

NERIES VIDURUPIO (BUIVYDŽIŲ–VILNIAUS ATKARPOS) VAGOS STABILUMO TYRIMAI

Irena Vekeriotienė, Stasys Paškauskas

Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševčenkos g. 13, LT–03223, Vilnius
El. paštas: vekeriotiene@geo.lt

Vekeriotienė I., Paškauskas S. STUDIES OF MIDDLE NERIS (BUIVYDŽIAI–VILNIUS SECTOR) CHANNEL STABILITY. *Annales Geographicae* 41(1-2), 2008.

Abstract. Resistance of river channel to deformations is expressed in various calculated indices. The stability of Middle Neris channel (Buivydžiai–Vilnius sector) is evaluated based on 6 stability indices. The studied Middle Neris sector is included into the category of medium stability channel. Its longitudinal stability dynamics is predetermined by longitudinal river inclination. References 29. Figs 5. Tables 7. In Lithuanian, summary in English.

Keywords: Middle Neris, river channel, channel stability indices

Received: March 3, 2008, accepted: May 6 2008.

Įvadas

Upių vagos, drenuojančios sausumos paviršių, yra ilgalaikių fluvialinių procesų rezultatas. Besivystydamos upės graužiasi gilyn arba akumuliuoja sąnašas ir užpildo jomis išgremžtas vagas bei slėnius, formuoja salas, vingius, stumiasi į šonus ir plečia slėnius. Fluvialinio proceso pobūdį, veiklos formas lemia ne tik įvairios baseino gamtinės ir antropogeninės sąlygos, bet ir upės tėkmės sąveika su vagos krantus ir dugną sudarančiais gruntais, t.y. pačios upės vagos pastovumas.

Vagos stabilumas yra atvirkščiai proporcingas eroziniam–akumuliaciniam procesams, vykstantiems upės krantuose bei pačioje vagoje, t.y. vagos deformacijų vystymosi intensyvumui. Pasak K. Grišanino (Гришанин, 1974), vagos deformacijos liudija nešmenų pernašos disbalansą upėje, o sąvokos vagos stabilumas bei nešmenų balansas įgauna tą pačią prasmę. Tačiau, kaip rodo fluvialinių procesų tyrimai (Чалов, 1979; Чалов ir kt., 2000; Великанов, 1958; Знаменская, 1976), net ir įsivyravus upėje pusiausvyrai tarp skystojo ir kietojo nuotėkio, deformacijos vyksta dėl įvairaus rango vagos dugninių formų (ruzgų, bangų, sėklių, sietuvų ir kt.) formavimosi bei slinkimo tėkmės kryptimi. Todėl stabili upės vaga suprantama ne kaip inertiška, nesikeičianti reljefo forma, o kaip geodinamiškai optimaliai prisitaikiusi prie esamų aplinkos sąlygų.

Lietuvos upių vagos priskiriamos praktiškai stabilioms, nes yra nusistovėjusi pusiausvyra tarp upėmis pernešamų nešmenų kiekio ir srovės transportinės galios. Teigiama, kad iki pereito šimtmečio vidurio apie 90–97% visų didesnių upių vagos buvo stabilios (Beconis, Dvareckas, 1991). Vėliau, vykstant aktyviems krašto gamtinės aplinkos pertvarkymams, t.y. suintensyvėjus antropogeninei veiklai, fluvialinių procesų režimas upėse ėmė kisti, suintensyvėjo vagų deformacijos (Beconis, Dvareckas, 1991; Baltakis ir kt., 1982; Gaigalas ir kt., 1991).

Pereito šimtmečio pabaigoje, vykdamas Neries vidurpio slėnio geomorfologinius tyrimus, buvo nustatyta, kad kai kuriose upės vietose vyksta krantų erozija, formuojasi šlaitų nuogriuvos, nuošliaužos, susidaro atodangos, o pačioje vagoje – priekrantinės seklos, nerijos, salos (Baltakis ir kt., 1982; Geodinaminiai..., 1992). Visa tai liudija įvairaus pobūdžio vagos deformacijas, fluvialinių procesų netolygumą, kartu ir vagos nestabilumą.

Upių vagų stabilumui apibūdinti naudojama nemažai koeficientų (Маккавеев ir kt., 1967; Беркович ir kt., 1972; Гришанин, 1974; Глушков, 1961; Чалов, 1983), kurie iš dalies pakeičia brangius natūrinius upių vagų geodinamikos tyrimus ir gali būti pritaikyti ne tik analizuojant fluvialinių procesų dėsninumus, bet ir sprendžiant įvairius taikomojo pobūdžio klausimus, pvz., apibūdinant upių tinkamumą laivybai ir kt. Kai kuriais indeksais buvo vertinamas ir Neris vidurupio vagos stabilumas. Apskaičiuotosios vagos stabilumo indeksų reikšmės buvo lyginamos su anksčiau išskirtomis morfodinaminėmis upės atkarpos bei vagos deformacijomis, aptariami jų tarpusavio ryšiai.

1. Tyrimų objektas ir metodika

Buvo tirta Neris atkarpa nuo sienos su Baltarusija iki Vilniaus (ilgis – apie 60 km). Upė vingiuoja buvusių priedyninių baseinų dugnu, kerta aukštumų ruožus ir įsigrauzusi į kvartero storumę iki 50–60 m gylio (Baltakis ir kt., 1982). Dėl teritorijos paleogeografinės raidos savitumų, reljefo nevienalytiškumo, upės tekėjimo kryptis palyginti trumpoje atkarpoje keičiasi ne kartą. Tačiau vaga nepasižymi meandrų gausa bei aukštu vingiuotumo koeficientu, kuris kai kuriuose ruožuose kinta nuo 1,08 iki 1,35, o visos atkarpos vidurkis vos siekia 1,21.

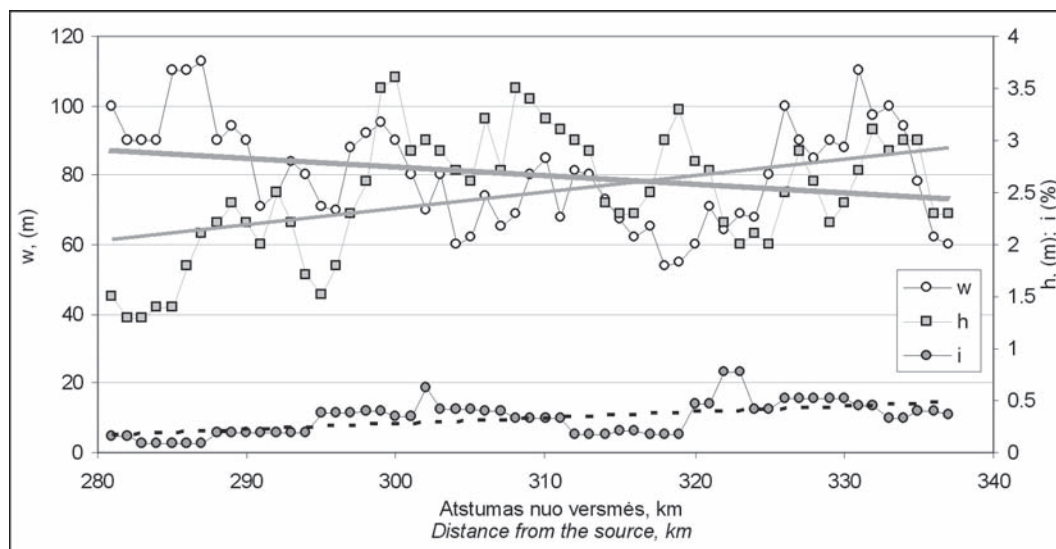
Dabartinė upės tėkmė plauna žemaitijos ir varduvos laikotarpių ledynų suformuotus sluoksnius (Микалаускас ir kt., 1988), moreninius priemolius, žvirgždus, gargždus, įvairagrūdžius smėlius, kurie dėl fluvialinės modifikacijos transformuojasi į vagos ir salpos aliuvį. Vagą formuojančių smėlingų nešmenų vidutinis skersmuo keičiasi nuo 0,25 mm iki 0,62 mm, o visos tirtosios atkarpos vidutinis vagos aliuvio granulių skersmuo – 0,47 mm. Tačiau upės dugną dengia ne vien smėliai, bet ir stambesnės, ne tokios dinamiškos nuosėdos, o vagos pakraščiuose bei užtakiuose kaupiasi dumblinga medžiaga. Ankstesni vagos dugno rekognostiniai tyrimai parodė, kad nuosėdų sudėtis keičiasi nuo įvairagrūdžių smėlių iki žvyrų, gargždų bei riedulių (Baltakis ir kt., 1982). Jų užimamas plotas tiriamoje vagos atkarpoje pasiskirsto taip: vyrauja smėliai – 44,2% bei žvyras ir gargždas su riedulių priemaiša – 37,3%, riedulių sankaupos užima 12,7%, o mišrūs gruntai sudaro 5,8%.

Neries tėkmės plotis yra kaitus: siauriausiose vietose siekia tik 50–60 m, o išplatėjimuose padidėja iki 90–120 m, vidutinis tirtojo ruožo vagos plotis – 75 m. Nepastovus ir vagos gylis, kuris upės viduryje siekia 2,2–2,5 m, o susiaurėjimuose, sietuose padidėja iki 3–4,5 m. Vidutinis Neris gylis Buivydžių–Vilniaus atkarpoje yra 1,6 m. Vagos skerspjūvis neretai apibūdinamas vagos gylio (h) ir pločio (w) santykiu, kuris kartais dar įvardijamas santykiniu gyliu (h/w) (Ржаницын, 1985). Išilgai upės santykinis gylis keičiasi ritmiškai. Nuo sienos su Baltarusija iki Žeimenos intako Neris yra sekiausia (h/w = 0,011–0,017). Žemiau Santakos kaimo, pasikeitus upės tekėjimo kryptiai, santykinis gylis palaipsniui didėja iki Nemenčinės ir pasiekia 0,045–0,05. Toliau, Nemenčinės–Liepynės atkarpoje (h/w), sumažėja iki 0,025, bet nuo Liepynės link Vilniaus santykinis gylis vėl palaipsniui didėja ir miesto prieigose išauga iki 0,04. Tirtojoje Neris atkarpoje jo (h/w) svyravimo amplitudė – 0,011–0,05, vidutinė reikšmė – 0,034.

Išilgai upės vagos gylis, plotis, išilginis nuolydis ir kt. parametrai keičiasi, tačiau, nepaisant periodiško svyravimo, išvelgiami ir tiesiniai jų kaitos trendai (1 pav.). Pasroviui, žemupio link augant upės vandeningumui, vaga nežymiai gilėja (vidutiniškai 0,02 m/km), po truputį didėja ir vagos išilginis nuolydis (0,006 ‰/km) bei ryškėja vagos siaurėjimo tendencijos. Tačiau maži determinacijos koeficientai ($R^2 = 0,19–0,33$) rodo silpną vagos morfometrinių parametrų sąveiką su upės ilgiu tirtojoje Buivydžių–Vilniaus atkarpoje.

Daugiametis upės debitas keičiasi nuo 67 m³/s (tirtosios atkarpos pradžioje) iki 109 m³/s (atkarpos pabaigoje), t.y. skiriasi iki 1,6 karto. Daugiausiai vandens nuteka pavasarį, 40% viso metinio nuotėkio. Panašus kiekis (38%) tenka vasaros–rudens laikotarpiui, o kiti 22% – žiemai (Gailiušis ir kt., 1998). Pagal upės nuotėkio struktūrą žymesnės vagos deformacijos tikėtinos šiltuoju metu laikotarpiu, t.y. esant vandeningesnei upei.

Santykinis Neris vidurupio vagos stabilumas buvo vertintas keletu koeficientų (1 lentelė). Vagos vertikaliosios deformacijos buvo vertinamos Lochtino skaičiumi bei jo modifikacijomis, kurias pasiūlė Makavejevas bei Velikanovas (Маккавеев, 1955; Великанов, 1958). Altunino ir Gluškovo (Алтунин, 1958; Глушков, 1961) pasiūlyti vagos stabilumo indeksai charakterizuoja horizontaliąsias upės deformacijas. Taip pat Neris vagos stabilumas buvo reiškiamas integraliais rodikliais, kurie atspindi bendrą santykinę deformacijų intensyvumą (Гришанин, 1974; Беркович, Злотина, 2003).



1 pav. Neris vidurupio (Buivydžiai–Vilnius) vagos pločio (w), gylio (h), išilginio nuolydžio (i) kaita ir tiesiniai trendai

Fig. 1. Dynamics and linear trends of width (w), depth (h) and longitudinal inclination (i) of Middle Neris channel (Buivydžiai–Vilnius)

Koeficientų reikšmės skaičiuotos remiantis pirminiais duomenimis, surinktais iš mokslo tiriamųjų ataskaitų (1980, 1986, 1991) apie Neris slėnio ir vagos geomorfologiją bei geodinamiką, mokslinių publikacijų, žurnų, topografinių žemėlapių. Apie vagos deformacijų intensyvumą buvo sprendžiama iš tipingų vagos skerspjūvių kartotinių matavimų 1978–1991 metais bei vagos dugninių formų dinamikos stebėjimų duomenų (Baltakis ir kt., 1982; Geodinaminiai..., 1992).

2. Vagos stabilumo tyrimui taikyti indeksai

Santykinis upės vagos stabilumas išreiškiamas įvairiais skaičiuojamaisiais koeficientais, kurie jungia upės hidraulinės ir geometrinės charakteristikas su vagos deformacijų intensyvumu. Vagos stabilumas vertinamas keliais indeksais (Маккавеев ir kt., 1967; Шатаева, 1969; Беркович ir kt., 1972; Гришанин, 1974), kuriuos bandyta grupuoti, klasifikuoti. N. Makavejevas ir kt. (Маккавеев ir kt., 1967) išskyrė 3 indeksų grupes: faktoriai, faktoriai-integralieji ir integralieji. Tačiau, kaip pažymi N. Ržanicinas (Ржаницын, 1985), ši bei panašios stabilumo indeksų klasifikacijos nėra pakankamai tikslios bei pagrįstos ir yra daugiau formalaus pobūdžio.

Neris vagos stabilumas buvo vertintas keliais indeksais (1 lentelė). Vienas žinomiausių ir paprasčiausių koeficientų – Lochtino skaičius (L) (Шатаева, 1969; Ляпин, Александрова, 1980). Pagal šį indeksą sudėtinga atlikti upių stabilumo lyginamąją analizę, nes jį galima taikyti tik upėms, esančioms vienodose gamtinėse sąlygose ir turinčioms panašų nuotėkio režimą. Šis indeksas buvo ne kartą modifikuotas kitų tyrėjų. M. Velikanovas (Великанов, 1958) šį indeksą papildė vagos gylio komponente.

Tačiau Velikanovo modifikuotasis koeficientas Ψ , lyginant su indeksu L , nusileidžia „jautrumu“ (Маккаевеv ir kt., 1967). N. Makavejevas (Ржаницын, 1985) pasiūlė kitą L indekso modifikaciją (K). Jis indekso struktūroje vagos gylį pakeitė vagos pločiu, ir tai padidino indekso „jautrumą“. Minėtų indeksų struktūra rodo, kad jie atspindi geologinių ir geomorfologinių sąlygų įtaką fluvialiniams procesams ir gali būti priskiriami faktorinių rodiklių grupei (Маккаевеv ir kt., 1967). R. Čalovas ir kt. (Чалов, 1979; Шатаева, 1969) pažymi, kad iš šių indeksų galima spręsti apie vagą formuojančių nešmenų dalinį debitą bei santykinę vagos vertikaliųjų deformacijų intensyvumą. Didėjant šių indeksų reikšmei, nešmenų pernaša silpnėja, kartu mažėja vagos deformacijų intensyvumas.

Upėse vykstančios horizontaliosios deformacijos įvertinamos Altunino indeksu (A), paremtu hidromorfologine priklausomybe (Алтунин, 1958). Didėjant šio indekso reikšmei, deformacijų intensyvumas silpnėja. Kai kurių autorių manymu (Гришанин, 1974; Беркович, Злотина, 2003), horizontaliąsias vagos deformacijas galima įvertinti ir Gluškovo (G) koeficientu. Tačiau jo struktūra (1 lentelė) rodo, kad tai vis dėlto yra vagos morfologinis parametras. Kaip pažymi pats autorius (Глушков, 1961), šio indekso kaita labai susijusi su grunto, kuriame formuojasi upės vaga, savybėmis. Nustatyta, kad upei rėžiantis į lengvai plaunamus smulkaus smėlio gruntuos G reikšmė gali padidėti iki 5,5, o akmeningų, išplovimui atsparių vagų neviršija 1,4 (Глушков, 1961). Didėjant šio indekso reikšmei, vagos stabilumas mažėja.

Vertikaliąsias ir horizontaliąsias vagos deformacijas jungiantys kompleksiniai koeficientai atspindi integralųjį vagos stabilumą. Toks kompleksinis stabilumo indeksas Φ buvo gautas mechaniškai sujungiant Velikanovo modifikuotąjį koeficientą Ψ ir Altunino indeksą A (Беркович, 1999). Kai kurių tyrėjų duomenimis (Беркович, Злотина, 2003), integraliesiems vagos stabilumo rodikliams galima priskirti ir N. Makavejevo koeficientą K . Minėtais indeksais ir buvo įvertintas Nerios vagos (Buivydžių–Vilniaus atkarpoje) santykinis stabilumas.

1 lentelė. Upės vagos stabilumo indeksai ir jų atspindys vagos deformacijų tipuose (pagal: Маккаевеv ir kt., 1967; Шатаева, 1969; Анцыферов, Дебольский, 1969; Беркович, 1999; Гришанин, 1974; Ржаницын, 1985; Алтунин, 1958)

Table 1. River channel stability indices and their types reflecting the channel deformation (according to: Маккаевеv ir kt., 1967; Шатаева, 1969; Анцыферов, Дебольский, 1969; Беркович, 1999; Гришанин, 1974; Ржаницын, 1985; Алтунин, 1958)

Indekso autorius <i>Author of the index</i>	Indekso formulė * <i>Formula of the index *</i>	Vagos deformacijos / Chanel <i>defotmations</i>
V. Lochtinas	$L = d(i)^{-1}$	Vertikaliosios / Vertical
M. Velikanovas	$\Psi = d(hi)^{-1}$	Vertikaliosios / Vertical
V. Gluškovas	$G = w^{0.5}(h)^{-1}$	Horizontaliosios / Horizontal
S. Altuninas	$A = q^{0.5}(wi^{0.2})^{-1}$	Horizontaliosios / Horizontal
V. Makavejevas	$K = 1000d(wi)^{-1}$	Vertikaliosios, horizontaliosios / Vertical, Horizontal
X. Jianheng	$\Phi = d(hi)^{-1}[q^{0.5}(wi^{0.2})^{-1}]^2$	Vertikaliosios, horizontaliosios / Vertical, Horizontal

*Sutartiniai žymenys: d – vidutinis aliuvio dalelių skersmuo, i – išilginis vagos nuolydis, h – vidutinis vagos gylis, w – vidutinis vagos plotis, q – upės debitas.

Arbitrary signs: d – average diameter of alluvium grains, i – longitudinal inclination of the channel, h – average depth of the channel, w – average width of the channel, q discharge.

3. Vagos santykinio stabilumo kaita išilgai upės

Tirtojoje Neries vidurupio atkarpoje vaga nėra stabili. Vienu indeksų (A, G) reikšmės rodo tolygesnę stabilumo kaitą, kitų rodiklių amplitudės yra platesnės (2 lentelė). Trumpoje tirtojoje atkarpoje (tyrimai apėmė 1/10 viso Neries ilgio) skirtumai tarp santykinai stabilių ir nestabilių ruožų skiriasi iki 10–15 kartų. Tačiau, nepaisant didelių variacijos koeficientų, indekso tipo, Neries vagos stabilumas pasroviui keičiasi ritmiškai, tiesa, pokyčių pobūdis tarp indeksų ne visuomet sinchroniškas. Pasienyje su Baltarusija vagos stabilumas horizontaliųjų deformacijų atžvilgiu yra vienas mažiausių (lyginant su visa tirtąja atkarpa): $A = 0,14$, $G = 5,9-6,4$. Tuo tarpu indeksai, atspindintys vertikaliuosius vagos pokyčius ($L = 2,4-3,3$ ir $\Psi = 1,5-2$), yra 2–3 kartus didesni už vidutines reikšmes, aukštesnės ir integraliųjų indeksų (K, Φ) reikšmės (2 lentelė). Nuo Buivydžių pasroviui vagos atsparumas planinėms deformacijoms palaipsniui didėja, o vertikalioms mažėja ir taip tęsiasi iki Brižų–Santakos. Brižų–Mažiulėniškių ruože (~ 6–8 km ilgio) vaga stabilizuojasi, procesai įgauna pusiausvyrą, nors indeksų reikšmės nežymiai svyruoja, jų kaitos kryptingumas neišryškėja (2 pav.). Šis upės segmentas yra tarpinio pobūdžio tarp upės ruožų, turinčių skirtingą stabilumo kaitos kryptį. Šioje vietoje išryškėja lokalus Žeimenos poveikis Neries deformacijų suaktyvėjimui.

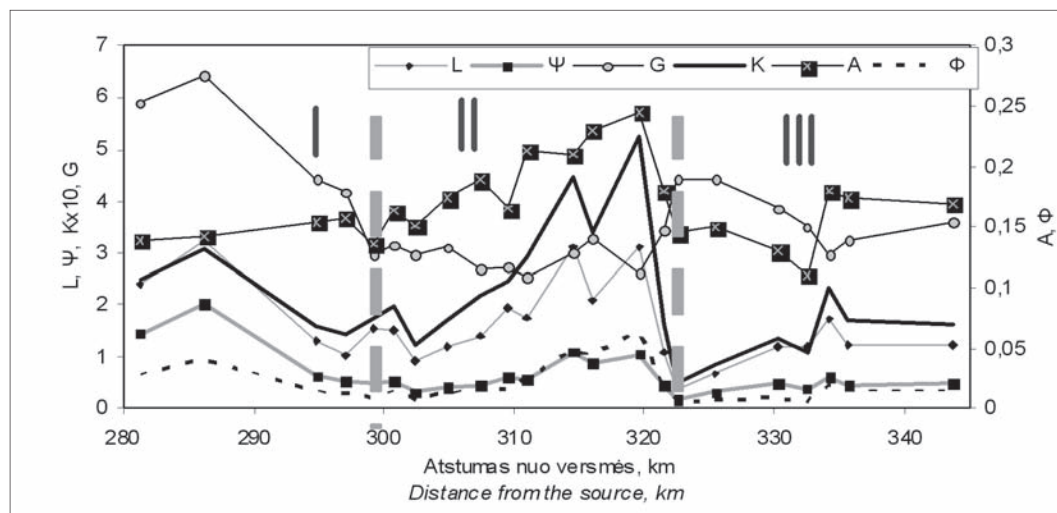
2 lentelė. Neries vidurupio vagos stabilumo indeksų statistiniai parametrai

Table 2. Statistical parameters of Middle Neris stability indices

Statistiniai parametrai* / Statistical parameters*	Stabilumo indeksai / Stability indices					
	L	Ψ	G	A	K	Φ
\bar{X}	1,61	0,66	3,61	0,17	21,40	0,02
Me	1,38	0,51	3,27	0,17	17,24	0,02
Min–Max	0,37–3,25	0,19–2,03	2,54–6,43	0,11–0,25	4,96–52,73	0,004–0,06
Q ₂₅ –Q ₇₅	1,19–1,94	2,97–4,18	2,97–4,18	0,15–0,18	14,66–25,26	0,01–0,03
V, %	48,4	63,6	28,3	17,6	53,3	80,6

*Sutartiniai žymenys: \bar{X} – vidurkis, Me – mediana, Min–Max – minimalios ir maksimalios reikšmės, Q₂₅–Q₇₅ – kvartilai, V – variacijos koeficientas.

* Arbitrary signs: \bar{X} – average value, M – median value, Min, Max – minimal and maximal values, Q₂₅–Q₇₅ – quartiles, V – variation coefficient



2 pav. Neries vidurupio (Buivydžiai–Vilnius) vagos santykinio stabilumo diferenciacija (I – vidutiniškai stabili, II – stabili, III – nestabili) pagal stabilumo indeksų (L, Ψ , G, A, K, Φ) kaitą išilgai upės

Fig. 2. Differentiation of relative stability of Middle Neris (Buivydžiai–Vilnius) channel (I – medium stability, II – stable, III – unstable) according to variation of stability index (L, Ψ , G, A, K, Φ)

Nuo Mažiulėniškių vaginių procesų aktyvumas pradeda palaipsniui silpnėti ir tai tęsiasi iki Kermušiškių. Nemenčinės–Kermušiškių ruože upės vaga įgauna didžiausią stabilumą visame tirtajame ruože (2 pav.). Bet tuoj pat, Neris tėkmei pasukus pietų kryptimi, vagos stabilumas ženkliai keičiasi. Trumpame (3–4 km ilgio) ruože (Bratoniškės–Vilkiškės) santykinai stabili upės vaga virsta santykinai nestabilia. Šis „lūžis“ atitinka indeksų minimalių ir maksimalių reikšmių intervalą (išskyrus A ir G indeksų reikšmes) (2 lentelė). Šis stabilumo lūžis žymi vienos atkarpos pabaigą ir naujos pradžia. Pastaroji prasideda palaipsniui integraliųjų ir vertikaliasias deformacijas atspindinčių koeficientų didėjimu, tačiau vagos atsparumas šoninėms deformacijoms ir toliau mažėja, tik mažesniu gradientu (2 pav.). Ritmiškai besikartojantys vagos deformacijų pokyčiai natūraliai ją diferencijuoja į 3 atkarpas, besiskiriančias stabilumu bei stabilumo kaitos gradientu.

Pirmoji atkarpa apimtų upės ruožą nuo pasienio su Baltarusija iki Žeimenos intako. Jau minėta, kad šioje atkarpoje santakos link palaipsniui aktyvėja vagos dugno eroziniai ir akumuliaciniai procesai, tačiau silpnėja planinės deformacijos. Upės dugnas dažniausiai smėlingas ($G = 4,51$). Tai lemia vagos vertikaliasias deformacijas, kurios susijusios su akumuliacinių dugninių formų susidarymu, jų slinkimu pasroviui. Antroje atkarpoje, nuo Santakos iki Bratoniškių, vagos stabilumas pasroviui palaipsniui didėja ir ji pasižymi didžiausiu stabilumu. Trečioji atkarpa, nuo Vilkiškių iki Valakupių, išsiskiria mažiausiu atsparumu šoninėms ir vertikaliosioms deformacijoms. Pasroviui vagos dugno eroziniai ir akumuliaciniai procesai palaipsniui silpnėja, bet krantų deformacijos dar aktyvios ir tik miestoprieigose pradeda silpnėti. Skiriamos panašaus ilgio (~20 km) trys vagos atkarpos, kurios skiriasi santykiniu stabilumu bei stabilumo indeksų gradientais ir įvardijamos taip: stabili – antroji atkarpa, vidutiniškai stabili – pirmoji atkarpa ir nestabili – trečioji atkarpa (3 lentelė). Tokią Neris stabilumo diferenciaciją, matyt, lemia slėnio geomorfologinių sąlygų kaita bei vagos morfodinaminis tipas. Sumažėjusį upės stabilumą Santakos apylinkėse būtų galima sieti su Žeimenos įtaka, bet, matyt, svarbus yra ir geologinis veiksnys, nes šiose vietose fiksuojamas paleoirėžis, pilnas fluvio-glacialinių nuogulų (Satkūnas, 2000). Žemiau Bratoniškių vagos stabilumo sumažėjimas sietinas su lengviau tėkmės plaunamomis smėlingomis bei žvyringomis nuogulomis, kuriomis užneštas Neris proslėnis ir į kurį gilinasi dabartinė upė. Tačiau šioje atkarpoje lokalus stabilumo indeksų padidėjimas susijęs su atsparesnėmis išplovimui nuogulomis, galbūt glacialinėmis, kurios markiruoja dabartinės vagos ir tarpledynmečių slėnių nesutapimo vietas.

3 lentelė. Neris vidurupio vagos stabilumo diferenciacija pagal stabilumo indeksų reikšmes ir kaitos gradientus

Table 3. Middle Neris channel stability differentiation according to the values of stability indices and variation gradients

Atkarpa Sector	Stabilumo indeksai ir jų kaitos gradientai* Stability indices and their Exchange gradients*						Stabilumo laipsnis Stability degree
	L	Ψ	G	A	K	Φ	
I	<u>1,85</u> -0,09	<u>0,95</u> -0,08	<u>4,51</u> -0,17	<u>0,15</u> 0,0005	<u>20,61</u> -0,75	<u>0,020</u> -0,001	Vidutiniškai stabili <i>Moderately stabile</i>
II	<u>1,97</u> 0,11	<u>0,70</u> 0,04	<u>2,92</u> -0,01	<u>0,20</u> 0,005	<u>30,04</u> 1,92	<u>0,031</u> 0,003	Stabili / Stabile
III	<u>1,21</u> 0,03	<u>0,47</u> 0,01	<u>3,60</u> -0,04	<u>0,15</u> 0,0005	<u>14,89</u> 0,40	<u>0,012</u> 0,0003	Nestabili / Unstable

* Skaitiklyje – vidutinė indekso reikšmė, vardiklyje – indekso kaitos gradientas

* Numerator – average value of index, denominator – gradient of index exchange

4. Stabilumo indeksų tarpusavio priklausomybės

Neris vagos stabilumo indeksų reikšmės skiriasi, tačiau pagal kaitos tendencijas išilgai upės jų pokyčiai turi nemažai bendrų požymių. Taigi tarp šių koeficientų galimi stiprūs tarpusavio ryšiai.

Iš koreliacinės analizės paaiškėjo, kad ryšiai tarp stabilumo indeksų nėra vienareikšmiai. Vieni indeksai susiję stipriau, kiti silpniau arba visai nekoreliuoja. Statistiškai patikima koreliacija ($p < 0,05$) apima 73% visų galimų indeksų ryšių (4 lentelė). Izoliuotumu išsiskiria Gluškovo koeficientas (G), patikimai susijęs tik su dviem indeksais, tuo tarpu kiti turi dvigubai daugiau koreliacinių ryšių. Stipriausi ryšiai su kitais indeksais būdingi Lochtino skaičiui L ir integraliajam rodikliui Φ , o silpniausi ryšiai – su horizontaliajais deformacijas atspindinčiais indeksais A ir G. Tarp stabilumo indeksų išlieka tiesinė priklausomybė, pasižyminti vidutine ir stipria koreliacija (4 lentelė). Tačiau kitų upių tyrimai rodo, kad tarp indeksų galimos ir netiesinės priklausomybės (Дарбұтас, 1993). Pavyzdžiui, Nemuno aukštupyje tarp Ditvos ir Ščiaros intakų, panašaus vandeningumo (kaip ir tiriamoje Neries dalyje, daugiametis $Q = 84\text{--}110 \text{ m}^3/\text{s}$) atkarpoje, vagos stabilumo koeficientų L ir K tarpusavio ryšį geriausiai aprašo eksponentinė funkcija (3 pav.). Taigi šie indeksai daugiau susiję su slėnio geomorfologija, bet ne su hidrologinėmis sąlygomis, nes koreliacijos pobūdį tarp indeksų koreguoja esamas upės vaginio režimo tipas ir galbūt upės amžius. Stipriems koreliaciniams ryšiams tarp indeksų turi įtakos ir tai, kad jiems būdingi bendri kintamieji.

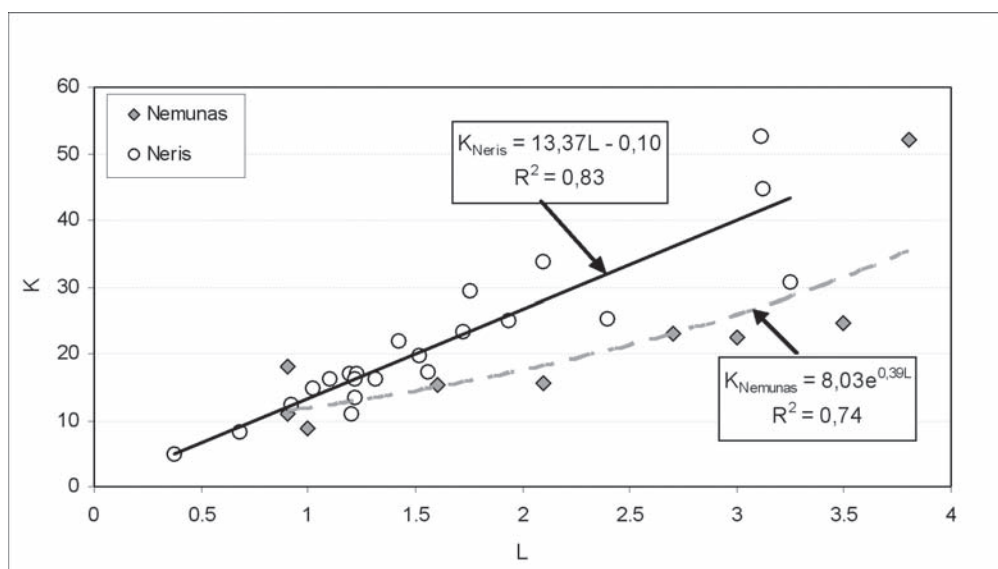
4 lentelė. Koreliaciniai ryšiai tarp vagos stabilumo koeficientų

Table 4. Correlation links between channel stability coefficients

Stabilumo indeksai Stability indices	L	Ψ	K	G	A
Ψ	0,87*				
K	0,91*	0,64*			
G	0,12	0,57*	0,19		
A	0,44*	0,13	0,75*	-0,51*	
Φ	0,89*	0,72*	0,96*	0,02	0,73*

* – statistiškai reikšmingi ryšiai, esant $p < 0,05$.

* – statistically significant relationship when $p < 0,05$



3 pav. Nemuno ir Neries upių atkarpų, kuriose vidutinis daugiametis debitas $60\text{--}110 \text{ m}^3/\text{s}$, indeksų K ir L ryšys. Nemuno duomenys pagal: Дарбұтас, 1993.

Fig. 3. Relationship between indices K and L in the Nemunas and Neris sectors where the average annual discharge is $60\text{--}110 \text{ m}^3/\text{s}$. Nemunas data according to: Дарбұтас, 1993.

Tyrimuose taikytų stabilumo koeficientų sandara nėra sudėtinga, o juos sudarančių narių skaičius – negausus (1 lent.). Indeksų kintamieji atspindi įvairias upės charakteristikas, ir jų vaidmuo vagos stabilumui nėra vienareikšmis. Koreliacinės analizės duomenimis, statistiškai patikimi ($p < 0,05$) ryšiai tarp indekso dydžio ir jį sudarančių narių sudaro tik 37% visų galimų atvejų. Daliai jų (2/3) būdinga atvirkštinė (neigiama) priklausomybė (5 lent.). Tiriamoje Neries atkarpoje vagos stabilumą labiausiai veikia upės išilginis nuolydis. Pastarajam didėjant, indeksų Ψ , K , Φ reikšmės mažėja (mažėja ir vagos stabilumas), ir tik Lochtino skaičius L tiesiogiai priklauso nuo išilginio upės nuolydžio. Upės gylis ir plotis svarbus tik vagos šonines deformacijas atspindintiems indeksams (A ir G). Tuo tarpu nuo vagos aliuvio sudėties bei nuotėkio pokyčių vagos stabilumas nelabai priklauso, nes patikimi koreliaciniai ryšiai nenustatyti nei su vienu aptariamu stabilumo indeksu. Kitų tyrėjų darbuose (Знаменская, 1976; Барышников, Попов, 1988; Дарбутас, 1993) pažymima vagos aliuvio granuliu skersmens svarba upės stabilumo pokyčiams ir, kaip teigiama, net nedideli aliuvio granulimetrinės sudėties pasikeitimai veikia vagos stabilumą, tačiau šio straipsnio autorių atliktuose tyrimuose, kaip matyti, šių sąsajų nenustatyta.

Iš turimų duomenų matyti, kad lietuviškoje Neries dalyje iki Vilniaus vagos stabilumo pokyčius lemia upės išilginis nuolydis, kartu integruojantis ir daugiau vagos modifikaciją veikiančių sąlygų. Po jo eina ne tokie „įtakingi“ upės plotis ir gylis (5 lent.). Išryškėjusi upės išilginio nuolydžio svarba vagos stabilumui rodo Neries fluvialinių procesų priklausomybę nuo geomorfologinių sąlygų. Antropogeninė veikla, kuri tiesiogiai veikia vagos deformacijas, neišryškėjusi, o nuotėkio reguliavimas dėl aukštupyje esančios Vileikos vandens saugyklos ženklesnės įtakos vagos stabilumo kaitai tirtojoje upės atkarpoje neturi.

5 lentelė. Koreliaciniai ryšiai tarp stabilumo indeksų ir juos sudarančių kintamųjų
Table 5. Correlation links between stability indices and their constituent variables

Stabilumo indeksai <i>Stability indices</i>	Indeksų kintamieji / <i>Index variables</i>				
	h	w	I	d	q
L	–	–	-0,83	0,10	–
Ψ	-0,41	–	-0,80*	-0,28	–
G	-0,91*	0,63*	–	–	–
A	–	-0,84*	-0,37	–	0,33
K	–	-0,34	-0,73*	0,24	–
Φ	-0,03	-0,29	-0,74*	0,21	-0,07

* Statistiškai reikšmingi ryšiai, esant $p < 0,05$.

* *Statistically significant relationship when $p < 0.05$*

5. Geodinaminių atkarpų stabilumas

Ankstesnių tyrimų duomenimis aptariamojoje Neries atkarpoje buvo išskirtos 6 geodinaminės atkarpos, besiskiriančios vagos ir krantinių procesų pobūdžiu, intensyvumu bei kitais požymiais (Baltakis ir kt., 1982). Šie skirtumai turėtų išlikti ir vertinant vagos stabilumą, nes jis tiesiogiai susijęs su upės geodinamika. Pagal indeksų reikšmes, vagos stabilumas tarp skiriamų dinaminių atkarpų skiriasi iki 3–4,5 karto (6 lentelė). Ankstesnių tyrimų duomenimis išskirtą dinaminės pusiausvyros atkarpą su atitinkamomis stabilumo indeksų reikšmėmis reikėtų laikyti atskaitos tašku (riba) apibūdinant kitų atkarpų stabilumą, jas klasifikuojant. Ši atkarpa pasižymi didžiausiomis arba vienomis didžiausių indeksų reikšmėmis ir priskirtina stabilioms. Panašūs stabilumo indeksai ir 4-os atkarpos, kurioje vyksta silpna gilinamoji ir šoninė erozija (6 lentelė). Pagal indeksų reikšmes, šioje

atkarpoje turėtų dominuoti tik silpna gilinamoji erozija, nes horizontaliąsias deformacijas atspindintys indeksai G ir A yra didesni net už „etaloninės“ atkarpos, todėl šoninės erozijos procesai mažai tikėtini. Šias dvi atkarpas reikėtų priskirti stabilios vagos kategorijai ir, matyt, patikslinti geodinaminių procesų apibūdinimą: 1-oji atkarpa – dinaminės pusiausvyros su silpnais šoninės erozijos požymiais ir 4-oji atkarpa – dinaminės pusiausvyros su silpnais gilnamosios erozijos požymiais.

Mažiausio stabilumo upės ruožui priskirtina 5-ta atkarpa, kurioje vyksta šoninė ir gilinamoji erozija – tai ruožas nuo Bratoniškių kaimo ir Turniškių (6 lentelė). Čia upė režiasi į smėlingas ir žvyringas nuogulas, kurios ne tokios atsparios išplovimui, todėl vagos dugno erozija, krantų išplovimas yra 3–4 kartus intensyvesnis lyginant su „etalonine“ atkarpa. Ši upės atkarpa priskiriama nestabilioms, jai būdingi santykinai aktyvūs geodinaminiai procesai, modifikuojantys vagos dugną ir krantus. Kitos trys vagos dinaminės atkarpos (2, 3 ir 6) pagal indeksų reikšmes yra labai panašios ir užima tarpinę padėtį tarp stabilios ir nestabilios vagos, nors jų geodinaminis apibūdinimas skiriasi (6 lent.). Skiriasi ir šių atkarpų morfometriniai parametrai, tėkmės plaunamų uolienu sudėtis, vagos planinė konfigūracija (Baltakis ir kt., 1982). Tačiau skaičiuojamųjų indeksų reikšmių įtaka vagos stabilumui išsilygina, nes vienose atkarpose būna „svaresni“ vieni veiksniai, pvz., išilginis vagos nuolydis, kitose atkarpose šio veiksnio poveikis gali būti labai silpnas, tačiau didelę įtaką turi tėkmės plaunamų nuogulų sudėtis ir kt. Šios trys atkarpos priskiriamos vidutiniškai stabilioms. Anksčiau išskirtų geodinaminių atkarpų stabilumo vertinimas apsiriboja 3 kategorijomis: stabili, vidutiniškai stabili ir nestabili vaga. Todėl įvertintų pagal stabilumą geodinaminių atkarpų skaičius sumažėja iki 5 (2 ir 3 atkarpos priskiriamos tai pačiai stabilumo kategorijai) (6 lentelė).

6 lentelė. Neries (Buivydžių–Vilniaus ruožo) vagos morfodinaminių atkarpų (Geodinaminiai..., 1992) stabilumo koeficientai ir stabilumo laipsnis

Table 6. Stability coefficients and stability level of morphodynamic sectors of Neris channel (Buivydžiai–Vilnius sector) (Geodinaminiai..., 1992)

Nr.	Morfodinaminės atkarpos tipas <i>Type of morphodynamic sector</i>	Stabilumo indeksai / <i>Stability indices</i>						Stabilumo laipsnis <i>Stability level</i>
		L	Ψ	G	A	K	Φ	
1	Dinaminė pusiausvyra <i>Dynamic equilibrium</i>	2,82	1,74	6,17	0,14	27,96	0,035	Stabili <i>Stable</i>
2	Silpna gilinamoji ir šoninė erozija su dinaminės pusiausvyros požymiais	1,30	0,55	3,85	0,15	16,03	0,012	Vidutiniškai stabili <i>Average stabile</i>
3	Stipri gilinamoji ir silpna šoninė erozija <i>Strong vertical and weak lateral erosion</i>	1,21	0,43	3,07	0,16	16,37	0,011	
4	Silpna gilinamoji ir šoninė erozija <i>Weak vertical and lateral erosion</i>	2,24	0,78	2,80	0,21	34,52	0,036	Stabili <i>Stable</i>
5	Šoninė ir gilinamoji erozija <i>Lateral and vertical erosion</i>	0,92	0,38	3,93	0,14	10,78	0,008	Nestabili <i>Unstable</i>
6	Gilinamoji ir šoninė erozija <i>Vertical and lateral erosion</i>	1,39	0,52	3,28	0,17	18,87	0,016	Vidutiniškai stabili <i>Medium stabile</i>

Koks yra santykis tarp vagos deformacijų intensyvumo, jos morfologinių pokyčių ir stabilumo indeksų reikšmių, sudėtinga atsakyti dėl kiekybinių duomenų stokos. Bet santykinis vertinimas stabilios vagos atžvilgiu galimas: vagos ir krantinių procesų intensyvumas bus 2–3 kartus intensyvesnis vidutiniškai stabilioje vagoje ir daugiau kaip 3–4 kartus didesnis nestabiliuose atkarpose.

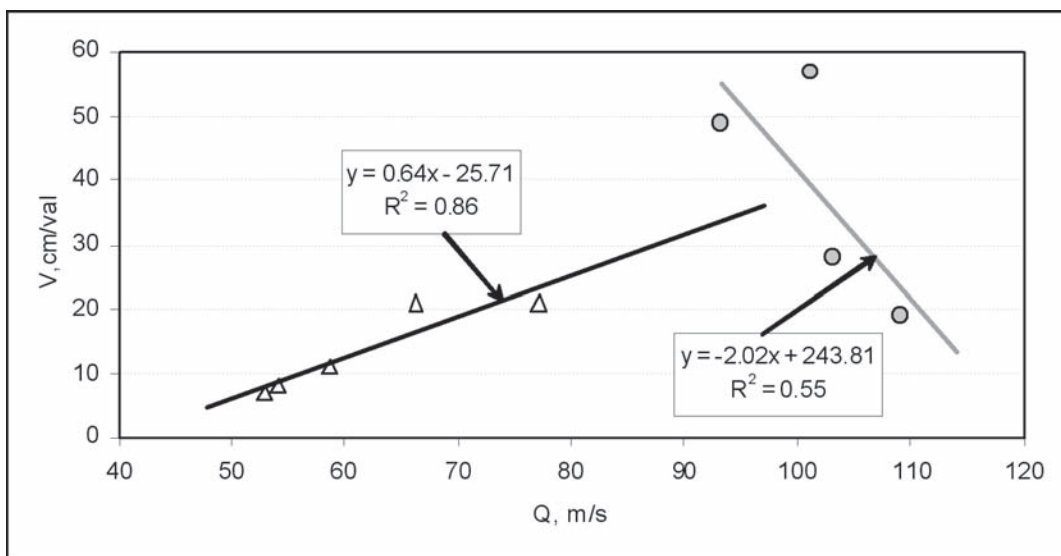
6. Vagos deformacijos ir stabilumo indeksų gradacija

Lyginant apskaičiuotųjų upės stabilumo indeksų reikšmes su vagos deformacijų pobūdžiu ir intensyvumu, sudaromos indeksų gradacinės skalės, pagal kurias apibūdinamas upės ar jos ruožų geodinaminis pastovumas. Neries vidurupio vagos šoninių deformacijų intensyvumas svyruoja nuo 0,2–0,6 iki 0,5–3,0 m per metus (Микалаускас ir kt., 1988). Ties veikliomis atodangomis ir žemiau jų upės krantų linijos pokyčiai gali siekti iki 6–10 m/metus (Račinskas, 1959). Tačiau daugelyje upės ruožų vagos planinė konfiguracija nesikeičia. V. Minkevičiaus duomenimis (Baltakis ir kt., 1982), tirtajoje Neries dalyje vyrauja stabilūs krantai – 68%. Taigi vagos horizontaliosios deformacijos paplitusios ribotai ir joms būdingi lokalūs krantų paardymai arba nedidelių prievaginių pylimų formavimasis 0,3–0,4 km ilgio atkarpose. Turimi duomenys rodo, kad Neryje vagos šoninė deformacija yra silpna ir nedažna.

Neries vidurupyje ženklia upės dugno dalį dengia smėlingos nuosėdos, kurios aktyviai perklostomos ir iš kurių tėkmė formuoja įvairias fliuvialines formas. Vaginių akumuliacinių formų aukštis – 0,1–0,3 h (h – vidutinis vagos gylis), o gausesnių smėlio sancaupų vietose padidėja iki 0,4–0,7 h. Šių formų plotis siekia 0,2–0,6 vagos pločio, o jų ilgis prilygsta 1–3 vagos pločiams. Palankesnės sąlygos vykti vagos dugno grįžtamosioms deformacijoms susidaro upės atkarpose, kurių indeksas G didesnis už 3,5. Pagal upės skerspjūvių matavimų rezultatus apskaičiavus kasmetinius vagos vidutinio gylio pokyčius, paaiškėjo, kad jie kinta 4–9 cm ribose. Tačiau tarp upės vidutinio gylio pokyčių ir ankstesnio vagos geodinaminio rajonavimo bei dabar apskaičiuotųjų stabilumo indeksų reikšmių tarpusavio priklausomybės nenustatytos.

Vagoje greta akumuliacinių procesų vyksta ir eroziniai. Apskaičiuota, kad iš smėlingo vagos dugno išplaunamo grunto kiekis per metus svyruoja nuo 0,42 m³/m² ties Buivydžiais iki 0,02 m³/m² Brižių kaimo prieigose, o vagos dugninių formų (akumuliacinių) slinkimo greitis – apie 0,14 m/h arba 3,4 m/d (Швядас, 1985). Vagos dugno formų mobilumą lemia transportuojamų nešmenų kiekis bei upės hidrodinaminis režimas. Tą patvirtina šiltuoju metų laiku atlikti smėlio bangos dinamikos stebėjimai Neries vagoje ties Paliepių kaimu (Baltakis ir kt., 1982). Tyrimų laikotarpiu upės nuotėkis ženkliai svyravo – amplitudė sudarė 54–110 m³/s ir buvo aukštas vidutinis debitas (matavimų metu – 79,5 m³/s), kas atitinkamai veikė ir dugninių formų slinkimo greičius. Vasarą tirtos smėlio bangos vidutinis judėjimo greitis siekė 0,24 m/h ir tiesiogiai priklausė nuo upės debito. Didėjant upės vandeningumui, spartėja ir vagos dugninių formų slinkimas, tačiau ši priklausomybė nėra begalinė (4 pav.). Iš duomenų išsidėstymo matyti, kad Neryje dugninių mezoformų judėjimą bei atitinkamą greitį lemia upės nuotėkis, ne mažesnis kaip 40–45 m³/s ir ne didesnis negu 90–105 m³/s. Pastarąsias sąlygas atspindi teigiama tiesinė priklausomybė, pasižyminti aukštu dispersijos koeficientu (0,86). Prie aukšto vandens lygio bei didelio debito dugninių formų slinkimo greitis sumažėja, nes prasideda jų ardymas, išplovimas. Gauta atvirkštinė priklausomybė rodo, kad, debitui padidėjus iki 120 m³/s ir daugiau, smėlio bangos upės dugne neliktų (4 pav.). Upės tėkmės ir smėlio bangos slinkimo greičių tarpusavio santykis adekvatus 10–4. Atliktų matavimų duomenimis, Nerimi judrios dugninės reljefo formos (pvz., smėlio bangos) per metus gali pasislinkti žemupio link apie 0,3–0,5 km.

Pateikiami Neries geodinamikos duomenys rodo, kad vagos deformacijų apimtys panašios į vykstančias Nemune. Pavyzdžiui, pagal Nemuno vagos stabilumo klasifikaciją, stabilios upės vagos ruožuose krantų šoninės erozijos apimtis – apie 0,4–0,7 m per metus, o nestabilios vagos atkarpose padidėja iki 3–5 m per metus (Дарбутас, 1993). Analogiška stabilumo indeksų gradacija galėtų būti ir Neries. Remiantis kitų autorių skelbtomis stabilumo indeksų gradacijomis (Чалов, 1983; Дарбутас, 1993; Беркович, Злотина, 2003) bei tyrimų duomenimis, buvo sudaryta Neries vagos stabilumą apibūdinanti skalė, apimanti 4 kategorijas ir atitinkamas indeksų reikšmes (7 lentelė).



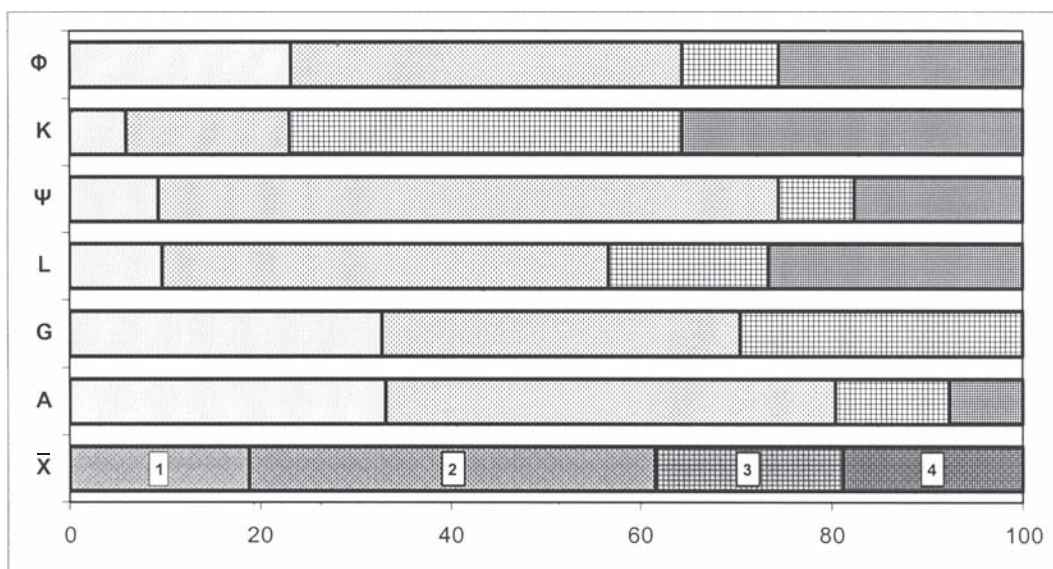
4 pav. Smėlio bangos Neries vidurupyje slinkimo greičio (V) ir upės debito (Q) ryšys
Fig. 4. Interrelation between the speed (V) of sand wave movement in the Middle Neris and river discharge (Q).

7 lentelė. Neries vidurupio vagos stabilumo indeksų gradacija

Table 7. Gradation of stability indices of Middle Neris channel

Vagos stabilumo kategorija <i>Category of channel stability</i>	Stabilumo indeksai <i>Stability indices</i>					
	L	Ψ	G	A	K	Φ
Nestabili <i>Unstable</i>	<1,0	<0,40	>4,1	<0,15	<10,0	<0,01
Nedidelio stabilumo <i>Low stability</i>	1,1–1,5	0,41–0,7	3,1–4,0	0,151–0,18	10,1–15,0	0,011–0,015
Santykinai stabili <i>Relatively stable</i>	1,51–2,0	0,71–1,0	2,1–3,0	0,181–0,21	15,1–20,0	0,0151–0,020
Stabili <i>Stable</i>	>2,1	>1,1	<2,0	>0,211	>20,1	>0,021

Skiriamų skirtingo stabilumo vagos atkarpų ilgiai pasiskirsto įvairiai (5 pav.). Pagal vienus indeksus (A, G ir Ψ) Neries vidurupyje vyrauja (75–80%) nestabili ir nedidelio stabilumo vaga, pagal kitus (K) – priešingai: ilgesnė upės dalis (77%) priskiriama stabilių ir santykinai stabilių vagų kategorijai. Skiriasi ir vertikaliąsias bei horizontaliąsias deformacijas atspindinčių indeksų diagramos. Pavyzdžiui, vertikalioms deformacijoms neatsparios vagos ilgis tesudaro ~10%, o horizontaliosioms neatsparios – 33%. Ieškant bendro vardiklio, buvo sudaryta visų indeksų išvestinė – vidutinio pasiskirstymo diagrama (\bar{X}). Pastarosios duomenimis, Neries vidurupyje vyrauja nedidelio stabilumo vaga – 42,6%, o kitokio stabilumo atkarpos pasiskirsto tolygiai (5 pav.). Vidutiniai sklaidos duomenys (\bar{X}) rodo, kad tirtuojoje Neries dalyje vyrauja nedidelio stabilumo ir santykinai stabili (vidurinis stabilumo lygmuo), arba, kitaip tariant, vidutiniškai stabili vaga (62,2%). Panašų santykį tarp skirtingo stabilumo vagos atkarpų rodo ir integraliojo indekso Φ diagrama (5 pav.). Toks vagos vertinimas atspindi vyraujančius lėtus erozinius ir akumuliacinius procesus Neries upės vagoje ir krantuose. Tyrimus papildžius naujais duomenimis apie vagą formuojančius procesus, būtų galima pateikti tikslesnę bei išsamesnę vagos stabilumo indeksų gradaciją ir atitinkamai vagos stabilumo vertinimą. Šių klausimų sprendimui ypač aktualūs Neries vagos aliuvio bei vagą formuojančių nešmenų granulimetriniai tyrimai.



5 pav. Neries vidurupio vagos skirtingo stabilumo (1 – nestabili, 2 – nedidelio stabilumo, 3 – santykinai stabili, 4 – stabili) atkarpų ilgio (%) pasiskirstymas pagal įvairius indeksus (A, G, L, Ψ , K, Φ) ir jų vidurkį (\bar{X})

Fig. 5. Distribution of middle Neris different stability sectors (1 – unstable, 2 – low stability, 3 – relatively stable, 4 – stable) according to various indices (A, G, L, Ψ , K, Φ) and their average values (\bar{X})

Išvados

Remiantis upės morfolitologiniais, hidrologiniais parametrais, atliktas Neries vidurupio vagos santykinio atsparumo šoninėms ir vertikaliosioms deformacijoms įvertinimas pagal 6 skaičiuojamuosius stabilumo indeksus.

1. Išilgai upės vagos stabilumo ritmišką kaitą atspindi visi taikytieji indeksai. Pagal tai skiriamos trys panašaus ilgio upės vagos atkarpos, besiskiriančios stabilumu bei jo kaitos gradientu.

2. Tyrimuose taikyti vagos stabilumo indeksai tarpusavyje susiję tvirtais koreliaciniais ryšiais, išreiškiamais dažniausiai tiesinėmis funkcijomis. Neries vagos stabilumą ir jo kaitą išilgai upės lemia upės išilginis nuolydis, kuris kartu yra ir integralioji geomorfologinių sąlygų išraiška.

3. Ankstesnis vagos geodinaminių atkarpų tipizavimas bei diferencijavimas pagal stabilumo indeksų reikšmes – koreguotini. Neries vidurupys, pagal vyraujančią vidutinio stabilumo lygmenį (62,2%), apibūdinamas kaip vidutiniškai stabilus vagos deformacijų atžvilgiu. Santykinai nestabilios ir stabilios vagos atkarpos pasiskirsto tolygiai.

4. Taikyti tyrimui vagos stabilumo indeksai atspindi vagos santykinę pastovumą horizontaliųjų ir vertikalųjų deformacijų atžvilgiu, tačiau nesuteikia informacijos apie absoliutinius vagos morfologijos pokyčius.

Literatūra

- Baltakis V.** ir kt. 1982. Neries slėnio geodinaminiai procesai. *Geografijos metraštis*, t. 20, p. 5–64.
- Beconis M., Dvareckas V.** 1991. Dabartiniai upių vagų ir salpų geodinaminiai procesai. *Geografijos metraštis*, t. 27, p. 44–49.
- Gaigalas A.** ir kt. 1991. Lietuvos–Lenkijos teritorijos upių slėnių geodinaminiai geomorfologiniai procesai. *Geografijos metraštis*, t. 27, p. 34–43.
- Gailiušis B., Kovalenkoviėnė M., Kriaučiūnienė J.** 1998. Vileikos tvenkinio poveikis hidrologiniam režimui. *Energetika*, Nr. 1, p. 3–9.
- Geodinaminiai** procesai Neries vidurupio slėnyje. Vilnius, 1992, p. 96.
- Račinskas A.** 1959. Dabartiniai geomorfologiniai procesai Rytų Lietuvos aukštumų upių slėniuose. *Geografinis metraštis*, t. 2, p. 339–362.
- Satkūnas J.** 2000. Paleoirėžių formavimasis kontinentinių apledėjimų aplinkoje – Rytų Lietuvos atvejis. *Geologija*, t. 31, p. 52–65.
- Алтунин С. Т.** 1958. Заиление водохранилищ и размыв русла в нижнем бьефе плотин. *Русловые процессы*. Москва, с. 249–286.
- Антроповский В. И.** 1972. Управление регрессии между характеристиками русла и потока при незавершенном меандрировании, русловой и пойменной многоруканности. Тр. ГГИ, вып. 195, с. 4–19.
- Анцыферов С. М., Дебольский В. К.** 1969. Об устойчивости плоского дна. Тр. ГГИ, вып. 26(32), с. 54–56.
- Барышников Н. Б., Попов И. В.** 1988. Динамика русловых потоков и русловые процессы. *Ленинград*, с. 455.
- Беркович К. М. и др.** 1972. Условия формирования устойчивости и режим деформаций русла средней Оби. *Эрозия почв и русловые процессы*, вып. 2, с. 186–210.
- Беркович К. М.** 1999. Взаимное влияние добычи ПГС и путевых дноуглубительных работ на судоходных реках. *Современные состояние водных путей и проблемы русловых процессов*. Москва, с. 41–48.
- Беркович К. М., Злотина Л. В.** 2003. Расчет стабильности речных русел в условиях антропогенной нагрузки. *География и природные ресурсы*, № 2, с. 117–123.
- Великанов М. А.** 1958. Русловой процесс. Москва, 395 с.
- Гаушков В. Г.** 1961. Вопросы теории и методы гидрологических исследований. Москва, 216 с.
- Гришанин К. В.** 1974. Устойчивость русел рек и каналов. Ленинград, 144 с.
- Дарбутас А. А.** 1993. Устойчивость русла р. Неман. *Геоморфология*, № 4, с. 74–81.
- Знаменская Н. С.** 1976. Донные наносы и русловые процессы. Ленинград, 191 с.
- Ляпин А. Н., Александрова Н. К.** 1980. Расчет глубинных деформаций естественных русел. Тр. ГГИ, вып. 263, с. 78–85.
- Маккавеев Н. И.** 1955. Русло реки и эрозия в ее бассейне. Москва, 348 с.
- Маккавеев Н. И., Шатаева С. Г., Митяков М. Н.** 1967. Показатель устойчивости русла реки. *Метеорология и гидрология*, № 5, с. 82–88.
- Микалаускас А. П. и др.** 1988. Геоморфология долины реки Нярис на участке Вильнюс–Буйвиджай (1. Строение четвертичной толщи и состав отложений). *Lietuvos TSR Mokslų Akademijos darbai*, B serija, t. 1(164), p. 138–149.
- Микалаускас А. П. и др.** 1988. Геоморфология долины реки Нярис на участке Вильнюс–Буйвиджай (3. Динамика форм рельефа и отложений дна русла). *Lietuvos TSR Mokslų akademijos darbai*, B serija, t. 4(167), p. 117–131.
- Ржаницын Н. А.** 1985. Руслоформирующие процессы рек. Ленинград, 263 с.
- Чалов Р. С.** 1979. Географические исследования русловых процессов. Москва, с. 231.
- Чалов Р. С.** 1983. Показатели устойчивости русла, их использование для оценки интенсивности русловых деформаций и пути совершенствования. *Динамика русловых потоков*. Ленинград, с. 46–53.
- Чалов Р. С., Шугуан Л., Алексеевский Н. И.** 2000. Сток наносов и русловые процессы на больших реках России и Китая (Северная Двина, Обь, Лена, Хуанхэ, Янцзы). Москва, 212 с.
- Шатаева С. Г.** 1969. Определение объемов дноуглубительных работ с помощью показателя устойчивости русла. Тр. ЦНИИЭВГ, вып. 68, с. 76–83.
- Швядас К. И.** 1985. Современные русловые процессы на реке Нярис. *Исследования гидрометеорологического режима Белорусской ССР и Литовской ССР*, вып. 1, с. 109–114.

Studies of Middle Neris (Buivydžiai–Vilnius sector) Channel Stability

Summary

The Middle Neris (Buivydžiai–Vilnius sector) channel is meandering in the bed of former periglacial basins and crosses land elevations. It has cut into the Quaternary system of deposits to a depth of up to 50–60 m. The average width of the present channel is 75 m, depth in the middle of the channel 2.1–2.5 m, longitudinal inclination 0.00036, and the long-term annual average discharge in the studied river sector varies from 67.0 to 109.0 m³/s.

The resistance of Middle Neris channel to deformations was evaluated according to 6 stability indices which were calculated based on geometrical parameters of river channel, composition of alluvium and measured values of river discharge. According to the data of calculated indices, the longitudinal channel stability varies rhythmically: lower stability sectors alternate with higher stability sectors. Three channel sectors of different stability and stability variation gradient were distinguished. Evaluation of the stability of geodynamic sectors distinguished during previous investigations showed that some sectors are comparable and can be united. Moreover, taking into account the values of indices their geodynamic typification was corrected and three stability levels distinguished: stable, average stability and unstable channel. The distinguished stability levels differ in the relative intensity of deformations: in the average stability sectors, the deformations are 2–3 times and in the unstable sectors more than 3–4 times as large as the deformations in the stable sectors.

The obtained field data show that in the sectors of intensive accumulation different rank mobile bed formations are developing. Their speed of movement and functioning are closely related with the river discharge dynamics. In sectors of higher inclination where river water is less saturated with drift, accumulation processes are replaced by erosion of different intensity: from 0.02 to 0.42 m³/m². Horizontal deformations in the studied river sector are not widespread and their intensity ranges from 0.2–0.6 to 0.5–3.0 m per year.

The calculated values of channel stability indices are marked by a high variation amplitude and distribution diversity ranging from the average (17.6–28.3%) to very high (63.6–80.6%). Based on grouping of stability indices and the available data about the Neris channel deformations the indices were graded into 4 stability levels: unstable, low stability, relatively stable and stable channel. The sectors of different stability are unevenly distributed. Low stability and relatively stable (medium stability) sectors are dominant in the greater part of Neris channel (62.2%). The distribution of sectors reflects the dominant slow small scale erosion–accumulation processes in the bed and banks.

The applied stability indices regardless of their type in general reflect the same Neris channel stability variations and variation patterns. As stability indices include some common variables many of them have strong correlation links. The obtained data show that the stability of Neris channel in the Lithuanian segment till Vilnius and its longitudinal variation are predetermined by longitudinal inclination which also is an integral indicator of geomorphological conditions.