

NATŪRALIŲ IR ANTROPOGENINIŲ PROCESŲ ĮTAKA NEMUNO SLĖNIO IR VAGOS KAITAI TIES SUDARGU

Julius Taminskas, Rita Linkevičienė, Rimantas Petrošius

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

Taminskas J., Linkevičienė R., Petrošius R. THE INFLUENCE OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC PROCESSES ON THE NEMUNAS VALLEY AND CHANNEL TRANSFORMATIONS AT SUDARGAS. *Annales Geographicae* 40(1), 2007.

Abstract. The present article deals with the stream channel and slope erosion at the five Sudargas mounds of the 4th–14th centuries. The morphometric and hydrological measuring of the stream and morphometric measuring of the valley were implemented in the August of 2006. Based on these investigations, it was determined that deepening erosion entailed by building groynes is the main cause of intensive channel incision. Whereas the disorderly stormwater runoff and a large area of water impermeable cover in the upper part of the slope are the main causes of erosion in the part of the slope above the water.

References 11. Figs 3. Tables 3. In Lithuanian, summary in English.

Keywords: stream channel erosion, stream channel monitoring, Nemunas River.

Received: 19 July 2007, accepted: 22 October 2007

Įvadas

Kairiajame Nemuno krante, 9 km žemiau Jurbarko tilto per Nemuną, 3,5 km aukščiau Smalininkų vandens matavimo stoties, yra Sudargo miestelis su 1 km Nemuno pakrantės ruože esančiais 5 unikaliais piliakalniais (Grinaičių, Balnakalnio, Burgaičių, Vorpilio, Aukaimo), kurie, manoma, buvo supilti IV–XIV a. (Lietuvos..., 2005). Burgaičių ir dar du piliakalniai atsідūrė tirtojoje atkarpoje, kiti du (Grigaičių ir dar vienas) – apie 600 m į pietryčius nuo tirtosios atkarpos.

Pastaraisiais metais dėl intensyvaus kairiojo Nemuno kranto ardymo ir šlaitų erozijos piliakalniais iškilė grėsmė. Toks kairiojo kranto ardymas ir šlaito erozija gali būti tiek natūralus, tiek antropogeninės veiklos sukeltas procesas. Viena intensyvios vaginių procesų kaitos antropogeninių priežasčių gali būti Kauno HE tvenkinio suformavimas ir dirbtinis tiriamojo ruožo vagos reguliavimas bunomis. Kaip nurodo kai kurie autoriai (Švedas, Nečajus, 1992; Rimkus, 1993), 1959 metais pastačius Kauno HE žemiau užtvankos vagoje prasidėjo intensyvus Nemuno dugno plovimas. Nešmenų nusodinimas Kauno mariose sustiprino Nemuno vagą deformuojančio srauto poveikį. Labiausiai ši įtaka išryškėjusi 2 km žemiau HE užtvankos, tačiau palapsniui ji gali plisti link upės deltos. Neatmestina galimybė, kad šis procesas pastaraisiais metais pasiekė ir tirtąjį ruožą. Kita vertus, tirtasis Nemuno ruožas laivybai buvo reguliuojamas bunomis, dėl kurių poveikio saugomų piliakalnių aplinkoje upės farvateris galėjo pagilėti ir pavojingai pasistumti link kairiojo kranto. Bunos šiame ruože statomos jau seniai, tačiau jos išsilaiko maždaug 50 metų, o kai kurios sunyksta dar greičiau. Seniau statytų ir suirusių bunų vietas sunku nustatyti, o naujosios, gerai išsilaikiusios, bunos yra žemiau piliakalnių abipus upės. Siekiant užtikrinti laivybai reikalingą upės gylį, numatoma ir ateityje Nemune įrenginėti bunas, nes šis būdas yra kur kas efektyvesnis nei kasmet valyti vagą.

Prie antropogeninių slėnio šlaito erozijos priežasčių dar galima pridėti šlaito želdinių stoką ir nesutvarkytą lietaus kanalizacijos sistemą arti upės šlaito esančių vandeniui nelaidaus paviršiaus aplinkoje. Virš nelaidaus vandeniui paviršiaus susidaręs vandens srautas gali formuoti šlaitinės erozijos židinius visu nuolydžio kryptimi perimetru.

Taigi prieš pradėdant piliakalnių apsaugai reikalingų priemonių parinkimą ir įdiegimą, buvo tikslinga nustatyti galimas intensyvios kairiojo kranto ardymo ir šlaitų erozijos vietas, įvertinti upės ir jos slėnio morfometriją bei hidrologines sąlygas.

Geologijos ir geografijos instituto Klimato ir vandens sistemų skyriaus darbuotojai 2006 m. rugpjūtį atliko Nemuno slėnio ties Sudargo piliakalniais morfometrinius ir hidrologinius tyrimus. Darbo tikslas – Nemuno atkarpos morfometrinių ir hidrologinių charakteristikų, reikšmingų priešerozinių priemonių projektavimui, analizė. Darbo uždaviniai:

- tiriamosios upės atkarpos vagos ir slėnio morfometriniai tyrimai;
- užliejamų teritorijų ir ekstremalių debitų analizė;
- srovės greičių analizė prie ardymo upės kranto;
- vagos ir upės šlaito intensyvios erozijos priežasčių nustatymas ir priešerozinių priemonių parinkimas.

1. Tyrimų objektas ir metodai

Daugelyje darbų nurodomas aiškus ryšys tarp upės vagos ir slėnio morfometrinių rodiklių bei baseino susidarymo amžiaus (Hanshaw, 1998). Netgi vadinamosios kvazistabilios vagos bei slėniai yra viso ankstesnių potvynių ir poplūdžių suformuoto nuotėkio atspindys (Bird, 1982).

Kairysis Nemuno krantas Sudargo ruože yra labai status, išraižytas raguvų ir griovų, apaugęs brandžiais medynais. Viršutinėje šlaito dalyje prasideda Sudargo miestelio infrastruktūra. Dešiniajame krante plyti pavieniais medžiais apaugusios užliejamos pievos. Praeityje jos intensyviai buvo naudojamos gyvulininkystei – dar išlikę buvusios stacionarios pievų laistymo sistemos žymių.

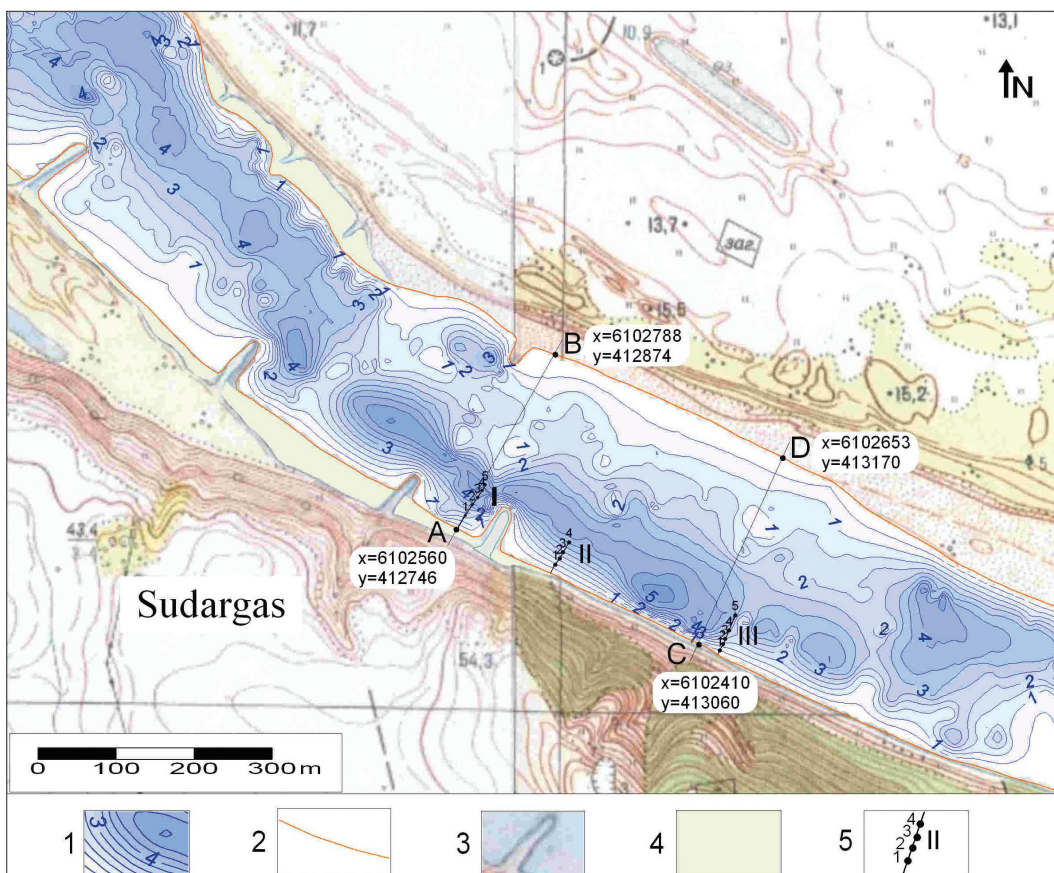
Nemuno atkarpa nuo Sudargo piliakalnių iki žiočių sudaro 115 km. Baseino plotas ties Sudargu – 81 086 km², vidutinis daugiametis debitas – apie 540 m³/s.

Tirtoje atkarpoje Nemuno nuolydis palyginti nedidelis (0,00011), kairiojoje pakrantėje, žemiau piliakalnių, gerai išsilaikiusios kelios bunos, vaga vietomis prižėlusiai vandens augalų, dešinėsios priekrantės dugnas smėlingas, vaga švari. Siek tiek žemiau nagrinėjamo ruožo, arčiau kairiojo kranto, susiformavusi sala. 2 km aukščiau nagrinėjamo ruožo į Nemuną įteka 4,0 km ilgio kairysis intakas Juodkupis, 2,4 km žemiau – 4,5 km ilgio kairysis intakas Šilupė. Artimiausias stambesnis intakas – 9 km aukščiau Sudargo piliakalnių, Jurbarke, įtekantis 101,7 km ilgio dešinysis Nemuno intakas Mituva (Gailiūšis, Jablonskis, Kovalenkoviėnė, 2001).

Vagos morfometriniais tyrimams gylyiai buvo matuoti akustiniu gylmačiu *Color Plotter/ Fish Finder (JLS-700X)*. Prietaiso tikslumas ± 10 cm, skersiniai gylio matavimo profiliai – kas 50, du išilginiai profiliai – kas 80 m. Batimetrinio plano sudarymui naudotasi *Surfer* programa.

Siekiant nustatyti piliakalnių šlaitų erozijos hidrologines priežastis, atlikti Nemuno atkarpos ties piliakalniais hidrologiniai tyrimai. Hidrologinei analizei naudotasi Smalininkų vandens matavimo stoties vandens lygio ir debito duomenimis. Kadangi Nemuno vandens režimas gerokai pasikeitė nuo septintojo XX a. dešimtmečio, maždaug nuo tada, kai buvo pastatyta Kauno HE užtvanka, analizei panaudoti ne viso stebėjimų laikotarpio, bet tik 1960–2004 m. duomenys, tačiau ilgalaikiam vandens režimo trendas skaičiuotas remiantis 1812–2005 m. duomenimis. Pagal upės vagos nuolydį atkarpoje tarp Smalininkų ir Sudargo, naudojantis Smalininkų vandens matavimo duomenimis, vandens lygiai perskaičiuoti dviem slėnio profiliams ties Sudargo piliakalniais, 3,5 ir 3,8 km aukščiau Smalininkų vandens matavimo stoties. 2006-08-30 ekspedicinių tyrimų metu buvo matuotas upės greitis trijuose profiliuose ties kairiuoju krantu (1 pav.) ir atlikta šlaitų niveliacija dviejuose slėnį kertančiuose profiliuose.

Nemuno debitas ties Sudargu ir ties Smalininkais nelabai skiriasi: lyginant vidutinio metinio debito pokytį proporcingai baseino ploto pokyčiui tarp Lampėdžių, Sudargo ir Smalininkų, tarp Sudargo ir Smalininkų debitų skirtumas sudarė 0,42 m³/s, arba 0,08% vidutinio metinio Nemuno debito ties Smalininkais. Tad debito reikšmės Nemuno profiliams ties Sudargu neperskaičiuotos.



1 pav. Nemuno vagos ties Sudargu batimetrinis planas ir vagos skerspjūvių vietas: 1 – izobatos, 2 – kranto linija 2006 m. rugpjūtį, 3 – išlikusios bunos, 4 – srovės greičio matavimo profiliai ir vertikalės, 5 – srovės greičio matavimų vertikalės

Fig.1. Bathymetric plan of the Nemunas channel at Sudargas and stream channel sections: 1 – isobaths, 2 – bankline in the August of 2006, 3 – preserved groynes, 4 – measuring profiles and verticals of stream velocity 5 – measuring verticals of stream velocity

Nemuno srovės greitis buvo matuojamas trijuose profiliuose: I profilyje atliktas greičio matavimas 5-e vertikalėse, II profilyje – 4-e vertikalėse, III profilyje – 5-e vertikalėse, dviejose iš jų, esančiose arčiausiai kranto, srovė buvo mažesnė už prietaiso jautrumą.

Srovės greitis ir kryptis matuoti hidrometriniu malūnėliu БГ-I-120/70 su srovės matuokliu ИСТ-I 0,06.120.70. Vidutinis srovės greitis vertikalėse apskaičiuotas formule

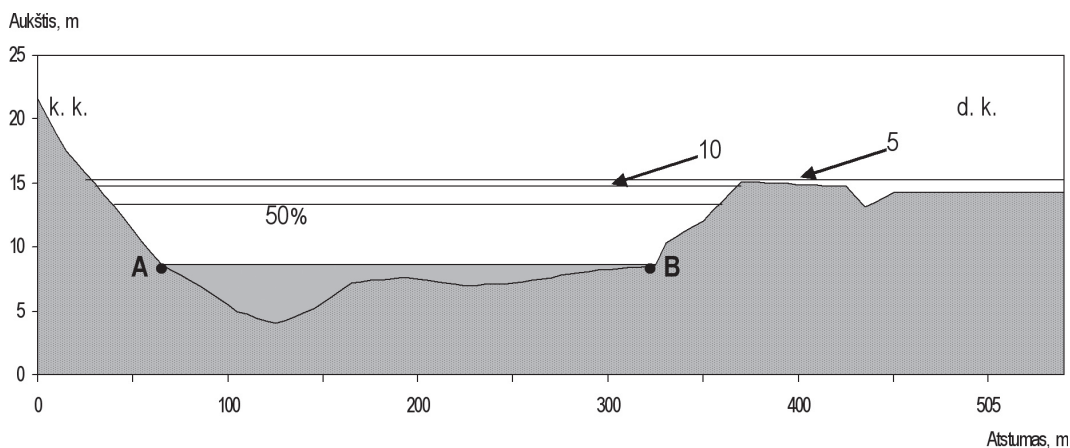
$$V_{vid} = 0,050V_{pavirsius} + 0,347(V_{0,2} + V_{0,6}) + 0,173V_{0,8} + 0,083V_{dugnas}$$

čia: V_{vid} – vidutinis srovės greitis vertikalėje; V – srovės greitis indekse nurodytame gylyje (Лучшева, 1983).

2. Upės vagos ir slėnio morfometrinė charakteristika

Žinoma, kad prieš pradedant vagos reguliavimo darbus Nemunas tarp Jurbarko ir Smalininkų buvo nepaprastai platus ir sekus (Kolupaila, 1940). Norint užtikrinti saugų upės laivavimą, reikėjo palaikyti 1,1–1,4 m gylio farvaterį. Tai buvo pasiekta reguliuojant vagabunomis (dirbtinis dugninės erozijos skatinimas) ir vietomis periodiškai gilinant dugną (Lasinskas, Burneikis, 1960). Nors vagos pertvarkymo darbai šioje atkarpoje vyko jau nuo 1840 metų (Kudaba, 1970), tik 1936–1940 metais šis ruožas buvo visiškai sutvarkytas: vietomis pastatytos net iki 320 m ilgio bunos. Trys tokios bunos buvo įrengtos žemiau Sudargo (Kolupaila, 1940).

Nemuno plotis matavimo metu (2006-08-30) A-B profilyje buvo 260 m, C-D profilyje – 265 m (1, 2 pav.), vidutinis plotis tyrimų ruože – 255 m. Vagos skerspjūvio plotas profiliuose atitinkamai – 444 m² ir 509 m² (2 pav.). Didžiausias gylis profiliuose buvo 4,5 m, tačiau kai kuriose sietuvose siekė 6 m. Viena tokių sietuvų yra prie pat kairiojo upės kranto – labiausiai ardomo kranto atkarpoje (1 pav.).



2 pav. 5, 10 ir 50 % tikimybės maksimalūs vandens lygiai Nemune ties Sudargu (A-B profilis)

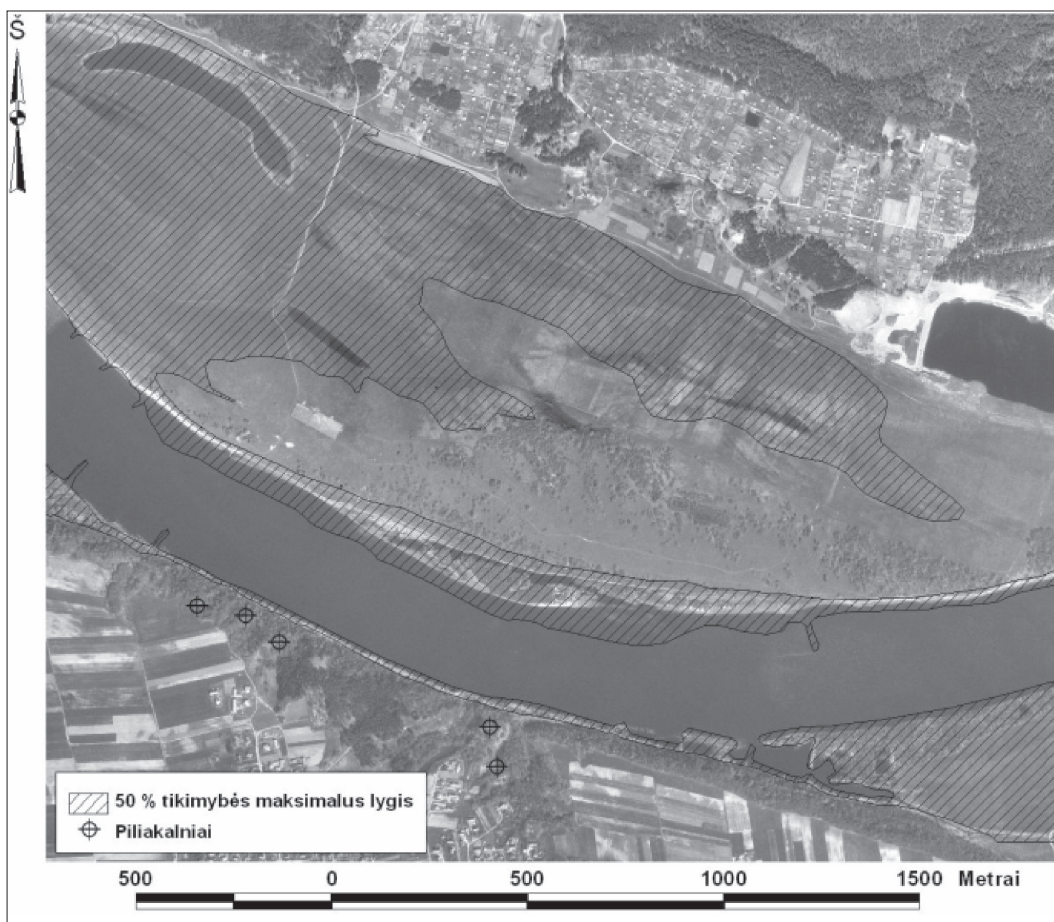
Fig.2. Maximum water levels of 5, 10 and 50 % probability in Nemunas at Sudargas

Nemuno farvateris šioje atkarpoje yra išlinkęs: ties piliakalniais jis yra arčiau kairiojo kranto, aukščiau ir žemiau piliakalnių nukrypsta link dešiniojo kranto. Žemiau piliakalnių farvateris dirbtinėmis bunomis „stumiamas“ link dešiniojo kranto. Kairiojo kranto bunos gerai išlikusios, o senosios dešinio kranto bunos vietomis beveik visiškai nuardytos. Jos, matyt, ilgainiui „pristūmė“ farvaterį prie pat piliakalnių šlaito. Labiausiai farvateris prie kairiojo kranto priartėja 250 m aukščiau šiame ruože esančios pirmos kairiojo kranto bunos, čia buvo nustatyta didžiausia tirtosios atkarpos gelmė (1 pav.). Šiek tiek aukščiau jos šlaite esanti raguva farvateryje suformavo seklumą. Nors minėtoji raguva vietomis sutvirtinta, pagal nesenos erozijos požymius matyti, kad šis procesas čia vis dar intensyvus. Šios ir kitos šalia esančios besivystančios griovos ir raguvos yra pavojingos piliakalnių šlaitų stabilumui. Dabartinės jų erozijos priežasčių, matyt, reikia ieškoti ne vien Nemuno vaginiuose procesuose. Eroziją čia gali skatinti nesutvarkyta Sudargo miestelio lietaus kanalizacija, dirbtinės vandeniui nelaidžios dangos ir siaura želdinių juosta didelio nuolydžio šlaituose. Kaip pažymima kai kuriuose straipsniuose, nesutvarkytos urbanizuotų teritorijų lietaus kanalizacijos sistemos skatina šlaitų eroziją (Hammer, 1972). Greta kairiojo kranto esančios didžiausios gelmės yra raguva ir besiformuojanti griova. Jos apatinės dalies susidarymo pirminė priežastis galėjo būti šiame ruože aktyviai ardomas upės krantas, tačiau tolesnė raida jau priklauso nuo šlaitinio nuotėkio ir susiformavusios griovos litologinių ir morfologinių charakteristikų.

Nemuno slėnio plotis kairiame krante yra nuo 50 iki 250 m, dešiniame vietomis viršija 1 km. Kairiame krante slėnio šlaitų aukštis vietomis viršija 40 m, dešiniame krante yra 15 m (BS) aukštyje salpinė terasa. Didelę jos dalį upė užlieja per sniego tirpsmo sukeltus pavasarinis potvynius (3 pav.).

3. Užliejamos teritorijos ir ekstremalus debitas

Per potvynius vanduo šiame Nemuno ruože vidutiniškai pakyla apie 3,5 m aukščiau vidutinio vandens lygio. Ties Sudargo piliakalniais patvinusi upė plačiau išsilieja dešiniame krante, kairiame krante užlieja tik kai kurias raguvas ir griovas (3 pav.), taip suintensyvina apatinės jų dalies eroziją. Tačiau trumpalaikiai potvyniai, tiesiogiai ardantys apatinę griovų ir raguvų dalį, matyt, nėra pagrindinė šios jų dalies intensyvaus erodavimo priežastis – kur kas didesnę vaidmenį čia vaidina arti kranto esančios sietuvos, kuriose susidaro palyginti didelės ardomosios galios srovių.



3 pav. 50 % tikimybės potvynio užliejama teritorija Nemuno slėnio ruože ties Sudargu
Fig. 3. Flooded territory of 50% probability in the sector of Nemunas valley at Sudargas

Ties A-B profiliu 5 % tikimybės potvynio aukštis siekia 15,08 m, 10 % – 14,60 m, 50% – 13,32 m (BS). Už 300 m į pietryčius, aukščiau pagal tėkmę esančiame C-D profilyje, 5 % tikimybės potvynio aukštis siekia 15,11 m, 10 % – 14,63 m, 50% – 13,35 m (BS). Matavimo metu A-B profilyje absoliučioji altitudė buvo 8,28 m (minimali altitudė buvo 2006 m. rugsėjo 3 d. – 8,20 m), debitas tik 7 % mažesnis už 2006 m. buvusį minimalų debitą – 229 m³/s.

1 lentelė. Maksimalių vandens lygių tikimybė Nemune ties Sudargos piliakalniais (ties profiliu A-B pagal 1960-2004 m. duomenis, BS abs. a.)

Table 1. Probability of Nemunas water maximums at the Sudargas mound in profiles A and B according to the data of 1960–2004, BS abs. a.

Maksimalaus potvynio tikimybė Probability of maximum tides, %	Maksimalus vandens lygis Maximum water level, m	Maksimalaus potvynio tikimybė Probability of maximum tides, %	Maksimalus vandens lygis Maximum water level, m
5	15.08	60	13.04
10	14.60	70	12.71
20	14.25	80	12.36
30	13.73	90	11.80
40	13.52	95	11.69
50	13.32		

2 lentelėje pateikti įvairių tikimybių maksimalūs ir minimalūs Nemuno debitai ties Smalininkais. Nors šio laikotarpio 5 % tikimybės maksimalus debitas yra tik 3346 m³/s, 1958 m. jis siekė 6580 m³/s, o 1829 m. – net 6820 m³/s. 1959 metais paskutinį kartą maksimalus Nemuno debitas viršijo 4000 m³/s, nors nuo 1812 m. tokių atvejų buvo net 17. Mažėjant maksimaliems potvyniams, mažėja ir jų griaunamoji galia. Vadinasi, intensyvėjančios krantų erozijos pagrindinė priežastis yra ne vandeningi potvyniai.

Pastaraisiais metais minimalus šiltojo laikotarpio debitas mažėja, o šaltojo – didėja. Tačiau šiltojo tarpsnio minimalus 5 % tikimybės (2 lentelė) debitas buvo 27 % mažesnis už minimalų 2006 m. debitą. Nenustatyta, kokį poveikį krantų ardymui turi palyginti aukšti šaltojo laikotarpio debitai, kada priekrantės zonoje srauto galia padidėja dėl sunykusios augalijos. Taip pat netirtas ir ledo sangrūdų poveikis priekrantės zonai.

2 lentelė. Maksimalūs ir minimalūs Nemuno debitai ties Smalininkais 1960–2004 m. duomenimis
Table 2. Maximum and minimum Nemunas discharges at Smalininkai according to the data of 1960–2004

Debito tikimybė <i>Discharge probability,</i> %	Maksimalus debitas <i>Maximum discharge,</i> m ³ /s	Minimalus debitas <i>Minimum discharge,</i> m ³ /s
5	3346	156
10	2944	168
20	2408	185
30	2090	198
40	1898	214
50	1650	222
60	1476	233
70	1322	244
80	1182	248
90	1056	274
95	885	282

4. Srovės greičiai ardomo kranto atkarpoje

Kaip jau buvo minėta, apatinėje griovų ir raguvų dalyje intensyvėjančią eroziją lemia griaunamoji stiprių vandens srovių galia prie kranto esančiose sietuose. Pirmame profilyje (1 pav.) didžiausias srovės greitis (0,93 m/s) buvo antros matavimo vertikalės (15 m nuo kairiojo kranto) paviršiuje. Šioje vertikalėje didelis srovės greitis buvo iki 1,5–2 m gylyje, giliau srovės greitis šuoliškai sumažėjo beveik du kartus. Panaši greičio epiūra buvo ir šio profilio trečioje bei penktoje vertikalėse, antro profilio antroje, trečioje ir ketvirtoje vertikalėse, trečio profilio penktoje vertikalėje. Tuo tarpu pirmose I ir II profilių vertikalėse, kurios buvo 8–15 m nuo kranto, srovės greitis paviršiuje buvo mažesnis, o einant gilyn jis didėjo. Panaši greičių epiūra ir III profilio trečioje vertikalėje. Šiame profilyje pirmose dviejose vertikalėse srovės greitis buvo mažesnis už srovės matavimo prietaiso jautrumą.

Tiriamajame ruože didžiausias srovės greitis (1,09 m/s) buvo išmatuotas III profilio 5 vertikalės paviršiuje. Greičio epiūrų analizė parodė, kad arčiausiai kranto esančiose vertikalėse srovės greitis iki 0,5–1,5 m gylio didėja, o vėliau pradeda vėl mažėti. Tuo tarpu atokesnėse krantui vertikalėse srovės greitis nuo paviršiaus iki 1,5–2 m gylio būna labai panašus. Tik giliau dėl trinties priedugnio sluoksnyje jis šuoliškai sumažėja.

3 lentelė. Vidutiniai srovės greičiai (m/s) matavimo vertikalėse 2006-08-30

Table 3. Average stream velocities (m/s) in the measuring verticals in 30-08-2006

	I profilis / profile I	II profilis / profile II	III profilis / profile III
1 taškas	0.422	0.164	0
2 taškas	0.833	0.428	0
3 taškas	0.792	0.760	0.632
4 taškas	0.697	0.838	0.644
5 taškas	0.819		0.902

Apibendrinimas

Tarp Jurbarko ir Smalininkų Nemuno nuolydis yra tik 0,00011, todėl iki upės reguliavimo čia buvo susiformavusi išskirtinai plati ir negili vaga. Plačioje upės vagoje dugninė ir šoninė erozija nevyko. Laivybos tikslais pradėjus reguliuoti upę, jos vagos morfometriniai rodikliai gerokai pakito – vaga pagilėjo ir susiaurėjo.

Pastaraisiais metais Nemuno vandens tėkmė ypač intensyviai ardo kairiojo kranto viršvandeninį ir povandeninį šlaitą – plėtėja senosios griovos ir raguvos, susidaro naujų griovų, prie kairiojo kranto formuojasi giliausios sietuvos.

Nemuno farvateris ruože ties Sudargu priartėja prie pat kairiojo kranto. Vagos ruože šiek tiek žemiau piliakalnių kairysis krantas apsaugotas bunomis, tačiau krantas prie pačių piliakalnių nesutvirtintas, čia prie pat kairiojo kranto šliejasi daugiau kaip 5 m gylio sietuva. Ši sietuva bei krante esanti raguva rodo, kad upės šlaitas šiame ruože nėra stabilus, ardomas ir tai gali kelti grėsmę Sudargo piliakalniams. Šios sietuvos ir jose susidaranti didelės griaunamosios galios srovės yra pagrindinės erozijos priežastys apatinėje viršvandeninio ir povandeninėje upės šlaito dalyse.

Antra vertus, Sudargo miestelyje šalia Nemuno slėnio esančiuose gatvėse, kurių daugelis yra su vandeniu nelaidžiomis dangomis, lietaus kanalizacinė sistema neįrengta. Šiose vietose per intensyvias liūtis ir tirpstant sniegui susidaro šlaitinę eroziją želdiniais nesutvirtintuose šlaituose sukuliantis paviršinys (šlaitinis) nuotėkis. Liūčių ir sniego tirpimo suformuoti vandens srautai, kuriuos sustiprina nelaidžios vandeniu dangos, yra pagrindinė viršutinėje šlaito dalyje vykstančios erozijos priežastis.

Patvinęs Nemunas slėnio ruože ties Sudargu plačiai išsilieja dešiniajame krante, kairiajame krante ties piliakalniais gali apsemti tik gilesnes raguvas. Pastaraisiais metais dėl šiltėjančių žiemų pavasario potvyniai silpnėja, tačiau padidėjo šalčio laikotarpio minimalus nuotėkis.

Didžiausias išmatuotas Nemuno srovės greitis ties Sudargo piliakalniais siekė 1,089 m/s. Jis nustatytas arti didžiausios priekrantinės gėlmės – III profilyje, 59 m nuo kranto, srauto paviršiuje. II profilyje didžiausias srovės greitis (0,867 m/s) nustatytas taip pat paviršiuje, 50 m nuo kranto. Arčiausiai kranto didžiausias greitis buvo išmatuotas I profilyje – 0,931 m/s, 15 m nuo kranto.

Viena iš apatinės šlaitų dalies ardymo prevencijos priemonių galėtų būti kelių papildomų bunų įrengimas kairiajame Nemuno krante ties Sudargo piliakalniais. Kad sumažėtų viršutinės šlaitų dalies erozija, turi būti sutvarkyta miestelio lietaus kanalizacijos sistema ir sutvirtintos eroduojamos griovos. Atsižvelgiant į slėnio morfometriją ir Sudargo piliakalnių išskirtinę vertę, būtų tikslinga dešiniajame krante nebeatstatyti bunų.

Padėka

Už galimybę pasinaudoti hidrologiniais duomenimis autoriai yra dėkingi Lietuvos hidrometeorologijos tarnybai, taip pat VŠĮ „Kultūros paveldo išsaugojimo pajėgos“ už ekspedicinių darbų finansavimą.

Literatūra

- Bird J. F.** 1982. Channel Incision of Eaglehawk Creek, Gippsland, Victoria, Australia. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, Vol. 94, p. 11–22.
- Hammer T. R.** 1972. Stream Channel Enlargement Due to Urbanization. *Water Resources Research*, Vol. 8, p. 1530–1540.
- Hanshaw P. C., Booth D. B.** 1998. Reequilibration of Stream Channels in Urban Watersheds: Eos, American Geophysical Union, fall meeting, Vol. 80, p. 344.
- Kolupaila S.** 1940. Nemunas, 320 p.
- Kudaba Č.** 1970. Kur Nemunas teka, 132 p.
- Lasinskas M., Burneikis J.** 1960. Lietuvos TSR upių kadastras, II dalis (Nemuno nuotėkis), 206 p.
- Lietuvos piliakalnių atlasas.** 2005. T. II, 500 p.
- Gailiūšis B., Jablonskis J., Kovalenkoviėnė M.** 2001. Lietuvos upės: hidrografija ir nuotėkis. Kaunas, 790 p.
- Rimkus A.** 1993. Nemuno dugno plovimo, vykstančio Kauno HE įtakoje, prognozavimas. *Lietuvos melioracijos instituto mokslo darbai. Melioracija*, t. 22, p. 57–63.
- Švedas K., Nečajus I.** 1992. Nemuno vagos deformacijos Kauno ruože, *Geografija*, t. 28., p. 19–22.
- Лучшева А. А.** 1983. Практическая гидрометрия. Ленинград, 423 с.

The Influence of Natural and Anthropogenic Processes on the Nemunas Valley and Channel Transformations at Sudargas

Summary

The small Sudargas borough with 5 unique mounds situated in a 1 km long section of Nemunas bank (presumably built in the 4th–14th centuries) is located on the left Nemunas bank 9 km downstream from Jurbarkas. Recently, due to intensive slope erosion in the left Nemunas bank, the mounds have found themselves at danger. The present work is devoted to the natural or/and anthropogenic causes of increasingly intensifying slope erosion in three mounds.

In the August of 2006, morphometric and hydrological investigations of Nemunas valley were carried out at Sudargas mounds. The aim of this work is to analyse the morphometric and hydrological characteristics of investigated sector of Nemunas valley, which could be important for projecting the unerosive measures in the mound surroundings. Main tasks to be fulfilled were the following:

- morphometric investigations of the channel and valley section under consideration;
- analysis of flooded areas and extreme yields;
- analysis of current velocities along the eroded channel slope;
- determining the causes of intensive channel and slope erosion and choosing unerosive measures.

It was determined that the inclination of stream channel between Jurbarkas and Smalininkai is only 0.00011. Before the regulation, the stream channel in this sector was especially wide and shallow. Regulation of the stream channel for the purposes of navigation considerably changed its morphometric indices. Erosion of the left Nemunas bank has especially intensified in recent years: the size of the old gullies and ravines is increasing and new gullies appear.

The fairway with deep pools bordering on the left Nemunas bank and powerful destructive currents forming in it are the main driving forces of erosion in the over- and underwater parts of the slope.

On the other hand, the streets of Sudargas borough situated near the Nemunas valley, most of which have a water-impermeable cover, have no storm water runoff. In these areas, during rainfalls and snow melting, runoff water streams erode the slopes, their parts not covered by vegetation in particular. The storm water and snow melt water streams strengthened by water-impermeable slope surface are the main cause of erosion in the upper part of the slope.

Building of a few extra groynes on the left Nemunas bank at the Sudargas mounds could be one of solutions how to prevent erosion in the lower part of the slopes. The stormwater runoff system should be repaired and eroded gullies reinforced for prevention of erosion in the upper part of the slopes.