

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; vekeriotiene@geo.lt

Įvadas

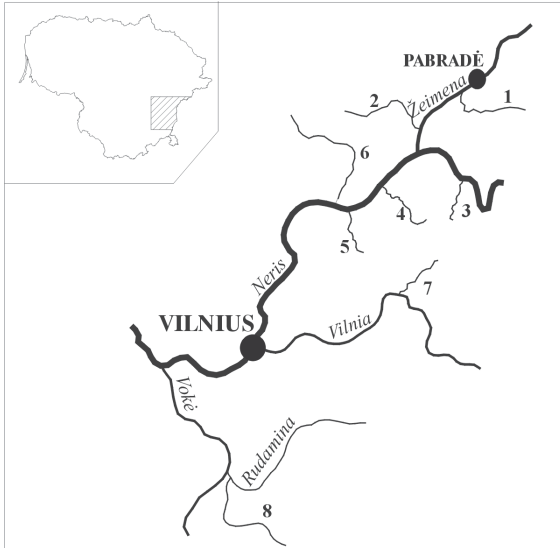
Upės vagoje vandens tėkmė pastoviai išplauna uolienas, jas rūšiuoja, perneša ir iš naujos medžiagos klostos vagos aliuvį. Vagos aliuvį formuoja ir iš upės baseino su paviršine nuoplova į vagą patenkanti eroduota medžiaga. Aliuvio mineraloginė ir granulimetrinė sudėtis, kiekis, formavimosi dėsniumai ir kiti klausimai yra svarbūs ne tik tiriant fluvialinius procesus, bet ir rengiant įvairius upių panaudojimo bei antropogeninio pertvarkymo projektus. Be to, aliuvio formavimosi dėsniumų atskleidimas, sąlygų įvertinimas reikalingi sprendžiant problemas, susijusias su upės baseino paleogeografinėmis rekonstrukcijomis, analizuojant aliuvio sąrašynų 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 granulimetrinė sudėtis, inžinerinės geologinės savybės, facijų struktūra ir kt.), atskleisti aliuvio formavimosi dėsniumai, 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 dėsniumai, sudėtis 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 dėsniumai 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 granulimetriją. Platesniems ir išsamesniems šios tyrimų srities apibendrinimams pasigendama kiekybinių duomenų apie dabar upėse besiklostančio aliuvio granulimetrinę 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 granulimetrinė 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 granulimetrinę sudėtį.

1. Tyrimų objektas, metodika

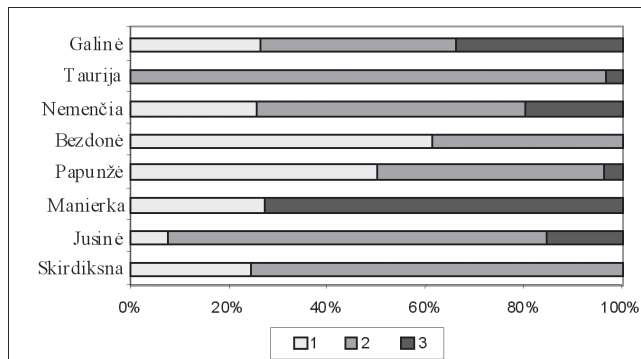
Tyrinėta Pietryčių hidrologinės srities Žeimenos–Merkio bei Vilnios hidrologinių rajonų 8 upių, įtekančių į Žeimeną, Nerį, Vilnią ir Rudaminą (1 pav.), vagos aliuvio granuliometrinė sudėtis. Tirtųjų upių ilgis – iki 30 km, baseino plotas – iki 75 km², išilginis vagų nuolydis neviršijo 11x10⁻³. Išsamesni tirtųjų upių baseinų morfometriniai duomenys skelbti (Kriaučiūnas, 1993; Vekeriotienė, 2003). Šių upių nuotėkio modulis svyruoja nuo 3,5 l/s km² (Manierka) iki 9,4 l/s km² (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.

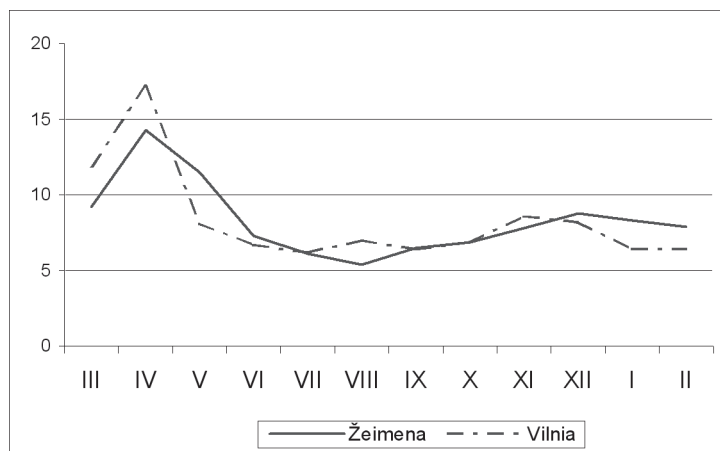
Didesnė dalis upių tinklo (60–90%) susidariusi fluvioiglacialinės bei limnoglacialinės kilmės nuogulose (2 pav.). Išsiskiria tik Manierka, kuri ilgesniame ruože (72,7%) teka moreniniais dariniais, bei Taurija, kuri beveik visa (96,9%) vingiuoja limnoglacialine lyguma.



2 pav. Įvairios kilmės nuogulų ruožų paplitimas (%) upių vagose. Nuogulų tipai: 1 – fluvioiglacialinės, 2 – limnoglacialinės, 3 – moreninės.

Fig. 2. Areas (%) covered by sediments of different composition in river channels. Sediment types: 1 – fluvioiglacial, 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, Kovalenkoviėnė, 2001).

Fig. 3. Monthly distribution (%) of Žeimena (Pabradė) and Vilnia (Vilnius) runoff (Gailiušis, Jablonskis, Kovalenkoviėnė, 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 $10\sqrt{10}$ (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 granulimetrinė 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 granulimetriniai tyrimai iš dalies apima ir vagą formuojančių nešmenų sudėties tyrimus.

Pažymėtina, kad tyrimams pasirinktų mažų upių vagos aliuvius 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 lokalsios fluktuacijos.

Skirdiksna – kairysis Žeimenos intakas – plauna limnoglacialines ir fluvioiglacialines nuogulas. Žmogaus nereguliuotame žemupyje vagos dugnas beveik ištiesai 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 aliuvius formuojasi tik potvynių, poplūdžių metu. Jame žvyro gali būti iki 50–75% ir daugiau. Būdinga tai, kad $\frac{3}{4}$ jo sudaro dalelės, kurių skersmuo ≥ 10 mm, 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).

Reguluotoje 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 šiuropio (*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 dvejojop smėlio (0,4–0,315 mm ir 0,315–0,25 mm), sudarančių atitinkamai 12,2%, 10,6% ir 10,4%. Nešmenų granulimetrijos 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 tokia mišriame aliuvyje pagausėja (1,2–2,7 karto) smulkučio smėlio, lyginant su vienaarūšiu smėlio aliuvium. Tačiau

smulkučio smėlio dalis aliuvyje nėra didelė – 3,7%, lyginant su vyraujančių aliuvio granulometrijos 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 aliuvi 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 granulometrinė 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 granulometrijos 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).

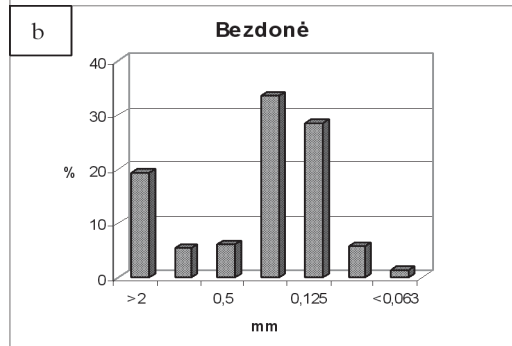
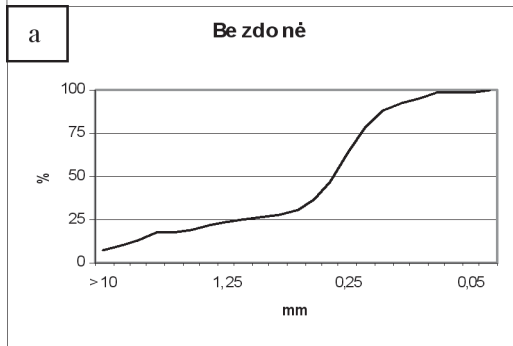
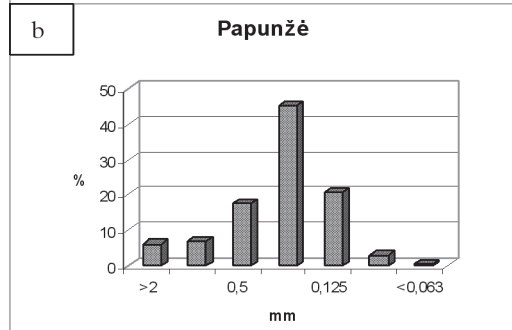
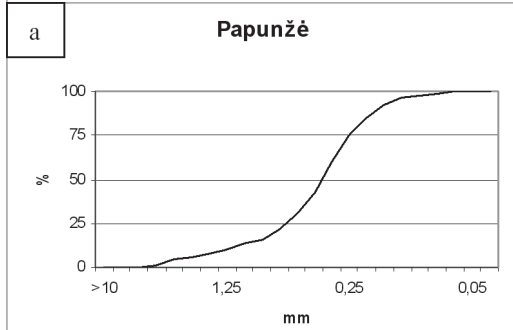
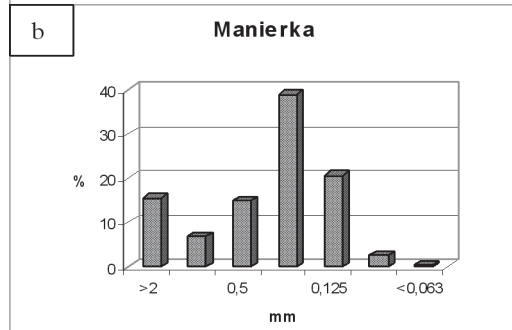
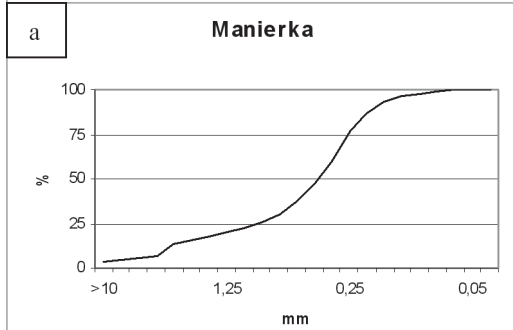
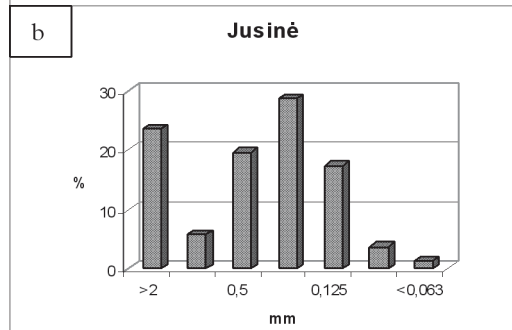
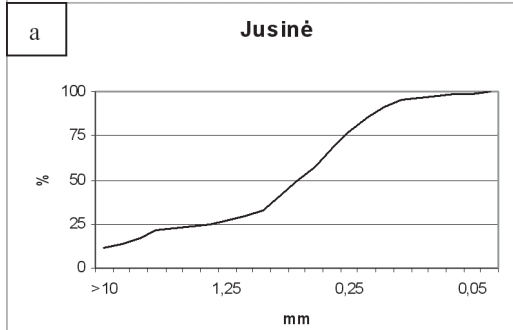
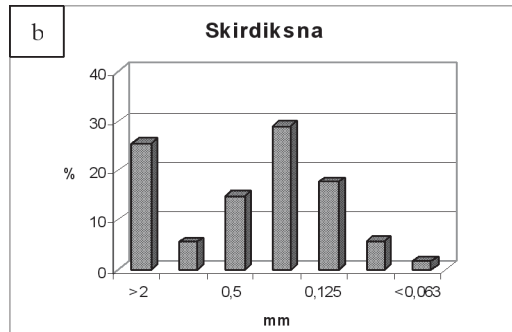
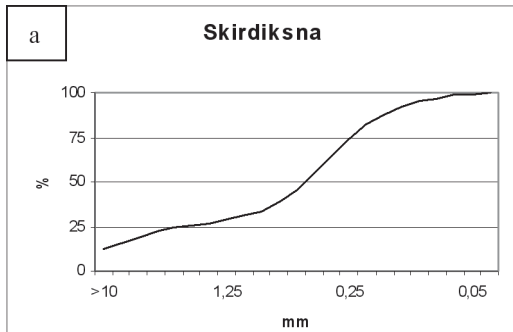
Lyginant pavasario ir vasaros nuosėdų duomenis vasaros aliuvyje nustatytas žvyro frakcijų sumažėjimas – 5–8%, kurį kompensuoja nežymus smulkiagrūdžio smėlio bei dulkių frakcijų padidėjimas.

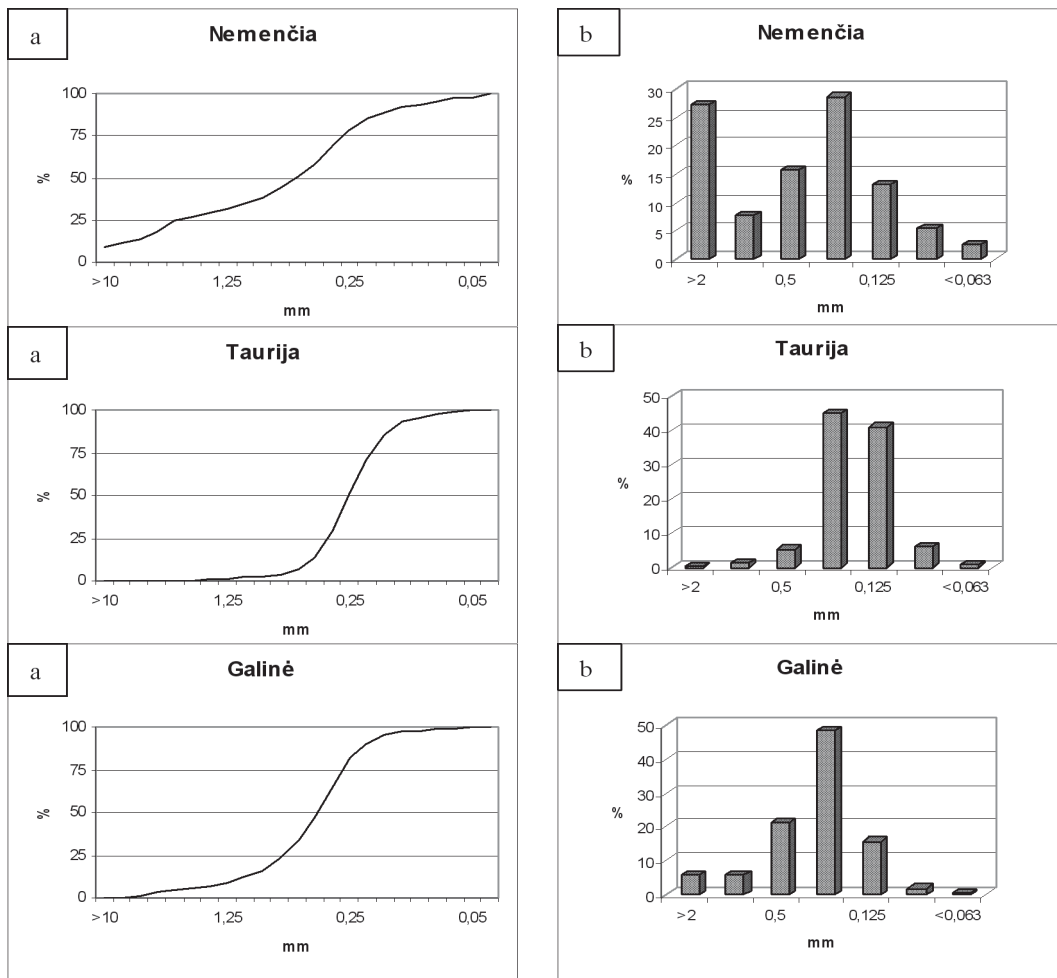
Papunžės, kaip ir kitų minėtų upių, nesureguliuotas tik žemupys, esantis Neries slėnio ribose. Dideli reljefo peraukštėjimai slėnio ribose (vagos nuolydis – 0,019) lemia nemažą srovės greitį bei aktyvius vaginius procesus. Vagos dugną dengia gargždo, smulkių akmenukų sluoksnis, kai kuriuose ruožuose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

Vagos aliuvio granulometrinė 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). Reguluotoje 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 granulometrijos klasių pasiskirstymas rodo neblogą jo rūšiuotumą. Didesnę aliuvio dalį sudaro vidutingrūdžiai (45,3%) ir smulkiagrūdžiai (20,7%) smėliai (4 pav., b). Aliuvi 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 sanaupos. Skirtinga upės vagos savigrindos sluoksnio sudėtis bei mozaikiškas vienalytės dugno sudėties atkarpų pasiskirstymas vagoje rodo sudėtingą upės hidrodinaminį režimą, didelius srovės greičius potvynių metu.





4 pav. Tirtųjų upių vagos aliuvio granulimetrinė sudėtis: a – išskirtų frakcijų kumuliatyvinė kreivė, b – granulometrijos 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, pasižymintioje 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 pajvairėja, 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 išsivirauja 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“ smulkesni (0,25–0,2 mm) bei stambesni (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 granulometrijos 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 vidutingerūdis 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 vidutingerūdžiai 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 granulimetrinės 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 aliuvius 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 vidutingerūdžių 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 aliuvius 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%).

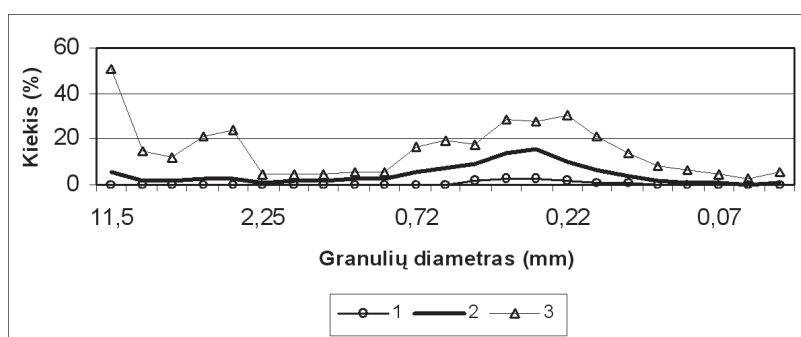
Galinėje vagos aliuvį sudarančių dalelių D_{50} kinta 0,37–0,76 mm ribose. Tarp nuosėdų vyrauja įvairiagrūdžiai smėliai, sudarantys 70–95% visų išskiriamų frakcijų. Didžiausi kiekiai (10–28%) tenka 0,8–0,2 mm frakcijoms. Tarp pastarųjų gausumu (16–28%) išsiskiria 0,4–0,315 mm dydžio dalelės (4 pav., a). Aliuvio mėginiuose žvyro aptinkama labai mažai (iki 2%). Didesnis jo kiekis susikaupia tik kai kuriuose upės ruožuose, dažniausiai žemupyje po pavasarinį potvynių. Potvynio srovei išplovus smėlio dangą, vagoje susidaro žvyro savigrinda. Slūgstant potvyniui žvyringame dugne atsiranda mažų seklumų, smėlio sąnašynų, kauburių – formuojasi dvinaris aliuvius. 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. Pavasariį rinktuose aliuvio mėginiuose didesni 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 granulimetrinės 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 ($V = 100\text{--}230\%$) nustatyti tarp žvyro frakcijų. Kiek mažesni skirtumai ($V = 90\text{--}135\%$), bet vis dar vertintini kaip anomalūs, būdingi smulkesnių frakcijų grupei ($<0,125$ mm). Ir trečią, mažiausiai kaičių ($V = 40\text{--}85\%$) 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 ($V = 40\text{--}50\%$). Taigi mažų upių vagų aliuvyje vyrauja vidutingrūdžiai smėliai.

Iš tyrinėtų upių aliuvio granulimetrinės 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 vidutingerūdžiai 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 granulometrinė 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 <i>Name of soil composing alluvium</i>	Upės / Rivers							
	Skirdiksna	Jusinė	Manierka	Papunžė	Bezdonė	Nemenčia	Taurija	Galinė
Pagal medianinį dalelių skersmenį / According to median diameter of particles (D_{50})								
Smulkiagrūdis žvyras <i>Fine-grained gravel</i>	12	0	0	0	20	0	0	0
Labai smulkus žvyras <i>Very fine gravel</i>	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 <i>Gravel with a very high proportion of sand</i>	14	16	0	0	20	12	0	0
Labai žvyringas smėlis <i>Sand with a very high proportion of gravel</i>	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

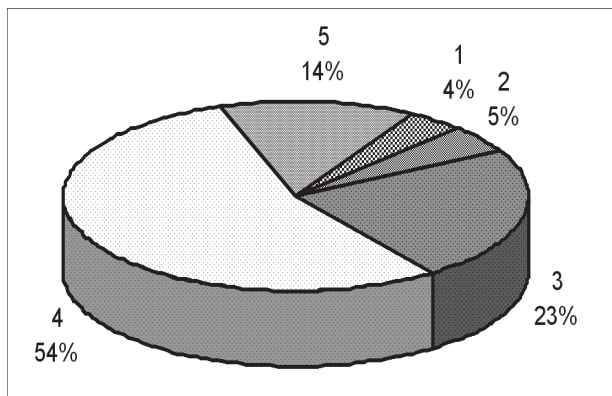
Aptariant įvairius aliuvio sudėties variantus buvo užsiminta apie granulometrijos klases: žvyrą, smėlį, dulkes. Pagal šių komponentų procentinę dalį (Dundulis, 1997) apibūdinus aliuvį, gauti panašūs duomenys, kaip ir pagal D_{50} . Upių dugną dengiančio aliuvio sudėtis keičiasi nuo labai smėlingų žvyrų 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 – vidutingerūdžiai 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) aliuvius (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.

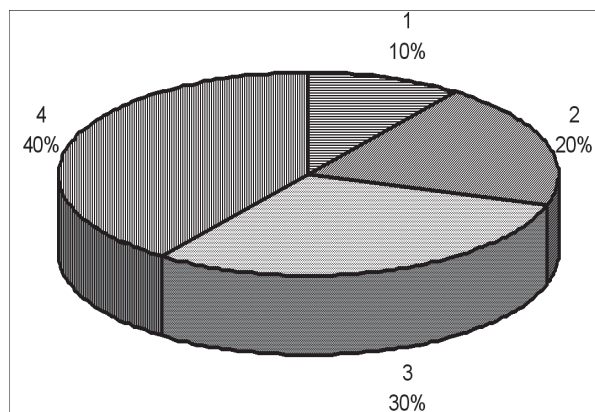
Lyginant ir vertinant upių aliuvio vidutinius granulometrinės sudėties duomenis išryškėjo kai kurie bendri dėsningumai. Pavyzdžiui, pagal aliuvį sudarančių dalelių vidutinį D_{50} galima



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 Skirdikсноje, 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 smulkiusia 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 – Skirdikсна, 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 tarpinė padėtį tarp išskirtų upių grupių užimtų Bezdonė (33,5%) ir Manierka (38,9%). Minėtieji atvejai rodo, kad mažos upės vagos dabartinio aliuvio granulimetrinę 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 granulimetrinės sudėties tyrimai apėmė Pietryčių Lietuvos hidrologinės srities mažas upes, kurių baseinuose vyrauja akvagliacalinės kilmės reljefas. Viršutinis vagos aliuvio sluoksnis atspindi ir vagos dugną formuojančių nešmenų sudėtį. Įvairiagrūdį dabartinį aliuvi 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. Aliuvi sudarančios frakcijos išsiskiria didele kiekybine kaita: $V = 40\text{--}230\%$; nepastoviausios – stambiausių (žvyro) ir smulkiusių (<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 aliuvius 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 ($\geq 90\%$), tarp jų – vidutiningrūdis smėlis (54%). Stambiagrūdė medžiaga sudaro tik apie 9%. Tarp mažos upės vagos aliuvio komponentų vyrauja mišrus (smėlis–žvyras) aliuvius – 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, Nemencia), 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.
- Gailiūšis B., Jablonskis J., Kovalenkoviėnė M.** (2001). Lietuvos upės: hidrografija ir nuotėkis, Kaunas.
- Kilkus K.** (1998). Lietuvos vandenių 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, *Алювий*, 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–Буйвиджай (3. Динамика форм рельефа и отложений дна русла), *Тр. АН ЛитССР, сер. Б* 4(167), с. 117–131.
- Мирицхулава 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.

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 km² and the yield ranges from 3.5 l/s km² to 9.4 l/s km². 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 coarse-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.