

**VILNIAUS UNIVERSITETAS
GAMTOS TYRIMŲ CENTRAS
GEOLOGIJOS IR GEOGRAFIJOS INSTITUTAS**

Virgilija Gregorauskienė

**CHEMINIŲ ELEMENTŲ KIEKIŲ KAITOS
DĖSNINGUMAI LIETUVOS DIRVOŽEMIO
PROFILIJE**

Daktaro disertacija
Fiziniai mokslai, fizinė geografija (06 P)

Vilnius, 2012

Disertacija rengta 2008–2012 metais Vilniaus universitete

Mokslinis vadovas:

Doc. dr. Regina Prapiestienė (Vilniaus universitetas, fiziniai mokslai, fizinė geografija – 06 P)

Konsultantas:

Dr. Valentinas Kadūnas (Gamtos tyrimų centro Geologijos ir geografijos institutas, fiziniai mokslai, geologija – 05 P)

TURINYS

ĮVADAS • 5

1. TYRIMŲ APŽVALGA • 9

1.1. Nacionaliniai dirvožemio profilio cheminės sudėties tyrimai • 9

1.2. Užsienio dirvožemio profilio cheminės sudėties tyrimų apžvalga • 11

2. DARBO METODOLOGIJA • 15

2.1. Cheminių tyrimų apimtis ir struktūra • 15

2.2. Granulimetrinės sudėties tyrimai • 16

2.3. Duomenų matematinė–statistinė analizė • 19

3. TYRIMŲ REZULTATAI • 21

3.1. Dirvožemio granulimetrinių frakcijų cheminė sudėtis ir svarba visuminiams dirvožemio cheminių elementų kiekiams • 21

3.1.1. Vidutiniai cheminių elementų kiekiai smėlio, priesmėlio ir molio-priemolio dirvožemių granulimetrinėse frakcijose • 23

3.1.2. Cheminių elementų kaupimosi koeficientai skirtingos litologijos dirvožemiuose • 29

3.1.3. Dirvožemio granulimetrinių frakcijų indėlis į bendrą dirvožemio cheminę sudėtį • 35

3.2. Dirvodarinių nuogulų cheminės sudėties ypatumai ir svarba dirvožemio cheminės sudėties formavimuisi • 37

3.2.1. Cheminių elementų kiekiai ir jų pasiskirstymas skirtingos litologinės sudėties dirvodarinėse nuogulose • 37

3.2.2. Cheminių elementų asociacijos atskiruose dirvodarinių nuogulų litologiniuose tipuose • 44

3.3. Dirvodarinis ir antropogeninis poveikis dirvožemio profilio cheminės sudėties kaitai • 48

3.4. Vertikalus cheminių elementų pasiskirstymas tipiniame dirvožemio profilyje • 59

3.4.1. Cheminių elementų kiekių kaita tipiniame smėlio ir molio-priemolio dirvožemio profiliuose • 59

3.4.2. Cheminių elementų kiekių pokyčiai dirvodariniame C horizonte ir viršutiniame A horizonte •	63
3.4.3. Dirvožemio genetinių horizontų cheminių elementų asociacijos ir koreliaciniai ryšiai •	66
3.5. Cheminių elementų pasiskirstymo modelis Lietuvos dirvožemio profilyje •	69
3.5.1. Viršutiniame A horizonte besikaupiantys cheminiai elementai •	71
3.5.2. Iliuviniame B horizonte besikaupiantys cheminiai elementai •	74
3.5.3. Cheminiai elementai, išplaunami ir išnešami iš viso dirvožemio profilio •	75
IŠVADOS •	81
NAUDOTOS LITERATŪROS SĄRAŠAS •	83
PRIEDAI •	
V. Gregorauskienės darbų (publikacijų disertacijos tema) sąrašas •	
Dirvožemio profilio cheminės sudėties tyrime naudotų duomenų statistinių parametrų lentelė •	

ĮVADAS

Tiriamoji problema. Vertikalus cheminių elementų pasiskirstymas įvairių šalių dirvožemio profilyje yra gana retai tiriamas. Tyrimų rezultatai taip pat dažnai yra sunkiai palyginami, nes atliekami taikant skirtingus tyrimų metodus, pritaikytus įvairių uždavinių (agrocheminių, aplinkosauginių, naudingų iškasenų paieškų ir kt.) sprendimui. Dažniausiai agrocheminės rekomendacijos yra pateikiamos atsižvelgiant į dirvožemio derlingumo tyrimus, įvertinančius augalams būtinų cheminių medžiagų kiekių pasiskirstymą dirvožemio profilio dalyje, pasiekiamoje augalų šaknų (Smeck 1973; Kirby 1985; Mažvila 1998, 2001). Maistmedžiagių išplovimas ir persiskirstymas dirvožemio profilyje po plyno miško kirtimo ar gaisro, bei jį atsodinus, yra stebimas ir analizuojamas Skandinavijos bei Viduržemio jūros regiono mokslininkų darbuose (Kutiel, Inbar 1993; Berthelsen, Steinnes 1995; Lahdenperä 1999; Andersen et al. 2002). Nemažai dirvožemio profilio tyrimų įvairiose šalyse yra skirta teršalų, patekusių į dirvą su buitinėmis nuotekomis ir trąšomis, fiksacijos ir išnešimo procesams pažinti (Agbenin, Felix-Henningsen 2001; Morera et al. 2001; Kaschl et al. 2002). Oru pernešamos taršos stebėjimai paprastai yra atliekami menkai antropogeniškai paveiktų, dažniausiai organinių miško ir pelkių dirvožemių profiliuose (Shotyk et al. 1992; Blaser et al. 2000; Hernandez et al. 2003). Erdvinis cheminių elementų pasiskirstymas Lenkijos teritorijoje jų kiekių padidėjimas humusingame mineralinių dirvožemių horizonte taip pat aiškinamas elementų vertikalios pasiskirstymo ypatumais (Degorski 1998). Mikroelementų pasiskirstymo dirvožemio profilyje dėsningumai pagelbėjo ieškant sąsajų tarp Anglijos ir Škotijos upių dugno nuosėdų ir viršutinio dirvožemio sluoksnio geocheminės sudėties žemėlapių duomenų (Berrow, Mitchell 1991). Tokio pobūdžio tyrimai išlieka aktualūs įvairiose teritorijose, ypač mokslinės integracijos kontekste.

Darbo aktualumas. Objektyvūs apibendrinantys ir tarptautiniu mastu palyginami duomenys apie Lietuvos dirvožemių cheminės sudėties vertikalios kaitą bei ją formuojančius procesus yra reikalingi: aplinkosaugos srityje – nustatant antropogeninio poveikio mastą dirvožemiams bei per juos

besifiltruojantiems krituliams, patenkantiems į gruntinį vandenį ir pagrindžiant cheminių medžiagų reglamentus šiose terpėse; vadybos srityje – teikiant ES institucijoms europiniu mastu kalibruotus duomenis apie dirvožemių kokybę; mokslo srityje – aiškinant cheminių elementų erdvinio pasiskirstymo ypatumus dažniausiai tiriamame viršutiniame A dirvožemio horizonte ir atnaujinant skurdokas nacionalines dirvožemio cheminės sudėties žinias bei kompetentingai integruojantis į įvairias mokslo sferas; žemės ūkio srityje – papildomi duomenys rengiant agrochemines rekomendacijas .

Tyrimų tikslas: nustatyti cheminių elementų vertikalios pasiskirstymo dėsninumus Lietuvos dirvožemiuose.

Šio tikslo įgyvendinimui reikėjo spręsti tokius pagrindinius **uždavinius:**

- 1) nustatyti sąsajas tarp dirvožemio granulimetrinės ir cheminės sudėties;
- 2) atlikti įvairios genezės dirvodarinių nuogulų cheminės sudėties analizę, nustatant pirminių dirvodarinių nuogulų būdingąsias savybes;
- 3) išanalizuoti ir nustatyti dirvodaros procesų poveikį ir svarbą cheminių elementų vertikaliam pasiskirstymui dirvožemio profilyje;
- 4) išryškinti esminius dirvožemio cheminės sudėties pokyčius, atliekant palyginamąją viršutinio A horizonto ir dirvodarinio C horizonto cheminės sudėties analizę;
- 5) sumodeliuoti Lietuvos teritorijai būdingus tipinius smėlio–priesmėlio ir molio–priemolio dirvožemio geocheminius profilius;
- 6) sumodeliuoti tipinį Lietuvos dirvožemio geocheminį profilį ir išanalizuoti jo cheminės sudėties kaitos dėsninumus.

Šių uždavinių sprendimas įgalino suformuluoti tokius **ginamuosius teiginius:**

1. Lietuvos dirvožemio cheminę sudėtį labiausiai įtakoja joje vyraujanti smėlio frakcija;
2. cheminių elementų kiekius ir jų pasiskirstymą dirvodarinėse nuogulose nulemia jų litologinė sudėtis, kuri išlieka viso dirvožemio profilio cheminę sudėtį kontroliuojančiu faktoriumi;
3. vyraujantis dirvodaros procesas Lietuvos dirvožemiuose yra cheminių elementų išplovimas ir daugelio jų išnešimas už profilio ribų;

4. cheminių elementų išnešimo pobūdis ir intensyvumas labiausiai priklauso nuo dirvožemio litologinio tipo;
5. viršutiniame dirvožemio horizonte kaupiasi klastogeniniai elementai, susiję su dūlėjimui atspariais mineralais, ir antropogeniniai-biogeniniai elementai, akumuliuojami organinės medžiagos;
6. dirvožemio iliuviniame horizonte kaupiasi cheminiai elementai, susiję ir migruojantys su molio mineralais arba hidroksidais.

Darbo naujumas ir reikšmė. Šis darbas, analizuojantis ir išryškinantis vertikalaus elementų pasiskirstymo dirvožemio profilyje dėsningumus, visų pirma, yra skirtas erdvinio elementų pasiskirstymo ypatumų Lietuvos upių dugno nuosėdose ir viršutinio dirvožemio horizonte analizei ir paaiškinimui. Vertikalaus cheminių elementų pasiskirstymo dėsningumų pažinimas leidžia įvertinti ir atskirti gamtinį ir antropogeninį faktorius, nustatant foninius elementų kiekius viršutiniame dirvožemio sluoksnyje. Šis darbas atnaujina skurdokas nacionalines bazines žinias apie cheminių elementų migraciją per daugiasluoksnę mineralinę–organinę dirvožemio dangą vidutinio klimato zonoje esant kritulių pertekliui. Be to, daugelio retų, iki šiol Lietuvoje netyrinėtų, cheminių elementų migracinių ypatumų analizė leido išryškinti Lietuvos dirvožemio geocheminės sudėties specifiką tarptautiniame kontekste. Tokios žinios turi didelę taikomąją vertę aiškinant regioninius gruntinio vandens hidrocheminės sudėties pokyčius, ypač intensyvios žemdirbystės rajonuose, bei tiriant potencialių taršos šaltinių (sąvartynų, filtracinių ir tręšimo laukų ir kt.) poveikį aplinkai. Vertikalaus elementų pasiskirstymo įvertinimas įgalina daryti ilgalaikes ir patikimas prognozes apie paties dirvožemio bei gruntinio vandens kokybės kaitą. Atliktų tyrimų rezultatai jau yra testuoti ir pritaikyti, kuriant dirvožemio ir kitų aplinkos komponentų geocheminių tyrimų metodikas Europos teritorijose (Salminen et al. 1998, Gregorauskiene et al. 2000) bei rengiant nacionalinius aplinkosauginius ir planavimo dokumentus.

Darbo rengimas. Pirmųjų darbų publikavimo disertacijos tema pradžia yra 1997 m., kai mokslinei visuomenei buvo pristatyti pirmieji nacionalinio geocheminio atlaso (Gregorauskiene, 1997) rezultatai. Nuo to meto autorė,

dirbdama tuometiniame Geologijos institute ir Lietuvos geologijos tarnyboje, dalyvavo ir vadovavo eilei nacionalinių ir tarptautinių geocheminių projektų, kurių metu buvo surinkti gausūs dirvožemio profilio cheminių tyrimų duomenys. Surinktų duomenų pagrindu 2008–2012 m. VU GMF doktorantūros studijų metu parengtas pastarasis disertacinis darbas.

Mokslinio darbo aprobacija. Nuo 1996 metų, kuomet autorė mokslinėse konferencijose pristatė pirmuosius savo darbo rezultatus, pranešimai disertacinio darbo tema buvo pristatyti daugiau nei 30-yje tarptautinių mokslinių konferencijų, individualiai ir su bendraautoriais parengta daugiau nei 30 mokslinių publikacijų, iš kurių 9 atspausdintos periodiniuose leidiniuose, įrašytuose į Mokslinės informacijos instituto pagrindinių žurnalų sąrašą (ISI).

Darbo struktūra. Disertaciją sudaro įvadas, 3 skyriai, išvados, naudotos literatūros (65 šaltiniai) ir autorės publikacijų (87 publikacijos) sąrašai bei pridedama lentelė su darbe naudotų duomenų matematiniais–statistiniais parametrais. Disertacijos apimtis – 109 puslapiai teksto, 34 paveikslai ir 20 lentelių.

Padėka. Nuoširdžiai dėkoju buvusiems Gamtos tyrimų centro Geologijos ir geografijos instituto kolegoms: darbo konsultantui dr. Valentinui Kadūnui – už neįkainojamą visokeriopą paramą, idėjas ir skatinimą visuose darbo rengimo etapuose; D. Gasiūnaitei, A. Tamošiūnienei, L. Garusevai – už precizinį cheminių ir granulimetrinių analizių atlikimą. Už plačiai atvertas tarptautinių geocheminių tyrimų galimybes esu nuoširdžiai dėkinga Suomijos Geologijos tarnybos prof. dr. Reijo Salminen ir VU Geologijos ir mineralogijos katedros prof. dr. G. Motuzai-Matuzevičiui. Už dalykiškus patarimus ruošiant darbą ypač esu dėkinga savo profesijos pirmajai mokytojai geografai doc. dr. Dainai Galvydytei. Už įvairiapusę paramą ir palaikymą dėkoju savo artimiausiems kolegoms kvartero geologams iš Lietuvos geologijos tarnybos bei darbo vadovei VU Geografijos ir kraštotvarkos katedros doc. dr. R. Prapiestienei.

1. TYRIMŲ APŽVALGA

1.1. Nacionaliniai dirvožemio profilio cheminės sudėties tyrimai

Lietuvoje, senos agrarinės kultūros šalyje, kur dirvožemis dažniausiai naudojamas augalų auginimui, tradiciškai didžiausias dėmesys yra skiriamas tik armens sluoksniui ir jame esančių augalams būtinų maistmedžiagių tyrimams, todėl gausią darbų apie dirvožemių chemines savybes grupę sudaro agrocheminiai darbai, analizuojantys cheminių komponentų įtaką žemės ūkio kultūrų derlingumui (Tyla 1996). Tiriant dirvožemio profilį dažniausiai nustatomos augalams reikalingos maisto medžiagos, pvz. Šleinytis ir Janušienė (2001) pagal cheminių junginių (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , MgO , P_2O_5 , K_2O) pasiskirstymo profilyje dėsningumus, tirtuose eroduojamų aukštumų moreninio priemolio dirvožemiuose, nustatė, kad nepriklausomai nuo jų padėties šlaite, vyrauja jaurėjimo procesai.

Kai kuriuos sunkiuosius metalus (Cr, Pb, Ni, Cu, Zn, Cd) ir jų judrumą velėniniuose jauriniuose priemolio įvairiai sukultūrintuose dirvožemiuose tyrė Rimšelis (1996), o su kolegomis Greimu ir Ignotu 1997 metais publikavo tyrimus apie pastarųjų elementų kiekių ir persiskirstymo dirvožemio profilyje kaitą intensyviai tręšiamuose, kalkinamuose ir transporto teršiamuose dirvožemiuose.

Marcinkonis su kolegomis (2004) taip pat geochemiškai vertino ilgalaikio įvairaus pobūdžio ir intensyvumo antropogeninį poveikį (tręšimo ir kalkinimo) dirvos armeniui ir nustatė Vakarų ir Rytų Lietuvos zonų armenyje išaugusius Ca ir Sr, sumažėjusius Zr, pakitusius Co ir Cu visuminius kiekius. Kalkinimo ir tręšimo poveikis Vakarų Lietuvos, Pajūrio žemumos ir Žemaičių aukštumos balkšvažemiams pasireiškė 15-os (Al, Fe, Ca, Mg, B, Ba, Co, Cu, Li, Nb, Ni, Sc, Sr, Zn, Zr), o skirtingo žemės dirbimo – 6-ių elementų (Ba, Cr, P, Sr, V, Zn) visuminių kiekių skirtumais, ryškiai išaugusiais Mn, Ca, Sr, Zr kiekiais. Atkreipiamas dėmesys į Sr, kuris dėl kalkinimo pagausėjęs Ca ir padidėjęs dirvožemio pH, yra imobilizuojamas armenyje.

Sunkiųjų metalų (Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, Mn, Fe) pasiskirstymas miško ir ariamų dirvožemių profilyje tiriamas valstybinio dirvožemio monitoringo metu, tačiau šiuose tyrimuose dirvožemio mėginiai renkami ne iš natūraliai susiformavusių dirvožemio horizontų, bet iš fiksuotų gylių (Vaičys ir kt. 1998, Mažvila ir kt. 1996). Tačiau J. Mažvilos 2001 m. išleistoje monografijoje labiau akcentuojami erdvinio elementų pasiskirstymo regioniniai skirtumai viršutiniame 0–20 cm dirvožemio sluoksnyje, o ne vertikalios elementų kiekio kaitos ypatumai ir jų priežastys.

Tam tikrus kai kurių metalų judrumo ir jų migracinių savybių dirvožemio profilyje aspektus tyrė Brazauskienė ir Sabienė su kolegomis (Brazauskienė et al. 2002, 2008; Steponkaite et al. 2008), nustatė, kad metalų judrumą dirvožemyje didina tirpūs huminiai junginiai, kuriuos galima naudoti valant sunkiaisiais metalais užterštus dirvožemius ar vertinant apdorotų nuotekų panaudojimą dirvų tręšimui.

Metodinius sunkiųjų metalų analizių tyrimus, siekiant išsiaiškinti tinkamiausius dirvožemio tirpinimo ir matavimo metodus, skirtingos granulimetrinės sudėties dirvožemyje bei smulkiausioje jo frakcijoje 2000 ir 2003 paskelbė Motuzas su kolegomis. Be to, Motuzas su kolegomis 2001 ir 2008 paskelbė metodologinių mokomųjų paketės molio ir priemolio išplautžemio profilio cheminės sudėties tyrimų rezultatus, pagal kuriuos teigė, kad Vilniaus–Kauno magistralės paketės dirvožemio viršutiniai horizontai yra užteršti Pb ir Ni, o Cr, Zn ir Cu kiekiai neviršija didžiausių leistinų koncentracijų, bei pateikė šių elementų sorbcijos dirvožemyje teorinio modelio aprašymą.

V. Trimirka, pratęsdamas analogiškus metodologinius tyrimus, 2005 m. apgynė disertaciją, kurioje nagrinėjo išplautžemių smulkiausios frakcijos gebą sorbuoti ir išlaikyti sunkiuosius metalus, tuo pačiu bandė prognozuoti cheminių teršalų (Cr, Pb, Ni, Cu, Zn) dirvožemio profilyje migracines galimybes. V. Butkus vystė panašaus pobūdžio metodologinius tyrimus kiek kita kryptimi ir 2008 m. apgynė disertaciją, tiriančią dirvožemio prisotinimą sunkiaisiais metalais ir jo poveikį dirvožemio biotai.

Gausūs nacionaliniai geologinių–geocheminių tyrimų duomenys dažniausiai apima tik viršutinį dirvožemio sluoksnį, o ne visą dirvožemio profilį, todėl darbe nebus detaliau aptariami. Tačiau būtina paminėti Vareikienės (Vareikienė 2005; Vareikienė, Lehtonen 2004) darbus, skirtus mineraloginės ir cheminės dirvožemių sudėties sąsajų paieškai, kurių metu pagrindinis dėmesys buvo skiriamas molio mineralų ir dūlėjimui atsparių alotigeninių mineralų bei skirtingų granulimetrinių dirvožemio frakcijų cheminės sudėties tyrimams. Jų metu nustatyta, kad alotigeninių akcesorinių elementų (Zr, Ti, La, Y, Yb, Nb) kiekius dirvožemyje formuoja ir nulemia smulkaus aleurito frakcija, kurioje kaupiasi sunkieji mineralai, tarpe jų labiausiai paplitę amfibolai, epidotas, ilmenitas, mažiau – granatai, rutilas, klinopiroksenai, hematitas, cirkonas ir titanitas.

V. Kadūno (Kadūnas et al. 2003) ir Vareikienės (Vareikienė et al. 2008) darbuose tyrinėta dirvožemio amžiaus ir dūlėjimo trukmės įtaka jo cheminei ir mineraloginei sudėčiai ir nustatyta, kad priešpaskutinio apledėjimo teritorijoje, Ašmenos aukštumose, susiformavę dirvožemiai yra santykinai praturtinti atspariais dūlėjimui sunkiaisiais mineralais ir su jais susijusiais alotigeniniais akcesoriniais mikroelementais, tokiais kaip Y, Yb, La, Ti, Zr, Nb, stipriai koreliuojančiais su dirvožemio smėlio frakcija. Tuo tarpu, Mūšos-Nemunėlio lygumos dirvožemiuose, susiformavusiuose jauniausiose Lietuvos dirvodarinėse nuogulose, stiprėja koreliacinis ryšys tarp pastarųjų elementų kiekio ir dirvožemio molingumo.

1.2. Užsienio dirvožemio profilio cheminės sudėties tyrimų apžvalga

Dirvožemio profilio cheminės sudėties tyrimai užsienyje taip pat nėra gausūs, dažnai skirti ne paties dirvožemio savybėms atskleisti, o erdvinio elementų pasiskirstymo dirvožemyje dėsningumams paaiškinti (Fujikawa et al. 2000) arba dirvožemio kokybės poveikiui gruntiniam vandeniui analizuoti.

Lenkijos dirvožemio profilių tyrimo metu Degorski (1998) ir Kabała su Szerszeń (2002) viršutiniame humusiniame dirvožemio horizonte nustatė

padidintus Ni, Cr, Fe bei Pb, Cu kiekius ir susiejo juos su dirvožemio organinės medžiagos sorbcine geba akumuliuoti technogeninius elementus.

Augalų rolę perskirstant biofilinius elementus dirvožemio profilyje bei keičiant dirvožemio savybes išanalizavę Jobbgy ir Jackson (2001) teigė, kad pastoviai dirbamų dirvų armuo nuolat homogenizuojamas ir augalams būtini elementai jame yra pasiskirstę tolygiai. Tačiau, nustojus dirbti ir tręšti žemę, net po 4-20 metų stebimas judrių P, K ir net Ca kiekių padidėjimas viršutiniame dirvožemio sluoksnyje, t.y. augalai „pasikelia“ maistmedžiagos aukštyne profilyje ir dalis jų lieka dirvos paviršiuje su irstančiomis augalų organinėmis liekanomis.

Tiriant Kalifornijos dirbamų dirvožemių poveikį gruntinio vandens kokybei Tanji ir Valoppi (1989) nustatė, kad katijonų formos mikroelementai, dažniausiai sunkieji metalai, yra imobilizuojami dirvožemio sorbcinio komplekso ir nepasiekia gruntinio vandens. Tačiau anijonų, dažniausiai oksiduotų, formos elementai, net ir sorbuoti molio ir hidroksidų mineralų, yra pakankamai judrūs ir kaupiasi gruntiniame vandenyje. Nuotekų dumblyje tręšiamuose dirvožemiuose Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zr yra sorbuojami dirvožemio organinės medžiagos, molio bei hidroksidų mineralų ir akumuliuojasi viršutiniame 15 cm storio dirvožemio sluoksnyje.

Švedijos jaurinių dirvožemių tyrimų metu Tyler (2004) nustatė, kad iš E horizonto išnešami beveik visi elementai, ypač tirpios HCl rūgštyje jų formos. Daugumos šarminių elementų Na, K, Rb, Cs, Ca, Mg, Sr ir Ba, bei metalų V, Co, Ni, Zn, Cd, Hg, Pb tirpios formos kaupiasi viršutiniame, organika praturtintame dirvožemio horizonte ir miško paklotėje, Fe ir Ga kaupiasi B1 horizonte, Al, Cr, Li, Be, Sc, Si, Th, Zr, Mo – B2 horizonte. Tirpių Yb, La, lantanidų ir retųjų žemių elementų didžiausi kiekiai nustatyti dirvodarinėje uolienoje. Kadmio ir švino kaupimasis viršutiniuose A1 ir A2 horizontuose vyksta dėl oru pernešamos taršos.

Tirdami Prancūzijos miškų dirvožemius, Hernandez, Probst bei Ulrich (Hernandez et al. 2003) metais konstatavo tokią oru pernešamų elementų kaupimosi seką Cr>Zn>Pb>Ni>Cu>Co>>Cd viršutiniame dirvožemio

sluoksnyje ir šių antropogeninių elementų kiekių mažėjimą gilyn dirvožemio profilyje. Šių elementų pasiskirstymą kontroliuoja dirvožemio pH, mainų katijonų, molio dalelių, organinės medžiagos, geležies ir aliuminio hidroksidų kiekis. Stipriausiai atmosferinę taršą akumuliuoja Mollic Andosols ir Calcaric Cambisols, silpniausiai – rūgštūs dirvožemiai.

Berrow ir Mitchell (1991) analizavo vertikalų 21 cheminio elemento pasiskirstymą, atlikdami keturių dirvožemio profilių išsamius kompleksinius granulimetrinius, mineraloginius, cheminės sudėties tyrimus ir nustatė, kad dirvožemyje: Co, Cu, Li, Mn, Ni, V, Zn, Fe yra susiję su palyginti lengvai dūlančiais geležies-magnio mineralais ir linę kauptis molio bei aleurito frakcijose; Ti, Zr, La, Y sietini su dūlėjimui atspariais mineralais ir kaupiasi aleurito bei smulkaus smėlio frakcijose. Li ir Rb kaupiasi rūgštaus granito dūlėjimo žievės dirvožemių aleurito ir molio frakcijose, tuo tarpu šarminiai Ba ir Sr – smėlio frakcijoje ir yra sietini su kiek atsparesniu dūlėjimui feldšpatu. Be to, prastas ir kaitus dirvožemio drenažas skatina mineralų dūlėjimą ir Co, Cu, Ni, V, Zn perėjimą iš smėlio frakcijos į aleurito ir molio frakcijas, tačiau stebima tik nežymi šių elementų migracija žemyn dirvožemio profiliu.

Acostaa kartu su kitais mokslininkais (Acostaa et al. 2011) tyrė ir analizavo cheminių elementų kiekio sąsajas su Ispanijos dirvožemio granulimetrine bei mineraline sudėtimi ir nustatė, kad didžiausi Pb, Cd, Cu ir Zn kiekiai kaupiasi smėlio frakcijoje, o dirvožemio cheminę sudėtį kontroliuoja dirvodarinės dūlėjimo plutos cheminė ir mineralinė sudėtis. Pb, Cd, Cu ir Zn asocijuojasi su aliuminio ir geležies mineralais, žėručiu, piroksenu, amfibolu, Co, Ni ir Cr – su magnio mineralu smektitu, Ti – su natrio turinčiu plagioklazu, albitu, andezinu.

Tirdami įvairaus Vengrijos dirvožemio mėginiuose išskirtose aštuoniose frakcijose rentgeno fluorescentiniu metodu analizuotų elementų (Cr, Ni, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, Pb, Ba, Mn) kiekius, Vengrijos tyrėjai (Horváth et al. 2000) nustatė, kad dauguma elementų kaupiasi dirvožemio smulkožemyje. Papildomai atliktos mineraloginės analizės dėka nustatyta, kad mikroelementai

sudaro tris asociacijas: adsorbuotieji ant mineralų paviršiaus; esantys mineralų kristalinėse gardelėse (pvz. Ti rutile, Zr cirkonyje); sorbuotieji molio mineralų.

Darbo autorė su kolegomis Salminen ir Tarvainen (Salminen et al. 2008) 2008 m. publikavo rezultatus, gautus testuojant NORMA modeliavimo programą, sukurtą jaurazemių mineraloginės sudėties nustatymui pastarųjų cheminės sudėties pagrindu. Programos veiksmingumas tikrintas naudojant dešimties įvairių tipų dirvožemio profilių (iš jų septyni iškasti Rusijos Fedaracijos, du – Suomijos, vienas – Norvegijos teritorijose) cheminės sudėties duomenis ir nustatyta, kad dirvodarinio C horizonto cheminė sudėtis atspindi dirvodarinės medžiagos mineraloginę sudėtį, o antriniai mineralai (įskaitant getitą ir aliuminio hidrosilikatus), besikaupiantys viršutiniuose dirvožemio horizontuose, atspindi dirvodaros procesų veiklą. Tačiau dirvodarinių nuogulų cheminė sudėtis išlieka viso dirvožemio profilio cheminę sudėtį kontroliuojančiu faktoriumi.

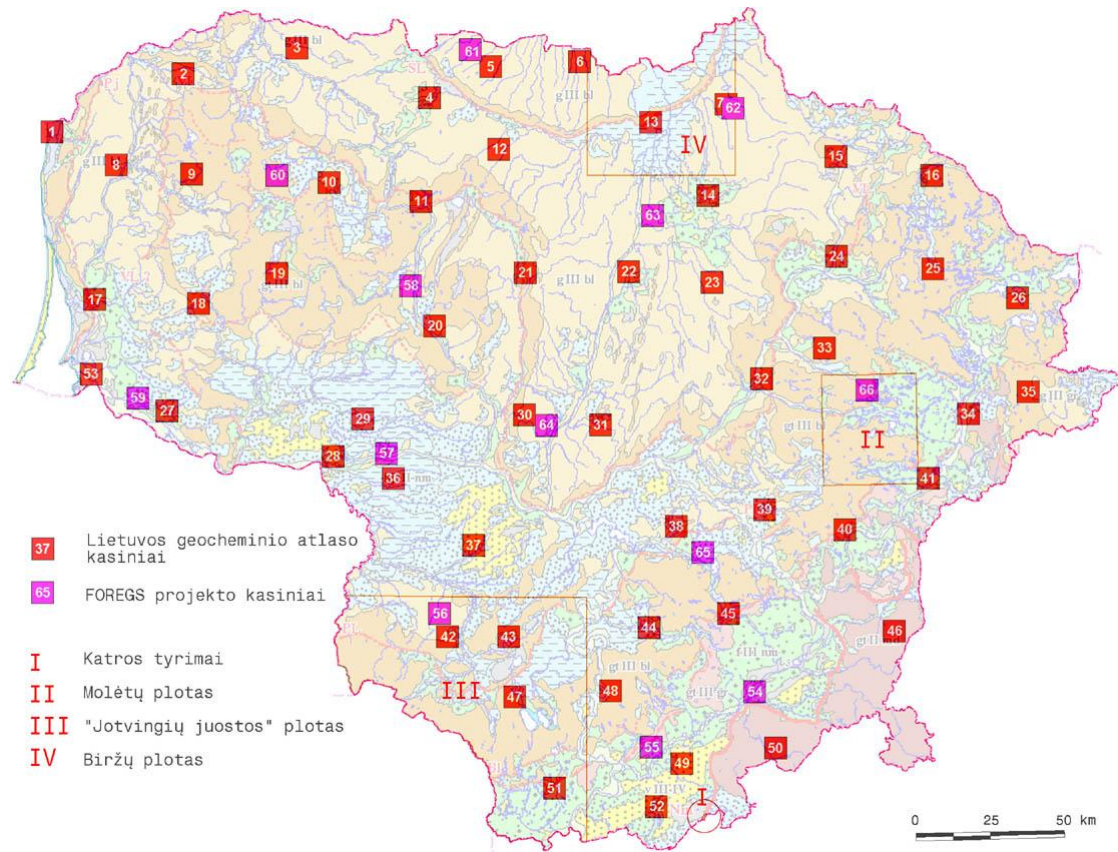
2. DARBO METODOLOGIJA

2.1. Cheminių tyrimų apimtis ir struktūra

Pagrindiniai dirvožemio profilio tyrimai buvo atlikti sudarant Lietuvos geocheminį atlasą (Kadūnas ir kt. 1999). 53 dirvožemio kasiniuose, iš atskirų dirvožemio horizontų (A, E, B, BC ir C) paimti 249 dirvožemio mėginiai. Kasinių vietos parinktos siekiant tolygiai padengti šalies teritoriją ir, tuo pačiu, apibūdinti atskirų Lietuvos regionų tipinius gamtinius ariamų laukų ir miškų dirvožemius, vengiant akivaizdaus atropogeninio poveikio (1 pav.). Be to, siekiant patvirtinti arba paneigti ankstesnių tyrimų metu nustatytus dirvožemio cheminės sudėties ypatumus, darbe taip pat panaudoti Europos geocheminio atlaso (Salminen (ed.) 2005; De Vos (ed.), Tarvainen (ed.) 2006) rengimo metu Lietuvos teritorijoje apibūdintų 13 kasinių 59 mėginių duomenys, bei 8 kasinių 39 mėginių duomenys, gauti atliekant Vilniaus ploto geocheminį kartografavimą (Gregorauskienė, Putys 2009). Taigi, vertikalus cheminių elementų pasiskirstymas buvo analizuojamas 74 kasiniuose, naudojant pagrindinių horizontų 347 mėginiuose nustatytus 28-34 elementų visuminius kiekius.

Analizuojant dirvodarinių kvartero nuogulų mikroelementinę sudėtį buvo panaudoti ir apibendrinti įvairių projektų metu gauti 293 mėginių cheminės analizės duomenys (2 pav.). Be Lietuvos geocheminio atlaso sudarymo metu tirtų 53 kasinių, siekiant paaiškinti elementų pasiskirstymo viršutiniame dirvožemio sluoksnyje ypatumus (Gregorauskienė, Kadūnas 2000), panaudoti duomenys 18-os kasinių, tirtų atliekant geocheminį dirvožemio kartografavimą Lietuvos–Lenkijos pasienyje, “Jotvingių juostoje” (Lis et al. 1997) ir 13-os kasinių, tirtų jau minėto Europos geologinių tarnybų direktorių forumo (FOREGS) inicijuoto Europos šalių kompleksinio foninio geocheminio kartografavimo metu (Salminen et al. 1998). Atliekant Katros senovės gyvenvietėse kultūrinio sluoksnio archeologinius tyrimus, geocheminis apibūdinimas atliktas naudojantis 20 kasinių dirvodarinių nuogulų charakteristikomis (Gregorauskienė 1999). Lietuvos geologijos tarnybos

atliekamo dirvožemių geocheminio kartografavimo M 1:50 000 metu Molėtų ir Biržų plotuose, siekiant paaiškinti geocheminių anomalijų kilmę, buvo analizuojamas kvartero karnas iš atitinkamai 173 ir 16 gręžinių (Guobytė 1995, Gregorauskienė; Putys 2001).



1 pav. Darbe panaudotų tyrimų kasinių ir gręžinių išsidėstymo schema: Lietuvos geocheminis atlasas (Kadūnas et al. 1999), Europos (Foregs) geocheminis atlasas (Salminen et al. 2005), I – Katos tyrimai (Gregorauskiene 1999), II - Molėtų plotas (Guobytė ir kt. 1995), III - "Jotvingių juostos" plotas (Lis et al. 1997), IV - Biržų plotas (Gregorauskienė, Putys 2001), (schemos pagrindas – R. Guobytės, 1998 m Kvartero geologijos žemėlapis M 1:400 000).

Lauko darbų metu buvo atliktas vietovės ir dirvožemio profilio dokumentavimas – nustatytos kasinio koordinatės, nufotografuota vietovė ir kasinio sienelė, aprašytas ir apibūdintas profilis bei augimvietė, nustatyta granulimetrinė sudėtis ir karbonatų slūgsojimo gylis.

2.2. Granulimetrinės sudėties tyrimai

Granulimetrinė sudėtis buvo patikrinta pasirinktinai atlikus 92-jų mineralinio dirvožemio (smėlio, priesmėlio, priemolio, molio) bandinių iš 34

kasinių visoje Lietuvos teritorijoje, atstovaujančių visus dirvožemio rajonus bei visus pagrindinius dirvožemio horizontus, granulimetrinę analizę. Bandinius ruošiant granulimetrinei analizei, organinė medžiaga buvo pašalinta vandenilio peroksidu, o karbonatai – 5% druskos rūgštimi. Granulimetrinė analizė atlikta išskiriant keturias frakcijas: <0,001 mm – molio frakcija (dumblinimo metodu); 0,001-0,063 mm – aleurito; 0,063-1 mm – smėlio; >1 mm – rupaus smėlio-žvirgždo (kaproninių sietų metodu). Visuose nefrakcionuotuose bandiniuose ir visose granulimetrinėse frakcijose (93 frakcijų mėginiuose) optinės emisinės spektrinės analizės metodu (DC Arc ES) Lietuvos Geologijos ir Geografijos instituto spektrinių tyrimų laboratorijoje, turėjusioje Aplinkos apsaugos Agentūros leidimus ir dalyvavusioje tarptautinėse kalibracinėse programose, nustatyti visuminiai mikroelementų kiekiai. Duomenų patikimumas buvo užtikrintas lauko darbų metu imant mėginių dublikatus, laboratorinių darbų metu – lygiagrečiai analizuojant lauko, laboratorinius dublikatus ir tarptautinius standartus, o duomenų apdorojimo metu – formuojant reprezentatyvius pakankamos apimties duomenų skirstinius bei taikant įvairius neparimetrinės statistikos metodus.

Siekiant įvertinti atskirų granulimetrinių frakcijų reikšmingumą bendrai dirvožemio geocheminei sudėčiai, skirtingo tipo dirvožemiuose apskaičiuoti granulimetrinių frakcijų vidutiniai kiekiai (1 lentelė), bei mikroelementų vidutiniai kiekiai frakcijose (2 lentelė), leidę įvertinti kiekvienos frakcijos reikšmingumą bendriems mikroelementų kiekiams (3 lentelė). Tiriant dirvožemio cheminės sudėties priklausomybę nuo jo granulimetrinės sudėties, duomenų interpretacijai dažniausiai panaudota 60 mineralinio dirvožemio mėginių, kuriuose buvo įmanoma išskirti visas tris – molio, aleurito ir smėlio frakcijas. Pagal granulimetrinę sudėtį dirvožemiai suskirstyti į 3 litologines dirvožemio grupes, kurioms buvo paskaičiuoti įvairūs statistiniai parametrai:

1. 17 smėlio dirvožemio mėginių, kuriuose smėlio frakcijos nustatyta ne mažiau 60%, o medianinis kiekis – 87%, molio frakcijos medianinis kiekis – 4%, aleurito – 6%;

2. 19 molio-priemolio dirvožemio mėginių, kuriuose molio frakcijos ne mažiau 40%, o medianinis kiekis – 53%, smėlio frakcijos medianinis kiekis – 21%, aleurito – 19%;
3. 24 priemolio dirvožemio mėginiai, kuriuose aleurito frakcijos medianinis kiekis – 21%, molio – 24%, smėlio – 44%.

Mikroelementų kaupimosi granulimetrinėse frakcijose koeficientai apskaičiuoti dalijant kiekvieno mėginio atskiros frakcijos mikroelementų kiekį iš nefrakcionuotame mėginyje nustatytų mikroelementų kiekio, po to paskaičiuotos kaupimosi koeficientų medianos visiems ir atskirai smėlio, priemolio bei molio-priemolio dirvožemiams (7 – 10 paveikslai).

Mikroelementų kiekių atskirose frakcijose indėlis (procentais) į visuminius nefrakcionuoto mėginio elementų kiekius įvertintas kiekvieno mėginio atskiros frakcijos kaupimosi koeficientus padauginus iš mėginio atitinkamos frakcijos procentinio kiekio (11 pav.). Duomenų patikimumas patikrintas įvertinus visuminių elementų kiekių duomenų imtį pagal formulę:

$$C_{va} = C_m * F_m / 100 + C_a * F_a / 100 + C_s * F_s / 100, \text{ kur:}$$

C_{va} – apskaičiuotasis visuminis kiekis dirvožemio mėginyje;

$C_{m, a, s}$ – elemento kiekis frakcionuoto mėginio molio, aleurito ar smėlio frakcijoje, mg/kg;

F_m – frakcijos kiekis atitinkame mėginyje, %;

ir atlikus apskaičiuotųjų visuminių kiekių frakcionuotuose mėginiuose koreliaciją su išmatuotais visuminiais kiekiais nefrakcionuotame mėginyje. Tarp abiejų duomenų masių nustatyta stipri tiesioginė Yb, Cr, Cu, Al, V, Ni ($r > 0,7$), vidutinė Ti, Sc, Ga, Li, B, La ($r = 0,7-0,6$), patikima Mo, Mn, Ba, Pb, Co, Sn ($r = 0,6-0,5$) ir Ag, Zn, Y ($r = 0,4-0,3$) elementų priklausomybė, bylojanti apie pakankamą nedidelės imties duomenų reprezentatyvumą. Silpnai koreliuoja abiejų masių Nb – 0,26, Zr – 0,21, P – 0,19 ir Sr – -0,05, tai rodo, kad šių elementų duomenis tenka interpretuoti rezervuoti.

Visi nefrakcionuoti dirvodarinių nuogulų ir dirvožemio profilių mėginiai, prieš tai juos persijojus per 1 mm sietus ir sumalus iki pudros, buvo išanalizuoti Lietuvos Geologijos ir geografijos instituto (GGI) spektrinių

tyrimų laboratorijoje, kur atominės emisinės spektrometrinės ir rentgeno spektrinės analizės metodu nustatyti visuminiai 28 mikroelementų kiekiai. Pagrindinių 53-jų dirvožemio kasinių 249 mėginiai, siekiant gauti tarptautiniu mastu palyginamus duomenis, papildomai buvo analizuoti Kanados laboratorijoje Acme Analytical Laboratories Ltd., kur indukuotos plazmos spektrometrinės analizės (ICP-MS) metodu stiprių rūgščių ištraukoje (HNO_3 - HClO_4 - HF - HCl) nustatyti bendri 6 makroelementų (Al, Ca, Fe, K, Mg, Na) ir 17-os mikroelementų kiekiai. Dirvožemio pH nustatytas vandens ištraukoje santykiu 1:5, o organinės medžiagos kiekis apskaičiuotas įvertinus kaitinimo nuostolį (k.n.) pelenuose, išdeginus dirvožemį 450°C temperatūroje. Darbe analizuojami GGI laboratorijos mikroelementų ir Acme laboratorijos makroelementų duomenys.

2.3. Duomenų matematinė–statistinė analizė

Visa gautų duomenų imtis suskaidyta į pagrindinių dirvožemio horizontų A, E, B, BC ir C imtis, visiems horizontams paskaičiuota mediana Md , aritmetinis vidurkis X ir standartinis nuokrypis V (priedo lentelės). Statistiniai parametrai buvo skaičiuojami ir atskirai skirtingos granulimetrinės sudėties dirvožemio horizontams: smėliui, priesmėliui ir priemoliui-moliui (priedo lentelės, 17 – 19 paveikslai). Realių duomenų pagrindu sumodeliuoti 53 dirvožemio profiliai, turintys visus minėtus horizontus, susidedantys iš 265 dirvožemio mėginių. Nesant dirvožemio profilyje mėginio iš kurio nors horizonto, jo elementų kiekiai buvo pakeisti atitinkamo horizonto atitinkamos granulimetrinės sudėties medianiniais kiekiais. Atsisakyta netipingų (palaidotų) bei diagnostinių horizontų, pasižyminčių išskirtinėmis specifinėmis cheminėmis savybėmis. Dauguma pakeitimų padaryta BC horizontui ir tik keli – E horizontui.

Siekiant maksimalaus duomenų išraiškingumo, elementų kiekių variabilumas įvairiose duomenų imtyse buvo skaičiuojamas naudojant *vidutinį absoliutinį aritmetinį nuokrypį*, randamą pagal formulę:

$$\sigma = \frac{1}{n} \sum x - \bar{x}, \text{ kur:}$$

n – mėginių skaičius;

x – elemento kiekis n -ajame mėginyje;

\bar{x} – elemento vidurkinis kiekis.

Siekiant išvengti pastarojo rodiklio priklausomybės nuo matavimo vieneto eilės, rodikliai σ buvo skaičiuojami atskiruose duomenų masyvuose naudojant ne konkrečių elementų kiekius, o koncentracijų koeficientus, gautus pagal:

σ_1 – visos duomenų imties, t.y. kiekvieno realaus mėginio elementų kiekio santykį su C horizonto visų mėginių atitinkamo elemento mediana (visi realūs mėginiai / C);

σ_2 – “modelio” duomenų imties, t.y. kiekvieno “teorinio” mėginio elementų kiekio santykį su C horizonto visų realių mėginių atitinkamo elemento mediana (visi “teoriniai” mėginiai / C);

σ_3 – dirvožemio profilio atskiro horizonto mėginio elementų kiekio santykį su atitinkamo elemento kiekiu to paties profilio C horizonte (A/C, E/C, B/C, BC/C);

σ_4 – dirvožemio profilio atskiro horizonto mėginio elementų kiekio santykį su atitinkamo elemento kiekiu to paties profilio gretimame horizonte (A/E, E/B, B/BC, BC/C).

Gautoms koncentracijos koeficientų imtims paskaičiuotos medianos Md , jomis ir naudojamosi pristatant modeliavimo rezultatus.

Darbo autorė dalyvavo visuose aukščiau minėtuose projektuose, kurių duomenys panaudoti daktarinio darbo rengimui, rengė projektų metodologinę dalį bei ataskaitas ir aiškinamuosius raštus, buvo dalies projektų atsakingoji vykdytoja, atliko visus lauko darbus ir duomenų interpretaciją. Projektų rezultatai buvo analizuoti ir publikuoti gausiuose (daugiau nei 30) moksliniuose straipsniuose bei pristatyti eilėje (43) mokslinių konferencijų, bei daugiau nei 10 geocheminių atlasų, apimančių įvairias teritorijas.

3. TYRIMŲ REZULTATAI

3.1. Dirvožemio granulimetrinių frakcijų cheminė sudėtis ir svarba visuminiams dirvožemio cheminių elementų kiekiams

Daugelyje šalių atlikti dirvožemio ir dirvodarinių nuogulų tyrimai rodo, kad didėjant nuosėdose smulkiųjų dalelių kiekiui, didėja ir daugumos mikroelementų kiekiai (Петыхова 1987; Kabata-Pendias 1993; Baltakis 1993). Be to, žinoma, kad skirtingose dirvožemio frakcijose vyrauja skirtingi mineralai – cheminių elementų nešėjai, įnešantys atitinkamą indėlį į visuminę dirvožemio cheminę sudėtį ir skirtingiems mikroelementams ši priklausomybė yra nevienoda (Hardy, Cornu 2006; Berrow, Mitchell 1991). Skirtinguose dirvožemio tipuose, nulemtuose jų litogenetinės prigimties, yra įvairus granulimetrinių frakcijų kiekis ir tuo pačiu nevienoda jų svarba visam mikroelementų kiekiui dirvožemyje. Šios svarbos įvertinimas daugeliu atvejų paaiškina mikroelementų pasiskirstymą ir jų tarpusavio ryšius tiek gamtinėse, tiek technogeninių procesų paveiktose teritorijose ir yra ypač reikšmingas tiriant geocheminių anomalijų genezę.

Tirtieji mineralinio dirvožemio tipai gana ryškiai skiriasi pagal granulimetrinę sudėtį (1 lentelė). Smėlio dirvožemio mėginiuose aiškiai vyrauja smėlio frakcija (0,063-1 mm), vidutiniškai siekianti 87,6%. Molio (<0,001 mm) ir aleurito (0,001-0,063 mm) frakcijų dalelių vidutiniškai yra mažai (atitinkamai 3,6% ir 5,7%), o ir jų kiekis labai kaitus (variacijos koeficientai tirtuose mėginiuose siekia 88-122%). Taip yra dėl litogenetinės dirvodarinio smėlio įvairovės, apimančios fliuvioglacialinį, limnoglacialinį bei eolinių procesų paveiktą smėlį. Priesmėlio dirvožemis pasižymi tolygesniu molio-aleurito-smėlio frakcijų pasiskirstymu, nors dominuojančia išlieka smėlio frakcija, sudaranti vidutiniškai 44,4%, be to priesmėlyje išskirtinai didelę dalį užima aleurito frakcija, vidutiniškai siekianti 20,6%, tačiau molio frakcijos vidutiniškai vis vien daugiau (24,3%). Priemolio-molio dirvožemio mėginiuose daugiau nei pusę (52,7%) dalelių sudaro molio frakcija, likusią pusę beveik vienodomis proporcijomis sudaro aleurito ir smėlio frakcijos,

atitinkamai 18,7% ir 21,0%, tačiau visų frakcijų kiekiai yra gana kaitūs, o variacijos koeficientai siekia 78-55% (1 lentelė). Tokią molio-priemolio dirvožemio mėginių granulimetrinės sudėties įvairovę, greičiausiai, lemia dirvodarinės medžiagos litogenetinės sudėties įvairovė, nes į pastarąją mėginių grupę buvo apjungti dirvožemiai, susiformavę ir limnoglacialiniame molyje, ir dugninės bei kraštinės morenos priemolyje.

1 lentelė. Tirtu dirvožemio granulimetrinė sudėtis, %.

Dirvo- žemis	Statistiniai parametrai	Frakcijos, mm			
		<0,001	0,001-0,063	0,063-1	>1
Smėlio n=17	<i>Md</i>	3,6	5,7	87,6	0,5
	<i>X</i>	5,9	8,2	83,7	2,2
	<i>Min</i>	0,4	0,8	63,8	0,0
	<i>Max</i>	27,7	23,4	97,3	14,0
	<i>V</i>	122,1	87,7	13,0	180,1
Priesmė- lio n=24	<i>Md</i>	24,3	20,6	44,4	7,9
	<i>X</i>	23,3	25,8	42,1	8,7
	<i>Min</i>	6,0	14,4	11,7	0,5
	<i>Max</i>	37,0	66,6	58,7	22,2
	<i>V</i>	30,3	56,0	29,8	64,6
Molio- priemolio n=19	<i>Md</i>	52,7	18,7	21,0	1,9
	<i>X</i>	55,9	19,4	22,2	2,5
	<i>Min</i>	40,7	6,9	5,2	0,0
	<i>Max</i>	83,0	29,6	37,7	9,9
	<i>V</i>	22,7	31,5	44,0	96,6
Visi n=60	<i>Md</i>	25,2	18,2	43,8	3,1
	<i>X</i>	28,7	18,8	47,6	4,9
	<i>Min</i>	0,4	0,8	5,2	0,0
	<i>Max</i>	83,0	54,9	97,3	43,1
	<i>V</i>	78,0	57,3	54,5	146,4

Rupaus smėlio-žvirgždo (>1 mm) frakcija visuose tirtuose mėginiuose sudaro vidutiniškai 3%, joje nustatyti minimalūs mikroelementų kiekiai, išskyrus Ba, Mn ir Sr. Dėl šios priežasties, taip pat todėl, kad, atliekant serijinius dirvožemio mikroelementinės sudėties tyrimus, ši frakcija atmetama (Bloomfield 1981, Gregorauskienė, Kadūnas 1997), jos tyrimo rezultatai tolimesnėje duomenų interpretacijoje yra naudojami fragmentiškai.

3.1.1. Vidutiniai cheminių elementų kiekiai smėlio, priesmėlio ir molio-priemolio dirvožemių granulimetrinėse frakcijose

Analizuojant visuminio mikroelementų kiekio skirtumus dirvožemio frakcijose, išryškėja tokios, su atskiromis frakcijomis ir juose dominuojančiais mineralais susijusios, elementų grupės (2 lentelė):

molio frakcijos elementai – Al, Cu, Mo, Sc, Ti, V, Y, Co, (B, Yb, La);

molio–aleurito frakcijų – (B, Yb, La), Cr, Ni, Ga, Li, Sn;

aleurito frakcijos – Ag, Pb, Zn;

smėlio–žvirgždo frakcijų (dirvožemio skeleto) – Mn, Ba, (Sr).

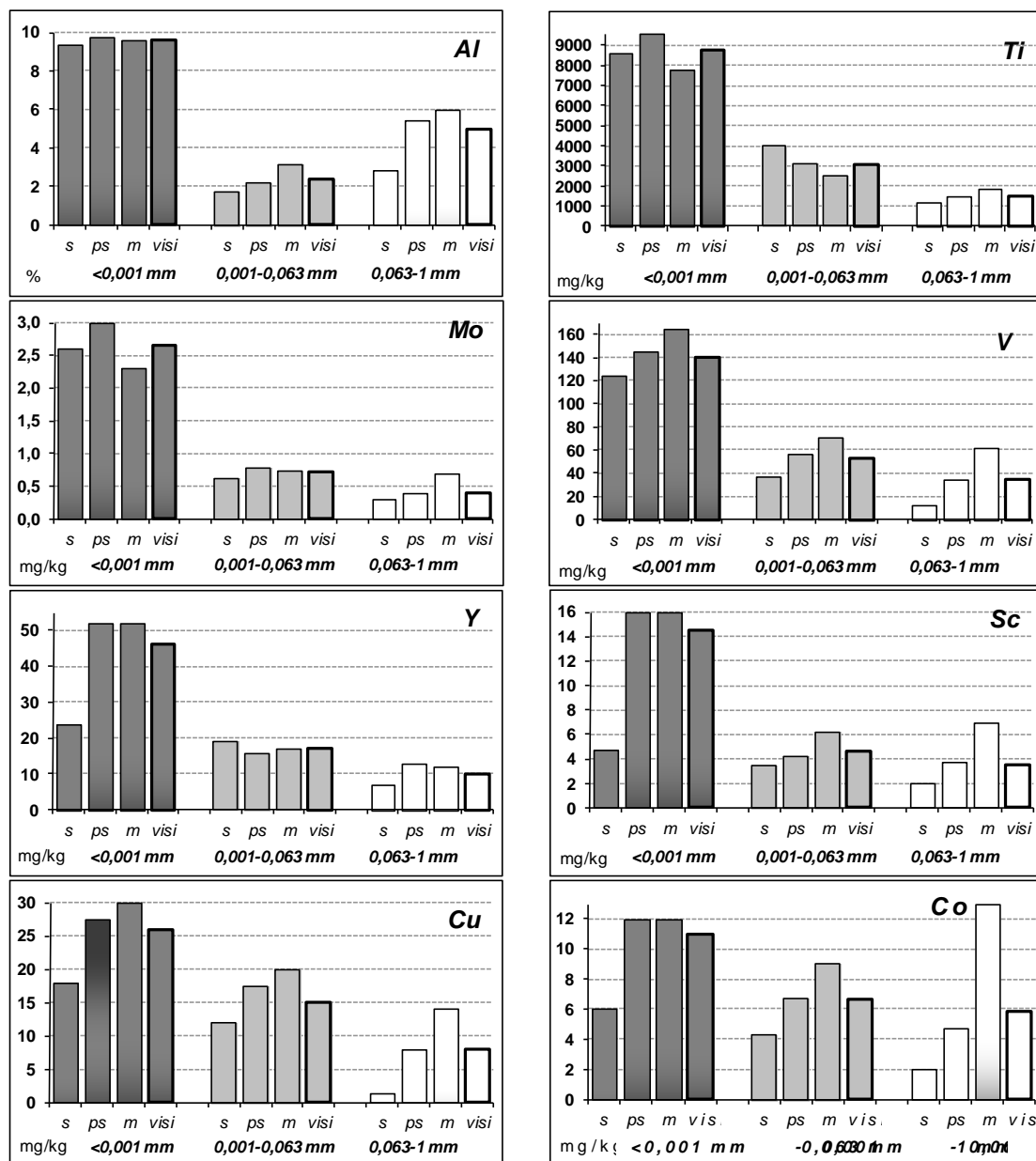
Atsižvelgiant į granulimetrinės analizės dalies duomenų nepakankamą patikimumą, Zr, Nb ir P nepriskirti jokiai frakcijų grupei.

2 lentelė. Vidutiniai mikroelementų kiekiai dirvožemio frakcijose, mg/kg.

	<0,001 mm - molio frakcija			0,001-0,063 mm - aleurito frakcija			0,063-1 mm - smėlio frakcija			>1 mm - rupaus smėlio - žvirgždo		
	Md	X	V	Md	X	V	Md	X	V	Md	X	V
Ag	0,04	0,048	56	0,15	0,301	286	0,07	0,073	32	0,053	0,060	62
Al	9,6	9,8	18	2,3	2,6	58	4,8	5,0	35	7,1	6,6	34
B	50,5	56,4	42	46,0	48,4	35	21,0	27,0	65	14,0	14,6	28
Ba	450	437	25	260	288	50	370	377	37	<u>630</u>	641	58
Co	11	11,0	32	6,8	7,6	49	5	8,3	129	4,6	14,7	130
Cr	68	72	32	74	79	37	26	29	59	15	21	69
Cu	26	32	64	17	23	98	8	8	86	4,5	4,8	61
Ga	15,5	16,2	31	13	13,8	35	4,2	4,8	62	8,0	7,6	28
Y	46	47	44	18	22	74	9,2	20	331	12,5	13,3	36
Yb	3,6	3,5	33	2,2	2,8	72	1,0	1,1	60	1,4	1,3	46
La	52	56	30	34	39	69	11	13	58	18	19	60
Li	17	18	31	20	20	36	12	13	30	12	11	43
Mn	340	407	70	465	502	42	360	681	154	<u>490</u>	1633	148
Mo	2,65	3,07	45	0,71	0,77	39	0,30	0,52	57	0,45	1,20	206
Nb	19,0	17,4	30	16,5	17,2	51	14,0	13,6	31	10,5	9,6	55
Ni	26,5	29,1	39	25	26,9	60	10,0	17,6	128	11	14	57
P	600	769	57	540	603	48	450	503	35	375	545	65
Pb	15,5	22,0	111	23,0	24,1	33	10,0	11,8	65	13	14	53
Sc	14,5	13,9	54	4,8	5,7	90	3,5	4,5	70	6,2	6,9	45
Sn	3	3,0	19	2,9	3,1	44	2,4	2,4	16	2,0	2,1	36
Sr				60	95	167	96	95	37	<u>130</u>	157	60
Ti	8800	8612	26	3100	3156	41	1500	1703	55	1050	1293	38
V	140	159	36	49	54	46	33	38	73	30	35	67
Zn	108	112	49	185	202	79	60	120	119	15	23	73
Zr	275	321	43	310	460	127	230	262	61	145	176	64

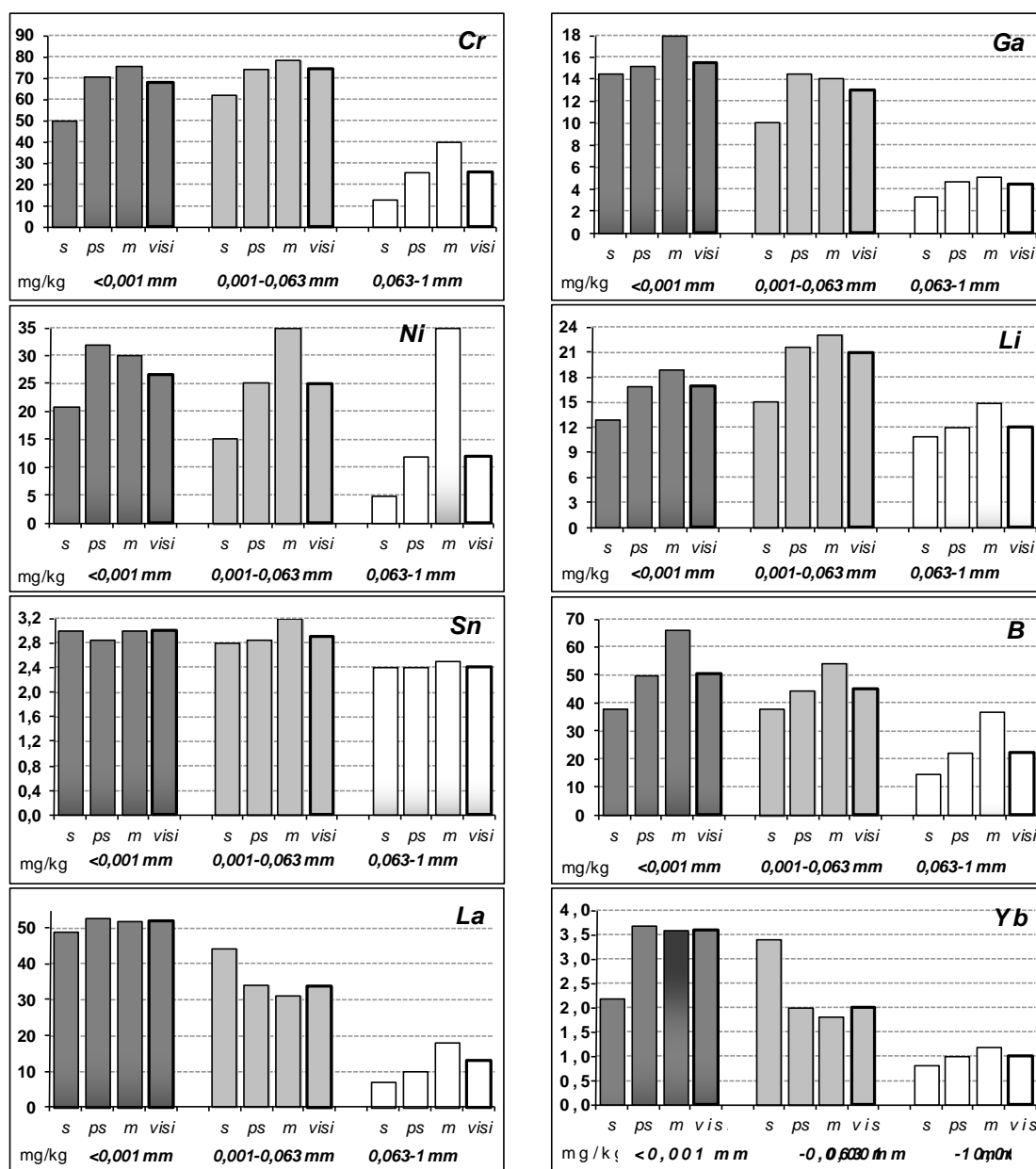
Molio frakcijos elementai, susiję su antriniais molio mineralais, akivaizdžiai vyrauja šioje frakcijoje, pvz. Al medianiniai kiekiai molio frakcijoje 4,2 karto didesni nei jo kiekiai aleurito frakcijoje ir 2 kartus – nei smėlio frakcijoje, Mo – 3,4 nei aleurito ir 8,8 kartus nei smėlio frakcijose, Ti – atitinkamai 2,8 ir 5,9 karto, Sc – 3,1 ir 4,1 karto, V – 2,9 ir 4,2 karto, Y – 2,6 ir 5 karto, Cu – atitinkamai 1,5 ir 3,3 karto, Co – 1,6 ir 2,2 karto. Pagal ganėtinai tolygų šių elementų pasiskirstymą – variacijos koeficientas V molio frakcijoje kinta 18–64 % ribose, aleurito frakcijoje – 39–90%, smėlio frakcijoje 35–86% ribose, galima manyti, kad pastarieji elementai pakankamai stipriai susieti su molio mineralais ir dirvožemio profilyje yra mechaniškai pernešami kartu su mineralinėmis dalelėmis (2 lentelė, 2 pav.). Reikia atkreipti dėmesį, kad smėlio frakcijoje dideliu kontrastingumu išsiskiria Y, kurio variacijos koeficientas V –331%, ir kurio dalis šioje frakcijoje greičiausiai yra susijusi su dūlėjimui atspariais pirminiais mineralais, bei Co (V –331%), kurio dalis asocijuota ir su hidroksidais. Analizuojant šios grupės elementų kiekio frakcijose pasiskirstymą atskirai smėlio, priesmėlio ir molio dirvožemiuose, matyti, kad beveik visų elementų (Cu, Co, Y, Sc, V) mažiausi kiekiai <0,001 mm frakcijoje nustatyti smėlio dirvožemiuose, juose mažiausi ir 0,001-0,063 mm frakcijoje esantys Al, Co, Cu, Sc, V kiekiai, taipogi 0,063-1 mm frakcijoje nustatytų visų elementų kiekiai, t.y., smėlio dirvožemyje daugumos molio frakcijoje besikaupiančių elementų yra mažiausiai (2 pav.).

Abiejose molio ir aleurito frakcijose lygiaverčiais didžiausiais vidutiniais kiekiais pasižymi Cr, Ni; Ga, Li, Sn bei B, Yb, La, kurie yra sorbuojami ne tik antrinių molio mineralų paviršiuje, bet nesunkiai asocijuojasi su pirminiais, lėčiau dūlančiais, geležies ir magnio mineralais, žėručiu, feldšpatu (2 lentelė, 3 pav.). Šios grupės elementų medianiniai kiekiai molio ir aleurito frakcijose žymiai viršija kiekius smėlio frakcijoje: Cr – atitinkamai 2,6 ir 2,8 karto, Ga – 3,7 ir 3,1 karto, Ni – 2,7 ir 2,5 karto, Li – 1,4 ir 1,7 karto, Sn – 1,3 ir 1,2 karto, B – 2,4 ir 2,2 karto, Yb – 3,6 ir 2,2 karto, La – atitinkamai 4,7 ir 3,1 karto.



2 pav. Molio frakcijos elementų medianiniai kiekiai molio (<math><0,001\text{ mm}</math>), aleurito ($0,001-0,063\text{ mm}$) ir smėlio ($0,063-1\text{ mm}$) frakcijose, nustatyti smėlio (s), priesmėlio (ps), molio-priemolio (m) ir visuose (visi) tirtuose dirvožemio mėginiuose.

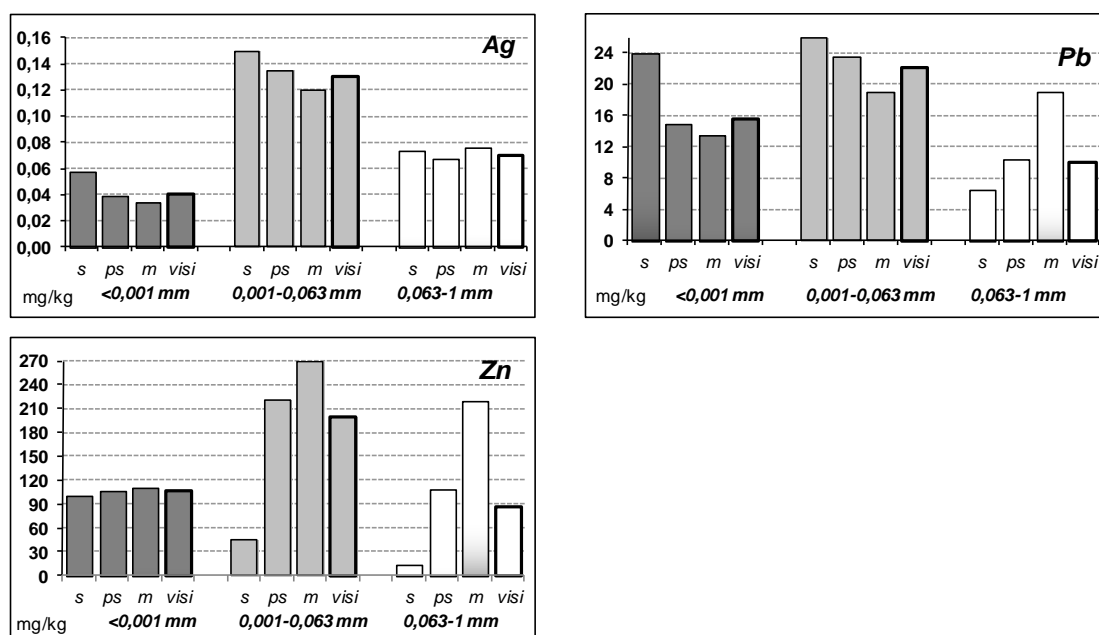
Pastaruosius tris elementus (B, Yb, La) galima būtų priskirti ir molio frakcijos elementų grupei, nes jų medianiniai kiekiai molio frakcijoje reikšmingai viršija jų kiekius aleurito frakcijoje – atitinkamai 1,1, 1,7 ir 1,5 karto. Detalizuojant visuminio mikroelementų kiekio pasiskirstymą skirtingose frakcijose smėlio, priesmėlio ir molio dirvožemiuose, matyti, kad šios grupės visų elementų mažiausi kiekiai visose frakcijose nustatyti smėlio dirvožemyje (3 pav.).



3 pav. Molio-aleurito frakcijų elementų medianiniai kiekiai molio (<math><0,001\text{ mm}</math>), aleurito ($0,001-0,063\text{ mm}$) ir smėlio ($0,063-1\text{ mm}$) frakcijose, nustatyti smėlio (s), priesmėlio (ps), molio-priemolio (m) ir visuose (visi) tirtuose dirvožemio mėginiuose.

Visuose dirvožemio litologiniuose tipuose (smėlio, priesmėlio ir molio-priemolio) aleurito frakcijoje vyraujantis Ag pasižymi dideliu kontrastingumu ($V = 286\%$) ir tai nulemia elemento specifika – dirvožemyje jį kur kas stipriau suriša organinė medžiaga, nei mineralai ar sorbciniai jonai (Jacobson et al. 2005). Mažiausiai Ag yra molio frakcijoje – tik trečdalis aleurito frakcijos kiekių, o smėlio frakcijoje – tik pusė, be to, visų frakcijų elemento kiekiai smėlio, priesmėlio, molio-priemolio dirvožemyje menkai skiriasi (2 lentelė, 4

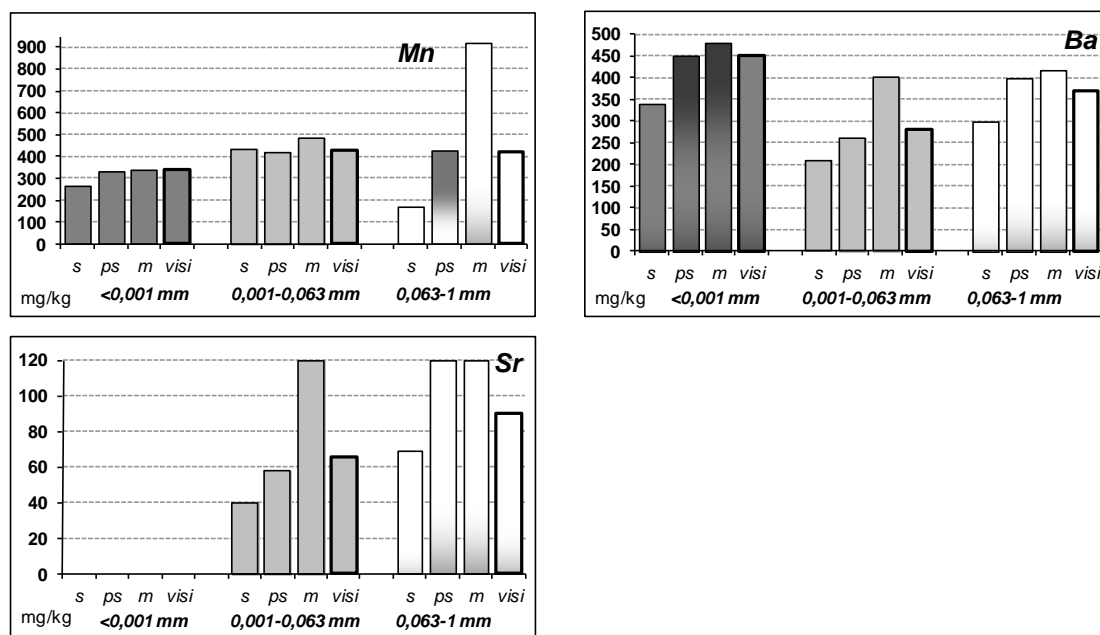
pav.). Aleurito frakcijos elementų grupei priskirtini Zn ir Pb, kurių pagrindiniai mineralai–nešėjai dirvožemyje yra nesunkiai dūlantys geležies-magnio mineralai, žėručiai, amfibolai. Dėl pirminių mineralų įvairovės skirtingos litologijos dirvožemyje šių elementų medianiniai kiekiai skiriasi – molio ir aleurito frakcijose Pb praturtintas smėlio dirvožemis, o smėlio frakcijoje – molio dirvožemis. Didžiausi Zn medianiniai kiekiai aleurito ir smėlio frakcijose taip pat nustatyti molio dirvožemyje (4 pav.).



4 pav. Aleurito frakcijos elementų medianiniai kiekiai molio (<0,001 mm), aleurito (0,001-0,063 mm) ir smėlio (0,063-1 mm) frakcijose, nustatyti smėlio (s), priesmėlio (ps), molio-priemolio (m) ir visuose (visi) tirtuose dirvožemio mėginiuose.

Didžiausi Mn medianiniai kiekiai nustatyti smėlio–žvirgždo frakcijoje, kuri standartiniuose tyrimuose yra atmetama, ir į šią frakciją neatsižvelgus, Mn būtų galima priskirti aleurito frakcijos elementams, susijusiems su molio mineralais, tačiau dalis elemento stambianuolaužinėje ir smėlio frakcijoje yra susijusi su tirpiaisiais hidroksidais ir, pasikeitus migracinėms sąlygoms, akumuliuojasi dirvožemio stambiuųjų dalelių kolmatacinėse plėvelėse (5, 6 pav., 2 lentelė). Apie Mn keleto šaltinių buvimą rupiose dirvožemio frakcijose liudija ir aukštokas elemento variacijos koeficientas ~150%. Be Mn, smėlio–žvirgždo frakcijoje nustatyti didžiausi vidutiniai Ba ir Sr kiekiai, kurių ištekčiai

yra karbonatinėse nuogulose ir su jomis susijusiuose dūlėjimui atsparesniuose pirminiuose mineraluose (5 pav.).



5 pav. Smėlio–žvirgždo frakcijos elementų medianiniai kiekiai molio (<0,001 mm), aleurito (0,001-0,063 mm) ir smėlio (0,063-1 mm) frakcijose, nustatyti smėlio (s), priemėlio (ps), molio-priemolio (m) ir visuose (visi) tirtuose dirvožemio mėginiuose.



6 pav. Mangano ir geležies hidroksidų sankaupos karbonatingo smiltainio kolmatacinėse plėvelėse, Dirvonakiai, Biržų r.

Apibendrinant išskirtų dirvožemio granulimetrinių frakcijų cheminių tyrimų rezultatus galima teigti, kad didžiausi mikroelementų kiekiai buvo nustatyti tokiose dirvožemio frakcijose:

molio frakcijoje (<0,001 mm) – Al, Cu, Mo, Sc, Ti, V, Y, Co, (B, Yb, La);

aleurito frakcijoje (0,001-0,063 mm) – Ag, Pb, Zn;

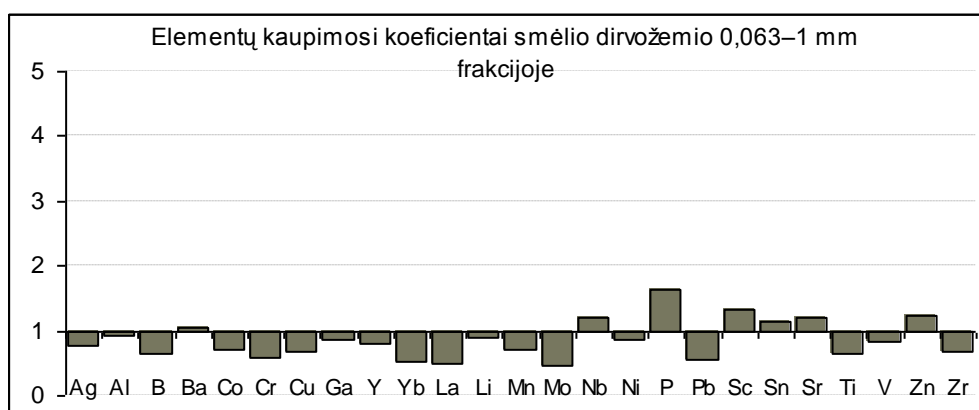
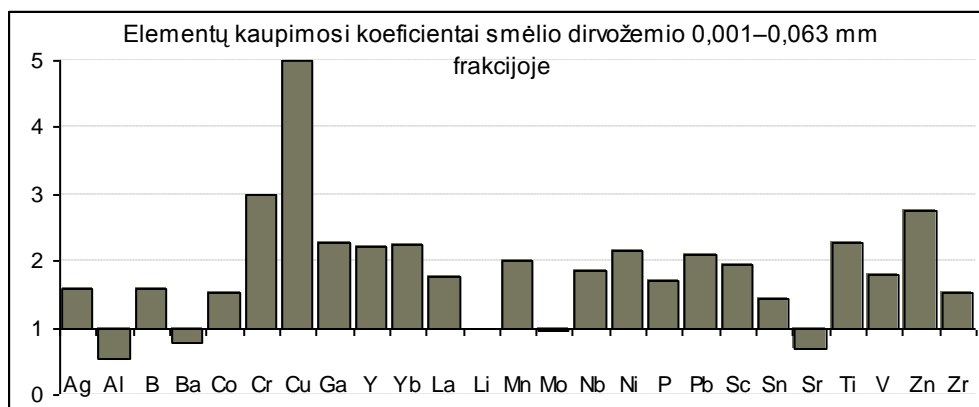
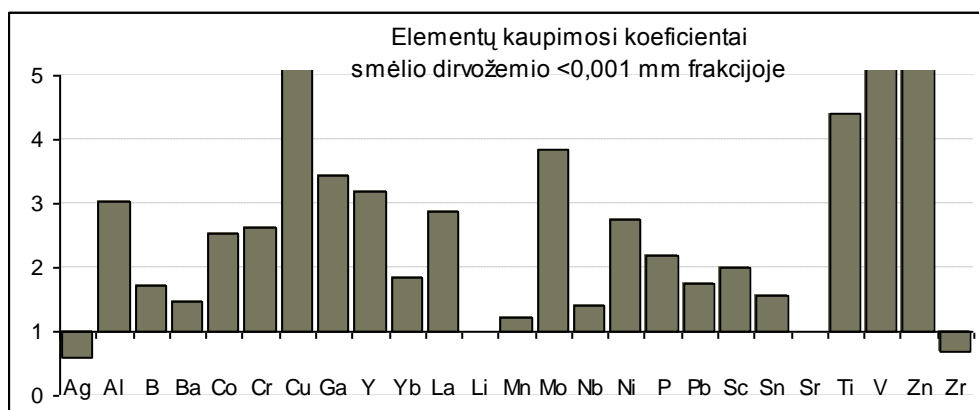
molio–aleurito frakcijose (<0,001 mm ir 0,001-0,063 mm) beveik tolygiai pasiskirstę – (B, Yb, La), Cr, Ni, Ga, Li, Sn;

smėlio–žvirgždo (dirvožemio skeleto) frakcijoje (>1 mm) – Mn, Ba, (Sr).

3.1.2. Cheminių elementų kaupimosi koeficientai skirtingos litologijos dirvožemio frakcijose

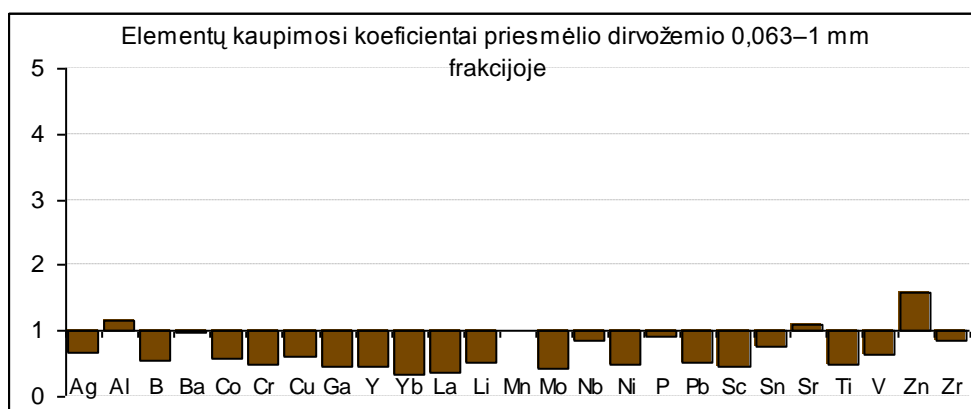
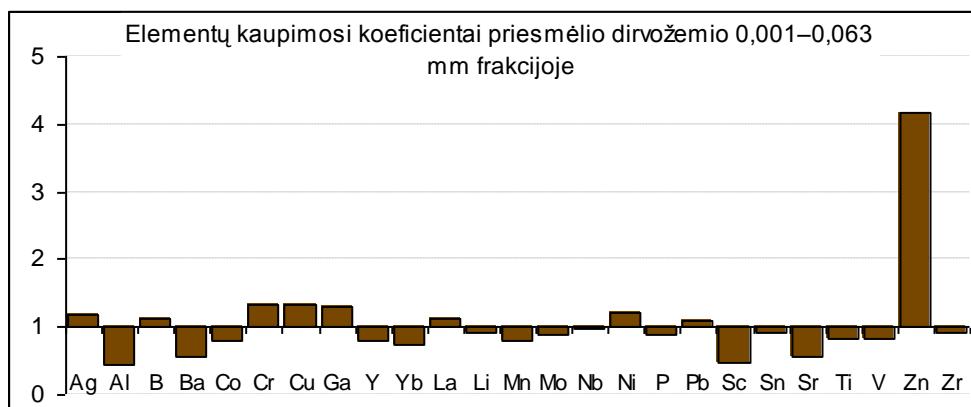
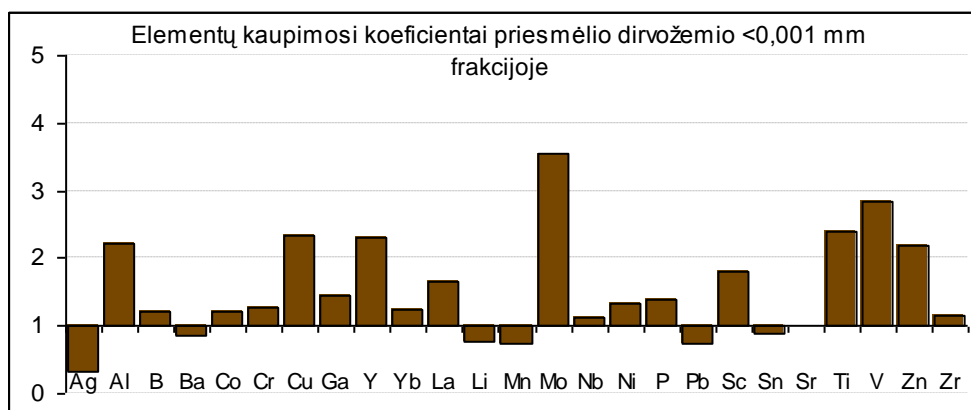
Palyginus kiekvieno mėginio kiekvienoje frakcijoje nustatyto elemento kiekį su elemento kiekiu nefrakcionuotame mėginyje buvo nustatyti elementų kaupimosi koeficientai – taip buvo paryškintas atskirų frakcijų reikšmingumas formuojant bendrą dirvožemio cheminę sudėtį ir išryškinti elementai, kurių kiekius dirvožemyje reguliuoja ne vien jo litologinė sudėtis (8–10 pav.). Be to, tokiu būdu išaiškėjo ir kai kurios laboratorinės analizės paklaidos, pvz. granulimetrinės analizės eigoje mėginiai laboratorijoje greičiausiai užsiteršę Zn, nes visų litologinių dirvožemio tipų visose frakcijose jo kiekiai 6,7–1,3 karto didesni už kiekį nefrakcionuotame dirvožemyje, o apskaičiuotasis nefrakcionuoto mėginio Zn visuminis kiekis buvo 2,5 karto didesnis, nei nustatytasis laboratorijoje. Taip pat tikėtina, kad atvirkščiai nei Zn, frakcijose nustatyti perpus sumažinti Yb kiekiai.

Smėlio dirvožemyje visų elementų, išskyrus Ag ir Zr, intensyviausias kaupimasis stebimas smulkiausioje <0,001 mm molio frakcijoje, kurioje V yra 8,3 karto, Cu – 7,5 karto, Ti – 4,4 karto daugiau nei visame dirvožemyje (7 pav.). 0,001-0,063 mm aleurito frakcijoje intensyviausiai kaupiasi Cu, kurio, lyginant su visu dirvožemiu, yra 5 kartus daugiau. 0,063-1 mm smėlio frakcijoje elementų kaupimasis žymiai susilpnėjęs, kaupiasi tik Sc, P, Sn ir Ba, nes šioje frakcijoje dominuoja silicio mineralai, o Si nebuvo analizuojamas.



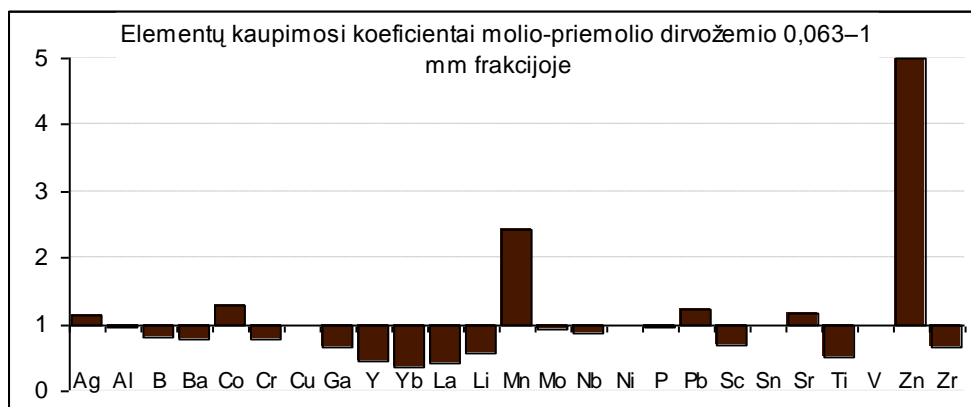
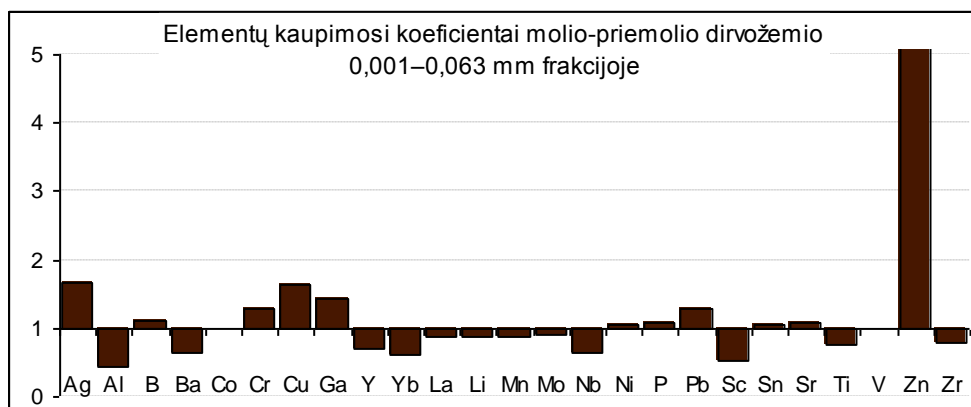
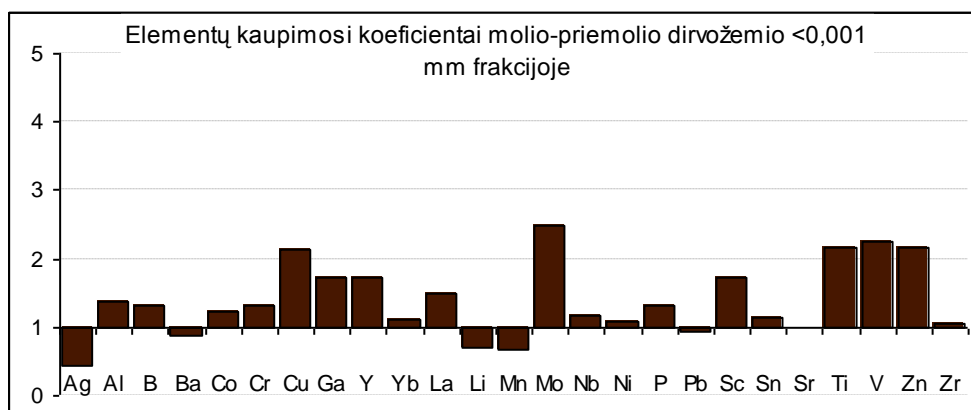
7 pav. Smėlio dirvožemio frakcijose besikaupiantys elementai.

Priesmėlio dirvožemyje molio frakcijoje kaupiasi dauguma elementų, išskyrus Ag, Ba, Ba, Co, Y, Li, Mn, Pb, Sn, o intensyviausiai – Mo, V, Al, Ti, Cu, Y, kurių kaupimosi koeficientas >2 . Aleurito frakcijoje besikaupiančių elementų sąrašas trumpėja, kaupimosi koeficientai mažėja – kaupiasi tik Ag, B, Cr, Cu, Ga, La, Ni, Pb, o smėlio frakcijoje besikaupiančiais išlieka tik Al, Mn, ir Sr (8 pav.).



8 pav. Priesmėlio dirvožemio frakcijose besikaupiantys elementai.

Molio dirvožemyje molio frakcijoje tik Cu, Mo, Ti, V, Zn yra 2 kartus daugiau nei visame nefrakcionuotame dirvožemyje, o Ag, Ba, Li, Mn, Pb šioje frakcijoje yra mažiau, nei visame dirvožemyje. Aleurito frakcijoje reikšmingai kaupiasi tik Ag, Cr, Cu, Ga, Pb, smėlio frakcijoje kaupiasi Ag, Co, Mn, Pb, Sr (9 pav.).



9 pav. Molio dirvožemio frakcijose besikaupiantys elementai.

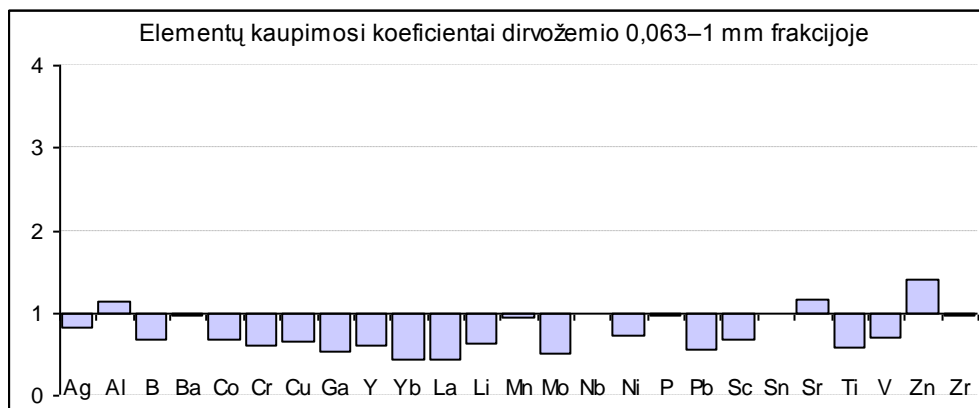
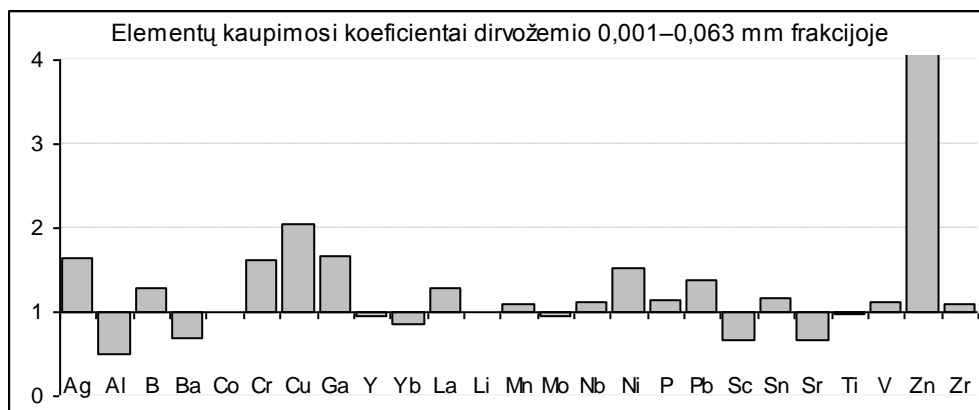
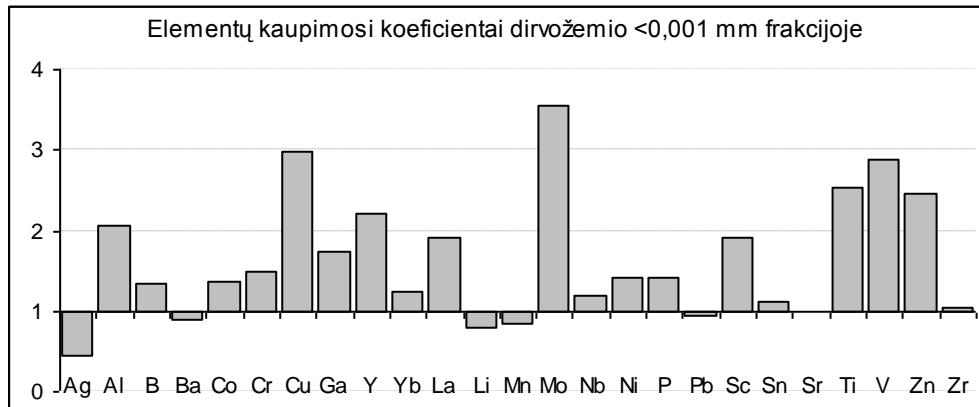
Visuose dirvožemiuose, neskaidant jų į atskiras litologines grupes, pagal kaupimosi intensyvumą skirtingose dirvožemio granulimetrinėse frakcijose mikroelementai pasiskirsto taip (10 pav.):

-molio frakcijoje kaupiasi Mo, Cu, V, Ti, Y, Al, La, Sc, Ga, Cr, jų kiekiai frakcijoje daugiau nei 1,5 karto viršija kiekius visame nefrakcionuotame dirvožemyje;

-aleurito frakcijoje Zn, Cu, Ga, Ag, Cr, Ni taip pat 1,5 karto daugiau nei visame nefrakcionuotame dirvožemyje;

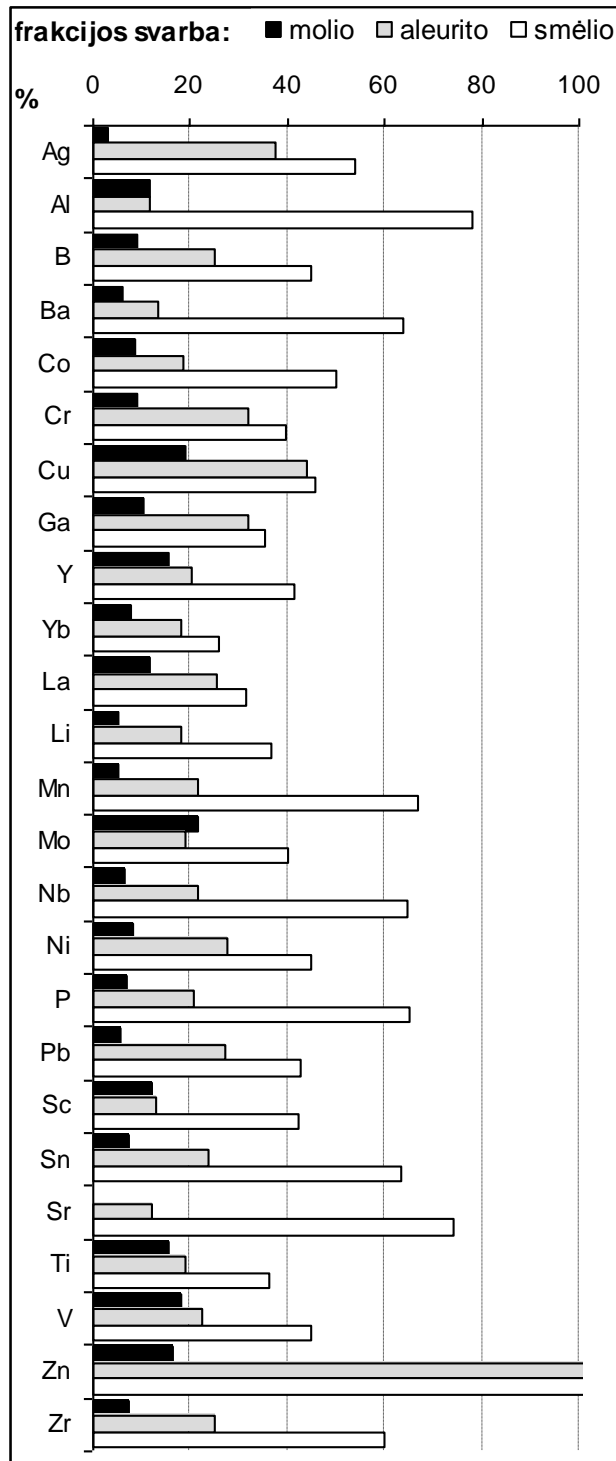
-smėlio frakcijoje tik Zn, Sr ir Al kiek daugiau nei nefrakcionuotame dirvožemyje;

-likusieji elementai beveik vienodai kaupiasi abiejose molio ir aleurito frakcijose, tik B, Co, Yb, P, kaupimasis intensyvesnis molio, o Mn, Pb, – aleurito frakcijoje.



10 pav. Visų litologinių tipų dirvožemio frakcijose besikaupiantys elementai.

Įvertinus elemento kaupimąsi frakcijoje bei frakcijos kiekį dirvožemyje ir palyginus su visuminiu elemento kiekiu nefrakcionuotame dirvožemyje,



aiškėja, kad nepaisant fakto, jog didžiausi elementų kiekiai nustatyti molio frakcijoje, t.y. dauguma elementų yra smulkiausioje dirvožemio frakcijoje, viso Lietuvos dirvožemio cheminę sudėtį formuoja gausiausia smėlio frakcija (11 pav.). Analogišką reiškinį Berrow ir Mitchell (1991) nustatė Škotijos ir Anglijos dirvožemiuose, aiškindami tai jaunu dirvožemio amžiumi bei glacialinių dirvodarinių nuogulų litologinės sudėties ypatybėmis – santykinai jaunuose dirvožemiuose, formavusiuose ne *in situ* dūlėjimo plutoje, tebevyrauja rupesnės smėlio dalelės, o ne aleuritas, o dalis mineralų – mikroelementų nešėjų ne formuoja antrinius molio mineralus, bet tebėra pirminėje formoje.

11 pav. Granulimetrinių frakcijų molio (<0,001 mm), aleurito (0,001-0,063 mm) ir smėlio (0,063-1 mm) svarba Lietuvos dirvožemio bendrai cheminei sudėčiai, %.

3.1.3. Dirvožemio granulimetrinių frakcijų indėlis į bendrą dirvožemio cheminę sudėtį

Įvertinus elementų kiekius frakcijose ir frakcijų kiekį kiekviename dirvožemio mėginyje, buvo nustatytas atskiros frakcijos indėlis į visuminį elemento kiekį skirtinguose litologiniuose dirvožemio tipuose (3 lentelė).

3 lentelė. Granulimetrinių frakcijų indėlis į skirtingų litologinių dirvožemio tipų bendrą cheminę sudėtį, %.

Frakcijos	Smėlio dirvožemis			Priesmėlio dirvožemis			Molio-priemolio dirvožemis			Visų tipų dirvožemiai		
	Mo-lio	Aleu-rito	Smėlio	Mo-lio	Aleu-rito	Smėlio	Mo-lio	Aleu-rito	Smėlio	Mo-lio	Aleu-rito	Smėlio
Ag	2,4	11,3	85,3	15,8	37,0	47,4	30,9	36,5	29,6	16,8	34,1	45,7
Al	12,9	4,6	82,3	46,1	8,5	47,2	71,4	8,8	20,9	47,6	7,5	45,9
B	9,2	16,2	73,0	35,4	26,1	31,8	63,3	19,5	13,8	40,2	23,2	33,1
Ba	4,4	3,5	90,2	30,7	14,6	53,5	59,8	16,5	19,3	31,4	13,5	50,8
Co	10,6	6,1	78,6	39,4	23,7	37,9	56,6	16,0	27,7	41,9	16,9	37,5
Cr	11,5	25,2	62,9	33,6	31,9	29,5	64,1	21,8	13,8	40,0	28,1	26,9
Cu	18,7	17,8	48,6	51,0	26,6	19,3	73,0	18,1	10,6	51,9	20,5	19,3
Ga	12,0	14,4	71,5	40,5	32,1	23,3	70,2	21,4	9,7	43,6	26,5	22,9
Y	9,1	14,7	67,7	58,3	16,9	22,7	81,0	9,3	8,2	59,1	14,7	22,4
Yb	6,1	20,7	67,2	52,1	23,7	24,5	76,7	13,1	10,2	52,7	19,1	22,3
La	15,2	23,7	55,1	51,2	26,4	20,2	75,5	13,5	9,0	54,7	22,4	18,6
Li	4,0	7,3	88,3	29,6	30,0	39,4	55,6	23,9	16,3	32,2	24,4	37,7
Mn	6,7	11,5	72,0	23,8	21,9	53,7	34,7	16,9	48,9	24,6	18,8	53,7
Mo	24,5	10,8	62,8	64,2	15,9	19,6	80,9	8,5	8,3	64,6	11,3	18,6
Nb	2,6	10,3	84,1	29,8	19,3	47,1	63,0	15,4	18,9	32,4	17,2	42,9
Ni	11,0	15,8	69,7	38,3	27,5	31,5	53,6	20,4	22,7	39,3	22,7	32,4
P	5,6	4,7	89,0	33,7	26,6	42,8	64,3	15,5	18,3	35,0	18,1	41,4
Pb	10,3	21,0	61,7	24,4	33,5	39,9	47,8	24,0	26,3	29,4	28,6	39,2
Sc	3,7	8,3	78,4	55,0	15,3	25,8	78,8	8,7	11,9	58,0	9,7	23,6
Sn	3,7	9,6	85,5	27,3	24,6	44,1	55,9	19,9	18,4	28,1	20,9	43,5
Sr				0	37,8	62,2	0	100	0		44,4	51,1
Ti	20,3	13,2	62,4	60,4	17,6	21,6	81,7	10,5	9,1	65,4	12,9	19,9
V	22,9	10,1	60,1	57,1	18,0	24,0	77,5	10,7	12,8	58,7	14,2	23,2
Zn	11,1	8,4	60,0	18,1	40,3	28,0	42,0	30,7	28,1	24,6	32,7	37,5
Zr	2,4	15,6	72,2	30,9	19,9	44,5	64,6	16,3	18,8	34,8	17,4	39,2

Smėlio dirvožemyje mikroelementų kiekis vienareikšmiškai priklauso nuo smėlio frakcijos mineralinės sudėties. Dėl mažo molio ir aleurito frakcijų kiekio jose esantys mikroelementai žymesnės įtakos jų bendram kiekiui neturi, nes sudaro mažiau nei 25%.

Priesmėlio dirvožemyje mikroelementų kiekio priklausomybė nuo granulimetrinių frakcijų yra sudėtingesnė. Smėlio frakcijoje esanti Ba, Co, Li,

Mn, Nb, P, Sn ir Zr dalis yra didžiausia jų bendrame kiekyje, Zn, Cr ir Ga – esanti aleurito frakcijoje, o Ti, Mo, Y, Sc, ir V – molio frakcijoje. Priesmėlyje neretai dviejose frakcijose esantys mikroelementai sudaro pagrindinę jo viso kiekio dalį: Ag, B, Ni, Pb, esantys aleurito ir smėlio frakcijose; La – molio ir aleurito frakcijose. Skirtingose frakcijose esančio Cu dalis visame jo kiekyje beveik vienoda.

Priemolio-molio dirvožemyje, nepaisant to, kad molio frakcija ne visada yra vyraujanti, joje besikaupiančių mikroelementų kiekiai, išskyrus Ag, Mn ir Zn, sudaro didžiausią jų viso kiekio dalį. Visam Zn kiekiui svarbiausia yra aleurito, o Mn – smėlio frakcija. Dažnai dviejose frakcijose esančių mikroelementų dalis visame jų kiekyje yra beveik vienoda: Ag – esančio aleurito ir smėlio frakcijose; Ba, Co, Li, Nb ir Zr – molio ir smėlio frakcijose. Skirtingose frakcijose esančio Pb, kaip ir priesmėlyje aptinkamo Cu, dalis visame jo kiekyje yra beveik vienoda.

Apibendrinant galima teigti, kad Lietuvos dirvožemio cheminę sudėtį nulemia Ti, Mo, Y, V, Sc, La, Yb, Cu, Al, Ga, Co, B, Cr, Ni kiekiai molio frakcijoje ir Mn, Sr, Ba, Al, Ag, Sn, Nb, P, Zr, Pb, Li, Co, Zn kiekiai smėlio frakcijoje. Skirtingų litologinių tipų dirvožemio cheminę sudėtį formuoja: smėlio dirvožemyje – smėlio frakcijos elementinė sudėtis; priemolio-molio dirvožemyje – molio frakcijos mikroelementinė sudėtis, išskyrus Ag, Zn, Mn ir Pb, kurių kiekius stipriai itakoja aleurito bei smėlio frakcijos; priesmėlio dirvožemyje – Mo, Ti, Y, V, Sc, Yb, La ir Cu kiekis molio frakcijoje, Zn kiekis aleurito frakcijoje, Sr, Mn, Ba, Ag, Sn, ir Zr kiekis smėlio frakcijoje.

3.2. Dirvodarinių nuogulų cheminės sudėties ypatumai ir svarba dirvožemio cheminės sudėties formavimuisi

Visi mineraliniai Lietuvos dirvožemiai yra susiformavę glacigeninėse įvairaus amžiaus kvartero nuogulose – moreniniame priemolyje ir priesmėlyje, limnoglacialiniame molyje ir smėlyje, fluvio-glacialiniame smėlyje ir žvyre (Guobytė 1998). Dalį nuogulų perklostė vėlesni eoliniai, fluvialiniai procesai, dalį padengė biogeninės durpių nuogulos (Guobytė 1998). Cheminė glacigeninių nuogulų sudėtis Lietuvoje yra menkai tyrinėta, dažniausiai geocheminius metodus buvo bandyta taikyti sprendžiant morenų stratigrafinės koreliacijos klausimus (Bitinas 1993; Baltrūnas 1995). Pastaruoju metu imta plačiai naudoti dirvodarinių nuogulų (C horizonto) ir viršutinio dirvožemio sluoksnio (A horizonto) palyginamąją cheminę, tuo pačiu ir mikroelementinę, sudėties analizę, siekiant išaiškinti anomalijų gamtinę arba antropogeninę prigimtį silpnai teršiamose teritorijose. Tokiu palyginamuoju principu buvo paremtas Baltijos jūros baseino dešimties šalių ariamų dirvožemių geocheminis kartografavimas bei Europos geologinių tarnybų direktorių forumo (FOREGS) inicijuotas Europos šalių kompleksinis foninis geocheminis kartografavimas (Reimann et al. 2000; Salminen et al. 1998). Palyginamuoju metodu naudotasi ir šiame darbe, bandant apibendrinti pirminį erdvinį Lietuvos dirvodarinių nuogulų cheminės sudėties pasiskirstymą, bei siekiant išryškinti vėlesnius dirvožemio cheminės sudėties pokyčius, atsiradusius įvairių dirvodaros faktorių poveikio dėka.

3.2.1. Cheminių elementų kiekiai ir jų pasiskirstymas skirtingos litologinės sudėties dirvodarinėse nuogulose

Mikroelementų kiekius ir jų pasiskirstymą dirvodarinėse nuogulose lemia, visų pirma, nuogulų litologinė sudėtis (4 lentelė). Beveik visų mikroelementų, išskyrus Nb, mažiausi kiekiai randami smėlyje, o Ag, Mo, P, Pb, Sn, Sr ir Zr kiekiai gana panašūs visose litologinėse dirvodarinių nuogulų atmainose. Visų kitų mikroelementų didžiausi kiekiai randami molyje.

4 lentelė. Mikroelementų kiekiai skirtingos litologinės sudėties dirvodarinėse kvartero nuogulose, mg/kg.

	visi tipai n=294			smėlis n=98			žvyras n=28		
	<i>Md</i>	<i>X</i>	<i>V</i>	<i>Md</i>	<i>X</i>	<i>V</i>	<i>Md</i>	<i>X</i>	<i>V</i>
Ag	0,050	0,055	40	0,050	0,058	39	0,050	0,052	17
B	39	42	52	20	23	40	24	25	16
Ba	280	303	45	180	213	37	200	210	31
Co	4,80	5,44	62	2,59	2,81	55	3,20	3,34	45
Cr	32,0	34,1	62	14,0	17,7	60	17,0	17,8	37
Cu	8,7	9,1	60	5,0	5,3	63	7,0	6,9	59
Ga	5,00	6,15	60	3,00	3,59	59	3,40	4,11	47
La	24,4	26,8	55	12,0	13,3	53	20,9	24,0	39
Li	13,0	15,0	50	9,5	10,4	31	8,5	10,1	27
Mn	400	414	45	278	298	55	390	423	33
Mo	0,70	0,79	30	0,70	0,64	24	0,70	0,77	19
Nb	13,7	13,4	38	15,0	16,0	33	10,0	9,9	51
Ni	15,0	16,5	63	7,4	8,6	54	10,0	10,0	25
P	539	631	54	498	548	40	740	810	46
Pb	9,7	10,7	45	7,6	8,9	48	8,3	9,3	40
Sc	5,0	5,5	66	2,0	2,4	57	2,0	2,9	40
Sn	1,8	2,0	34	1,5	1,7	21	1,5	1,6	19
Sr	100	105	26	80	91	25	120	122	25
Ti	1894	2165	59	1247	1406	48	840	1005	48
V	28,0	35,6	74	13,0	15,8	71	14,0	17,4	41
Y	15,0	16,0	59	8,4	9,3	64	11,9	12,1	48
Yb	1,39	1,72	61	0,90	1,02	67	0,90	1,01	48
Zn	25,0	29,1	50	25,0	20,6	45	25,0	25,3	28
Zr	194	211	49	192	218	60	129	150	55

Vidutiniškai V, Sc molyje yra net 5 kartus daugiau nei smėlyje, Co Cr, La, Ni – 4 kartus, Ba, Cu, Ga, Ti, Y, Yb – 3 kartus. Priemolio mikroelementinė sudėtis “skurdesnė” nei molio, o priesmėlis, atitinkamai, “skurdesnis” nei priemolis. Žvyras pagal mikroelementinę sudėtį užima tarpinę padėtį tarp smėlio ir priesmėlio. Pagrindinė tokio mikroelementų kiekių pasiskirstymo priežastis yra smulkiadispersinės medžiagos kiekis dirvodarinėje medžiagoje – didėjant smulkožemio kiekiui atitinkamai auga su aleurito ir, ypač, molio frakcijomis susijusių elementų kiekiai visoje medžiagoje (Kadūnas, Gregorauskienė 1999).

4 lentelės tęsinys. Mikroelementų kiekiai skirtingos litologinės sudėties dirvodarinėse kvartero nuogulose, mg/kg.

	priesmėlis n=74			priemolis n=69			molis n=25		
	<i>Md</i>	<i>X</i>	<i>V</i>	<i>Md</i>	<i>X</i>	<i>V</i>	<i>Md</i>	<i>X</i>	<i>V</i>
Ag	0,050	0,054	40	0,050	0,058	46	0,050	0,048	27
B	35	37	27	48	51	31	66	72	42
Ba	300	331	43	369	373	31	480	472	19
Co	5,40	5,82	36	8,15	8,35	35	10,15	9,85	31
Cr	36,0	37,9	30	51,8	53,3	36	54,0	56,5	30
Cu	10,5	10,8	34	12,0	12,2	50	15,0	14,0	41
Ga	5,80	6,21	41	9,21	9,38	35	9,67	10,29	37
La	26,0	28,8	34	31,5	31,9	38	47,5	44,6	36
Li	15,5	15,8	43	19,5	20,5	38	24,3	22,0	35
Mn	430	467	38	450	487	35	520	530	22
Mo	0,70	0,82	21	0,84	0,90	33	0,95	0,96	25
Nb	13,3	11,9	28	13,7	13,2	38	10,0	11,0	32
Ni	17,0	18,1	32	23,9	25,3	42	28,0	28,6	36
P	591	600	44	566	711	64	580	615	31
Pb	9,0	10,7	39	13,0	13,8	39	12,0	12,9	25
Sc	6,0	6,3	39	8,2	8,7	34	11,0	10,1	33
Sn	2,0	2,0	32	2,3	2,3	29	2,2	2,6	42
Sr	120	112	19	104	106	29	120	120	17
Ti	2175	2215	31	2919	2908	36	4500	4167	35
V	33,5	37,4	46	55,7	58,9	38	63,8	68,1	43
Y	16,8	17,0	46	19,6	21,8	41	25,0	25,5	29
Yb	1,50	1,83	48	2,57	2,48	37	2,80	2,65	37
Zn	25,0	27,9	30	33,7	38,2	43	45,0	46,6	40
Zr	210	226	35	196	204	31	200	205	24

Smulkiadispersinės medžiagos kiekio faktorius įtakoja mikroelementinę dirvodarinių nuogulų sudėtį ir netiesiogiai – per nuogulų genezę. Grubiau išrūšiuotas, mažiau perplautas fliuvioglacialinis įvairus smėlis Molėtų plote labiau praturtintas dauguma mikroelementų nei išskalautas limnoglacialinis smulkus Katros ploto smėlis, perklostytas eolinių procesų (5 lentelė). Su molio frakcija susijusių elementų Co, Cr, Cu, Mo, Ni, V, Y kiekiai limnoglacialiniame Katros smėlyje perpus mažesni nei fliuvioglacialiniame Molėtų smėlyje, o La, Sc, Zn kiekiai dažniausiai yra žemiau analitinio jautrumo ribos. Tačiau Katros smėlyje žymiai daugiau yra Zr ir Nb, elementų, susijusių su dūlėjimui atspariais mineralais.

5 lentelė. Mikroelementų kiekiai įvairios genezės smėlingose kvartero nuogulose, mg/kg.

	įvairios genezės smėlis*, n=15			fliuvioglacialinis smėlis, (III), n=60			limnoglacialinis smėlis, (I), n=20		
	<i>Md</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>Md</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>Md</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
Ag	0,069	0,035	0,169	0,050	0,050	0,090	0,043	0,030	0,050
B	22,8	15,9	60,8				18,0	13,0	26,0
Ba	239	119	529	180	180	600	200	150	340
Co	3,39	1,79	10,29	3,00	0,80	6,40	1,60	1,30	2,10
Cr	19,9	11,0	78,4	17,0	2,3	45,0	9,4	8,0	13,0
Cu	5,0	1,0	10,8	7,0	2,0	14,0	1,2	0,8	2,0
Ga	6,0	2,2	18,6	3,1	1,6	6,2	2,4	1,6	3,1
La	18,9	8,9	37,2				7	10	15
Li	12,9	9,9	22,5	10,0	8,0	21,0	8,2	5,2	13
Mn	296	160	549	330	150	1000	105	80	140
Mo	0,66	0,40	0,92	0,70	0,70	1,00	0,30	0,43	0,66
Nb	12,9	5,6	21,0				20,0	9,0	28,0
Ni	7,0	4,5	28,4	9,0	3,0	23,0	3,9	3,4	10,0
P	448	297	882				500	300	900
Pb	12,9	6,9	33,3	7,6	5,0	12,0	6,8	5,4	28,0
Sc	2,3	0,8	6,7	2,0	2,0	7,5	1,5	0,0	0,0
Sn	1,9	1,4	3,0	1,5	1,5	2,5	2,0	1,4	3,0
Sr	64	43	102	100	80	150	86	62	120
Ti	1485	771	4312	1300	430	4400	1050	800	1800
V	17,9	9,4	78,4	14,0	6,0	47,0	7,8	5,0	10,0
Y	11,0	5,0	31,9	8,7	4,0	22,0	0,6	0,4	0,8
Yb	1,4	0,5	5,3	0,7	0,4	2,5	1,0	0,7	1,2
Zn	11,0	9,9	62,7	25,0	25,0	35,0	8,0	0,0	0,0
Zr	149	89	548	175	43	620	275	90	580

* - Lietuvos geocheminio atlaso (Kadūnas ir kt. 1999) ir FOREGS projekto (Salminen et al. 2005) kasiniai, I - Katros tyrimai (Gregorauskiene 1999), II - Molėtų plotas (Guobytė ir kt. 1995)

Moreninio priesmėlio mikroelementinėje sudėtyje nuogulų genezė atsispindi ne taip ryškiai kaip smėlyje. Pagrindinės morenos Biržų ploto priesmėlyje Ba, Co, Cr, Ga, Li, Mo, Pb, Sc, Ti, V, Y, Zr vidutiniai kiekiai didesni nei Molėtų ploto kraštinės morenos priesmėlyje, tačiau skirtumai nėra labai ryškūs (6 lentelė). Ag, Cu, Sn ir Sr kiekiai, atvirkščiai, didesni pagrindinės morenos priesmėlyje. Likusių elementų skirtumai yra dar menkesni ir svyruoja analitinių paklaidų ribose. Peršasi išvada, kad, nors skirtingi glacigeniniai procesai suformavo skirtingas geomorfologines formas,

tačiau jas sudarančios panašios litologinės sudėties nuogulų yra gana panašios mikroelementinės sudėties.

6 lentelė. Mikroelementų kiekiai įvairios genezės priemolio dirvodarinėse nuogulose, mg/kg.

	įvairios genezės priemolis*, n=10			pagrindinės morenos priemolis, (IV), n=17			kraštinės morenos priemolis, (II), n=44		
	<i>Md</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>Md</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>Md</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
Ag	0,074	0,039	0,136	0,030	0,020	0,054	0,050	0,050	0,090
B	40,4	24,7	52,6	33,0	23,0	56,0			
Ba	427	146	1079	400	90	500	300	180	660
Co	9,64	6,70	11,69	5,60	4,30	7,40	4,90	1,30	12,00
Cr	51,6	34,4	81,5	37	27	50	34	16	52
Cu	13,1	9,8	19,4	6	2	8	12	3,5	20
Ga	9,6	6,7	14,1	7,4	5	9,2	4,5	2,4	8,2
La	30,4	21,4	52,4	26,0	18,0	30,0			
Li	21,9	10,8	32,4	16,0	9,0	27,0	12,5	8,0	40,0
Mn	540	344	1169	460	400	660	400	270	1400
Mo	0,92	0,60	1,36	0,92	0,80	1,25	0,70	0,70	1,20
Nb	14,1	10,7	16,8	9,0	4,5	15,0			
Ni	22,4	14,8	39,0	16,0	11,0	17,0	16,0	9,0	32,0
P	483	263	1380	600	350	700			
Pb	16,5	10,8	27,2	11,8	11,0	16,0	8,1	6,0	15,0
Sc	6,7	4,9	13,6	7,3	4,0	8,4	5,8	2,0	12,0
Sn	2,6	1,5	4,3	1,4	1,1	1,7	2,0	1,5	4,0
Sr	80	69	111	110	100	150	120	80	160
Ti	2965	2366	5043	2300	1600	2700	1900	900	3600
V	68,0	30,4	89,6	35,0	24,0	40,0	30,5	12,0	68,0
Y	17,6	2,3	54,3	23,0	21,0	30,0	15,0	7,0	28,0
Yb	2,6	2,2	4,7	2,5	1,2	3,5	1,2	0,7	2,9
Zn	36,0	19,4	62,4	25,0	15,0	30,0	25,0	25,0	45,0
Zr	220	175	331	220	120	540	210	130	420

* - Lietuvos geocheminio atlaso (Kadūnas ir kt. 1999) ir FOREGS projekto (Salminen et al. 2005) kasiniai, II - Molėtų plotas (Guobytė ir kt. 1995), IV - Biržų plotas (Gregorauskienė, Putys 2001)

Lyginant skirtingų apledėjimo fazių ir besiskiriančios genezės moreninį priemolį atskiruose plotuose matyti, kad labiausiai mikroelementais praturtintas yra “Jotvingių juostos” ploto Baltijos stadijos ir Pietų Lietuvos fazės kraštinių darinių moreninis priemolis. Jame nustatyti didžiausi vidutiniai daugelio elementų – Ag, B, Co, Cr, Cu, Ga, La, Li, Nb, Ni, P, Sc, Sn, Ti, V Zn – kiekiai (7 lentelė). Biržų ploto Šiaurės ir Vidurio Lietuvos fazių dugninės

morenos priemolyje rasti didžiausi vidutiniai Ba, La, Mn, Mo, Sr, Y ir Zr kiekiai, greičiausiai, dėl geologinių nuogulų formavimosi sąlygų. Molėtų ploto Baltijos stadijos kraštinės morenos priemolyje nustatyti gerokai mažesni mikroelementų kiekiai nei jaunesniame Biržų ir panašaus amžiaus “Jotvingių juostos” priemolyje. Ypač skiriasi su molio mineralais ir ta pačia frakcija susijusių elementų Co, Ga, Li, V ir Zn kiekiai – Molėtų ploto moreniniame priemolyje jų perpus mažiau nei tos pačios genezės ir dalinai tos pačios fazės “Jotvingių juostos” priemolyje. Tai paaiškinama šių plotų priemolio litologinės sudėties skirtumais, atsiradusiais nuogulų formavimosi metu ir vėliau, dėl periglacialinių procesų: Molėtų kraštinės morenos priemolis yra smėlingesnis, Biržų ploto – aleuritingesnis, “Jotvingių juostos” – molingesnis.

7 lentelė. Mikroelementų kiekiai įvairios genezės priemolio dirvodarinėse nuogulose.

	įvairios genezės priemolis*, n=36			pagrindinės morenos priemolis, (IV), n=7			kraštinės morenos priemolis, (III), n=11			kraštinės morenos priemolis, (II), n=15		
	<i>Md</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>Md</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>Md</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>Md</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
Ag	0,069	0,030	0,206	0,043	0,034	0,054	0,056	0,038	0,067	0,05	0,05	0,07
B	40,4	21,8	94,4	42	35	68	48	25	96			
Ba	437	187	614	500	290	580	428	213	528	340	200	700
Co	10,1	4,7	17,2	8	5,4	10	8,6	5,3	13,5	4,7	3	11
Cr	52,9	27,7	153,3	50	40	69	55	30	83	35	27	52
Cu	12,6	5,8	49,8	6	3	14	9,8	6,8	21,1	11	7	15
Ga	9,6	6,1	18,7	9	7,4	11,5	12,4	6,5	16,3	5,2	3,5	6,6
La	35,4	2,9	67,1	39	23	56	21,3	14,6	44,8			
Li	22,4	9,3	44,5	18	14	27	22,4	12,7	35,6	14	8	25
Mn	556	262	1423	620	530	680	428	332	461	360	280	760
Mo	0,9	0,6	2,2	1,05	0,92	1,3	0,65	0,51	0,9	0,7	0,7	1,1
Nb	14,1	4,9	31,6	9	5	11	14	11	16			
Ni	23,7	10,4	80,5	20	15	29	27,9	16,6	40,4	17	14	28
P	483	216	2408	500	400	700	642	293	2114			
Pb	14,1	9,8	34,7	14	12	16	14	9	23	8	6	11
Sc	8,5	3,4	17,3	9,4	7	12	9,7	4,2	14	7	3	9,5
Sn	2,6	1,1	4,4	1,65	1,4	2,8	2,6	1,5	3,1	2	1,5	3,5
Sr	80,3	38,2	172,0	135	110	165				120	80	160
Ti	3081	1879	7193	3000	2500	4300	3171	399	4192	1900	1500	4000
V	68,0	18,8	115,0	46	38	80	61	36	103	33	21	66
Y	17,6	11,6	49,1	23	19	25	19,5	10,7	40,1	13	8	30
Yb	2,9	1,4	4,5	2,6	2,2	3,6	2,6	1,6	4,3	1,2	0,7	2
Zn	37,6	9,9	88,4	36	20	70	52	19	59	25	25	33
Zr	217	66	403	230	180	300	191	125	233	190	120	300

* - Lietuvos geocheminio atlaso (Kadūnas ir kt. 1999) ir FOREGS projekto (Salminen et al. 2005) kasiniai, II - Molėtų plotas (Guobytė ir kt. 1995), III - "Jotvingių juostos plotas" (Lis et al. 1997), IV - Biržų plotas (Gregorauskienė, Putys 2001)

Limnoglacialinis molis Biržų ir Molėtų plotuose, padengtuose skirtingų apledėjimo fazių nuosėdomis, panašiai, kaip ir moreninis priemolis, atspindi litologinius nuosėdų skirtumus. Biržų Šiaurės ir Vidurio Lietuvos fazės limnoglacialinio molio mikroelementinė sudėtis akivaizdžiai skiriasi nuo Molėtų Baltijos stadijos tos pačios genezės molio sudėties. Biržų smulkesnės granulimetrinės sudėties molis pasižymi didesniais vidutiniais daugelio mikroelementų kiekiais: Co, Cr, Cu, Ga, La, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sc, Sn, Ti, V, Yb, Zn, ypač susijusiais su molio mineralais (8 lentelė). Tik Ag, Cu, Sr, Y ir Zr kiekiai smėlingesniame Molėtų ploto molyje yra didesni nei Biržų plote.

8 lentelė. Mikroelementų kiekiai limnoglacialinio molio dirvodarinėse nuogulose

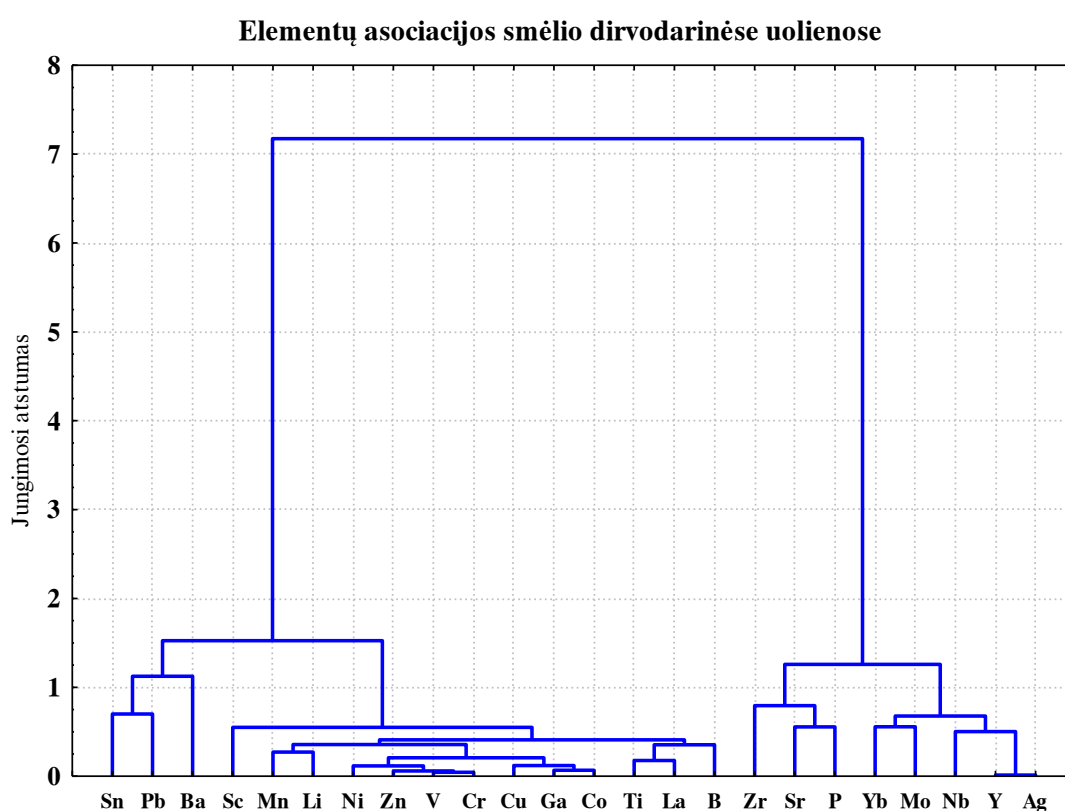
	įvairios genezės molis*, n=5			limnoglacialinis molis, (IV), n=10			limnoglacialinis molis, (II), n=10		
	<i>Md</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>Md</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>Md</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
Ag	0,055	0,039	0,064	0,038	0,025	0,048	0,050	0,050	0,090
B	64,4	54,1	66,0	91,0	31,0	125,0			
Ba	503	312	580	490	400	580	460	280	660
Co	11,1	10,2	14,1	11,3	5,8	14,0	9,2	4,3	16,0
Cr	55,1	44,9	66,0	73,0	32,0	88,0	53,5	32,0	94,0
Cu	14,5	7,7	22,3	13,5	4,0	17,0	16,0	7,0	30,0
Ga	10,7	9,7	16,5	13,5	6,2	15,0	8,2	4,6	16,0
La	38,8	32,8	58,0	55,0	14,0	62,0			
Li	25,1	18,5	27,1	29,0	13,0	36,0	16,5	8,0	26,0
Mn	513	387	582	640	490	680	480	320	760
Mo	0,95	0,78	0,97	1,13	0,80	1,50	0,70	0,70	1,10
Nb	14,5	6,8	16,5	10,0	5,4	14,0			
Ni	32,8	24,4	38,0	37,0	13,0	45,0	27,0	13,0	48,0
P	570	386	776	700	350	900			
Pb	10,7	9,7	16,5	14,5	10,0	19,0	12,0	8,0	20,0
Sc	10,6	1,1	15,7	11,5	5,0	14,5	11,0	6,0	13,0
Sn	1,9	1,7	3,0	3,0	1,4	5,5	2,0	1,5	4,0
Sr	125	104	151	113	94	165	115	100	140
Ti	4637	3705	6270	4700	1750	5300	4150	1600	7200
V	72,2	61,8	116,4	94,0	33,0	120,0	55,0	21,0	100,0
Y	29,9	25,1	42,8	24,0	18,0	26,0	25,5	10,0	34,0
Yb	2,9	2,6	5,7	2,9	1,4	3,5	2,3	0,8	3,7
Zn	62,4	24,2	76,0	48,0	24,0	76,0	40,0	25,0	80,0
Zr	242	176	304	170	130	290	205	150	280

* - Lietuvos geocheminio atlaso (Kadūnas ir kt. 1999) ir FOREGS projekto (Salminen et al. 2005) kasiniai, II - Molėtų plotas (Guobytė et al, 1995) IV - Biržų plotas (Gregorauskienė, Putys, 2001)

3.2.2. Cheminių elementų asociacijos atskiruose dirvodarinių nuogulų litologiniuose tipuose

Skirtingos litologinės sudėties dirvodarinės nuogulos pasižymi savitomis mikroelementų asociacijomis bei skirtingo stiprumo elementų tarpusavio koreliaciniais ryšiais.

Įvairios genezės smėlio dirvodarinėse nuogulose į pagrindinę asociaciją išsiskiria elementai, susiję su molio ir aleurito frakcijomis, o jos branduolį sudaro elementai, susiję su molio mineralais – Li-Ni-Zn-V-Cr-Cu-Ga-Co-Yb-Ti (12 pav.).

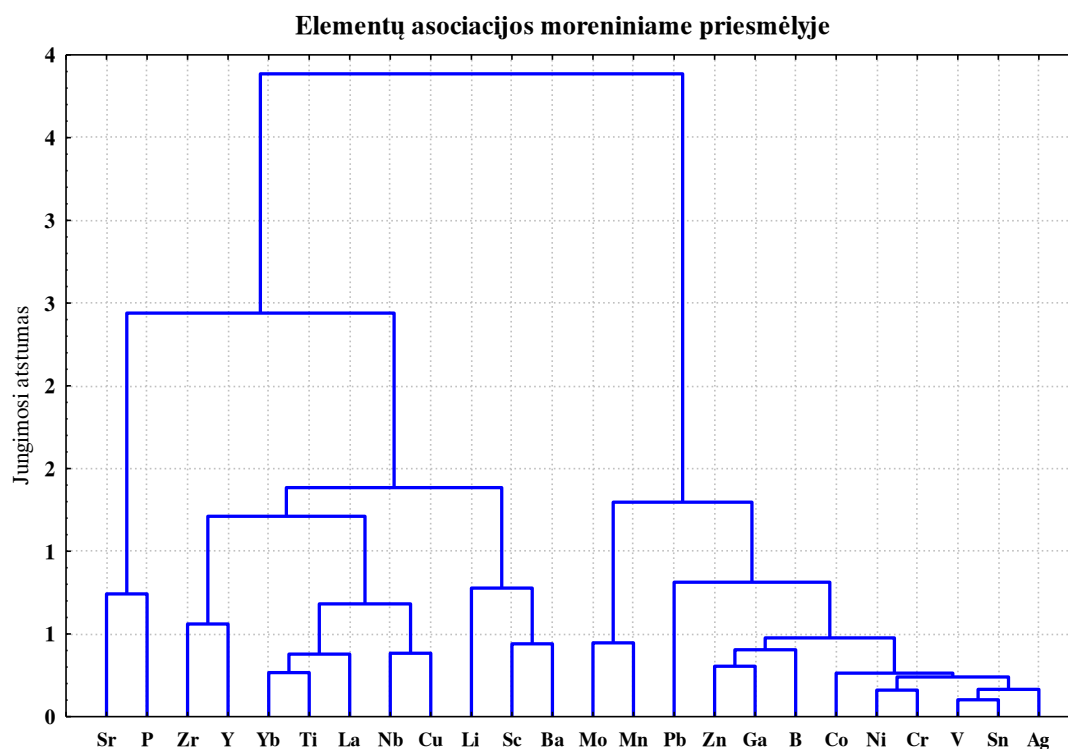


12 pav. Mikroelementų asociacijos smėlio dirvodarinėse nuogulose.

Asociacijos branduolio elementai susiję stipriais tarpusavio ryšiais (koreliacijos koeficientai = 0,9–0,8), pakankamai stipriai su branduolio elementais ir tarpusavyje koreliuoja Sc-Mn-Y-La-B (koreliacijos koeficientai >0,7). Aleurito frakcijos elementai, susiję vidutinio stiprumo tarpusavio ryšiais (koreliacijos koeficientai = 0,5–0,4) jungiasi į atskirą asociaciją Pb-Mo-Ag, prie jų taip pat šliejasi Sn savo stiprių ryšių su Pb dėka. Ba turi silpnus, bet

teigiamus ryšius su visais abiejų asociacijų elementais ir formuoja savo individualią “asociaciją”. Sr-P ir Zr-Nb, atstovaujantys rupią nuogulos frakciją ir susiję vidutinio stiprumo tarpusavio ryšiais, turi neigiamus koreliacinius ryšius su beveik visais pirmųjų trijų asociacijų elementais ir išsiskiria į atskirą asociaciją su neigiamais faktorius krūviais.

Moreniniame priesmėlyje mikroelementų tarpusavio ryšiai žymiai silpnesni, elementų asociacijos disimiliuotos. Pakankamai stipriai (koreliacijos koeficientai 0,7) tarpusavyje susiję elementai Zn-Ga-B-Co-Ni-Cr-V-Sn-Ag formuoja aleurito-molio frakcijų asociaciją (13 pav.). Pb yra susijęs vidutinio stiprumo tarpusavio ryšiais ir su šios, ir su molio frakcijos asociacijos elementais Yb-Ti-La-Nb-Cu-Li-Sc-Ba, kurių tarpusavio ryšiai ir ryšiai su pirmąja asociacija įvairuoja nuo silpnų iki vidutinių (koreliacijos koeficientai = 0,6–0,3).

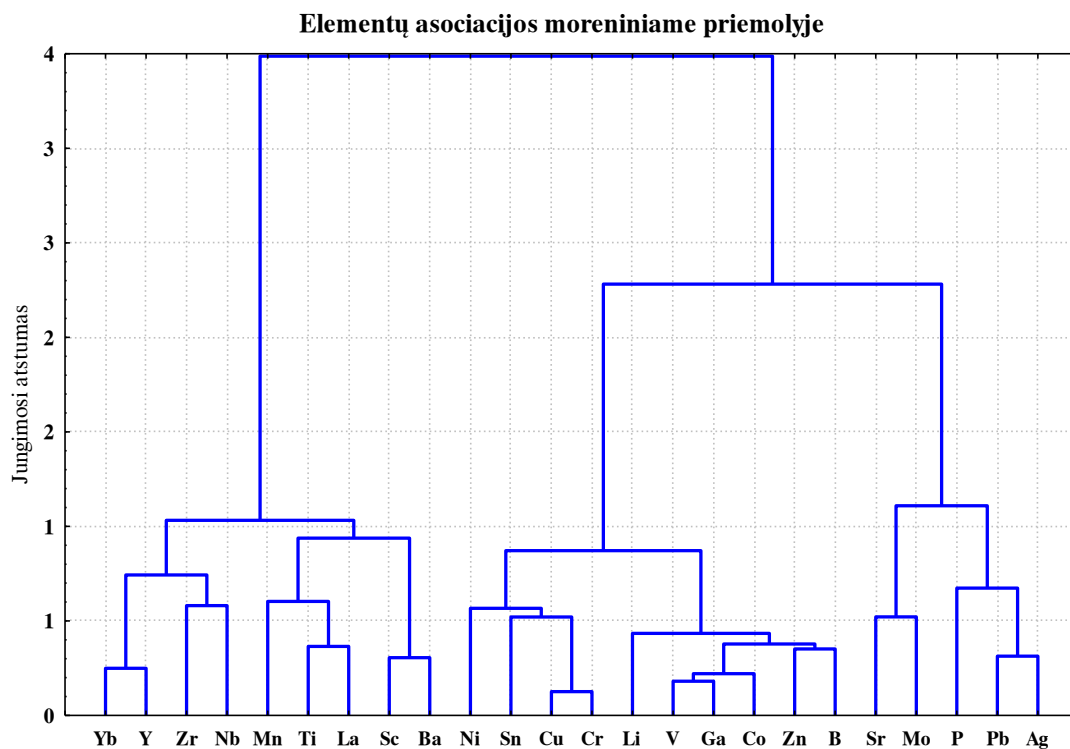


13 pav. Mikroelementų asociacijos moreniniame priesmėlyje.

Baris, analogiškai kaip ir smėlio nuogulose, turi silpnus koreliacinius ryšius su abiejų asociacijų mikroelementais, išskyrus Sc. Zr-Y-Sr ir P-Mo-Mn turi neigiamus koreliacinius ryšius su dauguma elementų ir formuoja dvi,

silpnai tarpusavyje susijusias, asociacijas, atstovaujančias smėlio ir rupaus smėlio frakcijas. Moreninio priemolio litologinis heterogeniškumas, vienos kurios nors frakcijos ryškaus dominavimo nebuvimas, atitinkamai atsispindi netvirtuose mikroelementų tarpusavio ryšiuose ir neryškiose elementų asociacijose.

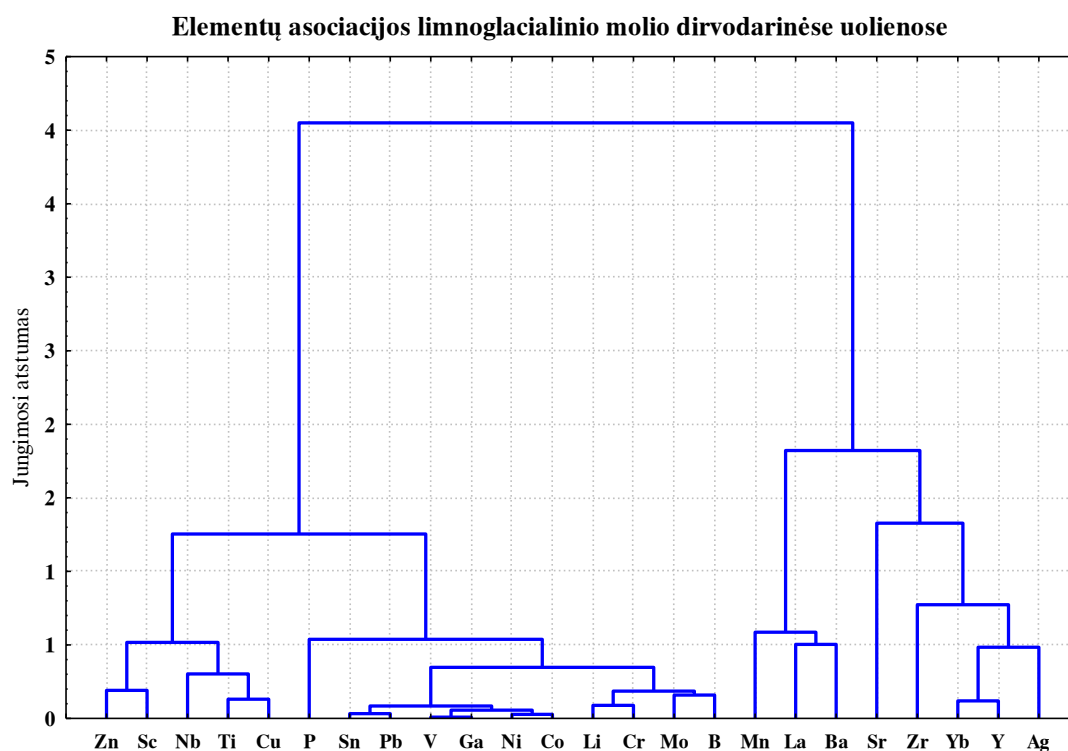
Moreniniame priemolyje sustiprėja su molio mineralais susijusių elementų tarpusavio ryšiai ir jie formuoja pagrindinę asociaciją, susidedančią iš dviejų branduolių Cu-Ni-Cr ir Li-V-Ga-Co-Zn-B (14 pav.). Su smėliu ir stambianuolaužine medžiaga susiję elementai formuoja atitinkamas asociacijas Sn-Nb-Mn-Ti-La ir Zr-Yb-Y-Sc-Ba, kurių nariai yra susiję pakankamai stipriais tarpusavio ryšiais (0,7–0,5) ir vidutinio stiprumo ryšiais (0,6–0,3) su molio frakcijos asociacijos elementais. Elementai Sr-Mo-P-Pb-Ag, susiję su aleurito frakcija ir turintys itin silpnus ir neigiamus koreliacinius ryšius su dauguma elementų, formuoja atskirą asociaciją.



14 pav. Mikroelementų asociacijos moreniniame priemolyje.

Limnoglacialiniame molyje dėsningai dominuoja mikroelementai, susiję su molio frakcija. Asociacijos branduolį sudaro Sn-Pb-V-Ga-Ni-Co, kurių

tarpusavio ryšiai yra itin stiprūs (koreliacijos koeficientai = 0,99–0,97) ir jie stipriai susiję (0,9–0,8) su likusiais asociacijos nariais Li-Cr-Mo-B (15 pav.). Zn-Sc-Nb-Ti-Cu, elementai taip pat susiję su molio frakcija, tačiau pasižymintys trapesniais tarpusavio ryšiais ir ryšiais su asociacijos branduolio elementais (0,6–0,7), formuoja atskirą asociaciją. Mn-La-Ba asociacija, sudaryta iš elementų, susijusių su smėlio frakcija, turi silpnus, bet teigiamus koreliacinius ryšius su molio frakcijos asociacijų elementais. Su aleurito frakcija susijusios asociacijos elementų Sr-Zr-Yb-Y-Ag tarpusavio ryšiai yra vidutinio stiprumo (koreliacijos koeficientai = 0,8–0,4) ir, dažniausiai, neigiami su likusiais elementais.



15 pav. Mikroelementų asociacijos limnoglacialinio molio dirvodarinėse nuogulose.

3.3. Dirvodarinis ir antropogeninis poveikis dirvožemio profilio cheminės sudėties kaitai

Kaip minėta, mineraliniai Lietuvos dirvožemiai formavosi daugiau ar mažiau mechaniškai permaišytose ir išrūšiuotose glacigeninėse nuogulose – moreniniame priemolyje ir priesmėlyje, limnoglacialiniame molyje ir smėlyje, fliuvioglacialiniame smėlyje ir žvyre. Tokių dirvožemių dirvodarinė medžiaga yra gana gerai homogenizuota, o cheminės sudėties kaitą: erdvinę – dirvožemio dangoje, ir vertikalią – jo profilyje; labiausiai sąlygoja dirvodaros procesų – išplovimo, jaurėjimo, glėjėjimo, durpėjimo, išmolėjimo, karbonatizacijos ir kt. intensyvumas ir trukmė (Gregorauskiene 1997).

Išplovimo ir tuo pačiu metu vykstančio jaurėjimo proceso poveikis gana aiškiai matomas cheminių elementų pasiskirstymo pobūdyje dirvožemių profiliuose, susiformavusiuose Rytų Lietuvos ir Žemaitijos aukštumų įvairaus amžiaus kraštinės morenos nuogulose. Elementų išplovimas ir jaurėjimas aiškiai atsekamas gerai drenuojamame pajaurėjusiame išplautžemyje, susiformavusiame Nemuno apledėjimo Baltijos fazės kraštinės morenos nuogulose (Skiemonys, Anykščių r.). Šiame dirvožemyje net šarminiai-rūgštiniai parametrai rodo dėl šarminių elementų išplovimo rūgšėjimą aplinką – dirvodarinis C horizontas yra šarminis (pH=8,7), o viršutinė dirvožemio profilio dalis jau neutrali (6,3–6,7) (9 lentelė).

9 lentelė. Kai kurių elementų kiekių ir parametų pasiskirstymas dirvožemio kasinyje Nr. 33, Skiemonys Anykščių raj. (J_2^V , *Albic Luvisol*).

Horizontas	Sudė- gylis, cm	pH	k.n. %	Fe %	U	Ba	As	Sc	Cu	Co	Mn	
					mg/kg							
A _p	0-27	ps	6.7	4	1.07	2.6	317	2.6	4.80	7,68	5,95	461
AE	27-35	p ₁	6.35	1.6	1.56	2.2	443	3.6	6.40	13,8	6,89	315
B _s	35-64	p ₂	6.65	3	2.64	3.0	543	4.7	8.73	33,0	11,64	563
C _k	64-100	p ₂	8.7	1.8	1.54	2.8	196	4.1	5.50	25,5	13,26	511

Bendro elementų išplovimo-išnešimo fone matome, kad iliuvinis B horizontas, ypač lyginant su eliuviniu AE horizontu, yra akivaizdžiai praturtintas jaurėjimo metu susidariusių Fe ir Mn oksidų-hidroksidų sankaupomis bei Co, Sc, Cu, U ir kitais elementais, susijusiais su šiame horizonte besikaupiančiais molio mineralais.

Jaurėjimo ir tuo pačiu metu vykstančio glėjėjimo procesas ryškiai atspindi Nemuno apledėjimo Vidurio Lietuvos fazės limnoglacialiniame smėlyje susiformavusio dvinario iliuvinio humusinio jaurazemio profilyje (Žemaitkiemiai, Šilutės r.). Po smėliais, 80 cm gylyje, kloji apglėjinta morena su sudūlėjusiais granitais ir žėručiais, praturtinta *in situ* susiformavusiomis kulkos pavidalo kietomis geležies konkretijomis, kuri buvo išskirta kaip BC_{sg} horizontas. Dirvožemyje akivaizdžiai matomas pirminis dirvodarinės medžiagos sluoksniuotumas, kuris dar labiau išryškėja dėl nepastovaus drėgmės režimo, nulemta pasikartojančių Nemuno upės potvynių. Potvyniams reguliuojant gruntinio vandens lygį dirvožemyje ir keičiantis oksidacinėms-redukciniams sąlygoms, vyksta intensyvus vertikalus organinės medžiagos ir elementų perskirstymas. Iliuvinis Bs horizontas, esantis išsyk po armeniu, yra sucementuota, praturtinta geležimi ir organika 7 cm storio smėlio juostelė, kurioje Mn kiekiai 1,5 karto, o Fe kiekiai 3 kartus didesni nei ariamajame horizonte. Šis horizontas žymi aukščiausią gruntinio vandens pakilimo ribą (10 lentelė). Dar intensyvesnis pastarųjų elementų nusėdimas vyksta giliau, BC_{sg} horizonto oksidaciniame-redukciniame bei mechaniniame barjeruose, kur Mn ir Fe kiekiai išauga 4 kartus, o su molio mineralais susijusių elementų (Co, Cr, Cu, Li, Sc ir kt.) kiekiai – nuo 2 iki 8 kartų. Atitinkamai viršutiniame Ap horizonte nustatyti santykinai dvigubai didesni kiekiai Zr, Y ir analogiškai Ti, Yb, esančių dūlėjimui atspariuose mineraluose, tolygiai mažėjančiuose per visą smėlio nuogulų sluoksnį.

Analogiškas elementų pasiskirstymas buvo nustatytas ir Vidurio Lietuvos fazės limnoglacialinio smėlio nuogulose susiformavusio kito iliuvinio humusinio jaurazemio dirvožemio Nr. 61 profilyje (tirto Foregs projekto metu) (Dirvonakiai, Biržų r.), kur B2sh horizonte 51–64 cm gylyje taip pat aptiktos

kulku pavidalo geležies koncentracijos. Mn kiekiai šiame horizonte siekia 804 mg/kg ir 3 kartus viršija kiekius virš jo esančiame iliuviniame Bsh horizonte (11 lentelė).

10 lentelė. Elementų ir parametru pasiskirstymas kasinyje Nr. 59, Žemaitkiemiai, Šilutės raj. (Jp^{ih}, *Carbi-Gleyic Podzol*).

Horizontas gylis, cm	Sudė- tis	pH	k.n. %	Zr	Y	Co	Cr	Cu	Li	Sc	Mn	Fe
				mg/kg								
A _p 0-28	ps	6,5	5,93	488	28,2	3,6	37,6	3,8	8,5	1,9	216	0,85
B _s 28-35	s	6,8	4,21	227	15,3	4,6	36,4	2,9	12,5	1,7	354	2,49
B ₂ 35-50	s	6,6	2,21	276	13,7	4,6	31,3	2,9	11,7	1,3	264	1,37
B ₃ 50-65	s	6,8	1,69	210	12,8	5,5	30,5	2,9	12,8	1,3	344	1,67
BC _{sg} 80-100	p ₂	7,2	5,52	266	49,1	11,8	62,4	12,3	23,6	16,1	831	3,87

Atsižvelgus į faktą, kad didžiausi vidutiniai Mn kiekiai buvo nustatyti rupaus smėlio-žvirgždo frakcijoje >1 mm (11 lentelė), o didžiausi jo kiekiai dirvožemio profilyje sutinkami iliuviniame B_{sh} horizonte su geležies koncentracijomis, galima teigti, kad manganas jauriniame dirvožemyje, esant kaičioms oksidacinėms-redukciniams sąlygoms, yra linkęs kauptis dirvožemio skeleto kolmatacinėse plėvelėse. Tikėtina, ant kolmatuojančių geležies ir mangano hidroksidų paviršiaus yra sorbuojami Al, Zn, Sc, Pb ir Cu elementai, nes jų kiekis B_{sh} ir B_{2sh} horizontų mėginiuose, analizuotuose atmetus dirvožemio skeletą, yra sumažėjęs.

11 lentelė. Elementų ir parametru pasiskirstymas kasinyje Nr. 61, Dirvonakiai, Biržų raj. (Jp^{ih}, *Carbi-Gleyic Podzol*).

Horizontas gylis, cm	Sudė- tis	pH	k.n. %	Ca	Fe	Al	Mn	Zn	Sc	Pb	Cu
				%						mg/kg	
A _p 0-31	ps	7,4	5,28	0,64	1,42	5,87	313	3,22	3,2	15,2	6,6
B _{sh} 31-51	s1	8,0	4,17	0,53	1,20	5,37	259	1,72	1,4	10,5	2,9
B _{2sh} 51-64	s1	7,6	2,01	0,53	1,27	5,10	804	1,96	1,4	9,8	2,9
B ₃ 64-76	s	7,6	0,78	0,54	1,29	5,36	228	2,18	1,6	10,9	4,0
BC _{sg} 76-92	da	7,7	2,94	0,72	2,43	5,44	417	4,08	11,2	18,0	8,7
C _g 92-110	s1	8,5	0,2	4,29	1,40	5,79	379	3,39	5,2	15,5	7,0

Beveik tolygus elementų išplovimas yra stebimas vidutiniškai drenuojamame ariamajame glėjiškame balkšvažemyje, susiformavusiame vėlyvesniuose, Baltijos fazės, moreniniuose dariniuose (Daugėliškis, Ignalinos r.). Čia karbonatai išplauti iki 75 cm gylio, kur Ca kiekiai BC_{kg} horizonte yra 5,3 karto didesni nei E horizonte, tačiau pastarajame santykinai išauga Zr kiekiai, atspindintys dūlėjimui atsparių mineralų pagausėjimą. Savo ruožtu, iliuviniame B horizonte išauga Ga, V, Li, Ni ir Cu – elementų, susijusių su molio mineralais, kiekiai bei dvigubai padidėja besikaupiančios Fe kiekis, liudijantis jaurėjimo procesus (12 lentelė). Netgi granulimetrinės sudėties kaita rodo elementų, susijusių su smulkiaja dirvožemio frakcija, vertikalios persiskirstymo priežastį išplovimo proceso paveikto dirvožemio profilyje.

12 lentelė. Kai kurių elementų kiekių ir parametrų pasiskirstymas dirvožemio kasinyje Nr. 35, Daugėliškis, Ignalinos raj. (J₁^V, *Gleyic Podzoluvisol*).

Horizontas gylis, cm	Sudė- tis	pH	k.n.	Ca	Fe	Zr	V	Ga	Li	Ni	Cu
				%	%	mg/kg					
A _p 0-26	ps	7.35	4.2	0.49	1,34	316	40	6.5	14.4	12,0	9,58
AE 26-40	p	6.9	2.6	0.37	1,64	351	51	6.8	15.6	12,2	9,74
E 40-44	p	7.05	2.3	0.36	2,35	352	55	6.6	12.7	13,7	7,82
B _t 44-75	dp ₂	7.45	3.5	0.42	3,51	270	71	10.1	20.3	23,2	17,4
BC _{kg} 75-105	p ₂	8.65	3.0	1.91	3,14	243	116	16.5	24.3	34,9	22,3

Vertikalus išplovimas (lesivažas) elementų, susijusių su dirvožemio molio ir aleurito frakcijomis (Co, Cr, B, Ni, Nb, Ti, V, Pb) yra stebimas silpnai drenuojamame stagniniame išplautžemyje, susiformavusiame palyginti jaunose Nemuno apledėjimo Pajūrio fazės dugninės morenos dvinarėse nuogulose (Kulupėnai, Kretingos r.). Šie elementai išplaunami ir išnešami iš E_j horizonto jam periodiškai užmirkstant ir dėl to keičiantis oksidacinėms-redukciniams sąlygoms (13 lentelė). Po juo esantis akumuliacinis B_t horizontas dėl tų pačių priežasčių praturtintas ir smulkiaja dirvožemio frakcija, ir su ja susijusiais elementais Cr, B, Ni, Co. Atkreiptinas dėmesys į B_t horizonte ryškiai pakitusią granulimetrinę sudėtį (molio frakcijos kiekis išauga beveik perpus – nuo 8%

iki 15%), didelį organikos kiekį ir itin išaugusius P kiekius – visa tai byloja ne tiek apie intensyvius dirvodaros procesus, kiek apie dirvodarinės medžiagos nevienalytiškumą, nulemtą glacialinių nuogulų facijų kaitos. (Bitinas ir kt. 1997). Išaugę fosforo kiekiai šiame horizonte liudija ir apie ant karbonatinio barjero, esančio C_k horizonte, besikaupiančius tręšimo produktus.

13 lentelė. Kai kurių elementų kiekių ir parametrų pasiskirstymas dirvožemio kasinyje Nr. 8, Kulupėnai, Kretingos raj. (JP₁^v, Stagnic Luvisol).

Horizontas gylis, cm	Sudė- tis	pH	k.n. %	mg/kg								
				Nb	Co	B	Ni	Cr	Pb	Ti	V	P
A _p 0-30	ps	7.2	9.2	15.4	6.9	27	15	38	22,7	3450	36	763
E 30-53	sp	7.4	2.5	21.5	8.8	35	24	60	25,4	2925	57	341
E _j 53-65	sp ₂	7.8	3.8	21.2	8.7	30	20	58	22,1	3175	40	414
B _t 65-76	p ₂	8.4	3.7	23.1	14.4	58	48	106	33,7	5200	96	1348
C _k 76-100	p ₂	8.5	3.3	10.6	12.6	45	37	64	19,3	4061	77	484

Panašus elementų persiskirstymas stebimas ir iliuviniame humusiniame jaurazemyje, susiformavusiame Vidurio Lietuvos fazės limnoglacialiniame smėlyje (Višakio Rūda, Šakių r.). Jo pastoviai užmirkęs dirvodarinis glėjinis Cr horizontas yra praturtintas daugeliu elementų, išplautų iš viršutinių horizontų (14 lentelė).

14 lentelė. Kai kurių elementų kiekių ir parametrų pasiskirstymas dirvožemio kasinyje Nr. 37, Višakio Rūda, Šakių raj. (Jp^{ih}, Carbi-Gleyic Podzol).

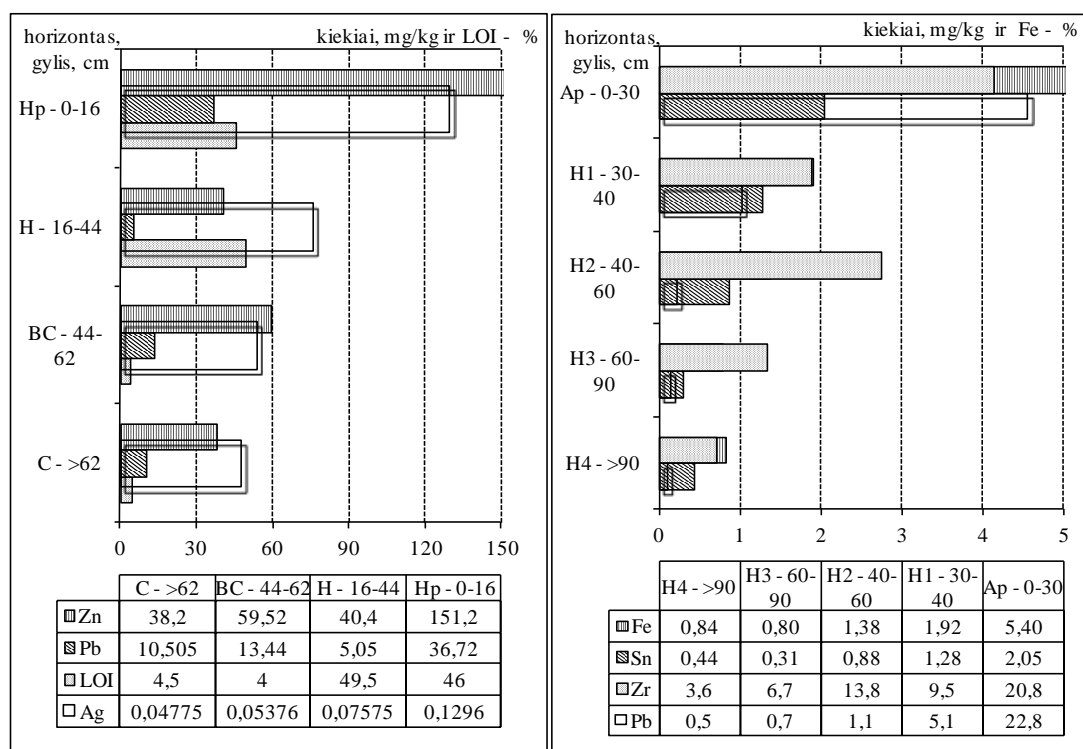
Horizontas gylis, cm	Sudė- tis	pH	k.n. %	mg/kg							
				P	Mn	La	Y	Zn	Sn	Ag	B
A _p 0-25	s ₁	6.6	4.5	573	191	25.8	11.5	11.5	2,2	0,143	16,5
O _b 25-35	d	5.05	34.1	1188	73	19.1	9.9	7.9	0,92	0,066	30,6
E 25-45	s ₁	5.55	2.1	490	142	10.8	5.9	9.8	1,76	0,098	26,4
B _h 45-50	s ₁	5.75	1.9	324	157	16.7	8.4	9.8	1,96	0,078	27,5
B _s 50-68	s ₁	5.85	1.4	325	148	17.7	7.5	9.9	1,58	0,059	25,6
BC 68-106	s ₁	5.9	0.3	319	160	18.9	10.0	11.0	1,5	0,100	25,9
C _r 106-136	s ₁	5.85	0.3	299	189	35.9	12.0	12.0	2,09	0,120	29,9

Ariamasis A horizontas yra praturtintas agrogeniniais Ag, Ni, La, Nb, Y, Zn ir kitais elementais – tų pačių elementų padidėjimas stebimas ir glėjiniame Cr horizonte, t.y. agrogeniniai elementai lengvai migruoja per visą smėlio dirvožemio profilį į gruntinius vandenis talpinančius dirvožemio sluoksnius. Kadangi tai ariamas dirvožemis, esantis buvusio miško vietoje, jo profilyje matome ne tik antropogeninių, bet ir biogeninių elementų, pernešamų su dirvožemio organine medžiaga, persiskirstymą – palaidotas netolygus Ob horizontas – biogeninis geocheminis barjeras, sudarytas iš dalinai mineralizuotų šaknų ir durpės, ant kurio kaupiasi dideli biofilinių P, B kiekiai ir, tuo pačiu, sumažėja elementų (Cr, V, Pb), susijusių su molio mineralais, kiekiai.

Dirvožemio organinė medžiaga savo stiprių sorbcinių savybių dėka atlieka labai svarbų vaidmenį vertikaliai perskirstant elementus dirvožemio profilio ribose (Shotyk et al. 1992). Ariamajame sekliajame žemapelkės durpžemyje (Amalvos pelkė, Marijampolės r.), susiformavusiame karbonatingoje uždurpėjusioje prasto drenažo Nemuno apledėjimo Vidurio Lietuvos fazės dugninėje morenoje, matome, kad viršutiniame durpingame Aa dirvožemio horizonte agrogeninių Pb, Ag, Zn, V, Cr kiekiai yra kelis kartus didesni, nei apatiniame nekultivuojamame durpiniame H horizonte (15 lentelė, 16, 17 pav.).

15 lentelė. Kai kurių elementų kiekių ir parametrų pasiskirstymas dirvožemio kasinyje Nr. 43, Amalvos pelkė, Marijampolės raj. (P_1^Z , *Anthric Histosol*).

Horizontas gylis, cm	Sudė- tis	pH	k.n. %	Ag	Pb	Sn	Mo	Zn	V	Cr
				mg/kg						
A _p 0-16	d	7.35	46.0	0.130	36.7	3.24	1.73	151	108	48,6
H _b 16-44	d	7	49.5	0.076	5.1	1.16	1.31	40	58,1	19,7
BC _g 44-62	p ₂	8.15	4.0	0.054	13.4	1.82	0.67	59	76,8	38,4
C _g 62-82	p ₂	8.55	4.5	0.048	10.5	1.81	0.90	38	66,9	45,84



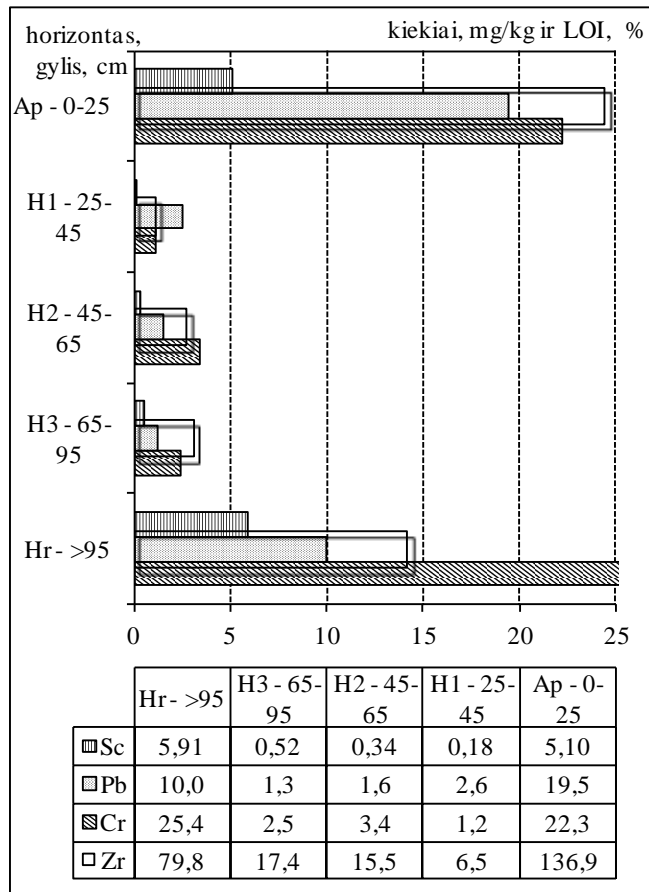
16 pav. Kai kurių cheminių elementų kiekių ir parametų pasiskirstymas žemapelkės durpžemio profiliuose: kasinyje Nr. 43, Amalvos pelkėje, Marijampolės raj. ir kasinyje šalia Glitiškių, Vilniaus raj.

Analogiškai elementai pasiskirsto giliajame žemapelkės durpžemyje, esančiame Glitiškėse, Vilniaus raj., renatūralizuotoje numelioruotoje pievoje, kur viršutinis A ariamasis horizontas lyginant su po juo esančiu H₁ horizontu yra kelis kartus turtingesnis Sn, Sc, Pb, La, Cr, Yb, Nb, Fe, Zr (16 lentelė, 16 pav.).

16 lentelė. Kai kurių elementų kiekių ir parametų pasiskirstymas dirvožemio kasinyje, Glitiškės, Vilniaus raj. (P₂^ž, Terric Histosol).

Horizontas gylis, cm	Sudė- tis	k.n. %	Ca %	mg/kg							
				Sn	Sc	Pb	Sr	La	Cr	Yb	Nb
A _p 0-30	d	79,25	2,18	2,05	4,15	22,8	249	8,3	4,15	1,3	1,25
H ₁ 30-40	d	87,22	2,04	1,28	1,92	5,11	230	1,8	1,92	0,2	0,26
H ₂ 40-60	d	87,5	1,63	0,88	2,63	1,13	175	0,6	2,63	0,3	0,25
H ₃ 60-90	d	90,44	1,91	0,31	1,05	0,72	82,2	0,5	1,05	0,5	0,14
H ₄ >90	d	91,16	1,68	0,44	0,8	0,53	88,4	0,4	0,8	1,2	0,13

Dalis elementų (Yb, Zr, La, Nb) buvo įnešta kalkinant ir tręšiant fosforinėmis trąšomis buvusią kultūrinę pievą, dalies elementų (Fe, Sc, Sn) kiekis padidėjo suintensyvėjus durpių mineralizacijai po pelkės nusausinimo.



17 pav. Kai kurių cheminių elementų kiekių ir parametru pasiskirstymas giliajame žemapelkės durpžemyje šalia Verusavos, Vilniaus raj.

Giliajame žemapelkės durpžemyje, esančiame numelioruotoje daugiametėje kultūrinėje pievoje (Verusava, Vilniaus raj.), stebimi intensyvaus tręšimo fosforo trąšomis pėdsakai. Kadangi Y, La, Zr, Yb, Ti yra trąšų žaliavos – apatitų dūlėjimui atspariuose mineraluose, menkai sorbuojamuose organinės medžiagos, todėl

dideli šių elementų kiekiai nustatyti ne tik viršutiniame ariamajame A horizonte, bet ir kasinio dugne, apatiniame pastoviai užmirkusiame Hr horizonte (17 lentelė, 17 pav.).

17 lentelė. Kai kurių elementų kiekių ir parametru pasiskirstymas dirvožemio kasinyje, Verusava, Vilniaus r. (P_2^z , Terric Histosol).

Horizontas	Sudė-	k.n.	Sn	Sc	Pb	Y	La	Zr	Yb	Ti
gylis, cm	tis	%				mg/kg				
A _p 0-20	d	53,6	1,39	5,1	19,5	16,2	16	137	16,2	1299
H ₁ 30-40	d	86,47	0,2	0,18	2,57	2,3	0,4	6,49	2,3	111
H ₂ 50-60	d	84,47	0,19	0,34	1,55	2,64	0,8	15,5	2,64	326
H ₃ 70-80	d	87,09	0,15	0,52	1,29	4,91	0,9	17,4	4,91	245
H _r >95	d	70,46	1,45	5,91	10	20,7	7,7	79,8	20,7	960

Kalcifikacijos proceso įtaką vertikaliam elementų persiskirstymui galime atsekti glėjiško karbonatingo rudžemio profilyje, susiformavusiame jauniausioje karbonatingoje Šiaurės Lietuvos fazės dugninėje morenoje, Mažeikių priemiestyje. Paprastai dirvožemių kalcifikacijos procesas – antrinių karbonatų akumuliacija, pasireiškia aridinėje aplinkoje, kur, garuojant dirvožemio drėgmei, kartu su ja pakeliamos ir iškrenta tirpios natrio arba kalcio druskos. Tačiau šiaurės Lietuvoje, kur dirvožemiai formuojasi didelio karbonatingumo glacigeninėse nuogulose, net ir vidutinio (borealinio) klimato sąlygomis, kai vidutinė liepos mėnesio temperatūra siekia tik +18°C, dirvožemio drėgmės išgaravimas tampa pakankamai intensyviu, kad dirvožemio tirpalas taptų persotintu ir prasidėtų antrinių karbonatų iškritimas oksidaciniame-redukciniame dirvožemio barjere. Šiame dirvožemyje antriniai kalcio karbonatai nusėda viršutinėje nuolat drėgno BC_g horizonto riboje ir formuoja ištisinį pudros pavidalo B_k *calcic* horizontą 60-62 cm gylyje, kuriame kalcio kiekiai siekia iki 16%. CaCO₃ tarpai yra stebimi ir aukščiau, 36-60 cm gylyje, kur iliuviniame B_{gk} horizonte Ca yra perpus mažiau – 7% (18 lentelė). Mg pasiskirstymas mažiau kontrastingas, jis lėčiau išplaunamas iš A_p horizonto ir menkliau akumuliuojasi žemiau esančiame B_t horizonte, kuriame akumuliuojasi Al, Fe, Zn, Na.

18 lentelė. Kai kurių elementų kiekių ir parametrų pasiskirstymas dirvožemio kasinyje Nr. 3, Mažeikiai (VG₁^j, *Stagni-Calcaric Cambisol*).

Horizontas gylis, cm	Sudė- tis	pH	k.n. %	Ca %	Mg %	Ti %	Al %	Na %	Fe %	Zn mg/kg
A _p 0-20	p ₁	7.25	7.0	0.76	0.62	0.298	4.38	2,12	1,98	27,9
B _t 20-36	p ₂	8.05	7.5	0.71	1.83	0.278	8.34	3,55	4,98	70,3
B _{gk} 36-60	p ₂	8.8	5.5	7.66	2.35	0.406	6.78	3,11	3,7	37,8
B _k 60-62	p ₁	8.85	5.3	16.29	1.92	0.218	4.35	2,09	2,2	47,4
BC _g 62-98	p ₂	8.9	4.2	4.16	2.11	0.326	5.22	2,3	3,15	57,5

Analogiškos antrinių karbonatų sankaupos aptiktos ir rupesnės granulimetrinės sudėties gerai aeruojamose karbonatingose nuogulose

besiformuojančiame dirvožemyje Gelžės karjero šlaituose (Luokė, Telšių r.) (18 pav.). Šio dirvožemio biomorfinėse tuštumose nusėdusiuose antriniuose kalcio karbonatuose Ca kiekiai siekia 17%.



18 pav. Antrinių karbonatų akumuliacijos keimo sluoksniuotose žvyro nuogulose šalia Luokės gyvenvietės, Telšių r.

Dirvodaros procesai gana ryškiai atsispindi molio-priemolio dirvožemių cheminėje sudėtyje, t.y. elementų kiekiai akivaizdžiai keičiasi dirvožemio profilyje iš horizonto į horizontą. Tuo tarpu, smėlio dirvožemiai, būdami rudesnės ir, dažnai, tolygesnės per visą profilį granulimetrinės sudėties, pasižymi ir silpniau išreikšta bei tolygesne cheminės sudėties kaita – daugelio elementų kiekiai horizontuose kinta praktiškai analitinių metodų paklaidų ribose. Visgi, gerai drenuojamame paprastajame smėlžemyje, susiformavusiame Nemuno apledėjimo Grūdės stadijos perpustytame fluvioglacialiniame, mišku apaugusiame smėlyje netoli Varėnos miesto, pakankamai aiškiai matomas bendrų elementų (Al, Sr, Mn) kiekių persiskirstymas dirvožemio profilyje – viršutinis A horizontas yra akivaizdžiai

praturtintas Zr ir Yb, susijusiais su dūlėjimui atspariais mineralais bei Pb, Ag ir Sn, susijusiais su antropogeninėmis oro pernašomis, fiksuojamomis organinėje miško paklotėje (19 lentelė).

19 lentelė. Kai kurių elementų kiekių ir parametrų pasiskirstymas dirvožemio kasinyje Nr. 49, Varėna (J₁, *Haplic Arenosol*).

Horizontas gylis, cm	Sudė- tis	pH	k.n. %	Al %						
					Pb	Ag	Sr	Zr	Sn	Mn
A 5-23	s	5,4	1	1,35	10,4	0,089	46	257	1,88	366
E 23-44	s	5,45	0,2	1,43	7,0	0,050	48	210	1,60	250
B 44-70	s	5,75	0,2	1,44	8,0	0,060	43	135	1,60	240
BC 70-120	s	5,75	0,2	1,55	8,0	0,060	64	110	1,40	230

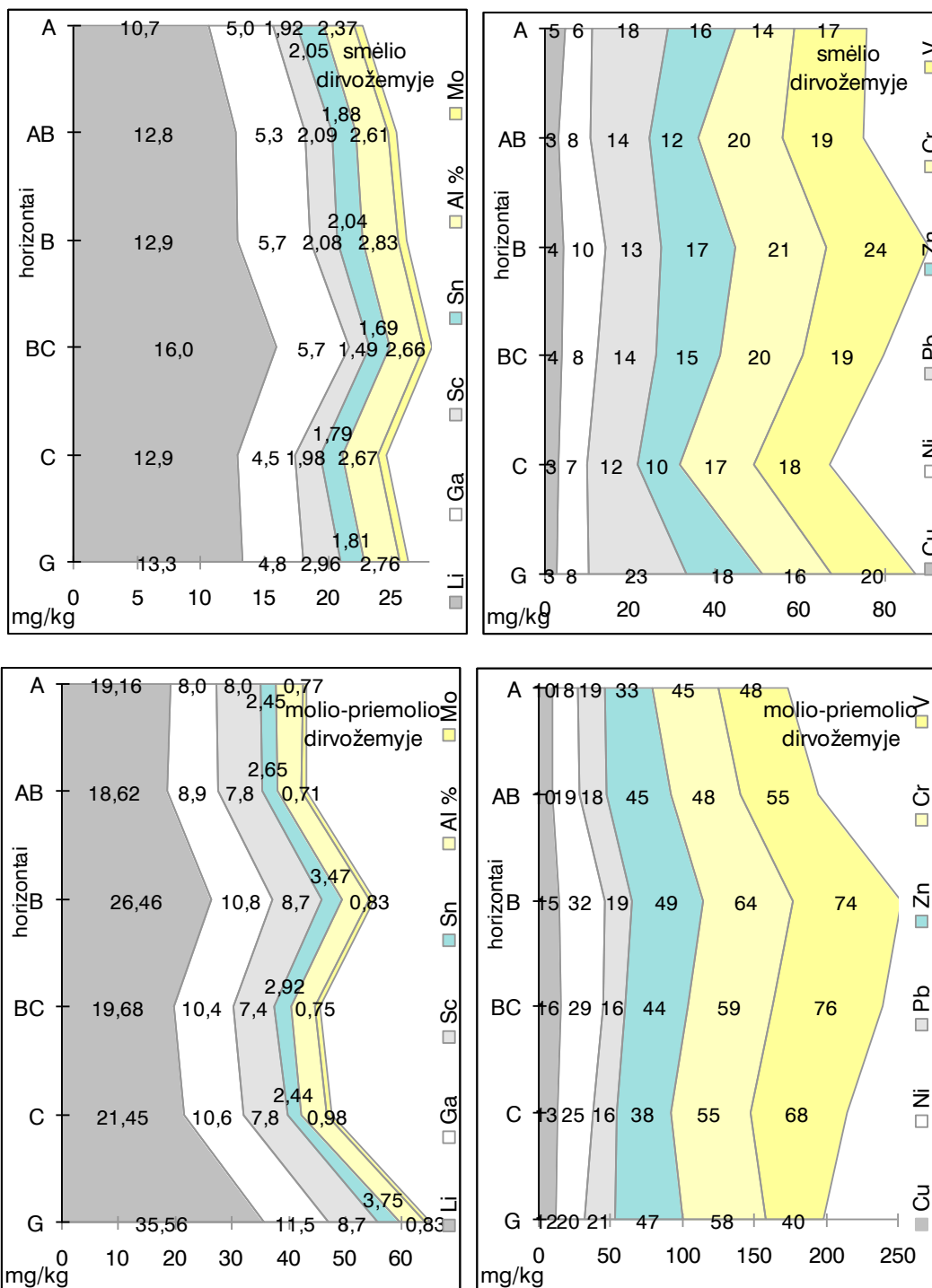
3.4. Vertikalus cheminių elementų pasiskirstymas tipiniame dirvožemio profilyje

3.4.1. Cheminių elementų kiekių kaita tipiniuose smėlio ir molio-priemolio dirvožemio profiliuose

Nors kiekvienas dirvožemio genetinis horizontas (A, E, B, C ir kt.) pasižymi specifinėmis diagnostinėmis (karbonatingumas, glėjiškumas, stagniškumas ir kt.), tuo pačiu, ir cheminėmis savybėmis, šiame darbe bandoma jas apibendrinti, nustatant dominuojančias dirvožemio genetinių horizontų cheminės sudėties savybes. Siekiant rezultatų korektiškumo, atskirtos dvi dirvožemių litologinės grupės, pasižyminčios itin skirtingomis savybėmis – smėlio dirvožemiams priskirti dirvožemiai, susiformavę įvairios genezės smėlyje ir žvyre, molio–priemolio dirvožemiams – moreninio priesmėlio ir priemolio bei limnoglacialinio molio nuogulose susiformavę dirvožemiai. Smėlio ir molio–priemolio dirvožemiams buvo paskaičiuoti elementų pasiskirstymo parametrai, o jų medianiniai kiekiai panaudoti sudarant tipinius geocheminius dirvožemio profilius ir analizuojant juose elementų pasiskirstymą (priedo lentelės, 19–21 pav.).

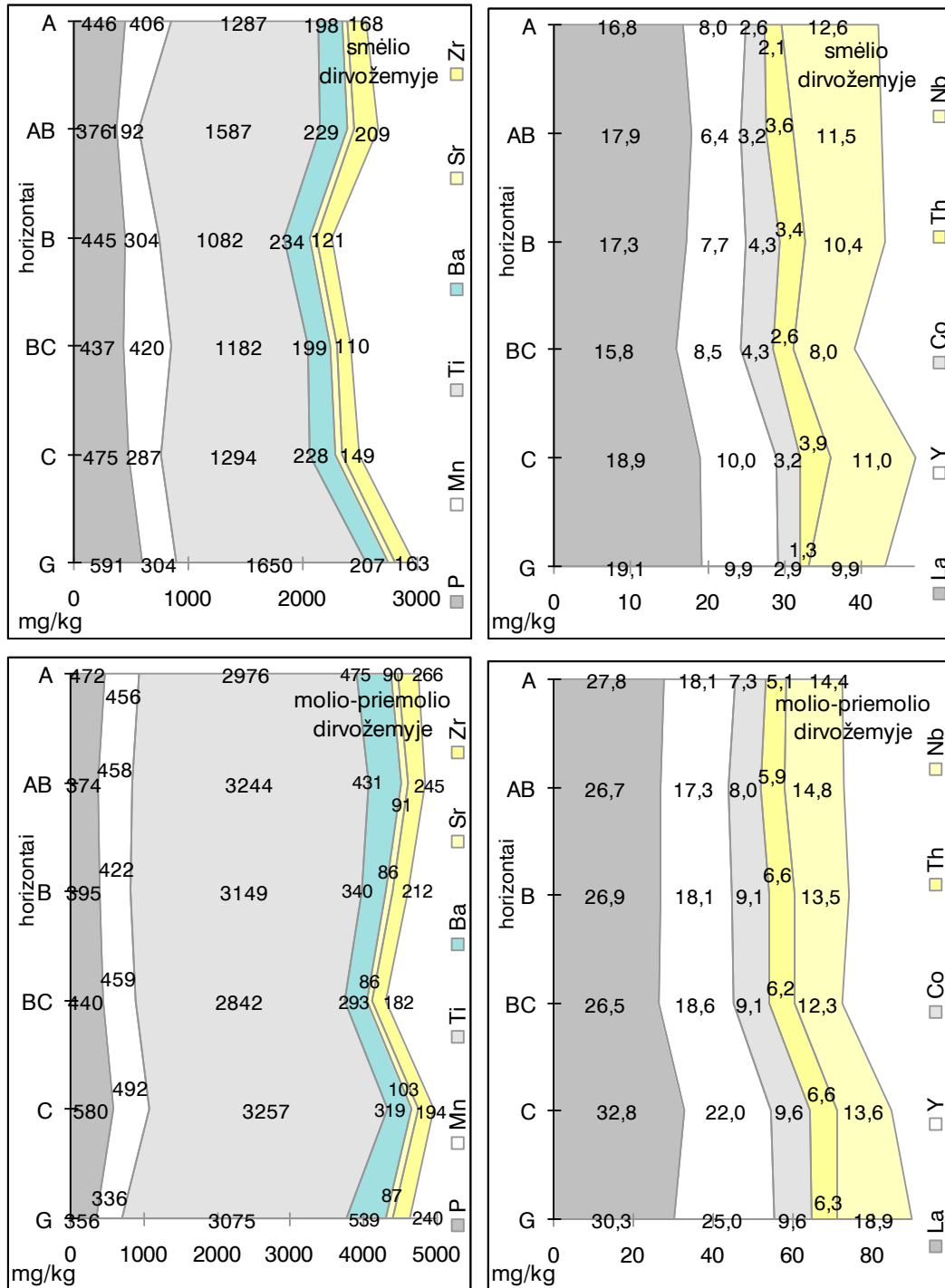
Stebint su molio ir aleurito frakcijomis susijusių cheminių elementų (Li, Ga, Sc, Al, Mo, Cu, Ni, Pb, Zn, Cr, V) vertikalų pasiskirstymą matyti, kad šių elementų molio–priemolio dirvožemyje yra dvigubai gausiau nei smėlio dirvožemyje ir jų vidutinių kiekių kaita dirvožemio profilyje žymiai ryškesnė (19 pav.). Smėlio dirvožemyje su pastarosiomis frakcijomis susiję elementai sudaro tik 43% kiekio, esančio molio–priemolio dirvožemyje. Smėlio dirvožemyje šie elementai išnešami iš viršutinių A ir E (AB) dirvožemio horizontų, o kai kurių elementų išnešimas iš E horizonto kiek intensyvesnis. Stipriau su aleurito frakcija asocijuotas Zn bei V nežymiai kaupiasi B horizonte, o stipriau su molio frakcija asocijuoti Li ir Ga pernešami giliau, iki BC horizonto. Visų elementų kiekiai vėl išauga pastoviai užmirkusiame G horizonte, liudijantys, kad smėlio dirvožemyje pastarieji elementai, pernešti per visą dirvožemio profilį kaupiasi gruntinio vandens apsemtoje apatinėje

profilio dalyje. Analogiška elementų pasiskirstymo dinamika stebima ir molio–priemolio dirvožemyje, tik jame ryškesnė elementų akumuliacija iliuviniame B horizonte ir silpnėsnis V, Al, Ni, ir Cu prinešimas į užmirkusį G horizontą.



19 pav. Mikroelementų medianinių kiekių kaita tipiniame smėlio ir molio–priemolio dirvožemio profilyje. Analitinis metodas - DC Arc ES, visuminis kiekis.

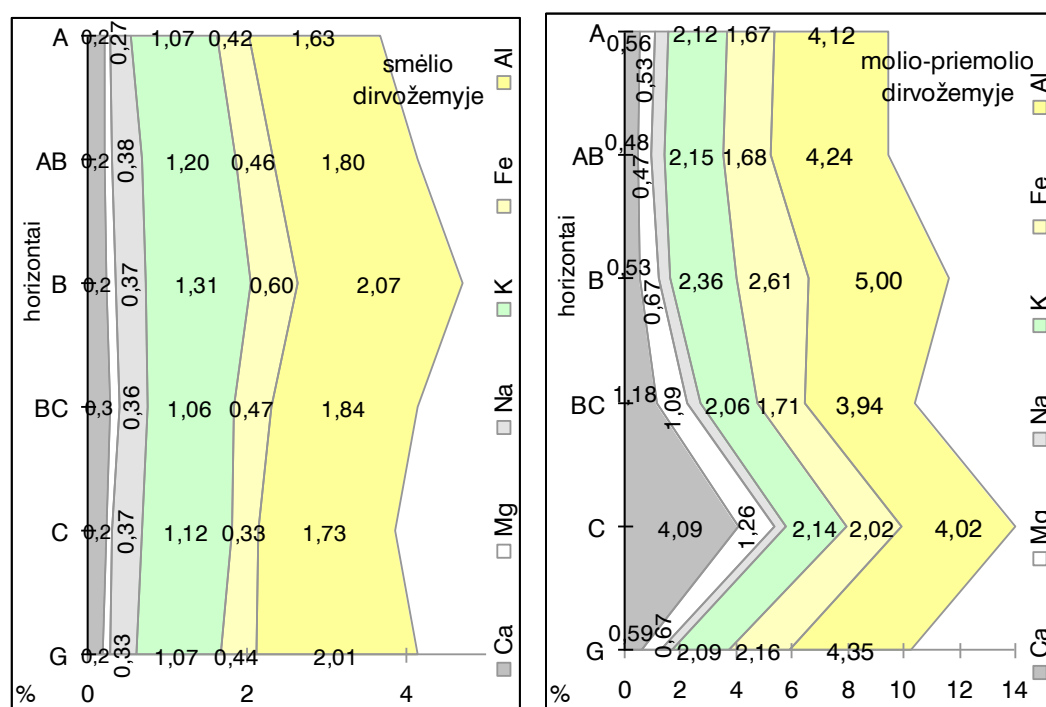
Su rupesnėmis smėlio ir, dalinai, aleurito frakcijomis susiję elementų Zr, Sr, Ba, Mn, La, taip pat, Ag ir P kiekiai smėlio dirvožemyje kiek didesni, tačiau vidutiniškai tesudaro tik 64% tų pačių elementų kiekių molio–priemolio dirvožemyje.



20 pav. Mikroelementų medianinių kiekių kaita tipiniame smėlio ir molio–priemolio dirvožemio profilyje. Analitinis metodas - DC Arc ES, visuminis kiekis.

Elementų pasiskirstymas smėlio dirvožemio profilyje taip pat sudėtingesnis, pvz., su dūlėjimui atspariais mineralais susijusio Ti vidutiniai kiekiai didžiausi eliuviniame E ir užmirkusiam G horizonte, kuriame taip pat kaupiasi La, Ba, P, tikėtina ne tik išnešami iš viršutinių dirvožemio sluoksnių vertikaliai žemyn su krituliais, bet ir prinešami su gruntinių vandenių šonine prietaka (20 pav.). Mn ir Nb didžiausi kiekiai viršutiniame A ir dirvodariniame C ir BC horizontuose, su dūlėjimui atspariais mineralais susijusio Zr – eliuviniame E (AB) horizonte. Molio–priemolio dirvožemyje daugumos elementų didžiausi kiekiai stebimi dirvodariniame C horizonte, išskyrus Zr, santykinai „besikaupiantį“ eliuviniame E (AB) horizonte.

Makroelementai (Ca, Mg, Na, K, Fe, Al) smėlio dirvožemyje sudaro tik 38% kiekio, esančio molio–priemolio dirvožemyje. Smėlio dirvožemio profilyje pastebimas nežymus jų kaupimasis eliuviniame B horizonte, o molio–priemolio dirvožemyje didžiausi vidutiniai kiekiai, ypač Ca, yra stebimi dirvodariniame C horizonte (21 pav.).

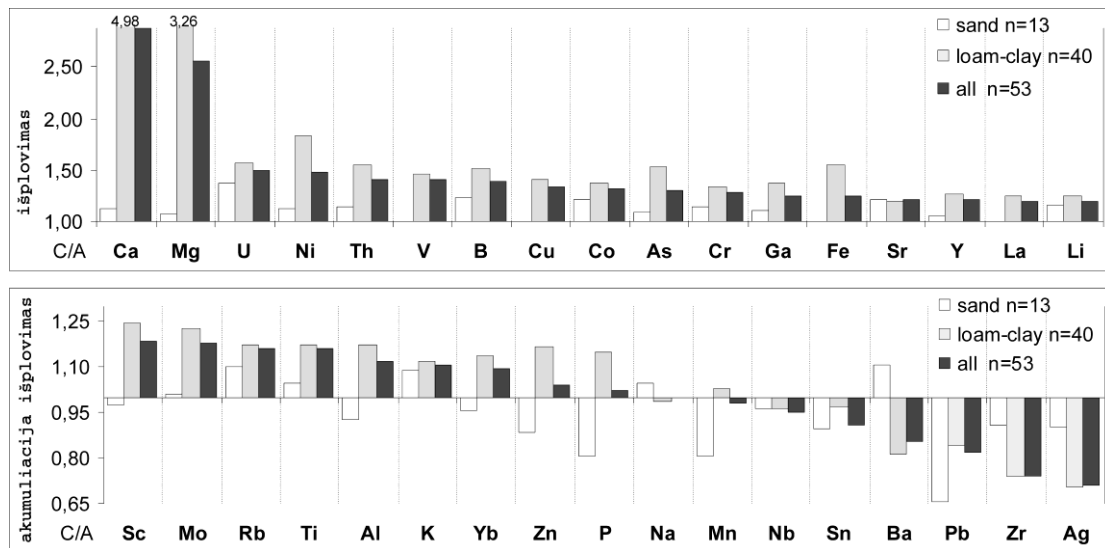


21 pav. Makroelementų medianinių kiekių kaita tipiniame smėlio ir molio–priemolio dirvožemio profilyje. Analitinis metodas – ICP-MS stiprių rūgščių ištraukoje, visuminis kiekis.

Smėlio dirvožemyje vidutiniai mikroelementų kiekiai tesudaro 54% tų pačių mikroelementų kiekių, esančių molio–priemolio dirvožemyje. Be to, rupesnės sudėties smėlio dirvožemio profilyje elementų pasiskirstymas tolygesnis, o daugelis elementų migruoja per visą profilį iki gruntiniais vandenimis pasotinto horizonto, kuriame ir kaupiasi. Molio–priemolio dirvožemio iliuviniame B horizonte akivaizdžiai kaupiasi dauguma cheminių elementų, ypač susijusių su smulkiąja dirvožemio frakcija.

3.4.2. Cheminių elementų kiekių pokyčiai dirvodariniame C horizonte ir viršutiniame A horizonte

Cheminių elementų kiekių A horizonte santykis su jų kiekiais C horizonte ryškiausiai atspindi pirminės dirvodarinės medžiagos transformaciją, vykusią formuojantis dirvožemiui, veikiant fiziniam bei chemiui dūlėjimui, gyviems organizmams ir kt. faktoriams. Lyginant elementų kiekius dirvožemio viršutiniame A horizonte su elementų kiekiais dirvodarinėje medžiagoje (C horizontas) išryškėja, kad Lietuvos dirvožemiuose vyrauja elementų išplovimas ir išnešimas už profilio ribų – mikroelementų kiekiai viršutiniame A horizonte yra vidutiniškai mažesni 18%, o makroelementų net 34% nei apatiniame dirvodariniame C horizonte (Gregorauskienė, Kadūnas 2000). Šio reiškinio priežastys yra natūralios – cheminių elementų išplovimą sąlygoja drėgnas ir vėsus Lietuvos klimatas, kai kritulių kiekis viršija išgaruojančios dirvožemio drėgmės kiekį, t.y. dirvožemio drėkinimo koeficientas yra teigiamas. Be to, elementų išnešimą lengvina ir santykinai purios dirvodarinės glaucigeninės nuogulos, kuriose nesunkiai migruoja tiek tirpalai ir su jais susiję elementai (Ca, Mg), tiek su smulkiąja dirvožemio frakcija pernešami molio mineralų elementai (Ni, V, B, Cu, Co, Cr, Ga, Sc, Li, Th, Rb). Tik Zr, Ba ir Nb – elementų, susijusių su dūlėjimui atspariais mineralais, ir biogeninių–antropogeninių elementų – Ag, Pb, Sn ir Mn – kiekiai viršutiniame dirvožemio horizonte yra didesni, nei dirvodarinėje medžiagoje (priedų lentelės, 22 pav.).



22 pav. Elementų vidutinių (medianinių) kiekių santykis dirvodarinėje medžiagoje (C horizontas) ir viršutiniame dirvožemio horizonte (A horizontas) skirtingos granulometrinės sudėties dirvožemiuose.

Elementų išnešimo pobūdis ir intensyvumas priklauso nuo dirvožemio granulometrinės sudėties. Ryškiausiai jis yra stebimas priemolio-molio dirvožemyje, kurio profilyje stipriausiai išplaunamas kalcis – jo viršutiniame A horizonte yra vidutiniškai mažiau 5 kartus, nei dirvodariniame C horizonte; ir Mg – jo mažiau beveik 3,5 karto. Taip pat, stipriai išplaunami elementai, susiję su molio mineralais (Ni, B, V, Cu, Co, Ga, Cr, Li, Sc, Rb, Al), o jų kiekiai A horizonte yra 1,1–1,5 karto mažesni nei C horizonte. Akivaizdžiai persiskirsto ne tik su karbonatais ir molio mineralais susiję elementai, bet ir elementai (Ti, La, Y), siejami su dūlėjimui atspariais mineralais (Kadūnas, Gregorauskienė 1999). Ši reiškinį yra pastebėję ir kitų šalių dirvožemininkai (Berrow and Mitchell 1991), teigiantys, kad dūlėjimui atspariuose mineraluose esantys elementai (Ti, Zr, La, Y) kaupiasi aleurito-smulkaus smėlio frakcijoje ir kartu su smulkožemiu yra mechaniškai pernešami žemyn dirvožemio profiliu. Lietuvos priemolio-molio dirvožemio viršutinis A horizontas yra „praturtintas“ antropogeniniais Ag, Pb ir Sn, fiksuotais šio horizonto organinėje medžiagoje. Be to, šiame horizonte santykinai išauga ir dūlėjimui atsparių mineralų elementų Zr, Ba, Nb bei Na kiekiai. Reikia pažymėti, kad dalis Zr taip pat yra antropogeninės kilmės ir buvo „importuota“ tarybiniais laikais į Lietuvos dirbamus laukus kartu su gausiomis fosforo trąšomis, gaminamomis iš Kolas

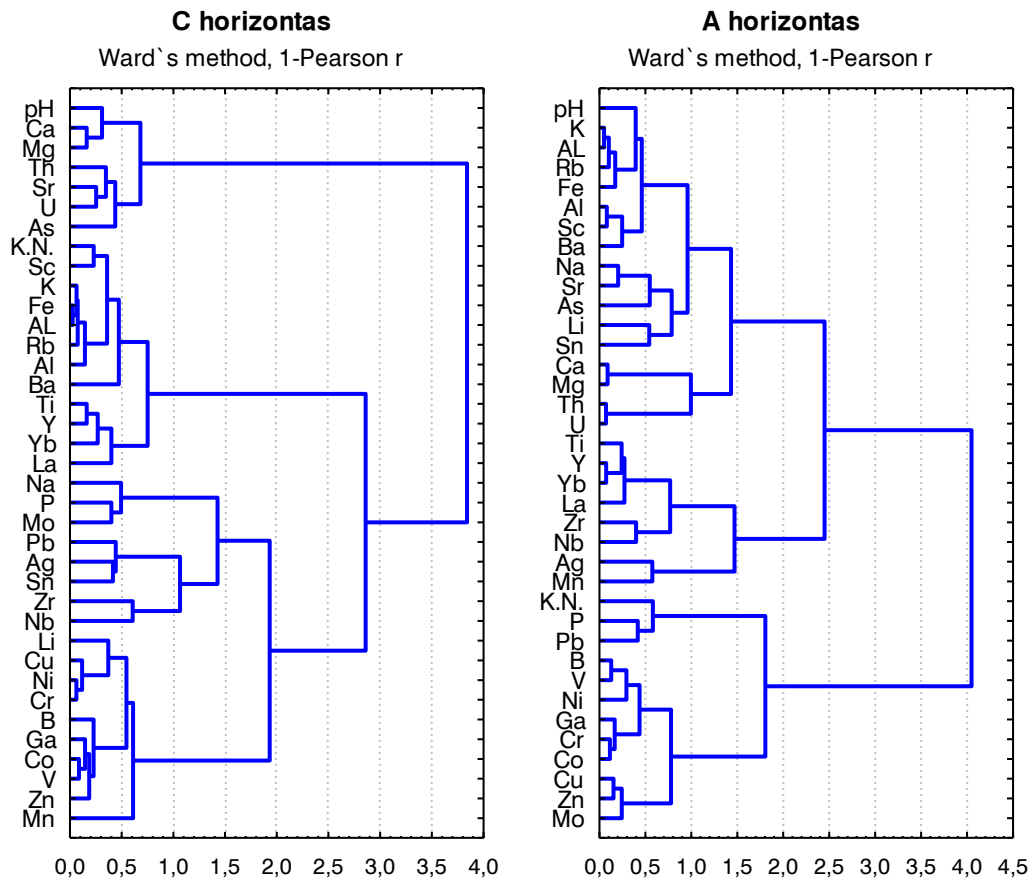
(Rusija) apatitų, turtingų dūlėjimui itin atspariu cirkonio mineralu. Atlikus Europos šalių kompleksinį foninį geocheminį kartografavimą, Lietuvos ir Latvijos intensyvios žemdirbystės rajonuose išryškėjo intensyvios Zr anomalijos, kuriose Zr kiekis viršutiniame Aa horizonte iki 1,8 karto viršija kiekius dirvodariniame C horizonte (De Vos et al. 2006).

Smėlio dirvožemyje elementų išplovimas nėra toks ryškus, nes pagrindinę cheminę sudėtį nulemia chemiškai ir mechaniškai inertiški silikatai. Gerokai silpniau išnešami Ca ir Mg, nes daugumos smėlio dirvožemių dirvodarinės nuogulos nėra karbonatingos. Menkiau išplaunami ir molio mineralų elementai, nes smėlio dirvožemio dirvodarinės uolienos nėra molingos, o granulimetrinės analizės metu daugelyje smėlio bandinių net nepavyko aptikti molio frakcijos. Tačiau smėlio dirvožemio A horizontas, be jau minėtų Ag, Pb, Sn, Zr, Ba, Nb ir Na, yra praturtintas biogeniniais P ir Mn, fiksuotais organinėje medžiagoje, taipogi Al, Yb, Sc – molio mineralų elementais, atsiradusiais dėl žmogaus veiklos dirvožemio paviršiuje išaugus smulkožemio frakcijos kiekiui, bei antropogeniniu-biofiliniu Zn, dalyvaujančiu A horizonte intensyviai vykstančioje biologinėje apykaitoje. Kaip matome, smėlio dirvožemio viršutinių horizontų cheminė sudėtis, visų pirma, atspindi pradinę dirvodarinės medžiagos litologinę minerologinę sudėtį, sudarytą daugiausia iš dūlėjimui atsparių silikatų ir labai menko kiekio molio mineralų. Antra, viršutiniame humusingame dirvožemio A horizonte akivaizdžiai kaupiasi žemdirbystės ir miškininkystės bei kitos antropogeninės veiklos produktai. Priemolio-molio dirvožemiuose toks kaupimasis yra užtušuojamas aktyvesniu pirminių aliuminio hidrosilikatinių mineralų (ilito, montmorilonito) dūlėjimu ir su jais susijusių elementų išplovimu.

3.4.3. Dirvožemio genetinių horizontų cheminių elementų asociacijos ir koreliaciniai ryšiai

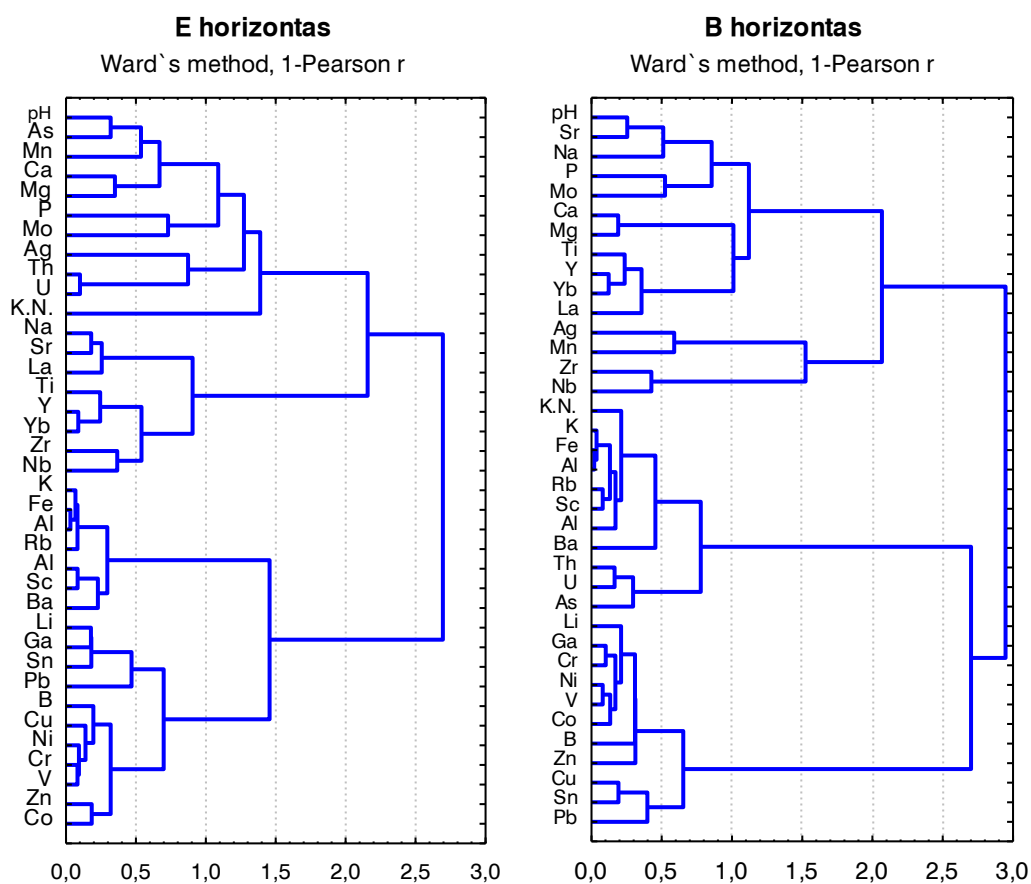
Dirvodarinėje medžiagoje (C horizonte) pagrindinės asociacijos branduolį sudaro su molio mineralais susiję litogeniniai elementai Li-Cu-Ni-Cr-B-Ga-Co-V-Zn, pasižymintys itin stipriais koreliaciniais ryšiais (koreliacijos koeficientai $r = 0,9-0,8$) bei su jais stipriai koreliuojantys molio–aleurito frakcijų elementai Sc-K-Fe-Al-Rb-Ba-(Ti-Y-Yb-La) ($r = 0,9-0,6$). Atskirą asociaciją sudaro Pb-Ag-Sn-Zr-Nb, elementai asocijuoti aleurito frakcijoje, tačiau jų tarpusavio ryšiai silpnoki ($r = 0,5-0,3$). Silpnokais ryšiais ($r = 0,5-0,3$) susiję ir trečiosios asociacijos elementai Ca-Mg-Th-Sr-U, koreliuojantys su dirvožemio pH ir sietini su dirvožemio karbonatine medžiaga (23 pav.).

Įvairių dirvodaros ir antropogeninių procesų pasėkoje elementų paragenetinės asociacijos viršutiniame A horizonte yra pakitusios, koreliaciniai ryšiai susilpnėję (23 pav.). Itin stiprūs ryšiai išlieka tik tarp su molio mineralais susijusių elementų B-V-Ni-Ga-Cr-Co-Cu-Zn-Mo ($r = 0,9-0,7$), su šios asociacijos sumažėjusiu branduoliu gana stipriais ryšiais ($r = 0,9-0,6$) susiję K-Al-Rb-Fe-Sc-Ba, sietini su abiem molio–aleurito frakcijomis, Ti-La-Y-Yb, susiję su aleurito frakcija, o vidutiniais – inertiški dirvodaros procesams Na-Sr-As, bei silpnokais ryšiais susieti Th-U ($r > 0,3$). P ir Pb yra gana stipriai ($r = 0,5$) susiję su dirvožemio organine medžiaga, kuri atlieka svarbų vaidmenį šių elementų pasiskirstyme viršutiniuose ir palaidotuose organiniuose dirvožemio H–horizontuose.



23 pav. Cheminių elementų asociacijos dirvodariniame C–horizonte ir viršutiniame A–horizonte.

Eliuviniame E (AB) horizonte, paveiktame dirvodarinių procesų, dažniausiai lemiančių elementų išnešimą ir, tam tikru mastu, įvairios litologijos dirvožemių cheminės sudėties skirtumų išlyginimą, daugelio elementų koreliaciniai ryšiai yra netgi stipresni, nei dirvodariniame C horizonte, ir formuojasi dvi ryškios elementų asociacijos (24 pav.). Su antriniais molio mineralais susiję mikroelementai Li-Ga-Sn-Pb-B-Cu-Ni-Cr-V-Zn-Co ir makroelementai K-Fe-Al-(Rb-Sc-Ba) apsijungia į vieną asociaciją itin stipriais koreliaciniais ryšiais ($r = 0,9-0,7$). Kita asociacija sudaryta iš dviejų branduolių Ti-Y-Yb-Zr-Nb bei Na-Sr-La, sudarytų iš elementų, susijusių su pirminiais dūlėjimui atspariais mineralais, esančiais rupesnėje dirvožemio frakcijoje, tačiau susietais pakankamai stipriais koreliaciniais ryšiais ($r = 0,8-0,6$). Likusieji elementai nesudaro ryškios asociacijos, tačiau kai kurie iš jų (Ca, Mg, As, Mn) gana stipriais ryšiais susiję su dirvožemio pH ($r > 0,6$).

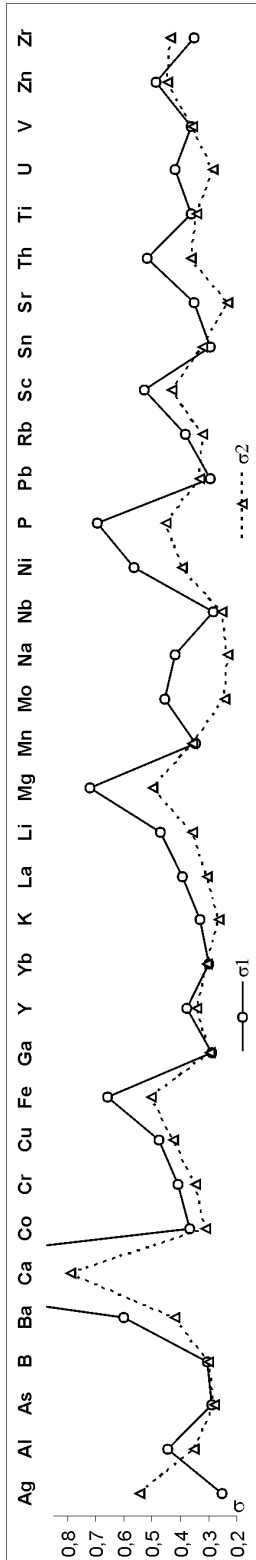


24 pav. Cheminių elementų asociacijos eliuviniame E–horizonte ir iliuviniame B–horizonte.

Iliuviniame B horizonte išlieka labai panašios elementų asociacijos kaip ir E horizonte, tik dar labiau sustiprėja ryšiai ($r = 0,9-0,8$) tarp elementų, sudarančių branduolius K-Fe-Al-Rb-Sc bei Li-Ga-Cr-Ni-V-Co-B ir asocijuotų su antriniais molio mineralais (24 pav.). Prie šios asociacijos branduolių stipriais koreliaciniais ryšiais ($r > 0,6$) jungiasi B, Zn, Cu, Sn, Pb, Th, U, As, siejami tiek su molio, tiek su aleurito frakcija. Su dūlėjimui atspariais mineralais siejamoje frakcijoje išlieka tik Ti-Y-Yb-La, su jais neblogai koreliuoja ($r > 0,5$) Ca ir Mg, matomai susiję su antrinių karbonatų sankaupomis šiame horizonte.

3.5. Cheminių elementų pasiskirstymo modelis Lietuvos dirvožemio profilyje

Realių 249 mėginių iš 53 kasinių cheminės sudėties duomenų pagrindu,



atmetus diagnostinius horizontus su specifinėmis ekstremaliomis elementų reikšmėmis ir trūkstamus mėginius pakeitus atitinkamų horizontų medianinėmis reikšmėmis, buvo suformuoti 53 dirvožemio profilio modeliai, turintys pagrindinius genetinius horizontus (A, E, B, C) ir susidedantys iš 212 dirvožemio mėginių, o medianiniai elementų kiekiai A viršutiniame, E eliuviniame, B iliuviniame ir C dirvodariniame horizontuose buvo naudojami analizuojant dirvožemio profilio cheminės sudėties kaitos dėsningumus (20 lentelė). Naudojant vidutinį absoliutinį aritmetinį nuokrypį buvo paskaičiuotas elementų kiekių variabilumas, t.y. judrumas σ_1 53 realiuose dirvožemio profiliuose ir σ_2 – jų judrumas 53 dirvožemio profilio modeliuose, sukurtuose realių duomenų pagrindu, atmetus diagnostinius horizontus su specifinėmis ekstremaliomis elementų reikšmėmis, trūkstamus mėginius pakeitus atitinkamų horizontų medianinėmis reikšmėmis. Patikrinus elementų kiekių variabilumą visame “teorinių” 53 dirvožemio profilių duomenų masyve, matome, kad dirvožemio profilio modeliuose išsilygino Ca, Mg ir Ba kiekių variacijos, susijusios su dalyje Lietuvos paplitusių karbonatingų dirvodarinių nuogulų cheminės sudėties savybėmis (25 paveikslas).

25 pav. Elementų kiekių kaita (variabilumas) realių dirvožemio kasinių duomenų imtyje (σ_1) ir 53 dirvožemio profilių modelių duomenų imtyje (σ_2).

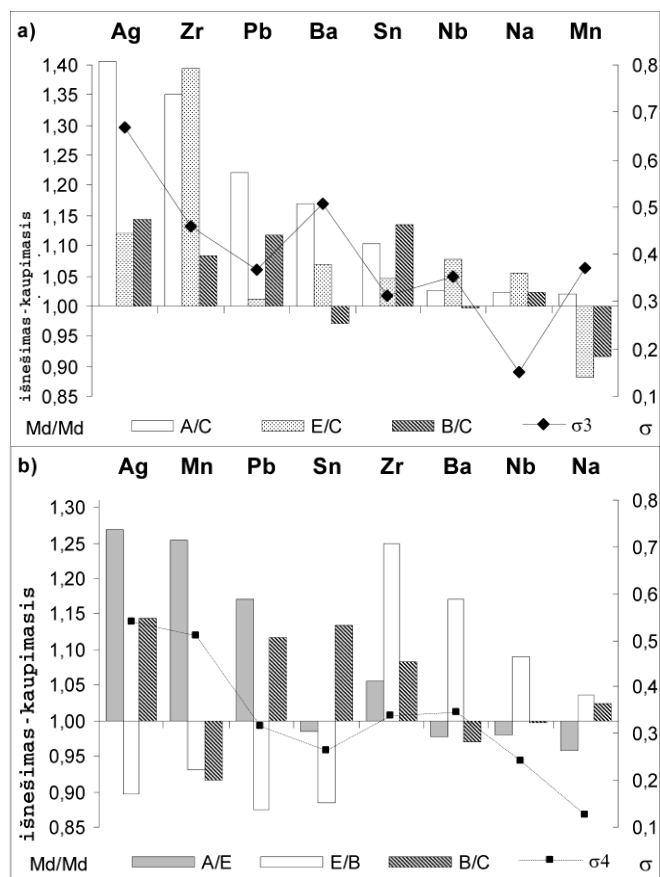
20 lentelė. Elementų medianiniai kiekiai skirtingos litologijos dirvožemių pagrindiniuose genetiniuose horizontuose.

Elementai	A horizontas				E horizontas				B horizontas				C horizontas		
	s	ps	p/m	visi	s	ps	p/m	visi	s	ps	p/m	visi	s	p/m	visi
	N 10	N 29	N 14	N 53	N 13	N 12	N 18	N 43	N 15	N 6	N 31	N 52	N 13	N 40	N 53
mg/kg															
Ag	0,088	0,105	0,088	0,096	0,079	0,079	0,076	0,079	0,079	0,098	0,076	0,084	0,094	0,064	0,068
As	2.0	2.9	4.0	2.9	2.4	3.6	4.2	3.6	2.5	3.75	4	3.4	2.7	4.8	4.4
B	22	30	36	30	22	32	37	32	27	34	49	43	24	50	46
Ba	198	365	475	342	230	358	435	347	228	252	337	298	253	325	312
Co	2.6	6.4	7.2	6.7	3.1	7.1	8.2	7.0	4.5	7.5	8.9	8.4	3.4	9.4	8.6
Cr	14	40	45	41	18	45	48	42	22	43	63	50	19	55	52
Cu	4.9	7.7	9.5	7.8	3.0	6.6	9.7	6.7	5.0	8.9	12.7	11.4	4.0	12.7	11.7
Ga	5.0	7.8	8.0	7.8	5.4	8.2	9.1	7.6	6.2	8.3	10.6	9.7	4.2	10.1	9.7
Y	8.0	15.6	18.5	15.3	5.9	17.6	17.3	15.6	8.0	18.6	17.4	15.4	9.4	21.8	18.9
Yb	1.34	2.28	2.47	2.21	1.00	2.29	2.54	2.16	1.30	2.46	2.57	2.32	1.39	2.75	2.62
La	16.8	25.6	27.2	24.6	17.0	22.0	26.6	22.8	18.0	27.4	26.9	25.2	17.9	32.2	28.7
Li	10.7	17.1	20.0	17.3	11.9	16.9	19.2	16.6	14.0	18.6	24.1	19.7	12.5	21.4	19.2
Mn	406	475	454	464	168	420	459	387	350	477	423	423	281	489	458
Mo	0.65	0.75	0.77	0.75	0.62	0.67	0.71	0.68	0.69	0.83	0.79	0.78	0.64	0.98	0.95
Nb	12.6	13.5	13.8	13.3	10.9	13.7	14.7	13.6	10.8	13.8	13.3	11.8	12.9	13.7	13.6
Ni	6.3	13.6	17.9	14.2	7.5	15.8	19.2	15.7	9.9	22.4	29.4	23.3	7.0	25.3	24.4
P	446	558	475	506	403	356	358	372	403	474	404	405	471	582	539
Pb	17.7	19.5	18.7	19.0	12.9	15.1	17.9	15.8	14.7	19.1	16.7	15.8	11.4	15.6	14.9
Rb	31	65	77	65	42	69	90	68	40	65	87	68	41	83	77
Sc	1.92	6.12	8.20	5.97	1.49	5.82	8.12	5.89	2.48	5.08	8.09	6.44	2.14	8.14	7.21
Sn	2.05	2.41	2.40	2.28	1.87	2.58	2.69	2.32	2.10	2.83	3.35	2.75	1.93	2.47	2.29
Sr	54	83	91	82	65	81	92	80	68	83	86	83	64	103	97
Th	2.1	4.6	5.3	4.6	3.9	5.1	6.4	5.0	4.0	5.4	6.4	5.8	3.7	6.7	6.0
Ti	1287	3040	3022	2688	1297	2699	3196	2716	1085	2360	3023	2635	1389	3026	2922
U	1.3	2.3	2.6	2.3	2.2	2.4	2.7	2.4	2.2	2.3	3.0	2.8	2.3	3.6	3.2
V	17	40	46	40	17	43	55	47	27	50	71	65	18	67	62
Zn	16	35	34	33	12	30	46	33	18	34	48	39	10	38	37
Zr	168	273	260	254	208	290	241	235	135	269	212	191	154	194	191
%															
Al	1.63	3.04	4.15	3.14	1.79	3.26	4.24	3.37	2.16	3.13	4.65	3.59	1.75	4.02	3.86
Ca	0.21	0.45	0.66	0.46	0.18	0.34	0.49	0.33	0.24	0.46	0.53	0.44	0.23	4.23	1.91
Fe	0.42	1.19	1.71	1.21	0.45	1.12	1.80	1.26	0.69	1.28	2.25	1.67	0.34	1.96	1.65
K	1.07	1.80	2.12	1.80	1.14	2.01	2.16	1.93	1.33	1.71	2.34	1.97	1.18	2.14	2.08
Mg	0.06	0.29	0.54	0.30	0.08	0.26	0.50	0.33	0.18	0.39	0.67	0.52	0.08	1.23	0.95
Na	0.27	0.43	0.46	0.43	0.38	0.50	0.46	0.44	0.37	0.45	0.43	0.42	0.38	0.44	0.42

Taip pat šiek tiek sumažėjo Fe, Ni, Sc, U ir Th kiekių variabilumas, susijęs su specifinių B iliuvinių horizontų formavimusi, ir išsilygino P ir Mo kiekių svyravimai, sietini su palaidotais specifiniais horizontais, turtingais organine medžiaga. Dirvožemio profilio modeliuose, lyginant su realiais duomenimis šiek tiek išaugo Ag ir Zr kiekių variabilumas, labiausiai susijęs su dirvožemio granulimetrinės sudėties įvairove individualiame profilyje, bei Pb variabilumas, sietinas su neišvengiamu antropogeniniu poveikiu kai kuriose dirvožemio kasinių vietovėse.

3.5.1. Viršutiniame A horizonte besikaupiantys cheminiai elementai

Elementai buvo grupuojami, atsižvelgiant į jų pasiskirstymo dirvožemio profilyje pobūdį. Pagal elemento medianinio kiekio viršutiniame A horizonte santykį su elemento medianiniu kiekiu dirvodariniame C horizonte pirmai grupei buvo priskirti elementai, besikaupiantys dirvožemio viršutiniame A horizonte: Ag, Ba, Mn, Na, Nb, Pb, Sn ir Zr (26a pav.).



26 pav. Elementai, besikaupiantys viršutiniame dirvožemio A horizonte: a) pagal medianinių kiekių horizontuose santykį su medianiniais kiekiais dirvodarinėje medžiagoje; b) pagal medianinių kiekių gretimuose dirvožemio horizontuose santykį.

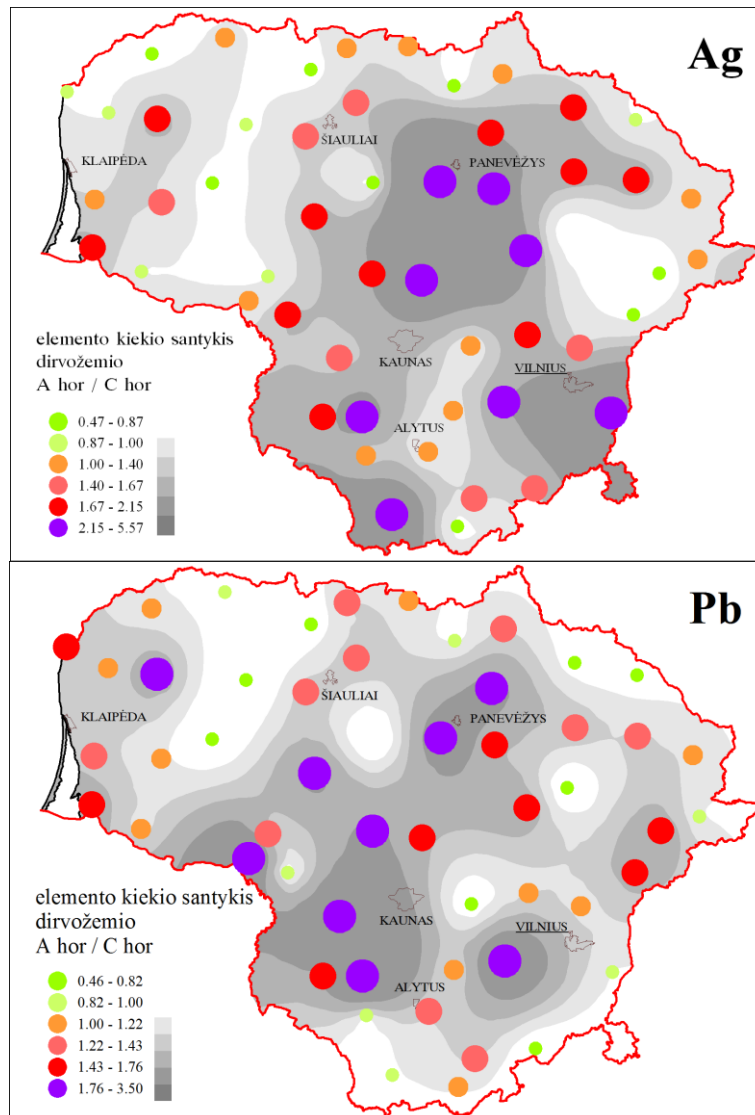
Analizuojant elementų pasiskirstymą iš horizonto į horizontą, šioje grupėje išskirti du pogrupiai: Zr, Ba, Nb ir Na – elementai, kurių kiekiai santykinai išauga eliuviniame E horizonte; Ag, Mn, Pb ir Sn – elementai,

besikaupiantys viršutiniame A horizonte, išnešami iš eliuvinio E horizonto ir dalinai nusodinami iliuviniame B horizonte (26b pav.). Pirmieji yra susiję su dūlėjimui atspariais mineralais, kurių kiekiai santykinai išauga viršutinėje dirvožemio profilio dalyje po to, kai iš jo dėl įvairių dirvodaros procesų išnešami kiti prminiai mineralai (Dixon 1977). Antrieji yra antropogeniniai ir biogeniniai elementai, dirvožemio viršutiniame A horizonte sorbuojami organinės medžiagos ir su humusu bei smulkožemiu išnešami dirvožemio profiliu žemyn. Panašų reiškinių stebi ir kaimyninių šalių geochemikai (Kabata-Pendias and Pendias 1993). Antrojo pogrupio elementai pasižymi didesniu judrumu (σ_3 0,67–0,31 ir σ_4 0,54–0,26), nei pirmojo pogrupio elementai (σ_3 0,51–0,15 ir σ_4 0,35–0,13). Tai rodo, kad dalyje kasinių vietų nepavyko išvengti atmosfera pernešamų elementų–teršalų regioninio antropogeninio poveikio dirvožemio cheminei sudėčiai (Gregorauskienė, Kadūnas 1998).

Analizuojant šių besikaupiančių elementų erdvinį pasiskirstymą Lietuvos teritorijoje, išryškėja tendencija, kad viršutinis dirvožemio sluoksnis akivaizdžiai praturtintas sidabru – vidutinis santykis $A_{\text{hor}}/C_{\text{hor}}$ – 1,4 (27 pav). Sidabras viršutiniame dirvožemio horizonte intensyviausiai kaupiasi pramonės regionuose ir šalia didžiųjų šiluminių elektrinių, naudojančių mazutą ir intensyviai naudojusią akmens anglį – Vidurio Lietuvoje, Vilniaus regione bei Suvalkijoje. Tikėtina, kad dalis sidabro viršutiniame ariamajame dirvožemio horizonte yra agrogeninės kilmės, nes pastaruosiuose regionuose intensyviai vystoma ir žemdirbystė.

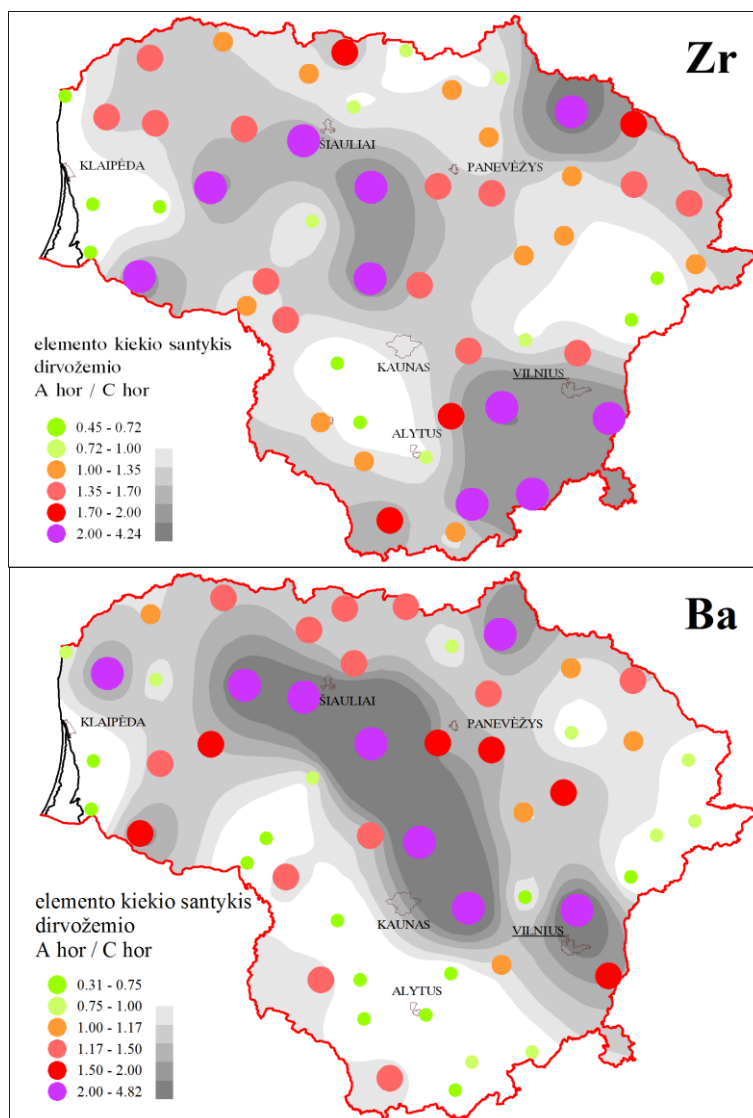
Švinas viršutiniame dirvožemio horizonte kaupiasi silpniau – vidutinis santykis $A_{\text{hor}}/C_{\text{hor}}$ yra 1,25 ir intensyviausių kaupimosi anomalijų konfigūracija, išžėsta Lietuvoje vyraujančių pietvakarių vėjų kryptimi, byloja apie dalies dirvožemio Pb atmogeninę kilmę (27 pav). Kad dalis švino į Lietuvos dirvas ir miškus patenka oro keliu, buvo nustatyta atliekant geocheminį Baltijos šalių miško paklotės ir samanų kartografavimą (Salminen et al. 2011). Sudarant Lietuvos geocheminį atlasą (Kadūnas ir kt. 1999) intensyvios švino anomalijos nustatytos Vakarų Lietuvos, kurioje iškrinta

didžiausi kritulių kiekiai, durpinguose dirvožemiuose bei sniego dulkėse taip pat patvirtino dalies dirvožemio Pb atmosferinę prigimtį.



27 pav. Sidabro ir švino kiekių erdvinis pasiskirstymas Lietuvos dirvožemyje.

Kiek kitoks yra cirkonio kiekių pasiskirstymas, kurio vidutinis santykis A_{hor}/C_{hor} – 1,4 (28 pav). Šio elemento kaupimosi tendencijos dirvožemio viršutiniame horizonte stebimos intensyviausios žemdirbystės Vidurio ir Šiaurės Lietuvos regionuose, kur elementas buvo įneštas su plačiai naudojamomis fosforo trąšomis bei Pietryčių Lietuvoje, priešpaskutinio apledėjimo nuogulose ir smėlinguose dariniuose susiformavusiuose dirvožemiuose, kur Zr kiekiai A horizonte yra santykinai papildyti jo kiekiais, išlikusiuose dūlėjimui atspariuose mineraluose.



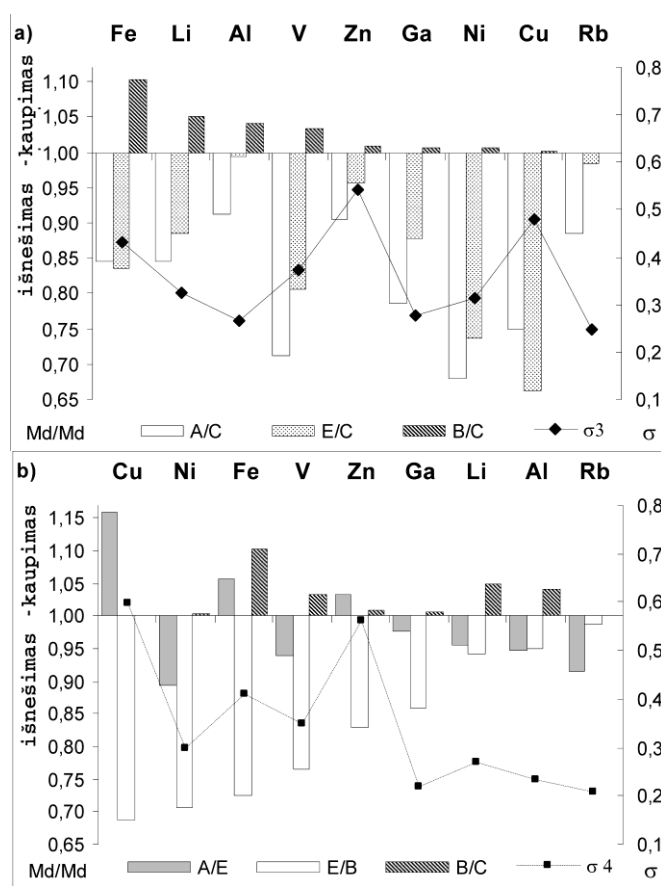
28 pav. Cirkonio ir bario kiekių erdvinis pasiskirstymas Lietuvos dirvožemyje.

Bario viršutiniame Lietuvos dirvožemyje yra 1,17 karto daugiau nei dirvodarinėje medžiagoje, o stipriausias jo kaupimasis yra stebimas Vidurio ir Šiaurės Lietuvos molio–priemolio karbonatinguose dirvožemiuose ir yra sietinas su viršutiniame horizonte išlikusiais pirminiais, dūlėjimui atspariais ir menkai tirpiaisi, ypač šarminėje aplinkoje, molio mineralais. Dalis bario viršutiniame dirvožemio horizonte yra sorbuota karbonatų ir sulfatų (28 pav.).

3.5.2. Iliuviniame B horizonte besikaupiantys cheminiai elementai

Elementai, besikaupiantys dirvožemio B iliuviniame horizonte (Fe, Li, Al, V, Zn, Ga, Ni, Cu ir Rb) buvo priskirti antrajai elementų grupei pagal

elementų medianinių kiekių santykį su elementų medianiniais kiekiais dirvodarinėje medžiagoje (29a pav.). Kai kurie elementai (Fe, Li, Al ir V) akivaizdžiai kaupiasi dirvožemio B horizonte, kiti (Cu, Ni, Ga, Zn ir Rb) – ne taip ryškiai. Pastarieji (taip pat ir Fe su V) akivaizdžiai išplaunami iš eliuvinio E horizonto ir netgi iš viršutinio A horizonto ir dalinai kaupiami B horizonte. Zn, Cu ir Fe pasiskirstymas dirvožemio profilyje, atrodo, paveiktas antropogeninio faktoriaus; tai rodo santykinai išaugę pastarųjų elementų kiekiai A horizonte ir padidėję variabilumas ($\sigma_3 = 0,54-0,48$).



29 pav: Elementai, besikaupiantys iliuviniame dirvožemio B horizonte: a) pagal medianinių kiekių horizontuose santykį su medianiniais kiekiais dirvodarinėje medžiagoje; b) pagal medianinių kiekių gretimuose dirvožemio horizontuose santykį.

Be to, analizuojant elementų pasiskirstymą iš horizonto į horizontą, išryškėja dirvožemio granulometrinės sudėties heterogeniškumas ir iliuvinio B horizonto vystymosi specifika (*argillic, spodic, calcic ir etc.*), t.y Cu, Zn, Fe,

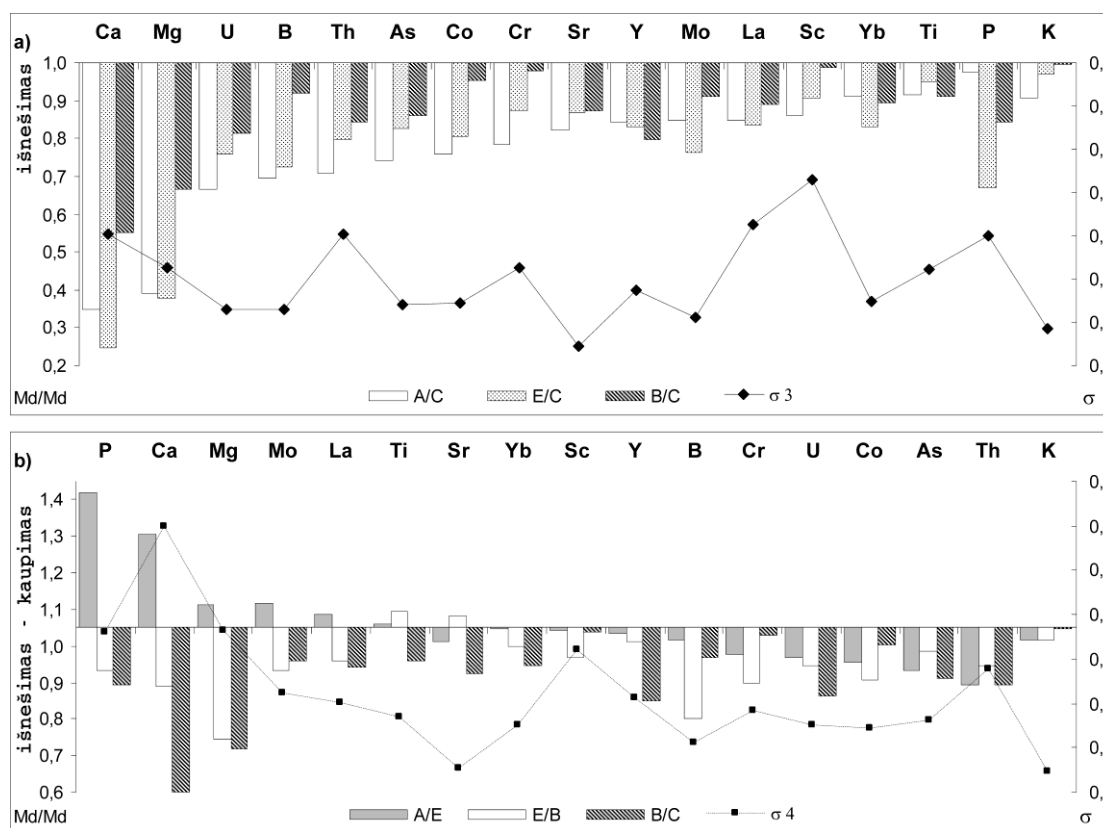
Ni ir V variabilumas ($\sigma_4 = 0,6-0,3$) yra gana aukštas (29b pav.).

3.5.3. Chaminiai elementai, išplaunami ir išnešami iš viso dirvožemio profilio

Likę elementai (Ca, Mg, U, B, Th, As, Co, Cr, Sr, Y, Mo, La, Sc, Yb, Ti, P ir K) priskirti elementų, dėl įvairių priežasčių išnešamų iš viršutinių dirvožemio horizontų, grupei (30a, 30b pav.). Dėsningsai, labiausiai išnešami

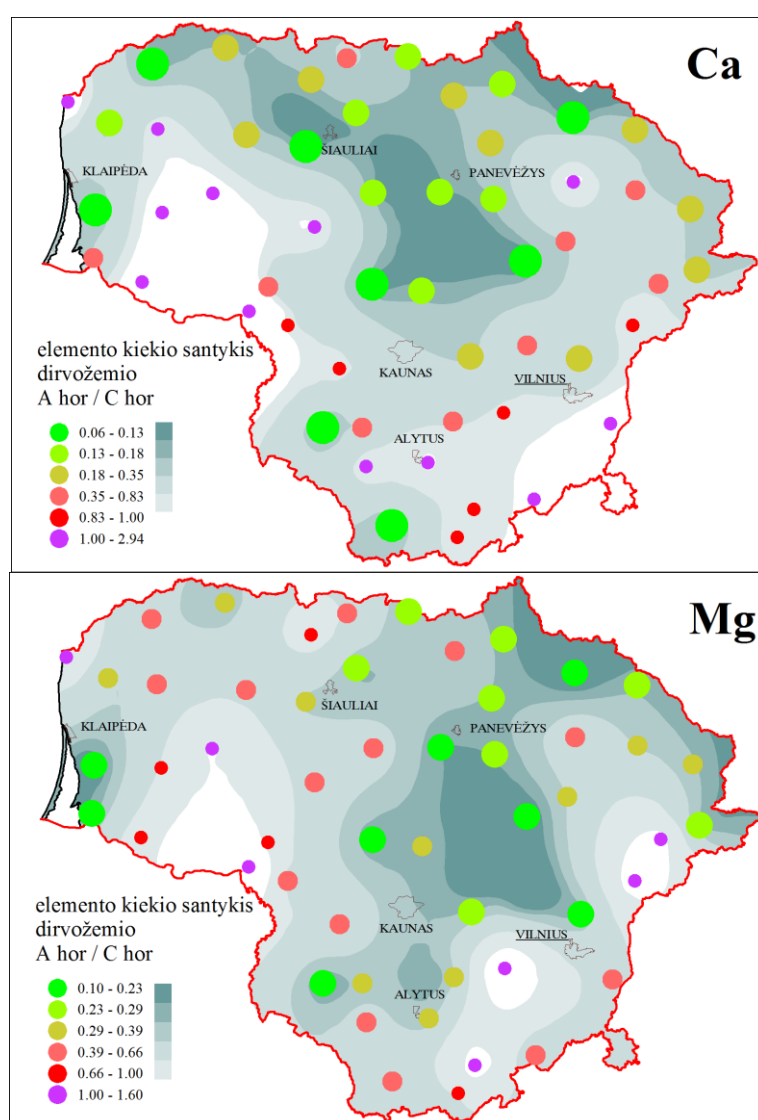
yra Ca ir Mg – lengvai tirpių karbonatinių mineralų komponentai. As, Co, U, B, Th, Cr ir Y taip pat išnešami iš viso dirvožemio profilio. Sc, La, Ca ir P variabilumas gana aukštas dėl šių elementų skirtingo elgesio skirtingos granulometrinės sudėties dirvožemio profilyje (30a pav.).

Stebint elementų pasiskirstymą iš horizonto į horizontą, išryškėja kitų faktorių poveikis elementų pasiskirstymui: Ca ir Mg medianiniai kiekiai padidėję viršutiniame A horizonte dėl kalkinimo kai kuriuose dirbamų laukų dirvožemiuose; A horizontas praturtintas P, Mo ir La, patenkančiais su trąšomis ir augalinėmis liekanomis; padidėję Ti ir Sr kiekiai eliuviniam E horizonte sietini su liekaniniais dūlėjimui atspariais mineralais (30b pav.). Aukštą Ca, Mg, P ir Sc kiekių variabilumą nulemia įvairi dirvožemio granulometrinė sudėtis ir aukštas dirvodarinės medžiagos karbonatingumas kai kuriuose dirvožemiuose.



30 pav. Elementai, išnešami iš viršutinių dirvožemio horizontų: a) pagal medianinių kiekių horizontuose santykį su medianiniais kiekiais dirvodarinėje medžiagoje; b) pagal medianinių kiekių gretimuose dirvožemio horizontuose santykį.

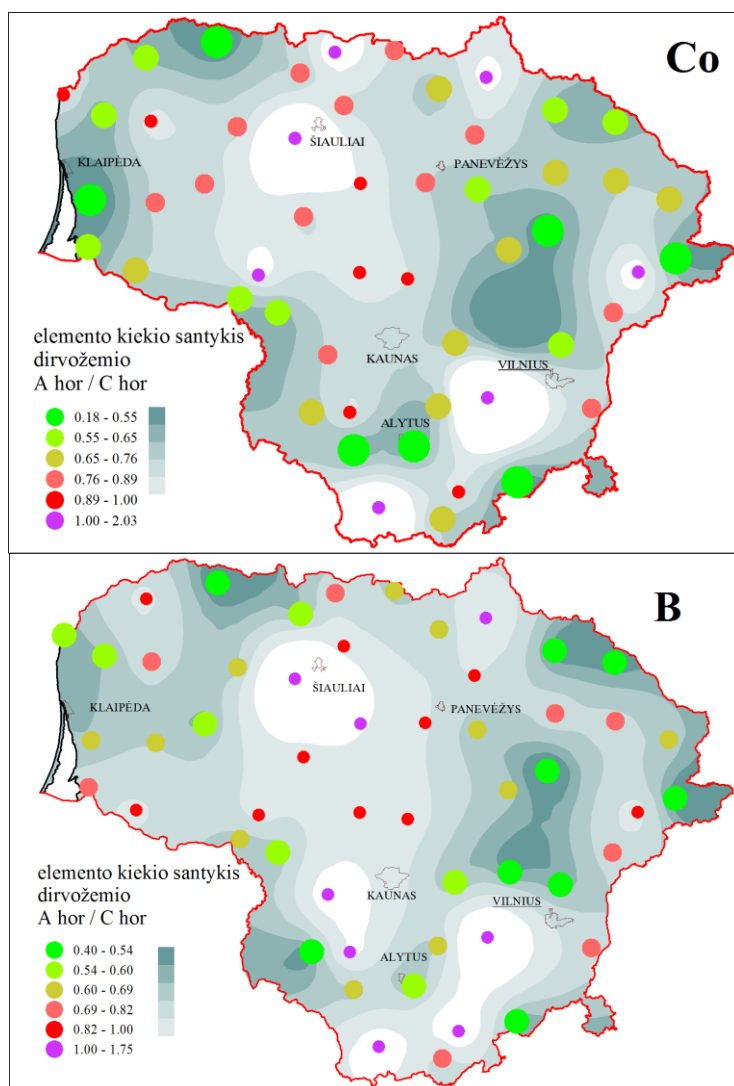
Elementų išnešimo pobūdis ir intensyvumas priklauso nuo dirvožemio sudėties – intensyviausias Ca ir Mg elementų išplovimas stebimas karbonatinguose Vidurio ir Šiaurės Lietuvos dirvožemiuose (31 pav.). Kadangi Ca ir Mg pagrindiniai mineralai–nešėjai yra skirtingi (atitinkamai karbonatai ir dolomitai), skiriasi ir arealai, kuriuose dirvožemio viršutinis sluoksnis yra daugiausiai netekęs šių elementų. Vidutiniškai Lietuvos dirvožemio A horizonte telikę apie trečdalį dirvodarinio Ca ir Mg, kurių vidutiniai santykiai A_{hor}/C_{hor} tesiekia atitinkamai 0,35 ir 0,39.



31 pav. Kalcio ir magnio kiekių erdvinis pasiskirstymas Lietuvos dirvožemyje.

Elementai susiję su molio mineralais – As, Co, U, B, Th ir Cr, taip pat lengvai išplaunami iš dirvožemio profilio. Ryškiausiai šis procesas atsispindi

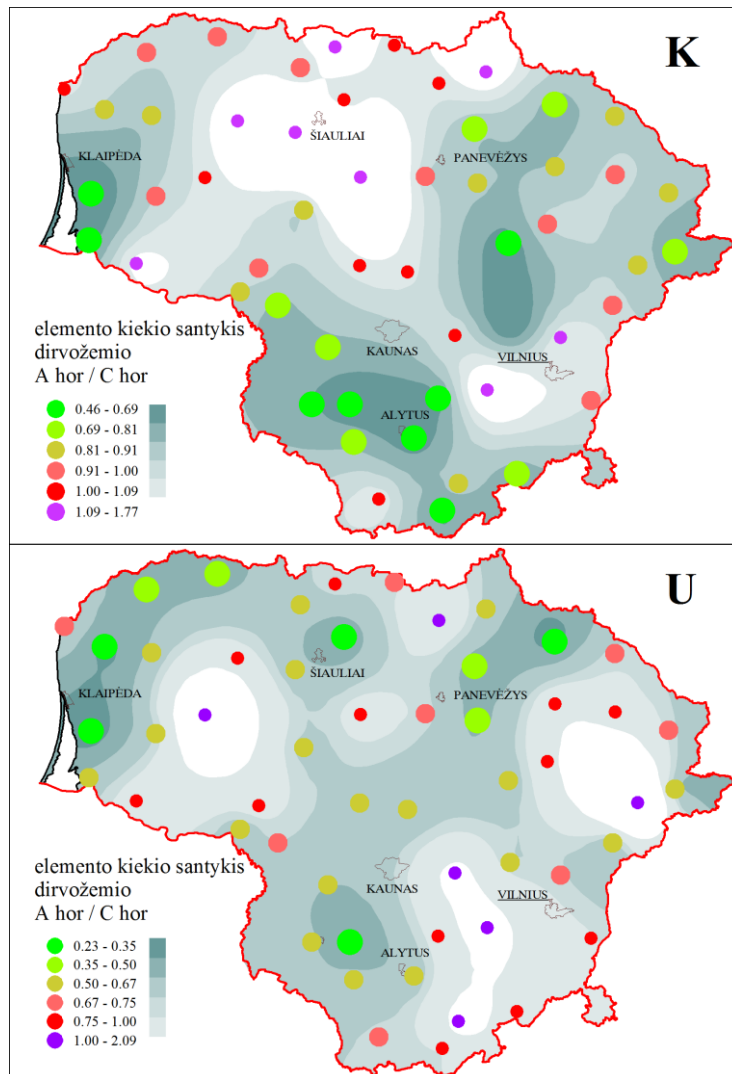
Baltijos ir Žemaitijos aukštumų priemolio dirvožemiuose, ypač šių aukštumų vakariniuose šlaituose, gaunančiuose didžiausią kritulių kiekį (32 pav). Gana ryškus išplovimas stebimas ir Baltijos aukštumų vakariniuose šlaituose, taip pat pasižyminčiuose padidėjusiu kritulių kiekiu, skatinančiu intensyvesnę dirvožemių eroziją. Kobalto vidutinis santykis A_{hor}/C_{hor} yra 0,76, boro – 0,69.



32 pav. Kobalto ir boro kiekių erdvinis pasiskirstymas Lietuvos dirvožemyje.

Kalio išnešimo iš viršutinio dirvožemio A horizonto tendencijos ryškėja intensyvios žemdirbystės regionuose, kuriuose paplitę lengvesnės litologijos moreniniame priemolyje susiformavę dirvožemiai – Alytaus, Panevėžio apskrityse bei Klaipėdos regione (33 pav.). Elementinio kalio deficitas nėra

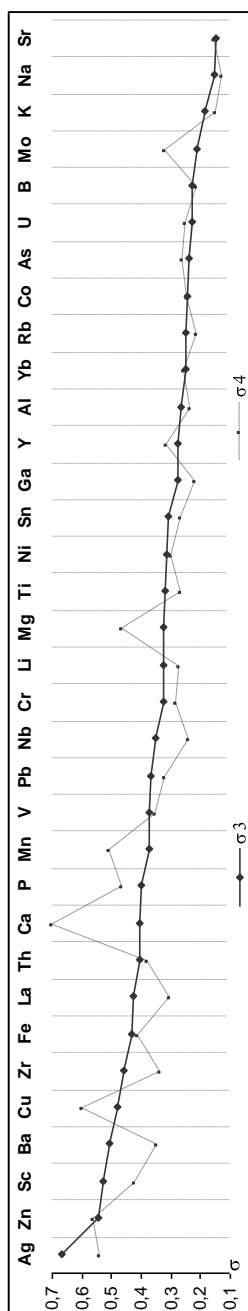
ryškus, vidutinis santykis A_{hor}/C_{hor} tėra 0,91, rodo, kad kalis nėra lengvai išnešamas ir viršutiniame horizonte tikėtina yra papildomas tręšiant.



33 pav. Kalio ir urano kiekių erdvinis pasiskirstymas Lietuvos dirvožemyje.

Uranas žymiai stipriau išneštas iš viršutinio dirvožemio A horizonto – A_{hor}/C_{hor} santykis yra 0,67, nes dirvožemyje šis elementas dažniausiai yra sorbuotas molio mineralų, geležies ir aliuminio hidroksidų, ir gerai migruoja tiek rūgščioje, tiek šarminėje terpėje bei oksidacinėje aplinkoje. Ryškiausias išnešimas stebimas šiaurės vakarinėje Lietuvos dalyje ir galėtų būti paaiškinamas uranu turtingomis dirvodarinėmis nuogulomis (sudarant Lietuvos geocheminį atlasą didžiausia urano anomalija nustatyta Ventos vidurupio mineraliniuose dirvožemiuose (Kadūnas ir kt. 1999), bei maksimalių kritulių kiekių pajūrio zona. (33 pav.).

Elementų judrumas, t.y. elementų kiekių pasiskirstymo dirvožemio



profilyje tikimybė “teoriniame” dirvožemio profilyje buvo įvertinta naudojant vidutinį absoliutinį aritmetinį nuokrypį, skaičiuotą dviem būdais (σ_3 ir σ_4). Tai leido išvelgti bendrus elementų pasiskirstymo dirvožemio profilyje dėsningumus, nulemtus įvairių dirvodaros procesų. Dirvodarinės medžiagos atžvilgiu judriausi, stipriausiai veikiami įvairių geocheminių barjerų ir “sunkiausiai nuspėjami” dirvožemio profilyje yra Ag, Zn, Sc, Ba, Cu, Zr, Fe La, Th ir Ca ($\sigma_3 > 0,4$), o inertiškiausi, pasižymintys tolygiu pasiskirstymu dirvožemio profilyje – Sr, Na ir K ($\sigma_3 < 0,2$) (33 pav.). Analizuojant elementų persiskirstymą iš horizonto į horizontą, Ca, Cu, Zn, Ag, Mn, Mg, P, Sc ir Fe pasižymi didžiausiu variabilumu ($\sigma_4 > 0,4$), o Na, K ir Sr – vėl mažiausiu ($\sigma_4 < 0,2$). Atitinkamai, Na, K ir Sr kiekių pasiskirstymas dirvožemio profilyje yra tolygiausias, o B, U, As, Co Rb ir Yb – daugiau mažiau tolygus, t.y šių elementų pasiskirstymą vidutiniškai veikia dirvodaros procesai bei antropogeninis faktorius.

34 pav: Elementų medianinių kiekių kaita dirvožemio modelio profilyje: (σ_3) pagal skirtingų horizontų santykį su dirvodarine medžiaga; (σ_4) pagal santykį su gretimais horizontais.

IŠVADOS

1. Dirvožemio granulimetrinių frakcijų cheminiai tyrimai liudija, kad didžiausi daugumos cheminių elementų kiekiai yra susikaupę smulkožemyje – molio (<0,001 mm) ir molio–aleurito (0,001-0,0063 mm) frakcijose, tačiau dėl glacigeninių dirvodarinių nuogulų ypatybių visos Lietuvos dirvožemių cheminę sudėtį labiausiai įtakoja juose vyraujanti smėlio frakcija.

2. Dirvodarinių nuogulų cheminė ir litologinė sudėtis yra lemiamas faktorius, apsprendžiantis vėlesnį cheminių elementų pasiskirstymą dirvožemio profilyje. Beveik visų mikroelementų, išskyrus Nb, mažiausi kiekiai yra dirvodariniame smėlyje, B daugiausia durpėse, o Ag, Mo, P, Pb, Sn, Sr ir Zr kiekiai gana panašūs visose litologinėse dirvodarinių nuogulų atmainose. Visų kitų mikroelementų didžiausi kiekiai randami molyje.

a. Lietuvos dirvožemių profilių cheminės sudėties elementų vertikalų persiskirstymą nulemia jaurėjimo, lesivažo, kalcifikacijos, humifikacijos, išmolėjimo bei glėjėjimo procesai, tačiau visi šie procesai yra priklausomi nuo pirminės dirvožemio litologinės sudėties. Vertikali cheminių elementų kiekių kaita dėl pastarųjų procesų suformuotų geocheminių barjerų yra ryškiausia priemolio ir molio dirvožemyje. Rupesnės sudėties smėlio dirvožemio profilyje elementų pasiskirstymas yra žymiai tolygesnis.

b. Didžiausia kiekių kaita dirvožemio profilyje pasižymi elementai – Ag, Zn, Sc, Ba, Cu, Zr, Fe La, Th ir Ca, sudarantys tirpius junginius arba susiję su aleurito frakcijos antriniais molio mineralais. Inertiškiausi, t.y. daugiau ar mažiau tolygiai pasiskirstę dirvožemio profilyje, yra Na, K ir Sr, susiję su pirminiais dūlėjimui atspariais smėlio frakcijos mineralais.

3. Lietuvos dirvožemyje dėl teigiamo drėkinimo koeficiento ir palyginti purių glacigeninių dirvodarinių nuogulų vyrauja daugumos elementų išplovimas iš viršutinių dirvožemio horizontų ir išnešimas už dirvožemio profilio ribų.

4. Elementų išnešimo pobūdis ir intensyvumas priklauso nuo dirvožemio litologinio tipo ir ryškiausias yra molio–priemolio dirvožemio viršutiniuose horizontuose, kurie vidutiniškai netenka 18% mikroelementų ir 34%

makroelementų kiekio. Judriausi ir lengviausiai išnešami yra šarminiai (Ca ir Mg), taip pat su molio mineralais ir hidroksidais susiję elementai (U, B, Th, As, Co, Cr, Sr, Y, Mo, La, Sc, Yb, Ti, P ir K). Smėlio dirvožemyje, ypač hidromofiniame, vyksta daugelio cheminių elementų išnešimas per visą profilį į gruntinį vandenį.

5. Viršutiniame dirvožemio A horizonte kaupiasi cheminiai elementai – žmogaus ūkinės veiklos produktai (Ag, Pb, Sn, Mn), sorbuojami ir imobilizuojami čia besikaupiančios organinės dirvožemio medžiagos. Be to, dėl gamtinio dūlėjimo dirvožemio profilio viršutinėje dalyje santykinai didėja su dūlėjimui atspariais mineralais susijusių elementų Zr ir Nb bei Na kiekiai.

6. Iliuviniame B horizonte kaupiasi cheminiai elementai, susiję su molio mineralais ir hidroksidais, esančiais smulkiojoje dirvožemio frakcijoje ir su ja transportuojamais (Fe, Al, Li, V, kiek silpniau – Cu, Ni, Ga, Zn, Rb).

Praktinės išvados

- Lietuvos dirvožemis, dėl jame vyraujančio išplovimo proceso ir augalams reikalingų cheminių elementų išnešimo už profilio ribų, yra skurdinamas. Todėl intensyviai žemės ūkio veiklai naudojamus dirvožemius neišvengiamai tenka papildomai gerinti.

- Lietuvos dirvožemis, ypač susiformavęs rupesnės granuliometrinės sudėties smėlyje ir žvyre, yra laidus cheminių elementų migracijai, todėl negali pakankamai apsaugoti gruntinio vandens nuo teršiančių cheminių medžiagų. Atsižvelgiant į tai, aktyvios ūkinės veiklos zonose būtina taikyti visas įmanomas gruntinio vandens apsaugos nuo antropogeninės taršos, galinčios per dirvožemį patekti į gruntinį vandenį, priemones.

- Įprastinių dirvožemio cheminių tyrimų metu, pagal standartizuotą tvarką yra atmetama dirvožemio skeleto frakcija (dalelės didesnės nei 1 mm ar nei 2 mm), kurioje lieka cheminių elementų nenustatytų kiekių, svarbių augalams. Ši aplinkybė ypač reikšminga vertinant žvyro dirvožemių chemines ir agrochemines savybes.

NAUDOTOS LITERATŪROS SĄRAŠAS

Acostaa, J. A., Martínez-Martínez, S., Faza, A., Arocena, J., 2011. Accumulations of major and trace elements in particle size fractions of soils on eight different parent materials. *Geoderma*, 161 (1–2), 15 February 2011, 30–42.

Agbenin, J. O., and Felix-Henningsen, P., 2001. The status and dynamics of some trace elements in a savanna soil under long-term cultivation. *The Science of The Total Environment*, 277, (1-3), 57–68.

Andersen, M. K., Raulund-Rasmussen, K., Hansena, H. C. B., and Strobela, B. W., 2002. Distribution and fractionation of heavy metals in pairs of arable and afforested soils in Denmark. *European Journal of Soil Science*, 53, (3), 491–502.

Baltakis, V., 1993. Foniniai mikroelementų pasiskirstymai ir jų tarpusavio ryšiai Lietuvos dirvožemiuose. *Geologija*, 15. 32–42.

Baltrūnas, V., 1995. Pleistoceno stratigrafija ir koreliacija. *Academia Vilnius*, 175.

Berrow, M. L., and Mitchell, R. L., 1991. Location of trace elements in soil profiles: total contents of particle-size separates. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, 82, 195–209.

Berthelsen, B. O., and Steinnes, E., 1995. Accumulation patterns of heavy metals in soil profiles as affected by forest clear-cutting. *Geoderma*, 66, (1), 1–14.

Bitinas, A., 1993. The application of mathematical methods for stratigraphic correlation of Quaternary deposits. *Geoinformatics*. 4(3), 347–351.

Bitinas, A., (ats. vykd.) ir kt., 1997. Kompleksinis geologinis kartografavimas 1:50 000 masteliu Kretingos plote. Kvartero geologija ir geomorfologija. III tomas. *Lietuvos geologijos tarnyba, Inv. Nr. 4685, Vilnius*, 127 pp. [Rankraštis saugomas LGT GF].

Blaser, P., Zimmermann, S., Luster, J., and Shotyk, W., 2000. Critical examination of trace element enrichments and depletions in soils: As, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn in Swiss forest soils. *The Science of the Total Environment*, (249), (1-3), 257–280.

Bloomfield, C., 1981. The translocation of metals in soils. In: *D. J. Greenland and M. H. B. Hayes (editors) The Chemistry of Soil Processes. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 463 pp.*

Brazauskienė, D. M., Paulauskas, V., Sabienė, N., 2008. Speciation of Zn, Cu, and Pb in the soil depending on soil texture and fertilization with sewage sludge compost. *Journal of Soils and Sediments*, 8 (3), 184–192.

Brazauskienė, D., Gražulevičienė, V., Sabienė, N., Rutkauskienė, G., 2002. The influence of some factors on the formation of mobile copper in soil. *Ekologija*, 2, Vilnius, 47–51.

Butkus, V., 2008. Sunkiųjų metalų šaltis dirvožemyje ir jos poveikis mikroorganizmų bei fermentų aktyvumui. *Daktaro dis., biomedicinos mokslai, agronomija (06B) – agrochemija, LŽŪU*, 89 pp.

De Vos, W., Gregorauskiene, V., Marsina, K., Salminen, R., Salpeteur, I., Tarvainen, T., O'Connor, P. J., Demetriades, A., Pirc, S., Batista, M. J., Bidovec, M., Bel-lan, A., Birke, M., Breward, N., De Vivo, B., Duris, M., Halamic, J., Klein, P., Lima, A., Locutura, J., Lis, J., Mazreku, A., Ottesen, R. T., Pasiieczna, A., Petersell, V., Reeder, S., Siewers, U., Slaninka, I., 2006. Distribution of elements in subsoil and topsoil. In: *Geochemical atlas of Europe. Espoo: Geological Survey of Finland*, 21–29.

Degorski, M., 1998. Spatial and vertical distribution of soil physico-chemical properties and the content of heavy metals in the pedosphere in Poland. In: *Bytnerowicz, A.; Arbaugh, M. J.; Schilling, S. L., tech. coords.. Proceedings of the international symposium on air pollution and climate change effects on forest ecosystems. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-166. Albany,*

CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, 169–177.

Dixon, J. B., (ed), 1977. Minerals in Soil Environments. SSSA, Madison, Wisconsin, 78–768.

Fujikawa, Y., Fukui, M., and Kudo, A., 2000. Vertical distribution of trace metals in natural soil horizons from Japan. Part 1. *Effect of soil types. Water, Air, and Soil Pollution*,. 124, 1–21.

Gregorauskiene, V., Salminen, R., Reimann, C., & Chekushin, V., 2000. Field Manual for Barents Ecogeochemistry project. *Geological Survey of Finland, unpublished report, S/44/0000/2/2000*, 52 pp.

Gregorauskienė, V., 1999. Geochemical features of paleoenvironment in South-East of Lithuania. *Geochemistry of Landscapes, Paleoecology of Man and Ethnogenesis: Abstracts of the International Symposium Sep 6-11, 1999, Ulan-Ude, Russia*, 94–96.

Gregorauskienė, V., Putys, P., 2001. Geocheminis kartografavimas 1:50 000 masteliu Biržų plote. *Lietuvos geologijos tarnyba, Inv. Nr. 5735, Vilnius*, 178 pp. [Rankraštis saugomas LGT GF].

Gregorauskienė, V., Putys, P., 2009. Geocheminis kartografavimas 1:50 000 masteliu Vilniaus plote. *Lietuvos geologijos tarnyba, Inv. Nr. 12763, Vilnius*, 143 pp. [Rankraštis saugomas LGT GF].

Gregorauskienė, V., Kadūnas, V., 2000. Chemical composition of soil and lake sediments – indicator of geological processes in Lithuania. *Geological Quarterly*. 44 (4), 347–354.

Guobytė, R., (ats. vykd.), 1995. Kompleksinė geologinė nuotrauka M 1:50 000 Molėtų plote. VI tomas. Geochemija. *Lietuvos geologijos tarnyba, Inv. Nr. 4378, Vilnius*, 958 pp. [Rankraštis saugomas LGT GF].

Guobytė, R., 1998. Kvartero geologinio žemėlapiu M 1:400 000 parengimas spausdinimui. *Lietuvos geologijos tarnyba, Inv. Nr. 5019, Vilnius*, 20 pp. [Rankraštis saugomas LGT GF].

Hardy, M., Cornu, S., 2006. Location of natural trace elements in silty soils using particle-size fractionation. *Geoderma*, 133 (3–4), August 2006, 295–308.

Hernandez, L., Probst, A., Probst, J. L., and Ulrich, E., 2003. Heavy metal distribution in some French forest soils: evidence for atmospheric contamination. *The Science of The Total Environment*, 312 (1-3), 1 August 2003, 195–219.

Horváth, T., Szilágyi, V., Hartyáni, Z., 2000. Characterization of trace element distributions in soils. *Microchem. Journal*, 67 (1-3), 53–56.

Jacobson, A. R., McBride, M. B., Baveye, P., Steenhuis, T. S., 2005. Environmental factors determining the trace-level sorption of silver and thallium to soils. *Science of the Total Environment*, 345, 191–205.

Jobbágy, E. G., & Jackson, R. B., 2001. The distribution of soil nutrients with depth: Global patterns and the imprint of plants. *Biogeochemistry* 53, 51–77.

Kabała, C., and Szerszeń, L., 2002. Profile Distributions of Lead, Zinc, and Copper in Dystric Cambisols Developed from Granite and Gneiss of the Sudetes Mountains, Poland. *Water, Air, & Soil Pollution*, 138 (1-4), 307–317.

Kabata-Pendias, A., and Pendias, H., 1993. Biogeochemia pierwiastków śladowych. *Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa*, 364 pp.

Kadūnas, V., Budavičius, R., Gregorauskienė, V., Katinas, V., Kliaugienė, E., Radzevičius, A., Taraškevičius, R., 1999. Lietuvos geocheminis atlasas. *Vilnius*, 230 pp.

Kadūnas, V., Gregorauskienė, V., 1999. Mikroelementai dirvožemio granulimetrinės frakcijoje Lietuvoje. *Geologija*, 28, 15–22.

Kadūnas, V., Radzevičius, A., Vareikienė, O., 2003. Genesis of anomalies of Ti, Zr, Nb and rare-earth elements in Lithuanian soils. *Geologija*, 41, 20-27.

Kaschl, A., Römheld, V., and Chen, Y., 2002. The influence of soluble organic matter from municipal solid waste compost on trace metal leaching in calcareous soils. *The Science of The Total Environment*, 291, (1-3), 45–57.

Kirby, M. J., 1985. A basis for soil profile modelling in a geomorphic context. *Soil Science*, 36, 97–121.

Kutiel, P., Inbar, M., 1993. Fire impacts on soil nutrients and soil erosion in Mediterranean pine forest plantation. *Catena*, 20, 129–134.

Lahdenperä, A. M., 1999. Geochemistry of afforested and arable soils in Finland. *Geological Survey of Finland, Special Paper 27*, 61–68.

Lis, J., Pasieczna, A., Taraškevičius, R., 1997. Geochemical Studies. Geology for Environmental Protection and Territorial Planning in the Polish-Lithuanian Cross-Border Area. *Polish Geological Institute, Geological Survey of Lithuania, Lithuanian Institute of Geology*, 11-16.

Marcinkonis, S., Karmaza, B., Bakšienė, E., Končius, D., Krištaponytė, I., Kupčinskas, V., Mašauskas, V., Ožeraitienė, D., Repšienė, R., Tripolskaja, L., 2004. Antropogeninė įtaka geocheminiam dirvožemių tipingumui. *Žemės ūkio mokslai*, 2, 1–10.

Mažvila, J., (sudarytojas), 1998. Lietuvos dirvožemių agrocheminės savybės ir jų kaita. *LŽI Agrocheminių tyrimų centras, Kaunas*, 183 pp.

Mažvila, J., (sudarytojas), 2001. Sunkieji metalai Lietuvos dirvožemiuose ir augaluose. *LŽI Agrocheminių tyrimų centras, Kaunas*, 243 pp.

Mažvila, J., 2001. Sunkieji metalai Lietuvos dirvožemiuose ir augaluose. *Monografija. LŽI Agrocheminių tyrimų centras, Kaunas*, 343 pp.

Mažvila, J., Adomaitis, T., Eitminavičius, L., 1996. Dirvožemių savybių bei jų užterštumo toksinėmis medžiagomis stebėjimas ir įvertinimas pagrindiniuose dirvožemių tipuose. *Aplinkos monitoringas 1993-1995, LR Aplinkos apsaugos ministerija, Vilnius*, 5-7.

Morera, M. T., Echeverría, J. C., and Garrido, J. J., 2001. Mobility of heavy metals in soils amended with sewage sludge. *Can. J. Soil Sci.* 81, 405–414.

Motuzas, A., Trimirka, V., Vaisvalavičius, R., Butkus, V., Prosyčėvas, I., Sabienė, N., Zakarauskaitė, D., Vaišvila Z., 2008. Methodological aspects of the assessment of roadside Luvisol contamination with heavy metals. *Žemės ūkio mokslai*, 15 (3), 1–7.

Motuzas, A., Vaisvalavičius, R., Mažvila, J., Antanaitis, A., 2000. Sunkiųjų metalų kiekio sunkios granulometrinės sudėties dirvožemiuose ir jų smulkiadispersėje frakcijoje palyginamieji tyrimai. *Žemdirbystė: mokslo darbai, LŽŪU*, 72, 25–36.

Motuzas, A., Vaisvalavičius, R., Prosyčėvas, I., Stučinskienė, N., Motuzienė, S., Trimirka, V., 2001. Metodologiniai sunkiųjų metalų kiekio tyrimai autotransporto taršos paveiktų zonų dirvožemiuose. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba*, 1(15), 39–46.

Motuzas, A., Vaisvalavičius, R., Prosyčėvas, I., Trimirka, V., 2003. Sunkiųjų metalų kiekių dirvožemyje ir jo molio frakcijoje tyrimas rentgenofluorescencinės spektrinės analizės metodu. *Vagos: mokslo darbai, LŽŪU*, 59 (12), 150.

Reimann, C., Siewers, U., Tarvainen, T., Bityukova, L., Eriksson, J., Gilucis, A., Gregorauskiene, V., Lukashev, V., Matinian, N. N., Pasieczna, A., 2000. Baltic soil survey: total concentrations of major and selected trace elements in arable soils from 10 countries around the Baltic Sea. *The Science of the Total Environment*, 257 (2-3), 155–170.

Rimšelis, J., 1996. Sunkiųjų metalų kiekis ir aktyvumas įvairiai sukultūrintame velėniniame jauriniame priesmėlio dirvožemyje. *Daktaro dis., agrariniai mokslai, agronomija (1A) – agrochemija, Vokė*, 90 pp.

Rimšelis, J., Greimas, G., Ignotas, V., 1997. Intensyvaus tręšimo, kalkinimo ir transporto taršos įtaka sunkiųjų metalų kiekiui ir judrumui

Pietryčių Lietuvos velėniniame priesmėlio dirvožemyje. *Žemės ūkio mokslai*, 4, 3–8.

Shotyk, W., Nesbitt, H. W., and Fyfe, W. S., 1992. Natural and anthropogenic enrichments of trace metals in peat profiles. *International Journal of Coal Geology*, 20, 49–84.

Smeck, N. E., 1973. Phosphorus: an indicator of pedogenic weathering processes. *Soil Science*, 115, 199–206.

Steponkaite, L., Sabiene, N., Hansen, H. Ch. B., Borggaard, O. K., 2008. Mobilisation of Cu from soils by dissolved natural and processed humic substances. *Ekologija*, 54, 2, 88–92.

Šleinys, R., Janušienė, V., 2001. Dirvodaros ir humifikacijos procesų ypatumai kalvotame moreniniame reljefe. *Geografija*, 37 (1), 17–24.

Tanji, K., and Valoppi, L., 1989. Groundwater contamination by trace elements. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 26 (3–4), October 1989, 229–274.

Tyla, A., 1996. Cheminių medžiagų migracija įvairiuose Lietuvos dirvožemiuose. *Žemdirbystė*, 50, 65–75.

Tyler, G., 2004. Vertical distribution of major, minor, and rare elements in a Haplic Podzol. *Geoderma*, 119 (3-4), April 2004, 277–290.

Trimirka, V., 2005. Išplautžemių (Luvisols) užtaršos sunkiaisiais metalais vertinimas ir jų sorbcijos dirvožemio smulkiadispersėje frakcijoje modelinis tyrimas. *Daktaro dis., biomedicinos mokslai, agronomija (06B) – agrochemija, LŽŪU*, 89 pp.

Vaičys, M., Armolaitis, K., Kubertavičienė, L., Raguotis, A., 1998. Lietuvos miško dirvožemių monitoringas. *Tausojanti plėtra sisteminiu požiūriu: tarptautinės konferencijos pranešimų rinkinys, Vilnius*, 38–39.

Vareikienė, O., 2005. Allothigenous accessory elements in sandy-loamy soil formed in sediments of periglacial zone, Lithuania. *Geologija*, 52, 1–10.

Vareikienė, O., Lehtonen, M., 2004. Sunkieji mineralai dirvožemio tyrimuose: mineraloginiai metodai, jų privalumai bei trūkumai. *Geologija*, 46, 1–7.

Vareikienė, O., Zinkutė, R., Radzevičius, A., 2008. Importance of allotigenic accessory elements in factor loading matrix as statistical expression of geochemical composition variation in soils of different age. *Geologija*, 2 (61), 67–74.

Петухова, Н. Н., 1987. Геохимия почв Белорусской ССР. Наука и техника, Минск, 331 сс.

V. Gregorauskienės darbų (publikacijų) sąrašas

Straipsniai ISI indeksą turinčiuose leidiniuose

Gregorauskienė, V., Kadūnas, V., 1997. Experience and goals of geochemical mapping for environmental protection in Lithuania. *Journal of geochemical Exploration, Vol. 60*, 67–76.

Gregorauskienė, V., Kadūnas, V., 2000. Chemical composition of soil and lake sediments – indicator of geological processes in Lithuania. *Geological Quarterly, 44 (4)*, 347–354.

Salminen, R., **Gregorauskienė, V., 2000.** Considerations regarding the definition of a geochemical baseline of elements in the surficial materials in areas differing in basic geology. *Applied Geochemistry, Vol. 15*, 647–653.

Reimann, C., Siewers, U., Tarvainen, T., Bityukova, L., Eriksson, J., Gilucis, A., **Gregorauskiene, V.,** Lukashev, V., Matinian, N. N., Pasieczna, A., **2000.** Baltic soil survey: total concentrations of major and selected trace elements in arable soils from 10 countries around the Baltic Sea. *The Science of the Total Environment, 257 (2-3)*, 155–170.

Salminen, R., Chekushin, V., Tenhola, M., Bogatyrev, I., Glavatskikh, S. P., Fedotova, E., **Gregorauskiene, V.,** Kashulina, G., Niskavaara, H., Polischuok, A., Rissanen, K., Selenok, L., Tomilina, O., Zhdanova, L., **2004.** Geochemical atlas of the eastern Barents region. *Journal of Geochemical Exploration, Vol. 83 (1-3)*, 1–530.

Salminen, R., Bogatyrev, I., Chekushin, V., Glavatskikh, S. P., **Gregorauskiene, V.,** Niskavaara, H., Selenok, L., Tenhola, M., and Tomilina, O. **2004.** Geochemical Baselines of Nickel and Chromium in Various Surficial Materials in the Barents Region, NW Russia and Finland. *Geostandards and Geoanalytical Research, 28 (2)*, 333–341.

Gregorauskienė V., Kadūnas V., 2006. Vertical distribution patterns of trace and major elements within soil profile in Lithuania. *Geological Quarterly, 50 (2)*, 229-237.

Salminen, R., **Gregorauskiene, V.**, Tarvainen, T., **2008.** The normative mineralogy of 10 soil profiles in Fennoscandia and north-western Russia. *Applied Geochemistry*, 23, 3651–3665.

Ylipieti, J., Rissanen, K., Kostianen, E., Salminen, R., Tomilina, O., Täht, K., Gilucis, A., **Gregorauskiene V.**, **2008.** Chernobyl fallout in the uppermost (0-3cm) humus layer of forest soil in Finland, North West Russia and the Baltic countries in 2000-2003. *Science of The Total Environment*; 407, (1), 315–323.

Straipsniai kituose leidiniuose

Gregorauskienė, V., Kadūnas, V., **1998.** Technogeninių mikroelementų pernašos per atmosferą įtaka jų foniniams kiekiams Lietuvos dirvožemiuose. *Geologija*, 2, 56–60.

Gregorauskienė, V., Kadūnas, V., **1999.** Lietuvos geocheminis atlasas. *Lietuvos mokslas, geomokslai*, 23, 171–193.

Kadūnas, V., **Gregorauskienė, V.**, **1999.** Mikroelementai dirvožemio granulimetrinės frakcijose Lietuvoje. *Geologija*. 28, 15–22.

Salminen, R., **Gregorauskiene, V.**, **1999.** Differences in geochemical baseline of heavy metals in the overburden between Lithuania and Finland. *In: Lovejoy D. A. (Ed.) Heavy Metals in the Environment: An Integrated Approach*, 171–174.

Gregorauskiene, V., Salminen, R., Tarvainen, T., **1999.** Variation of some element concentrations in arable soils in Lithuania and Finland. *In: Lovejoy D. A. (Ed.) Heavy Metals in the Environment: An Integrated Approach*, 167–170.

Reimann, C., Siewers, U., Tarvainen, T., Bitjukova, L., Eriksson, J., Gilucis, A., **Gregorauskiene, V.**, Lukashev, V., Matinian, N. N., Pasieczna, A., **2000.** The Baltic Soil Survey. *EXPLORE Newsletter for the Exploration Geochemists*, 107, 1–7.

Gregorauskiene, V., 2000. Main geochemical features of geoenvironment in Lithuania: Conclusions based on data from the Geochemical Atlas of Lithuania. *Cogeoenvironment*, 16, 18–19.

Salminen, R., **Gregorauskiene V.**, Tenhola, M., Chekushin, V., **2001.** Proekt “Ėkogeochimija rajona Barenceva morja – novyje fonovye geochimičeskie dannye Severo-Zapada Rossii=Barents Ecogeochemistry project – new geochemical baseline data from NW-Russia. *Prikladnaja geochimija. Vyp. 2: Ėkologičeskaja geochimija*, 169–177.

Kadūnas, V., Katinas, V., **Gregorauskienė, V., 2002.** Geochemical zonation of soil of Lithuania. *Applied Geochemistry. Ecological geochemistry*, 131–141.

Salminen, R., Bogatyrev, I., Chekushin, V., Glavatskikh, S. P., **Gregorauskiene, V.**, Niskavaara, H., Selenok, L., Tenhola, M., Tomilina, O., **2003.** Barents Ecogeochemistry - a large geochemical baseline study of heavy metals and other elements in surficial deposits, NW-Russia and Finland. *Geological Survey of Finland, Current Research 2001-2002, Special Paper 36, Espoo*, 45–52.

Kadūnas, V., Budavičius, R., **Gregorauskienė, V.**, Katinas, V., Radzevičius, A., Taraškevičius, R., Zinkutė, R., **2004.** Gyvenamosios aplinkos natūralus geocheminis laukas ir jo technogeninė. *Lietuvos Žemės gelmių raida ir ištekliai (ats. red. V. Baltrūnas). Žurnalo "Litosfera" leidinys*, 580–581.

Kadūnas, V., Budavičius, R., **Gregorauskienė, V.**, Katinas, V., Radzevičius, A., Taraškevičius, R., Zinkutė, R., **2004.** Dirvodarinių kvartero nuogulų mikroelementinės sudėties ypatybės. *Lietuvos Žemės gelmių raida ir ištekliai (ats. red. V. Baltrūnas), žurnalo "Litosfera" leidinys*, 581–583.

Kadūnas, V., Budavičius, R., **Gregorauskienė, V.**, Katinas, V., Radzevičius, A., Taraškevičius, R., Zinkutė, R., **2004.** Paviršiaus nuosėdų mikroelementų foniniai kiekiai ir jų kaita. *Lietuvos Žemės gelmių raida ir ištekliai (ats. red. V. Baltrūnas), žurnalo "Litosfera" leidinys*, 584–589.

Kadūnas, V., Budavičius, R., **Gregorauskienė, V.**, Katinas, V., Radzevičius, A., Taraškevičius, R., Zinkutė, R., **2004.** Dirvožemio ir vandens

baseinų dugno nuosėdų gamtinės mikroelementų anomalijos. *Lietuvos Žemės gelmių raida ir ištekliai* (ats. red. V. Baltrūnas), žurnalo "Litosfera" leidinys, 590–593.

Kadūnas, V., Budavičius, R., **Gregorauskienė, V.**, Katinas, V., Radzevičius, A., Taraškevičius, R., Zinkutė, R., **2004**. Urbanizuotų teritorijų grunto ir vandens baseinų dugno nuosėdų mikroelementų anomalijos. *Lietuvos Žemės gelmių raida ir ištekliai* (ats. red. V. Baltrūnas), žurnalo "Litosfera" leidinys, 594–601.

Kadūnas, V., Budavičius, R., **Gregorauskienė, V.**, Katinas, V., Radzevičius, A., Taraškevičius, R., Zinkutė, R., **2005**. Natural geochemical field of the living environment and its anthropogenic transformation in Lithuania. *Evolution of geological environment in Lithuania. Edited by A. Zuzevičius, Vilnius, Institute of Geology and Geography*, 246–262.

De Vos, W., **Gregorauskiene, V.**, Marsina, K., Salminen, R., Salpeteur, I., Tarvainen, T., O'Connor, P. J., Demetriades, A., Pirc, S., Batista, M. J., Bidovec, M., Bel-lan, A., Birke, M., Breward, N., De Vivo, B., Duris, M., Halamic, J., Klein, P., Lima, A., Locutura, J., Lis, J., Mazreku, A., Ottesen, R. T., Pasieczna, A., Petersell, V., Reeder, S., Siewers, U., Slaninka, I., **2006**. Distribution of elements in subsoil and topsoil. *Geochemical atlas of Europe. Espoo: Geological Survey of Finland*, 21–29.

De Vos, W., **Gregorauskiene, V.**, Salpeteur, I., Tarvainen, T., Pasieczna, A., Siewers, U., Breward, N., Duris, M., **2006**. Distribution of elements in humus. *Geochemical atlas of Europe. Espoo: Geological Survey of Finland*, 31–32.

De Vivo, B., Ander, E. L., Bidovec, M., Lima, A., Pirc, S., Reeder, S., Siewers, U., Smith, B., Albanese, S., Batista, M., Bel-lan, A., Birke, M., Breward, N., Demetriades, A., De Vos, W., Duris, M., Gravesen, P., **Gregorauskiene, V.**, Halamic, J., Jordan, G., Lax, K., Locutura, J., O'Connor, P. J., Pasieczna, A., Slaninka, I., Tarvainen, T., **2006**. Distribution of elements in stream water. *Geochemical atlas of Europe. Espoo: Geological Survey of Finland*, 33–35.

De Vos, W., Batista, M. J., Pirc, S., O'Connor, P. J., Demetriades, A., Tarvainen, T., Salminen, R., Reeder, S., Salpeteur, I., **Gregorauskiene, V.**, Lax, K., Halamic, J., Pasieczna, A., Slaninka, I., Mazreku, A., Siewers, U., Birke, M., Beward, N., Bidovec, M., De Vivo, B., Lima, A., Duris, M., Locutura, J., Bel-lan, A., **2006**. Distribution of elements in stream sediment. *Geochemical atlas of Europe. Espoo: Geological Survey of Finland*, 37–39.

Gregorauskienė, V., 2006. Geocheminės taršos Lietuvos miestuose kartografavimas. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*,. 14, 1, 52a–57a.

Gregorauskienė, V., 2008. Overview of the quality criteria for soil in the East European countries. *Proceedings of the Conference „The abiotic environment – evaluation of changes and hazards – case studies“*, Polish Geological Institute Special Papers, 24, 45–54.

Satkūnas, J., **Gregorauskienė, V.**, Kanopienė, R., Mikulėnas, V., Minkevičius, V., Šačkus, V., Šlauteris, A., **2011**. Man-made formations and geopollution: state of knowledge in Lithuania. *Geologija*, 53, 1(73), 36–44.

Gregorauskienė, V., Taraškevičius, R., Kadūnas, V., Radzevičius, A., Zinkutė, R., **2011**. Geochemical Characteristics of Lithuanian Urban Area. Chapter 23. *Mapping the Chemical Environment of Urban Areas*. Eds. Christopher C. Jonson et al. Wiley-Blackwell, 393–409.

Pranešimų tezės mokslinėse konferencijose

Gregorauskiene, V., Kadunas, V., 1996. The experience and goals of geochemical mapping for protection of nature in Lithuania. *Volume of Abstracts of Environmental geochemical baseline Mapping in Europe Conference. Bratislava*, 87–90.

Kadunas, V., Katinas, V., Radzevicius, A., Zinkute, R., Taraskevicius, R., **Gregorauskiene, V., 1996**. Geochemical mapping of the zones of increased technogenical load in Lithuania. *Volume of Abstracts of*

Environmental geochemical baseline Mapping in Europe Conference. Bratislava, 76–79.

Gregorauskiene, V., 1997. Effect of soil formation processes on the distribution of heavy metals in soil profile=Влияние процессов почвообразования на фоновое распределение микроэлементов. *Abstracts of International Symposium of applied Geochemistry Moscow, 1997*, 168–169.

Tarvainen, T., Salminen, R., **Gregorauskiene, V., 1998.** Concentrations of magnesium, copper and chromium in arable soils in Lithuania and Finland. *Wilson J.R. (Ed.) Abstract Volume of 23 Nordiske Geologiske Vintermøde, 13-16 January 1998. Århus, Denmark, 294.*

Tarvainen, T., Salminen, R., **Gregorauskiene, V., 1998.** Concentrations of some heavy metals in arable soils in Lithuania and Finland. *Workshop on Critical Limits and Effect Based Approaches for Heavy Metals and Persistent Organic Pollutants. Bad Harzburg, Germany. Berlin, II-7.*

Gregorauskienė, V., 1999. Geochemical features of paleoenvironment in South-East of Lithuania. *Geochemistry of Landscapes, Paleoecology of Man and Ethnogenesis: Abstracts of the International Symposium Sep 6-11, 1999, Ulan-Ude, Russia. Ulan-Ude, 94–96.*

Kliaugienė, E., **Gregorauskienė, V., 1999.** Natural and technogene geochemical anomalies in Kėdainiai region and town. *Geochemistry of Landscapes, Paleoecology of Man and Ethnogenesis: Abstracts of the International Symposium Sep 6-11, 1999, Ulan-Ude, Russia. Ulan-Ude, 130–132.*

Kadūnas, V., **Gregorauskienė, V., 1999.** Microelement composition of surface sediments as an indicator of geological processes. *Berger A.R., Satkūnas J. (Eds.) Goeoindicators: Abstracts of Workshop in Vilnius, Lithuania, Oct 11-16, 1999, 19–21.*

Kliaugienė, E., **Gregorauskienė, V., 1999.** Natural and technogenic geochemical anomalies in Kėdainiai region and town. *Environmental Geochemical Baseline Mapping in Europe: Abstracts of the 2nd Conference, Vilnius, Lithuania, Sep 1-4, 1999, 22–25.*

Reimann, C., Siewers, U., Tarvainen, T., Bityukova, L., Eriksson, J., Gilucis, A., **Gregorauskiene, V.**, Lukashev, V., Matinian, N. N., Pasieczna, A., **1999**. Baltic soil survey: total concentrations of major in arable soils from ten countries around the Baltic Sea. *Environmental Geochemical Baseline Mapping in Europe: Abstracts of the 2nd Conference, Vilnius, Lithuania, Sep 1-4, 1999*, 67–70.

Gregorauskiene, V., Kadūnas, V., Katinas, V., Radzevičius, A., Taraškevičius, R., **2000**. Baseline and pollutant values of Ag, Pb and Zn in the surficial material in Lithuania. *Soil and Groundwater Pollution: Expanding Possibilities for Nordic-Baltic Co-operation, Vilnius, Lithuania, Apr 13-15, 2000: Nordsoil Conference materials, Vilnius*, 37–39.

Gregorauskiene, V., **2000**. Main geochemical features of geoenvironment in Lithuania: Conclusions based on data from the Geochemical Atlas of Lithuania. *Cogeoenvironment, 16*, 18–19.

Reimann, C., Siewers, U., Tarvainen, T., Bityukova, L., Eriksson, J., Gilucis, A., **Gregorauskiene, V.**, Lukashev, V., Matinian, N. N., Pasieczna, A., **2000**. The Baltic Soil Survey. *Explore, 107*, 1–7.

Gregorauskiene, V., Kadūnas, V., Katinas, V., **2000**. Lietuvos dirvožemių geocheminiai rajonai. *XI pasaulio lietuvių mokslo ir kūrybos simpoziumas, Vilnius, 2000 birželio 21-26d. Tezių rinkinys*, 150.

Reimann, C., Siewers, U., Tarvainen, T., Bityukova, L., Eriksson, J., Gilucis, A., **Gregorauskiene V.**, Lukashev, V., Matinian, N. N., Pasieczna, A., **2000**. The Baltic soil survey. *Eide, E. (ed.) 24. „Nordiske Geologiske Vintermøte, Trondheim 6.-9. januar 2000. Geonytt (1)*, 142.

Gregorauskiene, V., Kadūnas, V., **2001**. Influence of soil forming processes on the distribution of elements. *Metals in the Environment: II International Conference, Lithuania, Vilnius, September 23-26, 2001. Book of Abstracts*, 55–56.

Salminen, R., Glavatskikh, S. P., Tomilina, O., Bogatyrev, I., **Gregorauskiene, V.**, **2002**. Barents ecogeochemistry – a large geochemical baseline study of heavy metals and other elements in surficial deposits, NW-

Russia and Finland. *Ėkologija Severnych territorij Rossii. Problemy, prognoz situacii, puti razvitija, rešenija: materialy meždunarodnoj konferencii, Archangel'sk, (17-22 ijunja) 2002 g. Archangel'sk, „Pravda severa“*, T.1, 1–2.

Gregorauskienė, V., Satkūnas, J., Kadūnas, V., **2003**. Environmental geochemistry in Lithuania: state-of-the-art. *Medical Geology – Health and the Environment: Abstracts of Presentations by Participants of the Short Course, May 26-28, 2003, Vilnius, Lithuania*, 15–18.

Salminen, R., **Gregorauskienė, V.**, **2003**. Environmental geochemical mapping in Europe. *International Workshop "Geosciences for Urban Development and Environmental Planning", September 13-18, 2003, Vilnius, Lithuania: Extended Abstracts*, 78–79.

Salminen, R., Batista, M. J., Bidovec, M., Demetriades, A., De Vivo, B., De Vos, W., Duris, M., Gilucis, A., **Gregorauskienė, V.**, Halamic, J., Heitzmann, P., Jordan, G., Klaver, G., Klein, P., Lis, J., Locutura, J., Marsina, K., Mazreku, A., O'Connor, P. J., Olsson, S. A., Ottesen, R.-T., Petersell, V., Plant, J. A., Reeder, S., Salpeteur, I., Sandström, H., Siewers, U., Steenfelt, A., Tarvainen, T., **2003**. FOREGS geochemical baseline mapping programme - a new European wide database and geochemical atlas. *4th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, Bologna, Italy, 17-20 June 2003. Proceedings. Bologna, 2003, vol. II*, 655–656.

Reimann, C., Siewers, U., Tarvainen, T., Bityukova, L., Eriksson, J., Gilucis, A., **Gregorauskiene, V.**, Lukashev, V., Pasieczna, A., **2003**. The agricultural soil geochemical atlas of northern Europe. *6th International Symposium on Environmental Geochemistry (ISEG 2003), 7-11 September 2003, University of Edinburgh, Edinburgh, Scotland: Final Programme and Book of Abstracts*, 32.

Salminen, R., Bogatyrev, I., Chekushin, V., Glavatskikh, S. P., **Gregorauskienė, V.**, Tomilina, O., Tenhola, M., **2003**. Barents ecogeochemistry - a new large scale geochemical baseline study of heavy metals and other elements in surficial materials, NW Russia and Finland. *6th International Symposium on Environmental Geochemistry (ISEG 2003), 7-11*

September 2003, University of Edinburgh, Edinburgh, Scotland: Final Programme and Book of Abstracts, 33.

Salminen, R., Batista, M. J., Bidovec, M., **Gregorauskienė, V.**, Halamic, J., Heitzmann, P., Jordan, G., Kivisilla, J., Klaver, G., Klein, P., Lis, J., Locutura, J., Marsina, K., O'Connor, P. J., Olsson, S., Ottesen, R-T., Plant, J. A., Reeder, S., Salpeteur, I., Siewers, U., and Steenfelt, A., **2003**. FOREGS geochemical baseline mapping - a new European - wide database and geochemical atlas. *6th International Symposium on Environmental Geochemistry (ISEG 2003)*, 7-11 September 2003, University of Edinburgh, Edinburgh, Scotland: Final Programme and Book of Abstracts, 207.

Reimann, C., Siewers, U., Tarvainen, T., Bitjukova, L., Eriksson, J., Gilucis, A., **Gregorauskiene, V.**, Lukashev, V., Matinian, N. N., Pasieczna, A., **2003**. The Baltic soil survey: ultra low density multi-element geochemical mapping of northern Europe. *IGES & NAMS 2003, Dublin, Ireland : 21st International Geochemical Exploration Symposium (IGES)*, 29th August - 3rd September 2003 & *3rd North Atlantic Mineral Symposium (NAMS)*, 1st September - 3rd September 2003: programme & abstracts, 61–62.

Salminen, R., Gilucis, A., **Gregorauskiene, V.**, Petersell, V., Tomilina, O., **2004**. Influence of human activities in the geochemical baselines in the Baltic countries, Finland and NW-Russia. *32nd International Geological Congress, Florence, Italy, August 20-28, 2004: abstracts*, 850.

Gregorauskienė, V., 2005. Review of the quality criterias for soil in East European countries = Przegląd kryteriów jakości gleb stosowanych w krajach Wschodniej Europy. *The Central European and European Union Standards on the Assesment of the Industrial and Mining Environment Pollution, Warsaw, Poland, 20–24 September 2005: Abstracts and Field Trip Guide-Book*, 25–30.

Gregorauskienė, V., Satkūnas, J., 2005. Geocheminės taršos kartografavimas ir miestų plėtra = Geochemical pollution mapping and urban development. *Parkas mieste – socialinis ir ekonominis veiksnys: tarptautinės*

konferencijos medžiaga, Vilnius, 2005 m. spalio 7 d. – Vilnius, Lietuvos turto vertintojų asociacija, 64–70.

Rissanen, K., Ylipieti, J., Salminen, R., Täht, K., Gilucis, A., **Gregorauskiene, V., 2005.** Cs-137 concentrations in the uppermost humus layer in the Baltic countries in 2003. *Valentin J, Cederlund T, Drake P, Finne IE, Glansholm A, Jaworska A, Paile W, Rahola T (eds). Radiological Protection in Transition – Proceedings of the XIV Regular Meeting of the Nordic Society for Radiation Protection, NSFS – Rättsvik, Sweden, 27–31 August 2005. SSI Report 2005:15. Stockholm: Swedish Radiation Protection Authority; 327–330.*

Gregorauskienė, V., 2006. Terrestrial moss (*Hylocomium splendens*) used as bio-monitor of trace element deposition from different pollution sources. *Metals in the environment: 3rd International conference in Lithuania, Vilnius, 26-29 April 2006: abstracts. Vilnius: Institute of Geology and Geography, 34.*

Gregorauskiene, V., 2007. Mapping of geochemical contamination in urban areas of Lithuania. *Meeting of NATO/CCMS Pilot Study Prevention and Remediation: Annual Report No. 281 Selected Industrial Sectors: Sediments. Ljubljana, Slovenia, 2007, 34.*

Pasieczna, A., **Gregorauskiene, V., 2007.** Geochemia wybranych pierwiastków w glebach pogranicza polsko-litewskiego. *Zapis działalności człowieka w środowisku przyrodniczym: przewodnik terenowy; streszczenia wystąpień. Red. E. Smolska, P. Szwarzewsk, Warszawa, 109–110.*

Demetriades, A., De Vivo, B., Ander, E. L., Bidovec, M., Lima, A., Pirc, S., Reeder, S., Siewers, U., Smith, B., Albanese, S., Batista, M. J., Belian, A., Birke, M., Breward, N., De Vos, W., Duris, M., Gravesen, P., **Gregorauskiene, V.,** Halamic, J., Jordan, G., Lax, K., Locutura, J., O'Connor, P. J., Pasieczna, A., Slaninka, I., Tarvainen, T., Gilulis, A., Heitzmann, P., Klaver, G., Klein, P., Lis, J., Marsina, K., Mazreku, A., Ottesen, R. T., Petersell, V., Salminen, R., Salpeteur, I., Sandstrom, H., Shaw, R., Steenfelt, A., & Taylor, H., **2008.** The EuroGeoSurveys Geochemical Atlas of Europe:

Stream water geochemistry. *G. Migiros, G. Stamatis & G. Stournaras (Editors), Proceedings 8th International Hydrogeological Congress of Greece – 3rd MEM Workshop on fissured rocks hydrology. Geological Society of Greece, Athens, Volume 1, 237–250.*

Bogatyrev, I., Chekushin, V., Salminen, R., Lax, K., Glavatskikh, S., Reimann, C., **Gregorauskienė, V.**, Petersell, V., Gilucis, A., **2008.** Integrated database of Northern Europe Geochemistry (NEG) Project. *33rd International Geological Congress, August 6–14th, 2008, Oslo, Norway, Programme Book, EGC04406L, 165.*

Tomilina, O., Chekushin, V., Salminen, R., Lax, K., Reimann, C., Gregorauskienė, V., Petersell, V., Gilucis, A., Guljaeva, N., **2008.** Northern Europe Geochemistry (NEG) Project – Assessment of Environmental status, 2008. *33rd International Geological Congress, August 6–14th, 2008, Oslo, Norway, Programme Book, EGC04421P, 165.*

Chekushin, V., Selenok, L., Bogatyrev, I., Glavatskikh, S. P., Salminen, R., Lax, K., Reimann, C., **Gregorauskienė, V.**, Petersell, V., Gilucis, A., Golovin, A., Krinochkin, L., **2008.** Northern Europe geochemistry (NEG) project – Map of the ore related anomalous geochemical fields of Fennoscandian shield and its eastern frame at the scale of 1:5 000 000. *33rd International Geological Congress, August 6–14th, 2008, Oslo, Norway, Programme Book, EGC04422P, 165.*

Salminen, R., Chekushin, V., Bogatyrev, I., Gilucis, A., Glavatskikh, S. P., Golovin, A., **Gregorauskienė, V.**, Mäkinen, J., Lax, K., Reimann, C., Selenok, L., Tomilina O., **2008.** Northern Europe Geochemistry (NEG) – a metadata – base for 21 international and national regional geochemical databases. *33rd International Geological Congress, August 6–14th, 2008, Oslo, Norway, Programme Book, EGC04407L, 165.*

Salminen, R., Chekushin, V., Bogatyrev, I., Gilucis, A., Glavatskikh, S., Golovin, A., **Gregorauskiene, V.**, Mäkinen, J., Petersell, V., Lax, K., Reimann, C., Selenok, L., and Tomilina, O., **2008.** Northern Europe Geochmistry (NEG) – a metadata-base for 21 international and national

regional geochemical databases. *Abstracts of the 28th Nordic Geological Winter Meeting, Aalborg, Denmark, January 7-10*, 94.

Tomilina, O., Chekushin, V., Salminen, R., Lax, K., Reimann, C., Gregorauskiene, V., Petersell, V., Gilucis, A., and Guljaeva, N., **2009**. Assessment of environmental status in northern Europe. *9th Finnish Geochemical Meeting 2009, Espoo, Finland; abstracts, Sarala, Vuorimiesyhdistyksen Tutkimusseloste. Sarja B, 90*, 43–45.

Chekushin, V., Selenok, L., Bogatyrev, I., Glavatskikh, S., Golovin, A., Krinochkin, L., Salminen, R., Makinen, J., Lax, K., Reimann, C., **Gregorauskiene, V.**, Petersell, V., and Gilucis, A., **2009**. Northern Europe Geochemistry (NEG) project - map of ore related anomalous geochemical fields of Fennoscandian Shield and its eastern frame at the scale of 1:5 000 000. *9th Finnish Geochemical Meeting 2009, Espoo, Finland; abstracts, Sarala, Vuorimiesyhdistyksen Tutkimusseloste. Sarja B, 90*, 39–42.

Bogatyrev, I., Chekushin, V., Salminen, R., Lax, K., Glavatskikh, S., Reimann, C., **Gregorauskiene, V.**, Petersell, V., and Gilucis, A., **2009**. Integrated database of Northern Europe Geochemistry (NEG) Project. *9th Finnish Geochemical Meeting 2009, Espoo, Finland; abstracts, Sarala, Vuorimiesyhdistyksen Tutkimusseloste. Sarja B, 90*, 38.

Satkūnas, J., **Gregorauskienė, V.**, Kanopienė, R., Mikulėnas, V., Minkevičius, V., Šačkus, V., Šliauteris, A., **2010**. Man made formations and geopollution - state-of-art in Lithuania. *IUGS-GEM Annual General Meeting and workshop "Man made strata and geopollution", 3-8 October 2010, Windhoek, Namibija (CD)*.

Kazlauskaitė, A., **Gregorauskienė, V.**, Volungevičius, J., **2010**. Dirvožemio pH ir taršos cheminiais elementais tarpusavio priklausomumo nagrinėjimo problemos. *Mokslinė konferencija „Lietuvos mokslų akademijos nario korespondento, profesoriaus Viktoro Ruokio mokslinis palikimas“, 22 balandžio 2010, Kaunas: pranešimų santraukos*, 40.

Antanavičius, G., Švedienė, S., **Gregorauskienė, V.**, **2011**. Sampling and sample conservation for topsoil chemical analysis. *5th International*

Scientific Conference, The Vital Nature Sign 2011, Birštonas, Kaunas, Abstract Book, Vytautas Magnus University, 35.

Knygos, atlasai, metodiniai leidiniai

Salminen, R., Tarvainen, T., Demetriades, A., Duris, M., Fordyce, F. M., **Gregorauskiene, V.**, Kahelin, H., Kivisilla, J., Klaver, G., Klein, P., Larson, J. O., Lis, J., Locutura, J., Marsina, K., Mjartanova, H., Mouvet, C., O'Connor, P., Odor, L., Ottonello, G., Paukola, T., Plant, J. A., Reimann, C., Schermann, O., Siewers, U., Steenfelt, A., Van Der Sluys, J., & Williams, L., **1998**. FOREGS Geochemical Mapping Field Manual. *Geological Survey of Finland, Espoo, Guide 47*, 36 p.

Kadūnas, V., Budavičius, R., **Gregorauskienė, V.**, Katinas, V., Kliaugienė, E., Radzevičius, A., Taraškevičius, R. **1999**. Lietuvos geocheminis atlasas=Geochemical Atlas of Lithuania. *Geologijos institutas, Lietuvos geologijos tarnyba. Vilnius*, 230 pp.

Domaševičius, A., Giedraitienė, J., **Gregorauskienė, V.**, Kadūnas, K., Marcinonis, A., Šečkus, R., Štriupkuvienė, N., **1999**. Požeminio vandens monitoringas. Metodinės rekomendacijos. *Lietuvos geologijos tarnyba, Vilnius*, 79 p.

Reimann, C., Sievers, U., Tarvainen, T., Bityukova, L., Eriksonn, J., Gilucis, A., **Gregorauskienė, V.**, Lukashev, V. K., Matinian, N. N., & Pasieczna, A., **2003**. Agricultural Soils in Northern Europe: A Geochemical Atlas. *Geologisches Jahrbuch, Sonderhefte, Reihe D, Heft SD 5. ISBN 3-510-95906-X. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart*, 279 p.

Radzevičius, A., **Gregorauskienė, V.**, Kadūnas, V., Putys, P., **2004**. Panevėžio apskrities geocheminis atlasas=Geochemical atlas of Panevėžys county. *Panevėžio apskrities administracija, Geologijos ir geografijos institutas, Lietuvos geologijos tarnyba, Vilnius-Panevėžys*, 123 pp.

Salminen, R., Chekushin, V., Tenhola, M., Bogatyrev, I., Glavatskikh, S. P., Fedotova, E., **Gregorauskiene, V.**, Kashulina, G., Niskavaara, H.,

Polischuok, A., Rissanen, K., Selenok, L., Tomilina, O., and Zhdanova, L., **2004**. Geochemical atlas of the eastern Barents region. *Elsevier BV, Amsterdam (Reprinted from Journal of Geochemical Exploration, vol. 83)*, 548 p.

Salminen, R., Batista, M. J., Bidovec, M., Demetriades, A., De Vivo, B., De Vos, W., Duris, M., Gilucis, A., **Gregorauskiene, V.**, Halamic, J., Heitzmann, P., Lima, A., Jordan, G., Klaver, G., Klein, P., Lis, J., Locutura, J., Marsina, K., Mazreku, A., O'Connor, P. J., Olsson, S. Å., Ottesen, R. T., Petersell, V., Plant, J. A., Reeder, S., Salpeteur, I., Sandström, H., Siewers, U., Steenfelt, A., & Tarvainen, T., **2005**. FOREGS Geochemical Atlas of Europe, Part 1: Background Information, Methodology and Maps. *Geological Survey of Finland, Espoo*, 526 pp.

De Vos, W., Tarvainen, T., Salminen, R., Reeder, S., De Vivo, B., Demetriades, A., Pirc, S., Batista, M. J., Marsina, K., Ottesen, R. T., O'Connor, P. J., Bidovec, M., Lima, A., Siewers, U., Smith, B., Taylor, H., Shaw, R., Salpeteur, I., **Gregorauskiene, V.**, Halamic, J., Slaninka, I., Lax, K., Gravesen, P., Birke, M., Beward, N., Ander, E. L., Jordan, G., Duris, M., Klein, P., Locutura, J., Bel-lan, A., Pasieczna, A., Lis, J., Mazreku, A., Gilucis, A., Heitzmann, P., Klaver, G., & Petersell, V., **2006**. Geochemical Atlas of Europe. Part 2 - Interpretation of Geochemical Maps, Additional Tables, Figures, Maps, and Related Publications. *Geological Survey of Finland, Espoo*, 692 p.

Reimann, C., Albanese, S., Batista, M. J., Bel-Lan, A., Birke, M., Cicchella, D., Demetriades, A., De Vivo, B., De Vos, W., Dinelli, E., Duris, M., Dusza-Dobek, A., Ernstsens, V., Flight, D., Gilucis, A., Gosar, M., **Gregorauskiene, V.**, Gulan, A., Hayoz, P., Halamic, J., Haslinger, E., Hratovic, H., Ion, A., Ivanovna, Y., Johnson, C., Jordan, G., Kisivilla, J., Klein, P., Kwecko, P., Lax, K., Lima, A., Locutura, J., Malyuk, B. I., Maquil, R., Marku, S., Martins, L., Mazreku, A., Messina, A., O'Connor, P., Ottesen, R. T., Pasieczna, A., Petersell, W., Reeder, S., Salpeteur, I., Schedl, A., Sefcik, P., Slaninka, I., Sorsa, A., Selinus, O., Stafilov, T., Tarvainen, T., Trendavilov,

V., Utermann, J., Valera, P., Vidojevic, D., Volden, T., **2008**. EuroGeoSurveys Geochemical Mapping of Agricultural and Grazing Land Soil of Europe (GEMAS), Field Manual. *NGU Report 2008.038, Geological Survey of Norway*, 46 p.

Salminen, R. (Ed.), Chekushin, V., Tomilina, O., Selenok, L., Bogatyrev, I., Gilucis, A., Glavatskikh, S. P., Golovin, A., **Gregorauskiene, V.**, Krinochkin, L., Lax, K., Mäkinen, J., Petersell, V., and Reimann, C., **2009**. Geochemical Atlas of Northern Europe. *Geological Survey of Finland, Espoo, elektroninė publikacija <http://weppi.gtk.fi/publ/negatlas>*.

Salminen, R., Chekushin, V., Gilucis, A., **Gregorauskiene, V.**, Petersell, V., Tomilina, O., **2011**. Distribution of Elements in Terrestrial Mosses and the Organic Soil Layer in the Eastern Baltic Region. *Special Paper 50 Geological Survey of Finland, Espoo*, 31 p.

Lentelė. Dirvožemio profilio cheminės sudėties tyrime naudotų mikroelementų visuminių kiekių pasiskirstymo parametrai 53-uose kasiniuose (DC Arc ES analizė)

	Ag	As	B	Ba	Co	Cr	Cu	Ga	Y	Yb	La	Li	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Rb	Sc	Sn	Sr	Th	Ti	U	V	Zn	Zr
smėlio dirvožemio A horizontas, n=9																												
Md	0,088	2,0	22	198	2,6	13,9	4,9	5,0	8,0	1,3	16,8	10,7	406	0,65	12,6	6,3	446	17,7	31	1,9	2,05	54	2,1	1287	1,3	17	15,8	168
X	0,092	1,9	22	196	3,2	18,6	4,0	4,9	8,2	1,2	17,7	11,1	410	0,65	11,5	7,6	570	17,7	37	1,9	2,05	53	2,9	1535	1,6	21	19,6	169
Min	0,056	1,0	10	85	1,1	7,9	1,0	1,7	3,0	0,7	8,5	7,3	182	0,39	5,6	3,9	186	10,4	20	1,0	1,69	33	1,1	846	1,0	11	9,9	86
Max	0,143	3,5	36	286	7,1	47,3	7,9	9,7	15,8	2,1	26,6	20,6	706	0,78	14,3	17,7	1533	28,7	64	3,0	2,37	74	6,3	2662	2,5	47	39,4	257
V	34	48	38	35	55	63	66	48	50	43	32	34	47	17	22	55	68	32	41	38	12	25	67	44	39	54	50	33
smėlio dirvožemio E (AB) horizontas, n=18																												
Md	0,079	2,4	25	229	3,2	19,7	3,0	5,3	6,4	1,1	17,9	12,8	192	0,62	11,5	7,5	376	13,9	45	2,1	1,88	61	3,6	1587	2,0	19	11,8	209
X	0,080	2,4	25	237	4,2	24,8	4,2	5,3	9,4	1,4	17,8	13,3	261	0,63	11,8	9,7	404	14,1	45	2,6	2,07	58	3,3	1711	1,9	25	16,7	208
Min	0,050	1,0	13	92	1,4	10,5	1,0	2,4	3,5	0,5	7,0	7,2	114	0,40	5,9	4,0	243	7,0	22	0,7	1,58	37	1,0	757	1,0	9	7,9	90
Max	0,129	4,9	42	346	14,7	57,0	11,8	9,6	24,8	3,5	31,6	21,9	570	0,85	17,8	25,6	753	23,6	66	6,9	2,95	80	6,6	3366	3,9	69	40,3	347
V	24	37	31	33	77	54	79	40	65	65	34	32	55	18	27	61	29	30	26	72	20	23	55	47	41	66	58	40
smėlio dirvožemio B horizontas, n=16																												
Md	0,076	2,5	26	234	4,3	21,3	4,5	5,7	7,7	1,3	17,3	12,9	304	0,67	10,4	9,7	445	13,2	39	2,1	2,04	61	3,4	1082	1,8	24	17,4	121
X	0,104	2,5	28	229	4,2	24,2	5,1	5,9	9,1	1,3	17,7	13,7	466	0,68	10,3	11,4	451	14,0	45	2,4	2,04	63	3,6	1277	1,8	28	19,8	186
Min	0,059	1,0	13	119	1,7	12,3	1,0	2,8	2,9	0,5	7,9	8,9	128	0,40	6,5	4,0	238	8,0	29	1,0	1,57	43	1,2	619	1,0	9	9,8	79
Max	0,299	4,8	52	353	8,7	49,2	13,8	9,8	19,6	2,3	27,8	22,7	2495	0,90	14,9	25,6	699	22,6	64	5,8	2,97	104	7,3	2256	3,1	73	44,2	589
V	68	47	35	27	47	47	69	40	53	41	34	27	122	19	27	60	33	31	28	59	21	28	55	43	40	63	53	85
smėlio dirvožemio BC horizontas, n=9																												
Md	0,070	2,8	23	199	4,3	19,7	4,0	5,7	8,5	1,2	15,8	16,0	420	0,66	8,0	8,2	437	14,0	43	1,5	1,69	68	2,6	1182	1,6	19	14,9	110
X	0,082	2,9	25	216	3,9	21,3	3,9	5,9	10,0	1,3	15,5	14,9	394	0,69	8,8	9,7	464	13,6	42	2,1	1,94	67	2,8	1254	1,7	23	18,5	131
Min	0,049	1,1	13	99	2,1	12,9	1,0	3,6	3,5	0,6	8,9	8,9	139	0,40	5,9	4,0	327	9,8	21	0,9	0,99	44	1,0	539	1,1	9	9,8	71
Max	0,129	4,6	39	354	5,3	35,5	6,9	7,9	18,0	2,0	20,7	19,7	845	0,99	13,0	17,3	596	16,3	56	4,9	3,34	93	5,5	1980	2,7	49	39,4	199
V	37	43	37	37	27	40	56	22	55	36	23	22	56	28	23	47	21	17	24	68	37	23	62	40	36	56	55	36
smėlio dirvožemio C horizontas, n=13																												
Md	0,077	2,4	23	228	3,2	17,4	3,0	4,5	10,0	1,4	18,9	12,9	287	0,68	11,0	7,0	475	12,0	36	2,0	1,79	64	3,9	1294	2,2	18	10,0	149
X	0,090	2,4	28	227	3,9	23,7	4,3	5,9	11,3	1,6	18,5	13,3	310	0,66	11,0	10,3	496	13,9	42	2,4	1,87	70	3,6	1526	2,2	25	17,3	205
Min	0,035	1,3	16	109	1,8	11,0	1,0	2,2	5,0	0,5	8,9	9,9	160	0,40	6,9	4,5	297	6,9	30	1,0	1,09	48	1,3	749	1,1	9	9,9	89

Max	0,169	3,3	61	379	10,3	78,4	10,8	18,6	24,5	5,3	37,2	22,5	549	0,92	15,0	28,4	882	33,3	70	6,7	2,96	102	5,4	4312	3,3	78	62,7	548
V	47	25	45	39	57	81	72	73	51	77	37	26	41	22	27	74	32	51	28	66	31	23	34	62	26	84	95	69

smėlio dirvožemio H horizontas, n=3

Md	0,095	1,4	17	207	2,9	16,2	2,9	4,8	9,9	1,0	19,1	13,3	304	0,72	9,9	7,6	591	22,8	37	3,0	1,81	54	1,3	1650	1,4	20	18,1	163
X	0,093	2,2	24	206	3,8	25,2	4,6	6,9	9,1	1,2	17,7	12,1	388	0,59	10,7	9,9	688	21,5	34	2,7	1,99	66	1,7	1686	1,7	25	27,0	231
Min	0,066	1,3	17	145	1,1	13,2	2,0	2,2	6,7	1,0	14,3	5,3	73	0,26	9,5	3,3	285	15,2	10	1,9	0,92	50	1,0	1045	1,0	11	7,9	133
Max	0,118	3,8	39	266	7,6	46,3	8,9	13,8	10,8	1,7	19,7	17,7	788	0,79	12,8	18,7	1188	26,6	54	3,3	3,25	94	2,8	2364	2,7	43	55,2	396
V	28	65	54	29	88	73	82	88	24	31	17	52	94	48	17	81	67	27	66	27	59	37	57	39	52	69	92	63

smėlio dirvožemio G horizontas, n=3

Md	0,100	2,4	33	449	4,7	42,7	7,9	5,2	9,9	2,3	35,9	10,0	427	0,66	15,0	8,3	581	11,0	42	2,6	2,78	80	4,0	3154	2,3	25	26,8	278
X	0,096	3,2	36	559	5,9	40,9	7,8	5,8	8,1	2,4	32,0	13,6	388	0,75	15,4	13,3	558	12,5	58	4,8	2,65	81	4,4	3107	2,8	42	31,7	404
Min	0,071	2,4	30	149	3,2	26,9	3,0	3,9	2,3	1,6	16,9	6,0	189	0,60	13,3	6,6	299	10,8	39	2,0	2,09	67	2,5	2792	1,5	18	12,0	216
Max	0,116	4,8	45	1079	10,0	53,1	12,5	8,3	12,0	3,3	43,2	24,9	548	1,00	17,9	24,9	794	15,9	94	10,0	3,07	97	6,8	3376	4,7	83	56,4	718
V	24	43	22	85	60	32	61	39	63	36	42	73	47	29	15	76	45	23	53	92	19	18	49	9	59	85	71	68

priemolio-molio dirvožemio A horizontas, n=15

Md	0,089	4,1	36	475	7,3	45,4	9,5	8,0	18,1	2,5	27,8	19,2	456	0,77	14,4	17,9	472	18,5	75	8,0	2,45	90	5,1	2976	2,6	48	33,3	266
X	0,100	3,8	37	451	7,3	44,7	9,6	8,0	17,2	2,5	27,7	19,7	467	0,79	14,0	17,7	550	16,8	81	7,8	2,49	94	5,0	3096	2,6	49	34,7	286
Min	0,038	2,3	27	156	5,3	31,1	7,5	6,1	8,8	1,6	18,9	11,7	335	0,57	10,5	12,0	230	9,5	53	3,5	1,98	66	2,1	1888	1,3	36	12,5	160
Max	0,311	5,2	48	714	9,5	57,5	12,4	9,6	24,7	3,8	37,7	28,2	671	1,24	17,3	24,9	1038	21,7	131	13,2	3,07	131	9,1	4416	4,9	71	51,8	528
V	66	26	18	34	13	15	18	12	26	24	22	23	21	19	13	22	48	22	27	33	15	22	36	21	31	19	31	33

priemolio-molio dirvožemio E (AB) horizontas, n=21

Md	0,088	4,1	37	431	8,0	48,2	9,6	8,9	17,3	2,4	26,7	18,6	458	0,71	14,8	19,1	374	18,1	89	7,8	2,65	91	5,9	3244	2,6	55	44,9	245
X	0,088	4,2	39	443	8,2	52,0	10,9	9,5	18,7	2,7	30,0	22,5	466	0,80	14,9	22,7	426	17,5	91	7,9	2,97	94	6,3	3266	2,9	58	44,9	271
Min	0,048	2,7	26	208	5,7	29,0	4,9	6,6	11,3	2,0	20,7	11,6	285	0,10	8,7	12,2	195	8,8	57	1,9	1,44	64	2,6	1881	1,5	40	23,4	120
Max	0,176	5,3	65	726	12,0	104,9	30,5	16,6	26,1	3,9	60,0	40,1	877	1,43	21,5	55,5	1160	25,4	160	13,9	5,46	143	10,5	4382	5,3	100	70,3	488
V	41	19	24	29	19	34	55	29	20	22	34	40	30	35	24	47	48	25	27	33	36	20	39	22	36	26	27	38

priemolio-molio dirvožemio B horizontas, n=27

Md	0,073	4,0	51	340	9,1	63,6	14,7	10,8	18,1	2,6	26,9	26,5	422	0,83	13,5	31,8	395	18,6	87	8,7	3,47	86	6,6	3149	3,0	74	48,8	212
X	0,108	4,0	53	383	9,5	67,5	14,8	11,4	18,8	2,6	28,9	26,7	423	0,94	13,7	31,0	478	18,6	92	8,7	3,43	89	6,6	3042	3,2	76	50,2	222
Min	0,030	2,1	29	145	5,4	44,8	6,8	7,6	9,6	1,8	17,3	14,4	185	0,63	9,0	17,5	232	8,2	62	4,8	1,69	69	3,3	1828	2,0	55	25,3	106
Max	0,385	6,3	92	684	14,4	110,9	33,0	16,4	35,6	4,2	67,4	40,4	718	1,73	23,1	48,2	1348	33,7	132	15,4	5,21	145	10,7	5200	4,4	116	77,0	421
V	74	23	29	40	20	27	38	21	29	21	34	27	27	32	22	28	56	32	23	30	25	19	31	23	21	20	27	34

priemolio-molio dirvožemio BC horizontas, n=13

Md	0,088	4,3	50	293	9,1	59,0	15,6	10,4	18,6	2,5	26,5	19,7	459	0,75	12,3	28,8	440	16,1	79	7,4	2,92	86	6,2	2842	2,9	76	43,7	182
X	0,089	4,2	52	368	9,0	60,7	14,0	10,5	18,2	2,7	27,4	23,0	476	0,81	12,1	29,4	519	17,8	84	7,8	2,82	89	6,3	2834	3,0	70	47,3	213
Min	0,035	3,3	34	192	4,7	38,4	5,8	6,8	11,7	2,1	20,5	15,4	265	0,10	6,8	15,1	276	13,2	54	3,9	1,56	72	4,2	1862	2,1	46	27,4	86
Max	0,155	5,2	94	721	12,2	89,2	19,5	15,6	24,7	4,0	34,9	42,7	666	1,46	15,8	48,7	980	29,3	127	12,8	4,17	107	8,7	3591	4,0	107	77,8	416
V	41	13	30	45	19	26	33	21	21	19	21	35	25	40	25	30	38	26	24	34	30	14	21	17	19	27	31	43

priemolio-molio dirvožemio C horizontas, n=45

Md	0,064	4,5	50	319	9,6	55,1	12,7	10,6	22,0	2,9	32,8	21,5	492	0,98	13,6	25,4	580	15,6	82	7,8	2,44	103	6,6	3257	3,7	68	38,2	194
X	0,076	4,5	52	340	9,9	59,8	13,9	11,2	22,6	2,9	34,0	23,4	522	1,05	13,0	29,7	677	16,9	84	8,3	2,52	104	6,8	3411	3,6	69	44,1	212
Min	0,030	1,0	28	146	6,7	34,4	5,8	6,7	11,6	1,4	2,9	9,3	262	0,66	4,9	14,7	216	9,7	48	1,1	1,07	65	1,2	2066	1,8	30	9,9	66
Max	0,243	8,4	94	580	17,2	153,3	49,8	18,7	42,8	5,7	67,1	44,5	1169	2,21	31,6	80,5	2408	34,7	127	17,3	4,46	172	10,5	7193	5,1	116	88,4	403
V	57	25	23	31	23	33	51	26	31	27	34	35	31	30	40	37	61	34	22	36	34	23	35	32	22	32	43	33

priemolio-molio dirvožemio G horizontas, n=3

Md	0,115	3,8	31	539	9,6	57,7	11,5	11,5	25,0	3,1	30,3	35,6	336	0,83	18,9	20,2	356	21,1	80	8,7	3,75	87	6,3	3075	3,0	40	47,4	240
X	0,110	4,0	39	576	9,6	64,2	12,3	9,9	23,6	2,8	29,0	31,9	316	0,73	17,2	24,6	345	17,4	86	9,6	3,20	116	6,6	2809	3,1	55	47,2	224
Min	0,043	2,8	30	432	8,7	42,6	7,1	5,2	20,8	1,9	23,1	19,9	275	0,47	11,5	17,0	265	9,0	76	8,6	1,52	84	4,4	2178	2,2	33	46,2	123
Max	0,173	5,4	56	758	10,4	92,3	18,3	13,0	25,0	3,6	33,7	40,4	337	0,90	21,2	36,5	414	22,1	101	11,4	4,32	177	9,0	3175	4,0	90	48,1	308
V	59	33	37	29	9	40	46	42	10	30	19	34	11	31	29	43	22	42	16	16	46	46	35	20	29	57	2	42

Lentelės tęsinys. Dirvožemio profilio cheminės sudėties tyrime naudotų elementų visuminių kiekių pasiskirstymo parametrai 53-uose kasiniuose (ICP analizė)

	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	K.N.	pH
--	----	----	----	---	----	----	------	----

smėlio dirvožemio A horizontas, n=9

Md	2,37	0,21	0,42	1,07	0,06	0,27	2,4	5,5
X	2,39	0,25	0,50	1,11	0,09	0,31	7,0	5,9
Min	1,69	0,13	0,25	0,88	0,04	0,23	1,0	5,2
Max	3,14	0,47	1,01	1,80	0,25	0,46	43,6	6,8
V	19	49	47	25	72	27	197	11

smėlio dirvožemio E (AB) horizontas, n=18

Md	2,61	0,21	0,46	1,20	0,09	0,38	1,0	6,6
X	2,74	0,23	0,53	1,27	0,12	0,35	2,9	6,3
Min	1,51	0,11	0,13	0,90	0,03	0,21	0,2	4,8

	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	K.N.	pH
--	----	----	----	---	----	----	------	----

priemolio-molio dirvožemio A horizontas, n=15

Md	4,81	0,56	1,67	2,12	0,53	0,46	5,0	7,5
X	4,82	0,89	1,74	2,12	0,54	0,47	4,6	7,5
Min	3,12	0,31	0,66	1,33	0,15	0,35	2,4	6,5
Max	6,34	3,20	3,06	2,95	1,19	0,64	7,0	8,4
V	18	83	34	19	51	17	28	7

priemolio-molio dirvožemio E (AB) horizontas, n=21

Md	4,43	0,48	1,68	2,15	0,47	0,46	2,6	7,2
X	4,81	1,23	2,00	2,28	0,68	0,49	3,0	7,4
Min	2,18	0,28	1,12	1,88	0,29	0,36	1,0	6,0

Max	4,52	0,64	1,43	1,78	0,31	0,47	34,3	7,1
V	33	54	61	23	68	24	269	11

smélio dirvožemio B horizontas, n=16

Md	2,83	0,23	0,60	1,31	0,13	0,37	0,9	6,5
X	2,73	0,52	0,63	1,27	0,23	0,38	1,0	6,5
Min	1,69	0,13	0,23	0,90	0,04	0,26	0,1	5,2
Max	3,28	3,93	1,15	1,85	1,73	0,56	2,0	8,6
V	19	180	51	21	178	22	68	14

smélio dirvožemio BC horizontas, n=9

Md	2,66	0,28	0,47	1,06	0,12	0,36	0,7	6,9
X	2,43	0,94	0,49	1,20	0,28	0,38	0,9	6,9
Min	1,29	0,16	0,18	0,99	0,04	0,31	0,1	5,8
Max	3,35	4,00	0,74	1,60	1,42	0,47	1,7	8,7
V	26	152	34	19	159	17	68	14

smélio dirvožemio C horizontas, n=13

Md	2,67	0,23	0,33	1,12	0,08	0,37	0,7	6,7
X	2,59	1,10	0,49	1,26	0,31	0,37	0,8	7,0
Min	1,59	0,13	0,27	0,92	0,05	0,24	0,2	5,8
Max	3,29	4,20	1,27	2,21	1,31	0,58	2,0	8,7
V	22	129	64	28	137	22	64	16

smélio dirvožemio H horizontas, n=3

Md	2,76	0,19	0,44	1,07	0,08	0,33	5,0	5,1
X	2,67	0,56	0,53	1,12	0,20	0,30	13,5	5,8
Min	1,81	0,17	0,22	0,67	0,04	0,15	1,5	4,8
Max	3,43	1,33	0,94	1,61	0,48	0,43	34,0	7,5
V	31	118	69	42	122	47	132	26

smélio dirvožemio G horizontas, n=3

Md	3,89	0,34	0,66	1,69	0,12	0,38	0,7	7,0
X	4,07	0,62	1,92	1,65	0,39	0,38	6,0	6,7
Min	1,69	0,27	0,39	0,96	0,10	0,33	0,3	5,9
Max	6,64	1,26	4,70	2,31	0,94	0,42	17,0	7,2
V	61	89	126	41	124	12	159	11

Max	7,64	6,80	4,98	3,55	2,13	0,79	7,5	8,8
V	29	159	48	18	80	26	49	9

priemolio-molio dirvožemio B horizontas, n=27

Md	4,75	0,53	2,61	2,36	0,67	0,43	3,0	7,4
X	4,91	1,12	2,57	2,41	0,81	0,46	3,1	7,5
Min	3,02	0,25	1,41	1,71	0,32	0,25	0,5	5,7
Max	8,00	7,66	4,47	3,34	2,35	0,86	5,5	8,8
V	29	142	32	17	60	26	38	10

priemolio-molio dirvožemio BC horizontas, n=13

Md	4,18	1,18	1,71	2,06	1,09	0,42	2,4	7,8
X	4,45	2,16	2,01	2,17	1,14	0,43	2,9	7,9
Min	3,04	0,37	1,37	1,65	0,38	0,33	1,4	7,1
Max	6,64	6,10	3,55	3,00	2,55	0,58	5,5	9,0
V	26	98	31	17	60	17	45	7

priemolio-molio dirvožemio C horizontas, n=45

Md	4,41	4,09	2,02	2,14	1,26	0,44	2,6	8,4
X	4,73	3,62	2,08	2,23	1,28	0,45	2,7	8,0
Min	2,17	0,29	0,72	1,56	0,38	0,27	0,6	5,6
Max	8,63	8,47	3,81	3,46	2,82	0,91	5,0	9,0
V	30	78	33	16	51	26	37	11

priemolio-molio dirvožemio G horizontas, n=3

Md	4,61	0,59	2,16	2,09	0,67	0,42	3,9	7,8
X	4,59	5,79	2,02	2,22	1,00	0,47	4,3	8,0
Min	4,55	0,48	1,71	2,02	0,41	0,36	3,8	7,3
Max	4,62	16,29	2,20	2,55	1,92	0,63	5,3	8,9
V	1	157	13	13	81	30	19	10