

Empirinių modelių panaudojimas dirvožemių erozingumo įvertinimui Lietuvoje

Jonas Mažvila,

Gediminas Staugaitis,

Ginutis Jokūbas Kutra,

Benediktas Jankauskas

*Lietuvos agrarinių ir miškų
mokslų centro filialas*

*Agrocheminių tyrimų laboratorija,
Savanorių pr. 287, LT-50127 Kaunas
El. paštas: mazvila@agrolab.lt*

Lietuvoje, vertinant dirvožemio erozijos intensyvumą, iki šiol daugiausia buvo remiamasi faktine, specialiose tyrimų aikštelėse atliktų matavimų medžiaga. Išnagrinėję Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro (LAMMC) filialo Kaltinėnų bandymų stoties daugiamečių nuoplovos tyrimų aikštelėse rezultatus (1983–2000), įvertinę eroduotus plotus 14 tipinių objektų, atstovaujančių atskiriems regionams, bei atlikę skaičiavimus pagal empirinius (PESERA, USLE, RUSLE ir kt.) modelius, nustatėme, kad labiausiai faktinius tyrimo duomenis ($R^2 = 0,79$) atitinka pagal RUSLE ($A = (R + R_s) \times K \times SL \times C$; čia A – nunešamo dirvožemio kiekis, R – kritulių, R_s – vandens atsargų sniege, K – dirvožemio savybių, SL – šlaito ilgio ir nuolydžio, C – augalų antierozinės gebos indeksai-koeficientai) gauti skaičiavimo rezultatai. Turint šalyje išsamią dirvožemių tyrimų medžiagą, siūlome papildyti RUSLE modelį Lietuvos sąlygoms nuardytų plotų dalį dirvožemio kontūre įvertinančiu koeficientu – D_E . Nustatyti kritulių erozingumo indeksai (R): Žemaičių aukštumai – 41,9, Baltijos Pietryčių aukštumai – 45,7, Baltijos Rytų aukštumai – 48,5, vidutinis Lietuvai – 45,4. Išnagrinėjęs tirtų tipinių objektų dirvožemių žemėlapius, dirvožemio granulimetrinės sudėties, humuso kiekio turimus duomenis ir naudodamiesi USLE modelio algoritmais, mūsų sąlygomis nustatyti atskirų šalies zonų įvairios granulimetrinės sudėties dirvožemių erozingumo koeficientai (K), kurie mažiausi yra Baltijos Pietryčių aukštumos smėliuose (0,02), didžiausi – Vidurio Lietuvos dulkiškuose sunkesnės granulimetrinės sudėties dirvožemiuose – 0,59. Panaudojus LAMMC filialo Kaltinėnų bandymų stoties tyrimų duomenis apie erozijos intensyvumą įvairiais augalais užimtuose plotuose, nustatyti auginamų augalų įtakos koeficientai (C): juodajam pūdymui – 1, kaupiamiesiems augalams – 0,87, vasariniams javams – 0,37, žieminiams javams – 0,09, daugiamečioms žolėms – 0,0004.

Kiekvieno žemės naudotojo plotus erozijos pasireiškimo požiūriu skirstyti: a) ištiesai erozijos veikiami (eroduotų dirvožemių >70 %); b) vyrauja eroduoti plotai (51–70 %); c) didelio erozijos paplitimo (31–50 %); d) vidutinio erozijos paplitimo (16–30 %); e) mažo erozijos paplitimo (eroduotų iki 15 %). Pagal nunešamo dirvožemio kiekį išskirtos šios erozingumo grupės: a) labai didelio erozingumo – 100 ir daugiau $t\ ha^{-1}$; b) didelio – 40,1–100; c) vidutinio – 10,1–40; d) mažo – 2,1–10; e) labai mažo – iki 2 $t\ ha^{-1}$. Teritorijas, kuriose dirvožemių erozingumas mažesnis (1–2 $t\ ha^{-1}$), laikyti erozijos požiūriu toleruotinomis (TER), o didesnėms už toleruotiną ribą teritorijoms siūlome ruošti su aplinkos apsaugos tarnybomis suderintus antierozinių priemonių planus-projektus.

Raktažodžiai: dirvožemio erozija, dirvožemio erozingumo įvertinimo metodai, RUSLE metodas, antierozinių priemonių planas

ĮVADAS

Dirvožemio erozija yra viena didžiausių pasaulio aplinkosaugos problemų, sukeliančių naudojamų žemių ir jose auginamų augalų produktyvumo netektį. Dėl jos (Fullen, Catt, 2004; Morgan, 2006) eroduotiems dirvožemiams būdingas menkas struktūringumas, mažas organinių medžiagų kiekis, blogos

sąlygos augalų šaknų augimui ir labai sumažėjęs produktyvumas (Frye et al., 1982; Lindstrom et al., 1994). Vandeninė erozija nulemia ariamų dirvožemių degradacijos procesus, sunaikinusius 56 % pasaulio ariamų žemių (Djorovic, 1999).

D. Pimentel (2006), apibendrinęs 125 šaltinių statistinę medžiagą, nurodo, kad kasmetiniai dirvožemio erozijos daromi nuostoliai dėl dirvožemio derlingumo mažėjimo ir

vandens telkinių taršos siekia apie 400 mlrd. JAV dolerių. Dėl dirvožemio erozijos netenkama dirvožemio kiekiai JAV yra 10 kartų, o Kinijoje ir Indijoje 30–40 kartų didesni, palyginti su natūraliai atsistatomo dirvožemio kiekiu. Kaip teigiama šiame šaltinyje, per pastaruosius 40 metų 30 % pasaulio ariamų žemių dėl dirvožemio erozijos tapo nederlingomis. Apie 60 % nuplauto dirvožemio patenka į vandens telkinius juos užteršdamas maisto medžiagomis ir pesticidų liekanomis. Per pastaruosius 50 metų dirvožemio erozija Rusijoje padidėjo 30 kartų, todėl auginamų augalų produktyvumas sumažėjo 50–60 % (Andronikov, 2000).

Europos Sąjungoje skiriama daug dėmesio tiek erozijos intensyvumo daromos žalos įvertinimui, tiek priemonėms jai sumažinti (Knijff, Jones, Montanarella, 2000). Vien kaimyninėje Lenkijoje apie 2 180 000 ha plote yra erozijos pasireiškimo rizika (Wawer et al., 2006). Šioje šalyje atlikus tyrimus (Rejman, Rodzik, 2006) nustatyta, kad įvairaus dydžio baseinuose liūčių metu nuplauto dirvožemio kiekiai siekia 240–1 250 t km⁻², iškritus iki 60 mm kritulių, ir 4 000–10 000 t km⁻², iškritus daugiau negu 100 mm kritulių. Dirvožemio erozijos daromos žalos aktualumas akcentuojamas ir centrinėje Vokietijos dalyje (Muhle, Meyer, Grabaum, 2002). Erozijai sumažinti rekomenduojamas daugiavilkinis klausimo sprendimas, apimant dirvožemio eroziją, nuotėkio reguliavimą ir žemių produktyvumo palaikymą.

Nuostoliai dėl žemės ūkio augalų derlingumo ir dirbamos žemės plotų sumažėjimo verčia intensyviai žemdirbystę, o tai savo ruožtu, netaikant apsaugos priemonių, sudaro prielaidas dirvožemio erozijai intensyveti.

Nors Lietuvoje, palyginti su daugeliu šalių, erozija pasireiškia mažiau, dirbamų žemės plotų bei jų derlingumo mažėjimas pasauliniu mastu privers ateityje didinti žemės ūkio produkcijos gamybą, intensyviau naudojant žemės ūkio naudmenas bei mažinant žaliųjų plotus. Kintančiomis ekonominėmis gamybinėmis sąlygomis Lietuvoje svarbu nekartoti tų klaidų, kurios buvo padarytos labai suintensyvintos žemės ūkio gamybos šalyse. Jų patirtis rodo, kad antierozinės priemonės aplinkosauginiu-ekonominiu požiūriais efektyviausios būna, kai atsižvelgiama į vietos gamtines klimato sąlygas bei žemdirbystės tradicijas (Soil erosion..., 2008; Elegersma, 2010). Atstatyti eroduotų dirvožemių derlingumą yra daug sunkiau negu išvengti erozijos (Morgan, 2006; Bojie Fu, 2007). Taisant antierozines priemones, tenka skaitytis su ekonominiais aplinkosaugos reikalavimais bei žemdirbių patirtimi. Saugant dirvožemį, kartais tenka apriboti gamybos intensyvumą. Dėl to gali sumažėti siekiama ekonominė nauda. Optimaliam pasirinkimui reikalingi kiekvieną konkretų atvejį atitinkantys moksliskai pagrįsti kriterijai, realus plotų erozingumo įvertinimas pagal daugybę tų procesų sąlygojančių veiksnių.

Vidutiniais Kaltinėnų bandymų stoties 18-os (1983–2000) metų tyrimų duomenimis, nuo Žemaičių aukštumos skirtingo statumo šlaitų dėl vandeninės erozijos kasmet netenkama: 4,9–13,2 t ha⁻¹ dirvožemio auginant žieminius rugius, 13,9–41,7 t ha⁻¹ auginant vasarinius miežius, 37,3–134,2 t ha⁻¹ auginant bulves. Daugiametės žolės visiškai sulaukė dirvožemio

ardymą vandeniui. Šešialaukėje sėjomainoje, kur buvo po vieną lauką žieminių javų ir bulvių ir po du laukus miežių bei dobilų–motiejukų mišinio, kasmet netekta po 9,9–32,2 t ha⁻¹ dirvožemio. Antierozinės žolių–javų sėjomainos (su 66,7 % žolių) sumažino dirvožemio nuostolius nuo periodiškai dirbamų šlaitų 74,7–79,5 %, o javų–žolių sėjomainos (su 33,3 % žolių) 22,7–24,2 %, palyginti su dirvožemio nuostoliais nuo lauko sėjomainos augalais užimtų šlaitų (Jankauskas, Jankauskienė, 2004; Jankauskas, Jankauskiene, Fullen, 2004; Jankauskas, Jankauskienė, Tiknius, 2007).

Daugiau kaip prieš šimtmetį iškilo dilema, kaip įvertinti dirvožemio eroziją, esant įvairiam žemės naudojimui. Tokių tyrimų pradininkas vokiečių mokslininkas Evald Wolny, dirvožemio eroziją tyręs paskutiniame XIX a. dešimtmetyje, kaip pažymi L. D. Meyer (Meyer, 1984), nagrinėjo pagrindinius eroziją sąlygojančius veiksnius: šlaitų statumą ir ekspoziciją, augalų dangą, dirvožemio tipą, dirvožemių fizikines savybes, lemiančias vandens nuotėkį ir dirvožemio erozijos intensyvumą.

Išsamiausi tyrimai, privedę prie plataus erozijos intensyvumo vertinimo bei antierozinių priemonių taikymo, buvo atlikti JAV mokslininkų, glaudžiai bendradarbiaujant su šios šalies Aplinkos ir Žemės ūkio ministerijomis, Dirvožemio apsaugos ir kitomis tarnybomis. Dėl didelių erozijos pasireiškimo mastų, akivaizdžiai matant daromą žalą, JAV buvo įrengtas tankus (apimantis visus šalies regionus) erozijos stebėjimo aikštelių tinklas. Jame sukaupta daugybė natūrinių erozijos stebėjimo duomenų, kurių analizė padėjo sukurti laukų erozingumo įvertinimo metodiką, plačiai taikomą ne tik JAV, bet ir Europoje bei kitur. Metinį nunešamo dirvožemio kiekį, atsižvelgus į šlaitų nuolydį ir ilgį, JAV pradėjo skaičiuoti R. W. Zingg (1940), D. D. Smith (1941), D. D. Smith ir D. M. Whitt (1947), G. M. Browning ir C. L. Parish (1947) formulę papildė įtraukdami augalų, dirvožemio, saugaus žemės dirbimo bei kitus parametrus, turinčius įtakos erozijos intensyvumui. 1965 m. sukurta, o 1978 m. patobulinta universali dirvožemio praradimo įvertinimo lygtis (*Universal Soil Loss Equation* – USLE) (Wischmeier, Smith, 1978). Ši lygtis dar buvo tobulinama, nekeičiant jos struktūros, ir pavadinta RUSLE (Renard, Foster, Weesies et al., 1997).

Lietuvos Pietryčių kalvotomis sąlygomis A. Račinskas USLE formulę, prognozuojant laukų erozingumą, panaudojo ir palygino su natūrinių matavimų duomenimis (Račinskas, 1990).

Dirvožemio erozingumo įvertinimo tyrimai reikalingi tiesioginiams žemės naudotojams, siekiantiems išvengti nuostolių dėl dirvožemio ardymo, taip pat vyriausybinėms institucijoms, atsakingoms už gamtos išteklių apsaugą bei racionalų naudojimą. Straipsnyje pateiktais laukų erozingumo tyrimų duomenimis galima pasinaudoti planuojant ir įgyvendinant antierozines priemones skirtinguose šalies regionuose bei įvertinant erozijos intensyvumą, atsižvelgus į ją sąlygojančius veiksnius keičiantis ūkininkavimo ir klimato sąlygomis.

Tyrimų tikslas – nustatyti eroduotų plotų išskyrimo pagal erozijos pasireiškimo intensyvumą kriterijus bei parinkti labiausiai faktinius tyrimo duomenis atitinkantį mo-

delį, pateikiant koeficientus Lietuvos sąlygoms, panaudojus per daugelį metų sukauptą dirvožemių tyrimų medžiagą (Dirv._DB10LT), daugiamečius (1983–2000) erozijos tyrimų duomenis, sukauptus LAMMC filiale Kaltinėnų bandymų stotyje, įvertinus tipinių objektų, atstovaujančių atskiriems regionams, tyrimus bei atlikus skaičiavimus pagal empirinius modelius.

TYRIMŲ SĄLYGOS IR METODIKA

Erodojamų dirvožemių objektų parinkimui išnagrinėjome Žemaičių aukštumos, Pajūrio ir Lietuvos Vidurio lygumų, Baltijos aukštumų ir Pietryčių Lietuvos regionų ūkio subjektams sudarytus M 1 : 10 000 skaitmeninius dirvožemio žemėlapius (VŽF Dirv._Db_10LT), dirvožemio žemėlapius (jei dar nesudaryti skaitmeniniai), to paties mastelio hipsometrinius žemėlapius. Remdamiesi minėtais žemėlapiais, mūsų atliktais ekspediciniais tyrimais bei literatūros šaltiniais, parinkome Žemaičių aukštumą, Lietuvos Vidurio lygumą, Baltijos aukštumas ir Pietryčių Lietuvą reprezentuojančias tipingas vietas (pav., 1 lentelė).

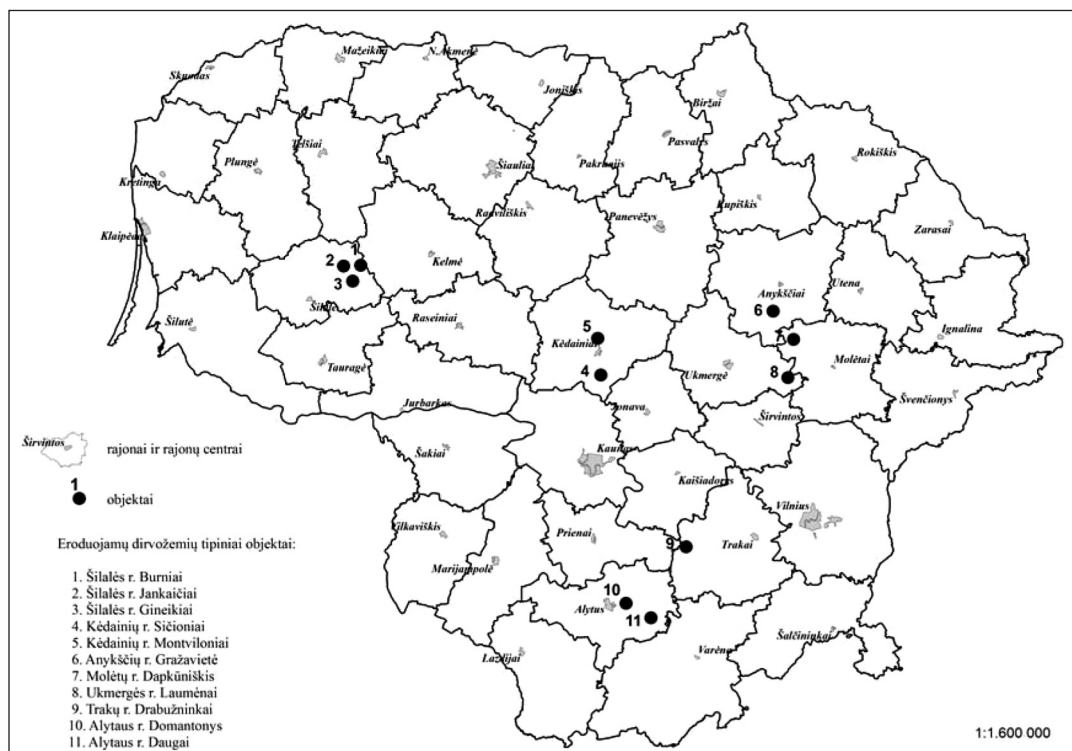
Vakarų Lietuvoje kalvočiausia ir neatspariausia dirvožemio erozijai yra Vidurio Žemaičių aukštuma. Joje išsiskiria Luokės–Kaltinėnų mikrorajonas, kuriame didesnius plotus užima stambiai ir stačiai kalvotas reljefas su 8–12° ir didesnio nuolydžio bei 100 m ir ilgesniais šlaitais. Šiame mikrorajone antierozinėms priemonėms paruošti ekspedicinių tyrimų pagrindu buvo parinkti Burnių (1) ir Jankaičių (2) tipiniai objektai su skirtingomis dirvožemio ir erozijos pasireiškimo

sąlygomis. Tuose objektuose vyrauja smėlingų priemolių, rečiau priemėlių ir smėlių dirvožemiai su tarpukalvėse pasitaikančiais durpžemiais ar šlynžemiais, kur menkai, vidutiniškai ar smarkiai eroduotų dirvožemių yra 20–50 %. Gineikių (3) objektas atstovauja pietinio Žemaičių aukštumos šlaito mikrorajonui, kuriame vyrauja vidutiniškai kalvotas, gūbriuotas pakraštinių ledyninių darinių reljefas su kiek žemesnėmis kalvomis, trumpesniais, bet įvairaus nuolydžio šlaitais.

Vidurio Lietuvoje didžiausius plotus sudaro moreninės, limnoglacialinės ir fluvioglacialinės lygumos, kuriose vandėninė dirvožemio erozija dažniausiai nėra aktuali, ji pasireiškia tik priuopinių šlaitų ir jų sistemų ruožuose, esančiuose prie didesnių upių (Nemuno, Nevėžio, Mūšos ir kt.), kartais su stačiais, kitur vidutinio statumo nevienodo ilgio šlaitais, o prie mažesnių upelių – su mažesniais šlaitais. Šių plotų detalesniam apibūdinimui ir plotų erozavimo metodikos pagrindimui buvo parinkti 2 objektai: Kėdainių r. Sičionių (4) ir Montvilionių (5).

Baltijos aukštumų kalvotose vietovėse parinkti 3 objektai. Parenkant vieną tipinių objektų Baltijos aukštumose siekta, kad jame būtų ilgoki ištisiniai šlaitai, vėliau pereinantys į senslėnius, ir juose būtų mažesni upeliai, surenkantys skendinčias daleles nuo įvairaus statumo šlaitų. Tokį objektą parinkome Anykščių r. Gražavietės (6) kadastrinėje vietovėje, kitus du – kalvotuose plotuose Molėtų r. Dapkūniškio (7), Ukmergės r. Laumėnų (8) kadastrinėse vietovėse.

Dzukų aukštumose dirvožemio erozijos pasireiškimo intensyvumas tyrinėtas Drabužnikų, Daugų ir Domantonių objektuose. Drabužnikų (9) objektas parinktas Trakų rajone,



Pav. Erodojamų dirvožemių tipiniai objektai
Figure. Main research areas of eroded soils

1 lentelė. Erozingumo įvertinimui parinktų plotų charakteristika

Table 1. Main features of areas selected for erodibility evaluation

Vietovė Location	Nagrinėtas plotas ha Koordinatės Examined area, ha Coordinates	Erodotų dirvų % kontūruose % of eroded soils on soil maps	Vyraujanti dirvožemio granu- liometrinė sudėtis Prevailing soil texture	Erodotų dirvožemių ha Eroded soils, ha	Šlaitų nuolydžiai (S) % Mean gradients of eroded slopes (S), %	Erodotų šlaitų ilgiai (L) m Mean length (L) of eroded slopes, m	Topografinis erozingumo indeksas LS Topographic index of erodibility LS
Šilalės r. Burniai / Šilalė district, Burniai	277,6 Š-404893 R-6164655	10–100	ps; p-p ₁ / p-p ₂	30,1	11,8–17,5	70–150	3,3–4,8
Šilalės r. Jankaičiai / Šilalė district, Jankaičiai	190,5 Š-399789 R-6162311	10–100	ps-p / p-p ₁	9,9	4,4–7,0	150–242	1,4–1,9
Šilalės r. Gineikiai / Šilalė district, Gineikiai	42 Š-405638 R-6156200	10–100	Ps-p ₁ / p-p ₂	5,7	6,3–12,8	68,3–78,8	1,1–3,1
Kėdainių r. Sičioniai / Kėdainiai district, Sičioniai	117,3 Š-494515 R-6115765	20–100	p-p ₁ / p ₁ -p ₂	51,0	5,5–13,4	52–232	1,1–2,9
Kėdainių r. Montviloniai / Kėdainiai district, Montvi- loniai	53,8 Š-496005 R-6123848	100	p-p ₁ / p-p ₁	13,7	3,4–15,2	75–110	0,5–4,0
Anykščių r. Gražavietė / Anykščiai district, Gražavietė	15,8 Š-569624 R-6145122	10–50	ps-p ₁ / p-p ₂	37,2	6,5–10,3	118–223,3	1,8–3,2
Molėtų r. Dapkūniškis / Molėtai district, Dapkūniškis	141,5 Š-575421 R-6133447	5–100	ps-p ₁ / s-p ₂	46,0	9,9–13,7	108–115,0	2,7–4,2
Ukmergės r. Laumėnai / Ukmergė district, Laumėnai	156,9 Š-571446 R-6116642	10–100	ps-p ₁ / p-p ₂	21,9	9,9–16,4	43,3–92	1,9–4,2
Trakų r. Drabužninkai / Trakai district, Drabužninkai	199,4 Š-540434 R-6048545	15–100	s ₁ , ps / s; ž; ps	35,1	10,7–14,0	40–280	1,6–4,4
Alytaus r. Domantonys / Alytus district, Domantonys	245,6 Š-508067 R-6028957	10–100	ps-p / p-p ₁	26,0	5,5–12,0	70–147	0,9–3,9
Alytaus r. Daugai / Alytus district, Daugai	169,2 Š-520748 R-6024414	10–100	ps-p / p-p ₁	49,1	10,1–15,8	54–98	2,2–5,0

Table key: ž – gravel; s – sand; s₁ – loamy sand; ps – sandy loam; p – loam; p₁ – medium loam; p₂ – clay loam.

netoli Aukštadvario. Minėtame objekte vyrauja lengvos granulometrinės sudėties dirvožemiai (smėliai, žvyrai, retai priemėliai). Domantonių (10) tipinis objektas parinktas Baltijos aukštumų Dzūkų aukštumos vakariniame šlaite, Alytaus rajone į rytus nuo Alytaus miesto, priklausantis dvigubai Alytaus ledyninio liežuvio dubumai, pripildytai recesinių pakraštinių moreninių ir keiminių darinių (Basalykas, 1965). Daugų (11) objektas parinktas Baltijos aukštumų pietinėje dalyje, Alytaus rajone į rytus nuo Daugų miestelio, kuriame vyrauja riedulingas galinių morenų gūbriuotas reljefas.

Kiekviename tyrimo objekte plotai pagal erozijos pasireiškimo intensyvumą – erodotų dirvožemių kiekį skaitmeniniuose dirvožemio žemėlapiuose ir antierozinių priemonių panaudojimo tinkamumą suskirstyti į grupes: a) ištisai erozijos veikiami (erodotų dirvožemių >70 %); b) vyrauja erodoti plotai (51–70 %); c) didelio erozijos paplitimo (31–50 %); d) vidutinio erozijos paplitimo (16–30 %); e) mažo erozijos paplitimo (iki 15 %).

Nustačius iš skaitmeninių M 1 : 10 000 dirvožemio žemėlapių erozijos paveiktus plotus, kurie kontūruose dažniausiai

parodyti deriniuose su kitais dirvožemiais, konkrečiai natūroje erozijos veikiamas vietas patitiktinome naudodami šlaitų statumo ir ilgio duomenis, atsižvelgdami į to paties mastelio hipsometrinius žemėlapius. Tam tikslui tiriamuosius plotus, pagal šlaitų statumą, suskirstėme: 1) šlaitų nuolydis iki 3°; 2) 3,1–5°; 3) 5,1–7°; 4) 7,1–10°; 5) >10°.

Skačiuojant erozijos intensyvumą (nuplaunamo dirvožemio kiekis t ha⁻¹ per metus) išbandėme keletą empirinių modelių. Nuplauto dirvožemio kiekis pagal USLE skaičiuojamas naudojant lygtį: $A = R \times K \times SL \times C$; čia A – nuplauto dirvožemio kiekis t ha⁻¹ m⁻¹, R – kritulių, K – dirvožemių savybių, SL – šlaitų ilgio ir nuolydžio, C – augalų antierozinės gebos indeksai (Wischmeier, 1978). Tačiau pagal šią lygtį neįvertinamas eroduojantis vandens srautų poveikis, susidarantis tirpstant sniegui. RUSLE modelis ($A = (R + R_s) \times K \times SL \times C$) papildytas susidarancio tirpstant sniegui eroduojancio vandens srautų poveikio koeficientu R_s (Renard, Foster, Weesies et al., 1997).

Nustatant nuplauto dirvožemio kiekį pagal PESERA modelį, be anksčiau nurodytų indeksų, buvo naudojami dar šlaito išgaubtumo ir dirvožemio profilio indeksai (Irvine, 2002).

Dirvožemio nuoplovą y (A, B, C), skaičiuojant B. Jankausko ir kt. (Jankauskas, Jankauskienė, 2000) metodu, $2-5^\circ$ (A); $5-10^\circ$ (B) ir $10-14^\circ$ (C) nuolydžio šlaitams naudojamos formulės:

$$y(A) = 0,3 101x^2 - 1,3 242x + 3,5 205 \quad R^2 = 0,9 416;$$

$$y(B) = 0,8 262x^2 - 4,3 563x + 9,9 886 \quad R^2 = 0,9 703;$$

$$y(C) = 1,237x^2 - 7,0 364x + 16,775 \quad R^2 = 0,9 678;$$

čia y – dirvožemio nuostoliai $t ha^{-1}$ per metus; x – šlaito statumas laipsniais.

Pagal A. Račinską (1990) metinį dirvožemio erodujamumą ($E_{met.}$) skaičiavome panaudodami: $E_{met.} = (1,611 + 0,09 i + 0,8e - 14,46) Bm Dm [1 - (C_{met.} - 0,4)] 0,6K$; čia l – šlaito ilgis m ; i – šlaito polinkis laipsniais; e – ekspozicijos rodiklis; Bm – humuso įtaka erodujamumui per metus; Dm – granulimetrinės sudėties įtaka erodujamumui per metus. Auginamų augalų antierozinė geba įvertinama parametru ($C_{met.}$); K – klimato koeficientas.

Panaudoję Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos daugiamečius (1992–2007) kritulių kiekio, jų intensyvumo, temperatūros bei kitų žinybų – dirvožemio granulimetrinės sudėties, humusingumo, dirvožemio struktūringumo ir laidumo vandeniui duomenis parinktomis tipinėms vietovėms, pagal USLE ir RUSLE modelius apskaičiavome kritulių erozingumo, dirvožemio pažeidžiamumo bei topografinius koeficientus (indeksus) (Wischmeier, Smith, 1978; Renard, Foster, Weesies et al., 1997). Lietuvos sąlygoms nustatytus koeficientus panaudojome ir erozijos empirinių modelių PESERA, USLE, RUSLE ir kt. palyginimui tarpusavyje, taip pat apskaičiuotų erozijos intensyvumo rezultatų palyginimui su faktinių ilgalaikių (1983–2000) LAMMC filialo Kaltinėnų bandymų stoties tyrimų rezultatais. Nustatytas determinacijos koeficientas R^2 .

TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Dirvožemio erozingumo nustatymas ir modelių palyginimas

Vykdam tiksluosius bandymus konkrečioje vietovėje galima gauti patikimus erozijos intensyvumo duomenis. Tačiau eroziją sąlygojantys veiksniai (dirvožemio dangos, šlaitų statumo ir ilgio, meteorologinių sąlygų įvairavimas ir kt.), kaip nustatyta mūsų tirtose tipinėse vietovėse, ir nedidelėse teritorijose skiriasi (1 lentelė). Kuo geriau iširtas dirvožemio erozijos intensyvumo priklausomumas nuo kitų veiksnių, tuo tikslesni sukuriama empiriniai modeliai. Skaičiavimo rezultatų palyginimas tarp įvairių empirinių modelių su ilgalaikių tikslųjų lauko bandymų, B. Jankausko vykdytų Kaltinėnų bandymų stotyje, rezultatais leido nustatyti patikimiausią. Apibendrintais daugiamečiais (1983–2000) vandeninės erozijos tyrimų duomenimis, Žemaičių aukštumoje bulvėmis užimtame 11° šlaite dėl erozijos netekta $136,8 t ha^{-1}$ dirvožemio; skaičiuojant pagal PESERA modelį – $103,8 t ha^{-1}$; pagal USLE modelį – $80,3 t ha^{-1}$; pagal RUSLE modelį – $158 t ha^{-1}$, o pagal Račinsko formulę – $100,9 t ha^{-1}$. Taigi pagal RUSLE modelį apskaičiuotas nunešamo dirvožemio kiekis buvo $21,2 t ha^{-1}$

didesnis negu išmatuotas per tą patį laikotarpį tyrimų aikštelėje (determinacijos koeficientas $R^2 = 0,79$). Atitinkami skirtumai, palyginti su faktiniais duomenimis, pagal PESERA modelį – $33 t ha^{-1}$, pagal USLE – $56,5 t ha^{-1}$, pagal Račinską – $35,8 t ha^{-1}$. Didesnis skirtumas skaičiuojant USLE modeliu, palyginus su RUSLE, gautas todėl, kad šiame modelyje neįvertinamas eroduojantis vandens srautų poveikis dėl sniego tirpsmo. Pagal Račinsko formulę eroziją sąlygojančių veiksnių poveikis nustatomas regresinės-koreliacinės analizės metodu, remiantis erozijos tyrimų Pietryčių Lietuvoje duomenimis, todėl nepakankamai tinka vertinant šių veiksnių poveikį erozijai kitomis (pvz., Žemaičių aukštumos) sąlygomis.

Pateikti skaičiavimo duomenys rodo, kad mažiausiai nuo faktinių tyrimo duomenų nukrypta taikant RUSLE modelį. Šiame ir kituose modeliuose naudojome kritulių, dirvožemio, šlaito statumo bei ilgio koeficientų reikšmes, atitinkančias konkrečias sąlygas.

USLE ir RUSLE modelių koeficientų nustatymas Lietuvos sąlygomis

Nuplaukamo nuo eroduojamų plotų dirvožemio kiekio apskaičiavimui, išnagrinęjus ūkininkavimo bei gamtines-klimatines sąlygas tipiniuose objektuose, nustatėme USLE ir RUSLE modeliams taikytinus koeficientus (indeksus) Lietuvos dirvožemiams.

R – kritulių erozingumo koeficientas. Jo nustatymui panaudoti Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos daugiamečiai (1992–2007) kritulių kiekio ir jų intensyvumo duomenys. Juos analizavome pagal JAV Žemės ūkio ministerijos aprobuotą šios šalies mokslininkų parengtą metodiką. Amerikoje daugiau kaip 30 metų vykdyti dirvožemio erozijos ir sedimentacijos tyrimai parodė, kad eroduojančioji liūčių galia priklauso nuo iškritusio lietaus kiekio ir lietaus intensyvumo. Kiekybinį liūtės erodujamumo indeksą R sudaro liūtės energija (E), padauginta iš tos liūtės 30 min. trukmės intensyviausios (I_{30}) dalies reikšmės. E ir I_{30} reikšmės gautos iš pliuvogramų lentelių kiekvienai liūčiai. Atskirų liūčių metinė suma sudaro metinį EI_{30} indeksą (daugiametis vidurkis RUSLE modelyje žymimas raide R).

Pagal Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos Laukuvos, Lazdijų ir Utenos meteorologijos stočių 1992–2007 m. pliuvogramų duomenis nustatėme metinius ir daugiamečius erozingumo indeksus R vandeninės dirvožemio erozijos pažeidžiamiausiems Lietuvos regionams: Žemaičių aukštumai – 41,9, Baltijos Pietryčių aukštumai – 45,7, Baltijos Rytų aukštumai – 48,5 (2 lentelė). Panašiai, kaip ir anksčiau atliktų tyrimų (Račinskas, 1990), mūsų skaičiavimų duomenys rodo, kad nors tarp atskirų metų R reikšmės atskirose stotyse skiriasi net kelis kartus (1992 m. – 2,7–6,2 karto; 2000 m. – 2,6–8,6 karto), daugiamečių vidurkių skirtumai tesiekia 9–16 %. Standartinis nuokrypis, atmetus kraštutinį rezultatą (Laukuvos stotis 1997 m. – 291,4), sudarė 61–80 %, o neatmetus Laukuvos stotyje stebėtos intensyvios liūtės, duomenų nuokrypis nuo vidurkio siekia 122 %. Todėl išvedėme vidutinį Lietuvai liūtinių kritulių erozingumo rodiklį – $R = 45,4 \pm 3,3$.

Jį rekomenduojame naudoti visai Lietuvai ir ypač toliau nuo Laukuvos, Lazdijų ir Utenos nutolusiuose rajonuose.

K – dirvožemio eroduojamumo koeficientas. Amerikiečiai koeficiento *K* nustatymui atliko daug natūrinių tyrimų įvairiomis gamtinėmis klimato sąlygomis, ir jis yra susietas su *R* ir *LS* koeficientais, nes ir mažo eroduojamumo dirvožemiuose erozija intensyviai gali reikštis, jei šlaitai ilgi ir statūs, o neatsparūs erozijai lengvesnės granulometrinės sudėties dirvožemiai, nesant labai intensyvių liūčių, dėl gerų akumuliacinių sąlygų, nesusidarius vandens srautams, bus mažai eroduojami. Daugėjant dirvožemyje smulkesnių ir ypač dulkinų dalelių, eroduojamumas didėja, o esant daugiau smėlio dalelių – mažėja. Skaičiavimo formulėje pagrindinis yra elementarių dirvožemio dalelių dydžio parametras, kuris daugiausiai priklauso nuo 0,1–0,002 mm dalelių dalies dirvožemyje. Be to, koeficientas *K* koreguojamas, atsižvelgus į organinių medžiagų kiekį, dirvožemio struktūringumą ir laidumą vandeniui (Wischmeier, 1978).

Išnagrinėję tirtų objektų dirvožemių žemėlapius, turimą dirvožemių tyrimų medžiagą apie dirvožemio granulometrinę sudėtį (smėlio, dulkių ir molio daleles), humuso kiekį ir naudodamiesi USLE modelio algoritmais gavome 3 lentelėje pateiktus dirvožemių eroduojamumo koeficientus.

LS – šlaitų ilgius ir nuolydžius įvertinantis koeficientas. Šlaitų nuolydžių ir ilgių poveikiui erozingumui nustatyti panaudojome USLE (tokia pati ir RUSLE) modelio formulę:

$$LS = [0,065 + 0,0456 S + 0,006541 (S)^2] (L/\text{constant})^{NN};$$

čia *S* – šlaito statumas %; *L* – šlaito ilgis pėdomis (ft) arba m; constant – 72,5 pėdos (ft) arba 22,1 m; *NN* – atsižvelgus į šlaito nuolydį: <1 % = 0,2; 1–3 % = 0,3; 3–5 % = 0,4; >5 % = 0,5.

D_E – nuardytų plotų dalį dirvožemio kontūre įvertinantis koeficientas. Lietuvoje, ypač kalvotame reljefe, erozijos veikiami plotai dažniausiai kaitaliojasi su kitais dirvožemiais ir jų praktiškai negalima išskirti į atskirus kontūrus, skaičiuodami sklypo erozingumą RUSLE modeliu, įtraukėme papildomą koeficientą: $D_E = (a + b + c + d + e) / F$; čia skaitiklyje *a*, *b*, *c*, *d*, *e* – išskirtų dirvožemio erozingumo grupių plotai, esantys kontūre; vardiklyje *F* – bendras lauko plotas (eroduotų ir neeroduotų dirvožemių plotų suma). Koeficientas (*D_E*) padeda tiksliau apskaičiuoti erozijos intensyvumą mūsų kalvoto reljefo sąlygomis, esant daliai eroduojamų plotų ir daliai neeroduojamų plotų tame pačiame lauke.

Koeficientas C. Remdamiesi LAMMC filialo Kaltinėnų bandymų stoties tyrimo duomenimis apie erozijos intensyvumą įvairiais augalais užimtuose plotuose, apskaičiavome koeficiento *C* reikšmę, atsižvelgdami į auginamus augalus (4 lentelė). Šie koeficientai leidžia įvertinti vidutinius daugiamečius nuplautomą dirvožemio kiekius, esant atitinkamai pasėlių struktūrai (*C*) ir skirtingai agrotechnikai (*Cd*). Be to, naudojantis tais koeficientais, galima parinkti ūkyje priimtinausią (duodančią didžiausią ekonominę naudą ir mažiausią erozijos intensyvumą) pasėlių struktūrą ir agrotechniką, mažinant dirvožemio eroziją ir siekiant ekonominės naudos bei konkurencingumo.

Auginant eroduojamuose plotuose vienamečius augalus, eroziją sumažinti galima ir sėjant tarpinius išėlinius bei po-

2 lentelė. Kritulių ir nuotėkio erozingumo koeficiento (*R*) metinės ir daugiamečių reikšmės tipingiems regionams

Table 2. Annual and multi-annual values of rainfall and runoff erosive effect factor (*R*) for representative regions

Metai Year	Žemaičių aukštuma Žemaitija Upland (Laukuva)		Baltijos Pietryčių aukštuma Baltic South-east Upland (Lazdijai)	Baltijos Rytų aukštuma Baltic Eastern Upland (Utena)
	*N-16	**N-15	N-16	N-16
1992	8,12	8,12	50,5	22,02
1993	29,28	29,28	48,51	31,07
1994	9,75	9,75	6,35	27,33
1995	60,91	60,91	61,98	38,55
1996	13,11	13,11	18,71	22,22
1997	291,37		53,08	54,79
1998	139,9	139,9	61,42	62,24
1999	78,06	78,06	25,89	49,93
2000	38,64	38,64	14,71	126,37
2001	52,26	52,26	119,82	64,09
2002	26,89	26,89	39,94	22,04
2003	14,7	14,7	39,63	12,76
2004	31,19	31,19	24,08	73,28
2005	43,54	43,54	28,03	80,22
2006	41,48	41,48	24,61	63,74
2007	40,34	40,34	113,94	24,95
N metų suma / Total for all years	919,54	628,17	731,20	775,60
N metų vidurkis / Mean for all years	57,47	41,90	45,70	48,48
Standartinis nuokrypis / Standard deviation	70,235	33,400	32,324	29,625

* N-16; ** N-15 – atitinkamai 16 ir 15 metų trukmės duomenys / Data of 16 and 15 years, respectively.

3 lentelė. Dirvožemio eroduojamumo koeficientai (*K*) pagrindiniams regionams LietuvojeTable 3. Values of soil erodibility factors (*K*) for the main regions of Lithuania

Regionai Regions	Dirvožemio granulometrinė sudėtis Soil texture	Eroduojamumo koeficientai Soil erodibility factors
Žemaičių aukštuma / Žemaitija Upland	Smėliai s_1/s / Sands	0,16
	Smėliai ps/s / Sands	0,25
	Priesmėliai $ps/p-m$ / Sandy loams	0,37
	Smėlingi ir dulkiški lengvi priemoliai $s.d^*$. $p/p-m$ / Sandy and silty light loams	0,39
	Dulkiški vidutinio sunkumo priemoliai $d. p_1/p_1-m$ / Silty medium loams	0,5
	Dulkiški sunkūs priemoliai $d. p_2/p_2-m$ / Silty clay loams	0,46
Baltijos aukštumų rytinė dalis / Eastern part of Baltic Uplands	Smėliai s_1/s / Sands	0,05
	Smėliai ps/s / Sands	0,3
	Priesmėliai $ps/p-m$ / Sandy loams	0,32
	Lengvi priemoliai $p/p-m$ / Light loams	0,35
	Vidutinio sunkumo priemoliai p_1/p_1-m / Medium loams	0,36
	Sunkūs priemoliai p_2/p_2-m / Clay loams	0,38
Baltijos aukštumų pietrytinė dalis / South-eastern part of Baltic Uplands	Smėliai $s_1/s; ps/s$ / Sands	0,02
	Priesmėliai – lengvi priemoliai $ps/p-m; p/p-m$ / Sandy loams – light loams	0,37
Vidurio Lietuva / Central Lithuania	Smėliai $s_1/s; ps/s$ / Sands	0,15
	Priesmėliai – lengvi priemoliai $ps/p-m; p/p-m$ / Sandy loams – light loams	0,39
	Smėlingi lengvi priemoliai $s. p/p-m$ / Sandy light loams	0,49
	Dulkiški lengvi priemoliai $d. p/p-m$ / Silty light loams	0,53
	$d. p_1; p_2/p_2-m$	0,59

* *s.* – smėlingi / sandy; *d.* – dulkiški / silty.Table key: *ž* – gravel; *s* – sand; *s₁* – loamy sand; *ps* – sandy loam; *p* – loam; *p₁* – medium loam; *p₂* – clay loam, *m* – clay.

sėlinius augalus. Įgyvendinant tokią antierozinę priemonę, koeficiento *C* reikšmę būtų galima priimti kaip auginant žieminius augalus.

Cd – agrotechninių priemonių poveikio koeficientas. Koeficiento *C* reikšmės priklauso ne tik nuo auginamų augalų, bet ir nuo augalų auginimui taikomos agrotechnikos. Augalų vaidmuo mažinant eroziją didėja, taikant ankstyvesnę sėją, tarpinių augalų auginimą, racionalų organinių ir mineralinių trąšų naudojimą, rūgščių dirvožemių kalkinimą. Sumanus minėtų priemonių naudojimas ir ankštinių augalų dalies sėjomainoje didinimas leidžia didinti humuso kiekį dirvo-

žemyje ir jo atsparumą erozijai. Koeficiento *C* koregavimui, atsižvelgus į žemės dirbimą, pateikiame *Cd* koeficientus (5 lentelė).

Taikydami aprašytus *R*, *K*, *LS*, *C*, *Cd* ir *D_E* koeficientus, apskaičiuojame vidutinę metinę nuoplovą tirtų objektų laukams. Skaičiavimo duomenų analizės pagrindu, susiejant su apsaugos priemonių praktinio panaudojimo galimybėmis, išskyrėme tokias dirvožemio eroduojamumo grupes: a) labai didelio eroduojamumo – per 100 t ha⁻¹; b) didelio – 40–100 t ha⁻¹; c) vidutinio – 10–40 t ha⁻¹; d) mažo – 2–10 t ha⁻¹; e) labai mažo eroduojamumo – iki 2 t ha⁻¹.

4 lentelė. Augalų poveikio dirvožemio erozijai koeficiento *C* reikšmėsTable 4. Values of soil cover factor *C* effects on soil erosion

Auginami augalai / Crops	Koeficiento <i>C</i> reikšmės / Factor <i>C</i> values
Daugiametės varpinės ir ankštinės žolės, jų mišiniai / Perennial grasses and legumes, legume–grass mixtures	0,0004
Žieminiai javai ir žieminiai rapsai, tarpiniai augalai / Winter cereals and winter rape, intermediary crops	0,09
Vasariniai javai ir vasariniai rapsai / Summer cereals and summer rape	0,27
Kaupiamieji / Row crops	0,87

5 lentelė. Antierozinio koeficiento *Cd* reikšmėsTable 5. Values of factor *Cd* depending on support practice and anti-erosion measures

Žemės dirbimo būdai / Handling of land	Koeficiento <i>Cd</i> reikšmė / Factor <i>Cd</i> value	
	Žieminiams javams / Winter cereals	Vasariniam javams / Spring cereals
Dirbama tuojau po derliaus nuėmimo / Tillage right after harvest	1	1
Ariama vėlyvą rudenį / Ploughing in late autumn	0,77	0,67
Ariama pavasarį / Ploughing in spring	0,53	0,33
Sėja į ražienas / Sowing into stubble	0,5	0,31

6 lentelė. Vandeninės dirvožemio erozijos veikiami plotai

Table 6. Areas affected by water erosion

Eil. Nr. Line No.	Erozijos veikiamų plotų grupės Groups of areas affected by erosion	Pagrindinis išskyrimo kriterijus Main distinguishing criterion	Papildomi išskyrimo kriterijai Supplementary distinguishing criteria		
		eroduotų dirvų % skaitmeniniame dirvožemio žemėlapyje % of eroded soils on the digital map of soils	vyraujantis šlaitų statusas Prevailing slope gradient	eroduotų dirvožemių šlaitų statumo įvairavimas Gradient variation of slopes with eroded soils	nuo eroduotų vietų nunešamo dirvožemio kiekis $t\ ha^{-1}\ m^{-1}$ (pagal RUSLE) Amount of soil eroded from affected areas, $t\ ha^{-1}\ m^{-1}$ (according to RUSLE)
1	Ištisai erozijos veikiami / Whole area affected by erosion	>70	>10°	5–20°	>80
2	Eroduoti dirvožemiai vyrauja / Eroded soils prevail	51–70	7,1–10°	5–15°	41–80
3	Vyrauja didelio erozijos paplitimo dirvožemiai / Soils with frequent occurrence of erosion prevail	31–50	5,1–7°	3–10°	11–40
4	Vyrauja vidutinio erozijos paplitimo dirvožemiai / Soils with moderate occurrence of erosion prevail	15–30	3,1–5°	2–7°	2–10
5	Mažo erozijos paplitimo plotai / Soils with rare occurrence of erosion prevail	Iki 15 / Up to 15	Iki 3° / Up to 3°	1–5°	Iki 2 $t\ ha^{-1}$ / Up to 2 $t\ ha^{-1}$

Teritorijas, kuriose dirvožemių eroduojamumas per metus mažesnis kaip $1\text{--}2\ t\ ha^{-1}$, laikyti erozijos požiūriu toleruotomis (TER), o viršijančioms toleruotiną ribą siūlome ruošti su aplinkos apsaugos tarnybomis suderintus antierozinių priemonių planus-projektus.

Panaudoję per daugelį metų sukauptą dirvožemių tyrimų medžiagą, esančią Valstybinio žemės fondo duomenų bazėje (Dirv_ DB10LT), apie eroduojamus šalies dirvožemius pagal erozijos pasireiškimo intensyvumą, apskaičiuotą, taikant RUSLE modelio algoritmus, eroduotų dirvožemių kiekį skaitmeniniuose dirvožemio žemėlapiuose ir skirtingų antierozinių priemonių panaudojimo efektyvumą, veikiamus erozijos šalies laukus siūlome skirstyti (6 lentelė):

1) *ištisai erozijos veikiami*. Priskiriami M 1 : 10 000 dirvožemio planuose išskirti ištisai erozijos veikiami, >70 % eroduotų dirvožemių kontūrai su iki 30 % kitų dirvožemių bei tarp anksčiau nurodytų eroduotų dirvožemių esantieji pavieniai mažesni kitų dirvožemių kontūrai.

2) *vyrauja eroduoti plotai*. Priskiriami kontūrai su 51–70 % eroduotų dirvožemių derinyje su 49–30 % neeroduotų, taip pat tarp jų išskirti mažesni kitų dirvožemių kontūrai.

3) *didelio erozijos paplitimo*. Tame pačiame kontūre esantys 69–50 % neeroduotų dirvožemių su 31–50 % eroduotų dirvožemių, taip pat tarp šių kontūrų išskirti mažesni kitų dirvožemių.

4) *vidutinio erozijos paplitimo*. Tame pačiame kontūre esantys 84–70 % neeroduotų dirvožemių su 16–30 % eroduotų dirvožemių, taip pat tarp šių kontūrų išskirti atskiri šiek tiek didesni kitų dirvožemių.

5) *mažo erozijos paplitimo*. Dirvožemio žemėlapiuose tame pačiame kontūre esantys 85 % ir daugiau neeroduotų

dirvožemių su iki 15 % eroduotų dirvožemių, o tarp jų išskirti jau ir didesni kitų dirvožemių kontūrai.

Kaupiantis daugiau duomenų apie kritulius ir jų intensyvumą, dirvožemio savybes, augalų ir agrotechnikos įtaką erozijos intensyvumui, tikslųjų lauko bandymų duomenų, erozijos intensyvumo skaičiavimo koeficientai, keičiantis gamybos sąlygoms, gali būti tikslinami ir papildomi naujais.

IŠVADOS

1. Dėl vandeninės erozijos poveikio nuo eroduojamų plotų nuplaunamo dirvožemio kiekį galima skaičiuoti ir panaudojus empirinį RUSLE modelį, pritaikius mūsų siūlomus Lietuvos sąlygoms pagrindinių erozijos veiksmų koeficientus ir panaudojus skaitmeninius dirvožemio žemėlapius.

2. Panaudojus Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos bei Laukuvos, Lazdijų ir Utenos meteorologijos stočių 1992–2007 m. pliuvogramų kritulių kiekio, jų intensyvumo duomenis, nustatyti kritulių eroziningumo *R* indeksai: Žemaičių aukštumai – 41,9, Baltijos Pietryčių aukštumai – 45,7, Baltijos Rytų aukštumai – 48,5, vidutinį Lietuvai – 45,4. Vidutinę reikšmę naudoti toliau nuo Laukuvos, Lazdijų ir Utenos nutolusiuose rajonuose.

3. Išnagrinėję tirtų tipinių objektų dirvožemių žemėlapius, dirvožemio granulimetrinės sudėties, humuso kiekio turimus duomenis ir naudodamiesi USLE modelio algoritmais, mūsų sąlygomis nustatyti atskirų šalies zonų įvairios granulimetrinės dirvožemių eroziningumo koeficientai (*K*), kurie mažiausi yra Baltijos Pietryčių aukštumos smėliuose (0,02), didžiausi – dulkiškuose sunkesnės granulimetrinės sudėties dirvožemiuose – 0,59.

4. Šlaitų ilgius ir nuolydžius (LS) įvertinantys koeficientai apskaičiuojami pagal RUSLE ar USLE modelių formulę, nustatant eroduotų plotų šlaitų statumą ir ilgius, panaudojus hipsometrinius žemėlapius arba išmatavus juos lauko sąlygomis.

5. Panaudojus LAMMC filialo Kaltinėnų bandymų stoties tyrimų duomenis apie erozijos intensyvumą įvairiais augalais užimtuose plotuose, nustatyti auginamų augalų įtakos (C) koeficientai: juodajam pūdymui – 1, kaupiamiesiems augalams – 0,87, vasariniams javams – 0,37, žieminiams javams – 0,09, daugiametėms žolėms – 0,0004.

6. Kiekvieno žemės naudotojo plotus erozijos intensyvumo pasireiškimo požiūriu skirstyti į: a) ištisai erozijos veikiami (eroduotų dirvožemių >70 %); b) vyrauja eroduoti plotai (51–70 %); c) didelio erozijos paplitimo (31–50 %); d) vidutinio erozijos paplitimo (16–30 %); e) mažo erozijos paplitimo (eroduotų dirvožemių iki 15 %).

7. Turint šalyje išsamią tyrimų medžiagą apie eroduotus dirvožemius papildyti RUSLE modelį Lietuvos sąlygomis – nuardytų plotų dalį dirvožemio kontūre įvertinančiu koeficientu D_E .

8. Pagal RUSLE modelį apskaičiavę mūsų sąlygomis nuvežamo dirvožemio kiekį per metus, išskyrėme šias teritorijų erozingumo grupes: a) labai didelio erozingumo – 100 t ha⁻¹ ir daugiau; b) didelio – 40,1–100 t ha⁻¹; c) vidutinio – 10,1–40 t ha⁻¹; d) mažo – 2,1–10 t ha⁻¹; e) labai mažo erozingumo – iki 2 t ha⁻¹.

Teritorijas, kuriose dirvožemių erozingumas per metus mažesnis kaip 1–2 t ha⁻¹, laikyti erozijos požiūriu toleruotiniomis (TER), o viršijančioms toleruotiną ribą ruošti su aplinkos apsaugos tarnybomis suderintus antierozinių priemonių planus-projektus.

PADĖKA

Mokslininkų grupė, dirbusi ši darbą, nuoširdžiai dėkoja LR Aplinkos ministerijos Aplinkos apsaugos agentūrai, inicijavusiai ir parėmusiai tyrimus, ir jos darbuotojams, teikusiems vertingų patarimų, taip pat Lietuvos hidrometeorologijos valdybos darbuotojams, pateikusiems daugiamečius duomenis apie kritulių intensyvumą Žemaičių, Rytų ir Pietryčių aukštumų regionuose, mūsų partneriams ir nuolatiniams pagalbininkams – Valstybinio žemės fondo darbuotojams.

Gauta 2010 09 13
Priimta 2010 12 20

Literatūra

1. Andronikov S. The present status of the soil environment in Russia. In: Wilson M. J., Maliszewska-Kordybach B. (eds.). *Soil Quality, Sustainable Agriculture and Environmental Security in Central and Eastern Europe*. NATO Science Series, Environmental Security. Vol. 69. Dordrecht / Boston / London, 2000. P. 87–95.
2. Basalykas A. *Lietuvos TSR fizinė geografija*, II t. Vilnius, 1965. 496 p.
3. Bojie Fu. Soil erosion and its control in the Loes plateau of China. *Soil Use and Management*. 2007. Vol. 5. Is. 2. P. 76–82.
4. Browning G. M., Parish C. L. Methods for determining the use and limitation of rotation and conservation practices in control of soil erosion in Iowa. *Proceedings 23*. Soil Science Society of America. 1947. P. 246–249.
5. Djorovic M. Water erosion as a limiting land use factor. In: Jambor P., Rubio J. J. (eds.). *Soil Conservation in Large-scale Land Use. Impression 300*. Bratislava, 1999. P. 183–188.
6. Elegersma A. M. *Sustainable Land Management. Soil Conservation and Protection in Europe*. 2010. P. 33–43.
7. Frye W. W., Ebelhar S. A., Murdock L. W et al. Soil erosion effects on properties and productivity of two Kentucky soils. *Soil Science of America Journal*. 1982. Vol. 46. P. 1051–1055.
8. Fullen M.A., Catt J. A. *Soil Management: Problems and Solutions*. Arnold, London, 2004. 269 p.
9. Irvine B. *Pan-European Soil Erosion Risk Assessment (PESERA) European Commission fifth Framework Programme*. 2002. 11 p. http://eusoiils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/pesera/pesera_cd/pdf
10. Jankauskas B., Jankauskienė G. Optimali pasėlių struktūra saugant kalvų dirvožemį nuo erozijos. *Augalininkystė kalvoto reljefo sąlygomis. Agronominiai, ekonominiai ir ekologiniai aspektai*. Mokslinės konferencijos pranešimai. Kaltinėnai, 2000. P. 73–80.
11. Jankauskas B., Jankauskienė G. Stacionariniai dirvožemio erozijos tyrimai Žemaičių aukštumoje. 3. Antierozinių fitocenozinių produktyvumas. *Žemdirbystė*. LŽI, LŽŪU mokslo darbai. 2004. T. 1(85). P. 3–16.
12. Jankauskas B., Jankauskiene G., Fullen M. A. Erosion-preventive crop rotations and water erosion rates on undulating slopes in Lithuania. *Canadian Journal of Soil Science*. 2004. Vol. 84. No. 2. P. 177–186.
13. Jankauskas B., Jankauskienė G., Tiknius A. The contribution of quality assessment of eroded agricultural soil on hilly-undulating landscapes to sustainable community development. In: Petrosilo I. et al. (eds.). *Use of Landscape Sciences for the Assessment of Environmental Security*. Springer, 2007. P. 431–451.
14. Knijff J. M., Jones R. J. A., Montanarella L. *Soil Erosion Risk Assessment in Europe*. European Soil Bureau, 2000.
15. Lindstrom M. J., Schumacher T. E., Blecha M. L. Management considerations for returning CRP lands to crop production. *Journal of Soil and Water Conservation*. 1994. Vol. 49(5). P. 420–425.
16. Meyer L. D. Evaluation of the universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation*. 1984. Vol. 39. No. 2. P. 99–104.
17. Morgan R. P. C. *Soil Erosion and Conservation*. 3rd edn. Blackwell Publishing, Oxford, England, 2006. 304 p.
18. Muhle H., Meyer B. Ch., Grabaum R. Soil erosion – a serious problem in Central Germany. *ISCO 12 Konferencija*. Beijing, 2002. P. 1–6. http://www.tucson.ars.ag.gov/isco/isco_12/Volume I/SoilErosion-onSeriousProblem.pdf

19. Pimentel D. *Soil Erosion Threatens Environment and Human Health, Study Report. Science Daily* (Mar. 23, 2006). <http://www.sciencedaily.com/releases/2006/03/0603221411021.htm>
20. Račinskas A. *Dirvožemio erozija*. Vilnius, 1990. 136 p.
21. Rejman J., Rodzik J. *Muddy Flows and Floods: Impacts and Response*. COST 634: Louvain-la-Neuve, 3–4 December 2006.
22. Renard K. G., Foster G. A., Weesies D. K. et al. *Predicting Soil Erosion by Water; Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. USDA Agriculture Handbook No. 703. Washington, 1997.
23. Smith D. D. Interpretation of soil conservation data for field use. *Agriculture Engineering*. 1941. N 22. P. 173–175.
24. Smith D. D., Whitt D. M. Estimating soil losses from field areas of clay soils. *Proceedings 12*. Soil Science Society of America. 1947. P. 485–490.
25. *Soil Erosion and Global Change. COST Action 623*. 2008. <http://soilerosion.net/cost623/annex.html>
26. Zing R. W. Degree and length of land slope as it affects soil loss in runoff. *Agricultural Engineering*. 1940. N 21. P. 59–64.
27. Wawer R., Nowocień E., Podolski B. Actual water erosion risk in Poland based upon corine land cover. *EJPAU*. 2006. Vol. 13(2). Available Online: <http://www.ejpau.media.pl/volume13/issue2/art-13.html>
28. Wischmeier W. H., Smith D. D. *Predicting Rainfall Erosion Losses*. USDA Agriculture Handbook No. 537. Washington, 1978. 58 p.

Jonas Mažvila, Gediminas Staugaitis, Ginutis Jokūbas Kutra, Benediktas Jankauskas

APPLICATION OF EMPIRICAL MODELS FOR ASSESSING THE ERODIBILITY OF LITHUANIAN SOILS

Summary

Soil erosion extent is assessed by means of trials as well as using different mathematical models. In 1978, a universal equation – USLE – was developed in the USA for calculating erosion intensity. In 1991, this equation was improved and renamed to RUSLE. This equation and its modifications are widely used in the USA as well as in other countries.

Assessment of soil erosion intensity in Lithuania is based on data obtained from special trial sites. We have analysed data collected in 1983–2000 in long-term experiments conducted on soil loss trial sites at the Kaitinėnai Experimental Station of the Lithuanian Institute of Agriculture, and assessed data collected in eroded zones of 14 objects representing different regions. We have made calcula-

tions using different models (PESERA, USLE, RUSLE and others) and selected an equation giving the results that were the closest ones (R^2 0.79) to the results obtained from experiments and eroded zones. It was a RUSLE equation $A = R + R_s \times K \times SL \times C$ (A – the amount of lost soil, coefficients: R – rainfall, R_s – thaw and snow melt, K – soil properties, SL – slope length and gradient, C – anti-erosion ability of plants). Information on the properties of Lithuanian soils is abundant; therefore, we recommend to complement the RUSLE equation (for Lithuanian conditions) with the coefficient D_{nuand} indicating the share of eroded area within the soil type borders.

The rainfall and runoff erosivity indices R were calculated using the data on precipitation and its intensity in 1992–2007, collected by Laukuva, Lazdijai and Utena weather stations of the Lithuanian Hydrometeorological Service, as well as data on soil structure and permeability in selected representative locations, obtained from other institutions. The Žemaitija Upland rainfall erosivity index R is 41.9, Baltic Southeastern Upland 45.7, Baltic Eastern Upland 48.5, the Lithuanian average being 45.4 ± 3.3 . Soil erodibility coefficients (K) were calculated for soils of various texture in different zones of Lithuania, using the soil maps of the tested representative objects, available data on soil texture and humus content, and the USLE model algorithms. The lowest soil erodibility coefficients (K) were calculated for sands of the Baltic Southeast Upland (0.02) and the highest for silty soils of the Middle Lithuanian heavier texture (0.59). The slope length and gradient (LS) coefficients were calculated using the RUSLE or USLE equations: gradients and lengths of eroded slopes were determined using hypsometric maps or measured at site. Data collected by the Kaitinėnai Experimental Station of LRCAF on erosion intensity in areas under different crops were used for calculating the plant impact coefficients (C). The C value for black fallow was found to be 1, for hilled crops 0.87, for spring cereals 0.37, winter cereals 0.09, and perennial grasses 0.0004. We recommend to group the lands of a land user according to erosion intensity into five groups: a) completely affected by erosion (>70% of soils eroded); b) eroded areas prevail (51–70%); c) erosion is largely spread (31–50%); d) erosion is moderately spread (16–30%); e) erosion is little spread (up to 15%).

Using the RUSLE equation, we have calculated soil loss under Lithuanian conditions and differentiated the following area erodibility groups: a) very high erodibility – 100 t ha⁻¹ and more; b) high – 40.1–100 t ha⁻¹, c) average – 10.1–40 t ha⁻¹, d) low – 2.1–10 t ha⁻¹, e) very low – up to 2 t ha⁻¹. Areas where soil erodibility is even lower (1–2 t ha⁻¹) are considered as tolerable from the erodibility point of view (TER). Anti-erosion plans – projects coordinated with environment protection authorities – should be prepared for areas where soil erodibility exceeds the tolerable level.

Key words: soil erosion, methods for evaluating soil erodibility, the RUSLE method, plan of anti-erosion measures