

DISERTATIONES GEOLOGICAE UNIVERSITATIS LATVIENSIS

Nr. 26



SANDIJS MEŠKIS

**PĒDU FOSILIJU KOMPLEKSI GALVENĀ
DEVONA LAUKA FRANAS STĀVA
NOGULUMOS**

DISERTĀCIJA

RĪGA, 2013

DISERTATIONES GEOLOGICAE UNIVERSITAS LATVIENSIS

Nr. 26

SANDIJS MEŠKIS

**PĒDU FOSILIJU KOMPLEKSI GALVENĀ
DEVONA LAUKA FRANAS STĀVA
NOGULUMOS**

DISERTĀCIJA

Doktora grāda iegūšanai ģeoloģijā

Apakšnozare: pamatiežu ģeoloģija

LATVIJAS UNIVERSITĀTE

Promocijas darbs izstrādāts Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē, Ģeoloģijas nodaļas Pamatiežu ģeoloģijas katedrā no 2008. gada līdz 2013. gadam

Promocijas darba zinātniskais vadītājs:

Ervīns Lukševičs, profesors, *Dr. ģeol.* (Latvijas Universitāte)

Recenzenti:

Viesturs Melecis, profesors, *Dr. biol.*

Valdis Segliņš, profesors, *Dr. ģeol.*

Ģirts Stinkulis, asoc. profesors, *Dr. ģeol.*

Promocijas padomes sastāvs:

Vitālijs Zelčs, profesors, *Dr. ģeol.* – padomes priekšsēdētājs

Aija Dēliņa, *Dr. ģeol.* - padomes priekšsēdētāja vietniece

Laimdota Kalniņa, asoc. profesore, *Dr. ģeog.*

Ervīns Lukševičs, profesors, *Dr. ģeol.*

Valdis Segliņš, profesors, *Dr. ģeol.*

Padomes sekretārs:

Ģirts Stinkulis, asoc. profesors, *Dr. ģeol.*

Promocijas darbs pieņemts aizstāvēšanai ar Latvijas Universitātes Ģeoloģijas promocijas padomes 2013. gada 3. maija sēdes lēmumu Nr. 04/2013.

Promocijas darba atklāta aizstāvēšana notiks LU Ģeoloģijas promocijas padomes sēdē 2013. gada 28. Jūnijā Rīgā, Alberta ielā 10, Jāņa un Elfrīdas Rutku auditorijā (313. telpa).

Promocijas darba kopsavilkuma izdošanu ir finansējusi Latvijas Universitāte.

Ar promocijas darbu var iepazīties Latvijas Universitātes Bibliotēkas Daudznozaru bibliotēkā: datorika, juridiskās zinātnes, teoloģija, Rīgā, Raiņa bulv. 19.

Atsauksmes sūtīt: *Dr. ģeol. Ģirts Stinkulis*, Latvijas Universitātes Ģeoloģijas nodaļa, Rīga, Raiņa bulvāris 19, LV-1586. Fakss: +371 67332704, e-pasts: *Girts.Stinkulis@lu.lv*

ANOTĀCIJA

Promocijas darbā analizēts pēdu fosiliju komplekss Franas stāva nogulumos Galvenajā devona laukā. Balstoties uz ievāktu un noteiktu ihnofosiliju materiālu, tika izveidota sistemātiskā ihnoloģija, pēc kuras analīzes nodalītas ihnokompleksu grupas un ichnofācijas. Iegūtie dati ļāva papildināt iepriekš pastāvošos priekšstatus par Galvenā devona lauka Franas stāva nogulumos pārstāvēto organismu grupu daudzveidību, interpretēt faciālo apstākļu mainību un paleoekoloģiskos apstākļus Baltijas devona baseinā Franas laikmetā. Galvenā devona lauka Franas stāva nogulumos dominējošās ichnofācijas norāda uz seklas jūras sedimentācijas vidi un mainīgiem faciālajiem apstākļiem. Pētījumā tika konstatēta ihnofosiliju identificēšanai svarīgu pazīmju pārveidošanās dolomitizācijas procesu ietekmē. Ihnoloģiskā analīze papildina pašreizējos priekšstatus par senās faunas daudzveidību un izplatību, un pilnveido Baltijas devona baseina paleoekoloģiskās un paleoģeogrāfiskās rekonstrukcijas.

Raksturvārdi: ichnofācija, sedimentācijas apstākļi, devons, dolomīts.

ANNOTATION

In the thesis the author analysed trace fossil assemblages from the Frasnian deposits of the Main Devonian Field (MDF). On the basis of collected ichnofossil samples systematic ichnology has been established, which includes various groups of ichnocomplex and ichnofacies. Obtained data of ichnologic analysis allowed to improve current understanding on paleofauna diversity, facies zonation and palaeoecology of the Baltic Devonian basin during the Frasnian Stage. Ichonofacies in MDF Frasnian stage deposits indicate shallow marine sedimentation and variable facies conditions. The study shows that features helpful in identification of ichnofossils are altered in the result of dolomitization processes. Analysis of ichonofacies complements the knowledge about ancient fauna diversity and distribution, and improves palaeoecological and palaeogeographical reconstructions at the Baltic Devonian basin.

Keywords: ichnofacies, sedimentary environment, Devonian, dolomite.

Saturs

IEVADS	5
1. IESKATS IHNOLOĢIJAS VĒSTURĒ LATVIJĀ UN PASAULĒ	10
1.1. Ihnoloģijas attīstības vēsture un pētījumi Galvenā devona lauka teritorijā.....	10
1.2. Devona pētījumu vēsture Baltijā.....	11
2. IHNOTAKSONOMIJA, IHNOLOĢISKĀ ANALĪZE UN IHNOFĀCIJU KONCEPCIJA.....	13
2.1. Ihnoloģiskā analīze	13
2.2. Ihnofosiliju kompleksi un ihnofācijas	18
2.3. Nozīmīgāko ihnofāciju raksturojums	19
2.4. Nozīmīgāko ihnoģinšu raksturojums	21
3. GALVENĀ DEVONA LAUKA NOGULUMU SASTĀVS UN FOSILIJAS	27
3.1. Devona nogulumu izplatība un raksturojums	27
3.2. Organismu daudzveidība un paleovides īpatnības	37
4. MATERIĀLS UN METODEDES.....	40
4.1. Lauka pētījumi	40
4.1.1. Ihnofosiliju paraugu ievākšana un fotodokumentēšana	40
4.1.2. Atsegumu apraksts	41
4.2. Laboratorijas darbu metodes	43
4.2.2. Trīsdimensionāla modeļa izveide.....	44
4.2.3. Rentendifraktometriskā analīze.....	44
4.3. Ihnotekstūras indeksa novērtēšana.....	45
5. IHNOFOSILIJAS FRANAS STĀVA NOGULUMOS GALVENAJĀ DEVONA LAUKĀ	46
5.1. Pēdu fosiliju un ģeoloģisko griezumus apraksti	46
5.1.1. Pļaviņu reģionālā stāva pēdu fosilijas un ģeoloģiskais griezumus.....	46
5.1.2. Daugavas reģionālā stāva ģeoloģiskais griezumus un pēdu fosilijas	58
5.1.3. Pēdu fosiliju saglabātības īpatnības Daugavas svītas nogulumos	79
5.1.4. Ogres svītas ģeoloģiskais griezumus un pēdu fosilijas	81
5.1.5. Stipinu svītas ģeoloģiskais griezumus un pēdu fosilijas	84
5.1.6. Andomas un Kļimovas svītas ģeoloģiskais griezumus un pēdu fosilijas	87
5.2. Sistemātiskā daļa.....	92
6. DISKUSIJA UN INTERPRETĀCIJA	99
6.1. Ihnofosiliju saglabātība.....	100
6.2. Ihnofosiliju kompleksi un to izplatība	101
6.3. Pēdu fosiliju veidotāju biodaudzveidība	103
6.4. Ihnofācijas Franās stāva nogulumos Galvenā devona lauka teritorijā	104
6.5. Ihnofosiliju un ihnofāciju nozīme Franās stāva nogulumu veidošanās apstākļu interpretācijā.....	106
SECINĀJUMI.....	109
IZMANTOTĀ LITERATŪRA	111
PIELIKUMI	119

IEVADS

Pētījuma tēmas aktualitāte

Lai arī dažādas nogulumu biogēnas struktūras un tekstūras jau vairākus gadsimtus ir piesaistījušas pētnieku uzmanību, tikai pēdējās desmitgadēs ir pievērsta pastiprināta uzmanība organismu un nogulu mijiedarbībai. Kopš divdesmitā gadsimta vidus ir publicēta virkne ihnoloģisku pētījumu, kuros aprakstītas un sistematizētas nogulumos atrastās pēdu fosilijas, analizēta to daudzveidība un ģenēze, izvirzītas hipotēzes par organismu piederību pēc to atstātajiem nospiedumiem nogulumu virsmās. Spriežot pēc ihnoloģisko pētījumu rezultātu apkopojumiem, sevišķi daudz ir darbu, kas veltīti mezozoja ihnofosilijām, turpretī paleozoja pēdu fosilijas, atskaitot ordovika ihnofosilijas, ir pētītas daudz mazāk (Knaust, Bromley, 2012). Tāda pati tendence ir vērojama, analizējot par Austrumeiropas platformas pēdu fosilijām publicēto literatūru.

Austrumeiropas platformas ziemeļrietumu daļā Galvenajā devona laukā (GDL) ir plaši izplatīti devona klastiskie nogulumi. GDL ir viens no klasiskajiem devona nogulumu izplatības reģioniem; pēc mūsdienu teritoriālā iedalījuma tas ietver Latviju, Lietuvas ziemeļu daļu, Igaunijas dienvidaustrumu daļu, Krievijas Federācijas Pleskavas apgabalu, Novgorodas, Ļeņingradas un daļēji Vologdas apgabalu. Areālam ir raksturīgs samērā pilnīgs devona ģeoloģiskais griezumš, kā arī iespaidīgs skaits atsegumu. GDL teritorijā veiktie nogulumu slāņkopu pētījumi pārsvarā ir saistīti ar to uzbūves, sastāva un izplatības, tajā skaitā sedimentoloģijas jautājumiem un paleontoloģiskajiem atklājumiem, bet tieši uz pēdu fosilijām fokusēti pētījumi aizsākušies tikai pēdējos gados (Engalychev, 2003; Milulāš et al., 2013). Šajos pētījumos apskatītas un analizētas pēdu fosilijas atsevišķos atsegumos, slāņu virsmās vai vienas svītas robežās, taču sistemātiski pēdu fosiliju pētījumi GDL līdz šim nav veikti.

Franas laikmeta sākumā ir norisinājusies globāla transgresija (Haq, Shutter, 2008). Pasaules okeāna līmeņa celšanās veicināja Baltijas devona baseina (BDB) teritorijas paplašināšanos līdz maksimāliem izmēriem, bet klimata izmaiņas un drupu materiāla pieplūde BDB ietekmēja ūdens sāluma, hidrodinamiskā režīma un citu sedimentācijas apstākļu mainību, kā arī organismu daudzveidību. Salīdzinot ar Eifela un Živetas stāva pārsvarā klastiskajiem nogulumiem, kuros dzīvnieku pēdas saglabājas relatīvi reti, Franā stāva griezumā BDB teritorijā veido lielākoties karbonātiskie nogulumi – dolomīti GDL rietumu daļā un kaļķakmeņi austrumu daļā, kas visai bieži mēdz būt bioturbēti un satur labi saglabājušās ihnofosilijas, bet mazāka nozīme ir drupiežiem. Ņemot vērā ihnofosiliju lietojamību gan nogulumu sedimentācijas apstākļu rekonstrukcijās, gan pagātnes baseinu iemītnieku ekoloģisko īpatnību noskaidrošanā, GDL Franā stāva pēdu fosiliju kompleksu sastāva, izplatības un saglabāšanās likumsakarību noskaidrošanai ir liela nozīme. Tas nosaka šī pētījuma aktualitāti.

Darba mērķis un uzdevumi

Promocijas darba mērķis ir interpretēt Franā laikposma nogulumu veidošanās apstākļus, balstoties uz Franā stāva pēdu fosiliju kompleksu analīzi GDL teritorijā. Darba ietvaros tika paredzēts izdalīt ihnokompleksus, lai papildinātu pašreizējo priekšstatu par seno dzīvnieku daudzveidību, uzvedību un izplatību, kas savukārt ļautu pilnveidot esošās Baltijas devona baseina paleoekoloģiskās rekonstrukcijas.

Darba mērķa sasniegšanai izvirzīti uzdevumi:

- 1) apzināt ihnoloģijā veiktos pētījumus un apgūt ihnoloģijas pētījumu metodes;
- 2) apkopot informāciju par GDL ģeoloģisko uzbūvi, Franas stāva faciālo zonalitāti, fosilo organismu kompleksu daudzveidību un to izplatību;
- 3) ievākt pēdu fosiliju materiālu dabiskos atsegumos un karjeros GDL teritorijā;
- 4) veikt fotofiksāciju un dokumentēt datus par pēdu fosiliju izplatību griezumā;
- 5) novērtēt nogulumu bioturbācijas intensitāti un aprēķināt ihnotekstūras indeksu;
- 6) pilnveidot ihnoloģiskās analīzes metodiku, veicot eksperimentus ar sliktas saglabātības pēdu fosilijām dolomītos, lai pielāgotu metodiku reģionālajām nogulumu īpatnībām;
- 7) izveidot pēdu fosiliju kolekcijas, sistematizēt ihnotaksonus un apvienot tos ihnokompleksu grupās;
- 8) piedāvāt Franas laikmeta nogulumu veidošanās apstākļu interpretāciju pētāmai GDL teritorijai.

Promocijas darbs sastāv no vairākām nodaļām. Pirmajā nodaļā sniegts ieskats ihnoloģijas attīstības vēsturē Latvijā un pasaulē, tostarp, GDL teritorijā veiktajos pētījumos. Otrajā nodaļā apskatītas paleoihnoloģijas galvenās koncepcijas, sniegts priekšstats par mūsdienu ihnotaksonomiju un ihnoloģiskās analīzes pamatiem, kā arī raksturotas nozīmīgākās ihnogēntis un ihnofācijas. Trešajā nodaļā raksturotas GDL robežas un nogulumu sastāvs, kā arī tā paleovides īpatnības un organismu daudzveidība. Ceturtajā nodaļā aprakstīti darbā izmantotie materiāli un lauka pētījuma metodes, kā arī laboratorijā veiktie eksperimenti un to metodika. Piektajā nodaļā atspoguļoti iegūtie rezultāti par ihnofosilijām GDL Franas stāva nogulumos, tostarp ihnotaksoniem un ihnofosiliju kompleksiem un to izplatību. Darba noslēgumā, sestajā nodaļā, ir piedāvāta diskusija par Franas laikmeta Baltijas sedimentācijas baseina nogulumu uzkrāšanos, organismu ekosistēmu un ihnofosiliju daudzveidību.

Promocijas darbs izstrādāts laika posmā no 2008. gada rudens līdz 2012. gada rudenim. Informācija ir iegūta Latvijas Universitātes (LU) Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes (ĢZZF) bibliotēkā, Latvijas Nacionālajā bibliotēkā, Tibingenas Universitātes bibliotēkā, Londonas Dabas un Vēstures muzeja arhīvā, Jagelonu Universitātē Krakovā, Čehijas Republikas Zinātņu akadēmijā un Latvijas vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra (LVĢMC) fondos. Karšu materiāla sagatavošanai izmantots LU ĢZZF ģeogrāfiskās informācijas sistēmas (ĢIS) kopkatalogs. Darba izstrādes laikā dokumentēti 22 devona Franas stāva nogulumu griezumi Latvijas, Igaunijas un Krievijas ZR daļas teritorijā, tajos konstatēti 28 ihnotaksoni. Kopējais pētīto un fotodokumentēto paraugu skaits mērāms simtos, ievākti aptuveni 150 paraugi, daļa paraugu neatgriezeniski iznīcināta laboratorijas darbos, gatavojot plānslīpējumus un eju telpiskus modeļus.

Darba novitāte

Promocijas darba izstrādes gaitā pirmo reizi Franas stāva nogulumos GDL ir veikts sistemātisks pēdu fosiliju pētījums, noskaidrots ihnofosiliju taksonomiskais sastāvs, konstatēti ihnofosiliju kompleksi, kas raksturīgi dažāda vecuma un ģenēzes nogulumiem. Iegūtie dati būtiski papildina iepriekš pastāvošos priekšstatus par Franas stāva nogulumos GDL pārstāvēto organismu grupu daudzveidību, ļaujot veikt interpretāciju par faciālo apstākļu mainību un paleoekoloģiskiem apstākļiem Baltijas devona baseinā Franas laikmetā. Ir izstrādāta jauna metodiska pieeja pēdu fosiliju pētījumiem dolomītos. Noskaidrots, ka ihnofosiliju saglabāšanos nozīmīgi ietekmē dolomitizācijas un

dedolomitizācijas procesi, iznīcinot vairākas ihnotaksonu precīzai identificēšanai svarīgas pazīmes.

Aizstāvēšanai izvirzītās tēzes

1. GDL teritorijā Franas stāva nogulumos sastopamas daudzveidīgas pēdu fosilijas, kas atspoguļo Franas laikmeta sākuma jūras transgresijas ietekmi uz nogulumu veidošanās un organismu dzīves apstākļu daudzveidības pieaugumu.

2. Franas stāva nogulumos GDL dominējošās ihnofācijas norāda uz to, ka pēdu fosilijas saturošo, pārsvarā karbonātisko un jaukta sastāva karbonātisko-klastisko nogulumu sedimentācija lielākoties notikusi paisuma-bēguma zonā un augšējā sublitorālē.

3. Dolomitizācijas procesu ietekmē notiek ihnofosiliju identificēšanai svarīgu pazīmju ievērojama pārveidošana vai pat izzušana, kas nozīmīgi samazina ģeoloģiskās informācijas pilnīgumu par dolomitizācijas ietekmēto slāņkopu paleontoloģisko hroniku.

Pētījuma rezultātu aprobācija

Lai pilnveidotu disertācijas teorētisko pamatojumu ihnoloģijā un iepazītu jaunākās pētījumu metodes, autors ir piedalījies Krievijas Zinātņu akadēmijas organizētajā darba grupas apspriedē par ihnoloģijas aktuālajiem jautājumiem 2010. gadā vasarā un Spānijas Astūrijas reģiona Dabas un vēstures muzeja organizētajā ihnoloģijas darba grupas sēdē par ihnotaksonomiju 2011. gada vasarā.

Promocijas darba rezultāti ir aprobēti un diskutēti, piedaloties ar referātiem septiņās starptautiskās zinātniskajās konferencēs:

10th Anniversary Conference of the Czech, Polish and Slovak Paleontologists. Banská Bystrica, Slovak Republic, 13-15 October, 2009.

1st International Students' Geological Conference, Krakow, Polish Geological Society, 16-18 April, 2010.

2nd International Students' Geological Conference, Ratnieki, University of Latvia, 28-30 April, 2011.

14. Starptautiskā zinātniskā konference, Sabiedrība un kultūra: Robežas un jauni apvāršņi, Liepājas Universitāte, 2011. gada 19. un 20. maijs.

Next generation insights into geosciences and ecology, Tartu, Estonia, 12-13 May, 2011.

XI International Ichnofabric workshop, Spain, Coplunga, 1-5 July, 2011.

3rd International Students' Geological Conference, Lviv Ivan Franko National University of Ukraine, 27-30 April, 2012.

Par pētījuma dažādiem aspektiem sagatavotas šādas publikācijas:

Meškis S. 2013. Galvenā devona lauka rietumu daļas Pļaviņu reģionālā stāva ihnofosiliju komplekss. *Latvijas Universitātes Raksti, Zemes un Vides zinātnes*, xxx.sējums, xx.-xx. lpp. (raksts pieņemts publicēšanai)

Meškis S., Mitikova, O. 2011. Daugavas svītas ihnofosiliju komplekss un sedimentācijas baseina īpatnības Kalnciema karjerā. *Latvijas Universitātes Raksti, Zemes un Vides zinātnes*, 762.sējums, 83.-92. lpp.

Meškis S., Zupiņš I. 2012. Ihnofosiliju kolekcijas dabas muzejos Latvijā un Pasaulē, to nozīme izglītībā un zinātnē. Sabiedrība un kultūra: pēckonferenču rakstu krājums, 14. sējums, 122.-128 lpp

Mikulāš R., Meškis S., Lukševičs E., Stinkulis Ģ., Zupiņš I., Ivanov A. 2013. A rich ichnofossil assemblage from the Frasnian (Upper Devonian) deposits at Andoma

Hill, Onega Lake, Russia. *Bulletin of Geosciences. Czech Republic*, Nr. 1358 (raksts iespiešanā).

Nozīmīgākās publicētās starptautisko konferenču tēzes:

- Ivanov A., Meškis S., Mikulaš R., Zupinš I. 2009. A rich ichnofossil assemblage from the Frasnian (Upper Devonian) deposits at Andoma Hill, Russia (Onega Lake, Russia). In Pipik R.K., Sotak J., Stanova S. (eds.), *10th Anniversary Conference of the Czech, Polish and Slovak Paleontologists*. Banská Bystrica, Slovak Republic, pp. 22-23.
- Meškis S. 2011. Trace fossil assemblages from the Frasnian (Upper Devonian) deposits in Latvia. *XI International Ichnofabric workshop*. Spain, Coplunga, pp. 74-76.
- Meškis S., Karpovičs A. 2010. The ichnofossil *Chondrites* in the Frasnian carbonate deposits of Latvia as palaeoenvironmental indicator. 1st International Students' Geological Conference. Krakow, Polish Geological Society, pp. 31.
- Meškis S., Maļinovskis E. 2011. Problematics of ichnofossil preservation in the Frasnian stage dolomites. *Next generation insights into geosciences and ecology*. Tartu, Estonia, pp. 73.
- Meškis S., Zupinš I. 2011. Ichnofosiliju kolekcijas dabas muzejos Latvijā un pasaulē, to nozīme izglītībā un zinātnē. *14. starptautiskā zinātniskā konference, Sabiedrība un kultūra: Robežas un jauni apvāršņi*, 14. sējums, 122.-128. lpp.
- Učelniece I., Meškis S., Vircava I., Stunda A. 2011. Mineral composition characteristics of the Upper Devonian Daugavas and Pļaviņas formation dolomites. 2nd International Students' Geological Conference. Ratnieki, University of Latvia, pp. 42.
- Pētījuma ideja un sākotnējie rezultāti prezentēti 5 ziņojumos vietēja mēroga zinātniskajās konferencēs.
- Meškis S. 2009. Paradigmas paleoichnoloģijas vēsturē. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes. Latvijas Universitātes 67. zinātniskā konference. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds.
- Meškis S. 2010. Juras ichnofosiliju komplekss Krimas pussalas dienvidaustrumos. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes. Latvijas Universitātes 68. zinātniskā konference. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds.
- Mitikova O., Meškis S. 2010. Ichnofosiliju daudzveidība Daugavas svītas nogulumos Rīgas apkārtnē. - *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes*. Latvijas Universitātes 68. zinātniskā konference. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds.
- Meškis S., Učelniece, Lūse I., Stunda A., 2011. Minerālā sastāva īpatnības augšdevona Daugavas un Pļaviņu svītu dolomītos. - *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes*. Latvijas Universitātes 69. zinātniskā konference. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds.
- Meškis S., Maļinovskis E., 2011. Ichnofosiliju saglabātības problemātika Galvenā devona lauka Franas stāva dolomītos. - *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes*. Latvijas Universitātes 69. zinātniskā konference. -Rīga: LU Akadēmiskais apgāds.

Pateicības

Pētījums veikts ar Eiropas Sociālā fonda projekta „Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē”, Nr. 2009/0138/1DP/1.1.2.1.2/09/IPIA/VIAA/004, LU reģistrācijas Nr. ESS2009/77, „Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē-2”, Nr. 2011/0054/1DP/1.1.2.1.2/11/IPIA/VIAA/002, LU reģistrācijas Nr. ESS2011/131 un Latvijas Zinātnes padomes grantu Nr. 09.1032 un 09.1568 finansiālu atbalstu. Autors izsaka lielu pateicību promocijas darba vadītājam prof. E. Lukševičam par ievadu ihnoloģijas problemātikā un noderīgajām zinātniskajām diskusijām par pētījuma tēmu, kā arī par ieteikumiem zinātnisko publikāciju un promocijas darba sagatavošanā; Čehijas Republikas Zinātņu Akadēmijas Ģeoloģijas institūta paleontologam R. Mikulašam par ikgadējām konsultācijām sistemātiskās ihnoloģijas problemātikā un iespēju strādāt arhīvā; Krakovas Jagelonu Universitātes Ģeoloģijas institūta prof. A. Uhmanam par palīdzību problemātisku paraugu identificēšanā. Autors pateicas RTU Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultātes lektorei A. Stundai par rentgendifraktometrisko analīzi un rezultātu interpretāciju, kā arī vadošajam pētniekam A. Kalvānam par iespēju veikt lauka darbos iegūto paraugu apstrādi LU ĢZZF Iežu pētījumu laboratorijā. Autors pateicas LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes asociētajam profesoram Ģ. Stinkulim un docentei V. Hodīrevai par atbalstu literatūras apzināšanā un ideju ģenerēšanā, paleontologam M. Rudzītim par konsultācijām, Latvijas Dabas muzeja paleontologiem I. Zupiņam un L. Lukševičai par pieeju kolekcijām un atbalstu promocijas darba izstrādes laikā, kā arī I. Zupiņam par palīdzību lauka darbu veikšanā. Autoram bija iespēja strādāt ar ihnofosiliju kolekcijām Dabas un vēstures muzejos Londonā, Briselē un Prāgā, kuru atbildīgiem glabātājiem autors ir pateicīgs.

1. IESKATS IHNOLOĢIJAS VĒSTURĒ LATVIJĀ UN PASAULĒ

1.1. Ihnoloģijas attīstības vēsture un pētījumi Galvenā devona lauka teritorijā

Paleoihnoģija kā patstāvīga zinātnes disciplīna, kas atrodas uz robežas starp paleontoloģiju un sedimentoloģiju, ir samērā jauna. Atziņa par to, ka organismu un nogulu mijiedarbība ir patstāvīga pētījumu sfēra, radās samērā vēlu, neskatoties uz to, ka dažādas biogēnas struktūras un tekstūras jau sen piesaistīja sedimentologu uzmanību, bet paleontoloģiskā un dažādu senu organismu darbības pēdu izpēte notiek jau vairāk kā divus gadsimtus.

Par vienu no pirmajiem zināmajiem nesistemātiskajiem pētījumiem ihnoloģijā uzskatāms Leonardo da Vinči rokraksts Leičesteras kodeksā (uzrakstīts laikā no 1506. līdz 1510. gadam) par fosilijām un pēdu nospiedumu veidotām *Paleodictyon* (heksagonāls eju tīkls, veidots smiltīs vai jūras gultnē) struktūrām, kas saglabājušās jūras transgresijas rezultātā, noteikta to biogēnā izcelsme, sniegts ieskats tafonomiskā vēsture un skaidroti paleovides apstākļi (Baucon, 2010). Tikai 19. gadsimta beigās dabas pētnieki nonāca pie neoihnoģijas, kuru Leonardo da Vinči aizsāka pirms vairāk nekā trijiem gadsimtiem, savā darbā rakstot, ka organismu nesen atstātas pēdas ir būtisks pētījumu objekts seno organismu atstāto pēdu veidošanās interpretācijā (Baucon, 2010).

19. gs. sākumā sāka strauji veidoties mugurkaulnieku paleoihnoģija, kas pētīja dinozauru pēdas; tam sekoja atklājumi ASV un Skotijā. Pirmie publicētie raksti par atrastajiem četrkāju rāpuļu pēdu nospiedumiem ir zināmi no 1828. gada (Osgood, 1975). Paralēli šiem atklājumiem tika konstatēti iespējamo fosilo brūnaļģu nospiedumi. Pētniecības laiks starp 1828. un 1881. gadu ihnoloģijā tiek dēvēts par „fukoīdu periodu”. To pārtrauca paleobotāniķis A. Nathorst, 1880. gadā eksperimentāli pierādot, ka tārpī var veidot sazarotas ejas, kas vizuāli līdzinās aļģu struktūrai (Osgood, 1975). Līdz ar to empīriskie meklējumi ļāva paleoihnologiem atzīt, ka fukoīdi nav droši indikatori sedimentācijai seklo ūdeņu fotiskā (200 m) zonā.

Ihnoģijas uzplaukums Eiropā saistāms ar R. Rihteru un vēl dažiem Lejassaksijas piekrastes vēsturiskās izpētes institūta ģeologiem, kas 20. gadsimta 20.-30. gados, veicot lauka pētījumus Vatu jūras (Wadden Sea) plūdmaiņu zonā Nīderlandes piekrastē, aizsāka moderno pieeju ihnoloģijai (Osgood, 1975).

A. Zeilahers (Adolf Seilacher) 1950.-1960. gados īpašu uzmanību pievērsa modernajām metodēm un ihnoloģiju vairāk saistīja ar nomenklatūras veidošanu un nogulumu slāņkopu dokumentēšanu. Šī pieeja ļāva sistematizēt ihnofosilijas, lai varētu veikt vispārīgākus un nodrošinātu pietiekošu saikni ar sedimentoloģiju. Šī pieeja dominēja, bet pakāpeniski attīstījās arī analītiskā pieeja, saskaņā ar kuru mēģināja identificēt organismus, kas atstājuši pēdas, salīdzinot tos ar mūsdienu organismu atstātajām nospiedumu formām, kā arī veicot struktūru funkcionālu interpretāciju. Paleoihnoģijas teorētiskais pamatojums ir attīstījies nevienmērīgi un ir joprojām nepilnīgs. Nomenklatūras sistēma, kas attīstījās pirms 50 gadiem, tikai daļēji atbilst mūsdienu priekšstatiem par pēdas veidojošajiem organismiem un to klasifikāciju. Tomēr, lai izveidotu jaunu nomenklatūru, kurai pamatā būtu mūsdienu priekšstati par organismu sistemātisko piederību, būtu nepieciešama daudz pilnīgāka saite starp ekoloģijas atziņām un evolūcijas teoriju (Ksiazkiewicz, 1977). Tāpēc ihnofosiliju nomenklatūras tālākā attīstība varētu notikt analītiskās ihnoloģijas jomā un tās iespaidā. Pēdu fosiliju klasifikācijas veidošanas problēmas ir saistītas ar to, ka teorija ir atkarīga no tā, vai uz ihnofosilijām skatās primāri kā uz sedimentogēnām struktūrām vai kā dzīvnieku uzvedības atspoguļojumu. 21. gadsimta sākumā ir vērojama tendence paleoihnoģijai strauji attīstīties, pārvēršoties

par vienu no aktīvākajām paleontoloģijas nozarēm, kas veiksmīgi izmanto arī sedimentoloģijas un stratigrāfijas metodes (Mikuláš, Dronov, 2006).

Paleoīhnoloģijas sasniegumi Latvijā vairāk saistāmi ar norādēm uz pēdu fosiliju atradumiem V. Kurša (1975), V. Sorokina (1978, 1981), L. Savaitovas (1977) u.c. darbos. Pētījumu GDL arī nav daudz (Engalychev, 2003; Lukševičs, 2006; Lukševičs et al., 2008). Tomēr, atskatoties nedaudz senākā pagātnē, atrodam atsevišķus pētījumus, kuros veikta mērķtiecīga un tam laikam atbilstoša pēdu fosiliju noteikšana, piemēram, N. Delles un E. Krausa (Kraus, 1930) darbos tika identificētas U-veida pēdu fosilijas *Rhizocorallium* isp., *Arenicolites* isp., *Tigillites* isp., kā arī citi taksoni, kas izmantoti paleoekoloģisko apstākļu interpretēšanā.

21. gadsimta sākumā ihnofosiliju izpētes jomā Latvijā novērojamas pozitīvas tendences, kas atspoguļojas ziņojumu skaita pieaugumā LU zinātniskajās konferencēs, LU ĢZZF ģeoloģijas bakalaura studentu kursa un bakalaura darbos, kā arī O. Mitikovas (2011) maģistra darbā.

1.2. Devona pētījumu vēsture Baltijā

Devona sistēmu A. Sedžviks (*A. Sedgwick*) un R. E. Mērčisons (*R. I. Murchison*) izdalīja pēc fosilajā materiālā novērotajām izmaiņām 1839. gadā. L. Buhs un E. Eihvalds bija pirmie pētnieki, kas pēc brahiopodu (1838. gadā) un zivju atliekām (1840. gadā) konstatēja Baltijas reģiona nogulumu piederību devona sistēmai. Jau G. Helmersena 1841. gadā izdotajā Krievijas Eiropas daļas ģeoloģiskajā kartē atspoguļota devona nogulumu izplatība Baltijā. H. Pfeifers 1843. g. ir iedalījis Baltijas devonu divās vienībās, K. Panders 1844. gadā – trijās. Jāpiemin, ka šajā reģionā jau 19. gadsimta vidū tika ievākts arī bagātīgs fosiliju materiāls, veidotas kolekcijas un aprakstīta devona sistēma, ko, bez jau minētiem pētniekiem, veica arī H. Asmuss, L. Kutorga, R. Mērčisons P. E. Verneijs (*P. Verneuil*) un A. A. Kaizerlings (Sorokin, 1981).

R. Pahts disertācijā 1849. gadā sīkāk iedalīja karbonātisko nogulumu slāņus. K. Grevings 1861. gadā klasificēja devona slāņkopu trijās nodaļās, apakšdevonā un augšdevonā iekļaujot smilšakmeņus, bet vidusdevonā – dolomītus. Franas stāva karbonātiskajā daļā pētnieks konstatēja trīs atšķirīgas fācijas, kas atbilst mūsdienu priekšstatiem par seno sedimentācijas baseinu faciālo zonalitāti: Veļikajas fācijai pieder pārsvarā kaļķakmeņi, Daugavas fācijai – pārsvarā dolomīti un Kurzemes fācijai – dolomīti ar ģipsi un mālu (Sorokin, 1981).

20. gadsimta sākumā šo klasisko devona nogulumu izplatības reģionu Baltijas un Krievijas ziemeļrietumu daļā nosauca par Galveno devona lauku. Tajā zem kvartāra nogulumiem sastopami un daudzviet atsedzas dažādi nogulumi: dolomīti, dolomītmerģeļi, kaļķakmeņi un merģeļi, kā arī smilšakmeņi, aleirolīti, māli un ģipši, kas novērojami dabiskos atsegumos upju, ezeru un Baltijas jūras krastos, kā arī daudzajos karjeros.

Baltijā 20. gadsimta 30. gados E. Krauss un N. Delle pētīja devona nogulumus un veidoja sīkāku stratigrāfisko iedalījumu, savukārt V. Gross no 1930. līdz 1956. gadam veica detalizētus zivju atlieku pētījumus. Kopumā pagājušā gadsimta pirmajā pusē GDL teritorijā pētījumus veikuši daudzi dabas pētnieki un ģeologi, piemēram, H. Bekers un A. Epiks Igaunijā, J. Dalinkevičs Lietuvā, I. Embovica, R. Kampe, O. Mellis Latvijā, R. Hekers, D. Naļivkins, D. Obručevs u.c. Krievijā (Sorokin, 1981). Pētot GDL smilšaino nogulumu sastāvu, uzbūvi un skaidrojot to kā vērtīgu derīgo izrakteņu īpašības, V. Kuršs (1975, 1992) ir pievērsis uzmanību šo nogulumu sedimentācijas cikliskumam un faciālai zonalitātei, kā arī papildināja Baltijas devona paleoģeogrāfiskās rekonstrukcijas. Franas laikmeta nogulu uzkrāšanās cikliskumu pētījis V. Sorokins (1963, 1967, 1978, 1981 u.c.).

L. Savaitova (1978) precizējusi Famenas stāva nogulumu stratigrāfisko iedalījumu un veidošanās apstākļus. Ievērojamu ieguldījumu devona nogulumu izpētē devuši arī P. Liepiņš, V. Grāvītis, S. Žeiba, K. Orviku (Sorokin, 1981). Pagājušā gadsimta pēdējā ceturksnī A. Stinkule pētījusi devona mālaino nogulumu sastāvu un veidošanās apstākļus, bet pētījumus par ģipša un dolomīta krājumiem veikuši I. Apinīte, J. Fedorenko, V. Hodireva, K. Saraks u.c. Savukārt ar devona karbonātisko nogulumu pētījumiem sedimentoloģijas jomā nodarbojās Ģ. Stinkulis (1998). Pētnieks devis lielu ieguldījumu klastisko-karbonātiežu un kaļķakmeņu-dolomītu pārejas zonu sedimentoloģijas un mineraloģijas izpētē.

Par paleontoloģiskiem atklājumiem, kas pamatā saistīti ar abinieku, zivju un bezžokļu atlieku kompleksiem, kas pasaulē labi atpazīstami paleontologu un citu pētnieku vidū, pateicību pelnījuši A. Ivanovs, V. Karatajūte-Talimā, E. Kurika, E. Lukševičs, L. Ļarska, I. Upeniece un I. Zupiņš (Ivanov, 1990; Lukševičs, Zupiņš, 2004).

Arī ģeoloģiskās kartēšanas darbi mērogā 1:200 000 un 1:50 000, ko vadījuši A. Gavrilova, L. Birgere, A. Mūrnieks, L. Bendrupe u.c. ģeologi, ir papildinājuši informāciju par devona nogulumu sastāvu, organismu atliekām un veidošanās apstākļiem (Brangulis u.c., 1998).

2. IHNOTAKSONOMIJA, IHNOLOĢISKĀ ANALĪZE UN IHNOFĀCIJU KONCEPCIJA

Pēdu fosilijas bieži vien ir vienīgā liecība par organismu eksistenci ģeoloģiskajā pagātnē. Ir zināms, ka pastāv noteikti nogulumu tipi un fācijas, kas nesekmē gliemežvāku un citu skeleta daļu saglabāšanu, un tādā gadījumā fosilās organismu pēdas ir vienīgā liecība par šo organismu dzīvi. Saskaņā ar mūsdienās ihnoloģijā pieņemto koncepciju, pēdu fosilijas atspoguļo izmirušo organismu „pārakmeņoto uzvedību” un tās fiksē daudz svarīgu parametru, kurus apskata no sedimentoloģijas, stratigrāfijas un paleoekoloģijas viedokļa. Iegūtā informācija ir vērtīgs ihnoloģijas ieguldījums ģeoloģijā kopumā.

2.1. Ihnoloģiskā analīze

Šajā darbā ihnoloģiskā analīze tika izmantota kā pamatmetode, lai, izmantojot seno organismu atstātās pēdas, papildinātu priekšstatus par Franas laikposma nogulumu veidošanās apstākļiem un pilnveidotu Baltijas paleobaseina paleoekoloģiskās un paleoģeogrāfiskās rekonstrukcijas. Promocijas darbā izmantoti šādi ihnoloģijas analīzes termini, kas balstīti uz angļu, krievu un citu valodu terminoloģiju, pēc iespējas precīzāk atveidojot tos un pielāgojot latviešu valodas īpatnībām. Dažu terminu atveidojums latviešu valodā sagādājis zināmas problēmas, piemēram, terminam *Spreiten* ir izveidots jauns termins, transliterējot vācu valodas terminu.

1) Ihnofosilijas – jeb pēdu fosilijas (grieķu valodā *ikhnos* nozīmē “pēdas”) ir tās iežos saglabājušās struktūras un detaļas, kas piedāvā netiešus pierādījumus dzīvības eksistencei pagātnē. Visvairāk pazīstamas un visplašāk apskatītas no tām ir pēdas, takas, alas, bet var tikt izmantoti arī ķermeņu nospiedumi, kodumi, organismu urbšanas u.c. darbību pēdas. Ihnofosilijas ir atrodamas gan cietu iežu, gan mīkstu nogulu virspusē un iekšpusē, it īpaši kaļķakmenī, smilšakmenī vai starp diviem atšķirīgiem iežu slāņiem un citur. Pastāv būtiskas atšķirības starp īstajām fosilijām un pēdu nospiedumiem: salīdzinot ar organismu un to daļu pārakmeņojumiem (kauli, gliemežvāki, zobi, u.t.t.), kas bieži vien mēdz būt pārgulsnēti, ihnofosilijas atklāj tādus senās faunas pastāvēšanas aspektus, kas mēdz būt vājāk zināmi, jo pēdu fosilijas netiek pārgulsnētas, tāpēc tās ir nozīmīgs līdzeklis paleovides interpretācijā (Simpson, 1975).

2) Ihnofācija – ihnofosiliju komplekss, kas atspoguļo tādus vides apstākļus kā dziļums, sāļums un substrāta raksturs. Komplicētas barošanās alas un ejas parasti ir sastopamas no abisāles līdz seklajai šelfa jūrai. Šelfa vidējā un distālā zonā zem viļņu bāzes ihnofosilijas veido bagātīgu kompleksu, tur ir sastopamas pārvietošanās pēdas, atpūtas pēdas un vertikālas ejas. Savukārt zemas daudzveidības komplekss ir raksturīgs vidējiem plūdmaiņu līdzenumiem, tās ir vertikālas dzīvojamās un barošanās alas, kā arī pārvietošanās un glābšanās ejas (Seilacher, 2007). Nozīmīgākās ihnofācijas ir apskatītas nākamajā apakšnodaļā.

3) Ihnotaksonam – tiek piešķirts nosaukums pēc organisma izveidota fosilizēta „nospieduma” atšķirīgas morfoloģijas, tajā ietilpst dažādas ejas, urbumi, ekstremitāšu (pēdu, kāju, pirkstu u.c.) nospiedumi, kodumi, skrāpējumi, kokoni, tīkli un citas līdzīgas darbības formas. Ihnofosilijas iedala ihnoģintīs un ihnosugās, līdzīgi kā dzīvajiem organismiem izveidotajā K. Linneja klasifikācijā, bet augstākās kategorijās ihnotaksoni netiek apvienoti (Simpson, 1975).

4) Ihnotekstūras – organismu aktivitāšu rezultātā izveidojušās nogulumu struktūras un tekstūras.

5) Eifosilijas – īstas fosilijas, kas atspoguļo seno dzīvnieku, augu, vienšūņu u.c. organismu uzbūvi. Tās sastopamas veselu skeletu, to fragmentu, atsevišķu skeleta elementu, to telpisko nospiedumu (kodolu, dobumfosiliju) vai plakanu nospiedumu, retos gadījumos veselu organismu veidā.

6) Spraiete – vertikālas U formas ejas, kas izveidotas, organismam daudzkārtīgi izsekojot ejas trajektoriju un virzoties dziļāk substrātā (2.1. att.).



2.1. attēls. Spraiete: A, B – ejas aizpildījuma shēma; C – *Diplocraterion* isp. LDM Pl 62/14, Andomas svīta, Andomas kalna atsegums Oņegas ezera krastā, Krievija (foto no E. Lukševiča arhīva). Mēroga lineāla garums ir 3 cm.

Figure 2.1. Spreiten: A, B, principal scheme; C, *Diplocraterion* isp. LDM Pl 62/14, Andoma Formation, Andoma Hill outcrop at the bank of the Onega Lake, Russia (photo from E. Lukševičs archive). Scale 3 cm.

Lai pēc pēdu fosilijām papildinātu nogulu uzkrāšanās apstākļu raksturojumu, ir jāņem vērā šādi faktori:

a) dzīvie organismi, kas mīt nogulās, pārstrādā nogulumus, tādēļ zūd primārās mehāniski izveidotās struktūras (piemēram, slīpslāņotās tekstūras) un to nevar interpretēt kā liecību tam, ka šo primāro tekstūru vispār nav bijis;

b) pēdas bieži var būt erodētas substrāta erozijas periodos. Ja vienā slānī var būt vairāk par vienu pēdu ģenerāciju, pēc aizpildīšanas un erozijas rakstura var dešifrēt visu erozijas epizožu vēsturi, nogulumu uzkrāšanos un sedimentācijas pārtraukumus;

c) organismi var pārveidot grunts sastāvu, graudu formu;

d) organismi var veidot jaunas tekstūras nogulumos, kas var būt kļūdaini interpretētas kā primārās mehāniskās sedimentācijas tekstūras (Mikulāš, Dronov, 2006).

Raksturojot uzkrāšanās apstākļus, ir jāņem vērā daži fizikāli faktori, kas ietekmē pēdu izplatību:

1) vidējais nogulumu graudu lielums ietekmē organismus, kas pārstrādā substrātu kuņģī – šiem organismiem ir svarīgs smalks materiāls, lai būtu iespējams veidot alas; graudu lielums ir svarīgs arī filtrētājiem;

2) nogulu stabilitāte; no šī faktora ir atkarīga gruntī veidoto alu morfoloģija un to stabilitātes pakāpe;

3) grunts konsistence nosaka organismu darbību uz mīksta substrāta virsmas vai urbšanas pēdas litificētajā gruntī; šis faktors arī ietekmē dažādu organismu sugu izplatību;

4) gāzu režīms, pamatā O₂ līmenis, kas nosaka organismu izplatību substrātā: dažādi organismi spēj izdzīvot gruntīs ar dažādu O₂ piesātinātības pakāpi (Mikulāš, Dronov, 2006).

Pēdu pētniecības vēsturē ir saskatāma cieša saistība gan ar iehnoloģiju kā bioloģijas nozari, kas pēta organismu pēdas, veicot eksperimentus atšķirīgajos substrātos ar dažādiem organismiem, gan paleoihnoloģiju kā paleontoloģijas nozari, kas pēta seno organismu pēdas. Kaut arī pārsvarā ar terminu "ihnofosilijas" saprot nogulumu biogēnās struktūras, kas atspoguļo dzīvnieku darbību un uzvedību dzīves laikā, tas var tikt lietots arī, lai apzīmētu ļoti specifiskas pēdas, kuras veidojas jau pēc organismu nāves, to atliekām pārvietojoties tādu ārēju apstākļu ietekmē kā, piemēram, dzīvnieka bruņu pārsega slīdēšana vai velšanās pa grunts virsmu ūdens straumē.

Pēdu saglabāšanās likumsakarības ir cieši saistītas ar organismu eksistences rezultātā izveidoto struktūru īpatnībām iežos vai nogulās un ir atkarīgas arī no šo nogulumu rakstura, piemēram, nekonsolidētās nogulās ir sastopami ekstremitāšu nospiedumi, ūdens baseinu gultnē var saglabāties organismu ejas, augsnē un mīkstā substrātā – alas, bet cietā substrātā var konstatēt skrāpējumu pēdas un urbšanas pazīmes.

Lai varētu izveidoties ihnofosilijas, organismam ir jāveic substrāta pārvietošana, kas var būt gan nejauša (piemēram, dzīvnieks nejauši pārvieto substrātu ar ekstremitātēm, spurām, ķermeni), gan apzināta. Substrāts var tikt apzināti pārvietots ar sekojošiem mērķiem: aizsardzībai (alas); uzbrukumam no slēpņa; elpošanai (ūdens cirkulācijas nodrošināšanai); lai barotos ar sestonu (filtrētāji); lai barotos ar detrītu (detrītēdāji); barības objektu kultivēšanai; lai barotos ar endobentosu (plēsoņas); lai izvairītos no apglabāšanas briesmām (Mikuláš, Dronov, 2006).

Pastāv vairāki alu un eju veidošanas paņēmieni: intrūzija, kompresija, izrakšana un pārrakšana. Var izšķirt vairākus ihnofosiliju saglabāšanās veidus pēc atrašanās vietas nogulumu slāņos: uz substrāta virsmas, substrātā vai uz kontakta starp slāņiem. Substrātā izšķir pilna reljefa un pusreljefa (tikai reljefa virspusē esošas) ihnofosilijas. Pusreljefa pēdu fosilijas var iedalīt epireljefa un hiporeljefa (bieži – smilšakmeņos virs māliem) ihnofosilijās. Atkarībā no pēdu telpiskā izvietojuma izšķir šādus pēdu fosiliju veidus:

1) Hieroglifi – savdabīgas tekstūras, kas ir raksturīgas uzslāņojuma virsmām. To ģenēze nav līdz galam vēl noskaidrota. Agrāk pie hieroglifiem tika pieskaitīti visi uzslāņojuma virsmu nelīdzenumi, izņemot ripsnojumu, žūšanas plaisas un lietus lāšu pēdas.

2) Hipoglifi – tekstūru zīmes, kuras novērojamas smalkgraudaino nogulumu slāņu apakšējā virsmā, piemēram, intrūzijas zīmes.

3) Tafoglifi – padziļinājumi, kurus ir atstājuši mālainajos nogulumos dzīvnieku līķi. Parasti sastopami smilšaino un aleirītisko iežu apakšējā virsmā izciļņu veidā.

4) Eksoglifi – tekstūras zīmes, kas veidojušās slāņu apakšējā (hipoglifi) vai augšējā (epiglifi) virsmā. Tās ir zīmes, kas neveidojas slāņu iekšpusē, piemēram, straujumu un viļņu ripsnojums.

5) Endoglifi – tekstūras, kuras veidojās slāņu iekšpusē, piemēram, slāņojums dažādu urbēju ejās.

6) Epiglifi – tekstūras zīmes nogulumiežu slāņu augšējā virsmā, piemēram, ūdens straujumu pēdas, vilkšanas un tecējuma pēdas.

Dzīvnieku eksistences apstākļi substrātā vai uz tā virsmas ir atkarīgi no substrāta konsistences, kuru nosaka graudu izmērs, ūdens saturs (tikotropie un dilatantie substrāti), gļotas. Substrāta īpašībām ir liela nozīme pēdu izveidošanās un saglabāšanās iespējamībā, tāpēc ihnoloģijā tiek plaši lietota substrāta konsistences klasifikācija (Taylor et al., 2003), kas pamatā apskata šādus substrāta veidus: ūdeņains (*soupground*), mīksts (*softground*), irdens (*looseground*), ciets (*firmground*), klinšains (*hardground*).

Pēdu analizē ir jāievēro vairāki pamatprincipi (Benton, Harper, 1996):

a) viena suga – *vairāki pēdu paveidi*: vienas un tās pašas sugas pārstāvji var veidot dažādas pēdas atbilstoši dažādiem uzvedības modeļiem. Piemēram, mūsdienu krabis

Uca veido dzīvojamās U-veida alas, atstāj pārvietošanās pēdas un radiālās ganību pēdas, kā arī koprolītus;

b) dažādas sugas – līdzīgas pēdas: daži dzīvnieki ar vienādu uzvedību veido līdzīgas pēdas. Piemēram, atpūtas pēdas, kuras ir pazīstamas ar nosaukumu *Rusophycus*, var būt izveidojuši daudzсарu tāрpi, gliemezis *Nassa*, žaunkāju vēzis vai trilobīts *Olenus* (2.2. att.);

c) vienai sugai piederošas ejas dažādos substrātos – dažādas pēdas: tā, piemēram, barošanās pēdas zem substrāta virsmas smiltīs ir zināmas ar nosaukumu *Scalarituba*, starp cietām smiltīm un mālu – *Nereites*, bet starp mīkstām smiltīm un mālu – *Neonereites*.

Šie pamatprincipi nosaka pēdu interpretācijas sarežģītību un neviennozīmību, kas vēstures gaitā, attīstoties paleoīhnoloģijai, noveda pētniekus pie nepieciešamības veikt empīriskus eksperimentus ar dažādiem dzīvniekiem, kas mīt dažādos substrātos. Šie eksperimenti ir ļoti laikietilpīgi, tāpēc daudzos gadījumos paleoīhnologam ir jāpaļaujas uz gadiem uzkrātu citu pētnieku pieredzi un interpretāciju, kā arī, pašam interpretējot pēdas, jāmeklē likumsakarības starp substrātu, dzīvnieku uzvedību un ārējiem apstākļiem.



2.2. attēls. Furongijas (vēlā kembrija) trilobīta *Olenus rarus* atpūtas pēdas *Rusophycus polonicus*, Višņuvkas Velkas karjers, Šventokšijas kalni, Polija (foto no E. Lukševiča arhīva). Mēroga lineāla garums ir 3 cm.

Figure 2.2. Resting trace fossil *Rusophycus polonicus* produced by the Furongian (Upper Cambrian) trilobite *Olenus rarus*, Wiśniówka Wielka quarry, Holy Cross Mountains, Poland (photo from E. Lukševičs archive). Scale 3 cm.

Pēc pēdu fosiliju formas, to īpatnībām un atrašanās vietas substrātā var iegūt priekšstatu par dzīvnieka uzvedību. Šīs īpatnības kalpo par pamatu etoloģiskajai klasifikācijai (Mikuláš, Dronov, 2006) un palīdz veikt funkcionālo interpretāciju:

1) rakšanas pēdas – biežāk sastopamā un daudzveidīgākā pēdu grupa; šādas pēdas tiek veidotas irdeno nogulumu iekšpusē;

2) urbšanas pēdas – organisma darbības pēdas, kas veidojas cieta substrāta iekšpusē (ieži, čaulas, kauli, koksne, u.c.). Urbšana var būt mehāniska, kad tiek ražots klastiskais materiāls, kas bieži var kalpot par jaunu nogulumu avotu, un ķīmiska, kad substrāts, piemēram, karbonātieži tiek šķīdināti. Bieži vien ir sarežģīti, bet dažreiz nav iespējams stingri nodalīt rakšanu no urbšanas. Tādos gadījumos par kritēriju tiek izmantotas bioklastu un ejas sienu attiecības. Par urbšanu liecina ejas sienas, kas šķeļ

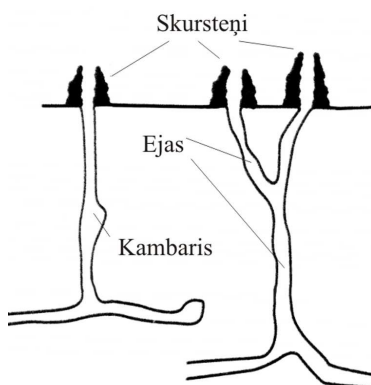
dažādus ietverošos nogulumus. Rakšanas gadījumā nogulumi tiek pārvietoti, notiek to sajaukšanās, bet tie netiek šķelti;

3) šahtas – vertikālas cilindriskas rakšanas pēdas. Šahta var būt arī plašākas eju sistēmas, piemēram, horizontālas tīkveida eju sistēmas, kas ir izveidota noteiktā dziļumā, sastāvdaļa;

4) tuneļi – horizontālas, cilindriskas rakšanas pēdas. Analogiski iepriekšējam pēdu paveidam tuneļi var būt eju sistēmu sastāvdaļa. Organisms var veikt ejas sienu nostiprinājumu, lai pasargātu ejas no iebrukšanas;

5) šūnveida pēdas – parasti lodveida formas paresninājumi, kas ir savienoti savā starpā un bieži atrodas kanālu galos. Šo terminu izmanto, aprakstot gan urbšanas, gan rakšanas pēdas irdenajā substrātā;

6) skursteņveida pēdas – cilindriskas formas ejas, šahtas turpinājums virs substrāta virsmas (2.3. att.).



2.3. attēls. Shematiski attēlotas skursteņveida pēdas.

Figure 2.3. Scheme of chimney trace fossils.

7) pēdas aizpildījums – nogulas, kas aizpilda urbšanas vai rakšanas ejas. Rakšanas pēdas var tikt aizpildītas pasīvi, bez racēja līdzdalības, vai aktīvi. Atsevišķos gadījumos dzīvnieks pats ar nogulām aiz sevis aizpilda eju virzoties uz priekšu (šādi veidojas pārrakšanas pēdas). Urbšanas pēdu aizpildījums gandrīz vienmēr ir pasīvs;

8) konfigurācija – ihnoloģijā ar šādu terminu apzīmē pēdu telpisko izvietojumu un to orientāciju attiecībā pret uzslāņojuma virsmām un debess pusēm;

9) ksenoglifs – ornaments pēdas sienā, kas atspoguļo substrāta tekstūru;

10) bioglifs – ornaments pēdas sienā, kuru veido pats dzīvnieks (2.4. att);



2.4. attēls. *Cruziana* isp. ihnofosilijas pēdu ornamenti, Gaitiņu karjers, Daugavas svīta. Mēroga lineāla garums ir 1 cm.

Figure 2.4. *Cruziana* isp. ornamented trace fossil, Gaitiņas quarry, Daugava Formation. Scale 1 cm.

11) rizolīts – fosilo augu sakņu nospiedums. Rizolīti nav ihnoloģijas objekti, tomēr tie noteiktās ihnofācijās ir bieži sastopami kopā ar pēdu fosilijām;

12) grafogliptīds – ar šo terminu apzīmēta sarežģīta, parasti simetrisku tuneļu sistēma, kas atrodas tieši zem noguluma virsmas. Šī tuneļa sistēma izmantota vai nu dzīvošanai, vai barības audzēšanai, vai arī kā slazdu sistēma.

Pēdu fosilijas tiek klasificētas arī pēc dominējošās dzīvnieku uzvedības (Seilacher, 1967a):

a) *kubihnijas* – atpūtas pēdas, kuras veido aktīvi organismi atpūtas laikā vai slēpjoties no uzbrucējiem. Šādu pēdu forma parasti atspoguļo dzīvnieka ķermeņa formu un izmērus. Šīs struktūras sastopamas izolēti no citām līdzīgajām struktūrām;

b) *repihnijas* – pēdas substrāta virsmā, kuras rodas dzīvniekam pārvietojoties no vienas vietas uz otru; var būt mugurkaulnieku, posmkāju un citu dzīvnieku ekstremitāšu nospiedumi, tās ir pēdu takas vai rāpošanas pēdas, kas var veidot horizontālas vadziņas. Daudzos gadījumos šīs pēdas var būt izlocītas ar švīkājumu iekšējā virsmā;

c) *pascihnijas* jeb “ganību pēdas” ir horizontālas ejas uz substrāta virsmas, kas rodas, dzīvniekam uzņemot barību un mainot atrašanās vietu. Parasti vadziņas, bedrītes;

d) *fodihnijas* – barošanās alu un eju trīsdimensionālais tīkls, kas veidojas kombinētas nogulu ēšanas un pārvietošanās rezultātā, varbūt gan vienkāršas tuneļveida pēdas, gan sarežģītākas struktūras;

f) *domihnijas* ir dzīvojamās alas, trīs dimensiju struktūras, kas veidotas kā pastāvīgas mājvietas;

g) *agrihnijas* – slazdi, kā arī vākšanas un kultivēšanas pēdas, regulāras zarotas struktūras uz substrāta virsmas migrējošo meijofaunas pārstāvju ķeršanai vai aļģu un baktēriju audzēšanai;

h) *predihnijas* – plēsoņu atstātās pēdas, kas ir bieži sastopamas cietā substrātā, piemēram, apaļi caurumi čaulās vai pārkostas un citādi bojātas čaulas vai kauli, čaulas ar gliemežu urbumu pēdām;

i) *hēmihnijas* – ķīmiskās simbiozes pēdas, interesanta pēdu kategorija, kuras izpēte aizsākusies salīdzinoši nesen. Mūsdienu bentisko organismu pētījumi liecina par to, ka ar sērūdeņradi un metānu bagātus nogulumus daži baktēriju veidi var padarīt atkal dzīvošanai derīgus. Hēmihnijas ir sērūdeņraža, metāna, ogļūdeņraža burbulīšu pēdas dūņās;

j) *fugihnijas* – glābšanās ejas, veidojas ātras sedimentācijas apstākļos, dzīvniekam cenšoties izvairīties no aprakšanas. Tās var būt ļoti dziļas un vienmēr ir perpendikulāras uzslāņojuma virsmai, atšķirībā no dzīvojamām aliņām, tām nav nostiprinātas sienas.

Bez augstāk uzskaitītajām pēdu fosilijām vēl tiek izdalītas: mājvietas virs substrāta – *aedifikihnijas* un vairošanās pēdas – *kalihnijas*.

2.2. Ihnofosiliju kompleksi un ihnofācijas

Ihnofācija ir iežos saglabājusies dzīvnieku darbības pēdu asociācija jeb ihnofosiliju komplekss, kas atspoguļo pagātnes apkārtējās vides parametrus (apstākļus), tādus kā hidrodinamiskais režīms (straumes, viļņošanās), sāļums, gāzu režīms, substrāta raksturs un citus, un pēc sastāva atšķiras no laterālā vai vertikālā virzienā blakus esošiem

kompleksiem. Dažas ihnofācijas mēdz būt ļoti noturīgas un maz mainīties ģeoloģiskā laikā (Mikulāš, Dronov, 2006), tādējādi paverot iespējas precīzāk interpretēt sedimentācijas apstākļus, nekā izmantojot tikai eifosilijas vai iežu struktūras un tekstūras. Dažādu gultnes organismu izplatība mūsdienu un pagātnes baseinos uzrāda zināmu zonalitāti atkarībā no dziļuma. Tāpēc dažādas ihnofācijas nomaina viena otru virzienā no baseina dziļākām daļām līdz krastam un dažas pat var aptvert saldūdens baseinus (Mikulāš, Dronov, 2006). Piemēram, ganību pēdas un slazdi, vākšanas un kultivēšanas pēdas norāda uz dziļās jūras apstākļiem. Komplicētas barošanās alas un ejas parasti ir sastopamas no abisāles līdz sekļajai šelfa jūrai. Šelfa vidējā un distālā zonā zem viļņu bāzes ihnofosilijas veido bagātīgu kompleksu, kuru veido pārvietošanās pēdas, atpūtas pēdas un vertikālas ejas. Savukārt zemas daudzveidības komplekss ir raksturīgs vidējiem plūdmaiņu līdzenumiem, tam pieder vertikālas dzīvojamās alas un barošanās alas un ejas, kā arī glābšanās ejas (Frey, Pemberton, 1984; Mikulāš, Dronov, 2006). Šāda tipa ihnofosilijas dažkārt ir novērojamas arī GDL teritorijā.

Zemas daudzveidības komplekss ar ejām, sakņu caurulēm (rizolītiem), ekstremitāšu nospiedumiem ir raksturīgs kāpām un virslitorālei, bet horizontālas *fodihnijas*, retas *Skolithos* ejas, kukaiņu un saldūdens vēzīšu *repihnijas* ir sastopamas saldūdens baseinos. Dzīvojamās alas kaļķakmens substrātā liecina par klinšainu krastu sublitorālē; Latvijā ir sastopamas jūras iežu atrauteņos, devona Dubņika svītā (Lukševičs, 2001).

Nosakot ihnofosiliju veidus, jāatceras, ka pēdu saglabāšanas apstākļi var būt dažādi, un tam nevajadzētu traucēt nosaukuma piešķiršanai. Atstāto pēdu saglabāšana ir atkarīga no vairākiem parametriem: ūdens temperatūras, tās dzidruma, sāļuma, skābekļa piesātinājuma, ūdens virsmas platības lieluma, baseina izolācijas pakāpes, cirkulācijas rakstura, piegultnes straumes, pienestā vai uz vietas izveidotā materiāla daudzuma un sastāva, grunts konsistences u.c. Klasiskajā ihnoloģijas teorijā ihnofosiliju veidotie nosaukumi tiek balstīti uz formas, ornamentācijas un morfoloģiskajām pazīmēm, bet pēdējās desmitgadēs arvien atzītāka kļūst ihnoloģijās analītiskā pieeja, kuras būtība ir mēģināt noteikt organismus, kas veido pēdas, meklēt salīdzinājumus ar mūsdienu organismu atstātajām formām, veikt struktūru funkcionālu interpretāciju un izmantot datormodelēšanu ar mērķi veidot jaunas pieejas visu veidu biogēno struktūru paleoetoloģisko, fizioloģisko un fizikāli ķīmisko īpašību interpretācijai.

2.3. Nozīmīgāko ihnofāciju raksturojums

Literatūrā ir aprakstītas vairākas jūras un sauszemes ihnofācijas, kuras var sakārtot zināmā secībā gar hipotētisko jūras gultnes un sauszemes profilu no dziļākās jūras līdz subaerāliem apstākļiem (2.5. att.).

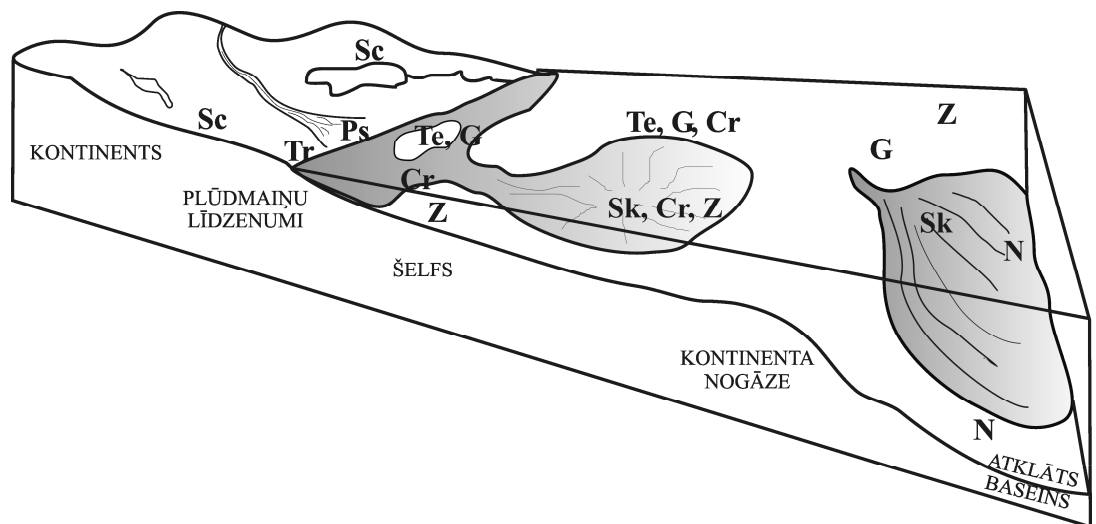
No krasta tālākai zonai ir raksturīga *Nereites* ihnofācija. *Nereites* ihnofāciju raksturo meandrējošas pascihnijas jeb “ganību pēdas” – horizontālas ejas uz substrāta virsmas (*Nereites* un *Helminthoides*), spirāles formas (*Spirorhappe*), un agrihnijas, kas ir slazdi, kā arī vākšanas un kultivēšanas pēdas, ko pārstāv regulāras zarotas struktūras (*Paleodictyon* un *Spirodesmos*). Pēdu fosilijas veidojas mālainu, smalku daļiņu nogulās. Ihnofācija ir dziļjūras vides, ieskaitot okeāna un jūras baseina gultni, kā arī šelfa nogāzes indikators (Bromley, 1990; Brenchley, Harper, 1998).

Zoophycos ihnofāciju pārstāv fodihnijas, barošanās alu un eju kombinētas nogulu ēšanas un pārvietošanās pēdas *Zoophycos*, retāk *Thalassinoides* (Bromley, Ekdale, 1984; Bromley, Asgaard, 1991). Ihnofācija raksturīga dažādu ūdens dziļumu apstākļiem no

abisāles līdz seklam kontinenta šelfam un sastopama dziļumam atbilstošās nogulās. Pēc vides apstākļiem līdzīga *Nereites* ihnofācijai, bet kopumā raksturīga nedaudz seklākiem ūdeņiem (Seilacher, 1964a,b; Frey, Pemberton, 1984; Frey et al., 1990).

Cruziana ihnofācijai raksturīga augsta ihnofosiliju daudzveidība, bieža horizontālo pēdu celiņu (repihniju), kuras rodas dzīvniekam pārvietojoties no vienas vietas uz otru, sastopamība. Tās ir pēdu takas vai rāpošanas ejas, tādas kā *Cruziana* un *Aulichnites*. Bez tam, šai ihnofācijai ir raksturīgas kubihnijas, kuras veido aktīvi organismi atpūtas laikā vai slēpjoties no uzbrucējiem (*Rusophycus*, *Asteriacites*, *Lockeia* un citas). Ihnofācija raksturīga zonai zem normālas viļņošanās bāzes, bet var tik pakļauta vētras viļņu ietekmei, kā arī kontinentālā šelfa daļai zem vētru viļņi bāzes (Frey et al., 1990; Bromley, Asgaard, 1991).

Skolithos ihnofācija atpazīstama pēc mazāk daudzveidīgām vertikālām ejām. Starp vertikālām ejām dažas interpretējamās kā domihnijas jeb dzīvojamās alas – trīs dimensiju struktūras, kas veidotas kā pastāvīgas mājvietas (*Skolithos*, *Diplocraterion* un *Arenicolites*); fodihnijas – barošanās alu un eju trīsdimensionālais tīkls, kas veidojas kombinētas nogulu ēšanas un pārvietošanās rezultātā, veido gan vienkāršas tunelveida pēdas, gan sarežģītākas eju struktūras (*Ophiomorpha*). *Skolithos* ihnofācijā mēdz būt arī fugihnijas jeb glābšanās ejas, kas veidojas ātras sedimentācijas apstākļos, dzīvniekam cenšoties izvairīties no aprakšanas. Glābšanās ejas var būt ļoti dziļas, sasniedzot vairākus desmitus centimetru; tās vienmēr ir perpendikulāras uzslāņojuma virsmai un, atšķirībā no dzīvojamām aliņām, tām nav nostiprinātas sienas. Šādas pēdas raksturīgas plūdmaiņu zonas apstākļiem, kuros organismiem ir jāspēj ātri reaģēt uz ārējās vides izmaiņām. Sākotnēji *Skolithos* ihnofācija tika attiecināta tikai uz plūdmaiņu zonas apstākļiem, bet mūsdienā izpratnē tā raksturo arī vētras vai aktīvas viļņošanās zonas un zemūdens nogāzēs apstākļus, kuros gravitācijas plūsmas (turbidīti) ātri pārklāj organismu apdzīvota substrāta virsmas (Frey et al., 1990).



2.5. attēls. Galveno ihnofāciju raksturīgākās atrašanās vietas jūras un kontinentālajā vidē (pēc: Benton, Harper, 1997):

Cr – *Cruziana*; G – *Glossifungites*; N – *Nereites*; Ps – *Pylonichnus*; Sc – *Scoyenia*; Sk – *Skolithos*; Te – *Teredolites*; Tr – *Tripanites*; Z – *Zoophycos*.

Figure 2.5. The typical position of the major ichnofacies in marine and continental environments (after Benton, Harper, 1997):

Cr, *Cruziana*; G, *Glossifungites*; N, *Nereites*; Ps, *Pylonichnus*; Sc, *Scoyenia*; Sk, *Skolithos*; Te, *Teredolites*; Tr, *Tripanites*; Z, *Zoophycos*.

Psilonichnus ihnofācijai raksturīgs zemas daudzveidības pēdu fosiliju komplekss ar neliela diametra vertikālām ejām ar sfēriskām kamerām, kas izveidotas dzīvošanai (*Macanopsis*), šauras, slīpas T-formas un Y-formas ejas (*Psilonichnus*), augu sakņu sistēmas un sauszemes mugurkaulnieku pēdu nospiedumi. Ihnofācija raksturīga kāpu zonai, krasta piekrastes zonai un plūdmaiņu līdzenumiem (Frey, Pemberton, 1987; Frey et al., 1990).

Scoyenia ihnofācijai raksturīga pēdu fosiliju kompleksa neliela daudzveidība, pārsvarā vienkāršas horizontālas barošanās alu un eju kombinētas nogulu ēšanas un pārvietošanās pēdas (*Scoyenia* un *Taenidium*) ar vertikālām dzīvojamām alām, kas veidotas kā pastāvīgas mājvietas (*Skolithos*), un repihnijas. Rāpošanas pēdas var veidot kukaiņi, posmkāji vai saldūdens garneles (*Cruziana* un *Isopodichnus*). Ihnofācija raksturīga strauņu veidotām nogulām smilts sanešu zonās (Seilacher, 1967b) un to asociē ar subaerāliem apstākļiem, paleoaugsnēm, eolām smiltīm, kas var saturēt domihnijas un repihnijas (Bromley, Asgaard, 1991).

Glossifungites ihnofācijai raksturīgas domihnijas, dzīvošanas pēdas (*Glossifungites* un *Thalassinoides*), kā arī dažreiz sakņu sistēmu veidotas struktūras (Brenchley, Harper, 1998). Ihnofācijai piederošas pēdas bieži vien veidojas blīvās, bet ne litificētās nogulās (mālainās vai karbonātiskajās), kas veidojušās zemas viļņu enerģijas ietekmē seklas jūras plūdmaiņu zonā. *Glossifungites* ihnofācija raksturīga piekrastes bāriem, soloņčakiem, vai plašiem plūdmaiņu līdzenumiem, kā arī seklas jūras apstākļiem, kur tiek erodētas nekonsolidētas nogulas (Goldring, Kazmierczak, 1974, Fürsich, 1978).

Trypanites ihnofācijā dominē urbšanas pēdas: tārpu (*Trypanites*), gliemeņu (*Gastrochaenolites*), jūras pīlīšu (*Rogerella*) un sūkļu (*Entobia*) veidotie urbumi. Ihnofācija raksturīga litificētiem kaļķakmeņiem, rifiem un līdzīgiem cietā tipa substrātiem (Frey, Seilacher, 1980). *Trypanites* ihnofācijas veidošanās vides apstākļi raksturīgi krasta zonas daļai, piemēram, rifam, kas atdala lagūnu no jūras; parasti tā saistīta ar viļņu pastiprinātu darbību un apstākļiem, kuros nogulas neuzkrājas (Bromley, Asgaard, 1991).

Teredolites ihnofāciju identificē pēc organismu veidotiem urbumiem koksnē (*Teredolites*), kurus mēdz veidot, piemēram, tādas jūras gliemenes kā kuģu tārps un citi kokurbēji (Bromley et al., 1984).

2.4. Nozīmīgāko ihnogīnšu raksturojums

Arenicolites Salter (1857) ir vienkāršas U-veida ejas, kuras orientētas perpendikulāri nogulumu uzkrāšanās plaknei. Attālums starp ejas vertikālajiem elementiem ir daži centimetri, ejas diametrs – daži milimetri, bet visas struktūras izmērs sasniedz vairākus centimetrus, kaut arī erozijas rezultātā tas var būt stipri reducēts. *Arenicolites* ihnogīns var būt interpretēta pēc U-formas apakšējās daļas platuma, tomēr daudzos gadījumos tās atpazīšana var būt problemātiska un ir nepieciešami labas saglabātības paraugi, kas diemžēl ir reti sastopami. Vispārpieņemta *Arenicolites* interpretācija ir tāda, ka tās bijušas mājvietas ejas (Gevers, 1971; Fürsich, 1974; Frey, Howard, 1982).

Arthropycus Hall (1852) ir horizontālas, vienkārši žuburotas, nedaudz izliektas, gredzenveida ejas, kas parāda labi izšķiramas aizpildītas vagas. *Arthropycus* tiek interpretētas kā tārpu barošanās ejas (Victoria et al., 2012).

Asteriacites von Schlotheim (1820) ir horizontālas ejas, kuru forma ir līdzīga piecu punktu zvaigznes formai. *Asteriacites* tiek interpretētas kā atpūtas pēdas, kuras atstājušas jūras zvaigznes, iespējams, Stelleroidea, vai čuskastes Ophiuroidea (Bromley, 1990; Mángano et al., 1999; Wilson, Rigby, 2000).

Aulichnites Fenton et Fenton (1937) ir horizontāli orientētas pēdas, divi paralēli valnīši, kurus vienu no otra atdala šaura vadziņa. *Aulichnites* tiek interpretētas kā rāpošanas un ganīšanās pēdas, kuras atstājušas gliemenes (Frey, Pemberton, 1984).

Camborygma ir lielas, vertikāli orientētas ejas ar dažām skrāpējumu pēdām, kas saskatāmas uz eju sienām, dažos gadījumos ir redzams arī mālaina materiāla apmetums no iekšpuses; ejas diametrs ir 5-10 cm, bet tās garums var sasniegt pat vairāk kā 3-5 m. Iespējams, ka pēdas veido upes vēzis, kas rok alas kontinentālo baseinu zemūdens daļā (Hasiotis et al., 1993).

Chondrites Brongniart (1828) ir no vertikālas uz horizontālu plakni vērsta žuburainas barošanās ejas (2.6. att.). Trīsdimensionāli ejas izskatās kā otrādi iestādīts koks, tā galvenā eja atgādina stumbru, no kura saknes aug uz augšu. Jaatzīmē, ka *Chondrites* ejas nekad nekrustojas. Eju diametrs ir no 0,5-5 mm un vienas sistēmas ietvaros tas vienmēr ir nemainīgs. Parasti visas sistēmas izmērs ir dažī centimetri. Pateicoties to izskatam, *Chondrites* 19. gadsimtā tika uzskatītas par aļģēm. *Chondrites* tiek interpretētas kā barošanās ejas, kas bieži tiek asociētas ar zema skābekļa līmeņa substrātu, bet daudzos gadījumos pastāv arī izņēmumi. Aptver gandrīz visu fanarezoju, no kembrija līdz mūsdienām (Osgood, 1970; Fürsich, 1974; Häntzschel, 1975; Bromley, 1994).



2.6. attēls. *Chondrites* isp. barošanās ejas kaļķakmens slāņa apakšējā horizontālā plaknē, Ižmas svīta, Famenas stāvs; atsegums Ižmas upes labajā krastā pretī Sosnogorskai, Dienvidu Timans, Komi Republika. Mēroga lineāla garums 1 cm.

Figure 2.6. Traces *Chondrites* isp. on the lower horizontal surface of limestone bed, Izhma Formation, Famennian; outcrop at the right bank of the Izhma River opposite Sosnogorsk Town, South Timan, Komi Republic. Scale 1 cm.

Climactichnites Logan (1860) ir horizontāli orientēta taciņa, pēdas raksturojamas kā stipri izliektas lokveida ejas, atveidojot V-formas vagas. *Climactichnites* parasti ir lielas, apmēram 15 cm diametrā, tām līdzīgas ir *Cruziana*. *Climactichnites* interpretācija var būt daudzveidīga – kā vēžveidīgo, vēžskorpionu, trilobītu un pat gliemju darbības pēdas (Häntzschel, 1975).

Conichnus Männil (1966) ir vertikāli orientēta eja, kas uz leju sašaurinās un atgādina konusā ieliktu konusu. *Conichnus* atšķiras no *Rosselia* ar to, ka ejas apakšējā daļa beidzas punktā, nevis turpinās kā šaura caurule. *Conichnus* tiek interpretētas kā apmešanās pēdas, kas ir veidojušās, kad kāds no sesilajiem organismiem (iespējams, jūras anemonei līdzīgs vienpatņa korallis) pārvietojās augšup, šādā veidā reaģējot uz lielu sedimentācijas ātrumu un izvairoties no aprakšanas (Pemberton et al., 1988).

Cruziana d'Orbigny (1842) ir garas lentveida nedaudz izlocītas divas vagas vai valnīši, pārklāti ar skujiņveida zīmējumu, horizontālā uzslāņojuma virsmā (skat. 2.4. att.). Platums 0,5-8 cm, garums līdz vienam metram, parasti 10-20 cm. Skujiņas leņķis nav pastāvīgs, var variēt vienas sliedes ietvaros. Pēdas abās pusēs var būt vēl pa vienai šaurai (1-2 mm) vadziņai. *Cruziana* pēdas tiek interpretētas kā trilobītu pārvietošanās pēdas. Parasti sastopamas vidēji dziļas jūras nogulumos, smilšakmeņu un mālu vai aleirolītu slāņu kontakta zonā. *Cruziana* no *Rusophycus* var atšķirt pēc ievērojami lielāka pēdu garuma. *Cruziana* pēdu izplatības intervāls aptver visu paleozoju, bet biežāk tas ir sastopamas kembrija un devona nogulumos (Bromley, 1996).

Dactyloidites Geinitz 1849 ir horizontāla struktūra, tai ir rozetes izskats plānā un dažreiz ir redzamas arī centrālās vertikālās ejas atliekas. *Dactyloidites*, iespējams, ir veidojis tārpveidīgs dzīvnieks, kas ir pārticis no nogulām. Sākotnēji pēdas veidojās kā J formas ejas, pēc tam dzīvnieks atkārtoti veica iurbšanos nogulumos, atstājot pēdas, kurām ir vēdeklim līdzīgs izskats (Uchman, Pervesler, 2007).

Dimorphichnus Miller et Dyer (1878) ir horizontālas takas ar divu veidu nospiedumiem: tievas un garas, nedaudz izliektas skrāpējumu pēdas un īsākas vagas, kas reizēm zarojas Y veidā. Ievilktais vagas virzās slīpi kustības virzienā. *Dimorphichnus* tiek interpretētas kā sānu nospiedumi, kurus atstājuši trilobīti – viegli nospiedumi ir no ekstremitātēm, bet stiprāk saskatāmos nospiedumus veido ķermeņa korpusa atstātas pēdas (Häntzschel, 1975).

Diplocraterion Torell (1870) ir perpendikulāri nogulumu virsmai orientētas U-veida struktūras, kuru ģenēze ir saistīta ar rakšanas pēdām (skat. 2.1. att.). To iekšējo daļu veido U-veida aliņas, kas ir ieliktas viena otrā. Caurulīšu diametrs ir 5-15 mm, attālums starp atsevišķiem zariem 4-7 cm, bet ierakšanās dziļums 2-15 cm. Maksimālais fiksētais ierakšanās dziļums ir 35 cm. Eju iekšējā virsma ir gluda. *Diplocraterion* tiek skaidrots kā dzīvošanas pēdas, kuras veido dzīvnieki, kas dzīvoja alās un pārvietojās no augšas uz leju un otrādi, tādējādi pielāgojoties vai nu nogulumu paātrinātai sedimentācijai, vai arī erozijai (Bromley, 1990).

Piezīmes: *Diplocraterion* tiek raksturotas kā dzīvošanas un barošanās ejas, kas veidojušās spēcīgāku straumes enerģiju rezultātā. Inoģints detalizēti aprakstīta vairāku autoru darbos (Fürsich, 1974; Häntzschel, 1975; Crimes et al., 1977; Bjerstedt, 1988; Bjerstedt, Ericksson, 1989; Fillion, Pickerill, 1990).

Gastrochaenolites Leymerie (1842) ir pilienvēda, ieapaļas, eliptiskas vai mandeļformas kameras, kuru izmērs var būt dažāds. Šāda tipa urbšanas pēdas ir diezgan plaši izplatītas karbonātiežos un gliemju biežajās čaulās, bet paleozoja nogulumos ir diezgan reti sastopamas. Vēl joprojām speciālistu vidū nav izveidojies vienots priekšstats par *Gastrochaenolites* pēdu ģenēzi (Kelly, Bromley, 1984).

Glockerichnus Pickerill (1982) ir taisni vai nedaudz izliekti tuneļi, reizēm izvietoti staru veidā. Barošanās un pārvietošanās pēdas (fodihnijas), sastopamas sākot ar ordoviku, pārsvarā dziļas jūras fliša nogulumos (Ksiazkiewicz, 1977; Crimes, Droser, 1992).

Gyrolithes Saparta (1884) ir vertikāli orientētas ejas, kas parāda ciešu spirālveida formu vertikālā griezumā; spirāles platums caurmērā nemainīgs visā ejas garumā. Dažos gadījumos *Gyrolithes* ir spirālveida atzars no *Thalassinoides* un nogulumos var veidot vairāku metru garu eju. *Gyrolithes* ir interpretējamas kā mājoklis, iespējams, arī barošanās pēdas, kuras varētu būt atstājis kāds no posmkājiem (Pickerill, Peel 1990; Bromley, 1990).

Gyrophyllites Glocker (1841) ir vertikāli vai ieslīpi orientētas ejas, kurām ir vairāki ziedlapai vai propellerim līdzīgi nospiedumi, kas iziet no centra, noslēdzot pilnu riņķi. *Gyrophyllites* ir interpretējamas kā radiālās barošanās pēdas, kuras veido organisms, kas daudzas reizes atkārtoti ierokas nogulumos (Häntzschel, 1975, Seilacher, 1967a).

Kouphichnium Nopcsa (1923) ir horizontāli, bilaterāli simetriski nospiedumi, kuriem var būt mainīga forma, bet atsevišķos gadījumos tie var izskatīties kā putna kājas nospiedumi. Iespējams, nospiedumus ir veidojis šķēpastes vēzis *Limulus polyphemus*, kas var dzīvot gan jūras, gan piekrastes apstākļos (Pemberton, Frey, 1982).

Lockeia James (1879) ir ovālas, abpusēji izliektas formas un bilaterāli simetriskas pēdu fosilijas, kas parasti nogulumos veido pozitīvas formas nospiedumus (2.7. att.). Pēdas atveido mandeles formu un ir līdzīgas arī pēc izmēra. *Lockeia* ir interpretējama kā gliemenes atpūtas pēdas (Pickerill, 1990, Maples, Suttner, 1990).



2.7. attēls. Gliemeņu atpūtas pēdas *Lockeia* isp. LDM Pl 14/93, Sosnogorskas svīta, Famenas stāva pamatne; atsegums Ižmas upes labajā krastā pretī Sosnogorskai, Dienvidu Timans, Komi Republika. Mēroga lineāla garums 3 cm.

Figure 2.7. Resting traces of bivalves *Lockeia* isp. LDM Pl 14/93, Sosnogorsk Formation, lowermost Famennian; outcrop at the right bank of the Izhma River opposite Sosnogorsk Town, South Timan, Komi Republic. Scale 3 cm.

Monocraterion Torell (1870) ir vienkāršas vertikāli orientētas ejas, kam augšdaļā ir piltuves forma. Eroziņas ietekmē *Monocraterion* ejas var izskatīties līdzīgas *Skolithos*. *Monocraterion* ir interpretējamas kā kombinētas barošanās un dzīvesvietas pēdas, kur piltuve, iespējams, ir kalpojusi kā lamatas, bet potenciālie upuri ir bijuši organismi, kas pārvietojās tuvu ejas atverei. Iespējams, šādas pēdas ir atstājuši daudzсарu tārpi (Frey, Pemberton, 1984).

Neonereites Seilacher (1960) ir līkumojošas, horizontāli orientētas ejas, kas ir aizpildītas ar pelletiem. Parasti tās atrod uz slāņojuma virsmām. *Neonereites* ir barošanās pēdas, tās varētu būt atstājis organisms, kas ir ganījis pa nogulu virsmu un atstājis aiz sevis regulāri izvietotas fekāliju lodītes (Crimes, 1987; Pickerill, Peel 1990).

Palaeophycus Hall (1847) ir horizontālas vai ieslīpas ejas, kas var zaroties (bet biežāk gan ir sastopamas nesazarotas formas) un kurām ir raksturīga īpatnēja iekšējā “apdare”. *Palaeophycus* ir interpretējamas kā kombinētas dzīvošanas un barošanās pēdas, kuras veidojuši tārpveidīgie organismi (Pemberton, Frey, 1982).

Paleodictyon Sacco (1886) ir poligonāli veidojumi, kas ir orientēti paralēli nogulumu uzkrāšanās plaknei. *Paleodictyon* veido tīklu, kas sastāv no vairākiem gandrīz pareizas formas sešstūriem, to izskats plānā ir līdzīgs bišu šūnām. Šo īpatnējo pēdu ģenēzi

un neparastu formu acīmredzot ir atstājis kāds dzīvnieks, kas ir pārticis no mikroorganismiem. Sākotnēji tas ir atstājis gļotu pēdas, kuras mikroorganismi ir izmantojuši kā barības bāzi, bet, kad to kolonijas bija izaugušas pietiekami lielas, tās apēdis (Ksiazkiewicz, 1977).

Phycodes Richter (1850) ir horizontālas un ieslīpas ejas, kas izskatās līdzīgi slotai, un zarojas no centrālās ejas. *Phycodes* ir interpretējamas kā barošanās pēdas, kuras ir izveidojušas, atkārtoti ieurbjoties nogulumos (Han, Pickerill, 1994).

Phycosiphon ir ieslīpas un horizontālas ejas, kas var veidot U-veida cilpas, pēc formas nedaudz atgādinot brieža ragus. *Phycosiphon* ir interpretējamas kā barošanās pēdas, kuras ir atstājuši tārpveidīgi dzīvnieki (Bjerstedt, 1988; Bromley, 1990).

Planolites Nicholson (1873) ir meandrējošas ejas, kas ieslīpi vai horizontāli orientētas pret nogulumu virsmu. Atšķirībā no *Palaeophycus*, *Planolites* nav eju iekšējās "apdares" un ap cilindriskajām ejām bieži izsekojams materiāla iztrūkums. Arī šie veidojumi tiek interpretēti kā tārpveidīgo dzīvnieku barošanās pēdas (Frey, Pemberton, 1984; Bjerstedt, 1988; Frey et al., 1990).

Psammichnites Torell (1870) ir horizontāli orientētas ejas, kas veido ieliektu vai cilpveida zīmējumu. Ejas iekšienē izsekojams zigzagveida raksts. *Psammichnites* ir skaidrojamas kā ganību pēdas (Fillion, Pickerill, 1990).

Rhizocorallium Zenker (1836) ir horizontāli vai ieslīpi orientētas U formas ejas. No *Diplocraterion* atšķirams ar horizontālo stāvokli. *Rhizocorallium* ir interpretējamas kā barošanās pēdas, kas parāda, ka dzīvnieks cauri nogulumu slānim veicis sistemātisku pārvietošanos (Fürsich, 1974).

Rusophycus Hall (1852) pēc formas veido kafijas pupiņai līdzīgas pēdu fosilijas, kas saglabājušas kā izliekts hiporelĵefs (skat. 2.2.). *Rusophycus* ir bieži izplatītas agrā paleozoja *Cruziana* ichnofācijā. Neapšaubāmi tās ir trilobītu atpūtas (retāk citu posmkāju) pēdas. Vairākas *Rusophycus* ihnosugas aprakstītas no dažāda vecuma un sastāva nogulumiem (Osgood, 1970; Baldwin, 1977; Seilacher, 1970; Crimes et al., 1977; Crimes, 1975; Crimes, Marcos, 1976).

Scoyenia White (1929) ir horizontāli un vertikāli orientētas, vienkāršas, taisnas vai nedaudz izliektas ejas ar "virjveidīgu" struktūru. Individuālās ejas parasti krusto viena otru. *Scoyenia* tiek interpretētas kā ēšanas ejas, kuras veido posmkāji, iespējams, vaboļu kāpuri. Parasti tās veidojas no marīniem atšķirīgos apstākļos, sākotnēji mitrās gruntīs (Seilacher, 1967a).

Skolithos Haldeman (1840) ir vertikāli orientētas cauruļveidīgas ejas, kuru garums parasti stipri pārsniedz platumu. *Skolithos* ir interpretējamas kā iespējamo sestonofāgu (dzīvnieki, kas ir pārtikuši no suspensijā esošām organiskām vielām) dzīvošanas pēdas (Seilacher, 1967a; Frey, Pemberton, 1984; Fillion, Pickerill, 1990).

Thalassinoides Ehrenberg (1944) ir sazarota struktūra, Y- un T-veida zarojums ar horizontālu, ieslīpu vai vertikālu tīklojumu un paplašinājumiem savienojumu vietās starp zariem (2.8. att.). No *Ophiomorpha* atšķiras ar nelīdzenām sienām. *Thalassinoides* ir interpretējami kā posmkāju barošanās un dzīvesvietas, bet dažos gadījumos arī urbšanās pēdas (Frey, Pemberton, 1984).

Trichophycus Miller et Dyer (1878) ir horizontāli vai ieslīpi veidotas ejas, kuru forma atgādina banāna vai ļoti plata un zema U formu. Ejas sienās ir redzamas skrāpējuma pēdas. *Trichophycus* veidojošie organismi ir interpretējami kā lieli posmkāji (Häntzschel, 1975).



2.8. attēls. Iespējamo vēžveidīgo eju sistēmas fragments *Thalassinoides?* isp. mieturaļģu kaļķakmenī, Sosnogorskas svīta, Famenas stāva pamatne; atsegums Ižmas upes labajā krastā pretī Sosnogorskai, Dienvidu Timans, Komi Republika (foto no E. Lukševiča arhīva). Mēroga lineāla garums 3 cm.

Figure 2.8. Fragment of trace system of possible crustacean *Thalassinoides?* isp. in the algal limestone, Sosnogorsk Formation, lowermost Famennian; outcrop at the right bank of the Izhma River opposite Sosnogorsk Town, South Timan, Komi Republic (photo from E. Lukševičs archive). Scale 3 cm.

Trypanites Magdefrau (1932) ir vertikāli un ieslīpi urbumi, kas var būt nedaudz izliekti un galos noapaļoti. *Trypanites* ir interpretējamas kā dzīves telpas, kas izveidotas cietā substrātā (Bromley, D'Alessandro, 1987).

Zoophycos ir horizontālas vai ieslīpas ejas, tās veido struktūru, kas apakšējā daļā līdzinās U formai, pakāpeniski pārejot gandrīz izlīdzinātā S formā. *Zoophycos* ir barošanās pēdas, kas veidojušās dzīvniekam pārvietojoties pa trajektoriju, kas līdzīga svārsta trajektorijai (Bromley, 1996; Uchman, 1991).

3. GALVENĀ DEVONA LAUKA NOGULUMU SASTĀVS UN FOSILIJAS

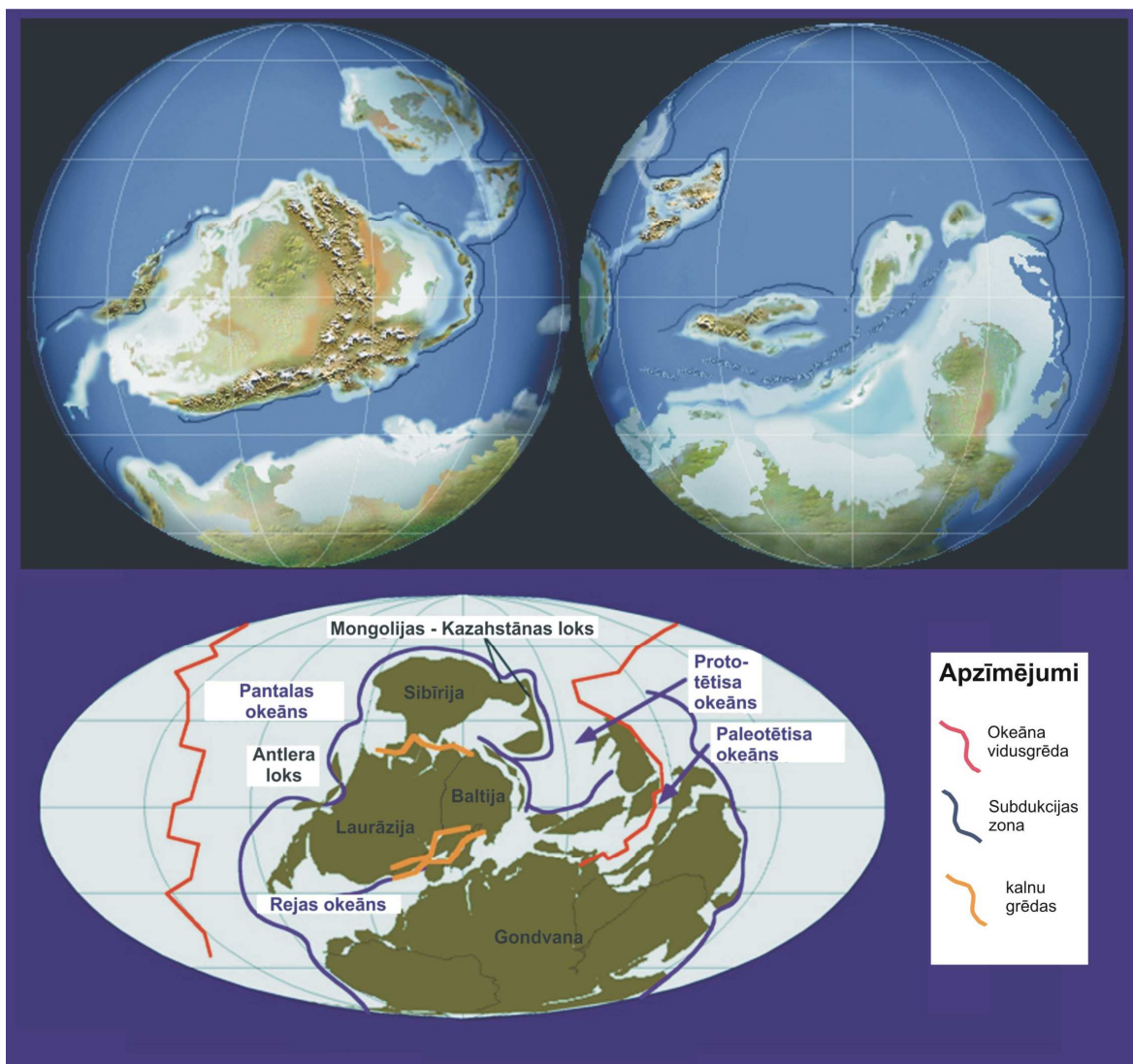
3.1. Devona nogulumu izplatība un raksturojums

Zemes vēstures periodus ordovīku un silūru, kuru laikā Baltijā dominēja relatīvi dziļas jūras, pirms 419,2 miljoniem gadu (pēc 2012. gadā izdotās starptautiskās ģeohronoloģiskās shēmas: Cohen et al., 2012) nomainīja devons ar kontinentāliem apstākļiem un plašām epikontinentālām jūrām, kas turpinājās līdz 358,9 milj.g. pirms mūsdienām. Sedimentācijas režīma izmaiņas no silūra vidus līdz devona sākumam lielā mērā noteica Zemes tektoniskā režīma aktivizēšanās. Ekvatora rajonā Baltijas paleokontinenta, Laurentijas (Ziemeļamerikas) litosfēras plātnes un Avalonijas mikrokontinenta sadursmes rezultātā izveidojās Eiramerikas superkontinents un sadursmes vietā pacēlās Kaledonīdu kalnu grēdas. BDB atradās Eiramerikas superkontinenta malā, ekvatoriālos platuma grādos (3.1. att.). Izveidojās ierobežota, sekla epikontinentāla jūra ar galveno noneses apgabalu ziemeļos un baseina daļu dienvidos (Pontén, Plink-Björklund, 2007). Tektoniskie pacēlumi ievērojami norobežoja GDL rietumu daļu un izveidojās ierobežota saikne ar pasaules okeānu (Stinkulis, 1998). Tā rezultātā BDB izveidojies mainīgs ūdens sāļuma režīms, superkontinenta malas jūrās nonāca klastiskais materiāls, kas paātrināja nogulu uzkrāšanos. Palielinoties saldūdens pieplūdei, sāļums baseinā periodiski samazinājās, savukārt karstā klimata ietekmē reizēm pastiprinājās ūdens iztvaikošana, kas gluži pretēji noveda pie sāls koncentrācijas pieauguma ūdenī un evaporītu veidošanās (Cohen et al., 2012).

Plašajā un sekļajā epikontinentālajā jūrā no Kaledonīdiem un Baltijas (Fenoskandijas) vairoga nonāca klastiskais materiāls, un nepastāvīgais sedimentācijas režīms ir iemesls tam, ka devona nogulumu BDB ir tik daudzveidīgi. Ja apakšējā un vidējā devona griezumā dominē klastiskie nogulumu, tad, sākot ar Franas stāva Pļaviņu svītu, tos nomaina pārsvarā dolomīts, kaļķakmens, dolomītmerģelis, sastopams pat ģipsis, bet izplatīti arī smilšakmeņi, aleirolīti un mālaini nogulumu (Brangulis u.c., 1998).

Klimats varēja mainīties no tropiska līdz semiarīdam, ūdens pietece no kontinenta, kā arī jūras transgresijas un regresijas Baltijas baseinā nodrošināja ūdens līmeņa svārstības un sāļuma bilances izmaiņas. GDL teritorijā devona griezumā itin bieži ir novērojamas struktūras un tekstūras, kas liecina par seklūdens apstākļiem, ūdens straumju, viļņu, kā arī plūdmaiņu darbību (Pontén, Plink-Björklund, 2007; Tovmašjana, Stinkulis, 2012). Sublitorāle gan mūsdienās, gan pagātnē ir bijusi dažādu organismu visblīvāk apdzīvotā bionomiskā zona, kas atbilst kontinentālajam šelfam līdz 200 m dziļumam (Mann, 2000), bet augšējās sublitorāles un plūdmaiņu zonas iemītniekiem bija jāspēj pielāgoties tādiem mainīgajiem apstākļiem kā ūdens sāļuma, temperatūras un hidrodinamiskā režīma izmaiņas (Mann, 2000).

Austrumeiropas platformas ziemeļrietumu daļā, kas atbilst BDB teritorijai un tajā skaitā GDL ir sastopami visu devona sistēmas stāvu nogulumu. Lohkovas, Prāgas un Emsas stāvu nogulumu griezumā ir visai nepilnīgi un agrā devona veidojumi ir izplatīti tikai GDL rietumu daļā, bet Eifela, Živetas, Franas un Famenas stāvu nogulumu ir izplatīti plašāk, no Lietuvas rietumiem līdz Oņegas ezeram (Vologdas apgabals Krievijā) austrumos (Ivanov et al., 2006). Devona griezumā ir samērā labi pētīts un ilgstošu pētījumu rezultātā ir izdevies korelēt dažādu GDL daļu ģeoloģiskos griezumus un visai detalizēti nodalīt reģionālās stratigrāfiskās vienības (3.2. att).



3.1. attēls. Vēlā devona kontinentu un okeānu izvietojuma paleoģeogrāfiskā rekonstrukcija, pirms 370 milj.g. (Scotese et al., 2000).
 Figure 3.1. Palaeogeographic reconstruction of the Late Devonian continents and oceans (370 Ma ago) (Scotese et al., 2000).

Kaut arī pētījums ir fokusēts uz Franas laikmeta pēdu fosiliju kompleksiem, tomēr pilnīgākas ainās veidošanai šajā nodaļā sniegts vispārīgs devona sistēmas apraksts ar tajā iekļauto stāvu un svītu nogulumu detalizētāku raksturojumu, lai ilustrētu paleoģeogrāfisko notikumu ainu un nogulumu griezumu daudzveidību.

NODĀLA STĀVS	Reģionālais stāvs	LITOSTRATIGRĀFISKĀS VIENĪBAS						
		ZA, DR IGAUNIJA	DA IGAUNIJA	Z, A, C LATVIJA	R LATVIJA	LIETUVA		
AUGŠDEVONS	FAMENAS	ŠĶERVEĻA				ŠĶERVEĻA sv		
		KETLERU				KETLERU sv		
		PIEMARES				ŽAGARES sv		
		SPĀRNENES				ŠNĪKERES Fm TĒRVETES	ŠVĒTES sv	
		AKMENES				MŪRU sv		
	FRANAS	AKMENES				AKMENES sv		
		KURSAS				KURSAS sv		
		JONIŠĶU				JONIŠĶES sv		
		ŠAULTU				ELEJAS sv	ŠAULTU sv	
		KRUOJAS				AMULAS sv	KRUOJAS sv	
		AMULAS				AMULAS sv	PAKRUOJAS sv	
		STIPINU				STIPINU sv		
		PAMUŠU				OGRES sv	PAMUŠAS sv	
		KATLEŠU				KATLEŠU sv		
		DAUGAVAS				DAUGAVAS sv	ISTRAS sv	
VIDUSDEVONS	EIFEĻA ŽIVETAS	DUBŅIKU sv			SALASPILS sv	TATULAS sv		
		ČUDOVAS sv				KUPIŠĶU sv		
		PLAVIŅU			PLAVIŅU sv	SUOSAS sv		
		AMATAS			AMATAS sv	JERAS sv		
		GAUJAS			GAUJAS sv	LODES sv SĪTĪNU sv	GAUJAS sv	ŠVENTOJI sv
APAKŠDEVONS	EMSAŠ	BURTNIĒKU			BURTNIĒKU sv	BUTKŪNU sv		
		ARUKILAS			ARUKILAS sv	KUKĻU sv		
		NARVAS			KERNAVES sv	NARVAS sv	KERNAVES sv	
		PĒRNAVAS			LEIVU sv	VADJAS sv	NARVAS sv	LEDAL sv
		LEMŠI sv	MEHIKORMAS sv		PĒRNAVAS sv	PĒRNAVAS sv	PĒRNAVAS sv	PĒRNAVAS sv
LOHKOVAS	PRĀGAS	ĶEMERU			ĶEMERU sv	SAUNORU sv		
		STONIŠĶU			REZEKNES sv	PĒRNAVAS sv	REZEKNES sv	
		TILŽES			REZEKNES sv	REZEKNES sv	REZEKNES sv	
					ĶEMERU sv	SAUNORU sv	ŠEŠUVIS sv	
			GARGŽDU		GARGŽDU	STONIŠĶU sv		
			TILŽES sv		TILŽES sv	TILŽES sv		

3.2. attēls. Baltijas valstu devona sistēmas stratigrāfiskā shēma (vienkāršota pēc: Lukševičs et al., 2012).

Figure 3.2. Stratigraphic chart of the Devonian System in the Baltic States (simplified from Lukševičs et al., 2012).

3.1.1. Apakšējais devons

Lohkovas stāva griezumā ir visai nepilnīgs un Latvijā to pārstāv Gargždu sērija, kas Lietuvā ir iedalīta Tilžes un Stonišķu svītās. Gargždu laikposmam raksturīga klastisko nogulu uzkrāšanās ar sanesu avotu no ziemeļiem un, salīdzinot ar silūru, devona sākumā samazinājās baseina izmēri, tas kļuva par lielu sāļu lagūnu, kas bija norobežota no atklātas jūras. V. Kuršs (1992) nodalīja trīs faciālās zonas: pirmajai atbilst lagūnas piekrastes josla ar ievērojami pazeminātu ūdens sāļumu, tajā uzkrājās smilšains materiāls; dziļākajā lagūnas daļā (otrajā faciālās zonā) uzkrājās galvenokārt mālainas nogulas ar karbonātu piejaukumu; austrumu-dienvidaustrumu baseina malā, trešajā faciālās zonā, uzkrājās klastiskais materiāls un karbonāti. Ziemeļos no baseina atradās Baltijas vairogs un Skandināvijas Kaledonīdi, kas bija galvenais klastiskā materiāla noneses apgabals. Baseina ziemeļu daļā ūdeņi bija krietni atsāļoti un bija uzkrājušies vāji sacementēti smilšainie nogulumi, kas atbilst piekrastes daļai. No organismiem bija sastopamas zivis, gliemeņvēži (ostrakodi) un citi reti sastopami eirihālīnie bezmugurkaulnieki (Kuršs, 1992).

Prāgas un Emsas stāvu griezumi satur daudz sedimentācijas pārtraukumus. Latvijā šiem stāviem atbilst Ķemeru svīta, kuru veido jūrā uzkrājušās klastiskās nogulas ar cikliskas uzbūves smilts un mālu slāņmiju, kas atbilst jūras transgresijai un regresijai. Griezuma pamatnē dominē pelēki viļņoti slāņoti un slīpslāņoti smilšakmeņi, aleirolīti ar pārogļotiem augu atlieku fragmentiem un tumši pelēkām mālu starpkārtām, bet griezuma augšdaļā ir sarkani aleirolīti un māli. Domājams, ka agrā devona baseins bija norobežots līcis ar izteiktu sāļuma režīma zonalitāti – ziemeļu un rietumu daļa ar upju ūdens pieplūdi bija atsāļota, bet dienvidu un dienvidaustrumu daļa ar paaugstinātu sāļuma ūdeņi (Kuršs, 1992).

3.1.2. Vidējais devons

Eifela stāva griezumu veido Rēzeknes, Pērnavas, Narvas un Arukilas svītas. Eifela laikmetā paleobaseina teritorijā notika grimšana un tai atbilst trīs sedimentācijas etapi – Pērnavas, Narvas un Arukilas. Pērnavas svītas nogulumu atbilst transgresīvajai fāzei, kad jūras līmenis ir cēlies, baseins paplašinājies un tā ziemeļu daļā attīstījās estuāri (Tovmašjana, Stinkulis, 2012), Narvas laikposmā galvenokārt uzkrājās karbonātiskie nogulumi, bet Arukilas svītas smilšainie nogulumi atbilst baseina regresijas fāzei, kad pastiprināti pieplūda drupu materiāls. Narvas laikposma sākumā transgresija sasniedza maksimālos apmērus, un tad Baltijas baseins bijis savienots ar atklāto jūru gan rietumos, gan austrumu daļā caur Maskavas sineklīzi.

Narvas svītu pēc litoloģiskām pazīmēm iedala trijās ridās: Leivu rida atbilst Narvas cikla transgresīvajai daļai un to veido pelēki un zaļganpelēki karbonātiski māli, smilšaini dolomītmerģeļi un dolomīti. Vadjas rida atbilst maksimālajai transgresijai, kad baseins ieguva brīvāku kontaktu ar atklātu jūru. Klastiskais materiāls dominē dienvidaustrumos, bet virzienā uz austrumiem pieaug karbonātiskums, un tur šo ridu veido dolomītu un dolomītmerģeļu ritmiska slāņmija. Kernaves ridā atspoguļojas baseina regresīvā fāze, kad saldūdens pieplūde no ziemeļiem kļuva stiprāka un izsauca baseina ūdens paaugstinātā sāļuma tuvošanos normālam jūras ūdens sāļumam, kas veidoja labvēlīgākus apstākļus organismu daudzveidības pieaugumam un nogulās sastopamas zivju, bezžokļaiņu, lingulīdu un konhostraku atliekas (Kuršs, 1992).

Narvas svītas nogulumu izplatīti visā Austrumeiropas platformas daļā, kuras pamatnē ieguļ Narvas brekčija. Tā sastāv no ģipšainiem dolomītiem un dolomītmerģeļiem, kas sacementēti ar dolomītiski mālainu materiālu. Narvas laikposma baseina attīstības laikā

drupu materiāls tika piegādāts ar vētru viļņiem un plūdmaiņu straumēm (Tānavsuo-Milkeviciene et al., 2009).

Eifela laikmets noslēdzas ar Arukilas svītu, kas atbilst Baltijas baseina regresīvajai stadijai, kad pastāvēja mainīgs sāļuma režīms, samazinājās baseina izmēri un sekļajā jūras teritorijā galvenokārt uzkrājās klastiskie nogulumi. GDL teritorijā Arukilas svītas apakšējā daļā iegūļ sarkani smilšakmeņi, augšdaļā – sarkanu aleirolītu slāņkopa, bet dienvidaustrumu daļai raksturīgi ģipšaini nogulumi (Kuršs, 1992).

Živetas stāvam Baltijā atbilst, atkarībā no pētnieka viedokļa, vai nu vienīgi Burtnieku svīta (Kuršs, 1992), vai arī tam pieskaita arī Gaujas, Sietiņu un Lodes svītas (Lukševičs et al., 2012; Mark-Kurik, Pöldvere, 2012). Burtnieku svītas nogulumu uzkrāšanās noritēja pasāļūdēns jūras baseinā zemūdēns deltu zonā. Ar atklātu jūru Burtnieku laikposma baseins bija savienots dienvidrietumos, bet lielāko GDL daļu aizņēma sekla jūra ar pasāļu ūdeni (Kuršs, 1992). Burtnieku svītas pamatnē iegūļ sarkani smilšakmeņi, augstāk seko smilšakmeņu un aleirolītu slāņmija, bet svītas augšdaļu veido māli un aleirolīti. Uz Baltijas vairoga nogāzes Burtnieku laikposmā bija izvietojusies deltu zemūdēns daļa un deltu līdzenumu zona. Deltu eksistenci lielā mērā pierāda svītas augšdaļas pelēko mālu lēcu attiecības ar zemāk iegulošajiem smilšakmeņiem. Igaunijā (Jozu atradnē) noslīdeņu depresijās ir uzkrājušās gan fosfātu konkrēcijas, gan māls ar mugurkaulnieku un augu atliekām (Kuršs, 1975).

Gaujas svīta pēc sastāva un faciālās zonalitātes ir visai līdzīga Burtnieku svītai, jo abas svītas atdala sedimentācijas pārtraukums. Gaujas svītas griezuma apakšējā daļā dominē smilšakmeņi, bet augšējā daļā māli un aleirolīti. Latvijas–Lietuvas depresijas ass daļā uzkrājas mālaini aleirītiskas nogulas ar karbonātu piejaukumu, bet virzienā uz baseina malām pieaug smilšu daudzums un samazinās karbonātu klātbūtne. Viļakas vaļņa teritorijā pieaug smilšainums, bet Maskavas sineklīzes daļā atkal palielinās mālaino nogulumu saturs (Stinkulis, 1998). Gaujas svītas deltu zonas nogulumus ziemeļaustrumos sastāda apakšdaļā esošie gaišpelēkie kvarca smilšakmeņi, kas veidojušies samērā ātrās no ziemeļiem uz dienvidiem vērstās straumēs (Sietiņu svīta), bet augšējā mālainā daļā – mālaini nogulumi ar pelēku, treknu mālu lēcām un fosfātu konkrēcijām – ir veidojusies mainīgā hidrodinamiskā marīnu apstākļu režīmā (Lodes svīta).

Gaujas laikposmam sekoja jauna seklās devona jūras transgresija, kuras laikā izveidojās Amatas svītas nogulumi, kas ir izplatīti tajā pašā teritorijā, kur Gaujas svīta. To biežums un sastāvs ir diezgan pastāvīgs. Turpinājās klastiskā sedimentācija, tomēr pieauga arī karbonātu saturs. Šī laikposma jūras transgresija bija plašāka nekā iepriekšējos laikposmos un skāra plašus Austrumeiropas platformas reģionus. Aizvien tālāk uz rietumiem izpletās jūra ar normāla sāļuma ūdeni un mālaini karbonātiskām nogulām. Izplatības laukuma ziemeļaustrumu daļā Amatas svītas nogulumi ar pārtraukuma vai izskalojuma virsmu pārsedz agrā paleozoja nogulumus (Stinkulis, 1998; Kuršs, 1992). Tāpat kā iepriekšējos periodos drupu materiāla noneses apgabals atradās ziemeļos – Baltijas vairoga un Skandināvijas Kaledonīdu teritorijā. Amatas laikposmā konstatēti mainīgi straumju virzieni, ko varēja ietekmēt sanesu avota debita izmaiņas (Kuršs, 1992). Pēc Annas Pontenas un Piretas Plinkas-Bjorklundes datiem (Pontén, Plink-Björklund, 2009), Amatas laikposmā Baltijas devona baseinā attīstījās plūdmaiņu kontrolēts estuārs. Amatas svītas augšējā daļā konstatēti smilšakmeņi ar lodīšveida cementa agregātiem, kā arī dolomīta plātnes un dzīslas (Stinkulis, 1998). Austrumeiropas platformas teritorijā Amatas laikposms noslēdz klastiskās sedimentācijas ciklu, kas bija aizsācies agrajā devonā.

3.1.3. Augšējais devons

Pļaviņu svīta aizsāk jaunu klastiski karbonātiskās sedimentācijas ciklu no Franas laikmeta sākuma līdz Famenas laikmetam. Pļaviņu laikposmā vēl aizvien eksistēja plaša epikontinentāla jūra, taču ievērojami samazinājās drupu materiāla un saldūdens pieplūde no Fenoskandijas teritorijas (Stinkulis, 1998). Nogulumus veido dolomīts, merģelis, kaļķakmens, kas mijas ar māla starpslāņiem, vietām sastopamas arī ģipša starpkārtas. Pļaviņu laikposms aizsāka klastiski karbonātiskas sedimentācijas posmu seklā epikontinentālā baseinā, kurā drupu materiāla vai saldūdens pieplūde no Baltijas vairoga ir būtiski samazinājusies (Sorokin, 1978, 1981). Pļaviņu laikposma dolomīta un kaļķakmens nogulumos Latvijas un Igaunijas austrumu daļā un Krievijas rietumos pierobežā ar Latviju konstatēti bagātīgi jūras organismu kompleksi, kurus veido pārsvarā bezmugurkaulnieki – stromatoporāti, tabulātu un četrstaru (rugozu) koraļļi, gliemenes, gliemeži, galvkāji, slēdzenes brahiopodi, jūras lilijas, kā arī aļģes, zivju kauli, racējorganismu ejas un mikrobiālie veidojumi – stromatolīti un onkolīti (Sorokin 1978, 1981). Rietumu virzienā baseins aizvien sašaurinājās un norobežojās no atklātas jūras, kas nogulumu sastāvā izsekojams ar kaļķakmens pakāpenisku pāreju dolomītos. Latvijas rietumos un Lietuvas ziemeļrietumos konstatēts nogulumu komplekss, kas raksturīgs paaugstināta ūdens sāļuma baseiniem, kuros kopā ar dolomītiem pēcsedimentācijas procesu rezultātā izveidojušās ģipša starpkārtas; organismu kompleksu veido bezslēdzeņu brahiopodi, konhostraki un zivis, kam piemērota dzīves telpa varēja būt lagūna vai no jūras atdalīts līcis.

Pļaviņu svīta ir izplatīta Latvijas teritorijā, bet Igaunijas un Krievijas ziemeļrietumu daļā tai atbilst Sņetnaja Goras, Pleskavas un Čudovas slāņi; Igaunijā tiem ir piešķirts svītu rangs (Mark-Kurik, Pöldvere, 2012). Pēc iežu sastāva, organismu kompleksa atšķirībām, kā arī ņemot vērā griezumam cikliskās uzbūves likumsakarības, Latvijā Pļaviņu svīta savulaik tika sadalīta četrās pasvītās (Sorokin, 1981), kuras mūsdienās apskata ridu statusā (Stinkulis, 2003). Griezumā apakšējo daļu, kas atbilst Kokneses ridai, veido dolomītmerģeļi, māli, smilšakmeņi un dolomīti, kas izveidojies, pateicoties Baltijas vairoga klastiskā materiāla piejaukumam. Igaunijā Kokneses ridai atbilst Sņetnaja Goras svīta, bet Krievijā – Sņetnaja Goras slāņi. Attīstoties plašai jūras transgresijai, izgulsnējās mālaini karbonātiskais materiāls, kas griezumā veido pārsvarā dolomītus, mazāk dolomītmerģeļus vai merģeļus un klastiskos iežus. Augšējo svītas daļu Latvijā dala trīs ridās: Sēlijas, Atzeles un Apes. Sēlijas un Atzeles rida Igaunijas teritorijā atbilst Pleskavas svītai (Mark-Kurik, Pöldvere, 2012), bet Krievijas ZR daļā – Pleskavas slāņiem (Sorokin, 1978), bet Apes ridas nogulumu tiek korelēti ar Čudovas svītu Igaunijā vai Čudovas slāņiem Krievijā (Lukševičs, 2001). Šo griezumā daļu Latvijā pārsvarā veido dolomīti, bet Latvijas galējos austrumos un ziemeļaustrumos, kā arī Igaunijā un Krievijā dominē kaļķakmeņi.

Pļaviņu svītas atsegumi sastopami Ventas, Abavas, Riežupes, Daugavas, Dubnas, Gaujas un Palsas krastos, visvairāk to ir Daugavas krastos posmā Līvāni-Rīga. Igaunijā Sņetnaja Goras svīta atsedzas Pētri (Peetri) un Pērli (Pārli) upju krastos, kā arī Losi (Loosi) un Vastselīnas apkārtnē, Pleskavas svītas atsegumi sastopami Hānjas augstienes austrumu daļā Tīrhannā (Tiirhanna) un Parmu, bet Čudovas svīta Igaunijas teritorijā neatsedzas (Kajak, 1997). Krievijas ziemeļrietumu daļā Sņetnaja Goras slāņi ir plaši izplatīti Veļikajas, Šeloņas, Lovates, Mšagas un Mstas upju baseinos, bet stratotipiskais griezumā atrodas pie Sņetnajas Goras klostera Pleskavas tuvumā (Sorokin, 1978). Pleskavas slāņu stratotips atrodas Pleskavā (Sorokin, 1981), bet tie atsedzas arī pie Izborskas, kā arī Lugas, Oredežas, Kerestjas, Volhovas, Sjases, Lovates un citu upju krastos. Par Čudovas slāņu stratotipu ir izvēlēts griezumā Čudovas apkārtnē, bet šo slāņu atsegumi sastopami to pašu upju baseinos, kur atrodami arī Pleskavas slāņi (Sorokin, 1978).

Pļaviņu laikposma gaitā jūra ar normālu ūdens sāļumu uzvirzījās aizvien plašākiem Austrumeiropas platformas reģioniem un Pļaviņu laikposma beigās jūras transgresija sasniedz savu maksimumu, par ko liecina gan dominējošie kaļķakmens nogulumieži, gan jūras bezmugurkaulnieku fosilo atlieku izplatības plašais reģions (Sorokin, 1978, 1981; Tikhomirov, 1995).

Salaspils svītai raksturīga mālu, dolomītu un ģipšu slāņmija, kas veidojās arī daļēji noslēgtās lagūnās saistībā ar jūras līmeņa pazemināšanos. Par to liecina arī nabadzīgais dolomītos sastopamais eirihalīnas faunas un floras komplekss: aļģes, bezslēdzeņu brahiopodi, konhostraki, ostrakodi un zivis. GDL austrumos un dienvidaustrumos veidojās merģeļi, kaļķakmeņi un māli. Nogulumos var izsekot retas plānas organogēnu kaļķakmeņu starpkārtnas ar marīnu bezmugurkaulnieku atliekām, kuras liecina par jūras transgresiju no austrumiem. Latvijas galējos ziemeļaustrumos arī dominē mālaini karbonātiski nogulumi, taču kaļķakmeņus un merģeļus rietumu virzienā pakāpeniski nomaina dolomitizēti kaļķakmeņi ar samērā nabadzīgu organismu kompleksu (Sorokin, 1978).

Daugavas svītas dolomīti mijas ar māliem, kaļķakmeņiem un ģipšiem, kas veidojušies jaunas plašas jūras transgresijas laikā, kurā notika brīvāka ūdensapmaiņa ar Maskavas sineklīzes atklāto jūru. Daugavas svītai raksturīga mazāka faciālā mainība nekā Salaspils svītai, bet pēc sastāva un faciālās zonalitātes tā līdzinās Pļaviņu svītai. Latvijas ziemeļaustrumos dominē hemogēni un organogēni kaļķakmeņi, virzienā uz rietumiem pakāpeniski pieaug dolomitizācijas pakāpe. Tas atspoguļojas arī ievāktajā ihnofosiliju materiālā, paraugos ar augstāku dolomitizācijas pakāpi samazinās pēdu fosiliju izšķiramo detaļu daudzums. Plaši sastopamas pārkrātas organismu atliekas (korāļi, gliemeži, brahiopodi, stromatorāti), kā arī mikroskopiski kvarca un halcedona agregāti – dzīslīņas, žeodes un sekrēcijas. Pēc iežu sastāva un organismu atliekām Daugavas svītu iedala 3 ridās: Oliņkalna rida (atbilst agrāk noteiktajiem Porhovas slāņiem un Svinordas slāņiem, apakšējai Daugavas pasvītai); Selgu rida (Ilmeņa slāņi; vidējā pasvīta); Kranciema rida (Buregu un Altovas slāņi; augšējā pasvīta). Oliņkalna rida sastāv no dolomītiem ar dolomītmerģeļu starpslāņiem. Lokālu izskalojumu rezultāts ir brekčijveida dolomīta slāņi, kas nav sevišķi biezi. V. Sorokins uzskata, ka Oliņkalna rida ir veidojusies jūras transgresijas laikā (Sorokin, 1981). Selgu rida pēc sastāva ir mālaini karbonātiska, tās apakšējo daļu veido māli un mālaini karbonātiskie ieži, bet ridas augšējā daļā izplatīti dolomīti un mālaini dolomīti, dolomītmerģeļi. V. Sorokins uzskata, ka Selgu ridas nogulumi atbilst jūras regresijai. Kranciema rida pēc sastāva ir monotona – to veido dolomīti. Robeža ar augstāk iegulošo Katlešu svītu pārsvarā ir labi izteikta – Daugavas svītas karbonātieži krasi robežojas ar Katlešu svītas māliem un aleirolītiem. Pēc V. Sorokina viedokļa, Kranciema rida raksturo jaunu jūras transgresiju (Brangulis u.c., 1998).

Latvijas austrumu un centrālajā daļā baseinam bija diezgan brīva ūdensapmaiņa ar Maskavas sineklīzes jūru, tādēļ Daugavas svītai šajā teritorijā ir raksturīgs bagātīgs organismu komplekss: slēdzeņu brahiopodi, gliemeži, gliemenes, galvkāji, sūkļi (stromatorāti), tabulāti, četrstarkorāļi, normāla sāļuma ūdeņu apstākļos, uz irdenās gultnes bija daudz jūras liliju, jūras ežu, lingulīdu un gliemeņu, konhostraku, gliemeņvēžu (ostrakodu), daudz piegultnes bezžokleņu un zivju formu un aļģes, kas veidoja biezas audzes lagūnās. Šajā teritorijā ir arī daudz ihnofosiliju (skatīt nodaļā "Rezultāti"). Rietumlatvijā baseina ūdens sāļums bija mainīgs un bieži pārsniedza normālo, tāpēc daudzveidība bija mazāka un dominē eirihalīnie organismi – gliemenes, lingulīdi, zivis, aļģes, u.c. Domājams, ka baseins bija dziļāks, jo netiek konstatētas seklūdens indikatoru sugas sūkļi un korāļi.

Daugavas un Pļaviņu laikposmos Austrumeiropas platformā sedimentācijas apstākļi bija līdzīgi, jūras transgresijas rezultātā plašā teritorijā veidojās organogēnas karbonātiskas nogulas, bet austrumu daļa uzkrājās mālaini karbonātisks materiāls ar organiskās vielas piejaukumu. Daugavas laikposma vidusdaļā notika jūras regresija, kas izpaudās Austrumeiropas platformā, tās rezultātā notika baseina sašaurināšanās un veidojās mālainākas nogulas ar nabadzīgāku organismu kompleksu (Stinkulis, 1998).

Katlešu svītas nogulumi – galvenokārt zilganpelēki, sarkani un raibi māli ar aleirolītu, smilšakmeņu un dolomītu starpslāņiem, veidojušies jūras regresijas laikposmā. Katlešu laikposma sākumā lielākajā baseina daļā veidojās mālaini karbonātiskas nogulas, ko periodiski nomainīja aleirīti, smiltis un karbonātisks materiāls. Latvijas dienvidrietumos un Lietuvas ziemeļos mālaini karbonātiskie nogulumi vietām ir ģipšaini (Sorokin, 1981). GDL baseina ūdens sāļuma izmaiņu rezultātā organismu daudzveidība ir samērā neliela, konstatētas zivis, ostrakodi un sūkļu spīkulas, bet austrumu daļā ūdens bija tuvāks normālam sāļumam, tur konstatēti slēdzeņu brahiopodi.

Ogres svītas nogulumi ir smilšakmeņi, aleirolīti, smilšaini dolomīti, māli un ģipši. Ogres laikposmā Austrumeiropas platformas teritorijā veidojas jauna jūras transgresija un ziemeļrietumu daļa tiek pakļauta tektoniskās darbības izmaiņām. Ogres svītai raksturīga cikliska uzbūve: ciklu apakšdaļās ieguļ teritoriāli izturēti smilšakmeņu slāņi, kuri Latvijas dienvidrietumos un Lietuvā, kā arī Lovates upes baseinā (Krievija) pāriet smilšainos dolomītos, bet augšdaļās veido intensīvi faciāli mainīga mālu, aleirolītu, dolomītmerģeļu, mālainu un smilšainu dolomītu, ģipšdolomītu un ģipšainu mālu slāņmija (Stinkulis, 1998). Jūras ūdens sāļums Ogres laikposmā bija mainīgs – pazemināts klastisko nogulu veidošanās laikā, bet paaugstināts karbonātiski ģipšainā materiāla uzkrāšanās epizodēs.

Stipīnu svītas nogulumu griezumus sastāv no dolomītiem ar smilšakmeņu, aleirolītu, mālu un ģipšu starpkārtām, tie veidojušies jūras transgresijā virzienā no dienvidiem un dienvidrietumiem (Sorokin, 1981). Jūras sāļums bija tuvu normālam, jo centrālajā daļā Lietuvas un Dienvidlatvijas daļā minimāli pieplūda klastiskais materiāls; tas atspoguļojas organismu daudzveidībā, bet krasta virzienā ūdens sāļums samazinās un tur pastāv tikai pret sāļuma izmaiņām izturīgākie organismi.

Amulas svīta ir noslēdzošā Franas laikmetā, tās griezumus veido smilšakmeņi, aleirolīti, māli un dolomīti ar ģipša lēcām un starpkārtām, kas veidojušies seklas jūras regresijā. Sedimentācijas apstākļi bieži mainījās un bija atšķirīgi dažādās baseina daļās. Sanesu avots varēja atrasties ziemeļos un ziemeļrietumos, kur uzkrājās ne tikai dolomīti un dolomītmerģeļi, bet arī smilšaini mālainas nogulas (Stinkulis, 1998).

Famenas stāvam Latvijā atbilst Elejas, Jonišķu, Kursas, Akmenes, Mūru, Tērvetes, Sņiķeres, Žagares, Ketleru un Šķerveļa svītas. Famenas laikmetā baseins atradās Latvijas-Lietuvas depresijā, ar atklātu jūru savienots rietumu un dienvidrietumu daļā. Pēc iepriekšējo pētnieku domām (Savvaitova, 1977), pasliktinoties baseina ūdens apmaiņai ar atklāto jūru, kopā ar upju pienesto saldūdeni palielinājās klastisko nogulumu pieplūde, bet karbonātiskās nogulas uzkrājās laikposmos, kad baseins bija labāk savienots ar atklāto jūru. Sedimentācijas baseina centrālā daļa varēja atrasties Lietuvas rietumos, par ko liecina kaļķakmens īpatsvara pieaugums.

Elejas svīta sastāv no māliem, dolomītiem un merģeļiem ar aleirolītu un smilšakmeņu starpkārtām. Uz slāņu virsmām Elejas svītas nogulumos vietām var novērot halīta gliptomorfozes, augu atliekas, dūņēdāju ejas un žūšanas plaisas, kas liecina par seklu baseinu un vismaz epizodisku sāļuma paaugstināšanos. Latvijā Elejas svītas nogulumos ir maz organismu atlieku – sastop brahiopodus, sporas, akritarhus, skolekodontus un tikai dažu sugu zivju atliekas. Elejas laikposmu noslēdza īslaicīgs sedimentācijas pārtraukums (Savvaitova, 1977, 1981).

Jonišķu svītas veidošanās laiks aizsākas ar plašu jūras transgresiju, sāk uzkrāties karbonātiski nogulumu – dolomīti ar marīnu organismu atliekām. Jonišķu svītas karbonātiežiem ir raksturīgs bagātīgs jūras organismu komplekss, sevišķi bagātīgi pārstāvēti ir brahiopodi, konstatētas aptuveni 50 sugas. Daudz ir arī jūras liliju, sastop gliemežus, gliemenes, konulārijas, sūņņus, zivju kaulu fragmentus un augu atliekas.

Kursas svītu tāpat veido karbonātieži, taču tie aizņem mazāku teritoriju nekā zemāk gulošā Jonišķu svīta. Latvijas teritorijā Kursas svītu veido slāņoti dolomīti un dolomīti ar reliktu organogēni detritisku struktūru, smilšakmeņi ar karbonātu cementu, aleirolīti un māli. Lietuvas un dienvidrietumu Latvijas karbonātiskajos griezumos ir daudzveidīgas organismu atliekas – slēdzeņu brahiopodi, tārpī *Spirorbis*, gliemeži, gliemenes un jūras lilijas, reti sastop sūņņus. Gan kaļķakmeņiem, gan dolomītiem ir raksturīgs līdzīgs organismu komplekss, kas liecina par dolomitizācijas procesu pēcsedimentācijas raksturu. Baseina perifērijas griezumos vienlaicīgi ar klastiskā materiāla satura pieaugumu organismu komplekss kļūst nabadzīgāks – sastop gliemenes, jūras lilijas un zivis (Savvaitova, 1977).

Akmenes svītas nogulumu veidošanās laikā pēc īslaicīgas regresijas notika jauna jūras līmeņa celšanās, domājams, plašākā teritorijā nekā Kursas laikposmā. Akmenes svītā mijas dolomīti, māli, smilšakmeņi un aleirolīti. No organismu atliekām karbonātiežu slāņos jāatzīmē brahiopodi, gliemenes, gliemeži, tārpī *Spirorbis*, jūras lilijas, u.c. (Savvaitova, 1994)

Mūru svītu pēc atsegumiem Svētes upes krastos aprakstījis Liepiņš (1959), vēlāk datus papildinājusi Savvaitova (1977, 1981). Mūru svītas veidošanās laikā ievērojami izmainījās nogulumu un organismu sastāvs visā baseinā, salīdzinot ar Akmenes svītu. Mūru svītas nogulumus veido smiltis, gaiši smilšakmeņi, aleirolīts un dolomitizēti smilšakmeņi ar gliemežnīcu starpkārtām un lēcām, bet faunu raksturo slēdzeņbrahiopodu čaulu atlūzas un nospiedumi, gliemenes, gliemežu, galvkāju, posmkāju čaulu un jūras liliju kātiņu detaļas, kā arī zivju skeletu fragmenti; bezmugurkaulnieku fauna salīdzinoši nabadzīgāka par Akmenes svītas faunu. Viendabīga smalkgraudaini smilšaina un aleirītiska materiāla izgulsnēšanos Mūru laikposma sākumā un vidū papildināja karbonātiskās nogulas; šajā laikā palielinājās organismu daudzveidība. Vēlāk palielinājās saldūdens pietece un pieauga terīgēnā materiāla daudzums, kā rezultātā krasi samazinājās dzīvo organismu daudzveidība. Pēc L. Savvaitovas domām, tektonisko kustību rezultātā sedimentācijas baseina teritorija pacēlās un jaunveidotā sauszeme daļēji norobežoja baseinu no atklātas jūras. Famenas baseina organismu kompleksa sastāva izmaiņas virzienā uz rietumiem liecina, ka Mūru laikā Polijas-Lietuvas baseins (BDB rietumu daļa) pilnībā zaudējis saikni ar Maskavas sineklīzi (Savvaitova, 1977).

Tērvetes svīta tika nodalīta kā Svētes svītas apakšējā daļa, kurā dominē karbonātiski smilšakmeņi un mālaini aleirīti (Liepiņš, 1959). Tērvetes svītu veido smalkgraudainas smiltis, smilšakmens, kas atsevišķās teritorijās cementēts ar kalcītu vai dolomītu, merģelis, aleirolīts, māls un smilšains māls. Nogulumos atrodami trohiliski – mieturalģu vairošanās orgānu atliekas (Savvaitova, 1977), aleirolītos ir konstatētas sauszemes augu, iespējams, trimerofītu, makroatliekas (Vasiļkova et al., 2012). Par bezmugurkaulnieku eksistenci liecina pēdu fosilijas *Rhizocorallium* isp. ar spraites aizpildījumu starp U-formas ejām, bet no mugurkaulniekiem pārstāvētas daivspurzivis un tām piederošas divējādi elpojošās zivis, bruņuzivis – artrodīras un antiarhas, kā arī akantodes (Lukševičs, 2001). Zivju atliekas piekrastes zonā no atklātas jūras varēja transportēt jūras vētras vai paisuma straumes (Vasiļkova et al., 2012). Tērvetes laikposmā jūra pakāpeniski kļūva par noslēgtu ūdenstilpni, vienlaicīgi no kontinenta tajā plūda upju ūdens, kas ienesa klastisko materiālu un stipri pazemināja ūdens sāļumu. Tas noteica gan

nogulumu klastisko sastāvu, gan ierobežoto un ļoti specifisko organismu izplatību (Savvaitova, 1977).

Sniķeres svītas nogulumus veido smilšakmeņi ar karbonātu cementu, kas mijas ar māliem, aleirolītiem un dolomītiem. Nogulumu uzkrāšanos ietekmēja jauna jūras transgresija, bet laikposma beigās izveidojas sedimentācijas pārtraukums. Sniķeres svītā ir samērā daudz organismu atlieku – slēdzeņu brahiopodi, gliemenes, gliemeži un zivju kauli. Ziemeļaustrumu reģionos – jūras piekrastes zonā – ir izplatīts nabadzīgāks organismu komplekss, kurā sastop tikai zivju kaulus, dūņēdāju ejas un augu atliekas (Savvaitova, 1977, 1981). Sākotnēji šī slāņkopa tika saukta par Svētes svītu (Liepiņš 1959), vēlāk augšējā daļa tika pārsaukta par Sniķeres svītu (Savvaitova, 1981).

Žagares svītas nogulumus veido dolomīti, smilšakmeņi, māli un aleirolīti, kas arī veidojušies jaunā transgresijā. Augstāks karbonātiskums un organismu atlieku saturs svītas izplatības dienvidu rajonos norāda uz jūras transgresiju no dienvidiem, bet klastiskā materiāla satura pieaugums ziemeļos norāda uz krasta tuvumu.

Ketleru svīta veidojusies jūras regresijas laikā. Tās nogulumus veido smilšakmeņi, kas mijas ar māliem un aleirolītiem. Baseins ir bijis sekls, drupu materiāls joprojām ir nācis no Baltijas vairoga. Sakarā ar mainīgo sāļumu un ievērojamo klastiskā materiāla pieplūdi jūrā vairumam organismu nebija labvēlīgi dzīves apstākļi, svītas nogulumos dominē zivju atliekas, bet Pavāru un Varkaļu ridās ir konstatēti arī četrkājainie *Ventastega curonica* (Lukševičs, Zupiņš, 2004), savukārt mālainajos nogulumos izsekojami slāņi ar pēdu fosilijām, kuras domājams, atstājuši racēji organismi, kas veidojuši dzīvošanas vai slēpšanās ejas.

Šķerveļa svītas nogulumi veidojās no atklātas jūras norobežotā baseinā. Svītu iedala divās ridās: apakšējā, Gobdziņu ridā dominē smilšakmeņi, bet augšējā, Nīkrāces ridā dominē dolomīti, kuriem ir dolokrētiem tipiskas uzbūves pazīmes (Stinkulis, 2008). Organismu komplekss izteikti nabadzīgs, pēc P. Liepiņa (1959) datiem, svītas apakšējā daļā konstatētas nelielas divu zivju sugu atliekas. Daudzveidīgas struktūras, ko L. Savvaitova (1981) interpretēja kā aļģu un baktēriju veidojumus (stromatolīti, onkolīti, mikrokristāliski cauruļveida sakopojumi), pēc mūsdienu priekšstatiem ir dolokrēti – subaerālos karsta klimata apstākļos veidojušās karbonātiskas garozas (Stinkulis, 2008).

3.1.4. Devona nogulumi Andomas kalnā

Andomas kalns atrodas 500 kilometrus uz austrumiem no Sanktpēterburgas un 40 km uz ziemeļiem no Vitegras pilsētas, Vologdas apgabalā, Krievijā, Oņegas ezera dienvidaustrumu krastā, kur tas veido apmēram 2 km garu un 1 km platu pussalu. Andomas kalnu veido vidējā un augšdevona nogulumi, kuri ir glaciotektoniski traucēti un pārsegti ar kvartāra segu. Kalna virsotne atrodas pie Gnevaševskajas ciema un tā sasniedz 83,8 m.v.j. Dažās vietās gar ezera piekrasti devona nogulumi atsedzas pat līdz 55 m augstumam. Tie veido apmēram 3,5 km garu atsegumu gar Oņegas ezera pussalas ziemeļu, dienvidaustrumu daļu, bet ziemeļrietumu daļā pussalas malās aug biezs egļu mežs, kas pārsedz devona mālus un plānu augsnes slāni. Pussalas ziemeļu un dienvidrietumu mala Andomas kalnā ir veikti plaši pētījumi (Barkhatova, 1941; Petrov, 1956; Engalychev, 2003; Snigirevskaya, Snigirevsky, 2001; Ivanov et al., 2006), kuru rezultātā ir veikta devona nogulumu iedalīšana litostratigrāfiskajās vienībās un to korelēšana ar GDL rietumu daļas griezumam. Pēdējā stratigrāfiski paleontoloģiskā pētījuma rezultātā viss devona nogulumu griezumam Andomas kalnā ir sadalīts trīs svītās – Pavļikovas, Andomas un Kļimovas svītā (Ivanov et al., 2006), no tām apakšējā (Pavļikovas) svīta pēc vecuma atbilst Živetas stāva augšējai daļai, bet Andomas un Kļimovas svītas – galvenokārt Franas

stāvam. Andomas svīta satur visai bagātīgus mugurkaulnieku (Ivanov et al., 2006) un pēdu fosiliju kompleksus (Mikulāš et al., 2013).

3.2. Organismu daudzveidība un paleovides īpatnības

Galvenā devona lauka teritorijā silūra un ordovika periodos atradās atklāta jūra, kuras krasta zonā veidojās organogēnie karbonātieži un attīstījās rifi. Baseina vidusdaļā, palielinoties dziļumam, nogulas kļuva mālainākas, ar mazāku bentosa organismu īpatsvaru, bet augstāku planktona daudzveidību. Drupu materiāla pieplūde, salīdzinot ar kembrija vai devona periodiem, bija ļoti maza, kā rezultātā pastāvēja zema ūdens uzduļķošanās, kas palielināja Saules starojuma ietekmes zonu ūdenī. Saules starojuma ietekmes zona īpaši būtiska aļģēm un ūdensaugiem, savukārt planktona vienšūņiem un dzīvniekiem, kā arī augstākiem organismiem tādējādi palielinājās barības bāze. Kā pozitīvu faktoru organismu daudzveidībai jāmin arī relatīvi zemas sāļuma svārstības baseina teritorijā, kaut gan klimatisko apstākļu nomaiņas ietekmē mainījās gan temperatūra, gan iztvaikošanas ātrums. Raksturojot devona periodu, diezgan būtiskas pārmaiņas notiek gan ar jūrā, gan sauszemē mītošajiem organismiem un to tālāku attīstību. Izmaiņas jūras baseinu sedimentācijas un organismu eksistences apstākļos sāka spēcīgi izpausties silūra un devona mijā. Vēlā devona epochai ir raksturīgas krasas jūras līmeņa svārstības, divas masveida izmiršanas, kā arī katastrofālas klimatiskās pārmaiņas (Haq, Shutter, 2008; Sandberg et al., 2002).

Pēc vidējā devona beigām, Franas laikmetā aizsākās jūras transgresija, kas ilga līdz Franas beigām, kad uz brīdi iestājās regresija. Tā ir bijusi globāla un, iespējams, norisinājusies, pateicoties apledojumam dienvidu puslodē. Jūras regresiju Franas laikmeta beigās pārtrauc transgresija, kuru korelē ar interglaciālo periodu, tomēr Franas beigās notiek masveida izmiršana. Savukārt Famenas beigu posma izmiršana norisinājās klimata nelabvēlīgās ietekmes rezultātā (Haq, Shutter, 2008). Jūras līmeņa svārstības vēlajā devonā pēc Zandberga (Sandberg et al., 2002) viedokļa parāda, ka Franas izmiršana tāpat kā Famenas masu izmiršana ir norisinājusies spēcīgu izostatisko jūras līmeņa svārstību rezultātā.

Mugurkaulnieki GDL teritorijā pēdējās desmitgadēs ir plaši pētīti, pateicoties Ivanovam, Kurikai, Lukševiĉam, Ļarskai, Upeniecei, Vaļukeviĉam, Zupiņam (Ivanov, 1990; Lukševiĉs, 2001; Lyarskaya, Lukševiĉs, 1992; Mark-Kurik, Pöldvere, 2012; Upeniece, 2001; Zupiņš, 2009; u.c.). Mainīgiem sedimentācijas apstākļiem vislabāk spēja pielāgoties zivis, turklāt mugurkaulnieku kaulus veidojošais fluorapatīts smilšainajos nogulumos saglabājas daudz labāk nekā bezmugurkaulnieku ģaļu kalcija karbonāti. Devonam raksturīgas bruņuzivis artrodīras, antiarhas, piemēram, Lodes māla karjerā *Asterolepis ornata*, sastopamas arī kaulzivis, akantodes, daivspuru zivis - *Laccognathus panderi*, *Panderichthys rhombolepis*, un divējādi elpojošo zivju sugas, bet tādi bezžokļeņi kā telodonti, trakvairaspīdi un pteraspīdi līdz ar daudziem citiem dzīvniekiem bija izmiruši jau Živetas beigās. Psammosteīdu grupai piederuši bezžokļeņi dzīvoja vidusdevonā un vēlajā devonā, un to izmēri bija lielāki – garumā tie varēja sasniegt aptuveni 1 m. Ja starp mugurkaulniekiem apakšējā un vidējā devona biostratigrāfijā vadoša loma pieder teraspidomorfiem un akantodēm, tad augšējā devona biostratigrāfijā svarīga loma ir bruņuzivīm, jo tās dzīvojušas gan kontinentālajos baseinos, gan devona jūrā un līdz ar to izmantojamas slāņu korelēšanai.

Tiek uzskatīts, ka devona sākumā mugurkaulnieki apdzīvojuši tikai normāla sāļuma jūras, bet devona gaitā tie pielāgojušies dzīvei aizvien plašākos areālos un daudzveidīgākos apstākļos, ieskaitot seklo jūru piekrasti ar mainīgiem hidrodinamiskiem

un sāļuma apstākļiem. Domājams, ka devonā senās zivis ir apguvušas dzīves vietas upju deltu zonā, par ko liecina to atlieku bagātīgie sakopojumi arī Baltijas vidējā un augšējā devona nogulumos (Zupiņš, 2009). Latvijas Famenas stāva nogulumos Ventas upes baseinā atrastas arī *Ventastega curonica* abinieku atliekas (Lukševičs, Zupiņš, 2004; Ahlberg et al., 2008). No bezmugurkaulniekiem Baltijas devona nogulumos sastopami stromatoporāti, slēdzeņu brahiopodi, lingulīdi, gliemenes, gliemeži, galvkāji, gliemeņvēži (ostrakodi), lapkājvēži (konhostraki), četrstarkoraļļi un citi organismi, kuri atstājuši gan īstas fosililijas, gan savas pēdas kā liecības par pagātnes eksistenci. Klastiskajos devona nogulumos, kas lielākoties ir veidojušies zema ūdens sāļuma apstākļos, no bezmugurkaulniekiem sastop lingulīdus, konhostrakus un ostrakodus. Vēlajā devonā, samazinoties drupu materiāla pieplūdei, normāla ūdens sāļuma apstākļos izveidojās labvēlīgi apstākļi slēdzeņu brahiopodiem, koraļļiem, jūras lilijām un dažādiem sūneņiem. Jāatzīmē, ka ar dažādām bezmugurkaulnieku atliekām bagāti ir Austrumlatvijā sastopamie augšdevona kaļķakmeņi (Sorokin, 1981).

Aizsākoties Franas laikposmam, novērojams bentisko gliemeņu uzplaukums, palielinās arī konodontu daudzveidība (Sokiran, 2002). Labvēlīgi apstākļi organismu daudzveidības pieaugumam korelē ar jūras transgresiju, savukārt organismu daudzveidības samazinājums sakrīt ar jūras regresiju (Zhuravlev et al., 2006). Faunas un floras daudzveidība Franas laikposmā ir mainīga, ko varēja ietekmēt tādi faktori kā ūdens sāļuma izmaiņas. Piemēram, ja baseinā bija normāla ūdens apmaiņa ar Maskavas sineklīzes jūru, kā tas noticis Daugavas laikposmā Latvijas austrumu un centrālajā daļā, tad varēja izveidoties labvēlīga vide tabulātu, četrstarkoraļļu, jūras liliju, sūneņu, slēdzeņbrahiopodu un citu organismu attīstībai. Jūras ūdens sāļumam tuvojoties normālajam, varēja veidoties karbonātu skeletus producējošiem dzīvniekiem un citiem organismiem labvēlīgāki apstākļi; ievērojamu Franas stāva griezuma daļu veido kaļķakmeņi, kas lielākoties Latvijas teritorijā ir dolomitizēti.

Devona baseinos īpaša nozīme ir bijusi zaļālgēm no *Chaetocladus* grupas, kas normāla sāļuma ūdeņu apstākļos veidoja biezas audzes lagūnās. No dzīvniekiem, kas dzīvoja uz irdenas gultnes, bija daudz jūras liliju, jūras ežu, lingulīdu un gliemeņu, konhostraku, gliemeņvēžu (ostrakodu), daudz piegultnes bezžokļu un zivju formu, kā arī dažādu racēju organismu.

Ihnofosilijas sniedz liecības par dažāda tipa bentiskiem dzīvniekiem, no kuriem liela daļa bijuši posmtārpi bez kalcīta, aragonīta, hitīna, silīcija dioksīda vai kāda cita sastāva apvalka, līdz ar to tieši pierādījumi to eksistencei līdz mūsdienām nesaglabājās. Organismi, kuru pārvietošanos nodrošina ekstremitātes, piemēram, vēžveidīgajiem, eju sienās izveidojas struktūra no pārvietotā substrāta. Ihnofosilijas ar izteiktām struktūrām eju sienās devona dolomītos ir reti sastopamas un lielākoties slikti saglabājušās, tāpēc, lai tās precīzāk noteiktu, promocijas darba izstrādes gaitā bija jāizmanto palīgmetodes (skat. 4. nodaļu).

Baltijas devona baseinam piegulošajā sauszemē bija plaši pārstāvēta augu valsts, par ko liecina vēja un ūdens darbības rezultātā no sauszemes pārvietotās sporas. Dažos intervālos ir sastopamas arī no sauszemes noskalotas un izgulsnējušās augstāko augu makroatliekas, kas saglabājušas liecības par devona laika floras daudzveidību. Vidējā devona Lodes svītas mālos Liepas (Lodes) karjerā Latvijas ziemeļaustrumos veikti plaši pētījumi un 1970.-to gadu sākumā pētnieki A. Jurina, L. Ļarska un V. Kuršs ievāca augu materiālus, kas nesen tika interpretēti kā piederīgi pirmkailsēkļiem *Svalbardia banksii*. Vēlāk dažādu augu atliekas šajā atradnē ir ievākusi I. Upeniece (2012), tomēr to detalizēti pētījumi nav veikti. Devona periodā sauszemes augi piedzīvoja plašu radiāciju, kas raksturojama nevis ar dažām sugām, bet gan mērāma simtos ģinšu. Tajā laikā dominēja rīnijas, staipekņi, kosas, papardes, turklāt ne tikai lakstveida vai krūmveida formās, bet

bija sastopami arī koki, piemēram, Lodes svītā konstatētās *Svalbardia banksii* stumbrs varēja sniegties pat 10 m augstumā (Jurina, Raskatova, 2012). Miosporu pētījumus no atsegumiem un urbumu serdēm GDL rietumu daļā veikusi Ozoliņa (1963), bet Igaunijā Gaujas svītas nogulumos pētnieku grupa ar vadošiem pasaules palinologiem (Mark-Kurik et al., 1999), bet pēdējā laikā pētījumus GDL teritorijas centrālajā daļā (Latvijā un Pleskavas apgabalā) veikušas Jurina un Raskatova (Raskatova, Jurina, 2012).

4. MATERIĀLS UN METODES

4.1. Lauka pētījumi

Šis pētījums ir veikts Latvijas ziemeļaustrumu daļā, Igaunijas dienvidaustrumu daļā un Krievijas Federācijas Pleskavas apgabalā laikā no 2009. līdz 2012. gadam. GDL ihnofosiliju kompleksu pilnīgākai raksturošanai, kā arī tā rietumu un ziemeļaustrumu daļu kompleksu salīdzināšanai ir izmantoti pēdu fosiliju paraugi, ko ievāca Sankt-Pēterburgas un Latvijas Universitātes paleontologi A. Ivanova un E. Lukševiča vadībā kopīgo ekspedīciju ietvaros 2002.-2007. gada lauka sezonu laikā Andomas kalnā Oņegas ezera dienvidaustrumu krastā, Vologdas apgabalā (Ivanov et al., 2006; Mikuláš et al., 2013). Daļa no šiem materiāliem glabājas Latvijas Dabas muzejā (kolekcija Nr LDM PI 14), kas ir bijuši pieejami šī pētījuma autoram apstrādei.

4.1.1. Ihnofosiliju paraugu ievākšana un fotodokumentēšana

Ihnofosiliju analīzes metodes pamatā ir lauka darbi, kuros ievākts materiāls ar pēdu fosilijas saturošo iežu monolītiem. Pirms lauka darbu uzsākšanas tika ievākta informācija par pētījumu teritorijas ģeoloģisko uzbūvi, noskaidrojot katram objektam atbilstošu stratigrāfisko intervālu. Lai pilnvērtīgi izpētītu ihnofosiliju atrašanās vietas, tika apsekota pēc iespējas lielāka karjera vai atseguma daļa. Lai konkrētā pētījuma objektā iegūto informāciju pēc iespējas pilnīgāk izmantotu paleovides apstākļu rekonstrukcijai un baseina modeļa pilnveidošanai, bija nepieciešams pētīt pēdu fosilijas karjera teritorijas vai atseguma lielākajā daļā vairāku slāņu ietvaros. Tika noteikta ihnofosiliju taksonomiskā piederība un tās tika atzīmētas gan griezumā, gan GDL plānā. Pēc ihnofosiliju atskaldīšanas un attīrīšanas vērtīgākie paraugi tika sagatavoti ievākšanai. Vietās ārpus dabas liegumu zonām vai aizsargājamajiem dabas objektiem pēdu fosilijas monolītu ievākšanā tika izmantots ģeoloģiskais āmurs un kalts.

Tā kā ihnofosilijas var veidot lielas pēdu 'kolonijas', tika veikta paraugu novērtēšana vēl pirms to atdalīšanas no atsegtā ieža. Paraugi tika ievākti kopā ar ieža monolītu, jo, monolītu apstrādājot laboratorijā un atdalot nevajadzīgo materiālu, var no jauna atklāties bagātīgi pēdu kompleksi, kuri parauga virspusē nav redzami, bet atrodas tā iekšpusē. Iegūtie paraugu monolīti tika marķēti ar norādi par parauga vertikālo asi atrašanās vietā un tika sagatavota etiķete, kurā norādīts ievācējs, ģeogrāfiskā vieta, ģeoloģiskais vecums un ievākšanas datums. Gadījumos, kad pēdu fosiliju paraugi atradās dabas liegumos vai monolīti bija pārāk apjomīgi, lai tos transportētu uz laboratoriju, tika veikta monolīta virsmas fotofiksācija, papildinot paraugu ar pievienotu mēroga lineālu.

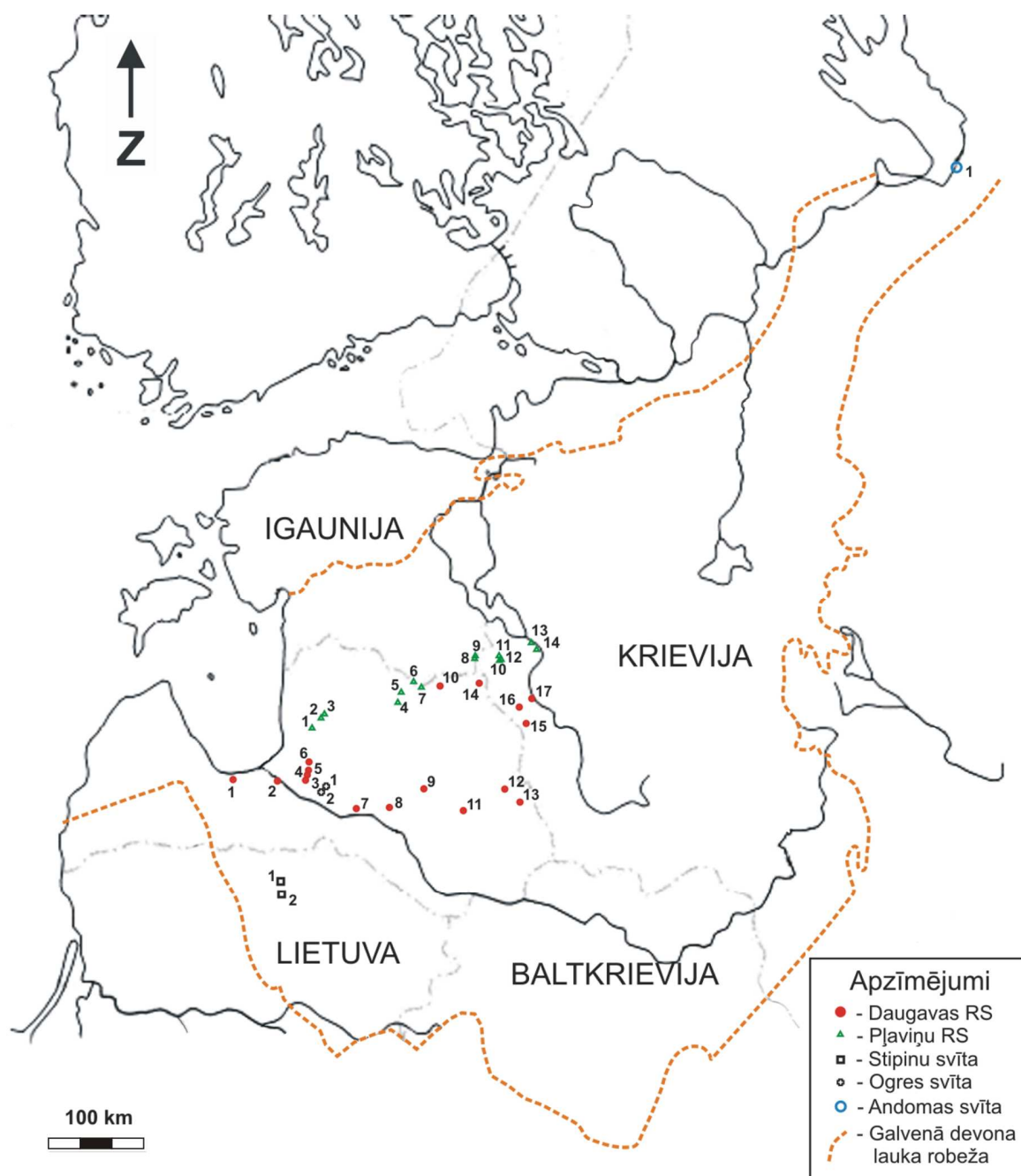
Preparēšanas darbu gaitā tika izmantotas vairākas laboratorijas metodes. LU ĢZZF Iežu pētījumu laboratorijā notika ievākto paraugu žāvēšana, zāģēšana, plānslīpējumu izgatavošana, šķīdināšana etiķskābes ūdens šķīdumā un skalošana. Apstrādājot paraugus, tika izmantots kalts, urbis un dimanta ripzāģis. Atrastās ihnofosilijas tika fotografētas, numurētas un ieregistrētas lauka žurnālā. Fotografēšana veikta Zemes zinātņu laboratorijā un Latvijas Dabas muzejā. Ja preparējot paraugus tika konstatētas eifosilijas, tās tika saglabātas, reģistrētas un, ja iespējams, arī noteiktas. Vērtīgākais ihnoloģiskais materiāls nonāks Latvijas Universitātes Ģeoloģijas un Latvijas Dabas muzejos; daļa materiāla nodota Latvijas Dabas muzejam, kolekcija Nr LDM PI 14.

4.1.2. Atsegumu apraksts

Promocijas darba izstrādes gaitā Franas stāva nogulumi GDL teritorijā tika apsekoti karjeros un dabiskos atsegumos. Darba gaitā izveidoti detalizēti ģeoloģiskie griezumumi Aiviekstes, Apes, Dārzciema, Tīrhannas, Marinovas, Klovaiņu, Petrašiunu, Pērtnieku, Saikavas, Kranciema, Rīteru, Kalnciema, Tūrkalnes, Remīnes un Lauciņu karjeros, kā arī Kalkahju (Igaunija) dabiskajā atsegumā, Sikspārņu alās un atsegumos Ogres, Daugavas, Vaidavas, Vizlas, Amatas un Riežupes upes krastos (4.1. att.). Rūpīgi dokumentēti visi atrastie iħnofosilijas saturošie slāņi vai konkrētās pēdas, atzīmēta to atrašanās vieta griezumā.

Pie atseguma sienām izvēlētas vietas, kur atrodami pilnīgāki griezumumi kopējā ģeoloģiskā griezuma sastādīšanai, savukārt pēdu fosiliju paraugu ievākšanai apsekotas plašas teritorijas gan karjeros, gan dabiskajos atsegumos. Ģeoloģisko griezumu aprakstīšana sākta no pieejami zemākajiem slāņiem, kur izvēlēti nulles punkti.

Slāņu saguluma elementu un slāņu biezumu mērīšanai tika izmantota ģeoloģiskā busole un mērlente, rezultātu dokumentēšanai – lauka grāmatiņa un zīmulis. Pētījuma vietas ģeogrāfiskajai piesaistei tika izmantotas globālās pozicionēšanas sistēmas ierīces, kas nodrošina pētījuma vietas precīzu piesaisti.



4.1. attēls. Galvenā devona lauka teritorija un pētījumu objektu izvietojuma shēma.

Apzīmējumi: Pļaviņu RS: 1. Dolomītu krauja Amatas upes krastā (57°14'15.25"N; 25°12'1.79"E); 2. Laučiņu karjers (57°19'4.61"N; 25°19'0.34"E); 3. Sikspārņu ala (57°19'59.68"N; 25°20'24.42"E); 4. Vizlas upes atsegumi (57°25'52.76"N; 26°20'49.90"E); 5. Dārzciema karjers (57°29'32.86"N; 26°25'7.04"E); 6. Kalkahju atsegums Pētri upes krastā (57°32'48.95"N; 26°34'49.69"E); 7. Apes karjers (57°31'52.64"N; 26°41'21.88"E); 8. Marinovas karjers (57°44'26.02"N; 27°31'21.64"E); 9. Tīrhannas karjers (57°46'20.71"N; 27°30'14.10"E); 10. Slāvu Avotu atsegums pie Izborskas (57°42'53.69"N; 27°51'38.05"E); 11. Izborskas cietoksnis (57°42'41.95"N; 27°51'45.28"E); 12. Pamests karjers pie Izborskas (57°42'28.94"N; 27°52'25.27"E); 13. Sņētnaja Goras atsegums, Veļikajas upes krastā lejpus Pleskavas (57°50'3.25"N, 28°15'48.40"E); 14. Piskoviči, Veļikajas upes krastā lejpus Pleskavas (57°51'33.71"N, 28°13'23.33"E).

Daugavas RS: 1. Kalnciema dolomīta karjers (56°52'2.49"N; 23°33'32.16"E); 2. Vārpas karjers (56°50'58.76"N; 24°32'30.87"E); 3. Kranciema karjers (56°51'35.06"N; 24°39'34.61"E); 4. Tūrkalnes karjers (56°54'44.85"N; 24°41'8.53"E); 5. Remīnes karjers (56°56'0.94"N; 24°41'49.80"E); 6. Gaitiņu karjers (56°59'35.87"N; 24°42'12.99"E); 7. Kokneses pilsdrupas (56°38'17.55"N; 25°25'3.48"E); 8. Aiviekstes karjers (56°38'40.65"N; 25°53'27.60"E); 9. Saikavas karjers (56°46'29.85"N; 26°23'18.54"E); 10. Karvas

atsegums Vaidavas upes krastā (57°29'25.69"N; 26°49'35.62"E); 11. Pērtņieku karjers (56°34'37.85"N; 27°24'48.35"E); 12. Rītupes karjers (56°48'36.20"N; 27°37'58.68"E); 13. Baraviku pamestais karjers (56°41'8.49"N; 27°48'26.99"E); 14. Atsegums pie Fjukiem (56°49'10.17"N; 27°49'21.12"E); 15. Atsegums pie Linovas, Kuhvas upes krastā (57°14'59.87"N; 27°58'15.05"E); 16. Atsegums pie Rodovoje, Vjadas upes krastā (57°22'38.52"N; 27°55'47.40"E); 17. Šabani karjers (57°26'43.51"N; 28°9'45.15"E).

Ogres svīta: 1. Kalnrēžu atsegums (56°80'03.85N; 24°81'77.77); 2. Rembates dolomītsmilšakmeņu pamestais karjers (56°80'07.61N; 24°81'75.14).

Stipinu svīta: 1. Petrašūnu karjers (55°59'59.62"N; 23°54'54.33"E); 2. Klovaiņu karjers (55°55'41.34"N; 23°56'55.78"E).

Andomas svīta: 1. Andomas kalna atsegumi pie Oņegas ezera (60°97'44.63N; 36°13'12.87"E).

Figure 4.1. Territory of the Main Devonian Field and schematic map of distribution of the study objects.

Pļaviņas Regional Stage: 1, Ainavas cliff; 2, Lauciņi Quarry; 3, Sikspārņi (Bat) Cave; 4, outcrop at the Vizla River; 5, Dārziems Quarry; 6, Kalkahju outcrop, Peetri river; 7, Ape Quarry; 8, Marinova Quarry; 9, Tiirhanna Quarry; 10, outcrop at Slavyanskie Klyuchi spring near Izborsk; 11, Fortress of Izborsk; 12, Quarry at Izborsk; 13, Snetnaya Gora outcrop at the left bank of the Velikaya River downstream from Pskov; 14, Piskovichi outcrop at the left bank of the Velikaya River downstream from Pskov.

Daugava Regional Stage: 1, Kalnciems quarry; 2, Dole island outcrop; 3, Kranciems quarry; 4, Tūrkalne quarry; 5, Remīne quarry; 6, Gaitiņas quarry; 7, Ruins of Koknese Castle; 8, Aiviekste quarry; 9, Saikava quarry; 10, Karva outcrop at the Vaidava River; 11, Pērtņieki quarry; 12, Rītupes quarry; 13, Baravikas quarry; 14, Fjuki outcrop; 15, Linova outcrop at the Kuhva River; 16, Rodovoje outcrop at the Vyada River; 17, Shabany quarry.

Ogre Formation: 1, Kalnrēžas outcrop; 2, Rembate quarry.

Stipinai Formation: 1, Petrašiunai quarry; 2, Klovainiai quarry.

Andoma Formation. 1, Andoma Hill outcrops at Onega Lake.

4.2. Laboratorijas darbu metodes

4.2.1. Plānslīpējumu izgatavošana, apraksts un fotogrāfēšana

Liela daļa organismu ejas, kas ir atrodamas noteikta vecuma nogulumos, neatbilst nogulu uzkrāšanās vecumam, bet ir izveidojušās nedaudz vēlāk nekā ietverošie nogulumi. Tās bieži ir aizpildītas ar jaunākiem nogulumiem, tāpēc ir lietderīgi izgatavot eju paraugu pieslīpējumus, kas satur ihnofosilijas, lai raksturotu atšķirības starp ietverošo iezi un aizpildījumu. Tāpat iežu paraugu pieslīpējumi tika izgatavoti un pētīti iežu tekstūras, lai precizētu sedimentācijas apstākļus. Plānslīpējumi tika izgatavoti Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Iežu pētījumu laboratorijā.

Plānslīpējumu izgatavošanai bija nepieciešams atrast vietu paraugā, kas pēc iespējas labāk raksturotu aprakstīto iezi. Paraugi tika zāģēti ar zāģi „Sturiers Discoplan-TS”. Pēc zāģēšanas parauga virsma tika pulēta ar dažāda raupjuma abrazīvajiem korunda pulveriem uz stikla plāksnes, lai atbrīvotos no zāģa atstātajām rievām. Sākuma stadijā tika pulēts ar abrazīvu rupju pulveri, tad vidēji smalku un smalku pulveri. Pulēšanas laikā bija jāveic novērojumi mikroskopā, vai kopumā ir novērsti makroskopiskie defekti, kas nepieciešams, lai plānslīpējums būtu pietiekami plāns pētīšanai caurejošā gaismā.

Pēc paraugu virsmas izlīdzināšanas paraugi tika cementēti ar epoksīda sveķiem, lai tie nedruptu un apstrādes laikā nesadalītos. Epoksīda sveķiem tika pievienots acetons, lai, tam iztvaikojot, tiktu sekmēta epoksīda iesūkšanās porās. Pēc epoksīda sveķu sacietēšanas, paraugu virsma atkārtoti tika slīpēta ar dažāda raupjuma korunda pulveriem uz stikla plāksnes, lai iegūtu pēc iespējas gludāku virsmu un paraugus varētu pielīmēt priekšmetstikliņiem. Kad līme bija sacietējusi, tika nozāģēta liekā parauga daļa un sākts paraugu slīpēšanas process ar iekārtu „Logitech cl compact lapping/polish machine”. Pirms

paraugu slīpēšanas ar šo iekārtu bija nepieciešama slīpripas kalibrēšana, nosakot tās izliekumu vismaz 3 punktos, kas nedrīkstēja pārsniegt 2 μm .

Paraugi tika slīpēti un ik pa brīdim vizuāli novērtēti; tos mērot, ar mikrometru tika mainīts slīpēšanas biežums. Slīpēšanas gaitā tika konstatēts, ka līme, lai arī sacietējusi, vairākiem paraugiem daļēji atdalījās no matētā priekšmetstikliņa. Šīs parādības iemeslu ir grūti izskaidrot, jo plānslīpējumi tika gatavoti pirmo reizi; iespējams, ka tas ir saistīts ar nepietiekoši rūpīgu virsmas sagatavošanu vai epoksīda komponenta līmes sajaukšanu parauga salīmēšanai ar priekšmetstikliņu. Tika pieņemts lēmums par visu 12 paraugu apskatīšanu ar mikroskopu „Leica MZ16” četras līdz desmit reizes lielā optiskajā palielinājumā un foto uzņemšanu slāņu tekstūras aprakstam. Process aprakstīts nodaļā – „Iežu plānslīpējumu raksturojums”.

4.2.2. Trīsdimensionāla modeļa izveide

Ihnofosiliju morfoloģijas pētījumiem tika izstrādāts trīsdimensionāls modelis, izmantojot slīpētu paraugu secīgu fotofiksāciju. Šī modeļa grafiskais vizualizējums dod iespēju kvantitatīvi raksturot morfoloģiskas detaļas (Naruse, Nifuku, 2008). Trīsdimensionālā modeļa izveides darba norises gaita ir šāda: tiek izvēlēts bioturbēto iežu monolīts, kas tiek iegremdēts pigmentētā epoksīda līmē un atstāts līdz līme pilnībā sacietējusi. Paraugs pēc sacietēšanas tiek slīpēts ar 1 mm intervālu un katra pieslipējuma virsma tiek ieskenēta vai fotografēta. Iegūtajos skenējumos ArcView 9.1 programmā tiek nodalīti laukumi, kas satur līmes aizpildījumus un gar to robežām izvilktas izolīnijas. Iegūtos izolīniju datus izkārtu 1 mm intervālā, liekot slāni virs slāņa un ar interpolēšanas metodi veicot to apvienošanu. Pētījuma gaitā tika sagatavoti divi pēdu fosiliju modeļi.

4.2.3. Rentgendifraktoimetriskā analīze

Rentgendifrakcijas analīze (turpmāk tekstā XRD) tika veikta RTU Materiālzinātņu un lietišķās ķīmijas fakultātē Rentgendifrakcijas struktūras analīzes laboratorijā lektores A. Stundas vadībā. Darbā tika izmantota iekārta „PANalytical X`Pert Pro” difraktometrs. XRD ir netieša analīzes metode un iegūtie rezultāti balstās uz datu interpretāciju. XRD būtība ir tāda, ka paraugs tiek apstarots un pēc difrakcijas ainas tiek noteikti kristālisku vielu starpplakņu attālumi – parauga kristāliskā režģa tips un šūnas izmēri (Connolly, 2007). Lai veiksmīgi identificētu vielu, ir nepieciešamas priekšzināšanas par paraugu, vēlams prognozēt sagaidāmo sastāvu. Interpretāciju ievērojami atvieglo zināšanas par atomiem, kas ir vai nav iespējami pētāmajā paraugā. Gadījumos, kad pētāmais paraugs ir vielu maisījums, rezultāti nav viennozīmīgi – šajā gadījumā metode jākombinē ar citām metodēm.

Apstarojot paraugu ar rentgenstaru, tiek iegūta rentgendifraktogramma; vielas kristāliskais režģis tiek identificēts pēc maksimumu intensitātes (y ass) un novietojuma (x ass). Jo labāk kristalizējusies viela, jo šaurāki un intensīvāki ir maksimumi; ja kristalīti ir sīki un satur defektus, starpplakņu attālumi ir nevienmērīgāki, tādēļ arī maksimumu pīķi ir platāki un īsāki. Ja paraugs ir vielu maisījums, tad maksimumu intensitāte ir proporcionāla vielu koncentrācijai paraugā, bet katrai vielai atkarībā no atommasas difrakcijas intensitāte pie vienādas koncentrācijas atšķiras.

Paraugi tika žāvēti vilkmes skapī, pie aptuvenas temperatūras 20°C. Pēc tam paraugi tika zāģēti ar „Struers Discoplan-TS” zāģi, un neliels parauga daudzums (10 g) tika smalcināts piestā. Šķīdināšanai etiķskābes ūdens šķīdumā tika sagatavoti 10 g no katra parauga. Tādā veidā tika iegūta māla frakcija XRD analīzei. Paraugi tika šķīdināti etiķskābes ūdens šķīdumā attiecībā 1:4. Kad sagatavotie paraugi bija izžāvēti, tos atkal smalcināja piestā un izlika uz paraugu turētāja. Pēc parauga ievietošanas iekārtā, paraugs tiek apstarots apmēram 20 minūtes ar rentgenstariem, iegūtie dati tiek pārsūtīti pieslēgtajam datoram, kas sagatavo difraktogrammu, un šie dati ir izmantojami tālākai datu apstrādei ar datorprogrammu Quantum.

4.3. Ihnotekstūras indeksa novērtēšana

Bioturbācijas intensitātes novērtēšanai uz slāņu virsmām tika izmantota puskvantitatīvā ihnotekstūras novērtēšanas metode, kas raksturo bioturbācijas intensitāti nogulumiežos (Frey, Pemberton, 1990). Ihnotekstūras indeksa aprēķināšana tika veikta bioturbēto slāņu virsmām, kurām izvēlēti un fotofiksēti standarta laukumi ar izmēru 25 x 25 cm. Bioturbācijas pakāpes novērtēšanai nogulumos tiek izmantota fotogrāfiju analīze, kurā iegūtie fotoattēli tiek apstrādāti ar grafiskās datorprogrammas (Corel PhotoPaint) palīdzību, bioturbētie laukumi tiek aizpildīti ar citu krāsu un aprēķināts to procentuālais daudzums no kopējā laukuma. Atkarībā no ihnofosiliju daudzuma tiek novērtēts ihnotekstūras indekss (4.6. tab.), ko izsaka ballēs no 0 līdz 6 (Reineck, Singh, 1973).

Bioturbācijas intensitātes (ihnotekstūras indeksa) novērtēšanas rezultāti var tikt izmantoti paleoekoloģiskajām interpretācijām, rekonstruējot sedimentācijas apstākļus un salīdzinot bioturbācijas pakāpi starp atšķirīgām fācijām vai fāciju ietvaros (Miller, Smail, 1997).

4.6. tabula. Ihnotekstūras indeksa novērtējums (pēc: Reineck, Singh, 1973)
Table 4.6. Rating of Bioturbation Index (after: Reineck, Singh, 1973)

Apraksts	Bioturbācija (%)	Ihnotekstūras indekss
Bioturbācija nav konstatēta; saglabājas primāra nogulumu tekstūra	0	0
Izolētas, reti sastopamas ihnofosilijas	1-4	1
Izolētas, reizēm krustojas, labi izšķiramas ihnofosilijas	5-30	2
Pēdu fosilijas ir izolētas, nedaudz arī pārklājas	31-60	3
Pēdu fosilijas pārklājas un ne vienmēr viegli nosakāmas	61-90	4
Nogulumu slāņojums pilnībā iznīcināts, joprojām vietām ir atsevišķi izdalāmas pēdu fosilijas	91-99	5
Pēdu fosilijas pilnībā pārklāj nogulumu virsmas	100	6

5. IHNOFOSILIJAS FRANAS STĀVA NOGULUMOS GALVENAJĀ DEVONA LAUKĀ

5.1. Pēdu fosiliju un ģeoloģisko griezumumu apraksti

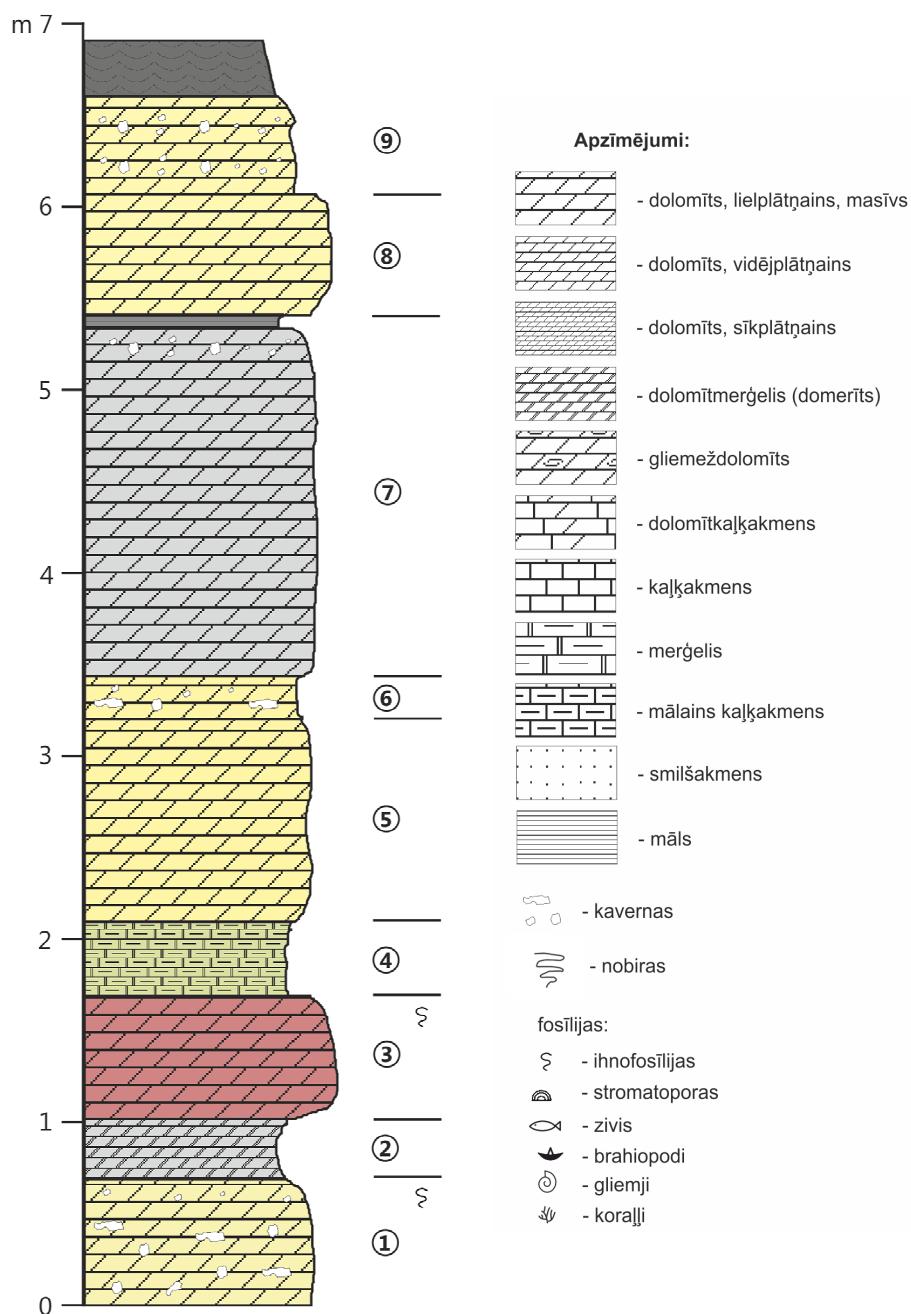
5.1.1. Pļaviņu reģionālā stāva pēdu fosilijas un ģeoloģiskais griezumums

Pētījumā analizēta pēdu fosiliju izplatība galvenokārt GDL rietumu daļā, kas aptver Latvijas, Igaunijas un Krievijas Pleskavas apgabalu, bet salīdzināšanai ir izmantoti ihnofosiliju vākumi no tā tālākā ziemeļaustrumu punkta – Andomas kalna griezumiem pie Oņegas ezera Vologdas apgabalā. Pētījumu teritorijā dažādu organismu pēdas gan teritoriāli, gan griezumā ir izplatītas visai nevienmērīgi, ko nosaka gan attiecīgajā laikā valdošie sedimentācijas apstākļi, gan nogulumu pēcsedimentācijas izmaiņas, kuru dēļ bioturbācijas pazīmes tikušas vājinātas vai pat pilnībā iznīcinātas. Pēdu fosilijas ir samērā bieži sastopamas Pļaviņu reģionālajā stāvā (RS): (Pļaviņu, Sņetnaja Goras, Pleskavas, Čudovas un Andomas svītas vidējā-augšējā daļa) nogulumos, bet Salaspils un Dubnika svītu nogulumos šī pētījuma ietvaros ihnofosilijas netika konstatētas. Daugavas svītā un tās analogos citur pēdu fosiliju komplekss ir nedaudz nabadzīgāks par Pļaviņu RS; Katlešu RS pārsvarā mālainajos iežos nosakāmas pēdas nav atrastas, bet Ogres svītas smilšainos nogulumos ir atzīmētas intensīvas bioturbācijas pazīmes. Stipinu svītai raksturīgas ihnofosilijas atrastas tikai Lietuvā, bet Amulas svītas nogulumos tādas nav konstatētas.

Pļaviņu RS nogulumu ir plaši izplatīti visā Austrumeiropas platformā, tajā skaitā GDL, ko ietekmēja Pļaviņu laikposma transgresija (Sorokin, 1978). Pļaviņu reģionālajam stāvam Latvijas teritorijā atbilst Pļaviņu svīta, Igaunijā un Krievijas ziemeļrietumu daļā to korelē ar Sņetnaja Goras, Pleskavas un Čudovas svītu vai slāņiem, bet GDL austrumu daļā tam atbilst Andomas svītas vidējā un augšējā daļa (Ivanov et al., 2006). Pļaviņu svītas un to analogu nogulumus veido galvenokārt dolomīts un dolomītmerģelis ar kaļķakmeņu, smilšakmeņu, aleirolītu un māla starpslāņiem, bet virzienā uz austrumiem šāda vecuma nogulumos pieaug kaļķakmeņu un merģeļu nozīme (Sorokin, 1978). Savukārt Andomas svītu veido pārsvarā klastiskie nogulumi. Pēdu fosilijas Pļaviņu RS nogulumos GDL rietumu daļā ir meklētas 14 vietās (skat. arī 4.1. att.), bet tās atrastas ne visur. Zemāk raksturoti tie Pļaviņu RS nogulumu griezumi karjeros un dabiskos atsegumos, kuros ir veikti mērķtiecīgi pēdu fosiliju meklējumi un pētījumi.

1) Dolomītu atsegumi Amatas krastā posmā Melturi-Kārļi (skat. 1. pielikumu). Apsēkojot atsegumu kopumu vairāku kilometru garumā, nobirās tika konstatēti tikai divi paraugi ar nelielām bioturbācijas pazīmēm, sinusoidās līkumjošas ejas, apmēram 4 mm platumā un 4-7 cm garumā, kuras varētu raksturot kā *Planolites* isp., bet atseguma sienā vairāku desmitu metru garumā izsekojams slānis ar kavernām un zemas saglabātības pēdu fosilijām, kuru ihenģints piederība nav nosakāma.

2) Lauciņu karjers. Pļaviņu svītas atsegtais biežums šeit sasniedz apmēram 8 m. Lauciņu karjerā griezuma apakšējā daļā sastopami Kokneses ridas dolomītmerģeļi un Sēlijas ridas mehāniski izturīgi, kavernozi dolomīti un mālaini dolomīti ar māla starpkārtām. Kā redzams attēlotajā griezumā (5.1. att.), Lauciņu karjerā sastopami mehāniski izturīgi, kavernozi, mālaini dolomīti ar māla starpkārtām un dolomītmerģeļi. Lauka pētījumu gaitā tika sagatavoti un ievākti 9 dolomīta paraugi XRD analīzei (Mešķis et al., 2011). Lauciņu karjerā Pļaviņu svītas griezumā ihnofosilijas (*Planolites* isp., *Lockeia* isp. un *?Thalassinoides* isp.) konstatētas tā apakšējā daļā (trešā slāņa augšējā daļā, kas, domājams, atbilst Sēlijas ridas pamatnei) un nobirās; to saglabātība ir zema, ko, domājams, ietekmējis dolomitizācijas process.



5.1. attēls. Pļaviņu svītas ģeoloģiskais griezumā pamestajā Lauciņu dolomīta karjerā.
 Figure 5.1. Geological section of the Pļaviņas Formation in the abandoned Lauciņi quarry.

1. slānis – dolomīts kavernozi dzeltenī pelēks, veido 0,25 m biezus blokus ar iekrāsotiem violetiem laukumiem. Kavernu diametrs līdz 2 cm, slāņa augšdaļā kavernas līdz 1 cm. Atrodas atsevišķas sliktas saglabātības ihnofosīlijas. Slānis 0,8 m biezs.

2. slānis – dolomītmerģelis pelēks ar izteiktu sarkanīgi brūnas krāsas slāņojumu, kas liecina par dzelzs savienojumu klātbūtni. Slānis 0,35 m biezs.

3. slānis – dolomīts biežplātņains, to veido 0,2-0,3 m biezi masīvi bloki, izšķirams krāsains slāņojums violetā, sarkanā un brūnā krāsā. Atrodas atsevišķas zemas saglabātības ihnofosīlijas. Slānis 0,75 m biezs.

4. slānis – dolomītmerģelis zaļgans, slānī izdalāmas vidēji 5 mm biezas kārtas. Slānis 0,4 m biezs.

5. slānis – dolomīts dzeltenī pelēks, to veido vidēji 0,25 m biezi masīvi bloki, vietām izsekojamas plānas mālainas starpkārtas. Slānis 1,2 m biezs.

6. slānis – dolomīts masīvs, dzeltenīgi pelēks ar biežām 1-3 cm lielām kavernām. Saskatāms arī sarkanīgas joslas, kas var liecināt par dzelzs savienojumu saturu. Slānis 0,3 m biezs.

7. slānis – dolomīts dzeltenī pelēks, biežplātņains, veido līdz 0.4 m biezas plātnes. Slāņa augšējā daļā gan vertikālas, gan horizontālas plaisas, sfēriskas kavernas. No pārsedzošā slāņa to atdala brūna, trekna māla starpkārta. Slānis 1,6 m biezs.

8. slānis – dolomīts dzeltens, biežplātņains ar vidēji 0,3 m biežām plātnēm. Slānis 0,7 m biezs.

9. slānis – dolomīts dēdējis, vietām dolomīta milti ar daudz 0,5-1 cm izmēra kavernām. Slāni pārsedz kvartāra sega. Slānis 0,5 m biezs.

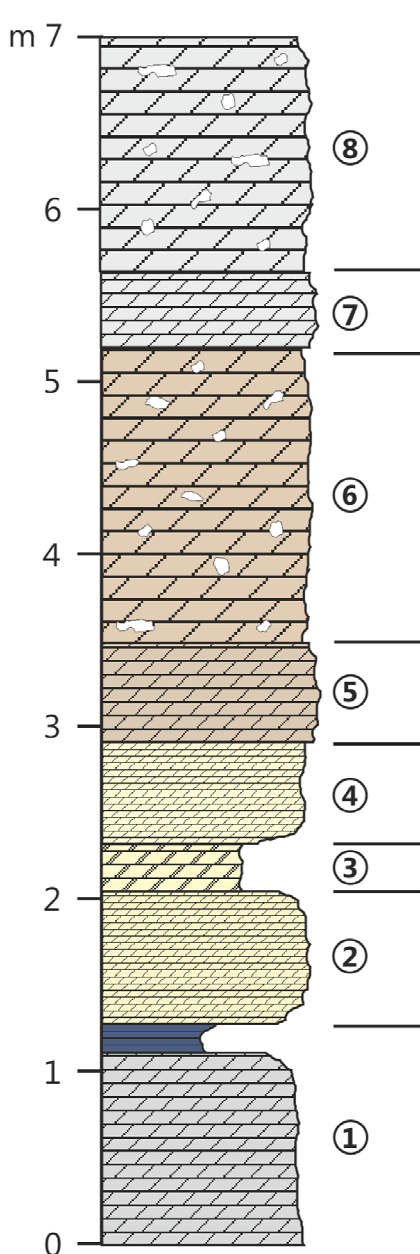
3) Sikspārņu (Zābaku) alas. Pļaviņas svītas dolomītos konstatēta aktīva bioturbācija, bet dolomīti ar organismu ejām ir stipri dēdējuši, ar kavernām, un ihnofosiliju saglabātība ir zema.

4) Vizlas upes atsegumos dolomītos izsekojamas bioturbācijas pazīmes, atsevišķas ihnofosilijas atrastas nobirās. Apsekotajiem paraugiem raksturīgas izskalošanas un dedēšanas pazīmes, kas neļauj tās identificēt.

5) Latvijas ziemeļaustrumu daļā, t. sk. Dārzciema karjerā, izplatīti Pļaviņu svītas dolomīti ar daudzveidīgām dažādu organismu fosilijām, žūšanas plaisām, viļņu ripsnojuma un putna acs tekstūrām (5.2. att.). Dārzciema dolomītu karjerā Pļaviņu svītas dolomītos 2010. gada lauka darbos pēdu fosilijas netika atrastas.

6) Kalkahju atsegumā griezuma apakšējo daļu veido Pļaviņu RS Sņetnaja Goras svītas plātņainie dolomīti un dolomītmerģeļi (5.3. att.); mālaina starpkārta atdala tos no pārsedzošiem Pleskavas svītas dolomītiem. Kalkahju atsegumā Pļaviņu RS Sņetnaja Goras svītas dolomītos un dolomītmerģeļos ihnofosilijas nav tikušas atrastas.

Savukārt, pārsedzošajos Pleskavas svītas dolomītos 2011. gada lauka darbos atrastas *Chondrites*, *Palaeophycus* un citas pēdu fosilijas. Kalkahju atsegumā konstatētas vairākas ihnoģintis: *Bergaueria* (5.3. att. A), bet netiek izslēgta iespēja, ka šādas formas pēdas varētu veidot arī *Amphorichnus*; neviena no šīm ihnoģintīm GDL teritorijā Pļaviņas svītas nogulumos līdz šim nav konstatēta. Atsegumā konstatētās *Chondrites* (5.3. att. C) ihnofosilijas. Paraugš nav ievākts no atseguma sienas, bet atrasts nobirās, tāpēc, iespējams, kādu laiku atradies aktīvā ūdens ietekmē un līdz ar to ir nedaudz izskalots (līdzīgi kā stromatoporātu paraugs). Griezuma 4. slānī atrastas *Planolites* ejas (5.3. att. C., attēla centrālajā un kreisajā daļā), bet tā pašā attēla labajā malā ir vāji izšķiramas *Diplocraterion* isp. ejas ar spraites aizpildījumu.



1. slānis – dolomīts smalkkristālisks pelēks, vidēji plātņains, starp pirmo un otro slāni izsekojama, zilganpelēka māla starpkārta. Slānis 1,3 m biezs.

2. slānis – dolomīts, dzeltenpelēks, sīkplātņains, smalkkristālisks. Slānis 0,9 m biezs.

3. slānis – dolomīts dzeltenpelēks. Slānis 0,3 m biezs.

4. slānis – dolomīts, dzeltenpelēks sīkplātņains, smalkkristālisks. Slānis 0,45 m biezs,

5. slānis – dolomīts vidēji plātņains. Slāņa biezums ir 0,4 m.

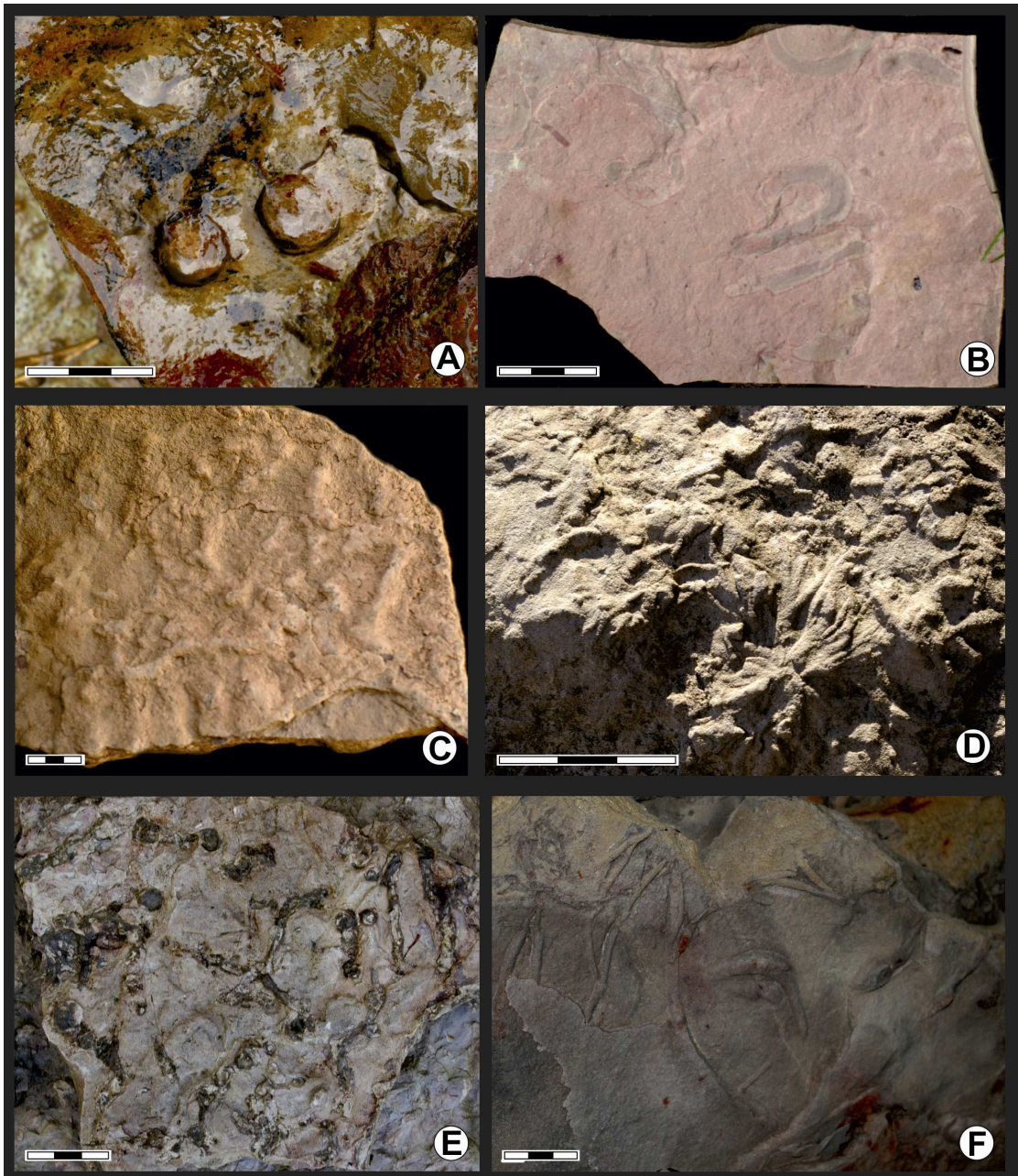
6. slānis – dolomīts biežplātņains līdz vidēji plātņains, brūnganpelēks, vidēji līdz rupjkristālisks, mehāniski ļoti izturīgs ar kavernām. Slānis 1,7 m biezs.

7. slānis – dolomīts vidēji plātņains, mehāniski izturīgs. Slānis 0,4 m biezs.

8. slānis – dolomīts pelēks, biežplātņains līdz vidēji plātņains, mehāniski izturīgs ar dažādā izmēra kavernām no 2 līdz 15 cm, ar kalcīta kristāliem. Slānis 1,5 m biezs.

5.2. attēls. Pļaviņu svītas ģeoloģiskais griezumā Dārziema karjerā. Apzīmējumus skatīt 5.1. attēlā.

Figure 5.2. Geological section of the Pļaviņas Formation in the Dārziems quarry. Legend in the Fig. 5.1.

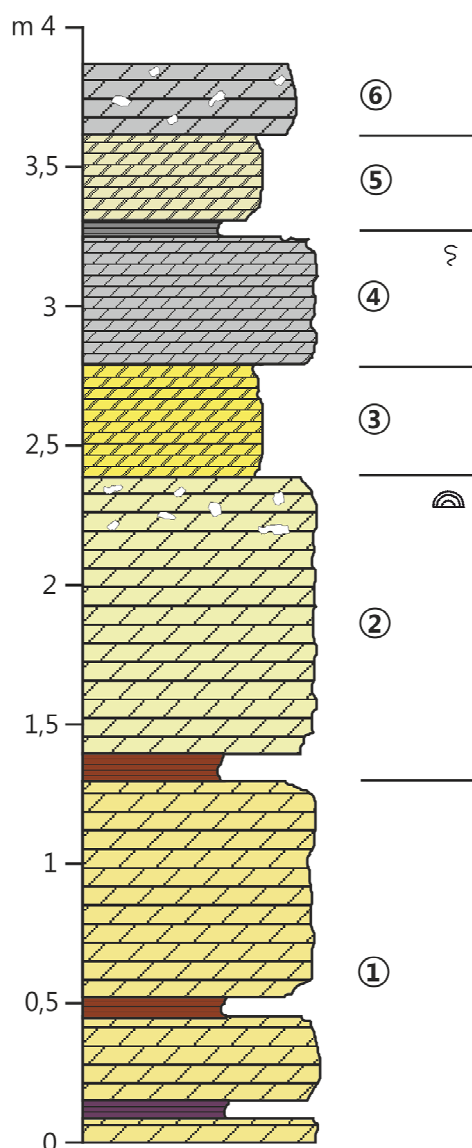


5.3. attēls. Pļaviņu reģionālā stāva ihnofosilijas.

A, *Bergaueria* isp., Kalkahju atsegums. B, *Rhizocorallium* isp., Sņetnaja Goras atsegums. C, *Thalassinoides* isp., Sņetnaja Goras atsegums. D, *Chondrites* isp., Sņetnaja Goras atsegums. E, *Bifungites* isp., Sņetnaja Goras atsegums. F, *Psammichnites* isp., Sņetnaja Goras atsegums. Mērogs 3 cm.

Figure 5.3. Ichnofossils from the Pļaviņas Regional Stage.

A, *Bergaueria* isp., Kalkahju outcrop. B, *Rhizocorallium* isp., Snetnaya Gora outcrop. C, *Thalassinoides* isp., Snetnaya Gora outcrop. D, *Chondrites* isp., Snetnaya Gora outcrop. E, *Bifungites* isp., Snetnaya Gora outcrop. F, *Psammichnites* isp., Snetnaya Gora outcrop. Scale 3 cm.



1. slānis – dolomīts, svaigā lūzumā dzeltenī pelēks, plātņais, plātņu biezums līdz 0,2 m. Slāņa apakšējā daļā, nedaudz virs upes ūdens līmeņa, plāna, violeto mālu starpkārta, 0,3 m augstāk seko vēl viena māla starpkārta, brūnā krāsā. Slāņa biezums ir 1,3 m,

2. slānis – dolomīts, slānis veido vienu 0,9 m biezu lielu plātņi, gaiši dzeltens, augšējā daļā kavernozi, konstatētas stromatoporas.

3. slānis – dolomītmerģelis slokšņains, krāsa no tumši dzeltenas līdz pelēkai. Izsekojamas nedaudz atkrāsotas haotiski izvietotas plaisas. Slānis ir 0,45 m biezs,

4. slānis – dolomīts vidēji plātņains, konstatētas daudzveidīgas inofosilijas. Slānis 0,5 m biezs.

5. slānis – dolomītmerģelis slokšņains, krāsa no tumši dzeltenas līdz pelēkai. Slānis 0,4 m biezs.

6. slānis – dolomīts gaiši dzeltens, plaisains un kavernozi. Slānis 0,3 m biezs.

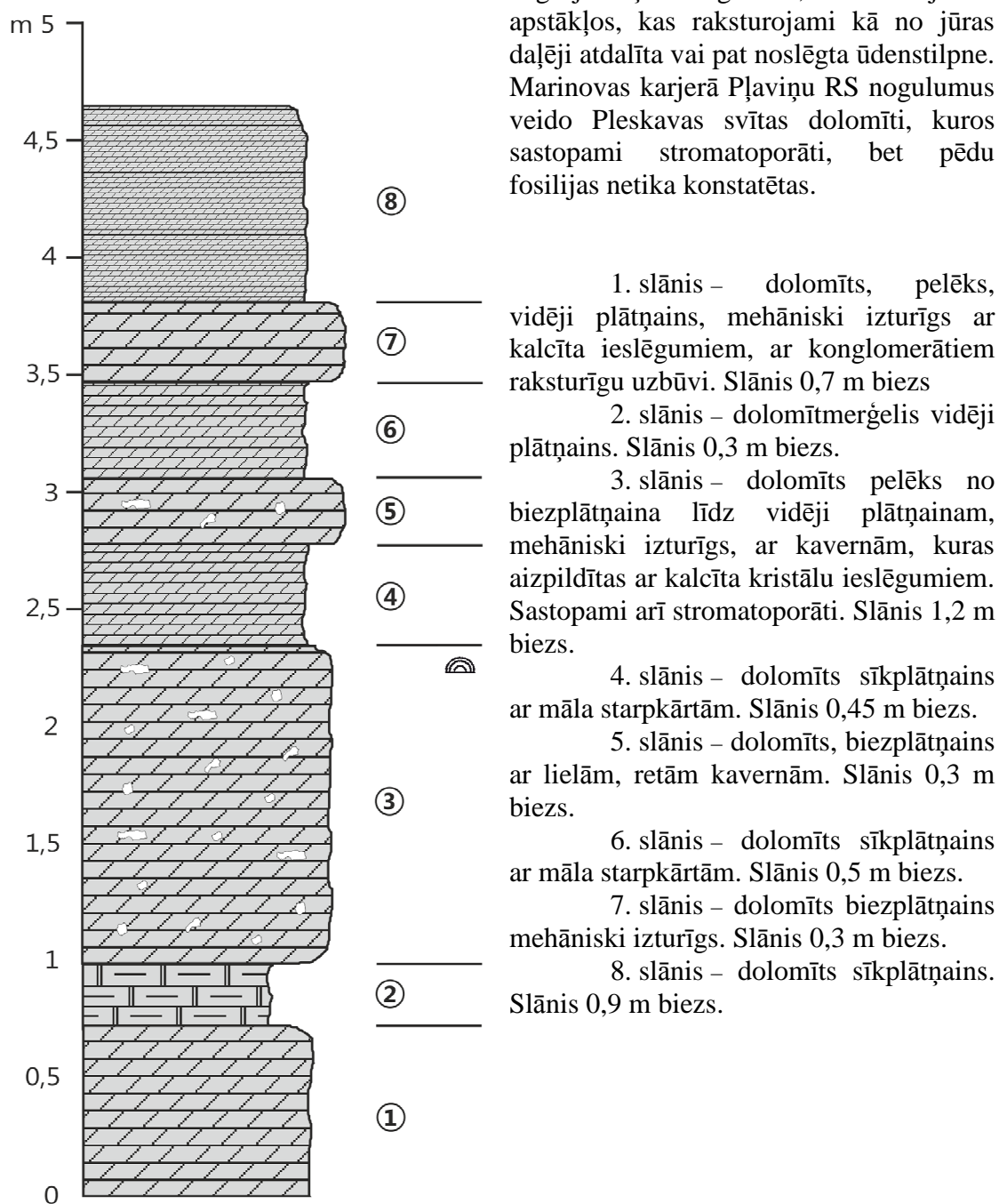
5.4. attēls. Snetnaya Goras un Pleskavas svītas ģeoloģiskais griezumums Kalkahju atsegumā, Igaunija. Apzīmējumus skatīt 5.1. attēlā.

Figure 5.4. Geological Section of the Snetnaya Gora and Pskov formations at Kalkahju outcrop, Estonia. Legend in the Fig. 5.1.

7) Apes karjerā atsedzas Pļaviņu svītas griezumā augšdaļa, veido rupjkristāliskais un bieži porainais dolomīts (apīts). Dolomītos ir atrodamas dažādas fosilijas, bet 2010. gada lauka darbos pēdu fosilijas starp tām konstatēt neizdevās.

8) Marinovas karjerā Pļaviņu RS Pleskavas svītas dolomīti (5.5. att.). Nogulumu griezumā novērojams cikliskums; domājams, ka sedimentācijas apstākļi bijuši mainīgi, kas raksturīgi norobežotam līcim vai lagūnai. Apakšējā daļā atsedzas masīvs dolomīta slānis ar stromatoporātiem, griezumā vidējo daļu veido merģelis un argilītisks dolomīts, bet augšējo griezumā daļu veido lamināri dolomīti bez fosilijām.

Kaļķakmens dolomitizācija ir izraisījusi kavernu veidošanos, kas aizpildītas ar kalcīta kristāliem. Iespējams, ka atsegumā novērojams viens nogulumu uzkrāšanās cikls, kurā apakšējo daļu veido nogulumu, kas uzkrājušies seklas jūras apstākļos, bet griezuma augšējā daļu – nogulumu, kas veidojušies apstākļos, kas raksturojami kā no jūras daļēji atdalīta vai pat noslēgta ūdenstilpne. Marinovas karjerā Pļaviņu RS nogulumus veido Pleskavas svītas dolomīti, kuros sastopami stromatoporāti, bet pēdu fosilijas netika konstatētas.



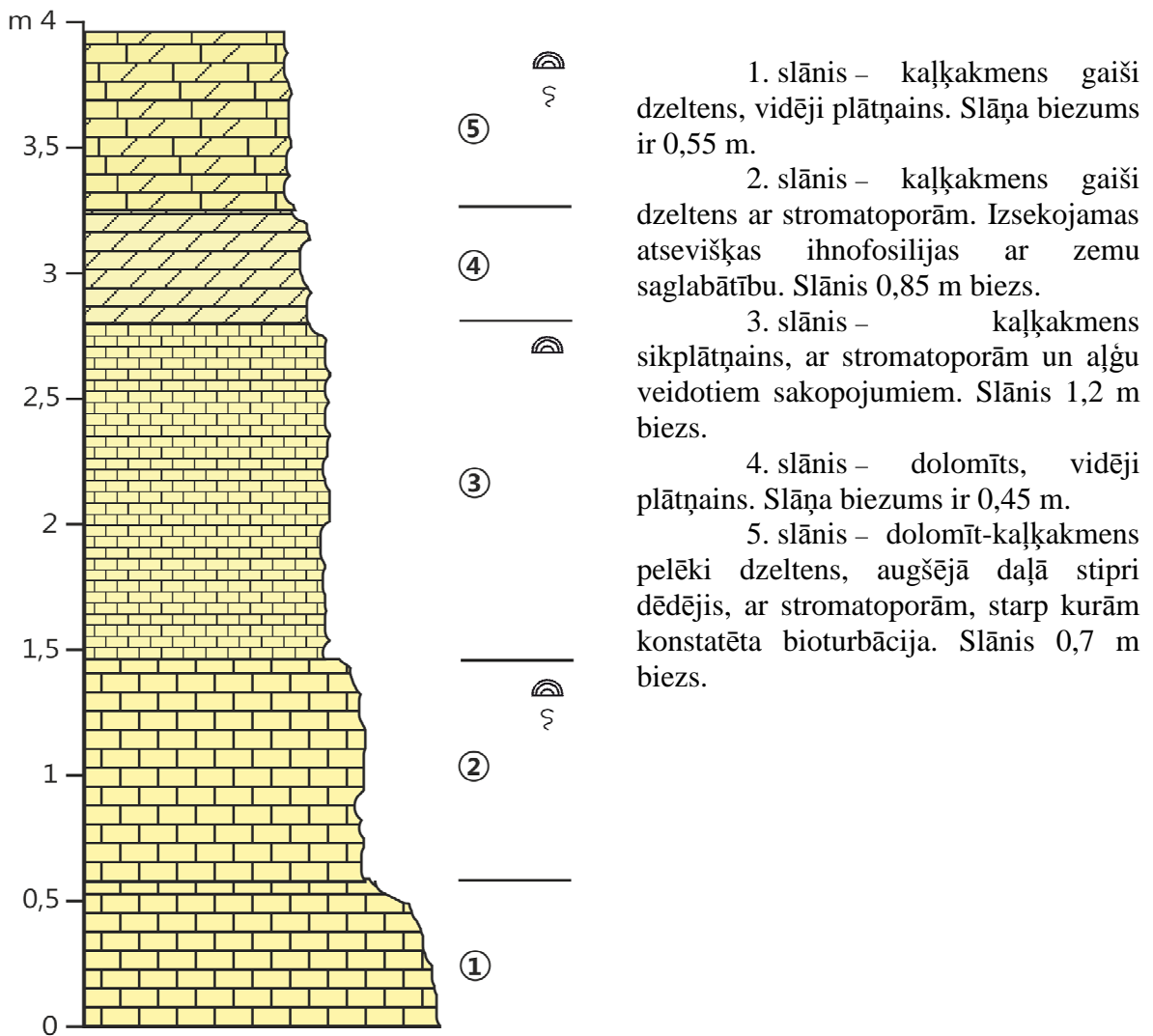
5.5. attēls. Pleskavas svītas ģeoloģiskais griezumā Marinovas atsegumā. Apzīmējumus skatīt 5.1. attēlā.

Figure 5.5. Geological section of the Pskov Formation in the Marinova outcrop. Legend in the Fig. 5.1.

9) Tīrhannas pamestajā dolomīta karjerā (5.6. att.) slāņkopas apakšā un pašā augšā starp stromatoporātu un aļģu veidotām struktūrām izsekojamas atsevišķas nenosakāmas ihnofosilijas ar ļoti zemu saglabātību. Ihnofosilijas slāņos, kur dominē

stromatoporāti, praktiski neizdodas atrast, jo neveidojas slāņu virsmas; nogulumus varētu raksturot kā haotiskus. Griezuma apakšējā daļā konstatēti brahiopodi, gliemenes, galvkāji, koraļļi un aļģu sakopojumi. Vidusdaļas augšējā posmā atrodams nepilnu pusmetru biezs plātņaina dolomīta slānis, kurā nav konstatētas fosilijas, bet griezumu noslēdz dolomitizēts, kavernozs kaļķakmens ar dēdējuma pazīmēm un lielu daudzumu stromatoporātu un aļģu sakopojumu.

Netālu no karjera, lauksaimniecības zemē atrasts kaļķakmens paraugs ar *Trypanites* ihnogints pēdu fosiliju.



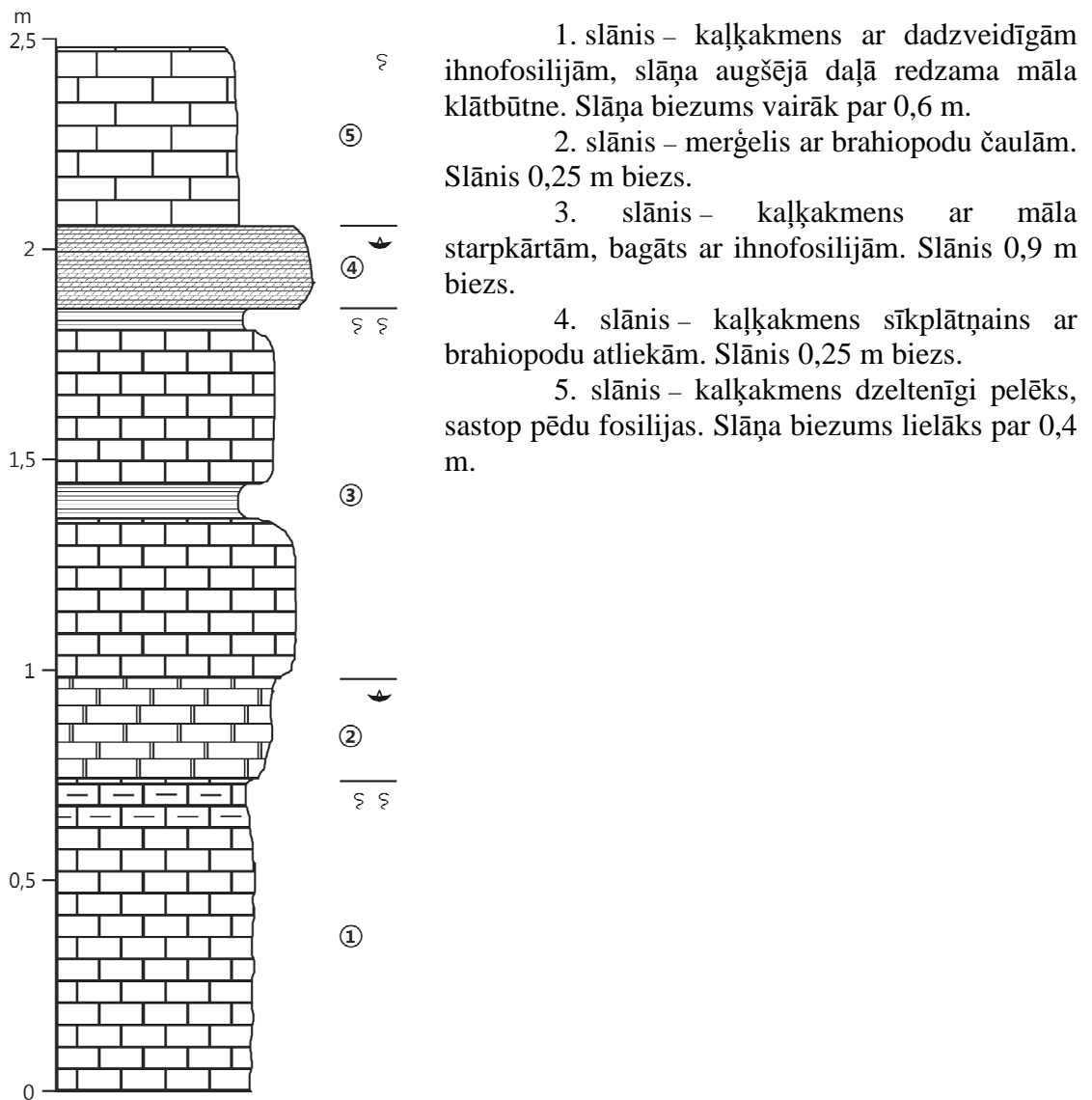
5.6. attēls. Pleskavas svītas vidusdaļas ģeoloģiskais griezum Tīrhannas atsegumā. Apzīmējumus skatīt 5.1. attēlā.

Figure 5.6. Geological section of the middle part of the Pskov Formation at Tiirhanna outcrop. Legend in the Fig. 5.1.

10) Slāvu avotu atsegumā Pleskavas slāņus veido galvenokārt kaļķakmens un mergelis ar māla starpkārtām, kā arī dolomīts. Slāvu Avotu atsegumā Pleskavas slāņu dolomītos atrastas daudzveidīgas ihnofosilijas (*Thalassinoides* isp., *Planolites* isp.,

Skolithos isp.), un šie ieži mijas ar kaļķakmeņiem un mergēļiem, kas bagāti ar brahiopodu čaulām.

11) Atsegumā pie Izborskas cietokšņa, dominē kaļķakmens un mergēlis ar māla starpkārtām, kā arī dolomīts (5.7. att.). Šajā atsegumā dolomītos sastopami daudzveidīgi ihnofosiliju kompleksi, dominē *Thalassinoides* isp., *Planolites* isp., *Skolithos* isp. un *Rhizocorallium* isp (5.10. att.) un atsevišķi slāņi ar brahiopodu čaulām.



5.7. attēls. Pļaviņu RS nogulumu ģeoloģiskais griezumā pie Izborskas cietokšņa. Apzīmējumus skatīt 5.1. attēlā.

Figure 5.7. Geological Section of the Plavinas Regional stage in the outcrop near Fortress of Izborsk. Legend in the Fig. 5.1.

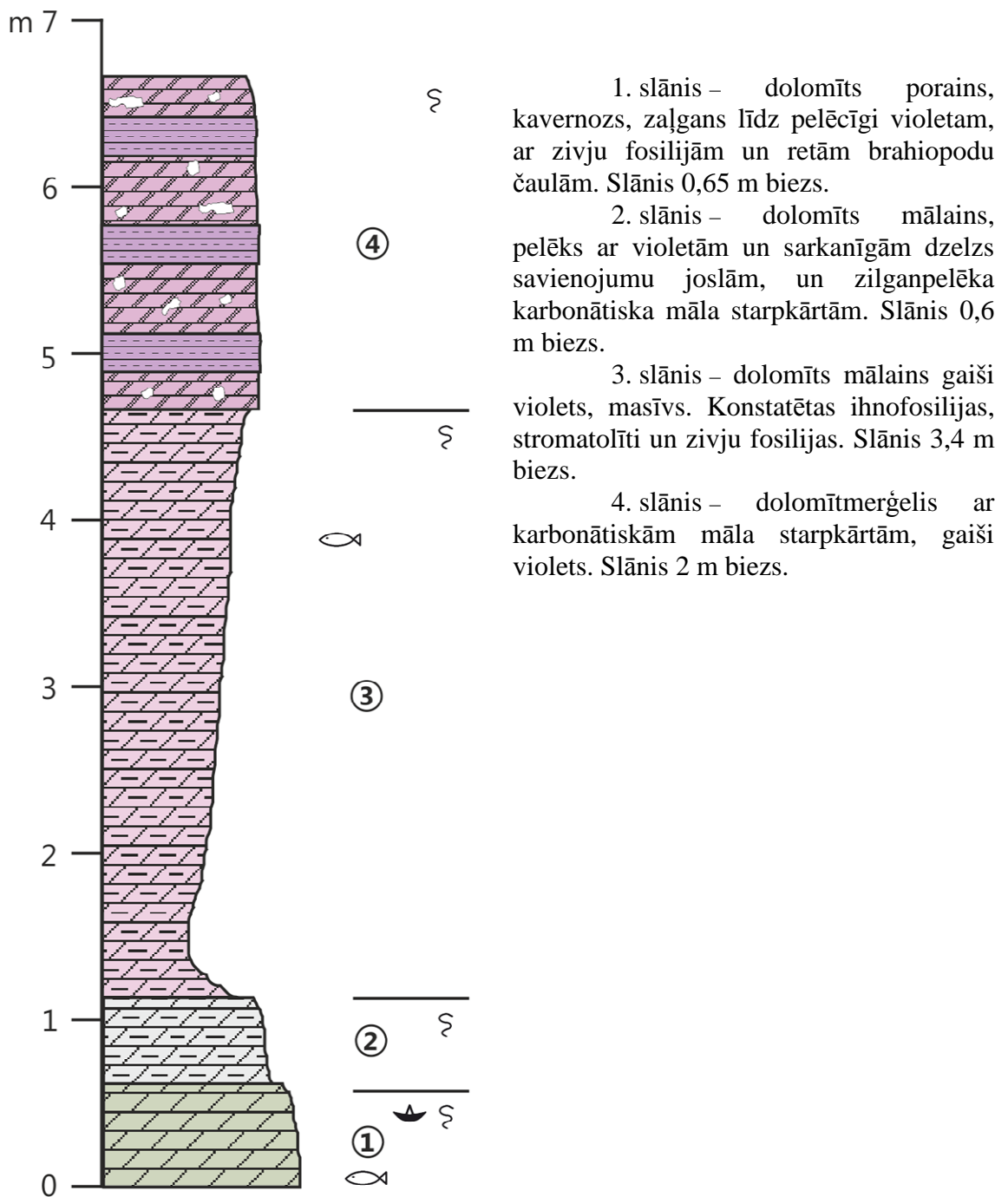


5.8. attēls. Pļaviņu reģionālā stāva nogulumos konstatētās ihnofosilijas atsegumā pie Izborskas cietokšņa.

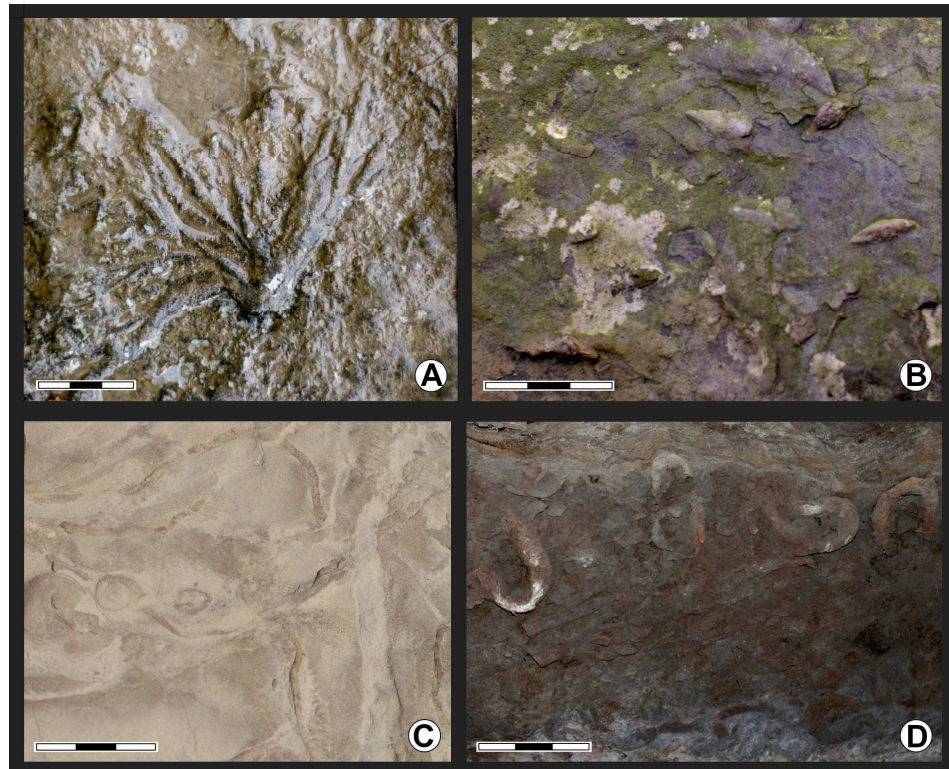
A – *Thalassinoides* isp., B – *Planolites* isp., C – *Skolithos* isp., D – *Rhizocorallium* isp. Mērogs 3 cm.
 Figure 5.8. Pļaviņas Regional Stage Ichnofossils from the outcrop near Fortress of Izborsk.
 A, *Thalassinoides* isp. B, *Planolites* isp. C, *Skolithos* isp. D, *Rhizocorallium* isp. Scale 3 cm.

12) Pamestajā karjerā pie Izborskas lauka darbos 2012. gada vasarā dolomīta slāņos atrastas divas iħnoģinšu pēdu fosilijas.

13) Sņetnaja Goras atsegumā Sņetnaja Goras svītas slāņus veido dolomīti, dolomītmerģeļi, merģeļi ar māla starpslāņiem un dolomitizēti kaļķakmeņi ar zivju un brahiopodu fosilijām, kā arī stromatolītiem (5.9. att.). Griezuma augšējo daļu veido Pleskavas slāņu dolomitizētie kaļķakmeņi ar bezmugurkaulnieku atliekām. Sņetnaja Goras slāņos atrastas *Chondrites* isp., *Planolites* isp., *?Psammichnites*, *Thalassinoides* isp. un pēdu fosilijas, bet griezuma augšējā Pleskavas slāņu daļā ir konstatēta liela iħnofosiliju daudzveidība, ieskaitot *Bergaueria*, *Bifungites*, *Chondrites*, *Diplocraterion*, *Planolites*, *Phycodes*, *?Psammichnites*, *Skolithos*, *?Spirophycus* un *Thalassinoides* iħnoģintis (skatīt 5.10. un 5.11. att.).



5.9. attēls. Pļaviņu RS Snetnaya Goras slāņu ģeoloģiskais griezumā Snetnaya Goras atsegumā. Apzīmējumus skatīt 5.1. attēlā.
 Figure 5.9. Geological section of the Snetnaya Gora Beds of Pļaviņas Regional Stage in the Snetnaya Gora outcrop. Legend in the Fig. 5.1.

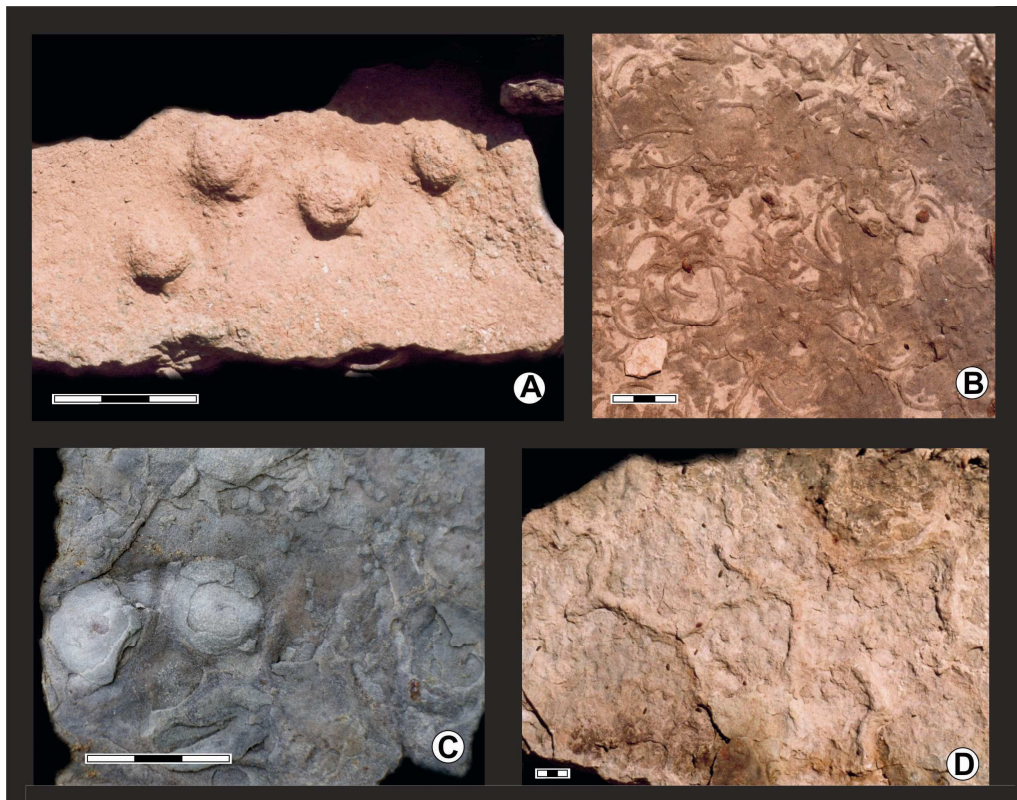


5.10. attēls. Ichnofosilijas no Pļaviņu reģionālā stāva nogulumiem Sņetnaja Goras atsegumā.

A, *Phycodes* isp. B, *Lockeia* isp. C, *Planolites* isp. D, *Rhizocorallium* isp. Mērogs 3 cm.

Figure 5.10. Ichnofossils from the Snetnaya Gora outcrop, Pļaviņas Regional Stage.

A, *Phycodes* isp. B, *Lockeia* isp. C, *Planolites* isp. D, *Rhizocorallium* isp. Scale 3 cm.



5.11. attēls. Ichnofosilijas no Pļaviņu reģionālais stāva nogulumiem Sņetnaja Goras atsegumā.

A – *Bergaueria* isp., B – *Planolites* isp., C – *Gyrolithes* isp., D – *Thalassinoides* isp. Mērogs 3 cm.

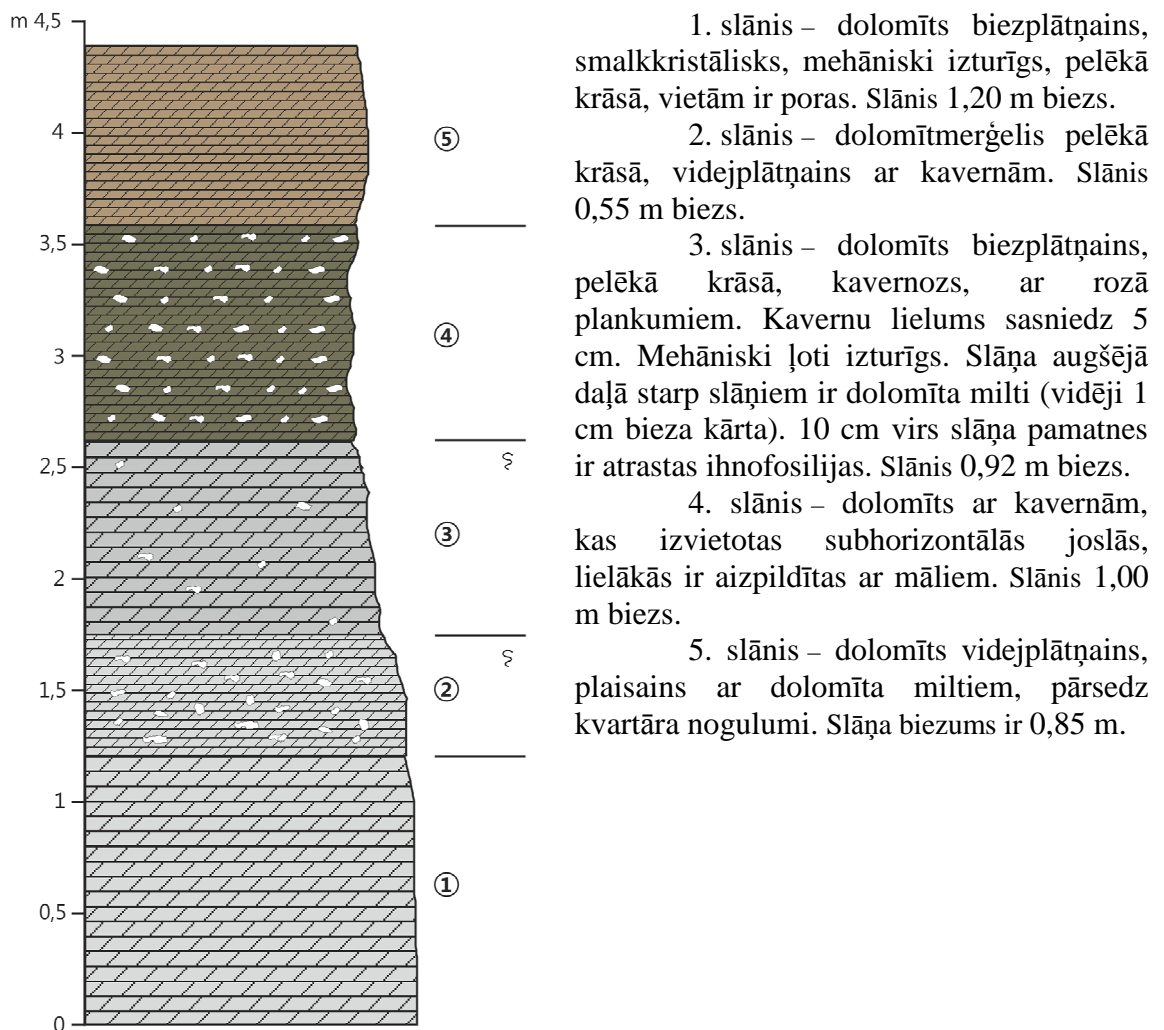
Figure 5.11. Ichnofossils from the Snetnaya Gora outcrop, Pļaviņas Regional Stage.

A, *Bergaueria* isp. B, *Planolites* isp. C, *Gyrolithes* isp. D, *Thalassinoides* isp. Scale 3 cm.

5.1.2. Daugavas reģionālā stāva ģeoloģiskais griezum un pēdu fosilijas

Ihnofosilijas Daugavas reģionālā stāva nogulumos ir pētītas 14 atradnēs Latvijas teritorijā, kur izplatīti Daugavas svītas dolomīti, un trīs atradnēs Krievijas Pleskavas apgabala teritorijā tuvu Latvijas-Krievijas robežai, kur sastopami pārsvarā kaļķakmeņi. Daugavas svītas dolomīti daudzviet iegūļ zem kvartāra nogulumiem, nodrošinot iespēju izveidot plaši atsegtus karjerus dolomīta ieguvei. Daudzviet Daugavas dolomīti atsedzas dabiskajos atsegumos Aiviekstes, Daugavas, Ogres u.c. upju krastos un ielejās. Pētījuma gaitā tas nodrošināja iespēju apsekot vairāk karjerus, atradnes un dabiskos atsegumus nekā tas ir raksturīgs citām Franā stāvā svītām.

1) Daugavas svītas ģeoloģiskais griezum Kalnciema karjerā skatāms 5.12. att..



5.12. attēls. Daugavas svītas ģeoloģiskais griezum Kalnciema dolomīta atradnē.

Apzīmējumus skatīt 5.1. attēlā.

Figure 5.12. Geological section of the Daugava Formation in the Kalnciems quarry.

Legend in the Fig. 5.1.

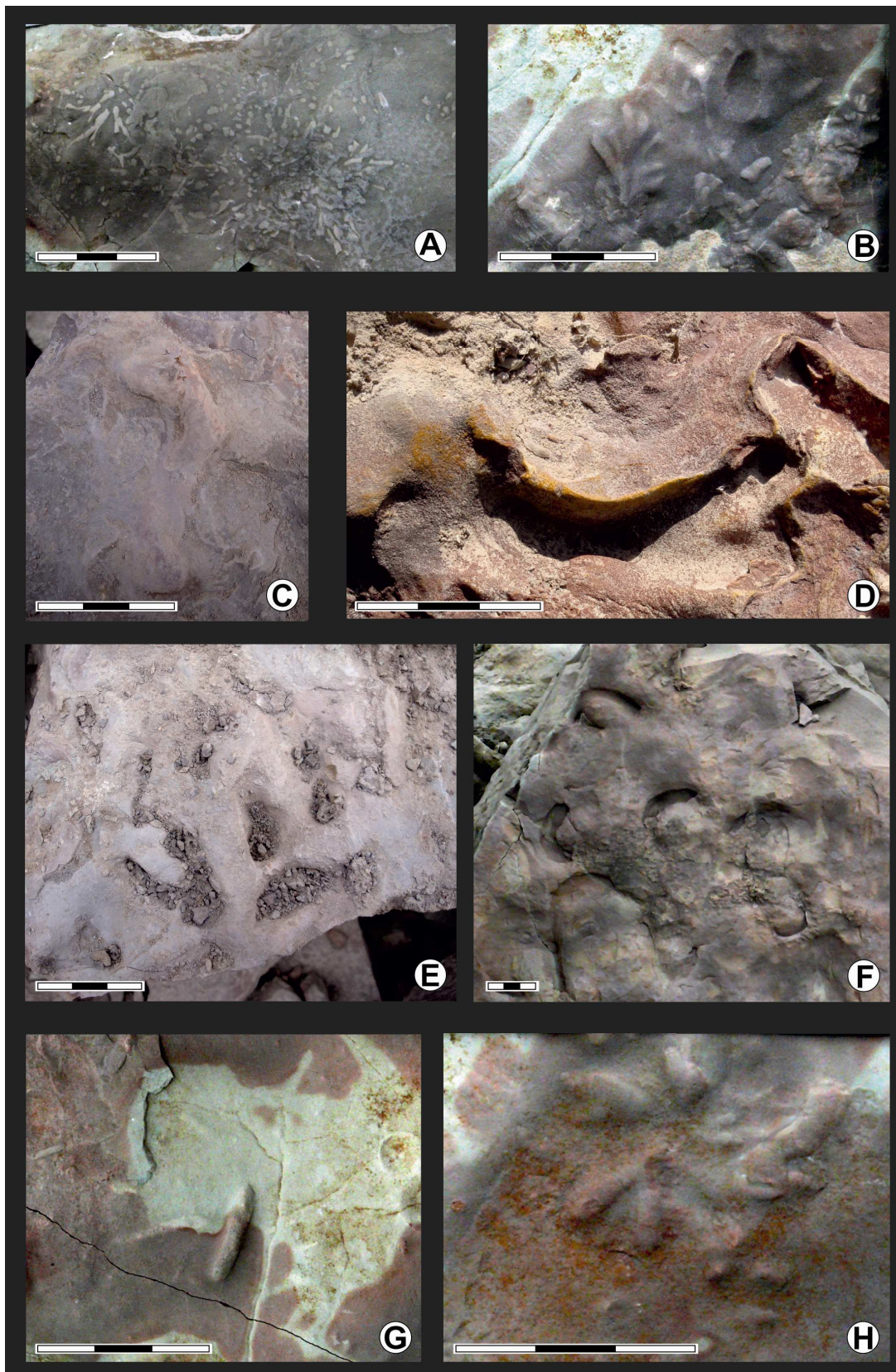
Kalnciema dolomīta karjerā pēdu fosilijas tika atrastas atseguma trijos Daugavas svītas slāņos: trešajā, ceturtajā un piektajā slānī. Trešajā slānī atrastās ihnofosilijas morfoloģiskās pazīmes ir šādas: tā ir aptuveni 13 cm gara, platums visā garumā nav vienmērīgs, tievākajā galā tā ir 0,5 cm plata, platākajā vietā sasniedz 2 cm. Ihnofosilija veido S-formu, nav atzarojumu. Galvenā pazīme, pēc kuras var interpretēt šo pēdu, ir viegli pamanāms horizontāls reljefs sānos.

Kalnciema karjera atseguma trešajā slānī arī konstatētas divu formu *Chondrites* isp. pēdu fosilijas (5.13. att. A, B). Pirmās formas ihnofosiliju raksturo gaišāki, nedaudz radiāli izvietoti laukumi bez reljefa, kas garumā nepārsniedz 1 cm un platumā ir 0,1–0,4 cm robežās, savukārt otrās formas ihnofosiliju veido no viena zara izejošas septiņas ejas, kas uz slāņa virsmas rada reljefa pacēlumu. Attēla vidusdaļā un augšdaļā redzamas bioturbācijas pēdas, bet sliktās saglabātības dēļ tās nav nosakāmas. *Rhizocorallium* isp. pēdu fosilijas (5.13. att. F.) veido U-formas ejas, kas daļēji vai pilnībā savienotas ar spraiti; tuneļu platums ir vidēji 1 cm.

Griezuma ceturtajā slānī atrastas pēdas, kas veido eju tuneļu „galerijas” (5.13. att. E). Eju garums starp mezgliem ir 2 cm. Platums ir vienmērīgs, līdz 1 cm, bifurkācijas vietās paplašināts. Ejas ir taisnas, savā starpā veido leņķus aptuveni no 45 līdz 90 grādiem. Eju sienas ir gludas. Šajos paraugos redzama viena vai vairākas (vismaz divas) eju sistēmas. Pēc morfoloģiskajām pazīmēm šo eju sistēmu var pieskaitīt *Thalassinoides* isp. pēdām.

Dažas piektajā slānī atrastās ihnofosilijas nav izdevies precīzi noteikt, piemēram, (5.13. att. G) atrastās pēdu fosilijas varētu būt *Lockeia* isp.; tās ir nepilnus 2 cm garas un 0,2–0,3 cm platas, labi iezīmējas slāņa virsmā. Savukārt otrajā slānī konstatētā pēdu fosilija varētu būt *Lorenzina* isp. (5.13. att. H), tai ir radiāli izvietoti, 1 cm gari un 0,3–0,4 cm plati stari.

Atsegumā atrastas arī iežu atlūzas ar ihnofosilijām, vienā no tām ir redzama zivs astes atstāta pēda *Undichna* isp. (5.13. att. D). Kaut arī pēdu fosiliju daudzveidība Daugavas svītas Kalnciema karjera dolomītos ir salīdzinoši augsta, tās bieži ir slikti saglabājušās, līdz ar to grūti nosakāmas.



5.13. attēls. Kalnciems karjerā, Daugavas svītas nogulumos atrastās pēdu fosilijas.

A – *Chondrites* isp. B – *Chondrites* isp. C – ?*Helminthopsis* isp. D – *Undichna* isp. E – *Thalassinoides* isp.

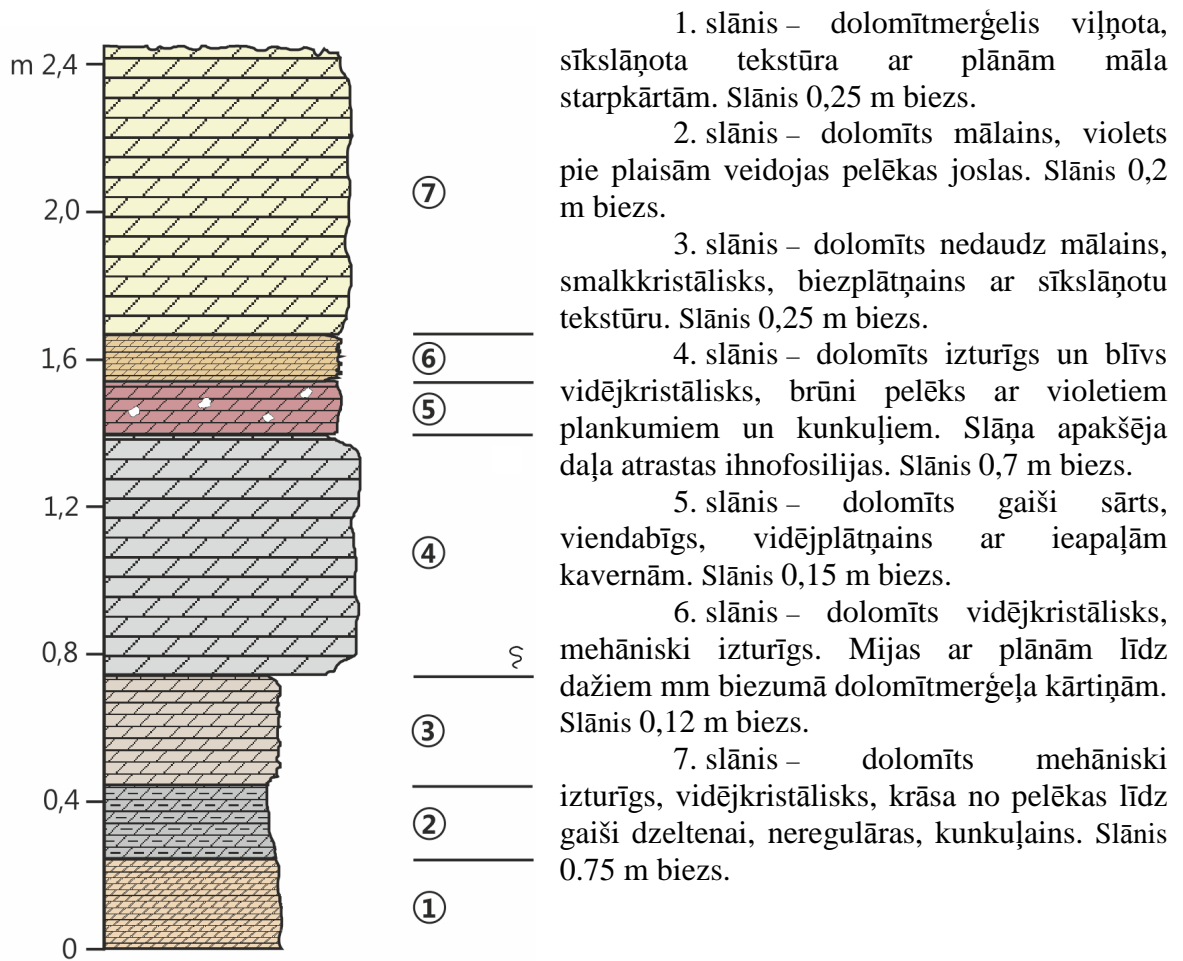
F – *Rhizocorallium* isp. bez spraites. G – *Lockeia* isp. H – *Sublorenzinia* isp. Mērogs 3 cm.

Figure 5.13. Ichnofossils from the Daugavas Formation, Kalnciems quarry.

A, *Chondrites* isp. B, *Chondrites* isp. C, ?*Helminthopsis* isp. D, *Undichna* isp. E, *Thalassinoides* isp. F,

Rhizocorallium isp. without spreite. G, *Lockeia* isp. H, *Sublorenzinia* isp. Scale 3 cm.

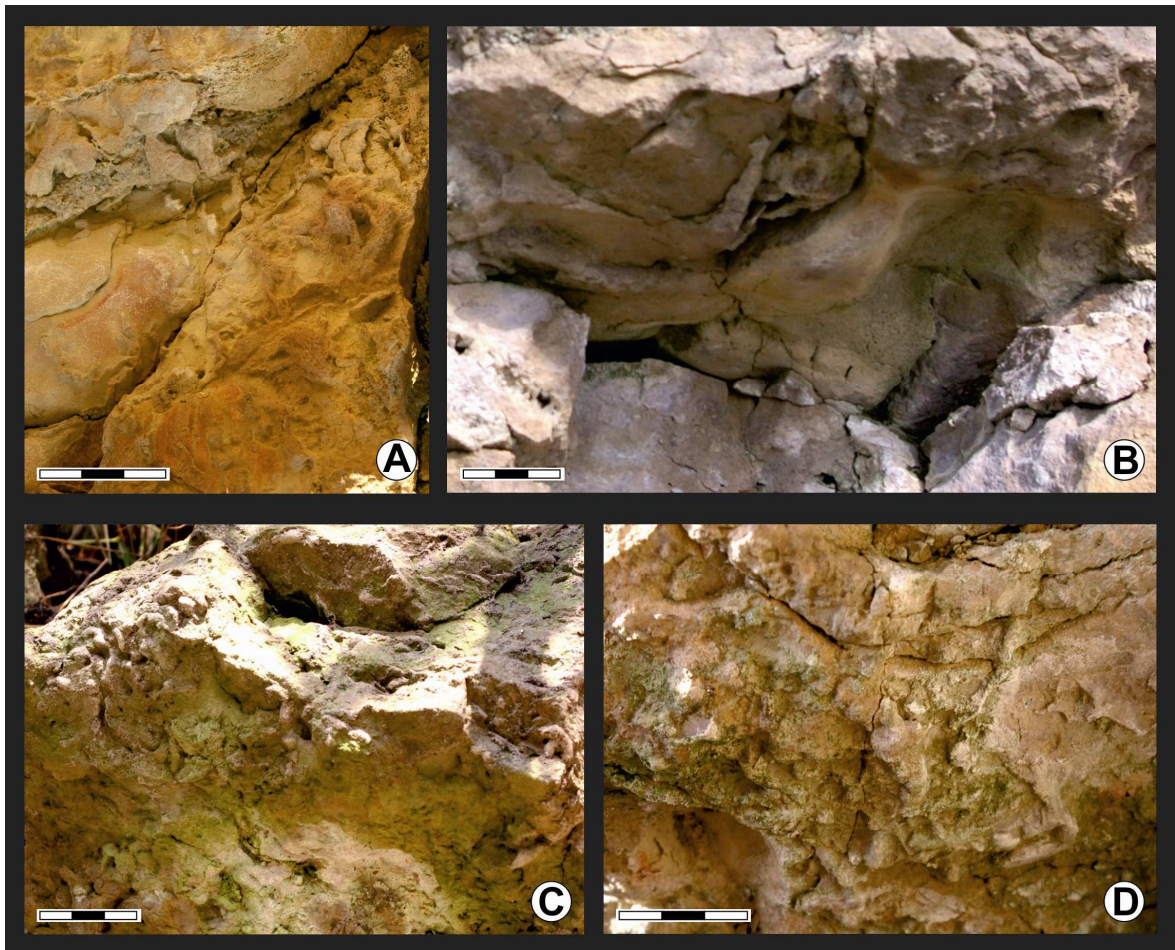
2) Doles salas dolomītu atsegumu veido Daugavas svītas nogulumi ar Kranciema ridas kvarcītveida dolomītiem, stromatoporātu biohermiem, saskalotu gliemežu un brahiopodu čaulām un pēdu fosilijām, bet atseguma virsējā slānī atsedzas Katlešu svīta (Sorokin, 1981). Šī objekta ģeoloģiskais griezumškatāms 5.14. attēlā.



5.14. attēls. Daugavas svītas ģeoloģiskais griezumškatā Doles salas atsegumā. Apzīmējumus skatīt 5.1. attēlā.

Figure 5.14. Geological section of the Daugavas Formation in the outcrop of the Dole Island. Legend in the Fig. 5.1.

Doles salas atsegumā 4. slāņa apakšējā daļā konstatētas ihnofosilijas *Planolites* isp. (5.15. att. A, attēla kreisajā pusē) un *Rhizocorallium* isp. (5.15. att. A, attēla labajā pusē). *Planolites* ihnogints veido sinusoīdas un meandrējošas formas ejas 2-4 mm diametrā. *Rhizocorallium* isp. izsekojamas plašā teritorijā uz slāņa virsmas ar augstu bioturbācijas intensitāti (indekss 3), raksturīgas horizontālas (paralēli slāņa virsmai) U-forma ejas, diametrā 6-8 mm. *Thalassinoides* isp. ihnofosilijas parasti veido plašu tīkla sistēmu, Doles salas atsegumā konstatētas atsegumā 4. slānī, apmēram 30 cm no slāņa apakšējās virsmas, paraugs nepilnīgs, izsekojama daļā no raksturīgās tīklveida sistēmas. Ejas veido diametrā 10-35 mm un pēc formas atgādina Y-sazarojumu.



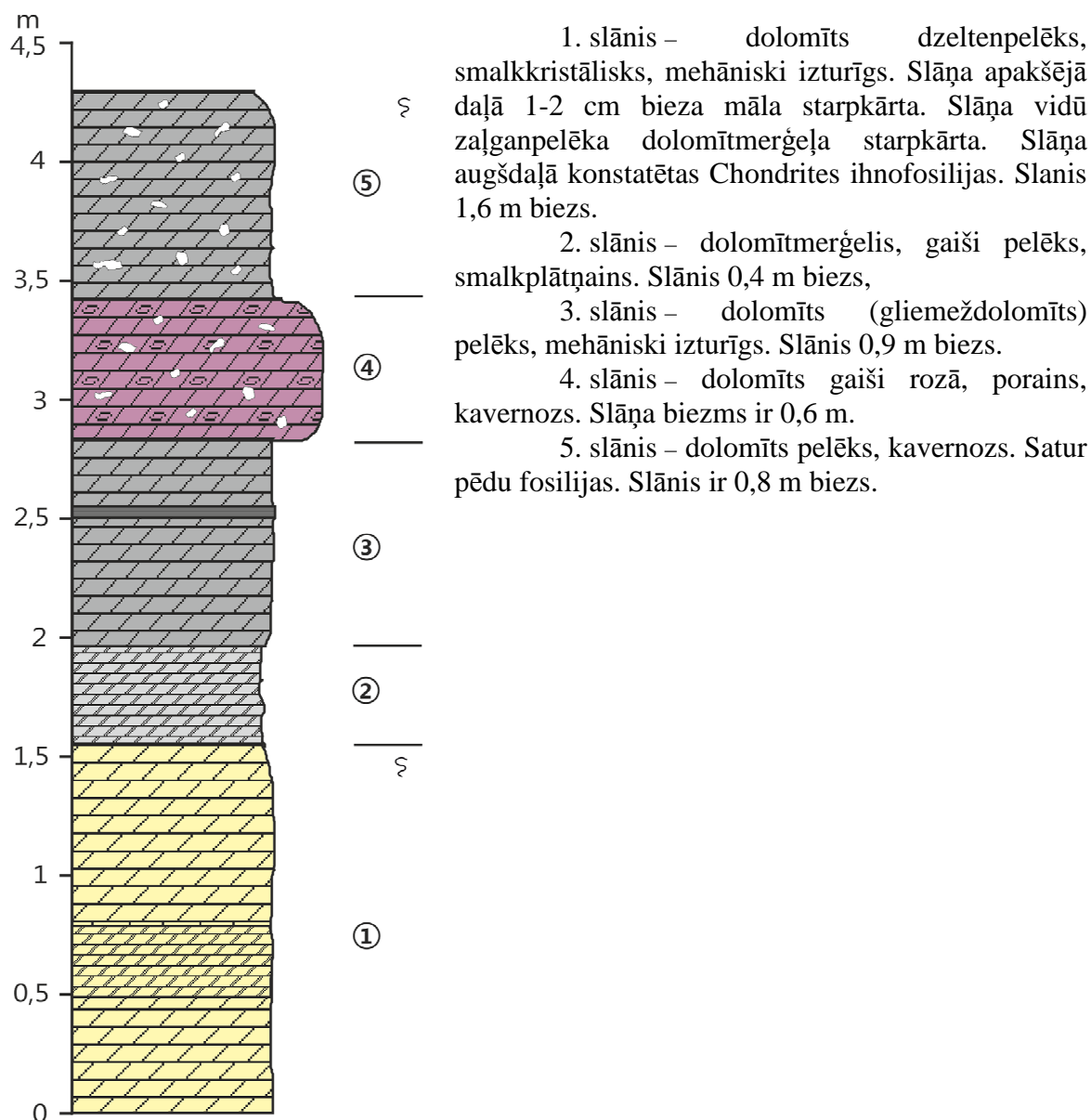
5.15. attēls. Doles salas atsegumā, Daugavas svītas nogulumos atrastās pēdu fosilijas.

A – *Planolites* isp. un *Rhizocorallium* isp. B – *Thalassinoides* isp. C un D – *Rhizocorallium* isp. aktīvi bioturbēti slāņi. Mērogs 3 cm.

Figure 5.15. Ichnofossils from the Daugava Formation, outcrop of the Dole Island.

A, *Planolites* isp. and *Rhizocorallium* isp. B, *Thalassinoides* isp. C and D, *Rhizocorallium* isp. high level of bioturbation. Scale 3 cm.

3) Pēc Sorokina (1970) datiem, Kranciema karjerā Daugavas svītas iežus ir iespējams sadalīt trīs ridās: Oliņkalna ridā, ko veido mālainis dolomīts, Selgu ridā – dolomītmerģelis, un Kranciema ridā, kurai raksturīgs dolomīts. Kranciema atradnē pētījumam tika izvēlēta atradnes austrumu daļa, jo tur ir pilnīgāks griezumums (5.16. att.). Griezuma apakšējo daļu veido dolomīts ar dolomītmerģeļa starpslāņiem, kas raksturo mierīgus nogulumu uzkrāšanās apstākļus; pastāvēja arī neliels drupu materiāla pienesums no krasta. 1. slāņa augšējā daļā tika konstatētas pēdu fosilijas. Augstāk giezumā ihnofosilijas netika konstatētas un nogulumus veido mālainis dolomīts.

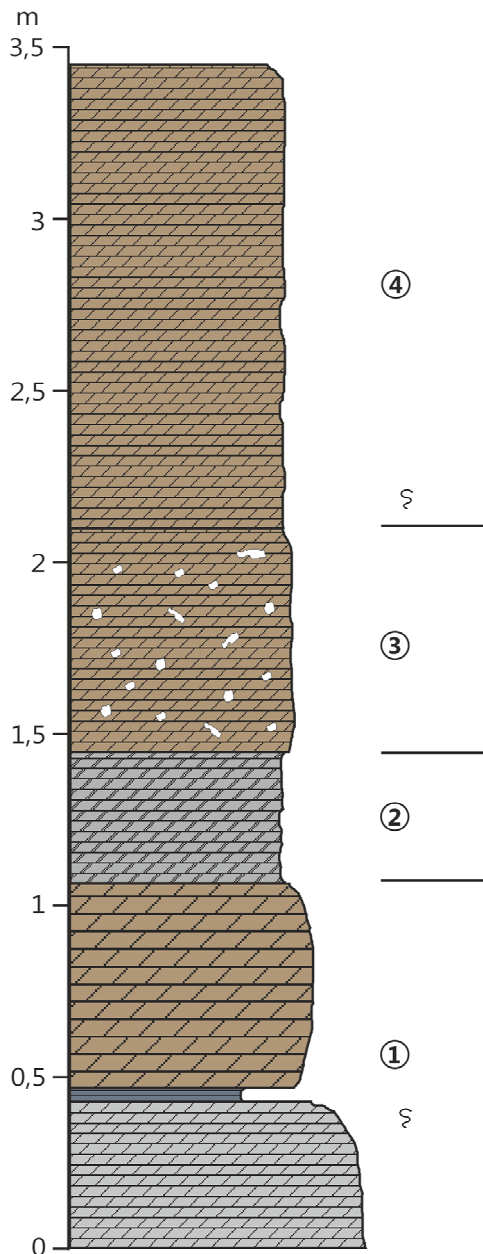


5.16. – attēls. Daugavas svītas ģeoloģiskais griezumums Kranciema dolomīta atradnē. Apzīmējumus skatīt 5.1. attēlā.

Figure 5.16. Geological section of the Daugavas Formation in the Kranciems quarry. Legend in the Fig. 5.1.

Kranciema atradnes austrumu daļā 1. slāņa augšējā daļā tika konstatētas *Aulichnites* un *Chondrites* iņņoģints pēdas, kas raksturģigas sekļas jūras apstākļiem. Augstāk griezumā iņņofosilģijas netika konstatētas un nogulumus veido mālains dolomģts. Gliemeždolomģts atsedzas 4. slāņģ, pie atzģmes 4,25 m tika atrastas iņņofosilģijas *Lockeia* un nenoteikta iņņoģints.

4) Tūrkalnes dolomģta karģerģ nogulumus veido mālaini, karbonģtiski ieģi, dominē dolomģti (5.17. att.). Tūrkalnes atradnē atseguma pamatnē tika konstatēts smalkkristģlģska, vidēģi plģtņaina tumģi pelēka dolomģta slģnis, kas satur fosilģjas.



1. slģnis – dolomģts tumģi pelēks, smalkkristģlģisks, vidēģi plģtņains, augģģģjģ daļģ biezplģtņains, pelēkbrūns. Slģņa apakģģģjģ daļģ pēdu fosilģjas. Slģņa vidģ 1-2 cm bieza, zilpelēka mģla starpkģrta. Slģņa bieģums ir 1,2 m.

2. slģnis – dolomģtmerģģlis gaiģi pelēks ar mģla starpkģrtģm. Slģnis 0,3 m bieģs.

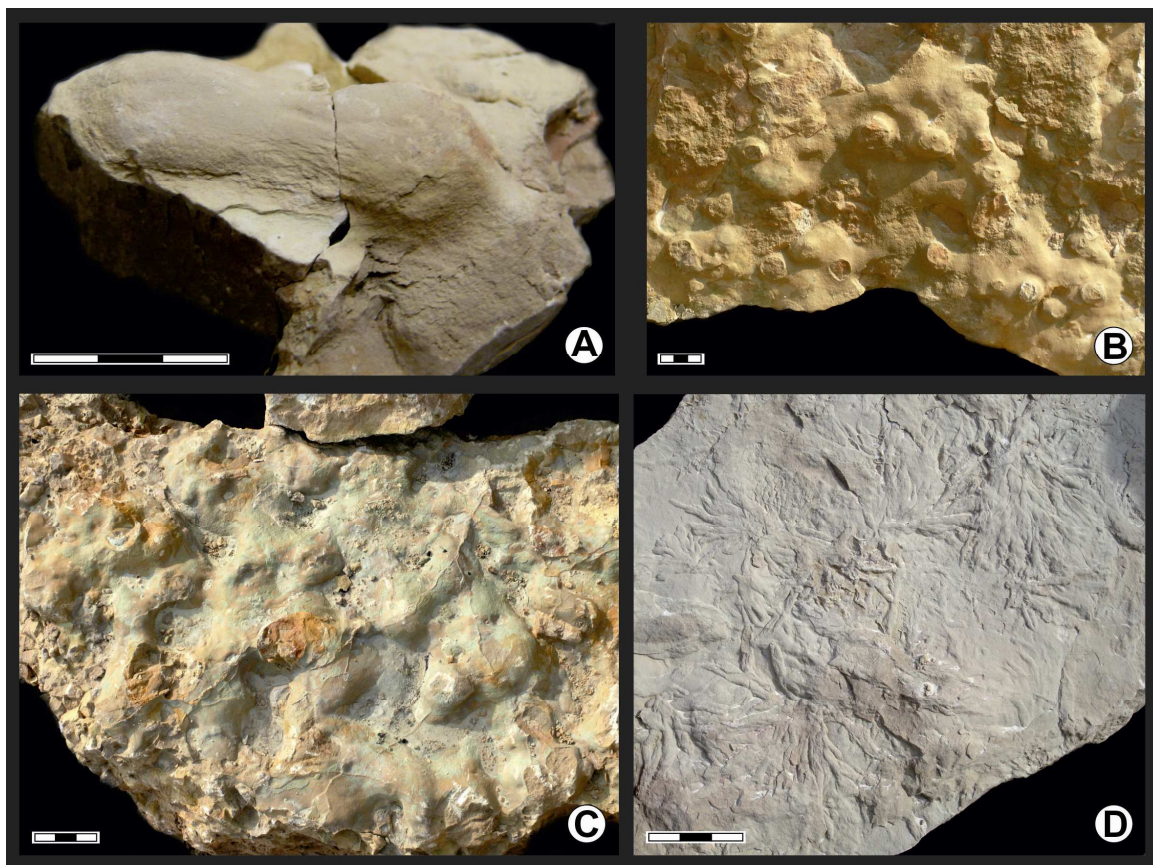
3. slģnis – dolomģts pelēkbrūns, vidēģi plģtņains, kavernoģs. Slģnis 0,6 m bieģs.

4. slģnis – dolomģts pelēkbrūns, vidēģi plģtņains, plģisains. Slģņa apakģģģjģ daļģ konstatētas pēdu fosilģjas. Slģnis 1,3 m bieģs.

5.17. attēls. Daugavas svģtas ģeolģģiskais griezums Tūrkalnes dolomģta atradnē. Apzģmēģjumus skatģt 5.1. attēlģ.

Figure 5.17. Geological section of the Daugava Formation in the Tūrkalne quarry. Legend in the Fig. 5.1.

Tūrkalnes atradnē atseguma pamatnē tika konstatēts smalkkristāliska, vidēji plātņaina tumši pelēka dolomīta slānis, kas satur daudz *Chondrites* ihnogints fosiliju; iespējams, ka daļu no tām pārstāv ihnosuga *Chondrites intricatus*. 1. slānī konstatētas *Thalassinoides* isp. un *Planolites* isp. pēdas (5.18. att. C). Tūrkalnes karjera nobirās tika atrasts paraugs ar ihnofosiliju, kas pētījuma sākotnējā stadijā tika iedalīta pie jaunas ihnosugas, papildus paraugu iegūšana Remīnes atradnē deva iespēju paraugu noteikt kā *Diplocraterion* isp. (5.18. att. A).

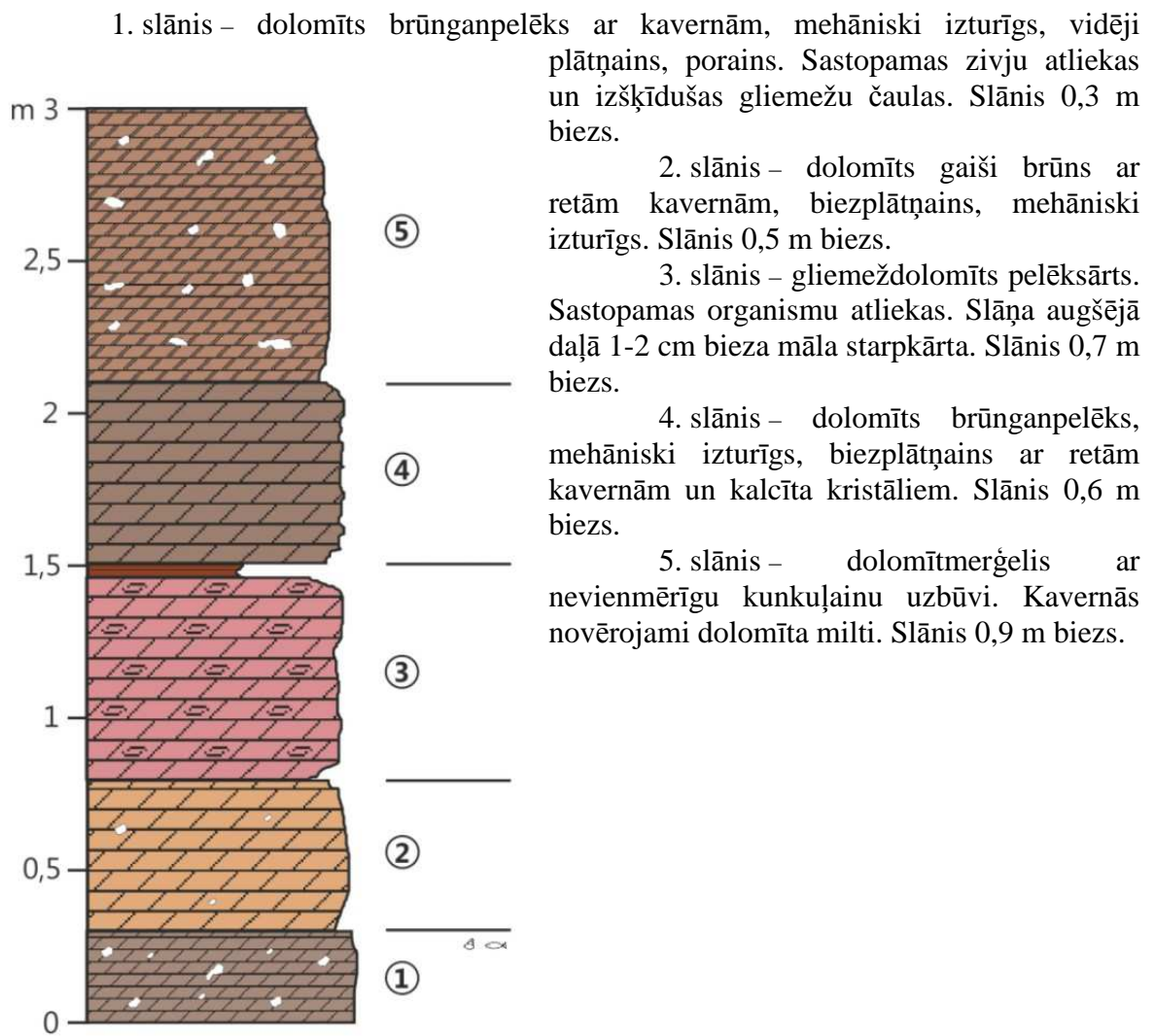


5.18. attēls. Tūrkalnes dolomīta atradnē, Daugavas svītā atrastās pēdu fosilijas. A – *Diplocraterion* isp.; B – *Bergaueria* isp.; C – *Thalassinoides* isp.; D – *Chondrites* isp. Mērogs 3 cm.

Figure 5.18. Ichnofossils from the Daugavas Formations, Tūrkalne quarry. A, *Diplocraterion* isp.; B, *Bergaueria* isp.; C, *Thalassinoides* isp.; D, *Chondrites* isp. Scale 3 cm.

5) Remīnes dolomīta karjerā atsedzas Daugavas svītas nogulumieži, to biezums mainās no 7 līdz 13 metriem (Osipova, 1987).

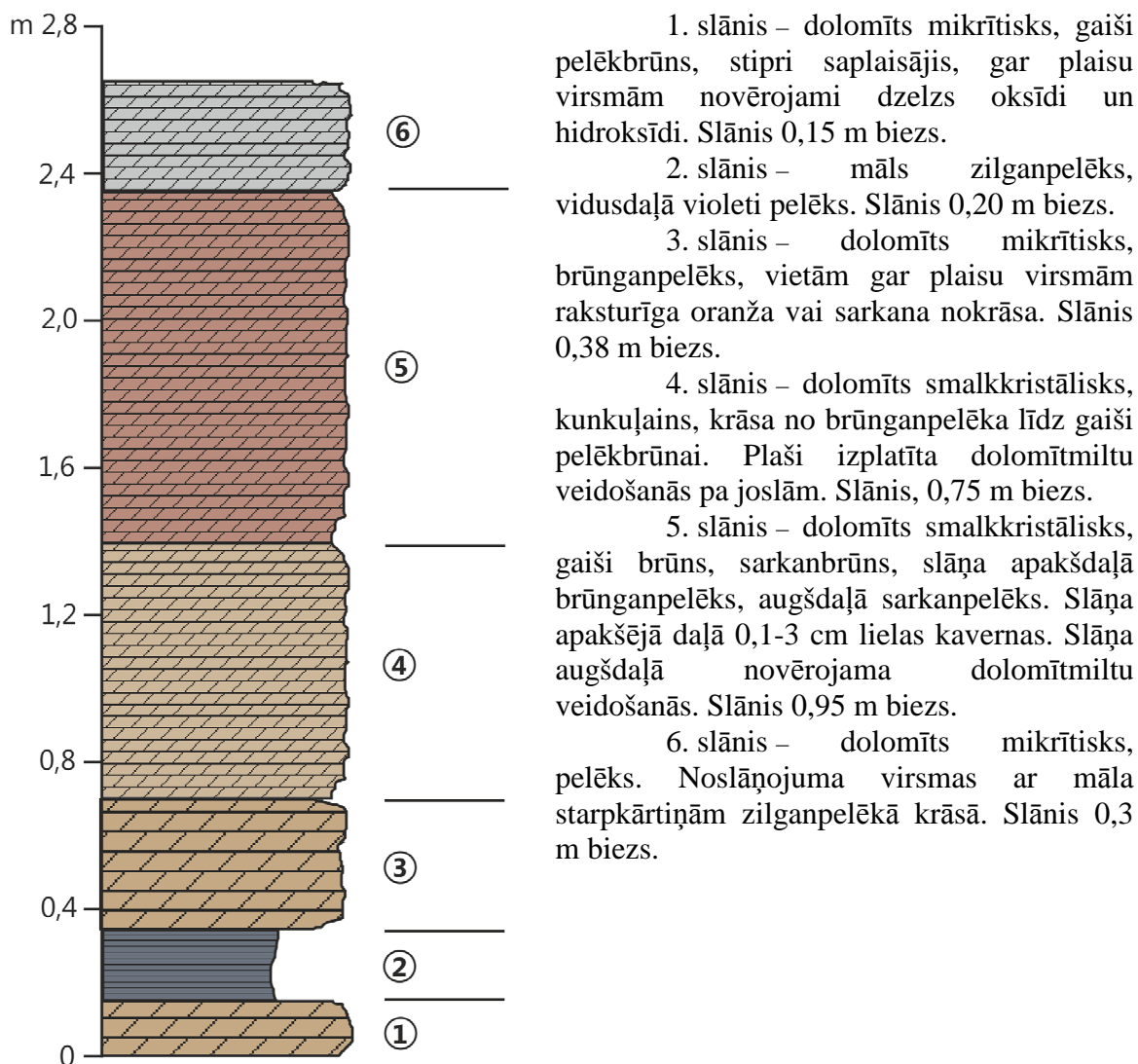
Tika izvēlēta atseguma siena atradnes dienvidaustrumu daļā. Griezumā dominē *Chondrites* ihnogints pēdu fosilijas, konstatētas daļēji izšķīdušas stromatoporas. Griezuma apakšējo daļu veido mālaini dolomīti, kuros ihnofosilijas netika konstatētas. Gliemeždolomīts izsekojams plašā teritorijā, kas izskaidrojams ar ļoti plašiem zemūdens sēkļiem vai lagūnas norobežojošajiem bāriem. Griezuma augšējā daļā seko vidēji plātņains, mehāniski ļoti izturīgs dolomīts tumši pelēkā krāsā (5.19. att.), kurā ir konstatētas ihnofosilijas. Pēc iežu litoloģiskā sastāva un pēdu fosiliju kompleksa, domājams, ka Remīnes karjerā atsegti Kranciema ridas nogulumi.



5.19. attēls. Daugavas svītas ģeoloģiskais griezumā Remīnes dolomīta atradnē.
Apzīmējumus skatīt 5.1. attēlā.

Figure 5.19. Geological section of the Daugava Formation in the Remīne quarry.
Legend in the Fig. 5.1.

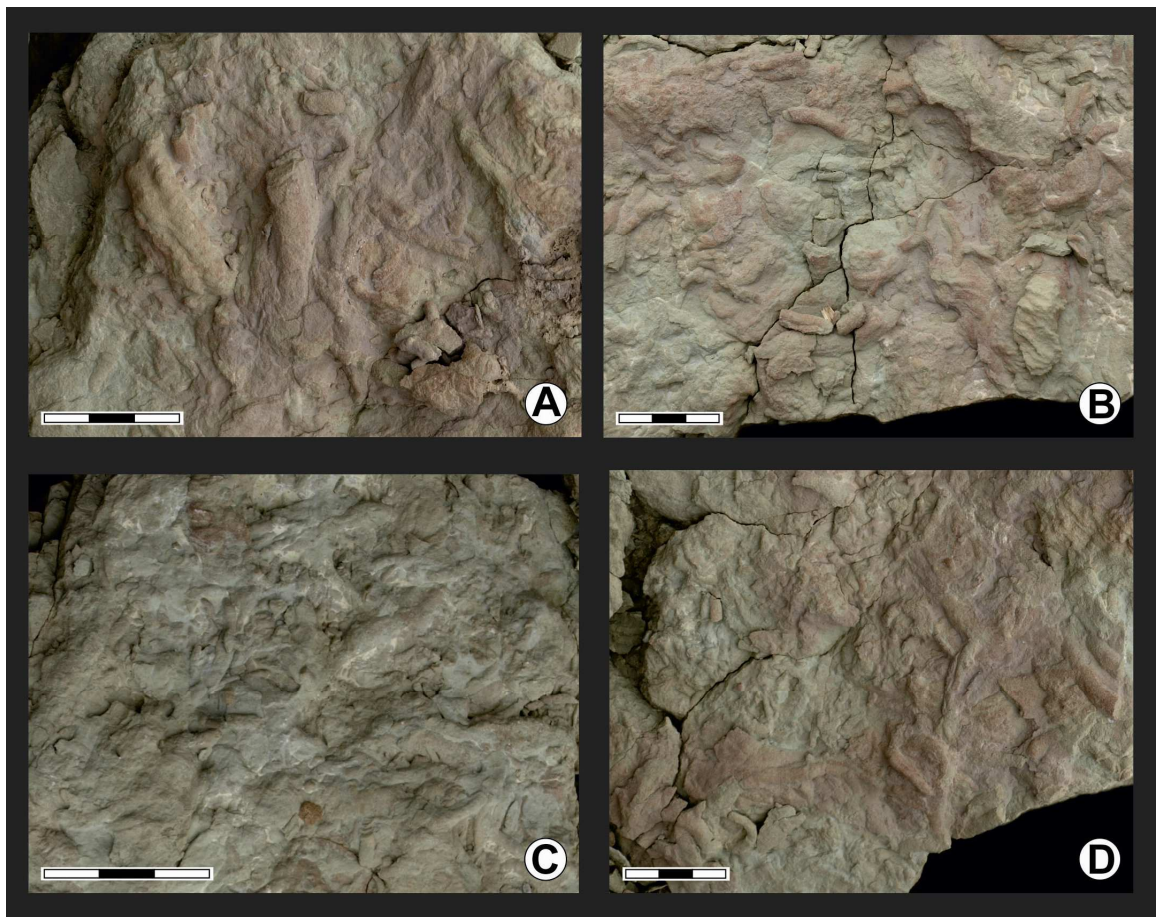
Remīnes dolomīta karjers griezumā dominē *Chondrites* iņņogints pēdu fosilijas, konstatētas daļēji izšķīdušas stromatoporas. Griezuma apakšējo daļu veido mālaini dolomīti, kuros iņņofosilijas netika konstatētas. Gliemeždolomīts izsekojams plašā teritorijā, kas izskaidrojams ar ļoti plašiem zemūdens sēkļiem vai lagūnu norobežojumiem, bāriem. Griezuma augšējā daļā seko vidēji plātņains, mehāniski ļoti izturīgs dolomīts tumši pelēkā krāsā, kurā ir konstatētas iņņofosilijas – pamatā tārpu un vēžveidīgo veidotās barošanās ejas, atpazīstamas kā *Planolites* un *Thalassinoides*, iespējams, *Paleophycos* iņņogints pēdas. Pēc iežu litoloģiskā sastāva un pēdu fosiliju kompleksa, domājams, ka Remīnes karjerā atsegti Kranciema ridas nogulumu.



5.20. attēls. Daugavas svītas ģeoloģiskais griezum Gaitiņu dolomīta karjerā.
Apzīmējumus skatīt 5.1. attēlā.

Figure 5.20. Geological section of the Daugava Formation in the Gaitiņa quarry.
Legend in the Fig. 5.1.

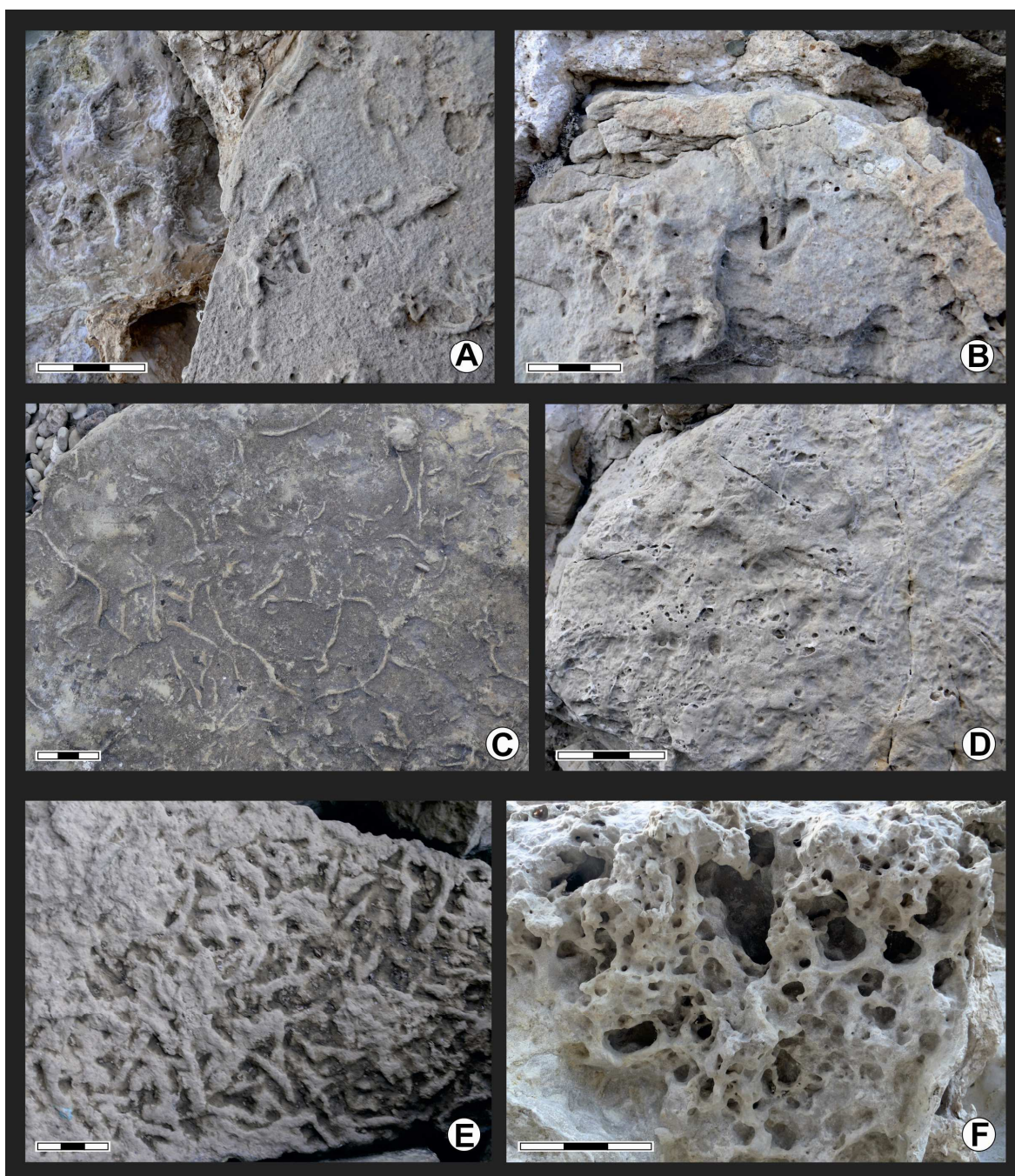
Gaitiņu karjers atrodas Daugavas svītas izplatības rietumu malā, kur tās augšdaļa ir erodēta, slāņkopu veido pelēki, zaļganpelēki, retāk nedaudz sārti pelēki dolomīti ar slēptkristālisku struktūru. Ihnofosilijas atrastas nobirās (5.21. att.), tika konstatētas *Cruziana*, *Paleophycos* un *Rhizocorallium* ihnoģintis. Pēc vizuālām pazīmēm, domājams, ka ihnoloģiskais materiāls nobirās nonācis no 3. slāņa.



5.21. attēls. Daugavas svītas pēdu fosilijas no Gaitiņu dolomīta atradnes. A – *Cruziana* isp., B – *Paleophycos* isp., C – aktīvi bioturbeta virsma, D – *Rhizocorallium* isp. Mērogs 3 cm.
 Figure 5.21. Ichnofossils from the Daugava Formation, Gaitiņas quarry.
 A, *Cruziana* isp. B, *Paleophycos* isp. C, highly bioturbated beds. D, *Rhizocorallium* isp. Scale 3 m.

7) Atsegumā pie Kokneses pilsdrupām ūdens darbības rezultātā ihnofosiliju materiāls stipri izskalots, kas pārveidojies vai vietām pat pilnībā izšķīdinājis ejas sistēmas, saglabājies vertikālo un horizontālo eju tīkla karkass.

Atsegums pie Kokneses pilsdrupām veido vidēji 1 m augstu dolomīta sienu. Ūdens darbības rezultātā ihnofosiliju materiāls stipri izskalots, kas pārveidojies vai vietām pat pilnībā izšķīdinājis ejas sistēmas (5. 22. att. F.), saglabājies vertikālo un horizontālo eju tīkla karkass, bet pēdu fosilijas izšķīdušas, atstājot 2-10 mm diametrā lielas iedobes (5.22. att. D). Paraugā, kas redzams 5.22. att. (E), izsekojams *Thalassinoides* isp. vai *Teichnichus* isp. blīvi veidots ihnofosiliju tīkls (bioturbācijas indekss sasniedz 4). Paraugā (5.22. att. B) ap ejas sistēmu ar diametru 7-9 mm novērojama dolomīta matricas šķīšana, bet paraugā (5.22. att. A) novērojamas gan pēdu fosilijas, gan to izšķīdušie padziļinājumi. *Planolites* isp. (5.22. att. C) ir labi saglabājušās un izsekojamas līdz 10 cm garas ihnofosilijas.



5.22. attēls. Daugavas svītas nogulumu un pēdu fosilijas no Daugavas labā krasta pie Kokneses pilsdrupām.

A – *?Rhizocorallium* isp. B – ichnofosilijas un pēdu fosiliju dobumi C – *Planolites* isp. D – ichnofosiliju dobumi E – *Thalassinoides* isp., aktīvi bioturbēta virsma. F – pēdu fosiliju karkass. Mērogs 3 cm.

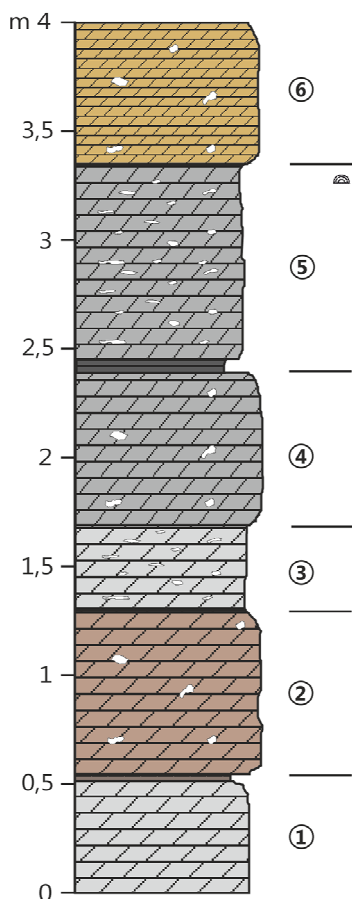
Figure 5.22. Deposits and ichnofossils of the Daugava Formation from the right bank of the Daugava River near the ruins of Koknese Castle.

A, *?Rhizocorallium* isp. B, cavities of ichnofossils. C, *Planolites* isp. D, cavities of ichnofossils. E, *Thalassinoides* isp., high activity erosion. F, trace fossil cadre. Scale 3 cm.

8) Aiviekstes kreisā krasta atradnes dolomīti pieder Daugavas svītai, dominējoša krāsa pelēka, tie ir nevienmērīgi plaisaini un kavernozi ar māla starpkārtām, kas veido nepilnu 7 m augstu atseguma sienu.

Aiviekstes karjers pieder Daugavas svītai, dominējoša krāsa pelēka, tie ir nevienmērīgi plaisaini un kavernozi ar māla starpkārtām, kas veido nepilnu 7 m augstu atseguma sienu. No ihnofosilijām nobirās konstatētas *Thalassinoides* isp. ejas.

9) Daugavas svīta Saikavas karjerā šeit transgresīvi pārsedz zemāk iegulošos Salaspils svītas iežus. Griezuma pamatnē tika izdalīts gaiši pelēkbrūns, slēptkristālisks dolomīts ar pīrīta un mangāna uzsūbējumiem, tos pārsedz dolomītmerģelis un slēptkristāliska dolomīta slānis ar retām kavernām. Mālais dolomīts pāriet dolomītmerģelī, virs tā atrodas diezgan biezs dolomīta slānis, kas sastāv no izšķīdušo



stromatoporu atliekām un atseguma augšdaļā ir biežplātņains, kavernozs dolomīts; uz virsmām izsekojamas bedrītes apmēram 1 mm diametrā, kas skaidrojamas kā baktēriju darbības rezultātā izveidotas gāzu kameras (5.23. att.).

1. slānis – dolomīts gaiši pelēks, slēpti kristālisks. Starp pirmo un otro slāni 1-2 cm bieza māla starpkārta. Slānis 0,5 m biezs.

2. slānis – dolomīts ar retām kavernām, brūnganpelēks, slēpti kristālisks, lielplātņains. Slāņa biežums ir 0,7 m.

3. slānis – dolomīts ar izteiktām kavernām, gaiši pelēks. Slānis 0,3 m biezs

4. slānis – dolomītmerģelis pelēks, biežplātņains dolomīts ar retām kavernām. Slānis 0,65 m biezs.

5. slānis – dolomīts pelēks ar daudz kavernām un izšķīdušām stromatoporām. Slānis 1,1 m biezs.

6. slānis – dolomīts gaiši brūns, vidēji plātņains ar kavernām. Slānis 0,8 m biezs.

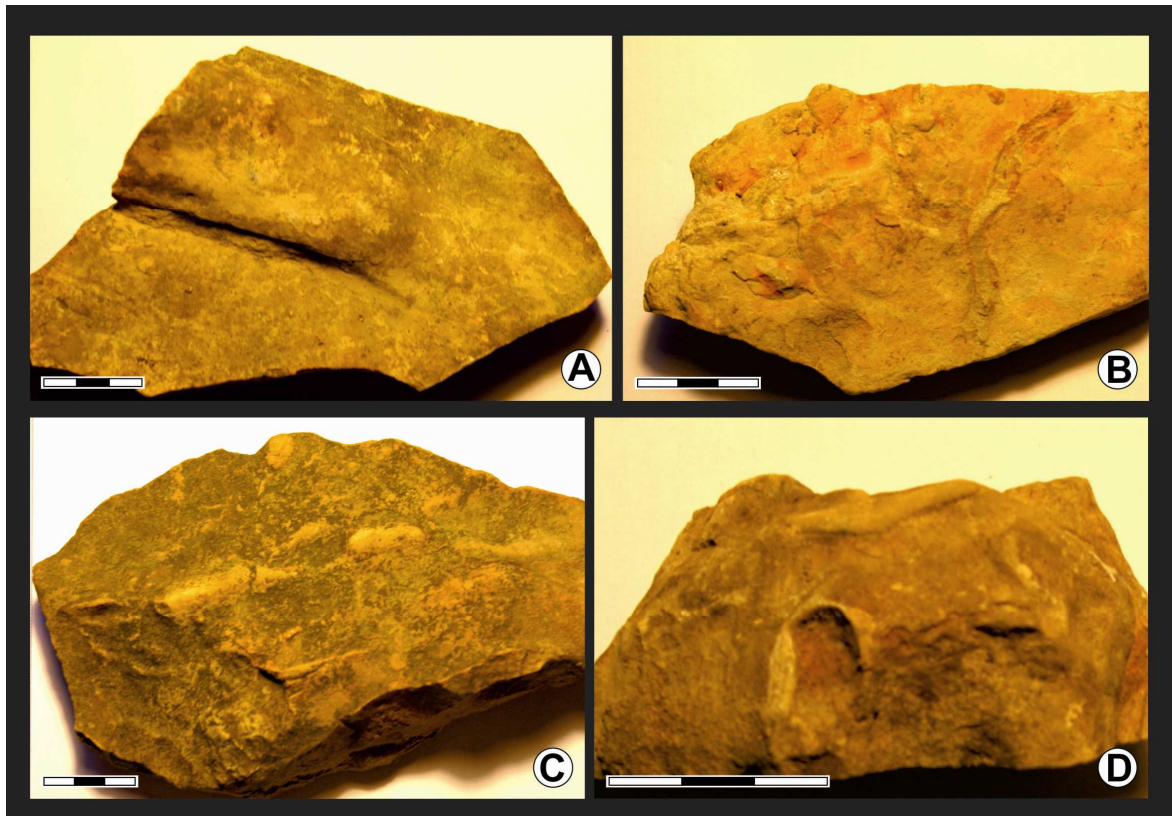
5.23. attēls. Daugavas svītas ģeoloģiskais griezum Saikavas dolomīta atradnē. Apzīmējumus skatīt 5.1. attēlā.

Figure 5.23. Geological section of the Daugava Formation in the Saikava quarry. Legend in the Fig. 5.1.

Saikavas atradne griezuma pamatnē tika izdalīts gaiši pelēkbrūns, slēptkristālisks dolomīts ar pīrīta un mangāna uzsūbējumiem, tos pārsedz dolomītmerģelis un slēptkristāliska dolomīta slānis ar retām kavernām.

10) Karvas atsegumā jaukta sastāva kaļķakmeņu-dolomītu slāņkopa sastāv no 5 - 10 cm biežām plātnēm, kas ir mehāniski vāji izturīgas, tāpēc lielas ihnofosiliju sistēmas reti saglabājas. Domājams, upes darbības rezultātā atseguma siena tiek pakļauta abrāzijai un ihnofosilijas vietām nepilnīgi saglabājušās. Paraugā, kas attēlots 5.24. att. (A), redzams fragments no 25 mm platas *Thalassinoides* isp. pēdu fosilijas. Jaukta sastāva kaļķakmeņu-dolomītu pārejas slāņkopa sastāv no 5-10 cm biežām plātnēm, kas ir mehāniski vāji

izturīgas, tāpēc lielas ihnofosiliju sistēmas reti saglabājas, piemēram, no plaši veidotām eju sistēmām saglabāties tikai neliels pēdu fosiliju fragments (5.24. att. A). Meandrējoša *Paleophycos* isp. ir daļēji erodēta, bet ejas aprises saglabājušās (5.24. att. B); citā paraugā ir zemas saglabātības *Planolites* isp. ar atšķirīgiem diametriem no 2-3 mm un 7-11 mm (5.24. att. C). Ir konstatētas arī *Rhizocorallium* isp. (5.24. att. D), kas veido U-formas ejas ar bioturbācijas indeksu 2. Domājams, upes darbības rezultātā atseguma siena tiek pakļauta abrazijai un ihnofosilijas vietām nepilnīgi saglabājušās.



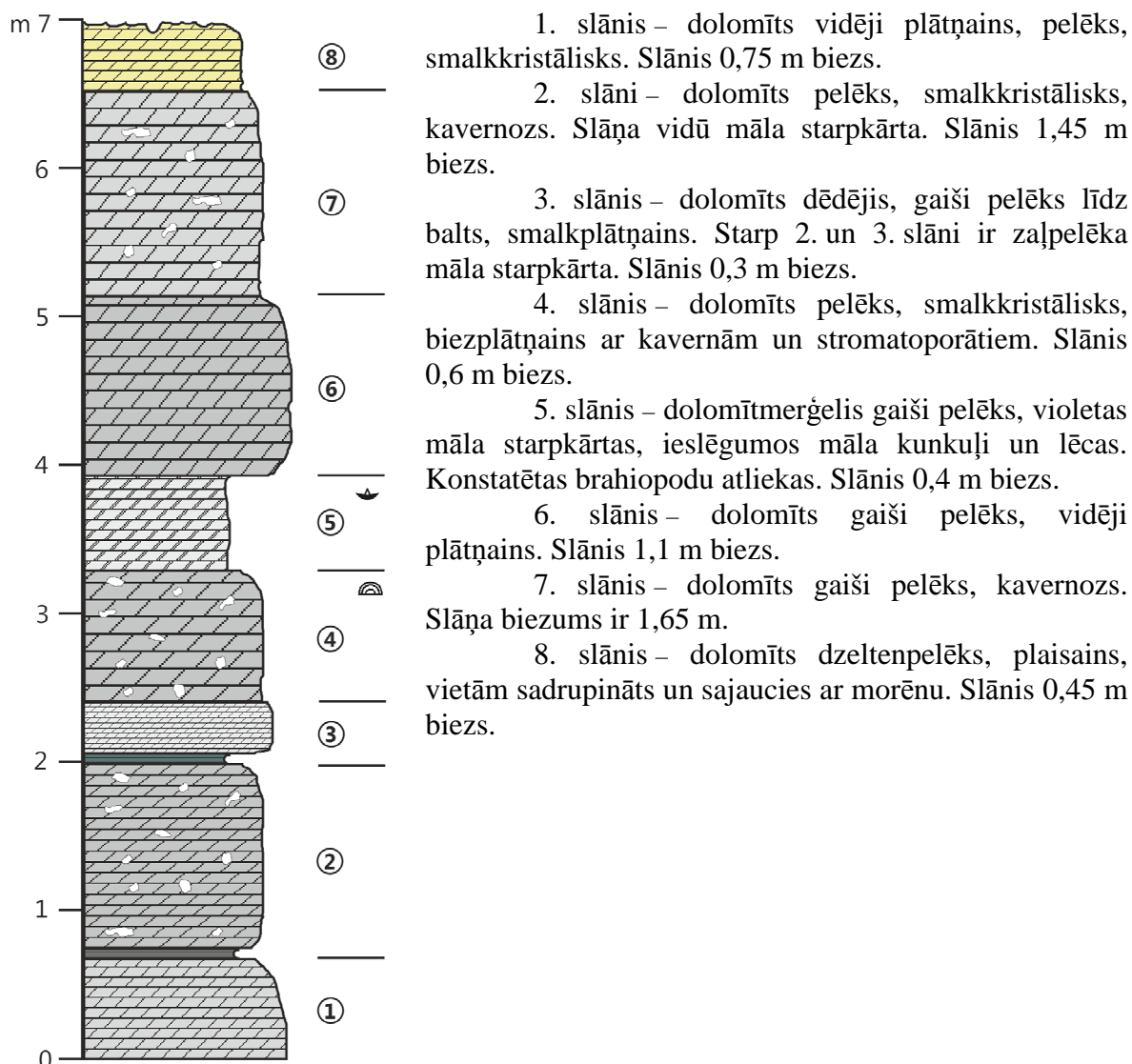
5.24. attēls. Pēdu fosilijas no Daugavas svītas nogulumiežiem Karvas atsegumā Vaidavas upes labajā krastā.

A – *Thalassinoides* isp. B – *Paleophycos* isp. C – *Planolites* isp. D – *Rhizocorallium* isp.. Mērogs 3 cm.

Figure 5.24. Trace fossils from sedimentary rocks of the Daugava Formation in the Karva outcrop at the right bank of the Vaidava River.

A, *Thalassinoides* isp. B, *Paleophycos* isp. C, *Planolites* isp. D, *Rhizocorallium* isp. Scale 3 cm.

11) Pērtņieku dolomīta karjerā sastopami Daugavas svītas dolomīti un dolomītmerģelis (5.25. att.). Pēc atseguma sienas un nobiru pārmeklēšanas Pērtņieku atradnē ihnofosilijas netika atrastas. Vairākas izšķīdušas alu sistēmas, apmēram 1 cm diametrs, domājams, nav saistītas ar organismu darbību, bet gan erozijas procesiem. No makrofosilijām konstatētas brahiopodu čaulas, ceturtajā slāni daudz stromatoporātu un kavernas.



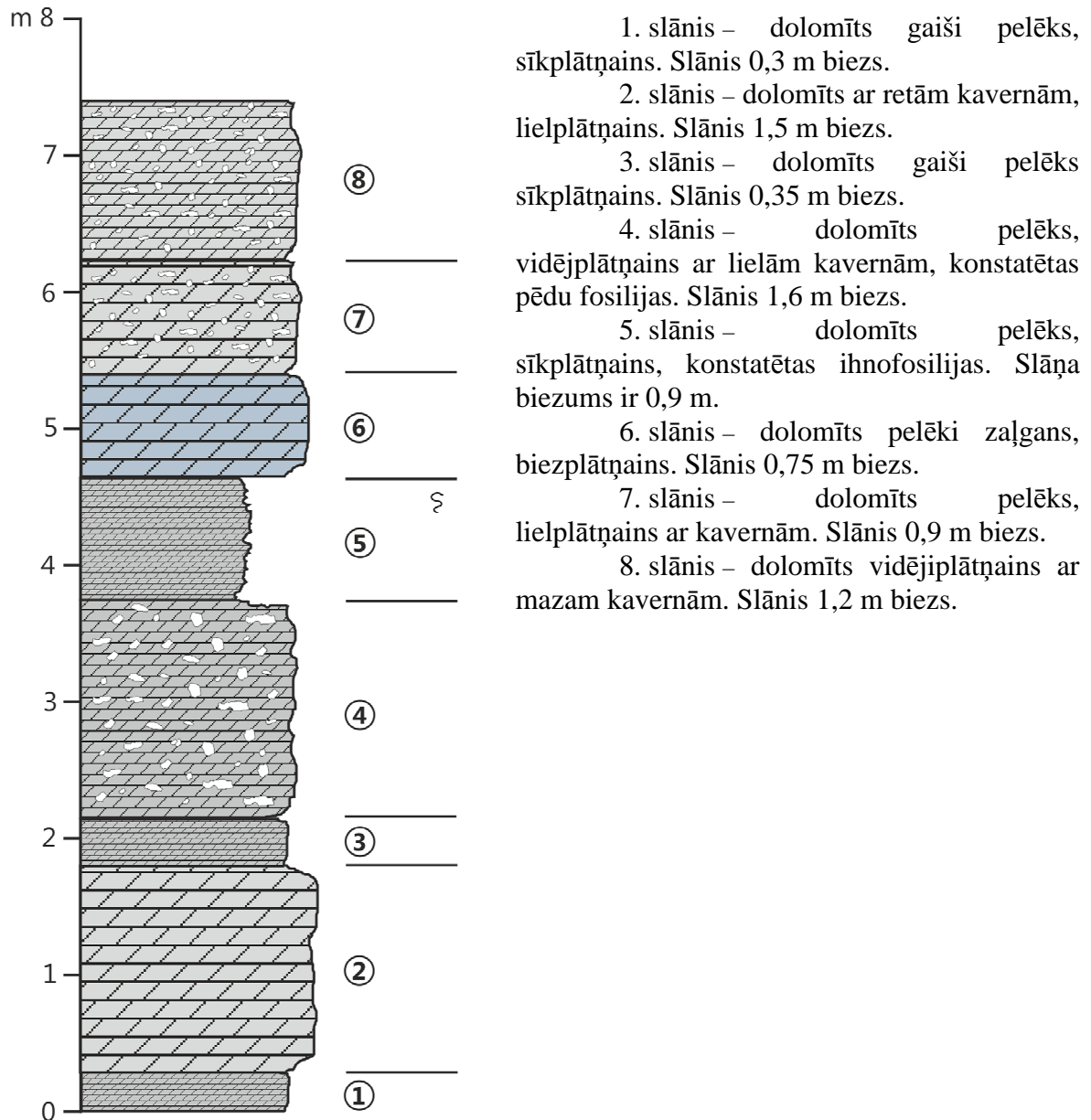
5.25. attēls. Daugavas svītas ģeoloģiskais griezumā Pērtņieku dolomīta karjerā.

Apzīmējumus skatīt 5.1. attēlā.

Figure 5.25. Geological section of the Daugava Formation in the Pērtņieki dolomite quarry. Legend in the Fig. 5.1.

Mālais dolomīts pāriet dolomītmerģelī, virs tā atrodas diezgan biezs dolomīta slānis, kas sastāv no izšķīdušo stromatoporu atliekām un atseguma augšdaļā ir biežplātņains, kavernozs dolomīts; uz virsmām izsekojamas bedrītes apmēram 1 mm diametrā, kas skaidrojamas kā baktēriju darbības rezultātā izveidotas gāzu kameras. Sākotnēji gan karjera sienās, gan nobirās pat pēc rūpīgas pārbaudes ihnofosilijas netika konstatētas, bet uzmanību piesaistīja regulāri izvietotie padziļinājumi dolomīta paraugā no nobirām. Laboratorijā tika izveidots trīsdimensionāls modelis, kas ataino tukšo eju formu dolomītā. Pēc struktūras, kuru veido pieci padziļinājumi, šī iespējamā eja atgādina *Bergaueria* ihnofosiliju.

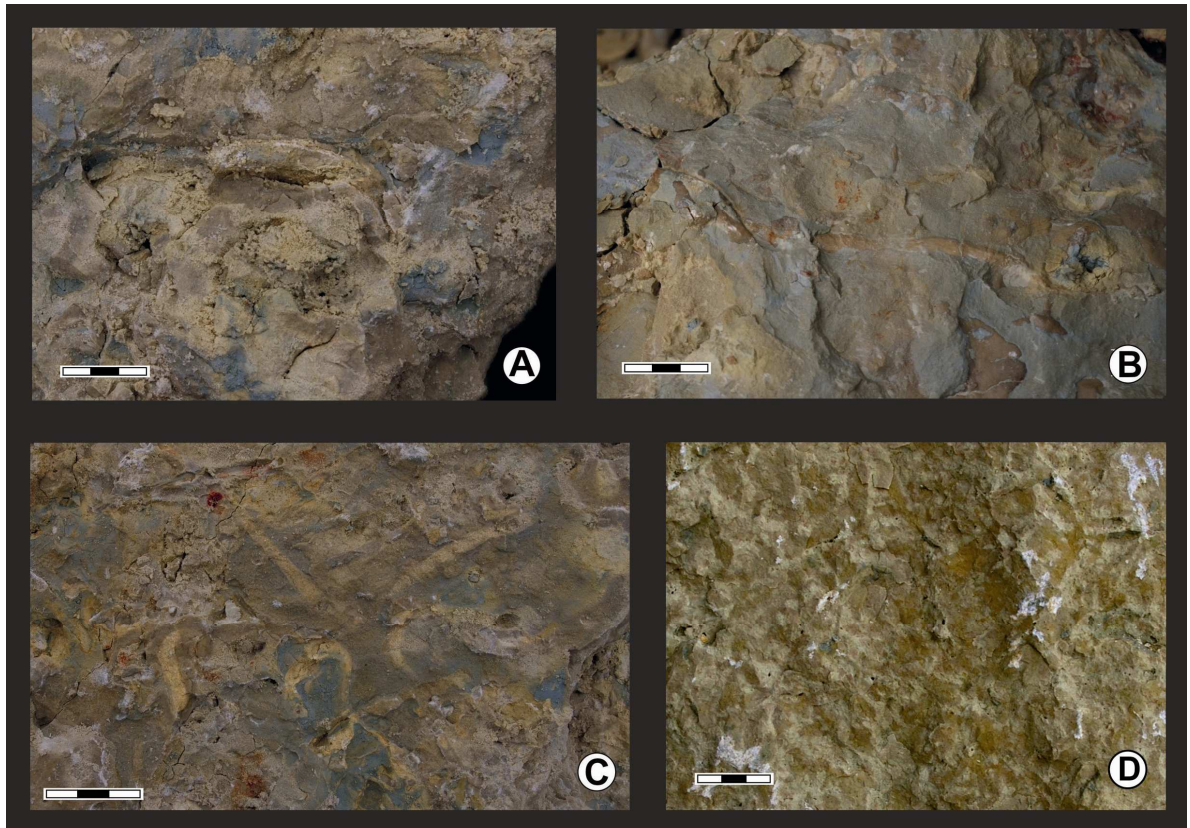
12) Rītupes karjerā atsedzas plātņaini un kavernozi Daugavas svītas dolomīti, kas veido līdz 7 m augstu sienu (5.26. att.). Piektajā slānī atsedzas sīkplātņaini pelēki dolomīti ar izsekojamām bioturbācijas pazīmēm, bet pēdu fosilijas ir stipri dolomitizētas ar zemu saglabātību un noteikt līdz ihnoģintij nebija iespējams.



5.26. attēls. Daugavas svītas ģeoloģiskais griezum Rītupes dolomīta karjerā. Apzīmējumus skatīt 5.1. attēlā.

Figure 5.26. Geological section of the Daugava Formation in the Rītupe quarry. Legend in the Fig. 5.1.

Konstatētās pēdu fosilijas ir stipri dolomitizētas ar zemu saglabātību, kas ievērojami apgrūtina to identificēšanu. Paraugos redzamā bioturbācija (5.27. att.), domājams, pieskaitāma *Planolites* isp. un *Diplocraterion* vai *Rhizocorallium* ihnoģintis pēdu fosilijām.



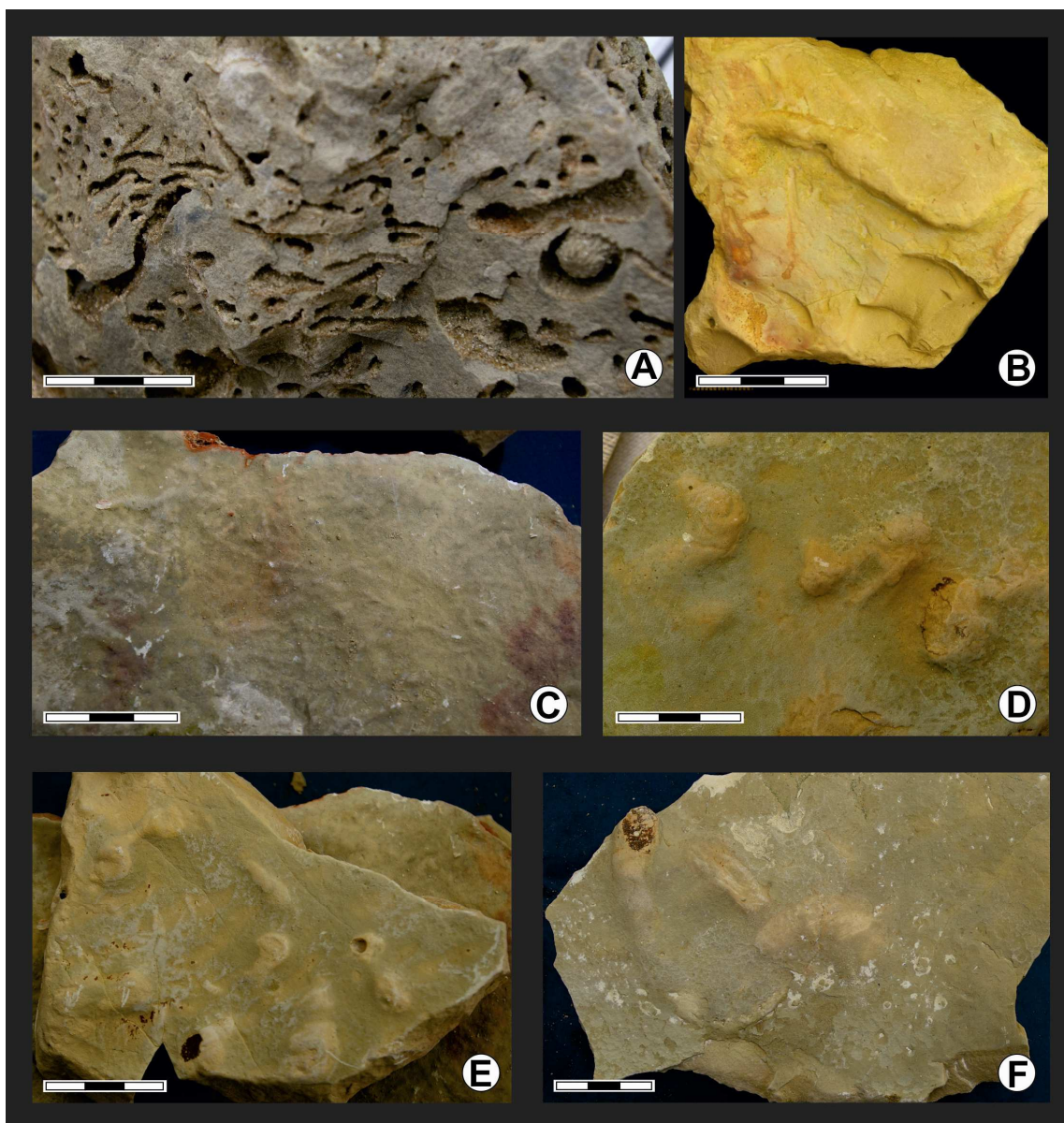
5.27. attēls. Pēdu fosilijas Daugavas svītas dolomītos no Rītupe karjera.
 A – *Diplocraterion* isp. B – *Planoites* isp. C, D – *Thalassinoides* isp., *Planoites* isp. Mērogs 3 cm.

Figure 5.27. Trace fossils from the Daugavas Formation, Rītupe quarry.

A, *Diplocraterion* isp. B, *Planoites* isp. C, D *Thalassinoides* isp., *Planoites* isp. Mērogs 3 cm.

13) Baraviku karjerā iegūtais ihnoloģiskais materiāls ievākts no nobirām. Nobirās ir atrodamī paraugi, kuros redzamas izšķīdušas stromatoporas, bet apkārtesošais dolomīts ir intensīvi bioturbēts.

Baraviku dolomīta karjera nobirās ir atrodamī paraugi, kuros redzamas izšķīdušas stromatoporas, bet apkārtesošais dolomīts ir intensīvi bioturbēts (5.28. att. A); domājams, ka eju veidotāji atstājuši barošanās pēdas. Meandrējošās *Planoites* isp. (5.28. att. B) ejas ir 0,5-0,9 mm diametrā. Paraugā, kas redzams 5.28. att. (C), saskatāmas *Chondrites* isp., ihnofosilijas, kas blīvi nosedz paraugā redzamo virsmu. Domājams, virsmas izskalošanas vai dolomitizācijas procesu rezultātā pēdu fosilijas tomēr ir izšķīrāmas ar grūtībām. *Paleophycos* isp. ejas fragments attēla kreisajā malā (5.28. att. D), *Bifungites* isp. (5.28. att. E) veido vertikālus šahtu pārus, vidēji 10 mm diametrā, kas savienoti ar tievākām ejām 3-7 mm platumā. *Diplocraterion* isp., kas pieskaitāmas aktīvu straumju vides barošanās ejām, veido vertikālas U-formas eju sistēmas 9-12 mm diametrā (5.28. att. F).



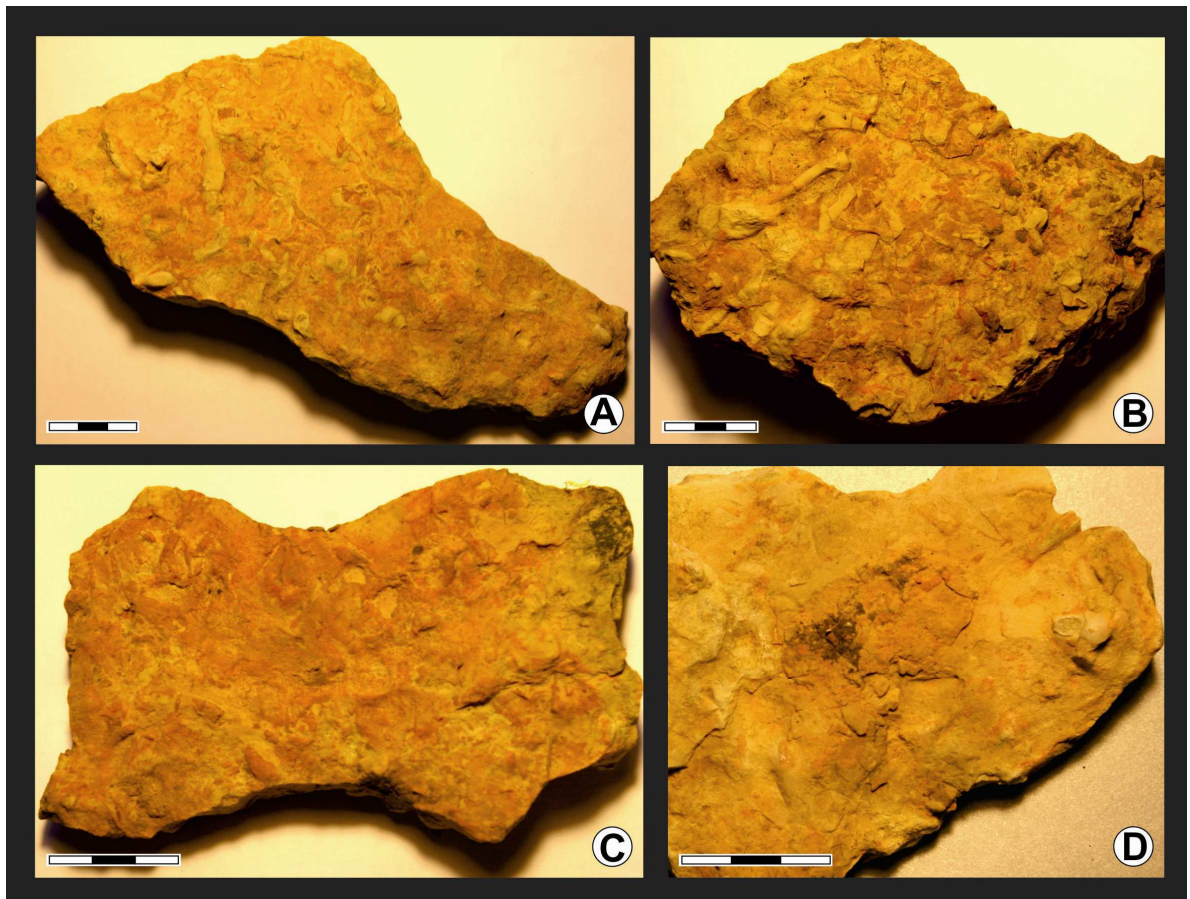
5.28. attēls. Pēdu fosilijas Daugavas svītas dolomītos no Baraviku atradnes, no nobirām.

A – eju dobumi. B - *Planolites* isp. C – *Chondrites* isp. D – *Paleophycos* isp. E – *Bifungites* isp. F – *Diplocraterion* isp. Mērogs 3 cm.

Figure 5.28. Trace fossils from the Daugavas Formation, Baravikas quarry, from the scree.

A, trace fossil cavities. B, *Planolites* isp. C, *Chondrites* isp. D, *Paleophycos* isp. E, *Bifungites* isp. F, *Diplocraterion* isp. Mērogs 3 cm.

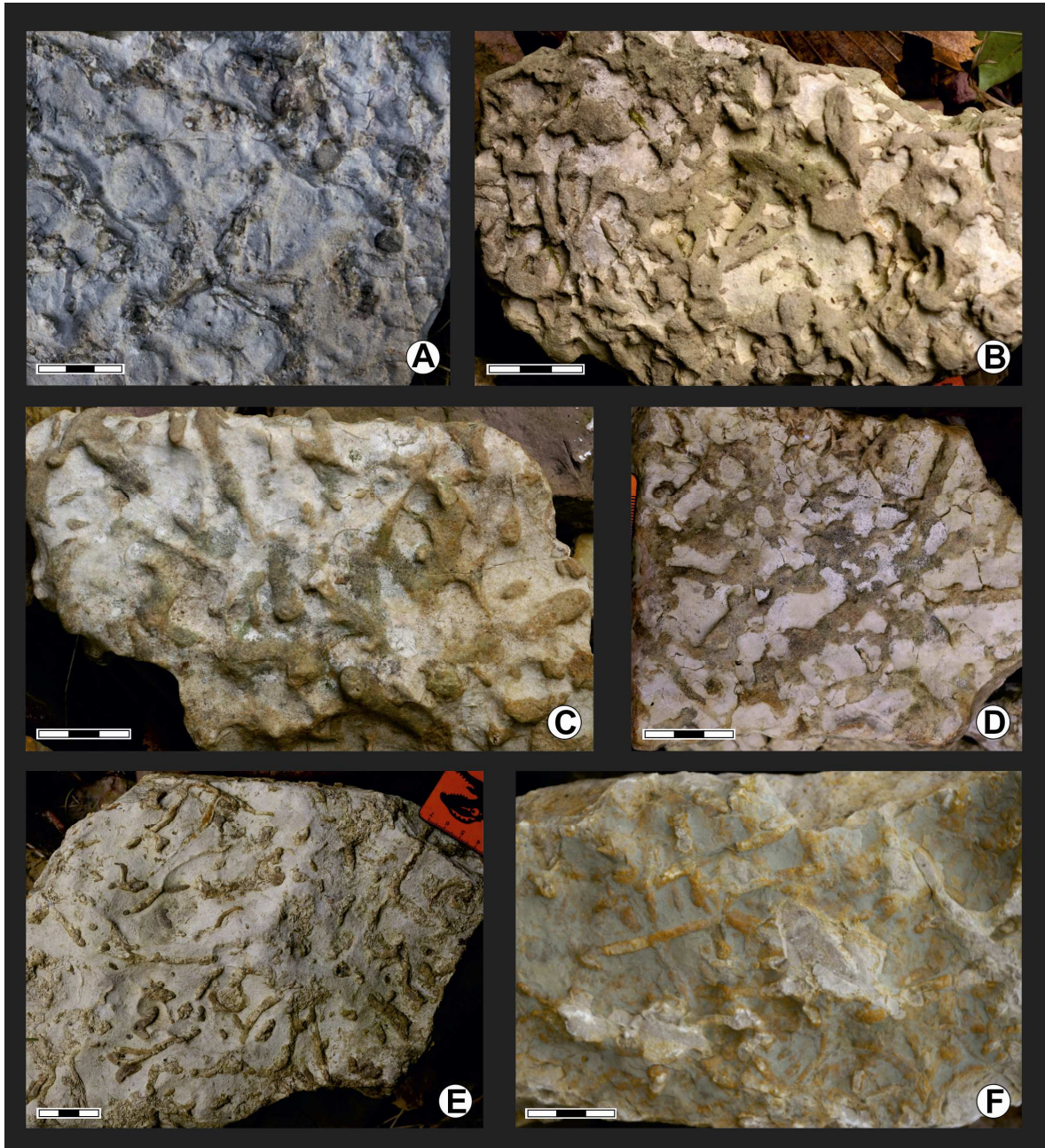
14) Fjuku atsegumā ir sastopama Daugavas svītas kaļķakmeņu-dolomītu pārejas slāņkopa. Paraugos visā griezumā izsekojama aktīva bioturbācija, dominē *Planolites* isp. ar nelielām meandrām (5.29. att.), kas vietām izsekojamas ne tikai horizontālā, bet arī vertikālā dimensijā. Ihnofosilijas veido dažāda diametra (2-10 mm) sistēmas un atsevišķas ejas. Konstatētas vairākas ihnoģintis, *Lockeia* isp. un vertikālas ejas, kas varētu būt pieskaitāmas pie *Diplocraterion* isp., bet horizontālās U-formas ejas pieskaitāmas pie *Rhizocorallium* isp.



5.29. attēls. Pēdu fosilijas Daugavas svītas dolomitizētos kaļķakmeņos no Fjuku atseguma, *Planolites* isp., *Lockeia* isp., *Diplocraterion* isp. un *Rhizocorallium* isp. Mērogs 3 cm.
 Figure 5.29. Trace fossils from the dolomitised limestone of the Daugava Formation in the Fjuki outcrop, *Planolites* isp., *Lockeia* isp., *Diplocraterion* isp. and *Rhizocorallium* isp. Mērogs 3 cm.

15) Atsegumā pie Linovas ciema lielākā daļa ihnofosiliju atrastas nobirās.

Paraugos izsekojamas *Thalassinoides* isp. ejas (5.30. att. A), platumā vidēji 10 mm; tāda paša diametra ejas veido arī vertikālus šahtu pārus, klasificējamās kā *Bifungites* isp. Ietverošās kaļķakmens matricas un eju aizpildījuma atšķirīgā krāsa ļauj secināt, ka organisms pārstrādājis substrātu barojoties, bet pēdu fosilijas saglabājušās noturīgākas pret ārējās vides apstākļiem nekā kaļķakmens matrice.



5.30. attēls. Pēdu fosilijas kaļķakmenī, atsegums pie Linovas ciema, Kuhvas upes krastā.
 A – *Thalassinoides* isp., *Bifungites* isp. vertikālas un horizontālas ejas. B – *Thalassinoides* isp. C – *Planolites* isp., *Thalassinoides* isp. D – *Paleophycos* isp. E – *Thalassinoides* isp. F – *Technichus* isp. Mērogs 3 cm.
 Figure 5.30. Trace fossils in the limestone, outcrop near Linova village, Kuhva River bank.

A, *Thalassinoides* isp., *Bifungites* isp. vertical and horizontal traces. B, *Thalassinoides* isp. C, *Planolites* isp., *Thalassinoides* isp. D, *Paleophycos* isp. E, *Thalassinoides* isp. F, *Technichus* isp. Mērogs 3 cm.

16) Vjadas atsegums ir nepilnus 5 m augsts. Griezuma apakšējo daļu veido apmēram 1 m biezs dolomīta slānis, kuru pārsedz pelēki kaļķakmeņi ar māla starpkārtām. Griezuma daļā starp 3 m un 4,5 m, kaļķakmenī konstatētas *Chondrites* isp. un *Planolites* isp. (5.31. att.) vai tām līdzīgas meandrējošas barošanās ihnofosilijas, kā arī *Thalassinoides* isp. sistēmas daļas un *Lockeia* isp. pēdas.



5.31. attēls. Pēdu fosilijas no kaļķakmeņiem atsegumā Vjadas upes krastā pie Rodovoje ciemata.

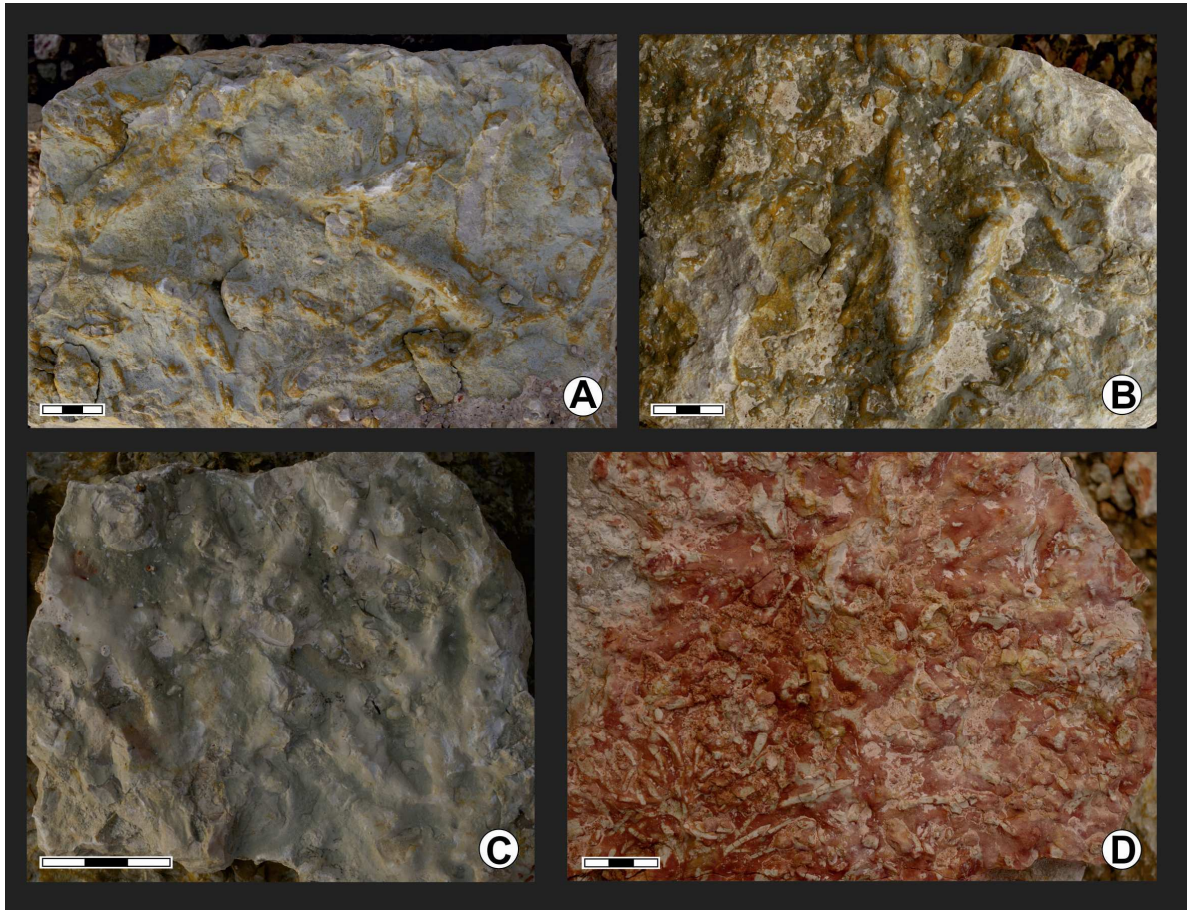
A – *Planolites* isp. B – *Thalassinoides* isp. un *Planolites* isp. C – *Planolites* isp. D – *Lockeia* isp. Mērogs 3 cm.

Figure 5.31. Trace fossils from the limestone cropping out along the bank of the Vjada River near Rodovoje village.

A, *Planolites* isp. B, *Thalassinoides* isp. un *Planolites* isp. C, *Planolites* isp. D, *Lockeia* isp. Mērogs 3 cm.

17) Šabani karjerā kaļķakmens paraugos, kas mijas ar sarkana māla piejaukumu, atrastas daudzveidīgas pēdu fosilijas.

Kaļķakmens paraugos dominē *Thalassinoides* isp. (5.32. att. A, B un C), kas veido Y-veida eju sazarojumu, eju diametrs mainās no 5 līdz 15 mm, bet *Planolites* isp. veido 2-4 mm platas ejas, kas vietām krustojas ar *Thalassinoides* isp. veidotajām ihnofosilijām. Vietām novērojamas aktīvas bioturbācijas pēdas (5.32. att. D), eju diametrs sasniedz 2-4 mm, tās ir taisnas vai nedaudz izliektas, garumā no 0,5 cm līdz 2,5 cm un dažviet U-formas, veidojot *Rhizocorallium* isp. pēdu fosilijas.

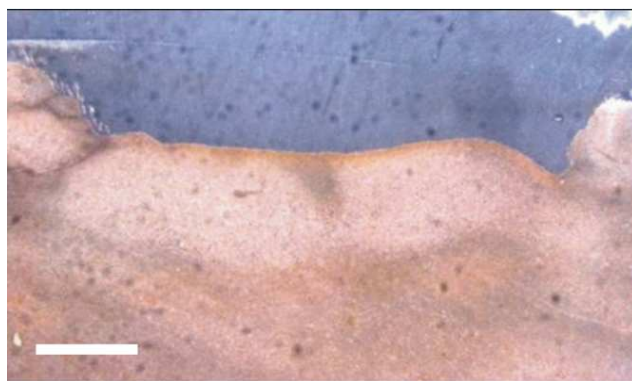


5.32. attēls. Pēdu fosilijas kaļķakmeņos no atradnes pie Novaja Usitva ciemata.
 A – *Thalassinoides* isp. un *Planolites* isp. B – *Thalassinoides* isp. un *Planolites* isp. C – *Thalassinoides* isp.
 D – *Rhizocorallium* isp. Mērogs 3 cm.

Figure 5.32. Trace fossils from the limestone, quarry near Novaya Usitva village.
 A, *Thalassinoides* isp. and *Planolites* isp. B, *Thalassinoides* isp. and *Planolites* isp. C, *Thalassinoides* isp. D,
Rhizocorallium isp. Mērogs 3 cm.

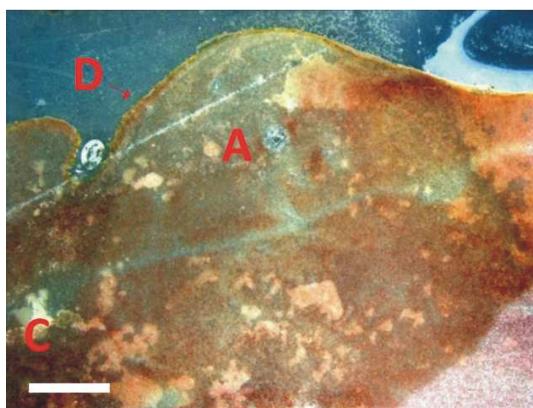
5.1.3. Pēdu fosiliju saglabātības īpatnības Daugavas svītas nogulumos

Karbonātos, īpaši dolomītos ihnofosiliju saglabātība ir zema, pārsvarā redzams tikai pašas ejas reljefs uz slāņa virsmas bez skrāpējumiem, ekstremitāšu nospiedumiem utt., tāpēc, Kalnciema, Tūrkalnes, Remīnes karjeros no iežu monolītu blokiem ar ihnofosilijām tika sagatavoti paraugi pēdu fosiliju saglabātības izpētei. Plānslīpējumi attēloti mikroskopa uzņēmumos, (5.33 un 5.34 att.) no Kalnciema un Remīnes karjeriem, redzams, ka aizpildošais materiāls neatšķiras no ietverošās dolomīta matricas un robeža starp ejas kanālu un ietverošo materiālu vāji izteikta, paraugā saskatāms eju materiāla krāsas tonis ir nedaudz atšķirīgs no ietverošā ieža (5.34. attēls). Gar eju sāniem veidojas atkrāsota virsma (5.35. att.), vairākām ejām ir redzama oksidācijas garoziņa (5.33., 5.34. att.). Plānslīpējumā (5.33. att.) konstatējama neliela eju deformācija slāņa vertikālā virzienā.



5.33. attēls. *Planolites* isp. ejas plānslīpējums, Turkalnes karjera, Daugavas svīta.
Mērogs 5 mm.

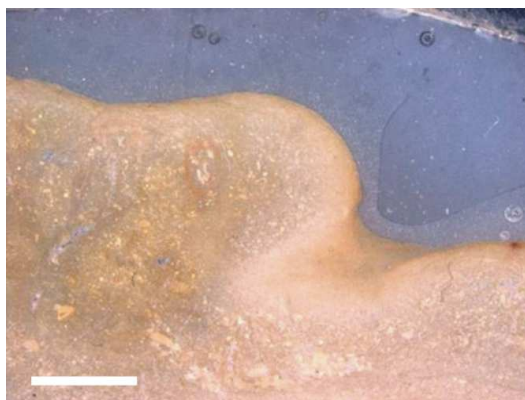
Figure 5.33. Thinsection of *Planolites* isp. from the Daugavas formaton in the Tūrklane quarry. Scale 5 mm.



5.34. attēls. *Planolites* isp. ihnofosilijas Kalnciema karjerā iegūtā parauga plānslīpējums. Mērogs 5 mm.

A – eju aizpildošais materiāls; C – ietverošais iezis; D – eju aptverošā dēdējuma virsma.
Figure 5.34. Thinsection of *Planolites* isp. from the Daugava formaton in the Kalnciems quarry. Scale 5 mm.

A – trace filling material; C – dolomite matrix ; D – weathered surface.



5.35. attēls. Remīnes karjera parauga ihnofosilijas *Planolites* isp. plānslīpējums.
Mērogs 5 mm.

Figure 5.35. Thinsection of *Planolites* isp. from the Daugavas formaton in the Remīnene quarry. Scale 5 mm.

5.1.4. Ogres svītas ģeoloģiskais griezum un pēdu fosilijas

Ogres svītas nogulumi tika pētīti Kalnrēžu atsegumā, kura pamatnē sastopami irdeni dolomītsmilšakmeņi, virzienā uz augšu pieaug dolomītsmilšakmeņu mehāniskā izturība. Atseguma augšējā daļā sastopami masīva plātņaina dolomītsmilšakmens slāņi. Dolomītsmilšakmeņu biežums ir atšķirīgs vairākās atseguma daļās. Dažviet atseguma siena sasniedz līdz 5 m augstumu, apakšējie slāņi ir labi attīrīti upes erodējošās darbības rezultātā. Atseguma augšējā daļa bieži vien klāta ar nobiru materiālu. Atseguma sienai raksturīga iežu masīvu atdalīšanās, kas visvairāk novērojama atseguma augšējā daļā, kur atsedzas masīvas uzbūves dolomītsmilšakmeņi. Atseguma sienas austrumu virzienā atrodas Rembates dolomītsmilšakmeņu karjers, kurā novērojami masīvas uzbūves iežu monolītu blāķi, kas atdalījušies no atseguma sienas.

Pelēcīgi rozīgie un zaļganie dolomītsmilšakmeņi ar porainu uzbūvi ir vieni no dominējošajiem nogulumiem Kalnrēžu atsegumos (5.36. un 5.37. att.). Organismu veidotās ejas ir izvietotas atsevišķu slāņu ietvaros, novērojama gan horizontāla, gan vertikāla bioturbācija.

Ogres svītas ģeoloģiskā griezumā (5.36. att.) Kalnrēžas-1 apraksts:

1. slānis – dolomītsmilšakmens smalkgraudains, pelēks, irdens ar sarkanīgām joslām, vāji bioturbēts. Atsevišķas cauruļveida ejas, diametrā līdz 1 cm. Slānis 0,70 m biezs.

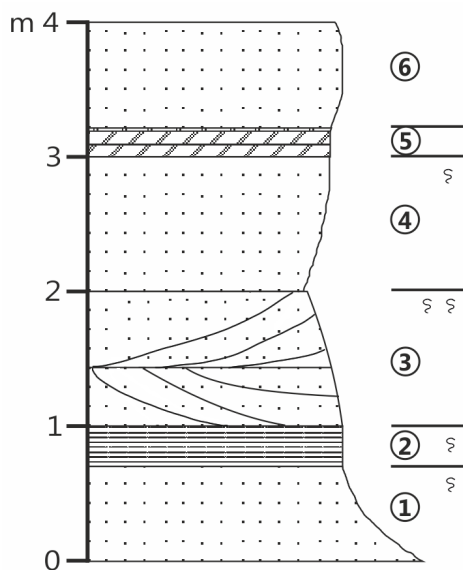
2. slānis – dolomītsmilšakmens smalkgraudains, zaļganpelēks ar iedzeltenām joslām, vāji bioturbēts, apaudzis ar sūnām, ar labāku cementācijas pakāpi nekā iepriekšējam slānim, ir saskatāms horizontāls slāņojums. Atsevišķas ejas, diametrā līdz 2 cm. Slānis 0,30 m biezs.

3. slānis – dolomītsmilšakmens smalkgraudains, zaļgani pelēks ar rozā kārtiņām, bioturbēts, ar izteiktu muldveida slīpslāņojumu. Atsevišķas ejas nelielas, līdz 1 cm diametrā. Slānis 1,00 m biezs.

4. slānis – dolomītsmilšakmens smalkgraudains, rozgani pelēks ar zaļganām kārtiņām, vāji bioturbēts. Slānis 0,95 m biezs.

5. slānis – dolomītsmilšakmens plātņains, pelēks. Slāņa biežums ir 0,20 m.

6. slānis – dolomītsmilšakmens masīvs, pelēksarkans. Slānis vismaz 0,80 m biezs.



5.36. attēls. Ogres svītas ģeoloģiskais griezumā Kalnrēžu-1 atsegumā. Apzīmējumus skatīt 5.1. attēlā.

5.36. Geological section of the Ogře Formation in the Kalnrēžas-1 outcrop. Legend in the Fig. 5.1.

Smilšakmenim no griezumiem Nr. 1 un Nr. 2 tika aprēķinātas ihnotekstūras indeksa vērtības. Indeksa aprēķināšana tika veikta sākot ar atseguma apakšējiem slāņiem virzienā uz augšu. Ihnotekstūras indeksa novērtēšanai tika izmantoti laukumi 30 x 30 cm. Griezumā Nr. 1 bioturbācija (5.36. att.) ir konstatēta 1., 2., 3. un 4. slānī līdz 3 m augstumam. Apakšējais irdenais slānis ir visvājāk bioturbēts ar atsevišķām izolētām pēdu

fosilijām. Visintensīvāk bioturbētais ir 3. slānis ar raksturīgu muldveida slīpslāņojumu, kas daļēji izjaukts organismu darbības rezultātā.

Ogres svītas ģeoloģiskā griezumā (5.37. att.) Kalnrēžas-2 apraksts:

1. slānis dolomītsmilšakmens smalkgraudains, zaļganpelēks, irdens. Atsevišķas neliela izmēra ejas. Slānis 0,30 m biezs.

2. slānis dolomītsmilšakmens smalkgraudains, zaļgani pelēcīgs ar vāji izteiktu horizontālu slāņojumu, vietām sastopamas organismu ejas. To diametrs ir lielāks nekā 1. slānī. Slānis 0,20 m biezs.

3. slānis dolomītsmilšakmens smalkgraudains, pelēks ar slīpslāņojumu, organismu eju ir vairāk nekā citos slāņos. Slānis 0,30 m biezs.

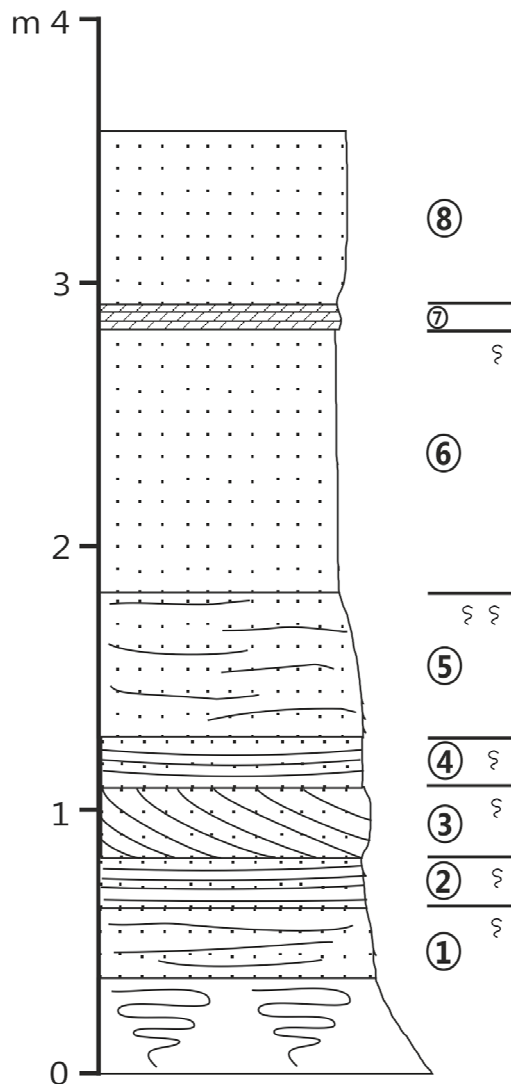
4. slānis dolomītsmilšakmens smalkgraudains, zaļgani pelēcīgs ar horizontālu slāņojumu, sastopamas organismu ejas. Slānis 0,20 m biezs.

5. slānis dolomītsmilšakmens smalkgraudains, gaiši pelēks ar zaļganu starpslāņu miju, slānis aktīvi bioturbēts. Dolomītmilšakmenim raksturīga nevienmērīga uzbūve, dēdēšanas virsma ir rievota. Slānis 0,60 m biezs.

6. slānis dolomītsmilšakmens, masīvs vāji bioturbēts. Slānis 1,10 m biezs.

7. slānis dolomīts plātņains, pelēks. Slāņa biezums ir 0,15 m.

8. slānis dolomītsmilšakmens biezs masīvs pelēks. Slāņa biezums ir 0,40 m.



5.37. attēls. Ogres svītas ģeoloģiskais griezumā Kalnrēžu-2 atsegumā. Apzīmējumus skatīt 5.1. attēlā.

Figure 5.37. Geological section of the Ogre Formation in the Kalnrēžas-2 outcrop. Legend in the Fig 5.1.

Griezumā Nr. 2 slāņos līdz 2,70 m augstumam pārsvarā sastopamas atsevišķi izolētas pēdu fosilijas, šie slāņi tikuši raksturoti ar ihnotekstūras indeksu 2. Lai gan šiem slāņiem raksturīga ihnotekstūras indeksa vērtība 2, bioturbācijas intensitāte ir atšķirīga. Virzienā no apakšas uz augšu bioturbācijas intensitāte pieaug. Dažviet slāņos novērojamas arī ejas, kas pārklājas. Visintensīvāk bioturbēts ir 5. slānis. Šo slāni veido dolomītsmilšakmeņi ar zaļganu un rozganu kārtiņu miju, nogulumu slānis atrodas aptuveni 1 m augstumā virs upes līmeņa un atsedzas vairākos Kalnrēžu atseguma posmos. Šim slānim raksturīga plaisainība un viļņota uzbūve. Ieža nevienmērīgās uzbūves dēļ ihnotekstūras indeksa vērtības novērtēšana bieži vien ir problemātiska.

Griezumā Nr. 1 visintensīvākā bioturbācija novērojama tieši slānī ar muldveida slīpslāņojumu. Griezumā Nr. 2 visintensīvāk bioturbēti ir smilšakmeņi ar raksturīgu horizontālu slāņojumu vai slīpslāņojumu.

Smilšakmeņim no griezumiem Nr. 1 un Nr. 2 tika aprēķinātas ihnotekstūras indeksa vērtības. Indeksa aprēķināšana tika veikta sākot ar atseguma apakšējiem slāņiem virzienā uz augšu. Ihnotekstūras indeksa novērtēšanai tika izmantoti laukumi 30 x 30 cm. Griezumā Nr. 1 bioturbācija ir konstatēta 1., 2., 3. un 4. slānī līdz 3 m augstumam. Apakšējais irdenais slānis ir visvājāk bioturbēts ar atsevišķām izolētām pēdu fosilijām. Visintensīvāk bioturbētais ir 3. slānis ar raksturīgu muldveida slīpslāņojumu, kas daļēji izjaukts organismu darbības rezultātā.

Griezumā Nr. 2 slāņos līdz 2,70 m augstumam pārsvarā sastopamas atsevišķi izolētas pēdu fosilijas, šie slāņi tikuši raksturoti ar ihnotekstūras indeksu 2. Lai gan šiem slāņiem raksturīga ihnotekstūras indeksa vērtība 2, bioturbācijas intensitāte ir atšķirīga. Virzienā no apakšas uz augšu bioturbācijas intensitāte pieaug. Dažviet slāņos novērojamas arī ejas, kas pārklājas. Visintensīvāk bioturbēts ir 5. slānis. Šo slāni veido dolomītsmilšakmeņi ar zaļganu un rozganu kārtiņu miju, nogulumu slānis atrodas aptuveni 1 m augstumā virs upes līmeņa un atsedzas vairākos Kalnrēžu atseguma posmos. Šim slānim raksturīga plaisainība un viļņota uzbūve. Ieža nevienmērīgās uzbūves dēļ ihnotekstūras indeksa vērtības novērtēšana bieži vien ir problemātiska. Tāpat kā griezumā Nr. 1, apakšējiem irdenajiem smilšakmeņiem raksturīga vāja bioturbācija. Virzienā uz augšu bioturbācijas intensitāte pieaug. Bioturbētajos slāņos novērojamas arī sedimentācijas tekstūras – slīpslāņojums un horizontāls slāņojums, kas daļēji izjaukts bioturbācijas rezultātā.

Ogres svītas nogulumos Kalnrēžu atsegumā ihnotekstūras indekss 2 ir dominējošais. Slāņu ietvaros bioturbācija ir izplatīta samērā vienmērīgi, nav vērojama bioturbācijas koncentrēšanās slāņu augšējā vai apakšējā daļā.

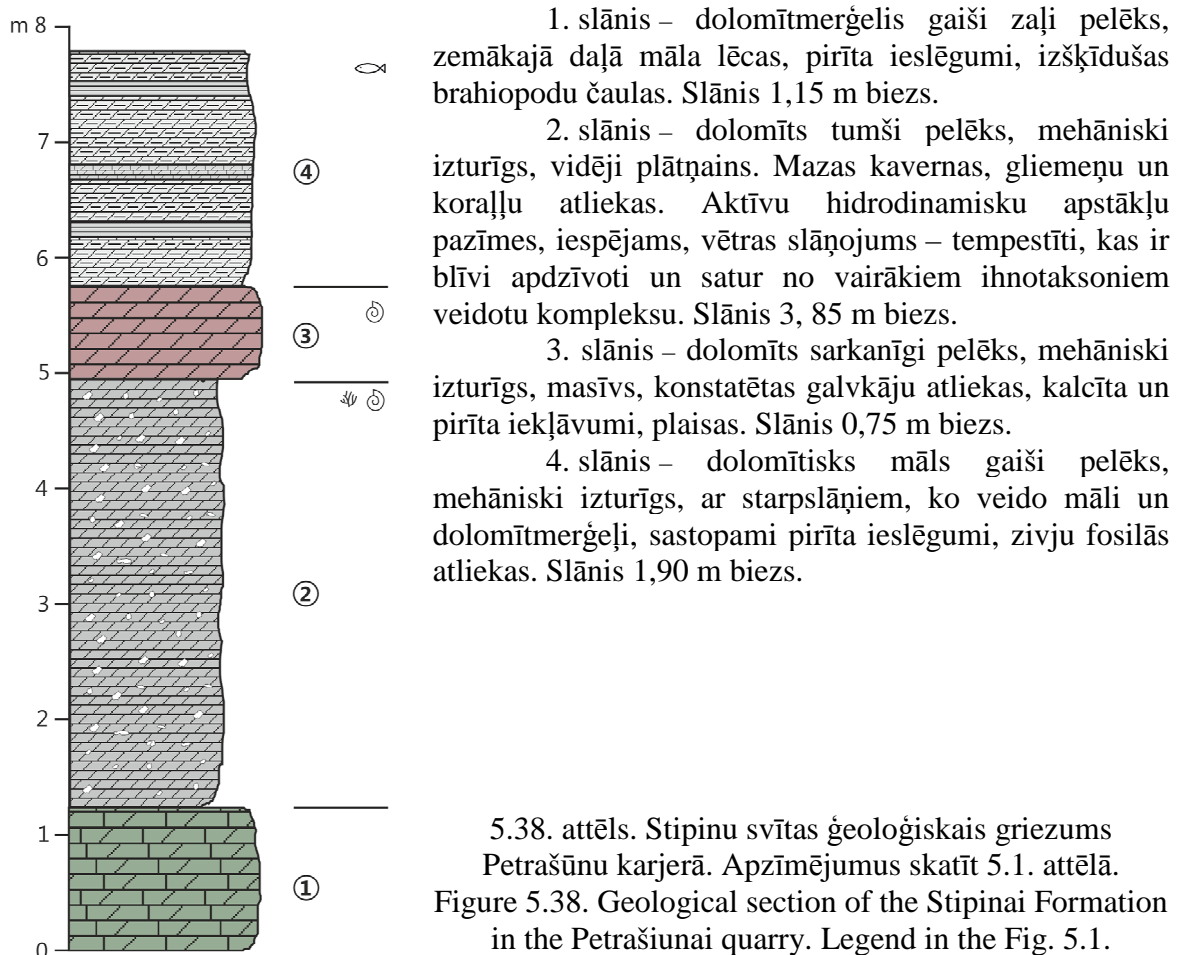
Griezumā Nr. 1 visintensīvākā bioturbācija novērojama tieši slānī ar muldveida slīpslāņojumu. Griezumā Nr. 2 visintensīvāk bioturbēti ir smilšakmeņi ar raksturīgu horizontālu slāņojumu vai slīpslāņojumu. Masīvas uzbūves nogulumos bioturbācija ir vāji izplatīta. Plaši izplatīta bioturbācija norāda uz relatīvi lēnu nogulu uzkrāšanās ātrumu, kas pieļāva intensīvu nogulu pārstrādāšanu organismu darbības ietekmē (Fürsich, 1975). Pretēji tam, Kalnrēžu atsegumā dolomītsmilšakmeņu slāņiem raksturīgs muldveida slīpslāņojums, kas norāda uz aktīvu hidrodinamisko režīmu.

5.1.5. Stipinu svītas ģeoloģiskais griezum un pēdu fosilijas

Stipinu svītas nogulumi ir izplatīti mazākā teritorijā nekā jau apskatītās stratigrāfiskās vienības, turklāt Latvijas teritorijā tā atsedzas tikai nedaudz vietās. Tā sastāv no dolomītiem ar smilšakmeņu, aleirolītu, mālu un ģipšu starpkārtām, kas satur dažādu bezmugurkaulnieku atliekas, kā arī pēdu fosilijas, kas ir pētītas divās vietās Lietuvā (4.1. att.).

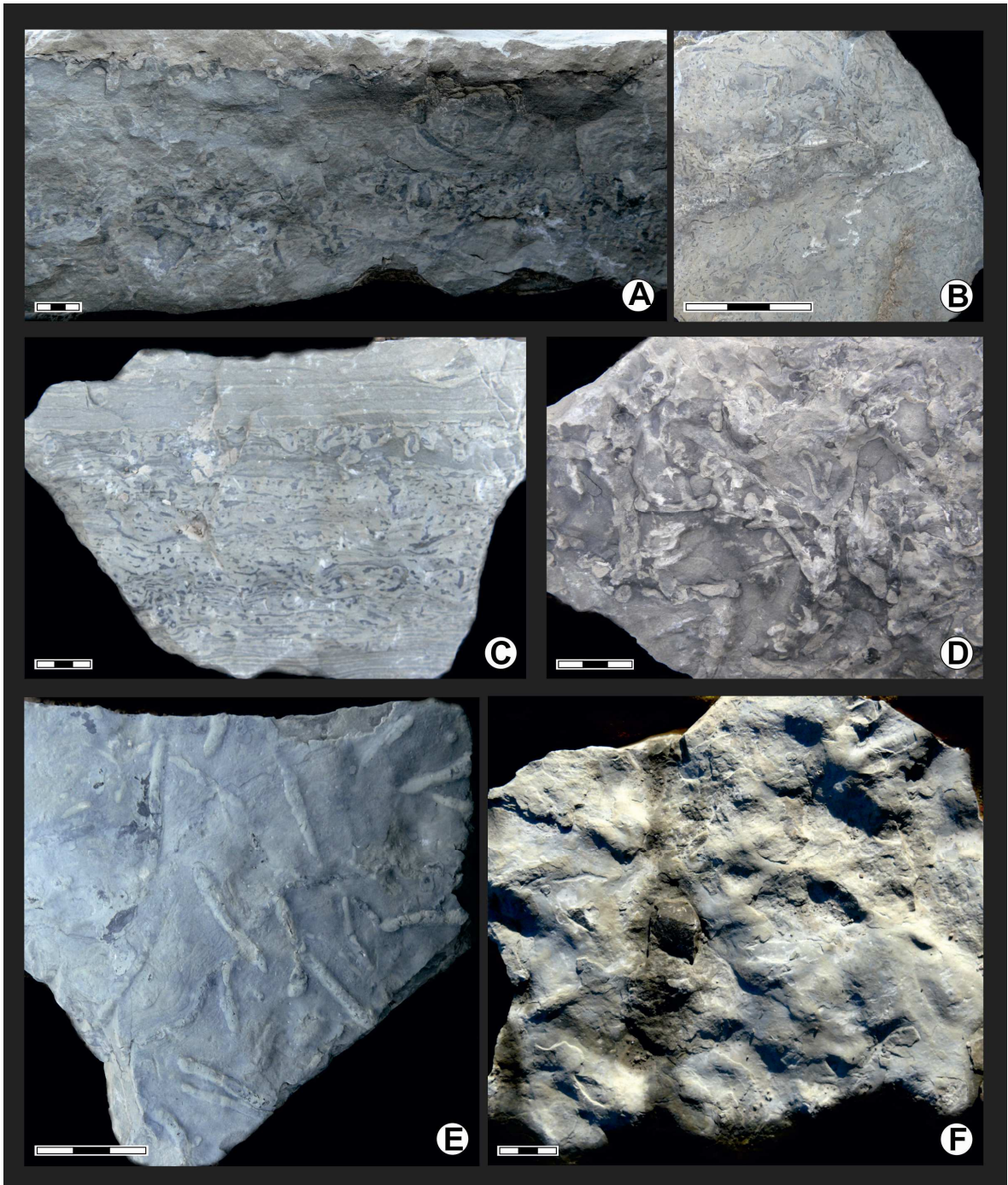
1) Petrašūnu atradnē Stipinu svītas nogulumus veido tumši pelēks dolomīts ar kavernām, konstatēti pirīta kristāli un koraļļi, kā arī citas makrofosilijas (5.38. att.). Karjera dibenā griezuma apakšējo daļu veido māli un dolomītmerģeļi.

Tumši pelēkais dolomīts griezuma apakšējā daļā satur pazīmes, kas ļauj interpretēt to kā tempestītus. Šajā dolomītā ir sastopamas gan normāla sāļuma jūrai raksturīgo koraļļu un nelielu gliemeņu atliekas, gan konstatēts bagātīgs pēdu fosiliju komplekss.



Tempestīti ir bijuši blīvi apdzīvoti, tajos konstatētas atsevišķas *Arenicolites* isp., *Chondrites* isp., *Skolithos* isp., *Palaeophycos* isp., kā arī *Planolites* isp. un *Thalassinoides* isp. eju sistēmas. *Arenicolites* iehoģints pēdu fosilijas raksturīgas smilšainiem nogulumiem, bet reizēm sastopamas arī karbonātiskās nogulās. Bioturbācija ir bijusi visai aktīva, tomēr atsevišķas ejas vienmēr ir labi saskatāmas (5.39. att. C).

2) Klovaiņu karjerā Stipinu svītas dolomītos ir redzamas *Thalassinoides* isp. (5.40. att. A) un vietām parādās tievākas, nedaudz meandrējošas ejas, kas varētu piederēt *Planolites* isp. Šeit sastopamas vidēji 1 cm garas *Lockeia* isp. ihnofosilijas (5.40. att. B) un U-formas haotiski izvietotas ejas *Diplocraterion* isp. (5.40. att. C).

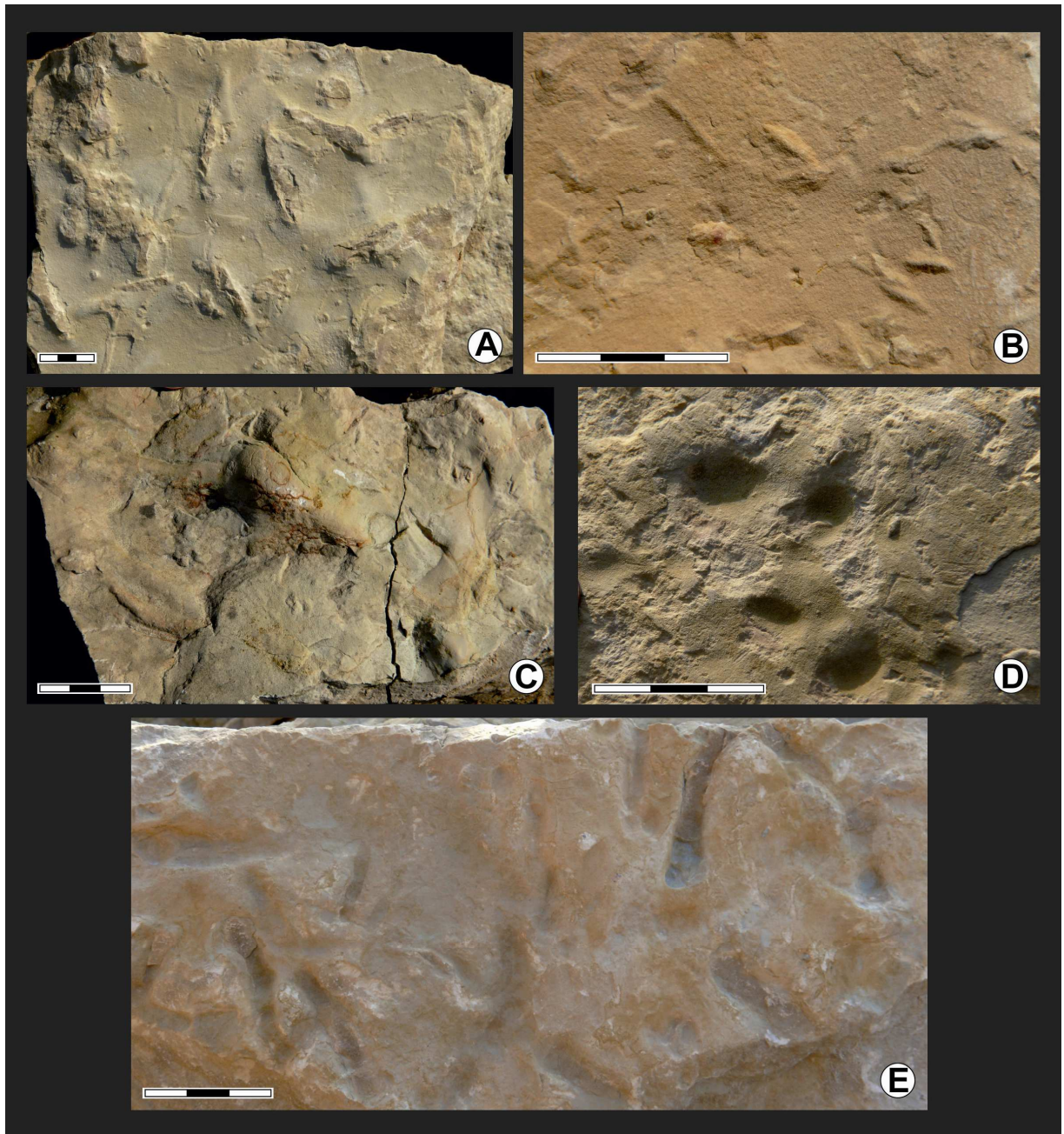


5.39. attēls. Ihnofosilijas no Stipinu svītas dolomītiem Petrašūnu karjerā.

A – *Arenicolites* isp., B – *Chondrites* isp., C – *Skolithos* isp., D – *Palaeophycos* isp., E – *Planolites* isp., F – *Thalassinoides* isp., *Planolites* isp. Mēroga lineāla garums ir 3 cm.

Figure 5.39. Ichnofossils from dolomites of the Stipinai Formation, Petrašiunai quarry.

A, *Arenicolites* isp. B, *Chondrites* isp. C, *Skolithos* isp. D, *Palaeophycos* isp. E, *Planolites* isp. F, *Thalassinoides* isp., *Planolites* isp. Scale 3 cm.



5.40. attēls. Stipinu svītas iħnofosilijas no Klovaiņu dolomīta atradnes.
 A – *Thalassinoides* isp. B – *Lockeia* isp. C – *Diplocraterion* isp. D – *Bergaueria* isp. vai
 brahiopodu čaulas nospiedums, *Lockeia* isp. E – *Rhizocorallium* isp. Mērogs 3 cm.
 Figure 5.40. Ichnofossils from the Stipinai Formation, Klovainiai quarry.
 A, *Thalassinoides* isp. B, *Lockeia* isp. C, *Diplocraterion* isp. D, *Bergaueria* isp. or print of
 brachiopod shells, *Lockeia* isp. E, *Rhizocorallium* isp. Scale 3 cm.

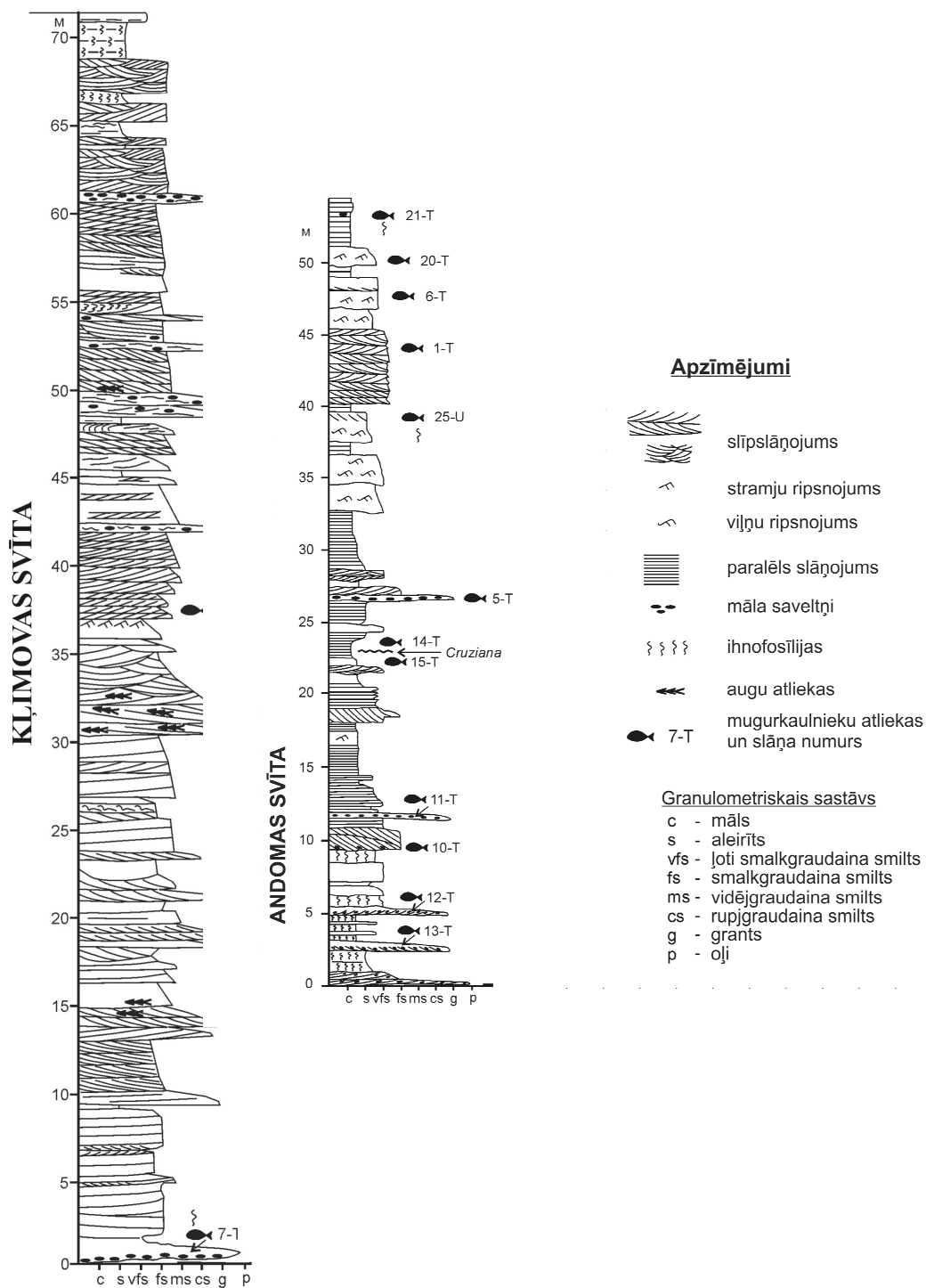
5.1.6. Andomas un Kļimovas svītas ģeoloģiskais griezumums un pēdu fosilijas

Andomas svīta pārsedz Pavļikovas svītas nogulumus. Tās sastāvu veido smalki līdz ļoti smalkgraudaini smilšakmeņi un smiltis, māls, aleirolīti, vidēji un rupjgraudaini smilšakmeņi, konglomerāts ar māla lēcām un zivju kauliem. Pie pamatnes dominē kvarca smilšakmeņi un aleirolīts, kas mijas, veidojot 3 līdz 5 cm biezas kartiņas, bet augstāk seko pārsedzošas mālainas nogulas. Smilšainas nogulas raksturo dažādas nogulumiežu struktūras, piemēram, zemūdens kāpas, līdz 1 m biezi slāņi ar lamināru ripsnojumu. Andomas svītas nogulumiežu sastāvs un dažādās struktūras ļauj uzskatīt, ka nogulas veidojušās plūdmaiņu zonā (Tovmasyan, Stinkulis, 2008).

Kļimovas svītu veido smalks līdz vidējgraudains, gaiši rozā smilšakmens ar retiem starpslāņiem un konglomerātiem, kas labi izsekojami gan ziemeļu, gan dienvidrietumu atsegumos. Ihnofosilijas Kļimovas svītā atrodamas daudz retāk nekā Andoma svītā, tās sastop tikai divos augšējos aleirolīta slāņos. Mugurkaulnieku fosilijas galvenokārt konstatētas Kļimovas svītas pašā apakšējā daļā un sastāda lielāko daļu no Andomas kalna teritorijas atrastajām mugurkaulnieku fosilijām, ko papildina arheopterīdu augu atliekas, gliemenes un gliemeži (Snigirevskaya, Snigirevsky, 2001).

Vairāk nekā 20 pētījumu vietās tika konstatētas fosilijas, bet tikai dažās no tām atrastas ihnofosilijas. Liela daļa no materiāla tiek glabāta Latvijas Dabas muzejā kolekcijā Nr LDM PI 14 un Sanktpēterburgas Universitātē, kolekcijas Nr 65.

3. atradne atrodas pie Andoma kalna ziemeļu malas, ziemeļos no Gnevashevskaya ciemata. Andoma svītas nogulumi pārstāvēti gandrīz pilnīgā griezumā, bet Kļimovas svītu pārstāv apakšējā un vidusdaļa. Andomas svītas nogulumi ir stipri glacitektoniski traucēti, tie iegūļ 85° leņķī, bet Kļimovas svītas smilšakmeņi ir mazāk traucēti. Andomas svītas apakšējā daļa (intervāls 2,3-2,5 m virs apakšējās robežas) sastāv no brūngani violeta mālaina aleirolīta slāņa, kurā izsekojama aktīva bioturbācija.



5.41. attēls. Andomas un Kļimovas svītu griezumus Andomas kalnā Oņegas ezera krastā (vienkāršots pēc: Ivanov et al., 2006).

Figure 5.41. Geological section of the Andoma and Klimovskaya formations cropping along the coast of Onega Lake at Andoma Hill (simplified after: Ivanov et al., 2006).

Nākamais intervāls ar labi izsekojamu bioturbāciju ir aleirolīti (4,4-5,1 m). Slāņa apakšējo daļu veido mālainais aleirolīts ar brūnganu violetu nokrāsu, kurā izsekojamas retas, garas alas ar aptuveno diametru 2 cm, kas turpinās apmēram 40 cm dziļi. Biezs sarkanbrūna aleirolīta slānis ir diezgan intensīvi bioturbēts, ar eju diametru apmēram 1 cm.

4. atradne – Andomas kalna dienvidrietumu daļā aptuveni 250 m attālumā no Larkovo ciemata atsedzas Andomas svītas nogulumu. Glaciotektoniskās darbības rezultātā nogulumu stipri traucēti arī šeit. Dažus centimetrus zem atseguma augšējās robežas, kopā ar mugurkaulnieku paliekām konstatētas neliela izmēra ihnofosilijas *Phycodes* isp. Aleirolīti veido aptuveni 70 cm biezu slāni zem slāņa ar *Phycodes*, tajā ir sastopamas nelielas *Skolithos* tipa ihnofosilijas aptuveni 50 cm zem Andoma svītas augšējās robežas. *Skolithos* ejas veido 2-3 mm diametru un iesniedzas 1,5-2 cm dziļumā, vertikālās alas ir biežas, tās atrodas 1,2-2 cm attālumā viena no otras. Vietumis mālaino noguldījumu augšējā virsmā atrodamas horizontālas ar smiltīm aizpildītas *Planolites* isp. ejas ar diametru 2-3 mm, kas neveido tīklu.

5. atradne – atrodas Andomas kalna dienvidrietumu malā, apmēram vienādā attālumā no Larkovas un Kļimovas ciematiem. Lielākā daļa no Andoma svītas un Kļimovas svītas apakšējā daļā veido augstu atsegumu. Slānis, kuru veido smilšu un māla materiāls, ir bagātīgs ar zivju fosilijām, satur samērā daudzveidīgu ihnofosiliju kompleksu.

8. atsegums atrodas Andomas kalna dienvidrietumu malā, iepretim Kļimovas ciematam. Liela daļa fosiliju paraugu ir savākti nobirās ezera krastā. Domājams, ka fosilijas pārvietojušās no Andomas svītas vidusdaļas un atbilst daudzveidīgām ihnofosilijām.

1) Andomas svīta pārsedz Pavļikovas svītas nogulumus. Tās sastāvu veido smalki līdz ļoti smalkgraudaini smilšakmeņi un smiltis, māls, aleirolīti, vidēji un rupjgraudaini smilšakmeņi, konglomerāts ar māla lēcām un zivju kauliem. Apakšējā daļā ir organismu intensīvas darbības pēdas, no kopējā apjoma nogulas parveidotas aptuveni 20%, bioturbācijas indekss līdz 3 (pēc Reineck, Singh, 1973). No fosilā materiāla konstatētas zivju atliekas *Bothriolepis* cf. *cellulosa* (Pander), daži bezmugurkaulnieki, piemēram, gliemenes, gliemeži un lingulīdi, kā arī augu atliekas. Andomas svītas vidusdaļā konstatētas ihnofosilijas: *Cochlichnus*, *Cruziana*, *Diplocraterion*, *Glockerichnus*, *Lockeia*, *Paleophycus*, *Planolites*, *Rusophycus*, *Skolithos*, *Teichichnus* un *Undichna*. Andoma svītas nogulumu tika pakļauti glaciotektoniskajiem procesiem, slāņi vietām stipri sagāzti, gandrīz vertikāli.

2) Kļimovas svītu veido smalks līdz vidējgraudains, gaiši rozā smilšakmens ar reti starpslāņiem un konglomerātiem, kas labi izsekojami gan ziemeļu, gan dienvidrietumu atsegumos. Ihnofosilijas Kļimovas svītā atrodamas daudz retāk nekā Andoma svītā, tās sastop tikai divos augšējos aleirolīta slāņos. Mugurkaulnieku fosilijas galvenokārt konstatētas Kļimovas svītas pašā apakšējā daļā un sastāda lielāko daļu no Andomas kalna teritorijas atrastajām mugurkaulnieku fosilijām, ko papildina arheopterīdu augu atliekas, gliemenes un gliemeži (Snigirevskaya, Snigirevsky, 2001).

Vairāk nekā 20 pētījumu vietās tika konstatētas fosilijas, bet tikai dažās no tām atrastas ihnofosilijas. Liela daļa no materiāla tiek glabāta Latvijas Dabas muzejā kolekcijā Nr LDM PI 14 un Sanktpēterburgas Universitātē, kolekcijas Nr 65.

3. atradne - atrodas pie Andoma kalna ziemeļu malas, ziemeļos no Gnevashevskaya ciemata. Andomas svītas apakšējā daļa (intervāls 2,3-2,5 m virs apakšējās robežas) sastāv no brūngani violeta mālaina aleirolīta slāņa, kurā izsekojama aktīva bioturbācija. Atsevišķas pēdas identificējas kā *Skolithos* ejas 3-16 mm diametrā un

vairāku desmitu cm garas. Virsējo, brūngani smalko smilšakmeni bioturbējušas *Skolithos* ejas ir ar aptuveni 6 mm diametru.

Biezs sarkanbrūna aleirolīta slānis ir diezgan intensīvi bioturbēts, ar eju diametru apmēram 1 cm. Sarkanbrūna aleirolīta (aptuveni 30 cm bieza) virsējā slānī konstatētas daudz seklas un plašas alas, kas var sasniegt 2,5 cm diametrā un nepārsniedz 5 cm dziļumā, savukārt horizontālas ejas konstatētas uz apakšējās virsmas.

4. atradne – Andomas kalna dienvidrietumu daļā aptuveni 250 m attālumā no Larkovo ciemata atsedzas Andomas svītas nogulumi. Glaciotektoniskās darbības rezultātā nogulumi stipri traucēti arī šeit. Dažus centimetrus zem atseguma augšējās robežas, kopā ar mugurkaulnieku paliekām konstatētas neliela izmēra ihnofosilijas *Phycodes* isp. Aleirolīti veido aptuveni 70 cm biezu slāni zem slāņa ar *Phycodes*, tajā ir sastopamas nelielas *Skolithos* tipa ihnofosilijas aptuveni 50 cm zem Andoma svītas augšējās robežas. *Skolithos* ejas veido 2-3 mm diametru un iesniedzas 1,5-2 cm dziļumā, vertikālās alas ir biežas, tās atrodas 1,2-2 cm attālumā viena no otras. Vietumis mālaino noguldījumu augšējā virsmā atrodamas horizontālas ar smiltīm aizpildītas *Planolites* isp. ejas ar diametru 2-3 mm, kas neveido tīklu.

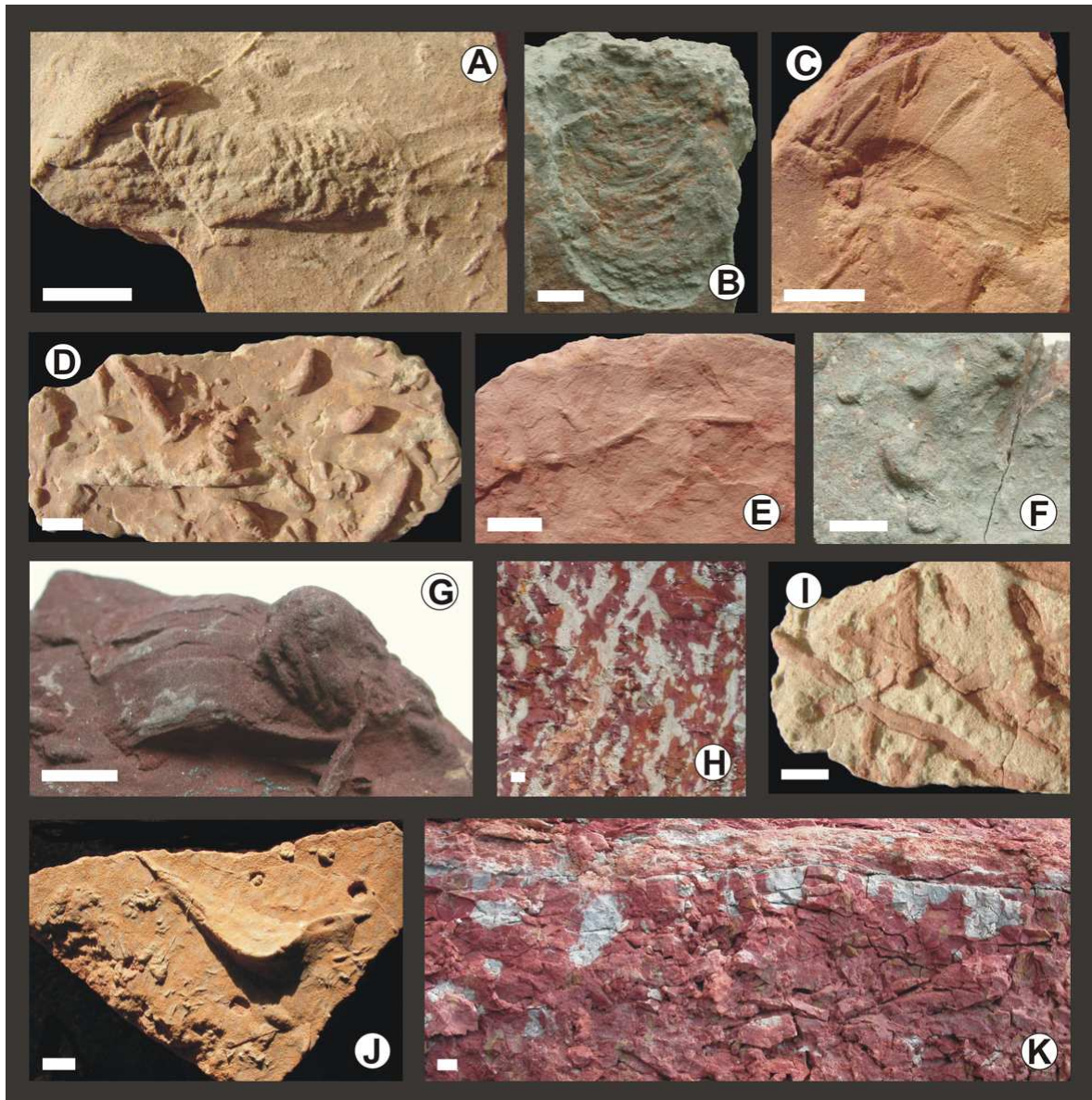
5. atradne - atrodas Andomas kalna dienvidrietumu malā, apmēram vienādā attālumā no Larkovas un Kļimovas ciematiem. Lielākā daļa no Andoma svītas un Kļimovas svītas apakšējā daļā veido augstu atsegumu. Slānis, kuru veido smilšu un māla materiāls, ir bagātīgs ar zivju fosilijām, satur samērā daudzveidīgu ihnofosiliju kompleksu - *Cochlichnus*, *Cruziana*, *Monomorphichnus*, *Paleophycus* un *Planolites* un žūšanas plaisas.

8. atsegums atrodas Andomas kalna dienvidrietumu malā, iepretim Kļimovas ciematam. Liela daļa fosiliju paraugu ir savākti nobirās ezera krastā. Domājams, ka fosilijas pārvietojušās no Andomas svītas vidusdaļas un atbilst daudzveidīgām ihnofosilijām, ko pārstāv *Cochlichnus*, *Cruziana*, *Diplocraterion*, *Glockerichnus*, *Lockeia*, *Paleophycus*, *Planolites*, *Rusophycus*, *Skolithos*, *Teichichnus* un *Undichna* ihnoģintis. Andoma svītas augšējā daļā, apmēram 17 m zem robežas ar virsējo Klimovas svītu, ir *in situ* atrasti smilšakmens slāņi ar bagātīgu *Diplocraterion* un retāk *Skolithos*.

Bioturbācijas indekss (pēc Reineck, Singh, 1973) tika sagatavots slāņiem no S8, 2-T, rezultāti apkopoti tabulā 5.1.

5.1. tabula. Bioturbācijas indekss paraugos no S8 atseguma
Table 5.1. Ichnofabric index samples from outcrop S8

Nr.	Paraugi	Bioturbācija (%)	Bioturbācijas indekss
1	Pl 14/50 augšējā virsma	20,6	2
2	Pl 14/50 apakšējā virsma	35,6	3
3	Pl 14/51	2,5	1
4	Pl 14/52	27,0	2
5	Pl 14/56	28,6	2
6	Pl 14/57	15,8	2



5.42. attēls. Ichnofosilijas no Andomas kalna, Onegas ezers, Krievija; visi paraugi no augšējā devona Andomas svītas.

A, *Cruziana* isp. LDM PI 14/53. B, *Diplocraterion paralellum* LDM PI 14/61. C, *Glockerichnus* isp. LDM PI 14/50. D, *Lockeia silliquaria*, *Palaeophycus tubularis* LDM PI 14/60. E, *Planolites beverleyensis* specimen No LDM PI 14/54. F, *Phycodes* isp. LDM PI 14/64. G, ?*Rusophycus* isp. LDM PI 14/58. H, *Skolithos* māla nogulumi. I, *Teichichnus rectus* LDM PI 14/55. J, *Undichna* isp. LDM PI 14/50. K, *Skolithos* traces *in situ*. Mērogs 3 cm.

Figure 5.42. Ichnofossils from Andoma Hill, Onega Lake, Russia; all specimens from the Upper Devonian Andoma Formation.

A, *Cruziana* isp. LDM PI 14/53. B, *Diplocraterion paralellum* LDM PI 14/61. C, *Glockerichnus* isp. LDM PI 14/50. D, *Lockeia silliquaria*, *Palaeophycus tubularis* LDM PI 14/60. E, *Planolites beverleyensis* specimen No LDM PI 14/54. F, *Phycodes* isp. LDM PI 14/64. G, ?*Rusophycus* isp. LDM PI 14/58. H, *Skolithos* in the clayey deposits. I, *Teichichnus rectus* LDM PI 14/55. J, *Undichna* isp. LDM PI 14/50. K, *Skolithos* traces *in situ*. Scale 3 cm.

5.2. Sistemātiskā daļa

Amphorichnus Männil, 1966

Amphorichnus isp.

Atrodne un vecums. Kalkahju atsegums, Sņetnaja Goras slāņi.

Apraksts: Līdz šim nav detāli pētīta un aprakstīta, līdzīga iħnoģintij *Gastrochaenolites* Leymerie. Ejas forma atgādina vāzi vai amforu, tā ir iegarena, sfēriska, līdzīgas ejas veidojas mīkstajās nogulās. Domājams, ka tās ir organismu, kas pārtiek no pārfiltrētā nogulu materiāla, dzīvošanas pēdas (Männil, 1966).

Arenicolites Santer, 1857

Arenicolites isp.

Attēls. 5.39.A.

Atrodne un vecums. Petrašūnu karjers, Stipinu svīta.

Apraksts: Nogulumu virsmā veido dažus milimetrus platas līdz vairāk nekā 10 mm garas ejas, iħnotaksons pārstāv atsevišķas vai sakopotas ejas, īsas, taisnas bez konkrētas orientācijas. Aprakstītās struktūras var izskaidrot šķērsgrūzums, kas veido U-veida formas pēdas. Skaidrojamas kā domihnijas. Ejas varēja veidoties pēkšņas nogulumu uzkrāšanās laikā, piemēram, vētras vai aktīva ūdens dinamiskajos apstākļos, tempestītos, bieži sastop kopā ar *Skolithos* iħnoģints ejām (Mikuláš, 1996).

Bergaueria Prantl, 1945

Bergaueria isp.

Attēli. 5.3.A.; 5.11.A.; 5.18.B; 5.40.D

Atrodne un vecums. Kalkahju atsegums, Sņetnaja Goras svīta; Sņetnaja Goras atsegums, Sņetnaja Goras slāņi.

Apraksts. Relatīvi sekla, līdz dažiem centimetriem garas, pussfēriskas, koniskas formas ejas, var būt cilindriskas. Sastop vienu, dažas vai veselas populācijas slāņu virsmās. Virsma veido noapaļotu, gludu hiporeliefu vai pilnu reliefu, ar diametru, kas nav mazāks par 5 mm, bet vidēji no 10 mm līdz 20 mm. Eju sienas ir homogēnas, nav novērojamas struktūras, reizēm izšķirams viegls viļņojums. *Bergaueria* iħnofosilijas sastop kaļķakmeņos, retāk dolomītos, tās veidojušās seklos ūdeņos; domājams, ka ejas atstājušas koraļļu polipu bezskeleta formas, kas līdzīgas mūsdienu jūras anemonēm. Pieskaitāmas pie dzīvošanas (*domihnijas*) un atpūtas vai slēpšanās (*kubihnijas*) pēdām (Pemberton et al., 1988).

Bifungites Desio, 1940

Bifungites isp.

Attēli. 5.3.E; 5.28.E

Atrodne un vecums. Sņetnaja Goras atsegums, Pļaviņu RS Sņetnaja Goras slāņi; Kalkahju atsegums, Sņetnaja Goras svīta.

Apraksts. *Bifungites* iħnoģints pēdas konstatētas uz slāņa virsmas, veido no 20 mm līdz 45 mm garas horizontālas ejas, kuras galos divas ieapaļas, sfēriskas kameras. Iħnofosilijas veidoja nezināmi organismi, domājams, ar mazkustīgu dzīvesveidu, mīkstu ķermeni, pēc ģenēzes ir attiecināmas uz barošanās vai dzīvošanas (*domihnijas*) pēdām; paleoekoloģiskie apstākļi, kādos sastop šādas pēdas, raksturīgi sekla jūras piekrastes zonai, sāļūdens un iesāļūdens videi (Bjerstedt, 1987).

Chondrites Brongniart, 1828

Chondrites isp.

Attēli. 5.3.D.; 5.13.A; 5.18.B; 5.28.D; 5.39.B.

Atrodne un vecums. Kalkahju atsegums, Pļaviņas RS; Sņetnaja Goras atsegums, Sņetnaja Goras un Pleskavas slāņi; Kalnciema, Remīnes, Tūrkalnes karjeri, Daugavas svīta.

Apraksts. No vertikālas uz horizontālu plakni vērstas žuburainas barošanās ejas. *Chondrites* isp. ejas nekad nekruļojas. To diametrs ir no 2 līdz 5 mm un vienas sistēmas ietvaros tas vienmēr ir nemainīgs. *Chondrites* isp. ihnofosilijas bieži izplatītas vairāku slāņu ietvaros Daugavas svītas nogulumos, aizņemot plašas slāņu virsmas.

Piezīmes: *Chondrites* tiek interpretētas kā barošanās ejas, kas bieži tiek asociētas ar zema skābekļa līmeņa substrātu, bet daudzos gadījumos pastāv arī izņēmumi (Osgood, 1970; Frey, Bromley, 1985).

Cruziana d'Orbigny, 1842

Cruziana isp.

Attēli. 5.21.A.; 5.42.A.

Atrodne un vecums. Sņetnaja Goras atsegums, Sņetnaja Goras slāņi; Andomas kalns, “*Cruziana* slānis” starp 14-T un 15-T, Andomas svīta.

Apraksts. Divas garas, nedaudz izlocītas lentveida vagas valnīša formā, kas pārklātas ar skujiņveida zīmējumu; raksturīgas uzslāņojuma virsmām. Platums no dažiem milimetriem līdz nepilnam centimetram, garums no 5 līdz 10 centimetriem, ejas mēreni izliektas. Skujiņas leņķis nepastāvīgs, vietām slikti saglabājies.

Piezīmes: *Cruziana* pēdas tiek interpretētas kā trilobītu pārvietošanās pēdas (Fillion, Pickerill, 1990) vai citu bentisko posmkāju pēdas (Bromley, 1996).

Diplocraterion Torell, 1870

Diplocraterion paralellum Torell, 1870

Attēli. 5.18.A; 5.27.F; 5.28.; 5.29.; 5.40.C.

Atrodne un vecums. Sņetnaja Goras atsegums, Pleskavas slāņi; Andomas kalns, atsegums S8, Andomas svīta.

Apraksts. *Diplocraterion* isp. ir perpendikulāri nogulumu virsmai orientētas U-veida struktūras, kuru ģenēze ir saistīta ar rakšanas pēdām. To iekšējo daļu veido U-veida aliņas, kas ir ieliktas viena otrā. Caurulīšu diametrs ir 5-15 mm, attālums starp atsevišķiem zariem 2-5 cm, bet ierakšanās dziļums vairāk par 2 cm. Eju virsma ir gluda. *Diplocraterion* tiek skaidrotas kā dzīvošanas pēdas, kuras veido alās mītoši dzīvnieki, kas pārvietojas vertikāli, tādējādi pielāgojoties vai nu nogulumu paātrinātai sedimentācijai, vai arī erozijai. Tās raksturo kā dzīvošanas un barošanās ejas, kas veidojušās spēcīgu straumes enerģiju rezultātā (Fürsich, 1974; Fillion, Pickerill, 1990).

Glockerichnus Pickerill, 1982

Glockerichnus isp.

Attēls. 5.42.C.

Atrodne un vecums. Andomas kalns, Andomas svīta.

Apraksts. Pēdas konstatētas uz smilšakmens virsmas kā epireljefs, kas veido nedaudz izliektus tuneļus ar septiņiem radiāliem stariem, eju platumus ir 3-4 mm. To garums ir mainīgs, garākās līdz 26 mm, domājams, ka to ietekmēja selektīva saglabāšanās.

Piezīmes: tipiskas barošanās pēdas (Ksiazkiewicz, 1977; Pickerill, 1982). *Glockerichnus* ihnogints konstatēta sākot ar ordovika periodu, dominē fliša nogulās un parasti raksturīga dziļūdens apstākļiem (Ksiazkiewicz, 1977).

Gyrolithes Saporta 1884

Gyrolithes isp.

Atrodne un vecums. Sņetnaja Goras svīta; Sņetnaja Goras atsegums.

Apraksts. *Gyrolithes* ir vertikāli orientētas ejas, kas griezumā veido ciešas spirāles, platums apmēram tik pat liels cik ejas garums – no 3 līdz 4 cm. Dažos gadījumos *Gyrolithes* ir *Thalassinoides* spirālveida atvase un var aizņemt plašas teritorijas uz slāņa virsmas. *Gyrolithes* tiek interpretētas kā dzīvojamās struktūras, domājams, pēdu veidotāji bija posmkāji, kas dzīvojuši iesālūdens vidē (Ranger, Pemberton, 1992).

Helminthopsis Heer 1877

Helminthopsis isp.

Attēls. 5.13.C.

Atrodne un vecums. Kalnciema karjers, Daugavas svīta.

Apraksts. *Helminthopsis* ir meandrejošas ejas, līdz 1 cm platumā un garums sasniedz vairākus desmitus centimetru. Kalnciema karjera paraugā no meandrejošās ejas saglabāties apmēram tikai 6 cm garš posms. Sākotnēji paraugs tika interpretēts, ka *Radomorpha* isp., parauga nepilnīgais izmērs neļauj veikt drošu identifikāciju un līdzīgas ihnogints pārstāvji nav atrasti.

Piezīmes. Pēc agrākās izpratnes *Helminthopsis* isp. veidojās dziļūdens sedimentācijas apstākļos, vēlāk tās interpretētas arī kā seklūdens indikators. Bieži sastop zem vētras un viļņu ietekmes zonas (Ksiazkiewicz, 1977).

Lockeia James, 1879

Lockeia silliquaria James, 1879

Attēls. 5.42.D.

Atrodne un vecums. Andomas kalns, Andomas svīta.

Apraksts. Ovālas, abpusēji izliektas formas un bilaterāli simetriskas pēdu fosilijas, nogulumos veido pozitīvas formas nospiedumus. Pēdas atveido mandeles formu un to izmērs 15-20 mm garumā un 6-8 mm platumā.

Lockeia isp.;

Attēli. 5.10.B.; 5.13; 5.31.D; 5.40.B.

Atrodne un vecums. Sņetnaja Goras atsegums, Sņetnaja Goras un Pleskavas slāņi; Kalnciema karjers, Kranciema karjers, Daugavas svīta; Klovaņu atsegums, Stipinu svīta.

Apraksts. Ovālas, abpusēji izliektas formas un bilaterāli simetriskas pēdu fosilijas, nogulumos veido pozitīvas formas nospiedumus. Pēdas atveido mandeles formu un to izmērs garumā līdz 20 mm un platumā vidēji 5 mm. *Lockeia* ir interpretējama kā gliemenes atpūtas pēdas (Pickerill, 1990; Maples, Suttner, 1990).

Palaeophycus Hall, 1847

Palaeophycus tubularis Hall, 1847

Attēls. 5. 42.D.

Atrodne un vecums. Andomas kalns, *Cruziana* slānī starp 14-T un 15-T, Andomas svīta; Kalkahju atsegums, Pļaviņas svīta.

Apraksts. Pilna reljefa horizontālas vai ieslīpas ejas, kas var zaroties (bet biežāk gan ir sastopamas nesazarotas formas) un kurām ir raksturīga īpatnēja iekšējā "apdare". Diametrs paraugos svārstās no 5 līdz 6 mm, garums 6-8 cm. *Palaeophycus* ir interpretējamas kā kombinētas dzīvošanas un barošanās pēdas, kuras veidojuši tārpveidīgie organismi (Pemberton, Frey, 1982).

Phycodes Richter, 1850

Phycodes isp.

Attēli. 5.10.A; 5.42.F.

Atrodne un vecums. Sņetnaja Goras atsegums, Pleskavas slāņi; Andomas kalns 20-T, Andomas svīta.

Apraksts. Horizontālas un ieslīpas ejas, kas izskatās līdzīgi slotai, un zarojas no centrālas ejas, kopējās struktūras izmērs 2 x 4 cm. *Phycodes* ir interpretējamas kā barošanās pēdas, kuras ir izveidojušās vairākkārtējas ieuršanās rezultātā (Han, Pickerill, 1994).

Piezīme: *Phycodes* ir viena no visizplatītākajām barošanās pēdām paleozojā (Fillion, Pickerill, 1990).

Planolites Nicholson, 1873

Planolites *beverleyensis* (Billings, 1862)

Attēls. 5. 42.E.

Atrodne un vecums. Andoma kalna atsegums S5, atraduma vieta 25-U, Andomas svīta (LMD Pl 14/60).

Apraksts. Meandrējošas, ieslīpi vai horizontāli pret nogulumu virsmu orientētas ejas. Atšķirībā no *Palaeophycus*, *Planolites* nav eju iekšējās "apdares", ap cilindriskajām ejām bieži izsekojams materiāla iztrūkums. Arī šie veidojumi tiek interpretēti kā tārpveidīgo dzīvnieku barošanās pēdas, kas veidojušās seklos ūdeņos, paisuma bēguma zonā. Eju daudzveidība un izmērus ietekmē skābekļa daudzumu nogulumos (Savrda, Bottjer, 1986; Pemberton, Frey, 1982).

Planolites Nicholson, 1873

Planolites isp.

Attēli. 5.8.B; 5.10.C; 5.15.A; 5.22.C; 5.24.C; 5.28.B; 5.30.C; 5.31.A; 5.32.A; 5.39.E.

Atrodne un vecums. Laučiņu karjers, Kalkahju atsegums, Pļaviņu svīta; Sņetnaja Goras atsegums, Sņetnaja Goras svīta, Sņetnaja Goras un Pleskavas slāņi; Kalnciems, Tūrkalne, Kranciems, Daugavas svīta.

Apraksts. Veido meandrējošas, ieslīpi vai horizontāli orientētas pret nogulumu virsmu, bieži izsekojamas līdz 20 cm garas ejas, vidēji 2-5 mm platas. Interpretējamas kā tārpveidīgo dzīvnieku barošanās pēdas, kas veidojušās seklos ūdeņos, paisuma bēguma zonā (Pemberton, Frey, 1982).

Psammichnites Torell, 1870

?*Psammichnites* isp.

Attēls. 5.3.F.

Atrodne un vecums. Sņetnaja Goras atsegums, Pleskavas slāņi.

Apraksts. Ichnoģintij piederošajām pēdām raksturīgas horizontālas, likumotas, retāk cilpveida ejas. Apskatot *Psammichnites* ichnoģints pēdas šķērsgrīzumā, tās veido ieapaļas formas ejas, kas platumā var sasniegt 50 mm. Muguras kores daļā pazeminājums, vertikāls ribveida raksts, kas varēja izveidoties dzīvniekam izmantojot sifonam līdzīgu

ierīci, substrāta pārstrādes laikā nodrošinot elpošanas funkciju. Parasti saglabājas pilna reljefa ejas, bet dažas *Psammichnites* ihnosugas var veidot negatīvu hiporeljefu. Pēdas veidojušās seklas jūras un piekrastes zonā (Mángano et al., 2002).

Rhizocorallium Zenker, 1836

Rhizocorallium isp.

Attēli. 5.3.B.; 5.8.D. 5.10.D.; 5.13.F.; 5.15.A; 5.21.D; 5.22.A; 5.24.D; 5.29; 5.32.D; 5.40.E.

Atrodne un vecums. Sņetnaja Goras atsegums, Sņetnaja Goras un Pleskavas slāņi; Andomas kalns, Andomas svīta; Kalnciems, Daugavas svīta; Klovaiņu atsegums, Stipinu svīta.

Apraksts. *Rhizocorallium* ihnoģints ejas veido horizontāli un ieslīpi orientētas U-formas ejas. Pēdas pēc izmēra un formas atgādina *Diplocraterion* isp., bet neveido vertikālu ieurbšanos. Plaši izplatītas un sastop lielākajā daļā no pētījuma teritorijas, bet bieži sliktas saglabātības vai nospiedumi slāņa virsmā. *Rhizocorallium* isp. ir interpretējamas kā barošanās pēdas, paraugos, kur veidojas sprāve parāda, ka dzīvnieks cauri nogulumu slānim veicis sistemātisku pārvietošanos.

Rusophycus Hall, 1852

?*Rusophycus* isp.

Attēls. 5.42.G.

Atrodne un vecums. Andomas kalns, Andomas svīta.

Apraksts. Forma veido divas gareniskas grēdas, pēc formas līdzīgas kafijas pupiņai. Maksimālais platums paraugiem ir 12 mm, garums apmēram 20 mm un augstums 3-4 mm. Vienam no paraugiem daivas virsma ir gluda, domājams, ka notikusi izskalošana, bet otram paraugam uz daivas virsmas izsekojamas skrambas (LDM Pl 14/58).

Piezīmes: parasti saglabāts izliekts hiporeljefs, reizēm saskatāmas atsevišķas organisma ekstremitāšu pēdas. *Rusophycus* ihnoģints ļoti bieži sastopami agrajā paleozojā. Pārsvārā identificē kā trilobīta pēdas, retāk citu posmkāju ejas (Osgood, 1970; Seilacher, 1970; Crimes et al., 1977). Andomas kalna atsegumā ?*Rusophycus* atrastas kopā ar *Cruziana*.

Skolithos Haldeman, 1840

Skolithos isp.

Attēli. 5.8.C; 5.39; 5.42.C.

Atrodne un vecums. Andomas kalns, starp 10-T un 12-T, Andomas svīta; Slāvu Avotu atsegums, Pleskavas slāņi.

Apraksts. Vertikāli orientētas cauruļveidīgas ejas, kuru garums parasti stipri pārsniedz platumu. Andomas svītā mēdz sasniegt 20-30 cm, bet Slāvu Avotu atsegumā tās ir daudz īsākas. *Skolithos* ir interpretējamas kā dzīvošanas pēdas, kas veidojušās aktīvos hidrodinamiskajos apstākļos, piemēram, viļņošanās vai straumju ietekmes zonā; Andomas svītas un Pleskavas slāņos *Skolithos* pēdas veidojuši pēc lieluma atšķirīgi organismi (Fillion, Pickerill, 1990).

Spirophycus Hantzschel, 1962

?*Spirophycus* isp.

Atrodne un vecums. Sņetnaja Goras atsegums, Sņetnaja Goras slāņi.

Apraksts. *Spirophycus* ihnoģints pēdas uz slāņa virsmas veido cieši meandrējošas horizontāli orientētas ejas, kas atrastas tikai uz vienas slāņa virsmas Sņetnaja Goras

atsegumā. Pēdas tiek interpretētas kā tārpveidīgu organismu barošanās ejas (Ksiazkiewicz, 1977).

Sublorenzinia Ksiazkiewicz, 1968

Sublorenzinia isp.

Atrodne un vecums. Kalnciema karjers, Daugavas svīta.

Attēls. 5.13.H.

Apraksts. *Sublorenzinia* iħnoģints pēdas uz slāņa virsmas (hiporlejefs) veido aplī izvietotu eju sistēmu, kas sastāv no nedaudz izstieptām un izliektām piles formas pēdām (pēc izskata salīdzināmas ar auga ziedlapiņu). Kopējais ejas sistēmas diametrs apmēram 5 cm. Sastop sākot ar paleozoju, vides apstākļi no šelfa zonas līdz dziļam okeānam (Crimes, 1970).

Undichna isp.

Attēli. 5.13.D.; 5.42.J.

Atrodne un vecums. Kalnciema karjers (atrasts nobirās), Daugavas svīta; Andomas kalns, Andomas svīta.

Apraksts. Zivs astes nospiedums, hiporeljefs, uz virsmas šķēsgriezumā veido apvērstu V formas profilu (Trewin, 2000). Atrasti tikai divi paraugi Andomas un Daugavas svītās, savā starpā vizuāli līdzīgi, veido 10 cm garu un 2-3 cm platu sinusoidāli izliektu pacēlumu.

Teichichnus Seilacher, 1955

Teichichnus rectus

Attēls 5.42.J.

Atrodne un vecums. Andomas kalns, atsegums S8, Andomas svīta.

Apraksts. Uz smilšakmens slāņa virsmas ejas veido taisnas līnijas, kas neregulāri sakārtotas un krustojas, ejas ir 5-10 cm garas un ap 4 mm platas. Atsevišķos paraugos arī Daugavas svītā neregulāri sakārtotas eju sistēmas, domājams, ka biežāk tās ir *Thalassinoides* iħnoģinsts ejas, kuras krusto *Planolites* isp.

Piezīmes. *Teichichnus* zināmas no vēlā proterozoja līdz kainozojam. Ir daudz publikāciju un diskusiju par *Teichichnus* (Seilacher, 1955; Crimes et al., 1977; Baldwin, 1977; Crimes, 1987; Frey, Howard, 1982; Bjerstedt, Ericksson, 1989).

Thalassinoides Ehrenberg, 1944

Thalassinoides isp.

Attēli. 5.3.C.; 5.8.A; 5.11.D.; 5.13.E; 5.15.B.; 5.18.C. 5.22.E; 5.24.A; 5.27.D; 5.30.A; 5.31.B; 5.32.A; 5.39.F; 5.40.A.

Atrodne un vecums. Slāvu avoti un Sņetnaja Goras atsegumi, Pleskavas slāņi; Lauciņu karjers, Pļaviņas svīta; Tūrkalnes karjers, Daugavas svīta.

Apraksts. Sazarota struktūra, Y- un T-veida zarojums ar horizontālu, ieslīpu vai vertikālu tīklojumu un paplašinājumiem savienojumu vietās starp zariem. *Thalassinoides* ir interpretējamas kā posmkāju barošanās un dzīvesvietas, bet dažos gadījumos arī urbšanās pēdas (Frey, Pemberton, 1984). Plaši izplatītas pētījuma teritorijā, īpaši Daugavas svītas nogulumos, bieži veido veselas eju sistēmas, kas uz slāņa virsmas var būt vairākus metrus lielas, piemēram, Tūrklanē karjerā slānis plaši izsekojamas griezumā vairāku desmitu metru attālumā. Cauruļu diametrs sasniedz 1-5 cm.

Trypanites Magdefrau, 1932

Trypanites isp.

Atrodne un vecums. Nobirās, pārtransportēts.

Apraksts. Vienkārši urbumi ar koniskas formas padziļinājumiem, kas neveido tīklu sistēmu, ir tikai viena ieeja un izeja. Organismi dzīvojuši uz cietās grunts, piemēram, urbēju gliemenes (Bromley, D'Alessandro, 1987). Atrasts viens paraugs un pēc karbonātiskā materiāla novērtēšanas tika secināts, ka paraugs ir transportēts un neatbilst Franās stāva nogulumiem.

6. DISKUSIJA UN INTERPRETĀCIJA

Galvenā devona lauka teritorijā ihnofosiliju daudzveidība un saglabātība ir ļoti atšķirīga pat vienas stratigrāfiskās vienības ietvaros. Dolomitizācijas procesu ietekmē daļa no ihnoloģiskā materiāla ir tik slikti saglabājusies, ka to piederības noteikšana ihnoģintīm ir problemātiska, tomēr pētījuma gaitā Franas stāva nogulumos GDL teritorijā tika konstatēts relatīvi plašs ihnoģinšu komplekss, ko veido vismaz 23 ihnoģintis: *Arenicolites*, *Bergaueria*, *Bifungites*, *Chondrites*, *Cochlichnus*, *Cruziana*, *Diplocraterion*, *Glockerichnus*, *Gyrolithes*, *Helminthopsis*, *Lockeia*, *Palaeophycus*, *Phycodes*, *Planolites*, *Psammichnites*, *Rhizocorallium*, *Rusophycus*, *Skolithos*, *Spirophycus*, *Sublorenzina*, *Undichna*, *Teichichnus*, *Thalassinoides* (6.1. tab). Daļu no pēdu fosilijām izdevās noteikt līdz sugai, kopā konstatētas tikai piecas ihnosugas: *Diplocraterion parallelum*, *Lockeia silliquaria*, *Palaeophycodes tubularis*, *Planolites beverleyensis*, *Teichichnus rectus*, kas visas ir atrastas Andomas svītas nogulumos. Ihnosugu noteikšana ir bijusi iespējama, pateicoties ļoti labai pēdu fosiliju saglabātībai pārsvarā klastiskajos Andomas svītas iežos, kas nav zaudējuši sākotnējo struktūru un tekstūru dolomitizācijas procesos.

6.1. tabula. Ihnotaksonu izplatība Franas stāva nogulumos Galvenā devona laukā
Table 6.1. Distribution of ichnotaxa in the Frasnian deposits of the Main Devonian field

				Svītas					
	Pļaviņu Sv. Sl.	Snetnaja Goras sv., sl.	Pleskavas Sv., sl.	Andomas Sv.	Daugavas Sv.	Buregu Sl.	Ogres Sv.	Stipinu Sv.	
<i>Arenicolites</i>					+			+	
<i>Bergaueria</i>	+	+			+			?+	
<i>Bifungites</i>	+	+				+			
<i>Chondrites</i>	+	+			+			+	
<i>Cruziana</i>				+	+				
<i>Diplocraterion</i>				+	+			+	
<i>Glockerichnus</i>				+					
<i>Gyrolithes</i>		+							
<i>Helminthopsis</i>					+				
<i>Lockeia</i>		+			+			+	
<i>Palaeophycus</i>				+	+	+		+	
<i>Phycodes</i>		+		+		+			
<i>Planolites</i>	+	+	+	+	+	+		+	
<i>Psammichnites</i>		+							
<i>Rhizocorallium</i>		+	+		+	+		+	
<i>Rusophycus</i>				+					
<i>Skolithos</i>			+	+				+	
<i>Spirophycus</i>									
<i>Sublorenzina</i>					+				
<i>Undichna</i>				+	+				
<i>Teichichnus</i>				+	+	+			
<i>Thalassinoides</i>		+	+		+	+	?+	+	

6.1. Ihnofosiliju saglabātība

Ihnofosiliju noteikšana balstās uz to pazīmju kopumu, kas izveidojas organisma darbības rezultātā. Tiek veikta ejas izmēra, ierakšanās īpatnību un daudzu citu pazīmju novērtēšana. Piemēram, tiek novērtēts sienīņu virsmā izveidotais raksts vai "marķējuma" raksturs; dolomītos tas gan saglabājas reti, toties šādas vizuālas liecības atvieglo ihnoģinšu un ihnosugu identifikāciju. Pēc R. Mikulāša un līdzautoru (Mikuláš et al., 2003) un citu autoru domām, šo pazīmju saglabātību samazina karbonatizācijas un dolomitizācijas procesi. Kā minēts iepriekš, lauka darbu laikā ievāktajā un foto dokumentētajā materiālā pēdu fosilijas ar nepietiekamām atpazīšanas pazīmēm netika ietvertas. Parasti pēdu fosiliju kompleksa nepilnīgums neļauj izveidot pamatotas paleoekoloģiskas rekonstrukcijas, tomēr dažkārt kaut vai vienas ihnoģinšs konstatēšana var kalpot par pamatojumu hipotēzes izvirzīšanai par kādu no sedimentācijas apstākļu aspektiem attiecīgā slāņa veidošanās laikā (Bromley, 1996).

Organismi var ietekmēt grunts sastāvu, izveidojot nogulumos jaunas tekstūras (Buatois, Mángano, 2011), kas var būt kļūdaini interpretētas, piemēram, kā primārās mehāniskās sedimentācijas tekstūras. Ihnologijas pētījumu gaitu mēdz sarežģīt arī pretēja situācija, kad sedimentācijas tekstūras var tikt sajauktas ar organismu atstātajām pēdām. Par piemēru var minēt novērojumu Lauciņu dolomītu atradnē, kur griezuma apakšējos slāņos, apmēram pusotru metru virs ūdens līmeņa, mehāniskās sedimentācijas tekstūras, kas redzamas kā līdz 10 cm platas struktūras slāņa horizontālajā virsmā, sākotnēji tika interpretētas kā gliemeņu barošanās un pārvietošanās ejas. Atsedzot plašāku slāņa virsmu, izdevās konstatēt struktūras, kas līdzīgas viļņu vai straumju ripsnojumam.

Domājams, ka būtiskākie faktori, kas ietekmējuši ihnofosiliju sākotnējo veidošanos un saglabāšanos, ir litifikācijas ātrums, virsmas izskalošana vai nepiemēroti vides apstākļi organismu daudzveidībai. Tā piemēram, Pļaviņu svītas nogulumos makroorganismu ejas netika konstatētas Apes un Dārzciema atradnē, kur labi izsekojamas tādas seklūdēns apstākļu pazīmes kā žūšanas plaisas, viļņu ripsnojums, un arī mikroorganismu darbības pēdas. Iepazīstot iepriekšējā autora darbus (Sorokin, 1978, 1981) un analizējot nogulumu īpatnības, var secināt, ka ūdens bijis ar organismu eksistencei piemērotu sāļumu, tomēr bioturbēti slāņi netika konstatēti. Domājams, ka to var izskaidrot ar jau augstāk minēto faktoru – substrāta litificēšanās ātruma un virsmas erozijas – ietekmi.

Pēdu saglabātība vietās, kur dolomīta virsmas bijušas atsegtas ilgstoši, piemēram, Kokneses pilsdrupu sienā, kas veidota no apkārtņē esošā Daugavas svītas dolomīta, ir savdabīga: novērojamas eju sistēmas, kas saglabājušās labāk par ietverošo matricu. Tas ļauj secināt, ka organismu veidotās ejas dolomītos ir noturīgākas pret dēdēšanu nekā ietveroša dolomīta matrica. Lai novērtētu pēdu fosiliju saglabātības īpatnības dolomītos, Tūrkalnes, Remīnes un Kalnciema karjeros tika ievākts Daugavas svītas ihnoloģiskais materiāls plānslīpējumu izgatavošanai. Plānslīpējumu analīze ir parādījusi, ka eju saglabātību ietekmē ieža petrogrāfiskais sastāvs. Plānslīpējumu mikrofotogrāfijās ir redzams, ka aizpildošais materiāls neatšķiras no ietverošās dolomīta matricas un robeža starp ejas kanālu un ietverošo materiālu ir vāji izteikta. Vairākos paraugos (5.36. attēls) saskatāms, ka eju aizpildošā materiāla krāsas tonis ir nedaudz atšķirīgs no ietverošā ieža. Ap vairākām organismu ejām, gar to sāniem (5.37. attēls) var saskatīt robežu starp dolomīta matricu un pēdu fosiliju veidoto struktūru – "kroku", kas skaidrojama kā reljefa padziļinājuma vieta, kurā var ilgstoši uzturēties ūdens. Pateicoties tam, parauga "krokas" vietā dolomīts ir atkrāsots. Vairākām ejām ir redzama oksidācijas garoziņa, kurā, spriežot pēc garozas krāsas, ir sastopami dzelzs savienojumi (5.38. attēls).

Plānslīpējumu pētījumi liecina, ka dolomītos ar labi izteiktu organisma darbības rezultātā atstātu ejas formu šo pēdu fosiliju krāsa un dolomīta kristālu izmēri neatšķirās no ietverošā dolomīta. Tas skaidrojams ar dolomitizācijas procesā vienlaicīgi notikušajām ietverošā ieža, organismu atstāto barošanās, pārvietošanās un cita veida eju iekšējā aizpildījuma pārmaiņām. Tomēr, pateicoties pagaidām nenoskaidrotiem iemesliem, ietverošais un aizpildošais materiāls nedaudz atšķiras pēc mehāniskās noturības. Domājams, ka svarīgākie iemesli, lai ejas saglabātos, pēc to atsegšanās nogulumu virsmā ir ūdens un skābju iedarbība, kuru ietekmē tiek selektīvi šķīdināts un izskalots ejas aizpildošais materiāls un ietverošais iezi. Īpaši labi tas ir izteikts Daugavas svītas gadījumā, kur dolomītos var novērot eju veidoto reljefu, jo ietverošais iezi sadēdējis ātrāk nekā materiāls, kas ir aizpildījis ejas. Plānslīpējumos atšķirības netika novērotas, bet skalošanas metode ļauj saskatīt konkrētas robežas un izcelt ejas. Iespējams, ka eju aizpildošā materiāla lielāku noturību pret šķīšanu nosaka arī tas, ka šis materiāls bieži tiek dolomitizēts pirms paša ieža, kā to liecina devona dolomitizēto kaļķakmeņu pētījumi Latvijas austrumos un Pleskavas apgabalā (Stinkulis, 1998). Tātad eju aizpildošais materiāls bieži ir bijis pakļauts ilgākai un vairākkārtējai dolomitizācijas procesa norisei, salīdzinot ar apkārtējo iezi, kas varēja palielināt attiecīgo ieža komponentu noturību pret dēdēšanu.

Pētījumos par pēdu fosiliju saglabātības īpatnībām tika veikta gan karbonātu šķīdināšana, gan XRD analīze, lai meklētu likumsakarības starp piemaisījumiem atšķirīgos Daugavas svītas dolomītos, bet šādas likumsakarības netika atrastas (Mešķis *et. al.*, 2011).

6.2. Ihnofosiliju kompleksi un to izplatība

Pētījuma teritorijā, GDL rietumu daļā iegūto pēdu fosiliju kompleksu Pļaviņas reģionālā stāva nogulumos veido 13 ihnoģintis: *Bergaueria*, *?Bifungites*, *Chondrites*, *Diplocraterion*, *Gyrolithes*, *Lockeia*, *Phycodes*, *Planolites*, *?Psammichnites*, *Rhizocorallium*, *Skolithos*, *?Spirophycus*, *Thalassinoides*. Dažas no tām ir minētas iepriekšējo autoru publikācijās, piemēram, E. Krausa (1930) darbos tika identificētas U-veida pēdu fosilijas *Rhizocorallium*, *Arenicolites*, *Tigillites* un citi ihnotaksoni; *Bergaueria*, *Chondrites*, *Phycodes*, *Lockeia* ihnoģintis konstatētas Sņetnaja Goras atsegumā, kā arī atsegumā pie Izborskas cietokšņa. V. Sorokins (1981) atzīmēja bioturbācijas un ihnofosiliju klātbūtni dažādās Pļaviņu reģionālā stāva litostratigrāfiskajās vienībās, bet nenorādīja pēdu fosiliju taksonomisko piederību. Šī pētījuma gaitā *Arenicolites* un *Tigillites* atradumi Pļaviņu reģionālā stāva nogulumos netika apstiprināti, savukārt R. Mikulāša atzīmētās *Bergaueria*, *Chondrites*, *Phycodes* un *Lockeia* ir sastopamas ne tikai Sņetnaja Goras atsegumā, bet vēl plašāk: tās ir visai raksturīgas Sņetnajas Goras slāņiem kopumā, bet *Bergaueria* un *Chondrites* atrastas arī Pļaviņu svītā.

Ihnofosiliju daudzveidība Latvijas un Igaunijas teritorijā atsegtajos Pļaviņu reģionālā stāvā dolomītos, dolomītmerģeļos un kaļķakmeņos ir neliela, to veido tikai sešas ihnoģintis no kopējā pēdu fosiliju materiāla. Pļaviņu svītas nogulumos nosakāmas ihnofosilijās ir sastopamas visai reti, Dārziema un Apes karjeros tās nav konstatētas, Sikspārņu alās un Vizlas atsegumos atsevišķos slāņos ir novērota tikai bioturbācija. Dolomītu kraujā pie Amatas ir konstatētas *Planolites*, un vienīgi Lauciņu karjerā Sēlijas ridā ir izdevies identificēt *Lockeia*, *Planolites* un *?Thalassinoides* pēdu fosilijas (Mešķis, 2013). Domājams, tik zema ihnofosiliju daudzveidība ir skaidrojama ar dolomitizācijas ietekmi uz ihnofosiliju saglabāšanos. Igaunijas teritorijā nedaudz daudzveidīgāks ihnofosiliju komplekss konstatēts Kalkahju atsegumā, kur Sņetnaja Goras svītā atrastas

Bergaueria, *Chondrites*, *Diplocraterion* un *Planolites* iħnoģintis. Turpretī Pleskavas svītas nogulumos Tīrhannas un Marinovas atradnēs iħnofosilijas nav nosakāmas vai to vispār nav. Iħnotekstūras indekss, kas atspoguļo bioturbācijas intensitāti, atsevišķos slāņos sasniedz vien 1-4%, kas atbilst 1. kategorijai pēc Reineka (Reineck, 1963) klasifikācijas; izņēmums ir Kalkahju atseguma augšējā daļa (Sņetnaja Goras svītas augšdaļa), kur dolomītā bioturbācijas intensitāte novērtējama ar 5-30%, kas atbilst 2. kategorijai.

Iħnofosiliju daudzveidība virzienā uz ziemeļaustrumiem un Pleskavas apgabalā palielinās; Sņetnaja Goras slāņos iħnofosiliju kompleksu veido *Bergaueria*, *Bifungites*, *Chondrites*, *Lockeia*, *Planolites*, *?Spirophycus*, *Thalassinoides*, *Psammichnites* iħnoģintis. Pārsedzošajos, Pleskavas slāņos, Sņetnaja Gora un Slāvu avotu atsegumā tika konstatēts nedaudz daudzveidīgāks komplekss, kurā bez Sņetnaja Goras slāņos atrastajām iħnofosilijām ir novērotas arī *Diplocraterion*, *Phycodes*, *Skolithos*, un *Rhizocorallium* iħnoģintis, bet trūkst *?Spirophycus* isp. Salīdzinot Sņetnaja Goras un Pleskavas slāņu iħnofosiliju kompleksus relatīvi nelielā teritorijā esošajos pētījuma objektos, pēdējais ir ne tikai daudzveidīgāks, bet atšķiras arī ar lielāku dzīvošanas un barošanās (*Diplocraterion*, *Skolithos*) un barošanās (*Phycodes*, *Rhizocorallium*) eju klātbūtni; tās veidoja organismi, reaģējot vai nu uz palielinātu nogulu sedimentācijas ātrumu vai lielāku eroziju (Bromley, 1990). Iespējams, iħnofosiliju kompleksu atšķirības atspoguļo hidrodinamiskā režīma aktivizēšanos Pleskavas laikposmā. Iespējamie iemesli varētu būt dažādi, sākot ar paisuma-bēguma straumju pieaugošu ātrumu līdz vētru pieņemšanos spēkā, tomēr pamatotu secinājumu izdarīšanai ir nepieciešami plašāki pētījumi.

Tikpat daudzveidīgs Franas laikmeta sākuma pēdu fosiliju komplekss ir novērots GDL teritorijas austrumu daļā, Andomas svītas vidusdaļā. Uz labi šķirota smilšakmens virsmas epi- un hiporeljefa formā ir atrasti tādi iħnotaksoni kā *Cochlichnus*, *Cruziana*, *Diplocraterion*, *Glockerichnus*, *Lockeia*, *Palaephycus*, *Planolites*, *Rusophycus*, *Skolithos*, *Teichichnus* un *Undichna*. *Cochlichnus*, *Glockerichnus* un *Rusophycus* līdz šim GDL teritorijā ir atrastas tikai Andomas svītas nogulumos. Andomas svītas augšdaļā tiek novērots atšķirīgs pēdu fosiliju komplekss. Tas ir atrasts no labi līdz vidēji šķīrotā smilšakmenī, ir mazāk daudzveidīgs un satur tikai *Diplocraterion* un *Skolithos*, kā arī vienā no atradumu vietām vēl arī *Phycodes* isp. Iespējams, ka šis komplekss norāda uz *Skolithos* iħnofācijas klātbūtni, kas ir tipiska sekla ūdens videi. *Skolithos* tipa alas griezumā ir salīdzinoši plaši izplatītas; tās parasti tiek asociētas ar aleirolīta un māla nogulumiem, kas parāda, ka Andomas laikposmā jūras gultni gandrīz pastāvīgi apdzīvoja dažādi pēdu veidotāji. Taču plūdmaiņu intensitāte liecina, ka, pateicoties, iespējams, straujajai sedimentācijai, kolonizācijas intervāli parasti bija īsi (Tovmasyan, Stinkulis 2008).

Kļimovas svītā pēdu fosilijas ir sastopamas daudz retāk nekā Andomas svītā. Kļimovas svītas augšdaļā divos aleirolīta slāņos tika atrasta *Skolithos* bioturbācija, bet citas pēdu fosilijas nav konstatētas. Krasas atšķirības iħnofosiliju kompleksu sastāvā var skaidrot vienīgi ar atšķirībām Andomas un Kļimovas svītu nogulumu sastāvā, kā arī daudz aktīvāka hidrodinamiskā režīma ietekmi, kas noteica pastiprinātu eroziju un ātru sedimentāciju Kļimovas laikposmā GDL teritorijā iħnofosiliju komplekss Daugavas reģionālā stāva nogulumos ir pats daudzveidīgākais visā Franas stāva griezumā un to veido 16 iħnoģintis: *Arenicolites*, *Bergaueria*, *Bifungites*, *Chondrites*, *Cruziana*, *Diplocraterion*, *Helminthopsis*, *Lockeia*, *Palaephycus*, *Phycodes*, *Planolites*, *Rhizocorallium*, *Sublorenzina*, *Undichna*, *Teichichnus* un *Thalassinoides*. Daugavas svītas kompleksā dominē tādas iħnoģintis kā *Planolites*, *Palaephycos*, *Chondrites*, *Thalassinoides*, *Diplocraterion*. Svarīgi minēt, ka iepriekšējos pētījumos jau ir atzīmēta plaša pēdu fosiliju izplatība Daugavas RS nogulumos „uz rietumiem no Veļikajas baseina” (Sorokin, 1981, 239. lpp.). V. Sorokins (1981) min bieži sastopamos *Trypanites* urbumus dolomītos atsegumos Veļikajas un Gaujas baseinos, bet šajā pētījumā tādi nav konstatēti. Turpat ir

atzīmēts, ka *Rhizocorallium* ejas ir sastopamas tikai Latvijas rietumu daļas mālajos un aleirītiskos dolomītos Abavas un Tebras baseinā (Sorokin, 1981), bet šajā pētījumā ir pierādīta šādu pēdu fosiliju plašāka izplatība arī Latvijas centrālajā un austrumu daļā. Analizējot pēdu fosiliju kompleksu izplatību dažādos Daugavas svītas nogulumu izplatības objektos, vērojams pēdu fosiliju daudzveidības pieaugums virzienā no rietumiem uz austrumiem, tāpat kā tas ir raksturīgs arī Pļaviņu RS nogulumiem. Novērota arī likumsakarība, ka saglabātības pakāpe paaugstinās teritorijās, kur pēdu fosilijas daudzveidība ir augstāka, piemēram, paraugos no Kalnciema karjera (5.15. att.), salīdzinot ar Linovas atsegumu (5.33. att.).

Ogres svītas nogulumos labi nosakāmas pēdu fosilijas netika atrastas, toties gan iepriekšējos pētījumos Langsēdes atsegumā (Lukševičs et al., 2012), gan šī pētījuma gaitā Kalnrēžu atsegumā ir atzīmējama izteiksmīga smilšaino nogulumu bioturbācija, ko, iespējams, veikušas gliemenes, jo dažos gadījumos pēdu fosiliju fragmenti atgādina *Thalassinoides* isp. ejas. Bioturbācija Kalnrēžu atsegumā ir izplatīta noteiktos slāņos, starp slāņiem novērojamas bioturbācijas intensitātes atšķirības, bet ihnotekstūras indeksi ir 1 un 2. Bioturbācijas rezultātā sākotnējās iežu tekstūras ir daļēji izjauktas, taču kopumā sākotnējās nogulumu tekstūras – slīpslāņojums un horizontāls slāņojums – ir vēl labi saskatāmas. Plaši izplatītā bioturbācija norāda uz organismiem labvēlīgiem apstākļiem to dzīves laikā. Visticamāk organismi darbojušies vidē, kurai raksturīga lēna nogulu uzkrāšanās.

Kaut arī pētījuma gaitā Stipinu svītas nogulumos pēdu fosilijas atrastas tikai divos objektos, tomēr arī šajā stratigrāfiskajā vienībā ir konstatēts samērā daudzveidīgs ihnofosiliju komplekss, kuru veido 10 ihnoģintis: *Arenicolites*, *?Bergaueria*, *Chondrites*, *Diplocraterion*, *Lockeia*, *Palaeophycus*, *Planolites*, *Rhizocorallium*, *Skolithos* un *Thalassinoides* (6.1. tab.). Tādējādi Stipinu svītas ihnofosiliju komplekss daudzveidības ziņā tikai nedaudz atpaliek no Andomas svītas un Pļaviņu RS nogulumos sastaptiem kompleksiem, tomēr nav tik daudzveidīgs kā Daugavas RS ihnokomplekss.

6.3. Pēdu fosiliju veidotāju biodaudzveidība

Pļaviņu reģionālā stāva dolomīta un kaļķakmens nogulumos konstatēti bagātīgi jūras organismu kompleksi, kurus veido daudzveidīgi bezmugurkaulnieki, aļģes, bezžokļeņi un zivis, kā arī mikrobiālie veidojumi – stromatolīti un onkolīti (Sorokin, 1978, 1981; Ivanov et al., 2005). Starp bezmugurkaulniekiem īpaši plaši pārstāvētas tādu organismu grupas, kuriem ir raksturīgi mehāniski izturīgi kalcija karbonāta skeleti: stromatoporāti, konulārijas, tabulātu un četrstaru koraļļi, gliemenes, gliemeži, galvkāji, slēdzenbrahiopodi; retāk tiem ir bijuši hitīna-kalcija fosfāta vai pārkaļķota hitīna skeleti: gliemenvēži, lapkājvēži, lingulāti; atzīmētas arī retas un trauslas eiripterīdu jeb vēžskorpionu atliekas (Sorokin, 1978). Daugavas RS nogulumos sastopamo bezmugurkaulnieku taksonu skaits ir vēl lielāks (Sorokin, 1981). Domājams, liela daļa no šiem organismiem piedalījās to pēdu veidošanā, kas līdz mūsdienām saglabājās kā ihnofosilijas, tomēr dažu pēdu potenciālo veidotāju atliekas, tādas kā posmtārpu, priapulīdu vai trilobītu hitīna čaulas vai mīksto ķermeņu atliekas GDL teritorijā nekad nav atrastas. Tādējādi ihnofosiliju pētījumi ļauj ievērojami papildināt līdzšinējos priekšstatus par pagātnes organismu daudzveidību BDB.

Zinātniskajā literatūrā ir izraisījušās diskusijas par to, pie kura etoloģiskā veida pieskaitīt *Chondrites* pēdas, jo zinātnieku domas atšķiras. Mikulāšs un Dronovs (Mikulāšs, Dronovs, 2006) min, ka šīs pēdas parasti raksturīgas nogulumiem, kas bagāti ar organisko

vielu un pieder pie *hemihnijām*. Hemihnijas ir pēdu fosiliju veids, kuru izpēte sākusies salīdzinoši nesen. Mūsdienu faunas izpēte ir parādījusi, ka nogulumi, kas bagāti ar sērūdeņradi vai metānu, var sekmēt infaunas dzīvnieku eksistenci simbiozē ar baktērijām, kuras spēj šādus indīgus savienojumus pārveidot par vielmaiņā izmantojamiem. Savukārt Zeilahers pieskaita *Chondrites* pie barošanās alām (fodinijām), kas parasti ir izplatītas nogulumos ar pazeminātu skābekļa daudzumu. Šo pēdu veidotāji varēja dzīvot bezskābekļa apstākļos kā hemosimbionti. Līdz ar to, jo augstāks ir skābekļa saturs gruntī, jo dziļāk substrātā atrodamas *Chondrites* (Seilacher, 2007).

Chondrites ir atrodamas arī seklas jūras nogulumos, kā arī vētru slāņos (Bromley, 1990). Zeilahers (Seilacher, 1967), uzskata, ka šīs pēdas varētu atstāt tādi dzīvnieki kā, piemēram, ar *Lucinacea* dzimtas gliemenēm līdzīgu dzīvesveidu, jo tās nepārstrādā nogulumus tunelī, kā to dara dūņēdāji, bet atstāj to tukšu. Pēc citu autoru domām, tie varētu būt vai nu apaļtārpu vai veltņtārpu veidojumi, vai arī baktēriju veidoti gāzu kanāli (Zuschin et al., 2001). Daži autori pie *Chondrites* iehoģints ejām pieskaita arī 1-2 mm kanālus, kas neveido sistēmu, bet gan atsevišķas ejas, kas nekrustojas savā starpā, bieži uz *Thalassinoides* vai *Planolites* iehoģints ejām.

Šī pētījuma gaitā konstatēts, ka *Chondrites* isp. ihofofosilijas ir plaši izplatītas gan Pleskavas RS, gan Daugavas un Stipinu svītas karbonātu iežos, turklāt Daugavas svītā ir izsekojamas divu atšķirīgu veidu ejas, Franas stāva nogulumos *Chondrites* isp. ir sastopamas pārsvarā *Cruziana* ihofofācijai atbilstošos iežos kopā ar citām ihofofosilijām, un to atradumi liecina pret hipotēzi par anaerobiem apstākļiem šo nogulu uzkrāšanās laikā. Tālākajā pētījumu gaitā uzmanība jāpievērš *Chondrites* ihoģints pēdu fosilijām. Tās pārsvarā raksturo seklas jūras nogulumus, mīkstās grunts veidojot tuneļu grupas. Franas stāva nogulumos GDL teritorijā *Chondrites* ir plaši izplatītas, bet joprojām nav iespējams dot viennozīmīgu izskaidrojumu par organismu dzīves funkciju un vides apstākļiem.

6.4. Ihofofācijas Franas stāva nogulumos Galvenā devona lauka teritorijā

Lai varētu iedalīt ihofofācijas, parasti ir nepieciešams ihofofoģiskā materiāla komplekss ar daudzveidīgām ihoģintīm, tomēr atsevišķos gadījumos, piemēram, *Skolithos* ihoģints Andomas kalna Andomas svītas apakšējā daļā, kur tā ir dominējoša, nosaka *Skolithos* ihofofācijas izplatību, bet intensīvi bioturbētie slāņi skaidri apliecina aktīva hidrodinamiska režīma pastāvēšanu.

Franas stāva nogulumos GDL teritorijā no visām paleozoja nogulumiem raksturīgām ihofofācijām (skat. 2.3. nodaļu) ir iespējams nodalīt tikai trīs ihofofācijas: *Cruziana*, *Glossifungites* un *Skolithos*, kā arī, ņemot vērā iepriekšējo autoru publicētos datus (Sorokin, 1981), ir iespējama *Trypanites* ihofofācijas izplatība Daugavas RS nogulumos. Visas šīs ihofofācijas ir raksturīgas kopumā seklu ūdeņu apstākļiem. Lielākoties pētītie ihofofosiliju kompleksi pieder *Cruziana* un *Glossifungites* ihofofācijām, kas atspoguļo tādus vides apstākļus kā baseina dziļums, hidrodinamiskais režīms, ūdens sāļums, substrāta konsistence un citas īpatnības.

Kā jau atzīmēts, *Cruziana* ihofofācija raksturīga kontinentālā šelfa zonai. *Cruziana* ihofofācijai piederīgās ihoģintis ir horizontālās pārvietošanās pēdas (repihnijas *Cruziana* un *Aulichnites*), atpūtas pēdas (kubihnijas *Rusophycus*, *Asteriacites* un *Lockeia*) un *Scolithos* vertikālās alas.

Pļaviņu reģionāla stāva nogulumos Sņetnaja Gora atsegumā, Sņetnaja Goras un Pleskavas slāņos izsekojama augsta ihofofosiliju daudzveidība, kas atbilst *Cruziana*

ihnofācijai ar tās raksturīgajām repihnijas un kubihnijas pēdām, piemēram, Sņetnaja Gora slāņos izsekojamas plašas slāņu virsmas ar aktīvu bioturbāciju un *Psammichnites* isp. (5.6. att. F) pēdu fosilijām, bet pārsedzošos Pleskavas slāņos horizontālās ejas sāk nomainīt vertikālās ihnofosilijas, dominē *Diplocraterion* isp. un *Bifungites* isp. (5.6. att. E), kaut gan reti sastopamas *Skolithos* isp. ejas. Domājams, tas liecina par hidrodinamiskā režīma aktivitātes palielināšanos, jo organismi arvien vairāk veidoja vertikālas ierakšanās ejas. Neskatoties uz to, ka Kalkahju atsegumā konstatētais ihnofosiliju komplekss nav daudzveidīgs un tajā nav atrastas *Cruziana* ihnofācijai raksturīgās formas, tomēr pēc kompleksa sastāva šos Sņetnaja Goras svītas dolomītus var pieskaitīt šai fācijai.

Tipiskākajā sastāvā *Cruziana* ihnofācijai raksturīgs komplekss ir konstatēts Andomas svītas vidusdaļā, kur uz labi šķīrota smilšakmens kā epi- un hiporeljefa formas uz slāņojuma virsmām ir atrasti tādi ihnotaksoni kā *Cochlichnus*, *Cruziana*, *Diplocraterion*, *Glockerichnus*, *Lockeia*, *Paleophycus*, *Planolites*, *Rusophycus*, *Skolithos*, *Teichichnus* un *Undichna* (Mikulāš et al., 2013).

Stipinu svītas nogulumos Petrašūnu karjerā konstatētās ihnoģintis *Skolithos*, *Chondrites*, *Planolites*, *Arenicolites*, *Lockeia* un *Diplocraterion* ļauj izdalīt *Cruziana* fāciju.

Glossifungites ihnofācija raksturīga plūdmaiņu zonai, kur izplatīts blīvs substrāts jūras vidē ar augstu viļņošanās un straumes enerģiju, kas atbilst augšējai sublitorālei, arī piekrastes bāriem, plašiem plūdmaiņu līdzenumiem, kā arī seklas jūras apstākļiem, kur tiek erodētas nekonsolidētas nogulas (Goldring, Kazmierczak, 1974, Fürsich, 1978). Ihnofācijai piederīgās pēdas var raksturot kā dzīvošanas pēdas (domihnijas *Glossifungites* un *Thalassinoides*); dažreiz šai fācijai pieskaita arī augu sakņu struktūras, kas norāda uz krasta klātbūtni ar nelielu, vidēji 2 m dziļumu (Seilacher 2007), bet Franās stāva nogulumos GDL teritorijā tādas nekad nav atrastas. Lai pārliecinoši noteiktu *Glossifungites* ihnofāciju, nepieciešams atrast arī citas šai grupai raksturīgas ihnofosilijas, piemēram, *Psilonichus*, kas pētītajos materiālos arī netika konstatētas. Ņemot vērā devona perioda baseina pastāvīgās apstākļu maiņas, kā arī *Glossifungites* ihnofācijas aprakstu, var pieļaut, ka *Thalassinoides* pēdas zemas daudzveidības kompleksā varētu pārstāvēt šo ihnofāciju, bet citi uzvedības veidi šajā ihnofācijā būtu novērojami ļoti reti. *Thalassinoides* ejas ir raksturīgas arī vidēja dziļuma šelfa nogulumiem, tās var sastapt terīgēnajos un karbonātskajos nogulumos, tāpēc tām ir samērā liela nozīme klastisko un karbonātu iežu griezumam sedimentācijas apstākļu interpretēšanā.

Plaviņu reģionāla stāva nogulumos *Glossifungites* ihnofācijai pieder nogulumu, kuros dominē *Thalassinoides* ejas (5.6. att. C), piemēram, Slāvu avotu atsegumā sastopamie Pleskavas slāņi. Iespējams, Pleskavas slāņu dolomīti pie Izborskas tāpat atbilst *Glossifungites* ihnofācijai, kaur arī šeit ir sastopamas gan *Planolites*, gan *Rhizocorallium* pēdas.

Skolithos ihnofāciju var atpazīt pēc zemas daudzveidības vertikālām dzīvošanas ejām (domihnijām) (*Skolithos*, *Diplocraterion* un *Arenicolites*), fodihnijām (*Ophiomorpha*) un fugihnijām. Visas šīs pēdas ir tipiskas plūdmaiņu zonai, kurā organismiem jābūt spējīgiem strauji rīkoties dinamiskos apstākļos. *Skolithos* ihnofācijas parādīšanos sākotnēji saistīja tikai ar plūdmaiņu zonu, tomēr tā ir tipiska arī citām mainīgām vidēm, tādām kā vētras ietekmētā zona, kurā veidojas tempestīti.

Skolithos ihnofācijai raksturīgs komplekss ir konstatēts Pleskavas slāņos. Šim laikposmam ir raksturīgs seklūdens baseins un aktīvāks hidrodinamiskais režīms, nekā Sņetnaja Goras laikposmā. To pierāda tādu ihnoģinšu kā *Diplocraterion* un *Skolithos* atradumi Pleskavas slāņos, kā arī *Psammichnites* izplatība tikai Sņetnaja Goras slāņos. *Skolithos* ihnofācija ir konstatēta arī Andomas svītas apakšējā daļā.

6.5. Ihnofosiliju un ihnofāciju nozīme Franas stāva nogulumu veidošanās apstākļu interpretācijā

Pēdu fosiliju pētījumi var sniegt būtisku informāciju, kas ļauj papildināt esošās paleobaseina rekonstrukcijas. Dažos gadījumos ihnofāciju nomaiņa griezumā ļauj izšķirties par dažādu apstākļu izmaiņām laika gaitā; piemēram, Kalnciema karjerā ir atrastas divu, *Cruziana* un *Glossifungites* ihnofāciju pazīmes, kas raksturo vidi kā mainīgu, tomēr arī labvēlīgu daudzveidīgiem organismiem (Meškis, Mitikova, 2012). Šeit Daugavas svītas nogulumos nomainās paisuma-bēguma zonai un sublitorālei raksturīgi apstākļi, ko izraisīja jūras līmeņa svārstības. Kalnciema karjera teritorijā *Cruziana* ihnofācijai piederīgas pēdas (*Planolites* un *Chondrites*) uz vāji šķīrotiem substrātiem sublitorāles zonā augstāk par vētras viļņu bāzes līmeni un zemāk par parasto viļņu bāzi veidoja kustīgie organismi. Šai zonai ir raksturīga liela pēdu dažādība, īpaši mezozoajā un kainozoajā, un liela bioturbācijas intensitāte (Uchman, 1998), kas labi izsekojams arī Kalnciema karjerā sastopamajā dolomītā (3. un 5. slānī); turpretī ceturtajā slānī novērojamās *Thalassinoides* ejas ir vairāk raksturīgas *Glossifungites* ihnofācijai.

Kranciema karjera griezuma 4. slānī (5.10. att) atsedzas gliemeždolomīts, kas varēja uzkrāties aktīvā hidrodinamiskā režīmā, piemēram, uz sēkļa vai lagūnas norobežojošā vaļņa. Pie atzīmes 4,25 m (5.10. att.) tika atrastas ihnofosilijas *Lockeia* isp., kas raksturīgs mierīgiem hidrodinamiskajiem apstākļiem un visticamāk atbilst *Cruziana* ihnofācijai. Šajā gadījumā novērojamas sedimentācijas apstākļu izmaiņu pazīmes gan pēc makrofaunas, gan ihnofosiliju nomaiņas, un, iespējams, tās ir saistītas ar viļņu bāzes pazemināšanos.

Remīnes karjerā Kranciema ridas griezuma apakšējā daļā veidotie nogulumi varētu būt veidojušies hidrodinamiski mierīgos apstākļos, bet griezuma vidusdaļā konstatētās pēdu fosilijas liecina par ūdens līmeņa pazemināšanos, savukārt griezuma augšējā daļā novērojamas jūras transgresijas pazīmes. *Planolites* un *Thalassinoides* ihnogintis raksturīgas neliela dziļuma baseinam un kopumā mierīgam hidrodinamiskajam režīmam. Iespējams, ka jūras celšanās sākuma stadijā uzkrājušās karbonātiskās nogulas ar bagātīgām gliemežu atliekām, kas bija raksturīgas aktīvākiem hidrodinamiskajiem apstākļiem – plašiem zemūdens sēkļiem vai bāriem, kas atdalīja lagūnas no atklātas jūras (kā jau atzīmēts, gliemeždolomīts izsekojams plašā teritorijā). Griezuma augšējā daļā izsekojamas ihnofosilijas (tārpu veidotās barošanās ejas, atpazīstamas *Planolites* un, iespējams, *Paleophycos*), iespējams, pieder *Cruziana* ihnofācijai, kas apliecina ūdens līmeņa celšanos.

Ogres svītas dolomītsmilšakmeņi veidojušies mainīgos apstākļos, mijoties karbonātu sedimentācijai mierīgos apstākļos un smilts uzkrāšanās procesiem aktīvās straumēs; arī organismi, aktīvi barojoties vai pārvietošanās rezultātā ietekmēja substrātu. Klastiskais un karbonātiskais materiāls ticis sajaukts kopā, par ko liecina tekstūras – slīpslāņojums, ripsnojums, uzduļķojuma tekstūras, u.c., kas norāda uz straumju ietekmi. Kalnrēžu atsegumā labi redzama bioturbācijas ietekme uz nogulumu sākotnējo tekstūru – dolomītsmilšakmeņos ir konstatēts slīpslāņojums, kas bieži vien izjaukts, traucēts racējorganismu darbības rezultātā. Bioturbācija tika konstatēta arī Langsēdes atsegumā (5.39. att.) (Lukševičs et al., 2012). Vides apstākļu mainība varētu būt arī iemesls tam, ka nogulas tomēr nav pilnībā tikušas pārstrādātas. Pēdu fosilijas parasti norāda uz substrāta konsolidācijas pakāpi organismu darbības laikā (Fürsich, 1975). Kalnrēžu atseguma nogulumu bioturbētajos slāņos ir ejas, kuru aprises ir labi saskatāmas (iespējams, *Thalassinoides* isp.), taču bieži vien šo eju robežas nav labi izteiktas un ir grūti nodalāmas, tāpēc taksonomiskās piederības noteikšana ir apgrūtināta. Organismi, kuri dzīvojuši ūdens

baseina gultnē (visdrīzāk, gliemenes), atstājuši ejas pārvietošanās un barošanās procesu rezultātā; domājams, ka substrāts vēl nav bijis konsolidēts.

Par Stipinu laikosma nogulu uzkrāšanās apstākļiem liecina Petrašūnu karjerā iegūtie dati. Labi izsekojamas (5.45. att.) aktīvu hidrodinamisku apstākļu pazīmes: *Skolithos* un *Arenicolites* iehoģintis, kas liecina par *Skolithos* ihoģifācijai raksturīgiem apstākļiem, kā arī, iespējams, tempestītiem. Savukārt *Chondrites* ihoģintis blīvi apdzīvots substrāts liecina par iespējamo simbiozi starp tārpveidīgiem organismiem un baktērijām. Novērojamas to organismu klātbūtnes pazīmes, kas pārstrādājuši vai pārvietojušies substrātu nogulu uzkrāšanās laikā nelitificētajā gultnē: *Palaeophycos* un *Chondrites* ihoģintis. Nobirās atrastais paraugs ar *Planolites* un *Thalassinoides* ihoģintīm un augstu ihoģitekstūras indeksu liecina, ka apstākļi periodiski bijuši ar zemāku hidrodinamisko aktivitāti. Kaut gan Stipinu dolomīti Petrašūnu karjerā pārsvarā pieskaitāmi pie *Skolithos* ihoģifācijas, tomēr šeit ir atrastas liecības par iespējamo *Cruziana* ihoģifācijas klātbūtni. Klovaiņu karjerā dominē *Diplocraterion* un *Planolites* kopā ar *Thalassinoides* un *Lockeia* ihoģintis pēdu fosilijām, kas atbilst *Cruziana* ihoģifācijai un norāda uz salīdzinoši zemāku hidrodinamisko intensitāti kā Petrašūnu karjera sienās atsegtajos nogulumos.

Andomas svītā var konstatēt divas ihoģifācijas: *Skolithos* ihoģifāciju tās zemākajā un augšējā daļā un *Cruziana* ihoģifāciju svītas vidusdaļā. *Skolithos* pēdu veidotājus parasti uzskata par organismiem, kas dzīvo dinamiskas sedimentācijas apstākļos, un to klātbūtnē norāda uz plūdmaiņu apstākļiem un piekrastes zonām raksturīgu vidi. *Cruziana* pārstāv trilobītu (Fillion, Pickerill, 1990) vai citu bentisko posmkāju repihnijas (Bromley 1996). *Cruziana* ihoģifācijai raksturīgas daudzveidīgas uzvedības pazīmes, piemēram, atpūtas, pārvietošanās, barošanās un bēģšanas. Šī etoloģiskā daudzveidība liecina par zemas enerģijas apstākļiem, kā arī augstu barības koncentrāciju. *Cruziana* ihoģifāciju asociē ar seklu jūru vai estuāriem, līčiem un lagūnām (Pemberton *et. al.*, 1992). Andomas svītas nogulumu dažādās struktūras un tekstūras ļauj pieņemt, ka šie nogulumu, visticamāk, ir veidojušies viļņu un plūdmaiņu ietekmētā vidē.

Kļimovas svītā pēdu fosilijas ir sastopamas daudz retāk nekā Andomas svītā. Kļimovas svītas augšdaļā *Skolithos* bioturbācija tika atrasta divos aleirolīta slāņos. Nogulumu fāciju analīze ļāva izdarīt pieņēmumu, ka Kļimovas svītas smilšainie nogulumu, visticamāk, uzkrājās plūdmaiņas ietekmētos kanālos un bāros (Tovmasyan, Stinkulis, 2008). Apjomīga smilts daudzuma pārnese liecina par sanesu avota tuvumu, un ir zināms, ka *Skolithos* var veidoties ne tikai viļņu zonā ar augstu enerģiju, bet arī deltas vidē (Bromley, 1996) un pat kāpu zonā (Murray *et al.*, 2006).

Sāļums ir kritisks faktors daudziem bentiskajiem organismiem. Tikai eirihalīni organismu no iesāļas un paaugstināta sāļuma vides ir spējīgi pielāgoties dažāda veida osmotiskam spiedienam. Lielākā jūras un saldūdens organismu daļa ir stenohalīni, kas nozīmē, ka tie var panest tikai nelielu sāļuma nobīdi.

Paleovides rekonstrukcijās *Skolithos* un *Cruziana* ihoģifācijām raksturīgais pēdu fosiliju komplekss dažkārt tiek uzskatīts par iesāļa ūdens faunas indikatoru (Pemberton, Wightman, 1992). Par iesāļa ūdens faunu dēvē noplicinātu jūras kompleksu, kurā endobentiskās formas ir daudz biežāk sastopamas nekā epibentiskās formas. Taču, tā kā nav pietiekamu pierādījumu par iesāļa ūdens apstākļiem, iespējams, ka Andomas svītai tipiskā *Cruziana* ihoģifācija ir veidojusies, sākot no krasta zonas līdz piekrastes šelfam. Sedimentācijas apstākļi nav raksturīgi lagūnai (Engalychev, Nikitin, 2001), bet drīzāk estuāram, jo griezumā dominē klastiski nogulumu. *Cruziana* un *Skolithos* ihoģifācijas ir bieži konstatētas estuāros (Ranger, Pemberton, 1992; Pemberton *et al.*, 1992; MacEachern, Pemberton, 1994). Estuāra ielejas veidojas, upēm izskalojot krasta zonu jūras līmeņa krišanās laikā, bet, jūras līmenim ceļoties, tajās var uzkrāties nogulumu (Zaitlin *et al.*, 1994). Zema jūras līmeņa laikā izgulsnējas un saglabājas slikti šķiroti nogulumu; tos

vertikāli aizstāj labāk šķirotas transgresīvās fācijas nogulas. Zema jūras līmeņa laikā ielejā jauni nogulumu neuzkrājas, taču esošie tik erodēti un pārstrādāti transgresijas laikā (MacEachern, Pemberton, 1994).

Skolithos un *Cruziana* ihnofāciju nomaiņa Andomas svītas vidusdaļā visticamāk raksturo iesāļa ūdens estuāru. Transgresijai turpinoties, iesāļa ūdens apstākļi sasniedz estuāra augšējos kanālus un jauktās *Cruziana-Skolithos* ihnofācijas pārvietojas krasta virzienā. Normāla sāļuma ūdens estuārā var veicināt marīnas *Cruziana* ihnofācijas izveidošanos (MacEachern, Pemberton, 1994) kā tas novērojams Andomas svītas vidusdaļā.

Vietās, kur ihnoloģiskais komplekss ir nepilnīgs, pēdu fosilijas nesniedz pietiekami pilnīgu informāciju paleoekoloģisko apstākļu skaidrojumam, bet fosiliju novietojums vai arī izmainītais stāvoklis var būt nozīmīgs paleovides rekonstrukcijas avots. Ir zināms, ka stromatoporāti ir dzīvojuši tikai normāla sāļuma ūdeņos jūrās un to atliekas parasti asociē ar seklūdens karbonātu fācijām, kas veidojušās hidrodinamiski samērā aktīvā režīmā. Pārsvarā stromatoporātu dzīves telpa ir ciets substrāts, kas, iespējams, izskaidro to, ka tārpveidīgie organismi nespēja veidot ejas apstākļos, kuros dominēja stromatoporāti, vai arī šādas ejas nesaglabājas. Tīrhannas izstrādātajā karjerā konstatētie stromatoporāti dolomīta-kaļķakmeņu slānī neatrodas dzīves pozīcijā, bet gan ir sagāzti vai pat pilnībā apvērsti. Šādas sekas varēja radīt spēcīgu viļņu ietekme; norimstot viļņiem, stromatoporātu kolonijas kopā ar citām organiskās izcelsmes atliekām kļuvušas par barības objektiem dažādiem dzīvniekiem. Barojoties tie aiz sevis atstājuši barošanās un pārvietošanās tipa ejas – fodihnijas –, dažviet novērojamas arī ieurbšanās pēdas pašos stromatoporātos.

SECINĀJUMI

Pētījuma gaitā Franas stāva nogulumos GDL teritorijā ir atklātas daudzveidīgas pēdu fosilijas, kas pieder 23 ihnoģintīm un 5 ihnosugām, un atspoguļo Franas laikmeta sākuma jūras transgresijas ietekmi uz nogulumu veidošanās un organismu dzīves apstākļu daudzveidības pieaugumu. Analizējot pēdu fosiliju izplatību griezumā, GDL rietumu daļā ir noskaidrots Pļaviņu, Daugavas un Stipinu reģionālo stāvu bioloģiski daudzveidīgo ihnofosiliju kompleksu sastāvs, kā arī detalizēti pētīta Ogres svītas nogulumu bioturbācija. Ne mazāk daudzveidīgs ihnofosiliju komplekss ir aprakstīts no GDL austrumu daļas Andomas svītas nogulumiem. Ihnofāciju kompleksu analīze ir ļāvusi nodalīt Franas stāva nogulumos GDL teritorijā vismaz trīs paleozoja nogulumiem raksturīgās ihnofācijas – *Cruziana*, *Glossifungites* un *Skolithos*, kas ļauj izmantot iegūtos datus devona baseina sedimentācijas un organismu eksistences apstākļu rekonstrukciju detalizācijai. Pētījuma rezultātu interpretācija ir ļāvusi izdarīt virkni konkrētu secinājumu.

1. Franas stāva nogulumos GDL teritorijā sastopamie ihnofosiliju kompleksi apstiprina iepriekšējo autoru viedokli par šo nogulumu veidošanos seklas epikontinentālas jūras apstākļos, vienlaicīgi ļaujot detalizētāk interpretēt sedimentācijas un organismu dzīves apstākļus secīgos Franas laikmeta posmos, kā arī labāk korelēt GDL rietumu un austrumu daļas nogulumu griezumus pēc to veidošanās apstākļu nomaiņas.

2. Pļaviņu, Daugavas un Stipinu reģionālā stāva nogulumos atklātie ihnofosiliju kompleksi un ihnofācijas apliecina jau iepriekš pieņemto viedokli, ka tagadējā GDL teritorijā atradies normāla sāļuma jūras baseins, kas varēja izveidoties, ja epikontinentālā ūdenstilpe bija savienota ar atklātu jūru. Pēdu fosiliju kompleksi pieder galvenokārt *Cruziana* ihnofācijai, kas raksturīga kontinentālā šelfa sublitorāles zonai zem viļņu bāzes, kā arī *Glossifungites* ihnofācijai, kas atbilst augšējai sublitorālei, bet Andomas svītas apakšējā daļā atrastie – *Skolithos* ihnofācijai, kurai raksturīgi ļoti aktīvi hidrodinamiskie apstākļi un liels sedimentācijas ātrums. Visu šajā pētījumā atklāto ihnofosiliju kompleksu pēdu fosilijas ir veidojušās mīkstos substrātos, bet konsolidētos substrātos veidotie urbumi un ejas netika konstatētas.

3. Pļaviņu un Daugavas reģionālo stāvu nogulumos izplatīto ihnofosiliju kompleksu daudzveidība GDL rietumu daļā likumsakarīgi pieaug ziemeļaustrumu virzienā, turklāt atsevišķu pēdu fosiliju saglabātība ir tieši proporcionāla ihnofosiliju kompleksa daudzveidībai. GDL teritorijā smalkas uzbūves detaļas ir vislabāk saglabājušās Andomas svītas pēdu fosilijās, starp kurām ir noteiktas piecas ihnosugas, pretēji citiem kompleksiem, kuros lielākoties izdevās noteikt pēdu fosiliju piederību ihnoģintīm.

4. Daugavas svītas nogulumos plaši izplatītās *Chondrites* un *Thalassinoides* ihnoģints pēdu fosilijas acīmredzami raksturo mierīgus seklas jūras apstākļus un atbilst sublitorāles zonai, kas liek apšaubīt viedokli par *Chondrites* kā anaerobo apstākļu indikatoru.

5. Andomas svītas ihnofosiliju kompleksu un ihnofāciju nomaiņas raksturs griezumā ļauj izvirzīt hipotēzi par estuāra attīstību GDL austrumu daļā Franas laikmeta sākumā, kuru vēlāk Kļimovas svītas veidošanās laikā ir nomainījusi delta. Pamatotāku secinājumu izdarīšanai gan ir nepieciešami papildus pētījumi blakus teritorijās un iegūto datu salīdzinājums ar sedimentoloģisku pētījumu rezultātiem.

6. Salīdzinot ihnofosiliju kompleksu sastāvu un atsevišķu ihnotaksonu saglabāšanos pārsvarā klastiskajos nogulumos, kaļķakmeņos, dolomitizētos kaļķakmeņos un dolomītos, ir noskaidrots, ka dolomitizācijas procesu ietekmē notiek ihnofosiliju identificēšanai svarīgu pazīmju ievērojama pārveidošana vai pat izzušana, kas nozīmīgi samazina ģeoloģiskās informācijas pilnīgumu par dolomitizācijas ietekmēto slāņkopu paleontoloģisko hroniku.

Šī pētījuma gaitā ir noskaidrota virkne problēmu, kuru risināšana būtu iespējama turpmākās studijās, paplašinot pētāmo teritoriju galvenokārt Krievijas Ļeņingradas, Novgorodas un Tveras apgabalos, vai arī koncentrējot uzmanību uz dažu atsevišķu ihnotaksonu padziļinātu izpēti. Kā vienu no piemēriem var minēt *Chondrites*, kas ir pārstāvētas praktiski visos Franā stāva ihnofosiliju kompleksos, bet Daugavas svītas nogulumos veido vismaz divas atšķirīgas formas, iespējams, ihnosugas statusā.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

Publicētā literatūra

- Ahlberg, P.E., Clack, J.A., Lukševics, E., Blom, H., Zupinš, I., 2008. *Ventastega curonica* and the origin of tetrapod morphology. – *Nature*, 453, 1199-1204.
- Baldwin, C.T., 1977. *Rusophycus morgati*: an asaphid produces trace fossil from the Cambro-Ordovician of Brittany and northwest Spain. *Journal of Paleontology*, 51(2), 411–413.
- Barkhatova, V.P., 1941. On the geology of basins at the south-eastern bank of the Onega Lake and the upper stream of the Onega River. *Trudy Severnogo Geologicheskogo Upravleniya*, 9, 1-116, (in Russian).
- Baucon, A., 2010. Leonardo da Vinci, the founding father of ichnology. *Palaios*, 25, 361-367.
- Benton, M.J., Harper, D.A.T., 1997. *Basic Paleontology*. Addison Wesley Longman, 342 pp.
- Bjerstedt, T.W., 1988. Multivariate analyses of trace fossil distribution from an Early Mississippian oxygen-deficient basin, Central Appalachians. *Palaios*, 3, 53-68.
- Bjerstedt, T.W., Erickson, J. M., 1989. Trace fossils and bioturbation in peritidal facies of the Potsdam-Theresa Formations (Cambrian-Ordovician), northwest Adirondacks. *Palaios*, 4, 203-224.
- Brangulis, A. J., Kuršs, V., Misāns, I., Stinkulis, Ģ., 1998. *Latvijas ģeoloģija*, Rīga, 70 lpp.
- Brenchley, P.J.; Harper, D.A.T., 1998. *Palaeoecology: Ecosystems, environments and evolution*. Chapman & Hall, London, 402 pp.
- Bromley, R. G., 1990. *Trace Fossils: Biology and Taphonomy*. 2nd ed., Unwin Hyman, London. 312 pp.
- Bromley, R.G., 1994. The palaeoecology of bioerosion. In Donovan, S.K. (ed.), *The paleobiology of trace fossils*. John Wiley & Sons, Chichester, pp. 134-154.
- Bromley, R.G., 1996. *Trace fossils: Biology, taphonomy and applications*, 2nd ed. Chapman & Hall, London, 361 pp.
- Bromley, R.G., Asgaard, U., 1991. Ichnofacies: a mixture of taphofacies and biofacies. *Lethaia*, 24, 153-163.
- Bromley, R.G., Ekdale, A.A., 1984. Chondrites: a trace fossil indicator of anoxia in sediments. *Science*, 224, 872-874.
- Bromley, R.G., D'Alessandro, A., 1987. Bioerosion of the Plio-Pleistocene transgression of southern Italy. *Rivista Italiana di Paleontologia et Stratigraphie*, 93, 379-442.
- Bromley, R.G., Pemberton, S.G., Rahmani, R.A., 1984. A Cretaceous woodground: the Teredolites ichnofacies. *Journal of Paleontology*, 58, 488-498.
- Crimes, T.P., 1975. The stratigraphical significance of trace fossils. In Frey R.W. (ed), *The study of trace fossils*. Springer-Verlag, New York, pp. 109–130.
- Crimes, T.P., 1987. Trace fossils and correlation of late Precambrian and early Cambrian strata. *Geological Magazine*, 124(2), 97–119.

- Crimes, T.P., Droser, M.L., 1992. Trace fossils and bioturbation: The other fossil record. *Annual Reviews of Ecology and Systematics*, 23, 339-360.
- Crimes, T.P., Marcos, A., 1976. Trilobite traces and the age of the lowest part of the Ordovician reference section for NW Spain. *Geological Magazine*, 113, 349-356.
- Crimes, T.P., Legg, I., Marcos, A., Arboleya, M., 1977. Late Precambrian-low Lower Cambrian trace fossils from Spain. In Crimes, T.P., Harper, J.C. (eds.), *Trace fossils 2. Geol. Jour., Special Issue*, 9, 91-138.
- Engalychev, S.Yu., 2003. A new data on inchnotextures from the sandy deposits of the Main Devonian Field. *Vestnik SPbGU, series 7, geology and geography*, 3(23), 97-102 (in Russian).
- Engalychev, S.Yu., Nikitin, M.Yu. 2001. Nekotorye litologicheskie osobennosti i vozmozhnyi genesis "rybnyh brekchij" iz verhnedevoevskikh otlozhenij Andomygory (Some lithological aspects and possible origin of the "fish-breccias" in the Upper Devonian deposits of Andoma Hill). In Nesterov E.M. (ed.), *Istoricheskaja geologija i evolyucionnaja geografija*. Sankt Petersburg. pp. 74-81 (in Russian).
- Fillion, D., Pickerill, R.K., 1990. Ichnology of the Upper Cambrian? to Lower Ordovician Bell Island and Wabana groups of eastern Newfoundland, Canada. *Paleontographica Canadiana*, 7, 1-220.
- Frey, R. W., 1990. Trace fossils and hummocky cross-stratification, Upper Cretaceous of Utah. *Palaios*, 5, 203-218.
- Frey, R.W., Howard, J.D., 1982. Trace fossils from the Upper Cretaceous of the Western Interior: potential criteria for facies models. *The Mountain Geologist*, 19, 1-10.
- Frey, R.W., Pemberton, S.G., 1984. Trace fossil facies models. In Walker R.G. (ed.), *Facies models*, 2nd edn. Geoscience Canada Reprint Series 1, pp. 189-207.
- Frey, R.W., Pemberton, S.G., 1987. The Pylonichnus ichnocoenose, and its relationship to adjacent marine and nonmarine ichnocoenoses along the Georgia coast. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 35, 333-357.
- Frey, R.W., Pemberton, S.G., Saunders, T.D.A., 1990. Ichnofacies and bathymetry: a passive relationship. *Journal of Paleontology*, 64, 155-158.
- Frey, R.W., Seilacher, A., 1980. Uniformity in marine invertebrate ichnology. *Lethaia*, 13, 183-207.
- Fürsich, F.T., 1974. On Diplocraterion Torell 1870 and the significance of morphological features in vertical, spreiten-bearing, U-shaped trace fossils. *Journal of Paleontology*, 48(5), 952-962.
- Fürsich, F.T., 1975. Trace fossils as environmental indicators in the Corallian of England and Normandy. *Lethaia*, 8, 151-172.
- Fürsich, F.T., 1978. The influence of faunal condensation and mixing on the preservation of fossil benthic communities. *Lethaia*, 11, 243-250.
- Gevers, T.W., Frakes, L.A., Edwards, L.N., Marzolf, J.E., 1971. Trace Fossils in the Lower Beacon Sediments (Devonian), Darwin Mountains, Southern Victoria Land, Antarctica. *Journal of Paleontology*, 45(1), 81-94.
- Goldring, R., Kazmierczak, J., 1974. Ecological succession in intraformational hardground formation. *Palaeontology*, 17, 949-962.
- Han, Y., Pickerill, R.K., 1994. *Phycodes templus* isp. nov. from the Lower Devonian of northwestern New Brunswick, eastern Canada. *Atlantic Geology*, 30(1), 37-46.

- Haq, B.U., Shutter, S.R., 2008. A chronology of Paleozoic sea-level changes. *Science*, 322, 64-68.
- Häntzschel, W., 1975. Trace fossils and problematica. In Teichert, C. (ed.), *Treatise on invertebrate paleontology*, Part W, Suppl. 1. Geological Society of America and University of Kansas, W1–W269.
- Hasiotis, S.T., Mitchell, C.E., Dubiel, R.F., 1993. Application of morphologic burrow interpretations to discern continental burrow architectures: Lungfish or crayfish. *Ichnos*, 2, 315–333.
- Ivanov, A., Lukševičs, E., Stinkulis, G., Tovmasyan, K., Zupiņš, I., Beznosov, P., 2006. Stratigraphy of the Devonian deposits at Andoma Hill. In Pystin, A.M. (ed.), *Problemy geologii i mineralogii*. Syktyvkar, Geoprint, pp. 385-396 (in Russian).
- Ivanov, A.O., 1990. Sņetnaya Gora vertebrate assemblage from the Main Devonian Field and its biostratigraphical significance. *Vestnik Leningradskogo Universiteta, series 7, geology and stratigraphy*, 1, 94-98 (in Russian).
- Jurina, A., Raskatova, M., 2012. New Data on the Devonian Plant and Miospores from the Lode Formation, Latvia. *LU Raksti, Zemes un vides zinātnes*. 783, 46-56.
- Kajak, K., 1997. Upper Devonian. In Raukas A., Teedumae A. *Geology and mineral resources of Estonia*. Estonia Academy Publisher, Tallinn, pp. 121-123.
- Kelly, S.R.A., Bromley, R.G., 1984. Ichnological nomenclature of clavate borings. *Palaeontology*, 27, 793–807.
- Knaust, D., Bromley, R.G. (eds.), 2012. Trace Fossils as Indicators of Sedimentary Environments. *Developments in Sedimentology*, 64, 960 p.
- Kraus, E., 1930. Über Schichtkrümmungen. In *Studien zur ostbaltischen Geologie*. Veröffentl. geol.-paleontol. Inst. Univ. Riga, Druck von W. F. Hacher. 23-26, 171-195 S.
- Ksiazkiewicz, M., 1977. Trace fossils in the flysch of the Polish Carpathians. *Paleontologia Polonica*, 36, 1-208.
- Kuršs, V., 1975. Litologija i poleznye iskopaemye terrigennoho devona Glavnogo polya. Rīga, Zinātne. 223 s (in Russian).
- Kuršs, V., 1992. Devonskoe terrigennoe osadkonakoplenie na Glavnom devonskom pole. Rīga, Zinātne. 208 s (in Russian).
- Liepiņš, P.P., 1959. *Famenskie otlozheniya Pribaltiki*. Academy of Sciences of Latvian SSR Publisher, Riga, 140 pp (in Russian).
- Lukševičs, E., 2001. Bothriolepid antiarchs (Vertebrata, Placodermi) from the Devonian of the north-western part of the East European Platform. *Geodiversitas*, 23(4), 489-609.
- Lukševičs, E., Mikuláš, R., Ivanov, A., Zupiņš, I., 2008. Devonian trace fossils from the Andoma Hill (Onega Lake, Russia). In Hints, O., Ainsaar, L., Männik, P., Meidla, T. (eds.), *The Seventh Baltic Stratigraphical Conference. Abstract and Field Guide*. Tallinn, Geological Society of Estonia. pp. 43.
- Lukševičs, E., Zupiņš, I., 2004. Sedimentology, fauna, and taphonomy of the Pavari site, Late Devonian of Latvia. *LU Raksti, Zemes un vides zinātnes. Otrais Grosa simpozija "Paleoiohtioģijas sasniegumi"* 679, 99-119.
- Lukševičs, E., 2006. Sedimentācijas apstākļu rekonstrukcija pēc pēdu fosilijām. *Latvijas Universitātes 64. zinātniskā konference. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. Referātu tēzes*. Rīga, LU akadēmiskais apgāds, 184.-185.

- Lukševičs, E., Stinkulis, Ģ., Kalniņa, L., 2012. Astotā Baltijas stratigrāfijas konference. The Eighth Baltic Stratigraphical Conference. *LU Raksti, Zemes un vides zinātnes*, 783, 6-12.
- Lyarskaya, L.A., Lukševičs, E.V., 1992. Sostav i rasprostranenie beschelyustnikh i rib v iluriyskikh i devonskikh otlozheniyakh Latvii. In Vejnbergs, I.G., Danilans, I.Y., Sorokin, V.S., Ul'st, R.Zh. (eds.), *Paleontologiya i stratigrafiya fanerozoya Latvii i Baltijskogo morya*. Riga: Zinatne, 63 – 76. (in Russian).
- MacEachern, J.A., Pemberton, S.G., 1994. Ichnological aspects of incised valley fill systems from the Viking Formation of the Western Canada Sedimentary Basin, Alberta, Canada. In Boyd, R., Zaitlin, B.A., Dalrymple, R. (eds.), *Incised Valley Systems – Origin and Sedimentary Sequences*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 51, pp. 129-157.
- Mángano, M.G., Buatois, L.A., West, R.R., Maples, C.G., 1999. The origin and paleoecologic significance of the trace fossil Asteriacites in the Pennsylvanian of Kansas and Missouri. *Lethaia*, 32, 17-30.
- Mann, K.H., 2000. *Ecology of Coastal Waters*. Wiley, 432 p.
- Männil, R.M., 1966. O Vertikalnykh norkakh zaryvaniya v Ordovikskikh izvestiyakakh Pribaltiki. *Organizm i sreda v geologicheskom proshlom*. Akademiya Nauk SSSR, Paleont. Institut. Moskau. 200-207.
- Maples, C.G., Suttner, L.J., 1990. Trace fossils and marine-nonmarine cyclicity in the Fountain Formation (Pennsylvanian: Morrowan/Atokan) near Manitou Springs, Colorado. *Journal of Paleontology*, 64, 859-880.
- Mark-Kurik, E., Blicck, A., Loboziak, S., Candiler, A., 1999. Miospore assemblage from the Lode member (Gauja Formation) in Estonia and the Middle-Upper Devonian boundary problem. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 48(2), 86-98.
- Mark-Kurik, E., Pöldvere, A., 2012. Devonian stratigraphy in Estonia: current state and problems. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 61(1), 33-47.
- Meškis, S., Mitikova, O., 2011. Daugavas svītas ihnofosiliju komplekss un sedimentācijas baseina īpatnības Kalnciema karjerā. *Latvijas Universitātes Raksti, Zemes un Vides zinātnes*, 762, 83-92.
- Meškis, S., Učelniece, Lūse, I., Stunda, A., 2011. Minerāla sastāva īpatnības augšdevona Daugavas un Pļaviņu svītu dolomītos. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes*. Latvijas Universitātes 69. zinātniskā konference, 339-340.
- Meškis, S., 2013. Galvenā devona lauka rietumu daļas Pļaviņu reģionālā stāva ihnofosiliju komplekss. *Latvijas Universitātes Raksti, Zemes un Vides zinātnes*, xxx.sējums, xx.-xx. lpp. (raksts pieņemts publicēšanai).
- Mikuláš, R., Dronov, A., 2006. *Palaeoichnology – Introduction to the study of trace fossils*. Institute of Geology, Academy of Sciences of Czech Republic. Prague. 122 pp. (in Russian with English summary).
- Mikuláš, R., Meškis, S., Lukševičs, E., Stinkulis, Ģ., Zupiņš, I., Ivanov, A., 2013. A rich ichnofossil assemblage from the Frasnian (Upper Devonian) deposits at Andoma Hill, Onega Lake, Russia. *Bulletin of Geosciences. Czech Republic*, Nr. 1358 (akceptēts publicēšanai).
- Miller, M.F., Smail, S.E., 1997. A semiquantitative field method for evaluating bioturbation on bedding planes. *Palaios*, 12(4), 391-396.
- Murray, R.G., Campbell, K.A., Zuraida, R., 2006. Plant Traces Resembling Skolithos. *Ichnos*, 13, 205–216.

- Naruse, H., Nifuku, K., 2008. Three-dimensional morphology of the ichnofossil *Phycosiphon incertum* and its implication for paleoslope inclination. *Palaios*, 23, 270-279.
- Osgood, R.G., 1975. The history of invertebrate ichnology. In Frey, R.W. (ed.), *The Study of Trace fossils*. Springer-Verlag, New York. pp. 3-12.
- Osgood, R.G., 1970. Trace fossils of the Cincinnati area. *Paleontographica Americana*, 6, 281-444.
- Pemberton, S.G., Frey, R.W., 1982. Trace fossil nomenclature and the *Planolites-Palaeophycus* dilemma. *Journal of Paleontology*, 56, 846-881.
- Pemberton, S.G., Frey, R.W., and Bromley, R.G., 1988. The ichnotaxonomy of *Conostichus* and other plug-shaped ichnofossils. Canadian. *Journal of Earth Sciences*, 25, 866-892.
- Pemberton, S.G., Reinson, G.E., MacEachern, J.A., 1992. Comparative ichnological analysis of Late Albian estuarine valley-fill and shelf-shoreface deposits, Crystal Viking Field, Alberta. In Pemberton, S.G. (ed.), *Applications of Ichnology to Petroleum Exploration*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Core Workshop 17, pp. 291-317.
- Pemberton, S.G., Wightman, D.M., 1992. Ichnological characteristics of brackish water deposits. In Pemberton, S.G. (ed.), *Applications of Ichnology to Petroleum Exploration*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Core Workshop 17, pp. 141-167.
- Petrov, L.S., 1956. Devonian deposits of the north-western part of Russian platform. *Trudy VNIGRI, new series* 97, 1-174, (in Russian).
- Pickerill, R.K., 1982. *Glockerichnus*, a new name for the trace fossil ichnogenus *Glockeria* Książkiewicz 1968. *Journal of Paleontology*, 56, 816.
- Pickerill, R.K., 1990. Nonmarine Paleodictyon from the Carboniferous Albert Formation of southern New Brunswick. *Maritime Sediments and Atlantic Geology*, 26, 157-163.
- Pickerill, R.K., Peel, J.S., 1990. Trace fossils from the Lower Cambrian Bastion Formation of North-East Greenland. *Rapp. Grønlands geol. Unders.* 147, 5-43.
- Pontén, A., Plink-Björklund, P., 2007. Depositional environments in an extensive tide-influenced delta plain, Middle Devonian Gauja Formation, Devonian Baltic Basin, *Sedimentology*, 54(5), 969-1006.
- Pontén, A., Plink-Björklund, P., 2009. Regressive to transgressive transits reflected in tidal bars, Middle Devonian Baltic Basin. *Sedimentary Geology*, 218, 48-60.
- Ranger, M.J., Pemberton, S.G., 1992. The sedimentology and ichnology of estuarine point bars in the McMurray Formation of the Athabasca Oil Sands Deposit, northeastern Alberta, Canada. In Pemberton, S.G. (ed.), *Applications of Ichnology to Petroleum Exploration*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Core Workshop 17, pp. 401-421.
- Raskatova, M., Jurina, A., 2012. Frasnian Miospore Assemblages and Zones of Southern Latvia and North-Western Russia (Pskov Region). *LU Raksti, Zemes un vides zinātnes*. 783, 24-36.
- Reineck, H.-E., Singh, I.B., 1973. *Depositional Sedimentary Environments. With Reference to Terrigenous Clastics*. Berlin, Heidelberg, New York. Springer-Verlag. 147.-152. pp.

- Sandberg, C.A., Morrow, J.R., Ziegler, W., 2002. Late Devonian sea-level changes, catastrophic events, and mass extinctions. *In* Koeberl, C., MacLeod, K.G. (eds.), *Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and Beyond*. Special Paper-Geological Society of America, 356, pp. 473 – 487.
- Savvaitova, L.S., 1977. Famen Pribaltiki. Rīga, 128 s (in Russian).
- Savvaitova, L.S., 1981. Snikerskaya svita. *In* Sorokin, V., (ed.), *Devon i karbon Pribaltiki*. Rīga, Zinātne. pp. 325–326.
- Savrda, C.E., Bottjer, D.J., 1986. Trace fossil model for reconstruction of paleo-oxygenation in bottom water. *Geology*, 14, 3-6.
- Seilacher, A., 1955. Spuren und Fazies im Unterkambrium. *In* Schindewolf, O., Seilacher, A. (eds.), *Beitrage zur Kenntnis des Kambriums in der Salt Range (Pakistan)*, *Akad. Wiss. Lit. Mainz, Abh. math.-naturw. Kl.* 10, 373-399.
- Seilacher, A., 1964a. Biogenic sedimentary structures. *In* Imbrie, J. and Newell, N. (eds.), *Approaches to Paleocology*, Wiley, New York, pp. 296–316.
- Seilacher, A., 1964b. Sedimentological classification and nomenclature of trace fossils. *Sedimentology*, 3, 253-256.
- Seilacher, A., 1967a. Fossil behaviour. *Scientific American*, 217, 72-80.
- Seilacher, A., 1967b. Bathymetry of trace fossils. *Marine Geology*, 5, 413–428.
- Seilacher, A., 1970. *Cruziana* stratigraphy of 'non-fossiliferous' Paleozoic sandstones. *In* Crimes, T.P., Harper, J.C. (eds.), *Trace Fossils. Geological Journal Spec. Issue*, 3, 447-476.
- Seilacher, A., 2007. *Trace Fossil Analysis*. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 226 pp.
- Simpson, S., 1975. The morphological classification of trace fossils. *In* Frey, R.W. (ed.), *The study of trace fossils*. New York, Springer-Verlag, pp. 39-54.
- Snigirevskaya, N.S., Snigirevsky, S.M., 2001. New locality of *Callixylon* (Archaeopteridaceae) in the Late Devonian of Andoma Mountain (Vologda Region, north-west Russia) and its importance for the reconstruction of archaeopterids distribution. *Acta Palaeobotanica*, 41(2), 97-105.
- Sokiran, E.V., 2002. Frasnian-Famennian extinction and recovery of rhynchonellid brachiopods from the East European Platform. *Acta Palaeontologica Polonica* 47(2), 339-354.
- Sorokin, V.S., 1981. Daugavskaya svita. *In*: Sorokin, V.S. (ed.), *Devon i karbon Pribaltiki*. Rīga, Zinātne, 240–258 s (in Russian).
- Sorokin, V.S., 1978. *Verkhnefranskii podjarus glavnogo devonskogo polya. Stratigrafiya fanerozoya Pribaltiki. Paleontologicheskie komplekсы, stroenie i sostav otlozhenii*. Rīga, Zinātne, 61-71 s (in Russian).
- Stinkulis, Ģ., 2003. Latvijas nogulumiežu segas stratigrāfiskā shēma. *Latvijas Ģeoloģijas Vēstis*, 11, 14–17.
- Stinkulis, Ģ., 2008. Dolocretes in the Devonian deposits of Latvia. *In* Hints, O., Ainsaar, L., Männik, P., Meidla, T. (eds.), *The Seventh Baltic Stratigraphical Conference. Abstracts and Field Guide*. Geological Society of Estonia, Tallinn, pp. 66.
- Taylor, A., Goldring, R., Gowland, S., 2003. Analysis and application of ichnofabrics. *Earth-Science Reviews*, 60, 227-259.
- Tikhomirov, S.V., 1995. *Etapy osadkonakopleniâ devona Russkoj platformy i obschie voprosy razvitiâ i stroeniâ stratisfery*. Nedra, Moskva. 445 pp.
- Trewin, N.H., 2000. The ichnogenus *Undichna*, with examples from the Permian of the Falkland Islands. *Palaeontology*, 6(6), 979-997.

- Tovmasyan, K., Stinkulis, Ģ., 2008. Implications of fluvial, tidal and wave processes to the deposition of siliciclastic sequence of Devonian, Andoma Hill. *In* Hints, O., Ainsaar L., Männik, P., Meidla, T. (eds.), *The Seventh Baltic Stratigraphical Conference. Abstracts and Field Guide*. Geological Society of Estonia, Tallinn, pp. 71.
- Tovmasjana, K., Stinkulis, Ģ., 2012. Klastisko un karbonātisko plūdmaiņu nogulumu sedimentācija Austrumlatvijā: vidusdevona Rēzeknes un Pērnavas svītas. *Latvijas Universitātes Raksti. Zemes un vides zinātnes*, 789, 66.-86.
- Uchman, A., 1998. Taxonomy and ethology of flysch trace fossils: revision of the Marian Książkiewicz collection and studies of complementary material. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 68, 105-218.
- Uchman, A., Pervesler, P., 2007. Palaeobiological and palaeoenvironmental significance of the Pliocene trace fossil *Dactyloidites peniculus*. *Acta Palaeontologica Polonica*, 52(4), 799–808.
- Upeniece, I., 2001. The unique fossil assemblage from the Lode Quarry (Upper Devonian, Latvia). *Mitteilungen Museum Naturkunde Berlins, Geowissenschaftliche Reihe*, 4, 101-119.
- Vasiļkova, J., Lukševičs, E., Stinkulis, Ģ., Zupiņš, I., 2012. Taphonomy of the vertebrate bone beds from the Klūnas fossil site, Upper Devonian Tērvete Formation of Latvia. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 61(2), 105-119.
- Victoria, E., McCoy, Strother, P.K., Briggs D.E.G., 2012. A Possible Tracemaker for *Arthropycus alleghaniensis*. *Journal of Paleontology*, 86(6), 996-1001.
- Zaitlin, B.A., Dalrymple, R.W., Boyd, R., 1994. The stratigraphic organization of incised valley systems associated with relative sea-level change. *In* Dalrymple, R.W., Boyd, R., Zaitlin, B.A. (eds.), *Incised valley systems: origin and sedimentary sequences. SEPM Spec. Publ.*, 51, pp. 45-60.
- Zhuravlev, A.V., Sokiran, E.V., Evdokimova, I.O., Dorofeeva, L.A., Rusetskaya, G.A., and Małkowski, K., 2006. Faunal and facies changes at the Early–Middle Frasnian boundary in the north–western East European Platform. *Acta Palaeontologica Polonica* 51(4): 747–758.

Nepublicētā literatūra

- Connolly, J. R., 2007. *Introduction to X-Ray Powder Diffraction*, Spring EPS-400-002, 9 pp.
- Ivanov, A., Zhuravlev, A., Stinkulis, Ģ., Evdokimova, I., Dronov, A., Sokiran, E., Shishlov, S., Broushkin, A., Myshkina, N., 2005. *Devonian section of north-west of east european platform*. Baltic stratigraphic conference IGCP 491 Meeting, Saint Petersburg, 66 pp.
- Stinkulis, Ģ. 1998. *Karbonātus saturošu klastisko iežu un to bezkarbonātisko analogu pārejas zona Živetas stāvā un Franas stāva apakšdaļā*. Latvijas Universitāte, Rīga. 220 lpp.
- Osipova, O.A., 1987. *Otchet o dorazvedke yugo-vostochnogo uchastka razrabatyvaemogo mestorozdheniya dolomitov „Remine”*. Ministerstvo geologii SSSR. Upravlenie geologii Latviiskoi SSR. Kompleksnaya geologorazvedochnaya partiya. Rīga. 18 lpp., (VĢF Inv. Nr. 10529), (in Russian).
- Zupiņš, I., 2009. *Galvenā devona lauka Osteolepiformu daivspurzivis (Sarcopterygii, Osteolepiformes)*. Promocijas darbs. Latvijas Universitāte, Rīga, 125 lpp.

Interneta avoti

Cohen, K.M., Finney, S., Gibbard, P.L., 2012. *International Chronostratigraphic Chart. International Commission on Stratigraphy.*

<http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2012.jpg>

<http://www.envs.emory.edu/faculty/MARTIN/ichnology/images.htm>

<http://www.es.ucl.ac.uk/undergrad/fieldwork/image/fieldtrips/TraceFossils/ichno.htm>

PIELIKUMI

1. pielikums. Pļaviņu RS pētīto objektu raksturojums (sk. arī 4.1. att.). Appendix 1. Characteristics of Pļaviņas RS study sites.

Nr. p. k.	Objekta nosaukums	Vispārīgs raksturojums
1.	Dolomītu atsegumi Amatas krastā posmā Melturi-Kārļi	Amatas upes posmā no Vidzemes šosejas līdz 1 km lejpus Kārļu tilta vairākās vietās atsedzas Pļaviņu svītas dolomīti, kuri pārsedz Amatas un Gaujas svītu klastiskos nogulumiežus. Atsegumi veido līdz pat 50 m augstas (no upes līmeņa) sienas, kā nozīmīgākie jāmin Bruņa ala, Īļāku iezis, Ūaubju iezis u.c. Amatas upes krastā atsegtajiem Pļaviņas svītas dolomītiem vietām ir ne tikai apgrūtināta piekļuve, bet tiem ir arī aizsargājama ģeoloģiska un ģeomorfoloģiska dabas pieminekļa statuss. Šajos objektos ihnofosilijas tika meklētas nobirās.
2.	Lauciņu karjers	Karjers atrodas Vidzemes augstienes ziemeļaustrumu daļā netālu no Cēsīm, Gaujas Nacionālā parka teritorijā.
3.	Sikspārņu (Zābaku) alas	Alas atrodas Priekuļu novada Priekuļu pagastā, Gaujas Nacionālā parka teritorijā, Kazugravas nogāzes augšdaļā; objekts iekļauts ģeoloģisko un ģeomorfoloģisko dabas pieminekļu sarakstā. Pļaviņas svītas dolomītos izveidotas alas, kas radītas iegūstot dolomītu.
4.	Vizlas upes atsegumi	Atsegumi atrodas Apes novada Virešu pagastā. Šeit Pļaviņu svītas dolomīti upes lejteces daļā atsedzas gar abiem krastiem vairāk kā kilometru garā posmā no tilta pār Vizlu līdz tās ietekai Gaujā. Gar Vizlas upes labo krastu šai posmā ierīkota dabas taka, dolomīta siena veido no 3 līdz 5 m augstus atsegumus.
5.	Dārziema dolomītu karjers	Karjers atrodas Latvijas ziemeļaustrumu daļā Apes novadā, aptuveni piecus kilometrus uz dienvidaustrumiem no Gaujienas.
6.	Kalkahju atsegums	Atsegums atrodas Igaunijā, Pētri upes (Peetri jōgi) kreisajā krastā, divu kilometru attālumā no Karisēdiltas apdzīvotas vietas (Karisöödilt) un nedaudz vairāk nekā viena kilometra attālumā no Latvijas robežas. Dolomītu siena Pētri upes krastā ir 60 m gara un vidēji 4 m augsta.
7.	Pamestais Apes karjers	Karjers atrodas Apes pilsētas teritorijā. Pļaviņu svītas griezuma augšējo daļu veido rupjkristālisks, bieži porains dolomīts (apīts).

1. pielikuma turpinājums.

8.	Marinovas karjers	Tas atrodas Viru apgabala Meremēs (Meremāe) pagastā netālu no Marinovas ciema un 0,5 km no Igaunijas un Krievijas robežas; tā izstrāde uzsākta 2007. gadā. Slāņkopas biežums 2011. gadā pārsniedzis 6 metrus.
9.	Tīrhannas karjers	Tīrhannas pamestais dolomīta karjers atrodas Viru apgabala Meremēs (Meremāe) pagastā netālu no Tīrhannas ciema, apmēram 4 km uz ziemeļiem no Marinovas karjera un 150 metru attālumā no Igaunijas un Krievijas robežas. Līdz 20. gadsimta vidum šeit notika dolomītu ieguve.
10.	Slāvu avotu atsegums	Slāvu Avotu atsegums atrodas Gorodiščenskas ezera dienvidu krastā netālu no Izborskas, Pleskavas apgabals, Krievija.
11.	Atsegums pie Izborskas cietokšņa	Atsegums atrodas Gorodiščenskas ezera (Krievija) dienvidu krastā.
12.	Pamestais karjers pie Izborskas	Tas atrodas nepilnu kilometru uz austrumiem no apdzīvotās vietas centra, virzienā uz Pleskavu, šosejas malā. Karjera ziemeļu sienā saglabājies atsegums, apmēram 1,5 m augsts.
13.	Sņētnaja Goras atsegums	Atsegums atrodas 8 km uz ziemeļrietumiem no Pleskavas (Krievija), Veļikajas upes labajā krastā.

2. pielikums. Daugavas RS pētīto objektu raksturojums (sk. arī 4.1. att.)
Appendix 2. Characteristics of Daugava RS study sites.

Nr. p. k.	Objekta nosaukums	Vispārīgs raksturojums
1.	Kalnciema karjers	Karjers atrodas Jelgavas novadā, 3,6 km attālumā uz ziemeļiem no apdzīvotas vietas Tīreļi.
2.	Doles salas atsegums	Atsegums atrodas Salaspils novadā, Daugavas labajā krastā pie Doles muzeja, 2,5 km lejpus Rīgas HES aizsprosta. Iekļauts ģeoloģisko un ģeomorfoloģisko dabas pieminekļu sarakstā.
3.	Kranciema karjers	Karjers atrodas Ikšķiles novadā, apmēram 6 km uz austrumiem no Tīnūžiem.
4.	Tūrkalnes karjers	Karjers atrodas 11 km uz ziemeļaustrumiem no Ogres pilsētas. Daugavas svīta izplatīta visā atradnes teritorijā, bet karjera rietumu daļā atsedzas arī tās kontakts ar Salaspils svītas nogulumiem.
5.	Remīnes karjers	Karjers atrodas Ropažu novadā, dienvidaustrumu virzienā no Ropažiem.
6.	Gaitiņu karjers	Karjers atrodas Ropažu novadā 3 km attālumā no Ropažiem.

2. pielikuma turpinājums.

7.	Atsegums pie Kokneses pilsdrupām	Atsegums atrodas Daugavas upes labajā krastā pie Pērses ietekas Daugavā, 14 km attālumā no Aizkraukles. Izveidojot Pļaviņas ūdens krātuvi, Daugavas stāvkrasti tika appludināti, tomēr plašā teritorijā atsedzas vidēji 1 m augstas dolomīta sienas.
8.	Aiviekstes kreisā krasta dolomītu karjers	Karjers atrodas Krustpils pagasta ziemeļos, Aiviekstes kreisajā krastā, 18 km attālumā no Pļaviņu pilsētas.
9.	Saikavas karjers	Karjers atrodas Madonas novadā, apmēram 10 km uz dienvidaustrumiem no Madonas.
10.	Karvas atsegums	Atsegums atrodas Vaidavas upes krastā atrodas Alūksnes novadā, Vaidavas upes labajā krastā. Karvas atsegums veido līdz 2 m augstu sienu virs upes ūdens līmeņa, stiepjas gar upes krastu vairāku desmitu metru garumā un to veido kaļķakmeņu-dolomītu pārejas slāņkopas.
11.	Pērtnieku karjers	Karjers atrodas aptuveni 20 km uz rietumiem no Rēzeknes.
12.	Rītupes karjers	Karjers atrodas Malnavas pagastā, Kārsavas novadā, 6 km attālumā no Kārsavas virzienā uz austrumiem.
13.	Baraviku karjers	Karjers atrodas Mērdzenes pagastā, Kārsavas novadā, aptuveni 12 km uz dienvidiem, dienvidaustrumiem no Kārsavas. Karjers ir izstrādāts un atseguma sienas nav saglabājušās, ieguves dziļākās vieta applūdušas
14.	Fjuku atsegums	Atsegums atrodas Mārkalnes pagastā, Alūksnes novadā, apmēra 1 km uz austrumiem no apdzīvotas vietas Fjuki. Atsegums izveidojies meliorācijas grāvja malā līdz ar ūdens līmeni un paceļas 0,5 m augstumā.
15.	Atsegums pie Linovas ciema	Atsegums atrodas Kuhvas upes krastā atrodas Pleskavas apgabalā, 3 km attālumā austrumu virzienā no Linovas ciemata, dažus desmitus metru gan augšup, gan lejpus tilta Kuhvas upes krastos.
16.	Vjadas atsegums	Atsegums atrodas Vjadas upes krastā pie Rodovoje ciemata atrodas Pleskavas apgabalā pie Rodovoje ciemata, Vjadas upes labajā krastā pie gājēju tiltiņa.
17.	Šabani karjers	Karjers atrodas Krievijā, Pleskavas apgabalā, nepilnus 2 km dienvidaustrumu virzienā no Novaja Usitva ciema.

3. pielikums. Ogres svītā pētīto objektu raksturojums (sk. arī 4.1. att.).
Appendix 3. Characteristics of Ogre Formation study sites.

Nr. p. k.	Objekta nosaukums	Vispārīgs raksturojums
1.	Kalnrežu atsegums	Atsegums atrodas Ogres upes kreisajā krastā pie Kalnrežu mājām, kur atsedzas Ogres svītas Rembates ridas dolomītsmilšakmeņi. Ogres svītas nogulumu šeit veido 150 m platu atsegumu joslu.

4. pielikums. Stipinu svītā pētīto objektu raksturojums (sk. arī 4.1. att.).
Appendix 4. Characteristics of Stipinai Formation study sites.

Nr. p. k.	Objekta nosaukums	Vispārīgs raksturojums
1.	Petrašūnu karjers	Dolomīta karjers atrodas Lietuvā Pakruojas rajonā, 3 km virzienā uz ziemeļaustrumiem no apdzīvotas vietas Pakruojis. Dolomīta ieguve kajerā aizsākta 19. gs. vidū un turpinās vēl līdz mūsdienām.
2.	Klovaiņu karjers	Karjers atrodas Pakruojas rajonā Lietuvā, 7,5 km virzienā uz dienvidaustrumiem no apdzīvotas vietas Pakruojis. Karjera izstrāde sāka 1969. gadā; šeit iegūst Stipinu svītas dolomītus.

5. pielikums. Andomas un Kļimovas svītās pētīto objektu raksturojums (sk. arī 4.1. att.).
Appendix 5. Characteristics of Andoma and Klimova Formation study sites.

Nr. p. k.	Objekta nosaukums	Vispārīgs raksturojums
1.	3. atradne	Atradne atrodas pie Andomas kalna ziemeļu malas, ziemeļos no Gnevashevskaya ciemata. Andomas svītas nogulumu pārstāvēti gandrīz pilnīgā griezumā, bet Kļimovas svītu pārstāv apakšējā un vidusdaļa.
2.	4. atradne	Andomas kalna dienvidrietumu daļā aptuveni 250 m attālumā no Larkovo ciemata
3.	5. atradne	atrodas Andomas kalna dienvidrietumu malā, apmēram vienādā attālumā no Larkovas un Kļimovas ciematiem.
4.	8. atsegums	atrodas Andomas kalna dienvidrietumu malā, iepretim Kļimovas ciematam. Liela daļa fosiliju paraugu ir savākti nobirās ezera krastā.