

VILNIAUS UNIVERSITETAS
GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS
GEOLOGIJOS IR MINERALOGIJOS KATEDRA

**MINIJOS REGIONINIO AUKŠTO GEOCHEMINIAI
UOLIENŲ IR BRACHIOPODŲ TYRIMAI**

Magistro darbas

Geologinės nuotraukos, paieškos
ir žvalgybos studijų programos
II kurso studentės
Ievos Griškonytės

Darbo vadovai:
doc. Donatas Kaminskas
prof. Nicolaas Molenaar

VILNIUS, 2007

TURINYS

ĮVADAS	3
1. TRUMPA SILŪRO CHARAKTERISTIKA IR TYRIMŲ APŽVALGA LIETUVOJE	5
2. MEDŽIAGA IR METODIKA	8
3. STRATIGRAFIJA IR LITOLOGIJA	12
4. MINIJOS REGIONINIO AUKŠTO KARBONATINIŲ UOLIENŲ FORMAVIMOSI SĄLYGOS	18
4.1. Mineralinė uolienu sudėtis	18
4.2. Cheminė uolienu sudėtis	26
4.3. Brachiopodų mineralinė sudėtis	33
4.4. Brachiopodų cheminė sudėtis	39
4.5. Uolienu ir brachiopodų cheminės bei mineralinės sudėties palyginimas	45
IŠVADOS	53
LITERATŪROS SĄRAŠAS	54
SUMMARY	56

IVADAS

Vadinamos „karbonatinės sistemos“ uždarumas/atvirumas turi didelę reikšmę nustatant sedimentacinio baseino aplinkos sąlygas. Manoma, jog brachiopodai išlaiko pirminę cheminę sudėtį, yra atsparūs diagenozės procesui ir dažniausiai išlieka nepaveikti šio proceso pasekoje (Wenzel and Joachimski, 1996). Jie yra gana plačiai naudojami jūros vandens pirminei sudėčiai nustatyti. Pagrindinių skeletą sudarančių komponentų pirminė mineralinė sudėtis ir nuosėdinė medžiaga, kuri formuoja silūro klintis turi didelę svarbą. Pirminė komponentų mineralinė sudėtis ir struktūra duoda galimybę nustatyti uolienų imlumą diagenozės procesui. Magistrinio darbo tyrimų objektas buvo Minijos regioninio aukšto brachiopodų (*Isorthis ovalis*) ir uolienų mineralinės ir cheminės sudėties tyrimai. Lietuvoje silūro sistema yra ganėtinai plačiai ir nuodugniai ištyrinėta, tačiau brachiopodų cheminė sudėtis yra tiriama pirmą kartą. Tyrimai buvo atliekami Vilniaus universitete ir Danijos technikos universite.

Magistrinio darbo tikslas buvo - įvertinti Minijos regioninio aukšto uolienų diagenozės sąlygas remiantis cheminių elementų - Ca, Mg, Fe, Mn ir Sr kiekiais viršutinio silūro uolienose ir jose esančiuose brachiopoduose. Siekiant tikslo iškelti magistrinio darbo **uždaviniai:**

- Paimti bei paruošti geocheminiams tyrimams uolienas, ir jose esančių brachiopodų mėginius;
- Gravimetriniu metodu nustatyti karbonatų procentinius kiekius uolienose;
- Atominės absorbcijos spektrometrijos metodu nustatyti Ca, Mg, Sr, Fe ir Mn kiekius uolienose ir brachiopoduose.
- Palyginti minėtų cheminių elementų kiekius uolienose ir brachiopoduose.

Detaliau sprendžiant numatytus uždavinius, magistrinio darbo tema buvo suskirstyta į keturias dalis. Pirmoje dalyje aprašyta bendra silūro sistemos geologinė sandara ir trumpa pastarojo dešimtmečio tyrimų istorijos apžvalga Lietuvoje. Antroje dalyje aprašyti darbe taikyti metodai ir medžiaga, trečioje – trumpai aprašyta Minijos regioninio aukšto stratigrafija ir litologija. Pagrindiniame (ketvirtame) skyriuje pateikta medžiagos analizė.

Pirmieji 3 skyriai parašyti remiantis literatūra, o ketvirtas - remiantis autorės atliktų tyrimų rezultatais.

Esu labai dėkinga man padėjusiems: darbo vadovui docentui Donatui Kaminskui už vertingą informaciją, konsultavimą ir visokeriopą pagalbą, Danijos technikos universiteto

profesoriui Nicolaas Molenaar dėkoju už konsultacijas ir patarimus, už vertingą informaciją ir konsultavimą taip pat dėkoju doktorantui Giedriui Bičkauskui ir docentui Antanui Brazauskui.

1. BENDRA SILŪRO CHARAKTERISTIKA IR TYRIMŲ ISTORIJS APŽVALGA LIETUVOJE

Silūras yra trečiasis paleozojinės eros periodas, kuris prasidėjo po ordoviko, prieš 435 mln. metų, ir truko 25 mln. metų. Šią sistemą 1835 m. išskyrė R.I.Murčisonas Didžiojoje Britanijoje, Velse. Pavadinimas yra kilęs nuo gyvenusių Velse keltų giminės silūrų; ten šio periodo uolienos išeina į žemės paviršių.

Rytų Europos platformos pietvakariniame pakraštyje Baltijos sineklizė – pati didžiausia iš čia žinomų įdaubų. Jos formavimasis tęsėsi gana ilgą geologinį laikotarpį. Silūro – palyginti neilgo periodo – dariniai turėjo didelę reikšmę šios tektoninės formos nuosėdinio užpildo formavimuisi: jų storis Baltijos sineklizėje viršija daugumos geologinių sistemų nuosėdų storį. Pagrindinėje tektoninėje struktūroje – Baltijos sineklizėje silūro sistemos sluoksniai sudaro nuo 30 % iki 50 % visos nuosėdinės dangos storio. Lietuvos teritorijoje sausumoje silūro sluoksnių storis siekia 828 m, o akvatorijoje – 1120 m. Lietuvoje silūro storymė pasiekama tik grėžiniais. Silūro darinių kraigas rytinėje Lietuvoje (Baltarusijos – Mozūrijos anteklizėje) slūgso 90 m gylyje ir gelmėja Vakarų link – vakarinėje Lietuvoje nusileidžia iki 1393 m. Pilnas silūro geologinis pjūvis ir didelis storis rodo, kad Baltijos sineklizė silūro periode giliai grimzdo.

Lietuvoje silūro litofacijų ir formacijų sudėtis bei genezė pjūvyje ir plote labai įvairi – nuo molingų giliavandenių iki karbonatinių ir molingų lagūninių bei viršpotvyninių. Šių formacijų sudėtį bei paplitimo dėsningumus lėmė įvairūs paleotektoniniai veiksniai ir klimatas. Jų pobūdis silūro pradžioje ir pabaigoje labai skyrėsi. Karštas ir sausas klimatas, platformoje ir jos pakraščiuose vykę geologiniai procesai lėmė Baltijos silūro sedimentacinio baseino nuosėdinio užpildo autigeninės (karbonatinės) ir alotigeninės (terigeninės) dalių formavimąsi. Analizuojant formacijų erdvinį išplitimą akivaizdus terigeninių formacijų išsidėstymas centrinėje sedimentacinio baseino dalyje, o karbonatinių – baseino pakraščiuose. Pagal terigeninių formacijų granulimetrinės sudėties ir sedimentacijos aplinkų kaitą (ypač ludlovio darinių) išryškėja toks dėsningumas: Baltijos silūro sedimentacinio baseino vakarinėje dalyje išplitusi depresinės anaerobinės aplinkos tamsiaspalvė molinga formacija, Danijos – Lenkijos paleoperikratoniniame įlinkyje – jūrinės aplinkos molinga aleuritinė formacija, o taip pat tokia pačia kryptimi didėja ir bendras formacijų storis. Tai akivaizdžiai rodo, jog terigeninės medžiagos srautas formavosi skandinaviškajame orogene, iš ten ji buvo transportuojama išilgai pietvakarinio Rytų Europos platformos pakraščio. Mobiliausia pelitinė srauto dalis pateko ir į Baltijos silūro sedimentacinio baseino centrinę sritį. Landoverio pradžios ir vidurio sedimentacinio ciklo metu terigeninių nuogulų storis buvo dešimteriopai

mažesnis nei viena laikų karbonatinių formacijų. Landoverio pabaigos – ludlovio sedimentacinio ciklo metu terigeninių ir karbonatinių nuogulų storiai iš pradžių buvo panašūs, o jam baigiantis, terigeninių darinių storis jau gerokai viršijo karbonatinių nuogulų storį. Tokia sedimentacijos tendencija išliko ir prėdolio sedimentacinio ciklo metu. Tai sietina su Britanijos – Skandinavijos zonoje vykusių orogeninių procesų suaktyvėjimu bei jų fronto migracija pietvakarių kryptimi.

Išanalizavus landoverio pradėios, vidurio ir pabaigos, uenlokio – ludlovio (be Ventspilio laikotarpio), prėdolio pradėios ir pabaigos darinių sudėtį, sluoksnių storį, išplitimo dėsninumus, galime išskirti landoverio – ludlovio ir prėdolio silūro paleobaseino sedimentacijos tektoninius raidos makroetapus, jiems sudarytos dvi paleostrukturnio facinio rajonavimo schemos (Lapinskas, 2000).

Lietuvos silūro sluoksnių sandaroje aptinkamos karbonatinės, karbonatinės – molingos, molingos – karbonatinės ir molingos uolienos. Jos suskirstytos į 3 sudėties klases, 5 genetines grupes ir 24 litogenetinius tipus, kuriems būdingi specifiniai sedimentacijos ir diagenetinių pakitimų dėsninumai.

Pastarojo dešimtmečio pradėioje žymiai pasikeitė pati Lietuvos, o ir viso Baltijos regiono geologinių tyrimų sistema, darbų pobūdis. Sumažėjus grėžimo, geofizinių darbų apimtims, iškilo naujos geologinių darbų organizavimo būtinybė. Sukaupotos geologinės, geofizinės, paleontologinės medėziagos revizija, kompleksiškas jos panaudojimas ir interpretacija, duomenų bazių sukūrimas, kiekybinis sukaupėtų duomenų įvertinimas ir modeliavimo metodų taikymas tapo itin aktualūs. Iki šiol Lietuvoje buvo atliekama daugiausia geologinės informacijos kokybinė analizė, paruošta visa eilė vertingų apibendrinančių mokslinių darbų, kuriais remiantis galima taikyti ir tuo pačiu patikrinti modernius, kompiuterizuotus tyrimo metodus. Kiekybinės matematizuotos analizės darbai dar tik pradedami. Čia būtų galima pažymėti P.Lapinsko, J.Lazauskienės, S.Šliaupos, A.Brazausko, P.Musteikio darbus.

Taip pat paskutiniam dešimtmečiui būdinga fundamentalių publikacijų, straipsnių ir monografijų, detaliai nagrinėjančių silūro sistemą, gausa. Čia būtų galima išskirti J.Paškevičiaus monografiją "Pabaltijo respublikų geologija" lietuvių ir anglų kalbomis (Paškevičius 1994, 1997), monografiją "Lietuvos geologija" (red. Grigelis, Kadūnas, 1994), A.Brazausko (Бразайскас, 1993) ir J.Lazauskienės (2000) daktarines disertacijas. Šiuose darbuose pateikta apibendrinanti silūro sistemą liečianti geologinė medėziaga: paleontologinė, stratigrafinė, ypač lito- ir biostratigrafinė, iširtos graptolitų, konodontų, ostrakodų, ichtiofaunos biozonos ir jų koreliacija su regioniniais ir vietiniais padaliniais, iširtos

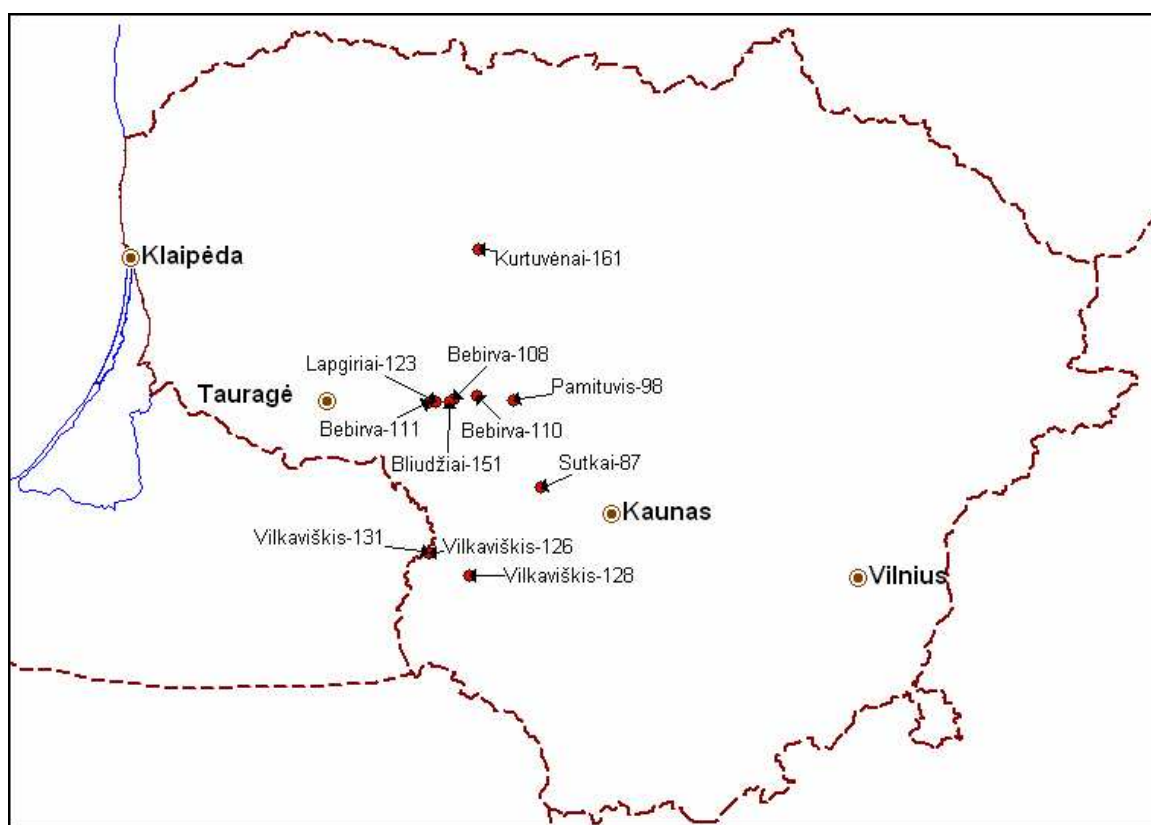
brachiopodų bendrijos, nagrinėti Baltijos silūro baseino ekostratigrafinis – facinis modeliai, 3-D fleksūrinis modeliavimas, sekvencinė stratigrafija.

Lietuvos uenlokio uolienų geocheminis ištirtumas pateikiamas doc. D.Kaminsko (Kaminskas, 2002) daktaro disertacijoje "Lietuvos uenlokio (silūras) uolienų geochemija".

Pagal valstybinę programą "Litosfera" silūro struktūrinį facinį rajonavimą, stratigrafiją, uolienų litogenezę, sedimentacinę paleobasėnų geodinaminę raidą nagrinėjo P.Lapinskas, S.Šliaupa ir kt. Fosilines liekanas, jų taksonominę sudėtį, amžių, evoliucinius etapus ir tafonomiją analizavo: akritarchus L.Paškevičienė, T.Jankauskas; bivalvijas, gastropodus ir cefalopodus V.Saladžius; brachiopodus P.Musteikis; konodontus A.Brazauskas; graptolitus J.Paškevičius ir S.Radzevičius; stuburinius V.Karatajūtė – Talimaa ir J.Valiukevičius. Paleogeografinių sąlygų kaitos ypatybes ir paleogeografinių sedimentacinių žemėlapių sudarymą regioniniais aukštais analizavo P.Lapinskas.

2. MEDŽIAGA IR METODIKA

Tyrimų medžiaga yra Minijos regioninio aukšto uolienuų ir iš tų pačių gylio intervalų paimti brachiopodų geldelių mėginiai. Iš Vievio kerno saugyklos iš 11 grėžinių buvo paimti uolienuų ir brachiopodų mėginiai išilgai Lietuvos Vakarinės – Centrinės ir Pietvakarinės krypties. Tyrimams buvo pasirinkta sekantys grėžiniai: Bebirva – 111, Lapgiriai – 123, Bliūdžiai – 151, Bebirva – 108, Bebirva – 110, Kurtuvėnai – 161, Pamituvys – 98, Sutkai – 87, Vilkaviškis – 126, Vilkaviškis – 128 ir Vilkaviškis – 131 (2.1 pav.). Viso tyrimams buvo paimta ir ištirta 18 Minijos regioninio aukšto uolienuų ir brachiopodų mėginių. Mėginių paėmimo gyliai kinta nuo 613,7 m Sutkų – 87 grėžinyje, centrinėje Lietuvos dalyje, iki 1082,1 m Kurtuvėnų – 161 grėžinyje, Šiaurės Lietuvoje. Daugiausiai mėginių buvo paimta iš Vilkaviškio – 131, Bliūdžių – 151 ir Bebirvos – 110 grėžinių (2.1. lentelė).



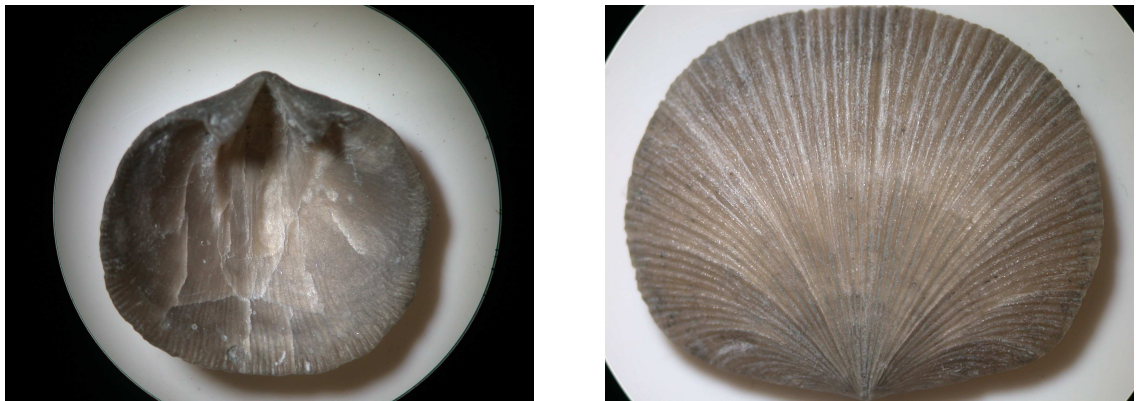
2.1 pav. Tirtų grėžinių, iš kurių paimti mėginiai, išsidėstymo schema.

2.1 lentelė. Grėžiniai iš kurių buvo imti mėginiai ir jų paėmimo gyliai.

Grėžinys	Gylis, m
Bebirva - 111	961,0
Lapgiriai-123	947,8
Bliudžiai-151	916,0
Bliudžiai-151	916,6
Bliudžiai-151	916,9
Bebirva -108	910,9

Bebirva -110	859,1
Bebirva -110	859,2
Kurtuvenai -161	1082,1
Pamituvys -98	801,2
Sutkai -87	613,7
Sutkai -87	614,5
Vilkaviskis -126	770,4
Vilkaviskis -131	773,0
Vilkaviskis -131	776,3
Vilkaviskis -131	778,9
Vilkaviskis -131	780,7
Vilkaviskis -128	640,1

Brachiopodai – tai smulkių jūrinių, daugiausiai bentosinių moliuskų tipas. Šių pečiakojų moliuskų paplitimas aprėpia visą Fanerozojų, jų suakmenėjusių liekanų galime rasti nuo ankstyvojo kambro epochos iki šių laikų, tolimi šių moliuskų palikuonys tebegyvena šiuolaikinėse jūrose ir vandenynuose (Basset, 1965). Brachiopodai yra gausiausia silūro geldelinės faunos grupė, sėslusis bentosas, o jų paplitimą lemia aplinkos sąlygos (facijos) ir jų kaita laiko atžvilgiu, t. y. bendra baseino evoliucija (Musteikis et al, 2000). Tyrimams buvo pasirinkta *Isorthis ovalis* (Pašk.) brachiopodų rūšis (2.2 pav.).



2.2 pav. *Isorthis ovalis* brachiopodų rūšis, Bebirvos – 108 grėžinyje 910,5 m gylyje.

Isorthis ovalis (Pašk.) yra viena iš plačiai paplitusių Lietuvos silūro brachiopodų rūšių būdinga pržidolio skyriui. *Isorthis ovalis* bendrija, kurioje dominuoja minėtoji rūšis, priklauso *Janius* bendrijų grupei, ją išskyrė P.Musteikis 1985 m. Ji buvo paplitusi Centrinėje, Vakarų bei Pietvakarinėje Lietuvoje. Bendrija buvo paplitusi III facinės zonos (Musteikis, 1985) žalsvai pilkuose molinguose dolomitinguose mergeliuose su detritu ir pilkos molingos mikrokristalinės ir organogeninės detritinės klinties gniutulais. *Isorthis ovalis* rūšis gyveno

vidutinio vandens turbulentiškumo, ties bangavimo lygiu, normalaus deguonies kiekio aplinkos sąlygose.

Brachiopodų geldelių preparavimas

Geldelių preparavimas iš molingų uolienuų vyko tirpinant bandinius 10 – 15 % vandenilio peroksido tirpale. Vandenilio peroksidas atpalaiduoja organinę medžiagą. Bandiniai buvo dumblinami, tai yra išplaunamos molio dalelės. Plaunama tol, kol vanduo virš bandinio likdavo skaidrus. Toliau vyko bandinių džiovinimas ir sijojimas į frakcijas. Smulkiojoje frakcijoje (1 – 0,1 mm) esanti įvairi mikrofauna buvo vyniojama į specialius vokelius ir atidedama kitiems mikropaleontologiniams tyrimams, o stambiojoje frakcijoje likę brachiopodai buvo išrenkami ir atrenkama būtent *Isorthis ovalis* rūšis.

Karbonatinėse ir karbonatinėse – molingose uolienose geldelės buvo preparuojamos ir mechaniniu būdu, tai yra skaldant kerną. Išrinktos *Isorthis ovalis* brachiopodų geldelės po binokuliaru buvo kruopščiai valomos, kad jose neliktų uolienos dalelių.

Gravimetrinės analizės metodas buvo naudojamas bendram karbonatų kiekiui uolienoje ir netirpiai liekanai nustatyti. Šis metodas yra paremtas tuo, jog ieškomas komponentas "nusodinamas" kaip cheminis junginys, kuris yra pasveriamas ir išskaičiuojamas jo proporcingas kiekis mėginyje. Pradžioje kiekvieno mėginio kerno gabaliukai buvo supjaustyti į mažas plokšteles (3 g), vandenyje ultragarso pagalba buvo pašalintos priemaišos, ir buvo džiovinami. Išdžiūvę kerno gabalėliai buvo sutrinti iki pudros miltelių, buvo imama po 0,5 g miltelių ir užpilama 30 ml. 3 % druskos rūgšties, karbonatinė uoliena buvo ištirpinama. Tikslumo sumetimais buvo ruošiami du to pačio kerno mėginio pavyzdžiai, o iš gautų rezultatų buvo vedamas vidurkis. Mėginiai buvo paliekami stovėti, kad reakcija pilnai įvyktų, kad pasišalintų CO₂. Vėliau mėginiai centrifuguojami, netirpi nuosėda nusėda buteliuko dugne. Ištirpintas karbonatas nupilamas ir viskas yra sveriamas. Galiausiai buvo išskaičiuotas bendras karbonatų bei netirpios liekanos procentiniai kiekiai.

Karbonatinių uolienuų ir brachiopodų cheminės sudėties nustatymas atominės absorbcijos spektroskopijos (AAS) metodu. Šiuo metodu buvo ištirta jau minėtų 18 brachiopodų ir uolienuų mėginių. Šis metodas yra pagrįstas tuo, kad cheminių elementų atomai sugeria elektromagnetines bangas. Normalioje būsenoje (nesužadinti) atomai gali sugerti spindulius, todėl naudojant šį metodą, pakanka tiriamąjį elementą suskaidyti į atomus. Atominė absorbcinė spektroskopija yra paremta Beer'o – Lambert'o lygtimi, kuri susieja

šviesos, praėjusios per šviesą sugeriančią medžiagą, intensyvumo sumažėjimą ir medžiagos koncentraciją bei jos sluoksnio storį:

$$A=a(\lambda)*b*c;$$

A – išmatuota absorbcija;

$a(\lambda)$ – koeficientas, priklausantis nuo bangos ilgio ir absorbcijos;

b – atstumas, pro kurį praeina šviesa;

c – analizuojamos medžiagos koncentracija.

Šio metodo galimybės yra gana plačios, kadangi juo galima tirti daugiau nei 50 cheminių elementų (tokius kaip: Na, K, Mg, Ca, Bi, Pt, Se, Au, Zn, Hg, Ag, Mo, Pb ir t.t.). Atominės absorbcinės spektroskopijos veikimo principas yra toks: specialios lempos spinduliai, praeidami pro liepsną patenka į monochromatorių, kuris išskiria analitinę elemento liniją, kurią užfiksuoja fotodaugintojas, sujungtas su stiprintuvu ir registravimo prietaisu. Atominės absorbcijos prietaisai sudaryti iš sužadavimo šaltinio, šviesos šaltinio ir registravimo prietaiso.

Atominės absorbcijos koncentracija nustatoma pagal standartinius tirpalus iš kurių sudaromas kalibravimo grafikas pagal tiesioginę atomų garų optinio tankio priklausomybę nuo elemento koncentracijos fotometruojamame tirpale. Kur optinis tankis nustatomas pagal formulę:

$$D=\log I_0 - \log I=\log(I_0/I);$$

I_0 - lempos fotosrovės vertė;

I – fotosrovės vertė, įpurškus į liepsną analizuojamą tirpalą.

Specifinė ir šio metodo mėginių paruošimo metodika. Kernų mėginys susmulkinamas iki itin smulkios frakcijos ir turi būti ištirpintas. Elektroninėmis svarstyklėmis buvo pasverta 0,5 g susmulkinto mėginio, kuris buvo tirpinamas HCl rūgštyje, vėliau skiedžiamas distiliuotu vandeniu, ruošiant tirpalą buvo naudojami 3% La ir Cs tirpalas. Brachiopodų geldelės taip pat buvo tirpinamos druskos rūgštyje. Tikslumo sumetimais buvo ruošiami du to pačio kerno mėginio pavyzdžiai, o iš gautų atominės absorbcijos koncentracijų rezultatų vedamas vidurkis.

3. STRATIGRAFIJA IR LITOLOGIJA

Silūro sistemos stratigrafinis suskirstymas Lietuvoje yra gana detalus. Čia yra išskiriami skyriai, aukštai, regioniniai aukštai, serijos, svitos, sluoksniai ir pluoštai, biozonos. Be to, išskirti padaliniai paremti detaliais litologiniais, geofiziniais (diagrafijos kreivės), slūgsojimo sąlygų, 17 gyvūnijos ir augalijos grupių, facijų, baseino raidos ir ekostratigrafiniais tyrimais (Paškevičius, 1994).

Svarbiausia archistratigrafinė faunos grupė yra graptolitai, tačiau karbonatinėse facijose jų nėra, arba jie yra retai sutinkami. Todėl šioms facijoms yra būtini konodontų, ichtiofaunos, ostrakodų, brachiopodų ir kitų grupių tyrimai (Grigelis ir Kadūnas (red.), 1994).

Silūro stratigrafijos pagrindą sudaro graptolitinės zonos, nes graptolitai buvo greitai evoliucionuojanti gyvūnų grupė. Dauguma graptolitų rūšių gyveno trumpai, buvo labai paplitusios molingose – karbonatinėse facijose. Pagal graptolitų išskirtas biozonas Lietuvos silūro geologinį pjūvį galima koreliuoti pasaulio mastu. Silūro graptolitinės zonos daugiausiai paplitusios Baltijos sineklizėje. Čia geologinis pjūvis yra pilniausias nuo silūro Stačiūnų svitos pado iki Jūros svitos Rietavo sluoksnių kraigo. Sluoksniai slūgso beveik horizontaliai, nemetamorfizuoti ir mažai paveikti vėlesnės tektonikos. Todėl galima tiksliai tirti jų ribas, apimtį, zonų keitimosi dėsninumus (Paškevičius, 1994).

Ypač svarbios landoverio ir uenlokio graptolitų zonos, kurios susijusios su maksimalia silūro jūros transgresija, jos toliausiai išplinta į Rytus, mažesnę paplitimą turi ludlovio ir ypač pržidolio graptolitinės zonos, kurios susijusios su regresine nuosėdų serija.

Silūro konodontai taip pat svarbi stratigrafinė gyvūnijos grupė. Konodontai yra mikrofosilinės liekanos. Šie gyvūnai buvo paplitę įvairiame jūros gylyje, jų liekanų randama ir karbonatinėse, ir molingose nuosėdose, kartais net lagūniniuose dolomituose. Todėl konodontai labai svarbūs norint koreliuoti skirtingos sudėties uolienas. Konodontų sandara ir gyvensena dar nepakankamai ištirta. Pilni konodontų skeletai randami labai retai. Jie priskiriami stuburiniams. Konodontai atsirado kambre ir gyveno iki triaso. Silūre jų genčių ir rūšių buvo mažiau lyginant su ordoviku.

Bežandžiai ir žuvys Lietuvos silūre atsiranda nuo landoverio, uenlokyje jie jau dažniau sutinkami. Vėlesnėse ludlovio ir pržidolio uolienose jų radiniai dažni ir gausūs. Šios faunos atstovai sudarė nektoną, plaukiojo jūrose arba judėjo jūrų dugnu, todėl mažiau priklausė nuo aplinkos sąlygų.

Silūro ostrakodai ir trilobitai randami dažnai ir turi didelę stratigrafinę reikšmę. Kai kurios trilobitų rūšys klestėjo ir sudarė sancaupas (pvz., *Calymene blumenbachi*, *Dalmanites*

caudatus uenlokyje). Šių rūšių ir genčių paplitimas priklausė nuo to meto aplinkos sąlygų, dažnesnės jos mergeliuose ir klintyse.

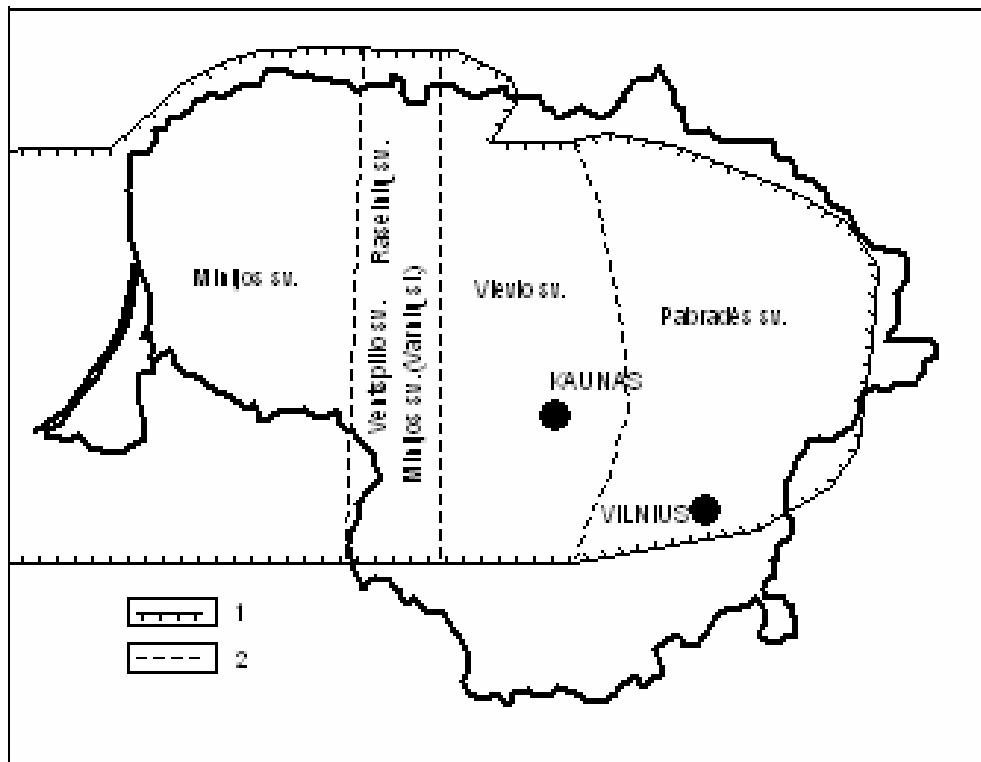
Brachiopodų radiniai ypač dažni šelfinėje silūro jūros zonoje. Ten jie kartais sudaro organogeninių klinčių sluoksnius. Priekrantės dolomitinėje ir gilios jūros juodojo molio facijoje jie labai reti. Brachiopodai sudarė sėslių bentosą. Lietuvos silūre iš viso yra nustatyti 96 brachiopodų taksonai. Daugumos brachiopodų rūšių pilnas stratigrafinis paplitimas yra gan platus – apima 2 – 4 aukštus, tačiau atskirose struktūrinėse facinėse zonose jos paplitę 1 – 2-juose aukštuose ir gali būti naudojamos uolienų datavimui. Tokių brachiopodų stratigrafinį paplitimą lemia jų paplitimo priklausomybė nuo facijų (aplinkos) ir bendra baseino raida silūro periode. Tik labai nedidelė silūro brachiopodų rūšių dalis turi apibrėžtą ir nedidelį stratigrafinį paplitimą, t.y. mažiau priklauso nuo facijų ir ir gali būti panaudotos kaip geologinio amžiaus indikatoriai. Iš tokių stratigrafiškai svarbių rūšių paminėtinos *Pentamerus gothlandicus* Lebedev (homeris), *Kirkidium knightii* (J.Sow.) (gorstis), *Eocoelia angelini* (Linds.) (šeinvudis), *Salopina rubeli* Must. in coll. (homeris), *Dicoelosia baltica* Must. et Puura (aeronis ir telyčio apatinė riba), *Quadrifarius magna* (Kozl.), *Collarothyris*(C.) *canaliculata* (Wenj.) ir *Isothis ovalis* (Pašk.) (pržidolis). Lietuvos silūre P.Musteikis išskyrė 50 brachiopodų bendrijų.

Lietuvos silūro moliuskų fauna retesnė. Pilvakojų moliuskų buvo gausu pržidolyje; jie sudaro biomorfinių klinčių sluoksnius. Galvakojai moliuskai paplitę visame silūro pjūvyje. Tai buvo aktyviai plaukiojantys gyvūnai, turintys didesnę stratigrafinę reikšmę. Kai kurios rūšys būdingos konkreitiems stratonams.

Koralai Lietuvos silūro pjūvyje dar neištirti. Tabuliatų kolonijos, pavieniai rugozų radiniai ir kolonijos Ventspilio ir Sudervės (Iudlovio) svitose sudarė koralinius rifus. Juose aptinkama naftos. Rasti koralai rodo, kad silūro jūra šelfinėje zonoje buvo negili, vanduo šiltas, švarus, normalaus druskingumo.

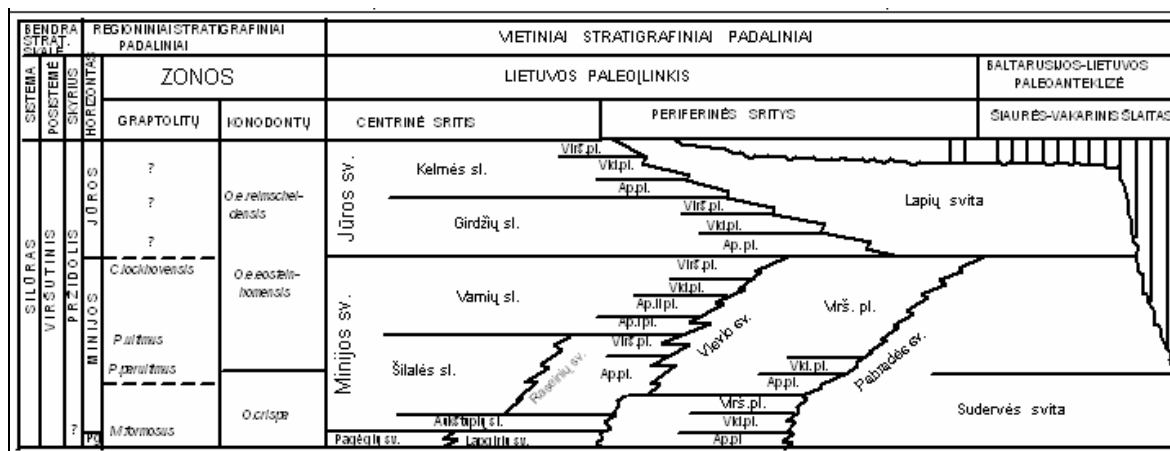
Lietuvos silūro sistema dalijama į keturis skyrius: landoverį, uenlokį, Iudlovį ir pržidolį. Šiuose skyriuose paplitusios kaip molingos, taip ir karbonatinės facijos. Pagrindinėje tektoninėje struktūroje – Baltijos sineklizėje silūro sistemos sluoksnių storai sudaro nuo 30 % iki 50 % visos nuosėdinės dangos storio. Lietuvos teritorijoje sausumoje silūro sluoksnių storis siekia 828 m, o akvatorijoje – 1120 m. Silūro darinių kraigas rytinėje Lietuvoje slūgso 90 m gylyje ir gelmėja Vakarų link – Vakarinėje Lietuvoje nusileidžia iki 1393 m (Lapinskas, 2000). Didžiausi silūro sistemos sluoksnių storai Baltijos sineklizėje, Vakarų Lietuvoje, siekia nuo 500 iki 800 metrų storio. Rytų kryptimi, Baltarusijos – Mozūrijos anteklizėje, sluoksnių storai žymiai sumažėja, nuo 250 metrų storio sumažėja iki 50 m Rytinėje Lietuvos dalyje. Vidurio Lietuvoje silūro sistemos sluoksnių storai siekia 250 – 400 metrų

(Paškevičius, 2004). Minijos regioninio aukšto uolienu paplitimas apima didžiąją Lietuvos dalį, išskyrus Pietų Lietuvą.



3.1.pav. Minijos regioninio aukšto išplitimo schema (Lapinskas, 2000). 1 – horizonto darinių išplitimo riba; 2 – horizonto vietinių stratonų išplitimo riba.

Silūro sistema išsiskiria labai didele facių ir formacijų įvairove tiek paplitimo plote, tiek pjūvyje. Tai labai apsunkina šios sistemos sluoksnių detalų stratigrafinį suskirstymą įvairiose tektoninėse sedimentacijos srityse, išskirtų stratonų koreliaciją, uolienu litogenetinių tipų bei jų asociacijų išskyrimą ir jų erdvinio išplitimo dėsnų nustatymą.



3.2 pav. Pietų Pabaltijo silūro (prėzidolio) darinių stratigrafinė schema (Lapinskas, 2000).

Pržidolio skyrius

Pržidolio skyrius oficialiai priimtas Tarptautinės stratigrafinės komisijos išvažiujamoje mokslinėje sesijoje Kijeve, 1983 m. ir patvirtintas 1984 m. XXVII – ajame geologų kongrese, Maskvoje. Pržidolio – ludlovio ribos stratotipas yra Požary pjūvyje, netoli Prahos, susideda iš septynių graptolitinių zonų. Pržidolio skyrius neskirstomas į aukštus. Apatinė skyriaus riba žymima *N.parultimus* zonos padu, o viršutinė – *P.transgrediens* graptolitinės zonos kraigu. Lietuvoje pržidolyje išskiriami du regioniniai aukštai: Minijos ir Jūros.

Minijos regioninis aukštas

Šis regioninis aukštas sudarytas iš įvairių uolienu, nuo karbonatinių molių iki organogeninių klinčių. Plačiai paplitę brachiopodai, dvigeldžiai moliuskai, ostrakodai, konodontai, gastropodai, trilobitai, stuburiniai, o apatinėje dalyje - graptolitai.

Šį regioninį padalinį (horizontą) skirtingose struktūrinėse facijinėse zonose sudaro Minijos, Raseinių, Ventspilio, Vievio ir Pabradės svitos.

Minijos svitos stratotipas - Stoniškių - 1 gręžinio 1511,0 – 1306,0 m intervalas. Svitoje išskiriami Aukštupių, Šilalės ir Varnių sluoksniai.

Aukštupių sluoksnių stratotipas yra yra Stoniškių – 1 gręžinio 1511,0 – 1476,0 m intervalas, kurį sudaro žalsvai pilkas masyvus argilitas su retais šviesiai pilkos mikrogrūdės molingos klinties tarp sluoksniais. Jų apatinę ribą pravedame pagal Genių sluoksnių klinties išnykimo lygį, kuris gerai atsispindi diafragfinėse kreivėse. Sluoksnių storis nuo 6 iki 44 m. Jie plačiai išplitę Lietuvos paleoįdaubos centrinėje ir šiaurinėje kraštinėje srityse. Vakarų ir pietvakarių kryptimis Aukštupių sluoksnių storis didėja. Tiksliai praveisti Aukštupių sluoksnių viršutinę ribą, esant blogai kerno išėigai ir nekokybiškai diagrafinei medžiagai, šiame gręžinyje sudėtinga. Viršutinė Aukštupių sluoksnių riba pravedama remiantis tektoninių sedimentacinių etapų tyrimo rezultatais, kurie buvo pateikti dar 1985 m. (Lapinskas, 2000).

Šilalės sluoksniai sudaro vidurinę Minijos svitos dalį. Patikslintais diagrafiniais duomenimis jų stratotipas – Stoniškių – 1 gręžinio 1476,0 – 1398,0 m intervalas. Jie išplitę vakarinėje ir didesnėje Lietuvos paleoįdaubos centrinės ir šiaurinės kraštinės sričių dalyse. Sluoksnius daugiausia sudaro žalsvai pilkas molingas mergelis ir argilitas su mikrogrūdės, organogeninės detritinės ir nuolaužinės klinčių tarp sluoksniais. Rytų kryptimi klinčių kiekis didėja, jos sudaro atskirus pluoštus iki 10 m storio, tačiau šie pluoštai sluoksnių sandaroje turi

antraeilę reikšmę. Šilalės sluoksnių storis siekia iki 103 m. Jų apatinėje dalyje Toravos grėžinyje rasta pržidolio *M.Ultimus* zonos graptolitų.

Varnių sluoksniai slūgso Minijos svitos viršutinėje dalyje. Sluoksnių stratotipas yra Stoniškių – 1 grėžinio 1398,0 – 1306,0 m intervalas (patikslinta pagal diafraginius duomenis). Sluoksniai išplitę visoje Lietuvos paleoįdaubos srityje. Juos sudaro žalsvai pilkas molingas mergelis ir argilitas su gausia dugnine fauna. Fauna pasiskirčiusi tolygiai ar atskirais suplautais tarpstuoksniais, ritmingai persisluoksniuojančiais su argilitu. Sluoksnių pjūvyje išsiskiria du tokios kaitos ritmai, išliekantys ir plote. Apatinė sluoksnių riba pravedama pagal Šilalės sluoksnių ir Raseinių svitos klinties ir mergelio išnykimo lygį. Sluoksnių storis siekia iki 78 m.

Raseinių svita išskiriama pirmą kartą. Tai Šilalės sluoksnių laikotarpio analogas, tačiau ši svita pagrinde yra sudaryta iš įvairios kilmės atviro šelfo klinčių. Šios svitos stratotipas yra Lapgiriai – 122 grėžinio 1079,0 – 1009,0 m intervalas. Apatinėje svitos dalyje vyrauja šviesiai žalsvai pilka mikrogrūdė klintis su retais organogeninės nuolaužinės klinties tarpstuoksniais. Šioje svitoje yra išskiriami apatinis ir viršutinis pluoštai. Apatinio pluošto storis - 39 m. Viršutinę svitos dalį sudaro 1 – 7 m storio mergelio ir 1 – 10 m storio minėtų klinčių sluoksnių ritmiška kaita. Vyrauja klinties sluoksniai. Viršutinio pluošto storis – 31 m. Apatinė Raseinių svitos riba su Aukštupių sluoksniais ir Ventspilio svita yra ryški. Svitos storis siekia iki 96 m. Svita siaura juosta išplitusi Lietuvos paleoįdaubos centrinės ir rytinės kraštinės sričių sandūroje bei šiaurinės kraštinės srities rytinėje dalyje. Be minėtų uolienu tipų, svitos išplitimo ribose keliuose lokaliuose plotuose (Kudirkos, Bliūdžių, Šaukėnų ir kt.) aptikta pavienių rifų. Rytinėje svitos išplitimo srityje jos vidurinėje ir viršutinėje dalyse yra ir barjerinio tipo rifų. Raseinių svita užima didžiąją vidurinę Minijos regioninio aukšto dalį.

Ventspilio svita išskirta Latvijoje. Ji išplitusi ir Lietuvos paleoįdaubos rytinėje kraštinėje bei šiaurinės kraštinės srities rytinėje dalyje. Tipiškas jos pjūvis Lietuvoje – Viduklės – 61 grėžinio 1115,0 – 1093,0 m intervalas. Vakariniuose šios teritorijos pjūviuose išskiriami trys svitos pluoštai. Apačioje slūgso rusvai tamsiai pilkos mikrogrūdė ir organogeninė detritinė klintys su tamsiai pilko ir juodo mergelio, kuriame gausu organinės medžiagos, tarpstuoksniais. Pluošto storis – iki 5 m. Aukščiau slūgso persisluoksniuojančių pilkos molingos mikrogrūdės ir organogeninių klinčių bei melsvai pilko mergelio pluoštas, kurio storis yra 2,2 m. Einant labiau į vakarus, šis pluoštas sustorėja iki 6 m, jame vyrauja mergeliai. Viršutinį šios svitos pluoštą sudaro rausvai tamsiai pilkos mikrogrūdė ir organogeninė detritinė banguotai sluoksniuotos klintys, su tamsiai pilko ir juodo mergelio tarpstuoksniais. Gausi dugninė fauna. Šio pluošto storis yra 13,7 m. Apatinė svitos riba su Mituvos svitos dolomitingu mergeliu ir klintimi yra staigi. Bendras Ventspilio svitos storis

Viduklės – 61 grėžinyje yra 21 m (čia jis didžiausias). Rytų kryptimi jis mažėja, o apatiniuose dviejuose pluoštuose pradeda vyrauti dolomitas. Pamituvio – 98 grėžinyje atsekti galima tik 5 m storio nedolomitizuotą viršutinę svitos dalį.

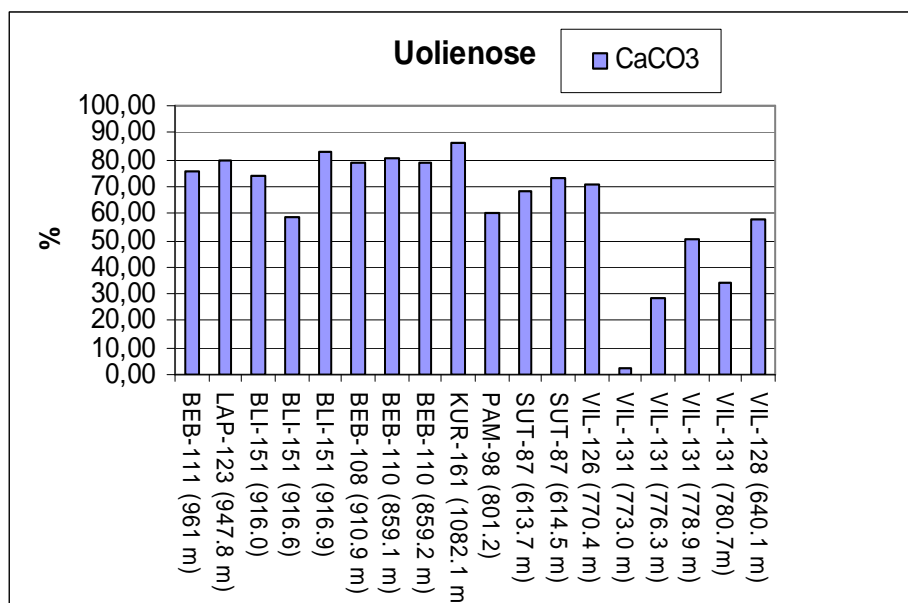
Vievio svita iš pradžių buvo išskirta kaip sluoksniai, vėliau jų rangas buvo pakeistas į svitos. Vievio svitos stratotipas yra Ledų – 179 grėžinio 582,9 – 546,4 m intervalas, tačiau pagal šiuo metu sukauptą litologinę ir paleontologinę informaciją, jį būtų tikslinga pakeisti į 592,8 – 541,9 m intervalą. Šios svitos dariniai plačiai išplitę Lietuvos paleoįdaubos rytinėje kraštinėje srityje. Šioje svitoje yra išskiriami apatinis, vidurinis ir viršutinis pluoštai. Apatinį pluoštą sudaro žalsvai ir tamsiai pilkos molingos mikrogrūdė ir organogeninė detritinė klintys. Jose aptinkami pavieniai rifai (pvz. Šaukėnų plote). Pluošto storis yra iki 33 m. Vidurinį pluoštą sudaro tamsiai pilkos organogeninė detritinė ir mikrogrūdė klintys su juodo mergelio tarp sluoksniais, pluošto storis – iki 16 m. Vakarinėje išplitimo dalyje šis pluoštas įsiremia į Raseinių svitos vidurinės dalies barjerinį rifą, o rytų kryptimi pasikeičia į šviesiai žalių horizontaliai sluoksniuotų dolomitingos klinties ir mergelio pluoštą iki 9 m storio. Viršutinį svitos pluoštą sudaro pilkos mikrogrūdė ir organogeninė detritinė klintys su tamsiai pilko ir žalsvai pilko mergelio tarp sluoksniais (iki 38 m storio). Rytiniuose svitos pjūviuose didėja dolomitinių uolienuų kiekis. Apatinė svitos riba su Ventspilio svita yra laipsniška, ji pravedama pagal molingumo padidėjimo ir uolienuų tamsios spalvos išnykimą. Svitos storis – iki 64 m.

4. MINIJOS REGIONINIO AUKŠTO KARBONATINIŲ UOLIENŲ FORMAVIMOSI SĄLYGOS

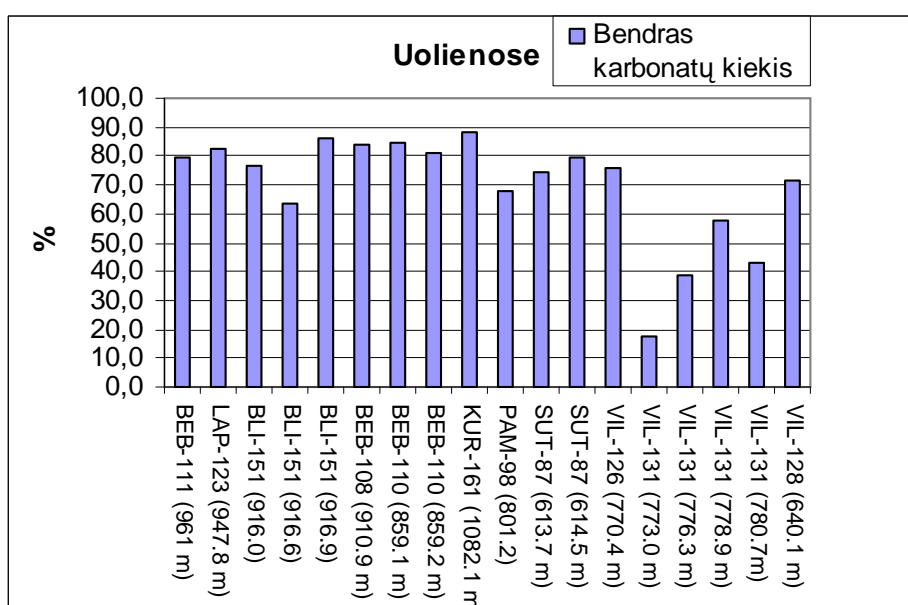
Lietuvos silūro karbonatinių uolienu sandara išsiskiria didele sedimentacijos ypatumų ir diagenetinių pokyčių įvairove, o taip pat ir cheminių elementų sudėtimi. Karbonatinių uolienu elementinės sudėties kaita yra nulemta uolienu formavimosi sąlygų. Uolienu elementinės sudėties tyrimai yra svarbūs apibūdinant sedimentacinius baseinus, padeda detaliau nagrinėti baseinų ir denudacinių sričių vystymosi ypatybes ir leidžia mums išaiškinti uolienu susidarymo sąlygas. Šiame skyriuje yra pateikiami uolienu ir brachiopodų mineralinės bei cheminės sudėčių aprašymai, analizuojamų cheminių elementų kaita juose. Pirmą kartą aprašyta brachiopodų *Isortis ovalis* rūšies geocheminė sudėtis, kuri duoda mums informaciją apie paleojūros vandens pirminę cheminę sudėtį. Brachiopodų geldelės, manoma, išlaikė pirminę cheminę sudėtį ir yra sudarytos iš kalcito su nedideliu Mg kiekiu (tuo būdu brachiopodai yra atsparūs diagenezės procesui ir dažniausiai išlieka nepaveikti šio proceso pasekoje). Galiausiai analizuojamų elementų kiekiai uolienose lyginami su jų kiekiais brachiopoduose su tikslu išaiškinti uolienu formavimosi sąlygas, kiek stipriai uolienos yra pakitę, kiek žymiai karbonatinės medžiagos buvo prinešta silūro sistemoje uolienu diagenezės proceso metu.

4.1. Mineralinė uolienu sudėtis

Šiame skyriuje yra aprašoma analizuojamų uolienu mėginių mineralinė sudėtis, pateikiami pagrindinių mineralų (kalcio, magnio, geležies, mangano, stroncio karbonatų ir dolomito) kiekiai, išreikšti procentais, ir taip pat tų kiekių vidurkiai, t.y. medianiniai kiekiai. Vyraujantis mineralas analizuojamuose mėginiuose yra kalcitas. Mažiausi kiekiai nustatyti stroncio karbonato (stroncianito). Kalcito kiekio vidurkis analizuojamuose mėginiuose siekia 72,1 %, maksimali reikšmė siekia 85,9 % Kurtuvėnų – 161 grėžinyje, 1082,1 gylyje, o minimalus kalcito kiekis žymiai skiriasi nuo kiekio vidurkio ir yra 2,1 % Vilkaviškio – 131 grėžinyje, 773,0 m gylyje (4.1.1 pav. ir 4.1 lentelė). Vilkaviškio – 131 grėžinyje, iš kurio yra paimti keturi mėginiai, kalcito kiekis kinta nuo 2,1 % iki 50,3 %, medianinis kiekis yra 31,4 % Bendras visų karbonatų medianinis kiekis uolienose siekia 76,4 %, o minimali reikšmė 17,9 % yra Vilkaviškio – 131 grėžinyje, 773,0 m gylyje, tuo tarpu kiekio maksimumas yra 88,6 %, Kurtuvėnų – 161 grėžinyje, 1082,1 m gylyje (4.1.2 pav.).

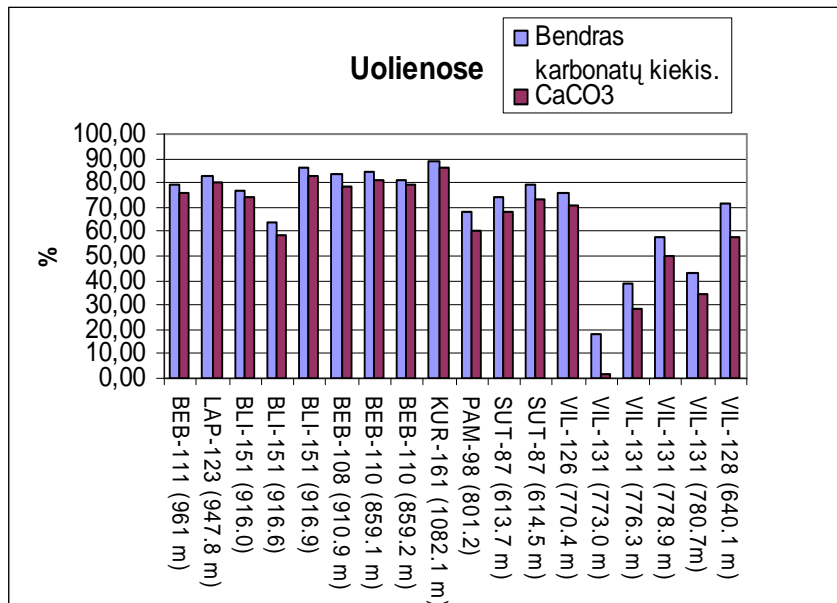


4.1.1 pav. Kalcito procentiniai kiekiai uolienose

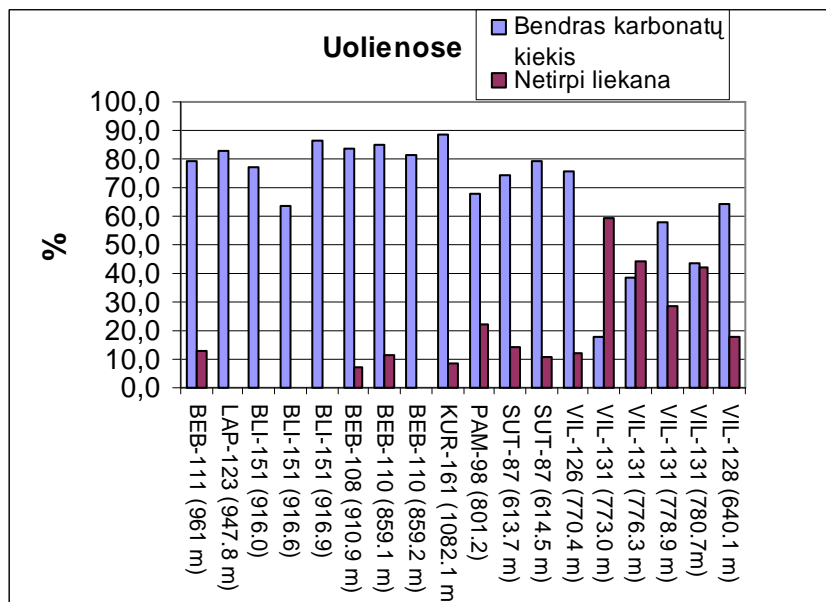


4.1.2. Bendras karbonatų procentinis kiekis uolienose.

Aukščiau pavaizduotuose grafikuose ryškiai išsiskiria Vilkaviškio – 131 gręžinys, kuriame matomas žymus tiek bendro karbonatų kiekio, tiek kalcito kiekių sumažėjimas ir žymus uolienų netirpios liėkanos procentinių kiekių padidėjimas (4.1.4.pav.). Vilkaviškio – 131 gręžinyje netirpios liėkanos kiekiai kinta nuo 28,4 % 778,9 m gylyje iki 59,4 % 773,0 m gylyje, kur jie net gi keletą kartų viršija bendrą karbonatų kiekį. Galime teigti, kad jame kalcito kiekis žymiai mažesnis lyginant su kitais gręžiniais. Matomai tai yra susiję su uolienos tipu. Kituose gręžiniuose kalcito bei bendro karbonatų kiekių reikšmės kinta nežymiai.



4.1.3.pav. Kalcito ir bendro karbonatų kiekių paplitimas uolienose.

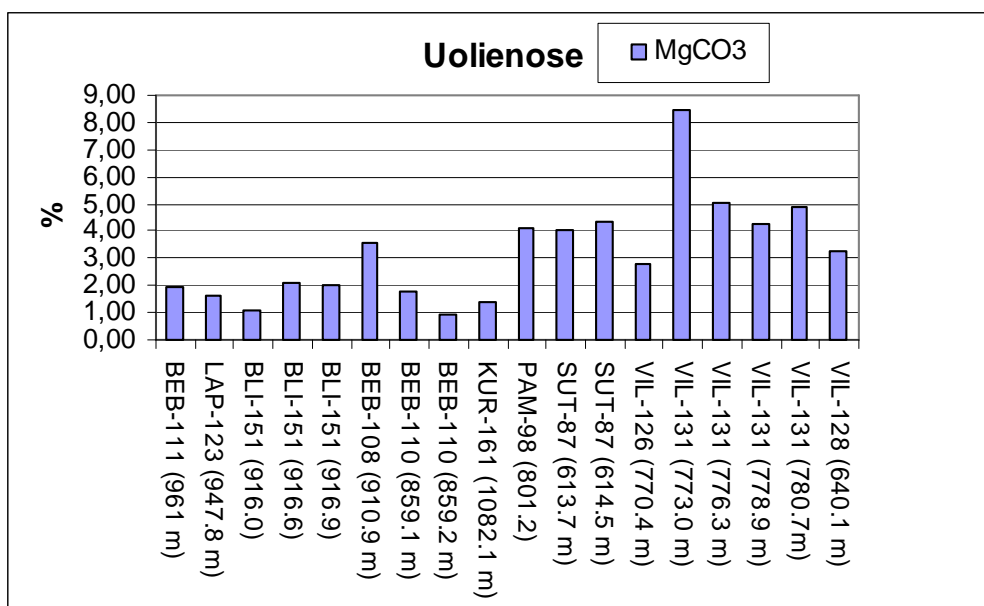


4.1.4 pav. Bendro karbonatų ir netirpios liekanos procentiniai kiekiai uolienose

Bendro karbonatų kiekio bei kalcito procentinių kiekio pasiskirstymo grafikas labai aiškiai parodo, jog vyraujantis uolienas sudarantis mineralas yra kalcitas, kurio kiekis mažėja, mažėjant bendram visų karbonatų kiekiui (4.1.3 pav.).

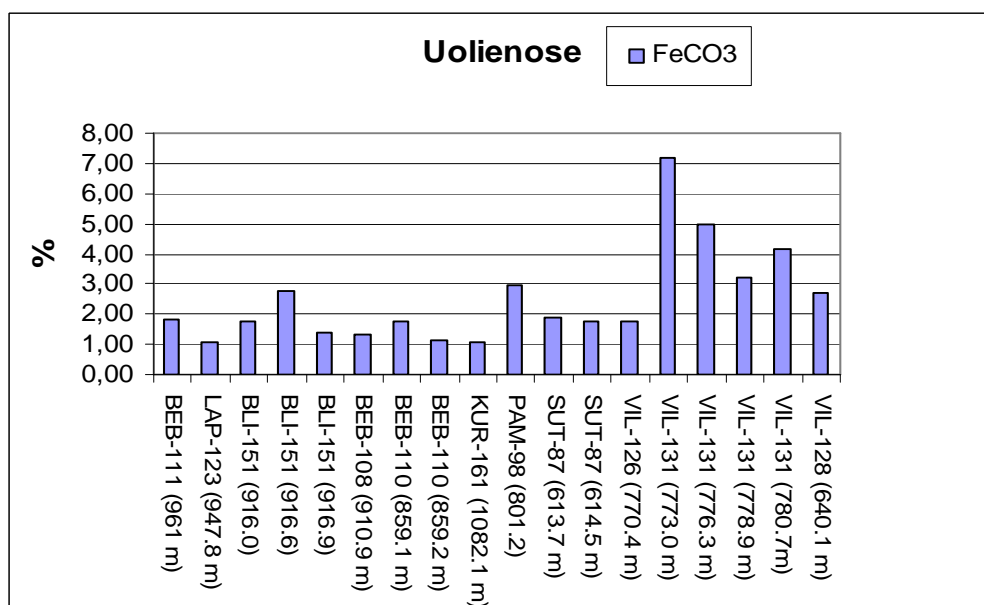
Magnio karbonato medianinis kiekis analizuojamuose mėginiuose yra 3,1 %, minimalus šio karbonato kiekis yra 0,95 % Bebirvos – 110 grėž., 859,2 m gylyje, o maksimalus ir ryškiai išsiskiriantis bei keletą kartų viršijantis medianinį kiekį kiekis yra 8,5 % , nustatyta Vilkaviškio – 131 grėžinyje, 773,0 m gylyje (4.1.5 pav.). Tame pačiame mėginyje taip pat sumažėjęs kalcio karbonato kiekis, bet žymiai padidėjęs Mg karbonato kiekis. Vilkaviškio – 131 grėžinyje Mg karbonato medianinis kiekis yra 5 %. Vakarinėje bei

centrinėje Lietuvos dalyse esančiuose gręžiniuose $MgCO_3$ procentiniai kiekiai kinta nežymiai, o pietinėje dalyje kiekiai žymiai padidėja (4.1.5 pav.).



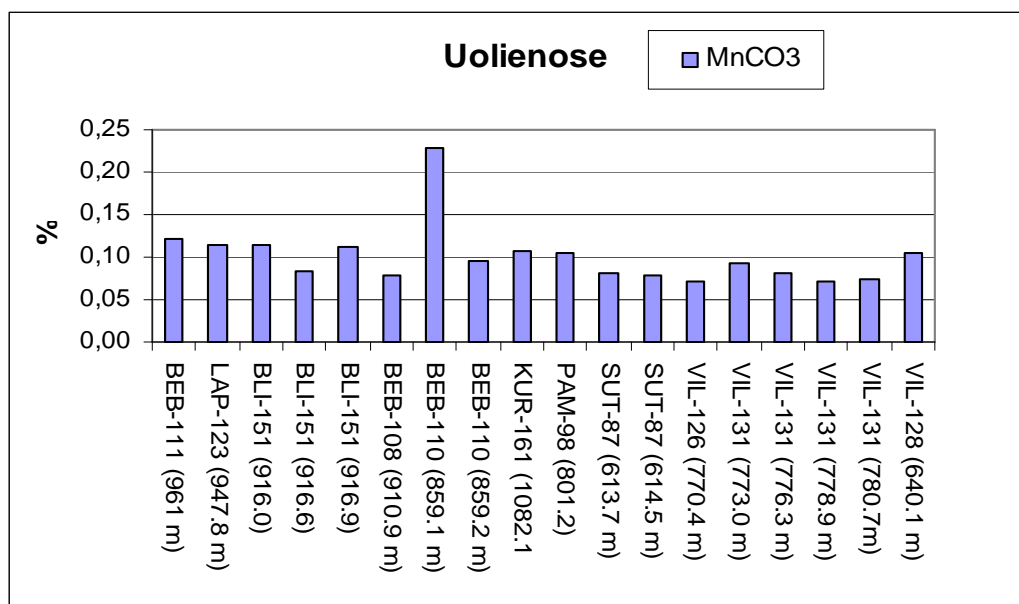
4.1.5.pav. Magnio karbonato kiekiai uolienose.

Geležies karbonato (siderito) medianinis kiekis yra 1,8 %, o minimalus kiekis yra 1,1 % Lapgirių – 123 gręž., 947,8 m gylyje, o tuo tarpu maksimalus kiekis siekia 7,2 % Vilkaviškio – 131 gręž., 773,0 m gylyje. Vilkaviškio – 131 gręžinyje geležies karbonato medianinis kiekis yra 4,6 %. Analizuojamuose gręžiniuose siderito kiekiai kinta nežymiai, pagrindė atitinka medianinį kiekį, tačiau Vilkaviškio – 131 gręžinyje kiekiai yra padidinti ir 2 – 3 kartus viršija medianinį siderito kiekį (4.1.6 pav).



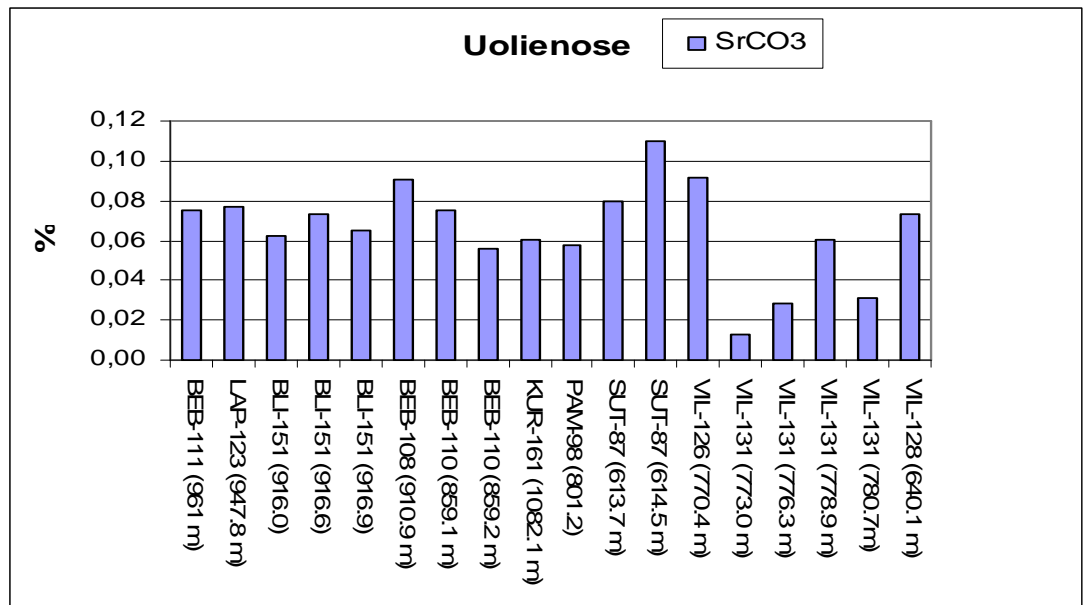
4.1.6.pav. Geležies karbonato procentiniai kiekiai uolienose.

Mangano karbonato kiekių vidurkis analizuojamuose gręžiniuose yra 0,1 %, jo kiekiai uolienose yra žymiai mažesni nei prieš tai minėtų mineralų. Maksimali Mn karbonato kiekio reikšmė yra 0,23 % Bebirvos – 110 gręž., 859,1 m gylyje, o minimali - 0,07 % Vilkaviškio – 126; 131 bei Bebirvos – 108 gręžiniuose. Išskyrus mangano karbonato kiekio maksimalią reikšmę, kituose gręžiniuose minėto karbonato kiekiai kinta nežymiai (4.1.7 pav.).



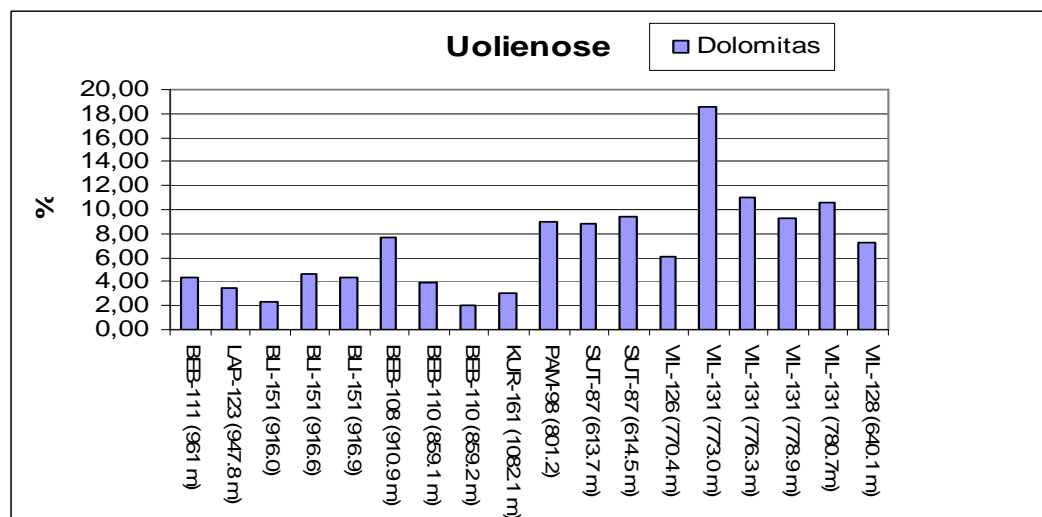
4.1.7.pav. Mangano karbonato procentiniai kiekiai uolienose.

Stroncio karbonato (stroncianito) procentiniai kiekiai uolienose yra mažiausi, kiekių vidurkis yra 0,07 %. Minimalus šio karbonato kiekis yra 0,01 % Vilkaviškio – 131 gręž., 773,0 m gylyje, o maksimali reikšmė yra 0,11 % Sutkų – 87 gręž. 614,5 m gylyje (4.1.8 pav.). Vilkaviškio – 131 gręžinyje stroncio kaip ir kalcio karbonato kiekiai yra žymiai sumažinti, ir Sr karbonato kiekių vidurkis yra 0,03 %. Kituose gręžiniuose Sr karbonato kiekiai kinta nežymiai.



4.1.8.pav. Stroncio karbonato procentiniai kiekiai uolienose.

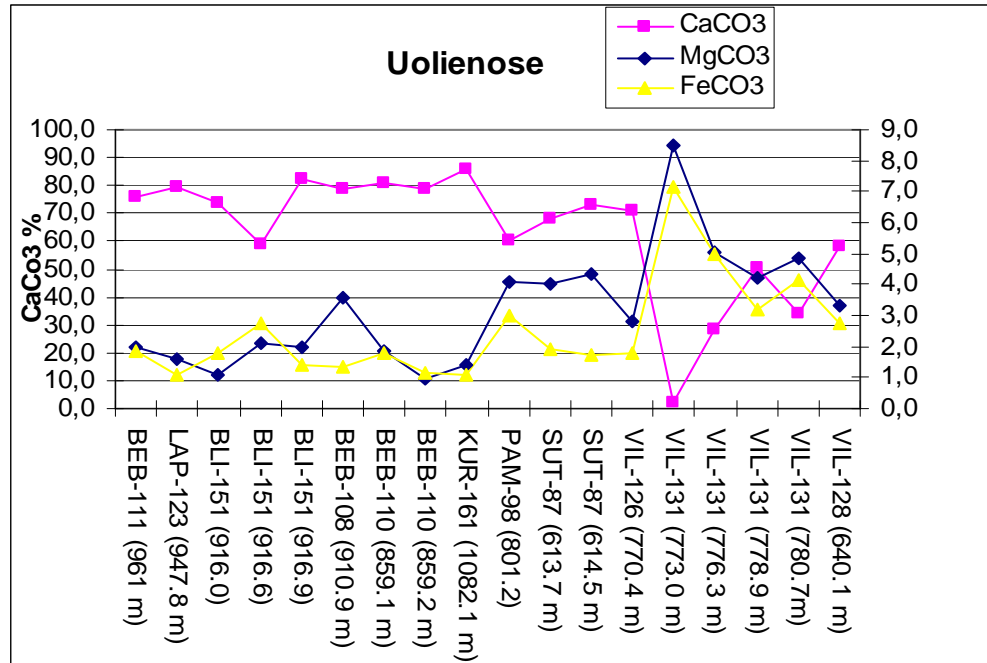
Mineralo dolomito kiekių vidurkis analizuojamuose gręžiniuose yra 6,7 %, kiekiai kinta nuo 2,3 % Bliūdžių – 151 gręž. 916,0 m gylyje iki 18,5 % Vilkaviškio – 131 gręž. 773,0 m gylyje (4.1.9 pav.). Dolomito kiekio vidurkis pastarajame gręžinyje yra 10,8 %, lyginant su kiekiu kituose gręžiniuose, dolomito kiekis Vilkaviškio – 131 gręžinyje yra žymiai padidėjęs, o mineralo kalcito kiekiai yra žymiai sumažėję. Tuo remiantis galima teigti, jog šiame gręžinyje uolienos yra labiau paveiktos diegenozės proceso, ką mums rodo dolomito kiekiai jose.



4.1.9.pav. Dolomito procentiniai kiekiai uolienose.

4.1.10.pav. iliustruoja kalcio, magnio bei geležies karbonatų kaitą analizuojamuose gręžiniuose. Tarp magnio karbonato ir geležies karbonato pastebimas glaudus ryšys, t.y. tiesioginė tų mineralų kiekių kaitos priklausomybė. Didėjant magnio karbonato kiekiui

uolienose, tuo pačiu didėja ir geležies karbonato kiekiai . Priešingu atveju, mažėjant Mg karbonato kiekiams, Fe karbonato kiekiai mažėja taip pat. Tarp Mg ir Fe karbonatų kiekių ir Ca karbonato kiekio analizuojamuose mėginiuose išryškėja atvirkštinė priklausomybė. Didėjant kalcito kiekiui, minėtųjų karbonatų kiekis mažėja. Fe kiekiai siejami su terigenine (molinga, aleuritinga) komponente. Tikėtina, jog uolienose padidėję Mg kiekiai yra susiję su diagenoze, bet taipogi gali būti susiję su detritine medžiaga.



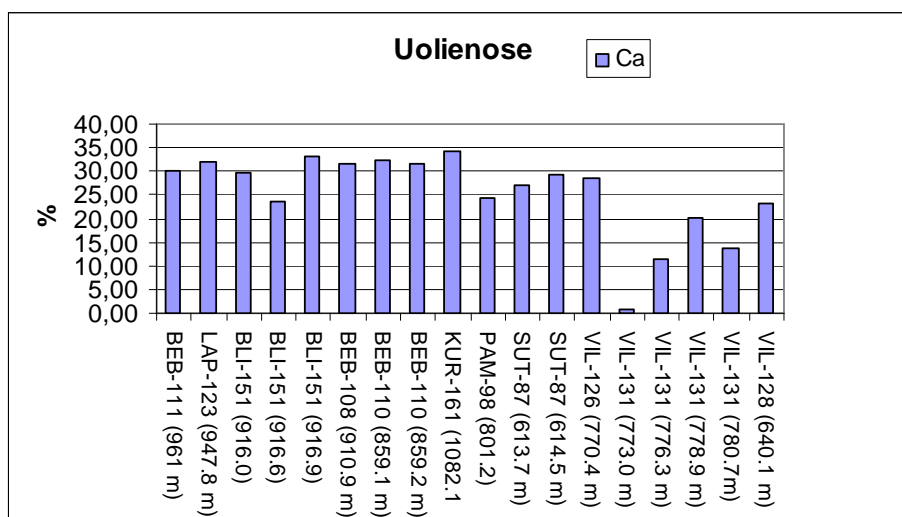
4.1.10 pav. Kalcio, magnio ir geležies karbonatų kiekių kaita uolienose.

4.1 lentelė. Ca, Mg, Fe, Mn ir Sr karbonatų kiekiai analizuojamuose mėginiuose.

Gręžinys	Gylis, m	CaCO ₃ , %	MgCO ₃ , %	FeCO ₃ , %	MnCO ₃ , %	SrCO ₃ , %	Bendras karb. kiekis, %	Dolomitas, %	Netirpi liekana
Bebirva -111	961,0	75,60	1,9620	1,8511	0,1204	0,0747	79,6124	4,29	12,74
Lapgiriai -123	947,8	79,77	1,5919	1,0825	0,1151	0,0772	82,6330	3,48	
Bliudžai -151	916,0	73,97	1,0708	1,7657	0,1137	0,0622	76,9808	2,34	
Bliudžai -151	916,6	58,72	2,1010	2,7414	0,0845	0,0737	63,7229	4,59	
Bliudžai -151	916,9	82,54	1,9862	1,4087	0,1108	0,0646	86,1113	4,34	
Bebirva108	910,9	78,70	3,5451	1,3537	0,0777	0,0906	83,7685	7,75	7,08
Bebirva110	859,1	80,80	1,8199	1,7642	0,2277	0,0754	84,6890	3,98	11,29
Bebirva-110	859,2	78,94	0,9464	1,1286	0,0948	0,0563	81,1654	2,07	
Kurtuvenai -161	1082,1	85,93	1,3750	1,0929	0,1076	0,0602	88,5615	3,01	8,54
Pamituovys -98	801,2	60,50	4,0795	2,9881	0,1056	0,0579	67,7290	8,92	22,38
Sutkai -87	613,7	68,00	4,0254	1,9199	0,0814	0,0798	74,1089	8,80	14,48
Sutkai -87	614,5	73,16	4,3284	1,7386	0,0780	0,1099	79,4123	9,47	10,90
Vilkaviskis -126	770,4	70,97	2,8053	1,7900	0,0707	0,0920	75,7273	6,14	11,79
Vilkaviskis -131	773,0	2,13	8,4732	7,1704	0,0926	0,0128	17,8812	18,53	59,42
Vilkaviskis -131	776,3	28,58	5,0578	4,9616	0,0814	0,0283	38,7119	11,06	44,33
Vilkaviskis -131	778,9	50,28	4,2389	3,1943	0,0709	0,0600	57,8401	9,27	28,36
Vilkaviskis -131	780,7	34,25	4,8506	4,1672	0,0740	0,0314	43,3750	10,61	42,30
Vilkaviskis -128	640,1	57,81	3,2953	2,7227	0,1055	0,0735	64,0090	7,21	18,21

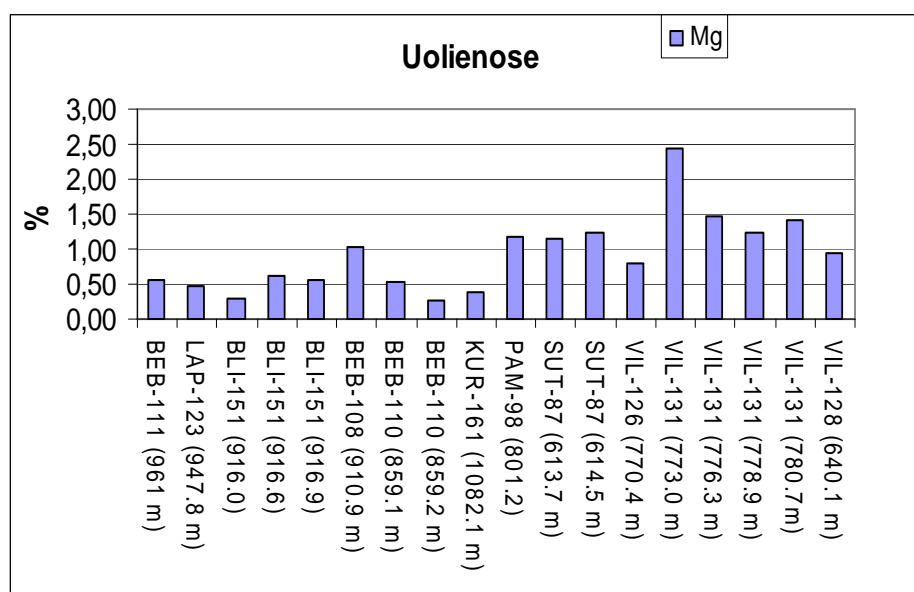
4.2. Cheminė uolienų sudėtis

Analizuojamuose gręžiniuose cheminio elemento Ca kiekio vidurkis uolienose yra 28,9 %. Šio elemento kiekio reikšmės svyruoja nuo 0,85 % Vilkaviškio – 131 gręžinyje, 773,0 m gylyje iki 34,4 % Kurtuvėnų – 161 gręžinyje, 1082,1 m gylyje (4.2.1 pav.). Vilkaviškio – 131 gręžinyje Ca kiekis žymiai sumažėjęs nei likusiuose gręžiniuose, o jo kiekio vidurkis yra 12,6 %. Kituose gręžiniuose Ca kiekis kinta nežymiai.

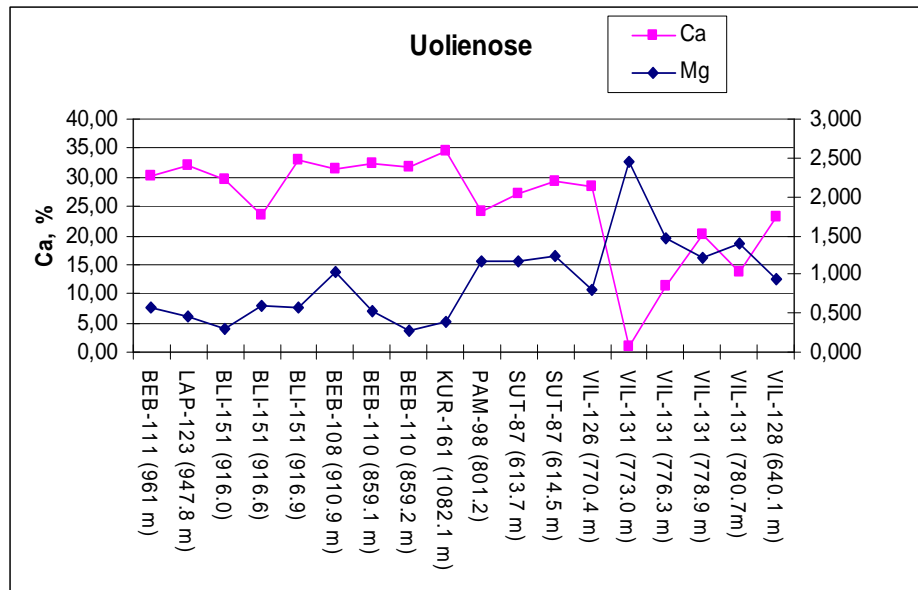


4.2.1 pav. Kalcio procentiniai kiekiai uolienose.

Magnio kiekis uolienose kinta nuo 0,31 % Bliūdžių – 151 gręžinyje 916,0 m gylyje, iki 2,4 % Vilkaviškio – 131 gręžinyje 773,0 m gylyje. Magnio kiekio vidurkis uolienose yra 0,9 %, o Vilkaviškio – 131 gręžinyje – 1,4 % (4.2.2 pav.). 4.2.3.pav. matoma atvirkštinė priklausomybė tarp kalcio ir magnio. Didėjant kalcio kiekiam uolienose, magnio kiekiai mažėja, ir atvirkščiai.

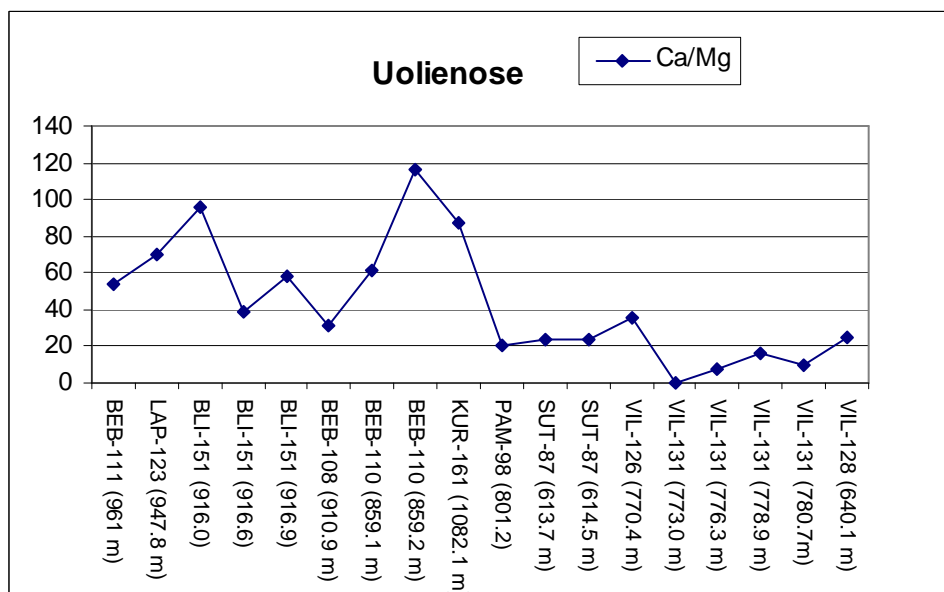


4.2.2.pav. Magnio procentiniai kiekiai uolienose



4.2.3.pav. Kalcio ir magnio kiekių kaita uolienose.

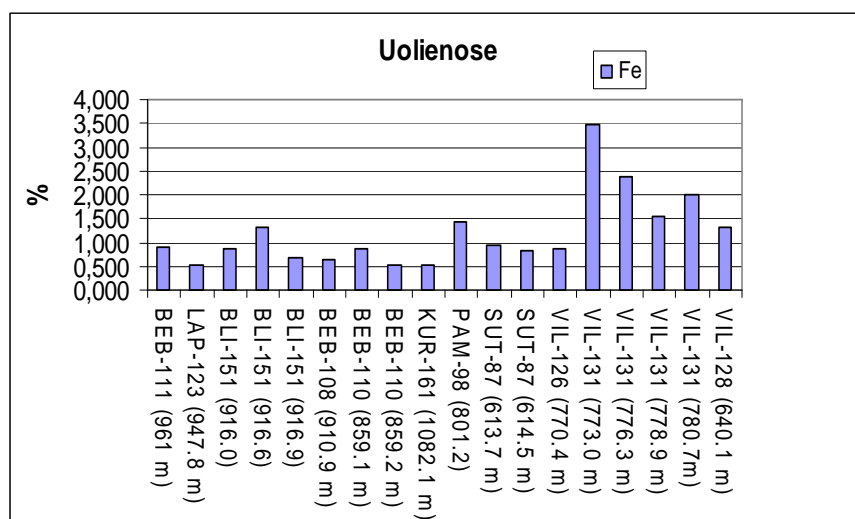
Ca ir Mg santykis parodo santykinį Mg kiekį uolienose. Padidėjusiu Mg kiekiu šiame paveiksle ryškiai išsiskiria grėžiniai esantys centrinėje ir pietvakarinėje Lietuvos dalyse, užrifinėje baseino baseino dalyje, o ypatingai išsiskiria Vilkaviškio – 131 grėžinys. Tai gali būti sietina su uolienų dolomitizacija, ką patvirtina ir padidėję mineralo dolomito kiekiai toje baseino dalyje esančiuose grėžiniuose (4.2.4 pav.).



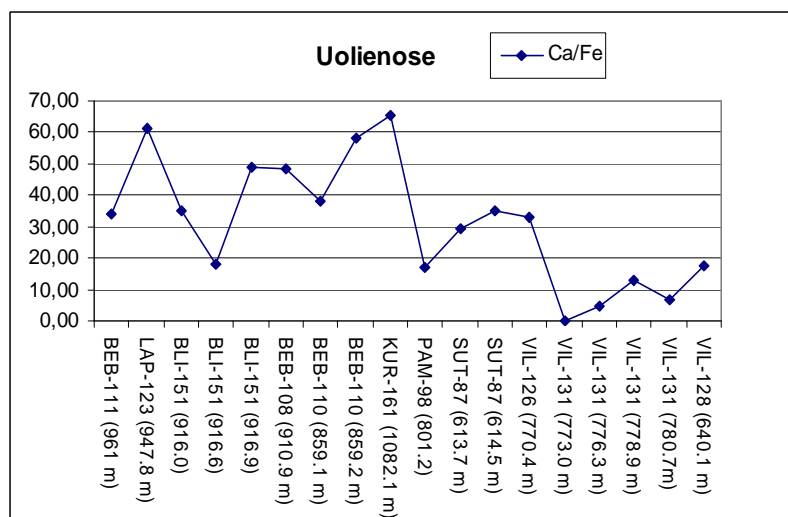
4.2.4 pav. Kalcio ir magnio kiekių santykis uolienose.

Geležies kiekio vidurkis uolienose yra 0,9 % . Minimalus geležies kiekis yra 0,52 % Lapgirių - 123 grėžinyje 947,8 metrų gylyje, panašūs kiekiai yra sutinkami Bliūdžių – 151 , Bebirvos – 108, 110 bei Kurtuvėnų – 161 grėžiniuose. Maksimalus geležies kiekis yra 3,5 %

Vilkaviškio – 131 gręžinyje 773,0 metrų gylyje (4.2.5 pav.). Pastarajame gręžinyje geležies medianinis kiekis yra 2,2 % ir daugiau nei 2 kartus viršija šio elemento medianinį kiekį visuose gręžiniuose, tai rodo uolienų praturtinimą geležimi, kuris manoma yra nulemtas uolienos tipo. Geležies santykinė kaita uolienose aiškiai matoma Ca ir Fe santykio kitime. Didėjant šių elementų santykiui, Ca kiekis didėja, o geležies kiekis mažėja ir atvirkščiai (4.2.6 pav.). Tarp kalcio ir geležies matoma aiški atvirkštinė priklausomybė. Kalcis siejamas su karbonatine komponente, o geležis su terigenine. Uolienoms esant praturtintoms kalciumu turime vieną uolienų tipą, o esant padidėjusiems geležies kiekiams, turime kitą uolienų tipą (molingą, aleuritingą). Tačiau geležies koncentraciją padidėjimas taip pat rodo ir uolienų diagenetinius pakitimus.



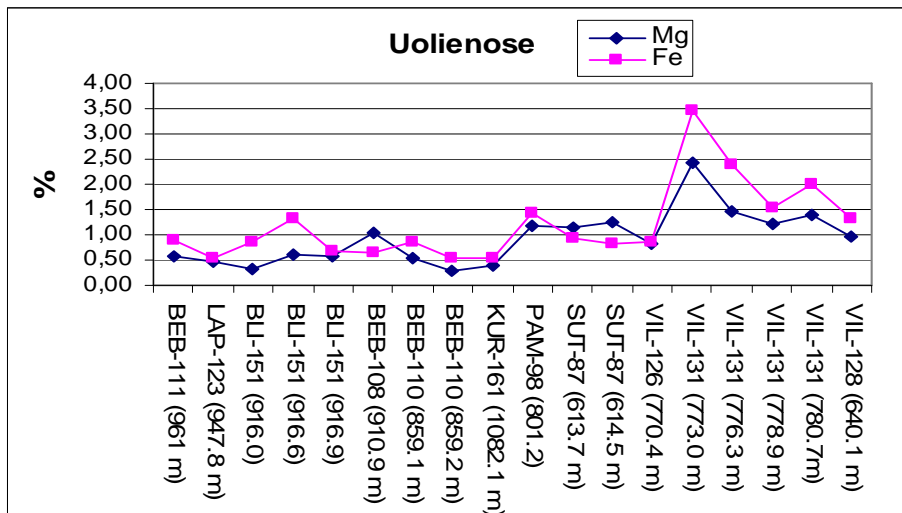
4.2.5 pav. Geležies procentiniai kiekiai uolienose



4.2.6 pav. Kalcio ir geležies kiekių santykis uolienose

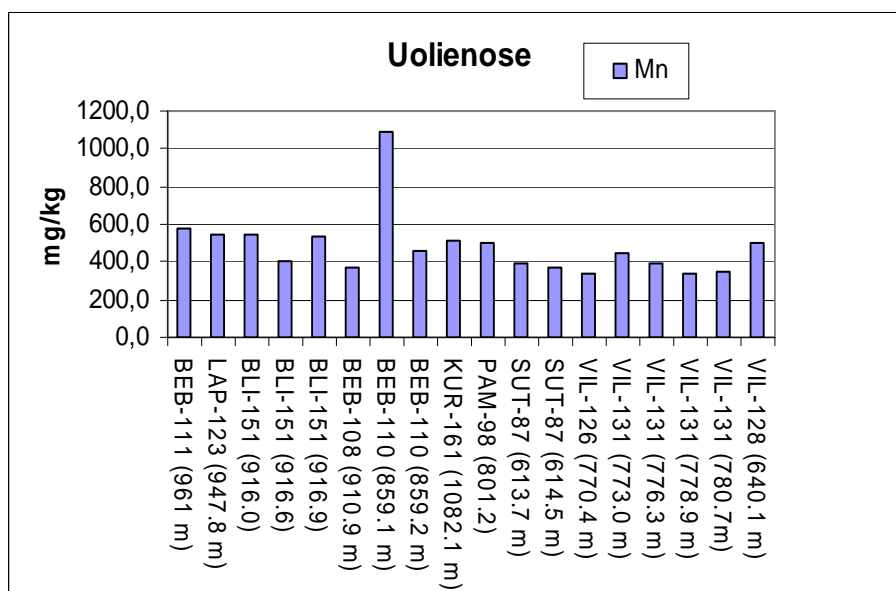
4.2.7 paveiksle matoma geležies ir magnio kiekių kaitos tiesioginė priklausomybė. Uolienoje didėjant geležies kiekiams, tuo pačiu didėja ir magnio kiekiai, ir atvirkščiai. Mažėjant kalcio kiekiams, pastarųjų elementų kiekiai didėja. Prie šių elementų asociacijos dar

būtų galima priskirti manganą. Kai kuriuose gręžiniuose geležies kiekiai žymiai viršija magnio kiekius uolienose (Vilkaviškio – 131 gręžinyje). Kituose gręžiniuose geležies kiekiai lyginant su magnio kiekiais yra padidėję nežymiai.

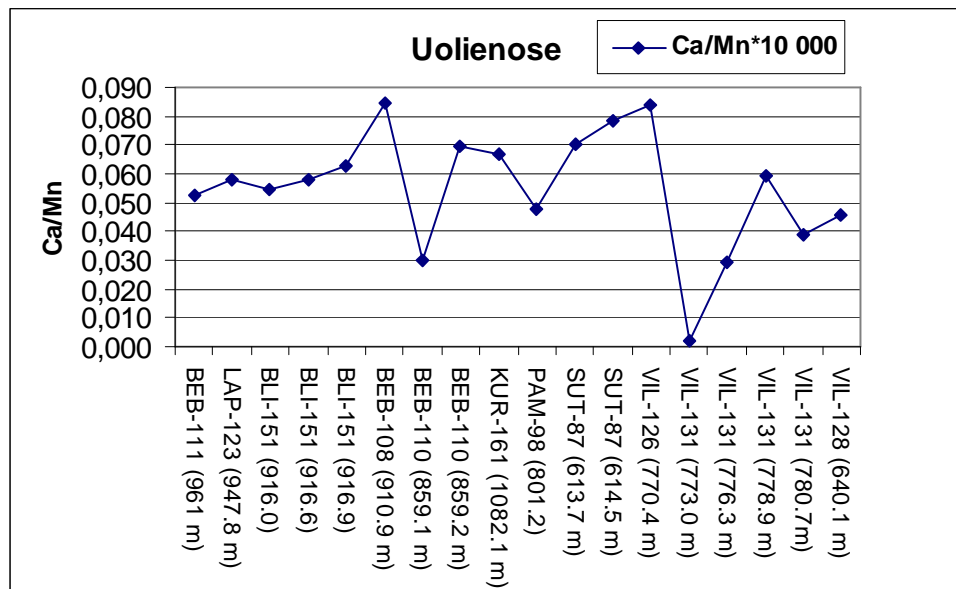


4.2.7 pav. Geležies ir magnio kiekių kaita uolienose.

Mangano medianinis kiekis analizuojamuose mėginiuose yra 447,9 mg/kg. Maksimalus kiekis yra 1088,4 mg/kg Bebirvos – 110 gręžinyje 859,1 m gylyje, o minimalus kiekis yra 338,1 mg/kg Vilkaviškio – 126 gręžinyje 770,4 m gylyje. Mangano kiekiai uolienose kinta nežymiai (4.2.8 pav.). Ca ir Mn santykis parodo uolienų praturtinimą manganu ir kalcio kiekio kitimą uolienose (4.2.9 pav.).

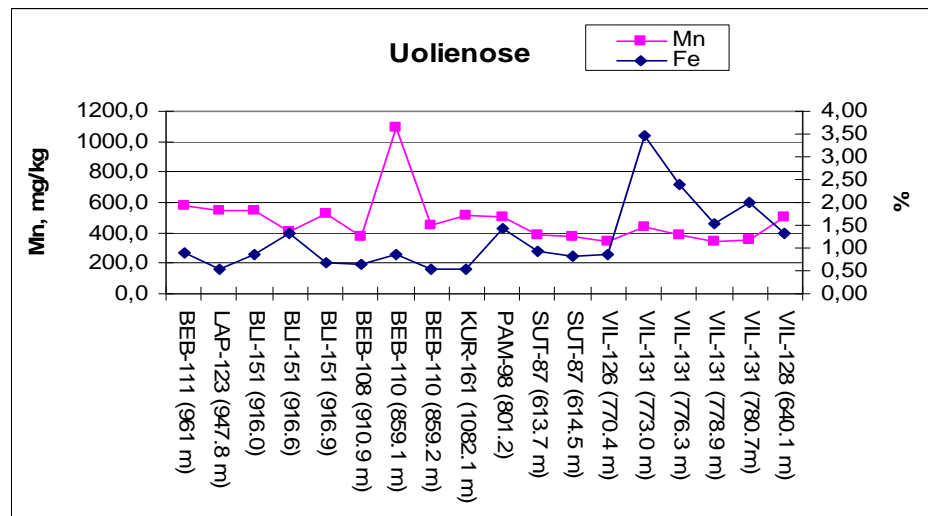


4.2.8 pav. Mangano kiekiai uolienose (mg/kg).



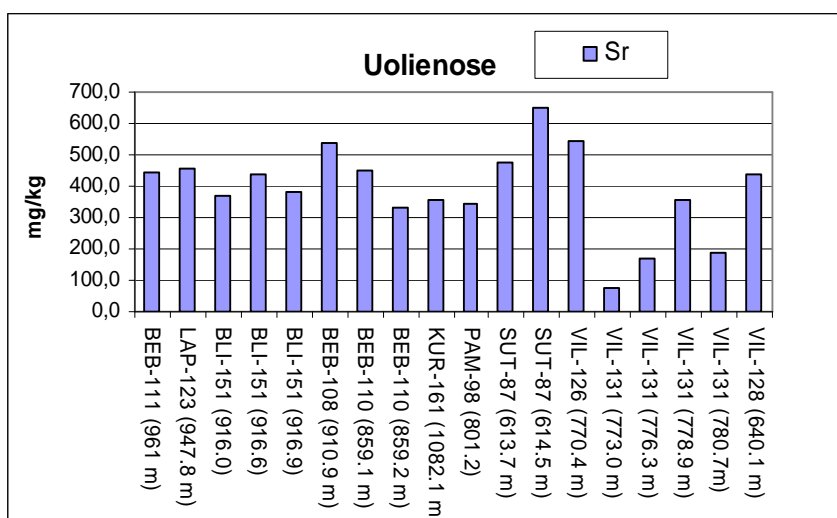
4.2.9.pav. Kalcio ir mangano kiekių santykis uolienose

4.2.10 paveiksle pavaizduota mangano ir geležies kiekių priklausomybė analogiška kaip ir tarp magnio ir geležies. Uolienose didėjant geležies kiekiui, taip pat didėja ir mangano kiekiai, ir atvirkščiai. Magnis, geležis ir manganas yra panašūs savo cheminėms savybėms, sumažėjus kalcio kiekiui uolienose, šių elementų kiekiai padidėja, jie keičia kalcį.

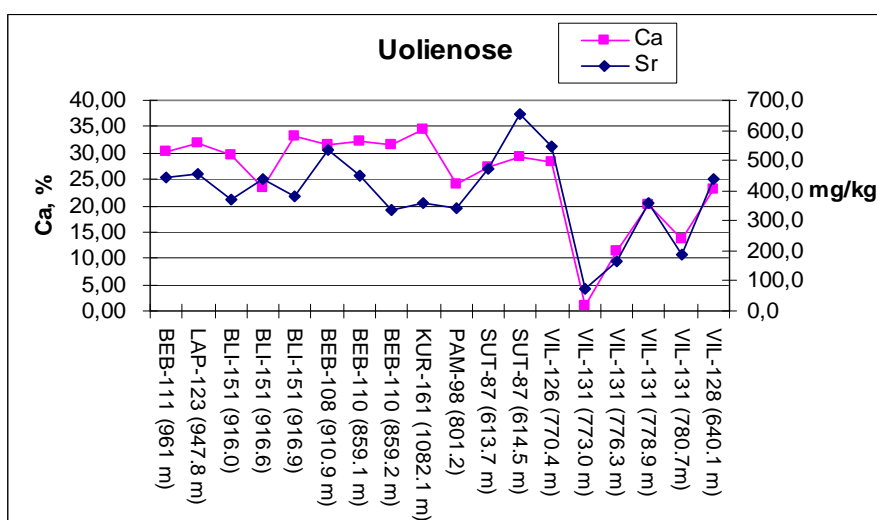


4.2.10 pav. Geležies ir mangano kiekių kaita uolienose.

Stroncio kiekio vidurkis uolienose yra 409,9 mg/kg. Minimali stroncio kiekio reikšmė yra 76,0 mg/kg Vilkaviškio – 131 gręžinyje 773,0 metrų gylyje. Šiame gręžinyje taip pat yra minimalus Ca kiekis, tačiau padidinti magnio bei geležies kiekiai. Maksimalus stroncio kiekis yra 652,1 mg/kg Sutkų – 87 gręžinyje, 614,5 metrų gylyje (4.2.11 pav.).



4.2.11 pav. Stroncio kiekiai uolienose (mg/kg)



4.2.12 pav. Kalcio ir stroncio kiekių kaita uolienose.

Aukščiau pateiktame 4.2.12 paveiksle pavaizduota kalcio ir stroncio kiekių kitimo tendencija. Matomas akivaizdus tų elementų tarpusavio ryšys, aiški tiesioginė priklausomybė. Kalcio kiekiui uolienose didėjant, didėja ir stroncio kiekiai, ir atvirkščiai.

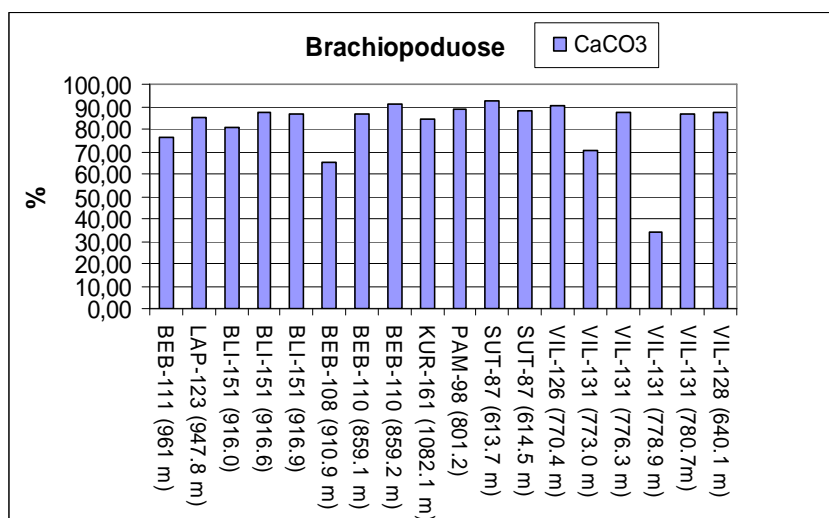
Kalcis ir stroncis savo cheminėm savybėm taip pat yra labai panašūs ir jie yra susiję su karbonatinių uolienu (klinčių) formavimusi, atspindi karbonatinę komponentę. Uolienose, kurios yra praturtintos magnio, geležies ar mangano kiekiais, kalcio ir stroncio kiekiai yra žymiai sumažėję. Mg, Fe ir Mn siejami su terigeninėm uolienom, su molio mineralais.

Lentelė 4.2. Ca, Mg, Fe, Mn bei Sr kiekiai uolienuose analizuojamuose mėginiuose

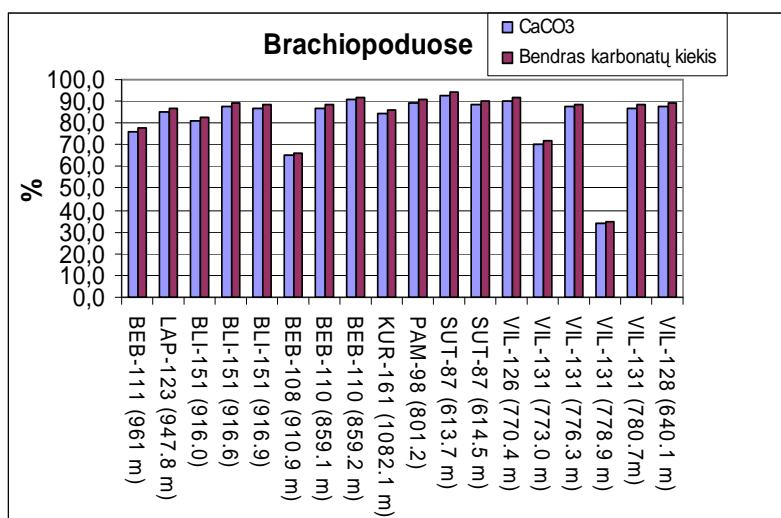
Gręžinys	Gylis, m	Ca, %	Mg, %	Fe, %	Mn,ppm	Sr, ppm	Sr/Mg	Sr/Mn
Bebirva -111	961,0	30,27	0,566	0,892	575,6	443,5	0,078421	0,770572
Lapgiriai-123	947,8	31,94	0,459	0,522	549,9	458,1	0,09983	0,833091
Bliudzai -151	916,0	29,62	0,309	0,851	543,5	369,4	0,119658	0,679633
Bliudzai -151	916,6	23,51	0,606	1,321	403,7	437,3	0,072201	1,083129
Bliudzai-151	916,9	33,05	0,573	0,679	529,6	383,7	0,067015	0,724549
Bebirva - 108	910,9	31,51	1,022	0,653	371,3	537,6	0,052605	1,44784
Bebirva - 110	859,1	32,36	0,525	0,850	1088,4	447,7	0,085334	0,41133
Bebirva -110	859,2	31,61	0,273	0,544	453,3	334,1	0,122481	0,737195
Kurtuvena -161	1082,1	34,41	0,396	0,527	514,0	357,6	0,090216	0,695648
Pamituvys - 98	801,2	24,23	1,176	1,440	504,7	343,7	0,029231	0,681115
Sutkai - 87	613,7	27,23	1,160	0,925	388,9	473,8	0,040832	1,218468
Sutkai - 87	614,5	29,29	1,248	0,838	372,8	652,1	0,052263	1,749215
Vilkaviskis - 126	770,4	28,42	0,809	0,863	338,1	545,8	0,067491	1,614431
Vilkaviskis -131	773,0	0,85	2,443	3,456	442,6	76,0	0,003111	0,17166
Vilkaviskis -131	776,3	11,45	1,458	2,392	389,0	167,7	0,011503	0,431161
Vilkaviskis -131	778,9	20,13	1,222	1,540	338,7	356,1	0,029145	1,051425
Vilkaviskis -131	780,7	13,72	1,398	2,009	353,5	186,6	0,013345	0,527936
Vilkaviskis -128	640,1	23,15	0,950	1,312	504,5	436,0	0,045902	0,864335

4.3 Brachiopodų mineralinė sudėtis

Brachiopodų kiautelis yra sudarytas iš kalcio karbonato su nedideliu magnio kiekiu, kurį jie statosi pusiausvyroje iš vandenyje esančių cheminių elementų, to pasekoje yra manoma, jog jie atspindi pirminę paleovandens cheminę sudėtį. Brachiopoduose, kaip ir uolienose, vyraujantis karbonatų mineralas yra kalcitas (4.3.2 pav.), kitų mineralų kiekiai yra labai maži. Brachiopoduose kalcito kiekio vidurkis yra 87,02 %, didžiausias kalcito kiekis yra 92,59 % Sutkų - 87 grėžinyje, 613,7 m gylyje, o mažiausias kiekis – 33,81 % Vilkaviškio – 131 grėžinyje, 778,9 m gylyje (4.3.1 pav.). Ši minimali kalcito kiekio reikšmė daugiau nei 2,5 karto mažesnė, nei šio mineralo medianinis kiekis visuose likusiuose mėginiuose. Tuo remiantis galime daryti išvadą, jog minėtame gylyje brachiopodo geldelė yra paveikta diagenėzės. Vilkaviškio – 131 grėžinyje kalcito kiekio vidurkis yra 78,79 % ir mažai tesiskiria nuo bendro medianinio kiekio, išskyrus vieną mėginį. Likusiuose brachiopodų mėginiuose kalcio karbonato kiekiai kinta labai nežymiai.

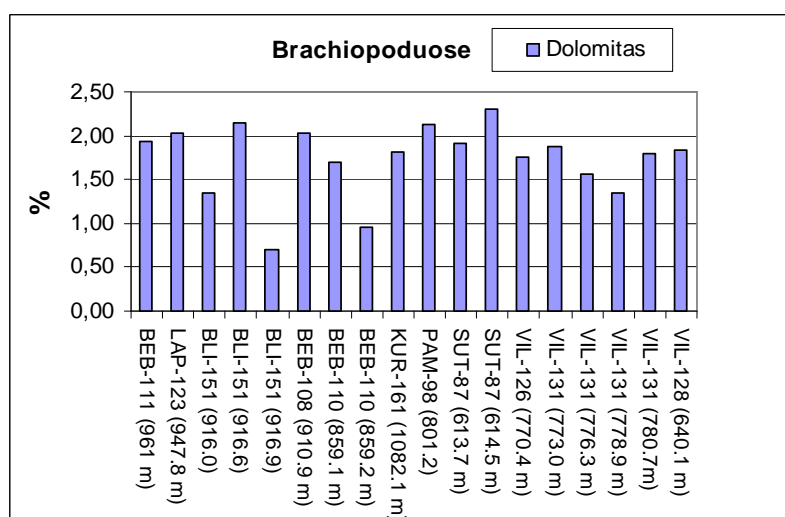


4.3.1.pav. Kalcito procentiniai kiekiai brachiopoduose

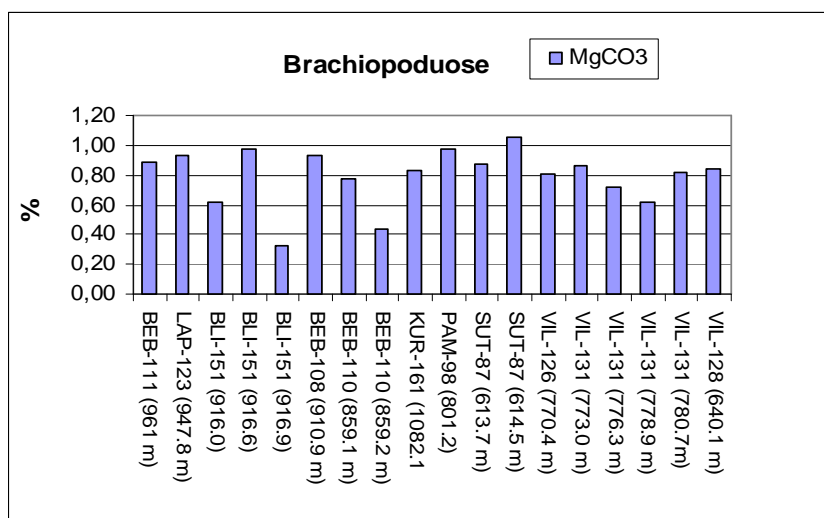


4.3.2.pav. Kalcito ir visų karbonatų kiekiai brachiopoduose

Mineralo dolomito kiekių vidurkis analizuojamuose mėginiuose yra 1,83 %, minimalus kiekis yra 0,71 % Bliūdžių – 151 grėžinyje, 916,9 m gylyje, o maksimali kiekio reikšmė yra 2,3 % Sutkų – 87 grėžinyje, 614,5 m gylyje. Dolomito kiekiai brachiopodų mėginiuose kinta nežymiai (4.3.3 pav.). Dalis magnio įeina į dolomito sudėtį. Magnio karbonato kiekių vidurkis analizuojamuose mėginiuose yra 0,84 %, minimali kiekio reikšmė yra 0,32 % Bliūdžių – 151 grėžinyje, 916,9 m gylyje, o kiekio maksimumas yra 1,1 % Sutkų - 87 grėžinyje, 614,5 m gylyje. Magnio karbonato reikšmės analizuojamuose brachiopodų mėginiuose beveik nekinta (4.3.4.pav.).



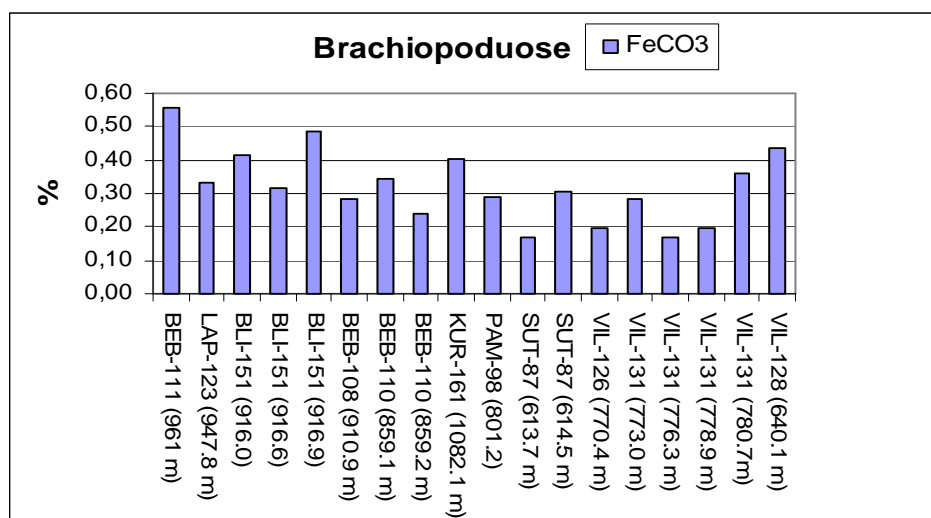
4.3.3.pav. Dolomito procentiniai kiekiai brachiopoduose



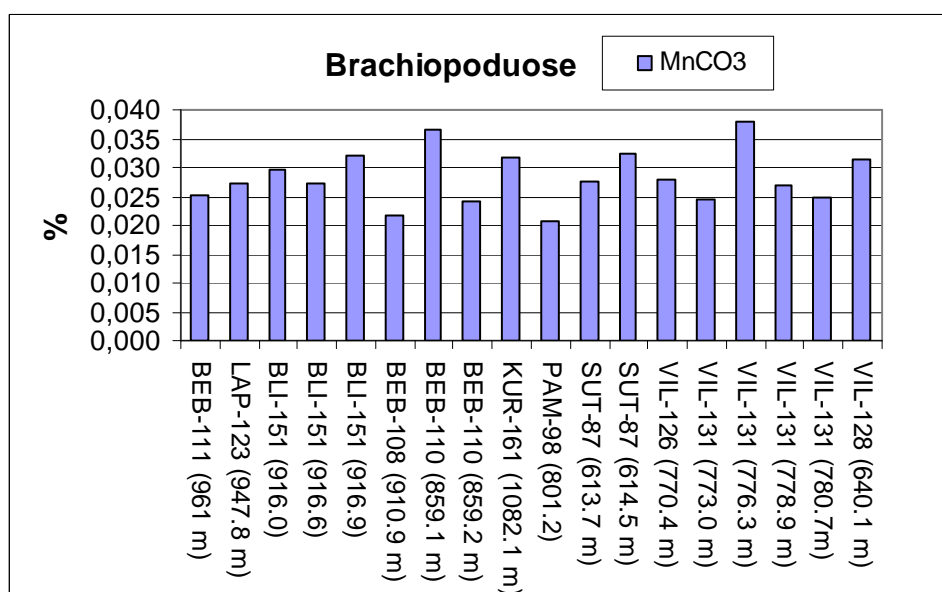
4.3.4 pav. Magnio karbonato procentiniai kiekiai brachiopoduose

Geležies karbonato (siderito) kiekių vidurkis mėginiuose yra 0,31 %, minimali reikšmė yra 0,17 % Vilkaviškio – 131 gręžinyje, 776,3 m gylyje, o maksimalus kiekis yra 0,55 % Bebirvos – 111 gręžinyje, 961,0 m gylyje. Vilkaviškio – 131 gręžinyje siderito kiekio vidurkis yra 0,24 %. Geležies karbonato kiekiai brachiopoduose kinta labai nežymiai (4.3.5 pav.).

Mangano karbonato kiekiai brachiopoduose yra mažiausi lyginant su kitų mineralų kiekiais. Šio karbonato kiekių vidurkis analizuojamuose mėginiuose yra 0,03 %, minimalus šio karbonato kiekis yra 0,021 % Bebirvos – 108 gręžinyje, 910,9 m gylyje, o maksimalus kiekis – 0,037 % Vilkaviškio – 131 gręžinyje, 776,3 m gylyje. Vilkaviškio – 131 gręžinyje mangano karbonato kiekio vidurkis sutampa su kiekio vidurkiu visuose brachiopodų mėginiuose. Šio karbonato kiekiai brachiopoduose lyginant su kitų mineralų kiekiais kinta mažiausiai, išlieka pastovūs (4.3.6 pav.).

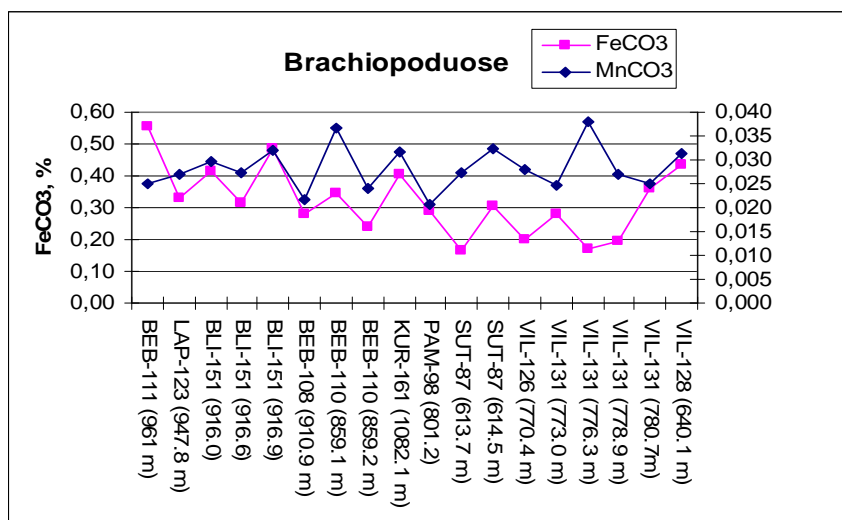


4.3.5.pav. Geležies karbonato procentiniai kiekiai brachiopoduose



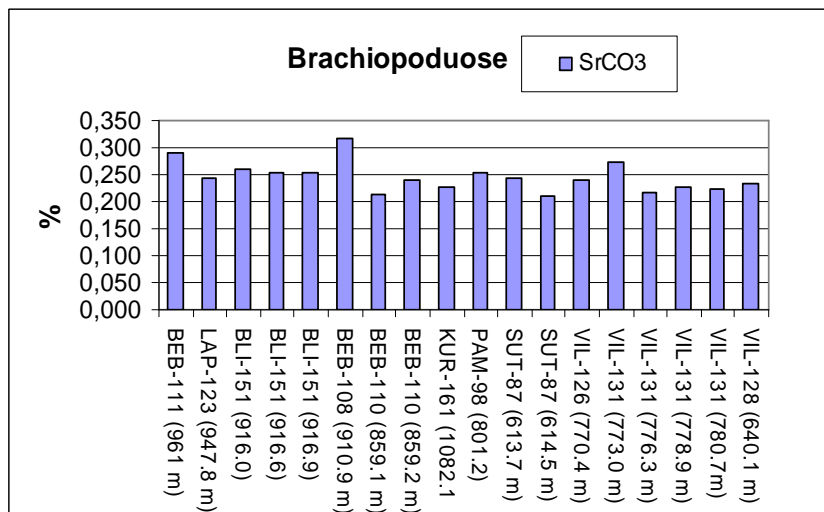
4.3.6.pav. Mangano karbonato procentiniai kiekiai brachiopoduose

4.3.7 paveiksle matomas akivaizdus ryšys tarp geležies ir mangano karbonato, ryški kitimo tendencija. Didėjant mangano karbonato procentiniams kiekiams brachiopoduose, tuo pačiu didėja ir geležies karbonato kiekiai. Geležies karbonato procentiniai kiekiai nuo 5 iki 22 kartų viršija mangano karbonato kiekius.

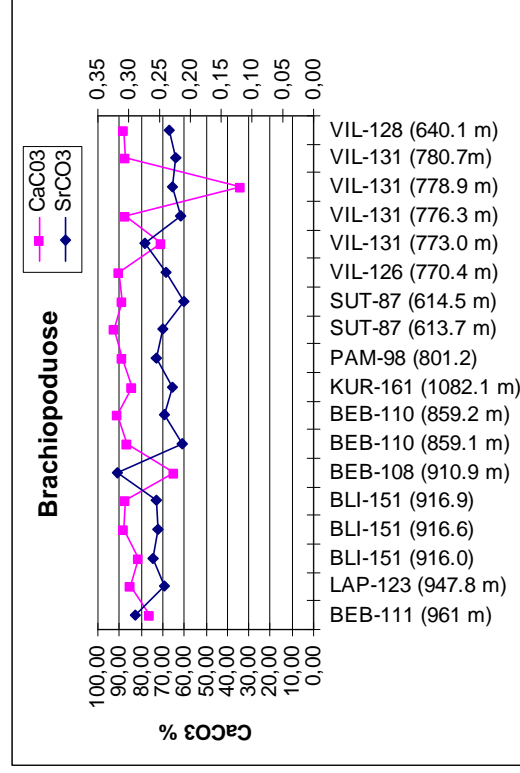


4.3.7.pav. Geležies ir mangano karbonatų kaita brachiopoduose.

Stroncio karbonato (stroncianito) kiekių vidurkis brachiopoduose yra 0,24 %, minimalus kiekis siekia 0,21 % Sutkų – 87 gręžinyje, 614,5 m gylyje, o maksimalus – 0,32 % Bebirvos – 108 gręžinyje, 910,9 m gylyje. Šio karbonato kiekiai brachiopoduose kinta labai nežymiai (4.3.8 pav.). Glaudaus ryšio tarp kalcio ir stroncio karbonato kiekių kaitos nėra, tačiau vietomis matoma, jog stroncio karbonatas keičia kalcio karbonatą (4.3.9 pav.).

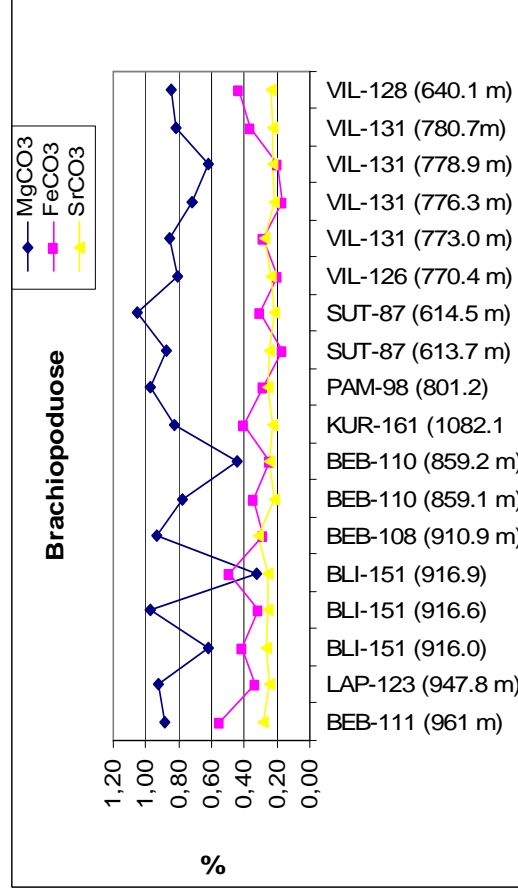


4.3.8.pav. Stroncio karbonato procentiniai kiekiai brachiopoduose



4.3.9.pav. Stroncio ir kalcio karbonatų kiekių kaita brachiopoduose

4.3.10 paveiksle matoma stroncio, geležies ir magnio karbonatų kiekių kaitos priklausomybė. Sumažėjus stroncio karbonato kiekiui, geležies ir magnio karbonatų kiekiai brachiopoduose didėja.



4.3.10.pav. Magnio, geležies ir stroncio karbonatų kiekių kaita brachiopoduose.

4.4. Brachiopodų cheminė sudėtis

Brachiopodai yra gausiausia silūro geldelinės faunos grupė. Šių pečiakojų moliuskų paplitimas aprėpia visą Fanerozojų ir jie pasaulyje yra labai plačiai naudojami geocheminiams tyrimams, kurių dėka mes galime atkurti paleobasėnų aplinkos sąlygas, nustatyti pirminę cheminę paleovandens sudėtį ir taip pat absoliutinį amžių (Azmy and Veizer, 1998).

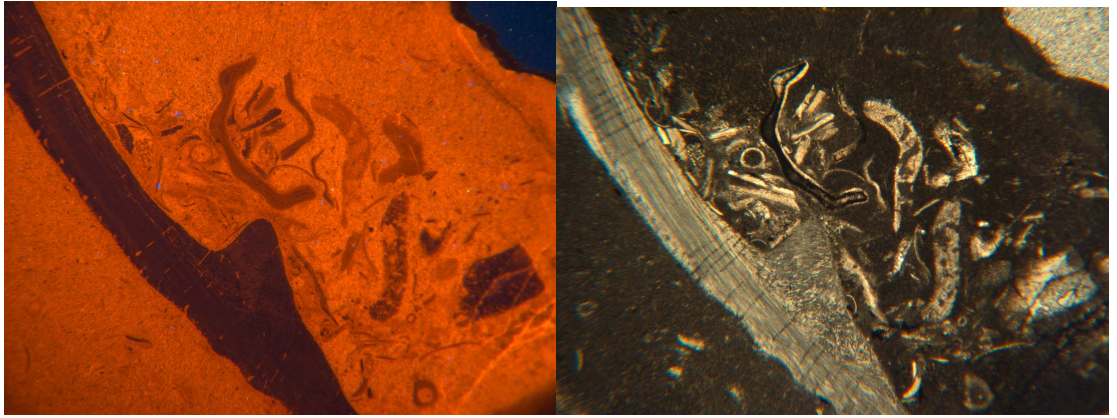
Brachiopodų geldelės yra manoma išlaiko pirminę cheminę sudėtį ir yra sudarytos iš kalcito su nedideliu Mg kiekiu (tuo būdu brachiopodai yra atsparūs diagenėzės procesui ir dažniausiai išlieka nepaveikti šio proceso pasekoje) (Wenzel and Joachimski, 1996).

Tiriamų elementų kiekiai brachiopodų geldelėse (jeigu jos nepaveiktos diagenėzės) tiesiogiai atspindi tų elementų kiekį jūros vandenyje, kuriame jie gyveno, nes brachiopodai kaupia kalcitą iš vandens ir kiautelis sėda į jūros dugną (Lee et al., 2004).

Vienas iš pagrindinių uždavinių yra nustatyti kaip gerai išlikę ir ar nepaveiktos diagenėzės proceso yra brachiopodų geldelės. Tik tuo atveju, jeigu geldelės yra nepakitusios, jos gali būti naudojamos palyginimui, brachiopodų, su pirmine chemine sudėtimi, ir uolinių mėginių (Auclair et al., 2003).

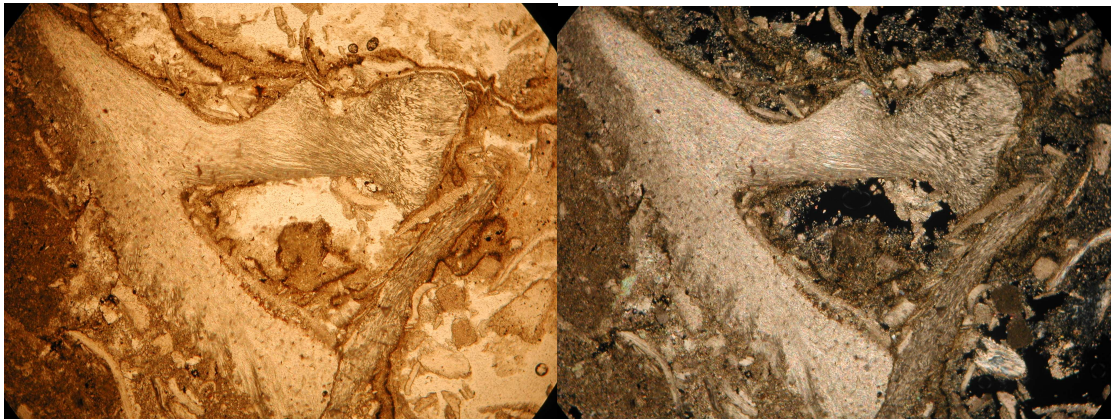
Katodoluminescenciniai ir cheminių elementų kiekių tyrimai pagrįde yra naudojami gerai išlikusių, nepaveiktų diagenėzės brachiopodų geldelių identifikavimui, kurios yra tinkamos paleogeografinėms baseino sąlygoms atkurti (Brand, 2004).

Brachiopodo geldelės liuminescencija dažniausiai, yra manoma, nulemta diagenetinių pakitimų. Manganas ir geležis manoma yra pagrindiniai elementai kontroliuojantys geldelės liuminescenciją. Tačiau įtakos gali turėti ir kiti faktoriai (Wenzel, 2000). Geležis ir manganas karbonatų susidarymo metu į jų kristalinę gardelę patenka vienu metu. Geležis slopina mangano poveikį ir duoda juodą spalvą, o manganas lemia karbonatų liuminescenciją. Geldelės išlikimo laipsnis pagrįde priklauso nuo geležies ir mangano santykio joje (Brand et al., 2003). Žemiau yra pateikiama keletas brachiopodų geldelių nuotraukų, darytų katodoluminescenciniu mikroskopu.



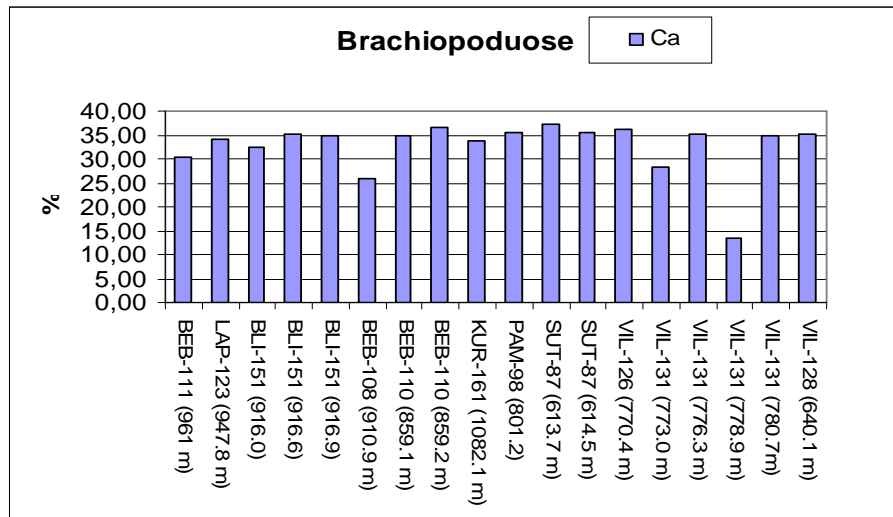
4.4.1 pav. Karbonatinės uolienos ir joje esančio brachiopodo šlifų nuotraukos, Gargždų – 1 grėžinys, 1453,2 m gylys. Kairėje – katodoliuminiscentinis vaizdas, o dešinėje poliarizuotoje šviesoje (sukryžius nikolius).

Brachiopodų geldelių išlikimo laipsnis taip pat matomas paprastose šlifų nuotraukose. Jose taip pat gerai matoma geldelės struktūra.



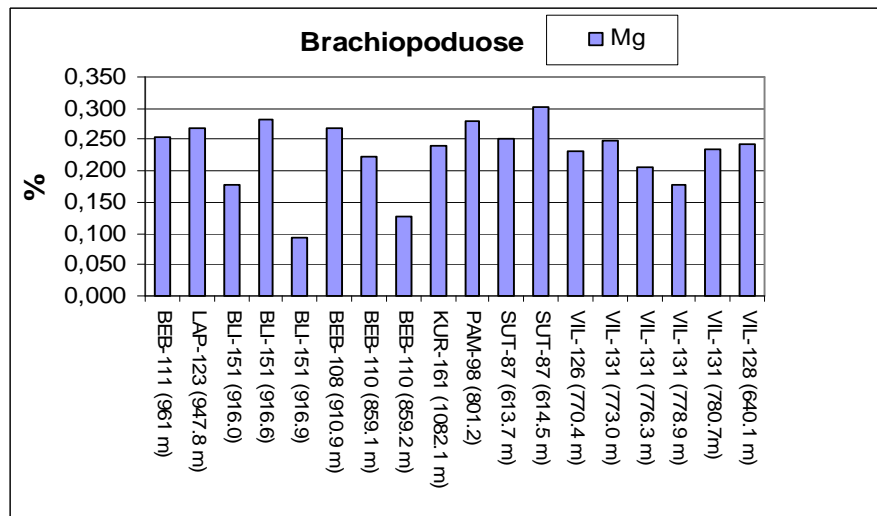
4.4.2.pav. Karbonatinių uolienų ir jose esančio brachiopodo šlifų nuotrauka, Bebirvos – 108 grėžinys, 910,7 m gylys. Kairėje pusėje esanti nuotrauka yra daryta nesukryžius nikolių, o dešinėje pusėje – sukryžius. Nuotraukos optinis priartinimas yra 40 kartų. Šiose nuotraukose yra matoma brachiopodo spynos dalis.

Cheminio elemento kalcio kiekis brachiopoduose yra didžiausias, jo kiekių vidurkis analizuojamuose mėginiuose yra 34,85 %, maksimalus kiekis yra 37,07 % Sutkų – 87 grėžinyje, 613,7 m gylyje, o minimalus – 13,54 % Vilkaviškio – 131 grėžinyje, 778,9 m gylyje, tai yra beveik tris kartus mažesnis kalcio kiekis lyginant su kiekio vidurkiu visuose brachiopoduose(4.4.1 pav.). Matomas žymus kalcio kiekio sumažėjimas. Vilkaviškio – 131 grėžinyje medianinis kalcio kiekis yra 31,55 %, o Bliūdžių – 151 grėžinyje, beveik atitinka kiekio vidurkį visuose brachiopoduose. Šiek tiek sumažėjęs kalcio kiekis yra Bebirvos – 108 grėžinyje, 910,9 m gylyje, jis siekia 26 %. Likusiuose brachiopodų mėginiuose kalcio kiekis kinta nežymiai.

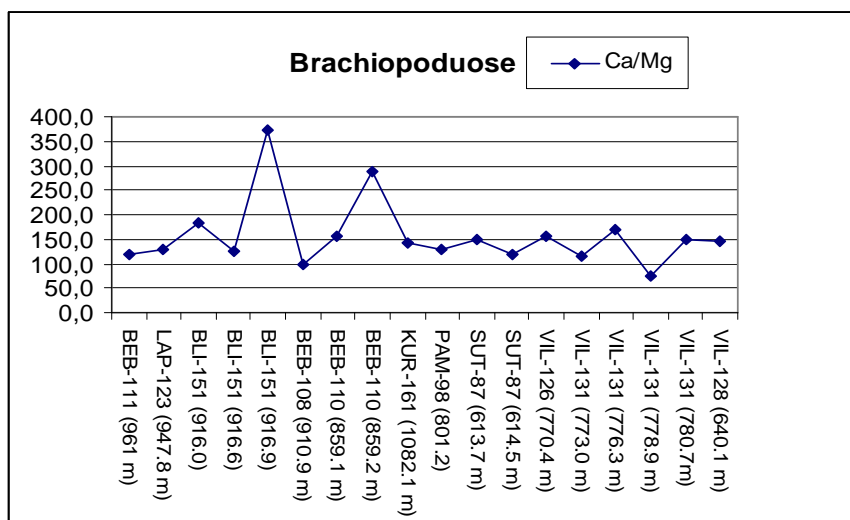


4.4.1 pav. Kalcio procentiniai kiekiai brachiopoduose.

Magnio kiekio vidurkis brachiopoduose yra 0,24 %, minimalus kiekis yra 0,09 % Blidžių – 151 gręžinyje, 916,9 m gylyje, o maksimalus – 0,3 % Sutkų – 87 gręžinyje, 614,5 m gylyje (4.4.2.pav.). Vilkaviškio – 131 gręžinyje magnio kiekio vidurkis yra 0,22 %, o Bliūdžių – 151 gręžinyje – 0,18 %. Magnio kiekiai brachiopoduose kinta labai nežymiai, reikšmės yra stabilios.

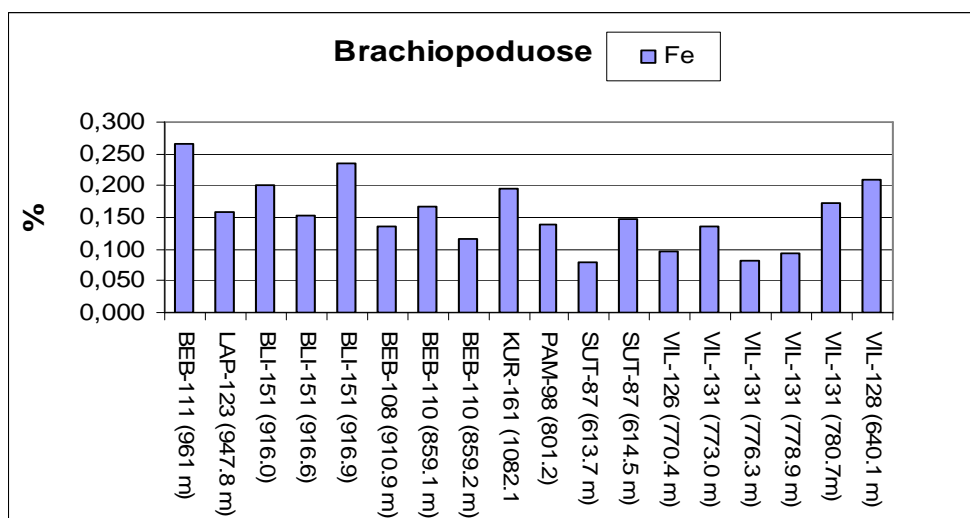


4.4.2.pav. Magnio procentiniai kiekiai brachiopoduose.

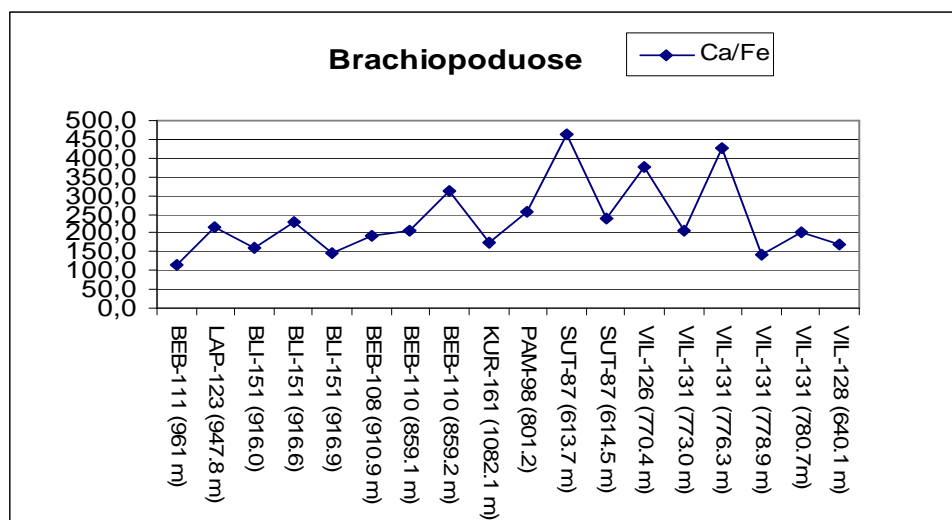


4.4.3.pav. Kalcio ir magnio santykis brachiopoduose

Geležies medianinis kiekis brachiopoduose yra šiek tiek mažesnis nei magnio, jis siekia 0,15 %, minimali kiekio reikšmė yra 0,08 % Vilkaviškio – 131 gręžinyje, 776,3 m gylyje, o maksimali – 0,27 % Bebirvos – 111 gręžinyje, 961,0 m gylyje (4.4.4.pav.). Vilkaviškio – 131 gręžinyje geležies kiekio vidurkis yra 0,11 %, o Bliūdžių – 151 gręžinyje medianinis geležies kiekis yra 0,20 %, nežymiai viršija visų brachiopodų geležies kiekio vidurkį. 4.4.5.pav. matoma kalcio ir geležies kiekių kaita. Sutkų – 87 ir Vilkaviškio – 131 gręžiniuose geležies kiekiai sumažėję, tuo pačiu Ca/Fe santykis yra padidėjęs juose.

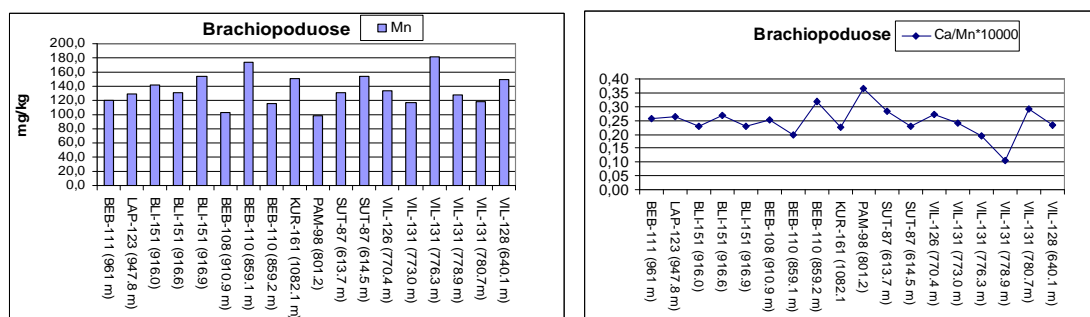


4.4.4 pav. Geležies procentiniai kiekiai brachiopoduose.



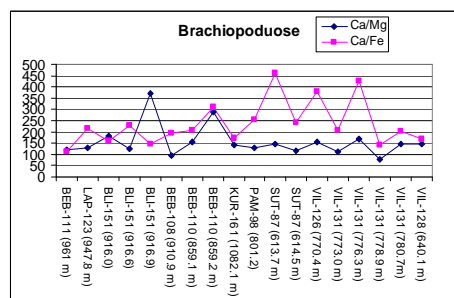
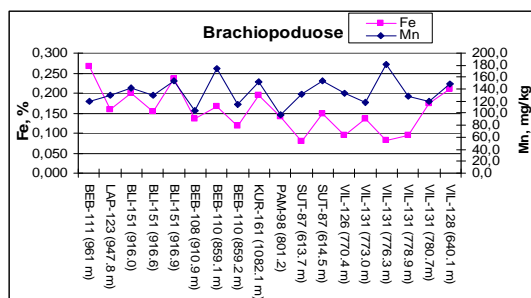
4.4.5 pav. Kalcio ir geležies santykis brachiopoduose

Mangano kiekio vidurkis brachiopoduose yra 130,64 mg/kg, minimalus kiekis yra 98,2 mg/kg Pamituvys – 98 grėžinyje, 801,2 m gylyje, maksimalus kiekis – 181,4 mg/kg , Vilkaviškio – 131 grėžinyje, 776,3 m gylyje (4.4.6.pav.). Bliūdžių – 151 grėžinyje mangano kiekio vidurkis yra 141,27 mg/kg, o Vilkaviškio – 131 grėžinyje – 123,73 mg/kg. Šiek tiek padidėję mangano kiekiai yra Bliūdžių - 151 ir Bebirvos – 110 grėžiniuose. Mangano kiekiai brachiopoduose kinta labai nežymiai. Pietvakarinėje Lietuvoje esančiuose grėžiniuose kalcio kiekis sumažėjęs, o mangano – padidėjęs (4.4.7.pav.).



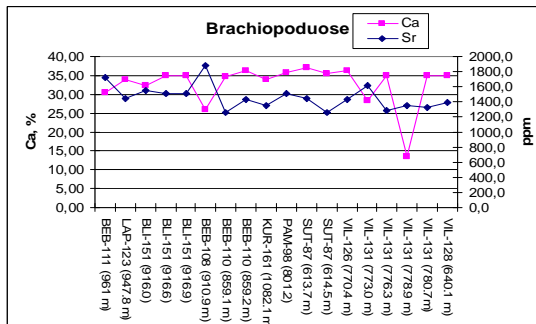
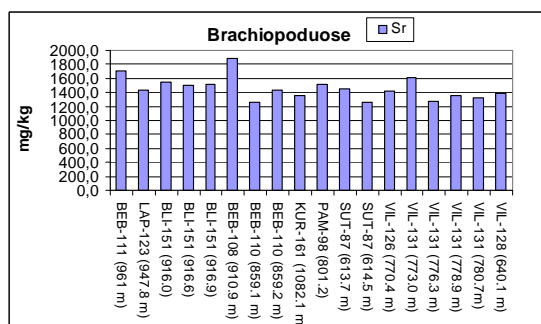
Mangano kiekiai (4.4.6 pav. – kairėje) ir kalcio bei mangano santykis (4.4.7 pav. – dešinėje) brachiopoduose

4.4.8 paveiksle matomas tiesioginis ryšys tarp geležies ir mangano. Didėjant mangano kiekiams tuo pačiu didėja ir geležies kiekiai. Šie elementai savo cheminėmis sąlybėmis yra labai panašūs, jų joniniai spinduliai yra panašūs, tad gali būti, jog jie į mineralų kristalinę gardelę patenka vienu metu. Tuo pačiu matoma nežymi priklausomybė tarp geležies ir magnio, tačiau ji nėra tokia ryški kaip tarp mangano ir geležies (4.4.9 pav.). Vietomis ji yra tiesioginė, o vietomis atvirkštinė.



Fe ir Mn (4.4.8 pav. – kairėje) ir Ca/Mg bei Ca/Fe (4.4.9 pav. – dešinėje) brachiopoduose

Stroncio medianinis kiekis brachiopoduose yra 1436,6 mg/kg, minimalus kiekis yra 1255,4 mg/kg Sutkų – 87 gręžinyje, 614,5 m gylyje, o maksimalus – 1884,9 mg/kg Bebirvos – 108 gręžinyje, 910,9 m gylyje. Vilkaviškio – 131 gręžinyje stroncio medianinis kiekis yra 1339,8 mg/kg, o Bliūdžių – 151 gręžinyje – 1513,2. Stroncio kiekis brachiopoduose kinta labai nežymiai (4.4.10 pav.). Tarp stroncio ir kalcio matoma atvirkštinė priklausomybė, didėjant kalcio kiekiams brachiopoduose, stroncio kiekiai sumažėja ir atvirkščiai. Kalcis ir stroncis kaip ir geležis ir manganas, savo cheminėmis sąvybėmis yra panašūs, ryšium su tuo stroncis keičia kalcį. Šie cheminiai elementai siejami su karbonatine komponente (4.4.11 pav.).

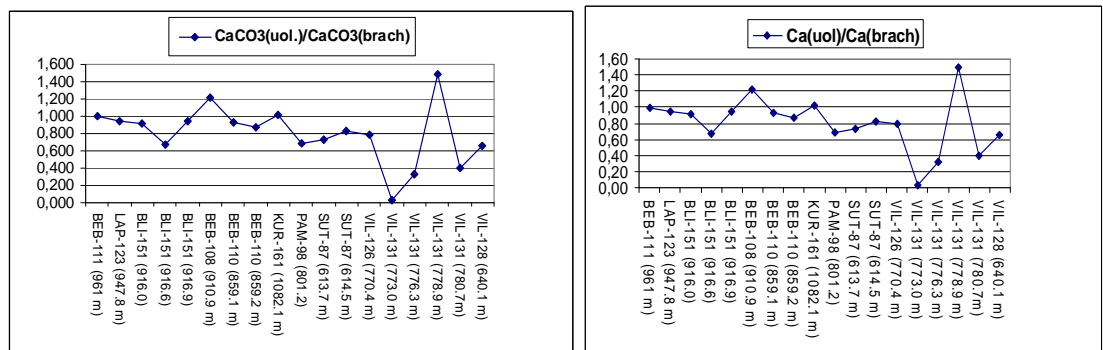


4.4.10.pav. Stroncio kiekiai brachiopoduose mg/kg. 4.4.11.pav. Kalcio ir stroncio kiekių kaita brachiopoduose.

4.5. Uolienų ir brachiopodų cheminės bei mineralinės sudėties palyginimas

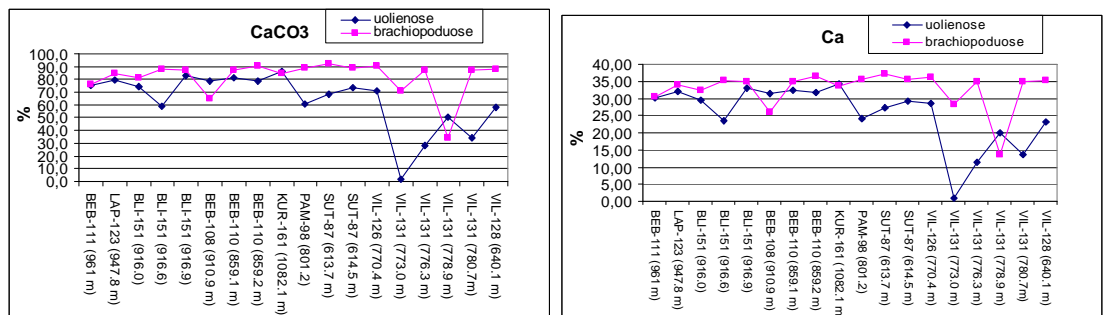
Remiantis cheminių elementų Ca, Mg, Fe, Mn ir Sr kiekiais viršutinio silūro Minijos regioninio aukšto brachiopoduose ir uolienose, mes galime įvertinti analizuojamų karbonatinių uolienų formavimosi sąlygas.

Mineralo kalcito kiekio santykis uolienose ir brachiopoduose mums rodo kalcito kiekio kaitą uolienose. Vakarų ir Centrinėje Lietuvos dalyje esančiuose gręžiniuose kalcito kiekis daugmaž atitinka jo kiekį brachiopoduose, uolienos yra praturtintos šiuo mineralu. Rytų link ir Pietvakarinėje Lietuvos dalyje esančiuose gręžiniuose, uolienose kalcito kiekis sumažėja ir ypatingai Vilkaviškio – 131 gręžinyje (4.5.1.pav.). Tuo pačiu mažėja ir kalcio kiekiai. Šis gręžinys kaip ir Pamituvys – 98, Sutkai – 87, Vilkaviškis 126 ir 128 yra užrifinėje jūrinio baseino dalyje, o likusieji gręžiniai priešrifinėje. Užrifinėje baseino dalyje, ypač Vilkaviškio 131 ir 128 gręžiniuose yra padidinti dolomito kiekiai, o kalcito kiekiai yra žymiai sumažinti, tai rodo, jog uolienos yra paveiktos diagenozės.



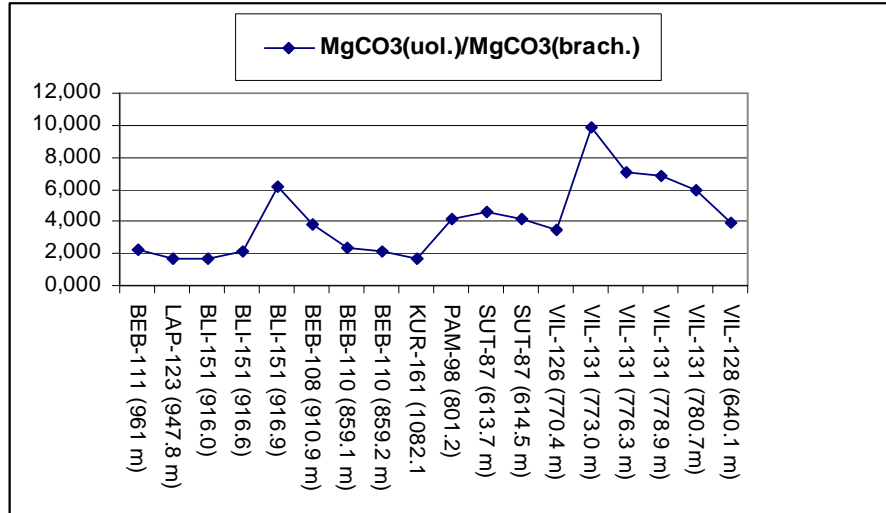
Kalcito (4.5.1 pav. – kairėje) ir kalcio (4.5.2 pav. – dešinėje) kiekio santykis uolienose ir brachiopoduose.

Tarp kalcito kiekių kaitos brachiopoduose ir uolienose priklausomybės nėra. Vilkaviškio – 131 gręžinyje, 778,9 m gylyje kalcito kiekis brachiopode žymiai sumažėjęs, o jo kiekis uolienoje viršija kiekį brachiopode. Remiantis tuo, galime daryti išvadą, jog minėtame gręžinyje, 778,9 m gylyje, brachiopodo gėldelė yra pakeista, paveikta diagenozės. Šiame gylio intervale tiek uolienos, tiek brachiopodas yra pakeisti (4.5.3.pav.).

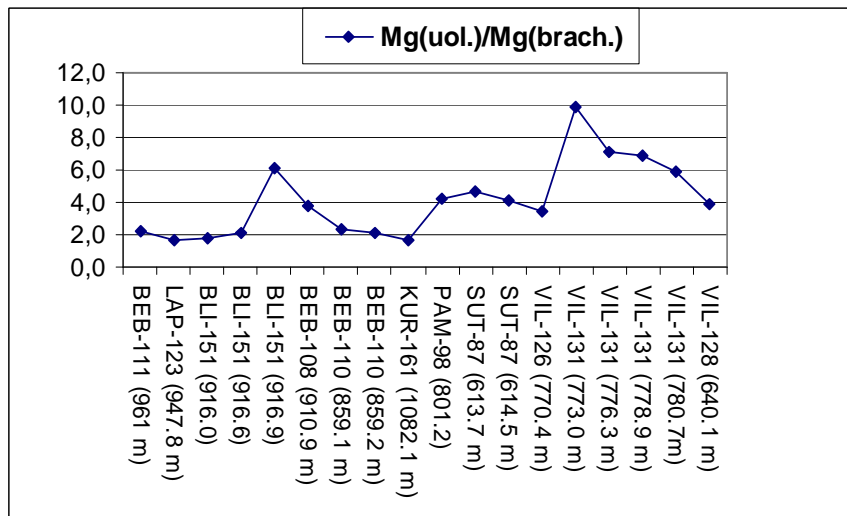


Kalcito (4.5.3 pav. – kairėje) ir kalcio (4.5.4 pav. – dešinėje) kiekio kaita uolienose ir brachiopoduose

Padidėjęs magnio karbonato kiekis uolienose matomas Vilkaviškio – 131 gręžinyje. Jame uolienos praturtintos magniu ir tuo pačiu magnio karbonatu (4.5.5.pav.). Sutkų – 87 ir Pamituvio – 98 gręžiniuose taip pat matomas šio karbonato kiekio padidėjimas. Matomai, užrifinėje baseino dalyje uolienos yra praturtintos magniu bei jo karbonatu.

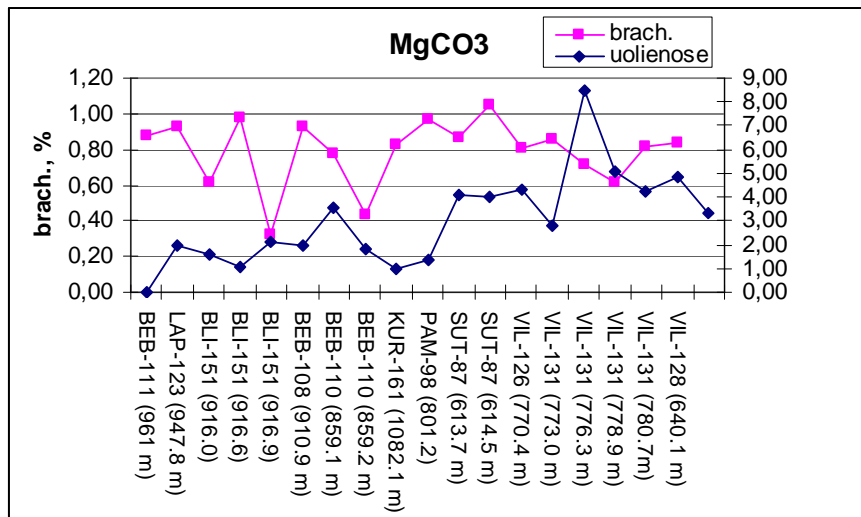


4.5.5 pav. Magnio karbonato santykis uolienose ir brachiopoduose.

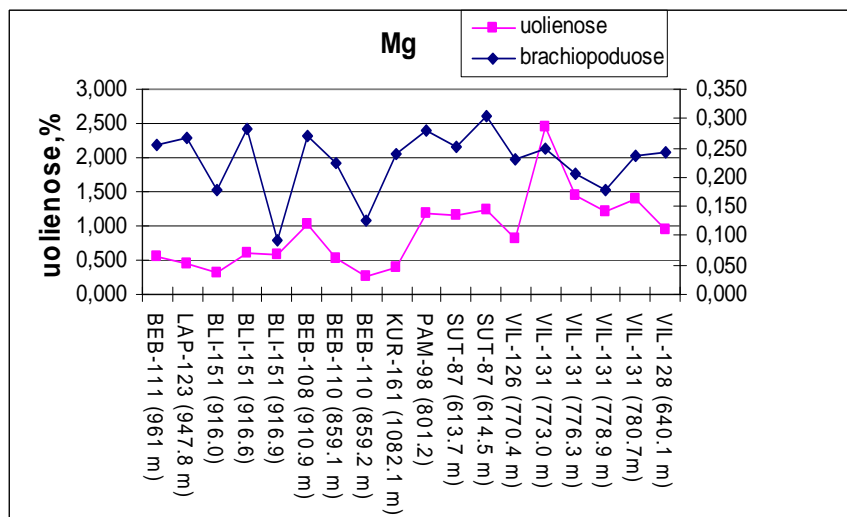


4.5.6 pav. Magnio santykis uolienose ir brachiopoduose.

Tarp magnio karbonato uolienose ir brachiopoduose kiekių kitimo žymios tendencijos nėra, jie vienas nuo kito nepriklauso (4.5.7.pav.).

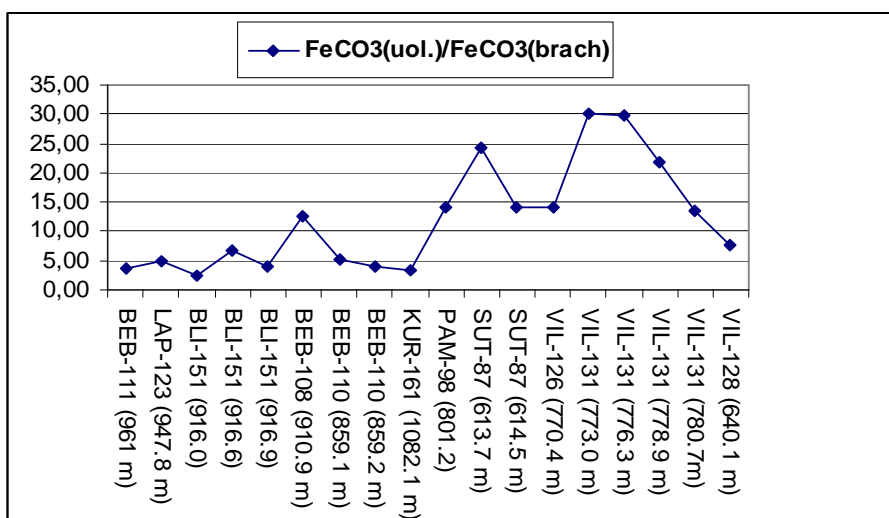


4.5.7 pav. Magnio karbonato kiekio kaita uolienose ir brachiopoduose.

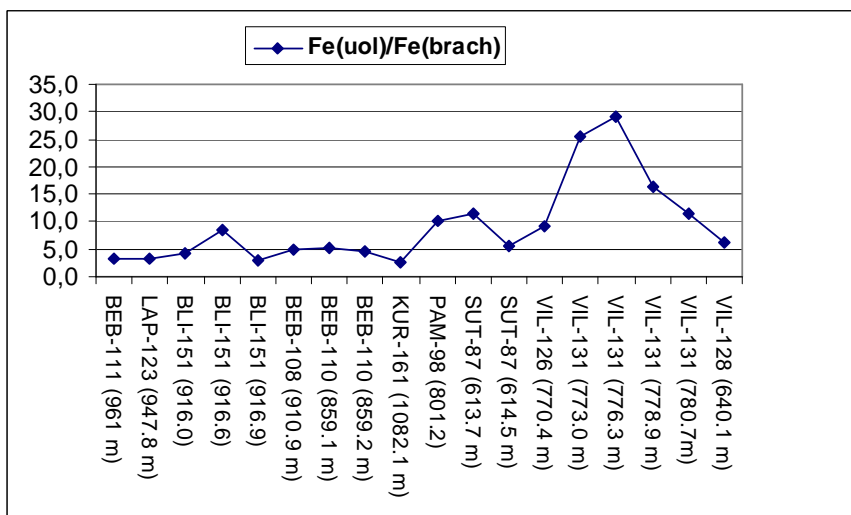


4.5.8 pav. Magnio kiekio kaita uolienose ir brachiopoduose.

4.5.9.pav. matoma, kad Pamituvio – 98, Sutkų – 87 ir Vilkaviškio – 131 gręžiniuose uolienos yra praturtintos geležies karbonato (siderito) kiekiu. Geležies kiekiai kinta analogiškai (4.5.10.pav.). Padidėję geležies kiekiai siejami su terigenine komponente, terigeninės medžiagos prinešimu iš Vakarų ir taip pat šiuo atveju su diagenetiniais pakitimais. Šiuose gręžiniuose taip pat yra padidėję magnio karbonato, o sumažėję kalcio karbonato kiekiai.

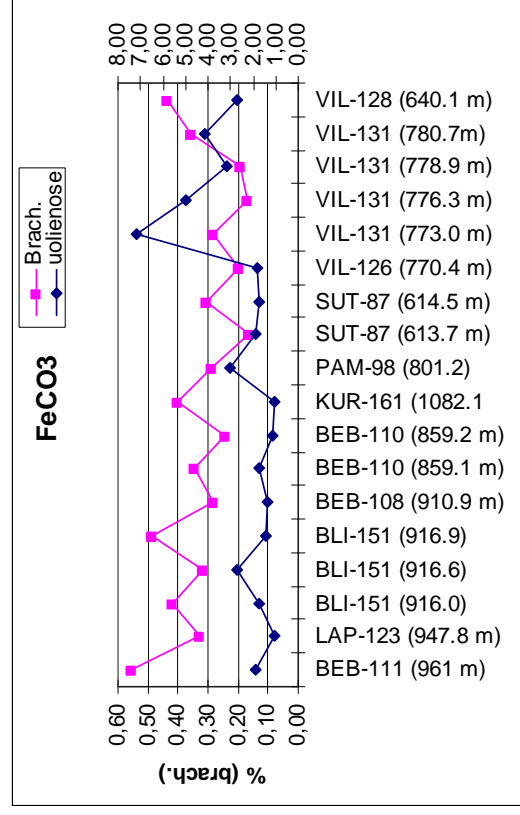


4.5.9 pav. Geležies karbonato santykis uolienose ir brachiopoduose

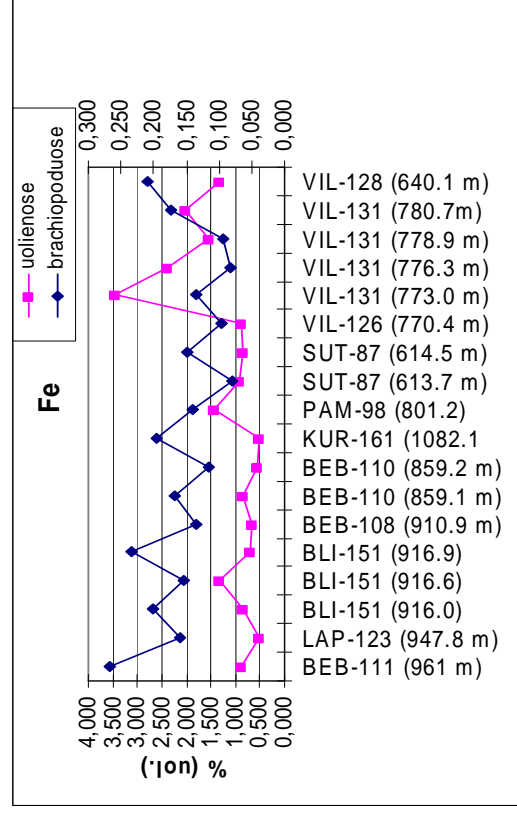


4.5.10 pav. Geležies santykis uolienose ir brachiopoduose

4.5.11.pav. matomas ryšys tarp geležies kiekio uolienose ir brachiopoduose. Geležies kiekio kitimo tendencija yra ta, kad didėjant geležies kiekiui uolienose, brachiopoduose jos kiekis taip pat didėja. Geležies kiekis brachiopoduose kinta priklausomai nuo jos kiekio uolienose, tiesioginė priklausomybė. Remiantis tuo galime daryti išvadą, kad geležies kiekiai brachiopoduose priklauso nuo aplinkos sąlygų (facijų) ir yra nulemti tų sąlygų kaitos.

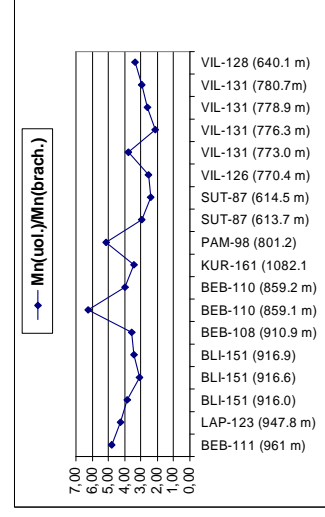
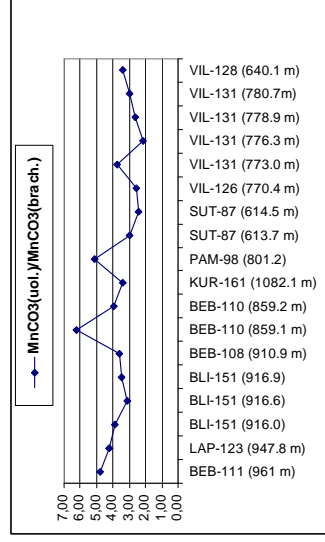


4.5.11.pav. Geležies karbonato kiekie kaita uolienose ir brachiopoduose



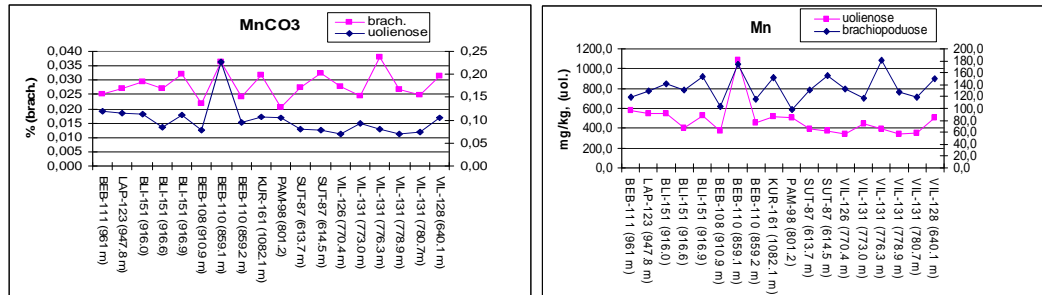
4.5.12.pav. Geležies kiekie kaita uolienose ir brachiopoduose

Didesni mangano bei jo karbonato kiekiai aptinkami Bebirvos – 110, 111, Pamituvio – 98 gręžinių uolienose, o sumažėję kiekiai yra Bliūdžių – 151, Sutkų – 87 ir Vilkaviškio – 131 gręžiniuose (4.5.13.pav.).



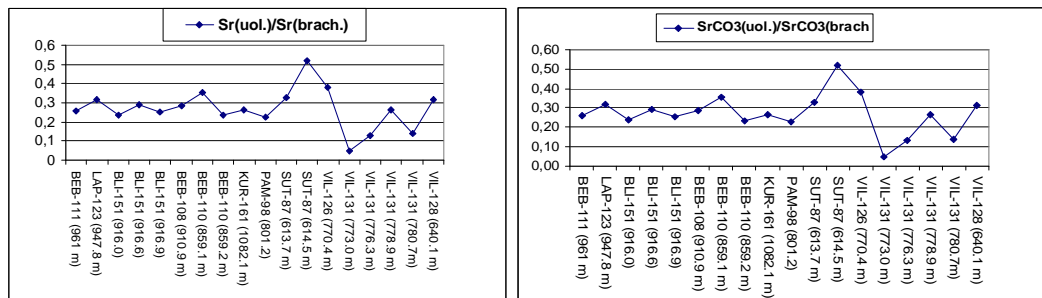
Mangano karbonato (4.5.13 pav. – kairėje) ir mangano (4.5.14 pav. – dešinėje) kiekio santykis uolienose ir brachiopoduose.

Mangano kiekiai uolienose ir brachiopoduose tarpusavyje nėra susiję, vienas nuo kito nepriklauso. Vietomis matoma nežymi tiesioginė priklausomybė, o kitais atvejais atvirkštinė (4.5.15.pav.).



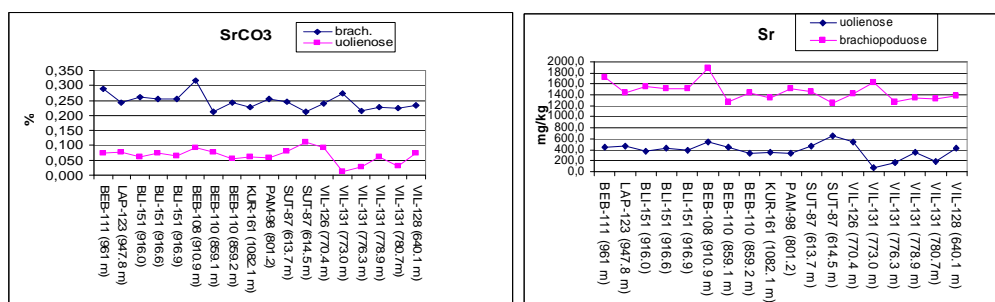
Mangano karbonato (4.5.15 pav. – kairėje) ir mangano (4.5.16 pav. – dešinėje) kiekio kaita uolienose ir brachiopoduose

Uolienose stroncio kiekiai kinta nežymiai. Šio elemento padidėjęs kiekis matomas Bebirvos – 110 ir Sutkų – 87 gręžinių uolienose. Stroncio kiekiai yra sumažėję užrifinėje baseino dalyje, Vilkaviškio – 131 gręžinyje (4.5.17 pav.). Stroncis kaip ir kalcis yra siejamas su karbonatine komponente. Vilkaviškio – 131 gręžinyje sumažėję kalcio ir stroncio kiekiai, o padidėję magnio ir geležies kiekiai, rodo uolienų diagenetinius pakitimus. Padidėję geležies kiekiai taipogi siejami su diagenetiniais pakitimais. Diagenozės proceso metu geležis ir magnis keičia kalcį ir stroncij, nes minėtųjų elementų joninis spindulys yra trumpesnis.



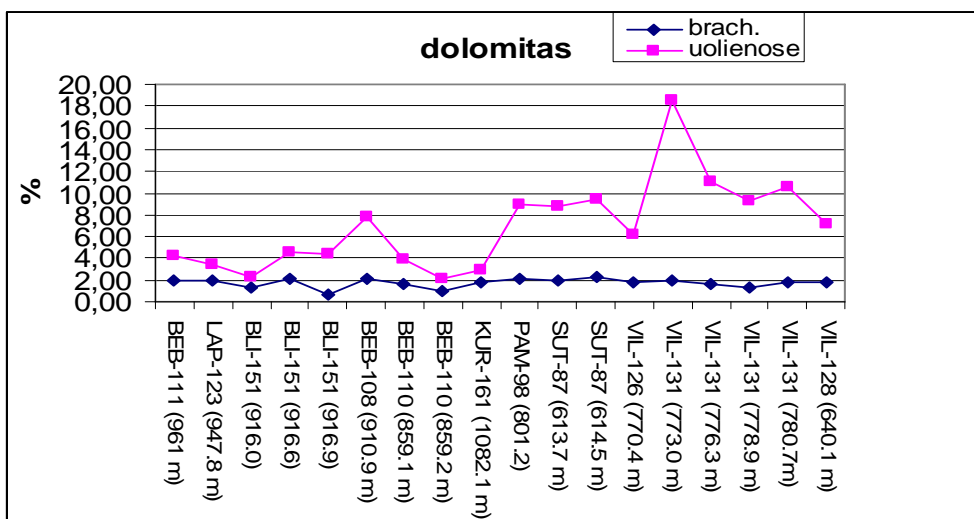
Stroncio (4.5.17 pav. – kairėje) ir stroncio karbonato (4.5.18 pav. – dešinėje) kiekio santykis uolienose ir brachiopoduose.

4.5.20 pav. rodo, kad tarp stroncio kiekio kitimo uolienose ir brachiopoduose glaudaus ryšio nėra.



Stroncio karbonato (4.5.19 pav. – kairėje) ir stroncio (4.5.20 pav. – dešinėje) kiekio kaita uolienose ir brachiopoduose.

Padidėję mineralo dolomito kiekiai uolienose matomi Sutkų – 87, Pamituvio- 98 ir labai žymiai Vilkaviškio – 131 grėžiniuose (4.5.21.pav.). Dolomitas yra susijęs su antriniais uolienų pakitimais ir jis formuojasi tik diagenozės proceso pasekoje. Užrifinėje baseino dalyje dolomito padidėję kiekiai rodo, kad uolienos yra žymiai paveiktos diagenozės proceso.



4.5.21 pav. Dolomito kiekių kaita uolienose ir brachiopoduose.

Lyginant su literatūros duomenimis, darbe tirtų elementų kiekiai brachiopoduose *Isorthis ovalis* žymiai skiriasi. Labiausiai padidėję yra geležies kiekiai, kurie padidėję iki dešimties kartų. Mangano kiekiai taip pat yra didesni, nei kitų autorių tirtuose fosiliniuose brachiopoduose (5.5.1 lentelė). *Isorthis ovalis* brachiopodų rūšies cheminė sudėtis yra pirmą kartą tiriama Lietuvoje, taip pat ir pasaulyje. Skirtingi cheminių elementų kiekiai brachiopoduose, manoma, priklauso nuo taksonominių rūšies variacijų, geldelės mineralogijos, organizmo fiziologijos, geldelės augimo greičio bei aplinkos sąlygų kaitos. Tarp geležies ir mangano kiekių brachiopode yra tiesioginė priklausomybė. Didėjant

mangano kiekiams, didėja ir geležies kiekiai. Galime daryti prielaidą, jog geležis slopina mangano poveikį, nes manoma, jog manganas (jo kiekis) lemia geldelės išlikimo laipsnį. Geležies kiekių kaita brachiopoduose, manoma, yra susijusi su aplinkos sąlygų kaita.

5.5.1 lentelė. Tirtų cheminių elementų kiekių palyginimas dabartiniuose (Popp et al, 1996) ir fosiliniuose brachiopoduose (Bates and Brand, 1991; Wenzel and Joachimski, 1996), (Wenzel and Joachimski, 1996).

Dabartiniai brachiopodai		Fosiliniai brachiopodai		
Lepzelter in Popp et al., 1986		Bates and Brand, 1991	Wenzel, 1996	Šiame darbe
Sr, mg/kg	739 - 2150	610 - 1110	1450 - 2005	1255 - 1716
Mn, mg/kg	10 - 47	50 - 320	8 - 44	98 - 181
Fe, mg/kg	80 - 276	80 - 695	150 - 1381	800 - 2670

IŠVADOS

1. Remiantis gautais rezultatais uolienose galime išskirti 2 elementų grupes, kurias sieja tiesioginė priklausomybė tarpusavyje: 1) Ca ir Sr; 2) Fe, Mg ir Mn.
2. Pirmą kartą nustatyti Ca, Mg, Fe, Mn ir Sr kiekių vidurkiai *Isorthis ovalis* brachiopoduose yra sekantys: Ca – 34,9 %, Mg – 0,2 %, Fe – 0,15 %, Mn – 131 mg/kg ir Sr – 1437 mg/kg.
3. Tirtų cheminių elementų kiekiai ir jų santykiai uolienose ir brachiopoduose rodo, kad Pamituvio 98, Sutkų 87 ir Vilkaviškio 126, 128 ir 131 grėžiniuose uolienos pakitusios labiausiai.
4. Fe ir Mn kiekiai brachiopoduose lyginant su literatūriniais duomenimis yra didesni. Tai galėjo priklausyti nuo individualaus organizmo vystymosi, geldelės augimo greičio bei aplinkos sąlygų kaitos.
5. Didėjant Mn kiekiams brachiopoduose, didėja ir Fe kiekiai. Tai sietina su tuo, kad Fe ir Mn brachiopodo geldelės formavimosi metu į ją patenka vienu metu.
6. Geležies kiekiai brachiopoduose, matomai, priklauso nuo aplinkos sąlygų (facijų), nes Fe kiekis brachiopoduose didėja didėjant Fe kiekiams uolienose.
7. Vilkaviškio 131 grėžinio 778,9 m gylyje brachiopodas yra diagenetiškai pakitęs, nes jame CaCO₃ kiekis žymiai mažesnis (33,8 %), lyginant su kiekiu kituose brachiopodų mėginiuose, be to uolienoje CaCO₃ kiekis ženkliai didesnis (50,3 %).
8. Tirtuose mėginiuose Ca, Mg, Fe, Mn ir Sr kiekiai brachiopoduose kinta nežymiai išskyrus vieną mėginį, todėl galime daryti išvadą, jog *Isorthis ovalis* brachiopodai diagenetiškai nėra pakitę ir atspindi pirminę paleovandenyno vandens cheminę sudėtį.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

Auclair A. C., Joachimski M., and Le'cuyer C. 2003. Deciphering kinetic, metabolic and environmental controls on stable isotope fractionations between seawater and the shell of *Terebratalia transversa* (Brachiopoda). *Chemical geology*. **202**. 59 – 78.

Azmy K., Veizer J., Bassett, M.G. and Copper, P. 1998. Oxygen and carbon isotopic composition of Silurian brachiopods: Implications for coeval seawater and glaciations. *Geological Society of America Bulletin*. **110**. 1499–1512.

Basset M.G. 1965. *Treatise on invertebrate Palaeontology. Brachiopoda*. The University of Kansas press. Volume 1. 250 p.

Brand A., Logan A., Hiller N. and Richardson J. 2003. Geochemistry of modern brachiopods: applications and implications for oceanography and paleoceanography. *Chemical geology*. **198**. 305 – 334.

Grigelis A. ir Kadūnas V. 1994. *Lietuvos geologija*. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidykla. 67 – 97.

Brand U. 2004. Carbon, oxygen and strontium isotopes in Paleozoic carbonate components: an evaluation of original seawater-chemistry proxies. Canada: Department of Earth Sciences, Brock University. *Chemical geology*.

Lapinskas P. 2000. *Lietuvos silūro sandara ir naftingumas*. Vilnius: Geologijos institutas. 7 – 128.

Lee X., Hu R., Brand U., Zhou H. and Liu X. 2004. Ontogenetic trace element distribution in brachiopod shells: an indicator of original seawater chemistry. *Chemical geology*. **209**. 49 – 65.

Musteikis P. and Paškevičius J. 1999. Brachiopod communities of the Lithuanian Silurian. In Boucot A.J. and Lawson J.D. (eds). *Paleocommunities: A case study from the Silurian and Lower Devonian*. Cambridge University press. 305 – 326.

Parkinson D., Curry G.B., Cusack M. and Fallick A. E. 2005. Shell structure, patterns and trends of oxygen and carbon stable isotopes in modern brachiopod shells. *Chemical Geology*. **219**. 193 – 235.

Paškevičius J. 1994. *Baltijos respublikų geologija*. Vilnius: Valstybinis leidybos centras. 134 – 181.

Stanley S.M. 2006. Influence of seawater chemistry on biomineralization throughout phanerozoic time: Paleontological and experimental evidence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. **232**. 214–236.

Veizer J., Ala D., Azmy K., Brucksche P. and Buhl D. 1999. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ evolution of Phanerozoic seawater. *Chemical geology*. **161**. 59 – 88.

Wenzel B. and Joachimski M.M. 1996. Carbon and oxygen isotopic composition of Silurian brachiopods (Gotland/Sweeden): palaeoceanographic implications. Germany: Institut of geology and mineralogy. **122**. 143 – 166.

Wenzel B. 2000. Differential preservation of primary isotopic signatures in Silurian brachiopods from Northern Europe. Germany: *Journal of Sedimentary Research*. **70**. 194 – 209.

Fondinė literatūra

Kaminskas D. 2002. Lietuvos uenlokio (silūras) uolienų geochemija. Daktaro disertacija.

Musteikis P., Paškevičius J., Brazauskas A., ir Karatajūtė – Talimaa V. 2000. Silūro tiriamų organinio pasaulio grupių taksonominė sudėtis, evoliucija ir stratigrafinio paplitimo dėsningumai. Valstybinė mokslo programa "Litosfera" 2 problema. Temos 73004/2404 ataskaita. Vilnius. 78 p.

GEOCHEMISTRY OF ROCKS AND BRACHIOPODS OF MINIJA REGIONAL STAGE

SUMMARY

The so-called closeness/openness of carbonate system is still a big problem in predicting reservoir properties. Only when the systems are closed (or closed with respect to major elements) adequate prediction of diagenesis (e.g. dissolution, cementation) and the effect on porosity and permeability can be made. When systems would be closed, dissolution because of unstable or metastable primary mineralogical composition of grains (aragonite, high-Mg calcite) or because of grain size and texture (reactive surface area versus volume) would deliver the material for cementation (in fact cementation is thus merely the result of redistribution of carbonate within the system).

Brachiopods precipitate low – Mg calcite shells and have a high potential for retaining their primary chemical composition of palaeoseawater. The sample material in this study was cleaned brachiopod shells (*Isorthis ovalis*) and the associated whole rock carbonates. For the analysis we took 18 samples of rocks and brachiopods, from 11 different boreholes, which are located from West – Central to South part of Lithuania. Both, brachiopods and associated rocks samples were analysed for Ca, Mg, Fe, Mn and Sr and the results were compared in order to assess in how far carbonate material was added to the Silurian system during burial.

The study of Ca, Mg, Fe, Mn and Sr chemical element contents suggests that in Central and South part of Lithuania (Pamituvys – 98, Sutkai – 87 and Vilkaviškis – 126, 128 and 131 boreholes) rocks are more diagenetically altered when compared to other boreholes.

The variation of iron contents in brachiopod shells and rocks are positively high correlated, which is interpreted that the content of iron in brachiopods shells could depend on environmental condition (facies).

The values of Ca, Mg, Fe, Mn and Sr in all but one (Vilkaviškis – 131 borehole, 778.9 m) brachiopod sample varies slightly. It means that they are unaltered and retains primary composition of palaeoseawater.