

UDK 528.92

## LIETUVOS ŽEMĖS PAVIRŠIAUS EROZIJOS MODELIAVIMAS IR KARTOGRAFAVIMAS TAIKANT GIS TECHNOLOGIJAS

Žydrūnas Dėnas<sup>1</sup>, Algirdas Kumetaitis<sup>2</sup>, Saulius Šliaupa<sup>1</sup>, Algimantas Zakarevičius<sup>2</sup>, Rasa Šliaupienė<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Vilniaus universitetas, Geologijos ir mineralogijos katedra, M. K. Čiurlionio g. 21/27, LT-03101 Vilnius, Lietuva,  
el. paštas: zydrunas.denas@gmail.com, sliaupa@geo.lt

<sup>2</sup>Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva,  
el. paštas: kumetaitis@gmail.com

<sup>3</sup>Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševčenkos g. 13, LT-03223 Vilnius, Lietuva,  
el. paštas: sliaupienė@geo.lt

Įteikta 2006 03 24, priimta 2006 06 07

**Santrauka.** Nuolatinis žemės paviršiaus plovimas ir su tuo susijusi dirvožemio erozija turi įtakos žmogaus ūkinei veiklai, ypač žemės ūkiui. Tai lemia būtinybę įvertinti erozijos pavojų tiek lokaliau, tiek regioniniu mastu. Erozija priklauso nuo daugelio veiksnių, kurių įtaka taip pat nevienoda. Straipsnyje pateikiama erozijos potencialo skaičiavimo metodika, remiantis GIS sistemomis, įvertinta erozijos rizika Lietuvos teritorijoje. Pradiniai parametrai pagrįsti daugiamečių lauko tyrimų rezultatais. Vieni iš pagrindinių veiksnių, lemiančių skirtingą erozijos potencialą, yra paviršiaus litologija, dirvožemio sudėtis, augmenijos tipas, – jie įvertinti modelyje. Ypač daug dėmesio skirta reljefo skaitmeninio modelio tobulinimui, nes reljefas yra vienas iš pagrindinių parametrų, lemiančių erozijos intensyvumą. Apskaičiuoti reljefo parametrai, tokie kaip šlaitų statumas, ekspozicija, polinkis. Modeliavimas parodė, kad paviršiaus erozijos didžiausios rizikos sritys yra Vakarų ir Rytų Lietuvos aukštumose.

**Prasminiai žodžiai:** erozija, dirvožemis, GIS, skaitmeninis reljefo modelis.

### 1. Įvadas

Dirvožemio erozijos mastą įvertinti svarbu planuojant žmogaus ūkinę veiklą, ypač žemės ūkyje. Paviršiaus nuplovimo mastui įtakos turi daugelis veiksnių. Ankstesnieji Lietuvos erozijos modeliai buvo pagrįsti pusiau kiekybinių priemonių taikymu [1]. Šio darbo tikslas buvo sukurti metodiką, kuri leistų atlikti kompleksinį erozijai įtakos turinčių veiksnių vertinimą. Pagrindiniai pradiniai duomenys apie vieno ar kito parametro įtaką erozijos spartai gaunami atliekant lauko tyrimus poligonuose, esančiuose įvairiose Lietuvos vietose [2, 3]. Pagrindiniai veiksniai, lemiantys dirbamos žemės plovimo ir erozijos mastą, yra dirvožemio tipas ir litologija, augmenija bei reljefas. Erozijos potencialo modelis buvo sudarytas taikant geografinės informacinės sistemas (GIS). Modelyje integruoti ir turiniu, ir forma skirtingi skaitmeniniai duomenys: CORINE žemės dangos GIS duomenų bazė, paviršiaus litologinis žemėlapis, sudarytas Lietuvos geologijos tarnyboje, bei reljefo skaitmeninis modelis (*DTM*, angl. *Digital Terrain Model*), sudarytas VĮ „GIS-Centras“. Modelis buvo gerokai patobulintas. Skaitmeniniai reljefo modeliai plačiai taikomi ne tik tokio pobūdžio tyrimams, jie vertingi ir sprendžiant daug kitų svarbių problemų [4–8].

### 2. Erozijos potencialo priklausomybės

Lietuvos dirvų erozijos rodiklis skaičiuojamas įvairiais metodais, taip pat remiantis lauko tyrimų ir

gamtinių procesų stebėjimų duomenimis bei laboratoriniais tyrimais [2, 3]. Erozijos koeficiento dydžiui įtakos turi įvairūs veiksniai, jų poveikis nevienodas. Vienas iš reikšmingiausių yra reljefas. Šio veiksnio įtakos koeficientas gali būti įvertintas remiantis A. Račinsko (1990) pateikta priklausomybe:

$$E_{TOP} = 0,09 * l + 1,62 * i + 0,18 * e - 1,46,$$

čia  $E_{TOP}$  yra erozijos potencialas ( $m^3/ha$ ),  $l$  – šlaito ilgis (m),  $i$  – šlaito polinkio kampas (laipsniais),  $e$  – šlaito ekspozicija (32 – rytinių šlaitų, 34 – vakarinių, 32 – i šiaurinių, 32 +  $i$  pietinių šlaitų).

Kiti svarbūs veiksniai yra litologija ir augmenijos tipas. Jų svoris įvertinamas [2]:

$$E_{LC} = B * [1 - (C - 0,23)],$$

čia  $E_{LC}$  – litologijos ir augmenijos įtaka erozijos potencialui,  $B$  – paviršiaus litologijos veiksnys,  $C$  – augmenijos veiksnys.

Klimato veiksniai ( $K$ ) visoje Lietuvoje taikyta ta pati konstanta  $K=1$ .

Suminis erozijos rodiklis skaičiuojamas integruojant aprašytuosius parametrus:

$$E_{TOTAL} = E_{TOP} * E_{LC} * K.$$

### 3. Metodai

Erozijos potencialo modeliavimas buvo atliktas *MapInfo Professional* GIS programine įranga bei *Vertical Mapper* programine įranga, išplečiančia *MapInfo* funkcionalumą rastrinių GIS duomenų kūrimo ir analizės priemonėmis.

Erozijos potencialo modelis buvo kuriamas, remiantis rastriniu (reguliaraus tinklelio taškinės matricos) GIS duomenų modeliu. Atliekant kompleksinį skirtingų parametrų modeliavimą, visi skaitmeniniai duomenys pirmiausia buvo paversti vienos formos: vienodo duomenų formato (*Vertical Mapper GRID*), koordinatų sistemos (LKS-94) bei rastrinių duomenų gardelės dydžio (50×50 m).

Skaitmeninis reljefo modelis buvo sukurtas *ESRI Arc/Info Workstation* programine įranga. *Arc/Info* priemonėmis šie duomenys buvo transformuoti į *ASCII GRID* formatą, o vėliau *Vertical Mapper* priemonėmis perkelti į *MapInfo* aplinką. Reljefo modelio gardelės dydis – 50 m. Šio žingsnio buvo laikomasi atliekant ir visus tolesnius erozijos potencialo skaičiavimus.

Kiti pirminiai skaičiavimuose naudoti GIS duomenys buvo vektorinės formos. Perkelti į *MapInfo* formatą, šie duomenys buvo transformuoti į rastrinę formą, nustatant rastro gardelės dydį 50×50 metrų. Duomenys transformuoti taikant *Vertical Mapper Region to Grid* funkciją.

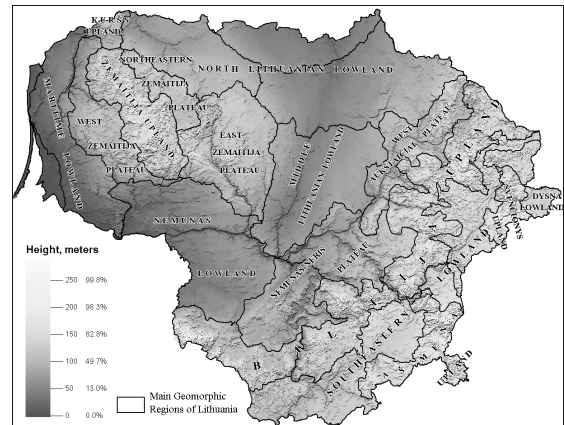
Erozijos potencialo skaičiavimai atlikti dviem etapais. Pirmuoju etapu buvo įvertinta reljefo įtaka. Šlaito statumas ir kryptis apskaičiuoti iš skaitmeninio reljefo modelio, taikant *Vertical Mapper* komandą *Create Slope & Aspect*. Šlaito statumas tolesniuose erozijos potencialo skaičiavimuose taikomas tiesiogiai. Skaičiuojant šlaito ekspozicijos veiksnį reikia žinoti ir šlaito kryptį, ir jo polinkio kampą. Šiauriniams, pietiniams, vakariniams ir rytiniams šlaitams (skirtinga ekspozicija) būdinga skirtingas erozijos potencialas. Taikant *Grid Query* funkciją pagal ekspozicijos rodiklį buvo išskirstyti keturi šlaitų poaibiai. Apskaičiavus šlaito ekspozicijos veiksnį kiekvienam posluoksniui, šie poaibiai sujungti, taikant *Vertical Mapper Splicer* komandą. Apytikslės šlaito ilgio Lietuvos teritorijoje reikšmės paimtos pagal [9].

Erozijos potencialas skaičiuotas *Vertical Mapper* priemonėmis. Erozijos potencialas, kurį lemia reljefo veiksnys, buvo dauginamas iš erozijos potencialo reikšmių, susijusių su dirvožemio litologija ir augmenijos pobūdžiu. Tam tikslui buvo skaičiuojama kiekvieno veiksnio svarba (svoris). Taikant *Grid Query* funkciją, buvo išrinkti panašios svarbos tinklelio elementai. Nustatyta kiekvieno išrinkto poaibio atitinkama svarba (svoris). Poaibiai *Vertical Mapper Splicer* komanda buvo suvesti į vieną rastrinį GIS duomenų sluoksnį. Suminis erozijos potencialas pagal dirvožemio litologiją ir augmenijos tipą nustatytas, taikant *Vertical Mapper Grid Calculator* funkciją.

### 4. Pagrindiniai veiksniai, lemiantys erozijos intensyvumą

#### 4.1. Reljefas

Vietovės reljefas yra svarbus veiksnys erozijos intensyvumui [10–13]. Paviršiaus altitudė Lietuvoje kinta nuo 0 m pajūryje iki beveik +300 m pietryčiuose. Rytinėje teritorijos dalyje skiriama Baltijos aukštuma, o vakaruose – Žemaitijos aukštuma (1 pav.). Tarp jų – Vidurio Lietuvos žemuma.



1 pav. Lietuvos reljefo skaitmeninis modelis ir pagrindiniai orografiniai rajonai

Fig 1. Digital terrain model and main geomorphic regions of Lithuania

Erozijos potencialui skaičiuoti naudota Lietuvos teritorijos skaitmeninio reljefo modelio (SRM) duomenys. Pirminiai SRM duomenys buvo VI „GIS-Centras“ 1996 m. pateiktas reljefo modelis. Šis modelis nepakankamai tikslus, ypač hidrografinių poligonų atžvilgiu, tad jį reikėjo gerokai tobulinti. Tam tikslui iš 1:50 000 mastelio topografinių žemėlapių buvo papildomai digitalizuoti aukščių matavimo taškai ir panaudoti 1:200 000 bei 1:50 000 mastelių gravitacinio lauko matavimo taškų altitudžių duomenys.

SRM duomenų tikslumas analizuotas pagal topografinius taškus, digitalizuotus iš 1:10 000 mastelio kartografinių žemėlapių. Taškų tankis yra vienas taškas kvadratiniam kilometrui. Patikrinta daugiau kaip 64 000 taškų visoje Lietuvos teritorijoje (žr. lentelę).

1999 m. SRM buvo patobulintas, papildant jį hidrografinio tinklo duomenimis (žr. lentelę). Ežerų poligonai prilyginti plokštiems paviršiams, o hidrografinių objektų kontūrai buvo prijungti kaip aukščių kontūrų linijos. Interpoliacija atlikta ANUDEM metodu (Australijos nacionalinis universitetas). ANUDEM metodu taikoma kriginio interpoliacija ir atsižvelgiama į hidrografines linijas bei poligonus. Taikant šį interpoliacijos metodą patikslinta Lietuvos teritorijos SRM, tačiau sritys šalia upių slėnių su stačiais šlaitais liko problemiškos. Šioms vietoms detalizuoti papildomai buvo digitalizuota daugiau kaip 1600 taškų išilgai pagrindinių Lietuvos upių slėnių. Atitinkamai perskaičiuota nauja SRM versija, į kurią įtraukti

Skirtingų metų Lietuvos SRM parametrai  
Parameters of Lithuanian DTM of different epochs

Statistiniai duomenys	SRM 1996 m.	SRM 1999 m.	SRM 2000 m.
Taškų skaičius	64 451	64 451	64 450
Vidurkis	-0,8	0,0	0,5
Dispersija	9,0	9,1	8,8
Standartinis nuokrypis	3,0	3,0	3,0
Minimumas	-27,0	-27,0	-29,0
Maksimumas	29,0	30,0	30,0
Asimetrija	0,0	-0,1	0,1
Perviršis	5,6	4,5	4,9

digitalizuoti taškai, aukščių kontūrų linijos ir taškai bei hidrografiniai poligonai. Pateikta SRM versija yra gerokai patikslinta, palyginti su 1996 m. versija (žr. lentelę). Galutinis Lietuvos teritorijos reljefo modelio patikslinimas atliktas, į SRM skaičiavimus papildomai įtraukus per 126 tūkstančius gravitacinio lauko taškų altitudžių.

Erozijos potencialui gauti taikyti trys reljefo parametrai: šlaito statumas, šlaito ekspozicija ir šlaito ilgis, apskaičiuoti pagal naują (patikslintą) SRM.

#### 4.2. Po dirvožemiu slūgsančių uolienų litologija

Dirvožemio litologinė sudėtis turi didelės įtakos erozijos potencialui, nes skirtingi nuogulų tipai yra nevienodai atsparūs erozijai. Litologijos veiksnys buvo skaičiuojamas, remiantis kvartero Lietuvos geologiniu M 1:200 000 žemėlapiu [14].

Pagal dirvožemio sudėtį išskirtos keturios klasės: (1) smėlingasis dirvožemis, (2) smėlingasis priemolis, (3) molingasis dirvožemis bei (4) durpės. Kiekvienai klasei priskirtas atitinkamas svoris erozijos procese [2]. Smėlingųjų ir molingųjų uolienų litologijos veiksnys priklauso ir nuo šlaito statumo. Smėlingosioms uolienoms būdingos didžiausiosios reikšmės (1,5), jos susijusios su stačiais šlaitais ( $>15^\circ$ ), o mažiausiosios reikšmės (0,7) būdingos lygumoms ( $<3^\circ$  polinkio). Molingųjų uolienų ši priklausomybė atvirkščia: didžiausiosios reikšmės (1,4) būdingos lygumoms, o mažiausiosios (1,1) nustatytos stačių šlaitų. Priesmėliui skirta reikšmė 1. Šio litologinio tipo atveju šlaito statumas neturi įtakos. Durpynų erozijos potencialas paprastai esti nulinis, čia vyksta priešingas erozijai procesas – sedimentacija.

#### 4.3. Augmenijos tipas

Augmenijos pobūdis lemia erozijos intensyvumą, nes augalija sumažina erozijos potencialą, palyginti su atviru dirvožemiu. Dangos veiksnys buvo skaičiuojamas remiantis Lietuvos teritorijos CORINE žemės dangos (mastelis 1:100 000) GIS duomenų baze [15, 16]. Visi dangos duomenys sugrupuoti į keturias klases: (1) miškų ir pievų, (2) sodų, (3) dirbamos žemės sričių (4) vietovių be augalinės dangos. Kiekvienai klasei suteiktos

skirtingos reikšmės: miškams ir pievoms – 1; sodams – 0,5; dirbamos žemės sritims – 0,25; vietovėms be augmenijos dangos (karjerai, išdegusios sritys, jūros pakrantės kopos ir kt.) – 0,1. Urbanizuotos sritys nebuvo įtrauktos, nes jose dominuoja žmogaus veikla, kurios pobūdį sunku įvertinti.

### 5. Modeliavimo rezultatai

Kaip jau minėta, modeliavimas atliktas dviem etapais. Pirmiausia buvo įvertinta reljefo įtaka. Šlaitų statumas Lietuvos teritorijoje dažniausiai kinta  $0^\circ$ – $1^\circ$  intervalu (2 pav.). Statūs šlaitai (polinkio reikšmės siekia iki  $19^\circ$ ) būdingi upių slėniams ir raižyto reljefo aukštumoms. Atitinkamai didesnis erozijos potencialas nustatytas vakarinėje ir rytinėje Lietuvos dalyje.

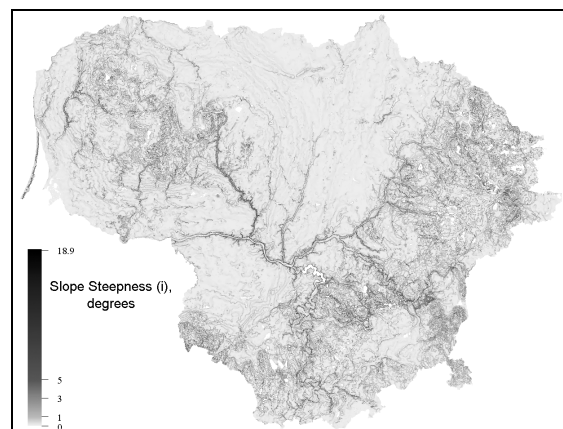
Ekspozicijos veiksnys kinta nuo 15 iki 45 (3 pav.). Vyraujančios reikšmės yra 32–33. Didesnės reikšmės būdingos Žemaitijos aukštumos vakariniam šlaitui ir Vidurio Lietuvos lygumos rytinei daliai.

Antruoju modeliavimo etapu buvo įvertinti dirvožemio litologijos ir paviršiaus dangos veiksniai. Dirvožemio veiksnys (*B*) kinta priklausomai nuo uolienų litologijos, kuri savo ruožtu yra glaudžiai susijusi su reljefu. Didesnės (iki 1,5) reikšmės būdingos šiaurinei Lietuvos daliai, o minimalios (0,7–0,8) vyrauja pietinėje Lietuvos dalyje (4 pav.).

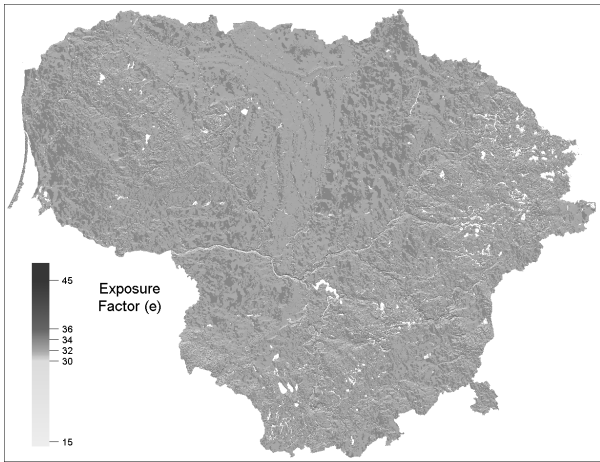
Erozijos potencialo reikšmės, priklausančios nuo reljefo veiksnio, dažniausiai yra 7–9  $m^3/ha$  per metus. Didesnės reikšmės, viršijančios 10–15  $m^3/ha$  per metus, būdingos aukštumoms (5 pav.). Didžiausiosios reikšmės – didžiųjų upių slėnių.

Paviršiaus dangos veiksnio svoris yra mažesnis, Lietuvos teritorijoje – 0,25–0,3. Sričių, kurioms būdingos didesnės (arti 1,0) reikšmės, pasitaiko rečiau, jos dažnesnės rytinėje ir pietrytinėje Lietuvos dalyje (6 pav.).

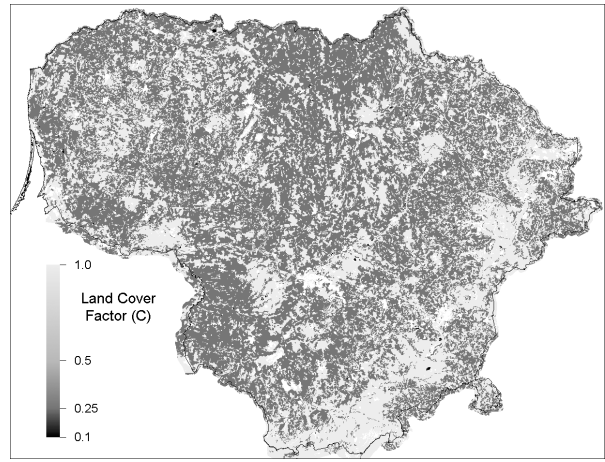
Apskaičiuotosios veiksnų skaitinės reikšmės buvo integruotos pagal anksčiau pateiktą lygtį. Suminis erozijos potencialas Lietuvos teritorijoje kinta nuo 0,12 mm iki 3,5 mm per metus (7 pav.). Mažiausios erozijos reikšmės ( $<1$  mm per metus) nustatytos Rytų, Pietryčių, Pietvakarių ir Centrinėje Lietuvoje. Didelės erozijos reikšmės būdingos aukštumoms ir ypač upių slėniams (8 pav.).



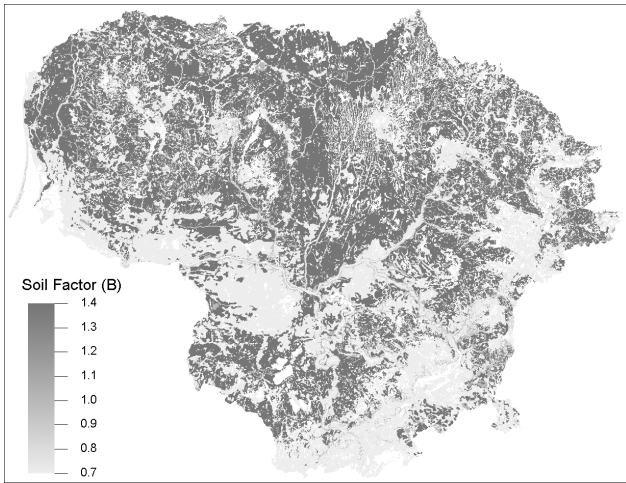
2 pav. Šlaitų statumo žemėlapis  
Fig 2. Slope steepness factor



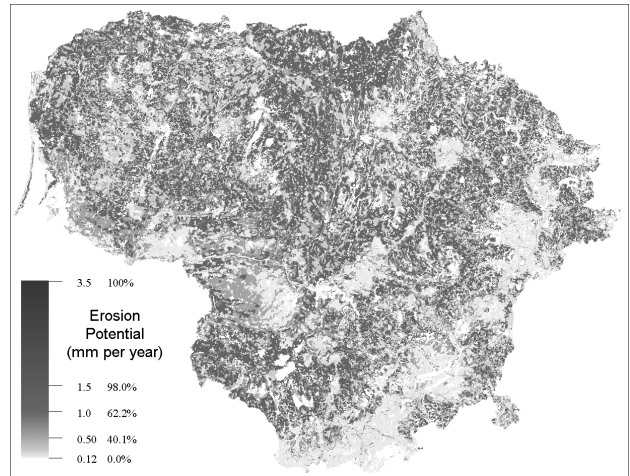
**3 pav.** Šlaitų ekspozicijos žemėlapis  
**Fig 3.** Slope exposure factor



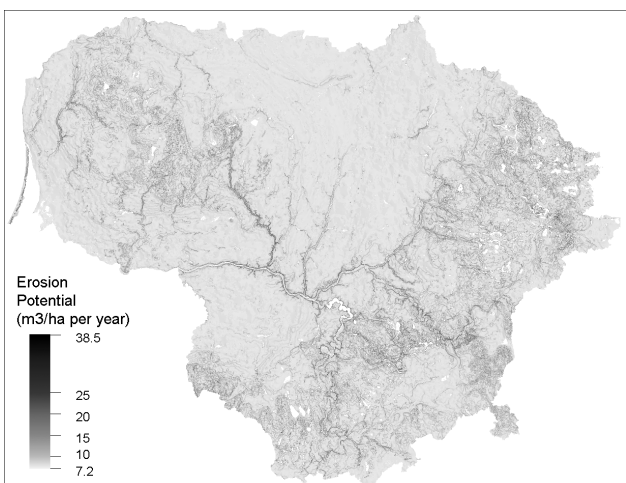
**6 pav.** Erozijos potencialas, nulemtas paviršiaus dangos veiksnio  
**Fig 6.** Land cover factor



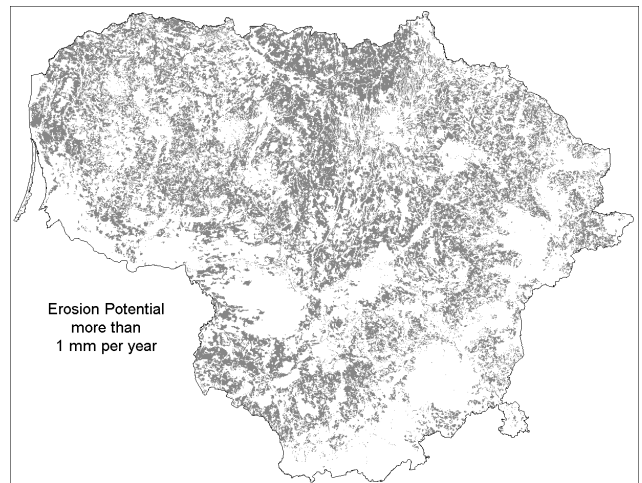
**4 pav.** Erozijos potencialo lygis, lemiamas dirvožemio litologijos veiksnio  
**Fig 4.** Sub-soil lithology factor



**7 pav.** Lietuvos erozijos potencialas  
**Fig 7.** Erosion potential of Lithuania



**5 pav.** Erozijos potencialas, susijęs su reljefo veiksniumi  
**Fig 5.** Erosion potential, considered by topography factor



**8 pav.** Teritorijos, kuriose erozijos potencialas viršija 1 mm/m  
**Fig 8.** Erosion potential higher than 1 mm per year

## 6. Išvados

Taikyti GIS, modeliuojant erozijos potencialą, labai efektyvu. Pagrindinis šio metodo privalumas yra rezultatų tikslumas, nepaisant nagrinėjamos teritorijos dydžio, duomenų kiekio ir veiksmų gausos. Tikslumas priklauso tik nuo pradinių duomenų tikslumo [17]. Veiksmų įtakos įvertinimo tikslumą lemia parametrų nustatymas pagal lauko bandymų, stebėjimų bei laboratorinių eksperimentų rezultatus. Taigi modelį galima nesunkiai atnaujinti, atsiradus daugiau duomenų.

Apskaičiuotasis modelis rodo žymius įvairių Lietuvos vietų erozijos potencialo skirtumus. Erozijos reikšmės kinta nuo 0,1 mm iki 3,5 mm per metus. Mažiausios erozijos reikšmės (<1 mm per metus) nustatytos Rytų, Pietryčių, Pietvakarių ir Centrinėje Lietuvoje. Didžiausios reikšmės būdingos aukštumoms ir ypač upių slėniams.

## Padėka

Ž. Dėno darbas yra dalis jo doktorantūros darbo Vilniaus universitete. A. Kumetaičio tyrimai – doktorantūros studijų Vilniaus Gedimino technikos universitete dalis.

## Literatūra

1. Česnulevičius, A. Intensity of the geodynamic processes affecting the Lithuanian relief. *Litosfera*, No 2. Vilnius: Institute of Geology, 1998, p. 157–164 (in Lithuanian).
2. Račinskas, A. Soil erosion (Dirvožemio erozija). Vilnius: Mokslas, 1990. 135 p. (in Lithuanian).
3. Jankauskas, B. Soil erosion (Dirvožemio erozija). Vilnius: Margi raštai, 1996. 167 p. (in Lithuanian).
4. Pennock, D. J.; Zebarth, B. J.; De Jong, E. Landform classification and soil distribution in hummocky terrain, Saskatchewan, Canada. *Geoderma*, Vol 40 (3–4), 1987, p. 297–315.
5. Moore, I. D.; Gessler, P. E.; Nielsen, G. A.; Peterson, G. A. Soil attribute prediction using terrain analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 57 (2), 1993, p. 443–452.
6. Beven, K. J.; Lamb, R.; Quinn, P.; Romanowicz, R.; Freer, J. Topmodel. In: Singh, V. P. (Ed.), *Computer Models of Watershed Hydrology*. Colorado: Water Resources Publications, 1995. 1144 p.
7. Le Bissonnais, Y.; Montier, C.; Jamagne, M.; Daroussin, J.; King, D. Mapping erosion risk for cultivated soil in France. *Catena*, No 46, 2001, p. 207–220.
8. Florinsky, I. V.; Eilers, R. G.; Manning, G. R.; Fuller, L. G. Prediction of soil properties by digital terrain modeling. *Environmental Modelling & Software*, No 17, 2002, p. 295–311.
9. Česnulevičius, A.; Minkevičius, V.; Mikalauskas, A.; Biaconis, M.; Mikutienė, L. Morphometry of Lithuanian SSR. *Geographia Lithuanica* (Geografijos metraštis), Vol 17. Vilnius, 1984, p. 36–42 (in Russian).
10. Jenny, H. Derivation of state factor equations of soils and eco-systems. *Soil Science Society of America Proceedings*, Vol 25 (5), 1961, p. 385–388.
11. Huggett, R. J. Soil landscape systems: a model of soil genesis. *Geoderma*, Vol 13 (1), 1975, p. 1–22.
12. Gerrard, A. J. Soils and Landforms. In: *An Integration of Geomorphology and Pedology*. London: George Allen and Unwin, 1981. 219 p.
13. Gessler, P. E.; Moore, I. D.; McKenzie, N. J.; Ryan, P. J. Soil-landscape modelling and spatial prediction of soil attributes. *International Journal of Geographical Information Systems*, Vol 9 (4), 1995, p. 421–432.
14. Guobyte, R. Geological map of Lithuanian quarter. *Geological horizons (Geologijos akiračiai)*, Vol 1/99, 1999, p. 7–16 (in Lithuanian).
15. EEC, CORINE soil erosion risk and important land resources in the southern regions of the European Communities. Brussels, 1992. 97 p.
16. EEC, CORINE Land Cover. Guide technique. Brussels, 1993. 144 p.
17. King, D.; Fox, D.; Daroussin, J.; Le Bissonnais, Y.; Daneels, V. Upscaling a simple erosion model from small area to a large region. *Nutr. Cycling Agroecosyst.*, Vol 50, 1998, p. 143–149.

---

**Saulius ŠLIAUPA**. Doctor Habil. Vilnius University. Dept of Geology and Mineralogy, M. K. Čiurlionio g. 21/27, LT-03101 Vilnius, Lithuania (Ph +370 5 210 4698, Fax +370 5 210 4695), e-mail: sliaupa@geo.lt. Published 3 monographs, more than 100 scientific papers, participated in many intern conferences. Research interests: regional geology, tectonics, geodynamics, lithology, petrophysics.

---

**Žydrūnas DĖNAS**. MSc. Vilnius University. Dept of Geology and Mineralogy, M. K. Čiurlionio g. 21/27, LT-03101 Vilnius, Lithuania (Ph +370 5 239 8200, Fax +370 5 239 8204), e-mail: z.denas@it.lt. PhD student of the Dept of Geology and Mineralogy of the Vilnius University, Lithuania. Published several publications, participated in some intern conferences. Research interests: application and development of GIS systems.

---

**Rasa ŠLIAUPIENĖ**. MSc. Institute of Geology & Geography, T. Ševčenkos g. 13, LT-03223 Vilnius, Lithuania (Ph +370 5 210 4690, Fax +370 5 210 4695), e-mail: sliaupiene@geo.lt. Junior Research Associate of the Department of Bedrock Geology of the Institute of Geology & Geography, Lithuania. Published several publications. Research interests: regional geology.

---

**Algirdas KUMETAITIS**. MSc. Vilnius Gediminas Technical University. Dept of Geodesy and Cadastre, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania (Ph +370 699 23308), e-mail: kumetaitis@gmail.com. Senior GIS engineer UAB “Bitė Lietuva”, Lithuania. Published several publications. Research interests: digital terrain modeling, development of GIS systems.