ūkių žemė / *Land of homesteads*	3
5. Komercinė teritorija / *Commercial quarter*	9	5. Ūkininkų ūkio ir ūkio bendrovių žemė *Land of individual farms and state farming companies*	2
6. Infrastruktūros teritorija / *Territory of infrastructure*	10	6. Laisvo valstybės fondo žemė / *State stock of land*	5
7. Naudingųjų iškasenų teritorija *Territory of valuable minerals*	9	7. Ekosistemų apsaugos miškai *Ecosystem protective forests*	10
8. Krašto apsaugos teritorija / *Territory of State Defense Forces*	5	8. Rekreaciniai miškai / *Recreational forests*	8
9. Sąvartyno teritorija / *Landfill*	10	9. Apsauginiai miškai / *Protective forests*	9
		10. Konservacinės paskirties žemė *Preserved land*	10
		11. Bendro naudojimo žemė / *Land of communal use*	5
		12. Rekreacinė teritorija / *Recreational territory*	7

Bendra miesto poliarizacija (nedimensinis dydis) šiuo konkrečiu atveju apskaičiuojama formule

$$P = \frac{\dfrac{\sum_{i}^{9}(B_{Ti} \cdot S_{Ti})}{S_T}}{\dfrac{\sum_{j}^{12}(B_{Gj} \cdot S_{Gj})}{S_G}} = \frac{S_G \cdot \sum_{i}^{9}(B_{Ti} \cdot S_{Ti})}{S_T \cdot \sum_{j}^{12}(B_{Gj} \cdot S_{Gj})} \qquad (6)$$

čia B_{Ti} ir S_{Ti} – atitinkamai *i*-tosios (nuo 1 iki 9) technogenizuoto kraštovaizdžio funkcinės dalies įvertinimas balais (3 lent.) ir suminis plotas miesto teritorijoje, S_T – visų technogenizuoto kraštovaizdžio funkcinių miesto dalių bendras plotas, B_{Gj} ir S_{Gj} – atitinkamai *j*-tosios (nuo 1 iki 12) santykinai natūralaus kraštovaizdžio funkcinės dalies įvertinimas balais (3 lent.) ir suminis plotas miesto teritorijoje, S_G – visų natūralaus kraštovaizdžio funkcinių miesto dalių suminis plotas.

Miesto monitoringo sistemoje urbanizuotų ir natūralių plotų santykio kaita turėtų būti tiriama kasmet ir fiksuojama atitinkamoje GIS duomenų bazėje. Be to, reikalingi geoekologiniai tyrimai, kurių pagrindu būtų galima palaikyti optimalų miesto kraštovaizdžio poliarizacijos laipsnį, o tai užtikrintų miesto aplinkos monitoringo sistema.

Miesto kraštovaizdžio būklės (socioekologiniu aspektu) pokyčiai. Kiekvieno žemės sklypo ir viso miesto kraštovaizdžio kokybės socioekologiniu aspektu nustatymo metodika parengta Geologijos ir geografijos instituto mokslininkų, kuomet buvo vykdoma viena tarpinstitucinės mokslo programos *Urbanizuotos aplinkos kokybė ir jos kaita* temų (Jankauskaitė ir kt., 2003).

Kraštovaizdžio kokybės vertinimas socioekologiniu atžvilgiu apima detalius lauko tyrimus, kuomet aplankomos praktiškai visos miesto vietovės ir užpildomi būklės stebėjimo blankai, taip pat geocheminių dirvožemio užterštumo, geofizikinių aplinkos elektromagnetinio bei akustinio užterštumo tyrimų duomenų kaupimą ir panaudojimą. Lauko tyrimai atliekami morfologiniu pagrindu išskirtose teritorijose – technomorfologinėse gardelėse, pasižyminčiose santykinai vienalyte geomorfologine ir technogenine struktūra bei funkcine paskirtimi. Tokiems detaliems tyrimams atlikti reikalingi aukštos kvalifikacijos kraštovaizdžio būklės vertintojai – ekspertai, taip pat darbuotojai, mokantys dirbti įvairių aplinkos būklės parametrų matavimo prietaisais. Nustatant kai kuriuos miesto aplinkos kokybės rodiklius (pvz., želdinių būklę, atmosferos skaidrumą, aerodinaminės teršalų sklaidos galimybes) didelę reikšmę turi distanciniai tyrimai. Teritorija vertinama daugeliu aspektų: cheminė tarša, triukšmingumas, fizikinė (akustinė ir elektromagnetinė) tarša, biocheminis želdinių aktyvumas, užstatymo kokybė (urbanizuotos aplinkos būklės vertinimas ekologinių normatyvų atžvilgiu), apželdinimo kokybė, kraštovaizdžio elementų fizinis degradavimas, natūralių ir urbanistinių kompleksų darna (kraštovaizdžio būklės vertinimas psichologinio komforto ir estetiškumo atžvilgiu).

Atlikus išsamų miesto kraštovaizdžio būklės vertinimą socioekologiniu aspektu, naudojantis GIS technologijomis (sluoksnių perdengimo, paviršiaus izolinijų brėžimo operacijomis) nustatomi neigiamų procesų (socioekologinės įtampos) židiniai (Jankauskaitė ir kt., 2003). Šių židinių poslinkiai teritorijoje turėtų būti viena urbanizuotos aplinkos monitoringo sistemos dalių. Didžiausių socioekologinių įtampų stebėjimas suteiktų gyvybiškai svarbios informacijos apie vietas mieste, kur būtini neatidėliotini kraštovaizdžio būklės optimizavimo optimizavimo sprendiniai.

2.3. Taršos emisijų lygis ir globalių (regioninių) procesų įtaka miesto aplinkai

Monitoringo sistemoje svarbią vietą užima ir taršos šaltinių stebėjimas, nes jie sudaro vieną pagrindinių gyvenimo kokybės mieste prastėjimo prielaidų. Būtina sekti, kiek dujinių–dispersinių, skystųjų bei kietųjų atliekų susidaro pramonės, transporto ir buities srityse tam, kad būtų galima imtis atitinkamų priemonių atliekas neutralizuoti ar sandėliuoti. Atskiro dėmesio reikalauja anglies dioksido emisijų stebėjimas, nes šios emisijos viršija visų kitų teršalų emisijas kelis kartus (tai pagrindinis degimo produktas). Be to, svarbu įvesti ir iš gretimų teritorijų atnešamų teršalų (per orą ir vandenį) stebėjimą bendroje miesto monitoringo sistemoje. Laiku

nustatytas iš kaimyninių teritorijų atneštų teršalų kiekio padidėjimas ir atitinkamų apsaugos priemonių taikymas gali apsaugoti miesto gyventojus nuo papildomų teršalų dozių.

Atliekant teršalų emisijų monitoringą svarbu ne tik kartografuoti teršalų išmetimo šaltinius, bet ir modeliuoti jų sklaidą, atsižvelgiant į vyraujančios oro pernašos kryptį, reljefo nuolydžius, gatvių tinklą, pastatų išsidėstymą, grunto sudėtį ir pan. Ši informacija gali būti kaupiama tik GIS bazėse, lengvai pritaikomose vykdyti kompiuterines erdvinio modeliavimo programas.

Apibendrinimas

Miestų monitoringo sistema turi būti formuojama nuosekliai, atsižvelgiant į krašto ekonominę padėtį ir ekologinę būklę, kadangi, iš vienos pusės, įvairiausiems stebėjimams reikalingos didelės lėšos, iš kitos pusės, tokį poreikį diktuoja blogėjanti miestų ekologinė būklė. Tačiau vien dėl prastos ekologinės miestų būklės stebėsenos sistemos negalima formuoti stichiškai, neišaiškinus visų svarbiausių šio poreikio elementų.

Straipsnyje siūloma urbanizuotos aplinkos monitoringo sistema galėtų papildyti esamą monitoringo sistemą, kurioje nenumatyta atskirai stebėti urbanizuotos aplinkos elementų būklę. Urbanizuotos aplinkos monitoringas turi turėti ir tradicines dalis, juo labiau kad neretai stebėjimai šiose kryptyse jau vykdomi, t.y. natūralių sferų komponentų, taršos šaltinių stebėsena. Be jų, būtina stebėti ir su oro masių bei vandens pernaša miesto teritoriją pasiekiančių teršalų kiekį. Svarbią vietą urbanizuotos aplinkos monitoringo sistemoje užima miesto kraštovaizdžio stebėjimas. Čia galima išskirti tokias stebėjimo kryptis, kaip miesto administracinių ir urbanizuoto branduolio ribų poslinkiai, funkcinio teritorijų panaudojimo efektyvumas, natūralių ir urbanizuotų teritorijų plotų santykis ir galiausiai kompleksinis rodiklis – kraštovaizdžio būklė socioekologiniu aspektu.

Gauta 2004-07-05

Literatūra

An introduction to Satellite Imagery and GIS: Urban Monitoring (2003); *http://www.npagroup.co.uk/imagery/rs_intro/urban.htm.*

Godienė G. (2001).Užstatymo intensyvumo kaitos dėsningumai urbanizuotame kraštovaizdyje (Lietuvos miestų pavyzdžiu). *Dr. disertacija*, Vilnius.

Grunto ir požeminio vandens užteršimo naftos produktais valymo bei taršos apribojimo reikalavimai LAND 9-2002 (2002), *Valstybės žinios* Nr. **119**-5368.

Jankauskaitė M., Bauža D., Baužienė I., Veteikis D., Godienė G. (2003). Urbanizuoto kraštovaizdžio kokybė socioekologiniu aspektu (Vilniaus miesto pavyzdžiu), *Geografijos metraštis* **36**(1), p. 131–151.

Lietuvos higienos norma HN 92:1999 „Paplūdimiai ir jų maudyklos“ (1999), *Valstybės žinios* Nr. **58**-1907.

Lietuvos higienos norma HN 48:2001 „Žmogaus vartojamo žalio vandens kokybės higieniniai reikalavimai“ (2001a), *Valstybės žinios* Nr. **104**-3719.

Lietuvos higienos norma HN 104:2000 „Gyventojų sauga nuo elektros oro linijų sukuriamų elektrinių laukų“ (2001b), *Valstybės žinios* Nr. **4**-109.

Lietuvos higienos norma HN 35:2002 „Gyvenamosios aplinkos orą teršiančių medžiagų koncentracijų ribinės vertės“ (2002), *Valstybės žinios* Nr. **105**-4726.

Lietuvos higienos norma HN 24:2003 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“ (2003), *Valstybės žinios* Nr. **79**-3606.

Lietuvos higienos norma HN 60:2004 „Pavojingų cheminių medžiagų didžiausios leidžiamos koncentracijos dirvožemyje“ (2004b), *Valstybės žinios* Nr. **41**-1357.

Lietuvos higienos norma HN 85:2003 „Gamtinė apšvita. Radiacinės saugos normos“ (2004c), *Valstybės žinios* **Nr**. **30**-997.
Lietuvos respublikos triukšmo valdymo įstatymas Nr. IX-2499 (2004a), *Valstybės žinios* Nr. **164**-5971.
Lietuvos respublikos monitoringo įstatymas (1997), *Valstybės žinios* Nr. **112**-2824.
Miestotvarka (2003), Vilnius.
Small Ch., Miller R. B. (1999). Digital cities II: monitoring the urban environment from space; *http://www.ldeo.columbia.edu/~small/PDF/ISDE_SmallMiller.pdf*
The Urban Monitoring with high resolution Remote Sensing Data (2004); *http://www.planetek.it/prog_page.asp?id= 114&id_tit=229#*
Urban environmental monitoring (UEM) project – urban ecology and sustainability using remotely sensed data (2004); *http://elwood.la.asu.edu/grsl/UEM/#Project%20Overview*
Valstybinė aplinkos monitoringo programa (1998), Vilnius.
Vilniaus miesto bendrasis planas (1999), Vilnius.
Прокофьева Т. В. (1997). Запечатанные почвы и их роль в урбоэкосистеме и важности рекультивации. *Почва, город, экология*, Москва, с. 89–111.
Сизов А. П. (2000). Мониторинг городских земель с элементами их охраны, Москва.

Darijus Veteikis, Margarita Jankauskaitė
Institute of Geology and Geography, Vilnius

Elements of urban environment monitoring system and problem of their distinguishing

Summary

Monitoring of urbanized environment requires a specific set of indicators (the elements for observation) of the intensity of sociogenic and technogenic processes. The system of urban monitoring should be developed consecutively and considering both economical and ecological state situation, knowing all its elements and proving their necessity. In accordance to the Law of Monitoring of the Republic of Lithuania, several main groups of urban environment monitoring elements can be offered: 1) sources of environmental impact (observation of emissions), 2) quality of separate landscape components (water, atmosphere, etc.), 3) properties of territorial (landscape) systems (natural and urban frames, land use effectiveness, landscape systems' quality) 4) manifestations of global processes (advection of pollutants by air and water flows). All of the mentioned groups contain several important monitoring parameters, tasks for environmental management (Table 1).

As the importance and realisation principles of monitoring of the quality of landscape components, pollutant emissions and pollutant advection are rather well understood (however, not sufficiently realised in practice), the attention should be paid to understanding of the urban landscape monitoring. An attempt was undertaken to introduce several parameters, rather complicated in nature, which could describe the processes in urban environment that change the quality of life (Table 2).

The group of parameters, related with the changes of city land assimilation, involves displacements of city border (and there the problem of urboecological border rises) and effectiveness of land use. The most important part of urban landscape monitoring is related with the changes in landscape system quality. The parameters here are complex: the change in proportion of natural and technogenic areas (expressed by polarization index), the evaluation of landscape quality (in socioecological aspect) in separate land plots, determining and tracing the localization of foci of socioecological tension (Jankauskaitė et al., 2003).

ISSN 0132–3156 Geografijos metraštis 37(1-2) t., 2004

LANDSCAPE OF PSAMMOSTEPPES OF THE ILEK AND KHOBDA INTERFLUVE (NEIGHBOURHOOD OF ORENBURG – RUSSIA)

[1]Alexander A. Chibilyov, [2]Valerian A. Snytko, [3]Tadeusz Szczypek, [4]Stanisław Wika

[1]Russian Academy of Sciences, Ural Branch, Institute of Steppe, Pionerskaya 11, 460000 Orenburg, Russia
E-mail: orensteppe@mail.ru
[2]Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Institute of Geography, Ulanbatorskaya 1, 664033 Irkutsk-33, Russia
E-mail: snytko@irigs.irk.ru
[3]University of Silesia, Faculty of Earth Sciences, Bździńska 60, 41-200 Sosnowiec, Poland
E-mail: kgf@ultra.cto.us.edu.pl
[4]University of Silesia, Faculty of Biology and Evironment Protection, Jagiellońska 28, 40-032 Katowice, Poland
E-mail: swika@us.edu.pl

Introduction

Steppes in the Eurasian continent make a compact zonal belt, extending – omitting eastern Austria and Hungary – from the western Ukraine through southern Russia, northern Kazakhstan up to Trans-baikalia and northern Mongolia. Their distribution results from defined climatic conditions, whose physiognomic reflection is predetermined by herbaceous vegetation, which is usually rich in species and mainly cover the fertile chernozem or chestnut soils. But in many places, where sandy deposits of different genesis occur in the substratum, significantly poorer herbaceous vegetation of sandy steppes, i.e. psammosteppes, developed. Similar situation also occurs in the main steppe belt of Russia – in the neighbourhood of Orenburg. Therefore the aim of this paper is to present the typical features of sandy steppe landscapes in the above-mentioned area on the basis of data from literature and field observations of authors.

1. Methodology

The method of geomorphological mapping of selected blown sandy areas was applied in the present study. The obtained results are given in sketches and geomorphological profiles. The character of vegetation in the area investigated was determined by means of phytosociological method by Braun-Blanquet (1964). Some phytosociological surveys were made and served as a basis for distinguishing three similar plant communities.

2. General physico-geographical characteristics

The area of investigation is located SW of the southern slopes of the Ural Mts. Between the valleys of Ilek and Malaya (Small) Khobda, which are the tributaries of the Ural river south of Orenburg (Fig. 1A).

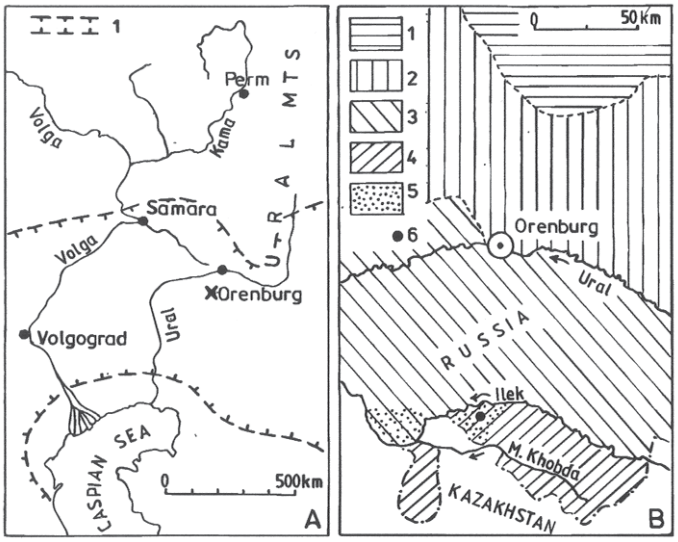


Fig. 1 A – Location of investigated area (x) against a background of limit of steppe zone (1), B – location of investigation area against a background of steppe landscapes (after: Географический ..., 1999): 1 – southern zone of forest-steppe (meadow steppe), 2 – zone of northern steppe (grassy-feather grass steppe), 3 – zone of typical steppe (fescue-feather grass steppe), 4 – zone of southern steppe (absinthium-grassy steppe), 5 – psammosteppes, 6 – area of investigation.

1 pav. *A – tirtoji (x) stepių zonos (1) teritorija, B – tirtoji teritorija stepių kraštovaizdžio atžvilgiu (pagal : Географический..., 1999): 1 – pietinė miškastepės zona (pievinė stepė), 2 – šiaurinės stepės zona (žolinė-ašuotinė srepė) 3 – tipinės stepės zona (eraičininė-ašuotinė stepė), 5 – psamostepė, 6 – tirtoji teritorija.*

The geological composition is represented by rocks of different age – from the Palaeozoic up to the Quaternary – Mesozoic deposits being the dominant ones in the surface: from the Lower Triassic red sandstones through to Albian and Cenomanian chalkstone. Removed sandstone mantle often occurs here in the form of inequigranular sands and dusty sands, covering mother rocks (Белкин и др., 1961; Донецков, Харин, 1971).

From the point of view of geomorphology the discussed area is represented by asymmetrically shaped surface of flat watershed, clearly elevating above river valleys.

The interfluve of the Ilek and Khobda lies in the zone of severe, very dry and warm continental climate. The sums of mean annual precipitation amount here to 280–320 mm, mean temperatures of July reach 22° C, and of January – -15°C, but the highest summer temperatures can reach up to 42°C, and the lowest winter temperatures – up to -44°C. Mean annual temperature is here about 4.5°C (Агроклиматические..., 1971; Географический..., 1999; Исмаков, 2003).

The landscape of the Ilek and Khobda interfluve belongs to the zone of southern steppes (Fig. 1B). In general the absinthium-grassy steppes predominate here with large fragments of psammosteppes. They are shaped on sandy dark chestnut soils, whereas psammosteppes – on sandy soils (Климентьев, 1977; Географический..., 1999).

3. Landscape of psammosteppes

The above-mentioned natural conditions as well as irrational human economy (extensive cattle, sheep and goat grazing, extensive ploughing) are responsible for dominant average to strong (10–15% of area) eastern winds in winter and western ones in summer. The southern

winds are also of equal importance (Географический..., 1999; Исмаков, 2003; Рябуха, 2003).

The above-mentioned winds result in: 1) significant soil losses, which can reach extreme values of up to 26t/ha/year (Исмаков, 2003) and 2) typical aeolian relief in some areas, responsible for specific morphological landscape of Orenburg steppes.

Therefore, against the background of typical absinthium-grassy steppe vegetation with large share of feather grass *Stipa* sp. (Fig. 2), landscapes of sandy steppes (psammosteppes) with typical species and plant communities appear here.

Fig. 2. Steppe of feather grass *Stipa* sp. in eluvial, monotonous area of watershed in the neighbourhood of the site Kumakskoye (Photo by T. Szczypek).
2 pav. *Ašuotinė (Stipa sp.) stepė eliuvinėje monotoniškoje vandenskyros zonoje netoli Kumakskoje gyvenvietės (T. Szczypek'o nuotr.)*

The landscape of Orenburg psammosteppes will be presented on the example of one site – Kumakskoye. Ryabukha (Рябуха, 2003) describes its type of sand relief as a dune–depression. This relief has originated on a slightly wavy area built of dusty sands as a result of damage to steppe vegetation by inflicted by animal breeding in the last 150 years.

The site discussed is representative for the whole area of the Ilek and Malaya Khobda interfluve. A geomorphological sketch of a typical fragment of this site is given in Fig. 3A.

Deflation landforms, formed by W and SW winds, obviously predominate there. A large deflation plain sloping in the western direction and covered by scanty herbaceous vegetation is the main form. It has two remnants, which probably, used to be transverse dunes with asymmetrically shaped slopes. The leeward slopes have survived until present, although their actual state is, undoubtedly, a result of the contemporary eolian processes and material removal to the east, where the deflation plain enters the eluvial plain. The slope gradient is there typical and equals to 29–32°. The formerly windward slopes also have a typical gradient of 8–10°. Yet the occurrence of clear westward deflation edge and small deflation basins imply their degradation (Fig. 3A, B, C). Clear deflation undercut, thanks to which the slope of remnant shelves towards N at the angle of 32°, also implies an intensive blowing (Fig. 3A, B; Fig. 4).

Apart from dominant effects of destructive wind activity in the site discussed the contemporary landforms of aeolian accumulation are also visible, but they are of undoubtedly smaller importance. On one side there is a rather large slightly wavy cover of blown sands,

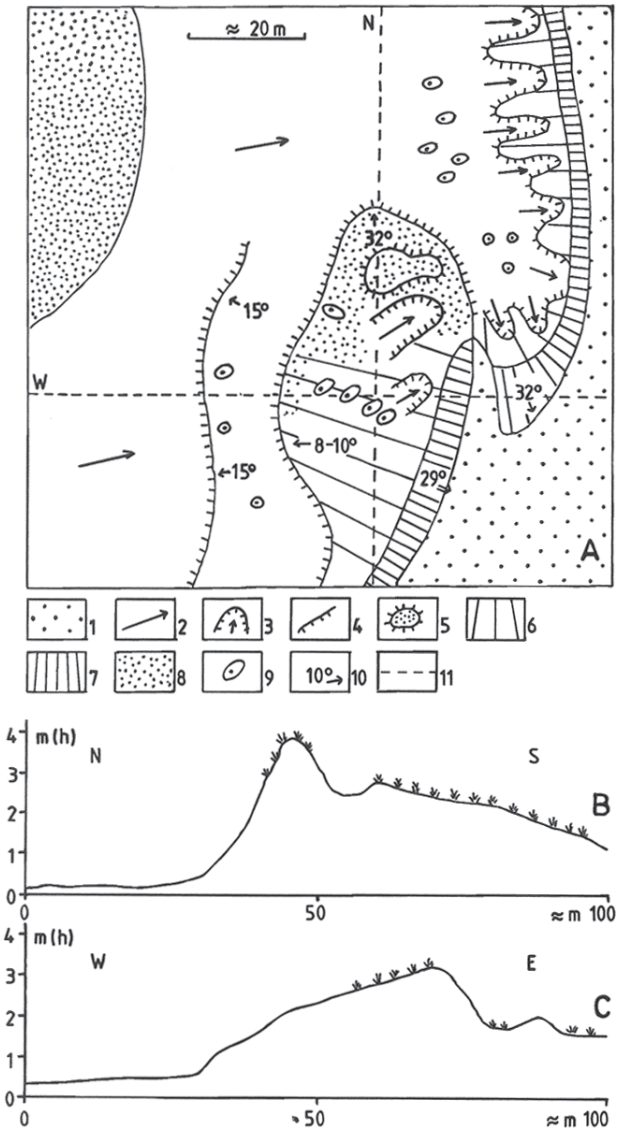


Fig. 3. Geomorphological sketch of psammosteppe fragment in the site Kumakskoye (A): 1 – eluvial plain, 2 – deflation plate, 3 – deflation basins, 4 – deflation edges, 5 – deflation remnants, 6 – windward slopes, 7 – leeward slopes, 8 – covers of blown sands, 9 – sand shadows of nebkha type, 10 – size and direction of slope gradient, 11 – profile lines (compare B and C).

3 pav. *Psamostepės fragmento prie Kumakskoje (A) gyvenvietės geomorfologinė schema: 1 – eliuvinė lyguma, 2 – defliacinė plokštuma, 3 – defliacinis baseinas, 4 – defliaciniai kyšuliai, 5 – defliaciniai atlaikai, 6 – priešvėjiniai šlaitai, 7 – pavėjiniai šlaitai, 8 – pustomo smėlio danga, 9 – nebchos tipo smėlio kopos, 10 – šlaito gradiento dydis ir kryptis, 11 – profilio linijos (žr. B ir C).*

whereas on the other side – relatively scanty and small sand shadows of nebkha type, originating at the shadow of equally small clumps of grassy vegetation.

Psammosteppes are communities of herbaceous vegetation, built mainly of hemicryptophytes. The presence of Bryophyta and lichens was not stated in the analysed site Kumakskoye. But grasses, especially *Calamagrostis epigeos* and *Leymus racemosus*, play there the essential role. *Festuca bockeri*, *Bromus tectorum* and *Hordeum jubatum* rather often accompany them. Their coverage (quantitative share) is usually small: from + up to 5%.

The vegetation cover of Orenburg psammosteppes is rather homogenous and poor. The mean coverage of herbaceous grasses amounts to 36%, but it can range within the limits of 15–90%. In deflation areas it is obviously lower; on the leeward slopes it approximates 90%. On the base of 5 phytosociological relevés, made by the method of Braun-Blanquet (1964), the general number of species was determined to 20. In particular phytosociological relevés their number fluctuates from 5 to 13. Many flowering plants sporadically appear in the blown areas. They are: *Alyssum lenense*, *Hieracium echioidens*,

Lactura tatarica and others. Other species penetrate here from the neighbouring absinthium-grassy steppes, e.g. *Achillea gerleri, Chondrilla* sp., *Galium ruthenicum, Scorzonera ensifolia.* Their coverage rarely exceeds 5%.

Fig. 4. Fragment of deflation remnant in Kumakskoye site (Photo by T. Szczypek).
4 pav. *Defliacinio atlaiko fragmentas prie Kumakskoje gyvenvietės (T. Szczypek'o nuotr.)*

A small number of phytosociological relevés does not allow determining the final number of vegetation communities in the area discussed within psammosteppes. Now it is possible to discuss three separated but closely related phytocenoses, i.e. communities from *Calamagrostis epigeos,* with *Leymus racemosus* and with *Xanthium strumarium,* or one syntaxon *Artemisia arenaria–Euphorbia virgata,* which is internally branching into three above mentioned variants with the given dominants. Solution of this question requires collection of richer factographic material from other sandy sites of the Ilek and Khobda interfluve.

Conclusions

Preliminary observations on psammosteppes in the area of the Ilek and Khobda interfluve indicate that they make the essential element relieving the landscape of wide typical steppe surfaces. Against the background of monotonous flat plains small but variable intensively developing deflation aeolian landforms, both concave and convex, appear what lead to the increase in height amplitude. Blown sandy substratum is the habitat for new vegetation species, resistant to such conditions. Simultaneously some typical steppe species enter bare sands, whereas psammosteppe species, in connection with blowing out and sand removing – enter the area of typical steppes. The ecotone, temperate vegetation zone is developing, in which mixing of species of different features takes part, what undoubtedly enriches vegetation of these areas.

Therefore the development of psammosteppes, notwithstanding the disadvantageous economic aspect (soil degradation), leads to an increase of their attractiveness – not only scientific and cognitive, but also tourist.

Received 02 08 2004

References

Braun-Blanquet J. (1964). Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde. 3. Auf. Springer, Wien-New York, 865 pp.

Агроклиматические ресурсы Оренбургской области (1971). Ленинград: Гидрометеоиздат, 120 pp.

Белкин О. А. и др. (1961). Материалы к государственным геологическим картам листа M-40-VIII, Москва.

Донецков Н. А., Харин В. В. (1971). Отчет о государственной гидрогеологической съемке листа M-40-VII за 1967–71 гг., Оренбург.

Географический атлас Оренбургской области (1999). А. А. Чибилёв (ред.). Оренб. книжн. издат., Изд. Дик, Москва, 96 с.

Исмаков Р. А. (2003). Анализ зависимостей дефляционных потерь почвы и климатических факторов Урало-Малохобдинского междуречья. ВКН.: А. А. Чибилёв (ред.): Степи Северной Евразии. Эталонные степные ландшафты: проблемы охраны, экологической реставрации и использования. Институт степи, УрО РАН, Оренбург, с. 243–246.

Климентьев А. И. (1997). Почвенно-экологические основы степного землепользования. УрО РАН, Екатеринбург, 248 с.

Рябуха А. Г. (2003). Морфологические типы рельефа песчаных ландшафтов Оренбургской области. ВКН.: А. А. Чибилёв (ред.): Степи Северной Евразии. Эталонные степные ландшафты: проблемы охраны, экологической реставрации и использования. Институт степи, УрО РАН, Оренбург, с. 429–432.

[1]Alexander A. Chibilyov, [2]Valerian A. Snytko, [3]Tadeusz Szczypek, [4]Stanisław Wika

[1]Rusijos mokslų akademija, Uralo skyrius, Stepių institutas, Orenburgas, Rusija

[2] Rusijos mokslų akademija, Sibiro skyrius, Geografijos institutas, Irkutskas, Rusija

[3]Silezijos universitetas, Žemės mokslų fakultetas, Sosnovecas, Lenkija

[4]Silezijos universitetas, Biologijos ir aplinkos apsaugos fakultetas, Katovicai, Lenkija

Ileko–Chobdos tarpupio smėlio stepių (Orenburgo apylinkės, Rusija) kraštovaizdžiai

Santrauka

Šio darbo tikslas – atskleisti Ileko–Chobdos tarpupio Orenburgo smėlio stepių kraštovaizdžio tipiškus bruožus (1 pav.). Jie išskiriami tipiškų stepių fone (2 pav.). Čia vyrauja kontinentinis klimatas, kuriam būdinga didelė sezoninė temperatūros kaita ir mažas kritulių kiekis (280–320 mm). Žiemą vyrauja rytų, vasarą – vakarų krypčių vėjas. Smėlio stepės formuojasi tiek gamtinėmis, tiek neracionalios ūkinės veiklos (intensyvi ganiava ir arimas) poveikio sąlygomis. Dėl šių priežasčių stepės intensyviai išpustomos, išnešama daug dirvožemio (iki 26 t/ha/m.), formuojasi tipiškas defliacinis eolinis reljefas (2, 3 pav.). Tokio tipo reljefas lemia savitą Orenburgo stepių morfologiją. Stepinės pelyninės–įvairiažolės augalijos su vyraujančia ašuote *Stipa* sp. fone formuojasi smėlio stepių kraštovaizdžiai su būdingomis augalų rūšimis ir bendrijomis.

Orenburgo smėlio stepių augalijos danga – monotoniška ir skurdi. Atlikus fitosociologinius tyrimus Braun–Blanquet metodu, išskirtos šios bendrijos: 1) *Calamagrostis epigeos*, 2) *Leymus racemosus* ir 3) *Xanthium strumarium*. Kitaip tariant, čia galima išskirti vieną sintaksoną *Artemisia arenaria–Euphorbia virgata*, susidedantį iš trijų minėtų bendrijų.

ISSN 0132–3156 Geografijos metraštis 37(1-2) t., 2004

APLINKOSAUGINIŲ INDIKATORIŲ TAIKYMAS LIETUVOS KRAŠTOVAIZDŽIO MONITORINGUI: BŪKLĖ, PROBLEMOS, PERSPEKTYVOS

Marijus Pileckas
Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševčenkos g. 13, LT 03223, Vilnius
El. paštas: marijus@geo.lt

Įvadas

Santykis su aplinka yra viena aktualiausių žmonijos problemų. Antropogeninis poveikis aplinkai dažnai būna destruktyvus – dėl neracionalios žmogaus veiklos blogėja aplinkos kokybė, mažėja gamtos ištekliai ir bioįvairovė, nyksta paveldas. Kraštutiniais atvejais kyla ekologinės krizės ir katastrofos, stichinės nelaimės. Visa tai savo ruožtu susiję su žmonių sveikatos ir ekonominės gerovės pablogėjimu.

Siekiant išspręsti visuomenės ir aplinkos konfliktą, buvo sukurta darnaus vystymosi strategija, kurios tikslas – ūkinę, urbanistinę ir infrastruktūros plėtrą organizuoti taip, kad būtų užtikrintas aplinkos stabilumas ir kokybė, racionaliai naudojami gamtos ištekliai, išsaugoti vertingi objektai ir kompleksai.

Įgyvendinant darnaus vystymosi strategiją, ypač svarbus yra informacijos apie aplinką vaidmuo. Informacijos, kuria remiantis būtų galima įvertinti aplinkos būklės kitimą, atskleisti pokyčių priežastis, išskirti pagrindines problemas, nustatyti optimalius aplinkosaugos politikos tikslus ir priemones. Tokiai informacijai gauti šiuo metu pasaulyje plačiai naudojami vadinamieji aplinkosauginiai indikatoriai (kiekybiniai rodikliai). Integruojantis į ES ir perimant jos patirtį, indikatoriai pradėti naudoti aplinkos monitoringui (stebėsenai) ir mūsų šalyje.

Ilgą laiką pasaulyje kraštovaizdis buvo paliktas savieigai, visą dėmesį sutelkiant į oro, vandens ir bioįvairovės problemas. Dėl to daugelyje regionų kraštovaizdžiai degradavo kaip geosistemos, neteko estetinės ir etnokultūrinės vertės. Pastaruoju metu kraštovaizdžio, kaip vieno svarbiausių aplinkos komponentų, tvarkymui ir apsaugai Europoje skiriamas vis didesnis dėmesys. Šį rūpestį išreiškia 2000 metais priimta Europos kraštovaizdžio konvencija, kurią ratifikavo ir Lietuva. Nuolat augant informacijos apie kraštovaizdžio būklę ir kaitą poreikiui susirūpinta kraštovaizdžio monitoringo vystymu.

Tačiau kraštovaizdis yra labai sudėtinga, teritoriškai diferencijuota sistema, todėl nelengva parinkti objektyvius kriterijus, kuriais būtų galima vienareikšmiškai įvertinti konkrečios šalies ar regiono kraštovaizdžių būklę, atskleisti kaitos priežastingumą. Dėl viso to kraštovaizdžio monitoringo problema lieka nepakankamai išspręsta daugelyje Europos šalių, ypač postsovietinėje erdvėje, kur aplinkosauginiai indikatoriai dar tik pradedami naudoti. Lietuvos kraštovaizdžio indikatorių sistema taip pat dar yra kūrimo būsenos.

Šis darbas skirtas Lietuvos kraštovaizdžio indikatorių problemai aptarti.

1. Indikatorių panaudojimas aplinkos monitoringui

Indikatorius yra apibendrinančio, integruoto pobūdžio požymis (požymių grupė), leidžiantis įvertinti tam tikro reiškinio ar problemos būklę ir kaitą. Pagal teikiamos informacijos pobūdį indikatorius sąlyginai galima skirstyti į kokybinius ir kiekybinius (išmatuojamus).

Indikatoriai aplinkos monitoringo tikslams naudojami remiantis nuostata, kad galima valdyti tik tai, ką galima išmatuoti ir įvertinti, nes tik kiekybinė informacija yra objektyvi (Aplinkos būklė 2001...). Taigi aplinkos indikatoriai iš esmės yra kiekybiniai rodikliai.

Sėkmingai parinktiems aplinkosauginiams indikatoriams būdinga tai, kad jie yra:

- lengvai suvokiami;
- informatyvūs (gerai apibūdina problemą);
- efektyvūs (jų suteikiama informacija atsiperka);
- apibendrinantys (leidžia atsisakyti didelės rodiklių įvairovės ir gausos neprarandant esminės informacijos);
- reikšmingi aplinkosaugos priemonėms pagrįsti;
- lengvai skaičiuojami ir remiasi kokybiškais patikimais duomenimis.

Be abejo, indikatoriai turi būti moksliškai pagrįsti. Kiekvienam indikatoriui būtina metodika, kurioje pateikiama indikatoriaus koncepcija, nurodoma jo svarba, matavimo vienetai, duomenų šaltiniai, duomenų rinkimo ir analizės būdai, vertinimo kriterijai ir pan. (Pressure–State–Response…).

Aplinkosauginių indikatorių parinkimas yra sudėtingas procesas. Jis priklauso nuo:

- nagrinėjamos problemos;
- teritorijos ypatybių;
- keliamų tikslų ir uždavinių, tyrimo skubumo ir detalumo bei skiriamų lėšų;
- naudojamų technologijų, turimų ir prieinamų duomenų;
- monitoringą organizuojančių ir vykdančių asmenų patirties bei nuostatų.

Pagal suteikiamos informacijos pobūdį gali būti skiriami dviejų tipų aplinkosauginiai indikatoriai (Environmental…,1999):

- A tipo (aprašantieji) indikatoriai atsako į klausimą „Kas atsitiko?“, t.y. kiekybiškai įvertina aplinkos būklę ir pokytį.
- B tipo (įvertinantieji) indikatoriai atsako į klausimą „Ar tai svarbu?“. Jie lygina esamą situaciją su nustatytomis ribinėmis reikšmėmis ir siektinais tikslais, t.y. tarsi matuoja „atstumą“ tarp esamos ir pageidaujamos (siektinos) aplinkos būklės, įvertina „atstumą iki tikslo“. Šie indikatoriai pranašesni už aprašomuosius, nes suteikia ne tik kiekybinės, bet ir kokybinės informacijos, itin svarbios konkrečių aplinkosaugos priemonių parinkimui ir efektyvumo įvertinimui.

Kadangi daugeliui aplinkosauginių indikatorių nėra nustatytos ribinės reikšmės ir siektini tikslai, kol kas dažniausiai naudojami A tipo indikatoriai. B tipo indikatoriai plačiau naudojami tik oro ir vandens kokybės įvertinimui. Todėl B tipo indikatorių plėtra yra vienas svarbiausių aplinkos monitoringo tobulinimo uždavinių.

Problemų negalima išspręsti vien kovojant su pasekmėmis – pirmiausia būtina pašalinti priežastis. Todėl norint parengti efektyvias aktualių aplinkosaugos problemų sprendimo priemones būtina suvokti reiškinių ir procesų priežastingumą. Taigi aplinkos monitoringas turi ne tik parodyti „Kas vyksta?“, bet ir išaiškinti „Kodėl tai vyksta?“.

Priežastiniai ryšiai nustatomi tiek indukciniu, tiek dedukciniu būdais. Einant indukciniu keliu, priežastingumas nustatomas remiantis empirinių duomenų analize, tuo tarpu dedukcinis būdas pirmiausia remiasi tyrinėtojų patirtimi, prielaidomis bei įžvalgomis. Dažniausiai šie būdai naudojami kartu, nes dedukcinėms įžvalgoms reikia empirinio patvirtinimo. Aplinkos indikatoriai šiuo požiūriu svarbūs tuo, kad padeda ne tik iliustruoti, bet ir išaiškinti priežastinius ryšius.

Būtinas universalus priežastinis aplinkos būklės kaitos modelis, kurį būtų galima detalizuoti ir pritaikyti bet kurių aplinkos sektorių ir problemų konkrečioje teritorijoje analizei.

Aplinkos būklė kinta dėl daugelio priežasčių. Aplinkosaugos požiūriu svarbūs tik tie aplinkos pokyčiai, kuriuos sukelia ar įtakoja žmogaus veikla. Šiai sąveikai paaiškinti praėjusio dešimtmečio pradžioje Ekonominės plėtros ir bendradarbiavimo organizacija (*Organization of Economic Cooperation and Development, OECD*) sukūrė *PSR* (*Pressure→State→Response – apkrova→būklė→atsakas*) priežastinį aplinkosauginį modelį. Jo loginė seka tokia: žmogaus veikla sukuria aplinkai apkrovą, dėl to kinta aplinkos būklė, o pablogėjus aplinkos kokybei visuomenė yra priversta imtis atsakomųjų priemonių. Kadangi darnios plėtros koncepcija reikalauja didesnį dėmesį skirti aplinkos būklę keičiantiems ekonominiams ir socialiniams veiksniams, praėjusio dešimtmečio viduryje *OECD* sukūrė darnios plėtros poreikiams pritaikytą *PSR* modelio modifikaciją – *DSR* (*Driving force→State→Response –veikiančios jėgos→būklė→atsakas*) modelį. Tuo tarpu Europos aplinkos agentūra (*European Environmetal Agency, EEA*) išvystė visapusišką *DPSIR* (*Driving Force→Pressure→State→Impact→Response – veikiančios jėgos→apkrova→būklė→poveikis→atsakas*) modelį, kuris dabar plačiai naudojamas visoje Europoje aplinkosaugos problemų analizei (Pressure–State–Response…). Šio modelio loginė seka tokia:

- •**mogaus veikla** (pramonė, transportas ir pan.) sukuria
- **apkrovą** aplinkai (pvz.: teršalų išmetimas), kuri priveda prie aplinkos
- **būklės** blogėjimo, kas daro
- **poveikį** žmonių sveikatai ir gerovei, o tai verčia visuomenę duoti
- **atsaką** įvairiomis politinėmis priemonėmis (reguliavimas, mokesčiai, švietimas ir pan.), kurios gali būti skirtos bet kuriai kitai sistemos grandžiai.

Remiantis šiais modeliais konstruojamos indikatorių sistemos aplinkos komponentų ir problemų būklės monitoringui. Tai reiškia, kad kiekviena modelio dedamoji turi ją apibūdinančius indikatorius. Tokios sistemos šiuo metu jau plačiai naudojamos visame pasaulyje.

Indikatorių sistemos visą laiką tobulinamos, jos retai, jei iš viso kada nors, būna baigtinės. Iš vienos pusės, tai lemia nuolatinis monitoringo sistemos tobulinimas siekiant gauti kiek galima kokybiškesnę informaciją, iš kitos – ekonominiai, socialiniai ir politiniai pokyčiai, neišvengiamai įtakojantys kraštovaizdžio kaitą.

Kraštovaizdžio monitoringui taip pat pradėtos taikyti priežastiniais modeliais paremtos indikatorių sistemos, pavyzdžiui, rengiant Baltijos aplinkos forumo (*Baltic Environmental Forum, BEF*) pranešimus apie Baltijos šalių aplinkos būklę (Baltic…).

2. Kraštovaizd•io monitoringo vieta integruotoje aplinkos monitoringo sistemoje

Aplinka yra glaudžiai susijusi sistema, todėl ir aplinkos monitoringas, nepaisant analizuojamų temų ir problemų įvairovės, turi būti vykdomas integruotai, kaip vientisa sistema. Tai įgalina atskleisti priežastinius ryšius tarp procesų ir sutaupyti lėšas išvengiant nereikalingo dubliavimosi. Šio tyrimo atžvilgiu integruotas aplinkos monitoringas pasireiškia tuo, kad atskirų aplinkos komponentų indikatorių sistemos konstruojamos pagal bendrą priežastinį modelį. Kraštovaizdžio monitoringas taip pat yra sudėtinė aplinkos monitoringo dalis, taigi kraštovaizdžio indikatorių sistema privalo derėti su aplinkos monitoringo sistema.

Integruotą aplinkos monitoringo specifiką gerai atsispindi galutiniai produktai – ataskaitos. Pagal Europos praktiką aplinkos monitoringo ataskaitos dažniausiai konstruojamos taip: pirmiausia analizuojamos aplinką veikiančios jėgos (pramonė ir energetika, transportas, rekreacija ir kt.), o po to pereinama prie atskirų aplinkos komponentų (oras, vanduo, dirvožemis, bioįvairovė, kraštovaizdis ir kt.) bei tiriamai teritorijai aktualių specifinių problemų (pvz., dykumėjimas, paviršiaus erozija, karstiniai procesai ir kt.). Atitinkamai aplinkos monitoringo ataskaitose išsiskiria bendroji dalis ir teminiai (probleminiai) skyriai. Kadangi aplinką veikiančios jėgos nagrinėjamos bendrojoje dalyje, kas yra racionalu (jos veikia visus komponentus, taigi išvengiama nereikalingo kartojimosi), atskiri komponentai ir problemos gali būti analizuojami pagal nepilną priežastinį modelį (*PSIR*, jeigu naudojamas *DPSIR* modelis). Vis dėlto bendrojoje dalyje neįmanoma išaiškinti visiems analizuojamiems komponentams ir problemoms aktualius aplinką veikiančių jėgų rodiklius, todėl kai kurie specifiniai aspektai gali būti nagrinėjami ir teminiuose skyriuose.

Susipažinus su įvairių šalių ir tarptautinių organizacijų aplinkos monitoringo sistemomis, tampa akivaizdu, kad kraštovaizdžio vieta jose yra gana neapibrėžta. Toli gražu ne visada kraštovaizdis analizuojamas kaip atskira tema. Neretai jis nagrinėjamas kartu su bioįvairove arba kaip bioįvairovės dalis, kartais išvis neišskiriamas, atskirus aspektus išdėliojant po įvairias temas ir problemas, pavyzdžiui *EEA* siūlomoje aplinkos indikatorių sistemoje (EEA…).

Toks nenuoseklumas kyla dėl to, kad pasaulyje kraštovaizdis ir jo reikšmė suvokiama gana skirtingai. Vakaruose kraštovaizdžio supratimas yra stipriai biologizuotas ir bioįvairovės sąvoka dažnai „praryja" kraštovaizdį. Tuo tarpu Rytų ir Vidurio Europoje, taip pat Lietuvoje, vyrauja gilesnis geosisteminis požiūris, čia kraštovaizdžiui teikiamas didelis vaidmuo. Tiek Lietuvos Aplinkos ministerijos pranešimuose apie aplinkos būklę, tiek *Valstybinėje aplinkos monitoringo programoje* (VAMP) kraštovaizdis išskiriamas atskira tema.

3. Lietuvos kraštovaizdžio monitoringo ir indikatorių taikymo raida

Valstybinis kraštovaizd•io monitoringas. Iki šiol Lietuvoje nėra nuoseklaus kraštovaizdžio monitoringo, tačiau pavieniai, nepakankamai reprezentatyvūs darbai vykdomi 4 agrostacionarų baseinuose (Valstybinė…; Žemėveikslių…).

Dar 1998 m. patvirtintoje *Valstybinėje aplinkos monitoringo programoje* (VAMP) išdėstyti Lietuvos kraštovaizdžio monitoringo metmenys. Remiantis europine praktika (Lietuvos aplinkos monitoringas turi tenkinti ne tik nacionalinius, bet ir ES poreikius) kraštovaizdžio monitoringą numatoma orientuoti į žemės dangos analizę – pagrindinis Lietuvos kraštovaizdžio monitoringo objektas apibrėžtas kaip žemėnaudos kaita atskiruose žemėvaizdžių tipuose. Etaloninėse teritorijose, be žemėnaudos kaitos, numatoma stebėti, vertinti ir prognozuoti reljefo morfodinamiką bei erozijos procesus.

Duomenis apie Lietuvos žemės dangą turi pateikti kas 5 metai vykdomi europiniai *CORINE* žemės dangos (*CORINE Land Cover, CLC*) projektai. Kadangi antrasis projektas „Lietuvos CORINE žemės danga 2000“ užbaigtas tik 2004 m. pavasarį, kraštovaizdžio monitoringas dar yra priešstartinės būsenos. Yra daug neišspręstų klausimų (pvz., etaloninių teritorijų išskyrimas), todėl akivaizdu, kad Lietuvos kraštovaizdžio monitoringo struktūra dar nėra galutinai apibrėžta ir bus formuojama bei koreguojama darbo eigoje.

Kraštovaizdžio monitoringas susijęs su kita VAMP tema – kompleksišku sąlygiškai natūralių ir agrarinių ekosistemų monitoringu. Tačiau minėtų ekosistemų monitoringas vykdomas palyginti nedidelėse teritorijose ir nėra orientuotas stebėti kraštovaizdžio struktūros pokyčius. Kraštovaizdžio ir ekosistemų monitoringo programas numatoma derinti taip, kad jos papildytų viena kitą.

Indikatorių taikymas Lietuvos kraštovaizdžio monitoringui. Indikatoriai ir jų sistemos Lietuvos aplinkos, taip pat kraštovaizdžio, monitoringui pradėti naudoti visai neseniai, prieš kelerius metus. Tai susiję su Europos patirties aplinkosaugos srityje perėmimu ir pritaikymu, kuris neišvengiamas integruojantis į ES struktūras. Natūralu, kad Lietuvos kraštovaizdžio indikatorių sistemos dar yra formavimo stadijos. Galimybės pasinaudoti kitų Europos šalių bei organizacijų patirtimi yra ribotos, Europos Sąjungoje iki šiol skiriamas nepakankamas dėmesys kraštovaizdžio monitoringui, neretai jis nenagrinėjamas kaip atskiras aplinkos sektorius, taigi ir nekuriamos specialios kraštovaizdžio būklės ir kaitos analizei skirtos indikatorių sistemos. Be to, pritaikyti esamą kitų šalių patirtį trukdo ir kraštovaizdžių bei jų kaitos ypatybių skirtumai. Taigi Lietuvos kraštovaizdžio indikatorių sistemą teko pradėti kurti vos ne nuo nulio. Pradžia jau padaryta, pažanga akivaizdi, tačiau šiuo metu Lietuvos kraštovaizdžio monitoringui naudojamoms indikatorių sistemoms vis dar trūksta nuoseklumo ir sistemiškumo, kuris būtinas norint atskleisti priežastinius procesų ryšius.

Galima išskirti dvi pagrindines tarpusavyje susijusias problemas, kurios trukdo siekti didesnės pažangos. Viena vertus, ne taip paprasta suvokti kraštovaizdžio būklės ir kaitos priežastingumą, o tai labai svarbu siekiant sukurti „teisingą“, tačiau negriozdišką priežastinį kaitos modelį, pagal kurį ir turi būti konstruojama indikatorių sistema, kita vertus, yra sudėtinga parinkti tinkamus indikatorius.

Kraštovaizdžio indikatoriai LR Aplinkos ministerijos pranešimuose. Aplinkos ministerija rengia kasmetines ataskaitas apie šalies aplinkos būklę. 2002 metais išleistoje ataskaitoje „Aplinkos būklė 2001“ informacijos pateikimui pirmą kartą panaudotos indikatorių sistemos, sukonstruotos pagal priežastinį *DPSIR* modelį, o pati ataskaita struktūrizuota aplinkos sektoriais bei aplinkosaugos problemomis. Deja, kaip pripažino ir patys ataskaitos rengėjai, kraštovaizdžio apsaugai skirta leidinio dalis yra neišsami – nesugebėjus rasti objektyvių kriterijų, kurie įgalintų įvertinti šalies kraštovaizdžio būklę ir kaitą, joje analizuojamos tik trys, tegul ir labai aktualios, problemos – saugomos teritorijos, Baltijos jūros krantų apsauga bei karstinių procesų raida (Aplinkos būklė 2001…). Todėl ši ataskaita negalėjo atsakyti į esminius klausimus – kokia yra Lietuvos kraštovaizdžio būklė, kaip ir kodėl ji kinta ir kokių priemonių imamasi apsaugoti bei optimizuoti kraštovaizdį.

2002 metų ataskaitoje (Aplinkos būklė 2002...) pasiekta ženkli pažanga, nors rengėjai vėlgi konstatuoja, kad „kraštovaizdžio išsaugojimo problema yra daugialypė ir šiame leidinyje aptartos tik kelios siauros problemos – pateikiama informacija apie Lietuvos saugomas teritorijas, rekreacinių pajėgumų didinimą, teritorijų naudojimo kaitą, be to, kaip ir praėjusių metų leidinyje, kalbama apie Baltijos jūros kranto dinamiką bei aktyvius karstinius procesus Šiaurės Lietuvoje“. Vis dėlto ryškėja pastangos analizuoti ne tik atskiras problemas, bet ir šalies kraštovaizdžio būklę ir kaitą. Didesnis dėmesys skirtas kraštovaizdžio kaitą veikiančių

procesų analizei, žemėnaudos ir žemės dangos struktūros pokyčiams, kraštovaizdžio apsaugos bei optimizavimo priemonėms. Tačiau ši analizė dar yra labai neišsami, jai aiškiai trūksta nuoseklumo ir sistemiškumo. Taip pat akivaizdu, kad ataskaitos rengėjams kilo sunkumų parenkant tinkamus indikatorius priežastinio kraštovaizdžio būklės kaitos modelio komponentų bei ryšių įvertinimui. Pavyzdžiui, rodikliai „Privačios žemės dalis“ ir „Saugomų teritorijų plotų kaita“ kažkodėl priskirti kraštovaizdžio būklės indikatoriams, nors pirmasis daugiau apibūdina žemėvaldą formuojančius procesus, o antrasis – atsako priemones.

1 lentelė. Kraštovaizdžio indikatorių sistema antrajame *BEF* pranešime apie Baltijos šalių aplinkos būklę (Baltic…).
Table 1. *The system of landscape indicators in the second BEF report on the state of environment in the Baltic states (Baltic...).*

Grupė *Group of indicators*	**Indikatoriai** *Indicators*	**Išraiška** *Measure units*	**Reikšmė** *Meaning*
Kraštovaizdžio apkrovos indikatoriai	Nusausintos teritorijos	Tūkst. ha per 5 metus	Apibūdina žemdirbystės poveikį aplinkai
	Kirtimai	% šalies ploto per metus	Apibūdina miškų ūkio poveikį aplinkai
Kraštovaizdžio būklės indikatoriai	Žemės paviršiaus danga	Struktūra (% šalies ploto) pagal kategorijas, suderintas su *CORINE* žemės dangos klasifikacija	Apibūdina kraštovaizdžio pakeitimo ir natūralumo laipsnį
	Ūkių skaičius	Tūkst.	Atspindi ūkininkavimo pobūdį
	Apleistos žemės	% dirbamos žemės	
Atsako indikatoriai	Kraštovaizdį saugančios teritorijos	% šalies ploto	Parodo, koks dėmesys skiriamas kraštovaizdžio apsaugai
	Saugomi gamtiniai ir kultūros objektai	Absoliutus skaičius	
	Žemės mokesčiai	Žemės ir miškų ūkio paskirties žemės apmokestinimas eurais už ha	Atspindi žemės mokesčių politiką, kuri turi įtaką kraštovaizdžio formavimui

Kraštovaizdžio indikatoriai BEF pranešimuose. Nuo 1998 m. Baltijos aplinkos forumas (*Baltic Environmental Forum, BEF*), kuriame bendradarbiauja Lietuvos, Latvijos ir Estijos aplinkos apsaugos bei tyrimų organizacijos, kas dveji metai anglų kalba leidžia pranešimus apie aplinkos būklę šiose šalyse (Baltic…). Juose informacija pateikiama aplinkos indikatoriais, naudojant supaprastintą priežastinį aplinkosauginį *PSR* modelį. Indikatoriai parenkami atsižvelgiant į kitų Europos šalių bei Europos aplinkos agentūros (*EEA*) patirtį, aplinkosaugos srityje dirbančių specialistų rekomendacijas, duomenų prieinamumą. Pirmojoje ataskaitoje (1998) kraštovaizdis buvo nagrinėjamas kartu su bioįvairove, antrojoje (2000) kraštovaizdis jau analizuotas atskirai. Leidinio struktūros pakitimas bei tyrimo metu įgyta patirtis lėmė, kad šiuose dviejuose pranešimuose naudotos kraštovaizdžio indikatorių sistemos gerokai skiriasi.

Labiausiai vykęs bandymas parinkti kraštovaizdžio indikatorius, naudojant priežastinį aplinkosauginį modelį, buvo antrajame pranešime apie Baltijos šalių aplinkos būklę. Tačiau ir šiame leidinyje toli gražu ne visi naudoti indikatoriai išsamiai apibūdina padėtį, yra pakankamai reikšmingi aplinkosaugos priemonėms pagrįsti. Be to, jau pats *DPSIR* modelio supaprastinimas iki „apkrova→būklė→atsakas“ sumažina analizės išsamumą, kadangi nepakankamai atskleidžiamos kraštovaizdžio būklę keičiančios jėgos bei kraštovaizdžio sukeltų pokyčių poveikis visuomenės gerovei, kuris kaip tik ir verčia imtis atsakomųjų priemonių.

4. Pasiūlymai Lietuvos kraštovaizdžio indikatorių sistemos formavimui

Bene svarbiausias šio tyrimo tikslas – pabandyti pritaikyti *DPSIR* modelį Lietuvos kraštovaizdžio monitoringui bei išskirti naudotinus indikatorius. Nors rezultatas nėra galutinė, iškart naudojimui tinkama sistema, pateikti pasiūlymai ir pastabos gali būti vertingi kraštovaizdžio monitoringo organizavimui ne tik Lietuvoje, bet ir kitose šalyse.

Europoje kraštovaizdžio monitoringas dažnai pasitenkina bendra žemėnaudos analize,neatsižvelgiant į kraštovaizdžio įvairovę. Tačiau Lietuvos, kaip ir daugumos šalių, kraštovaizdis nėra vienalytis. Atskiri kraštovaizdžiai skiriasi gamtinėmis sąlygomis, ištekliais, panaudojimo galimybėmis ir pažeidžiamumu (jautrumu antropogeninei apkrovai). Todėl siekiant teritoriškai diferencijuoti, detalizuoti ir optimizuoti kraštovaizdžio tvarkymą ir apsaugą būtina įvertinti įvairių tipų kraštovaizdžio būklę ir kaitą. Šis poreikis įtvirtintas VAMP programoje.

Vykdant kraštovaizdžio monitoringą ypač svarbu įvertinti ne atskirus jo komponentus, o tuos kraštovaizdžio požymius, kurie apibūdina jį kaip sistemą. Pagrindinė kraštovaizdžio kaip geosistemos savybė, kuriai ir reikia skirti didžiausią dėmesį, yra erdvinė struktūra.

Plačiausiai kraštovaizdžio monitoringo tikslams naudojamas indikatorius yra žemės danga, kuri atspindi kraštovaizdžio erdvinę struktūrą bei tokias jo savybes, kaip natūralumas, mozaikiškumas, tapatumas ir kt. Žemėnauda įvairiu laipsniu apibūdina visas priežastinio aplinkosauginio modelio dalis – veikiančias jėgas, apkrovą, būklę ir atsaką. Duomenų apie žemės dangą šiuo metu daugiausia gaunama naudojant distancinius metodus – aerofotonuotraukas ir kosminius vaizdus, kurie apdorojami ir analizuojami naudojant pažangias GIS technologijas (Gulbinas, Pileckas, Petravičiūtė, 2003).

Analizuojant kraštovaizdį **veikiančias jėgas** dėmesį derėtų sutelkti į tuos sociokultūrinius, ekonominius ir politinius procesus, kurie įtakoja kraštovaizdžio erdvinės

2 lentelė. Siūlomi kraštovaizdžio apkrovos indikatoriai.
Table 2. *Suggested indicators of pressure on landscape.*

Veikiančios jėgos *Driving forces*	**Siūlomi apkrovos indikatoriai** *Suggested pressure indicators*
Žemės ūkis	• žemės ūkio naudmenų plotas ir struktūra (pirmiausia derėtų atkreipti dėmesį į ariamąją žemę, kuri patiria intensyviausią poveikį) • apleistų naudmenų plotas • melioruotų žemių plotas
Miškų ūkis	• kirtimų plotas ir struktūra (plynieji ir atrankiniai kirtimai) • mišku apželdinami plotai
Vandens ūkis	• dirbtinių vandens telkinių skaičius, plotas ir struktūra pagal paskirtį
Naudingųjų iškasenų gavyba	• karjerų skaičius, plotas ir struktūra pagal išgaunamų medžiagų pobūdį • iškasamų medžiagų kiekis (m^3) ir struktūra • nelegalių karjerų skaičius ir plotas • uždarytų ir nerekultivuotų karjerų skaičius ir plotas
Gyvenvietės ir infrastruktūra	• užstatytų teritorijų (dirbtinių dangų) plotas • miestų plotas ir užstatymo tankis
Atliekų utilizavimas*	• įrengtų regioninių sąvartynų skaičius, plotas bei sukauptų atliekų kiekis • netinkamai sutvarkytų sąvartynų ir kenksmingų medžiagų saugyklų skaičius, plotas bei jose esančių šiukšlių ir kenksmingų medžiagų kiekis
Transportas	• kelių tinklo ilgis, tankumas ir struktūra pagal dangą
Rekreacija	• rekreacinių teritorijų skaičius, plotas ir struktūra pagal paskirtį

* – kraštovaizdžio monitoringo atveju taršos tyrimus tikslinga vykdyti tik etaloniniuose arealuose.

struktūros kaitą per žemės rinkos, žemėnaudos ir žemėvaldos pokyčius. Čia tenka remtis įvairių šaltinių analize, nes kiekybiškai išreikšti daugelį šių procesų, išskyrus žemės reformos eigą, žemės mokesčių politikos ir žemėvaldos kaitą, yra sudėtinga, neretai ir neįmanoma.

Kraštovaizdžio apkrovos indikatoriai turi apibūdinti atskirų žmogaus veiklos sričių poveikį kraštovaizdžiui, pirmiausia jo erdvinei struktūrai. Vienas bendriausių aplinkos, taip pat kraštovaizdžio, apkrovos indikatorių yra gyventojų tankumas – kuo daugiau gyventojų, tuo daugiau naudmenų ir išteklių reikia, tuo intensyvesnė veikla ir daugiau atliekų.

Kraštovaizdžio būklės indikatoriai turi apibūdinti kraštovaizdžio būklę ir jos kaitą. Jau buvo minėta, kad pagrindinė kraštovaizdžio ypatybė yra jo erdvinė struktūra. Deja, vykdyti kraštovaizdžio morfologinės struktūros monitoringą visos šalies mastu yra sudėtinga ir brangu, todėl dažnai apsiribojama paprastesne ir lengviau prieinama žemės dangos analize. Vis dėlto tai yra ne tapačios, nors ir glaudžiai susijusios, o persidengiančios kraštovaizdžio erdvinės struktūros (šiuo atveju morfologinė struktūra netgi yra pagrindinė), todėl morfologinės struktūros ignoravimas yra didelė kraštovaizdžio monitoringo spraga.

3 lentelė. Siūlomi kraštovaizdžio būklės indikatoriai.
Table 3. *Suggested indicators of the state of landscape.*

Kraštovaizdžio ypatybė *Feature of landscape*	**Siūlomi būklės indikatoriai** *Suggested state indicators*
Identiškumas	Žemės dangos struktūra
Natūralumas	Žemės dangos klasių struktūra pagal natūralumą (sąlyginai natūralūs, pusiau natūralūs, agrariniai ir technogenizuoti žemėveiksliai)
Mozaikiškumas	Žemės dangos arealų kiekis ploto vienete
Technogeninė sąskaida	Žvyrkelių ir kelių su kieta danga tankumas (ypatingas dėmesys atkarpoms su iškasomis ir pylimais)
Stabilumas	Žemės dangos struktūros pokytis procentais per laiko tarpą

Kraštovaizdžio būklę tikslinga analizuoti per tam tikrus aplinkosauginiu požiūriu svarbius kintamus požymius – identiškumą, mozaikiškumą, sąskaidą ir stabilumą. Visos šios ypatybės yra tarpusavyje susijusios ir esmingai apibūdina kraštovaizdį kaip sistemą.

Poveikio indikatoriai turi apibūdinti kraštovaizdžio pokyčių poveikį žmonių sveikatai ir visuomenės gerovei bei gamtinei sistemai, ypač bioįvairovei. Deja, kraštovaizdžio struktūros pokyčių poveikį žmonių sveikatai ir gerovei kiekybiškai išreikšti yra gana sudėtinga. Tuo tarpu poveikį bioįvairovei galėtų apibūdinti atskiriems sąlyginai natūraliems ir pusiau natūraliems biotopams būdingų gyvūnų rūšių populiacijų gausumas, lyginant su tuos biotopus atitinkančių žemės dangos klasių pokyčiais.

Atsako indikatoriai turi apibūdinti visuomenės pastangas išsaugoti kraštovaizdį, subalansuotai naudoti jo išteklius bei tam pasiekti taikomų priemonių efektyvumą. Atsako priemonių spektras labai platus, kai kurioms jų, pavyzdžiui visuomenės švietimui, sudėtinga parinkti kiekybinius rodiklius. Tikslingiau nagrinėti tas atsako priemones, kurios tiesiogiai susijusios su kraštovaizdžio apsauga ir tvarkymu. Šiuo požiūriu visuomenės atsaką galėtų apibūdinti:

- teritorijų planavimo dokumentų rengimas;
- saugomų teritorijų skaičius, plotas bei struktūra;
- gamtinio karkaso teritorijų kraštovaizdžio natūralumas (gamtinio karkaso teritorijose siekiama palaikyti ir didinti kraštovaizdžio natūralumą, todėl šis rodiklis galėtų parodyti, kiek sėkmingai vystoma gamtinio karkaso sistema);
- žemės mokesčių struktūra.

5. Etalonų išskyrimo problema

Organizuojant Lietuvos kraštovaizdžio monitoringą neišvengiamai iškyla etaloninių arealų parinkimo problema: ar iš viso verta juos išskirti, o jeigu verta – tai pagal kokius principus jie turi būti išskirti.

CORINE žemės dangos projektų metu fiksuojama žemės danga ir jos pokyčiai visoje šalies teritorijoje, o GIS programinė įranga įgalina atlikti atskirų kraštovaizdžio tipų žemės dangos struktūros analizę visos šalies mastu. Taigi, jeigu Lietuvos kraštovaizdžio monitoringas iš esmės remtųsi *CORINE* žemės dangos projektų vykdymo metu užfiksuotos žemės dangos būklės analize, etaloninių arealų išskyrimas nebūtų gyvybiškai reikalingas.

Kita vertus, etalonų išskyrimas būtų tikslingas dėl šių priežasčių:

- etaloniniuose arealuose būtų galima atlikti detalesnę žemės dangos būklės ir kaitos analizę, kuri visos šalies mastu yra per daug brangi ir imli darbui. Stambesnis mastelis leistų naudoti smulkesnę ir Lietuvos sąlygoms geriau pritaikytą *CORINE* žemės dangos klasifikaciją, išskiriant ketvirtąjį jos lygį;
- etaloniniuose arealuose būtų galima atlikti detalesnę veikiančių jėgų, apkrovos, poveikio ir atsako analizę ir tiksliau nustatyti priežastinius ryšius;
- jeigu etaloniniuose arealuose būtų atliekami stacionarūs lauko tyrimai (geocheminiai, hidrologiniai, meteorologiniai ir kt.), būtų galima įvertinti dar vieną svarbią kraštovaizdžio kaip geosistemos ypatybę – medžiagų ir energijos apykaitą, koreliuojant su žemės dangos ir kitų parametrų pokyčiais;
- etaloniniuose arealuose, naudojant senesnius kartografijos bei kitus šaltinius, būtų galima įvertinti ilgesnio laikotarpio, nei yra vykdomi *CLC* projektai, žemės dangos pokyčius. Atlikti tokį įvertinimą visos šalies mastu yra per daug brangus ir imlus darbui uždavinys, kurį dar labiau apsunkintų spragos senesniuose šaltiniuose.

Išskirti etalonai privalėtų reprezentuoti visus Lietuvos kraštovaizdžio tipus (žemėvaizdžius) pagal A. Basalyko sudarytą klasifikaciją, taigi jų turėtų būti bent 9. Optimalus etalonų dydis galėtų sudaryti apie 100 km^2, t.y. etalonas turėtų apimti vieną ar kelis mikrorajonus su tam tikram žemėvaizdžiui būdingais vietovaizdžiais. Taupant lėšas ir siekiant išvengti lauko tyrimų dubliavimosi, esant galimybei būtų tikslinga (tačiau neprivaloma) etalonus parinkti taip, kad juose atsidurtų sąlygiškai natūralių ir agroekosistemų monitoringo stotys. Parenkant etalonus taip pat reikėtų atsižvelgti į:

- žemės dangos pobūdį – žemės dangos struktūra turi būti būdinga žemėvaizdžiui;
- žemės naudojimo pobūdį – reikėtų vengti etalonus išskirti saugomose teritorijose, kuriose žmogaus veikla ir žemėnauda yra papildomai apribota, todėl kraštovaizdžio kaita yra skirtinga nei didžiojoje šalies dalyje;
- senesnių šaltinių kraštovaizdžio raidos analizei toje teritorijoje prieinamumą.

Kol kas kraštovaizdžio monitoringo etaloninių arealų išskyrimo klausimas dar neišspręstas. Sprendžiant, ar verta juos išskirti, lemia kaštų efektyvumo kriterijus, t.y. pirmiausia reikėtų pasverti:

- kiek kainuotų detalesni tyrimai etalonuose – ar jie nebus per brangūs;
- ar šių tyrimų teikiami papildomi duomenys bus verti įdėtų lėšų – ar jie iš tiesų suteiks sprendinių priėmimui žymiai daugiau reikšmingos informacijos nei šalies mastu atliekama kraštovaizdžio analizė.

Jeigu etalonai būtų išskiriami, reikėtų spręsti ir indikatorių sistemos pritaikymo atskiriems etalonams klausimą.

Išvados

1. Ištirta, kad Lietuvoje dėl objektyvių priežasčių (patirties, lėšų bei duomenų stoka ir pan.) iki šiol nėra nuoseklaus kraštovaizdžio monitoringo (stebėsenos), o paskiri šioje bei susijusiose srityse vykdomi darbai nesuteikia šalies visuomenei, tyrimo ir valdžios institucijoms reikiamos informacijos, reikalingos kraštovaizdžio apsaugos ir tvarkymo politikai bei priemonėms pagrįsti.

2. Tobulinant Lietuvos kraštovaizdžio monitoringo sistemą ir indikatorių panaudojimą būtina išvengti Europai būdingo paviršutiniškumo, kai kraštovaizdžio monitoringas iš esmės apsiriboja žemės dangos analize visos šalies mastu, neatsižvelgiant į kraštovaizdžio skirtingumus. Kadangi kraštovaizdžio tvarkymas diferencijuojamas atsižvelgiant į jo pobūdį, kraštovaizdžio monitoringas turi suteikti informacijos apie atskirų žemėvaizdžių būklę, kaitos tendencijas ir priežastis. Tai viena svarbiausių Lietuvos kraštovaizdžio monitoringo vystymo krypčių. Siekiant gilesnės analizės pageidautini detalesni tyrimai etaloniniuose arealuose.

3. Kraštovaizdžio monitoringo tikslams pagal *DPSIR* priežastinį modelį turi būti suformuota visapusiška, mūsų šalies specifiką atitinkanti indikatorių sistema, pritaikyta ne tik informacijos pateikimui ES institucijoms, bet ir sprendinių priėmimui nacionaliniu bei regioniniu lygmeniu, t.y. ji turi atitikti nacionalinius prioritetus, tikslus ir uždavinius. Aktualiausios Lietuvos kraštovaizdžio indikatorių tolesnio vystymo kryptys:

- indikatorių paieška dviem paskutinėms priežastinio modelio dalims – poveikiui ir atsakui;
- geocheminių indikatorių, apibūdinančių vieną svarbiausių kraštovaizdžio kaip geosistemos ypatybių – medžiagų ir energijos apykaitą, paieška;
- kraštovaizdžio indikatorių vertinimo kriterijų (siektinų tikslų, ribinių reikšmių) išskyrimas ir pagrindimas.

4. Visaverčiam kraštovaizdžio monitoringui būtini duomenys apie žemės dangos būklę ir pokyčius, nes žemės dangos struktūra yra vienas pagrindinių kraštovaizdžio indikatorių. Kadangi žemės dangą įvertinantys *CORINE* žemės dangos projektai vykdomi kas penkeri metai, neįmanoma kasmet parengti visapusiškų kraštovaizdžio būklės įvertinimų. Net ir esant galimybėms, vargu ar tai būtų tikslinga, nes kraštovaizdžio pokyčiai per vienerius metus yra labai maži. Be to, integruotų pranešimų apie aplinkos būklę apimtis yra per maža norint pateikti detalesnę kraštovaizdžio būklės analizę. Todėl, paskelbus naujus *CORINE* žemės dangos duomenis, kraštovaizdžio tyrimais, tvarkymu ir apsauga suinteresuotos institucijos turėtų parengti atskirą, detalų šalies kraštovaizdžio būklės ir kaitos įvertinimą. Tokie pranešimai apie Lietuvos kraštovaizdžio būklę ir kaitą galėtų tapti Lietuvos kraštovaizdžio monitoringo pagrindas, suteiktų valdžioms institucijoms kraštovaizdžio tvarkymo ir apsaugos tikslams bei priemonėms pagrįsti reikiamą informaciją.

Gauta 2004-03-15

Literatūra

Aplinkos būklė 2002, *http://www.am.lt/LSP/metines_apzvalgos.php3?ID=197*
Aplinkos būklė 2001, *http://www.am.lt/LSP/metines_apzvalgos.php3?ID=171*
Baltic State of the Environment Reports, based on environmental indicators. BEF (Baltic Environmental Forum), *http://www.bef.lv/baltic/index.htm*

EEA Core Set of Indicators, *http://www.eionet.eu.int/indicatorreview*
Environmental indicators: Typology and overview (1999). Technical report No 25. EEA, *http://reports.eea.eu.int/TEC25/en/tab_abstract_RLR*
Europos kraštovaizdžio konvencija,
http://www3.lrs.lt/cgi-bin/preps2?Condition1=189933&Condition2=
Gulbinas Z., **Pileckas M.**, **Petravičiūtė R.** (2003). Kraštovaizdžio monitoringo organizavimo problematika. 1. Šiaurės Europos šalių patirtis, *Geografijos metraštis* **36**(1), p. 225 – 236.
„**Lietuvos** CORINE žemės danga-2000“ projektas / AAA (Aplinkos apsaugos agentūra), *http://aaa.am.lt/VI/rubric.php3?rubric_id=391*
Pressure-State-Response Framework and Environmental Indicators / LEAD (Livestock, Environment And Development Initiative), *http://www.lead.virtualcentre.org/en/dec/toolbox/Refer/EnvIndi.htm*
Valstybinė aplinkos monitoringo programa, *http://www.am.lt/LSP/other_publication.php3?ID=54*
Žemėveikslių struktūros pokyčių vertinimas ir kraštovaizdžio monitoringo programos parengiamieji darbai / AAA (Aplinkos apsaugos agentūra), *http://aaa.am.lt/VI/rubric.php3?rubric_id=394*

Marijus Pileckas
Institute of Geology and Geography, Vilnius

Use of environmental indicators for Lithuanian landscape monitoring: state, problems and perspective

Summary

This work is designed to review and evaluate the use of environmental indicators for Lithuanian landscape monitoring and to give recommendations for the development of the Lithuanian landscape indicator system. The article also deals with the issue of distinguishing the reference areas for detailed landscape monitoring.

Consecutive landscape monitoring has not been carried out in Lithuania due to objective causes (lack of experience, means and data). Scanty research works carried out in this and related fields do not provide the information necessary for basing the landscape preservation policy and means.

For improvement of the system of Lithuanian landscape monitoring and the use of indicators it is necessary to avoid the superficiality characteristic of research in Europe, when the landscape monitoring is virtually confined to analysis of the land cover on the scale of the whole country, without taking into account the differences of landscape. As landscape management is differentiated according to its character, the landscape monitoring must provide the information about the state, change trends and causes of landscape types. This is one of the main development trends of Lithuanian landscape monitoring. For deeper analysis it is necessary to solve the problem of distinguishing the reference areas.

Landscape monitoring within the causal DPSIR framework requires creation of the system of indicators, which would reflect the specific character of the country. The system should be able to provide information to the EU institutions and to serve as a basis for decision-making on the national and regional level, i.e., it should meet the national priorities, aims and tasks. Draft system of Lithuanian landscape indicators, prepared by author, is proposed in this article. The main further development trends of the system of Lithuanian landscape indicators are:

- Establishment of indicators for the two last parts o causal framework – impact and response;
- Establishment of geochemical indicators characterizing the material and energy exchange as the main feature characterizing the landscape as a geosystem;
- Distinguishing and basing of evaluation criteria (aims, limit parameters) for landscape indicators.

Valuable landscape monitoring requires data about the state and changes of the land cover because the structure of the land cover is one of the main landscape indicators. As the CLC projects for the land cover evaluation are carried out every five years, it is impossible to prepare exhaustive annual evaluations of the state of landscape. Such annual evaluations would be inexpedient because the changes of landscape during one year are negligible. Moreover, the volume of integrated reports on the state of environment does not allow a detailed analysis of the landscape condition. Therefore, after the publication of the new CLC data the institutions interested in landscape research, management and preservation should work out a special detailed assessment of the state of landscape and its change. The reports about the changes of Lithuanian landscape could serve as a basis for the Lithuanian landscape monitoring and a source of information for government institutions.

ISSN 0132–3156 Geografijos metraštis 37(1-2) t., 2004

THE TERRITORIAL DIFFERENTIATION OF THE RECULTIVATED AREA OF OPENCAST BROWN COAL MINE IN THE MOST REGION (CZECHIA) MULTIDIMENSIONAL CLUSTER ANALYSIS

Ivan Farsky
Education Faculty of Purkyne University, Usti nad Labem, Czechia
E-mail: arnovka@post.cz

Introduction

The anthropogenically unaffected areas practically do not exist today. The anthropogenic activity in landscapes is intensifying and expanding. Moreover, reclaimed or otherwise modified areas are often situated next to the damaged or destroyed spaces. They, for example, can be found in places where the mining activity has been terminated. The recultivation of damaged or destroyed areas is an acute problem in Czechia for the Most Region. Brown coal used to be mined in this part of this country. According to the written sources of the 15th century the beginning of mining was not very intensive and of minor importance for the country at that time. The essential increase of coal mining began only in the first half of the 19th century. It was associated with the rise of energy consumption of developing industry. The brown coal (lignite) mining reached its peak in the 20th century, namely, in 1985 (approximately 70 mil. tonnes per year).

The technology of opencast mining brought devastation to the country – the appearance of the so-called moon (lunar) landscape, which can be found in some places at the southern foothills of the Ore Mountains (Podkrušnohorí). Almost all functions of landscape components have been disturbed or even destroyed. For this reason efforts are taken now to restore this territory after minestop – i.e., to readjust it for human living and using. Yet the landscape of recultivated territory has quite different parameters in comparison with the original landscape. The former lowland composed of Tertiary sediments with relative camber of some meters (only someplace the camber used to be ten meters) has converted into a new ground with relative camber of a few hundred meters. Other parts of natural environment have also changed including microclimate. These changes have affected the life and habitat conditions of biota.

In order to make the newly established slopes of the abandoned opencast mine really green it is necessary to verify some suppositions as to the planting greeneries. Whether, for instance, the completely modified hydrological relations can act as a limiting factor for existence and incidence of desirable grasses, shrubberies and trees.

As microclimatic observations are meanwhile rather scanty the adaptation of the newly recovered areas is based only on suggestions. They are derived from general valid rules or empirical observations. On that score the students and teachers of the Department of Geography (Education Faculty of Purkyne University) have assumed microclimatological observations on the slopes of abandoned Strimicka dump and former Most mine. Applied research was oriented to finding out the actual state of habitat conditions for regreening of this dump and extensive recultivation of the former opencast mine.

1. Geographical characteristics of research area

This area is situated about 3 km northeast of Most town between Redhill (365 m) and Sharphill (399 m) in Strimická dump space, which is east of the border of closed lignit opencast mine Most. The dump is outside the Most mine and is composed of piled sand and gravel, loam and clayey sands. It had been used since 1959 till 1973. The thickness of layers scattered on the original ground is between 17 and 48 meters. From the point of view of suitability for recultivation these materials are of very adverse composition, in some parts even phytotoxical. The present ground is represented by an elongated 150 m deep rest pit. It is approximately 3 km long and 2 km wide. The inclination of the upper part of the eastern slope (Strimice dump) is about 30°. The middle part is quite flat but slightly uneven. The lower part is abruptly descending to the mine. The western slope is represented by the former quarry crag (face) (Balej, 2004).

The investigation site is in the area of warm climate T2 (after Quitt, 1972). The Kopisty meteorological station is working in its immediate neighbourhood. This is a professional station of the Institute of Atmospheric Physics, Academy of Sciences of the Czech Republic. Other objects in the surrounding area are: pluviometric stations in Bílina and Litvinov (in Most and Duchcov in the past).

From the point of view of hydrogeography the primary space belonged to the Bilina river basin. Today the area is anthropogenically totally modified and is ultimately different from the original one. The surface of the mine pit is unnaturally drained. The average annual precipitation in the Kopisty station is about 445 mm. It is deep under the republican average (720 mm). It has been steadily reducing in the last ten years. This territory is the driest one in Czechia. The average annual temperature is, on the contrary, getting up and today is 8.76°C. It is about 0.25°C higher than in 1901–1950. The dominant wind directions are NW or SW (windless days account for 29%). The average wind velocity is 2 m/s. The winds are predetermined by the general situation over the republic and by the local relief.

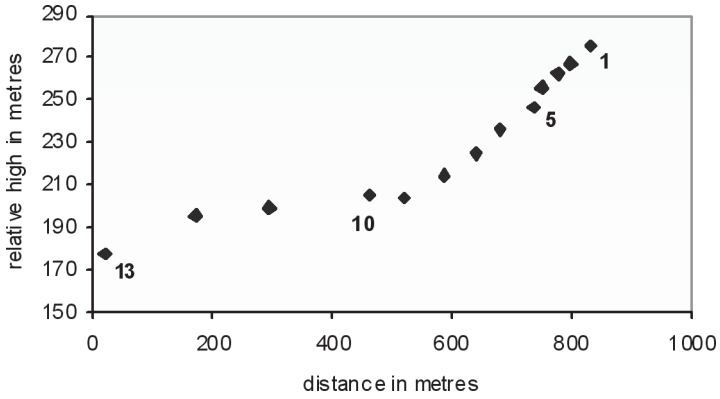


Fig. 1. Position of measuring points on the slope of Strimicka dump. From up to down 1 – start, 2 – slope, 3 – way 1, 4 – way 2, 5 – under slope, 6 – between ways, 7 – birch, 8 – cable, 9 – sleeper, 10 – iron, 11 – reed, 12 – pit edge, 13– pit.

1 pav. *Matavimo taškai Strimicka'os grunto sąvartyne. Nuo viršaus žemyn: 1 – aikštelė, 2 – šlaitas, 3 – 1-mas takas, 4 – 2-as takas, 5 – šlaito papėdė, 6 – tarp takų, 7 – beržai, 8 – trosas, 9 – skersinis, 10 – geležis, 11 – nendrės, 12 – karjero briauna, 13 – karjero dugnas.*

13 observation places were selected for the evaluation for microclimatological situation in the dump slope and rest pit. It was determined by estimated condition of vegetation in %, gradient of slope – by gradient protractor, temperature was measured by digital thermometers also using humidity sensor, wind speed – by anemometer, and wind direction – by small hand flag. Measuring was made each hour from the sun rise to late afternoon on some October days of 2000 under anticyclonic sunshine conditions.

2. Measuring results

The rest pit and the slope of dump over it, thanks to its western orientation, create today their own thermal and wind regime.

Weak inversion of temperature was determined in the morning of the first day of measuring (at night the slope radiated heat and the cool air flew down to the pit). Further in the morning the temperature inversion intensified owing to slope orientation, its height, the height of the Sun over the horizon, and cloudy sky. Later on the pit was warmed up by the Sun and the temperature inversion disintegrated. Not until about 16 o'clock (summertime ST, it is 15 MET, 14 GMT), the temperatures on slope were in balance. After 17 o'clock (ST) it was warmer in the pit than on the high slope edge. Strong dew appeared on this and the following day. Drying of the slope surface set in only at 11 (ST) o'clock. It shifted the value of temperature below that on the previous day. The relative humidity values followed the classical temperature patterns. Certain differences were caused by the quality, vegetation and water capacity (someplace up to water logging) of active surface. In general the relative water content of the slope was low (the maximal value – 40–50%). The wind circulation was influenced by the form relations. The upper edge of the dump slope and the adjoining layer of the atmosphere over the pit corresponded to general wind relations in the region. The situation was documented by the data of Kopisty meteorological station. A different situation could be observed inside the pit. There were two wind circulation systems:

1) The circulation predetermined by the general situation outside the pit;

2) The local wind circulation on the slope, which was a result of temperature and pressure relation. We must accept the form differences on the slope too. Wind relations are more complicated and it is necessary to make additional measurements under various weather conditions. The wind movement in the near-surface layer is likely to be partly influenced by growth. There is a question if this wind movement is not the cause of the strong land drainage limiting the habitat conditions for some kinds of growth. This hypothesis could be proved by more detailed measurements.

3. Interpretation of cluster analysis

All data of measurements was processed by statistical program SPSS.

Results:

1) Cluster of points 9, 10, 11 is logical expression of plateau situation, which is found between slope of the dump and the pit. This area has distinctive vegetation, composed of modest grasses (*Calamagrostis epigeos L.*).

2) Cluster of points 1 and 2 is different from the others. It is up the edge of the slope and the conditions there are quite different from the rest of the dump slope. It is suggested by growth.

3) Cluster of points 5 and 6 is a kind of border between the slope of dump and plateau with continuation to pit.

4) Separate position of point 13 suggested a different situation in the rest pit. Unfortunately there were no technical means to make measurements down to the pit. The assessment results suggested that the habitat conditions for growth on the slope from up edge to the pit bottom on so short a distance (850 m) bore significant differences. It should be taken into account in case of restoration of the whole slope. This pit will be hydrologically restored but not the whole territory. Optimal proof is necessary for restoration to the level of position 7 or 8, with maximal variation point 6.

The assessment of separate incoming characteristics brought rather interesting yet logical results.

1) There exists a direct relation between the water content of the slope and the plant cover;

2) The incline of the slope is in relation with wind velocity;

3) Wind direction is practically in no relation with any other components (it was changing on the slope without evident continuity)

4) Incline of slope and wind speed were in relation. This is a display of breeze circulation.

Besides the cluster analysis it is possible to make other statistical analysis as, for instance, factor analysis. This analysis has shown linkage of growth, incline and humidity. This logical connection is evident in the terrain and supports the cluster analysis assessment.

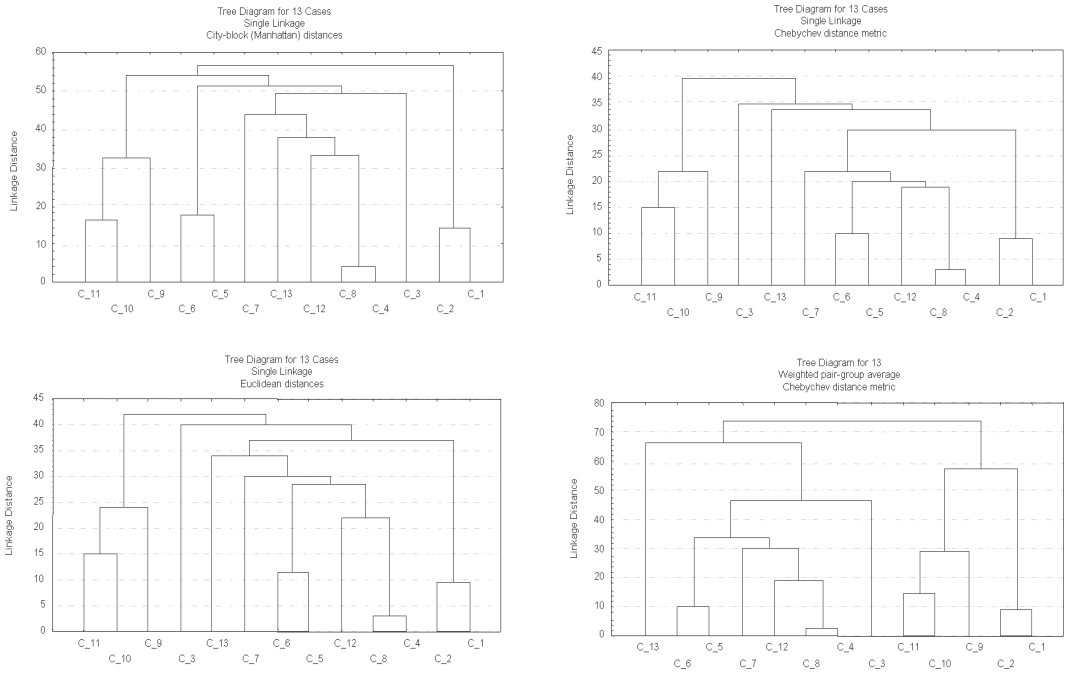


Fig. 2. Some results of cluster analysis.

2 pav. *Kai kurie klasterinės analizės rezultatai.*

Conclusion

Our countryside is under an intensive anthropogenic load, which is not apparent on the first sight. Some information is unavailable. It is possible to use in addition the classic methods of statistical multifactor analysis. This method can reveal some connections in the internal structure. This example documents the possibility of cluster analysis. This method

lies at the basis of dividing the slope of Stųimickį dump by Most in the Northern Czechia using the data of climatic measurements. The boundaries between characteristic belts were established. The first distinguished belt was the upper edge of the slope with climatic situation as in the neighborhood of the opencast mine. It was followed by the middle part with its own climatic situation and the other different part of slope. This result can be practically used for redeeming of this area.

Received 03 09 2004

References

Andel, J. (2000). Geografie Ústeckého kraje, UJEP, Ústí nad Labem, p. 151.
Balej, M. (2004). Reliéf jako jeden z limitù územního rozvoje na príkladu obce Tisá. In: BALEJ, M., ANDEL, J., JERÁBEK, M. a kol.: Východní Krušnohorí – geografické hodnocení periferní oblasti. *Acta Universitatis Purkynianae*, UJEP, Ústí nad Labem, p. 138–149.
Hermanová, E. (1991). Vybrané vícerozmerné statistické metody v geografii. *Skriptum SPN*, Praha, p. 133.
Hlavnička, J. (1991). Využití statistického programu Statgraphic pri zpracování geografických dat. *Skriptum SPN*, Praha, p. 262.
Vrablikova, J.,Vrablik, P. (2002). Minulost, současnost a budoucnost antropogenních postižení krajiny na Mostecku. *Sborník XX. sjezdu ČGS*, Ústí nad Labem, p. 73–80.

Ivan Farsky
Purkyne universitetas, Usti nad Labem, Čekija

Čekijos Most regiono rusvųjų anglių kasyklos (karjero) rekultivacijos teritorinė diferenciacija

Santrauka

Šiandien pasaulyje beveik nelikę žmogaus veiklos nepaliestų teritorijų. Tai pasakytina ne tik apie pažeistas, bet ir apie rekultivuotas žemes. Tokia didžiulė teritorija yra netoli Most miesto Šiaurės Čekijoje. Nustojus kasti rusvąsias anglis, šį plotą rekultivuoti, jį pritaikyti kitokiam naudojimui. Dabartinis šio regiono kraštovaizdis iš esmės skiriasi nuo buvusiojo. Rusvosios anglys atviruoju būdu buvo intensyviai kasamos Šiaurės Čekijoje nuo pirmosios XIX a. pusės. Didžiausia žala regiono kraštovaizdžiui padaryta devintajame XX a. dešimtmetyje, kai kasybos našumas buvo didžiausias (1985 m. – 70 mln. t).

Buvusi nuosėdinė lyguma šiandien virtusi 150 m gylio, 3 km ilgio ir 2 km pločio karjeru su grunto saugykla (Strimická) viršuje. Jo šlaitų maksimalus nuolydis neviršija 30º. Klimato atžvilgiu – tai šiltas ir sausas regionas (Kopisty meteorologijos stoties duomenimis, vidutinė temperatūra – 8,76ºC, kritulių kiekis (455 mm) daug mažesnis už respublikos vidurkį (720 mm)). Vyrauja ŠV ir PV krypčių vėjai. Ramių dienų būna 29% per metus. Vidutinis metinis vėjo greitis – >2 m/s. Vėjo kryptį lemia bendra respublikos geografinė padėtis ir vietos reljefas. Anksčiau visa Most kasyklos teritorija priklausė Bilinos baseinui. Šiandien ši teritorija neturi nuotėkio, todėl ateityje virs dideliu dirbtiniu ežeru. Dirvožemiai ir biogeografinė situacija taip pat labai pakitę.

Matavimo rezultatai.

Mikroklimatiniai stebėjimai buvo atlikti 13-oje šlaito taškų (1 pav.) Karjero ir aukščiau esančios grunto saugyklos šlaitas orientuotas į vakarus ir pasižymi savitu terminiu ir vėjo režimu. Rudenį šlaitui būdingos temperatūros inversijos.

Klasterinės analizės (2 pav.) rezultatų interpretacija:

1) 9, 10 ir 11 taškai yra loginė plynaukštės, esančios tarp grunto saugyklos šlaito ir paties karjero, išraiška;

2) 1 ir 2 taškai skiriasi nuo kitų. Jie žymi šlaito viršutinę dalį, kurios specifines sąlygas atspindi augalijos danga;

3) 5 ir 6 taškai žymi ribą tarp grunto saugyklos šlaito ir plynaukštės, kuri pereina į karjerą;

4) ypatinga 13 taško padėtis rodo kitokias sąlygas karjere. Gaila, kad atlikti matavimus pačiame karjere nebuvo techninių galimybių.

Ištirta, kad trumpoje atkarpoje (850 m) nuo šlaito viršaus iki karjero dugno augaviečių sąlygos gerokai skiriasi. Į tai būtina atsižvelgti atkuriant šlaitą. Hidrogeologines sąlygas galima atkurti tik dalyje karjero. Optimaliai tai galima padaryti iki 7 ar 8 taško. Esminiai pokyčiai būdingi 6 taške.

Remiantis darbo rezultatais galima daryti tokias išvadas:

1. Tarp šlaito vandens režimo ir augalijos yra tiesioginis ryšys.
2. Taip pat egzistuoja ryšys tarp šlaito polinkio ir vėjo greičio.
3. Vėjo kryptis faktiškai nuo jokių šlaito veiksnių nepriklauso (ji kinta visame šlaite vienodai, t.y. be akivaizdaus dėsningumo).
4. Tarp šlaito nuolydžio ir vėjo greičio yra ryšys, išryškėja silpna oro cirkuliacija.

Klasterinė analizė gali būti papildyta faktorine statistine analize. Ji suteiktų naujos informacijos apie ryšį tarp šlaito augalijos, nuolydžio ir drėgmės režimo.

Taigi remiantis klimato parametrų klasterinės analizės rezultatais buvo išskirtos būdingos buvusios rusvųjų anglių kasyklos (karjero) šlaito juostos: 1) viršutinė šlaito dalis, kur klimato sąlygos yra tokios pat, kaip ir gretimoje teritorijoje, 2) vidurinioji dalis su specifinėmis klimato sąlygomis ir 3) kita šlaito dalis. Praktikoje tyrimo rezultatais galima remtis keičiant teritorijos paskirtį.

ISSN 0132–3156 Geografijos metraštis 37(1-2) t., 2004

GEOMORFOLOGIJA

MAŽOS UPĖS VAGOS ALIUVIS: GRANULIOMETRINĖ SUDĖTIS

Stasys Paškauskas, Irena Vekeriotienė
Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševčenkos g. 13, LT-03223 Vilnius
El. paštas:paskauskas@geo.lt; vekeriotienė@geo.lt

Įvadas

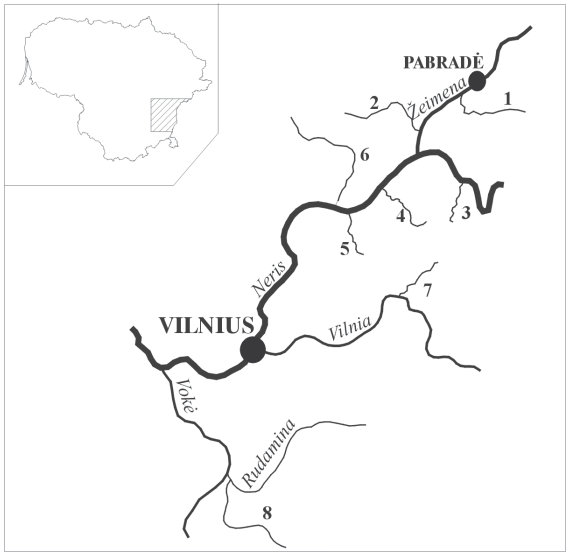
Upės vagoje vandens tėkmė pastoviai išplauna uolienas, jas rūšiuoja, perneša ir iš naujos medžiagos klosto vagos aliuvį. Vagos aliuvį formuoja ir iš upės baseino su paviršine nuoplova į vagą patenkanti eroduota medžiaga. Aliuvio mineraloginė ir granuliometrinė sudėtis, kiekis, formavimosi dėsningumai ir kiti klausimai yra svarbūs ne tik tiriant fliuvialinius procesus, bet ir rengiant įvairius upių panaudojimo bei antropogeninio pertvarkymo projektus. Be to, aliuvio formavimosi dėsningumų atskleidimas, sąlygų įvertinimas reikalingi sprendžiant problemas, susijusias su upės baseino paleogeografinėmis rekonstrukcijomis, analizuojant aliuvio sąnašynų susidarymą ir daug kitų klausimų.

Upių vagų aliuvį tyrinėjo E. Šanceris, G. Šamovas, A. Lazarenko ir kt. Remiantis tyrimais, vykdytais įvairiais aspektais (aliuvio mineraloginė ir granuliometrinė sudėtis, inžinerinės geologinės savybės, facijų struktūra ir kt.), atskleisti aliuvio formavimosi dėsningumai, nustatyta jo struktūra, sudėtis ir kitos ypatybės.

Lietuvoje tyrinėjant upių slėnių geologinę ir geomorfologinę sandarą, dabartinius geodinaminius procesus buvo paliesti ir kai kurie aliuvio formavimosi dėsningumai, sudėties ypatybės, paleogeografijos klausimai. Šiuo atžvilgiu daugiausia tyrinėtos didžiosios Lietuvos upės: Nemunas, Neris, Žeimena ir kt. Pavyzdžiui, nagrinėjant Nemuno slėnio raidos etapus nustatyta, kad dabartiniame jo vagos aliuvyje vyrauja vidutingrūdžiai bei smulkiagrūdžiai smėliai ir jiems būdinga smulkėjimo tendencija upės žiočių link (Кузнецов, Юргайтис, Шиманович, 1980). Panašūs dėsningumai būdingi ir Neries vagos aliuviui: kaupiasi vidutingrūdžiai (37–82%) bei smulkiagrūdžiai (iki 17%) smėliai, o aleuritinės dalelės, kurias išplauna vandens tėkmė, sudaro tik procento dalis (Baltakis ir kt.,1982). Pažymėtini A. Mikalausko ir kitų mokslininkų atlikti geomorfologiniai Neries slėnio tyrimai. Tyrinėjant Neries vagos morfodinamiką buvo identifikuotos bei kartografuotos ir upės dugną dengiančios sąnašos (Микалаускас и др., 1988). Tačiau tai tik pavieniai kiekybiniai duomenys apie vienos ar kitos upės aliuvio granuliometriją. Platesniems ir išsamesniems šios tyrimų srities apibendrinimams pasigendama kiekybinių duomenų apie dabar upėse besiklostančio aliuvio granuliometrinę sudėtį, kaupimosi tempus. Dar mažiau žinoma apie dabartinio aliuvio sudėtį mažų upių vagose. Užsimenama, kad smulkiausiuose antropogenizuoto hidrografinio tinklo elementuose vyksta sparti smėlingų ir dumblingų nešmenų akumuliacija (Šukys, Poškus, 1998), tačiau išsamesnių duomenų apie aliuvio sudėtį nepateikiama. Kokia yra aliuvio granuliometrinė sudėtis Lietuvos mažų upių vagose, sudėtinga vertinti, nes tokių duomenų nepaskelbta. Šią spragą bent iš dalies turėtų užpildyti šis darbas, kuriame pateikiami kai kurie duomenys apie dabar Pietryčių Lietuvos mažų upių vagose besiformuojančio aliuvio granuliometrinę sudėtį.

1. Tyrimų objektas, metodika

Tyrinėta Pietryčių hidrologinės srities Žeimenos–Merkio bei Vilnios hidrologinių rajonų 8 upių, įtekančių į Žeimeną, Nerį, Vilnią ir Rudaminą (1 pav.), vagos aliuvio granuliometrinė sudėtis. Tirtųjų upių ilgis – iki 30 km, baseino plotas – iki 75 km^2, išilginis vagų nuolydis neviršijo 11x10^{-3}. Išsamesni tirtųjų upių baseinų morfometriniai duomenys skelbti (Kriaučiūnas, 1993; Vekeriotienė, 2003). Šių upių nuotėkio modulis svyruoja nuo 3,5 l/s km^2 (Manierka) iki 9,4 l/s km^2 (Jusinė). Daugiausiai vandens upės nuplukdo pavasarį (apie 40% metų nuotėkio), vasarą–rudenį ir žiemą jų nuotėkis atitinkamai sudaro 38% ir 22% (Kilkus, 1998).

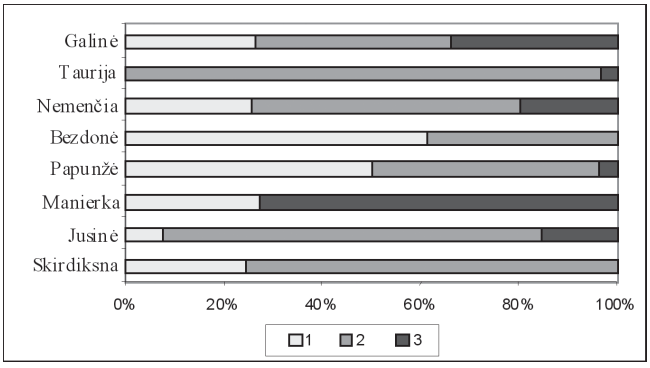


1 pav. Tirtųjų upių išsidėstymo schema: 1 – Skirdiksna, 2 – Jusinė, 3 – Manierka, 4 – Papunžė, 5 – Bezdonė, 6 – Nemenčia, 7 – Taurija, 8 – Galinė.
Fig. 1. *Distribution scheme of investigated rivers.*

Atliekant upių baseinuose žemių sausinimo darbus upių vagos buvo ženkliai pertvarkytos, upių atkarpos ar net ištisos upės sureguliuotos prieš 40–50 metų. Antropogeninis upių vagų pertvarkymo laipsnis svyruoja nuo 41% iki 100% (Vekeriotienė, 2003). Reguliuotų vagų skerspjūvis panašus į taisyklingą trapeciją, t.y. upių plotis (ties viršutine briauna) svyruoja nuo 6–8 m iki 10–14 m, dugno plotis – nuo 0,3–0,5 m iki 1–3 m. Vagos įgilintos nuo 0,7 m iki 2–2,5 m. Neries bei Žeimenos upių slėnių ribose išlikę natūralių vagų atkarpų, kur upės įsigraužusios iki 10–15 m gylio ir jų vagų skerspjūvio forma primena stambių griovų.

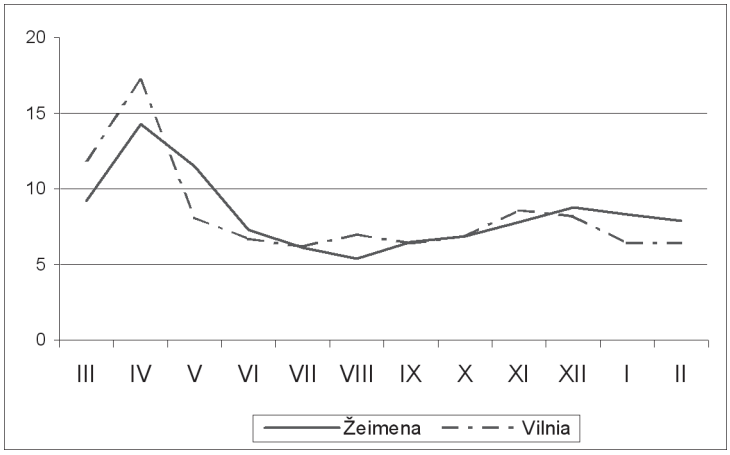
Tirtosiose upėse vagos aliuvis formuojasi sąlyginai panašiose geomorfologinėse sąlygose, artimos genezės nuogulose.

Didesnė dalis upių tinklo (60–90%) susidariusi fliuvioglacialinės bei limnoglacialinės kilmės nuogulose (2 pav.). Išsiskiria tik Manierka, kuri ilgesniame ruože (72,7%) teka moreniniais dariniais, bei Taurija, kuri beveik visa (96,9%) vingiuoja limnoglacialine lyguma.



2 pav. Įvairios kilmės nuogulų ruožų paplitimas (%) upių vagose. Nuogulų tipai: 1 – fliuvioglacialinės, 2 – limnoglacialinės, 3 – moreninės.
Fig. 2. *Areas (%) covered by sediments of different composition in river channels. Sediment types: 1 – fluvioglacial, 2 – limnoglacial, 3 – till.*

Pasirinktų upių vagos aliuvio mėginiai imti pavasarį (balandį) ir vasarą (liepą), t.y. esant aukštam ir žemam upės vandens lygiui (vandens lygis skyrėsi 2–2,5 karto). Panašiu metu tiriamosiose upėse fiksuojami maksimalūs bei minimalūs vandens debitai. Tai rodo tirtojo rajono Žeimenos bei Vilnios upių vandens nuotėkio metinės kaitos daugiamečių stebėjimų duomenys (3 pav.).



3 pav. Žeimenos (Pabradė) ir Vilnios (Vilnius) mėnesinis nuotėkio pasiskirstymas (%) (Gailiušis, Jablonskis, Kovalenkovienė, 2001).
Fig. 3. *Monthly distribution (%) of Žeimena (Pabradė) and Vilnia (Vilnius) runoff (Gailiušis, Jablonskis, Kovalenkovienė, 2001).*

Grunto mėginiai buvo imami iš vagos dugno paviršiaus (iki 5 cm gylio). Tiriamas vagos aliuvio sluoksnis atspindi dabartines, pastaraisiais metais ar dešimtmečiais susidariusias, upės vagos nuosėdas. Mėginiai imti iš vagos vidurio upės aukštupyje, vidurupyje bei žemupyje ir reprezentavo aliuvio sudėtį visame jos ilgyje. Pagal standartines ir aprobuotas metodikas atlikta aliuvio dalelių diferenciacija (Рухин, 1947). Sijojimo metodu išskirtos nuo 0,005 mm iki 10 mm dydžio aliuvio dalelių frakcijos, apskaičiuotas procentinis jų kiekis. Naudotų sietų komplektų akučių skersmens pokytis $\sqrt[10]{10}$ (smėlio frakcijoms) ir $\sqrt{2}$ (žvyro frakcijoms). Remiantis šiais empiriniais duomenimis apie įvairaus dydžio dalelių pasiskirstymą mėginiuose buvo sudarytos kumuliatyvinės kreivės, nustatytas aliuvio dalelių vidutinis (medianinis D_{50}) skersmuo. Naudojantis gruntų klasifikavimo sistema (Dundulis, 1997), taikoma Lietuvoje, nustatytas (įvardytas) vagos dugną sudarančios medžiagos tipas.

2. Aliuvio granuliometrinė sudėtis

Ir mažose, ir didelėse upėse galimi keli aliuvio formavimosi šaltiniai: išplaunamas pačios vagos dugno gruntas, srovės ardomi krantai bei baseine vykstantys eroziniai procesai, kai dalis denudacijos produktų patenka ir į upes. Kai kurių autorių duomenimis (Голосов и др., 1991), mažų upių vagose ir salpose nusėda apie 40% eroduotos medžiagos. Patekusi į upės tėkmę terigeninė medžiaga, priklausomai nuo jos dalelių didumo, pernešama įvairiais būdais (ridenimas, saltacija, suspensija). Priklausomai nuo pernašos būdo, kartu ir stiprumo upiniai nešmenys skirstomi į dvi grupes: smulkioji dalis – į skendinčiuosius, arba tranzitinius, ir stambieji – į dugninius, arba vagą formuojančius (Мирцхулава, 1988; Ржаницын, 1985; Россинский, Дебольский, 1980). Pastarieji daugiau ar mažiau tiesiogiai kontaktuoja su vagos

dugnu ir jį padengia. Vykstant periodiškai dugninių nešmenų pernašai bei perklostymui vagos dugne formuojasi įvairios dugninės formos, keičiasi vagos geometrija. Taigi galima teigti, kad vagos aliuvio viršutinio, judraus, sluoksnio granuliometriniai tyrimai iš dalies apima ir vagą formuojančių nešmenų sudėties tyrimus.

Pažymėtina, kad tyrimams pasirinktų mažų upių vagos aliuvis pradėjęs formuotis labai neseniai, nes dėl vagų antropogeninių pertvarkymų pradėjo kauptis tik XX a. antroje pusėje. Be to, natūralus aliuvio formavimasis periodiškai (kas keliolika metų) nutrūkdavo dėl tiesioginio žmogaus ūkinės veiklos poveikio – mechaninio susikaupusių nuosėdų šalinimo iš vagos.

Aliuvio sudėtis keičiasi išilgai vagos. Judėdamos pasroviui sąnašos zulinasi, mažėja jų skersmuo, be to, vanduo medžiagą rūšiuoja, dėl to dalelės smulkėja. Ypač tai ryšku didelėse upėse (Дарбутас, 1993; Кузнецов, Юргайтис, Шиманович, 1980; Чалов, 1979). Mažų upių panašūs dėsningumai yra ne tokie ryškūs, nes pernelyg trumpas nešmenų transportavimo kelias, be to, dalelių smulkėjimo tendencijas užgožia lokalios fluktuacijos.

Skirdiksna – kairysis Žeimenos intakas – plauna limnoglacialines ir fliuvioglacialines nuogulas. Žmogaus nereguliuotame žemupyje vagos dugnas beveik ištisai grįstas gargždu, smulkiais akmenimis, nereti stambūs rieduliai – tai byloja intensyvią upės gilinamąją eroziją. Dėl vagos savigrindos šis procesas slopsta, dalis plukdomų nešmenų susilaiko ir nusėda ties gargždingomis ir riedulingomis rėvomis, silpnesnės srovės ruožuose.

Už Žeimenos slėnio ribų, reguliuotoje vagoje, ramesnė upės tėkmė nepajėgi formuoti gargždo ar rupaus žvyro sąnašynų, todėl akumuliuoja tik smėlio su smulkaus žvyro priemaiša nuosėdas. Dideli vagos išilginio nuolydžio skirtumai, nuo kurių priklauso sedimentacijos sąlygos, lemia didesnę aliuvio sudėties įvairovę. Vagos dugno sąnašų vidutinis skersmuo (D_{50}) svyruoja nuo 0,3 iki 10,1 mm, t.y. skiriasi daugiau kaip 30 kartų. Tokio stambumo daleles išjudinti bei perklostyti gali tik srauni (1,0–1,3 m/s greičio) upės tėkmė. Žvyringas su smėlio priemaiša aliuvis formuojasi tik potvynių, poplūdžių metu. Jame žvyro gali būti iki 50–75% ir daugiau. Būdinga tai, kad ¾ jo sudaro dalelės, kurių skersmuo ≥10mm, o išskirtų frakcijų smėlio kiekiai neviršija 2–4%. Nuosėkio metu žvyringą aliuvį pridengia smulkesnė medžiaga. Vasaros aliuvio mėginiuose, lyginant su pavasario, žvyro dalelių sumažėję 4–9% (smėlių dalis).

Reguliuotoje atkarpoje žvyro dalis aliuvyje sumažėja iki 3–10%, išauga 0,63–0,125 mm frakcijų indėlis, kuris kinta nuo 9–12% iki 14–19%. Kai kuriuose vasarą imtuose aliuvio mėginiuose (aukštupyje ir vidurupyje) labai padidėjęs (iki 20–27%) smulkiagrūdės (<0,125 mm) medžiagos kiekis, nors kituose tiek vasaros, tiek pavasario mėginiuose ji tesudarė 3–6%. Smulkiųjų dalelių pagausėjimas sietinas su natūraliu nešmenų „filtru“ – vagoje augančių makrofitų šakotojo šiurpio (*Sparganium erectum* L.*),* drėgmenės *(Sium* L.*),* upelinės veronikos *(Veronica beccabunga* L.*)* ir kt. poveikiu.

Visos vagos aliuvio sudėtį vaizduojančioje kreivėje įvairių frakcijų kiekio skirtumai sumažėja (4 pav., a). Nors joje matyti, kad kiekiu išsiskiria trys frakcijos: žvyro (>10 mm) ir dvejopo smėlio (0,4–0,315 mm ir 0,315–0,25 mm), sudarančių atitinkamai 12,2%, 10,6% ir 10,4%. Nešmenų granuliometrijos klasių grupėje gausumu išsiskiria vidutingrūdžiai smėliai (29%) bei žvyras (25,5%). Smulkučio smėlio bei smulkesnių dalelių upės vagoje susilaiko labai mažai, nes jos išplukdomos į Žeimeną (4 pav., b).

Jusinės vagos aliuvio sudėtis panaši į prieš tai minėto Žeimenos intako nuosėdas. Šioje upėje klostosi kiek vienodesni nešmenys, pasižymintys mažesne D_{50} sklaida – 0,3–4,9 mm. Vagos dugno nešmenų sudėtyje didžiausia dalis tenka 0,8–0,16 mm skersmens dalelėms bei žvyro frakcijoms (4 pav., a). Smėlio frakcijų kiekis neviršija 15–19% ribos, stambiausių dalelių (>10 mm) dalis aliuvyje gali siekti 25–38%. Būdinga tai, kad tokiame mišriame aliuvyje pagausėja (1,2–2,7 karto) smulkučio smėlio, lyginant su vienarūšiu smėlio aliuviu. Tačiau

smulkučio smėlio dalis aliuvyje nėra didelė – 3,7%, lyginant su vyraujančių aliuvio granuliometrijos klasių kiekiais (17,4–28,7%) (4 pav., b). Dideli žvyro bei smulkaus smėlio dalelių kiekiai rodo įvairų upės srovės greitį (nuo 0,1–0,2 iki 0,9–1,2 m/s).

Manierkoje, pasižyminčioje didžiausiu (iš tirtųjų upių) vagos išilginiu nuolydžiu (0,011), vagos aliuvį sudarančių dalelių vidutinis skersmuo (D_{50}) svyruoja 0,5–1,1 mm ribose. Joms išjudinti ir transportuoti reikalinga ne mažesnio kaip 0,4–0,6m/s greičio srovė. Tačiau potvynių ar poplūdžių metu upės tėkmė gali būti ir spartesnė – 0,8–1,2m/s. Tą rodo dalies aliuvio mėginių granuliometrinė sudėtis, kurioje nemažas kiekis (20–43%) tenka žvyro frakcijoms, tarp kurių vyrauja 7–10 mm ir didesnio skersmens dalelės.

Išskirtos smėlio frakcijos didelio kiekio nesudaro (neviršija 6–9% ribos). Tarp jų kiek daugiau yra 0,63–0,2 mm didumo dalelių. Toks žvyringas–smėlingas vagos aliuvis paplitęs vidurupyje ir iš dalies žemupyje. Žemupyje žvyro dalis aliuvyje sumažėja iki 2–10%, vyraujančių frakcijų (0,4–0,2 mm) smėlio padaugėja iki 14–23%. Šios frakcijos vyrauja ir apibendrinančioje kumuliatyvinėje kreivėje (4 pav., a). Tarp aliuvio granuliometrijos klasių vyrauja vidutiniai smėliai – 38,9%. Smulkaus ir stambaus smėlio aptinkama beveik po lygiai ir jie tik šiek tiek viršija žvyringų dalelių kiekį (4 pav., b).

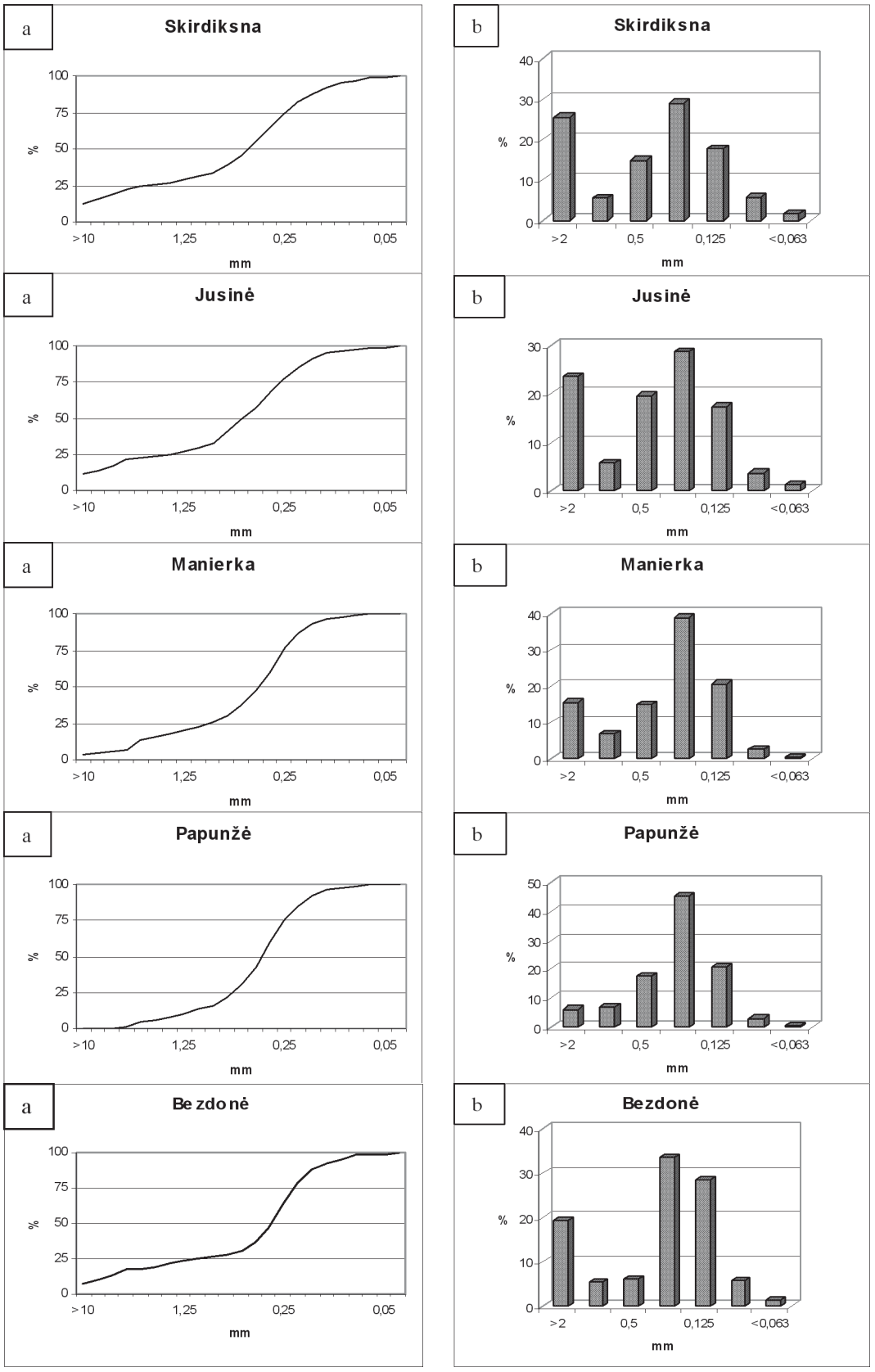
Lyginant pavasario ir vasaros nuosėdų duomenis vasaros aliuvyje nustatytas žvyro frakcijų sumažėjimas – 5–8%, kurį kompensuoja nežymus smulkiagrūdžio smėlio bei dulkių frakcijų padidėjimas.

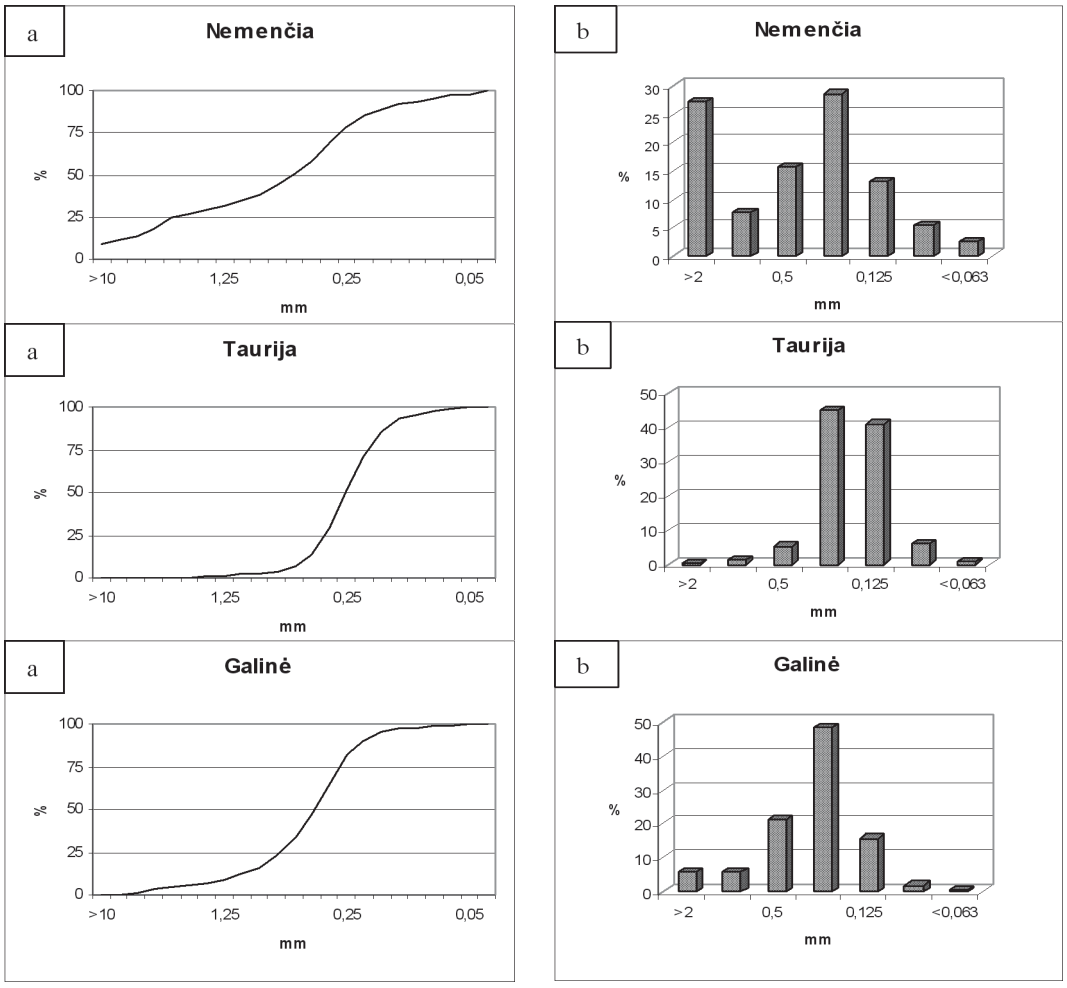
Papunžės, kaip ir kitų minėtų upių, nesureguliuotas tik žemupys, esantis Neries slėnio ribose. Dideli reljefo peraukštėjimai slėnio ribose (vagos nuolydis – 0,019) lemia nemažą srovės greitį bei aktyvius vaginius procesus. Vagos dugną dengia gargždo, smulkių akmenukų sluoksnis, kai kuriuose ruožuose pereinantis į stambų žvyrą. Atsparų išplovimui vagos dugną dengia smulkesni nešmenys, granuliometrine sudėtimi labai artimi reguliuotoje vagoje besiklostančiam aliuviui. Smulkaus aliuvio kaupimąsi didelio nuolydžio vagoje lemia joje nedideliu atstumu (kas keli metrai) esantys pavieniai rieduliai, mažinantys srovės greitį.

Vagos aliuvio granuliometrinė sudėtis didele įvairove neišsiskiria. Tik keliuose mėginiuose buvo aptikta smulkiagrūdžio žvyro dalelių (4–13%) bei nustatytas padidėjęs labai stambaus smėlio kiekis (8–14%). Smėlingo aliuvio didžiausią dalį (10–25%) sudaro 0,63–0,16 mm frakcijos, tarp kurių gausiausia (15–25%) – 0,4–0,315 mm. Pati smulkiausia, kaip ir stambiausia, medžiaga aliuvyje sudaro labai menką dalį ir vaginiams procesams didesnio poveikio nedaro (4 pav., a). Reguliuotoje upės vagoje vietomis įsitvirtinę vandens augalai: kanadinė elodėja *(Elodea canadensis* Michx.*),* upelinė veronika *(Veronica beccabunga* L.*),* šakotasis šiurpis *(Sparganium erectum* L.*)* ir kiti makrofitai, sulaikantys judančius nešmenis ir skatinantys fitoakumuliacinių kauburių bei sąnašų šleifų formavimąsi. Žolėtame vagos dugne daugiausia kaupiasi vidutinis ir smulkus smėliai: vyraujančios 0,63–0,16 mm frakcijos sudaro 70–80%.

Vagos aliuvio granuliometrijos klasių pasiskirstymas rodo neblogą jo rūšiuotumą. Didesnę aliuvio dalį sudaro vidutingrūdžiai (45,3%) ir smulkiagrūdžiai (20,7%) smėliai (4 pav., b). Aliuvį sudarančių dalelių skersmuo (D_{50}) keičiasi nuo 0,3 mm iki 0,5 mm. Tokio dydžio dalelėms pernešti pakanka 0,3–0,4m/s greičio tėkmės.

Bezdonė – kairysis Neries intakas – turi ilgiausią (59%) natūralios vagos atkarpą (Vekeriotienė, 2003). Aukštutinėje sureguliuotoje upės dalyje įrengta tvenkinių, tad aliuvio pavyzdžiai imti tik natūralioje vagoje, kuri pasižymi dideliu išilginiu nuolydžiu (0,066). Upės dugną įvairaus ilgio atkarpose dengia grubaus žvyro, gargždo bei smulkių riedulių sankaupos. Skirtinga upės vagos savigrindos sluoksnio sudėtis bei mozaikiškas vienalytės dugno sudėties atkarpų pasiskirstymas vagoje rodo sudėtingą upės hidrodinaminį režimą, didelius srovės greičius potvynių metu.


a
Skirdiksna
100
75
50
25
0
%
>10
1,25
0,25
0,05
mm
b
Skirdiksna
40
30
20
10
0
%
>2
0,5
0,125
<0,063
mm
a
Jusinė
100
75
50
25
0
%
>10
1,25
0,25
0,05
mm
b
Jusinė
30
20
10
0
%
>2
0,5
0,125
<0,063
mm
a
Manierka
100
75
50
25
0
%
>10
1,25
0,25
0,05
mm
b
Manierka
40
30
20
10
0
%
>2
0,5
0,125
<0,063
mm
a
Papunžė
100
75
50
25
0
%
>10
1,25
0,25
0,05
mm
b
Papunžė
50
40
30
20
10
0
%
>2
0,5
0,125
<0,063
mm
a
Bezdonė
100
75
50
25
0
%
>10
1,25
0,25
0,05
mm
b
Bezdonė
40
30
20
10
0
%
>2
0,5
0,125
<0,063
mm



4 pav. Tirtųjų upių vagos aliuvio granuliometrinė sudėtis: a – išskirtų frakcijų kumuliatyvinė kreivė, b – granuliometrijos klasių pasiskirstymas.

Fig. 4. *Granulometric composition of channel alluvium in the investigated rivers: a – cumulative curve of distinguished fractions, b – distribution of granulometric classes.*

Vagos dugną formuojančių nešmenų bei savigrindos sluoksnio aliuvio vidutinis dalelių skersmuo (D_{50}) keičiasi nuo 0,26 mm iki 6,54 mm. Stambiagrūdis aliuvis dažnesnis aukštutinėje tiriamos atkarpos dalyje, pasižyminčioje dideliais srovės greičiais – 0,7–1,0 m/s. Jo sudėtyje vyrauja žvyro dalelės (50–75%), daugiausia 5–7 mm skersmens. Išskirtų frakcijų smėlio kiekis neviršija 2–5%. Žemupio link dėl pasitaikančių rėvų aliuvio sudėtis paįvairėja, vietomis kartojasi stambiagrūdžio ir smulkesnio aliuvio ruožai. Žemiau rėvų besiklostančio aliuvio dalelių D_{50} svyruoja 2,8–6,5 mm ribose ir čia vagos dugną daugiausia formuoja žvyras bei stambiagrūdis smėlis.

Prieš rėvas besikaupiančio aliuvio sudėtyje įsivyrauja 0,4–0,16 mm frakcijų smėlis. Jo kiekis labai įvairuoja – nuo 10% iki 28%. Dažniausiai didžiausius kiekius (15–28%) sudaro 0,315–0,25 mm dalelės, kiek rečiau „lyderiauja“ smulkesnių (0,25–0,2 mm) bei stambesnių (0,4–0,315 mm) frakcijų smėlis. Vidutinis dalelių skersmuo (D_{50}) sumažėja iki 0,26–2,0 mm. Vagos aliuvyje vyrauja 0,4–0,16 mm skersmens dalelės (4 pav., a). Tai atsispindi ir aliuvio nešmenų granuliometrijos klasių histogramoje (4 pav., b). Iš jos galima spręsti, kad vagą formuoja trys lygiavertės nešmenų grupės: smulkus bei vidutinis smėlis ir žvyras su stambiu smėliu.

Nemenčios dabartinį vagos aliuvį sudaro įvairūs smėliai su nemaža žvyro priemaiša (4 pav., b). Sraunesnės tėkmės vietose žvyro dalis aliuvyje padidėja iki 40–55%, daugiausia yra 2,5–5,0 mm frakcijų. Vyraujančių smėlio frakcijų spektras nenusistovėjęs. Dalyje aliuvio mėginių vyrauja 0,5–0,25 mm dydžio dalelės, o kitų vyraujančių frakcijų spektras platesnis – 0,8–0,2 mm. Būdinga tai, kad šio spektro kai kurių frakcijų kiekis mažai skiriasi, tai rodo ir kumuliatyvinės kreivės forma (4 pav., a). Kas lemia nevienodą „lyderiaujančių" smėlio frakcijų skaičių, įvertinti sudėtinga, nes panašias sąlygas reprezentuojančių aliuvio mėginių sudėtis tarpusavyje gerokai skiriasi.

Vagos dugną formuojančių nešmenų sudėtis, kaip ir viršutinis aliuvio sluoksnis, yra polidispersė. Čia beveik lygiomis dalimis aptinkamas vidutingrūdis smėlis bei žvyras, sudarantys atitinkamai 28,5% ir 27,0%. Beveik panašų kiekį (23,3%) sudaro stambaus ir labai stambaus smėlio frakcijos (4 pav., b). Taigi upės vagoje vyrauja vidutingrūdžiai bei stambiagrūdžiai nešmenys. Tai atspindi ir vidutinis dalelių skersmuo (D_{50}), kuris keičiasi nuo 0,38 mm iki 4,53 mm. Nemenčios aliuvio sudėtis daugeliu komponentų panaši į Skirdiksnos aliuvį.

Taurijos dabartinio vagos aliuvio sudėtis iš kitų tirtųjų upių išsiskiria frakcijų smulkumu. Daugelyje mėginių nebuvo stambesnių kaip 2 mm dalelių, o kai kuriuose nerasta ir stambaus smėlio. Nedaug žvyro (iki 2%) bei labai stambaus smėlio (1–5%) aptikta tik upės aukštupyje, kur tėkmė plauna morenines nuogulas. Vagos aliuvio granuliometrinės sudėties kreivė rodo, kad gausiausių ir intensyviausiai vagą formuojančių nešmenų dydis svyruoja nuo 0,5 mm iki 0,16 mm (4 pav., a). Šio spektro frakcijų kiekiai svyruoja 13–30% ribose. Lyginant vasaros bei pavasario mėginių aliuvio sudėtį ženklesnių jos pokyčių nenustatyta – skirtumai tarp frakcijų neviršijo 1% ribos.

Vidutinis aliuvį sudarančių dalelių dydis (D_{50}) kinta siaurame diapazone – 0,30–0,37 mm. Pagal šio rodiklio kaitą, Taurijos upės aliuvis turi tendenciją smulkėti žemupio link. Aukštupyje jų D_{50} svyruoja 0,34–0,37 mm diapazone, vidurupyje ir žemupyje – 0,30–0,35 mm ribose. Tačiau šiuo atveju aliuvio rupumo pokyčius lemia ne žinomi dėsningumai, susiję su vagos ir hidrodinaminių sąlygų keitimusi (Мирцхулава, 1988; Ржаницын, 1985; Россинский, Дебольский, 1980; Чалов, 1979), bet upės kelias per kito tipo nuogulas (limnoglacialiniai ir eoliniai smėliai).

Vagos aliuvyje beveik po lygiai aptinkama vidutingrūdžių ir smulkiagrūdžių smėlių, sudarančių atitinkamai 44,9% ir 41,1%. Į pakraščius nuo šio dipolio išsidėsčiusios stambesnės bei smulkesnės dalelės, kurių kiekiai labai artimi, o proporcinga histogramos sudėtis rodo gerą medžiagos rūšiuotumą (4 pav., b). Taurijos vagos dabartinis aliuvis iš kitų tirtųjų upių aliuvio išsiskiria itin mažais žvyro (0,30%) ir stambaus smėlio (1,4–5,3%) kiekiais bei kiek didesniu smulkučio smėlio kiekiu (6,1%).

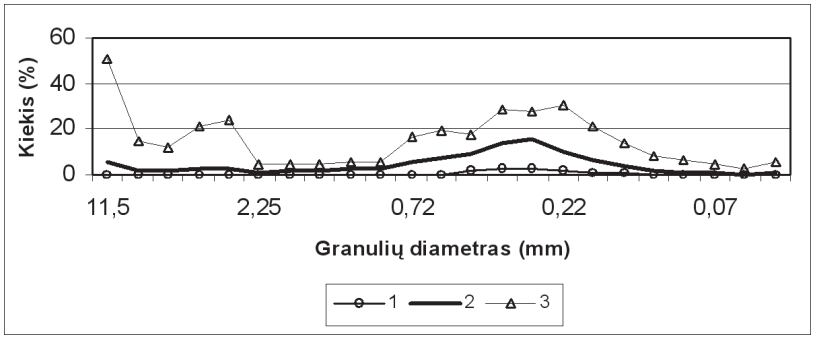
Galinėje vagos aliuvį sudarančių dalelių D_{50} kinta 0,37–0,76 mm ribose. Tarp nuosėdų vyrauja įvairiagrūdžiai smėliai, sudarantys 70–95% visų išskiriamų frakcijų. Didžiausi kiekiai (10–28%) tenka 0,8–0,2 mm frakcijoms. Tarp pastarųjų gausumu (16–28%) išsiskiria 0,4–0,315 mm dydžio dalelės (4 pav., a). Aliuvio mėginiuose žvyro aptinkama labai mažai (iki 2%). Didesnis jo kiekis susikaupia tik kai kuriuose upės ruožuose, dažniausiai žemupyje po pavasarinių potvynių. Potvynio srovei išplovus smėlio dangą, vagoje susidaro žvyro savigrinda. Slūgstant potvyniui žvyringame dugne atsiranda mažų seklumų, smėlio sąnašynų, kauburių – formuojasi dvinaris aliuvis. Tokiame sluoksniuotame aliuvyje žvyro pagausėja iki 25–30%. Be to, smulkus žvyras yra gerai rūšiuotas, apie 70–80% jo sudaro 3–5 mm frakcija.

Kintant upės vandeningumui keičiasi ir aliuvio sudėtis. Pavasarį rinktuose aliuvio mėginiuose didesnį kiekį (skirtumas – 0,2–4,6%) sudaro stambesnės frakcijos (>0,25 mm), vasarą – atvirkščiai: vagose daugiau (skirtumas – 1,1–6,0%) susikaupia smulkesnės medžiagos

3. Vagos aliuvio sklaidos dėsningumai

Upių aliuvio tyrimų duomenys rodo, kad jose formuojasi aliuvis, būdingas daugeliui lygumų upių (Baltakis ir kt.,1982; Дарбутас, 1993; Ржаницын, 1985; Россинский, Дебольский, 1980; Чалов, 1979). Vagų dugną dengia įvairiagrūdžiai smėliai, žvyras, vietomis klostomas gargždas. Tirtosiose upėse vyrauja smėliai, tačiau frakcijų pasiskirstymo suvestinės kreivės rodo kitos granuliometrinės klasės – didesnio skersmens žvyro frakcijų gausėjimą; tai itin ryšku maksimalių reikšmių kreivėje). Toks frakcijų išsidėstymas sudaro prielaidas manyti apie vagos aliuvio dalelių bimodalaus pasiskirstymo tendencijas (5 pav.). Išskiriamų vagų aliuvyje frakcijų vidutinis kiekis svyruoja nuo 0,4% iki 15,2%. Gausiausios vidutingrūdžio smėlio frakcijos – 10–15%.

Didoki aliuvio frakcijų kiekio nuokrypiai nuo vidutinės reikšmės (variacijos koeficientas *V* siekia 200–230%) liudija didelę sedimentacijos sąlygų įvairovę. Aliuvį sudarančių frakcijų kiekiai keičiasi nuo 0,1–3% iki 20–30% ar net 50% ir nuo vidutinių reikšmių skiriasi beveik du kartus (5 pav.). Pažymėtina, kad dalyje aliuvio mėginių žvyro nerasta.



5 pav. Mažų upių vagos aliuvio dalelių kiekio variacija: 1 – minimalus kiekis, 2 – vidutinis kiekis, 3 – maksimalus kiekis.
Fig. 5. *Variation of the content of alluvium particles in small river channels: 1 – minimal content, 2 – average content, 3 – maximal content.*

Pagal variacijos koeficiento reikšmes galima išskirti tris aliuvio frakcijų grupes. Didžiausi frakcijų kiekio svyravimai (*V* = 100–230%) nustatyti tarp žvyro frakcijų. Kiek mažesni skirtumai (*V* = 90–135%), bet vis dar vertintini kaip anomalūs, būdingi smulkiausių frakcijų grupei (<0,125 mm). Ir trečią, mažiausiai kaičių (*V* = 40–85%) frakcijų, grupę sudarytų 2–0,125 mm smėlio dalelės. Šioje grupėje reikėtų dar išskirti 0,5–0,25 mm daleles, kurių kiekis keičiantis sedimentacijos sąlygoms beveik nekinta (*V* = 40–50%). Taigi mažų upių vagų aliuvyje vyrauja vidutingrūdžiai smėliai.

Iš tyrinėtų upių aliuvio granuliometrinės sudėties apžvalgos sunku spręsti apie vienos ar kitos sudėties aliuvio sklaidą upėse. Be abejo, tikslų atsakymą duotų detalus vagos aliuvio kartografavimas, bet tam reikia didelių laiko ir darbo sąnaudų. Paprastesnis, nors ir ne toks tikslus, galimas kitas šios problemos sprendimo būdas – panašios sudėties aliuvio mėginių paplitimo upės vagoje įvertinimas.

Vienas išvestinių rodiklių, apibūdinančių vagos aliuvio sudėtį, yra medianinis dalelių skersmuo (D_{50}). Pagal jo reikšmes, mažos upės aliuvio sudėtis keičiasi nuo smulkaus smėlio iki smulkiagrūdžio žvyro. Išskiriami 5 grunto tipai tirtosiose upėse pasiskirstę įvairiai (lent.).

Turimais duomenimis, žvyringos sąnašos dažniau aptinkamos Bezdonėje, Nemenčioje, Jusinėje (sudaro iki 20%). Kitose upėse jų yra mažiau arba, pvz., Manierkoje, Galinėje ir

kitose, iš viso nėra. Tenka pripažinti, kad realiai taip nėra. Žvyringų sąnašų didesni ar mažesni plotai aptinkami visose upėse. Mažiausia jų susidarymo tikimybė Taurijos vagoje, nes čia tėkmė daugiausia separuoja eolines bei limnoglacialines nuogulas. Mažų upių dugną, apie 80% ir daugiau, dengia smėliai. Itin išplitę vidutingrūdžiai smėliai, sudarantys 60–80% ir daugiau. Smulkaus smėlio gausa vagoje išsiskiria Taurija – 60%. Kitose upėse jie mažiau paplitę, kaip ir stambaus smėlio sąnašos (lent.).

Lentelė. Vagos aliuvio granuliometrinė sudėtis ir sklaida mažose upėse (% bendro kiekvienos upės aliuvio mėginių skaičiaus).

Table. *Granulometric composition and distribution of channel alluvium in small rivers (%) of the total of the alluvium samples from each river.*

Aliuvį sudarančio grunto pavadinimas *Name of soil composing alluvium*	**Upės** / *Rivers*							
	Skirdiksna	Jusinė	Manierka	Papunžė	Bezdonė	Nemenčia	Taurija	Galinė
Pagal medianinį dalelių skersmenį / *According to median diameter of particles* (D_{50})								
Smulkiagrūdis žvyras / *Fine-grained gravel*	12	0	0	0	20	0	0	0
Labai smulkus žvyras / *Very fine gravel*	0	16	0	0	0	20	0	0
Stambus smėlis / *Coarse-grained sand*	38	34	34	15	20	20	0	25
Vidutinis smėlis / *Medium-grained sand*	38	34	66	85	40	60	40	75
Smulkus smėlis / *Fine-grained sand*	12	16	0	0	20	0	60	0
Pagal gruntą sudarančius komponentus / *According to the soil components*								
Labai smėlingas žvyras / *Gravel with a very high proportion of sand*	14	16	0	0	20	12	0	0
Labai žvyringas smėlis / *Sand with a very high proportion of gravel*	43	32	40	0	0	36	0	12
Žvyringas smėlis / *Sand with gravel*	14	0	20	60	20	28	0	12
Smėlis / *Sand*	29	52	40	40	60	24	100	76

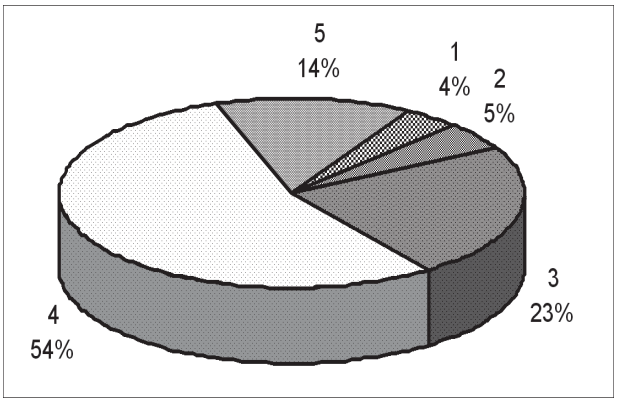
Aptariant įvairius aliuvio sudėties variantus buvo užsiminta apie granuliometrijos klases: žvyrą, smėlį, dulkes. Pagal šių komponentų procentinę dalį (Dundulis, 1997) apibūdinus aliuvį, gauti panašūs duomenys, kaip ir pagal D_{50}. Upių dugną dengiančio aliuvio sudėtis keičiasi nuo labai smėlingų žvyrų iki žvyringo smėlio bei smėlio (lent.). Daugiausiai smėlių aptinkama Jusinėje, Bezdonėje, Taurijoje ir Galinėje – 50–100%.

Apibendrintais tirtųjų upių vaginio aliuvio dalelių D_{50} duomenimis, vyrauja smėlingos sąnašos (sudaro per 90%), tarp jų – vidutingrūdžiai smėliai (54%). Po jų eina stambus bei smulkus smėlis ir galiausiai žvyras, kuriam tenka tik 9% (6 pav.).

Komponentinės sudėties principu sudaryta suvestinė diagrama yra proporcingesnė. Be to, ir jos sudėtis rodo kiek kitokį vagos aliuvio pasiskirstymą. Šiuo atveju smėlingo aliuvio dalis sumažėja iki 40%, o kitą dalį sudaro mišrios sudėties (smėlis–žvyras) aliuvis (7 pav.).

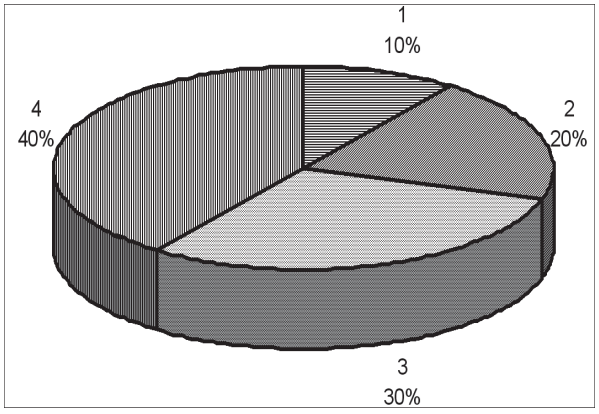
Žvyro priemaiša smėlingame aliuvyje liudija tėkmės greičio kaitą upėje. Atliktais skaičiavimais, pavasarinių potvynių metu tirtosiose upėse srovės greitis padidėja iki 1–1,3 m/s. Tokia srovė pajėgi transportuoti iki 10–15 mm skersmens nešmenis bei formuoti gargždingą ar net akmeningą savigrindą. Nuosėkio metu, srovei sulėtėjus, vagos dugnas pasidengia smulkiagrūdžiu aliuviu.

Lyginant ir vertinant upių aliuvio vidutinius granuliometrinės sudėties duomenis išryškėjo kai kurie bendri dėsningumai. Pavyzdžiui, pagal aliuvį sudarančių dalelių vidutinį D_{50} galima



6 pav. Mažos upės vagos aliuvio struktūra dalelių medianinio skersmens duomenimis: 1 – smulkiagrūdis žvyras, 2 – labai smulkus žvyras, 3 – stambus smėlis, 4 – vidutinis smėlis, 5 – smulkus smėlis.
Fig. 6. *Structure of small river channel alluvium according to the data of median diameter of particles: 1 – fine-grained gravel, 2 – very fine-grained gravel, 3 – coarse-grained sand, 4 – median-grained sand, 5 – fine-grained sand.*

išskirti šias upių grupes: rupiausias vagos aliuvis yra Skirdiksnoje, Jusinėje ir Nemenčioje (0,76–0,82 mm); smulkesnė jo sudėtis Papunžėje, Manierkoje ir Galinėje (0,40–0,48 mm); tarp šių grupių įsiterpia Bezdonė (0,64 mm); atskiros grupės verta ir smulkiausia aliuvio sudėtimi išsiskirianti Taurija (0,30 mm). Panašiai upės išsirikiuoja ir pagal aliuvyje vyraujančio vidutingrūdžio smėlio kiekį. Remiantis šiuo požymiu išryškėja dvi mažų upių grupės.



7 pav. Mažos upės vagos aliuvio struktūra gruntą sudarančių komponentų duomenimis: 1 – labai smėlingas žvyras, 2 – labai žvyringas smėlis, 3 – žvyringas smėlis, 4 – smėlis.
Fig. 7. *Structure of small river channel alluvium according to the data of soil components: 1 –gravel with a very high proportion of sand, 2 – sand with a very high proportion of gravel, 3 – sand with gravel, 4 – sand.*

Vienose jų – Skirdiksna, Jusinė, Nemenčia – vidutingrūdžio smėlio kiekis (28–29%) yra beveik identiškas. Antrą grupę, kuriai būdingas kiek platesnis smėlio kiekio variacijos diapazonas (44,8–48,5%), sudaro Taurija, Papunžė, Galinė. Šiuo atveju tarpinę padėtį tarp išskirtų upių grupių užimtų Bezdonė (33,5%) ir Manierka (38,9%). Minėtieji atvejai rodo, kad mažos upės vagos dabartinio aliuvio granuliometrinę sudėtį lemia ne vienas veiksnys ar sąlyga, o jų kompleksas. Šiam dėsningumui pagrįsti reiktų išplėsti ne tik tiriamų upių geografiją, bet ir plačiau taikyti matematinius tyrimo metodus.

Išvados

Dabartinio vagos aliuvio granuliometrinės sudėties tyrimai apėmė Pietryčių Lietuvos hidrologinės srities mažas upes, kurių baseinuose vyrauja akvaglacialinės kilmės reljefas. Viršutinis vagos aliuvio sluoksnis atspindi ir vagos dugną formuojančių nešmenų sudėtį. Įvairiagrūdį dabartinį aliuvį formuoja skirtingo greičio (0,1–1,3m/s) upės tėkmė.

1. Vagos aliuvio sudėtis mažoje upėje yra nepastovi ir jos kitimo kryptis išilgai upės yra neaiški. Aliuvį sudarančios frakcijos išsiskiria didele kiekybine kaita: V = 40–230%; nepastoviausi – stambiausių (žvyro) ir smulkiausių (<0,125 mm) frakcijų kiekiai.

Jų kaitos variacijos koeficientas *V* atitinkamai lygus 100–230% ir 90–135%. Pastoviausias yra 2–0,125 mm smėlio dalelių kiekis: *V* = 40–85%. Šiuo atžvilgiu mažiausiu nuokrypiu išsiskiria 0,5–0,25 mm dalelės, kurių *V* = 40–50%.

2. Dabartinio mažos upės vagos aliuvio dalelių vidutinis medianinis skersmuo (D_{50}) svyruoja nuo 0,2 mm iki 10,1 mm. Pagal šį rodiklį mažos upės vagos aliuvis keičiasi nuo smulkaus smėlio iki smulkiagrūdžio žvyro. Aliuvį sudarančių komponentų (žvyras, smėlis, dulkės) sudėtis mažoje upėje keičiasi nuo smėlių iki labai smėlingų žvyrų.

3. Mažos upės vagos aliuvyje (D_{50} duomenimis) vyrauja smėlingos sąnašos (≥90%), tarp jų – vidutingrūdis smėlis (54%). Stambiagrūdė medžiaga sudaro tik apie 9%. Tarp mažos upės vagos aliuvio komponentų vyrauja mišrus (smėlis–žvyras) aliuvis – 60%. Smėlingo aliuvio dalis sumažėja iki 40%.

4. Atsižvelgiant į aliuvio dalelių vidutinį skersmenį (D_{50}) mažas upes galima sugrupuoti į 4 grupes: rupaus aliuvio (Skirdiksna, Jusinė, Nemenčia), vidutinio rupumo (Bezdonė), smulkaus (Papunžė, Manierka, Galinė) ir ypač smulkaus (Taurija).

Gauta 2004-09-03

Literatūra

Baltakis V., Beconis M., Česnulevičius A., Dicevičienė L., Dvareckas V., Juozapavičius G., Jurgaitis A., Masiliūnas L., Mardosienė D., Mikalauskas A., Mikutienė L., Minkevičius V., Rupkutė A., Švedas K., Vekeriotienė I. (1982). Neries slėnio geodinaminiai procesai, *Geografijos metraštis* **20**, p. 5–64.
Dundulis K. (1997). The Lithuanian Unified Soil Classification System, Vilnius.
Gailiušis B., Jablonskis J., Kovalenkovienė M. (2001). Lietuvos upės: hidrografija ir nuotėkis, Kaunas.
Kilkus K. (1998). Lietuvos vandenų geografija, Vilnius.
Kriaučiūnas R. (1993). Neries hidrografija, *Energetika* **1**, p. 20–41.
Šukys P., Poškus V. (1998). Griovių deformacijos kaupiantis sąnašoms, *LŽŪU ir LVŪI mokslo darbai* **5**(27), p. 130–141.
Vekeriotienė I. (2003). Vagų tinklas mažųjų upių baseinuose, *Geografijos metraštis* **36**(1), p. 68–79.
Голосов В. Н., Иванов Н. Н., Литвин Л. Ф., Сидорчук А. Ю., Чернов А. В. (1991). Трансформация стока наносов на водосборах малых рек Европейской части СССР. *Комплексное использование и охрана водных ресурсов*, Ленинград, с. 96–103.
Дарбутас А. А. (1993). Устойчивость русла р. Неман, *Геоморфология* **4**, с. 74 –81.
Кузнецов В. А., Юргайтис А. А., Шиманович С. Л. (1980). Вещественный состав и закономерности дифференциации верхнеплейстоценного и голоценного алювия долины Немана, *Аллювий*, Вильнюс, с. 3–22.
Микалаускас А. П., Чеснулевичюс А. А., Минкявичюс В. А., Векерётене И. К., Гентвилас Э. С. (1988). Геоморфология долины реки Нярис на участке Вильнюс–Буйвиджяй (3. Динамика форм рельефа и отложений дна русла), *Тр. АН ЛитССР, сер. Б* **4**(167), с. 117–131.
Мирцхулава Ц. Е. (1988). Основы физики и механики эрозии русел, Ленинград.
Ржаницын Н. А. (1985). Руслоформирующие процессы рек, Ленинград.
Россинский К. И., Дебольский В. К. (1980). Речные наносы, Москва.
Рухин Л. Б. (1947). Гранулометрический метод изучения песков, Ленинград.
Чалов Р. С. (1979). Географические исследования русловых процессов, Москва.

Stasys Paškauskas, Irena Vekeriotienė
Institute of Geology and Geography, Vilnius

Alluvium of small river channels: granulometric composition

Summary

Channel alluvium is a result of fluvial processes reflecting the dynamics of river flow, character of erosion processes in the channel and basin and changes of environmental conditions. The article describes the granulometric composition of alluvium accumulating in small river channels.

Investigation included the up to 30 km long regulated small rivers of South-eastern Lithuania. Their basin area makes up to 75 km^2 and the yield ranges from 3.5 l/s km^2 to 9.4 l/s km^2. The river channels have been regulated by 41 % to 100 %. The greater part of the river network (60–90 %) has developed in fluvioglacial and limnoglacial sediments. Formation of channel alluvium is taking place under relatively similar geomorphological conditions.

The average proportion of fractions composing the channel alluvium equals to 0.4 %–15.2 % displaying high deviation from the mean value. The greatest variations are characteristic of course-grained (>2 mm) and fine-grained (<0.125 mm) fractions. Their deviation from the mean value reaches 90–230 %. Least variable (most stable) are medium-grained (2–0.125 mm) fractions. The deviation from the mean value is only 40–85 %.

One of the derived parameters, describing the composition of channel alluvium, – the median diameter (D_{50}) – ranges from 0.3 to 0.4 mm in Taurija to 0.3–10.1 mm in Skirdiksna. Judging from its values the composition of small river alluvium ranges from fine-grained sand to fine-grained gravel. Sediments composed of gravel occur in greater amounts in Bezdonė, Nemenčia and Jusinia, where they account for up to 20 %. Alluvium of regulated small river channels is predominated by sandy sediments (more than 90 %): medium-grained sands make up 54 % and the coarse-grained material (gravel) – only 9 %.

When the granulometric composition of alluvium is evaluated by componential principle the proportion of sandy alluvium reduces to 40% and inequigranular alluvium (sand–gravel) becomes the dominant one – 60 %.

Four groups of small rivers are distinguished according to the median diameter (D_{50}) of particles composing alluvium. The most coarse-grained alluvium is forming in Skirdiksna, Jusinia and Nemenčia (0.76–0.82 mm), medium-grained alluvium – in Bezdonė (0.64 mm), fine-grained – in Papunžė, Manierka and Galinė (0.4–0.48 mm), and especially fine-grained – in Taurija (0.30 mm) rivers.

ISSN 0132–3156 Geografijos metraštis 37(1-2) t., 2004

PROBLEMS OF CONTINENTAL DUNE RESEARCH AND THEIR SOLUTION METHODS IN POLAND

Bogdana Izmailow
Institute of Geography and Spatial Management of the Jagiellonian University, Grodzka 64, 31-044 Cracow, Poland
E-mail: bizmailo@arsenal.geo.uj.edu.pl

Regina Morkūnaitė
Institute of Geology and Geography, T. Ševčenkos 13, LT-03223, Vilnius
E-mail: morkunaite@geo.lt

Introduction

Dunes cover a high percentage of Poland's territory where they occur as large continuous fields, small sets of dunes or single dunes scattered over nearly the entire surface area of the country. Their distribution in Poland is illustrated by sketch-maps and by the General Geomorphological Map of Poland (Starkel, 1980). As dunes and eolian sand covers are widespread in a large portion of Europe (including Poland), they have been the frequent object of study, resulting in hundreds of publications concerning these forms (Nowaczyk, 1986a) (Fig.1).

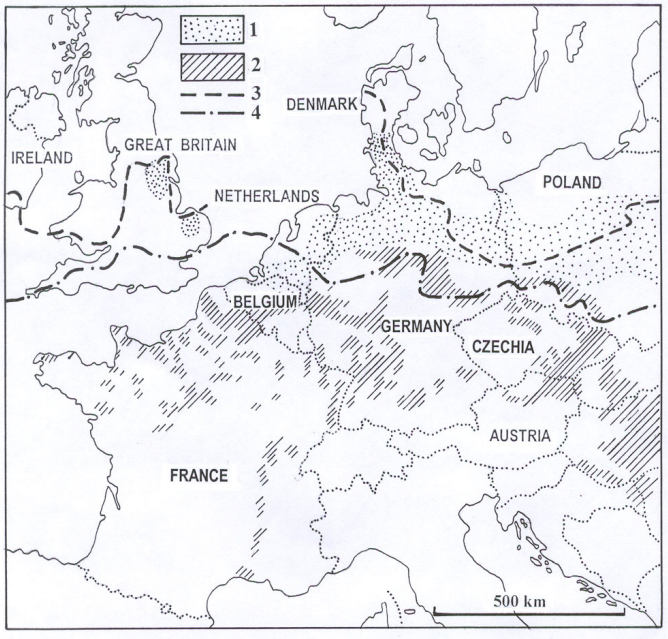


Fig. 1. Areal distribution of the European sandy–loess belt (compiled from various sources): 1 – eolian sand belt (inland and river dunes, cover and drift sands), 2 – sandy loess and loess deposits belt, 3 – the maximum extent of Weishelian (Devensian, Vistulian) ice sheet, 4 – the maximum extent of the continental Pleistocene ice sheet.

1 pav. *Teritorinis Europos smėlio-lioso juostos išsidėstymas (sudaryta remiantis skirtingais šaltiniais): 1 – eolinio smėlio juosta (žemyninės ir paupinės kopos, dengiamasis ir judrusis smėlis), 2 – smėlio–lioso ir lioso nuogulų juosta, 3 – Weishelio (Devensio, Vyslos) ledyno maksimalaus paplitimo riba.*

Eolian sands are known in such Lithuanian localities as the Curonian spit, Dzūkija Region, Kazlų Rūda, Rūdninkai, Viešvilė forest environs and some other places. They have been insufficiently investigated what becomes evident when one familiarizes with the scientific literature about dunes in Poland.

The aim of the present work is to overview the scope of problems analysed by Polish dune researchers (about 30 working in this field at present), compare the newest studies of eolian deposits with the previous works emphasizing the advance made and what is to be still done in the future, introduce the main methodical principles and most widespread methods, and to describe the method of determining the roundness of grain using a unique device.

1. The problems of investigation of Polish continental dunes

Some time ago (the 70ties–80ties of the 20th century) researchers – such as S. Kozarski, K. Tobolski (1968), B. Nowaczyk (1986 a,b), R. Borowka et al. (1986), R. Galon (1969), A. Okolowisz (1965), A. Dylikowa (1969), Z. Churska (1969), U. Urbaniak (1969) emphasized the importance of continental dune studies in Poland because the character of aeolian deposits reflects the climate changes in the past and even may be helpful for reconstruction of the landscape at the end of Pleistocene and in Holocene. Many literary works describe the distribution and spread area of continental dunes. The spread areas of their complexes in Poland are in the Silezian Lowlands, Lublin Upland, Torun–Bydgoszcz depression, Kampinos Forest, Sandomierz depression, and Leba environs. Many solitary dunes are scattered on the banks of such rivers as: Wkra, Pilica, Wisla, Odra, and Warta. As was mentioned above, the distribution of dunes is a sensitive indicator of geographical environment conditions that existed in different time frames of the past. Detailed studies of the problems raise the question whether dune formation was a continuous process or took place only at certain development phases. There are questions related with the dune age and dune formation conditions (whether they were uniform or bore zone character forming behind the melting glacier). Dunes are also investigated from the point of view of the mechanism of aeolian processes (dominance of accumulative or deflation processes). This mechanism can be comprehended analysing the microforms of coastal sandy relief. There are a lot of questions about the causes of uneven distribution of dunes (relief or hydrographic conditions), the extent to which the type of deposits predetermines the distribution pattern and the role of vegetation in stopping the dune movement. Basing on the dune structure (grain distribution according to their size) and texture (absence or presence of layers) A. Dylikowa (Dylikowa, 1969) distinguished four aeolian covers in the central Poland. Each recorded sand cover corresponds with the dune formation phase whereas the presence of orogenic material or buried horizon implies a pause between accumulation processes. The four distinguished dune covers are reflections of the four development phases of dunes: initial (Lower Driassic), main (Middle Driassic), reformation (Upper Driassic) and degeneration (Holocene after Preboreal) phases. There is an interesting question related with the position of dune forms. It is still not clear whether the reformation of dunes followed a regular pattern. Can we, for example, consider the parabolic dunes to be the initial form of longitudinal or transversal dune ridges or the other way round? Among investigation methods we can mention the comparison of morphological axes of different complexes with the structural axes. For example, a clear link between the morphological and structural axes in the upper part of dunes may serve as a proof of sand cover developed during the reformation phase.

Discrepancy between these axes implies that a thick aeolian cover previous to parabolic forms has developed from ridge-shaped forms. Not only the character of movement but also the topographic and hydrographic conditions may be mentioned among the causes of differences between the layers of various dune forms. W. Stankowski has determined (Stankowski, 1963) the link between the parabolic dunes and shallow till in the territory of Poland Major.

Among many scientific problems we can also mention ephemeral sand plants changing their arrangement and form depending on the wind direction. Psamophytes most actively participate in dune formation. They begin to grow vigorously when covered by sand containing humus and mineral salts. The long thin roots supply the plants with nutrients (partly coming with precipitation) and young sprouts and leaves shoot out from the sand.

Generalizing we must point out that the newest works of Polish continental dune researchers (Izmailow, 1975, Izmailow, 1984; Izmailow, Nalepka, 1994; Issmer, 1996; Dulias, 2002; Pelka–Gosciniak, 1996) are of descriptive and analytical character and based on abundant field material. Detailed morphological and structural analysis is the main research strength of recent years. It is expected to answer the global questions about dune formation. Examination of interesting wind–eroded boulders eglogliptolithes (Antczak–Gorka, 1996) suggests the absence of hypothetical 'Vrzesnia bay' in the eastern part of the Great Polish Lowlands. It is an attempt to characterize aeolian sands by the dendritic method, when investigation was carried out on the large crescentic dune (barkhan) (Szcypek, 1987). The Bukowino quarry in the Silesian Upland, where anthropogenic activity entailed aeolian processes forming deposits of the 'nebkcha' type has been the object of investigation for a few last years (Szcypek, Wach, 1993). It is characteristic that researchers of Poland have begun the international relationships and cooperation. A few common scientific products have been published (books, articles). One of them is "Aeolian processes in different landscape zones", which contains an article about aeolian phenomena in the south–western part of Spits Bergen in the Arctic (Kida, 2000) while the basic physical features of contemporarily blown aeolian sands in steppe zone of the Selenga–Chikoy interfluve in the Eastern Siberia are described in the paper by T. Szczypek and V. A. Snytko (Szczypek, Snytko, 2000).

2. Methodical principles and methods of eolian sand research

Polish experts study aeolian forms basing on cartographic material, field excavations (to the depth of 3 m), and microscopic analysis of textures and grains – rounded, frosted or transparent with different units – which provide information about movement in the wind and sand flow. They also use in their research a unique device – graniformameter.

The field studies involved mapping dunes in the study area, locating outcrops within them, and then detailed morphological–structural (textural) studies of dunes, which met the criteria required of such studies: were built of bedded sand, exposed over large areas in longitudinal and transversal sections crossing the central part of the dune. For each dune its conditions of occurrence, orientation, and shape as projected on a plane, shape of morphological axis, exposures and angles of slopes were described. The bedding of the sand was mostly studied in three planes: the horizontal plane, and vertical cross sections parallel and at right angles to the maximum dip of the laminar beds in different parts of the form. Particularly important are the measurements and dips of the laminar beds in lee–ward structures, made at 25 centimeters intervals in the vertical cross sections, marked at 1.5 m intervals along the lee-side slopes in several cases along the entire length of the form. They served to identify

possible changes in the position of the morphological as well as the shape of the dunes during their development (Izmailow, 2001). Samples of sand from the dunes and substrate in several vertical profiles along the longitudinal cross sections of the form were taken for laboratory analysis.

The degree of deposit aeolization may be recorded in various features of deposits, such as composition of heavy minerals, proportion of quartz in the sandy fraction, the sorting degree, rounding and frosting degree of quartz grains.

The petrographic and mineralogical analysis of deposits is extremely valuable for inferring on the source and character of sedimentation, morphogenetic processes acting during deposit formation, and post–sedimentation processes. The petrographic composition varies according to the interval of the grain size. In order to determine the age and origin of deposits it is especially important to analyze heavy minerals. To define the age and origin of a deposit it is essential to divide heavy minerals occurring in it into minerals resistant and noon-resistant to chemical weathering.

According to the extreme limits of grain size in the analyzed sediments various methods of the measurement of granulometric composition are used. Analysis of sandy deposits (dustless, well washed) is usually made by dry way using a set of sieves of mesh size from 0.06 to 2.5 mm. To make further presentation of the results it is most advantageous to use in the sieve analysis as many sieves as possible in the tiniest fraction intervals. If the sieves are defined in phi units, it is recommended to use a set of sieves at the intervals every 0.5 phi unit.

Selected methods of analysis of the sand grain shape for palaegeographic and stratigraphic studies are used especially in Poland. Among four aspects of geometric methods, two of them are particularly useful for the above–mentioned purpose: 1. Surface texture and 2. Grain roundness. The former can be examined most precisely under electronic microscope (for example, SEM), and it permits an analysis of a large number of grain. It is advisable to complement observation from the optical microscope with the examination of selected grains under the electronic microscope. Unfortunately, there have so far been no widely accepted and fully satisfactory procedures of the analysis of roundness and texture of the grain surface. For the purpose of the history of grain abrasion, easiness of measurements and frequency of application the following methods were used: 1. Morphoscopy, 2. Measurement of roundness by comparing with standard charts, and 3. Mechanical graniformametry. Three main types of grains were distinguished according to morphoscopy method: 1. Unabraded, 2. Polished rounded, 3. Maximally rounded. In the case of sand grains the roundness is most often measured by comparing the grain shape with standards on chart of the Krumbeim scale, Power's scale and Gozdik scale. In Poland there are many well rounded grains and the arithmetic Krumbein scale differentiates them in a better way (Badania…, 1995). Mechanical graniformametry method is most frequently used in Poland.

3. The graniformametric method of the investigation of the sand grains

The shape of grains in the deposit regardless of their size depends on a number of factors, including the initial shape of the grain, its physical and chemical features, the duration of the process, character and environment of transport, as well as the type and intensity of weathering following the sedimentation. The two latter factors usually affect the grains most, especially the type and extent of its rounding and surface frosting. Thus the character of rounding and surface frosting of the grain is an indicator of the transport environment and of the subsequent diagenesis of deposits.

The form of grains is one of the most difficult properties of deposits to define. Methods used to examine the rounding of the grains depend on their size. Determination of the degree of abrasion of grains of the sandy fraction is attained using several methods. One of them is mechanical graniformametry (Fig.2).

Fig. 2. The view of uninique mechanical graniformameter used for determining the abrasion of eolian sand grains (photo by B. Izmailow), created in 1964 by B. Krygowski.
2 pav. *Unikalus mechaninis graniformametras naudojamas eolinio smėlio dalelių apzulinimo laipsniui nustatyti (B. Izmailov nuotr.), kurį sukūrė B Krygowskis 1964 m.*

It was introduced by B. Krygowski (1964), who adopted the behaviour of grains on inclined plane as the basis for their differentiation. He constructed a measuring device, which he called a graniformameter. The measure consists of the angle value at which the grain starts to roll down on the inclined plane of graniformameter.

Determination of the degree of abrasion of grains of the sandy fraction is usually based on the examination of quartz grains. Quartz is one of the most resistant mineral which very long preserve the features obtained in a definite sedimentary environment. Thus, before the analysis of the rounding is undertaken, this group of grains should be separated from the sample under investigation. They are cleaned from carbonate admixture by boiling in 10% hydrochloric acid. The graniformametric analysis consists of separation of 100 grains of a particular fraction (most frequently 0.75–1.02 mm in diameter, but we can take the grains 0.5–0.75 mm, 1.02–1.2 mm, 0.25–0.1 mm, 0.25–0.5 mm, 1.25–1.6 mm or 1.6–2.0 mm in diameter too) and then calculation of the proportion of grains in particular classes of rounding.

The measuring results were defined by Krygowski as indices of "abrasion". The term "abrasion" concerns both the grain shape and texture of its surface but the abrasion is

principally referred to roundness. This is reflected in defining three distinguishes types of grains:

1) those rolling down the plane inclined 0–8°, defined as well-rounded grains – γ type;
2) grains rolling at an inclination interval 8–16°, called medium-rounded grains – β type;
3) grains rolling down at an inclination of >16°, described as non-abraded grains – α type.

The sedimentary environment and its dynamics are characterized by at least several parameters according to B. Krygowski formulas**.**
They are following:
1 parameter – W_o = 2400 - (Σnk * 100) : N - coefficient of abrasion
n - number of grains in angle classes
k - mean angle in given angle class
N - number of all the grains in a sample
2d parameter – coefficient of irregularity of abrasion – $N_m = Q_3 - Q_1$
Q_3 - angle in which 75% of the grains is rolled down
Q_1 - angle in which 25% of the grains are rolled down
3d parameter – the histogram type of grain abrasion

The first index W_o is ranging from 0 for non-abraded grains to 2400 for very well rounded grains. The coefficient N_m is the measure of sorting of the grain shape. Its large value implies selection ability of the grain shape in given sedimentary environment.

The histogram has been picked out since it provides the most comprehensive definition of the deposit as far as the dynamic conditions of its origin are concerned. It made it possible to arrange a classification for them. There are four principal types of histograms, illustrating a strong or weak tendency for shape selection or a total lack of it within a given environment. Another one comprises combinations produced by the superposition of two different histograms. This latter type illustrates some sort of pulsation of two tendencies within the environment: one towards shape selection, the other to aselection. The environment is not determined from one sample, but from the frequency with which samples occur showing definite parameters and coefficients. The conclusions as to the type of sedimentary environment in which samples from exposed deposits or from bore holes must have been deposited must obviously be based on a statistically satisfactory number of samples.

The analysis of quartz-grain rounding after Krygowski failed to discern the genetically different deposits. For example in the fluvial environment the grain is liable to slower abrasion than in the glacial or aeolian ones. Although the different sedimentary environments are more or less favourable for grain abrasion the investigation of rounding of the quartz grains has shown that this feature of the grains depends on the source of the deposits too. The degree of abrasion of quartz grains of the investigated deposits may not be considered separately but should always be compared with the abrasion of grains collected from the source deposits. This comparison displays the extent of transformation. The difference between the degree of abrasion of the grains of the investigated and source deposits may indicate the rank of time of the dynamics of environment of transport and sedimentation. Analysis of quartz-grain rounding enabled a variable degree of sediment transformation during saltation or rolling to be distinguished. A set of features was chosen in order to determine the degree of transportation of the substratum sediment into another forming one. The degree of transformation of source sediments into other ones may help to estimate the duration of active process that resulted in the formation of deposits. It may be a result of the processes of morphoselection during the transport. During the traction transport, the spherical grains are included in the movement at smaller velocities than the angular grains and they make a longer way. In saltation the angular grains being easier to carry, are preferred in the movement. Thus the character of morphoselection depends on the form of transport. Spatial variability of quartz-grain abrasion within the sediments of the same genesis is a result of variability of quartz-grain abrasion in the underlying deposits.

The results of the graniformametric analysis are largely used to estimate the actual dynamics of the sedimentary environment: to determine transport direction and velocity. In the case of palaeogeographic and stratigraphic investigations the analysis of the grain shape are made in the first place for reconstruction of the history of grains being subject to abrasion in the sedimentation cycle or cycles.

The analysis of the degree of rounding of the grain provided much data for the genetic interpretation of deposits, on dynamics and kind of processes, climatic conditions, and – indirectly – on the age of deposits. These results help to establish the boundary between the deposits, which have different genesis or age. For the purpose of interpretation - the described methods of investigation was used in studies on the Quaternary deposit. However it should be borne in mind that interpretation of the results must be considered in conjunction with the results of various other methods of investigation, which supplement each other.

The graniformametric method is one of the most frequently used in Poland, Hungary and Finland, most frequently in analysis of aeolian sands. By applying mechanical graniformametry a relatively rapid determination of grain abrasion from a great number of samples became possible. As regards the values and shortcomings of the above-mentioned method, it may be said that it is least the subjective then the morphoscopic one. However, in comparison with the microscopic method, the graniformametric one diminishes the number of well-rounded grains because the angle of rolling-down depends not only on corner line, but on the grain shape too. Some of the well-rounded grains for reason of their flatness are rolling down at a big inclination and are classified as β or α type. Therefore only the grains of γtype are of homogeneous roundness and seen to be the most valuable for later genetic inferences.

We have shown the results of work with graniformametry of Ūla (in Lithuanian Southern–Eastern plain) rivers outcrops aeolian sand (Fig.3), where are seen, may be, the little difference between glacio–fluvial or glaciolacustrine substratum in this area. So far the interpretation by results of these measurements is another theme.

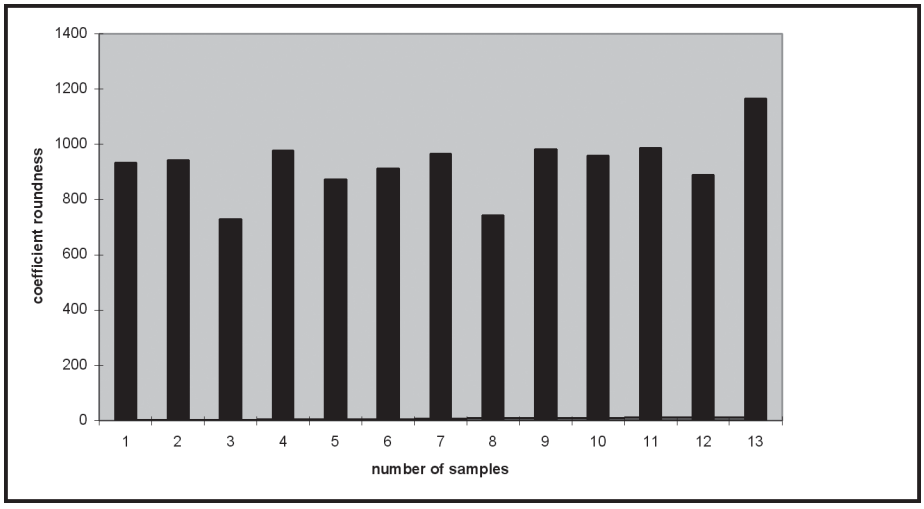


Fig. 3. The aeolian grain roundness data obtained by graniformametric method: samples from Ūla outcrops: 1– Paūliai, 2– Paūliai, 3–6– Mančiagirė, 7–8– Ūla-2, 9–11– Ūla-4, 12– Ūla-5, 13– Ūla-8.
3 pav. *Eolinio smėlio dalelių apzulinimo laipsnis, nustatytas graniformametru: pavyzdžiai iš Ūlos atodangų: 1– Paūliai, 2– Paūliai, 3–6– Mančiagirė, 7–8– Ūla-2, 9–11– Ūla-4, 12– Ūla-5, 13–Ūla-8.*

It should be noted that foreign researchers continue to seek more precise and more objective methods. Among the most promising ones are investigations based on Fourier harmonic analysis and on fractal analysis. So far, the results of measurements using this analysis, unfortunately, have not permitted to place them higher in practice than the methods used now and discussed above.

Received 05 08 2004

References

Antczak–Górka B. (1996). Zagadnienie istnienia "Zatoki wrzesińskiej" w swietle badań eologliptolitów, *Współczesne oraz kopalne zjawiska i formy eoliczne. Wybranie zagadnienia,* s. 19–27.
Badania osadów czwartorzędowych, Wybranie metody i interpretacja wynikòw (1995), Warszawa.
Borówka R., Gonera P., Kostrzewski A., Nowaczyk K., Zwolinski Z. (1986). Stratigraphy of aeolian deposits in Wolin island and the surrounding area, North–West Poland, *Boreas* **15.**
Churska Z. (1969). Fazy rozwoju wydmy w czernikowiewitowieýu**,** *Procesy i formy wydmowe w Polsce, Pr. Geogr.* **75.**
Dylikowa A. (1969)**.** Problematyka wydm sródlądowych w Polsce w swietle badań strukturalnych, *Pr. Geogr.IG PAN* **75**, s. 39–74.
Dulias R. (2002). Obróbka piasków wydmowych Kotliny Oswiæcimskiej. *Utwory i formy eoliczne,* Poznań, s. 19–24.
Galon R. (1969). O aktualnej problematyce dotyczącej wydm sródlądowych w Polsce, *Pr. Geogr. IG PAN* **75**, s. 11–17.
Issmer K. (1996). Geneza osadów piaszczystych w póznovistuliańskich profilach lessowych Klepicz i Stare Objezierze (Pomorze Zachodnie). *Współczesne oraz kopalne zjawiska i formy eoliczne. Wybrane zagadnienia,* s.**47–56**.
Izmailow B. (1975). Geneza wydm puszczy Niepołomickiej, *Folia geographica* **IX**, s. 43–60.
Izmailow B. (1984). Obróbka eoliczna ziarn piasku w zachodniej częsci kotliny Sandomierskiej, *Pr. Geogr.* **59**, s. **7–109**.
Izmailow B. (2001). Typy wydm sródlądowych w swietle badań struktury i tekstury ich osadów (na przykladzie dorzecza górnej Wisły), Kraków, 282 s.
Izmailow B., Nalepka D. (1994). Wiek i efektywnosć najmłodszej fazy rozwoju wydmy w Przerytym Borze na Wysoczyznie Tarnowskiej. W.B. Nowaczyk, T. Szczypek (red.). *Vistuliańsko–-holoceńskie zjawiska i formy eoliczne (wybranie zagadnienia),* s. 33–45.
Kida J. (2000). Aeolian processes in the area of Hornsund Fiord (SW Spitsbergen). *Aeolian processes in different landscape zones.* Sosnowiec, s. 27–39.
Kozarski S., Tobolski K. (1968). Holocenskie przeobrażenia wydm sródlądowych w Wielkopolsce w swietle badań geomorfologicznych i palynologicznych, *Folia Quarternaria* **29.**
Krygowski B. (1964). Graniformametria mechaniczna, *Teoria–zastosowanie, PTPN. Pr. Kom. Geogr – Geol.* **2.**
Nowaczyk B. (1986, a). Wiek wydm w Polsce, Poznań.
Nowaczyk B. (1986, b). Wiek wydm i ich cechy granulometryczne i strukturalne a schemat cyrkulacji atmosferycznej w Polsce w póżnym vistulianie i holocenie. *Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*, *Ser. Geografia* **28**, s. 1–245.
Okolowisz W. (1965), Próba charakterystyki warunków klimatycznych okresu rozwoju wydm sródlądowych w Polsce. *Procesy i formy wydmowe w Polsce,* Warszawa.
Pelka–Gościniak J. (1996). Cechy strukturalne i teksturalne wydmy barchanopodobnej na pustyni starczynowskiej, *Wspolczesne oraz kopalne zjawiska i formy eoliczne. Wybranie zagadnienia, s.* 111–117.
Stankowski W. (1963). Rzezba eoliczna Polski pólnocno–zachodniej na podstawie wybranych obszarтw. *PTPN. Pr. Kom. Geogr.–Geolog.* **4** (1), s. 1–146.

Starkel L. (red.) (1980). Przeglądowa Mapa Geomorfologiczna Polski w skali 1; 500000. Inst. Geogr. i Przestrz.Zag. PAN.
Szcypek T. (1987). Proba charakterystyki piasków eolicznych przy zastowania dendrytu. *Folia Geograficzne* **LVIII, 1**, Wroclaw.
Szcypek T. Snytko V. A. (2000). Aeolian sands of steppe zone in the area of the Selenga–Chikoy interfluve (Eastern Siberia). *Aeolian processes in different landscape zones.* Sosnowiec, s. 39–51.
Szcypek T., Wach J. (1993). Antropogenicznie wymuszone procesy i formy eoliczne na Wyżynie sląsskiej, Poznan.
Urbaniak U. (1969). Zaburzenia w Warstwowej strukturze wydm kotliny plockiej, *Procesy i formy wydmowe w Polsce. Pr. Geogr.* **75.**

Bogdana Izmailow
Jogailos universiteto Geografijos ir teritorinio valdymo institutas, Krokuva

Regina Morkūnaitė
Geologijos ir geografijos institutas, Vilnius

Kontinentinių kopų tyrimų problematika ir metodai Lenkijoje

Santrauka

Darbe atskleista XX a. vidurio Lenkijos kontinentinių kopų tyrėjų (B. Nowaczyk, R. Borowka, R. Galon, A. Okolowisz, A. Dylikowa, Z. Churska, U. Urbaniak) darbų svarba, nes eolinių nuogulų tyrimai rodo klimato pokyčius praeityje ir pateikia duomenų apie pleistoceno pabaigos ir holoceno kraštovaizdį. Klausimų forma parodoma, kokios sprendžiamos problemos, pvz., kontinentinių kopų amžius ir formavimosi sąlygos, bei pobūdis (nuolatinis ar fazinis procesas), analizuojamas eolinių procesų mechanizmas, pavienių eolinių masyvų išsidėstymo priežastys, kopų formų padėtis, kopų tipų susidarymo pirmumo ar antrumo klausimas ir kt. Vėlesnių tyrėjų (B. Izmailow, D. Nalepka, J. Pelka-Gosciniak, B. Antczak-Gorka, R. Dulias, T. Sczypek) darbuose detaliau apžvelgiami atskiri regionai, pateikiamos daugiau analitinio pobūdžio kopodaros problemos, nes remiamasi gausia ekspedicijų ir tyrimų medžiaga.

Apžvelgus pažangą šioje srityje, pateikti eolinių nuogulų tyrimo metodiniai principai, būdingiausios metodikos: morfologiniai–struktūriniai kopų tyrimai ekspedicijos sąlygomis, sunkiųjų mineralų sudėties, kvarco kiekio, rūšiuotumo, granuliometrinės sudėties, dalelių apvalainumo ir paviršiaus tekstūros analizės. Paskutinei analizei naudojamas elektroninis mikroskopas, o dalelių apzulinimas nustatomas unikaliu mechaniniu graniformametru, kurį 1964 m. sukūrė B. Krygowskis.

Pateikiama detali darbo su unikaliu prietaisu – graniformametru metodika, apibūdinant pasirengimą darbui, skaičiavimo rezultatų pavaizdavimo būdus, tikslumo niuansus. Gautais grūdelių apzulinimo koeficientais galima tiksliau įvertinti skirtingos genezės ir amžiaus nuogulų paplitimo ribas. Paleogeografiniuose ir stratigrafiniuose tyrimuose smėlio dalelių formos analizė itin svarbi atkuriant neatsparių abrazijai dalelių dalyvavimą atskiruose sedimentacijos cikluose. Tyrimo šiuo metodu rezultatai aprobuoti kelių Ūlos atodangų eolinio smėlio mėginių apzulinimo koeficiento skaičiavimais, kurie pateikti histogramos pavidalu.

Darbe teigiama, kad graniformametrinis metodas yra dažniausiai naudojamas Lenkijoje, Vengrijoje ir Suomijoje ir yra vienas tiksliausių eolinio smėlio savybių tyrimų būdas. Prietaisas yra Jogailos universiteto mokslinėje bazėje, kurios tyrimų spektras gan platus: geomorfologiniai ir dirvožemio tyrimai, meteorologinis ir hidrologinis monitoringas, antropogeninių natūralios aplinkos deformacijų nustatymas.

Lenkijos kopų tyrinėtojų darbai, metodikų taikymo patirtis yra mums sektina, juolab kad artima valstybių kaimynystė ir analogiškos poledynmečio sąlygos savaime verčia neatsilikti šioje tyrinėjimų srityje.

ISSN 0132–3156 Geografijos metraštis 37(1-2) t., 2004

BENDROJI VISUOMENINĖ GEOGRAFIJA

POILSIAUTOJŲ SRAUTO SKLAIDA KURŠIŲ NERIJOS PLIAŽUOSE

Jolita Akevičiūtė, Gintautas Žilinskas, Darius Jarmalavičius
Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševčenkos g. 13, LT-03223, Vilnius
El. paštas: akeviciute@geo.lt; zilinskas@geo.lt; jarmalavicius@geo.lt

Įvadas

Intensyvi rekreacijos plėtra krante jo būklei dažnai turi ne ką mažesnę įtaką nei gamtiniai ar kiti veiksniai. Atsižvelgiant į kasmet vis labiau didėjantį poilsiautojų srautą, jo, kaip vieno iš kranto būklę formuojančio veiksnio, tyrimai tapo labai aktualūs ir Kuršių nerijai darnaus vystymosi kontekste. Todėl, tęsiant anksčiau vykdytus tyrimus (Akevičiūtė, Žilinskas, Minkevičius, 2002; Žilinskas, Akevičiūtė, Jarmalavičius, 2003) ir siekiant užpildyti duomenų apie poilsiautojų srauto sklaidą Kuršių nerijos pliažuose spragą, straipsnyje pateikiami tokių tyrimų rezultatai.

Remiantis šiame darbe atskleistais poilsiautojų srauto sklaidos dėsningumais galima tiksliau nustatyti krantotvarkinio konflikto jūros kranto rekreacinėse zonose židinius ir jų atsiradimo priežastis, numatyti ir sėkmingai įgyvendinti rekreacinių zonų infrastruktūros pertvarką bei plėtrą, kartu reguliuojant poilsiautojų srauto pasiskirstymą. Tai yra ne tik pagerinti rekreacijos sąlygas, bet ir užtikrinti jūros kranto kraštovaizdžio stabilumą.

1. Tyrimų metodika

Poilsiautojų srauto dinamikos tyrimai buvo vykdomi Kuršių nerijos rekreacijos zonų (Smiltynės, Alksnynės, Juodkrantės, Pervalkos, Preilos, Nidos) pliažuose 2002–2004 m. vasaromis, sutankinant juos liepos–rugpjūčio mėnesiais, kada poilsiautojų srautas Kuršių nerijoje yra didžiausias. Poilsiautojų srauto sklaidos skersai pliažo dienos bėgyje stebėjimai buvo atlikti Nidos ir Preilos rekreacijos zonų paplūdimiuose. Šios gyvenvietės pasirinktos tam, kad būtų galima geriau atskleisti poilsiautojų srauto dinamikos skirtumus skirtingo rekreacinės infrastruktūros išvystymo laipsnio zonose: Nida – išvystytos, Preila – minimalios infrastruktūros modelis (Kuršių..., 1999). Stebėjimų pradžioje pasirinkti kranto ruožai buvo padalyti į 100 m ilgio atkarpas, kuriose kas valandą fiksuotas poilsiautojų skaičius, kartu nustatant ir rekreantų pasiskirstymo skersai pliažo ypatybes. Nidos rekreacijos zonoje pasirinktos dvi (po 500 m ilgio) kranto atkarpos: ties centriniu ir pietiniu privažiavimais, o Preiloje stebėjimai buvo atliekami visame rekreacijai išskirtame kranto ruože. Tyrimus vykdė trys stebėtojai, kurie kas valandą (minėtose zonose) pradėdavo skaičiuoti poilsiautojus. Nustatant poilsiautojų sklaidos erdvėje ypatybes bei atliekant skirtingų rekreacinių zonų poilsiautojų sklaidos lyginamąją analizę naudotasi procentiniu poilsiautojų pasiskirstymu (apskaičiuotu kiekvieno 100 m).

Tyrimų metu taip pat buvo atliekamas jūriniame krante bei užkopėje rekreacijos zonų ribose esančių poilsio infrastruktūros elementų (privažiavimų bei priėjimų prie jūros, gelbėjimo stočių bei punktų, persirengimo kabinų, suoliukų, šiukšliadėžių, konteinerių, tualetų, maitinimo punktų, automobilių stovėjimo aikštelių ir kt.) apskaita ir kartografavimas. Šiais duomenimis pasinaudota nustatant rekreacinės infrastruktūros įtaką poilsiautojų sklaidai jūros krante.

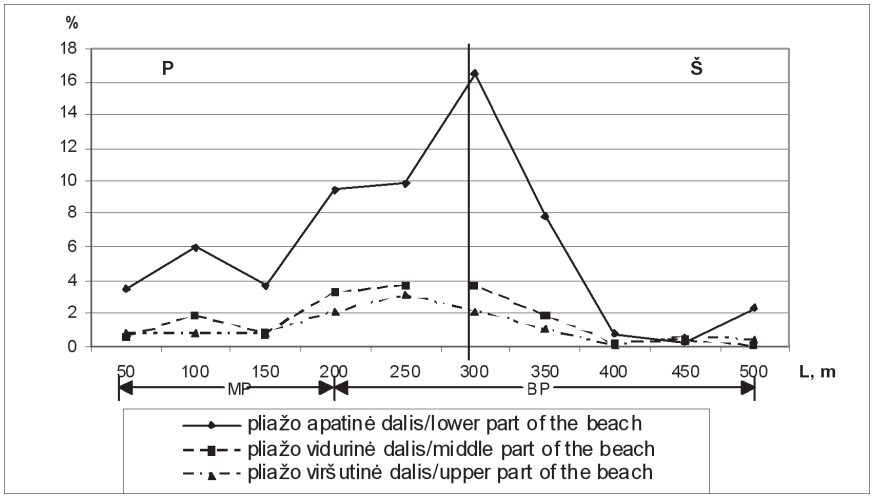
Pažymėtina, kad straipsnyje terminas „pliažas“ traktuotinas kaip „paplūdimio ruožas, skirtas poilsiui ir maudymuisi“ (Gudelis, 1993), t.y. riboženkliais pažymėta rekreacijos zonos paplūdimio dalis.

2. Poilsiautojų srauto sklaida skersai pliažo

Karštais ir ramiais orais poilsiautojai telkiasi pliaže. 2002–2003 metų vasaromis vyravo saulėti ir ramūs orai (oro temperatūra 24–29°C, vėjo greitis 0–5 m/s), todėl poilsiautojų paplūdimiuose netrūko. Šaltesnė ir lietingesnė buvo 2004 m. vasara. Kadangi Kuršių nerijos rekreacijos zonų pliažuose poilsio sąlygos nėra vienodos (skiriasi infrastruktūros išvystymo laipsnis, morfolitologiniai pliažų ypatumai, talpa, poilsiavimo juose pobūdis ir kt.), todėl ir poilsiautojų srauto sklaida tiek skersai, tiek išilgai pliažo – netolygi.

Poilsiautojų sklaida skersai pliažo dienos bėgyje kinta. Pirmieji lankytojai turi didžiausią pasirinkimą ir užima pačias geriausias (jų požiūriu) vietas. Pirmiausiai užimamos vietos apatinėje pliažo dalyje, netoli kranto linijos. Kadangi ryte smėlis ties kranto linija dažniausiai būna drėgnas, o viršutinėje pliažo dalyje saulę užstoja nuo apsauginio paplūdimio kopagūbrio krintantis šešėlis, tai daugiausiai „ankstyvųjų“ poilsiautojų įsikuria teritorijoje tarp pliažo vidurio ir apie 5 m nuo kranto linijos. Be to, šie poilsiautojai įsikuria arčiausiai pagrindinio įėjimo į pliažą. Vėliau atėjusieji rekreantai turi mažesnį pasirinkimą ir jiems tenka užimti ne tokias palankias ir patrauklias vietas ar paeiti toliau nuo pagrindinio įėjimo. Daugėjant poilsiautojų apatinė pliažo dalis ties kranto linija užimama greičiausiai, vėliau – paplūdimio vidurinė dalis ir galiausiai – viršutinė, ties apsauginio paplūdimio kopagūbrio šlaitu. Tipinio poilsiautojų pasiskirstymo skersai ir išilgai pliažo ypatybes gerai atspindi 2002-07-20 13 val. Nidos rekreacinėje zonoje atliktų tyrimų duomenys, pateikti 1 paveiksle, kuriame poilsiautojų pasiskirstymas atskirose pliažo vietose apskaičiuotas procentais viso tiriamajame ruože poilsiautojų skaičiaus (šiuo atveju – 484).

Tačiau toks poilsiautojų pasiskirstymas skersai pliažo būna nevisur ir nevisada. Nuo pagrindinių kelių atokiau esančių pliažų atkarpų vidurinė ir viršutinė dalys gali būti ir visiškai tuščios per visą dieną, jei poilsiautojų srautas neintensyvus.



1 pav. Poilsiautojų srauto sklaida skersai ir išilgai Nidos rekreacijos zonos pliažo ties pietiniu privažiavimu (vertikali linija); BP, MP – atitinkamai bendrojo ir moterų pliažų ribos.

Fig. 1. *Distribution of the flow of holiday-makers across the Nida recreational zone at the southern approach (vertical line). BP, MP – boundaries of mixed and women's bathing.*

Pateiktas tipinis poilsiautojų pasiskirstymas skersai pliažo taip pat gali keistis dėl meteorologinių sąlygų kaitos, pliažo morfologijos ir litologijos ypatybių bei kitų priežasčių.

Meteorologinių sąlygų įtaka. Esant vėsesniam ar vėjuotam orui poilsiautojai neskuba užimti apatinės pliažo dalies, o stengiasi įsikurti arčiau apsauginio paplūdimio kopagūbrio, jo papėdėje arba net ir jame, t.y. ten, kur randa užuovėją. Taigi, esant prastesniems orams, pliažo apatinė bei vidurinė dalys tampa nepatrauklios.

Rekreantų sklaidą įtakoja ir *pliažo litologijos ypatybės*. Pastebėta, jog poilsiautojai pirmenybę teikia smulkiagrūdžio smėlio ruožams, o ne stambiagrūdžio smėlio ar žvirgždo bei gargždo. Stambiagrūdis smėlis yra klampesnis bei „kietesnis“ gulėti nei smulkiagrūdis, o ant gargždo be specialaus gulto aplamai nepatogu gulėti. Todėl poilsiautojų sklaida skersai pliažo priklauso ir nuo stambiagrūdžio smėlio, žvirgždo ar gargždo arealų gausos bei jų išsidėstymo. Kai kuriose Kuršių nerijos rekreacijos zonose, pavyzdžiui, Preiloje, daugiausia gargždo plotų yra viršutinėje pliažo dalyje, o ties kranto linija dažnesnės stambiagrūdžio žvirgždo linzės, todėl poilsiautojai telkiasi toliau nuo jos. Panaši situacija yra ir Pervalkos rekreacijos zonoje, kur dėl gargždo sankaupų vidurinė pliažo dalis dažniausiai lieka tuščia. Kopgalyje, dėl apsinuoginusių akmenų bei gelžbetonio liejinių, viršutinėje paplūdimio dalyje priiminėti saulės vonias yra labai nepalankios sąlygos. Juodkrantės rekreacinės kranto atkarpos pliažuose aptinkami stambiausi smėliai visoje Kuršių nerijoje, daugelyje vietų prie kranto linijos čia pasitaiko ir gargždo sankaupų. Todėl šioje rekreacijos zonoje pliažai funkcinio tinkamumo požiūriu yra ne tokie patrauklūs nei Nidos ar Smiltynės. Tačiau po „Anatolijaus“ uragano (1999 m. gruodis) vykstant kranto regeneracijos procesams Juodkrantės pliažai pasipildė iš gretimų rajonų atneštu smulkesniu smėliu, kuris pastaraisiais metais daug kur vyrauja apatinėje pliažo dalyje, kur ir telkiasi poilsiautojai. Nidos pliažams prieš kelerius metus taip pat buvo būdingos gargždo sankaupos, kurios mažino pliažo patrauklumą. Tačiau nuo 2001 m. Nidoje vasarą visas gargždas kartu su šiukšlėmis surenkamas specialiu traktoriumi. Todėl čia kranto litologinė sudėtis poilsiautojų sklaidai skersai pliažo įtakos jau neturi.

Pliažo morfologijos įtaka. Lėkštas Kopgalio paplūdimys lemia apatinės, kartais ir vidurinės paplūdimio dalies uždrėkimą (dėl aukšto gruntinio vandens lygio). Todėl poilsiautojams palankiau įsikurti aukštesnėse sausesnėse viršutinėse paplūdimio dalyse. Tačiau, atsižvelgiant į čia vyraujančią nepalankią rekreacijai litologinę paplūdimių sudėtį (Jarmalavičius, Žilinskas, 2003), rekreantų vengimas čia poilsiauti yra visiškai suprantamas.

Pažymėtina, kad tiek pliažo morfologijos, tiek litologijos ypatybės poilsiautojų sklaidai skersai pliažo turi įtakos tik tuomet, kai rekreantų apkrova nėra intensyvi. Kai žmonių antplūdis yra didelis, jie nepaiso pliažo morfologinių bei litologinių ypatybių ir tenkinasi prastesnėmis vietomis.

Poilsiautojų sklaidai skersai pliažo įtakos turi ir *psichologiniai aspektai*. Kai kurie poilsiautojai (tiesa, nedidelė dalis) jaučia diskomfortą, kai šalia susigrūdę daug žmonių. Jiems reikia tam tikros psichologinės rekreacinės erdvės, kurioje galėtų atsipalaiduoti ir pailsėti. Tokie poilsiautojai nesikuria apatinėje pliažo dalyje, kur rekreacinė apkrova yra didžiausia; jie labiau linkę nutolti nuo jos ir įsikurti vidurinėje ar viršutinėje pliažo dalyse, nors čia gulėti būtų ir nelabai palankios sąlygos.

Apatinės pliažo dalies patrauklumą lemia ne tik jūros artumas – iki jos tik keletas žingsnių, be to, karštą vasaros dieną čia būna vėsiau, bet ir saugumo jausmas dėl maudantis paliktų ant kranto daiktų. Kai daiktai yra arčiau jūros, juos lengviau nuolat stebėti ir maudantis. Dėl saugumo ir patogumo kuo arčiau jūros kuriasi ir šeimos su mažamečiais vaikais, kurie nuolat pliuškenasi jūroje ar žaidžia smėlyje prie kranto linijos, o tėvai, sėdėdami arti jūros kranto, gali ramiai juos prižiūrėti.

Apibendrinant galima teigti, kad poilsiautojų srauto sklaida skersai pliažo dienos bėgyje yra kaiti: ankstyvieji poilsiautojai kuriasi arčiausiai kranto (apatinėje paplūdimio dalyje), vėliau atėjusieji – atitinkamai vidurinėje ir viršutinėje paplūdimio dalyse. Tokią poilsiautojų sklaidą taip pat įtakoja meteorologinės sąlygos, poilsiautojų srautas, išėjimų į pliažą lokalizacija, paplūdimio gamtinės savybės (litologijos ir morfologijos ypatybės) bei psichologiniai veiksniai.

3. Poilsiautojų srauto sklaida rekreacijos zonose

Šiauriausios Kuršių nerijos dalies – **Smiltynės** pliažuose koncentruojasi didžiausia žmonių masė – 38–40% visų besiilsinčiųjų Kuršių nerijoje. Joje išskirtos dvi rekreacijos zonos – I-osios ir II-osios Smiltynės. Pliažų teritorijos, pažymėtos riboženkliais, užima beveik pusę rekreacijai išskirto kranto ruožo (49,8%).

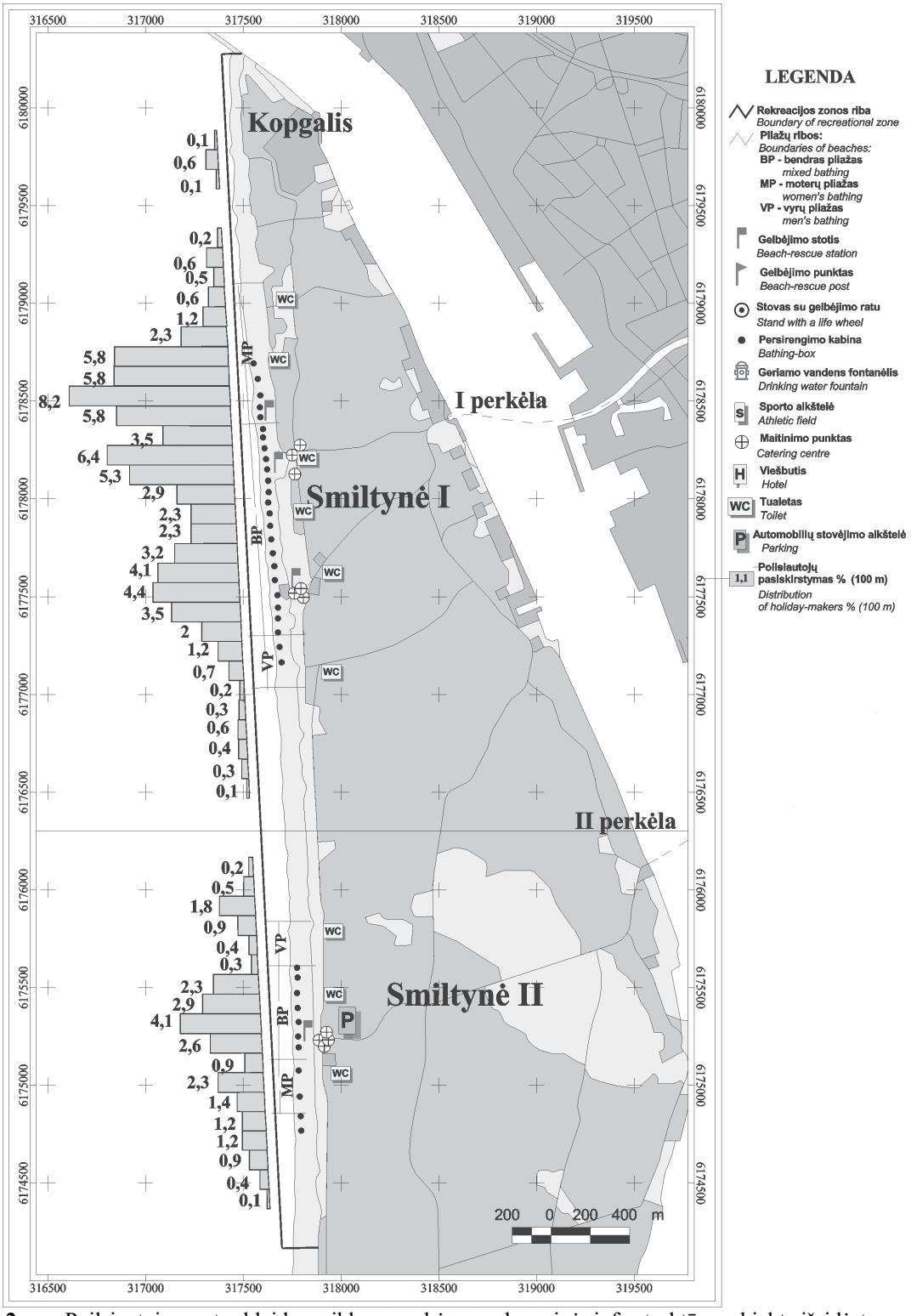
Poilsiautojų aptinkama beveik visame Smiltynės rekreacijos zonos kranto ruože, išskyrus kelias neilgas (200–400 m) atkarpas, kuriose poilsiaujančiųjų dažnai visai nebūna. Tai šiaurinėje rekreacijos zonos dalyje – Kopgalyje, tarpinėje zonoje tarp I-osios ir II-osios Smiltynės bei II-osios Smiltynės rekreacijos zonos pačioje pietinėje dalyje. Nepatraukliausia poilsiavimui teritorija – Kopgalis, tiek dėl paplūdimio morfolitologijos ypatybių (žr. 2 sk.), tiek dėl technogeninės zonos (Klaipėdos uosto) kaimynystės, todėl čia dažniausiai bevaikštinėja tik Jūros muziejaus lankytojai. Tolstant nuo uosto į pietus poilsiautojų srauto intensyvumas didėja. Didžioji dalis rekreantų susitelkę pliažų, pažymėtų riboženkliais, teritorijose: I-oje Smiltynėje – 95%, II-oje Smiltynėje – 75%. Abiejose Smiltynės rekreacijos zonose yra išskirti bendrieji, moterų ir vyrų pliažai (1 lent.). Daugiausiai žmonių susirenka bendruosiuose pliažuose. I-osios Smiltynės moterų pliaže susirenka apie 39%, o II-osios Smiltynės – 19% poilsiautojų. Vyrų skaičius vyrų pliažuose yra žymiai mažesnis: I-oje Smiltynėje – apie 3%, II-oje – 4%. Tarpinėse tarp pliažų zonose poilsiaujančiųjų sumažėja. Už pliažų ribų žmonių poilsiauja nedaug, ypač I-oje Smiltynėje – tik 5%. Kadangi Smiltynės rekreacijos zonai būdinga didelė rekreacinė erdvė, todėl poilsiautojų už jos ribų aptinkama nedaug.

Poilsiautojų pasiskirstymas šioje rekreacijos zonoje labai priklauso nuo perkėlų ir kelių, vedančių prie jūros, lokalizacijos. Ties pagrindiniais privažiavimais užfiksuoti maksimumai, kadangi šiose vietose trumpiausias atstumas nuo perkėlų, didžiausia maitinimo, pramogų bei kitų paslaugų įmonių koncentracija. Tolstant nuo jų poilsiautojų srauto intensyvumas mažėja (2 pav.). Tačiau ir pačių perkėlų įtaka poilsiautojų srautui yra nevienoda. I-osios perkėlos zonoje rekreacinė apkrova yra žymiai didesnė (ja naudojasi didžioji dalis Klaipėdos miesto

1 lentelė. Poilsiautojų pasiskirstymo priklausomybė nuo pliažo tipo skirtingose rekreacijos zonose (2002-07-15–18).

Table 1. *Dependence of the distribution of holiday-makers on the beach type in different recreation zones (15-18 07 2002).*

Rekreacijos zona *Recreational zone*	**Poilsiautojų pasiskirstymas, %** *The distribution of holiday-makers, %*			
	bendrasis pliažas *Mixed bathing*	**moterų pliažas** *Women's bathing*	**vyrų pliažas** *Men's bathing*	**už pliažo ribų** *Outside the bathing area*
Smiltynė	52,5	34,5	3,0	10,0
Alksnynė	-	-	-	100
Juodkrantė	55,2	9,2	-	35,5
Pervalka	61,7	-	-	38,3
Preila	75,2	3,6	-	21,2
Nida	77,3	9,3	-	13,4



2 pav. Poilsiautojų srauto sklaidos priklausomybė nuo rekreacinės infrastruktūros objektų išsidėstymo Smiltynės rekreacijos zonoje.

Fig. 2. *Dependence of holiday-makers flow distribution on the recreational infrastructural objects in the Smiltynė recreational zone.*

gyventojų) nei ties II-ąja, tačiau plečiantis Klaipėdos gyvenamiesiems rajonams į pietus turėtų didėti ir II-osios Smiltynės pliažo reikšmė.

Alksnynės rekreacijos zonoje, kurios paplūdimys labai tinka poilsiavimui (Jarmalavičius, Žilinskas, 2003), susirenka tik 0,5% visų Kuršių nerijos poilsiautojų. Ši zona yra rezervinė ir perspektyvoje numatoma eksploatuoti tik ypač išaugus poilsiautojų skaičiui. Kadangi šios zonos paplūdimyje susirenka nedaug žmonių, todėl 1300 m ilgio atkarpoje nėra išskirtos pliažo ribos, taip pat nėra jokios rekreacinės infrastruktūros (2 lent.).

Juodkrantės rekreacijos zona palei krantą tęsiasi per 3370 m, joje susirenka apie 13% visų Kuršių nerijos poilsiautojų. Šios zonos įsisavinta dalis užima 39,8% rekreacijai išskirto ruožo. Centrinėje rekreacijos zonos dalyje poilsiauja didžioji dalis į Juodkrante

2 lentelė. Rekreacinės infrastruktūros objektų skaičius Kuršių nerijos jūrinio kranto rekreacijos zonose (2002).
Table 2. *Number of recreational infrastructure objects in the recreational zones of the marine shore of Curonian spit (2002).*

	I Smiltynė	II Smiltynė	Juodkrantė	Pervalka	Preila	Nida
Gelbėjimo stotys ir punktai *Beach-rescue stations and posts*	3	1	1	1	1	3
Stovai su gelbėjimo ratu *Stand with a life wheel*	-	-	-	1	1	5
Persirengimo kabinos *Bathing-box*	25	11	7	3	2	16
Suoliukai *Seats*	42	17	9	1	7	24
Šiukšliadėžės *Litterbins*	54	23	19	2	4	35
Konteineriai *Containers*	8	3	7	1	3	5
Tualetai *Toilets*	5	3	1	1	3	5
Sporto aikštelės *Athletic fields*	-	-	2	-	-	2
Vaikų žaidimo aikštelė *Playing field*	-	-	-	1	-	-
Maitinimo punktai *Catering centres*	6	4	1	1	2	19
Geriamo vandens fontanėlis *Drinking water fountain*	-	-	-	-	-	1
Inventoriaus nuoma *Inventory rent*	-	-	1	-	-	1
Suvenyrai *Souvenirs*	-	-	-	-	-	5
Teniso kortai *Tennis-courts*	-	-	-	-	-	1
Viešbučiai *Hotels*	-	-	1	-	-	2
Automobilių stovėjimo aikštelės *Parking*	-	1	3	1	4	6
Laiptai į pliažą *Stairs to the beach*	15	6	19	3	2	16

atvykstančių žmonių (64,5%). 120 m ilgio moterų pliaže susirenka 9,2%, o bendrajame (1200 m ilgio) – 55,3% visų poilsiaujančiųjų. Jų pasiskirstymas išilgai paplūdimio nevienodas (3 pav.). Ties centriniu priėjimu prie jūros 100 m pliažo atkarpoje susirenka apie 11% visų poilsiautojų. Tokį srautą čia lemia patogus priėjimas prie jūros, netoli esanti automobilių stovėjimo aikštelė bei poilsiautojų poreikius tenkinanti išvystyta rekreacinė infrastruktūra (gelbėjimo stotis, skėčių nuoma, kavinė, tinklinio bei krepšinio stovai, pandusas invalidams ir kt.). Ties šiauriniu privažiavimu iš Juodkrantės centrinės dalies 100 m susirenka tik 1,7% poilsiautojų, nes čia nėra tokios rekreacinių objektų koncentracijos, kaip ties centriniu priėjimu. Bendrojo pliažo pačioje pietinėje dalyje (100 m) poilsiautojų srautas vėl išauga iki 7,7%; tam turi įtakos sveikatingumo takas iš gyvenvietės link jūros bei įrengtos sporto bei automobilių stovėjimo aikštelės.

Juodkrantėje santykinai didelė žmonių dalis (apie 35,5%) pasirenka ne oficialias pliažų teritorijas, bet kitas rekreacijos zonos dalis, be to, jie mieliau renkasi pietinę rekreacijos zonos dalį nei šiaurinę. Tai lemia pačios Juodkrantės gyvenvietės ištęstumas išilgai kranto bei tankokas kelių ir takų, jungiančių gyvenvietę ir jūros krantą, tinklas. Pažymėtina, kad šioje rekreacijos zonoje (išilgai viso kranto) poilsiaujama visur, skirtingai nei kitose rekreacijos zonose, kur kai kuriose paplūdimių atkarpose poilsiautojų dažnai nebūna. Todėl oficialias pliažų ribas reiktų pratęsti tiek į šiaurę, tiek į pietus. Tai padidintų įsisavintos rekreacijos zonos dalies plotą ir įgalintų poilsiautojus pasiskirstyti tolygiau.

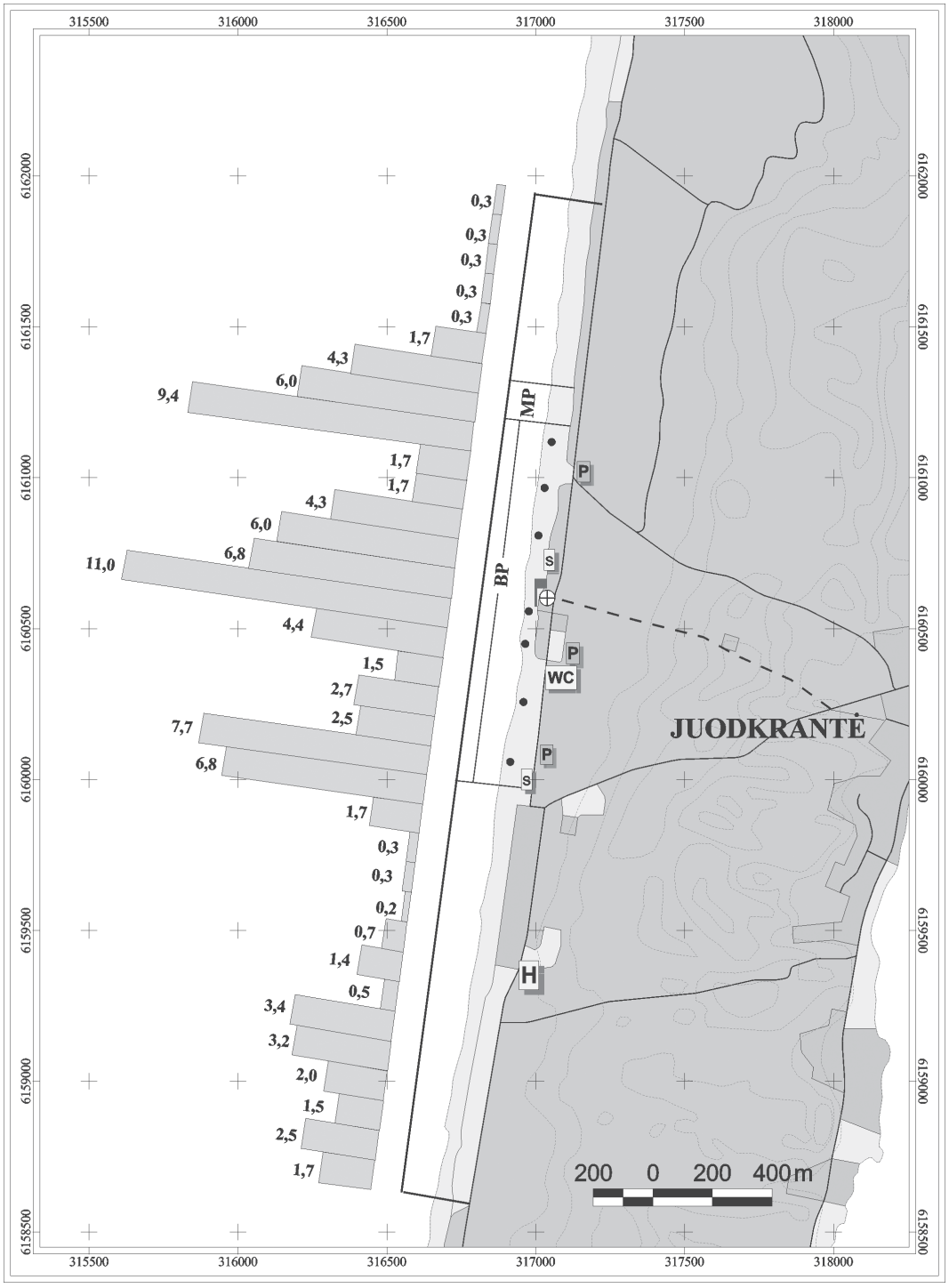
Kadangi Juodkrantės rekreacijos zona yra gana ilga, todėl rekreantų už rekreacijos zonos ribų aptinkama labai mažai (1,7%).

Pervalkos rekreacijos zonoje, apimančioje apie 2000 m ilgio kranto ruožą, poilsiauja apie 10% visų Kuršių nerijos poilsiautojų. Pagrindinis poilsiautojų srautas tenka šiaurinei zonos daliai. Tokį poilsiautojų pasklidimą lemia privažiavimo ir patogaus priėjimo prie jūros vieta (4 pav.). Ties pagrindiniu privažiavimu 700 m ilgio kranto atkarpoje susitelkia net 95,5% visų poilsiautojų. Bendrojo pliažo teritorijoje, kuri užima tik 20% visos rekreacijos zonos, koncentruojasi 61,7% poilsiautojų. Nors įsisavinta rekreacijos zonos dalis yra nedidelė, rekreantų (5%) aptinkama ir 400 m ilgio kranto atkarpoje į šiaurę už rekreacijos zonos. Tuo tarpu visa pietinė rekreacijos zonos dalis beveik nenaudojama. Tai rodo, jog rekreacijos zonos ribos nustatytos neteisingai ir jas reiktų pakoreguoti.

Preilos rekreacijos zonos (1500 m ilgio) paplūdimys, kuriame poilsiauja apie 10% visų Kuršių nerijos poilsiautojų, priskiriamas (kaip ir Pervalkos) minimalios infrastruktūros pliažams. Todėl čia privažiavimas prie pliažo irgi yra tik vienas (4 pav.). Mažesnis šių pliažų lankomumas labai apriboja rekreacijos aptarnavimo verslų siūlomas paslaugas.

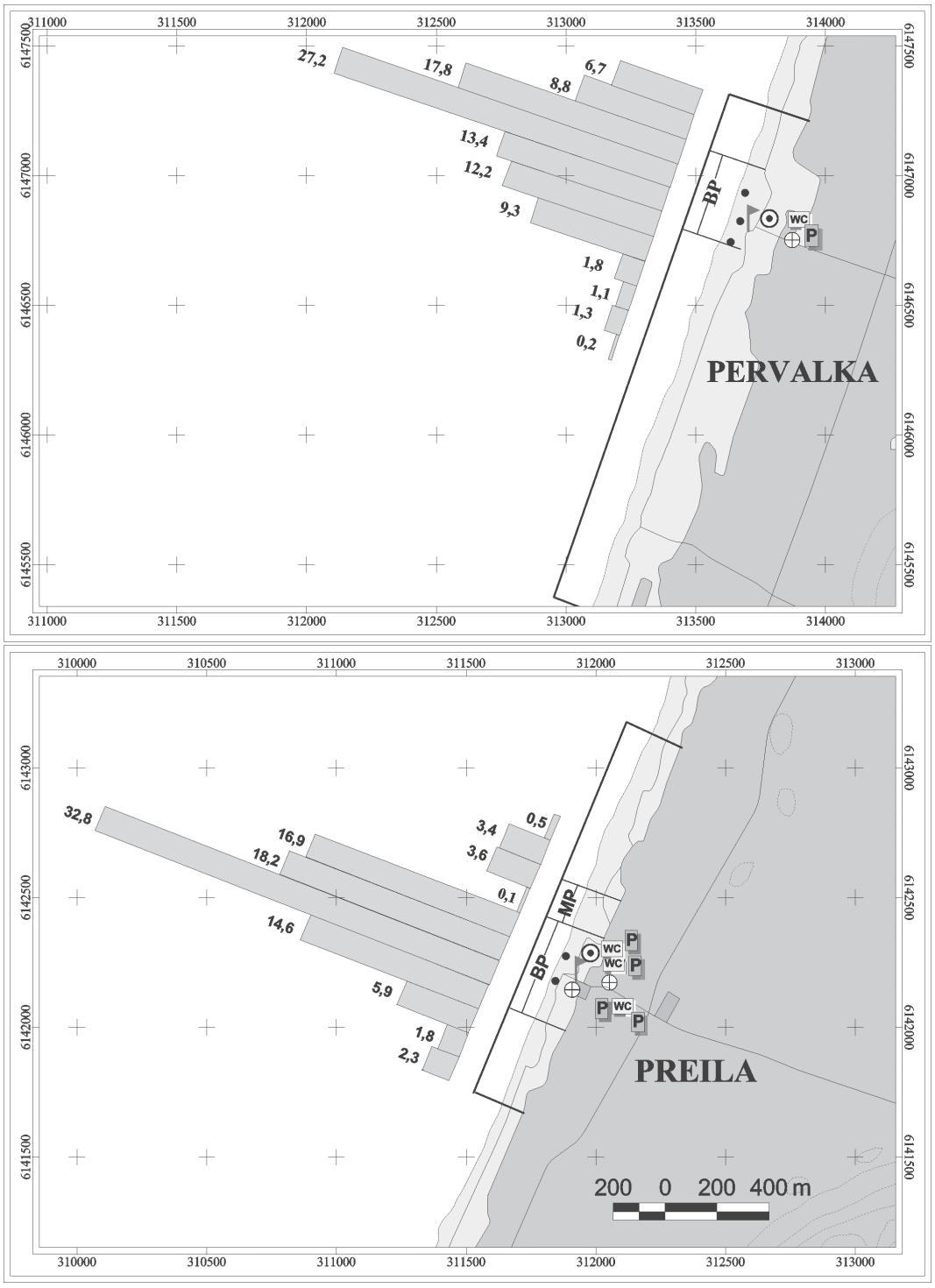
Didžiausia poilsiautojų koncentracija užfiksuota centrinėje ir pietinėje šios zonos dalyse. Šiaurinėje dalyje sutinkami pavieniai rekreantai arba iš viso jų nebūna. Pliažai šioje rekreacijos zonoje užima 35,3% visos teritorijos. Išskirtame bendrajame pliaže koncentruojasi apie 75% visų poilsiautojų; tokį jų srautą lemia trumpiausias atstumas iki gyvenvietės. Moterų pliaže susirenka apie 3–4% visų poilsiautojų, kita dalis telkiasi ne pliažų teritorijose. Tarp bendrojo ir moterų pliažo 20–30 m ilgio kranto atkarpoje dažnai žmonių visiškai nesutinkama.

Nidos rekreacijos zonai (3500 m) tenka didžiausia (apie 27–28%) rekreacinė apkrova visoje Neringoje. Šioje rekreacijos zonoje išskirti du bendrieji ir vienas moterų pliažai, kurie užima beveik pusę (50,6%) rekreacijos zonos teritorijos. Pliažų ribose išvystyta rekreacinė infrastruktūra (5 pav.), todėl juose susitelkia apie 87% visų poilsiautojų. Ne pliažų zonai tenka tik 13% poilsiautojų. Tačiau ir pliažuose rekreantai pasiskirsto netolygiai: didžiausia apkrova (70%) tenka centriniam bendrajam pliažui, žymiai mažesnė apkrova (9%) – moterų pliažui, o dar mažesnė (7%) – šiaurinės dalies bendraujam pliažui. Pastebėta, kad ties bendrojo



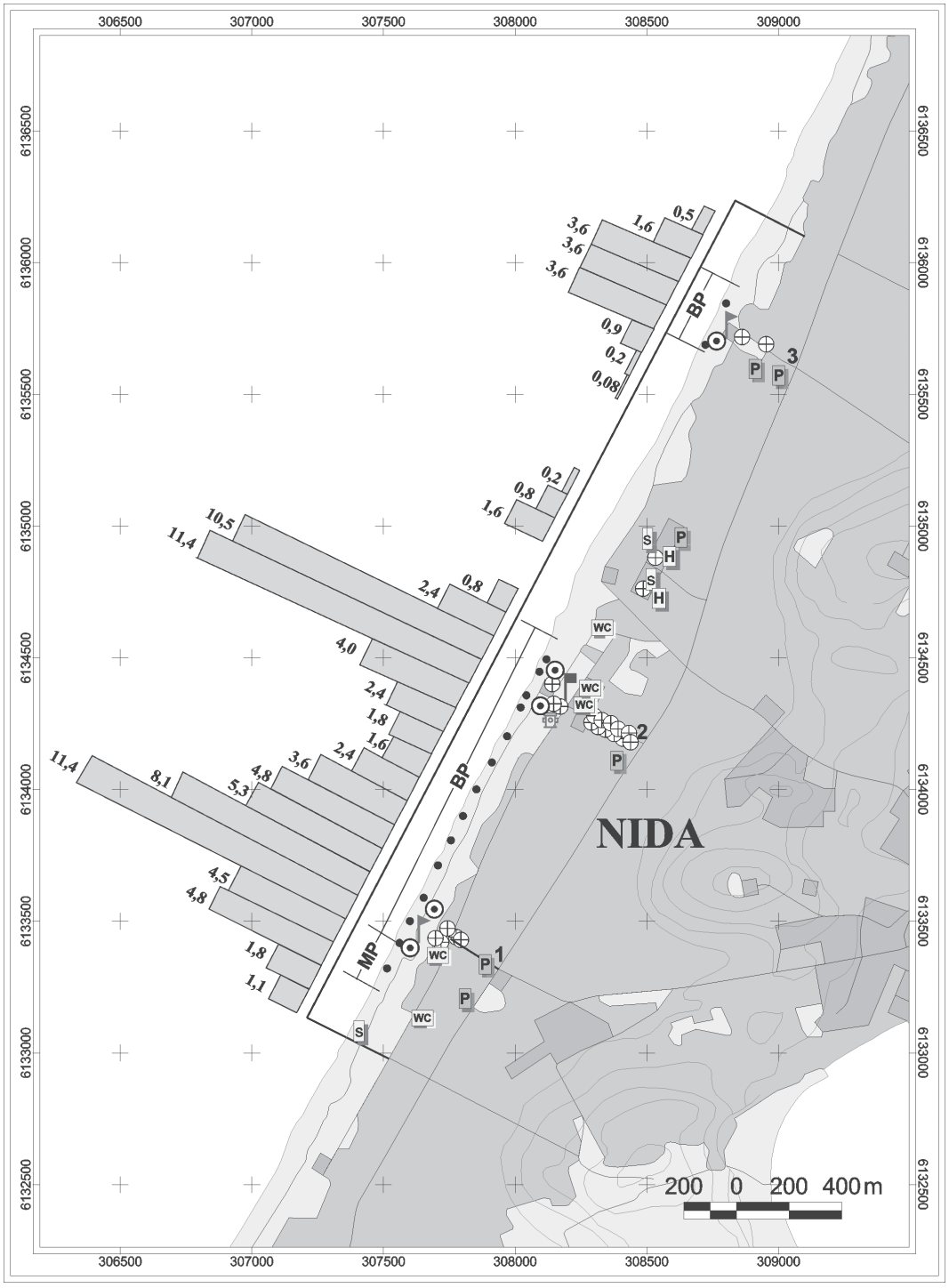
3 pav. Poilsiautojų srauto sklaidos priklausomybė nuo rekreacinės infrastruktūros objektų išsidėstymo Juodkrantės rekreacijos zonoje. Sutartinius ženklus žr. 2 pav.

Fig. 3. *Dependence of holiday-makers flow distribution on the recreational infrastructural objects in the Juodkrantė recreational zone. For legend see Fig. 2.*



4 pav. Poilsiautojų srauto sklaidos priklausomybė nuo rekreacinės infrastruktūros objektų išsidėstymo Pervalkos ir Preilos rekreacijos zonose. Sutartinius ženklus žr. 2 pav.

Fig. 4. *Dependence of holiday-makers flow distribution on the recreational infrastructural objects in the Pervalka and Preila recreational zones. For legend see Fig. 2.*



5 pav. Poilsiautojų srauto sklaidos priklausomybė nuo rekreacinės infrastruktūros objektų išsidėstymo Nidos rekreacijos zonose. 1, 2, 3 – atitinka pietinį, centrinį ir šiaurinį kelią jūros link. Sutartinius ženklus žr. 2 pav.

Fig. 5. *Dependence of holiday-makers flow distribution on the recreational infrastructural objects in the Nida recreational zone. 1, 2, 3 – correspond the southern, central and northern approaches to the sea. For legend see Fig. 2.*

ir moterų pliažo riba poilsiautojų truputį sumažėja. Tokį nevienodą poilsiautojų pasiskirstymą lemia rekreacinės infrastruktūros išvystymas bei kelių ir takų tinklas. Tose vietose, kur eina pagrindiniai keliai iš Nidos gyvenvietės, ties kuriais didžiausia maitinimo įmonių ir kitas įvairias paslaugas teikiančių objektų koncentracija, poilsiautojų srauto intensyvumas yra maksimalus. Nuo pagrindinių priėjimų į pliažą poilsiautojai daugiausia koncentruojasi 800–1000 m ilgio kranto atkarpoje (400–500 m į abi puses), toliau jų skaičius staigiai sumažėja. Ties centriniu ir pietiniu privažiavimais poilsiautojų srautų intensyvumas toks didelis, kad jie susilieja, tuo tarpu ties šiauriniu privažiavimu rekreantų sulaukiama žymiai mažiau, todėl čia poilsiautojų srautas visiškai atskirtas nuo centrinės dalies. Poilsiautojų kiekis tarp šiaurinio ir centrinio privažiavimų šiek tiek padidėja ties „Litorinos" poilsine. Pietinėje Nidos dalyje pliažo apkrova kasmet vis didėja. Jos augimui turi įtakos ir 2002 m. čia įkurtas kempingas. Dėl to savo ruožtu nukenčia ir Parnidžio kraštovaizdžio draustinio būklė.

Nors Nidos rekreacijos zonos ribose rekreacinė erdvė yra nevisiškai išnaudojama, dalis rekreantų (5% visų poilsiautojų Nidoje) sutinkami net ir už zonos ribų, t.y. konservacinėje teritorijoje. Ten dažniausiai renkasi nudistai.

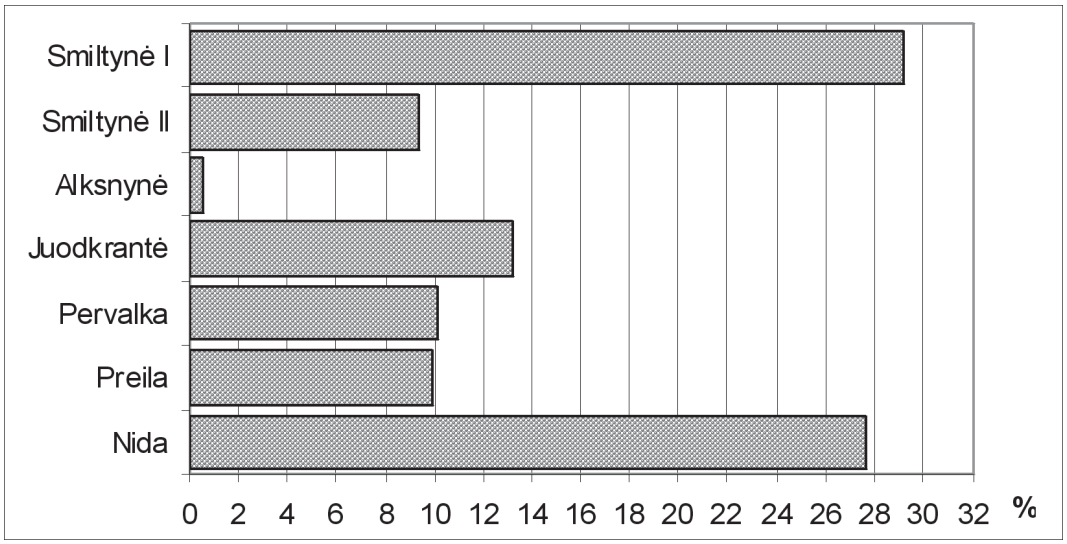
Atlikus poilsiautojų srauto sklaidos išilgai paplūdimio analizę, nustatyta, kad didžiausias poilsiautojų srautas formuojasi ties centrinėmis gyvenviečių dalimis bei pagrindiniais keliais, vedančiais prie jūros, kadangi šiose vietose yra trumpiausias atstumas tarp prie Kuršių marių įsikūrusių gyvenviečių ir jūros. Be to, prie pagrindinių privažiavimų koncentruojasi ir maitinimo įstaigos, spaudos kioskai, vaikų žaidimo aikštelės, automobilių stovėjimo aikštelės, sanitarijos ir higienos mazgai, gelbėjimo stotys ir kiti objektai. Tolstant nuo jų rekreacinė apkrova mažėja.

Pagrindinis veiksnys, lemiantis poilsiautojų srauto dydį skirtingose rekreacijos zonose, – *poilsiautojų srauto šaltinis*, t.y. miestų (Klaipėdos) bei gyvenviečių dydis, nuo kurio priklauso apsistojimo poilsiui vietų (viešbučių, poilsinių, motelių, ir kt.), maitinimo įstaigų, pramogų, įvairių kultūrinių renginių ir pan. skaičius, dažnai ir teikiamų paslaugų kokybė. Tai įtakoja ir skirtingą aptarnavimo infrastruktūros jūros krante išvystymą. Pavyzdžiui, jūros krante ties Pervalka bei Preila šiuo metu poilsiautojai gali pavalgyti tik vienoje, o Nidoje – net 19 maitinimo įstaigų. Apie atskirų Kuršių nerijos rekreacijos zonų (jūros krante) infrastruktūros išvystymą galima spręsti iš 2 lentelėje pateikiamų duomenų. Manoma, kad Kuršių nerijos rekreacijos zonų infrastruktūra išvystyta nepakankamai (Kuršių...1999).

Apie poilsiautojų pasiskirstymą tarp Kuršių nerijos rekreacijos zonų galima apytiksliai spręsti iš 6 paveiksle pateikiamų duomenų. 2002 metų vasarą poilsiautojai buvo suskaičiuoti visuose Kuršių nerijos pliažuose. Šie tyrimai atlikti liepos 15–18 dienomis (šiokiadieniais) vidudienį (tarp 12–13 val.). Pažymėtina, kad šių tyrimų metu hidrometeorologinės sąlygos buvo labai panašios (vėjas silpnas – 0–4 m/s, bangavimas – 0 balų, oro temperatūra – 25–29°C, vandens – 21–22° C). Todėl atliktas poilsiautojų srauto intensyvumo skirtingose rekreacijos zonose palyginimas laikytinas santykinai korektišku. Juolab kad 2003–2004 m. atliktų tyrimų Nidos, Juodkrantės, Pervalkos ir Preilos rekreacijos zonose duomenys parodė, kad poilsiautojų skaičiaus proporcijos tarp atskirų gyvenviečių išlieka artimos nustatytoms 2002 m. (svyravimai siekė nuo 0 iki 3%). Tiesa, priklausomai nuo meteorologinių sąlygų, poilsiavimo laiko (mėnesio bei savaitės dienų) ir kitų aplinkybių (Akevičiūtė, Žilinskas, Jarmalavičius, 2003) poilsiautojų skaičius rekreacijos zonose stipriai skyrėsi, tačiau, kaip jau buvo minėta, proporcijos panašios.

Taigi minėtu metu (2002-07-15–18 tarp 12 ir 13 val.) I Smiltynės pliaže ilsėjosi – 1198, II Smiltynės – 312, Alksnynės – 21, Juodkrantės – 586, Pervalkos – 449, Preilos – 439, Nidos – 1231 poilsiautojas.

Taigi didžiausią poilsiautojų srautą generuoja Klaipėdos miestas (Smiltynės pliažuose ilsisi daugiau nei 38% visos Kuršių nerijos poilsiautojų) bei Nida – apie 27–28%, kituose rekreacijos zonose poilsiautojų srautas yra kur kas mažesnis (6 pav.).



6 pav. Poilsiautojų pasiskirstymas (%) Kuršių nerijos rekreacijos zonų pliažuose (2002-07-15–18).
Fig. 6. *Distribution of holiday-makers (%) in the beaches of Curonian spit recreational zones (15–18 07 2004).*

Išvados

1. Poilsiautojų srauto dydį rekreacijos zonose lemia *poilsiautojų srauto šaltinis,* t.y. gyvenviečių dydis, nuo kurio priklauso apsistojimo poilsiui vietų (viešbučių, poilsinių, motelių, ir kt.), maitinimo, pramogų, įvairių kultūrinių renginių ir pan. skaičius, dažnai ir teikiamų paslaugų kokybė.

2. Rekreantų srauto sklaidą skersai pliažo lemia: meteorologinės sąlygos, poilsiautojų srauto dydis, paplūdimio gamtinės savybės (litologijos ir morfologijos ypatybės) bei psichologiniai veiksniai. Normaliomis poilsio sąlygomis (karšta, nevėjuota diena) patraukliausia poilsiui – apatinė pliažo dalis, kurią pirmiausiai ir užima ankstyvieji poilsiautojai, vėliau atėjusieji įsikuria vidurinėje, o jai prisipildžius poilsiautojų – ir viršutinėje pliažo dalyse.

3. Didžiausią poilsiautojų apkrova jūros krante susidaro ties pagrindiniais keliais į jūrą, kadangi šiose vietose trumpiausias atstumas iki prie Kuršių marių įsikūrusių gyvenviečių. Be to, čia koncentruojasi ir maitinimo įstaigos, spaudos kioskai, vaikų žaidimo aikštelės, automobilių stovėjimo aikštelės, sanitarijos ir higienos mazgai, gelbėjimo stotys ir kiti objektai. Tolstant nuo jų rekreacinė apkrova mažėja.

Gauta 2004-08-10

Literatūra

Akevičiūtė J., Žilinskas G., Minkevičius V. (2002). Poilsiautojų sklaidos Kuršių nerijos apsauginiame paplūdimio kopagūbryje ypatumai, *Geografijos metraštis* **35**, p. 101–117.
Gudelis V. (1993). Jūros krantotyros terminų žodynas, Vilnius.
Kuršių nerijos rekreacinės infrastruktūros vystymo tikslinė programa (vad. P. Kavaliauskas) (1999).Vilnius: UAB „Vilniaus archprojektas“.
Jarmalavičius D., Žilinskas G. (2003). Kuršių nerijos jūros kranto pliažų technologinis tinkamumas rekreacijai, *Geografijos metraštis* **36**(1), p. 205–212.
Žilinskas G., Akevičiūtė J., Jarmalavičius D. (2003). Poilsiautojų srauto dinamikos laike ypatumai Kuršių nerijos jūriniame krante, *Geografijos metraštis* **36**(2), p. 174–181.

Jolita Akevičiūtė, Gintautas Žilinskas, Darius Jarmalavičius
Institute of Geology and Geography, Vilnius

Dispersion of the flow of holiday-makers in the beaches of Curonian spit

Summary

The state of beaches is as strongly affected by intensive development of recreation as by natural processes and other factors. Bearing in mind the ever increasing flow of holiday-makers to Curonian spit (as one of factors responsible for the state of beaches) its investigation has gained special importance in the context of sustainable development. The investigation was carried out in the beaches of Curonian spit (Smiltynė, Alksnynė, Juodkrantė, Pervalka, Preila, Nida) in the summers of 2002–2004. The investigation was implemented by three observers, who counted the holiday-makers simultaneously in the mentioned zones. The investigation also included the record and mapping of infrastructure elements in the recreation zones of marine coast and of the area behind the dunes (approaches to the sea, life-saving stations, bathing-boxes, benches, dustbins, containers, toilets, public catering facilities, parking sites, etc.). These data were used for determining the influence of recreational infrastructure on the dispersion of holiday-makers in the marine coast.

The following regularities were determined by the analysis of collected data:

• The size of settlements, predetermining the number of rest places (hotels, motels, rest houses, etc), catering facilities, entertainment and cultural events, and quality of services, is the main factor responsible for the flows of holiday-makers (i.e, it isthe main source of the flow of holiday-makers).

• The pattern of holiday-makers dispersion across the beach depends on: meteorological conditions, size of the flow of holiday-makers, natural properties of beaches (specific lithology and morphology) and psychological factors. Under normal weather conditions (hot windless day) the lower part of the beach is most attractive for holiday-makers. It is followed by the central and upper parts of the beach.

• The greatest loads of holiday-makers occur beside the approaches to the sea representing the shortcuts between the coastal settlements and the beaches. The mentioned area also concentrates the catering facilities, newsagent‘s, lawns, parking sites, sanitary units, life-saving stations and other objects. The recreational load is smaller away from these approaches.

ISSN 0132–3156 Geografijos metraštis 37(1-2) t., 2004

ŽEMĖVEIKSLIŲ APSKAITOS STATISTINĖS YPATYBĖS: KAITA IR DABARTIES PROBLEMOS

Jonas Milius
Vilniaus universitetas, M. K. Čiurlionio g. 21/27, LT- 03101, Vilnius
El. paštas: jonas.milius@gf.vu.lt

Gintaras Ribokas
Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševčenkos g. 13, LT- 03223, Vilnius
El. paštas: gintaras.ribokas@geo.lt

Įvadas

Visuomeninė gamyba negali vystytis be apskaitos. Žemės apskaita įvairiose gamybos srityse turi bendrų bruožų, nes *žemė* apibūdinama kaip erdvinis pagrindas (Земельный..., 1958).

Kompleksiškai aplinką traktuojantiems geografiniams tyrimams svarbus būtų toks *žemės* sampratos formulavimas: žemė – tai teritorija (Milius, 2004). Tuo akcentuojama, kad *žemė* – ne vien erdvinis gamybos proceso pagrindas, nekilnojamasis turtas ar pan., o svarbiausia gamtinės aplinkos dalis. Taip formuluota ir Lietuvos Respublikos pirmajame žemės įstatyme (Lietuvos..., 1994). Žemė (teritorija) visuomeninės gamybos procese naudojama kaip žemėveikslių (žemės naudmenų) sklypai.

Svarbiausia žemės apskaitos dalis – žemėveikslių apskaitos duomenys, t.y. duomenys apie žemėveikslių rūšinę struktūrą ir plotus bei sąskaidą – sklypus ir jų plotus. Taigi žemėveikslių apskaita – tai duomenų „gavimas“, kaupimas, kurie, atitinkamai apibendrinti ir sugrupuoti, pateikiami žemės išteklių (ar kitaip pavadinti) statistikai. Statistiniai duomenys apie žemėveikslių struktūrą ir sąskaidą yra svarbūs įvairiais požiūriais: kraštovaizdžio kultūrinimo raidos, ekonominiu, žemdirbystės istorijos, žemės valdymo santykių tyrimo, biologijos, miestų struktūros tyrimo ir kt. (Милюс, 1984).

Žemėveikslių tyrimai atskleidžia tam tikras jų apskaitos bei statistikos ypatybes, kurios dėl objektyvių ir subjektyvių priežasčių įvairiais laikotarpiais kito.

Lietuvos žemėveikslių statistikos retrospektyvinė apžvalga pateikta geografų darbuose (Milius, 2000). Šiame straipsnyje siekiama detalizuoti žemėveikslių statistines ypatybes įvairiais XX a. laikotarpiais ir ypač per pastaruosius 14 metų, atkūrus šalies nepriklausomybę. Besinaudojantiesiems statistine informacija svarbu žinoti tas ypatybes, nes tai susiję su duomenų teisinga interpretacija.

1. Metodika

Statistiniai duomenys apie žemėveikslių struktūrą ir plotus visais laikais buvo rengiami pagal valstybės poreikius. Informacijos detalumas ir tikslumas labiausiai priklausė nuo žemėveikslių apskaitos pobūdžio: duomenų parengimo būdo, metodikos, teritorijos kartografavimo techninio lygio.

Nurodytinos šios žemėveikslių statistikos ypatybių grupės: 1) statistikos duomenų (apskaitos) pirminių šaltinių įvairovė, 2) terminijos kaita, 3) žemėveikslių tipologijos įvairialypis (laiko ir žinybine prasme) traktavimas ir 4) apskaitos ir statistikos detalumo kaita.

Žemėveikslių statistikos ypatybės išryškėja dėl žemės agrarinėse teritorijose ir miestuose naudojimo pobūdžio specifinių skirtingumų.

Minėtų ypatybių įvairovė nepakankamai analizuota ir aptarta. Medžiaga šiais klausimais „pasklidusi“ po normatyvinius ir instrukcinius dokumentus. Kiek nuosekliau šioje srityje dirbo šio straipsnio autoriai (Milius, 1980, 2000; Ribokas, 2000).

Žemėveikslių apskaitos ir statistikos šaltinių bei jų deklaruojamų nuostatų analizė ir sudaro šio straipsnio metodikos pagrindą. Straipsnio medžiaga gali būti laikoma minėtų darbų papildymu bei tęsimu.

2. Agrarinių teritorijų žemėveikslių statistikos ypatybės

Žemėveikslių apskaitos ***pirminiai šaltiniai*** yra (ir praeityje buvo) labai įvairūs. Tai apklausos, surašymai, įvairi žemėtvarkos medžiaga, krašto topografiniai ar kiti žemėlapiai, specialieji žemėveikslių apskaitos dokumentai. Pastarieji Lietuvoje žinomi nuo XX a. antrosios pusės – aerofotonuotraukos, aerovaizdai bei aerofotoplanai (Milius, 2000). Taigi būdingas ir labai svarbus XX a. antrosios pusės žemėveikslių apskaitos bruožas – tikslios, objektyvios ir sistemingai atnaujinamos aerofotonuotraukų medžiagos naudojimas. Tiesa, objektyvumas buvo ne visur ir ne visada (Milius, 1980). XX a. paskutiniame dešimtmetyje šis procesas sutriko (Milius, 2004). Ir tai yra viena iš dabarties žemėveikslių statistikos ir apskaitos problemų.

Žemėveikslių terminija, ir apskritai lietuviška terminija, vystėsi specifinėmis, ilgalaikių okupacijų ir kalbinio nesavarankiškumo, sąlygomis. Todėl ji formavosi vėlai, tik XX a. pradžioje (po 1918 m.) atkūrus Lietuvos valstybingumą. Mat ir Lietuvos Didžiosios Kunigaikštijos laikais, ir caro valdžios metais kanceliarinė kalba buvo ne lietuvių kalba. Todėl lietuviška terminija tuo metu, galima sakyti, nebuvo reikalinga. Pavyzdžiui, ir pagrindinio termino *žemėveiksliai* vartojimas yra problemiškas ir dabar. Šis žodis lietuviškoje dokumentacijoje pradėtas vartoti XX a. trečiąjį dešimtmetį (Milius, 1980). Jis vartotas dar ir po Antrojo pasaulinio karo, sovietmečio pradžioje, daugiausia žemėtvarkos dokumentuose (Aerovaizdų..., 1949). XX a. šeštąjį dešimtmetį jis buvo oficialiai įteisintas. Tačiau palaipsniui vartotą terminą *žemėveiksliai* „išstūmė“ naujasis jo sinonimas *žemės naudmenos*. Tai vertimas iš rusų kalbos *zemelnyje ugodja* (*земельные угодья*). Rusų geografas A. N. Rakitnikov teigia, kad šio termino etimologija susijusi su tradicine samprata: žemės naudmenos – tai sklypai, tinkami konkrečiam naudojimui (arti, šienauti, ganyti ir kt.). Tačiau rusų kalboje šis terminas susiformavo dar primityvaus ūkininkavimo metais, todėl žemės skirstymo į naudmenas logika nevisiškai išlaikoma (Ракитников, 1970). Pradėjus vartoti terminą *žemės naudmenos*, išliko ir neretai tebebuvo vartojamas ir ankstesnis – *žemėveiksliai*. Šiuo metu oficialiuoju terminu, ypač žemės ūkio, žemėtvarkos, žemės kadastro ir kai kuriose kitose srityse, priimtas *žemės naudmenos* (Žemės..., 2002; Lietuvos..., 2004a). Tačiau kai kurie specialistai mano, kad terminas *žemėveiksliai* yra geresnis, lietuvių kalbos požiūriu aiškesnis. Ir sovietų laikais, ir dabar vartojami abu terminai – ir *žemės naudmenos*, ir *žemėveiksliai*. Tačiau faktas, kad tai pačiai sąvokai apibūdinti vartojami du terminai, nėra gerai. Yra ir daugiau keblumų dėl terminijos. Tai ypač susiję su perėjimu iš vienos sferos ir kalbos į kitą: sovietų laikais – rusų kalbos įtaka, dabar – vis didėjanti anglų kalbos įtaka. Ir tai dar viena dabarties žemės ir žemėveikslių apskaitos ir statistikos problemų.

Žemėveikslių tipologijos įvairiapusiškumas ir kaita – viena svarbiausių jų problematikos ypatybių. Įvairiais istoriniais laikotarpiais ar net to paties laikotarpio kai kuriais metais buvęs nevienodas žemėveikslių tipologinis apibūdinimas turėjo ir tebeturi statistinę išraišką, t.y. atsiskleidžia pačios žemėveikslių struktūros nevienodas traktavimas ir ypač

žemėveikslių rūšių plotų nesuprantama (būtent ne tos srities specialistams) kaita. Tai susiję su „dvilype“ pačių žemėveikslių sampratos prigimtimi. Naujausiame Lietuvos Respublikos normatyviniame dokumente – Žemės įstatymo pakeitimo įstatyme – apibūdinta, kad *žemės naudmenos – žemės plotai, kurie nuo kitų žemės plotų skiriasi jiems būdingomis gamtinėmis savybėmis arba ūkinio naudojimo ypatumais* (Lietuvos..., 2004b). Analogiški apibrėžimai buvo ir sovietmečio žemės apskaitos ir statistikos normatyviniuose dokumentuose. Minėtas „dvilypiškumas“ atsiranda dėl to, kad žemės apskaitos dokumentuose, apibūdinančiuose žemės sklypų tipologinę priklausomybę, pirmenybė vis dėlto teikiama žemės naudojimo pobūdžiui, o gamtinės savybės nebūna lemiančios. Pavyzdžiui, žemėtvarkos dokumentuose kultūrinės pievos apibūdinamos kaip *žemės sklypai, kuriems pritaikytas reikiamas agromelioracinių priemonių kompleksas ir kurie, apsėti kultūrinių pievų žolių mišiniu bei sistemingai tręšiami ir prižiūrimi, duoda gausų žolės derlių* (Žemės..., 1989). Tačiau botanikai kai kuriuos kultūrinių pievų sklypus, įrengtus nusausintuose žemutinio tipo durpynuose, tipologiškai priskirtų pelkėms, nes pirmenybę teiktų gamtinėms savybėms – durpžemiui. Dėl šios ir analogiškų priežasčių buvo aiškinama, kad, be kai kurių žemėveikslių rūšių statistinės – kadastrinės traktuotės, egzistuoja ir siauresnė žinybinė traktuotė (Milius, 1980). Todėl botanikai nurodo kitokį pelkių plotą, negu jis fiksuojamas žemėtvarkos ir žemės kadastro žinybų parengtuose Lietuvos žemės fondo statistiniuose dokumentuose. Dėl žemėveikslių tipologijos įvairialypiškumo praeityje (sovietų laikais) žemės ir miškų ūkių žinybos pateikdavo nevienodą statistinį miškingumo procentą (Milius, 1980).

Žemėveikslių apskaitos ir statistikos detalumas priklauso nuo įvairių priežasčių, bet labiausiai priklausė nuo konkretaus laikotarpio ūkinės sistemos, t.y. nuo poreikio turėti tam tikro detalumo duomenų apie žemėveikslių struktūrą ir plotus. Pavyzdžiui, sovietų laikais buvo svarbu turėti kuo daugiau kiekybinės informacijos. Todėl buvo sistemingai atliekamos aerofotonuotraukos, nustatomi ne tik atskirų žemėveikslių rūšių, bet ir porūšių, net dar smulkesnių jų tipologinių grupių struktūra bei ploto duomenys. Pievos skirstomos į tris pagrindines grupes: ***užliejamos***, ***sausuminės***, ***pelkėtos***. Detaliau dar buvo skirstoma į kultūrines, grynąsias, kupstuotąsias krūmuotas, akmenuotas, apaugusias mišku ir dar papildomai nurodant minėto rodiklio intensyvumą, pvz., silpnai, vidutiniškai, stipriai krūmuotos ar akmenuotas ir t.t. Pievų struktūros ir plotų duomenys buvo pateikiami net 42-e skiltyse. Ganyklų analogiški duomenys buvo pateikiami 28-e skiltyse. Šiuo metu, nuo 1993 m., Lietuvos žemės fondo kasmetinių duomenų leidinyje apie pievų ir ganyklų topologinę struktūrą yra tik viena skiltis – *pievos ir natūralios ganyklos* (Lietuvos..., 1993, 1998, 2002, 2003, 2004). Šiuo gretinimu nenorima priešpriešinti skirtingų laikotarpių statistikos rezultatų. Kiekvieno laikotarpio statistinė informacija atitinka tų laikų poreikius. Tačiau šio laikotarpio supaprastinta (detalumo prasme) informacija apie žemėveikslių plotų struktūrą netenkina visų sričių, ypač kraštovaizdžio tyrimų, poreikių.

Šiek tiek platesne prasme apžvelgus agrarinių teritorijų žemėveikslių statistikos ypatybes, tikslinga apibūdinti pastarojo – ***nepriklausomybės atkūrimo*** – laikotarpio bruožus. Apibendrinus paminėtinos dvi dabartinių ypatybių priežastys:

1. Nėra žemėveikslių struktūros ir plotų pirminių šaltinių sistemos: sisteminga aerofotonuotrauka neatliekama, o nesuteiktos naudotis ir neišnuomotos žemės (jos yra daugiau kaip 0,5 mln. ha) apskaita yra labai apytikslė ir nepatikima. Todėl minėtieji Žemės fondo kasmetiniai duomenys, be abejonės, reikalingi ir teikiantys daug informacijos, plotų duomenų tikslumo ir patikimumo požiūriais kelia nemažų abejonių. Tai pripažįsta gamybinių žinybų specialistai ir net patys tos informacijos autoriai. Paminėtina, kad dar prieš kelerius metus Valstybinio žemėtvarkos instituto vadovai rašė, kad informacija apie mūsų žemės išteklius tvarkoma apgraibomis (Jasinskas, Survila, 2000).

2. Pakeitus kai kurių žemėveikslių rūšių tipologinę sampratą, kilo neaiškumų ir net statistinio klaidinimo. Tai ypač pasakytina apie kultūrinių ganyklų statistiką. Sovietmečiu galvijininkystė buvo lyg ir prioritetinė žemės ūkio kryptis, todėl buvo plečiami kultūrinių ganyklų plotai. Pavyzdžiui, 1990 m. pabaigoje jų buvo 704,8 tūkst. ha (Lietuvos..., 1991). Kultūrinės ganyklos tuomet buvo ganyklų porūšis. Tačiau po nepriklausomybės atkūrimo, orientuojantis į Vakarų šalių žemės kadastro principus, kultūrinės ganyklos jau laikomos ariamąja žeme ir jų plotas (visos valstybės ir jos atskirų administracinių padalinių) perkeltos į ariamosios žemės skiltį. Tik siauros srities specialistai žino šio plotų pasikeitimo esmę. Teko net mokslinėse publikacijose skaityti bei konferencijose išgirsti apie tai, kad pastaraisiais metais ariamosios žemės plotas padidėjo. Žinoma, paradoksalu, kad statistika lyg ir klaidina, bet specialistai tą suvokia kur kas giliau: padidėjo „popieriuje“, bet ne realiai. Statistinis ariamosios žemės plotas padidėjo ir dėl kitos tipologinės priežasties. Šiuo metu ariamajai žemei priskiriami ir dirvonai – *plotai, kurie anksčiau buvo nuolat ariami ir jau daugiau kaip vienerius metus nenaudojami žemės ūkio augalų auginimui ar pūdymams* (Žemės..., 2002). Ir kol dar vyksta žemės reforma, tokių plotų yra nemažai.

1 lentelėje pateikti duomenys rodo, kaip per trumpą laiką – beveik 2 metus (1991–1992) dėl statistinės tipologijos pakeitimų „išaugo“ ariamosios žemės plotas. Visos Lietuvos teritorijos mastu šis padidėjimas vidutiniškai sudaro iki trečdalio ariamosios žemės ploto. Šis statistinis ariamosios žemės ploto padidėjimas dar labiau klaidina ir dėl to, kad didesnis padidėjimas (%) yra kalvotose teritorijose, kur pastaraisiais metais dirvonuojančių žemių, dabartinėje statistikoje įvardijamų ariamąja žeme, buvo ir tebėra daugiau. Mat sovietų metais kalvotose agrarinėse teritorijose buvo santykinai daugiau kultūrinių ganyklų, kurios tuo metu buvo įrengiamos daugiausia buvusioje ariamojoje žemėje.

Statistinės tipologijos kaitos ypatybių per pastaruosius 14 metų būta ir daugiau, tiesa, ne tokių ryškių skaitmenine išraiška. Dėl ribotos straipsnio apimties visų jų išanalizuoti neįmanoma. Artimiausiais metais jų gali būti ir daugiau dėl Europos Sąjungos šalių statistikos principų įtakos.

1 lentelė. Ariamosios žemės ploto kaita dėl statistinės tipologijos keitimo 1991–1992 m. (plotas, ha).
Table 1. *Changes of areas of arable land entailed by revision of statistical typology in 1991–1992 (area, ha).*

Teritorija *Territory*	**1990-11-01**				**1993-01-01**	**Ariamosios žemės ploto padidėjimas (%)** *Increase of the area of arable land*
	ariamoji žemė *arable land*			Kultūrinės ganyklos *cultural pastures*	ariamoji žemė *arable land*	
	tuometinių ūkių naudojama *used by the then existing farms*	sodybiniuose sklypuose *in small holdings*	iš viso *total*			
Kalvotose teritorijose / *In hilly territories*						
Molėtų sav.	34643	4110	38753	16062	54517	40,7
Šilalės sav.	35386	5816	41202	15074	56333	36,7
Telšių sav.	40450	4622	45072	15419	60567	34,4
Utenos sav.	33332	3531	36863	14204	50993	38,3
Zarasų sav.	26066	3034	29100	12084	41417	42,3
Lygumų teritorijose / *In plain territories*						
Joniškio sav.	59084	3728	62812	16849	80274	27,8
Kėdainių sav.	71313	6828	78141	22806	101055	24,3
Pasvalio sav.	63684	7159	70843	19664	90388	27,6
Vilkaviškio sav.	58755	7368	66123	21420	87920	33,0
Iš viso Lietuvoje *Total in Lithuania*	**2048482**	**238201**	**2286689**	**704804**	**3007929**	**31,5**

3. Žemėveikslių miestų teritorijose statistikos ypatybės

Pastaraisiais metais labai pagausėjo mokslo darbų, skirtų Lietuvos miestų geografijai. Remiantis įvairiais statistiniais duomenimis analizuojama miestų technogeninės teritorijos, natūralių ir užstatytų teritorijų santykis, žemėveikslių struktūra, miestų struktūros elementų kaita ar net vertinama kai kuriais aspektais urbanizuotos aplinkos kokybė. Nagrinėjama, kokią įtaką minėtiems rodikliams turi miestų padėtis landšafto atžvilgiu, gyventojų skaičius, tankumas ir kt.

Visus šiuos duomenis buvo ir dabar galima rasti įvairiuose statistiniuose leidiniuose. Tačiau kartais dėl metodikos keitimų ar administracinių sprendinių miestų žemėveikslių struktūra gali kardinaliai pasikeisti.Galima paminėti kelis tokius atvejus.

Analizuojant Lietuvos miestus įvairiausiais aspektais dažniausiai naudojamasi statistiniais duomenimis, kurie renkami ir pateikiami pagal *miestų administracines ribas*. Dalies miestų administracinės ribos (kartu administracinis plotas) yra daug svarbesnis miesto „statistinės struktūros“ veiksnys nei, pavyzdžiui, miesto funkcijos ar padėtis landšafto atžvilgiu. Lietuvoje kai kada panašiems miestams priskirtos labai skirtingos teritorijos ir jų priskyrimą sunku paaiškinti objektyviais kriterijais. Vienų miestų administracinė riba eina iškart pasibaigus užstatytiems plotams, o kitų atkeltos į aplinkines mažai ar visiškai neurbanizuotas teritorijas. Prijungus didelius, konkrečiam miestui nebūdingus, plotus gali staigiai pakisti žemėveikslių struktūra, natūralių ir užstatytų teritorijų santykis ir kiti rodikliai. Logiška, kad miestų plotai turėtų augti proporcingai gyventojų skaičiui, tačiau Lietuvoje būna ir kitaip. Kitas svarbus miesto ploto didėjimo kriterijus būtų jo funkcijų pasikeitimas, kai buvusių teritorijų nebepakanka užtikrinti naujoms miesto funkcijoms. Galimi ir tokie reiškiniai, kai miesto ribos smarkiai išplečiamos praktiškai nepakitus gyventojų skaičiui ar funkcijoms.

Lietuvoje yra miestų, kurių teritorijos neadekvačios nei gyventojų skaičiui, nei funkcijoms. Toks unikalus miestas būtų Neringa, kuriame yra tik apie 2,5 tūkst. nuolatinių gyventojų, o plotas – beveik 9000 ha (Lietuvos..., 2004). Galima paminėti ir buvusį miestą – Rusnę, kuri panašesnė į žemės ūkio bendrovę (iš tiesų tokia ir buvo) nei į miestą. Rusnėje 1990 m. užstatytų teritorijų buvo mažiau nei 4%, daugiausia ploto užėmė žemės ūkio naudmenos ir miškai, o bendras miesto plotas siekė net 5359 ha (Miestų..., 1990). Didelį plotą užima Lietuvos kurortai: Palanga, Druskininkai.

Kai kurie miestai, „nepelnytai“ gavę daug teritorijos, dabar turi visai netipišką žemėveikslių struktūrą. Pavyzdys galėtų būtų Vilniaus miestas. Jame galima rasti gana didelių plotų, kur daugiau nei 90% sudaro technogeninės teritorijos, o kitur tiek pat užima miškai, be to, Vilniuje gausu ir žemės ūkio naudmenų, kurios sudaro apie 21%, miškai ir želdiniai daugiau kaip 30% (Lietuvos..., 2003). Kitą grupę sudaro miestai, kurių plotas padidėjo prijungus visai nebūdingas miestui teritorijas, dažniausiai miškų ar vandens plotus. Pavyzdžiui, prie Trakų prijungus 740 ha teritoriją, iš kurios apie 550 ha sudaro ežerai, miesto žemėveikslių struktūra pakito iš esmės. Taip atsitiko ir Elektrėnuose, kur vadinamųjų Elektrėnų marių prijungimas prie miesto jo teritoriją padidino daugiau nei 1300 ha. Tytuvėnuose gyventojų skaičiaus kaita buvo nedidelė, tačiau prie miesto prijungus Tytuvėnų šilo landšaftinį draustinį minėto miesto plotas padidėjo iki 985 ha, nors pačiame mieste buvo tik apie 3 tūkstančiai nuolatinių gyventojų.

Kitas veiksnys, darantis įtaką miesto žemėveikslių struktūrai, yra ***gyventojų skaičius***. Didėjant mieste gyventojų skaičiui, plečiasi technogeniniai plotai, reikalingi miestiečių būstams, darbo vietoms, poilsiui bei kultūrai skirtos teritorijos ir kt. Todėl arba vyksta gyventojų koncentracija (didėja gyventojų tankumas mieste), arba atitinkamai plečiama miesto teritorija.

Svarbus veiksnys, turintis įtakos miesto žemėveikslių struktūrai, yra ***miesto funkcijos***. Nuo jų priklauso, kokie žemėveiksliai bus reikalingi norint užtikrinti vyraujančias miesto funkcijas. Kurortams ir rekreaciniams miestams reikia daug natūralių teritorijų, ypač miškų bei želdynų, energetikos miestui (Elektrėnai) – dideli vandens plotai, naudojami elektrinei aušinti, pramonės miestuose (Jonava, Mažeikiai) intensyviau formuojamos technogeninės teritorijos ir kt.

Miesto teritorijų struktūrą veikia gamtinė aplinka, kurioje susiformavo ir plėtėsi miestas. Todėl miesto ***landšaftinė padėtis*** yra svarbus miesto žemėveikslių struktūros veiksnys, kuris labiau veikia natūralių žemėveikslių pasiskirstymą.

Miesto vidinei struktūrai turi įtakos ir ***žemėnauda bei žemėvalda***, t.y. žemės priklausomybė ir naudojimo paskirtis. Nemažą dalį miestų teritorijų (ypač mažesnių Lietuvos miestų) užima ***asmeninė*** (anksčiau žemėtvarkininkų vadinta kaip asmeninė ir sodybinė) žemė. Mažiausiuose (iki 3 tūkst. gyventojų) miestuose asmeninė – sodybinė žemė užėmė daugiau kaip 20% (Miestų..., 1996). Paskutiniais metais pasikeitė užstatytų plotų traktavimas, kuris priartėjo prie statistikoje priimtų metodikų, ir dabar gyvenamieji kvartalai ar individualūs gyvenamieji rajonai priskiriami užstatytiesiems detaliau nebeskirstant. Dėl tos priežasties sodybinė žemė, kurioje anksčiau (ypač nedideliuose miestuose) žemės ūkio naudmenos užimdavo absoliučiai didžiausią plotą, staiga virto beveik visiškai užstatyta. Todėl kai kuriuose mažuose Lietuvos miestuose staigiai padidėjo užstatyto ploto procentas, nors nebuvo jokio miestų augimo. Pavyzdys galėtų būtų Troškūnai, kuriuose užstatytų teritorijų nuo 1990 iki 1996 metų išaugo nuo 26 iki 36 ha (Miestų..., 1990, 1996). Tačiau per minėtą laikotarpį Troškūnuose gyventojų mažėjo ir jokių svarbesnių statybos darbų nevykdyta.

Kitos skirtingos žemėvaldos teritorijos, būdingos daliai Lietuvos miestų, būtų ***karinės teritorijos***. Jose dėl specifinės veiklos formų bei sąlygų taip pat formavosi skirtingi žemėveiksliai. Jų ištirtumas buvo ribotas ypatingos to metų apsaugos ir slaptumo. Šių teritorijų didesnis poveikis buvo tik nedaugeliui Lietuvos miestų, kuriuose jos užėmė santykinai didelę dalį. Iš vienos pusės, kariniai objektai (ypač aerodromai) padidindavo technogeninių teritorijų procentą. Iš kitos pusės, kai kurių objektų slaptumas ir maskavimas vertė kurti plačias želdinių, dažniausiai miškų ar krūmynų, juostas ar zonas, kurios padidindavo natūralių teritorijų dalį. Daugiausia įtakos minėtos teritorijos turėjo Kėdainių, Pabradės, Pagėgių, Panevėžio, Šiaulių miestams. Pavyzdžiui, Zoknių oro uostas, būdamas mieste, negalėjo neveikti Šiaulių miesto plėtros, nes didžiulė teritorija (1124 ha, arba 15% miesto ploto) buvo tarsi išimta iš bendro naudojimo, tačiau minėtas oro uostas tik neseniai buvo priskirtas Šiaulių miestui. 2 lentelėje matyti, kaip Šiauliuose pasikeitė miestų struktūrą atspindintys rodikliai prijungus minėtą karinę bazę. Šiaulių mieste santykinai sumažėjo žemės ūkio naudmenų, nors jų plotai išaugo (aerodromo teritorijoje buvo nemaži šienaujamų pievų, miškų ir krūmų plotai) ir gerokai padidėjo užstatytų teritorijų – nuo 46,8 iki 51,1%, arba beveik 890 ha. Dėl karinio aerodromo prijungimo natūralių ir užstatytų teritorijų santykis sumažėjo nuo 0,7 iki 0,55.

Miesto žemėveikslių struktūrai, ypač miestų teritorinei plėtrai, gali turėti įtakos ir subjektyvūs veiksniai, kuriuos sunku metodiškai pagrįsti. Tokiems galima priskirti su įvairiais asmeniniais ar grupiniais interesais susijusius sprendinius, žemės reformos veiklą, ypač žemės grąžinimą (restituciją), rinkimų apylinkių ribų koregavimą ir kt.

Atskirai norėtųsi paanalizuoti administracinių ribų pokyčių fiksavimo operatyvumą statistiniuose leidiniuose. Pavyzdžiui, didžiausi pokyčiai Visagino miesto žemėveikslių struktūroje „įvyko“ 2002 m., kada miestui buvo priskirtos atominės elektrinės, jos infrastruktūros, aptarnaujančių įmonių ir kitos aplinkinės teritorijos (Visagino..., 2002).

2 lentelė. Šiaulių miesto žemėveikslių struktūra (% bendro ploto) 1996 m. (Ribokas, 2000).
Table 2. *Structure of land types in Šiauliai city (% of the total area) in 1996 (Ribokas, 2000).*

Šiaulių miestas	**Žemės ūkio naudmenos** *Farm lands*	**Miškai ir krūmai** *Forests and shrubs*	**Užstatyti plotai** *Area under buildings*	**Vanduo** *Water*	**Kita** *Other*	**Natūralumo rodiklis*** *Index of naturalness*
Be Zoknių karinio dalinio *Excluding the Zokniai subunit*	11,6	14,7	46,8	18,3	8,6	0,70
Su Zoknių kariniu daliniu *Including the Zokniai subunit*	10,6	12,8	51,1	15,8	9,7	0,55

* – natūralumo rodiklis – tai natūralių bei pusiau natūralių ir užstatytų teritorijų santykis/*index of naturalness is represented by the ratio of semi-natural and built-up areas.*

Miesto plotas „išaugo“ nuo 896 iki 5842 ha, t.y. šešis su puse karto. Lyginti dabartinę situaciją ir vėlesnius duomenis yra labai sunku, nes tai jau visiškai skirtingos teritorijos. Prie ankstesnio Visagino miesto buvo prijungta 4950 ha, tarp kurių 362 ha žemės ūkio naudmenų (nuo šiol Visaginas jau nebėra vienintelis miestas Lietuvoje, kuriame nėra žemės ūkio naudmenų), 2860 ha miškų, 742 užstatytų plotų, 116 ha vandens telkinių, 48 ha krūmynų, 268 ha pelkių, 305 ha pažeistų ir 252 ha nenaudojamų plotų. Visaginas iš kompaktiško miesto, kaip atrodė senesniais statistiniais duomenimis, virto didžiuliu miestu, savo plotu lenkiančiu daugelį tokio rango Lietuvos miestų. Gaila, kad tų pokyčių nėra parodyta nei 2003, nei 2004 metų (Lietuvos..., 2003, 2004a) Lietuvos Respublikos žemės fondo leidiniuose, nors sprendimas buvo priimtas 2002 m. rugsėjo 26 d., o Lietuvos Vyriausybė įpareigojo Visagino savivaldybę nuo 2003-01-01 pradėti įgyvendinti minėtoje teritorijoje savo funkcijas.

Pažymėtina dar viena metodinė ypatybė, kuri kartais gali klaidinti. Detaliuose žemėveikslių skirstymuose ***keliai*** buvo atskiriami nuo plotų, esančių po įvairiais ***pastatais*** bei ***įmonėmis, gatvėmis***, ***aikštėmis***, ***kiemais***, ***įvairiomis dangomis***. Tačiau, suprojektavus gyvenamuosius, pramonės ar kitokius pastatus palei kelią, šie plotai buvo priskirti gatvėms. Pavyzdžiui, Utenos mieste 1979 m. buvo 61 ha kelių, o 1996 m. jų liko tik 13 ha; Šiauliuose 1979 m. buvo 144 ha kelių, o 1996 m. jų liko 111 ha (Miestų..., 1979, 1996). Tai nereiškia, kad keliai buvo išardyti, paprasčiausiai dalis jų priskirti gatvių kategorijai.

Abejonių kelia ir kai kurie pateikiami duomenys, kai miestuose (ypač mažesniuose gyventojų skaičiumi) daugiau nei dešimt metų nerodoma jokių pokyčių, tarsi miestas būtų užkonservuotas.

Darbe nagrinėti tik vienos sistemos – Žemėtvarkos projektavimo instituto sukaupti duomenys. Jei juos lyginsime su Statistikos departamento ar su Komunalinio ūkio ir paslaugų departamento archyvais, bus dar didesnių skirtingumų. Pavyzdžiui, Vilniaus mieste skirtingų žinybų 1998 m. pateikti skirtingi ne tik atskirų žemėveikslių plotai, bet ir skirtingas bendras miesto plotas. Tačiau ties atskirų žinybų pateikiamus miestų žemėveikslių plotus šiame straipsnyje plačiau neapsistota, nes tai sudėtingas ir platus klausimas, kuris galbūt bus analizuojamas ateityje.

Išvados

1. Žemėveikslių apskaitos pirminiai – kartografiniai – šaltiniai šiuo metu neatnaujinami, dėl to nėra žemėnaudos būklę atspindinčios kartografinės medžiagos ir žemėveikslių plotų patikimų duomenų.

2. Agrarinių teritorijų kasmetinė žemėveikslių apskaita vedama tik visos savivaldybės teritorijos, o smulkesnių teritorijų – kadastro vietovių – nefiksuojama. Tai labai apsunkina naudojimąsi tokiais apibendrintais duomenimis.

3. Agrarinių teritorijų ir miestų žemių žemėveikslių rūšių tipologinis apibūdinimas bei terminija yra nesunorminti, todėl įvairių sričių specialistai nevienodai traktuoja žemėveikslių statistiką.

4. Lietuvos miestų žemėveikslių struktūros ir miestų administracinių ribų pokyčių pateikimo operatyvumas nėra pakankamas. Miestų struktūros pokyčiai, pateikiami statistiniuose leidiniuose, neretai sukelti administracinių ribų ar paskutinių metų žemėveikslių tipologijos keitimo.

5. Skirtingų žinybų pateikti duomenys apie miestų struktūrą nėra identiški.

Gauta 2004-08-18

Literatūra

Aerovaizdų dešifravimo nuostatai (1949) / Lietuvos žemės ūkio ministerija, Vilnius.
Jasinskas J., Survila R. (2000). Apgraibomis apie mūsų žemės išteklius, *Žemės ūkis* **12**, p.7–8.
Lietuvos Respublikos žemės fondas 1990-11-01. (1991) / Žemės ūkio ministerija, Vilnius.
Lietuvos Respublikos žemės fondas 1993 sausio 1d. (1993) / Žemės ūkio ministerija, Vilnius.
Lietuvos Respublikos žemės fondas 1998 sausio 1d. (1998) / Žemės ūkio ministerija; Žemės ir kito nekilnojamo turto kadastro valstybinė įmonė, Vilnius.
Lietuvos Respublikos žemės fondas 2002 sausio 1d. (2002) / Žemės ūkio ministerija; Žemės ir kito nekilnojamo turto kadastro valstybinė įmonė, Vilnius.
Lietuvos Respublikos žemės fondas 2003 sausio 1d. (2003) / Žemės ūkio ministerija; Valstybės įmonė „Registrų centras“, Vilnius.
Lietuvos Respublikos žemės fondas 2004 sausio 1d. (2004a) / Žemės ūkio ministerija; Valstybės įmonė „Registrų centras“, Vilnius.
Lietuvos Respublikos žemės įstatymas (1994), *Valstybės žinios*, Nr. **34**(620).
Lietuvos Respublikos žemės įstatymo pakeitimo įstatymas (2004b), *Valstybės žinios*, Nr. **28**(868).
Milius J. (1980). Žemės ūkio naudmenos, *Kalbos kultūra* **39**, p. 28–30.
Milius J. (1984). Žemės naudmenos ir Lietuvos agrarinio kraštovaizdžio tyrimų problematika, G*eografija* **20**, p. 39–47.
Milius J. (2000). Lietuvos žemėveikslių statistika (retrospektyvinė apžvalga), *Geografija* **36**(2), p. 90 – 93.
Milius J. (2004). Žemėveikslių struktūros sisteminiai ryšiai: sąveika ir kaita. *Žemės naudojimas ir žemėtvarka: Tarptautinės moksl. konfer. praneš.*, Kaunas: Akademija, p. 64 –65.
Miestų žemių suskirstymas pagal naudmenas ir naudotojus (1979) / Žemės ūkio ministerijos archyvas, Vilnius.
Miestų žemių suskirstymas pagal naudmenas ir naudotojus (1990) / Žemės ūkio ministerijos archyvas, Vilnius.
Miestų žemių suskirstymas pagal naudmenas ir naudotojus (1996) / Žemės ūkio ministerijos archyvas, Vilnius.
Ribokas G. (2000). Lietuvos miestų teritorijų žemėveikslių struktūra ir jos kaita. *Dr. disertacija*, Vilnius.

Visagino miesto ir Ignalinos rajono savivaldybių teritorijų ribų keitimo įstatymas Nr. IX-1100 (2002), *Valstybės žinios*, Nr. **101(**4488).
Žemės naudmenų vertinimo kriterijai (1989) / Respublikinis žemėtvarkos projektavimo institutas, Vilnius.
Žemės valstybinės apskaitos tvarka (2002), *Valstybės žinios*, Nr. **80(**3472).
Земельный учет (1958). Под редакцией Н. Н. Бочкова, Москва: Государственное изд-во сельскохозяйственной литературы.
Милюс Й. (1988). Закономерности динамики земельных угодий Литовской ССР: *Др. дис*. / Институт Ботаники, Вильнюс.
Ракитников А. Н. (1970). География сельского хозяйства, Москва.

Jonas Milius, Gintaras Ribokas
Vilnius University; Institute of Geology and Geography

Statistical peculiarities of stock-taking of land types: changes and today's problems

Summary

The data of stock-taking land types represent the main part of registration of land resources. They are important in many aspects. Statistical data about the structure and area of land types are collected meeting the state demands.

Analysis of land types revealed some specific features of their stock-taking and statistical methods. Specific use of land in rural and urban areas is also responsible for peculiarities of the statistics of land types.

The primary sources of stock-taking of land types – cartographic sources – have not recently been renewed. Thus, the reliable data about the land use and areas occupied by different land types are not available.

Annual stock-taking of farm lands is implemented within the whole territory of a given municipality. Smaller territories – cadastre units – are not registered. This makes the use of generalized data rather difficult.

The typological description and terminology of land types in urban and rural areas is not standardized. Due to this specialists of different fields of research demonstrate different approaches to the statistical data about land types. The submission of the information about the changes of land type structure in Lithuanian cities and administrative boundaries is ineffective. The changes of urban land type structure contained in statistical publications are often induced by mere changes of administrative boundaries or recent land type typology.

The data about the structure of cities submitted by different departments are not identical.

ISSN 0132–3156 Geografijos metraštis 37(1-2) t., 2004

KRAŠTOTVARKA

GEOMORFOLOGINIŲ MOKOMŲJŲ TAKŲ PLANAVIMO PROBLEMA

Paulius Kavaliauskas, Ričardas Skorupskas, Jonas Volungevičius
Vilniaus universitetas, M. K. Čiurlionio g. 21/27, LT-03101, Vilnius
El. paštas: paulius.kavaliauskas@gf.vu.lt; ricardas.skorupskas@gf.vu.lt

Įvadas

Svarbų vaidmenį šiuolaikinės visuomenės aplinkosauginio švietimo ir jos ekologinės sąmonės formavimo srityje vaidina įvairių tipų pažintiniai takai – linijiniai rekreacinės infrastruktūros elementai. Jų aktyvus planavimas, įrengimas ir naudojimas prasidėjo dar XX a. 7–8 dešimtmečiuose, kada per visą Europą nuvilnijo visuomenės ekologizavimo banga. Įvairiose šalyse pradėta intensyviai planuoti ir įrenginėti įvairaus pobūdžio pažintinius takus, skirtus aktyviam kraštovaizdžio išteklių bei jo vertybių naudojimui. Tiek Vakarų Europoje (Vokietija, Prancūzija, Didžioji Britanija ir kt.), tiek Vidurio ir Rytų Europoje (Čekija, Vengrija, Lenkija, Estija, Latvija, Rusija ir kt.) buvo sukurti tankūs lankymui parengtų turistinių pažintinių takų tinklai. Ypač šiuo požiūriu aktyvios buvo Didžioji Britanija (The Pennine..., 1995; The Dorset..., 1996; Hillaby, 1998), Baltijos šalys (Eilart, 1976; Mander, 1977; Reinvald, 1978; Эйларт, 1978; Melluma, Danilāne, 1986) ir Rusija (Родоман, 1974; Самойленко, Фишер, 1989; Чижова, Добров, Захлебный, 1989). Analogiškos tendencijos išryškėjo ir kituose kontinentuose, pvz., Naujojoje Zelandijoje buvo sukurta beveik 2 tūkst. km ilgio pažintinių takų tinklas (New..., 1979), o JAV priemiestinių ir užmiesčio pažintinių takų sistema praėjusio amžiaus pabaigoje pasiekė net kelis šimtus tūkstančių kilometrų (Foreman, Wolke, 1992).

Lietuva, nors ir kiek vėlavo šiuo atžvilgiu, irgi neliko nuošaly nuo šio judėjimo. Dar praėjusio amžiaus 8 dešimtmečio pabaigoje pradėta planuoti bei rengti pirmuosius pažintinius pasivaikščiojimo takus, pasirodė pirmieji šia tema analitiniai darbai (Jurgilas, 1977; Kavaliauskas, Šilagalis, 1978; Kavaliauskas, Šilagalis, 1979; Kavaliauskas, Šilagalis, 1981). Ypač svarbus indėlis į šią sritį buvo įneštas 9 dešimtmetyje, kada buvo parengtos netgi kelios metodinių rekomendacijų versijos, kaip planuoti bei rengti tokio pobūdžio takus (Riepšas, Pališkis, 1985; Šapokienė, 1986; Šilagalis, Krupickas, 1986), bei pabandyta apibendrinti gamtos takų problemą (Pališkis, Riepšas, 1986) ir pateikti pirmąją kompleksinę rekreacinių takų klasifikaciją (Kavaliauskas, 1987).

Naują stimulą pažintinių takų kūrimui mūsų šalyje davė naujojo tūkstantmečio riboje staigus nacionalinių parkų tinklo išplėtimas bei regioninių parkų sistemos sukūrimas, suteikęs įvairiapuses galimybes šiems takams organizuoti. Atgavus nepriklausomybę, svarbiausiose šalies saugomose teritorijose buvo pradėti įrenginėti įvairaus pobūdžio pažintiniai takai, kurių formavimas ypač suaktyvėjo paskutiniame penkmetyje (Merkinės..., 1995; Šeirės..., 1997; Peršokšnos..., 2001; Prelomciškių..., 2001; Parnidžio..., 2002; Pūčkorių..., 2004, ir kt.). Deja, šioje naujojoje bangoje yra ir spragų. Į akis krinta ankstesnės metodinės patirties primiršimas, pažinimo specializacijos nevertinimas ir įsigalintis takų abstraktumas bei monotipiškumas, vietinių iniciatyvų neprofesionalumas, populizmas ir pan.

Visa tai sudaro prielaidas grįžti prie metodinių pažintinių takų problemos sprendimo

klausimų, akcentuoti didžiausią edukacinę reikšmę linijinės rekreacinės infrastruktūros elementų sistemoje turinčiai takų grupei – mokomiesiems takams. Greta to, galima teigti, kad pagarba, siekis išsaugoti ir tausoti gamtinę ir kultūrinę aplinką ateina su įvairiapusiu jos pažinimu. Svarbiausia informacija apie aplinką įgyjama su komponentinių ir tarpsisteminių ryšių, jų svarbos ir sąlyčio pobūdžio su žmogumi suvokimu. Būtent todėl mokomieji takai, tarp kurių ir šio darbo tyrimo objektą sudarantys geomorfologiniai takai, būtų pagrindinė ekologinio švietimo priemonė, padedanti harmonizuoti gamtos ir visuomenės santykius.

1. Mokomųjų takų planavimo probleminiai aspektai

1.1. Bendrosios problemos

Aplinkosauginio švietimo požiūriu mokomojo tako idėja yra neabejotinai naudinga ir kilni. Ir ypač šiuo metu, kai didėja atotrūkis tarp gamtos ir visuomenės, kurios nariai daug laiko praleidžia urbanizuotoje aplinkoje. Taigi kokiu lygiu mokomojo tako idėja yra realizuojama konkrečiose teritorijose? Ar suprojektuotas ir įrengtas takas funkciniu požiūriu yra gyvybingas, ar pakankamai patrauklus, ar atlieka pagrindinę – mokomąją funkciją? Tai panašaus pobūdžio aibė klausimų, į kuriuos šiandien reikia atsakyti, nors tai padaryti ir ne taip paprasta.

Būtent, šiandieninėje linijinės rekreacinės infrastruktūros objektų sistemoje egzistuoja begalė metodologinių problemų. Pavyzdys gali būti takų klasifikacija, terminijos vienodinimas ir optimizavimas bei kt. Takų planavimo procese yra gana daug mechaniškumo ir formalizmo apraiškų, kurios, jau projektavimo stadijos pradžioje, sumažina tako idėjos gyvybingumą. Nėra ir negali būti dviejų panašių teritorijų, net ir funkcionuojančių adekvačiomis sąlygomis – gali sutapti pavienės detalės, tačiau jų bendra kokybinė suma kiekvienu atveju bus kitokia. Vien dėl to kiekvienai konkrečiai teritorijai mokomųjų takų planavimo metu būtinas individualus sprendimas. Mokomųjų takų ir apskritai linijinės rekreacinės infrastruktūros elementų projektavimas turi remtis konkrečiais bendrais principais, dėsningumais, kurie padeda suformuoti būsimo mokomojo objekto idėjinį karkasą. Visa kita – tai konkrečios teritorijos pažinimo – teritorijoje glūdinčios informacijos perėmimo, suvokimo ir kūrybiškumo – įtakos žmogui (planuotojui) rezultatas. Planavimo procesui ypač svarbu planuotojo kūrybiškumas. Ši savybė padeda sukurti atraktyvius linijinės rekreacinės infrastruktūros objektus.

Valstybiniuose parkuose takų sistemos dažnai egzistuoja formaliai: yra planavimo projektai, įrengimo koncepcijos, tačiau takas neatlieka savo paskirties – nenaudojamas, nelankomas. Vien todėl, kalbant apie mokomuosius takus, pirmiausia reikėtų kreipti dėmesį ne į jų kiekybę, bet į funkcionalumo (atitikimo paskirčiai) didinimą, kas užtikrina didesnį lankomumą ir kartu mokomąjį vaidmenį.

1.2. Mokomieji takai rekreacinės pažintinės infrastruktūros sistemoje

Mokomieji takai planavimo požiūriu priskirtini bendrajai linijinės rekreacinės infrastruktūros sistemai, kuri dabar virsta gana sudėtingu daugiašakiu tinklu, susidedančiu iš įvairių rūšių elementų. Iki šiol nėra aiškiai aprobuotos šios sistemos klasifikacijos, tad tenka remtis minėtu darbu (Kavaliauskas, 1987), jį papildžius ir pakoregavus pateiktą schemą atsižvelgus į naujų laikų specifiką ir poreikius. Taigi bendrąją linijinės rekreacinės infrastruktūros tipizaciją galima pateikti tokios formos:

A. PĖSČIŲJŲ TAKAI IR TRASOS
- A1 – Pėsčiųjų takai
  - A1a – Pasivaikščiojimo (sveikatingumo) takai
  - **A1b – Mokomieji (edukologiniai) takai*:**
    - A1b$_1$ – Gamtos (ekologiniai)
      - **A1b$_{11}$ – Geomorfologiniai–geologiniai**
      - A1b$_{12}$ – Hidrografiniai
      - A1b$_{13}$ – Botaniniai–zoologiniai
    - A1b$_2$ – Kultūros (istoriniai)
      - A1b$_{21}$ – Archeologiniai
      - A1b$_{22}$ – Etnokultūriniai
      - A1b$_{23}$ – Memorialiniai
    - A1b$_3$ – Kraštovaizdžio (gamtos–kultūros)
  - A1c – Šviečiamosios paskirties (žinių propagavimo) takai*
  - A1d – Gydomieji takai (terenkurai)
- A2 – Pėsčiųjų turizmo trasos
  - A2a – Pažintinės
  - A2b – Sportinės

B. DVIRAČIŲ TAKAI IR TRASOS
- B1 – Rekreaciniai dviračių takai:
  - B1a – Dviračių takai
  - B1b – Dviračių–pėsčiųjų takai (žaliakeliai)
- B2 – Dviračių turizmo trasos:
  - B2a – Pažintinės dviračių trasos
  - B2b – Sportinės dviračių trasos
- B3 – Dviračių eismo keliai:
  - B3a – Eismo juostos
  - B3b – Eismo takai
  - B3c – Eismo keliai

C. VANDENS TAKAI IR TRASOS
- C1 – Pasiplaukiojimo takai
- C2 – Vandens turizmo trasos
  - C2a – Pažintinės
  - C2b – Sportinės

D. RAITŲJŲ TAKAI IR TRASOS
- D1 – Pasijodinėjimo takai
- D2 – Raitųjų turizmo trasos

E. AUTOMOBILIŲ TRASOS**(Footnotes)**
- E1 – Pažintinės autoturizmo trasos
- E2 – Sportinės autotrasos

* – mokomieji takai yra trumpi, aiškios edukacinės paskirties, nors, esant poreikiui, jie gali atlikti pažintinio tako funkcijas, tuo tarpu pažintiniams takams tokia savybė nėra būdinga – jų paskirtis yra bendresnio pobūdžio.

Remiantis teikiama klasifikacija, mokomųjų takų struktūroje tikslinga išskirti du stambius mokomųjų takų tipus, tarpusavyje pirmiausia besiskiriančiais kiekybiniais požymiais.

1. Komponentiniai mokomieji (edukologiniai) takai. Jų turinį sudaro kiekvieno kraštovaizdžio komponentų jungiama vienarūšių objektų grupė. Linijinės rekreacinės infrastruktūros objektų klasifikacijoje pastarasis tipas skaidomas į du potipius, atstovaujančius gamtinei–ekologinei ir kultūrinei–istorinei kraštovaizdžio dedamajai. Gamtos (ekologinių) takų tipas apima geomorfologinius–geologinius, hidrografinius ir botaninius–zoologinius takus su tik jiems būdingomis elementų grupėmis. Tuo tarpu kultūros (istorinių) takų tipas jungia archeologinius, etnokultūrinius, memorialinius takus su tik jiems būdingais vienarūšiais kultūros objektais.

2. Kraštovaizdžio (gamtos–kultūros) takai. Kitaip juos galima įvardyti kaip kompleksinius, arba kombinuotuosius. Jų turinį gali sudaryti objektai iš kelių ar visų gamtinio ir kultūrinio kraštovaizdžio komponentų, kurie apima vienarūšių objektų grupes. Kraštovaizdžio mokomojo tako turinyje gamtiniai kultūriniai kraštovaizdžio objektai kiekybiškai gali varijuoti įvairiu santykiu, priklausomai nuo pirminės būsimojo mokomojo tako idėjinės koncepcijos ir paskirties.

Pavyzdys galėtų būti mokomieji gamtos ar kultūros komponentus apimantys takai, tiek šias abi grupes sudarančių elementų derinys, t.y. kompleksinis mokomasis takas, apimantis geomorfologinius ir botaninius objektus, arba takas, jungiantis archeologinius ir geomorfologinius kraštovaizdžio objektus. Tokio pobūdžio takų tikslas yra giliau pažinti ne tiek pačius objektus atskirai, kiek objektų komponentų sąsajas bei ryšius, suvokti, kaip vienas kraštovaizdžio komponentas įtakoja kito kraštovaizdžio komponentų sudėtį, savybes ir sklaidą.

Mokomieji takai yra svarbiausioji takų sistemos dalis, kuri, nepaisant neaukšto hierarchijos rango, atlieka bene svarbiausią – mokymo funkciją. Jų trasa, lyginant su bendrojo pažintinio tipo (švietėjiškos funkcijos) takais, yra gerokai trumpesnė. Dažniausiai mokomojo tako lankymas trunka ne ilgiau kaip dieną, todėl tako trasos ilgis faktiškai neturi viršyti pėsčiojo dienos normos, t.y. 15 km. Pastaroji norma galioja tuo atveju, kai lankytojų skaičius neviršija 10 žmonių. Didesnė dalyvių grupė sunkiau valdoma, todėl tenka rinktis trumpesnį tako trasos variantą. Trumpos („dienos“) trasoms nereikia didelių investicijų, nes praktiškai pakanka minimalios infrastruktūros (informacijos stendai, atokvėpio vietos). Nebūtina ir kapitalinė įranga. Kita vertus, tai yra gerai, nes būtent mokomųjų gamtinių takų trasose siekiama lankytoją kiek įmanoma labiau priartinti prie gamtos, kartu atskleisti daugiau jos savitumų.

Takų planavimo pobūdis ir principai ryškiai skiriasi priklausomai nuo jų tipo. Mokomieji (edukologiniai) takai pagal funkcinius reikalavimus, turinio ir jo perteikimo pobūdį, lyginant su švietėjiškos funkcijos ir sveikatingumo takais, yra sudėtingiausi. Šiuo požiūriu jiems prilygsta tik gydomieji takai, dar vadinami terenkurais.

Dabartinėje mokomųjų takų planavimo praktikoje vyrauja vienpusiškas ir gerokai biologiškai hipertrofuotas tako turinio traktavimas. Beveik visais atvejais mokomasis gamtos takas suprantamas kaip biologinių objektų tako trasoje seka. Negalima teigti, kad pastaroji situacija buvo suformuota sąmoningai. Tai paprasčiausia gamtinio komplekso komponentų sudėties nesuvokimo, kartais ir nenoro pripažinti tikrosios jo sandaros, pasekmė. Juk pats kraštovaizdis integruoja lygiaverčius geologinius, geomorfologinius, hidrologinius, botaninius ir zoologinius objektus.

Todėl būtina keisti padėtį ir realiai imtis tiek geografinį aplinkos aspektą tiesiogiai išreiškiančių specializuotų geomorfologinių ar hidrografinių mokomųjų takų projektavimo, tiek skirti daugiau dėmesio šiems komponentams bendresnio pobūdžio kraštovaizdžio mokomuosiuose takuose.

2. Geomorfologinių mokomųjų takų planavimo nuostatos

Kalbant apie planavimo principus būtina žinoti, kad mokomasis takas planuojamas ne tiems žmonėms, kuriems svarbu tik nueiti trasą, o žmonėms, kurie linkę ieškoti ir pažinti. Planuojant bet kurį gamtinį taką pirmiausia būtina atsižvelgti į žmogaus (bendrąja prasme) psichofiziologinius poreikius, galimybes. Be to, būtina suvokti pagrindinius aplinkos (kraštovaizdžio) jutiminės percepcijos principus ir su patirtais įspūdžiais susijusias emocinio išgyvenimo ypatybes.

Mokomiesiems takams, lyginant su kitų tipų takais, privalu turėti didžiausią informacijos potencialą. Vien jau tako tipo įvardijimas kaip mokomojo įpareigoja gerokai sudėtingesniam tako planavimo procesui. Geomorfologinių mokomųjų takų planavimo metodologijos formavimas susideda iš kelių pakopų: potencialių vietų mokomiesiems takams kurti, analizę, būsimojo tako trasos lauko lokalizavimo, geomorfologinių objektų parinkimo ir tako trasos parinkimo problematiką atsižvelgiant į percipiento (suvokėjo) fizines galimybes, suvokimo pobūdį ir ypatybes. Viskas daroma tam, kad lankytojas trasoje pateiktą informaciją sugebėtų įsisavinti kiek įmanoma geriau.

Geomorfologinių mokomųjų takų formavimas pirmiausia siejamas su potencialių mokomojo tako trasai įrengti vietų analize. Iš principo geomorfologiniams takams organizuoti gali tikti kiekviena teritorija. Tačiau atsižvelgus į tikslinius apribojimus, kaip tako įvairumas, atraktyvumas ir pan., galimų vietų sąrašas gerokai susiaurėja. Taigi pirmiausia reikėtų orientuotis į saugomas teritorijas, konkrečiau – į geomorfologinius ir kraštovaizdžio draustinius. Tokią orientaciją lemia tai, kad būtent šitose teritorijose koncentruojasi didžiausios geomorfologinės vertybės – teritorinių geomorfologinių kompleksų ar objektų raritetai bei etalonai. Todėl takus tikslinga planuoti ten, kur jų panaudojimo galimybės realiai yra didesnės. Pagal padėtį aukštesnio rango saugomų teritorijų atžvilgiu galima išskirti tris geomorfologinių ir kraštovaizdžio draustinių grupes:

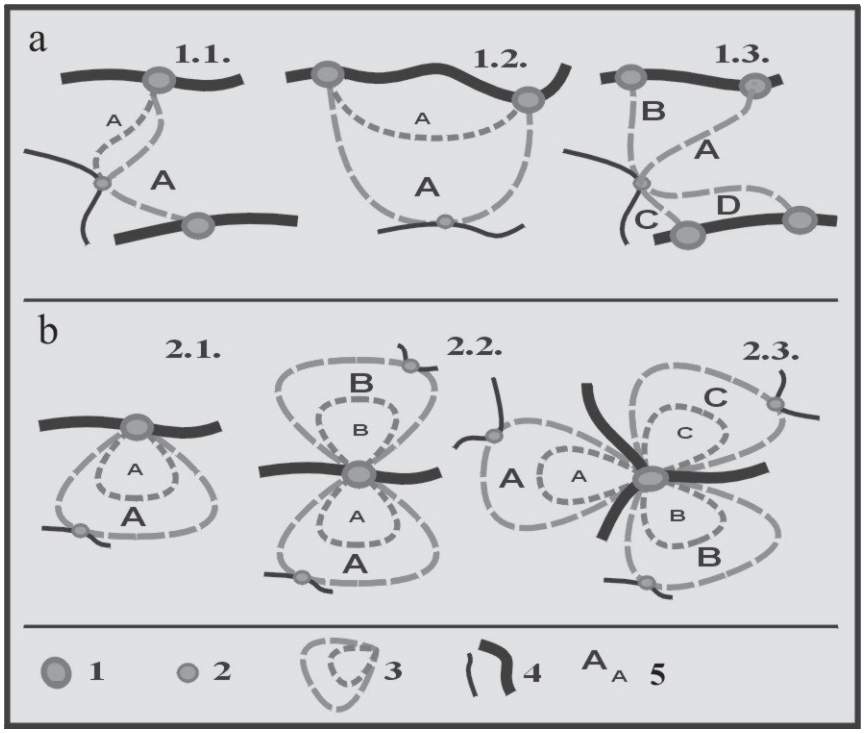
- geomorfologiniai ir kraštovaizdžio draustiniai nacionalinių parkų sudėtyje,
- geomorfologiniai ir kraštovaizdžio draustiniai regioninių parkų sudėtyje,
- savarankiški geomorfologiniai ir kraštovaizdžio draustiniai.

Ši orientacinė hierarchinė saugomų teritorijų seka iš dalies parodo bendrojo rekreacijos potencialo galimą didėjimą keičiantis geomorfologinių ir kraštovaizdžio draustinių statusui. Taigi perspektyviausia mokomuosius takus projektuoti draustiniuose esančiuose integralios paskirties saugomų teritorijų sudėtyje, kur užtikrinama geresnė jų priežiūra bei būna intensyvesnis lankymas, ir ne taip perspektyvu – savarankiškuose draustiniuose. Nors, kita vertus, griežtai taip teigti negalima, nes tai labai priklauso nuo konkretaus draustinio saugomų geomorfologinių kompleksų atraktyvumo bei jo padėties linijinės rekreacinės infrastruktūros atžvilgiu. Antai atraktyvus geomorfologinis draustinis, esantis automobilių ar dviračių trasos pašonėje, gali turėti ne mažesnį turistinį pažintinį potencialą nei esantis valstybinių parkų sudėtyje.

Apskritai mūsų šalyje yra įsteigta 44 savarankiški geomorfologiniai draustiniai, kurių bendras plotas – 23,5 tūkst. ha, o kraštovaizdžio draustinių priskaičiuojama net 64, jų bendras plotas – 63,2 tūkst. ha, kas savaime teikia nemažai galimybių čia organizuoti geomorfologinius takus. Ši potencialą iš esmės didina galimybės nacionaliniuose bei regioniniuose parkuose, kur geomorfologinių bei kraštovaizdžio draustinių zonos dažnai sudaro pagrindinę jų konservacinės paskirties teritorijos dalį. Deja, dėl užsitęsusio valstybinių parkų pagrindinių planavimo dokumentų rengimo tikslių galutinių duomenų apie juose esančias geomorfologinių ir kraštovaizdžio draustinių zonas šalies mastu šiai dienai neįmanoma pateikti. Preliminariniais

duomenimis, tai galėtų sudaryti apie 150–160 teritorinių vienetų, kurių bendras plotas sudarytų 200–210 tūkst. ha.

Geomorfologinių takų trasų pagrindas teritorijoje yra atraminiai punktai – urbanistiniai mazgai. Tai mokomųjų takų pradžios ir pabaigos taškai, kurie dažniausiai lokalizuojami įvairaus dydžio gyvenamosiose vietovėse arba šalia aukštesnio hierarchijos rango linijinių infrastruktūros elementų (svarbesniųjų kelių: automobilių ar dviračių turizmo trasų). Būtina, kad mokomojo tako pradžios ir pabaigos vieta būtų tinkama apsistojimui ir poilsio organizavimui. Realiai galimi du tako trasų formos variantai (1 pav.): 1) žiedinis – kai pradžia sutampa su pabaiga ir 2) linijinis – kai pradžia ir pabaiga nesutampa.



1 pav. Mokomųjų takų lokalizacijos tipai: 1 – pagrindinė gyvenvietė; 2 – šalutinė gyvenvietė; 3 – pėsčiųjų trasos; 4 – automobilių ir dviračių trasos; 5 – tako trasos variantai.

a Linijinės trasos: 1.1. elementarioji, 1.2. elementarioji, 1.3. sudėtinė;

b Žiedinės trasos: 2.1. elementarioji, 2.2. sudėtinė (dviguba), 2.3. sudėtinė (žiedlapinė).

Fig. 1. *Location types of the training paths: 1 – main settelment; 2 – secondary settelment; 3 – pedestrian paths; 4 – cycle routes; 5 – version of the trip*

a Linear paths: 1.1. elementary, 1.2. elementary, 1.3. compound;

b Circuit paths:2.1. elementar, 2.2. compound (double), 2.3. compound (perianth).

Optimali mokomojo tako trasos forma – elementarus ratas, t.y. tokia trasa, kai jos pradžia sutampa su pabaiga. Galimi įvairaus sudėtingumo žiedinių trasų variantai, pradedant vienu ar dvigubu žiedu – aštuoniuke ir baigiant žiedlapine struktūra, kurios centrinis mazgas gyvenvietėje – mazginis rekreacinės infrastruktūros elementas. Trasų variantų gausa rodo, kad maršrutai parenkami atsižvelgiant į lankytojų grupės ar net individualaus lankytojo poreikius. Galiausiai, jei lankytojas renkasi patį ilgiausią ir sudėtingiausią trasos maršrutą, visuomet prireikus yra galimybė nutraukti žygį, nesunkiai ir greitai pasiekti atraminį tako trasos punktą – gyvenvietę. Visa tai tampa dar patogiau, kai trasa lokalizuojama tarp dviejų

gyvenamųjų (atramos) punktų, kurie abu gali būti maršruto ir pradžia, ir pabaiga. Koks patogus būtų mokomojo tako trasos variantas, galimos ir kitos jo konfigūracijos. Žiedinės trasos lankytojams itin patogios, nes grįžtama į pradinį (išeities) tašką.

Kitus trasos konfigūracijos variantus diktuoja specifinės gamtos sąlygos. Antai projektuojant taką upės slėnyje grįžimas, net ir kitu upės krantu, yra tarsi praeitos tako dalies pakartojimas. Todėl tokiu atveju tinkamiausias sprendimas yra linijinis tako variantas, kurio pradžia ir pabaiga būtų skirtingose vietose. Apibendrinant reikėtų pasakyti, kad tako konfigūraciją projektuojamo tako vietoje lemia gamtos geomorfologinės sąlygos ir žmonių – tako lankytojų poreikiai. Pažymėtina, kad į žiedinę trasą galima integruoti linijinės trasos atkarpas – tereikia žiedinę tako trasą susieti su viena ar keliomis kitomis gyvenvietėmis, kuriose prireikus baigsis maršrutas nenuėjus viso rato.

Geomorfologinių mokomųjų takų planavimo procese didžiausią dėmesį reikėtų skirti geomorfologinių objektų atrinkimo teritorijoje principams ir problematikai. Projektuojant tako trasą labai dažnai iškyla prieštara, tiksliau sakant, sunkiai sprendžiamas nesuderinamumas tarp riboto tako trasos ilgio ir objektų įvairovės tako trasoje. Dažniausiai, homogeniškoje teritorijoje, dienos normos (apie 15 km) ribojama tako trasa tiesiog negali aprėpti pakankamai daug įvairių objektų, o dėl trasos ilginimo takas virsta, pirmiausia psichofiziologiniu požiūriu, monotonišku ir nefunkcionaliu.

Todėl vienas pagrindinių būsimojo tako trasos aplinkos pažinimo uždavinių yra išskirti pasirinktoje teritorijoje tokią dalį, kuri pasižymėtų kiek įmanoma didesne objektų koncentracija, svarbiausia – jų įvairove. Jei koncentracija didesne dalimi priklauso nuo reljefo tipo (kalvotame kraštovaizdyje geomorfologinių objektų yra gerokai daugiau nei lygumų), tai įvairovę sukuria gretimų skirtingų reljefo tipų kompleksas. Būtent, geomorfologinių objektų įvairovė būdinga tarpinėms paribio – kontakto zonoms. Santykinė objektų įvairovė ir gausa kalvotose aukštumose yra gerokai didesnė nei lygumų žemėvaizdžiuose, kur mokomojo tako objektų įvairovės padidinimas įmanomas tik ilginant taką. Taigi arealų, vadintinų mokomojo tako laukais (mažiausias stačiakampis teritorijoje, kuriame išsitenka planuojama tako trasa), tinkamų mokomiesiems takams įrengti, išskyrimas yra būsimojo mokomojo tako vienas esminių dalykų. Nuo to priklauso mokomojo tako objektų turinio turtingumas – gamtos objektų gausa, genetinė ir morfometrinė įvairovė.

Kitas, ne mažiau problemiškas, žingsnis yra geomorfologinių objektų parinkimas išskirtame tako organizavimo areale. Siekiant palengvinti pastarojo uždavinio sprendimą, buvo suformuluoti du geomorfologinių objektų atrinkimo kriterijai, paremti priešpriešos (antinomijų) principu. Šių kriterijų taikymas tako formavimo procesui įgalina maksimaliai išnaudoti vietos geomorfologinę situaciją, kartu suteikti tako trasai daugiau informatyvumo:

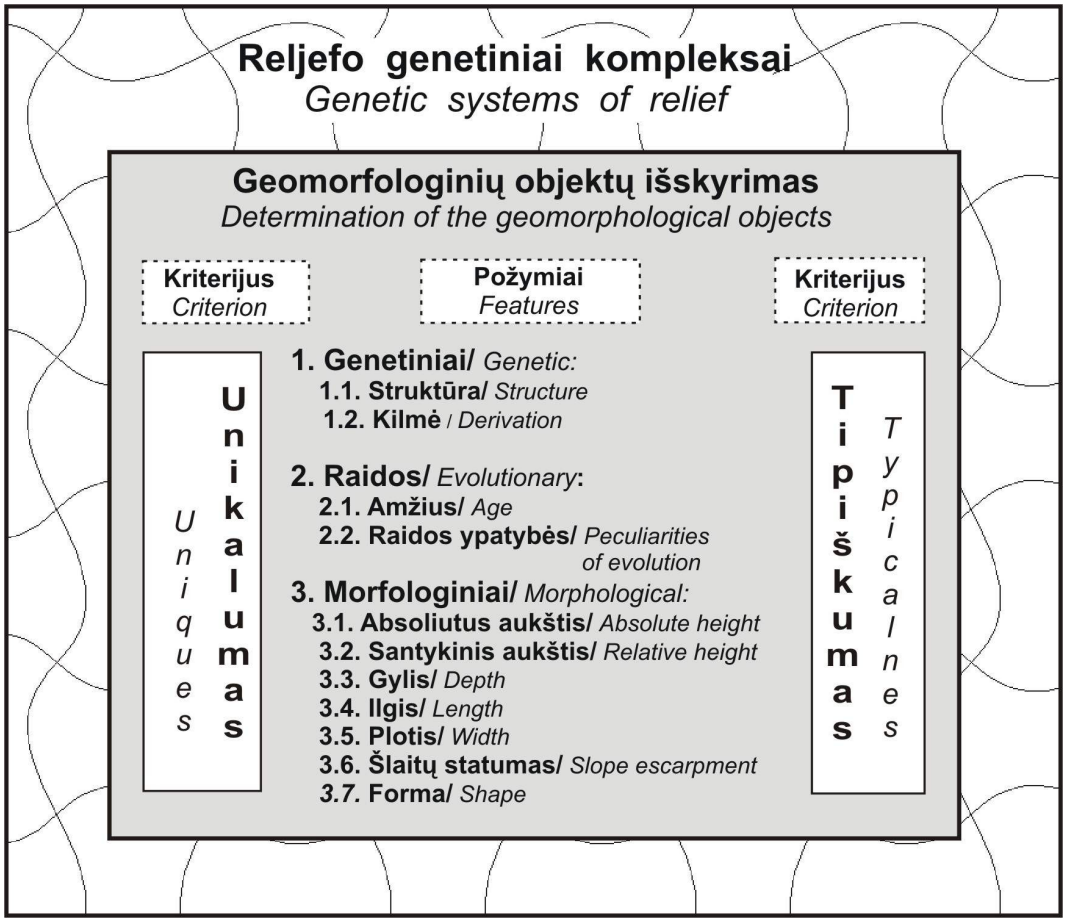
1. *Tipiškumas (dažnas objektas – daugumos atstovas)*. Kriterijus apibrėžia tipišką iš reljefo formų grupės geomorfologinį objektą. Geomorfologinis objektas savo genetiniais, raidos ir morfometriniais požymiais yra identiškas arba panašus į kitus grupės narius.

2. *Unikalumas (retas objektas – mažumos atstovas)*. Kriterijus apibrėžia išskirtinį iš reljefo formų grupės geomorfologinį objektą. Geomorfologinis objektas savo genetiniais, raidos ir morfometriniais požymiais yra nepanašus į kitus grupės narius.

Žinoma, norint naudotis atrenkant geomorfologinius objektus pastaraisiais kriterijais, būtinas geras vietos geomorfologinės situacijos ir paleogeografinės raidos pažinimas. Be to praktiškai neįmanomas visavertis geomorfologinių objektų išskyrimas ir parinkimas, kartu maksimalus vietos mokomojo potencialo išnaudojimas.

Geomorfologinių objektų išskyrimui naudojami trijų grupių požymiai: a) genetiniai, b) raidos ir c) morfologiniai. Pagal kiekvieną šių grupių požymį ar jų derinius ieškoma formų,

atitinkančių tipiškumo ar išskirtinumo kriterijus (2 pav.). Pavyzdžiui, aukščiausia moreninio masyvo kalva (***kriterijus:*** *unikalumas,* ***požymis:*** *aukštis*), seniausia eolinio masyvo parabolinė kopa (***kriterijus:*** *unikalumas,* ***požymis:*** *amžius*), keiminių plokščiakalvių ruožo vidutinio statumo šlaitais ir sąlygiškai plokščia viršutine dalimi kalva (***kriterijus:*** *tipiškumas,* ***požymis:*** *struktūra, šlaitų statumas, forma*), tipiška termokarstinė įduba (***kriterijus:*** *tipiškumas,* ***požymis:*** *struktūra*) ir kt. Teritorijos reljefo nediferencijuojant į genetinius kompleksus ir atrenkant geomorfologinius objektus jų įvairovė būtų gana ribota. Todėl be galo svarbu, kad objektų parinkimą lemtų reljefo kilmės (genetinis) veiksnys, nes kiekvienas genetinis reljefo kompleksas – tai potenciali vieta išskirti grupę geomorfologinių objektų pagal lentelėje išvardytą požymių seką. Tokiu būdu įmanoma suformuoti itin didelę geomorfologinių objektų įvairovę.



2 pav. Geomorfologinių objektų išskyrimo principai.
Fig. 2. *Principles of determination of the geomorphological objects.*

3. Percepcinis tako trasos planavimo aspektas

Mokomųjų takų projektavimą priskyrus kūrybiniam procesui, o tam yra objektyvių prielaidų, to proceso rezultatas – mokomojo tako trasa – neabejotinai turi tenkinti percepcinio proceso reikalavimus. Pastebėtinas savotiškas takų trasų projektavimo panašumas su kino menu. Kino juosta pagal scenarijų montuojama iš filmuoto vaizdo ištraukų, kol gaunamas

vientisas vaizdas, turintis mintį, siužetinę liniją. Takų projektavimo ir trasų vedimo metu naudojami (tiksliau – modeliuojami), realūs, tiesiogiai suvokiami kraštovaizdžio ar jo komponentų vaizdai, kurie, vadovaujantis emocinio suvokimo ypatybėmis ir principais, susiejami į vieną nuoseklią tako trasos linijos jungiamą grandinę. Pastaroji suvokiama ne tik vizualiniu ir akustiniu, bet visais pojūčiais, padarančiais lankytojui dešimteriopai didesnį įspūdį. Keliavimas susipažįstant su kraštovaizdžiu – tai tolygus judėjimas nuo objekto prie objekto. Tačiau net ir šis vientisumas ir tęstinumas susideda iš savitų įspūdžių padažnėjimo ir išretėjimo atkarpų, jausmų duobių ir viršūnių, keterų ir bangų, kurias reikia pabrėžti ir išryškinti (Rodoman, 2002).

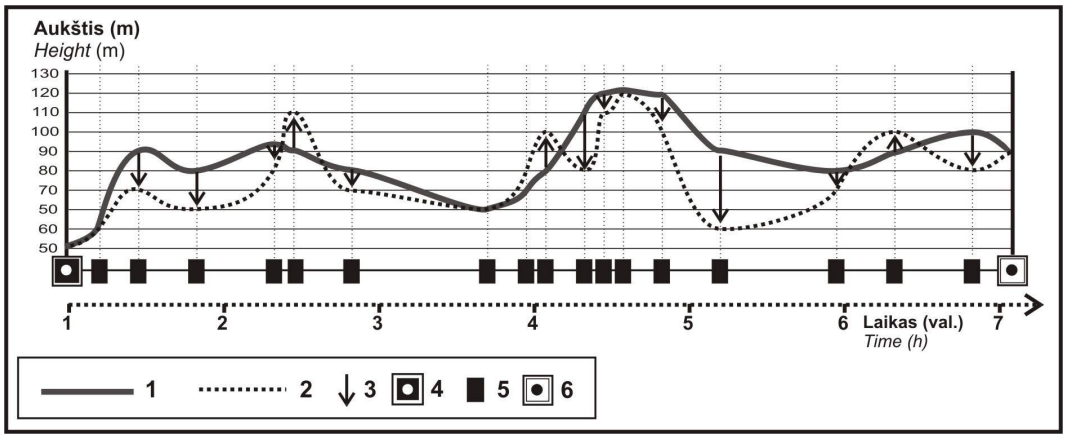
Informacinės apkrovos kitimas tako trasoje yra itin svarbus tuo, kad padeda įsisavinti pateikiamą informaciją. Geomorfologinius objektus išdėstant išilginių bangų sklidimo principu sukuriamos savotiškos emocinio pakilimo atkarpos, t.y. geomorfologinių objektų santalkos, tarp kurių atstumai yra gerokai mažesni nei kitose trasos atkarpose. Projektuojant būtina stengtis, kad į šias santalkas papultų vaizdingesni ir kartu emociniu požiūriu atraktyvesni (santykinai didesnio emocinio poveikio potencialo) objektai, o tarp išilginių bangų sutankėjimų, emocijų kreivės slūgio (depresijos) atkarpoje, tikslinga suplanuoti ir įrengti poilsio vietas. Pastarieji informacijos koncentravimo ruožai neturėtų būti dažni. Dienos maršruto trasoje reikėtų apsiriboti trim keturiais tokiais ruožais, trumpesnėse trasose pakaktų ir vieno. Kiekvienos iš trijų dienos maršruto trasai priskirtinų objektų sankaupų emocinio poveikio potencialas turėtų kiek skirtis. Viena iš santalkų turėtų atitikti tako trasos emocinio poveikio apogėjaus (kulminacijos) tašką. Tas taškas turėtų būti antroje tako dalyje. Net jei nepaisoma objektų tankumo pulsacijos taisyklių ir esant tolygiam objektų išsidėstymui tako trasoje (atstumai tarp objektų maždaug vienodi), be objektų koncentracijos ruožų, visvien būtina palaikyti panašų į aprašytąjį emocinio poveikio kreivės svyravimo pobūdį su išryškėjančiomis bangomis ir viena smaile – kulminacijos tašku. Jei trasa ne vienadienė, tai emocinio poveikio svyravimo kreivė analogiškais principais gali kartoti praeitos dienos dinamiką. Taigi jei žygis tęsis 2–3 dienas, tai trasa iš kiekvienos dienos iš viso turės 2–3 poveikio kulminacijos taškus, iš kurių vienas bus vainikuojantis visą žygį. Dažniausiai trasos poveikio kulminacija siejama su atokiausiu ir sunkiausiai pasiekiamu tako tašku. Gerai, kai tai suderinama su didelį įspūdį darančiu objektu. Rengiant pažintinės rekreacijos teritorinio organizavimo schemą Plungės rajone buvo stengiamasi tako trasą sudaryti taip, kad išsilaikytų informacinė semantinė pulsacija visame jos ruože, o stipriausio emocinio poveikio taškas – Gondingos piliakalnis taptų baigiamuoju tašku (Kavaliauskas, Šilagalis, 1978).

Remiantis informacijos suvokimo ypatybėmis, būtina stengtis visoje projektuojamo tako trasoje palaikyti eksponuojamų objektų teikiamos informacijos semantinę prasminę kaitą, vadovautis jų išdėstymo ir tarpusavio santykio principais. Pagalbinė priemonė tam tikslui gali būti sudaroma eksponograma (Kavaliauskas, Šilagalis, 1979), kurioje nubrėžta semantinė kreivė parodo gaunamos informacijos pobūdžio kitimą laiko bėgyje pagal atskirus punktus, atitinkančius tako trasos objektus. Eksponograma – tako trasos scenarijaus grafinė išraiška – gal yra ne tokia informatyvi kaip verbalinis jos atitikmuo, tačiau nepamainoma norint vaizdžiau pateikti įvairaus pobūdžio su tako trasa susijusią informaciją. Eksponogramų išskirtinis bruožas – tai geras skaitomumas ir įtaigumas.

Takų planavimo procese naudojant eksponogramas įmanoma perteikti įvairaus pobūdžio informaciją, kurios pateikimo išraiška priklauso nuo takų tipo. Dydžių x ašies reikšmės yra pastovios ir beveik visais atvejais žymi laiką, o y ašiai būdingi priešingi bruožai. Prasminių tipų informacija mokomuosiuose kraštovaizdžio ar biologiniuose takuose neatitiks, pavyzdžiui, taikomos geomorfologiniuose ir pan. Be to, pastebėtina, kad bet kurio tipo trasų eksponogramų prasminės informacijos tipų išdėstymui ašyje būdingas poliškumas, t.y. kai reikšmės nuo

nulio žymos dviejų priešingų savybių polių kryptimi išdėstomos savybių didėjimo – intensyvėjimo seka. Visa tai įgalina semantinės kreivės pulsacijose įžvelgti ir išskirti kontrastingumu ir ritmiškumu pasižyminčias tako trasos atkarpas.

Projektuojant geomorfologinius mokomuosius takus tikslinga sudaryti specifinę eksponogramą (3 pav.), kur laiko ir absoliutaus aukščio (galima ir sutartinėje aukščių) reikšmių sistemoje lokalizuotos vizualiai suvokiamo (percepcinio) ir faktinio reljefo kreivės. Šių kreivių derinys išryškina kontrastingumu ir ritmiškumu išsiskiriančias tako trasos atkarpas. Percepcinė kreivė apibūdinama kaip „akies kelias“, t.y. linija, sekos principu (pagal išsidėstymą trasoje) jungianti kiekvieno apžvelgiamo geomorfologinio objekto absoliutinio aukščio taškus ir atspindi lankytojo žvilgsnio orientaciją (padėtį) reljefe (pvz., teigiamų formų viršūnių ir neigiamų formų dugno absoliutus aukštis realioje ar santykinėje sistemoje). Tuo tarpu faktinė kreivė jungia absoliutaus aukščio taškus, atspindinčius lankytojo padėtį eksponuojamų geomorfologinių objektų vietose, t.y. vietų aukštį, iš kurio susipažįstama su forma.



3 pav. Geomorfologinio tako eksponograma: 1 – faktinė kreivė; 2 – percepcinė kreivė; 3 – objekto apžvalgos pobūdis; 4 – pradžios taškas; 5 – geomorfologinis objektas; 6 – pabaigos taškas.
Fig. 3. *Exponogram of the geomorphological path: 1 – real curve; 2 – perceptive curve; 3 – character of the object review; 4 – start point; 5 – geomorphologic object; 6 – end point.*

Geomorfologinius objektus galima apžvelgti iš įvairiausių pozicijų, todėl faktinė kreivė dažnai neatitinka vizualinės kreivės konfigūracijos. Šis aspektas suteikia eksponogramai informatyvumo, t.y. santykis tarp kreivių rodo formos apžvelgimo pobūdį. Eksponogramoje pateikiamas savotiškas trasoje eksponuojamų objektų apžvelgimo scenarijus. Jei faktinė kreivė yra aukščiau už percepcinę, tai reiškia, kad eksponuojama forma apžvelgiama nuo gretimos aukštesnės formos. Jei kreivių padėtis priešinga aprašytajai, tai forma apžvelgiama iš žemesnės padėties, jei kreivės sutampa – nuo pačios formos viršaus ar jos dugno priklausomai nuo to, kokia ji – teigiama ar neigiama.

Suvokimo požiūriu itin svarbūs yra du gretimų objektų derinimo principai: a) kontrastingumas ir b) ritmiškumas. Kontrastingumą, analizuojamą eksponogramos būdu, pirmiausia (galimi ir kiti ne mažiau svarbūs variantai) atspindi dviejų gretimų objektų aukščio skirtumas. Kuo aukščio skirtumas didesnis ir atstumas tarp jų mažesnis, tuo didesnis lankytojui padaromas įspūdis. Žinoma, yra daug veiksnių, kurie gali koreguoti pastarąjį teiginį. Iš pirmo žvilgsnio gali atrodyti, kad nustatant kontrastingumą tarp gretimų objektų reikėtų remtis percepcinė kreive, kuri tiksliau už faktinę atspindi eksponuojamų objektų absoliutaus aukščio ekstremumus, tačiau tikrasis kontrastingumas, kuris susijęs su emociniu pakilimu, yra faktinės kreivės rodomas aukščio skirtumas tarp dviejų objektų. Dažniausiai einant lygia vieta (žymiai nekeičiant padėties aukščio atžvilgiu) galima apžvelgti labai aukštą kalvą ir itin gilią daubą,

tačiau didelio įspūdžio tai nepadarys, nes kinesteziškai aukščio pokytis nejaučiamas. Neatliekama fizinio darbo, kad būtų pasiekta viršūnė. Tik įdėjus fizinių pastangų keičiant padėtį aukščio atžvilgiu galima tikėtis didesnio įspūdžio, o nuo aukštos vietos atsiveriantis vaizdas bus kaip emocinis atlygis už pastangas. Tačiau yra vienas niuansas: nepatartina viršyti fizinio komforto ribos, nes priešingu atveju nuovargis atima norą ir gebėjimą toliau domėtis ir mėgautis aplinka.

Kontrastas gali išryškėti ne tik tarp dviejų skirtingo aukščio objektų, bet ir tarp dviejų ribinių dydžių arba pagal kurį nors požymį kraštutinai skirtingų geomorfologinio mokomojo tako objektų – reljefo formų (pvz., itin smulki – labai stambi, elementari – sudėtinga, natūrali – dirbtinė formos). Kontrastai tako trasoje pirmiausia suteikia gyvybingumo ir efektyvumo garantų. Kitas principas – ritmiškumas (niuansai). Tai tolygus, mažai kontrastingas ir pasikartojantis kažkuo panašių ir nelabai skirtingų objektų vyravimas. Tokios atkarpos pasižymi emociniu ramumu, nedideliu emocinio poveikio kreivės svyravimu. Tai savotiškos emocinio atokvėpio – poilsio atkarpos, kurių tįsoje patartina organizuoti atokvėpio vietas.

Vienos rūšies – genezės geomorfologinių objektų eksponavimas yra kiek nuobodokas lankytojo – recipiento atžvilgiu. Be to, tai suteikia trasai monotonijos ir daro ją ne tokią patrauklią. Tai parodė ir pirmojo geomorfologinio mokomojo tako Dzūkijos nacionaliniame parke planavimo darbai. Monotoniškumo priešingybė yra tako trasos objektų įvairavimas pagal genezę, raidos ir morfometrinius požymius, kas suteikia mokomojo tako trasai gyvybingumo ir atraktyvumo. Beje, lankytojui itin svarbus yra vizualinis aspektas, t.y iš kur ir kaip apžvelgiama eksponuojama reljefo forma. Didžia dalimi nuo to priklauso racionalaus supratimo ir emocinio išgyvenimo stiprumas, kas pirmiausiai lemia informacijos apie objektą įsiminimą. Toliau tekste pateikiamos teigiamų, tarpinių ir neigiamų reljefo formų apžvelgimo pozicijos, ranguotos pagal santykinį formos parametrų suvokimo ir įspūdingumo laipsnį:

teigiamos reljefo formos:
- apžvelgimas iš viršaus nuo gretimos formos;
- apžvelgimas iš apačios;
- apžvelgimas iš viršaus nuo pačios formos;

tarpinės reljefo formos:
- apžvelgimas iš viršaus nuo gretimos formos;
- apžvelgimas nuo formos paviršiaus;

neigiamos reljefo formos:
- apžvelgimas iš viršaus nuo gretimos formos;
- apžvelgimas iš viršaus nuo neigiamos formos krašto;
- apžvelgimas iš apačios nuo pačios formos dugno.

Pateikti reljefo formų apžvelgimo būdai ir jų ranginė eilė įspūdingumo atžvilgiu yra sąlyginė, galiojanti tuo atveju, jei paviršius yra be sumedėjusios augalijos. Priešingu atveju formų įspūdingumo seka gali keistis. Topografiškai forma gali būti ir įspūdingų matmenų, tačiau realybėje dėl sumedėjusios augalijos pobūdžio ji gali ir netekti dalies teoriško įspūdingumo.

4. Mokomojo geomorfologinio tako planavimo pavyzdys

Darbe pateiktos nuostatos, kurias apskritai galima laikyti ir savotiška geomorfologinių mokomųjų takų planavimo metodika, remiasi patirtimi, straipsnio autorių įgyta projektuojant Dzūkijos nacionalinio parko teritorijoje pirmąjį mokomąjį geomorfologinį taką tikslu reprezentuoti savitus žemyninių kopų kompleksus (Dzūkijos..., 2002).

Siekiant parinkti ir suformuoti optimalią pėsčiųjų turizmui, mokymo tikslams skirtą

trasą, kuri pasižymėtų geomorfologinių objektų (reljefo formų) gausa bei įvairove, buvo ieškoma genezės atžvilgiu maksimaliai nehomogeniškos teritorijos Dzūkijos nacionalinio parko ribose. Buvo stengiamasi neapsiriboti vien eolinių darinių (žemyninių kopų) eksponavimu, nes pėsčiųjų trasa, parengta siekiant eksponuoti tik kopas, yra gana monotoniška ir kiek varginanti, kadangi jungia genetiškai vienalyčius ir morfologiškai mažai besiskiriančius darinius. Todėl pagrindinė mokomojo geomorfologinio tako paskirtis – pažinimas ir mokymas yra savotiškai nustelbiama emocinio ir fizinio nuovargio.

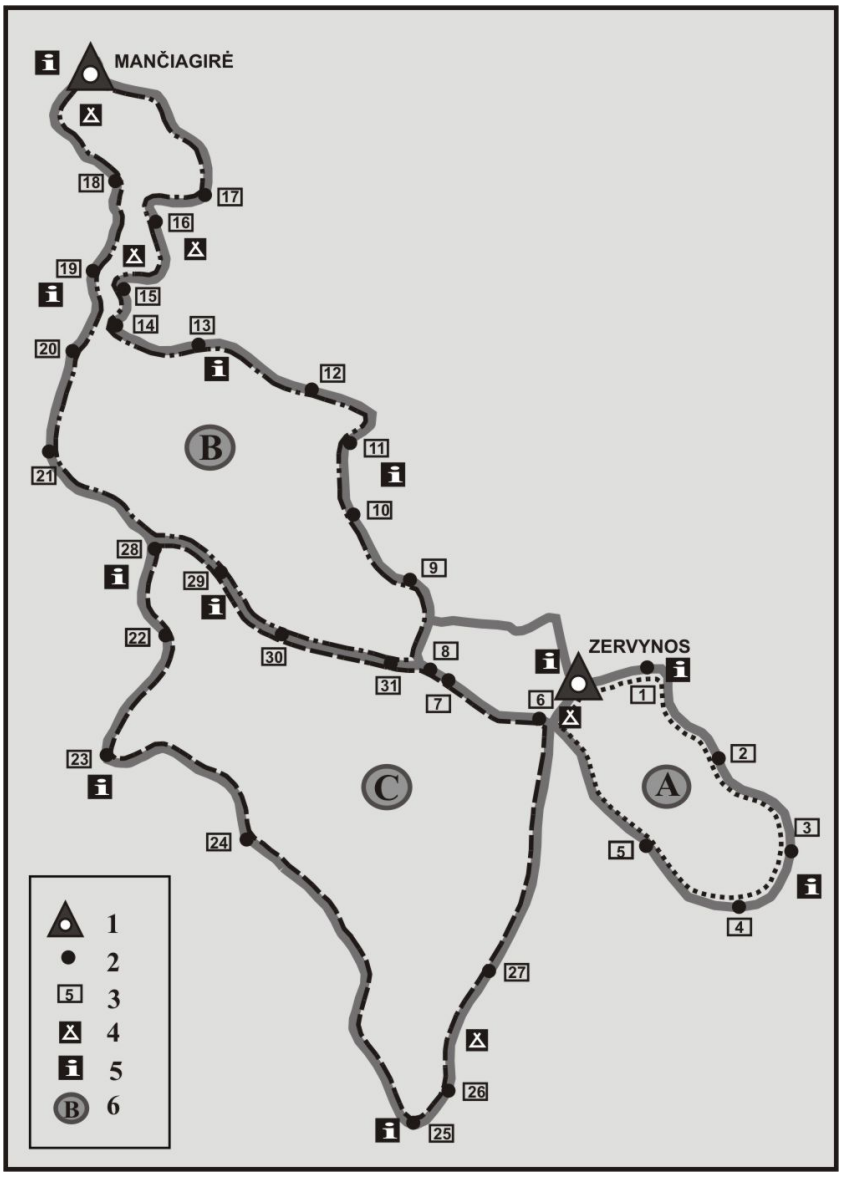
Planuojant mokomąjį geomorfologinį taką ir parenkant maršrutą buvo atsižvelgta į aplinkos suvokimo psichoemocinį aspektą. Geomorfologinis takas formuotas kiek galima įvairesnis, vengiant pernelyg dažno tapačių objektų kartojimosi ir vyravimo mokomojo tako trasoje, pati trasa suformuota ir objektų išsidėstymo seka nustatyta tokia, kad lankytojo emocinio išgyvenimo kreivė įgautų pulsuojantį pobūdį, būtų su vienu ar dviem emocinio poveikio kulminacijos taškais – smailėmis. Formuojamas emociniu požiūriu atraktyvių objektų ar reginių pasikartojimas tam tikru dažniu. Šis efektas pasiektas tako trasą tai priartinant, tai atitolinant nuo psichoemociniu požiūriu vertingų teritorijos dalių (šiuo atveju – tai Ūlos slėnio viršutinė briauna, žemyninių kopų keteros ir pan.). Ne ką mažiau lankytojo pojūčius įtakojo tako trasos išilginio profilio pobūdis, didžiąja dalimi priklausantis nuo vietos reljefo. Dėl to bent iš dalies jį kartojant emocinis ir kartu fizinis nuovargis sumažėja ir daugiau įsisavinama bei priimama informacijos. Kitaip tariant, sustiprinama mokomojo tako mokomoji–pažintinė funkcija.

Šio geomorfologinio tako tikslas yra supažindinti Dzūkijos nacionalinio parko lankytojus su specifinėmis šiam kraštui būdingomis ir didelę dalį parko teritorijos užimančių eolinių darinių (žemyninių kopų) masyvų dalimis, atskiromis formomis ir jų raidos atmainomis. Taip pat siekta suteikti informacijos apie jų planinės struktūros bei genezės ypatybes, supažindinti su esamų slėnių tipais, slėninėmis bei apyslėnio formomis (4 pav.). Šiuo geomorfologiniu mokomuoju taku būtų galima remtis netgi rengiant kompleksiškesnį gamtinį pažintinį taką, nes biologinė įvairovė tiesiogiai priklauso nuo reljefo sudėtingumo: raižytumo, formų įvairovės ir gausos.

Geomorfologinio tako principinės schemos koncepcinė dalis parengta išanalizavus ne itin gausius geomorfologinio pobūdžio organizuojamos teritorijos mokslinius darbus bei remiantis tiesioginio apžvalginio–pažintinio pobūdžio ekspedicijose surinkta medžiaga. Originali projektinė kartoschema pateikta 1:10 000 masteliu.

Rengiant mokomąjį geomorfologinį taką buvo laikomasi nuostatos, kad jis, Dzūkijos nacionalinio parko lankytojų poreikių–pageidavimų atžvilgiu, turėtų būti kiek įmanoma universalesnis ir kartu atspindėtų būdingiausias šios saugomos teritorijos ar net viso Pietryčių Lietuvos regiono reljefo formas. Visas geomorfologinio mokomojo tako kompleksas susideda iš trijų, turinio požiūriu ir trasos parametrais skirtingų žiedų – takų, turinčių bendrą pradžią ir pabaigą. Trijų žiedų takas yra sudėtinga, bet vientisa mokomojo geomorfologinio tako sistema. Tako trasa jungia dvi vietos etnografines gyvenvietes: Zervynas ir Mančiagirę, kurios laikytinos mokomojo tako atraminiais centrais, tako pradžios ir pabaigos, poilsio ar nakvynės vietomis.

Sudaroma galimybė iš kiekvieno minėto tako pradžios taško – gyvenvietės pasirinkti ir po keletą įvairaus ilgio ir skirtingo geomorfologinio turinio trasos variantų, priklausomai nuo to, kaip organizuojamas mokomojo tako maršrutas. Mokomojo tako trasos variantų pasirinkimo galimybė didelė. Tokiu atveju galima geriau atsižvelgti į pavienio keliaujančio asmens ar asmenų grupės pageidavimus, interesus ir galimybes. Būtent minėti trys žiedai ir sudaro trasos pobūdžio parinkimo pagal ilgį ir geomorfologinių objektų vyravimo pobūdį galimybes.



4 pav. Dzūkijos nacionalinio parko geomorfologinio mokomojo tako ir eksponuojamų objektų lokalizacijos schema: 1 – tako pradžios taškas; 2 – geomorfologinis objektas; 3 – objekto numeris; 4 – sustojimo vieta; 5 – informacija; 6 – tako trasos variantas.
Fig. 4. *The location scheme of displayed objects and geomorphology education path in the Dzūkija National Park: 1 – Start point of a path; 2 – geomorphologic object; 3 – number of the object; 4 – stand place; 5 – information; 6 – version of the trip.*

Bendras pažintinio tako trasos ilgis sudaro 17 km, kas atitinka vidutinių fizinių galimybių lankytojo dienos, gana įtempto režimo ir intensyvaus tempo žygio, normą (5,5 val. ėjimo, 3,5 val. poilsio). Tačiau paliekama galimybė šį maršrutą skaidyti (paversti) į dviejų dienų žygį su nakvyne vienoje iš mokomojo tako organizavimo vietos gyvenviečių: Zervynose arba Mančiagirėje, priklausomai nuo maršruto pradžios. Tuo atveju tako trasa suskaidoma į dvi beveik apylyges dalis (po 9 km), kurios įveikiamos per dvi dienas. Galimi ir kiti tako žiedų sujungimo variantai atsižvelgiant į pasirinktą tako pradžią.

Išvados

1. Mokomųjų takų organizavimas išlieka ypač svarbi žmogaus ir jo aplinkos santykių optimizavimo problema, kurioje specializuoti geomorfologiniai takai galėtų atlikti savo geografinį vaidmenį;

2. Geomorfologinių takų projektavimo erdvę mūsų šalyje sudaro išplėtotas geomorfologinių ir kraštovaizdžio draustinių (tiek savarankiškų, tiek valstybinių parkų sudėtyje) tinklas;

3. Iš esmės galimi du mokomųjų takų trasų variantai – žiedinis ir linijinis, – kurių pasirinkimą ir paskirtį lemia vietos gamtinė situacija, infrastruktūros tinklo išvystymo laipsnis ir prognozuojami būsimų lankytojų poreikiai.

4. Geomorfologinių objektų išskyrimui teoriniame tako paieškų lauke rekomenduojami naudoti savybių antinomijos principu pagrįsti kriterijai – tipiškumas ir unikalumas – bei juos apibrėžiantys požymiai;

5. Programuojant mokomojo tako trasą tikslinga naudotis eksponogramų metodu bei stengtis, kad geomorfologinių objektų seka suteiktų lankytojo emocinio išgyvenimo kreivei pulsuojantį pobūdį, su vienu ar dviem emocinio poveikio kulminacijos taškais – smailėmis;

6. Pirmojo šalyje geomorfologinio mokomojo tako projektavimas Dzūkijos nacionaliniame parke (2002) gali būti metodinis pavyzdys kitiems panašaus pobūdžio ateities darbams;

7. Geomorfologinių mokomųjų takų trasos kartais gali būti panaudojamos biologinių ir kraštovaizdžio mokomųjų takų organizavimui, nes kitų biologinių ar geografinių objektų apžvalgos dubliavimas jų trasose gali išryškinti realias sąsajas tarp geomorfologinių ir kitų komponentinių objektų.

Gauta 2004-08-10

Literatūra

Dzūkijos nacionalinio parko geomorfologinio mokomojo tako trasų ir eksponuojamų objektų lokalizacijos schema (2002), Vilnius: VU Bendrosios geografijos katedra.

Eilart J. Practical Application of the Basic Principles of Nature Study Paths in Recreation and Nature Conservation areas of the Estonian SSR (1976). *Tartu Ulikooli toimetised* **393**, p.132–137.

Foreman D., Wolke H. (1992). The big outside. New York.

Hillaby J. (1998). Walking in Britain, London.

Jurgilas R. (1977). Pasivaikščiojimo takai ir apžvalgos aikštelės – landšaftinio miško formavimo objektas. *Girios* **9**, p. 12–14.

Kavaliauskas P. (1987). Rekreacinių takų vingiais, *Kalba Vilnius* **42**, p.13.

Kavaliauskas P., Šilagalis R. (1978). Pažintinės rekreacinės teritorinio organizavimo Plungės rajono „Socialistinio kelio“ kolūkyje principinė schema, Vilnius: VVU Kraštotvarkos grupė prie Fizinės geografijos ir kartografijos katedros.

Kavaliauskas P., Šilagalis R. (1979). Kaimo kraštovaizdis ir pažintinė rekreacija, *Geografinis metraštis* **17**, p. 29–36.

Kavaliauskas P., Šilagalis R. (1981). Projektuokime ir pažintines trasas, *Statyba ir architektūra* **4**, p. 12–13.

Mander Ü. (1977). Viru soo – Kalme looduse õpperada, *Eesti loodus* **6**, p. 442–450.

Melluma A., Danilāne D. (1986). Izziņas takas, Rīga.

Merkinės botaninis takas (1995). *Dzūkijos NP*, Vilnius.

New Zealand‘s National Walkway Network (1979), *Parks* **4**(3), p. 13–15.

Pališkis E., Riepšas E. (1986). Gamtos takai, *Mūsų gamta* **1**, p. 6–7.
Parnidžio pažintinis takas (2002). *Kuršių nerijos NP*, Klaipėda.
Peršokšnos gamtinis pažintinis takas (2001). *Labanoro RP*, Vilnius.
Prelomciškių gamtos takas (2001). *Metelių RP*, Alytus.
Pūčkorių pažintinis–istorinis takas (2004). *Pavilnių ir Verkių RP*, Vilnius.
Reinvald T. (1978). Nõmmeveski looduse õpperada, Tallinn.
Riepšas E, Pališkis E. (1985). Takai gamtoje, Vilnius: LGAD.
Šapokienė E. (1986). Mokomieji ekologiniai takai, Vilnius: LGAD–VVPI.
Šeirės gamtos takas (1997). *Žemaitijos NP*, Klaipėda.
Šilagalis R., Krupickas R. (1986). Kaip rengti turistines trasas (metodiniai nurodymai), Vilnius: LRTET.
The Dorset countryside book (1996), Dorchester: Rural Development Commission.
The Pennine way (1995), Cheltenham: Countryside Commission.
Родоман Б. Б. (1974). Организация путешествий – зто искуство. *Земля и люди: популярный географический ежегодник*, Москва, с. 311–313.
Родоман Б. Б. (2002). Поляризованная биосфера, Москва.
Самойленко А. А., Фишер А. Г. (1989). Организация учебных троп природы. *Проблемы изучения и использования природных ресурсов Северо-Западного Кавказа*, Ставрополь, с. 136–144.
Чижова В. П., Добров А. В., Захлебный А. Н. (1989). Учебные тропы природы, Москва.
Эйларт Я. Х. (1978). Принципы планировки природно-учебных троп. *Охрана и восстановление расстительного покрова*, Тарту, с. 56–64.

Paulius Kavaliauskas, Ričardas Skorupskas, Jonas Volungevičius
Vilnius University

Problem of planning the geomorphologic educational paths

Summary

Importance of environmental education is more and more often stressed. Educational paths must be considered one of the main means of this sphere, as they could help to harmonize the relationship between nature and society. Consequently different types of such paths – elements of linear recreational infrastructure – become popular among diverse groups of society. Lithuania has some experience beginning with the 70 ties –80-ties of the last millennium, when the propagation of the natural and cultural heritage of possible educational paths and arguments concerning its planning, laying and equipping were published, as well as the first of these paths were arranged.

The main space for developing the network of educational geomorphologic paths is concerned with protected areas, especially geomorphologic and landscape reserves – separate or included in the structure of Lithuanian national and regional parks. That means about 250 ones and about 300 thousand ha of protected area of high geomorphologic value.

Character and principles of planning differ significantly for different functional types of educational paths and geomorphologic paths expressed in special requirements. Also they are one of the most complicated among educational paths as well as the most difficult to plan. Mostly two principle forms of locating the educational path could be used (Fig. 1): linear and circuit, with some versions among them.

Methodology of planning the geomorphologic educational path is oriented to the selection of worthy geomorphologic objects specifically. Two selected criteria (Fig. 2) were formulated, based on idea of contraposition of attributes (antinomy): 1) typicalness (frequent object, representing majority) 2) uniqueness (unusual object, representing minority). Geomorphologic objects were selected by three groups of features: a) genetic, b) evolutionary and c) morphologic. Geomorphologic objects corresponding the typicalness or uniqueness were searched for by these features or their combinations.

Applying these criteria shows the needful geomorphologic characteristics and ensure the best results for planning more representative educational paths.

While planning a geomorphologic educational path it is necessary to take into account human perceptional and spiritual needs and relation with physical potential. The basic characteristics of perception of landscape and emotional impact of it must be clearly realized. There are consistent patterns (inc. special method of exponograms) in the process of planning of educational path (Fig. 3) and elements of linear recreational infrastructure in general, which allow elaboration the principal framework for the object to be. The rest of planning is creative process, related to and determined by the particular area – its natural and cultural conditions.

It is of significance that track or the geomorphologic educational path, in the case of accenting different componential objects, might be used by other types of educational paths (biologic, landscape).

A project of the first geomorphologic educational path (Fig. 4) in Lithuania was worked out by the authors in 2002 for the Dzūkija National Park and was designed according to the principles introduced in this paper.