

GEOMORFOLOGIJA

MAŽOS UPĖS (PIETRYČIŲ LIETUVOS SRITIS) VAGOS ALIUVIO GRANULINĖS SUDĖTIES STATISTINIAI PARAMETRAI

Irena Vekeriotienė, Stasys Paškauskas

Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševčenkos g. 13, LT-03223, Vilnius

El. paštas: vekeriotienė@geo.lt

Įvadas

Upės dugną sudaro įvairūs gruntai, besiskiriantys granuliu dydžiu, rūšiuotumu, mineralogine sudėtimi bei kitomis savybėmis. Aliuvio įvairovė vagose priklauso nuo upėje ir jos baseine vykstančių procesų, baseino gamtinių ir antropogeninių sąlygų. Iš aliuvio savybių įvairių tyrimų (petrografinių, geocheminių, granulimetrinių ir kt.) galima spręsti apie pirminį medžiagos šaltinį, daleles transportavusių srautų energetinę galią, pernešimo nuotolį ir kitas ypatybes. Taigi tyrinėjant upinių nuosėdų storymes galima rekonstruoti paleogeografines sąlygas, paleosrautus ir daug kitų aplinkybių (Гриффитс, 1971; Крумбейн, Слосс, 1960; Петтиджон, Поттер, Сивер, 1976).

Ne mažiau svarbūs ir aktualūs yra dabartinio aliuvio tyrimai, kurie atspindi baseino sąlygas bei jame vykstančius procesus. Dabartinį aliuvį apibūdinančių rodiklių nustatymas ir susiejimas su aplinkos sąlygomis gali būti gilesnių senesnių upinių nuosėdų klodų dešifravimo „raktas“.

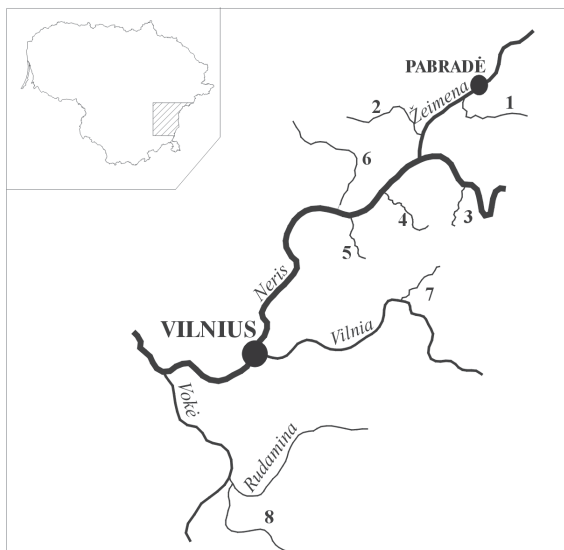
Dabartinio upių aliuvio tyrimus skatina ir šiandienos aktualijos, žmogaus poreikiai: naudingųjų iškasenų paieška ir eksploatavimas upėse, hidroįrenginių statyba, laivyba, rekreacija ir kitos sritys, kurioms reikalinga informacija apie upines nuosėdas. Nepamirškime ir ekologinių problemų, vandens užterštumo, juo labiau kad upės yra teršalų migravimo magistralės. Dalį vandens pernešamų cheminių teršalų sorbuoja upinės nuosėdos, o jų sorbcijos potencialas priklauso nuo aliuvio dalelių dydžio (Galkus, Jokšas, 1997). Šie ir kiti klausimai, susiję su upinėmis nuosėdomis, verčia domėtis dabar upėse besiklostančios medžiagos granuline sudėtimi, ją apibūdinančių rodiklių nustatymu.

Straipsnyje, remiantis granulines analizės duomenimis, aptariami mažoje upėje dabarties sąlygomis besiklostantį aliuvį apibūdinantys rodikliai, pastarųjų kaitos dėsningumai bei tarpusavio ryšiai. Šis darbas yra anksčiau publikuotos tyrimų medžiagos analizės (Paškauskas, Vekeriotienė, 2004) tęsia.

1. Metodika

Medžiagos granulinei struktūrai apibūdinti dažniausiai taikomi granuliu dydį, pasiskirstymą apibūdinantys parametrai: vidutinis skersmuo (M), medžiagos rūšiuotumas (S_o), asimetrijos (S_k) ir eksceso (K_g) koeficientai. Minėtiems rodikliams apskaičiuoti pagal pirminius granulines analizės duomenis sudaromos kumuliacinės kreivės bei išskiriamos atitinkamos kvantilių ir procentilių reikšmės (Mangelsdorf, Sheurmann, Wei, 1990; Inman, 1952; Гриффитс, 1971). Pagal turimas kvantilių ir procentilių reikšmes granulinių parametru skaičiavimai atliekami įvairiomis formulėmis (Mangelsdorf, Sheurmann, Wei, 1990;

Inman, 1952; Рухин, 1947; Крумбейн, Слосс 1960). Aliuvį sudarančių granuliu vidutinis skersmuo (M) nustatomas pagal antrąjį kvartilį (d_{50}), kuris atitinka medianą (M_d), arba pagal aritmetinį svertinį vidurkį (M_z). Tirtosiose upėse aliuvio M nustatytas abiem atvejais. Granulinės sudėties rodiklius galima apskaičiuoti ir be kvantilių bei procentilių, t.y. nesudarant kumuliacinių kreivių, bet matematinio metodu, pasitelkiant Čebyševio centrinių momentų metodą (Kruopis, 1993).



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: 1 – Skirdiksna, 2 – Jusinė, 3 – Manierka, 4 – Papunžė, 5 – Bezdonė, 6 – Nemenčia, 7 – Taurija, 8 – Galinė.

Granulinės sudėties analizei aliuvio mėginiai surinkti Pietryčių Lietuvos mažų upių vagose (1 pav.). Tirtosiose upėse vagos aliuvio viršutinis horizontas formuojasi sąlyginai panašiose geomorfologinėse sąlygose, t.y. artimos genezės nuogulose. Didesnė dalis upių tinklo (60–90%) susidariusi fluivioglacialinės bei limnoglacialinės kilmės nuogulose (Paškauskas, Vekeriotienė, 2004). Pasirinktų upių vagos aliuvio mėginiai imti pavasarį ir vasarą, t.y. esant aukštam ir žemam upės vandens lygiui. Grunto mėginiai buvo imami iš vagos dugno paviršiaus (iki 5cm gylio) ir jie atspindi tik viršutinį aliuvinių nuogulų sluoksnį. Sausų mėginių sijojimo metodu pagal standartines metodikas išskirtos nuo 0,005 mm iki 10 mm dalelių frakcijos (Рухин, 1947). Sudarytos išskirtų frakcijų pasiskirstymo kumuliacinės kreivės bei histogramos, o jomis remiantis – nustatytos kvantilių ir procentilių reikšmės.

Tirtųjų upių aliuvio struktūros rodiklių vertės apskaičiuotos Folko–Wardo formulėmis grafiniu metodu (Folk, Ward, 1957). Šiose formulėse granuliu dydis pateikiamas (ϕ) (phi) skalėje. Perėjimas iš aritmetinės skalės į logaritminę (Folk, Ward, 1957)

$$\phi = -\log_2 d,$$

čia d – granulės skersmuo milimetrais.

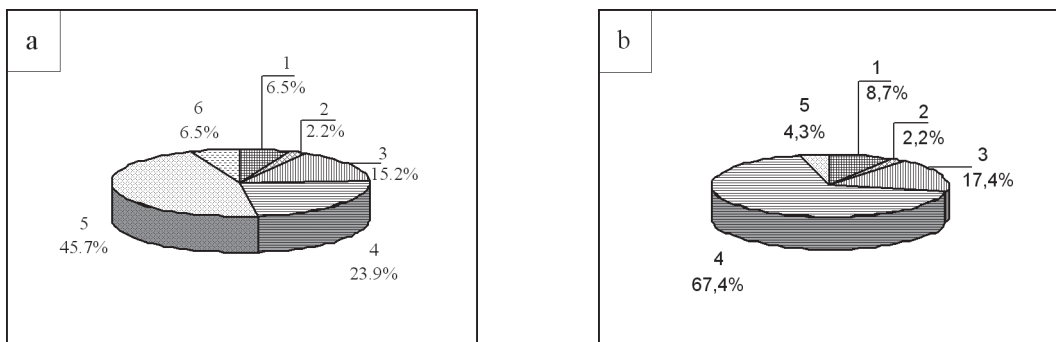
2. Mažos upės aliuvio granuliniai rodikliai

Tirtųjų upių vagose daugiausia paplitę įvairaus rupumo smėliai, kuriuos vietomis keičia žvyras, gargždas. Šiuos pokyčius lemia vagos morfologija, srovės greičio fluktuacijos, upės plaunamų uolienu genezė. Stiprios tėkmės ruožuose kaupiasi grubesnė medžiaga, silpnos – smulkiagrūdė. Atitinkamai keičiasi ir fluivalinių nuosėdų granuliniai rodikliai. Mažos upės pasižymi nepastoviu tėkmės režimu, kas labai apsunkina aliuvio kaitos dėsningumą paiešką. Pavyzdžiui, tiriant vagos dugną sudarančių granuliu vidutinį skersmenį, didesnėse upėse nustatytas jo mažėjimas žemupio link (Кузнецов, Юргайтис, Шиманович, 1980; Чалов, 1979). Tuo tarpu mažose upėse šie dėsningumai ne tokie ryškūs dėl gaunamų duomenų didelės variacijos bei nevienareikšmių pokyčių.

Upės dugną dengia tėkmės transportuojami nešmenys bei iš krantų ir upės dugno išplaunama medžiaga, kurios silpnesnė srovė nepajėgia pernešti. Taigi ji kintant hidrodinaminėms sąlygoms gali būti palaidota po smulkesnėmis nuosėdomis. Tirtuose vagos aliuvio mėginiuose, be smulkios medžiagos, aptikta ir stambių granuliu. Tai būtų galima įvardyti kaip mišrų aliuvį, sudarytą iš vagoje išplaunamos inertiškos bei dinamiškos srovės transportuojamos medžiagos.

Išvesti tikslią ribą tarp upės transportuojamų nešmenų bei iš vagos išplaunamų granuliu, kurios yra inertiškos, nėra lengva. Atsižvelgiant į žinomus medžiagos pernašos lygumų upėmis dėsningumus (Ржаницын, 1985; Россинский, Дебольский, 1980; Мирцхулава, 1988) bei galimas srovės greičio variacijas, apytikslė skiriamoji riba būtų stambiausia smėlio frakcija. Tyrinėjant lygumų upių aliuvį dažniausiai apsiribojama smėlio frakcijų analize (Кузнецов, Юргайтис, Шиманович, 1980; Чалов, 1979; Микалаускас и др., 1988; Голосов и др., 1991). Tačiau šiame darbe nagrinėjama vagos dugno paviršiuje (iki 3–5cm gylio) esanti medžiaga. Tai gali būti tik dinamiški, t.y. upe transportuojami, nešmenys arba transportuojama ir išplauta inertiška medžiaga. Tokiais atvejais – tai mišrios upės nuosėdos, iš vagos dugno išplauti stambūs srovės nepernešami elementai ir dugno paviršiumi slenkantis smėlis.

Žvyro, smėlio frakcijų kaita upės aliuvyje lemia nemažą granuliu M įvairovę. Mažų upių M_z svyruoja nuo 2,62φ iki 2,11φ. Ženklūs skirtumai – iki 4,73 – liudija plačią pokyčių amplitudę, ką patvirtina ir aukštas (34,6%) variacijos koeficientas. Vidutinis tirtųjų upių M_z sudaro 0,73φ. Kai kurių upių M_z svyruoja nuo 0,14–0,15φ (Skirdiksna, Jusinė, Nemenčia) iki 1,15φ (Papunžė)–1,81φ (Taurija). Remiantis šiais duomenimis galima daryti prielaidą, kad Skirdiksnoje, Nemenčinėje bei Jusinėje stambesni nešmenys kaupiasi dėl didesnio upių vandeningumo, t.y. dėl didesnės srauto galios ir kitų aplinkybių. Analizuojant M_z reikšmių pasiskirstymo diagramą (2 pav., a) matyti, kad jų didžioji dalis (69,6%) koncentruojasi 0,5–2,0φ intervale, kas atitiktų vidutingrūdžius ir stambiagrūdžius smėlius. Stambesnės bei smulkesnės dugno nuosėdos paplitusios rečiau (2 pav., a). Aliuvį sudarančių granuliu M vertinant pagal M_d nustatomi panašūs dėsningumai, tačiau duomenys kiek skiriasi. Pagal šį rodiklį skirtumas tarp minimalių ir maksimalių reikšmių padidėja iki 5,82 (nuo 3,60φ iki 2,22φ), o vidutinis granuliu skersmuo sumažėja iki 0,91φ. M_d pasižymi ir kiek mažesne reikšmių sklaidos amplitudė (variacijos koeficientas 27,8%), palyginus su M_z . M_d reikšmių pasiskirstymo diagramoje gausumu išsiskiria vidutingrūdžiai smėliai, ir jie ryškiai vyrauja (67,4%), palyginus



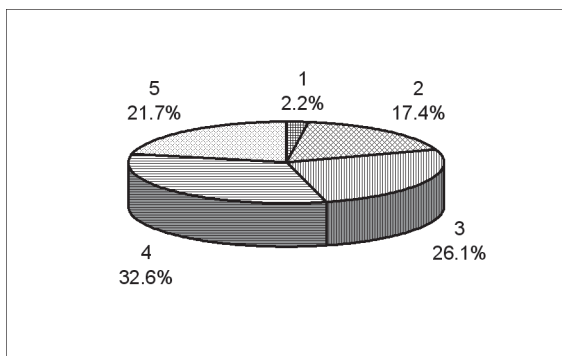
2 pav. Mažos upės vagos aliuvio granuliu vidutinio skersmens reikšmių sklaida: a – aritmetinis skersmuo (M_z), b – medianinis skersmuo (M_d). Granuliu dydis: 1 – smulkiagrūdžius žvyras, 2 – labai smulkus žvyras, 3 – labai stambus smėlis, 4 – stambus smėlis, 5 – vidutinis smėlis, 6 – smulkus smėlis.

Fig. 2. Dispersion of average diameter of silt grains in small river channels: a – arithmetic diameter (M_z), b) – median diameter (M_d). Grain size: 1 – fine-grained gravel, 2 – very fine-grained gravel, 3 – very coarse-grained sand, 4 – coarse-grained sand, 5 – medium-grained sand, 6 – fine-grained sand.

su kitos granulinės sudėties nuogulomis (2 pav., b). Šioje diagramoje matyti, kad pagal M_d reikšmes padidėjęs smulkesnių frakcijų kiekis dėl atitinkamai stambiųjų frakcijų sumažėjimo. Tačiau šie M_z ir M_d skirtumai neprieštaruoja vienas kitam, nes atspindi tuos pačius aliuvio granulinės sudėties sklaidos dėsningumus.

Nustatant aliuvi sudarančių granuliu M tik pagal M_d į šį skirtumą reikėtų atsižvelgti. Tikslėnis būtų M_z rodiklis, nes jis skaičiuojamas pagal 3 kvantilius – d_{16} , d_{50} ir d_{84} , t.y. jungia ir stambias, ir smulkias frakcijas. Stambesnių frakcijų įtraukimas į skaičiavimus padidina granuliu vidutinį skersmenį. Pagal M_z ir M_d vidutines reikšmes galima teikti, kad Pietryčių Lietuvoje akvaglacialiniu paviršiumi tekančių upių vagų dugną daugumoje vietų dengia vidutingerūdis bei stambus smėlis. Ženkli M_z reikšmių įvairovė duoda pagrindo manyti, kad bus nemaža ir kitų granulinės sudėties rodiklių duomenų kaita.

Upės vagos dugną sudarančio grunto vienodumą rodo medžiagos rūšiuotumo koeficientas S_o . Šis parametras atspindi vidutinę frakcijų sklaidą apie granuliu vidutinį skersmenį M_z . Mažų upių S_o vidutinė reikšmė lygi 1,4, jai būdinga plati kaitos amplitudė – 0,45–3,56 bei didelė variacija (57,1%). Pagal sudarytas S_o reikšmių skales (Folk, Ward, 1957) matyti, kad mažų upių vagos aliuvis nepasižymi geru rūšiuotumu. Medžiagos rūšiuotumas keičiasi nuo gerai iki labai blogai rūšiuotos. Imant bendrą visų tirtų upių aliuvio rūšiuotumą, jis atitiktų blogai rūšiuoto kategoriją. Kaip pasiskirsto rūšiuotumo kategorijos, matyti diagramoje (3 pav.). Didesnę dalį (54,3%) sudaro blogai ir labai blogai rūšiuotas aliuvis.

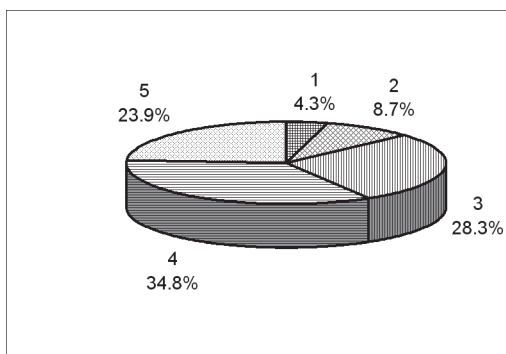


3 pav. Mažos upės vagos aliuvio rūšiuotumo (S_o) sklaida: 1 – gerai rūšiuotas, 2 – vidutiniškai gerai rūšiuotas, 3 – vidutiniškai rūšiuotas, 4 – blogai rūšiuotas, 5 – labai blogai rūšiuotas.

Fig. 3. Dispersion of silt sortedness (S_o) in small river channels: 1 – well sorted, 2 – medium well sorted, 3 – medium sorted, 4 – badly sorted, 5 – very badly sorted.

Likusi dalis tenka vidutiniškai gerai ir vidutiniškai rūšiuotam aliuviui, nes gerai rūšiuotos nuogulos tiriamosiose upėse labai retos – 2,2 %. Žvelgiant atskirai į kiekvienos upės aliuvio S_o matyti, kad jo dažniausiai išskiriamos 3 rūšiuotumo kategorijos. Dažniausiai jos būna gretimos, t.y. nuosekliai kintančios. Turimais duomenimis, pagal aliuvio S_o reikšmes apžvelgiamas upes galima suskirstyti taip. Labai blogai rūšiuota medžiaga dengia Nemenčios vagos dugną, nors pagal S_o reikšmę (2,11) jis gana artimas blogo rūšiuotumo. Blogai rūšiuota medžiaga klostoma daugumoje tirtųjų upių: Skirdiksnoje, Jusinėje, Manierkoje, Papunžėje bei Bezdonėje. Šioje upių grupėje pagal S_o vertę galima atlikti detalesnę diferenciaciją, nes Jusinėje ($S_o = 1,84$) ir Skirdiksnoje ($S_o = 1,99$) nuosėdos rūšiuotos žymiai blogiau, palyginus su Papunžės ($S_o = 1,10$) ar Bezdonės ($S_o = 1,08$), kuriose rūšiuotumas artimas vidutiniam (lent.). Galinėje aliuvio rūšiuotumas geresnis, čia išivyrąja vidutiniškai ir vidutiniškai gerai rūšiuotas gruntas, nors atskiruose ruožuose pasitaiko ir blogo rūšiuotumo medžiagos. Tai pablogina bendrą upės S_o , pagal kurio vertę (0,97) Galinės aliuvis priskirtinas vidutiniškai rūšiuotam.

Geriausiai rūšiuota medžiaga akumuluojasi Taurijos vagoje ($S_o = 0,66$). Tai vidutiniškai gerai rūšiuotas aliuvis, kuris vyrauja upėje (sudaro apie 70%). Kitą dalį sudaro gerai bei vidutiniškai rūšiuotos sąnašos.



4 pav. Mažos upės vagos aliuvio asimetrijos koeficiento (S_k) sklaida: 1 – labai smulkių frakcijų srityje, 2 – smulkių frakcijų srityje, 3 – simetriška, 4 – stambių frakcijų srityje, 5 – labai stambių frakcijų srityje.

Fig. 4. Dispersion of silt asymmetry coefficient (S_k) in small rivers: 1 – in the spectrum of very fine fractions, 2 – in the spectrum of fine fractions, 3 – symmetrical, 4 – in the spectrum of coarse fractions, 5 – in the spectrum of very coarse fractions.

Tirtosiose upėse kaupiasi 5 rūšių kategorijų aliuvis: nuo gerai iki labai blogai rūšiuoto. Apibendrinančiais duomenimis, akvaglacialiniu paviršiumi tekančių upių vagų aliuvis yra blogo rūšių. Upių nevienodą aliuvio S_o tikriausiai lemia tėkmės hidrodinaminiai pokyčiai, baseino reljefas (ypač jo medžiaginė sudėtis), vagos morfologija bei fluvialinių procesų pobūdis. Pastarųjų tolesni tyrimai padėtų atskleisti priežastinius ryšius.

Upių aliuvi sudarančių frakcijų pasiskirstymo histogramos panašios į normaliąją (arba Gauso) kreivę. Joms apibūdinti naudojami koeficientai. Vienas jų – asimetrijos koeficientas S_k atspindi histogramos simetriškumą. Priklausomai nuo sedimentacijos sąlygų, jis gali būti neigiamas arba teigiamas (Mangelsdorf, Sheurmann, Wei, 1990). Tačiau frakcijų išsidėstymas gali būti ir simetriškas (kas upinėse nuosėdose pasitaiko retai), tuomet S_k bus lygus nuliui. Mažų upių vagos aliuvio S_k svyruoja nuo -0,56 iki 0,39, vidutinis – (-0,15). Šių duomenų sklaida panaši kaip ir rūšių koeficiento ir vertinama dideliu variacijos koeficientu (56%). Teigiami ir neigiami S_k rodo, kad vagos aliuvio sudėtį atspindinčios histogramos yra asimetriškos. Tirtose upėse vyrauja (58,7%) aliuvis, kurio S_k yra neigiamas, t.y. frakcijų pasiskirstymo kreivės „uodega“ patenka į stambiųjų frakcijų grupę (4 pav.). Pagal S_k reikšmes išskiriama aukšto ir labai aukšto laipsnio asimetrija, kas atitinkamai rodo, kad kreivės ilgesnė asimetriškoji dalis patenka į grubios bei labai grubios medžiagos grupę. Tirtuotu atveju jos sudarytų atitinkamai 34,8% ir 23,9%. Tik nedidelės dalies (13%) aliuvio S_k buvo teigiamas, t.y. pasiskirstymo kreivės asimetrinė dalis atitiko smulkiųjų dalelių sritį. Į smulkios medžiagos sritį patenka 8,7%, o į labai smulkios – tik 4,3% visų tirtų aliuvio mėginių. Dalies aliuvio mėginių frakcijų pasiskirstymas yra labai artimas Gauso kreivei, t.y. simetriškas, S_k svyruoja apie nulį (svyravimo ribos nuo -0,1 iki 0,1) (4 pav.).

Mažiausiu S_k išsiskiria Bezdonė, Taurija ir Jusinė – šis dydis kinta nuo -0,08 iki 0,09 ir šių upių granulinės sudėties kreivės vertinamos kaip simetriškos. Didžiausias nuokrypis nuo frakcijų pasiskirstymo normalios kreivės nustatytas Manierkos upės ($S_k = -0,32$). Kitų upių S_k reikšmė patenka į intervalą nuo -0,1 iki -0,3, t.y. ilgoji kreivės „uodega“ tenka stambios medžiagos daliai (lent.). Pagal asimetrijos S_k svyravimus į vieną ar kitą pusę galima spręsti apie fluvialinių procesų pobūdį upėse. Preliminariai galima teigti, kad didesnėje upių dalyje, per 70% jų vagų ilgio, vyksta eroziniai procesai, t.y. tiek vagos gilinimasis, tiek planinės deformacijos. Kitoje (apie 30%) vagų ilgio dalyje, sprendžiant pagal S_k vertę, vyksta akumuliacija. Panagrinėjus atskirai kiekvienos upės S_k vidutines reikšmes, taip pat gautas labai panašus rezultatas, t.y. trijų upių (kas sudaro 38% upių skaičiaus) – Taurijos, Bezdonės ir Galinės vagose vyrauja akumuliaciniai (S_k – teigiamas), o kitose upėse – eroziniai procesai (lent.). Daugumoje upių šie procesai vertintini kaip vidutinio intensyvumo. Tačiau tai tik preliminarūs pastebėjimai, nes daugiau ir tikslesnės informacijos apie fluvialinius procesus, jų pobūdį mažose upėse bus galima pateikti po specialių tokio pobūdžio tyrimų.

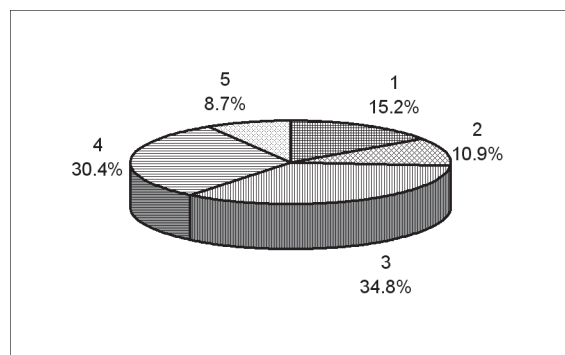
Lentelė. Tirtųjų upių vagos aliuvi apibūdinančių granulinių rodiklių vidutinės vertės.

Table. Average values of granular composition indices for silt of small river channels.

Upė <i>River</i>	Granuliniai rodikliai <i>Indices of granular composition</i>					Aprašymas <i>Description</i>
	M_z	M_d	S_o	S_k	K_g	
Skirdiksna	0,14	0,40	1,99	-0,19	1,02	Stambus smėlis, blogai rūšiuotas <i>Coarse-grained sand, badly sorted</i>
Jusinė	0,15	0,29	1,84	-0,08	0,95	Stambus smėlis, blogai rūšiuotas <i>Coarse-grained sand, badly sorted</i>
Manierka	0,69	1,09	1,48	-0,32	1,00	Stambus smėlis, blogai rūšiuotas <i>Coarse-grained sand, badly sorted</i>
Papunžė	1,15	1,33	1,10	-0,28	1,30	Vidutinis smėlis, blogai rūšiuotas <i>Medium-grained sand, badly sorted</i>
Bezdonė	0,77	0,65	1,08	0,07	1,39	Stambus smėlis, blogai rūšiuotas <i>Coarse-grained sand, badly sorted</i>
Nemenčia	0,14	0,37	2,11	-0,18	0,94	Stambus smėlis, labai blogai rūšiuotas <i>Coarse-grained sand, very badly sorted</i>
Taurija	1,81	1,91	0,66	0,09	1,30	Vidutinis smėlis, vidutiniškai gerai rūšiuotas <i>Medium-grained sand, medium well sorted</i>
Galinė	1,01	1,17	0,97	-0,15	1,05	Vidutinis smėlis, vidutiniškai rūšiuotas <i>Medium-grained sand, medium sorted.</i>

Be to, šias interpretacijas, kol nėra platesnių tyrimų, ypač fluvialinių procesų geodinamikos, reikėtų vertinti atsargiai, nes yra kai kurių abejonių. Pavyzdžiui, dėl akumuliacinių procesų vyravimo Bezdonėje.

Kitas aliuvio dalelių pasiskirstymo kreivę apibūdinantis rodiklis, parodantis duomenų sklaidą apie vidurkį, yra eksceso koeficientas K_g . Mažų upių šis koeficientas svyruoja nuo 0,58 iki 1,95, t.y. granuliu pasiskirstymo kreivės būna nuo labai lėkštai banguotos iki itin smailiaviršūnių formų. Labai švelniai ir švelniai banguotos granuliu pasiskirstymo kreivės nėra dažnos tiriant mažos upės dugno nuosėdas. Jos tesudaro atitinkamai tik 15,2% ir 10,9% visų reikšmių skaičiaus (5 pav.).



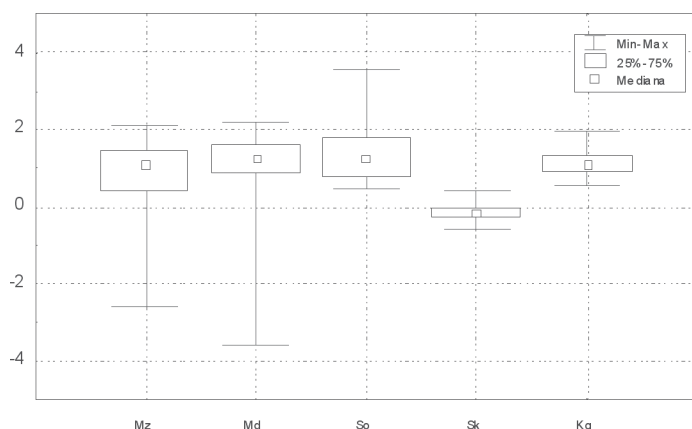
5 pav. Mažos upės vagos aliuvio eksceso koeficiento (K_g) sklaida: 1 – labai plokščia kreivė, 2 – plokščia kreivė, 3 – vidutiniškai plokščia kreivė, 4 – stati kreivė, 5 – itin stati kreivė.

Fig. 5. Dispersion of excess coefficient (K_g) in small river channels: 1 – very flat curve, 2 – flat curve, 3 – medium flat curve, 4 – steep curve, 5 – extremely steep curve.

Didesnės dalies aliuvio mėginių reikšmių išsidėstymas atitinka vidutinio statumo bei smailiaviršūnės kreivės formas, t.y. rodo jų pasiskirstymą, artimą normaliajam ir didesnės dalies duomenų koncentraciją apie vidurkį. Pagal kiekvienos upės vidutinės K_g reikšmės matyti, kad jos svyruoja nuo 0,94 iki 1,39. Didesnis K_g (atitinkantis aštriaviršūnę kreivę) būdingas Papunžei, Bezdonei ir Taurijai, atitinkamai ir mažesnė frakcijų sklaida apie vidurkį. Kitų upių K_g dydis rodo aliuvi sudarančių dalelių pasiskirstymą, artimą normaliajam (lent.).

Iš šios trumpos apžvalgos matyti, kad vagos aliuvio granulimetrinę sudėtį apibūdinantys statistiniai rodikliai M_z , M_d , S_o , S_k ir K_g keičiasi įvairiai ir pasižymi skirtinga duomenų sklaida (6 pav.). Pažymėtina, kad net „giminingi“ parametrai M_z ir M_d skiriasi ženkliai. M_d kvantilinis plotis yra kur kas mažesnis, tai rodo beveik 1,5 karto didesnę duomenų koncentraciją, palyginus su M_z .

Labai ilgas apatinis brūkšnys rodo, kad 25% reikšmių patenka į labai didelį intervalą ir iš jo matyti, kad yra išskirtinių didelių reikšmių stambių frakcijų grupėje. Daugiau jų yra M_d duomenų sekoje. Vienodi, tik trumpi, viršutiniai brūkšniai atspindi mažą smulkių frakcijų kaitą (6 pav.).



6 pav. Vagos aliuvio granulometriją apibūdinančių rodiklių duomenų sklaidos dėsningumai: M_z – aritmetinis skersmuo, M_d – medianinis skersmuo, S_o – rūšiuotumas, S_k – asimetrijos koeficientas, K_g – eksceso koeficientas.
Fig. 6. Dispersion patterns of the indices of granular composition of silt in small river channels: M_z – arithmetic diameter; M_d – median diameter; S_o – sortedness, S_k – asymmetry coefficient, K_g – excess coefficient.

Rūšiuotumo koeficiento S_o stačiakampės diagramos viršutinis brūkšnys rodo, kad blogesnio rūšiuotumo duomenų sekoje yra išskirtinai didelių reikšmių, o mažų reikšmių S_o kaitos intervalas yra labai trumpas (6 pav.).

Asimetrijos S_k ir eksceso K_g stačiakampės diagramos yra labai panašios. Artimi kvantiliniai pločiai, beveik tapatūs ir santykiečiai tarp apatinių bei viršutinių brūkšnių. Pastarieji yra ilgesni ir atitinkamai rodo, kad 25% duomenų sekos ($S_k > 0$) bei ($K_g > 1,2$) pasižymi didesne sklaida (6 pav.).

3. Aliuvio struktūros rodiklių tarpusavio ryšiai

Grunto granulinė sudėtis dažniausiai apibūdinama struktūros rodikliais, kurie atspindi ne tik medžiagos ypatybes, sedimentacinę aplinką, jos energetinę galią, bet gali būti pritaikyti ir platesnėms interpretacijoms (Folk, Ward, 1957; Петтиджон, Поттер, Сивер, 1976; Mangelsdorf, Sheurmann, Wei, 1990; Inman, 1952; Гриффитс, 1971), pavyzdžiui, nustatant medžiagos pernašos būdus, identifikuojant nuosėdų genezę ar aiškinantis pirminius jų šaltinius. Tačiau, kaip rodo publikuoti šiais klausimais darbai (Гриффитс, 1971; Крумбейн, Слосс, 1960, ir kt.), granulinės sudėties rodiklių taikymas ne visais klausimais ir ne visuomet duoda norimą rezultatą. Tai susiję su metodiniais klausimais, regioniniais skirtumais bei kitomis problemomis. Tačiau, nepaisant kai kurių kliūčių, jie taikomi tiek atskirai, tiek kompleksiniuose tyrimuose. Analizuojant mažos upės aliuvinės sąnašas, kas sudaro tik mažą nuosėdų įvairovės dalį, daryti plačius aliuvio granulinės sudėties apibendrinimus yra sudėtinga, tačiau galima nustatyti, kaip yra tarpusavyje susiję aliuvio struktūros parametrai.

Tirtųjų upių granulinės sudėties rodiklių apžvalga rodo, kad tarp M_z , M_d , S_o , S_k ir K_g egzistuoja tarpusavio statistiniai ryšiai, kurie gali būti išreikšti įvairiomis funkcijomis – koreliacijos koeficientais.

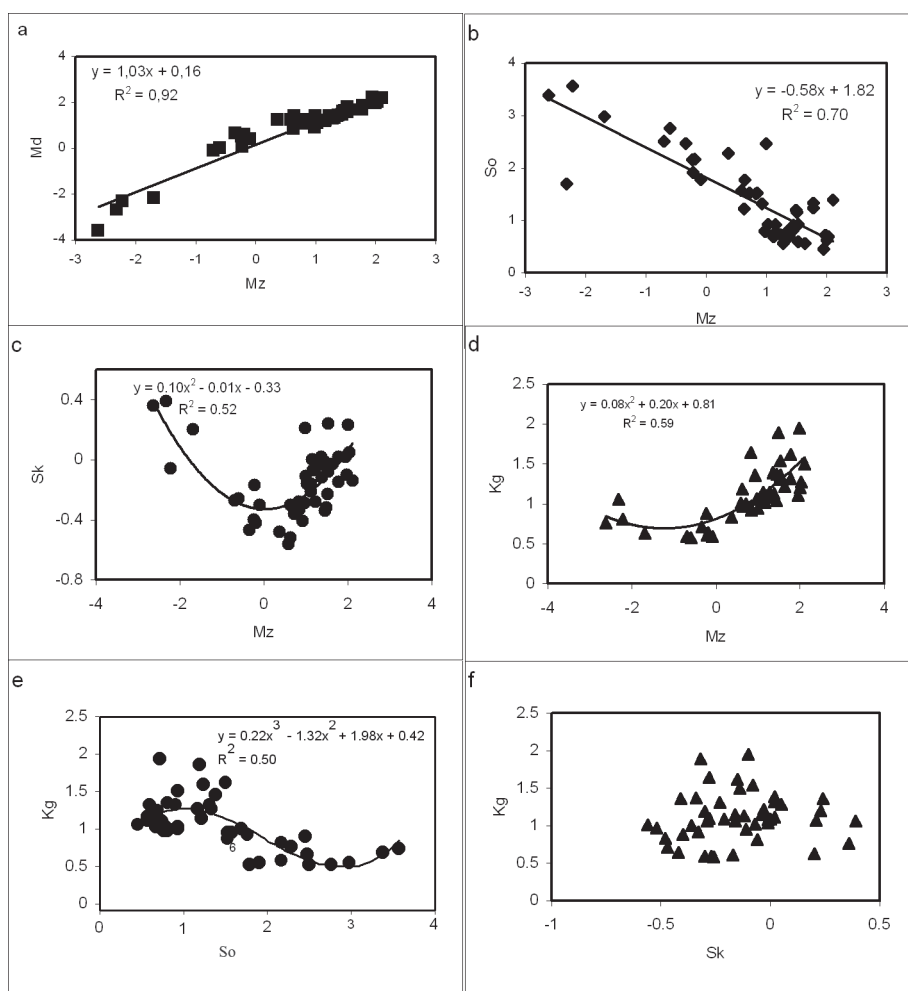
Koreliaciniai ryšiai vertinami įvairiai: nuo -0,10 iki 0,96, t.y. kinta nuo silpno iki glaudaus. Daugelis jų (70%) yra reikšmingi esant $p < 0,05$, išskyrus asimetrijos koeficientą S_k , kuris koreliuoja tik su M_d (7 pav.). Kaip ir tikėtina, geriausia koreliacija pasižymi ryšys tarp M_d ir M_z .

M_z	M_d	S_o	S_k	K_g
96	-74	-13	10	
	-84	-33	-60	
		-10	54	
			66	

7 pav. Mažos upės vagos dugno nuosėdų granulinės sudėties rodiklių koreliacija ($r_{xy} \cdot 10^{-2}$). Paryškinti reikšmingi ryšiai kai ($p < 0,05$). M_z – aritmetinis skersmuo, M_d – medianinis skersmuo, S_o – rūšiuotumas, S_k – asimetrijos koeficientas, K_g – eksceso koeficientas.

Fig. 7. Correlation ($r_{xy} \cdot 10^{-2}$) of granular composition indices for silt sediments of small rivers. Significant links in bold when ($p < 0,05$), M_z – arithmetic diameter, M_d – median diameter, S_o – sortedness, S_k – asymmetry coefficient, K_g – excess coefficient.

Šiuos ryšius galima apibūdinti ir vaizdžiau – grafiškai bei išreikšti atitinkamomis funkcijomis. Dalį šių priklausomybių geriausiai aprašo tiesės lygtys (8 pav., a, b). Pažymėtina, kad medžiagos rūšiuotumas S_o nevienodai priklauso nuo granuliu vidutinių skersmens rodiklių (M_d) ir (M_z).



8 pav. Mažos upės vagos aliuvio granulinės sudėties rodiklių tarpusavio priklausomybės: M_z – aritmetinis skersmuo, M_d – medianinis skersmuo, S_o – rūšiuotumas, S_k – asimetrijos koeficientas, K_g – eksceso koeficientas.

Fig. 8. Mutual relations of silt granular composition indices in small rivers: M_z – arithmetic diameter, M_d – median diameter, S_o – sortedness, S_k – asymmetry coefficient, K_g – excess coefficient.

Pastarojo įtaka vertinama 70%, o priklausomybė nuo medianinio skersmens – tik 55%. Panašūs skirtumai išlieka nustatant M įtaką ir kitiems rodikliams – kreivės asimetriškumui S_k bei statumui K_g . Pastarieji rodikliai su dalelių skersmeniu susiję silpnesniais ryšiais bei atitinkamai mažesniais determinacijos koeficientais 0,43–0,59. Šios priklausomybės geriausiai aprašomos antro polinomo lygtimis (8 pav., c, d). Analogiškai dėsningumai stebimi tarp S_o ir K_g , tik jie aprašomi sudėtingesne trečio polinomo lygtimi (8 pav., e). Tačiau, kaip jau buvo minėta, ne visi rodikliai pasižymi gerais koreliaciniais ryšiais, ir tokiais atvejais išvelgti priklausomybes sudėtinga. Vieną tokių atvejų iliustruoja K_g priklausomybė nuo S_k (8 pav., f).

Pateiktuose grafikuose (8 pav.) išryškėja duomenų koncentracijos ties bemaž pastoviomis ribomis, ir mažai keičiasi kintant funkcijos išraiškai. Bene geriausiai tą iliustruoja M_d priklausomybė nuo M_z . Dalelės, kurių dydis M_z kinta 0,5–2,3 ϕ intervale, beveik idealiai sutampa su medianiniu skersmeniu M_d 1–2 ϕ intervale. Didėjant granuliu skersmeniui didėja duomenų išsibarstymas, tarpusavio sąveika silpnėja (8 pav., a). Geriausiu rūšiuotumu pasižymi aliuvis, kurio vidutinis M_z kinta 0,5–2,3 ϕ ribose. Panašius dėsningumus atspindi ir kiti (8 pav.) grafikai, kas liudija upinių nuosėdų granulinį dvinariškumą. Šis požymis rodo, kad stambiagrūdis aliuvis formuojasi iš „netikrų“ sąnašų. Tėkmei eroduoiant vagos dugną ir krantus vagoje kaupiasi medžiaga, atspari tolimesnei pernašai. Kartu kaupiasi ir dinamiška, smulkiagrūdė, srovės transportuojama medžiaga, pripildanti tuštumas tarp stambių granuliu. Toliau tyrinėjant aliuvių būtų tikslinga upines nuosėdas diferencijuoti į stambiagrūdes ir jas tirti skyriumi. Tai pagilintų mažose upėse vykstančių fluvialinių procesų pažinimą, išplėstų gautų duomenų interpretavimą bei pritaikymą.

Išvados

Mažos upės vagos aliuvio granulinė sudėtis apžvelgta remiantis dažnai naudojamais struktūros parametrais M_z , M_d , S_o , S_k , K_g . Šių parametru skaitinės reikšmės nustatytos Folko–Wardo formuliu grafiniu metodu.

1. Mažos upės dugną dengiančios nuosėdos yra nevienalytės. Jos formuojasi iš vagos dugno ir krantų išplaunamos stambiagrūdės medžiagos bei tėkmės transportuojamų smulkių nešmenų. Upinių nuosėdų granulinė sudėtis kinta nuo smulkiagrūdžio žvyro iki įvairiagrūdžio smėlio, vyrauja vidutiningrūdis.

2. Akvaglacialiniu paviršiumi tekančių mažų upių dugno nuosėdų rūšiuotumas kinta nuo gero iki labai blogo. Vyrauja vidutiniškai ir blogai rūšiuota medžiaga.

3. Aliuvio dalelių sudėties pasiskirstymas kinta nuo labai grubios medžiagos (neigiama asimetrija) iki labai smulkios. Vyraujanti neigiama asimetrija liudija, kad upių vagose vyrauja eroziniai procesai.

4. Daugumai išskirtų granulinės sudėties rodiklių būdinga glaudi koreliacija. Silpniausiai koreliuoja asimetrijos ir eksceso koeficientai. Ateityje atliekant dabartinių upės vagos nuogulų tyrimus tikslinga nuosėdas diferencijuoti į smulkiagrūdes ir stambiagrūdes ir jas tirti skyriumi.

Gauta 2005-03-10

Literatūra

Folk R. L., Ward W. C. (1957). Brazos River Bar: a Study in the Significance of Grain Size Parameters, *J. of Sedimentary Petrology*, Vol. 27, p. 3–26.

Galkus A., Jokšas K. (1997). Nuosėdinė medžiaga tranzitinėje akvasistemoje, Vilnius.

Inman D. L. (1952). Measures for Describing the Size Distribution of Sediments, *J. of Sedimentary Petrology*, Vol. 22, p. 125–145.

Kruopis J. (1993). Matematinė statistika, Vilnius.

Mangelsdorf J., Sheurmann K., Wei. F. H. (1990). River Morfology: a Guide for Geoscientists and Engineers, Berlin.

Paškauskas S., Vekeriotienė I. (2004). Mažos upės vagos aliuvis: granulimetrinė sudėtis, *Geografijos metraštis*, t. 37, p. 130–142.

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.

Гриффитс Д. (1971). Научные методы исследования осадочных пород, Москва.

Крумбейн В. К., Слосс Л. Л. (1960). Стратиграфия и осадкообразование, Москва.

Кузнецов В. А., Юргайтис А. А., Шиманович С. Л. (1980). Вещественный состав и закономерности дифференциации верхнеплейстоценного и голоценного алювия долины Немана. *Аллювий*, т. 5, с. 3–22.

Микалаускас А. П., Юозаповичюс Г. А., Юргайтис А. А., Векерёте И. К. (1988). Геоморфология долины реки Нярис на участке Вильнюс–Буйвиджай. (1. Строение четвертичной толщи и состав отложений), *Тр. АН ЛитССР. Сер. Б*, т. 1(164), с. 138–149.

Мирицхулава Ц. Е. (1988). Основы физики и механики эрозии русел, Ленинград.

Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р. (1976). Пески и песчаники, Москва.

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 исследование русловых процессов, Москва.

Irena Vekeriotienė, Stasys Paškauskas
Institute of Geology and Geography, Vilnius

Granular composition of silt in small river (South-eastern Lithuanian Region) channels: statistical parameters

Summary

The article analyses granular composition of silt in small rivers of South-eastern Lithuania and its structural indices: arithmetic and median diameter of grains, sortedness of material, and asymmetry and excess coefficients. The values of granular composition were quantified graphically, using Folk–Ward formulae on phi (ϕ) scale. The upper (3–5 cm thick) layer of bottom sediments was analysed. It may be composed of inert grains washed out from the bottom and transported sediments or of transported sediments alone.

The average diameter of grains composing the silt of small rivers ranges from -2.62ϕ to 2.11ϕ . The average value for investigated rivers is 0.73ϕ . The different size of grains depends on the water level in a river, strength of flow, channel morphology, and diversity of washed out sediments. Medium- and fine-grained sands dominate (60–70%) in the sediments of small rivers. The values of grain size determined by median and arithmetic means are at great variance. The diameter of silt grains determined by arithmetic mean exceeds the median diameter by 20%.

The silt of small river channels is not well sorted. The sortedness coefficient ranges from 0.45 to 3.56, i.e., from well sorted to badly sorted. The average sortedness coefficient is 1.4 and belongs to the category of badly sorted material. In various rivers the sortedness of silt ranges from badly sorted to medium-well sorted.

The value of asymmetry coefficient ranges from -0.56 to 0.39 (the average value is -0.15). Sediments with a negative asymmetry coefficient are more widespread (70%) indicating erosion processes, deepening of the channels, planar deformations and similar phenomena taking place in rivers.

The values of excess coefficient range from 0.58 to 1.95 (average 1.11). This value implies average steepness of grain distribution curve.

Most indices of granular composition have good correlation links. Only the asymmetry coefficient has weaker or no correlation links with other indices. The mutual dependence of distinguished indices is expressed by linear or second or third polynomial functions.