

KLAIPĖDA UNIVERSITY

ANGELIJA BUČIENĖ

**LEACHING OF BIOGENS N AND P FROM SOILS OF
LITHUANIA‘ LOWLANDS**

Survey of scientific papers presented for habilitation procedure
Physical sciences, geography (06P)

Vilnius, 2009

ISBN 978-9955-18-388-4

PADEKA

Nuoširdžiai dėkoju visiems bendradarbiams, technikams, laborantams iš Lietuvos žemdirbystės instituto, kartu dirbusiems ir toliau tęsiantiems tyrimus aktualioje biogenų išplovos iš dirvožemių tematikoje. Už kūrybingą bendrą darbą noriu padėkoti kolegoms dr. Šarūniui Antanaičiui, dr. Danutei Šimanskaitei, dr. Bronei Butkutei, dr. (HP) Alvyrai Šlepetienei, dr. Elenai Lukošūnienei, Aldonai Svirskienei, ir kitiems, taip pat nuoširdus ačiū bendradarbiams iš LŽŪU Vandens ūkio instituto: prof. habil.dr. Antanui-Sigitui Šileikai, dr. Sauliui Gužiui, dr. Edmundui Ramoškai, dr. Kazimierui Gaigaliui, Lietuvos sodininkystės ir daržininkystės instituto bendradarbei dr. Onutei Bundinienei.

Esu labai dėkinga Švedijos žemės ūkio mokslų universiteto Dirvožemio skyriaus Vandens kokybės tvarkymo sektoriaus vadovui prof. Arne Gustafsonui ir kitiems universiteto darbuotojams už visokeriopą paramą ruošiant tyrimų metodiką, kartu dirbant tarptautiniame BEAROP projekte ir suteikiant ne vieną galimybę stažuotis ir konsultuotis Švedijoje.

Dėkoju Lietuvos valstybiniam mokslo ir studijų fondui už finansinę paramą tyrimams ir monografijos išleidimui.

Už vertingas pastabas ruošiant šią apžvalgą nuoširdžiai dėkoju Vilniaus universiteto geografams, Hidrologijos ir klimatologijos bei Geografijos ir kraštotvarkos katedrų darbuotojams. Už dalykiškus patarimus ir pamokas noriu padėkoti doc. Dainai Galvydytei, kuri pirmoji studijų metais mane supažindino su dirvožemio fenomenu. Už nuolatinį palaikymą ir dalykiškus patarimus dėkoju savo vyrui dr. Sauliui Bučiui, kolegei Klaipėdos universiteto prof. habil.dr. Marijai Eidukevičienei, kitiems Socialinės geografijos katedros dėstytojams, už techninę pagalbą dėkoju sūnui Martynui Bučiui.

Šį darbą skiriu savo šeimai, o taip pat trims anksti išėjusiems mano mokytojams: doc. Antanui Barisui, prof. habil.dr. Alfonsui Švedui ir Tyrėjui Algimantui Juozapaičiui.

TURINYS

Darbo tikslas ir uždaviniai	5
Darbo aktualumas ir naujumas	5
Darbo reikšmingumas ir įtaka mokslo ar studijų krypčiai	6
Tyrimų sąlygos ir metodai	7
Rezultatai ir jų aptarimas	10
Veiksniai, įtakoiantys biogenų išplovą su drenažo nuotėkiu	10
N ir P išplovos mažoje ir didelėje drenažo sistemoje palyginimas ...	13
Biogenų išplovos tendencijos Lietuvos žemumų dirvožemiuose įvairiai ūkininkaujant	15
N ir P išplovą mišriuose tradiciniuose ir ekologiniuose ūkiuose	19
Biogenų išplovos scenarijai 2008 – 2012 m.	21
Išvados	23
Naudota literatūra	24
Tolesnių mokslinių tyrimų programa	27
Santrauka	28
Summary	29
Apibendrinamų mokslinių publikacijų sąrašas	29

Darbo tikslas ir uždaviniai

Išsklaidytoji tarša arba pastaraisiais metais atsiradęs šio termino sinonimas - *pasklidoji tarša* - tai paviršinio vandens nuotėkyje dėl ūkinės veiklos arba įvairių gamtinių sąlygų poveikio atsiradę teršalai. Tai procesas, kurio visiškai išvengti neįmanoma, tačiau tam tikromis priemonėmis galima sumažinti. Iškritę krituliai ir susiformavęs nuotėkis perneša įvairias medžiagas, tarp jų ir pagrindinius biogenus, azotą (N) bei fosforą (P). Išsklaidytoji tarša agrariniuose žemėveiksliuose arba agroekosistemose siejama ne tik su paviršiniu, bet ir su drenažo vandens nuotėkiu, nes, prisiskunęs per dirvožemį vanduo pirmiausia patenka į drenas, ir po to į artimiausius vandens telkinius, arba gali prasiskverbti į gilesnius grunto vandens sluoksnius. **Šios apžvalgos tikslas ir uždaviniai** – išanalizuoti ir apibendrinti biogenų N ir P drenažo išplovos Pajūrio ir Vidurio žemumų agroekosistemų dirvožemiuose tyrimų rezultatus, paaiškinti nustatytas tendencijas, palyginti išplovos rezultatus, gautus nedidėleje drenažo aikštelėje ir didelėje ūkyje esančioje drenažo sistemoje, apskaičiuoti ir prognozuoti išplovos mišrių tradicinių ir ekologinių ūkių sąlygomis bei numatyti užduotis tolesniems tyrimams.

Darbo aktualumas ir naujumas

Įvairūs tyrimai Baltijos regiono valstybėse liudija, kad *išsklaidytoji ir koncentruotoji* azoto ir fosforo tarša, veikianti Baltijos jūros ekosistemą, didele dalimi susijusi su žemės ūkio veiklos sritimis ir sudaro apie 50 % viso antropogeninio krūvio, kuris su paviršine nuoplova ir drenažo nuotėkiu pasiekia jūrą. Daugiausia prie biogenų taršos prisideda devynios aplink Baltijos jūrą esančios valstybės, tame tarpe ir Lietuva (HELCOM, 2002). Daugiau kaip pusę Lietuvos teritorijos sudaro žemės ūkio naudmenos, todėl biogenų išplovos iš įvairių agrarinių žemėveikslių dirvožemių tyrimai, išplovą skatinančių veiksnių analizė išlieka aktualūs ir dabartiniu metu, nes antropogeninė veikla agrariniame sektoriuje atsigauna po nuosmukio paskutiniajame 20 amžiaus dešimtmetyje (Bučienė, 2002).

Pati biogenų išplovos iš dirvožemio problema nėra nauja, tačiau išplovos mechanizmas dar nėra pilnai išaiškintas. Iki šiol atliktų tyrimų rezultatai dar neleidžia pilnai atsakyti, kokią įtaką išplovai daro ūkinės veiklos intensyvumas (žemėnauda, tręšimas, žemės dirbimas ir kitos priemonės) įvairių dirvožemio atmainų ir savybių derinių fone ir regionuose, besiskiriančiuose dirvožemio ir klimato sąlygomis. Teisingą kiekvienu

atveju atsakymą galėsime gauti, tik įvertinę pagrindinius (ir gamtinius, ir ūkinės veiklos) veiksnius, įtakančius biogenų išplovą konkrečioje agroekosistemoje su jos dirvožemio kompleksu, daugiamete klimato charakteristika ir pan. Gauti tokius kompleksinius duomenis galima tik atliekant monitoringą keliais lygmenimis: nedidelių drenažo aikštelių, ūkių arba didelių drenažo sistemų, upelių baseinų, agroklimatinių regionų lygiuose. Tai ir buvo pradėta taikyti šiame darbe, atliekant biogenų ir kitų cheminių elementų migracijos ir išplovos tyrimus Pajūrio žemumos, Vidurio žemumos ir Aukštaičių aukštumos ariamos žemės ir ganyklinės/daugiamečių žolių agroekosistemose bei jų dirvožemiuose. Remiantis gautais rezultatais, pirmą kartą Lietuvoje buvo apskaičiuota biogenų išplova drenažu mišriuose tradiciniuose ir ekologiniuose ūkiuose, prognozuota, kaip ji keisis toliau plėtojant ekologinius ūkius įvairaus našumo ir turtingumo biogenais dirvožemiuose.

Darbo reikšmingumas ir įtaka mokslo ar studijų kryptiai

Beveik visi išplovos tyrimai Lietuvoje atliekami pačių mokslo institucijų jėgomis jų tyrimo objektuose, kaip antai įvairūs modeliniai lauko bandymai su juose įrengtais lizimetrais ar nedidelėmis drenažo aikštelėmis. Tokie tyrimai vykdomi Žemdirbystės institute Dotnuvoje (toliau LZI), Vėžaičiuose, Vokėje, Vandens ūkio instituto, Žemės ūkio universiteto stacionaruose ir kt. Esminis skirtumas tarp tyrimų Lietuvoje ir kitose Europos šalyse yra tas, kad ten biogenų išplova tiriama dažniausia pačiuose ūkiuose, o Lietuvoje tokie tyrimai kol kas tebuvo atlikti viename mišrios gamybos ūkyje (pienininkystė ir prekinė augalininkystė, ūkininkas R.Liutkevičius) ir kai kuriuose agrariniuose žemėveiksluose (didelėse drenažo sistemose) Vidurio ir Rytų Lietuvoje (BEAROP in Lithuania, 1997). Biogenų migracijos tyrimai peržengia vieno kurio mokslo ribas, pasižymi kompleksišku, tarpdisciplinišku, pritraukia kartu dirbti įvairių kompetencijų specialistus ir tyrėjus. Šiuose tyrimuose taip pat dalyvavo įvairių sričių atstovai nuo agronomų, geografo, dirvožemininkų iki agrochemikų, mikrobiologų. Baigiantis pirmajai tyrimų fazei, buvo paruošta ir išleista monografija (A. Bučienė. Žemdirbystės sistemų ekologiniai ryšiai, monografija: Klaipėda, Klaipėdos universiteto leidykla, 2003.-180 p.) ir apginti trys daktaro disertacijos darbai: S.Gužio (1999), V.Šidlauskienės (2000) ir Š.Antanaičio (2001). Ateityje tęsiant analogiškus tyrimus, praturtėtų ne tik geografijos, bet ir kitų giminingų mokslų žinios bei empirinė patirtis.

Tyrimų sąlygos ir metodai

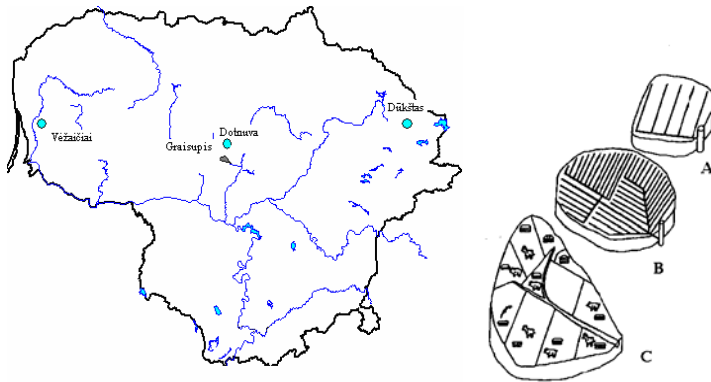
Šiandien moderniose industrinėse ir post-industrinėse visuomenėse žemės ūkis yra tarpininkas tarp didžiulių urbanizuotų sistemų ir gyvybei svarbių natūralių ekosistemų bei žaliųjų augalų. Anot S.Ebbersten (1990), nūdienos žemės ūkis yra dar sudėtingesnis išgyvenimo mazgas *Homo sapiens* rūšiai, negu tai buvo istorinėje praeityje. Žmogus, sąmoningai savo agrarine veikla pakeitęs natūralias ekosistemas, prisiima atsakomybę už jų, jau transformuotų į agrarinius žemėveikslius, valdymą ir su tuo susijusias pasekmes bei problemas. Tad *agrarinis žemėveikslis* arba *agroekosistema*- tai sudėtinga natūralių ir socialinės-agrarinės komponentų sąveikoje susidariusi sistema, prie tam tikrų sąlygų išlaikanti vientisumą, kol jos ribose atskiri gamtiniai komponentai ir žmogaus poveikio priemonės yra sisteminėje tarpusavio priklausomybėje. Ji susideda iš žemės ranga posistemų: dirvožemio su nusistovėjusiu jame vandens režimu, augalijos, gyvūnijos, priežeminio atmosferos sluoksnio ir pan. (Bučienė, 2003).

Agromonitoringas Lietuvoje pradėtas vykdyti 1994–1995 metais Vidurio žemumoje, Graisupio baseine, įeinančiame į Kėdainių rajono savivaldybės teritoriją (BEAROP in Lithuania, 1997).

Medžiagų migracijos tyrimuose priklausomai nuo juose keliamo tikslo, naudojami įvairūs metodai bei įrengimai - nuo nedidelių poringų vamzdelių, puodelių ir lizimetrų iki drenažo sistemų ir net atskirų upelių baseinų. Pirmieji labiau taikytini įvairiuose teorinio pobūdžio tyrimuose, pavyzdžiui, modeliuojant norimas sąlygas bei stebint medžiagų migracijos procesus. Siekiant nustatyti medžiagų išplovimą iš dirvožemio kuo natūralesnėmis sąlygomis, tinkamesnis nedidelių drenažo sistemų ar aikštelių metodas, nes čia, skirtingai nuo lizimetrų, išlaikomas nesuardytas atskirų dirvožemio horizontų hidraulinis ryšys. Pats artimiausias natūralioms sąlygoms - upelių baseino tyrimų metodas, bet jis dėl sąlygų sudėtingumo, didelio ploto bei brangumo rečiau naudojamas tyrimuose.

Lietuvoje nedidelių drenažo aikštelių metodas pirmą kartą pritaikytas 1963 metais A.Juozapaičio ir H.Žukausko iniciatyva tuometiniame Hidromelioracijos ir hidrotechnikos institute (dabar LŽŪU Vandens ūkio institutas) tikslu iširti ir palyginti vandens balanso elementus drenuotame ir nedrenuotame dirvožemyje (Bučienė et al, 1995). Specialiai tam buvo suprojektuotos 1,4–5,9 ha dydžio drenažo sistemos. Vėlesniuose tyrimuose naudotos dar mažesnės sistemos. 1988 m. LŽI buvo nutarta nedidelių drenažo sistemų metodą panaudoti medžiagų

migracijos įvairaus intensyvumo žemdirbystės sistemose tyrimui dvejuose Lietuvos agroklimatiniuose regionuose: vakariniame Pajūrio žemumos (Vėžaičių stacionare) ir Vidurio Lietuvos žemumos (Dotnuvos stacionare). Aukštaičių aukštumoje (Dūkšto stacionare) tyrimams naudotas paviršinio nuotėkio aikštelių, įrengtų per visą kalvos ilgį, metodas, čia tirtas paviršinis nuotėkis (Pav. 1). Šiame darbe remiamasi autorės atliktų maisto medžiagų migracijos tyrimų Dotnuvoje 1992-1995 m., taip pat kartu su bendraautoriais vykdytų tyrimų 1992-2003 m. LŽI bazėje rezultatais bei 1995-1999 m. tyrimų rezultatais, gautais R.Liutkevičiaus ūkyje, vykdamant BEAROP (Baltijos jūros aplinkosaugos nuo žemės ūkio nuotėkio taršos) projektą.



Pav. 1. Biogenų migracijos tyrimų LŽI stacionarai Vėžaičiuose, Dotnuvoje ir Dūkšte; Graisupio baseinas ir įvairūs tyrimų lygiai: A – mažų drenažo sistemų (atskiro laukelio); B – didelių drenažo sistemų (sėjomaininio lauko); C – upelio baseino lygis
Pagal: Gustafson, 1988, *BEAROP in Lithuania, 1997*; Bučienė et al, 1995.

Dotnuvos stacionarui vieta parinkta Valinavos kaime 4,4 ha plote, buvusioje 20 metų senumo kultūrinėje ganykloje, Dotnuvėlės upelio pirmojoje viršsalpinėje terasoje. Čia įrengta 10 drenažo sistemų (kiekviena po 0,35 ha); 11-toji (0,38 ha) įrengta daugiau kaip 50 metų be persėjimo naudojamose ganykloje. Kiekvieną drenažo sistemą sudaro dvi sausintuvų linijos, nutiestos 1,1-1,2 m gylyje. Drenažo nuotėkis registruotas nuotėkio aukščio savirašiais-limnigrafais.

Dirvožemio profilių tyrimas parodė, kad Vidurio žemumos stacionare vyrauja giliau karbonatingas giliau glėjiškas, taip pat išplitęs giliau karbonatingas sekliai glėjiškas bei giliau karbonatingas giliau glėjinis rudžemis, kurio vyraujanti granuliuotinė sudėtis – smėlingas lengvas priemolis ant lengvo ir vidutinio sunkumo priemolio. Pagal senąją dirvožemio klasifikaciją – tai velėninis glėjiškas su nedideliais velėninio glėjinio ir velėninio karbonatinio dirvožemio arealais dirvožemis (Lietuvos dirvožemiai, 2001), neutralios reakcijos, vidutiniškai turtingas judriojo fosforo, nedaug turintis judriojo kalio, bet turtingas bendrojo azoto ir humuso.

Dotnuvos stacionare tirtos ir tarpusavyje lygintos kelios agroekosistemos su ariamoje žemėje auginamų augalų sėjomaina, tradiciniu ūkininkavimo būdu (intensyviu *int* - su mineraliniu tręšimu ir pesticidų naudojimu ir integruotu *intg* – su mišriu (mineraliniu-organiniu) tręšimu, saikingu pesticidų naudojimu) ir alternatyviu (organiniu-biologiniu *ob*, kur tręšta tik su organinėmis trąšomis ir nenaudoti pesticidai); kontrolinė agroekosistema – *k* - be trąšų ir pesticidų. Be šių 4 sistemų, dar buvo tiriama ganyklinė ilgametė saikingai tręšiama agroekosistema – *ig*.

Graisupio upelio baseinas (iki vandens matavimo posto Liplūnuose) užima 13,65 km². Jame tirtas R.Liutkevičiaus mišraus tipo ūkis (pienininkystė ir prekinė augalininkystė) 1998 m. pasižymėjo tokia žemėnauda: žemės ūkio naudmenos sudarė 934 ha arba 68,4 % nuo baseino ploto, ariama žemė – 779 ha (57,1%), ganyklos – 155 ha (11,4 %), miškai – 413 ha (30,3 %), šlapvietės ir pelkės – 18 ha (1,3 %). Ūkyje vyraujantys dirvožemiai, kaip ir Dotnuvos stacionare, glėjiški karbonatingi rudžemiai, neutralios reakcijos, daugiau negu vidutiniškai turtingi judriuoju fosforu, humusingi, lengvo smėlingo priemolio dirvožemiai. Nuo 1998 m. vienoje iš ūkio drenažo sistemų (7,4 ha), užimtoje žalienomis, buvo pradėtas matuoti drenažo nuotėkis ir periodiškai analizuotos biogenų koncentracijos drenažo vandenyje.

Drenažo aikštelės su matuokliais buvo įrengtos ir Pajūrio žemumoje, Vėžaičių filialo stacionare. Tyrimų sklypas parinktas Minijos - Skinijos baseine, Samališkės kaime 2,5 ha plote. Biogenų migracija buvo stebėta ariamoje žemėje įrengtose agroekosistemose su lauko augalų sėjomainos rotacija ir su organinės-biologinės, ir intensyvios žemdirbystės variantais dviejuose dirvožemio tipuose: karbonatingajame giliau glėjiškame išplautžemyje (pagal senąją klasifikaciją atitiktą JP₁^V) ir tipingame pasotintajame balkšvažemyje (pagal senąją klasifikaciją – J₂^V) (Lietuvos dirvožemiai, 2001).

Karbonatingajame giliau glėjiškajame išplautžemyje vyraujanti dirvožemio granulimetrinė sudėtis – vidutinio sunkumo priemolis ant smėlingojo priemolio, tipingajame pasotintajame balkšvažemyje – smėlingas lengvas priemolis ant priemolio. Abu dirvožemiai buvo rūgščios reakcijos, todėl prieš tyrimus pakalkinti dulkiiais klintmilčiais; vidutiniškai turtingi judriojo fosforo, bendrojo azoto ir humuso, bet turtingi judriojo kalio. Intensyvūs variantai buvo tręšiami ir organinėmis, ir mineralinėmis trąšomis, organiniai-biologiniai – tik organinėmis trąšomis.

Azoto junginiai – nitratinis ir amoniakinis azotas bei fosfatinis ir bendrasis fosforas buvo nustatomi fotometriniu metodu LŽI Analitinėje laboratorijoje (Dotnuva), Vėžaičių filialo laboratorijoje ir Vandens ūkio instituto laboratorijoje (Kėdainiai, Vilainiai). Duomenys apdoroti dispersinės analizės ir koreliacinės-regresinės analizės metodais. Darbe taikytas ir prognozavimo metodas, modeliuojant įvairius mišrios gamybos ūkio plėtros scenarijus ir jų įtaką biogenų migracijai tradiciniuose ir ekologiniuose ūkiuose.

Rezultatai ir jų aptarimas

Veiksniai, įtakojantys biogenų išplovą su drenažo nuotėkiu

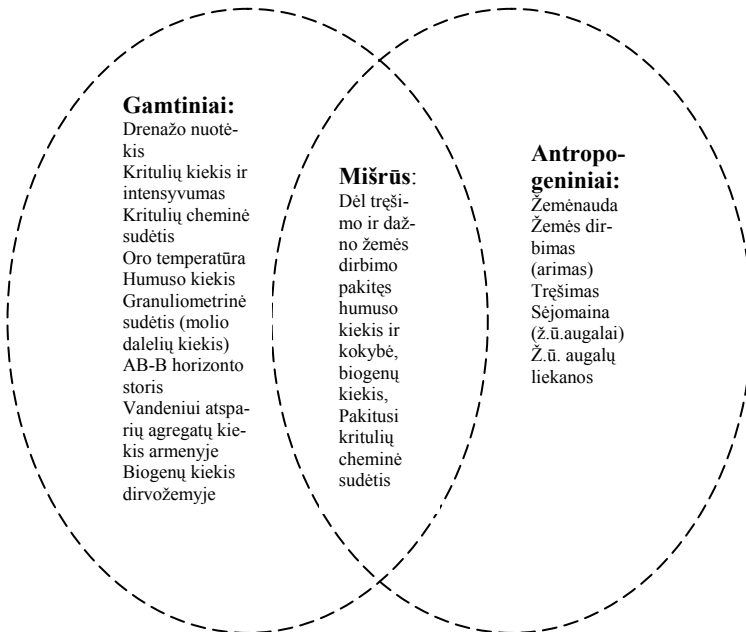
Šie veiksniai gali būti skirstomi į gamtinius, antropogeninius ir pastarųjų veikimu pakeistus gamtinius, arba mišrius (Pav. 2).

Tarp gamtinių veiksnių svarbiausias, nurodomas ir literatūroje, ir pas mus atliktų tyrimų duomenimis, ***yra pats drenažo nuotėkio dydis***, kuris priklauso nuo metų meteorologinių sąlygų, o iš šių svarbiausia– ***kritulių kiekis ir intensyvumas, jų cheminė sudėtis*** ir kiek mažiau svarbi - oro temperatūra.

Kritulių kiekio ir drenažo nuotėkio tarpusavio priklausomybė gana sudėtinga (Berankienė, 1985; Tumas, 1999; Povilaitis, 2000). Vidurio žemumos glėjiškame karbonatingame rudžemyje nustatytas stiprus koreliacinis ryšys tarp metinio drenažo nuotėkio dydžio ir kritulių kiekio bei šiek tiek silpnėsnis tarp metinio drenažo nuotėkio ir vidutinės oro t^0 (1 lentelė). Pajūrio žemumos dirvožemiuose tirtas daugianarės koreliacijos ryšys su šiais abiem veiksniais (Gužys, 1999).

Kritulių cheminė sudėtis buvo tirta dviejuose Vidurio Lietuvos žemumos tyrimų centruose– Dotnuvos stacionare 1989-1999 m. ir Graisupio baseine, R.Liutkevičiaus ūkyje 1998-1999 m. Vidutiniškai į hektarą per metus Dotnuvoje iškrito apie 10 kg mineralinio azoto ir 0,35 kg bendrojo fosforo; Graisupio baseine – 17,6 ir 0,54 kg atitinkamai (Bučienė,

Šileika, Gaigalis, 1998; Bučienė, 2003). Pajūrio ir Vidurio Lietuvos žemumose tirtų agroekosistemų dirvožemiuose daugiausia nitratinio azoto iššiplovė vandeningais metais.



Pav. 2. Biogenų N ir P išplovav dražažu įtakojantys veiksniai

Fosfatų iššiplovė gana panašūs kiekiai tiek išplautžemiuose, tiek balkšvažemiuose, nepriklausomai nuo metų vandeningumo.

Rudžemiuose vandeningais metais fosfatų iššiplovė beveik dvigubai daugiau nei normalaus vandeningumo metais, o sausringais metais - apie 25 procentais mažiau, nei normalaus ar didelio vandeningumo metais (2 lentelė).

Drenažo nuotėkį įtakoja ir dirvožemio fizikinės-hidrologinės savybės, kurios tiesiogiai susijusios su granulimetrinės sudėties, organinių medžiagų kiekio, kitomis dirvožemio horizontų charakteristikomis. Nuo dirvožemio granulimetrinės sudėties priklauso ir biogenų išplovos dydis. Lizimetriniais tyrimais A.Tyla (1995) nustatė, kad per 17 metų

laikotarpį azoto junginiai labiau linkę išsiplauti iš lengvesnės granulimetrinės sudėties (smėlio) išplautžemių lyginant su priemolio balkšvažemiais ar glėjiškais rudžemiais: iš jų vidutiniškai per metus išsiplovė atitinkamai 52,9, 34,5 ir 45,6 kg/ha mineralinio azoto. Mūsų tyrimai parodė, jog Vidurio žemumos glėjiškame karbonatingame rudžemyje drenažo nuotėkio dydį ir ariamojo sluoksnio molio dalelių kiekį siejo stiprus atvirkštinis ryšys: nuotėkis mažėjo daugėjant armenyje molio dalelių (žiūrėti 1 lentelę).

1 lentelė. Koreliacijos koeficientai tarp drenažo nuotėkio dydžio mm (y), azoto išplovos (y_1) kg/ha, fosforo išplovos (y_2) kg/ha ir įvairių veiksnių (x_i) tirtuose Vidurio Lietuvos žemumos ir Pajūrio žemumos dirvožemiuose, 1995-1999 m.

y_i	x_i	* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$
Vidurio Lietuvos žemumos rudžemiai (RDg4-k2)		
y	x_1 -krituliai, mm	0,97**
y	x_2 -vid. oro temperatūra, °C	0,44*
y	x_3 -molio dalelių kiekis armenyje, %	-0,98*
y	x_4 -AB-B horizonto storis, cm	0,66*
y_1	x_5 -vandeniui atsparių agregatų kiekis armenyje, %	-0,67*
y_1	x_6 -bendrojo azoto kiekis podirvyje, %	-0,91*
y_1	x_7 -humuso kiekis podirvyje, %	-0,97*
y_2	x_9 -judriojo fosforo kiekis armenyje, mg/kg	0,70*
y_2	x_7 -humuso kiekis podirvyje, %	-0,97*
Pajūrio žemumos išplautžemiai (idg4k) ir balkšvažemiai (J1b2)		
y	x_1 -krituliai, mm; x_2 -vid. oro temperatūra, °C	0,47-0,60*
y_1	x_8 - humuso kiekis armenyje, %	0,64*
y_1	x_9 -derlius, GJ/ha	0,76**
y_1	x_{10} - N kiekis trąšose, kg/ha	0,78**

Pagal: Gužys, 2001; Gužys, 1999; Bučiene ir kt., 2000; Bučiенė, 2003.

Rudžemyje nustatytas ir glaudus ryšys tarp drenažo nuotėkio bei AB-B horizonto storio: šiam storėjant nuo 11 iki 32 cm, nuotėkis patikimai didėjo (1 lentelė). Matomai, tai galėjo būti pasekmė dirvožemio fizikinių savybių: storesniame AB-B horizonte buvo santykinai didesnis poringumas ir didesnis filtracijos koeficientas, nei gilesnio BC sluoksnio. Švedijoje atlikti tyrimai rodo, jog didėjant dirvožemyje humuso kiekiui, azoto išplova drenažu didėja (Claesson, Steineck, 1996). Didėjant humuso kiekiui armenyje, didėjo ir nitratų išplova balkšvažemiuose (Gužys, 2001). Gi Vidurio žemumos rudžemiuose, kuris turėjo didesnes

bendrojo azoto ir humuso atsargas poarmeniniame sluoksnyje, ji buvo mažesnė, nei ten, kur humuso ar azoto būta mažiau. Tai rodo, jog rudžemiuose vyravo humifikacijos ir dirvožemio struktūros stabilizavimo, o ne mineralizacijos procesai (Bučienė, Šlepetienė et al., 2003; Šlepetiene et al., 2001; Fulen et al., 2002). Taip pat rudžemiuose mažiau išsiplovė azoto, kai armenyje daugėjo vandeniui atsparių agregatų, o šių buvo daugiau ten, kur gausiau tręšta organinėmis trąšomis (*intg, ob*) ir kur buvo daugiau humuso ir bendrojo azoto (*ob, ig*).

Fosforo išplovai rudžemiuose turėjo įtakos judraus fosforo kiekis armenyje: didėjant jo kiekiui, fosforo išplova didėjo. Fosforo, kaip ir azoto, išplovą rudžemyje mažino humuso kiekio padidėjimas poarmeniniame horizonte (20–40, 40–60 cm gylyje). Matomai, didėjant humuso kiekiui ir gerėjant dirvožemio struktūrai AB-B horizonto viršutinėje dalyje, susidaro daugiau vandeniui atsparių agregatų, kurie ir sumažina abiejų biogenų išplovąs (žiūrėti 1 lentelę).

2 lentelė. Vidutinis biogenų N-NO₃ (nitratinio azoto) ir P b (bendrojo fosforo) išplovimas kg/ha skirtingo vandeningumo metais iš įvairių agroekosistemų glėjiškuose karbonatinguose rudžemiuose, Dotnuva, 1995-2003 m.

Metai	Agroekosistemos ariamoje žemėje esant įvairaus intensyvumo žemdirbystei								Ganyklinė agroekosistema	
	int		intg		ob		k		ig	
	N-NO ₃	P b	N-NO ₃	P b	N-NO ₃	P b	N-NO ₃	P b	N-NO ₃	P b
N	36,9	0,12	21,0	0,11	20,2	0,09	12,7	0,11	4,2	0,14
S	13,6	0,08	14,8	0,06	4,7	0,11	3,6	0,10	3,1	0,13
V	69,7	0,44	68,0	0,44	69,1	0,32	61,5	0,26	4,0	0,44
Vid.±s	39,9± 30,2	0,21± 0,178	34,6± 28,5	0,20± 0,198	31,3± 31,8	0,17± 0,130	25,9± 31,3	0,15± 0,110	3,8± 1,8	0,24± 0,158

Paaiškinimas: N- normalaus vandeningumo metai; S- sausringi metai; V- vandeningi metai; ± s – standartinis nuokrypis.

N ir P išplovos mažoje ir didelėje drenažo sistemoje palyginimas

Atskiras 7,4 ha dydžio drenuotas laukas, pasirinktas agromonitoringui atlikti R.Liutkevičiaus ūkyje, tai žalienomis užimtas laukas, kuriame augo įvairaus amžiaus žolynai, daugiausia sudaryti iš daugiamečių varpinių žolių: motiejukų, svidrės bei ankštinių – dobilų. Senesniajame žolyne dobilai sudarė tik apie 10 % žolyno, naujajame – 25 %. Ši didelė drenažo sistema buvo lyginama su ilgametės ganyklos agroekosistema Dotnuvoje, įrengtoje mažoje drenažo aikštelėje (0,38 ha). Ilgametės

ganyklos žolyne dominavo varpinės žolės (pievinė miglė, pašiaušėlis, šunažolė ir kt.), ankštinių žolių buvo tik pėdsakai, be šių dar augo įvairiažolės. Abiejų drenažo sistemų dirvožemis – glėjiškas karbonatingas smėlingo priemolio rudžemis, turtingas judriojo fosforo (>220 P₂O₅ mg/kg dirvožemio). Tik mažojoje drenažo sistemoje žalienos buvo ilgiau laikytos nepersėtos ir viršutiniame dirvožemio sluoksnyje buvo sukaupusios žymiai daugiau humuso, nei didžiojoje sistemoje (4,1 ir 2,5 % atitinkamai) (3 lentelė).

3 lentelė. N ir P balansas R.Liutkevičiaus ūkio didelėje drenažo sistemoje (d) ir Dotnuvos stacionaro mažoje drenažo sistemoje (m) su vienoda žemėnauda (žalienos), dirvožemiu ir vidutiniu tręšimo intensyvumu, kg ha⁻¹ per metus, 1998 m.

Biogenų balansas dirvožemyje	N, kg ha ⁻¹		P, kg ha ⁻¹	
	d	m	d	m
Maisto medžiagų įplaukos				
1. Mineralinės trąšos + sėklos	150,0	90,0	21,8	26,2
2. Atmosferos krituliai	17,6	9,2	0,54	0,36
3. Maisto medžiagos ekskrementuose	10,0	48,0	2,0	6,6
4. Biologinė fiksacija	60,0	-		
<i>Iš viso 1</i>	237,6	147,2	24,34	33,16
Maisto medžiagų išnešimas				
1. Su derliumi ir ganant	139,0	120,0	29,0	20,4
2. Amoniakinio azoto išgaravimas iš augalinių liekanų	5,0	5,0		
3. Išplova drenažu	7,2	4,9	0,20	0,42
4. Denitrifikacija	30,0	30,0		
<i>Iš viso išnešta 2</i>	181,2	159,9	29,20	20,82
Apytaka dirvožemyje netto (1–2)	56,4	-12,7	-4,9	12,3

Pagal: Bučienė, Šileika, Gaigalis, 1998; Bučienė, Švedas, Antanaitis, 2003; Bučienė, 2003.

Denitrifikacijos ir biologinės azoto fiksacijos dydžiai buvo apskaičiuoti pagal švedų metodiką (Fagerberg ir kt., 1993). Amoniakinio azoto nuostoliai iš nupjautos žolės buvo priimti 5 kg ha⁻¹, nes po nupjovimo žolės vytintos 1 parą. Lyginant maisto medžiagų išplovą, matosi, jog metinė azoto išplova mažojoje sistemoje buvo beveik 1,5 karto mažesnė, nei didžiojoje, nors fosforo išplova – atvirkščiai, mažojoje buvo dvigubai didesnė. Kiti rodikliai, pateikti 3 lentelėje, buvo matuoti.

Mažesnės azoto išplovos priežastis mažojoje drenažo sistemoje galėjo būti geresnė viršutiniojo dirvožemio sluoksniu struktūra, daugiau vandeniui atsparių agregatų sąryšyje su didesne senesnio pagal amžių

žolyno šaknų sistema ir didesniu humuso kiekiu. O kad joje daugiau išsiplauna fosforo, nors dirvožemio turtingumas judriuoju fosforu viršutiniame sluoksnyje abejose sistemose panašus, matomai, prisidėjo gilesnis iki 40-60 cm sluoksnis, kuris čia buvo turtingesnis fosforo, nei didelėje drenažo sistemoje.

Dėka ankštinių žolių sukaupto azoto, didelėje drenažo sistemoje N balansas dirvožemyje buvo teigiamas, tuo tarpu mažesnėje, kur ankštinių buvo tik pėdsakai, jis buvo nežymiai deficitinis. Fosforo balansas – atvirkščiai- intensyviau tręšiant ir ganant, labiau perteklinis buvo mažojoje drenažo sistemoje, lyginant su didele. Tačiau turint omenyje, jog ir didelės sistemos dirvožemyje judraus fosforo atsargos nemažos, fosforo trąšų daugiau naudoti nebūtų tikslinga (Buciene, Svedas, 1997).

R.Liutkevičiaus ūkyje svarbu sumažinti N išplovą: vidutiniškai per metus nitratinio azoto ūkyje išplauta drenažu apie 50 kg/ha, o bendrojo fosforo – 0,25 kg/ha. Tokie rezultatai šiame ūkyje buvo gauti, atlikus tyrimus vandeningais metais. Gana artimi išplovos duomenys buvo gauti ir mažose drenažo sistemose Dotnuvos stacionare, esant tradiciniam ūkininkavimui (*int* ir *intg*) vandeningais metais (žiūrėti 2 lentelę). Įdomu tai, kad nebuvo nitratinio azoto išplovų skirtumų tarp tradicinių ir alternatyvaus variantų, net ir kontrolės, vandeningais metais. Skirtumai didėjo sausėjant metams, tačiau statistiškai nebuvo reikšmingi. Tad galima daryti prielaidą, jog našiuose ir turtinguose biogenais rudžemiuose tradiciškai ūkininkaujant nitratinio azoto išsiplautų panašiai, kiek ir ekologiniame ūkyje, o bendrojo fosforo išplovą labiau priklausytų nuo dirvožemio turtingumo fosforu, nei nuo tręšimo.

Biogenų išplovos tendencijos Lietuvos žemumų dirvožemiuose įvairiai ūkininkaujant

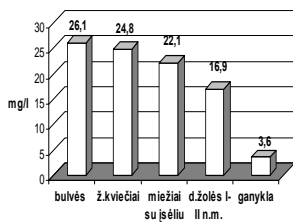
Dėl tręšimo ar ūkininkavimo intensyvumo poveikio įvairių cheminių elementų išsiplovimui autorių nuomonės išsiskiria. Vieni (Tyla, 1995; Mažvila ir kt., 1992) teigia, jog intensyvesnis tręšimas skatina Ca^{2+} , NO_3^- , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} migraciją ir išsiplovimą iš dirvožemio, kiti abejoja tuo (Švedas, 1990). Tačiau beveik visi tyrėjai pripažįsta, jog iš dirbamų laukų išsiplauna tik tie maisto medžiagų kiekiai, kurie nepanaudojami augalų, t.y. susidarę ne jų vegetacijos periodu, arba kai dirvožemyje sukauptas jų perteklius. Tyrimai su ^{15}N izotopais parodė, jog mineralinių trąšų azotas sudaro tik mažą išsiplaušančio iš dirvožemio azoto dalį, o didžiausią dalį sudaro dirvožemyje esantis mineralinis

azotas, dažniausiai nitratų formoje, kuris susidaro yrant organinei medžiagai (Švedas, 1990). Šiandienai dar neįmanoma rasti vienareikšmio atsakymo į klausimą, ar visada ekologinis ūkis, naudojantis mažesnius augalų maisto medžiagų kiekius, užtikrina mažesnę biogenų išplovą, nei tradicinis chemizuotas ūkis. Vieni autoriai įrodinėja, jog vidutiniškai per metus išplova ekologiniuose ūkiuose yra mažesnė (Higginbotham et al., 2000; Schneider, 2005; Stockdale, et al., 2001), kiti – pateikia apylygius rezultatus (Gužys, 2001; Trewavas, 2004), dar treči abejoja, ar teisinga ūkius lyginti tik pagal išplovą ir mano, kad teisingiau būtų apskaičiuoti, kokią dalį ji sudarė nuo gautos produkcijos dydžio, t.y. nuo N ir P kiekio augalinėje ir gyvulinėje produkcijoje (Kirchmann and Bergstrom, 2001; Gužys ir Petrokienė, 2006).

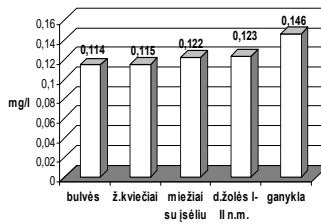
Biogenų išplovai turi įtakos ir auginamų augalų rūšys (Povilaitis, 1996; Šmitienė, 2007). Mūsų tyrimuose taip pat buvo nustatyta auginamų augalų rūšies įtaka nitratinio azoto ir bendrojo fosforo koncentracijai drenažo vandenyje: daugiau nitratinio azoto buvo auginant bulves, žeminius kviečius ir miežius su įsėliu ir gerokai mažiau - laikant daugiametės žolės ariamoje žemėje, o pačios mažiausios N-NO₃ koncentracijos buvo stebėtos drenažo vandenyje, ištekančiame iš ilgametės ganyklos sistemos (Pav. 3).

Tačiau bendrojo fosforo vidutinės koncentracijos ganykloje buvo didžiausios lyginant su kitais ariamoje auginamais augalais (žiūrėti 2 lentelę). Mat daugiametės žolės pasižymi savybe iškelti iš podirvio fosfatus ir ne tik apsirūpinti jais kaip maistu, bet ir pagausinti jų kiekį dirvožemyje.

Žemdirbystės intensyvumo įtaka biogenų išplovimui Pajūrio žemumos dirvožemiuose buvo ne vienareikšmė: intensyvi žemdirbystė patikimai padidino NO₃⁻ koncentraciją drenažo nuotėkyje balkšvažemiuose, bet nedidino išplautžemiuose (Gužys, 2001, Bučienė, 2003).



a



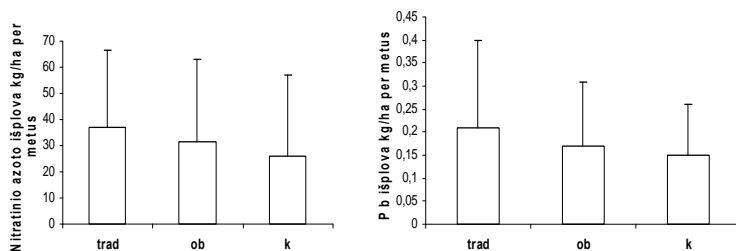
b

Pav. 3. Vidutinės nitratinio azoto (a) ir bendrojo fosforo (b) koncentracijos drenažo nuotėkio vandenyje iš įvairiais augalais užimtų agroekosistemų rudžemyje, 1995-2003.

Vidutiniškai *int* variante balkšvažemyje nitratų išsiplovė $100,7 \pm 27,9$ kg/ha palyginus su $63,1 \pm 16,6$ kg/ha *ob* variante. Ir atvirksčiai, išplautžemyje, esant *ob* sistemai, nitratų išplova buvo didesnė, nei esant *int* sistemai ($101,3 \pm 13,5$ ir $82,4 \pm 10,8$ NO₃ kg/ha atitinkamai). Matomai, tam turėjo įtakos didesnis šio tipo dirvožemio laidumas vandeniui: drenažo nuotėkis iš išplautžemio *ob* varianto visais tyrimų metais buvo gerokai didesnis, nei *int* variante. Tačiau neatmestina ir didesnio derliaus įtaka: *int* variante augintų augalų derlius buvo didesnis, ir jam užauginti buvo produktyviau panaudotos dirvožemio vandens atsargos (Gužys, 2001). Fosfatų mažiau plovėsi iš balkšvažemių, nei iš išplautžemių (0,078-0,108 ir 0,145-0,162 PO₄ kg/ha atitinkamai), o žemdirbystės intensyvumas jų išplovai neturėjo įtakos.

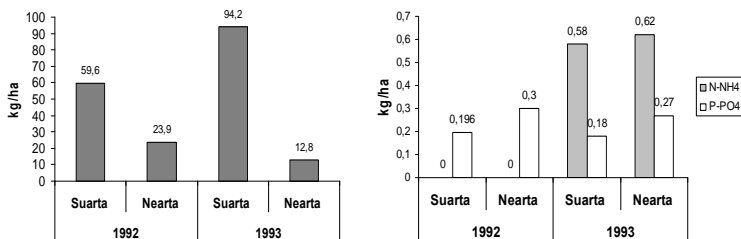
Vidurio žemumos glėjiškuose ir karbonatinguose rudžemiuose nustatyta nitratinio azoto ir bendrojo fosforo mažesnio išsiplovimo tendencija iš *ob* sistemos, lyginant su tradiciniu ūkininkavimu (*int* ir *intg*): čia vidutiniškai plovėsi 16 % mažiau nitratinio azoto ir 19 % mažiau bendrojo fosforo (Pav. 4).

Sausėjant metams, skirtumas tarp tradicinių ir *ob* variantų buvo didesnis, vandeningesniais metais – atvirksčiai- mažesnis. Tačiau mažiausiai nitratinio azoto rudžemiuose ir santykinai daugiausia fosforo plovėsi iš ilgametės ganyklos (žiūrėti 2 lentelę).



Pav. 4. Vidutinės nitratinio azoto ir bendrojo fosforo išplovos kg/ha per metus ($\pm s$) Vidurio Lietuvos žemumos rudžemiuose esant tradiciniam (*int* ir *intg*) bei ekologiniam (*ob*) ūkininkavimui ir kontrolėje (*k*), 1995-2003.

Nitratų išplovai svarbus ir organinės medžiagos kiekis dirvožemyje. Jei jo daug, ir dirva suariama, organinei medžiagai mineralizuotis padeda dirbimo metu patekęs deguonis, ir tai paskatina nitratų susidarymą (Lukošiūnienė ir kt., 1997; Slepetiene, Buciene, 2000). Didelius nitratinio azoto nuostolius per drenažą skatina ir ankstyvas mėšlo užarimas žiemkenčiams dobilienose, kai po užarimo prasideda ilgas lietingas rudens sezonas (Bučienė, 1999). Jei augalai tuo metu jo nepanaudoja (yra per maži, arba jų iš viso nėra), susidaręs nitratų perteklius pirmiausia išsiplauna iš dirvožemio į drenažą arba denitrifikuojasi. Tai buvo stebėta 1992 m. suarus ilgametę ganyklą (5 pav.). Šiame tyrime nustatyta, jog amoniakinio azoto išplovos dydis nepriklausė nuo to, ar ganykla buvo suarta ar ne. Suarimo metais jo net nebuvo fiksuota, jis išsiskyrė tik kitais po suarimo metais iš abiejų variantų. Fosfatinio fosforo –atvirksčiai - daugiau išsiplovė iš nejudintos ganyklos. Apie tai liudija ir kitur darytų išplovos tyrimų rezultatai: žemės dirbimas, arimas suardo makroporas, per kurias dažniausiai ir vyksta fosforo junginių migracija vertikaliai žemyn, todėl jų čia mažiau išsiplauna (McDowell and Monaghan, 2002; Thomas and Phillips, 1979). Kiti tyrimai rudžemiuose (Kutra, Aksomaitienė, 2003) taip pat parodė didesnę P junginių išsiplovimą iš laukų su daugiametėmis žolėmis. Aiškinama, jog žolės savo šaknų dėka ne tik iškelia iš podirvio fosfatus, bet ir padidina jų tirpumą, išnešdamos su derliumi daugiau kalcio junginių (Black, 1968; Ulén and Mattsson, 2003).



Pav. 5. Nitratinis azotas (kairiame paveiksle), amoniakinis azotas ir fosfatinis fosforas (dešiniame paveiksle), išsiplovęs iš suartos ir nesuartos ilgametės ganyklinės agroekosistemos rudžemyje, Dotnuva, 1992-1993

(Bučienė ir kt., 1997)

Mūsų tyrimai parodė, jog ilgametėse žalienose vidutiniškai per metus išsiplovė po 3,8 kg/ha nitratinio azoto ir 0,24 kg/ha bendrojo fosforo.

Biogenų išplova tradiciniuose mišriuose ir ekologiniuose ūkiuose

Ekologiniame žemės ūkyje gyvulininkystė - svarbi ūkio dalis. Mišriuose ūkiuose kaupiamos organinės trąšos, racionaliau panaudojami žemės plotai, išlaikomas ūkininkavimo sistemos balansas tarp dirvožemio, augalų ir gyvulių, maisto medžiagos labiau cirkuliuoja ūkio arba kelių ūkių ribose. Naudojant atsinaujinančius gamtinius išteklius, augalininkystės ir gyvulininkystės sistema leidžia išsaugoti ir pagerinti dirvožemio derlingumą. Lietuvos ekologiniame žemės ūkyje iki 2003 metų dominavo smulkūs ūkiai ir gyvulininkystė užsiimančių dalis buvo labai maža, tačiau pastaraisiais metais į ekologinę gamybą pasuko didelių gyvulininkystės ūkių šeimininkai. Tai sąlygojo ženklūs išmokos, išaugusi rinka ir perdirbimas, galimybė brangiau parduoti pieną. Daugiausia sertifikuotų gyvulininkystės ūkių yra Telšių, Molėtų, Raseinių, Šilalės, Ukmergės rajonuose (2007 m. ekologinių ūkių..., 2007). Kai kuriose apskrityse ekologinių ūkių su gyvuliais skaičius net viršija 50 % nuo visų ten esančių ekologinių ūkių, pavyzdžiui, Telšių ir Tauragės apskrityse (Bučienė, Eidukevičienė, 2005). Kitose, tokiose, kaip Klaipėdos apskritis, iš visų sertifikuotų ekologinių ūkių tik apie 21 % ūkių turėjo gyvulius (Eidukevičienė ir Bučienė, 2005; Bučienė et al., 2006). Iki 2008 m. ekologinis ūkininkavimas plito nenašiuose dirvožemiuose Lietuvos šiaurės rytinėje, rytinėje ir pietrytinėje dalyse

(Skurdenienė ir kt., 2007; Bučienė ir Šlažas, 2008). Prognozuojant, kaip pasikeis situacija toliau plėtojant ekologinius mišrios gamybos ūkius, galimi keli scenarijų variantai priklausomai nuo to, ar ūkiai plėtosis našių, ar nenašių žemių dirvožemiuose ir kaip didės gyvulių skaičius bei ganykliniai plotai (4 lentelė).

Pagal vidutinius 2 lentelėje ir pav.4 pateiktus azoto ir fosforo išplovos drenažu iš rudžemio duomenis, paskaičiavome, kiek sudarytų išplovos iš ekologinių ūkių ariamoje ir žalienose lyginant su tradicinių ūkių analogiškėmis išplovomis 2004 ir 2007 metais. Buvo priimta, jog bendrojo azoto ir fosforo išplova ekologinių ūkių ariamoje žemėje yra apie 16 % mažesnė, nei tradicinių ūkių, o žalienose – ji vienoda abiejų tipų ūkiuose.

4 lentelė. Apskaičiuota biogenų N-NO₃ ir P b išplova (t) iš tradicinių ir ekologinių ūkių 2004 ir 2007 metais

Rodikliai	2004		2007	
	Tradiciniai ūkiai	Ekologiniai ūkiai	Tradiciniai ūkiai	Ekologiniai ūkiai
Ariama žemė, ha	1595000	21287	1747000	88288
% nuo visų/sertif. naudmenų	61	50	65	71
Žaliosios, ha	939379	15750	805118	25375
% nuo visų/sertif. naudmenų	36	37	30	20
N-NO ₃ išplova ariamoje t	59015	660	64639	2737
N-NO ₃ išplova žalienose t	3570	60	3059	96
Suminė N-NO₃ išplova t	62585	720	67698	2833
P b išplova ariamoje t	327	4	358	15
P b išplova žalienose t	225	4	193	6
Suminė P b išplova t	552	8	551	21

Pagalbinių skaičiavimų duomenys paimti iš : Statistikos departamentas prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės www.stat.gov.lt; www.ekoagros.lt

2007 metais padidėjo bendras ariamos žemės plotas, ypač jo dalis išaugo ekologiniuose ūkiuose, o žalienu dalis sumažėjo, daugiausia tradiciniuose ūkiuose. Ekologiniu požiūriu tai reiškia nitratinio azoto išplovos drenažu padidėjimą. Gi ekologiniuose ūkiuose, nors žalienu dalis ir sumažėjo, bet

padidėjus sertifikuotos žemės naudmenų plotui ir ūkių skaičiui, žalienu plotai absoliučiais skaičiais irgi išaugo lyginant su 2004 metais. Apskaičiuota suminė nitratinio azoto išplova ekologiniuose ūkiuose 2007 m. buvo 2833 t, o bendrojo fosforo 21 t, tuo tarpu tradiciniuose ūkiuose ji sudarė atitinkamai 67698 ir 551 t.

Biogenų išplovos scenarijai 2008 – 2012 m.

Prognozuojant, kaip galėtų keistis azoto ir fosforo išplovų dydžiai per ateinančius 5 metus, daroma prielaida, jog tuo metu išliks ne mažesnis, kaip 2004-2007 m. ekologinių ūkių skaičiaus ir sertifikuoto ploto didėjimo tempas, t.y. po 20000 ha ir po 400 ūkių kasmet vidutiniškai. Taip pat priimama, jog bendras žemės ūkio naudmenų plotas 2012 m. išliks artimas 2007 m. plotui (5 lentelė).

Dėl žalienomis užimto ploto ir gyvulius laikančių ūkių skaičiaus augimo buvo prognozuojami du variantai:

1. Žalienu plotas ir sertifikuotų ekologinių ūkių su gyvuliais skaičius didės tuo pačiu tempu, kaip pastaraisiais 2006-2007 metais, t.y. per metus žalienu plotas padidės po 2600 ha, o ūkių skaičius – po 100 ūkių kasmet.
2. Žalienu plotas ir sertifikuotų ekologinių ūkių su gyvuliais skaičius kasmet didės 2 kartus greičiau, nei 2006-2007 m., t.y. po 5200 ha ir 200 ūkių, atitinkamai.

Toliau analizuojant azoto ir fosforo išplovos tendencijas, abu scenarijaus variantus padalinome į dar du subvariantus: a) ekologiniai ūkiai plėtosis nenašiuose biogenais neturtinguose dirvožemiuose; b) ekologiniai ūkiai plėtosis našiuose biogenais turtinguose dirvožemiuose.

Tad iš viso buvo nagrinėjami keturi scenarijaus variantai, pagal kuriuos prognozavome, kaip 2012 m. keisis azoto ir fosforo išplovos dydžiai, lyginant su 2007 metų rezultatais.

Jei gyvulių skaičius ir ganykliniai plotai kasmet didės nežymiai, kaip 2006-2007 metais, ir sertifikuotos žalienos 2012 m. užims apie 16 % visų žemės ūkio naudmenų, o ekologiniai ūkiai toliau plėsis nenašių žemių regionuose, nitratinio azoto išplova 2012 m. turėtų sumažėti, lyginant su 2007 m. išplova, o bendrojo fosforo – išliks panaši.

Tuo atveju, jei ekologiniai ūkiai toliau plėsis našių ir turtingų biogenais bei organine medžiaga dirvožemiuose, azoto išplova išliktų kaip ir 2007 m., tačiau fosforo – nežymiai padidėtų.

5 lentelė. Nitratinio azoto ir bendrojo fosforo išplovos su drenažo nuotėkiu prognozės 2012 m. Lietuvoje esant įvairiems scenarijams

Sąlygos (scenarijai)		Nitratinio azoto išplovos prognozė	Bendrojo fosforo išplovos prognozė
Gyvulių skaičius ir ganykliniai plotai kasmet didės nežymiai, kaip 2006-2007 metais, sertifikuotos žaliosios 2012 m. užims apie 17 % visų žemės ūkio naudmenų, ekologiniai mišrūs ūkiai sudarys apie 27 % nuo bendro ekologinių ūkių skaičiaus (1 a scenarijus)	Ūkiai plės nenašiuose mažiau turtinguose biogenais dirvožemiuose	Nežymiai sumažės nuo 2007 m. lygio	Nepasikeis nuo 2007 m. lygio
	Ūkiai plės nenašiuose turtinguose biogenais dirvožemiuose (1 b scenarijus)	Nepasikeis nuo 2007 m. lygio	Nežymiai padidės nuo 2007 m. lygio
Gyvulių skaičius ir ganykliniai plotai kasmet augs du kartus greičiau, nei 2006-2007 m., sertifikuotos žaliosios 2012 m. užims >22 % visų žemės ūkio naudmenų, ekologiniai mišrūs ūkiai sudarys apie 37 % nuo bendro ekologinių ūkių skaičiaus (2 a scenarijus)	Ūkiai plės nenašiuose mažiau turtinguose biogenais dirvožemiuose (2 a scenarijus)	Nepasikeis nuo 2007 m. lygio arba nežymiai padidės	Nepasikeis nuo 2007 m. lygio
	Ūkiai plės našiuose turtinguose biogenais dirvožemiuose (2 b scenarijus)	Padidės nuo 2007 m. lygio	Padidės nuo 2007 m. lygio

Jei gyvulių skaičius ir ganykliniai plotai kasmet augs du kartus greičiau, nei 2006-2007 m., ir sertifikuotos žaliosios 2012 m. užims >21 % visų žemės ūkio naudmenų, o ekologiniai ūkiai toliau plės nenašių žemių regionuose, azoto išplovos 2012 m. nepasikeis arba nežymiai padidės, o fosforo – išliks panaši kaip 2007 m. Tuo atveju, jei ekologiniai ūkiai toliau plės našių ir turtingų biogenais bei organine medžiaga dirvožemiuose, ir azoto, ir fosforo išplovos padidėtų lyginant su 2007 m.

Išvados

Apibendrinant apžvelgtus rezultatus, galima teigti:

1. Azoto ir fosforo išplova labiausiai priklauso nuo tokių gamtinių veiksnių kaip drenažo nuotėkio dydis, kurį lemia kritulių kiekis ir intensyvumas bei cheminė sudėtis. Vandeningesniais metais nustatyta didesnė nitratinio azoto išplova drenažu, nei normalaus drėgnumo ar sausais metais tiek Vidurio žemumos rudžemiuose, tiek Pajūrio žemumos išplautžemiuose ir balkšvažemiuose, taip pat ir didesnė fosforo išplova Vidurio Lietuvos žemumos rudžemiuose.
2. Drenažo nuotėkio dydis priklauso nuo molio dalelių kiekio armenyje (atvirkštinė priklausomybė), AB-B horozonto storio (tiesioginė), nuo dirvožemio turtingumo judriuoju fosforu (tiesioginė), nuo humuso ir bendrojo azoto kiekio (ir tiesioginė, ir atvirkštinė priklausomybė). vandeniui atsparių agregatų kiekio armenyje (atvirkštinė).
3. Iš antropogeninių veiksnių azoto ir dalinai fosforo išplovos dydį įtakoja žemėnauda (ariama ar ilgametės žalienos), augalų rūšis, sėjomaina, tręšimas.
4. Pajūrio žemumos išplautžemiuose vidutiniškai daugiau nitratų išsiplovė, esant organinei-biologinei žemdirbystės sistemai, nei intensyviai, nes pats nuotėkis ten buvo didesnis, gerokai mažesni derliai ir todėl mažiau produktyvus dirvožemio vandens naudojimas. Balkšvažemiuose – atvirkščiai – daugiau nitratų išplauta intensyviame variante, kur gausiau tręšta azotinėmis trąšomis ir buvo didesnis humuso kiekis. Fosfatų santykinai daugiau išsiplovė iš išplautžemių nepriklausomai nuo metų vandeninumo ir ūkininkavimo intensyvumo.
5. Vidurio Lietuvos žemumos rudžemiuose nustatyta nitratinio azoto ir bendrojo fosforo išplovos didėjimo tendencija didėjant ūkininkavimo intensyvumui. Vidutiniškai nitratinio azoto išplova tradiciškai ūkininkaujant ariamoje žemėje buvo 16 %, o bendrojo fosforo – 19 % didesnė, nei ekologiškai ūkininkaujant (37,2 ir 0,21 kg/ha per metus ir 31,4 ir 0,17 atitinkamai). Ilgametėse žalienose vidutiniškai per metus išsiplovė po 3,8 kg/ha nitratinio azoto ir 0,24 kg/ha bendrojo fosforo.
6. Metinė azoto išplova rudžemyje mažoje drenažo sistemoje su žalienomis buvo beveik 1,5 karto mažesnė, nei didžiojoje, o fosforo išplova – atvirkščiai, mažojoje buvo dvigubai didesnė. To priežastis – didesnis humuso kiekis ir judriojo fosforo kiekis mažojoje sistemoje. Našiuose ir turtinguose biogenais rudžemiuose tradiciškai

- ūkininkaujant nitratinio azoto išsiplauka panašiai, kiek ir ekologiškai ūkininkaujant, o bendrojo fosforo išplova labiau priklauso nuo dirvožemio turtingumo fosforu, nei nuo tręšimo.
7. Apskaičiuotos tokios biogenų išplovos Lietuvoje 2007 m.: ekologiniuose ūkiuose nitratinio azoto išplova 2833 t, o bendrojo fosforo – 21 t, tuo tarpu tradiciniuose ūkiuose 67698 ir 551 t atitinkamai.
 8. Azoto išplova 2012 m. turėtų sumažėti, lyginant su 2007 m., o fosforo išliks panaši, jei ekologiniai ūkiai toliau plės nenašių žemių regionuose, o gyvulių skaičius ir ganykliniai plotai augs kaip ir pastaraisiais metais. Jei ekologiniai ūkiai plės našių ir turtingu biogenais dirvožemiuose, azoto išplova išliktų kaip ir 2007 m., o fosforo – nežymiai padidėtų.
 9. Jei gyvulių skaičius ir ganykliniai plotai augs du kartus greičiau, nei dabar, o ekologiniai ūkiai toliau plės nenašiose žemėse, azoto išplova 2012 m. nepasikeis arba nežymiai padidės, o fosforo – išliks panaši lyginant su 2007 m. Jei ekologiniai ūkiai toliau plės našiuose dirvožemiuose, ir azoto, ir fosforo išplova padidėtų.

Naudota literatūra

- Š. Antanaitis. Azoto, fosforo ir kalio migracijos agroekosistemoje ir augalų derliaus ryšys su aplinkos veiksniais // Daktaro disertacijos santrauka, Akademija 2001.-32 p.
- L. Berankienė. Issledovanije vlijanija osušenija zakrytym drenažom na vodnyj režim suglinistych počv Litovskoj SSR i urožaj kultur. // Avtoreferat disertaciji, Kaunas 1985.-19 s. (rusų kalba).
- C.A. Black. Soil-Plant Relationships, 2nd edn.; Wiley: New York 1968.
- S. Claesson, S. Steineck. Plant nutrient management and the environment, special report 41, SLU, Uppsala 1996.-69 p.
- S. Ebbersten. Lantbruksvetenskap – en omvärldsanalys inför 2000-talet med särskild hänsyn till agronom-, hortonom- och landskapsarkitektutbildningarna. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala 1990.-44 p.
- B. Fagerberg, E. Salomon, S. Steineck. The computer program NPK-FLO, Uppsala 1993. -47 p.
- A. Gustafson. Simulation of nitrate leaching from arable land in Southern Sweden // Acta agriculture Scandinavica 1988, vol.38.-no.1, p. 13-23.

- S. Gužys. Drenažo vandens nuotėkis, cheminių elementų migracija ir balansas biologinės ir intensyvios žemdirbystės sąlygomis Vakarų Lietuvos dirvožemiuose // *Žemdirbystė. Mokslo darbai* 2001, 74, p. 53-69.
- S. Gužys, Z. Petrokienė. Skirtingai tręštų sėjomainos kultūrinių augalų įtaka fosforo migracijai agroekosistemoje // *Žemdirbystė. Mokslo darbai* 2006, t. 93, nr. 3, p. 75-88
- S. Gužys. Žemės ūkio augalų derliaus ryšio su žemdirbystės sistemomis, dirvožemio ir vandens rodikliais analizė. Daktaro disertacijos santrauka, Lietuvos Žemdirbystės Institutas, Akademija 1999.- 24 p.
- HELCOM: Fourth Periodic Assessment of the State of the Marine Environment of the Baltic Sea Area, 1994-1998 // Background Document. *Balt. Sea Environ. Proc.* 2002, no. 82 B, p. 216.
- S. Higginbotham, A.R. Leake, V.W. Jordan, S.E. Ogilvy. Environmental and ecological aspects of integrated, organic and conventional farming systems // *Aspects of Applied Biology* 2000, 62, p. 15–20.
- H. Kirchmann, L. Bergstrom. Do organic farming practices reduce nitrate leaching? // *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 2001, 32 (7–8), p. 997–1028.
- G. Kutra, R. Aksomaitiene. Use of nutrient balances for environmental impact calculations on experimental field scale // *European Journal of Agronomy* 2003, 20 (1–2), p. 127–135.
- J. Mažvila, Z. Vaišvila, V. Radžiūnas, T. Adomaitis. Ilgalaikio tręšimo mineralinėmis trąšomis įtaka derliui, dirvožemio savybėms, maisto medžiagų išplovimui // *Antropogeninių veiksmų įtaka dirvožemio derlingumui*, Vilnius 1992, p. 52-57.
- R.W. McDowell, R.M. Monaghan. The potential for phosphorus loss in relation to nitrogen fertiliser application and cultivation // *New Zealand Journal of Agricultural Research* 2002, vol. 45, p. 245-253.
- A. Povilaitis. Skirtingo klimato sąlygų ir dirvožemio savybių įtaka azoto išplovai ir nuoplovai Lietuvoje // *Ūkininkavimas ir aplinka. Tarptautinės moksl. konfer. pranešimai*, LMA, LŽŪA, Kaunas-Akademija 1996, p. 87.
- A. Povilaitis. Drenažo įtakos azoto išplovai įvertinimas skaitmeninio eksperimento metodu // *Lietuvos žemės ūkio universiteto ir Lietuvos vandens ūkio instituto mokslo darbai* 2000, 10(32), p.

- T. Schneider. Nitrogen and phosphorus leakage in ecological recycling agriculture. // Environmental impacts of eco-local food systems, Final report from BERAS Work Package 2. Granstedt, A., Seuri, P & Thomsson, O.(eds), Ekologiskt Lantbruk 2005, no. 41, Centre for Sustainable Agriculture, SLU, p. 60-70.
- I. Skurdenienė, V. Ribikauskas, B. Bakutis. Ekologinio ūkio privalumai gyvulininkystėje, Kaunas, Lututė 2007, p. 126-128.
- E.A. Stockdale, N.H. Lampkin, M. Hovi, R. Keatinge, E.K.M. Lennartsson, D.W. MacDonald, S. Padel, F.H. Tattersall, M.S. Wolfe, C.A. Watson. Agronomic and environmental implications of organic farming systems // Advances in Agronomy 2001, 70, p. 261-327.
- V. Šidlauskienė. Saprofitinių ir fitopatogeninių mikroorganizmų paplitimas įvairių žemdirbystės sistemų kalvoto reljefo dirvožemiuose // Daktaro disertacijos santrauka, Akademija 2000. -28 p.
- A. Šmitienė. Pattern of nitrogen leaching within streams cathments // Summary of doctoral dissertation, Technological Sciences, Environmental Engineering and Land Management (04T), Lithuanian university of agriculture, Water management institute of Lithuanian university of agriculture, Kaunas 2007.-22 p.
- A. Švedas. Žemdirbystės ekologija, Vilnius 1990.-115 p.
- G.W. Thomas, R.E. Phillips. Consequences of Water Movement in Macropores // Journal of Environment Quality 1979, 8, p. 149-152.
- A. Tyla. Augalų maisto medžiagų migracija biosferoje // Žemės ūkio mokslai 1995, nr. 1(5), p. 3-10.
- A.J. Trewavas. A critical assessment of organic farming-and-food assertions with particular respect to the UK and the potential environmental benefits of no-till agriculture // Crop Protection 2004, 23, p. 757-781.
- R. Tumas. Hydroecological evaluation of small Lithuanian rivers // Reduction of agricultural runoff to the Baltic Sea, proceed. of International Conference 8-9 September 1999, p. 29-33.
- B. Ulén, L. Mattsson. Transport of phosphorus forms and of nitrate through a clay soil under grass and cereal production // Nutrient Cycling in Agroecosystems 2003, 65, p. 129-140.
- 2007 m. ekologinių ūkių sertifikavimo rezultatai <http://www.ekoagros.lt/>
 Statistikos departamentas prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės www.stat.gov.lt

Tolesnių mokslinių tyrimų programa

Kadangi šiuo metu disponuojami pagrindinių biogenų azoto ir fosforo išplovos drenažu tyrimų duomenys dar neleidžia tiksliai atsakyti, kiek ir kodėl šių junginių išsiplaus iš dirvožemio su drenažo nuotėkiu **įvairiuose Lietuvos dirvožemiuose bei agroklimatiniuose regionuose**, esant skirtingam ūkininkavimo intensyvumui ir žemėnaudai, analogiški tyrimai turėtų būti pradėti ir tęsiami didesniame, negu iki šiol areale. Šios problemos turi būti ir toliau tiriamos ne tik atskirų institucijų modeliniuose bandymuose, kaip tai buvo daroma iki šiol, bet ir **pasirinktuose demonstraciniuose ūkiuose**, tiek tradiciniuose, tiek ekologiniuose, atliekant tyrimus įvairaus vandeninumo metais ir skirtingo našumo bei turtingumo dirvožemiuose.

Tinkamiausia tokių tyrimų forma – **kompleksinio agromonitoringo programa** įgyvendinama tyrimais keliuose lygmenyse: lauko/drenažo sistemos, ūkio, upelio baseino, agroklimatinio regiono.

Agromonitoringo tyrimai turi būti ne tik geografiškai išplėsti, bet ir jų programoje galėtų koordinuotai dirbti keletas tyrimo institucijų bei universitetų. Reikėtų įrengti arba tęsti analogiškus tyrimus Vakarų, Vidurio, Šiaurės karstiniame ir Rytų Lietuvos agroklimatiniuose regionuose, prisirišant prie jau vykdomo paviršinio nuotėkio monitoringo objektų – nedidelių upelių, tekančių per teritorijas, kuriose vyrauja agrariniai žemėveiksliai ir ūkinė veikla.

Kartu su išplovų tyrimais, pasirinktuose objektuose reikėtų atlikti ir paviršinio, gruntinio bei kritulių vandens cheminės sudėties tyrimus, kad būtų įmanoma kuo tiksliau įvertinti pagrindinius pasklidos taršos biogenais atvejus ir jų dinamiškumą.

Perspektyvu toliau gilintis į humuso bei organinės medžiagos kokybės tyrimus sąryšyje su nitratų migracijos dirvožemyje bei denitrifikacijos, dirvožemio struktūros ir fermentinių sistemų tyrimais. Fosforo išplovos tyrimuose reikėtų detaliau paanalizuoti fosforo frakcijas, pavyzdžiui, suspenduotų dalelių fosforą, jo dalį drenažo nuotėkyje. Perspektyvūs būtų ir naujų netradicinių augalų tyrimai, įvairių augalų liekanų kiekybinės apskaitos ir cheminės sudėties analizės sąryšyje su biogenų išplovomis. Taip geografiškai išplėtotas kompleksinis agromonitoringas duotų objektyvų situacijos su pasklidąja tarša vaizdą ir leistų racionaliau planuoti bei įdiegti įvairias prevencines aplinkosaugines praktikas, mažinančias taršą kiekviename tiriamame regione. Sukaupus pakankamai

empirinių duomenų, biogenų migracijos ir išplovos įvairių agroekosistemų, jų dirvožemių ir klimatinų regionų lygmenyse prognozei bus galima taikyti matematinius modelius.

SANTRAUKA

Habilitacijos procedūrai teikiamoje apžvalgoje apibendrinti po disertacijos apgynimo (1984 m.) atliktų mokslinių tyrimų darbų rezultatai.

Šiame darbe remiamasi autorės atliktų ir vadovautų maisto medžiagų migracijos tyrimų Lietuvos žemdirbystės institute Dotnuvoje 1992-1995 m., taip pat kartu su bendraautoriais vykdytų tyrimų 1992-2003 m. LŽI bazėje rezultatais bei 1995-1999 m. tyrimų rezultatais, gautais R.Liutkevičiaus ūkyje, vykdant tarptautinį BEAROP (Baltijos jūros aplinkosaugos nuo žemės ūkio nuotėkio taršos) projektą.

Šios apžvalgos tikslas ir uždaviniai – išanalizuoti ir apibendrinti biogenų N ir P drenažo išplovos Pajūrio ir Vidurio žemumų agroekosistemų dirvožemiuose tyrimų rezultatus, paaiškinti nustatytas tendencijas, palyginti išplovos rezultatus, gautus nedidelėje drenažo aikštelėje ir didelėje ūkyje esančioje drenažo sistemoje, apskaičiuoti ir prognozuoti išplovą mišrių tradicinių ir ekologinių ūkių sąlygomis bei numatyti užduotis tolesniems tyrimams.

Šioje apžvalgoje apibendrinama tyrimų medžiaga apima 19 mokslinių straipsnių, vieną monografiją ir tarptautinio projekto ataskaitą, kurie buvo paskelbti 1995-2008 m. Dauguma straipsnių parengta kartu su kitais bendraautoriais (vienuolikoje iš jų autorė buvo pirmoji). Publikuotos medžiagos pagrindu buvo daryti pranešimai daugiau kaip 19 mokslo renginių (konferencijose, seminaruose, simpoziume) tiek Lietuvoje, tiek užsienyje.

Pagrindiniai žodžiai: maisto medžiagos/biogenai, išplova, drenažo nuotėkis

SUMMARY

The results of scientific research conducted since acquisition of the Ph.D. in 1984 are reviewed in this survey for habilitation procedure.

The nutrient migration research was conducted and supervised by author and performed at Lithuanian institute of Agriculture (LIA) in Dotnuva in 1992-1995, together with other researchers was conducted in the base of LIA in 1995-2003, and in the farm of R.Liutkevičius in 1995-1999, according to the tasks of international BEAROP project (Baltic Environment and Agricultural Runoff Project).

The aim and tasks of this survey – to analyse and summarise the results of nutrients N and P leaching from soils of agroecosystems of Seashore and Middle Lithuania lowlands, to explain the trends, to compare the leaching results from small and big drainage system (at the farm), to estimate and forecast the leaching of nutrients under conditions of conventional and ecological farms and to foresee the tasks for the future research.

The review material covers 1995-2008 and 19 scientific papers, 1 monograph and 1 international report published during that period. The most of papers were prepared together with co-authors, but in 11 of them the author was the first. On the base of material obtained, more than 19 presentations were made at different scientific events (conferences, seminars, symposium) in Lithuania as well as in other countries.

Key words: nutrients/biogens, leaching, drainage runoff

Apibendrinamų mokslinių publikacijų sąrašas

BEAROP in Lithuania. Final report 1994-1997 Agricultural Run-off Management Land Report of Lithuania (by Sileika, A.S., Kutra, G., Buciene, A., Gaigalis, K., Strusevicius, Z.) 1997, Kėdainiai-Uppsala. 128 p.

A. Buciene, A. Svedas. Spatial variability of soil agrochemical properties and crop yield in Lithuania. // Precision agriculture'97 Spatial variability in soil and crop. 1997, vol. I, SCI BIOS, p.71-78.

A. Bučienė, Š. Antanaitis, A. Mašauskienė, D. Šimanskaitė. Nutrients N, P losses with drainage runoff and field balance as a result of crop management // Communications in Soil Science and Plant Analysis 2007, vol. 38, issue 15 & 16, September 2007, p. 2177 – 2195.

A. Bučienė A., M. Eidukevičienė. How viable is the local organic food market in Klaipėda town and district from the consumer's point of

- view? // *Obstacles and Solutions in Use of Local and Organic Food* (Salla Kakriainen and Hans von Essen -eds.) 2005, SUAS, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, p. 11-25.
- A. Bučienė, J. Gutauskas, L. Kadžiulis. Dirvožemio organinės dalies mineralizacija ir maisto medžiagų išplovimas iš suartos ilgametės ganyklos // *Lietuvos klimato ir dirvožemio potencialo racionalaus panaudojimo perspektyvos*. Moksl. konfer. Darbai, Dotnuva-Akademija 1997, p. 86-92.
- A. Bučienė, V. Mašauskas, A. Juozapaitis. Application of small drainage system method in the matter migration and balance research // *Proceed. of the Fourth Regional Conference on Mechanization of Field Experiments (IAMFE/BALTIC '95) 1995*, Kaunas/Dotnuva, Lithuania, p. 93-99.
- A. Bučienė. Overview of rural population demographic situation, land use and spheres of activity in the Baltic Sea region // *Tiltai. Brücken. Bridges*. Scientific paper of Klaipėda University 2002, vol. 2, p. 11-18.
- A. Bučienė, E. Ramoška, D. Lukianienė. Drenažo nuotėkio ir augalų maisto medžiagų išplovimo priklausomybė nuo fizikinių velėninio glėjiško dirvožemio savybių // *Lietuvos Žemės Ūkio Universiteto ir Lietuvos Vandens Ūkio Instituto Mokslo Darbai 2000*, 15 (35), p. 40-48.
- A. Bučienė, A.S. Šileika, K. Gaigalis. Nutrient balance and management in r. Graisupis watershed and demonstration farm // *Monographs in System Ecology 1998*, 2, Klaipėda University, Klaipėda, p. 6-11.
- A. Bučienė, M. Šlažas. Ekologinio ūkininkavimo plėtros Suomijoje ir Lietuvoje palyginimas // *Ekonomika ir vadyba: aktualijos ir perspektyvos*, Mokslo straipsnių rinkinys, skirtas Šiaulių universiteto Socialinių mokslų fakulteto veiklos dešimtmečiui 2008, 2 (11), Šiaulių universitetas, Šiaulių universiteto leidykla, p. 162-176.
- A. Bučienė, M. Šlažas, A. Steponavičiūtė, M. Eidukevičienė. Researching the interests and problems of organic food producers, processors and consumers in Western Lithuania // *Sustainable Consumption and Production: Opportunities and Challenges*. Proceed. of the Conference of the Sustainable Consumption Research Exchange (SCORE!) Network, 23 November until Saturday 25 November 2006, Wuppertal, Germany 2006, p. 125-134.

- A. Bučienė, A. Šlepetienė, D. Šimanskaitė, A. Svirskienė, B. Butkutė. Changes in soil properties under high and low-input cropping systems in Lithuania // *Soil Use and Management* 2003, vol 19, no 4, December 2003, p. 291-297.
- A. Bučienė, A. Švedas, Š. Antanaitis. Balances of the major nutrients N, P and K at the farm and field level and some possibilities to improve comparisons between actual and estimated crop yields // *European Journal of Agronomy* 2003, 20 (1–2), p. 53–62.
- A. Bučienė, A. Tiknius, H. Pauliukevičius. Agriculture and water in Lithuania: real and foreseen situation // *Proceed. of the international conference on hydrology*, Helsinki University, Helsinki 1998, p. 109-120.
- A. Bučienė. Žemdirbystės sistemų ekologiniai ryšiai: monografija. Klaipėda: Klaipėdos universiteto leidykla 2003. 180 p.
- A. Bučienė. Žemdirbystės sistemų kompleksinių tyrimų, vykdomų nedidelėse drenažo aikštelėse, metodologiniai aspektai // *Žemdirbystė. Mokslo darbai* 1999, 65, p. 27-47.
- M. Eidukevičienė, A. Bučienė. Ekologiškų maisto produktų rinkos formavimasis Vakarų Lietuvoje // *Tiltai. Brücken. Bridges. Scientific paper of Klaipėda University* 2005, vol. 2, p. 45-54.
- M.A. Fullen, A. Buciene, M. Eidukeviciene, B. Jankauskas. The potential contribution of eco-organic and conservation agriculture to sustainable soil use in Northern Europe // *Proceedings of the conference „Scientific aspects of organic farming“ held in Jelgava, Latvia March 21, Jelgava 2002*, p. 72-77.
- E. Lukošūnienė, A. Bučienė, A. Šlepetienė, A. Svirskienė. Įvairaus mėšlo veikimo trukmė ir jo reikšmė humuso kaupimuisi dirvožemyje // *Žemdirbystė* 1997, 57 t., Dotnuva-Akademija, p. 80-98.
- A. Šlepetiene, A. Buciene, S. Hüttmann, L. Beyer, K. Pingpank. The impact of different fertilization and cropping systems on soil organic matter (SOM) content and quality in Lithuania // *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H.Kołłątaja w Krakowie* 2001, nr 375, p. 95-104.
- A. Šlepetienė, A. Bučienė. Influence of various cropping systems on the composition of soil organic matter // *Biologija* 2000, no.2, p. 292-294.

Klaipėdos universiteto leidykla

ANGELIJA BUČIENĖ

BIOGENŲ N IR P IŠPLOVA LIETUVOS ŽEMUMŲ DIRVOŽEMIUOSE

Habilitacijos procedūrai teikiamų mokslo darbų apžvalga
Fiziniai mokslai, geografija (06P). Vilnius, 2009

SL 1335. 2009 01 16. Apimtis 2 sąl. sp.l. Tiražas 50 egz.
Leido ir spausdino Klaipėdos universiteto leidykla
Klaipėda, Herkaus Manto g. 84, 92294 Klaipėda