

Vilniaus universitetas  
Geologijos ir mineralogijos katedra

**MIKROELEMENTINĖS SILŪRO UOLIENŲ SUDĖTIES  
YPATUMAI STONIŠKIŲ-1, AKMENYNŲ-149 IR GĖLUVOS-99  
GRĖŽINIUOSE**

**Magistro darbas**

Geologinės nuotraukos, paieškos  
ir žvalgybos studijų programos  
II kurso studentės  
Živilės Mockienės

Darbo vadovas  
doc. Donatas Kaminskas

**VILNIUS, 2006**

## TURINYS

ĮVADAS	3
1. METODIKA	5
2. STRATIGRAFIJA IR LITOLOGIJA	10
3. MIKROELEMENTINĖS SILŪRO UOLIENŲ SUDĖTIES YPATUMAI STONIŠKIŲ-1, AKMENYNŲ-149 IR GĖLUVOS-99 GREŽINIUOSE	13
3.1. Mikroelementinė uolienu sudėtis	13
3.1.1. Mikroelementų asociacijos	16
3.1.2. Mikroelementų kaupimosi asociacijos	18
3.2. Mikroelementinės uolienu kaitos ypatumai ankstyvajame ir vėlyvajame silūre	20
3.2.1. Mikroelementų asociacijų kaita ankstyvajame silūre	21
3.2.2. Mikroelementų asociacijų kaita vėlyvajame silūro	21
3.2.3. Mikroelementų kaupimasis ankstyvajame ir vėlyvajame silūre	22
IŠVADOS	25
LITERATŪRA	26
SUMMARY	28
PRIEDAI	29

## ĮVADAS

**Magistrinio darbo tikslas:** *įvertinti Stoniškių 1, Akmenynų 149, Gėluvos 99 grėžinių silūro sistemos uolienuų mikroelementinės sudėties ypatumus.*

### **Pagrindiniai uždaviniai:**

1. Surinkti ir apdoroti faktinę medžiagą apie silūro stratigrafiją, litologiją ir paleogeografiją.
2. Įvesti mikroelementinės uolienuų sudėties medžiagą į skaitmenines laikmenas.
3. Aprašyti paminėtų grėžinių stratigrafiją ir litologiją.
4. Ištirti silūro uolienuų mikroelementinę sudėtį, asociacijas ir kaupimosi eiles.
5. Įvertinti mikroelementinės kaitos, asociacijų ir kaupimosi eilių pokyčius ankstyvajame ir vėlyvajame silūre.

Lyginant su kitomis geologinėmis sistemomis, silūro sistemos tyrimai Lietuvoje yra vieni iš detaliausių. Daugiausia dėmesio tyrinėjant silūrą buvo skirta facijoms ir formacijoms, paleogeografijai, litologijai, paleotektonikai, naftos paieškoms ir ypač stratigrafijai.

Mikroelementinės silūro uolienuų sudėties skirtumai iš dalies leidžia spėti apie pirmines šių uolienuų susidarymo sąlygas. Šiuo atveju labai svarbūs tampa tiek ankstyvosios, tiek vėlyvosios diagenozės metu silpnai migruojančių mikroelementų – Zr, Nb, Y, Co, Ni – kiekiai uolienose. Cinko, vario, vanadžio ir švino pasiskirstymui gali turėti įtakos organinės medžiagos kiekis: šie mikroelementai dažniausiai kaupiasi dviejų procesų metu – esant redukciniams nuosėdų formavimosi sąlygoms bei epigenetinių procesų metu, jei nuosėdose yra organinės medžiagos. Stroncio kiekiai labiausiai priklauso nuo karbonatų.

Didesnė mikroelementų įvairovė būdinga nuosėdoms, iš kurių susidarė terigeninės ir terigeninės-chemogeninės uolienos. Jose mikroelementai yra susiję su akcesoriniais mineralais, įeina į pagrindinių mineralų kristalinę gardelę kaip izomorfinė priemaiša, taip pat būna sorbuoti kitų mineralų (molio, hidroksidų ir kt.).

To paties tipo uolienos susidariusios skirtingų sedimentacijos baseinų vystymosi etapų metu, skiriasi kai kuriais mikroelementinės sudėties ypatumais. Šiuo atveju mikroelementai – indikatoriai yra Ti, Zr, Nb iš dalies Y, Yb, La, kurie uolienose yra susiję su dūlėjimui atspariais mineralais. Uolienose, susidariusiose iš transgresinių etapų nuosėdų, paprastai šių mikroelementų kiekis yra didesnis, nei regresinių etapų uolienose. Tai rodo, kad po sedimentacinių pertraukų, transgresuojančiai jūrai užliejant sausumą, į baseinus patenkančioje

terigeninėje medžiagoje būna daugiau atsparių dūlėjimui mineralų. Regresuojant jūrai, perplaunamos anksčiau sedimentacijos baseine susidariusios nuosėdos, todėl ir šių mineralų bei su jais susijusių mikroelementų kiekis sumažėja, tačiau padidėja su smulkiadispersine frakcija susijusių mikroelementų ( Ga, Li, Sc). Tokiu būdu šių elementų kiekis yra svarbus paleogeografinis rodiklis.

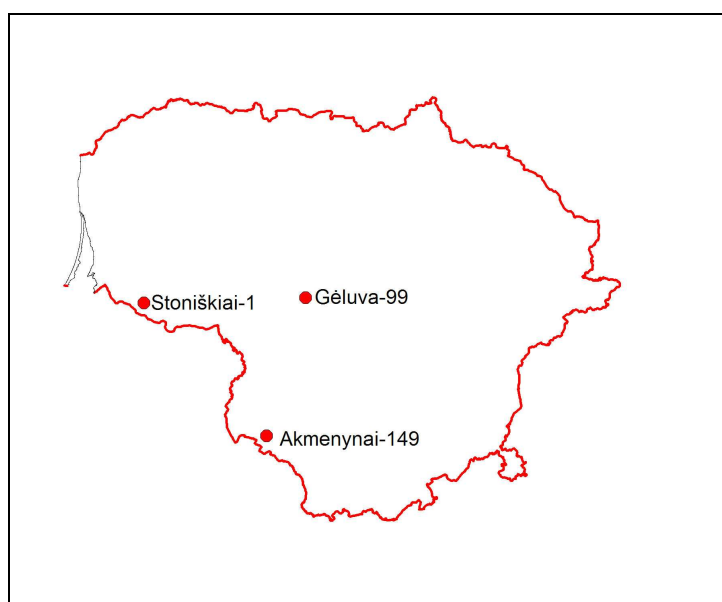
Silūro sistemos tyrimai Lietuvoje buvo pradėti dar praėjusio amžiaus pirmoje pusėje. 1949 metais Vilniuje buvo pirmą kartą pragręžtos Lietuvos silūro uolienos. Nuo tada ir prasidėjo jo tyrimai, daugiausia paremti įvairių faunos grupių bei litostratigrafine analize. Analizuojant 1950 – 1953 m. išgręžto Stoniškių gręžinio kerną, gauti pirmieji duomenys apie silūro stratigrafiją. A.Obut ir T.Alichova, remdamiesi šiame gręžinyje rastos faunos tyrimais, išskyrė landoverio, uenlokio ir ludlovio aukštus. J.Paškevičius landoverio skyriuje išskyrė Švenčionių, Paprienio, Birštono sluoksnius, o uenlokio skyriuje – Verknės, Strėvos ir Neries sluoksnius (Paškevičius 1958). Vėliau, 1963 metais, J.Paškevičius Švenčionių sluoksnius priskyrė landoveriui, Paprienio – uenlokiui, Birštono ir Neries – ludloviui (Пашкевичюс, 1963). P.Lapinskas, 1967 m. landoverio aukšto apimtyje išskyrė Stačiūnų ir Apasčios svitas (Лапинскас, 1967).

Baltijos silūro sedimentacinio baseino paleogeografijos tyrimai pradėti gana seniai (Paškevičius, 1959, 1980, 1981; Пашкевичюс *et al*, 1986; Киснерюс *et al*, 1965; Коркутис и др., 1972; Махнач, 1958). Vėliau šių tyrimų rezultatai buvo patikslinti ir papildyti (Lapinskas, 1987, 1996; Paškevičius, 1994; Valiukevičius (red), 1995). Buvo nustatyta ritmiška terigeninės medžiagos prinešimo kaita, kuriai paaiškinti 1987 metais P.Lapinskas pasiūlė naudoti terminą “litofazė” (Лапинскас, 1978). Su periodiniu depresinių anaerobinių sąlygų atsiradimu ir išnykimu silūre buvo susieti baseino dugno nuolydžio pokyčiai (Лапинскас, 1987). Detaliausi Lietuvos silūro litologiniai, paleogeografiniai ir kiti aspektai pateikti J.Paškevičiaus ir P.Lapinsko monografijose (Paškevičius, 1979; 1994; 1997; Lapinskas, 2000).

D.Kaminskas ir P.Musteikis 1994 – 1996 metais makroelementinę silūro uolienų sudėtį panaudojo kiekybiškai įvertinti karbonatinės ir terigeninės medžiagos įtaką silūro brachiopodų pasiskirstymui (Kaminskas, Musteikis, 1994; Musteikis, Kaminskas, 1995; 1996). Pastaraisiais metais silūro (uenlokio) uolienų geochemiją detaliai nagrinėjo D. Kaminskas (2000, 2001a, 2001b, 2002, 2005, 2006).

## 1. TYRIMŲ METODIKA

Silūro uolienujų mikroelementinės sudėties ypatumų tyrimams buvo panaudota fondinė medžiaga ( 240 mėginių ) iš Stoniškių-1 (120 mėginių), Akmenynų-149 (34 mėginiai) ir Gėluvos-99 (86 mėginiai) grėžinių. Grėžinių faktinė schema pateikiama 1.1 pav. Tirtuose 240 mėginiuose Geologijos ir geografijos instituto Spektroinių tyrimų laboratorijoje optinės emisinės spektrinės analizės metodu (spektrografas DFS-13, mikrodensimetras DM-100) buvo nustatyti sekantys mikroelementai: Ag, B, Ba, Co, Cr, Cu, Ga, La, Li, Mn, Mo, Nb, Ni, Pb, Sc, Sn, Sr, Ti, V, Y, Yb, Zn ir Zr.



1.1 pav. Tirti grėžiniai.

Mikroelementų foniniai kiekiai, atskiriems uolienujų tipams, apskaičiuoti kaip medianiniai kiekiai naudojant MS Excel programą. Mikroelementų asociacijoms išskirti naudota mikroelementų koreliacinių ryšių matrica bei faktorinė analizė. Analizė atlikta NCSS statistiniu paketu, o jos rezultatai pateikti priede. Nagrinėjant mikroelementinės sudėties kaitą, naudoti kaupimosi (koncentracijos) koeficientai, kurie apskaičiuojami mikroelementų kiekius, nustatytus skirtingo amžiaus to paties tipo uolienose, dalijant iš to uolienos tipo medianinio mikroelemento kiekio. Į mikroelementų kaupimosi asociacijas buvo įtraukti tie mikroelementai, kurių koncentracijos koeficientas buvo didesnis už 1.

Vertinant mikroelementų, jų asociacijų ir kaupimosi eilių kaitą ankstyvajame ir vėlyvajame silūro buvo pasirinktas mergelis, nes šis uolienos tipas nustatytas visuose tirtuose gręžiniuose.

Mėginių paėmimo gyliai iš Akmenynų-149, Gėlivos-99 ir Stoniškių-1 gręžinių, jų stratigrafija ir litologija pateikti 1.2-1.4 paveiksluose.









## **2. STRATIGRAFIJA IR LITOLOGIJA**

Stratigrafijos ir litologijos skyrius parašytas remiantis Lietuvos geologijos tarnyboje esančia fondine medžiaga. Kadangi darbas pagrinde skirtas bendrai viršutinio silūro mikroelementinei uolienų sudėčiai ir jos kaitai vėlyvojo silūro metu, todėl apsiribota trumpai aprašant tik iki svitos lygmens.

Pirmojo skyriaus 1.2-1.4 paveiksluose pateiktas stratigrafinis (iki svitų lygmens) suskirstymas (Gėluvos-99 ir Stoniškių-1 grėžinių stratigrafija patikslinta pagal A.Brazausko rekomendacijas). Taip pat šiuose paveiksluose nurodytos geocheminių analizių mėginių gylis. Žemiau trumpai aprašoma apatinio silūro landoverio skyriaus, uenlokio skyriaus rygos, rasytės, siesarties ir gėluvos svitų; viršutinio silūro ludlovio skyriaus rusnės, dubysos ir pagėgių svitų ir pržidolio skyriaus minijos ir jūros svitų stratigrafija ir litologija.

### **APATINIS SILŪRAS**

#### **Landoverio skyrius**

Kadangi landoverio skyriaus svitas skiriančios ribos neaiškios apsiribota tik detalizuojant svitų litologiją. Landoverio skyriaus uolienos tirtuose grėžiniuose sudarytos iš molių, molių klinčių ir argilitų. Akmenynų-149 grėžinyje uolienos slūgso 918 m, Stoniškių-1 – 1875 m, o Gėluvos-99 – 988,5 m gylyje. Landoverio skyriuje išskiriamos stačiūnų, apasčios, dobelės ir jūrmalos svitos. Stačiūnų svita sudaryta iš šviesiai rusvai pilkos mikrogrūdės sluoksniuotos klinties. Dažni tamsiai pilko mergelio tarp sluoksniai. Apasčios svita sudaryta iš įvairiagrūdės gniutuliškos tekstūros klinčių. Dobelės svitą sudaro plonai sluoksniuoti juodi argilitai. Jūrmalos svita sudaryta iš žalsvai pilko ir juodo ritmiškai persluoksniuojančio argilito.

#### **Venlokio skyrius**

##### *Rygos svita*

Akmenynų-149 grėžinyje uolienos slūgso 806,0 metrų gylyje, svitos storis 109,3 m, ji sudaryta iš mergelių su dažna brachiopodų fauna, klinties tarp sluoksnių. Gėluvos-99 grėžinyje uolienos slūgso 877,4 metrų gylyje, svitos storis 109,3 m, ji sudaryta iš mergelių su dažnais plonais dolomitingais moliškais tarp sluoksniais su nežymia fauna, o apatinėje dalyje molingi mikrokristalinės klinties tarp sluoksniai.

### *Rasytės svita*

Stoniškiai – 1 grėžinyje uolienos slūgso 1772,0 metrų gylyje, svitos storis 103,0 metrų, vyraujanti uoliena yra mergelis.

### *Siesarties svita*

Stoniškių – 1 grėžinyje svitos storis slūgso nuo 1755,0 m. iki 1772,0 metrų. Susideda iš molingos klinties, mergelių ir horizontaliai sluoksniuotų molių.

### *Gėluvos svita*

Akmenynai – 149 grėžinyje uolienos slūgso 764,6 metrų gylyje, svitos storis 41,4 m. Šią svitą daugiausiai sudaro žalsvai pilkas mergelis, šviesiai pilka klintis. Gėluvos – 99 grėžinyje uolienos slūgso 845,7 metrų gylyje, storis 31,9 m. Susideda iš mergelių.

## **VIRŠUTINIS SILŪRAS**

### **Ludlovio skyrius**

### *Rusnės svita*

Stoniškių – 1 grėžinyje uolienos slūgso 1670,0 metrų gylyje, svitos storis 90 m. Svitą daugiausiai sudaro mergelis, molis ir klintis.

### *Pagėgių svita*

Stoniškių – 1 grėžinyje uolienų storis 160 metrų, intervalas nuo 1510 iki 1670 metrų. Susideda iš aleuritingų molių su mergelio ir klinčių tarp sluoksniais.

### *Dubysos svita*

Gėluva – 99 grėžinyje uolienos slūgso 802,0 metrų gylyje, storis 43,7 m, intervalas nuo 802,0 iki 845,7 metrų. Daugiausiai vyrauja dolomitas, vidurinėje dalyje daugiau vyrauja

mergelis žalsvai pilkas dolomitingas, molingas su reta fauna, ir dolomitiniai molingi mergeliai. Akmenynai – 149 grėžinyje uolienos slūgso 750,0 metrų gylyje, storis 15 metrų, susideda iš įvairiaspalvės molingos klinties ir masyviu dolomitu.

#### *Neries svita*

Gėluva – 99 grėžinyje uolienos slūgso 750,0 metrų gylyje, svitos storis 51,7 m. Pagrindinė uoliena – dolomitas.

#### *Sudervės svita*

Gėluva – 99 grėžinyje uolienos slūgso 742,0 metrų gylyje, susideda iš mergelių ir dolomito.

### **Prįdolio skyrius**

#### *Minijos svita*

Gėluva – 99 grėžinyje uolienos slūgso 688,8 metrų gylyje, susideda iš klinties su mergelio sluoksniais, o Stonišķiai–1 grėžinyje uolienos slūgso 1325,0 metrų gylyje, Vyrauja karbonatiniai moliai persiluoksniaę aleuritinais sluoksniais, o taip pat yra mergelio ir klinčių tarpsluoksnų ir linzių.

#### *Jūros svita*

Gėluva – 99 grėžinyje uolienos slūgso 645 metrų gylyje, svitą daugiausiai sudaro rusvas mergelis, molingas, dolomitingas, taip pat pilkas dolomitas, silpnai molingas, klintis ir argilitas. Stonišķių–1 grėžinyje uolienos slūgso 1213 metrų gylyje, svita susideda iš karbonatinių molių, persiluoksniausių klintimis ir mergeliais.

### 3. MIKROELEMENTINĖS SILŪRO UOLIENŲ SUDĖTIES YPATUMAI STONIŠKIŲ-1, AKMENYNŲ-149 IR GĖLUVOS-99 GRĖŽINIUOSE

#### 3.1. Mikroelementinė uolienu sudėtis

Mikroelementinės silūro uolienu sudėtis skirtumai iš dalies leidžia spėti apie pirmines šių uolienu susidarymo sąlygas. Šiuo atveju labai svarbūs tampa tiek ankstyvosios, tiek vėlyvosios diagenėzės metu silpnai migruojančių mikroelementų – Zr, Nb, Y, Co, Ni – kiekiai uolienose. Cinko, vario, vanadžio ir švino pasiskirstymui galėjo turėti įtakos organinės medžiagos kiekis: šie mikroelementai dažniausiai kaupiasi dviejų procesų metu – esant redukciniams nuosėdų formavimosi sąlygoms bei epigenetinių procesų metu, jei nuosėdose yra organinės medžiagos. Stroncio kiekiai silūro uolienose labiausiai priklauso nuo karbonatų (Kaminskas, 2002).

Lyginant mikroelementų kiekius nustatyta, kad **molyje** didžiausi B, Ba, Co, Cr, Cu, Ga, Ni, Pb, Sn, V, Yb ir Zn medianiniai kiekiai, **mergelyje** - Ag, B, Ba, La, Li, Mo, Nb, Sc, Ti, Y, ir Zr, **dolomite** - Mn, o **klintyje** – Sr (3.1.1 lentelė).

3.1.1 lentelė. Mikroelementų medianų vertės (mg/kg)

	mergelis	klintis	molis	dolomitas
<b>Ag</b>	<b>0,05</b>	0,03	0,04	0,03
<b>B</b>	<b>180,00</b>	45,50	<b>180,00</b>	41,00
<b>Ba</b>	<b>345,00</b>	210,00	<b>345,00</b>	120,00
<b>Co</b>	12,00	5,10	<b>14,50</b>	1,20
<b>Cr</b>	98,00	31,00	<b>110,00</b>	11,00
<b>Cu</b>	35,00	13,00	<b>40,00</b>	10,00
<b>Ga</b>	11,25	6,20	<b>15,00</b>	6,00
<b>La</b>	<b>23,50</b>	13,00	21,50	8,00
<b>Li</b>	<b>45,00</b>	15,00	42,00	18,00
<b>Mn</b>	350,00	355,00	380,00	<b>420,00</b>
<b>Mo</b>	<b>1,10</b>	0,88	0,58	0,50
<b>Nb</b>	<b>15,00</b>	10,00	11,00	8,00
<b>Ni</b>	50,00	14,50	<b>78,00</b>	8,00
<b>Pb</b>	14,00	7,00	<b>17,00</b>	2,00
<b>Sc</b>	<b>16,00</b>	5,85	11,50	1,80
<b>Sn</b>	3,55	1,00	<b>4,00</b>	0,50
<b>Sr</b>	130,00	<b>230,00</b>	150,00	18,00
<b>Ti</b>	<b>3700,00</b>	1150,00	3450,00	1200,00
<b>V</b>	110,00	30,00	<b>145,00</b>	35,00
<b>Y</b>	<b>21,00</b>	8,00	20,50	6,00
<b>Yb</b>	2,30	0,80	<b>2,50</b>	0,30
<b>Zn</b>	56,00	30,00	<b>86,00</b>	30,00
<b>Zr</b>	<b>150,00</b>	58,00	135,00	47,00

Maksimalūs mikroelementų kiekiai dažniausiai susiję su dviem mikroelementų būvio formomis: mineraline ir sorbcine (Ba, Cu, Zr, Ti, Nb, Y, Yb, Sr, Zn ). Maksimalus kiekiai rodo šių elementų mineralų – nešėjų buvimą, o ( Ag, Co, Cr, Ni ) maksimalūs kiekiai greičiausiai yra susiję su intensyviais molio mineralų, hidroksidų, organinės medžiagos sorbciniais procesais (Bordon, 1995)

Maksimalūs Ti (7000 mg/kg), Zn (3300 mg/kg), V (1110 mg/kg), Zr (270 mg/kg), Ni (180 mg/kg), Cu (180 mg/kg), Cr (170 mg/kg), Pb (160mg/kg), Y (50 mg/kg), Co (50 mg/kg), La (46 mg/kg), Nb (36 mg/kg), Mo (33 mg/kg), Sn (5,2 mg/kg), Yb (4,2 mg/kg), Ag (1,16 mg/kg) – kiekiai nustatyti **molyje**, Mn (3500 mg/kg), Ba (820 mg/kg), B (420 mg/kg), Zr (270 mg/kg) – **mergelyje**, Sr (480 mg/kg), Ga (75 mg/kg), Sc ( 62 mg/kg) – klintyje, o Li (90 mg/kg) – **dolomite** ( 3.1.2 lentelė).

### 3.1.2 lentelė. Mikroelementų maksimalios vertės (mg/kg)

	mergelis	klintis	molis	dolomitas
<b>Ag</b>	0,38	0,23	<b>1,160</b>	0,04
<b>B</b>	<b>420</b>	170	380	110
<b>Ba</b>	<b>820</b>	620	740	250
<b>Co</b>	25	22	<b>50</b>	18
<b>Cr</b>	150	140	<b>170</b>	80
<b>Cu</b>	120	40	<b>180</b>	30
<b>Ga</b>	22	<b>75</b>	26	29
<b>La</b>	38	45	<b>46</b>	30
<b>Li</b>	76	54	60	<b>90</b>
<b>Mn</b>	<b>3500</b>	2900	1500	640
<b>Mo</b>	30	7	<b>33</b>	1,8
<b>Nb</b>	35	19	<b>36</b>	12
<b>Ni</b>	100	50	<b>180</b>	40
<b>Pb</b>	70	52	<b>160</b>	10
<b>Sc</b>	24	<b>62</b>	26	3,8
<b>Sn</b>	5	3,9	<b>5,2</b>	0,8
<b>Sr</b>	440	<b>480</b>	330	23
<b>Ti</b>	5600	3600	<b>7000</b>	3300
<b>V</b>	520	180	<b>1110</b>	460
<b>Y</b>	36	30	<b>50</b>	10
<b>Yb</b>	4	3	<b>4,2</b>	1,2
<b>Zn</b>	420	120	<b>3300</b>	66
<b>Zr</b>	<b>270</b>	190	<b>270</b>	84

Mažiausios daugelio mikroelementų koncentracijos nustatytos dolomite ir klintyje (3.1.3 lentelė). Tai rodo, kad pagrindė, mikroelementai yra susikaupę terigeninėje (aleuritinėje-pelitinėje) komponentėje.

### 3.1.3 lentelė. Mikroelementų minimalios vertės (mg/kg)

	mergelis	klintis	molis	dolomitas
<b>Ag</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	0,014	<b>0,02</b>
<b>B</b>	27	4	82	<b>3,3</b>
<b>Ba</b>	100	<b>60</b>	120	<b>60</b>
<b>Co</b>	1	0,8	8,2	<b>0,1</b>
<b>Cr</b>	12	<b>2,7</b>	66	3
<b>Cu</b>	4	<b>3</b>	7,5	4
<b>Ga</b>	4,6	<b>1</b>	9	3
<b>La</b>	11	<b>6</b>	10	8
<b>Li</b>	15	<b>7</b>	22	10
<b>Mn</b>	180	<b>150</b>	210	330
<b>Mo</b>	<b>0,3</b>	0,5	<b>0,3</b>	0,5
<b>Nb</b>	<b>4</b>	5	<b>4</b>	5
<b>Ni</b>	6	<b>1</b>	25	1,5
<b>Pb</b>	2	2	5	<b>1</b>
<b>Sc</b>	1,5	1,4	6	<b>0,7</b>
<b>Sn</b>	0,5	0,5	1,6	0,5
<b>Sr</b>	28	<b>13</b>	62	14
<b>Ti</b>	1400	<b>200</b>	2400	300
<b>V</b>	28	<b>2</b>	64	4
<b>Y</b>	5	<b>1</b>	11	2
<b>Yb</b>	0,25	0,2	1	0,15
<b>Zn</b>	20	15	30	30
<b>Zr</b>	10	17	70	20

Mikroelementinė silūro uolienų sudėtis yra labai kaiti. Tai rodo dideli daugelio mikroelementų variacijos koeficientai (3.1.4 lentelė). Ypač tai ženklų B, Ba, Mn, Ti ir Zr.

### 3.1.4 lentelė. Mikroelementų variacijos koeficientai (%)

	mergelis	klintis	molis	dolomitas
<b>Ag</b>	0,008	0,003	0,03	0
<b>B</b>	<b>5523,93</b>	<b>1261,16</b>	<b>4641,04</b>	<b>960,27</b>
<b>Ba</b>	<b>23893,05</b>	<b>14265,39</b>	<b>17094,68</b>	<b>2606,67</b>
<b>Co</b>	19,48	14,06	19,91	23,64
<b>Cr</b>	677,07	781,36	398,27	415,84
<b>Cu</b>	312,37	65,23	609,46	53,98
<b>Ga</b>	13,57	90,72	14,29	44,65
<b>La</b>	70,2	36,33	61,36	40,54
<b>Li</b>	259,59	102,45	48,94	449,46
<b>Mn</b>	<b>158197,6</b>	<b>273896,25</b>	<b>28861,27</b>	<b>7020,95</b>
<b>Mo</b>	25,75	1,13	49,05	0,24
<b>Nb</b>	27,23	5,68	46,6	2,41
<b>Ni</b>	440,19	101,67	395,32	100,72
<b>Pb</b>	178,53	93,95	623,95	5,29
<b>Sc</b>	27,85	62,12	22,3	0,67
<b>Sn</b>	1,24	0,61	0,43	0,01
<b>Sr</b>	<b>8626,12</b>	<b>18219,07</b>	<b>4428,28</b>	6,24
<b>Ti</b>	<b>953366,6</b>	<b>420364,91</b>	<b>989353,69</b>	<b>681580,95</b>

<b>V</b>	6778,55	764,73	28437,53	12687,84
<b>Y</b>	48,93	44,14	50,58	6,72
<b>Yb</b>	0,82	0,39	0,43	0,14
<b>Zn</b>	3965,53	640,05	122537,36	96,26
<b>Zr</b>	<b>2715,76</b>	<b>1705,22</b>	<b>2973,48</b>	<b>496,64</b>

Tai gali būti susiję su tuo, kad formuojantis uolienoms be kaičios paleogeografinės aplinkos buvo ir didelė, vėlesnių (epigenetinių) pakitimų įtaka.

### 3.1.1. Mikroelementų asociacijos

Mikroelementinės asociacijos išskirtos trims pagrindiniams uolienų tipams: klinčiai, moliui ir mergeliui. Dolomite faktorinės analizės pagalba mikroelementų asociacijos nebuvo išskirtos, nes kintamųjų mikroelementų skaičius buvo didesnis nei mėginių. Šių uolienų mikroelementinė sudėtis yra vienas iš svarbių paleogeografinių rodiklių, padedančių charakterizuoti denuduojamų plotų medžiagos sudėtį, taip pat procesus, vykusius sedimentaciniuose paleobaseinuose.

Visi mikroelementai pagal vyraujančias būvio formas skirstomi į *alotigeninius*, *alotigeninius akcesorinius*, *autigeninius* ir *biogeninius*. Pagal vyraujančius vienos ar kitos grupės elementus vadinamos ir mikroelementų asociacijos (Kadūnas ir kt., 2004).

*Alotigeninės* asociacijos mikroelementai uolienose dažniausiai sudaro didžiausią grupę (B-Ga-Li-Sc-V-Co-Cr-Ni) ir yra susiję su pagrindiniais alotigeniniais mineralais (feldšpatais, žėručiais, molio mineralais, mažiau kvarcu), kuriuose jie yra izomorfinė priemaiša ar kitu pavidalu įeina į šių mineralų sudėtį. Taip pat jie skirstomi į dvi grupes. Į pirmąją grupę išskirti rūdiniai siderofiliniai mikroelementai (Co-Cr-Ni-V), kurie nuosėdose daugiausiai susiję su pagrindiniais alotigeniniais mineralais (feldšpatais, žėručiais), iš dalies gali būti sorbuoti molio mineralų ir organinės medžiagos. Antrąją grupę sudaro mikroelementai, susiję su pelitine nuosėdų frakcija, daugiausiai molio mineralais (Ga-Li-Sc).

*Alotigeninės akcesorinės* asociacijos mikroelementai (Ti-Zr-Nb-Y-Yb-La) susiję su atspariais dūlėjimui akcesoriniais sunkiaisiais mineralais (cirkonu, rutilu, ilmenitu, leukoksenu, granatais, amfibolais ir kt.), kuriuose jie yra pagrindiniai elementai (Ti – ilmenite ir rutilu, Zr – cirkone) arba įeina į kristalinę gardelę kaip izomorfinės priemaišos.

*Autigeninės* asociacijos mikroelementai (Sr-Ba-P-Mn) susiję su autigeniniais mineralais (karbonatais, hidroksidais, fosfatais), kuriuose jie gali būti mineralų pagrindiniai elementai (Mn – rodochrozite ir psilomelane, P – vivianite) arba svarbi izomorfinė priemaiša (Sr ir Ba –



karbonatuose ). Geležies – mangano hidroksiduose kaip izomorfinė priemaiša būna nemažai įvairių asociacijų mikroelementų ( Ni, Co, Cr, Cu, V, Mo ).

*Biogeninę* asociaciją daugiausiai sudaro spalvotieji chalkofiliniai metalai ( Ag-Cu-Zn-Pb-Sn-Mo ), kurie gamtinėje aplinkoje migruoja jonų ir kompleksinių jonų pavidalu ir yra sorbuojami smulkiadispersinės medžiagos (molio mineralų, organinės medžiagos, iš dalies hidroksidų ) arba sudaro metaloorganinius junginius. Neretai asociacijos būna mišrios ir tai patvirtina, kad tie patys mikroelementai uolienose gali būti įvairios formos.

**Klityje** išskirtos dvi asociacijos (3.1.1.1 lentelė ir 2 priedas ). Pirmoji asociacija gana gausi jos branduolį sudaro Zr, B, Ti, Li, Ni, Cr, Sc, Sn, Co, Ga. Tai daugiausiai alotigeniniai mikroelementai (Li, Ni, V, Cr, Sc, Co, Ga ) kuriuos sorbuoja molio mineralai ir organinė medžiaga, Zr ir Ti akcesoriniai elementai, kurių kaupimuisi didelę reikšmę turi hidrodinaminiai barjerai, taip pat jų kiekis rodo priekrantinę nuosėdų formavimosi aplinką. Antroji asociacija (Mn ir Yb) greičiausiai susijusi su autigeninių mineralų poveikiu šių mikroelementų fiksavimui.

**Molyje** išskirtos dvi asociacijos. Pirmoji kaip ir klityje yra gausi. Didžiąją dalį sudaro dūlėjimui atsparūs tipiški alotigeniniai akcesoriniai elementai (Y, Zr, La, Ti, Nb, Yb), bei jų izomorfinės priemaišos Sc, Mo ir Ag. Antroji asociacija sietina su molio mineralais (Ga) ir polimetalais (Sn).

**Mergelyje** išskirtos taip pat dvi asociacijos. Jos ne tokios gausios kaip klityje ir molyje. Pirmosios asociacijos branduolį sudaro alotigeniniai mikroelementai (Mo, V, Ni) prie kurių prisijungia polimetaliniai elementai Ag ir Zn.

Antrosios asociacijos branduolį sudaro alotigeniniai akcesoriniai elementai Y ir Ti prie kurių prisijungia Sc.

**Dolomite** faktorinės analizės pagalba mikroelementų asociacijos nebuvo išskirtos, nes kintamųjų (mikroelementų) skaičius buvo didesnis nei mėginių.

**3.1.1.1 lentelė.** Mikroelementų asociacijos uolienose.

Uoliena	Asociacija
<b>Klitis</b>	1) Zr-B- Ti-Li-Ni-V-Cr-Sc-Sn-Co-Ga 2) Yb-Mn
<b>Molis</b>	1) Y-Zr-La-Ti-Nb-Sc-Mo-Yb-Ag 2) Ga-Sn
<b>Mergelis</b>	1) Mo-Zn-V-Ag-Ni 2) Y-Sc-Ti

### 3.1.2. Mikroelementų kaupimosi asociacijos

Lyginant su foninėmis silūro reikšmėmis, matyti, kad beveik visi mikroelementai kaupiasi mergelyje ir molyje (3.1.2.1 lentelė). Tai galima paaiškinti tuo, kad daugelis mikroelementų įeina į molingą ir aleuritinę frakciją, kurios yra pagrindinės sudedamosios minėtų tipų uolienose. Daugiausiai Sr kaupiasi klintyje. Pastarasis elementas dažnai karbonatinėse uolienose (klintyje) izomorfiškai keičia Ca. Tai kad Pb kaupiasi molyje, jis galbūt susijęs su epigenetinėmis cerusito ( $PbCO_3$ ) ir anglezito ( $PbSO_4$ ) mineralais (Listova ir Bondarenko, 1978). Dolomite kaupiasi tik Mn. Dažnai dolomitizacijos metu, o tuo pačiu ir dolomito susidarymo metu, yra redukcinė aplinka, o dolomitizuojantys fluidai praturtinti  $Mn^{2+}$ .

#### 3.1.2.1 lentelė. Mikroelementų kaupimosi asociacijos.

Uoliena	Kaupimosi asociacija ( <i>skliausteliuose koncentracijos koeficientai</i> )
<b>Molis</b>	Pb(1,55)>Ni(1,50)>Zn(1,37)>Cu(1,33)>V(1,32)>Ga(1,30)>B(1,29)>Y(1,28)>Zr(1,23) >Ca(1,21)>Yb, Ti, La (1,19)>Sn(1,18)>Cr(1,17)>Sc, Ba(1,15)>Li, Sr(1,11)>Nb(1,10) > Mn (1,03)
<b>Mergelis</b>	Sc (1,60) > Nb (1,50) > Zr (1,36) > La, Y (1,31) > B (1,29) > Ti, Mo (1,28) > Pb (1,27) > Li (1,18) > Cu (1,17) > Ba (1,15) > Ag (1,11) > Yb (1,10) > Cr, Sn (1,04)
<b>Klintis</b>	Sr (1,70) > Mo (1,02)
<b>Dolomitas</b>	Mn (1,14)

Lyginant mikroelementų medianinius kiekius su foniniu, išsiskiria dvi uolienu grupės: pirmoji – molis ir mergelis, antroji – dolomitas ir klintis. Pastarojoje grupėje tik Sr (klintyje) ir Mn (dolomite) koncentracijos koeficientai didesni už 1, kai tuo tarpu pirmojoje grupėje daugelio mikroelementų koncentracijos koeficientai didžiausi. Tai, kad molyje ir mergelyje daugelio mikroelementų koncentracijos koeficientai didesni už 1 galima paaiškinti tuo, kad molinga medžiaga pasižymi adsorbcinėmis savybėmis, be to, ypač molyje, yra didesnis organinės medžiagos kiekis, kuri pasižymi sorbcinėmis daugelio mikroelementų savybėmis. Kadangi klintyje ir dolomite vyrauja karbonatinė komponentė tai ir mikroelementų kiekiai žymiai mažesni.

**3.1.2.2 lentelė.** Mikroelementų koncentracijos koeficientai.

	mergelis	klintis	molis	dolomitas	fonas
<b>Ag</b>	<b>1,111</b>	0,722	0,889	0,667	0,045
<b>B</b>	<b>1,29</b>	0,33	<b>1,29</b>	0,29	140
<b>Ba</b>	<b>1,15</b>	0,7	<b>1,15</b>	0,4	300
<b>Co</b>	1	0,43	<b>1,21</b>	0,1	12
<b>Cr</b>	1,04	0,33	<b>1,17</b>	0,12	94
<b>Cu</b>	1,17	0,43	<b>1,33</b>	0,33	30
<b>Ga</b>	0,98	0,54	<b>1,3</b>	0,52	11,5
<b>La</b>	<b>1,31</b>	0,72	1,19	0,44	18
<b>Li</b>	<b>1,18</b>	0,39	1,11	0,47	38
<b>Mn</b>	0,95	0,96	1,03	<b>1,14</b>	370
<b>Mo</b>	<b>1,28</b>	1,02	0,67	0,58	0,86
<b>Nb</b>	<b>1,5</b>	1	1,1	0,8	10
<b>Ni</b>	0,96	0,28	<b>1,5</b>	0,15	52
<b>Pb</b>	1,27	0,64	<b>1,55</b>	0,18	11
<b>Sc</b>	<b>1,6</b>	0,59	1,15	0,18	10
<b>Sn</b>	1,04	0,29	<b>1,18</b>	0,15	3,4
<b>Sr</b>	0,96	<b>1,7</b>	1,11	0,13	135
<b>Ti</b>	<b>1,28</b>	0,4	1,19	0,41	2900
<b>V</b>	1	0,27	<b>1,32</b>	0,32	110
<b>Y</b>	<b>1,31</b>	0,5	1,28	0,38	16
<b>Yb</b>	1,1	0,38	<b>1,19</b>	0,14	2,1
<b>Zn</b>	0,89	0,48	<b>1,37</b>	0,48	63
<b>Zr</b>	<b>1,36</b>	0,53	1,23	0,43	110

### 3.2. Mikroelementinės uolienu kaitos ypatumai ankstyvajame ir vėlyvajame silūre

Mikroelementų tarpusavio ryšių ir jų asociacijų nagrinėjimas padeda gauti naujų duomenų apie specifines sedimentacijos sąlygas, o elementų pasiskirstymo – apie geocheminių barjerų įtaką mikroelementų migracijai sedimentacijos metu ir postsedimentaciniame laikotarpyje. Tai papildoma silūro laikotarpio paleogeografijos žinias. ( Kadūnas V., Litosfera Nr.6., 2002 ).

**Stoniškių – 1** grėžinyje asociacijų kaita mergelyje žymi tarp S<sub>1</sub> ir S<sub>2</sub>. *Ankstyvajame silūre* išskirtos 3 mikroelementų asociacijos (3.2.1 lentelė). Pirmosios asociacijos branduolį formuoja Sc, Zr, Ti, Y, tai alotigeniniai akcesoriniai elementai. Jų kaupimuisi didelę reikšmę turi hidrodinaminiai barjerai. Taip pat ši asociacija sietina su molinga terigeninės medžiagos dalimi.

Ga, Ni, Sn sudarantys antrosios asociacijos branduolį, susiję su pelitine nuosėdų frakcija, daugiausiai molio mineralais. Trečios asociacijos branduolį sudaro Mo ir Ag. Stoniškių – 1 grėžinyje *vėlyvajame silūre* išskirtos 2 asociacijos. Pirmos asociacijos branduolį sudaro Sn-Cr-Li-Ga-Ni-Ti-Co-Yb. Esant sulfatinei redukcinei aplinkai gali iškristi į nuosėdas sulfidų pavidale, tačiau labiau tikėtina, kad didžioji Ni dalis mergelyje yra terigeninėje komponentėje. Antrosios asociacijos branduolį sudaro Mo-Ag-Nb. Tai polimetaliniai mikroelementai (Ag ir Mo).

**3.2.1 lentelė.** Ankstyvojo ir vėlyvojo silūro asociacijos Stoniškių – 1 grėžinio mergelyje.

Amžius	Asociacijos
S <sub>2</sub>	1) Sn-Cr-Li-Ga-Ni-Ti-Co-Yb 2) Mo-Ag-Nb
S <sub>1</sub>	1) Sc-Zr-Ti-Y 2) Ga-Ni-Sn 3) Mo-Ag

**Akmenynų 149** grėžinyje *ankstyvajame silūre* išskirtos dvi asociacijos. Pirmosios asociacijos branduolį sudaro Y-Zr-Nb-Yb-Ti, tai alotigeniniai akcesoriniai mikroelementai. Padidėjęs Ti ir Zr kiekis galbūt atspindi priekrantinę nuosėdų formavimosi aplinką. ( Kadūnas V. Litosfera Nr.4., 2000 ). Antroji asociacija sudaryta iš alotigeninių elementų (Ga-Sn-Ni-Cr). Prie jų prisijungęs Ga ir Sn greičiausiai rodo, kad ši asociacija daugiausiai susijusi su pelitine uolienu dalimi. *Vėlyvajame silūre* išskirtos taip pat dvi asociacijos, Pirmąją sudaro alotigeniniai akcesoriniai elementai (Ti-Sc-Zr-Yb-Y) prie kurių prisijungia Cr-Sc-Li. Antroji asociacija sudaryta iš polimetalinių ir kitų rūdinių elementų (Mo-Ag-V-Pb).

**3.2.2 lentelė.** Ankstyvojo ir vėlyvojo silūro asociacijos Akmenynų – 149 grėžinio mergelyje.

Amžius	Asociacijos
S <sub>2</sub>	1) Ti-Cr-Sn-Sc-Li-Zr-Yb-Y-B 2) Mo-Ag-V-Pb
S <sub>1</sub>	1) Y-Zr-Sc-Nb-Yb-Ti 2) Ga-Sn-Ni-Cr

**Gėluvos – 99** grėžinyje *ankstyvajame silūre* išskirta viena asociacija, kurios branduolį sudaro alotigeniniai elementai ( Sn-Ni-Cr-Ga-Co-Li ) sietini su molio mineralais ir organine medžiaga. *Vėlyvajame silūre* išskirtos dvi asociacijos. Pirmoje vyrauja panašūs elementai kaip ir *ankstyvajame silūre* Ti-Sn-Li-Cr-Yb, tik Ni, Ga ir Co keičia alotigeniniai akcesoriniai elementai Sc-Zr-Y.

**3.2.3 lentelė.** Apatinio ir viršutinio silūro asociacijos Gėluvos – 99 grėžinio mergelyje.

Amžius	Asociacijos
S <sub>2</sub>	1) Ti-Sn-Li-Cr-Sc-Zr-Yb-Y 2) Ag-Mo-Pb
S <sub>1</sub>	Sn-Ni-Cr-Ga-Co-Li-Ti-Yb

### 3.2.1. Mikroelementų asociacijų kaita ankstyvajame silūre

Lyginant ankstyvojo silūro mikroelementų asociacijų kaitą grėžiniuose, pastebime, kad Stoniškių-1 grėžinyje išsiskiria 3, Akmenynų-149 dvi, o Gėluvos-99 tik viena mikroelementų asociacija.

**3.2.1.1 lentelė.** Ankstyvojo silūro asociacijos mergelyje.

<b>Stoniškiai - 1</b>	<b>Akmenynai - 149</b>	<b>Gėluva - 99</b>
1) Sc-Zr-Ti-Y 2) Ga-Ni-Sn 3) Mo-Ag	1) Y-Zr-Sc-Nb-Yb-Ti 2) Ga-Sn-Ni-Cr	1) Sn-Ni-Cr-Ga-Co-Li-Ti-Yb

### 3.2.2. Mikroelementų asociacijų kaita vėlyvajame silūre

Lyginant vėlyvojo silūro mikroelementų asociacijų kaitą grėžiniuose, pastebime, kad visuose grėžiniuose išskirtos dvi asociacijos. Galima teigti, kad vėlyvojo silūro metu sedimentacinės aplinkos buvo labai panašios.

### 3.2.2.1 lentelė. Vėlyvojo silūro asociacijos mergelyje.

<b>Stoniškiai - 1</b>	<b>Akmenynai - 149</b>	<b>Gėluva - 99</b>
1) Sn-Cr-Li-Ga-Ni-Ti-Co-Yb	1) Ti-Cr-Sn-Sc-Li-Zr-Yb-Y-B	1) Ti-Sn-Li-Cr-Sc-Zr-Yb-Y
2) Mo-Ag-Nb	2) Mo-Ag-V-Pb	2) Ag-Mo-Pb

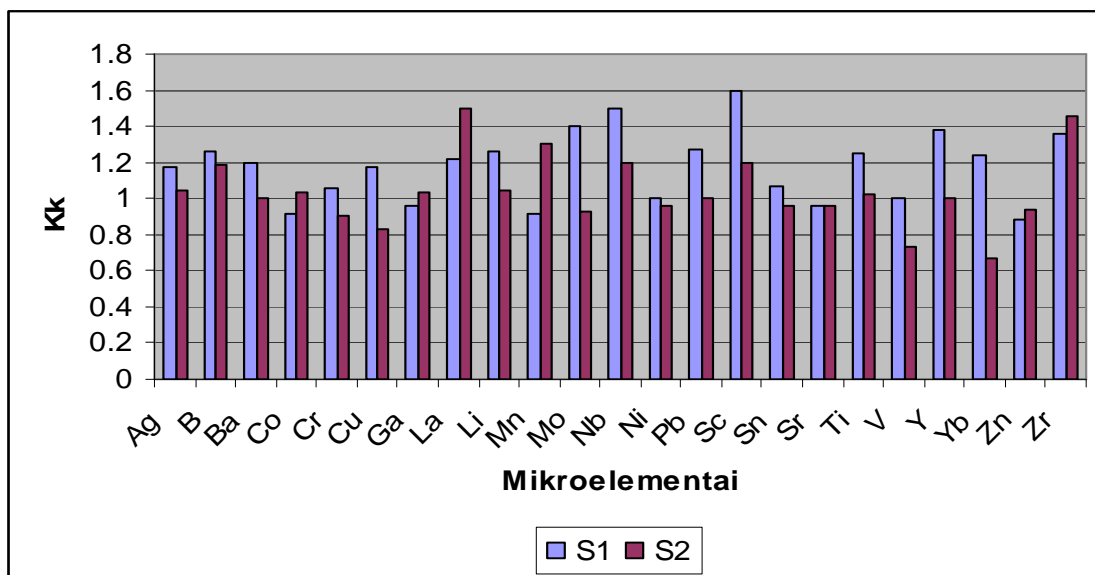
### 3.2.3. Mikroelementų kaupimosi eilės ankstyvajame ir vėlyvajame silūre

Lyginant ankstyvojo ir vėlyvojo silūro mikroelementų koncentracijos koeficientus pastebime, kad tiek ankstyvajame tiek vėlyvajame silūro kaupėsi Ag, B, La, Li, Nb, Sc, Ti ir Zr (3.2.3.1 lentelė). Lyginant ankstyvąjį su vėlyvuojų silūru galime teigti, kad vėlyvajame silūro pradėjo kauptis Co, Ga, ir Mn, o Ba, Cr, Cu, Mo, Pb, Sn, Y, Yb jau nebesikaupė (3.2.2.1 pav.).

#### 3.2.3.1 lentelė. Ankstyvojo ( $S_1$ ) ir vėlyvojo ( $S_2$ ) silūro mikroelementų koncentracijos koeficientai ( $K_k$ ) mergelyje

Elementas	Fonas (mg/kg)	$S_1 K_k$	$S_2 K_k$
Ag	0,0475	<b>1,18</b>	<b>1,05</b>
B	142,5	<b>1,26</b>	<b>1,19</b>
Ba	300	<b>1,20</b>	1,00
Co	12	0,92	<b>1,04</b>
Cr	94	<b>1,06</b>	0,91
Cu	30	<b>1,17</b>	0,83
Ga	11,5	0,96	<b>1,04</b>
La	18	<b>1,22</b>	<b>1,50</b>
Li	38	<b>1,26</b>	<b>1,05</b>
Mn	370	0,92	<b>1,30</b>
Mo	0,86	<b>1,40</b>	0,93
Nb	10	<b>1,50</b>	<b>1,20</b>
Ni	52	1,00	0,96
Pb	11	<b>1,27</b>	1,00
Sc	10	<b>1,60</b>	<b>1,20</b>
Sn	3,45	<b>1,07</b>	0,96
Sr	135	0,96	0,96
Ti	2950	<b>1,25</b>	<b>1,02</b>
V	110	1,00	0,73
Y	16	<b>1,38</b>	1,00
Yb	2,1	<b>1,24</b>	0,67
Zn	64	0,88	0,94
Zr	110	<b>1,36</b>	<b>1,45</b>

Ankstyvajame ir vėlyvajame silūre mikroelementai kaupėsi skirtingai Stoniškių-1, Gėluva-99 ir Akmenynai-149 grėžiniuose (3.2.3.2 lentelė).



3.2.2.1 pav. Ankstyvojo (S1) ir vėlyvojo (S2) Silūro mikroelementų koncentracijos (Kk) mergelyje.

Ankstyvajame silūre Stoniškiiai-1 grėžinyje mikroelementai kaupėsi daugiausiai, lyginant su Gėluva-99 ir Akmenynai-149 grėžiniais.

Vėlyvajame silūre mikroelementai taip pat kaupėsi daugiausiai Stoniškiiai-1 grėžinyje, Gėluva-99 grėžinyje kiek mažiau, o Akmenynai-149 grėžinyje mikroelementai nesikaupė.

Imant kiekvieną grėžinį atskirai, galima palyginti kokie mikroelementai kaupėsi ankstyvajame ir vėlyvajame silūre.

Aiškiai matosi, kad mikroelementams kauptis Stoniškiiai-1 grėžinyje palankiausios sąlygos buvo ankstyvajame silūre, vėlyvajame silūre mikroelementų kaupėsi kiek mažiau – Mo, Ag, Sr, Mn, Pb, Zn, Nb, Co, B.

Gėluva-99 grėžinyje mikroelementai kaupėsi beveik vienodai tiek ankstyvajame tiek vėlyvajame silūre.

Akmenynai-149 grėžinyje ankstyvajame silūre kaupėsi La, Mo, Ba, Nb, Ga ir Zr. Vėlyvajame silūre mikroelementai nesikaupė.

**3.2.3.2 lentelė.** Ankstyvojo ( $S_1$ ) ir vėlyvojo ( $S_2$ ) silūro mikroelementų kaupimosi eilės tirtuose gręžiniuose.

Laikas	Stoniškiai - 1	Gėluva - 99	Akmenynai – 149
$S_2$	Mo (4,477*) > Ag (2,667) > Sr (2,259) > Mn (2,189) > Pb (1,636) > Zn (1,429) > Nb (1,3) > Co (1,15) > B (1,014)	Mn (2,67) > Ba (1,92) > Ag (1,72) > Pb (1,36) > Nb (1,25)	Nesikaupė
$S_1$	Mo (13,953) > Ag (5,778) > Pb (3,091) > V (2,545) > Zn (1,905) > B (1,857) > Nb (1,8) > La (1,722) > Zr (1,727) > Cu (1,667) > Y (1,625) > Sc (1,6) > Ti (1,483) > Yb (1,429) > Ni (1,3460) > Mn (1,297) > Cr (1,27) > Co (1,250) > Sr (1,185) > Ga (1,043) > Sn (1,008)	Mn (1,87) > Zr (1,63) > Nb (1,4) > Sc (1,18) > Cr (1,02)	La (1,3) > Mo (1,279) > Ba (1,2) > Nb (1,2) > Ga (1,1) > Zr (1,09)

\* - koncentracijos koeficientas



## IŠVADOS

1. Mikroelementinė silūro uolienų sudėtis yra labai kaiti. Tai rodo dideli daugelio mikroelementų variacijos koeficientai ( lent. 3.1.4 ). Ypač tai ženklų B, Ba, Mn, Ti ir Zr. Tai gali būti susiję su tuo, kad formuojantis uolienoms be kaičios paleogeografinės aplinkos buvo didelė, vėlesnių ( epigenetinių ) pakitimų įtaka.
2. Lyginant mikroelementų kiekius nustatyta, kad didžiausi medianiniai ir maksimalūs kiekiai yra molyje ir mergelyje, o mažiausi dolomite ir klintyje.
3. Ankstyvajame silūre mikroelementai kaupėsi Stoniškių – 1 grėžinyje, mažiau Gėluvos – 99 ir Akmenynų – 149 grėžiniuose. Vėlyvajame silūre Akmenynų – 149 grėžinyje mikroelementai nesikaupė.
4. Vėlyvojo silūro metu sedimentacinės aplinkos buvo labai panašios, ką rodo visuose tirtuose grėžiniuose išskirtos dvi mikroelementinės asociacijos ( lent. 3.2.2.1 ).
5. Lyginant ankstyvojo ir vėlyvojo silūro mikroelementų koncentracijos koeficientus nustatyta, kad vėlyvajame silūre pradėjo kauptis Co, Ga, ir Mn, o Ba, Cr, Cu, Mo, Pb, Sn, Y, Yb jau nebesikaupė.

## LITERATŪRA

Kaminskas, D., Paškevičius J., Radzevičius S. 2006. Vėlyvojo landoverio ir venlokio graptolitu biostratigrafija ir sedimentacijos ypatumai Kurtuvėnų 161 gręžinio (ŠV Lietuva) geocheminiais duomenimis. *Geologija*. **53**. 1-7.

Martma, T., Brazauskas, A., Kaljo, D., Kaminskas, D. and Musteikis, P., 2005. The Wenlock-Ludlow carbon isotope trend in the Vidukle core, Lithuania, and its relations with the oceanic events. *Warsawa, Geological Quarterly*, 49 (2): 223–234.

Kadūnas V., Katinas V., Radzevičius A. “Lietuvos viršutinio proterozojaus ir fanerozojaus terigeninių uolienų mikroelementų foniniai kiekiai“, *LITOSFERA* Nr. 5/2001. - P. 101-107.

Kadūnas V., Radzevičius A. “ Mikroelementų anomalių kiekių pasiskirstymas Lietuvos – Lenkijos įdaubos permio – mezozojaus uolienose“, *LITOSFERA* Nr. 5/2001 – P. 108-115.

Kadūnas V. “Mikroelementų kaupimosi ypatumai chemogeninės sedimentacijos etapuose cechšteino baseino Baltijos įlankoje”, *LITOSFERA* Nr. 4/2000. - P. 86-92.

Kaljo, D., Brazauskas, A., Kaminskas, D., Martma, T., Musteikis, P. 2004. The Ludfordian carbon isotope excursion in the Vidukle core, Lithuania, its relations with the Lau Oceanic Event and environmental background in NW Baltica. *Berichte des Institutes für Erdwissenschaften Karl-Franzens-Universität Graz*, **8**, 60–62.

Kaminskas, D. & Malmgren, B.A. 2003. Comparison of pattern-recognition techniques for classification of Silurian sedimentary rocks from Lithuania based on geochemical data. *Norwegian Journal of Geology*, Vol. 84, pp. 117–124.

Kaminskas, D. 2002. Lietuvos uenlokio (silūras) uolienų geochemija. Daktaro disertacija. Vilniaus universitetas. 145 p.

Kaminskas, D., 2001. Viršutinio landoverio ir uenlokio (silūras) uolienų geocheminiai ypatumai Kurtuvėnų – 161 gręžinyje (ŠV Lietuva). *Geologija*. **33**. 3-9.

Kaminskas, D., 2001. Geochemical and mineralogical peculiarities of the Lower Silurian rocks in Jočionys-299 borehole. *The scientific conference of Vilnius University Faculty of Natural Sciences*. Vilnius. 138 – 148.

Kaminskas, D., 2001. Geochemical peculiarities of the Wenlock (Lower Silurian) rocks in Ledai-179 and Jočionys-299 boreholes (E.Lithuania). *Geologija*. **35**. 3-14.

- Kaminskas D., Musteikis P., 1994. Quantitative evaluation of carbonate and terrigenous material influence on brachiopod distribution. *Geologija*. **17**. 96-105.
- Lapinskas P., 1996. Pietų Pabaltijo silūro sedimentacijos paleogeografiniai ypatumai. Vilnius: *Lietuvos nafta*. 27-34.
- Lapinskas P., 2000. Lietuvos silūro sandara ir naftingumas. Vilnius: Geologijos institutas. 203 p.
- Musteikis P., Kaminskas D., 1996. Geochemical parameters of sedimentation and the distribution of Silurian brachiopod communities in Lithuania. *Historical biology*. **11**. 229-246.
- Paškevičius J., Brazauskas A., Lapinskas P., Musteikis P., 1993. Silurian stratigraphic scheme. Lietuvos vėdo-devono stratotipų katalogas. Vilnius. 63 p.
- Paškevičius J., 1959. Stratigrafiniai ir paleogeografiniai pietų Pabaltijo silūro (Gotlando) bruožai. *Biologija, geografija ir geologija*. **VI** tomas. 225-239.
- Paškevičius J., 1994. Baltijos Respublikų Geologija. Vilnius. 240 p.
- Paškevičius J., 1997. Geology of the Baltic Republics. Vilnius. 387p.
- Paškevičius J., Brazauskas A. 1987. Rytų Lietuvos silūro sekliavandenių jūrinių ir lagūninių uolienų stratigrafijos pagrindimas. *Geologija*. **8**: 10-28.
- Radzevičius A., Kadūnas V. "Mikroelementai ir jų asociacijos Lietuvos-Lenkijos įdaubos apatinio triaso Nemuno svitos uolienose", *LITOSFERA* Nr. 6/2002. - P. 59-70.
- Лапінскас П., 1987. Формаций стратиграфического чехла. Формаций силура Балтийской синеклизы. *Тектонка, фашии и формации Запада Восточно-Европейской платформы*. Минск. 103-116.
- Пашкевичюс И., Бразаускас, А., Лاپінскас, П., 1986. Закономерности распространения фауны и корреляция разнофациальных силурийских отложений юго-восточной Прибалтики. *Теория и опыт экостратиграфии*. Таллинн. 55-64.
- Пашкевичюс И., 1963. Стратиграфическая ревизия силурийских карбонатных отложений Южной Прибалтики. *Вопросы геологии Литвы*. В.С. 395-405.

## SUMMARY

The main goal of thesis was to evaluate the peculiarities of trace elements of Akmenynai – 149, Gėluva – 99 and Stoniškių – 1 boreholes. The main tasks were: describe stratigraphy, lithology of the boreholes mentioned; describe trace elements composition of the major rock types, as well as to establish the associations and trace elements variations during early and late Silurian.

The studies of trace elements (associations mainly) enable to evaluate how the sedimentary paleoenvironment was changing from early to late Silurian.

The trace elemental composition of the Silurian varies in a wide range as indicated by variation coefficients. It is very clear for B, Ba, Mn, Ti and Zr.

The highest median and maximal values of the trace elements were determined in clay and mudstone, while the lowest (both median and minimal) in dolostone and limestone.

The accumulation of the most trace elements in early Silurian took part in Stoniškių – 1 borehole section, while in late Silurian in Akmenynai – 149 borehole section none of the trace elements accumulated.

The sedimentary environment during late Silurian was almost similar in all the borehole sections studied. That is suggested by 2 trace elements associations established.

According to concentration coefficient of the trace elements in mudstone in late Silurian Co, Ga and Mn started to concentrate, while Ba, Cr, Mo, Pb, Sn, Y, Yb were dispersed at that time.