

Geomorfologija *Geomorphology*

Erozijos intensyvumas Vilniaus miesto urbanizuotose teritorijose

Algimantas Česnulevičius¹, Artūras Baurėnas²

Regina Morkūnaitė³, Tadas Čeponis²

¹*Vilniaus universitetas ir Vilniaus pedagoginis universitetas,*

²*Vilniaus universitetas,*

³*Geologijos ir geografijos institutas*

El. paštas: algimantas.cesnulevicius@gf.vu.lt; arturas.bautrenas@gf.vu.lt; morkunaite@geo.lt

IVADAS

Geomorfologinės sandaros įvairovės požiūriu Vilniaus miesto teritorija yra ypatingoje kontinentinio apledėjimo akumuliacinėje srityje. Jo teritorija apima keturis orografinius rajonus, kurių paviršius sukurtas vidurinio ir viršutinio pleistoceno įvairių apledėjimo fazių metu. Be to, poledynmečiu reljefą intensyviai keitė kriogeniniai, limnoglacialiniai, fluvioglacialiniai, fluvialiniai, eoliniai ir organogeniniai gamtiniai procesai (Basalykas, Dvareckas, 1981). Jų suformuotą paviršių miesto gyventojai pradėjo performuoti jau viduramžiais. Intensyviausios miesto paviršiaus transformacijos prasidėjo XX amžiaus 7-ajame dešimtmetyje ir tęsiasi iki šiol.

Antropogeninė veikla paviršiaus performavimą veikia dviem būdais. Pirmasis – mechaninis natūralių reljefo formų naikinimas ir antropogeninių kūrimas, antrasis – gamtinių paviršių performuojančių procesų suaktyvinimas. Dažniausiai šie paviršių performuojantys būdai veikia kartu: net ir po statybų ar komunikacijų tiesimo „sutvarkius“ paviršių išlieka labai didelė jo tolesnės transformacijos galimybė. Radikalūs pertvarkymai lemia esminius ne tik paviršiaus, bet ir jį sudarančių nuogulų pasikeitimus, tuo tarpu gamtiniai dinaminiai paviršiaus degradacijos procesai mažiau paveikia nuogulas (Česnulevičius, 2005). Kita vertus, kiekybinis paviršiaus rodiklių kitimas, veikiant degradacijos procesams, sukelia kokybinę kaitą – naujų morfografinių reljefo formų susidarymą (išnašų kūgiai) su atitinkamu nuogulų kompleksu (deliuvis).

Raiškiausi gamtiniai dinaminiai paviršiaus degradacijos procesai vyksta formuojantis nuošliaužoms (Borgati,

Soldati, 2002; Mikšys ir kt., 2002). Lėta nuolatinė paviršiaus kaita, veikiant paviršinei nuoplovai ir linijinei erozijai, yra mažiau akivaizdi, tačiau, kaip rodo ilgamečiai Vilniaus reljefo stebėjimai, visaapimanti ir efektyvi (Morkūnaitė, Česnulevičius, 2005). Kita vertus, intensyvių vasaros liūčių metu momentiniai reljefo pokyčiai gali būti labai staigūs ir akivaizdūs. 2005-ųjų vasara pasižymėjo koncentruotų kritulių gausa, kuri ir lėmė ryškią miesto reljefo kaitą.

TYRIMŲ OBJEKTAS IR METODIKA

Vertinant Vilniaus miesto reljefo pokyčius panaudoti tiesioginių matavimų ir kartometrinių tyrimų duomenys. Dabartinės Vilniaus miesto reljefo būklės ir kaitos tyrimai atlikti atskiruose miesto teritorijos morfologiniuose arealuose. Pastarieji išskirti remiantis reljefo geneze, jo morfografiniais elementais bei morfometriniais rodikliais ir nuogulų sudėtimi (Česnulevičius, 1999). Geodinaminis teritorijos stabilumas vertintas dviem aspektais – teritorijos energetinio potencialo ir erozijos procesų vyksmo intensyvumo. Energetinis potencialas įvertintas pagal G. Mkrčiano (Mkrčian, 1987) metodiką. Ji remiasi reljefo horizontalios ir vertikalios sąskaidos įvertinimu, kuris vėliau išreiškiamas reljefo energetiniu ir geomorfologiniu erozijos koeficientais. Potencialiam erozinių procesų vyksmo intensyvumui įvertinti panaudota A. Račinsko (Račinskas, 1990) metodika, papildyta reljefą apibūdinančiais morfografiniais, morfometriniais ir litogenetiniais rodikliais (Česnulevičius, 2001).

Detalus reljefo pokyčių tyrimai vykdyti etaloniniuose plotuose taikant pakartotiną tikslų niveliavimą. Iš viso

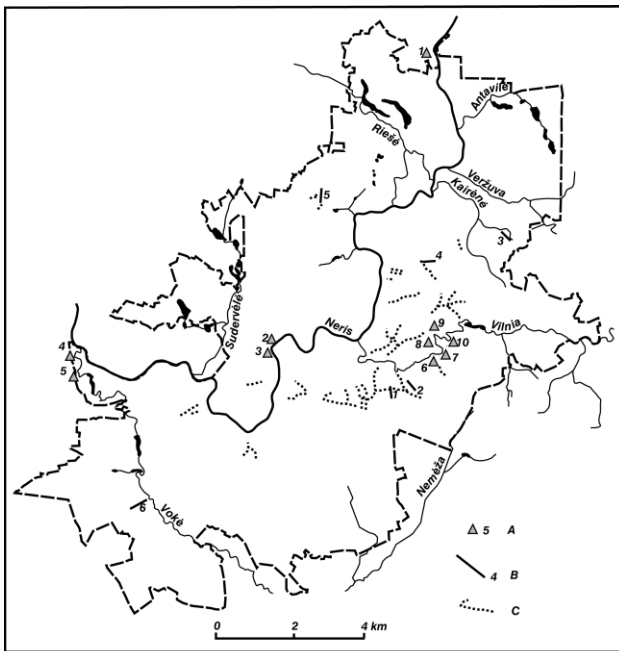
sudaryti 6 niveliacijos profiliai Rybiškėse, Guriuose, Kairėnuose, Pylimėliuose, Visoriuose ir Dobrovolėje (1 pav.). Įvairialaikį reljefo profilių palyginimas leido nustatyti ardomo paviršiaus sluoksnio storį ir įvertinti galimą bei realų dinamišų procesų intensyvumą konkrečiuose lokalizuotuose punktuose.

Vasaros liūčių padariniai ir realiai eroduoti plotai kartografuoti, taikant globalinės vietovės padėties nustatymo prietaisus ELTA 500 ir eTrex 1200. Pakartotini matavimai leido įvertinti erozinių reljefo formų pokyčius po kiekvienos smarkesnės liūtis (pločio pokyčiai). Tūrio kaita įvertinta tiesioginiais matavimais. Tiesioginių stebėjimų metu nustatyti ir medžiaginės sudėties pokyčiai naujai susidariusiose erozinėse reljefo formose.

Klimato rodiklių reikšmės (kritulių kiekis ir intensyvumas) paimtos iš kasdieninių Vilniaus meteorologinės stoties stebėjimų.

EROZIJĄ LEMIANČYS VEIKSNIAI IR JŲ SKLAIDA

Nuolatinis reljefo pokyčius urbanizuotose teritorijose patikimiausia vertinti įrengus stebėjimo etalonus. Tokių stebėjimo postų įrengimas susijęs su teisinėmis ir finansinė-



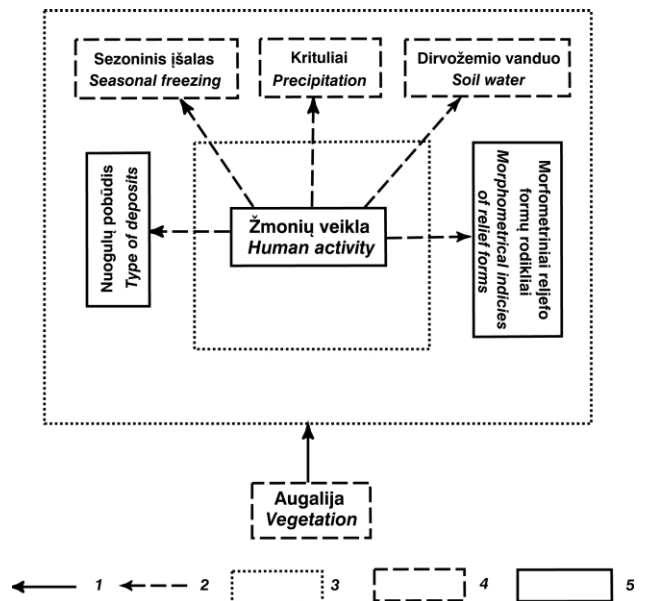
1 pav. Stebėjimų ir tyrimų vietos: A – atodangos (1 – Virių, 2 – Karoliniškių, 3 – Plikakalnio, 4 – Grigiškių I, 5 – Grigiškių II, 6 – Belmonto malūno senoji, 7 – Belmonto malūno naujoji, 8 – Pučkorių mažoji, 9 – Pučkorių didžioji, 10 – Pučkorių žemoji), B – niveliacijos profilių vietos (1 – Ribiškės, 2 – Guriai, 3 – Kairėnai, 4 – Pylimėliai, 5 – Visoriai, 6 – Dobrovolės), C – gatvės, kuriose 2005 m. vasarą fiksuota linijinė erozija.

Fig. 1. Investigation and study areas: A – outcrops (1 – Viriai, 2 – Karoliniškės, 3 – Plikakalnis, 4 – Grigiškės I, 5 – Grigiškės II, 6 – Belmontas Mill older, 7 – Belmontas Mill new, 8 – Pučkoriai little, 9 – Pučkoriai large, 10 – Pučkorių lower), B – places of the level cross-section (1 – Ribiškės, 2 – Guriai, 3 – Kairėnai, 4 – Pylimėliai, 5 – Visoriai, 6 – Dobrovolė), C – streets in which linear erosion in 2005 summer was fixed.

mis problemomis: privatūs žemės sklypai, daug kainuojantis reperių montavimas. Kita vertus, dinamiškiausi reljefo pokyčiai vyksta tiesiant ir eksploatuojant komunikacijas, todėl didžioji stebėjimo etalonų dalis turi koncentruotis šiose vietose.

Urbanizuotų teritorijų erozijos intensyvumą lemia kelios veiksmų grupės (2 pav.). Dalis jų (nuogulų medžiaginė sudėtis ir paviršius) yra inertiški ir mažai kaitūs. Jų natūrali kaita susijusi su ilgamečiais – 100–10 000 metų – ciklais. Kitos veiksmų grupės (klimato, augalijos ir žmogaus ūkinės veiklos) yra daug dinamiškesnės.

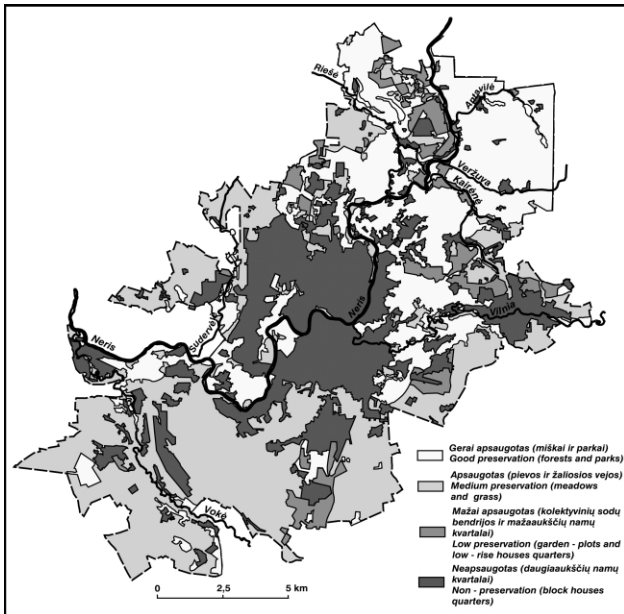
Kiekybines minėtųjų veiksmų grupių reikšmes bei jų poveikį erozijai galima įvertinti taikant tiesioginius ir netie-



Pav. 2. Eroziją lemiančių veiksmų grupės ir jų sąveika: 1 – eroziją stabdantis, 2 – eroziją skatinantis veiksnys, 3 – svarbiausi, eroziją lemiantys veiksniai, 4 – kaitūs, 5 – inertiški.
Fig. 2. Interaction of erosion determinant factors: 1 – erosion suppressive factors, 2 – erosion stimulation factors, 3 – general erosion determinant factors, 4 – active factors, 5 – passive factors

sioginius tyrimo metodus. Inertiškų erozijos veiksnių vertinimui plačiai naudojami stambaus mastelio teminiai žemėlapiai: litologiniai, dirvodarinių nuogulų, morfografiniai, morfometriniai, žemėnaudų. Yra sudaryta pakankamai stambaus mastelio Vilniaus miesto teritorijos žemėlapių, apibūdinančių „inertiškuosius“ erozijos veiksnius (Vilniaus ..., 1999; Baubiniene ir kt., 2002). Mažiau „inertišku“, tačiau kartografiškai labai detaliam fiksuotam veiksmui yra žmonių ūkinė veikla. Statybos, komunikacijų tiesimas ir kitokia su erdvės performavimu susijusi veikla paremta detaliais topografiniais planais. Taigi atsiranda galimybė įvertinti ne tik antropogeninius, bet ir biotinius eroziją lemiančius veiksnius, leidžiančius kompleksiskai tipizuoti miesto teritoriją paviršiaus apsaugojimo požiūriu. Skiriami 4 reljefo apsaugojimo laipsniai, paremti teritorijos natūralumo ir antropogeninio performavimo santykiu (3 pav.).

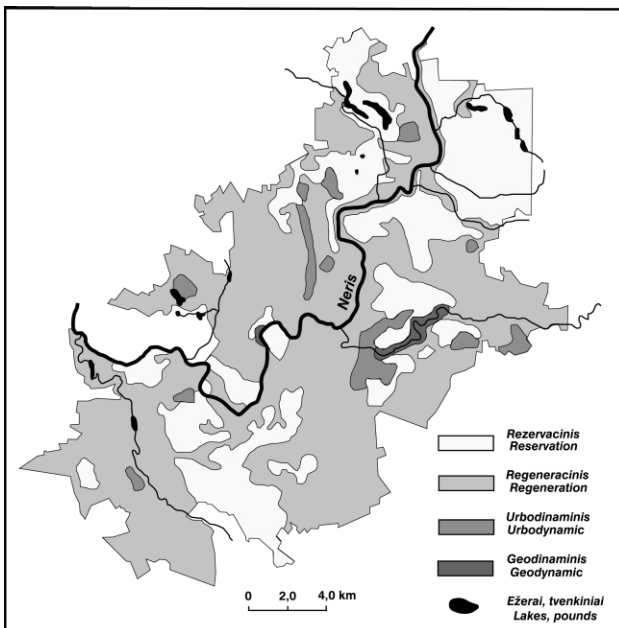
Gerai apsaugotos teritorijos – tai miškai ir parkai. Iš-tisinė daugiaardė augalijos danga labai efektyviai slopina



3 pav. Vilniaus miesto reljefo apsaugojimo laipsnis
Fig. 3. Degrees of the Vilnius relief preservation

erozijos procesus, ypač paviršinę nuoplovą. Paviršiaus antropogenizacijos laipsnis čia neviršija 10%. **Apsaugotose** teritorijose (pievos ir žaliosios vejos) paviršiaus antropogenizacijos laipsnis siekia 20%, **mažai apsaugotose** teritorijose – 40%, o **neapsaugotose** – net iki 90%.

Remiantis litologinių, morfometrinių, biotinių ir antropogeninių reljefo dinamiką lemiančių veiksnių kompleksu atliktas Vilniaus miesto teritorijos geodinaminis tipizavimas (4 pav.). Išskirti 4 dinaminiai reljefo tipai: rezervacinis, regeneracinis, urbodinaminis ir geodinaminis (Česnulevičius, 2005).



4 pav. Vilniaus miesto geodinaminiai reljefo tipai
Fig. 4. Geodynamic types of the Vilnius relief

Rezervacinį tipą sudaro žaliosios miesto zonos, vandens telkiniai ir vandensaugos zonos. Tai teritorijos, kuriose nevykdoma urbanistinė veikla. Erozijos ir defliacijos procesų intensyvumas jose neviršija 0,1 mm per metus. Galimi tik sedimentacijos procesai vandens telkiniuose ir šlapynėse (iki 10 mm per metus).

Regeneraciniam tipui priskiriami plokščiose ir banuotose lygumose intensyviai urbanizuojami plotai, turintys nedidelį erozinį reljefo potencialą – iki 1 mm/metus. Reljefo performavimas apsiriboja statybos aikštelių išlyginimu, pamatų duobės suformavimu ir baigiamas statybvietės aplinkos sutvarkymu.

Urbodinaminis tipas apima raižytame paviršiuje urbanizuojamus plotus, turinčius didelį erozinį reljefo potencialą – 1–3 mm per metus. Be to, tokiose teritorijose sukuriamos prielaidos plokštuminei ir srūvinei erozijoms, intensyviai performuojančioms paviršių.

Geodinaminis tipas aprėpia neurbanizuotinas teritorijas, kuriose natūralūs erozijos procesai viršija 3 mm per metus.

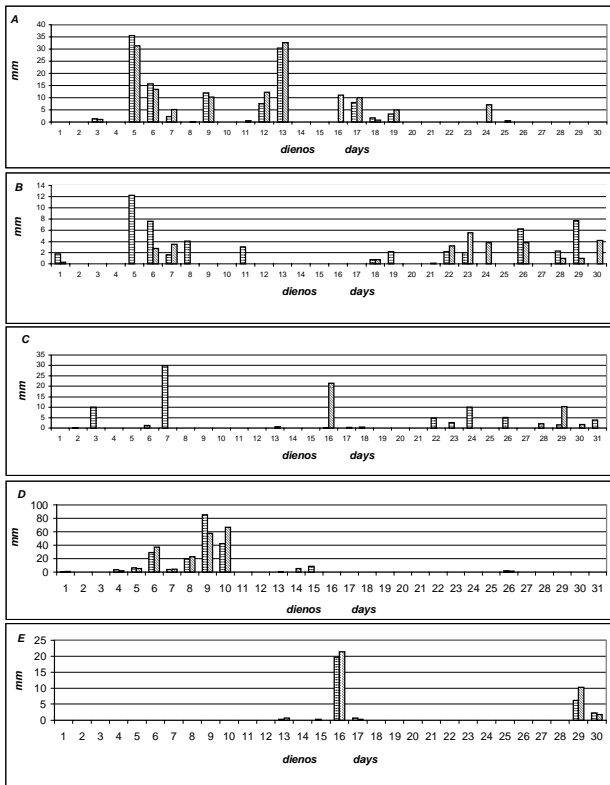
EROZIJOS INTENSYVUMAS 2005 M. VASARĄ

Klimato sąlygos nulemia kritulių pobūdį ir intensyvumą, sniego dangos storį ir jos trukmę, dirvos pašalo gylį ir trukmę, paviršinių ir gruntinių vandenų režimą. Šie klimato elementai yra vieni svarbiausių veiksnių, lemiančių šlaitų pastovumą. Ypač didelė šlaitų stabilumo priklausomybė nuo lietaus intensyvumo. Po stiprios liūtės hidrostatinė ir hidrodinaminė šlaito apkrova gali padidėti tiek, kad prilygs šlaito statumo padidėjimui 10–12°. Dažnai nuošliaužas sukelia sniego tirpsmas, kai susiklosto anomalios žiemos sąlygos: storesnė nei paprastai sniego danga ir negilus iššalas (Klimato..., 2001).

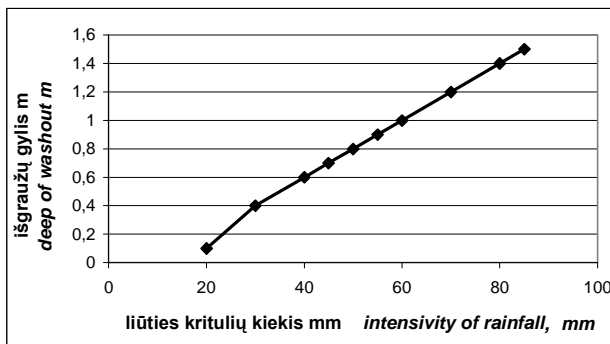
2005 m. stipriausios liūtys užregistruotos gegužės 5 ir 6 d. (51,1 mm), gegužės 12–13 d. (38,0 mm), rugpjūčio 6–10 d. (180,9 mm) ir rugsėjo 16 d. (19,7 mm). Ypač stipriai paviršių paveikė rugpjūčio 9 d. liūtis, kai iškrito 85,1 mm kritulių (dviguba mėnesio norma) (5 pav.). 2005 m. gegužės mėnesį iškrito 30% daugiau kritulių nei daugiametė norma, birželio mėnesį – 18% mažiau, liepos mėnesį – 14% mažiau, rugpjūčio mėnesį – 28% daugiau ir rugsėjo mėnesį – 23% mažiau.

Staigių reljefo pokyčių įvertinimas leido nustatyti priklausomybę nuo iškritusių kritulių kiekio bei gatvių šalikelėse susidariusių išgraužų parametrų (6 pav., 1 lentelė). Visos tirtos išgraužos susidarė gatvėse, neturiniose šaligatvių ar kietos važiuojamosios dalies dangos. Didžioji tokių gatvių dalis yra Naujininkuose, Naujojoje Vilnioje, Ribiškėse, Rokantiškėse, Gariūnuose bei kituose miesto rajonuose, kur vyrauja mažaukščių individualių namų kvartalai. Jeigu per liūtį iškrenta daugiau kaip 20 mm kritulių, o kritulių surenkamojo baseino plotas siekia 0,2 ha, išgraužos gali susidaryti ir nedidelio išilginio nuolydžio šaliagatvėse.

Erozijos metu iš išgraužų išplauta medžiaga klostoma čia pat. Ties išgraužų žiotimis suformuotose išnašų kūgiuose nešmenys klostomi diferencijuotai. Viršutinėje kūgio



5 pav. Kritulių pasiskirstymas Vilniuje (gegužė–rugsėjis, 2005): A – gegužė, B – birželis, C – liepa, D – rugpjūtis, E – rugsėjis
 Fig. 5. Distribution of precipitation in Vilnius (May–September, 2005): A – May, B – June, C – July, D – August, E – September



6 pav. Išgraužų formavimosi greičio priklausomybė nuo liūtų kritulių kiekio

Fig. 6. Relationship between rainfall intensity and washout formation velocity

Lentelė. Vasaros liūčių nulemti reljefo pokyčiai
 Table. Relief changes after summer rainfall

| Etalonai Study areas | Vienos liūtų kritulių kiekis mm One rainfall precipitation amount, mm | Išgraužų dydis m Washout parameters, m | | |
|-------------------------|--|---|-----------------|----------------|
| | | ilgis length | plotis width | gylis depth |
| Gariūnai | 20,9 | 320 | 1,6 | 0,6 |
| Rokantiškės | 20,9 | 250 | 0,8 | 0,3 |
| Gariūnai | 85,1 | 540 | 0,7 | 0,5 |
| Rokantiškės | 85,1 | 280 | 1,0 | 0,2 |

dalyje vyrauja žvirgždas ir pavieniai gargždo apvalinukai, apatinėje kūgio dalyje – rupus ir smulkiagrūdis smėlis. Į dulkes panaši medžiaga visiškai pašalinama kartu su vandeniu. Gariūnų, Raguvos, Slėnio, Rokantiškių ir kitose didelio nuolydžio (5–7°) gatvėse po vasaros liūčių susidarė žvirgždo-gargždo išnašų kūgiai, rodantys, kad tekančio vandens energija viršijo 0,5 kg/m², o vandens tekėjimo greitis siekė iki 1 m/s (Česnulevičius, 1998).

IŠVADOS

1. Urbanizuotų teritorijų erozijos intensyvumą lemia inertiški ir dinamiški veiksniai. Inertiškų veiksnių kaita susijusi su 100–10 000 metų ciklais, dinamiški veiksniai – su metų laikais (klimatas, augalija) arba staigiais kiekybiniais ir kokybiniais paviršiaus polychiais (žmogaus ūkinė veikla).

2. Urbanizuotų teritorijų erozijos intensyvumas priklauso nuo reljefo apsaugojimo laipsnio. Skiriami 4 reljefo apsaugojimo laipsniai, paremti teritorijos natūralumo ir antropogeninio performavimo santykiu. Gerai apsaugotose teritorijose antropogenizacijos laipsnis neviršija 10%, apsaugotose teritorijose paviršiaus antropogenizacijos laipsnis siekia 20%, mažai apsaugotose teritorijose – 40%, o neapsaugotose – iki 90%.

3. Komplexinis reljefo erozijos potencialo ir realios urbanizuotų teritorijų erozijos vertinimas leido išskirti Vilniaus teritorijoje 4 dinaminis reljefo tipus: rezervacinį, regeneracinį, urbodinaminį ir geodinaminį. Rezervacinio reljefo erozijos procesų intensyvumas neviršija 0,1, regeneracinio siekia 1, urbodinaminio – 1–3, geodinaminio viršija 3 mm per metus.

4. Intensyviausia reali erozija vyksta geodinaminiam reljefe (Gariūnai, Ribiškės). Čia po kiekvienos vasaros liūtų susidaro išgraužos, kurios priklauso nuo iškritusių kritulių kiekio (pakanka 10–20 mm) ir surenkamojo paviršinio baseino. Minimalus jo plotas 0,2 ha.

5. Paviršiaus nuolydis lemia išgraužų morfometrinius rodiklius bei jų žiotyse suformuotus išnašų kūgius. Gariūnų, Raguvos, Slėnio, Rokantiškių ir kitose didelio nuolydžio (5–7°) gatvėse po vasaros liūčių susidarė žvirgždo-gargždo išnašų kūgiai, rodantys, kad tekančio vandens energija viršijo 0,5 kg/m², o vandens tekėjimo greitis siekė iki 1 m/s.

Gauta 2006 03 25
 Parengta 2006 03 30

Literatūra

- Baubinienė A., Bautrėnas A., Česnulevičius A., Morkūnaitė R., Paškauskas S., Vekeriotienė I., Veteikis D. (2002). *Lietuvos reljefo kadastras*. Elektroninis variantas. Vilnius: Geografijos institutas.
- Basalykas A., Dvareckas V. (1981). Vilniaus apylinkės geomorfologiniu atžvilgiu. *Geografija*. 17. 3–33.
- Borgatti L., Soldati M. (2002). The influence of Holocene climatic changes on landslide occurrence in Europe. *Landslides*. Lisse: Rybar, Stemberk & Wagner.
- Česnulevičius A. (1998). Vilniaus miesto mažųjų upelių baseinų infiltracinės savybės ir jų sąsaja su reljefo erozija. *Geografija*. 34(1). 5–10.
- Česnulevičius A. (1999). *Lietuvos reljefas: morfografiniai ir morfometriniai aspektai*. Vilnius: Geografijos institutas.
- Česnulevičius A. (2001). Geodinaminių procesų intensyvumo vertinimas. *Geografija*. 37(2). 5–12.
- Česnulevičius A. (2005). Relief dynamic state of urban territories and tendency of its development. *Environmental Engineering*. 1. 63–68.
- Klimato svyravimų poveikis fiziniams geografiniams procesams Lietuvoje* (2001). Red. A. Bukantis. Vilnius.
- Mikšys R. B., Marcinkevičius V., Mikulėnas V. (2002). Human factors in landsliding processes of Lithuania. *Landslides*. Lisse: Rybar, Stemberk & Wagner.
- Mkrččan G.P. (1987). Reljef i jeho vlijanije na eroziju počv. *Geografija i prirodnyje resursy*. 3. 119–125.
- Morkūnaitė R., Česnulevičius A. (2005). Recent investigations of the peculiarities of Vilnius relief dynamics. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology*. 53(3). 191–203.
- Račinskas A. (1991). *Dirvožemio erozija*. Vilnius: Mokslas.
- Vilniaus miesto kvartero geologinis žemėlapis* (1999). M 1:50000. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba.

**Algimantas Česnulevičius, Artūras Bautrėnas,
Regina Morkūnaitė, Tadas Čėponis**

INTENSITY OF EROSION PROCESSES IN URBANIZATION TERRITORIES OF VILNIUS

S u m m a r y

Direct investigations of geodynamic processes in urbanized territories are complicated and expensive. There are two ways of solving the problem. The first way is to carry out detailed investigations in typical reference areas and to extrapolate the obtained results in a wider territory. Indirect investigations represent the second way. Thorough analysis of cartographic material is one of the indirect methods of investigation. GIS, comparison of maps of different themes, field mapping, and monitoring can help to accomplish the cartographic analysis. The data obtained by the mentioned methods enable to evaluate the degree of relief stability in various urban areas and to forecast the intensity of unwanted geodynamic processes entailed by anthropogenic activity.

From the point of view of geomorphological structure, the environs of Vilnius belong to the domain of continental accu-

mulation. Vilnius is situated in four orographic regions whose surface was formed by cryogenic, periglacial limnic, fluvioglacial, fluvial and other processes during the glaciations of the Middle and Upper Pleistocene. Varying and complex geomorphological processes created the surface of Vilnius territory. These processes formed a complicated relief marked by a high vertical and horizontal structural variety. This kind of relief requires special consideration while planning the development of urban territories and urban structure.

The evaluation of the dynamics of the Vilnius city relief is based on instrumental measuring and data of cartometric studies. Recent investigations of the state and dynamics of Vilnius relief were carried out in morpholithogenetic areas of the city territory. The areas were selected based on relief genesis, its morphographic elements, morphometric indices and composition of deposits. The erosion potential of relief and relief energy indices were quantified in the morpholithogenetic areas. Detailed changes of relief were recorded in the reference areas by repeated precise levelling. Six levelling profiles were made in Ribiškės, Guriai, Kairėnai, Pylimėliai, Visoriai and Dobrovilė. Comparison of relief profiles from different periods allowed determining the thickness of the eroded layer and evaluating the intensity of dynamic processes in concrete points of localities.

The geodynamic stability of the territory was assessed in two aspects: energy potential and the intensity of the processes of erosion. Methods based on the evaluation of horizontal and vertical sections of relief were used for assessment of energy potential. The intensity of the potential erosion processes was evaluated according to the possible thickness of the removed layer of deposits. The assessment is related with the morphometric indices of the relief. Precise monthly levelling of the surface for assessment of erosion was done in the reference areas of different genetic types, age and morphometry of relief.

Precipitation is one of the major factors predetermining relief dynamics (erosion). Its distribution was evaluated in two aspects: amount and intensity. The quantitative dependence between the amount of precipitation and erosion intensity was determined.

Climate conditions are responsible for the kind, intensity of precipitation, thickness, duration of snow cover, the depth and duration of frozen ground, and surface and groundwater regime. These climate elements are among the major factors predetermining the slope stability. The slope stability is especially dependent on the intensity of rainfalls.

The strongest rainfalls of 2005 were recorded on May 5 and 6 (51.1 mm), May 12 and 13 (38.0 mm), August 6–10 (180.9 mm), and September 16 (19.7 mm). The rainfall of August 9 (85.1 mm) especially strongly affected the surface.

The intensity of the potential erosion processes was evaluated according to the potential thickness of the eroded layer. The index of potential erosion indicating the potential thickness of the eroded layer was determined in eleven areas of morphometric types of relief. On its basis, the territory of Vilnius is grouped into energy potential classes of erosion. The potential annual amount of eroded material reaches 1 000 000 m³. The possible negative impact of erosion on the surface is mitigated by protective measures

applied to urban land types. Protected territories of several types are distinguished: forests and parks, meadows and lawns, collective gardens and quarters of low houses, quarters of block-house quarters.

The index of potential erosion and the level of protection of the territory predetermine the area and density of transformed formations in different lithomorphogenetic types of relief. On its basis, the territory of the city was typified and a map of spatial distribution compiled:

Preserved relief: green zones of the city, water bodies and water protective belts. They are territories where urban activity does not take place. The intensity of erosion and deflation processes in them does not exceed 0.1 mm per year. Only sedimentation processes can take place in the water bodies and waterlogged areas (up to 10 mm per year).

Regenerating relief: intensively urbanized areas in flat and undulating plains where relief transformation is negligible (up

to 1 mm per year). Relief transformation is confined to smoothening of building sites, formation of the basement pit and trimming the area around the building site.

Urbodynamic relief: urbanized areas in dissected surface territories with a high level of surface transformation for building purposes (1–3 mm per year). Conditions for processes intensively transforming the surface (planar and stream erosion) are present in such areas.

Geodynamic relief: natural territories where erosion processes are intensive (more than 3 mm per year) and complementary protective measures are necessary in case of urbanization.

Assessment of instantaneous changes of relief allowed determining the dependence between the amount of precipitation and parameters of washouts at the roadsides. Washouts occur in the streets without solid pavement or sidewalks. The slope angle of only 1° and the catchment basin of atmospheric discharges of 0.2 ha are enough for their occurrence.