



75 aastat Eesti geoloogiateenistust



Eesti Geoloogiakeskus  
Geological Survey of Estonia



**EESTI  
GEOLOOGIAKESKUSE  
TOIMETISED**

# DEVONI STRATIGRAAFIA EESTIS: HETKESEIS JA PROBLEEMID

ELGA MARK-KURIK<sup>1</sup> ja ANNE PÕLDVERE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tallinna Tehnikaülikool, Geoloogia Instituut, Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn; kurik@gi.ee

<sup>2</sup>Eesti Geoloogiakeskus, Tartu Regionaalosakond, Rõõmu tee 1, 51013 Tartu; anne.poldvere@egk.ee

*Artikis esitatakse Eesti Devoni stratigraafilise skeemi uuendatud variant koos vastavate kommentaaridega. Neis pööratakse tähelepanu meie piirkondlike üksuste korrelatsioonile konodontide standardtsoonidega ning Pea-devoniväljal kasutatavatele miospooride ja fossiilsete kalade tsoonidele. Ladestute ja ladejarkude piiride asend ning kohalike üksuste vanus nii Baltikumis kui ka Valgevenes vajab veel täpsustamist ning ühtlustamist. Erilist tähelepanu pälvivad lukuta ja harvad lukuliste brahhiopoodide leiud, mis osutavad Baltikumi terrigeensete setendite merelisele päritolule. Lisas antakse lühike ülevaade kohalike üksuste litoloogiast.*

**Märksõnad:** Devon, biotsoonid, regionaalne stratigraafia, korrelatsioon, litoloogia, Eesti.

## SISSEJUHATUS

Käesoleva kirjutise aluseks on Elga Mark-Kuriku ja Anne Põldvere inglisekeelne artikkel *“Devonian stratigraphy in Estonia: current state and problems”*, mis ilmus 2012. aastal ajakirjas *“Estonian Journal of Earth Sciences”* (EJES). EJES-i artiklit on mõnevõrra lühendatud keskendudes eelkõige geoloogilise kaardistamisega seotud piirkondlike probleemide selgitamisele ja lahendamisele.

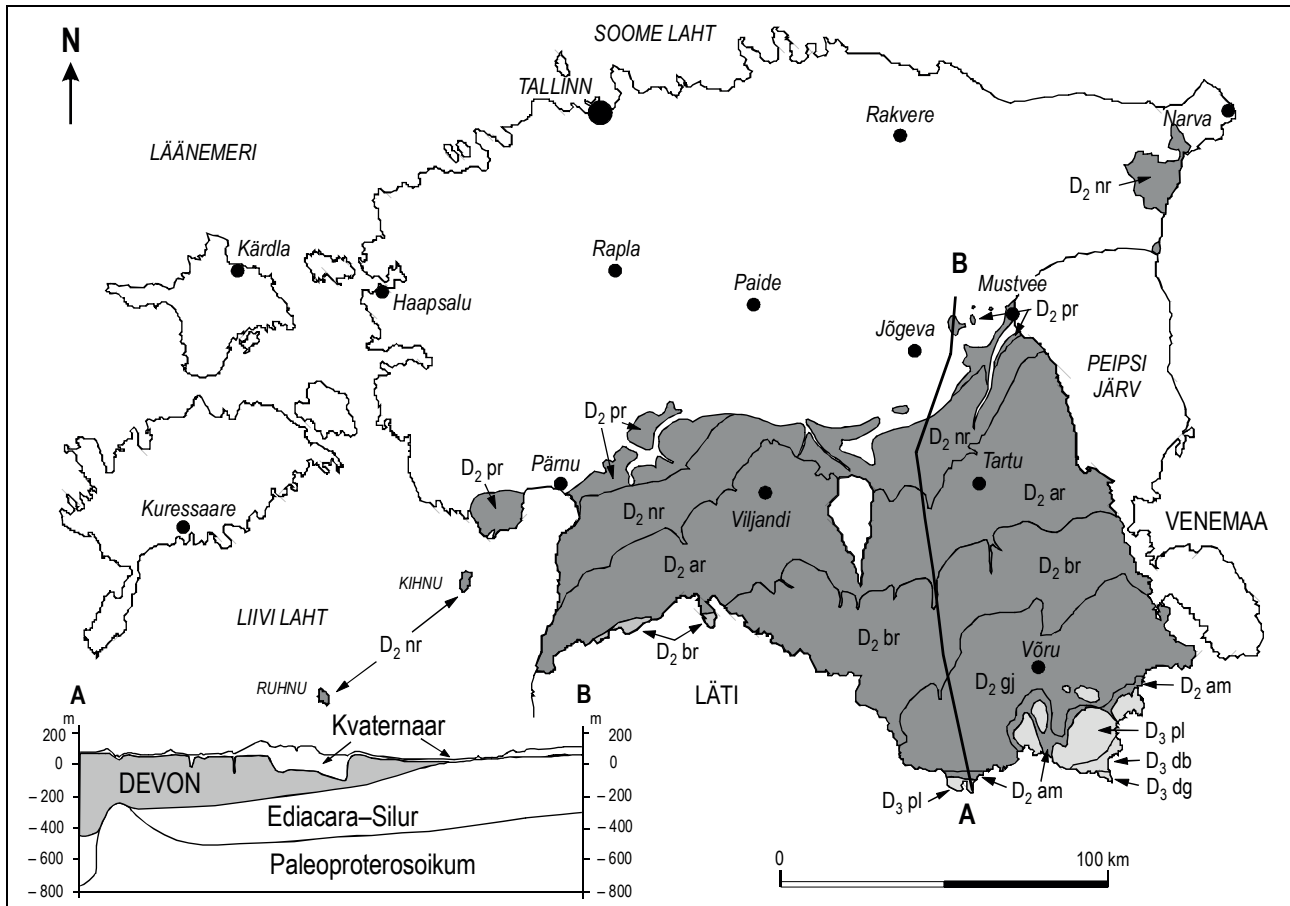
Käesoleva Devoni stratigraafilise skeemi koostamisel lähtuti skeemist, mis ilmus trükkis üle kümne aasta tagasi teoses *“Geology and Mineral Resources of Estonia”* (Kleesment, Mark-Kurik 1997, Kajak 1997) ja mida on käesoleval ajal võimalik vaadata aadressilt <http://sarv.gi.ee/geology>. Skeemi uues variandis (ees-tindatud Mark-Kurik, Põldvere 2012 järgi) on näidatud Devoni kihtide levik Kagu-, Edela- ja Kirde-Eesti piires ning biotsoonide korrelatsioon krono- ja litostratigraafiliste üksustega. Ka esitatakse kaks absoluutse vanuse skaala varianti, mis pakuvad huvi ladejärgu piiride märgatavate erinevuste tõttu.

Märkusena lisame, et artikli autorid on Devoni ladestu osas püüdnud eesti keeles vältida sõna “lade” kasutamist kahes erinevas mahus ning võtnud globaalse lademe tähenduses kasutusele sõna “ladejark” (Kurik, Põldvere 2012, vaata eestikeelset kokkuvõtet). Nimelt sisaldub Eesti Stratigraafia Komisjoni (ESK) poolt esitatud globaalse geoloogilise ajaskaala tõlkes vastuolu. Kõrgemat järku globaalse üksuse, ladestiku alam-

jaotus on tõlgitud kui “lade” (ingl *stage*) ([http://stratigraafia.info/materjalid/geoloogiline\\_ajaskaala.svg](http://stratigraafia.info/materjalid/geoloogiline_ajaskaala.svg)). Komisjon defineerib aga ladet kronostratigraafia põhilise tööüksusena, mis sobib just piirkondliku (regionaalse) kronostratigraafilise klassifikatsiooni vajaduste ja eesmärkide rahuldamiseks. Mõistet “ladejark” globaalse lademe tähenduses ESK enam ei kasuta.

Eestis leiduvad Devoni setendid moodustavad suhteliselt väikese osa Ida-Euroopa (Vene) platvormil laialt levinud Devoni ladestust. Devoni kihtide avamused paiknevad Kesk- ja Lõuna-Eestis, ulatudes Liivi lahest Peipsi järveni, samuti piiratud alal Kirde-Eestis Narva jõe vasakul kaldal. Devoni ladestu kivimite levila põhjapiiriks Eestis on tinglikult laineline joon Pärnu ja Mustvee linna vahel, kus üksikud väikesed jäänukaared jäävad nimetatud piirist põhjapoole (joonis 1). Levila piires avanevad Kvaternaari setete all edela-kirdesuunaliste looklevate vöönditena Pärnu–Daugava kihistute kivimid, millesse lõikub ürgorgude võrgustik. Enamasti edela-kirde- ja loode-kagusuunalised Kvaternaari setetega täidetud ürgorud ulatuvad kuni 140 m merepinnast allapoole ja on 0,5–3 km laiused. Devoni kivimite pealispinna absoluutne kõrgus on keskmiselt 40–120 m, Haanja kõrgustikul 140–169 m üle merepinna (Kajak 1995).

Devoni kogupaksus ulatub Kagu-Eestis ligi 450 meetrini. Suurem osa meie Devoni lademetest kuulub Kesk-Devonisse. Alam-Devoni kihid meil ei paljandu



Joonis 1. Devoni piirkondlike lademetev levik Eestis ja lihtsustatud läbilõige (A–B), mis hõlmab Paleoproterosoikumi, Ediacara, Kambriumi, Ordoviitsiumi, Siluri ja Devoni (Lochkovi, Praha, Emsi, Eifeli, Givet', Frasné'i) kivimeid ning Kvaternaari setteid (muudetult Suuroja 1997). Kesk-Devoni avamused kaardil on tumehallid ja Ülem-Devoni avamused helehallid.

ning nende lünklikku läbilõiget on võimalik vaadelda vaid puursüdamikes. Ülem-Devon on esindatud vanema – Frasné'i ladejärku kuuluva osaga, mis paljandub piiratud alal Kagu-Eestis. Devoni kihtide detailne stratigraafiline jaotus (joonis 2) baseerub arvukate looduslike ning kunstlike paljandite, samuti suure hulga puuraukude andmetel. See rikkalik andmestik võimaldab meie Devoni läbilõiget detailselt liigestada piirkondlikeks lademeteks, kihistuteks ja kihistikeks.

Devoni kihtides valdavad terrigeensed kivimid (lisa 1). Vaid Kesk-Devoni vanusega Narva lademe ja Ülem-Devoni Plavinase –Daugava lademe intervallis esinevad valdavalt karbonaatsed ning karbonaat-terrigeensed kivimid. Kuna selgrootute organismide kivistised on Frasné'i ladejärgust allpool suhteliselt haruldased, siis on läbilõike selle osa biostratigraafilisel liigestamisel kasutatud erinevate kalarühmade tsoone. Rahvusvahelisi konodontitsoone on kindlaks tehtud vaid naaberaladel Leedus, Valgevenes ja Venemaa loodeosas ning sedagi küllalt harva. Lähtudes nen-

dest tsoonidest on meil võimalik määrata kindlaks mõningate Kesk-Devoni ja Ülem-Devoni alumise osa tasemetev vanus. Olulist lisa on andnud ka miosporeid tsoonid, mis on piiritletud Ida-Euroopa platvormi läänesaosas ning mida on olnud võimalik korreleerida konodontitsoonidega.

### ABSOLUUTSE VANUSE SKAALA

Absoluutse vanuse skaala variant A (joonis 2) on kooskõlas rahvusvahelise stratigraafilise skeemiga ja selle koostanud Rahvusvaheline stratigraafia komisjoni 2010. aasta otsustega (vt. <http://www.stratigraphy.org/column.php?id=Chart/Time%20Scale>). Alternatiivse versiooni B autoriks on Bernd Kaufmann (2006), kes revideerides Devoni kronoloogiat lähtus mereliste setete vulkaanilise tuha ja bentoniidi vahekihtides sisalduva uraani ning plii (U-Pb) isotoopide vanusest. Nendes kahes ajaskaalas erineb globaalsetev lademetev st ladejärkudev piiride vanus 1,1 kuni 5,6 miljonit aastat. Suurimad erinevused ilmnevad Emsi/Eifeli

ja Eifeli/Givet' ladejärju piiride osas, vastavalt 5,6 ja 3,7 mln aastat. Emsi ladejärk osutub palju pikemaks kui seni arvatud ning Eifeli ja Givet' vanus tunduvalt lühemaks. Emsi vanus (Kaufmann jt. 2005) pakub erilist huvi, kuna vastavad andmed on saadud Reini massiivi piirkonnast Saksamaalt, mis on üks Devoni stratotüüpseid alasid. Nagu näitavad Reini ookeani ja selle madalaveeliste äärealade rekonstruktsioonid (Scotese 2002; Marshall jt. 2007, joonis 10), on ka meie ala seotud nimetatud piirkonnaga.

## BIOSTRATIGRAAFIA

Piirkondliku stratigraafia aspektist on olulised viis biotsoonide skeemi. Rahvusvahelisi konodontide tsoone on Ida-Euroopa platvormil kasutanud mitmed autorid (Ržonsnitskaya 1998; Valikevičius 1995, 2000). Väikese erinevusena on traditsioonilise *kockelianus'*e tsooni tasemel esitatud kolm hilis-Eifeli korrelatsiooni seisukohalt olulist *kockelianus'*e, *eiflius'*e ja *ensensis'*e tsooni (Marshall jt. 2010). Miospooride tsoonid on kasutamist leidnud Ida-Euroopa platvormi lääneosas (Avkhimovitch jt. 1993, Obuhovskaja 1999). Kolme kalarühma – lõuatute (*Agnatha*), rüükalade (*Placodermi*) ja akantoodide (*Acanthodii*) tsoonid on tuntud paljude platvormi loodeosa Devoni biostratigraafiliste tööde põhjal alates W. Grossi, D. Obrutševi jt uurimustest.

## KONODONDID

Kuigi Devoni konodonte pole Eestist praktiliselt leitud, on nende tsoonid olulised regioonidevahelise korrelatsiooni seisukohalt. Neid tsoone on vähemalt osaliselt määratud Leedus ja Valgevenes, aga ka Venemaa loodeosas. Baltikumi ja Valgevene läbilõiked on hästi korreleeritavad tänu settekivimite järk-järgulistele lõuna- ja kagusuunalistele muutustele ning väga lähedastele kalakooslustele. Sellise eduka korreleerimise näiteks on Narva lademe liigestuse jälgimine alates Kirde-Eesti avamusealast kuni Valgevene põhja- ja loodeosani, kus see lade on teada vaid puuraukudes (Valikevičius jt. 1986). Selles töös on arvestatud nii litoloogilisi, kui ka kalafossiilide, selgrootute ja miospooride andmeid. Kuna kohalikud stratigraafilised üksused ei vasta rahvusvahelistele konodonti tsoonidele, siis saame korreleerida vaid üksuste teatud intervalle võimalike konodonti tsoonide interval-

lidega, näiteks Pärnu – Narva taset *partitus-ensensis'*e intervalliga.

Leedus on Alam-Devoni konodonte leitud vähesel määral Tilžē lademest ning Saunoriai alamlademest (Valikevičius 1998). Konodontid on aga väga sagedased Kesk-Devonis Narva lademe ülemises Kernavē kihistus, kust neid on leitud enam kui kümnest puuraukust. Valikevičiuse ja Ovnatanova (1993) andmetel on selles koosluses järgmised liigid: *Icriodus struvei* Weddige, *Polygnathus linguiformis linguiformis* Hinde, *P. linguiformis alveolus* Weddige, *P. cf. costatus oblongus* Weddige, *P. parawebbi* Chatterton, *P. cf. xylus ensensis* Ziegler et Klapper, *Coelocerodontus klapperi* Chatterton ja *Coelocerodontus* sp. Seda kooslust korreleeritakse Eifeli standardtsoonidest *kockelianus'*e tsooni kõige ülemise ja *ensensis'*e tsooni alumise osaga. Konodonte on leitud ka Ledai kihistu alumises osas Zibalai-187 puursüdamikus Ida-Leedus, kus see tase vastab Vadja alamlademele Eestis. Kernavē kihistus Leedus Svedasai-252 südamikust on leitud ka kitiiinikuid koos akritarhide ja skolekodontidega (Marshall jt. 2007). Sellest proovist on määratud *Desmochitina minor* ja *Angochitina devonica* (Plicher 1971).

Konodonte ja skolekodonte esineb ka Valgevenes Osveja lademes, mis vastab meil Vadja alamlademele; need leiti Eividovitši-328 puursüdamikust (Valikevičius jt. 1995). Märksa sagedamad on konodontid Kernavē kihistuga analoogselt Kostjukovitši lademes. See sisaldab väga lähedast konodonti kooslust, kuhu kuuluvad *Polygnathus linguiformis linguiformis*, *P. parawebbi*, *Icriodus nodosus* (Huddle), *I. symmetricus* Branson et Mehl, samuti *Polygnathus linguiformis alveolus*, *Icriodus struvei* ja *I. ex gr. arkonensis* Staufer (Valikevičius jt. 1995, Valikevičius 1998, Krutšek jt. 2001, Marshall jt. 2007). Kostjukovitši konodontid Pripjati nõo puuraukudest annavad võimalduse korreleerida Valgevene ja Kagu-Poola Kesk-Devonit (Narkevicz, Kruckhek 2008).

Järgmine tase Baltikumis, kus esineb konodonte, on Ülem-Devoni Pļaviņase lade. Sellest lademest on leitud alam-Frasne' *falsiovalis'*e tsooni konodonte näiteks *Polygnathus pennatus* Hinde (Valikevičius 1995, 2000). Peadevonivälja idaosas esineb pika vertikaalse levikuga konodont *Polygnathus lanei* Kuzmin ka lamavates, Podsnetogori kihtides, s.o Amata lademe ülemises osas. Lasuvast Snetnaja Gora kihistus on

VANUS Mln a		GLOBAALNE TASE			BIOTSOONID							
A	B	LADESTU	LADESTIK	LADEJÄRK	KONODONDID	MIOSPOORID	AGNAADID	PLAKODERMID	AKANTOODID			
359,2	360,7	C	M	Fm								
374,5	376,1				ÜLEM-DEVON	FRASNE	<i>hassi</i>	<i>Geminospora semilucensa</i> – <i>Perotriletes donensis</i>	<i>Psammosteus megalopteryx</i>	<i>Plourdosteus trautscholdi</i>		
							<i>punctata</i>					
							<i>transitans</i>	<i>Acanthotriletes bucerus</i> – <i>Archaeozonotriletes variabilis insignis</i>		<i>Bothriolepis cellulosa</i>		
							<i>falsiovalis</i>					
385,3	383,7				DEVON	KESK-DEVON	GIVET	<i>disparilis</i>	<i>Ancyrospora incisa</i> – <i>Geminospora micromanifesta</i>	<i>Psammolepis paradoxa</i>	<i>Asterolepis ornata</i>	<i>Devononchus concinnus</i>
								<i>hermanni-cristatus</i>	<i>Geminospora extensa</i>	<i>Psammolepis abavica</i>	<i>Watsonosteus</i>	<i>Diplacanthus gravis</i>
								<i>varcus</i>		<i>Pycnosteus tuberculatus</i>	<i>Asterolepis dellei</i>	
								<i>hemiansatus</i>		<i>Pycnosteus pauli</i>		
										<i>P. palaeformis</i>		
391,8	388,1	DEVON	KESK-DEVON	EIFEL				<i>ensensis eiflius kockelianus</i>	<i>Rhabdosporites langii</i>	<i>Schizosteus striatus</i>	<i>C. cuspidatus</i>	<i>N. kernavensis</i>
								<i>australis</i>	<i>Dibolisporites radiatus</i>			<i>Ptychodictyon rimosum</i>
								<i>costatus</i>				
								<i>partitus</i>	<i>Periplecotriletes tortus</i>	<i>Schizosteus heterolepis</i>	<i>Laliacanthus singularis</i>	
397,5	391,9							DEVON	ALAM-DEVON	EMS		<i>patulus</i>
					<i>serotinus</i>							
					<i>inversus</i>	<i>Emphanisporites annulatus</i>					<i>Gomphonchus tauragensis</i>	
					<i>nothoperbonus</i>							
					<i>gronbergi</i>							
					<i>dehiscens</i>	<i>Dictyotriletes eminensis</i>						
407,0	409,1	PRAHA	<i>pireneae</i>									
			<i>kindlei</i>									
		LOCHKOV	<i>sulcatus</i>	<i>Synorisporites tripapillatus</i>	<i>Phialaspis</i>	<i>Nostolepis minima</i>						
411,2	412,3		<i>pesavis</i>									
			<i>delta</i>									
		<i>postwoschmidti</i>										
		<i>woschmidti</i>										
416,0	418,1	S	Pr									

Joonis 2. Eesti Devoni stratigraafiline skeem. B., *Bothriolepis*; C, Karbon; C., *Cocosteus*; Fm, Famenne; M, Mississippi; kk, kihistik; N., *Nostolepis*; Pr, Pridoli; S, Silur.

PIIRKONDLIK TASE			LITOSTRATIGRAAFILINE PÕHIÜKSUS (KIHISTU)			INDEKS			
LADESTIK	LADE	ALAMLADE	KAGU-EESTI	EDELA-EESTI	KIRDE-EESTI	LADE	KIHISTU	KIHISTIK	
ÜLEM-DEVON	DAUGAVA		DAUGAVA			D <sub>3</sub> dg	D <sub>3</sub> dg		
	DUBNIKI		DUBNIKI			D <sub>3</sub> db	D <sub>3</sub> db		
	PĻAVIŅAS		TŠUDOVO				D <sub>3</sub> tš		
			PSKOVI				D <sub>3</sub> pl	D <sub>3</sub> ps	
			SNETNAJA GORA					D <sub>3</sub> sn	
KESK-DEVON	AMATA		AMATA			D <sub>2</sub> am	D <sub>2</sub> am		
	GAUJA		Lode kk GAUJA Sietiņi kk			D <sub>2</sub> gj	D <sub>2</sub> gj	D <sub>2</sub> gjL D <sub>2</sub> gjS	
	BURTNIEKI		Abava kk BURTNIEKI Koorküla kk			D <sub>2</sub> br	D <sub>2</sub> br	D <sub>2</sub> brA D <sub>2</sub> brK D <sub>2</sub> brH	
			Härma kk						
				Tarvastu kk Kureküla kk Viljandi kk			D <sub>2</sub> ar	D <sub>2</sub> ar	D <sub>2</sub> arT D <sub>2</sub> arK D <sub>2</sub> arV
	ARUKÜLA		ARUKÜLA						
	NARVA	KERNAVĒ		KERNAVĒ				D <sub>2</sub> kr	
LEIVU			LEIVU			D <sub>2</sub> nr	D <sub>2</sub> lv		
VADJA			VADJA				D <sub>2</sub> vd		
PÄRNU		PÄRNU	Tamme kk Tori kk		D <sub>2</sub> pr	D <sub>2</sub> pr	D <sub>2</sub> pr Tm D <sub>2</sub> pr T		
ALAM-DEVON	RĒZEKNE		RĒZEKNE	LEMSI		D <sub>1</sub> rz	D <sub>1</sub> rz / D <sub>1</sub> lm		
	ĶEMERI			ĶEMERI		D <sub>1</sub> km	D <sub>1</sub> km		
	TILŽĒ		TILŽĒ			D <sub>1</sub> tl	D <sub>1</sub> tl		
	OHESAARE			OHESAARE					

leitud seitse peamiselt perekonda *Polygnathus* kuuluvat konodondi liiki, mis levivad nii alam- kui ka kesk-Frasne'is. Viis kohalikku konodondi tsooni on püstitatud Amata–Daugava intervallis, mis vastab üldjoontes *transitans–hassi* standardtsoonide intervallile (Ivanov jt. 2005).

## MIOSPOORID

Eestist on Devoni miospoore teada neljalt tasemelt. Enamik neist on pärit Rēzekne lademest kuni Narva lademe alumise osani (Vadja alamlade) ulatuvast intervallist, st Alam-Devonist ja Kesk-Devoni alumisest osast (Valikevičius jt. 1986, Kõrts, Mark-Kurik 1997). Rēzekne miospoorid Mehikoorma (421) puur-august sügavuselt 243,0–244,6 m kuuluvad kahte erinevasse kompleksi (Kõrts, Mark-Kurik 1997, tabel 30; Mark-Kurik, Valikevičius 2005, lisa 22). Varem mainis mõningaid selle kompleksi miospoore Vaitieküniene, kes juhtis tähelepanu nende erinevusele võrreldes Pärnu lademe miospooridega (Kleesment jt. 1975). Obuhovskaja (1999) järgi on Rēzekne kihistu ja sama vanusega Vitebski lade Ida-Valgevenes korreleeritavad *Diaphanospira inassueta* (DI) tsooniga. Tema arvates sarnanevad DI tsooni miospoorid Emsi ülemises osas ja Eifeli basaalses osas esineva *Grandispora douglastownensis* – *Ancyrospora eurypterota* tsooni miospooridega (vaata Richardson, McGregor 1986). Miospoore on leitud ka Pärnu lademe Tori kihistikust (Kedo, Obuhovskaja 1981, lk 422). Selle kompleksi liikide korrigeeritud loetelu esitas Obuhovskaja hiljem (Kõrts, Mark-Kurik 1997, tabel 30). Pärnu lademele on iseloomulik *Periplecotriletes tortus* Egorova, *P. tortus*'e (PT) tsoonile tüüpiline liik, samuti *Calyptosporites velatus* (Eisenack) Richardson. Lasuvas Narva lademe Vadja alamlademes on ligi 20 liiki, millest kaks kolmandikku erinevad Tori kihistiku omadest.

Läbilõike kõrgemas osas, kus domineerivad punased või ka punakad liivakivid, aleuroliidid ja savid, ei esine miospoore. Erandiks on Gauja lademe Lode kihistiku hall savi, mida on leitud Küllatova raskulava savi karjäärist Kagu-Eestis. Sellest savist kirjeldatud miospooride kompleks kuulub tõenäoliselt Givet' aja-järgu vanusega *Ancyrospora incisa* – *Geminospira micromanifesta* (IM) alamtsooni. IM alamtsoon esineb Valgevene ja Moskva basseini Kesk-Devonis (Mark-Kurik jt. 1999).

## KALAD

Lõuatud kalad (Agnatha), rüükalad (Placodermi) ja akantoodid (Acanthodii) on need rühmad, mis on seni võimaldanud välja eraldada fossiilsete kalade tsoone (Blieck jt. 2000, Mark-Kurik 2000, Lukševičs 2001, Ivanov jt. 2005, Valikevičius 1995, 2006). Kuid nende rühmade esindajate stratigraafiline väärtus erineb ning oleneb nii skeletielementide tüübist kui ka fossiilide esinemise sagedusest. Pisikesed akantoodide soomused on väga sagedased kalade mikrojäänuste hulgas, mille tõttu on need eriti hinnatud kivimi vanuse määramisel puursüdamikes. Erikiiliste lõuatute (Heterostraci) hulka kuuluvate psammosteiidide, ka mitmesuguste rüükalade esinemissagedus on märksa väiksem ning seda just puursüdamikes, kuna tegemist on suhteliselt suurte makrojäänustega.

**Akantoodid** on olulised eeskätt Alam-Devonis ning Kesk-Devoni alumises pooles Eifelis. Alam-Devonis on neli akantoodide tsooni: *Nostolepis minima*, *Lietuvacanthus fossulatus*, *Gomphonchus tauragensis* ja *Laliacanthus singularis* (Valikevičius 2006). Eestis vastab Lochkovi vanusega *Lietuvacanthus fossulatus*'e tsoonile lünk. Kõrgemal järgneb *Laliacanthus singularis*'e tsoon, mis hõlmab Rēzekne ja Pärnu ladet, s.o Emsi ülemist ja Eifeli alumist osa. Akantoodid on eriti väärtuslikud Eifeli vanusega Narva lademe osade dateerimisel; nendele vastavad *Cheiracanthoides estonicus*'e, *Ptychodictyon rimosum*'i ja *Nostolepis kernavensis*'e tsoon. Givet' ladejärgus on pika vertikaalse levikuga *Diplacanthus gravis*'e ja *Devononchus concinnus*'e tsoonid. Esimene neist vastab neljale ning teine kahele psammosteidi tsoonile (joonis 2).

**Lõuatud kalad (Agnatha).** Alam-Devonis moodustavad tsoone nii varajased heterostragid kui ka telodondid. Eestis on Lochkovi vanusega *Phialaspis*'e (endise *Traquairaspis*'e) tsoon kindlaks tehtud sellele tsoonile iseloomuliku telodondi *Turinia pagei* (Powrie) esinemisega (Kleesment, Mark-Kurik 1997). Emsis esineb telodont *Skamolepis fragilis* Karatajütë-Talimaa, mis on aga Baltikumi puursüdamikes küllalt haruldane. Siiski on Ida-Lätis Baltinava puuraugust leitud 437,2–438,2 m sügavuselt kaksteist selle telodondi soomust (Karatajütë-Talimaa 1978).

Kesk-Devonis on tsonaalseteks vormideks psammosteiidid, mis domineerivad kalakooslustes Pärnu–Gauja lademe vahemikus. Eifelis on kaks perekond

*Schizosteus*'el baseeruvat tsooni – *S. heterolepis*'e tsoon, mis vastab Pärnu lademele ning *S. striatus* tsoon Kernavé alamlademe tasemel. Aruküla lademes ja Givet' vanusega Burtnieki lademes moodustavad tsoone kolm *Pycnosteus*'e liiki: *P. palaiformis* Preobrazhensky, *P. pauli* Mark ja *P. tuberculatus* (Rohon). Kahe hiiglasliku psammosteidi, *Pynosteus*'e ja *Tartuosteus*'e liike pole Burtnieki lademe ülemise osa Abava kihistikust leitud. Selles üksuses on tsooni liigiks *Psammolepis abavica* Mark-Kurik ning lasuvas Gauja lademes *Ps. paradoxa* Agassiz. Ülem-Devonis, Dubniki – Daugava lademete intervallis on välja eraldatud psammosteidi *Psammosteus megalopteryx* (Trautschold) tsoon. Eestist seda *Psammosteus*'e liiki pole teada, kuid naaberaladel esineb see sageli.

Paljandites ja puursüdamikes võib leida psammosteidide välisskeleti osi (kilpe) või nende fragmente, samuti kilpide välispinda katvaid tuberkleid. Oluline on juhtida tähelepanu tuberklite, täpsemalt nende mikrojäänuste hulka kuuluvate skeletielementide kasutamisele stratigraafias. Probleem seisneb selles, et psammosteidide tuberklite erakordselt suure varieeruvuse tõttu ühel ja samal liigil, pole sageli võimalik määrata isegi nende perekondlikku kuuluvust, rääkimata liigilisest kuuluvusest. Määrares liike üksikute tuberklite põhjal, võib jõuda eksitavate tulemusteni nii stratigraafias kui ka psammosteidide evolutsioonis. Selle näiteks on üks mõni aeg tagasi avaldatud artikkel (Niit jt. 2005). Autorid otsustasid ainult mikrojäänuste põhjal, et Burtnieki lademele iseloomulikud psammosteidide liigid *Tartuosteus maximus* Mark-Kurik ja *Pycnosteus tuberculatus* (Rohon) esinevad lamava Aruküla lademe kõigis kolmes osas. Seda hoolimata asjaolust, et ühestki Aruküla lademe tuntud ja rikkalikust leiukohast pole ülalmainitud psammosteidide skeletiosi leitud, mis tõestaks nende liikide hoopis pikemat levikut nii Aruküla kui ka Burtnieki ea vältel. Psammosteidide tuberklitest koosnev ornament on esmajoonel oluline üksikute ühele ja samale liigile kuuluvate skeletiosade määramisel (Obrutšev, Mark-Kurik 1965, lk 50).

**Plakodermid** ehk **rüükalad** on väga sagedased Kesk- ja Ülem-Devonis, eriti Givet' ja Frasné'i üksustes. Eriti levinud on artrodiiride *Coccosteus*'e, *Watsonosteus*'e ja *Plourdosteus*'e (Kesk-Devonis ka *Homostius*'e ja *Heterostius*'e) ning antiarhide *Asterolepis*'e ja *Bothriolepis*'e liigid. Psammosteidide ja plakoder-

mide liike on kasutatud Baltikumi Devoni tsonaalsete vormidena alates möödunud sajandist (Gross 1933, 1942; Sorokin 1981a) terve Ida-Euroopa platvormi ulatuses (Ržonsnitskaja, Kulikova 1990). Käesoleval ajal on märgatavalt suurenenud rüükalade tähtsus regioonidevahelise korrelatsiooni seisukohalt ning seda eriti Baltikumi ning Šotimaa läbilõigete võrdlemisel (Ahlberg jt. 1999, Mark-Kurik 2009; Marshall jt. 2007, 2010). Kaua aega meie alal ja Šotimaal endeemilisteks peetud perekondi (*Actinolepis*, *Watsonosteus*, *Microbrachius*) ja liike (*Coccosteus cuspidatus* Miller ex Agassiz, *Rhamphodopsis threiplandi* Watson) on leitud mõlema regiooni läbilõigetest ning üldjoontes samaaegsetest üksustest. Seejuures võib nende taksonite esinemissagedus piirkonniti erineda, näiteks *Actinolepis*'e leid Šotimaal (Newman, Trewin 2008) ja *Rhamphodopsis*'e oma Baltikumis (Leedus) on seni haruldased. Ühised plakodermide liigid, ka mõningad teiste kalarühmade (psammosteidide, sarkopteriigide) esindajad on andnud võimaluse esile tõsta kaks ülalmainitud regioonide Kesk-Devoni korrelatsiooni seisukohalt väärtuslikku taset. Neist vanem on meil Kernavé tase Eifeli lõpus ja noorem on Abava tase Givet' hilisemas osas (Mark-Kurik, Põldvere 2012, joonis 3).

Mõned harvad Alam-Devoni plakodermide leiud (Mark-Kurik 2002) viitavad võimalusele korreleerida meie läbilõikeid stratotüüpse alaga Saksamaal. Ka Kesk-Devonis esinevate artrodiiride *Holonema* ja *Protitanichthys*'e liigid osutavad samasugusele võimalusele. Nimetud perekondade Narva lademe Vadja alamlademes esinevad liigid on seni kirjeldamata. Pika vertikaalse levikuga perekond *Homostius*'e liik *H. sulcatus* (Kutorga) esineb nii meie kui ka Šotimaa Kesk-Devonis. Perekonda *Heterostius*'t viimati nimetatud piirkonnas pole, kuid seda on leitud Kesk-Devonist Saksamaal.

**Teised kalarühmad ja selgrootud.** Üsna tõenäoliselt on tulevikus võimalik biostratigraafias kasutada ka mitme teise kalarühma esindajaid, mis on meie Devoni kalakooslustes küllalt sagedased, kuid mida on seni vähe uuritud. Nende hulka kuuluvad kahtlemata kopskalad (Dipnoi) ning kiiruimsed (Actinopterygii), näiteks perekond *Cheirolepis*, mis esineb Baltikumis Narva–Gauja intervallis. Ka vajavad mitmed kalarühmad taksonoomilist revisjoni, eriti lihasuimsetest (Sarcopterygii) osteolepidiidid ja porolepiformid.

Need kalad on suure geograafilise levikuga, näiteks osteolepidiide perekonnad *Thursius* ja *Gyroptychius* on sagedased nii meie kui ka Šotimaa läbilõigetes (Mark-Kurik 1991a).

Tähelepanu pälvid kahtlemata Devoni selgrootud, eriti brahhiopoodid-linguloidid ning seda just mere-lise keskkonna indikaatoritena. Perekond *Bicarinata*, *Laima* ja *Orbiculoidea* liike esineb Baltikumis Rēzekne–Gauja intervallis. Kõige sagedasemad on *Bicarinata* liigid (Gravitis 1981, Lang, Puura 2009). Eriti olulised on lukuliste brahhiopoodide, rünhoni-liidide ja spiriferiidide senini unikaalsed leiud Lätist. Nende valatiste kujul säilinud eksemplare on leitud Põhja-Lätis Burtnieki ja Gauja lademe puursüdami-kest ning ühel juhul ka paljandist Līgatne lähedalt. Läti kaguosast Kraslava lähedalt on kogutud Gauja lademe ränistunud brahhiopoodide sugukonnast *Cyrtospiriferidae* ja “*Camarotoechiidae*” ning stromatopore ja koralle (*Hermatostroma* aff. *verhovense* Riabinin, *Syringostromella* aff. *pskovensis* (Riabinin), *Taeniodictyon* sp. indet.) (Sorokin 1981a, lk 149, 387). Peadevoni-välja nõrgalt tementeerunud terrigeensetes kivimites on karbonaatse skeletiga selgrootutel vähe võimalusi säilida. Kuid isegi need üksikud leiud ning linguliidide sage esinemine näitab, et tegemist on mereliste seten-ditega. See tuleb ilmekalt esile ka paleogeograafilistel rekonstruktsioonidel (Kuršs 1992a).

### PIIRKONDLIK STANDARD

Alam-Devon on Eestis üsna lünklik, väljaarvatud selle ülemine osa, mis vastab üldjoontes Emsi ladejärgu ülemisele poolele. Ka Ülem-Devoni Frasné'i lade-järk on meil vaid osaliselt esindatud, täpsemalt selle alumise ning peaaegu terve keskmise osaga. Frasné'i ülemise osa ning Famenne settekivimeid meie alal ei esine.

Piirkondlik standard koosneb lademetest ning Narva lademes ka alamlademetest (joonis 2). Alam-Devoni Lochkovi vanusega Tilžė ning Praha vanusega Ķemeri kihistu on väga piiratud levikuga. Emsi kuulub Rēzekne kihistu levib Kagu-Eestis, Edela-Eestis asen-dub see Lemsi kihistuga. Rēzekne kihistut on käsitle-tud Kagu-Eestis kui kohalikku Mehikoorma kihistut (Kleesment 2005). See kihistu ei erine Eestis siiski nii tunduvalt Rēzekne kihistust Ida-Lätis, et meil tuleks välja eraldada omaette üksus. “Rēzekne” nimetust on

meil ka varem antud kihistu jaoks kasutatud (Klees-ment, Mark-Kurik 1997, tabel 10).

Eifeli vanusega Pärnu kihistu levikuala kattub eel-pool nimetatud kihistute omaga. Narva lade koosneb Vadja, Leivu ja Kernavė alamlademest ning on kõige laiema levikuga Devoni lade Eestis. Lasuvad Aruküla ja Burtnieki lade on mõnevõrra piiratuma levikuga, kuid need katavad märgatava osa Lõuna-Eestist. Kesk-Devoni ülemise osa moodustava Gauja ja Amata lade, mille avamused on ainult Kagu-Eestis. Ülem-Devoni lademeid leidub vaid Eesti kagunurgas (joonis 1).

### LADESTIKE JA LADEJÄRKUDE (GLOBAAL-SETE LADEMETE) PIIRIDE PROBLEEMID

Globaalsete üksuste, ladestike ja ladejärke piiride probleem on meie alal üks biostratigraafia põhi-küsimusi, mille lahendamist raskendab vastavate piiride määramiseks vajalike fossiilide puudumine või vähene esinemine (konodondid, miospoorid jt). **Alam- ja Kesk-Devoni** ehk **Emsi/Eifeli** piiri võimaliku asendi üle Rēzekne ja Pärnu lademe vahel on kaua vaieldud. Rēzekne kihistu iseseisva üksusena eraldas Kesk- ja Ida-Läti puursüdami-ke põhjal Pärnu kihistu alumisest osast välja Ljarskaja (1974). Tema arvates oli Pärnu ja Narva lademega võrreldes tegemist vane-mate kihtidega, mis võisid kuuluda Eifelisse. Kala-fossiilid olid selles tasemes suures osas Kesk-Devoni vanusega, v.a plakoderm *Diadsonaspis*, mida oli varem leitud vaid Reinimaa Alam-Devonist (Lyarskaya 1974, tabel I). Hilisema määrangu järel (Mark-Kurik 2002) oli tegemist ülem-Emsi liigiga *Diadsonaspis* cf. *elongata* (Gross).

Väärtuslikke andmeid Rēzekne kihistu kohta saadi Eesti ja Leedu Devoni uurijate ühistööst (Kleesment jt. 1975), mille eesmärgiks oli igakülgelt uurida Kagu-Eesti Mehikoorma puursüdamikku, samuti sama vanu-sega kihte Valga, Ludza (Läti), Petseri (Pihkva oblast) ning Viltšitsõ, Potštari, Gašniki ja Liozno (kõik Valge-venes) puuraukudes. Kahjuks oli võimalik määrata erinevate rühmade kalu, s.o plakoderme, akantode, sarkopteriige ja aktinopteriige vaid perekonna või kõr-gemal tasemel. Esmakordselt kirjeldati kalade otolii-tide leide Baltikumi ja Valgevene Devonist (Kleesment jt. 1975). Kokkuvõttes loeti vaadeldav üksus Kesk-Devoni osaks.

Siiski oli juba selles uurimuses andmeid, mis viitasid Rēzekne kihistu erinevale vanusele. Vaitieküniene (Kleesment jt. 1975, lk 180), kes määras miospoore, pööras tähelepanu nende erinevusele võrreldes Ķemeri ning Pärnu lademe miospoorigega. Ta dateeris osa neist (*Archaeozonotriletes memorabilis* Umnova, *Retusotriletes* cf. *priscus* Umnova) hilis-Emsi – vara-Eifeli vanuseks. Lisaks sellele leidis ta liigi *Dibolisporites eifeliensis* (Lanninger) McGregor, mis oli tuntud Kanada ja Prantsusmaa Emsist. Sama liik on teada ka Reinimaa Emsi vanusega Wetteldorfi kihistust (Stee-mans 1989).

Vaitieküniene (1985) uuris miospoore Leedu puursü-damike Rēzekne kihistu alumisest osast. Ta leidis selles üksuses peale *Dibolisporites eifeliensis*'e mitmeid teisi Vara-Devoni vorme: *D. echinaceus* (Eisenack) Richardson, *D. wetteldorfensis* Lanninger, *Retusotriletes dittonensis* Richardson et Lister ja *Emphanisporites annulatus* McGregor. Kuid samas kompleksis esinesid ka Kesk-Devoni liigid *Grandispora velata* (Eisenack) Playford, *Calyptosporites spinosus* Tiwari et Schaarschmidt, *Ancyrospora angulata* (Tiwari et Schaarschmidt) McGregor ja *Hystricosporites elegans*. Vaitieküniene arvates olid Rēzekne kihistu alumisele osale iseloomulikud *Calyptosporites* ning *Ancyrospora* ja *Hystricosporites* ankrutaoliste jätketega. Ta tuli järeldusele, et Vara-Devoni miospoorid, kaasaarvatud *Emphanisporites annulatus*, eksisteerisid ka koos hilisemate vormidega, kuid rõhutas, et samasuguse koosseisuga miospoori kompleks esines ülem-Emsi Heisdorfi kihtides Saksamaal.

Peab mainima, et *Grandispora velata* ilmub esmakordselt Eifeli piirkonnas Eifeli ladejärgu basaalses osas (Streel jt. 2000). Seega on võimalik, et Rēzekne lademe kõige ülemine osa kuulub juba Eifelisse. Samal arvamusel on ka Obuhovskaja (1999), pidades silmas Vitebski lademe kõige ülemist osa Ida-Valgevenes. Enamik sellest üksusest vastab Valgevenes hilis-Emsi *Retusotriletes clandestinus* (RC) ja *Diaphanospora inassueta* (DI) tsoonile (Avkhimovitch jt. 1993).

Valikevičius on rõhutanud oma töödes (1993 – 2006) akantoodide evolutsiooni etappide olulisust biostratigraafias. Tema arvates tähistas *Laliacanthus singularis*'e tsoon, mis vastab Rēzekne ja Pärnu lademele, uut Kesk-Devoni etappi akantoodide fülogeneesis, mille vältel hakkasid domineerima akantodiidid ja dipla-

kantiidid (Valikevičius 1993). Sellele tasemele on iseloomulikud perekonnad *Diplacanthus*, *Cheiracanthus*, *Ptychodictyon*, *Rhadinacanthus* jt. Mitmes töös (Valikevičius 1998, 2000, 2006) luges ta Rēzekne lademe hilis-Emsi vanust üsna küsitavaks, kuigi mõnes (Valikevičius 1995) paigutas ta selle üksuse siiski Emsi. Ķemeri ja Rēzekne lademe vahele jäävale lüngale vastas Valikevičius järgi enam kui kolm konodondi tsooni, s.o intervall *gronbergi* tsooni kõige ülemisest osast *patulus*'e tsooni basaalse osani. Vaitieküniene (1985) arvates oli see lünk väiksem ning vastas umbes *inversus*'e – *serotinus*'e tsoonile. Jääb siiski mulje, et see ulatuslik lünk võis mõjutada arvamust nagu oleks akantoodide evolutsioonis Baltikumi piirkonnas toimunud eriti suured muutused Vara-Devoni lõpupoole.

Rēzekne lademe akantoodiliikide loetelust (Valikevičius 1994, 2000) selgub, et vähemalt neli liiki (*Ectopacanthus flabellatus* Valikevičius, *Markacanthus paralellus* Valikevičius, *Ptychodictyon ancestralis* Valikevičius, *Watsonacanthus?* sp.) esinevad kas ainult selles üksuses või ilmuvad lamavas Alam-Devoni Saunoriai kihistus. Nendele liikidele võib lisada veel kolm liiki (*Cheiracanthus kruckei* Valikevičius, *Diplacanthus?* sp. nov., *D. kleesmentae* Valikevičius) Rēzeknega sama vanusega Vitebski lademest Valgevenes (Valikevičius 2000), mida kõrgemal olevas läbilõikes ei esine. Ljarskaja (1978) kirjeldas Rēzekne lademest kolm uimeogadel püstitatud akantoodiliiki. Need on *Diplacanthus?* *berziensis*, *Acanthoides?* *latgalica* ja *Haplacanthus ludziensis*. Muidugi pole välistatud, et need liigid ning mõned Valikevičiusi poolt soomuste põhjal kirjeldatud liigid osutuvad sünonüümideks. Ülaltoodud andmed näitavad, et Rēzekne lademes on teatud hulk akantoodide liike, mis erinevad Kesk-Devoni vanusega Pärnu lademe liikidest. Muidugi on Rēzekne kompleksis veel 9 akantoodi liiki, mis on aga kõik pikema vertikaalse levikuga. Nendest 5 liiki on ühised Pärnu lademega, teiste hulgas tsooni liik *Laliacanthus singularis* ja lisaks 4 liiki, mille levik ulatub koguni Frasn'e'i (Valikevičius 2006). Arvestades ülaltoodud andmeid tuleb nentida, et Rēzekne lademe Kesk-Devoni vanuse määrangul pole lähtunud mitte sellele lademele omastest liikidest, vaid esmajoones pikaealisestest liikidest. Nii tuleb ilmsiks omapärane “ümberpööratud” vanusemäärang – pikaealisemad liigid määravad varasema üksuse vanuse.

Rēzekne lademe vanuse määramise üheks aluseks on ka regioonidevaheline korrelatsioon, lähtudes Varadevoni plakodermidest meil ja teistes piirkondades, näiteks Eifeli mäestiku läbilõikes (Mark-Kurik 1991b, joonis 4). Plakodermid, eriti flüktäniidid (Phlyctenida) on iseloomulikud Rēzekne lademele. Need on *Diadsomaspis cf. elongata* (Liepkalnise puuraugust Leedus), *Kartalaspis belarussica* Mark-Kurik nomen nudum (Viltšitsõ puuraugu Vitebski lademe Lepeli ja Oboli kihtidest Valgevenes ning Raigla puuraugu Rēzekne lademest Eestis), samuti perekond *Actinolepis*'e kõige varajasem liik *A. spinosa* Mark-Kurik (Ventspils'i puuraugust Lätis) (Mark-Kurik 2002). Flüktäniidid on sagedased Reinimaa Emsis. Uue ptüktodontide perekonna leid Rēzekne lademes Ida-Läti Ludza-15 puuraugust (sügavus 430,8 m) väärrib samuti tähelepanu. See eriti pikkade spinaalplaatidega ptüktodont erineb tunduvalt lühemate plaatidega Kesk-Devoni vormidest *Rhamphodopsis* ja *Ptyctodopsis*.

Viimasel ajal ilmnevad Baltikumis ja Valgevenes teatud vastuolud Emsi/Eifeli piiri kindlaksmääramisel. Valgevenes on Vitebski lade (suures osas sama vanusega kui Rēzekne lade) ülem-Emsis (Plaxa 2006, Plax 2008; Plax jt. 2008). Obuhovskaja (1999) arvates kuulub Vitebski lademe kõige ülemine osa Eifelisse. Lasuvat Adrovi ladet (üheaegne Pärnu lademega Baltikumis) korreleeritakse alam-Eifeli *partitus* tsooniga (Narkiewicz, Kruchek 2008). Lukševičs jt (2010) ning Lebedev jt (2010, tabel 9) tulid Kesk- ja Hilis-Devoni kalakooslusi analüüsidest järeldusele, et Rēzekne lade on vara-Eifeli vanusega ning Rēzekne ja Pärnu lademe vahel on lünk. Nende seisukohtadega, mis põhinevad kalade määrangutel üksnes perekonna tasemel, on raske nõustuda. Määrates Rēzekne ja sellega samaaegsete üksuste vanust, pole arvestatud ei kalade liigilist kuuluvust ega miospooride abil saadud dateeringuid. Hoolimata loetletud vastuoludest on ilmselt mõistlik lugeda Rēzekne ladet valdavalt Alam-Devoni üksuseks.

**Eifeli/Givet'** piiri asend on suhteliselt vähe vaidlusi esile kutsunud. See tehti kindlaks Eifeli konodontide leidude abil Narva lademe Kernavė alamlademes. Kuid aja jooksul on selle piiri asend rohkem muutunud kui näiteks Emsi/Eifeli oma. Grossi (1933, 1942) ja Obrutševi (1951) tööd polnud Kesk-Devon ladejärelduseks jaotatud. Mõnevõrra hiljem luges Obrutšev (1958) tervet Pärnu–Tartu (= Aruküla + Burtnieki) inter-

valli Vene platvormil Givet' vanuseks. Hiljem otsustas ta Baltikumi kalakooslusi Vene platvormi teiste osade ning Šotimaa ja Teravmägede kooslustega võrreldes, et ainult Burtnieki kihistu on Givet' vanusega (Obrutšev 1972, 1973). Ljarskaja (1972), analüüsidest Kesk-Devoni kalafaunat Lätis, tuli samale järeldusele. Hilisemate Baltikumi Devoni uuringute vältel tekkis kaks Eifeli/Givet' piiri asendi varianti: kas Narva ja Aruküla või Aruküla ja Burtnieki lademe vahel (Sorokin 1981a). Viimasena mainitud piiri aktsepteeriti Vene platvormi Devoni stratigraafilises skeemis (Ržonsnitskaja, Kulikova 1990) ning (mõnevõrra küsitavalt) ka Eesti skeemis (Kleesment, Mark-Kurik 1997).

Narbutase ja kaasautorite (1993) arvates markeerisid Leedus Narva lademe kõige ülemine osa ja sama vanusega *kockelianus*'e konodontide tsoon ning *Polygnathus parawebbi* kooslus Eifeli ülemist piiri. Selle Eifeli/Givet' piiri asendiga on nõustunud ka mitmed teised autorid. Valikevičius (1994, 1995, 2000) luges Kernavė kihistut ja Valgevene Kastjukovitši ladet üheaegselt Eifeli *kockelianus*'e konodonti tsooniga. Aruküla + Burtnieki ja Valgevene Polotski lade olid tema arvates Givet' *hemiansatus*–*varcus*–*hermanicristatus* tsoonide intervalli vanuselised ekvivalendid. *Rhabdosporites langii* (RL) miospoori tsoon, mis vastab Kernavė ja Kastjukovitši tasemele, tähistab samuti Eifeli ülemist piiri (Avkhimovitch jt. 1993). Obuhovskaja (1999) järgi võimaldab miospooride ex gr. *Geminospora lemurata* puudumine Kastjukovitši lademes lugeda seda ühikut Eifelisse kuuluvaks. Valgevene Polotski lade ning *Geminospora extensa* tsoon on Givet' vanusega. Huvitav on märkida, et Vene Devoni skeemis (Ržonsnitskaja 1998) on Eifeli/Givet' e. *kockelianus*'e/*hemiansatus*'e tsooni piir mõnevõrra kõrgemal, umbes Aruküla kihistu ning selle vanuseliste vastete Tsornõi Jari ja Koiva kihistu keskel.

Tähelepanu väärrib kahtlemata **Kesk ja Ülem-Devoni** ehk **Givet'/Frasne'i** piiri asend nii Eestis kui ka üldiselt Ida-Euroopa platvormi loodeosas, kuna selles küsimuses puudub seni üksmeel. Grossi (1933, 1942) järgi oli Ülem-Devoni kõige alumiseks üksuseks niinimetatud *Cellulosa*-mergel ehk Snetogori lade (Snetogori kihid). Kaasajal on selle üksuse nimeks Snetnaja Gora kihid, mis moodustavad Pļaviņase lademe alumise osa (Ivanov jt. 2005, joonis 3). Obrutševi (1933) arvates kuulusid Podsnetogori kihid (praegu ülemine osa Amata

lademest) Ülem-Devonisse, lamavad Oredeži kihid Kesk-Devonisse. Hiljem, 1951. aastal, korreleerides Šotimaa keskmise ja ülemise Old Red Sandstone'i stratigraafilisi üksusi ja kalade komplekse Baltikumis leiduvatega, jõudis Obrutšev järeldusele, et Balti ning eriti Leningradi ja Pihkva piirkonna läbilõigetel esineb suuri lünki. Suurimaid lünki võis täheldada Luuga ja Pljussa jõgikonnas. Need vastasid ülemistele Tartu kihtidele (praegu Burtnieki lade) ning Gauja kihtidele tervikuna (Obrutšev 1951, lk 983). Sellest ajast alates jäi kauaks ajaks kehtima Kesk- ja Ülem-Devoni piir Burtnieki ja Gauja lademe vahel (sama vanusega üksuste vahel) ning nende vahelist lünka tunnustati tervel Ida-Euroopa platvormil ja naaberaladel (Sorokin 1981a, joonis 1a; 1992, joonis 1; Ržonsnitskaja, Kulikova 1990).

Siiski on ülalmainitud lünkade suurust märgatavalt ülehinnatud. Luuga ja Oredeži jõgede piirkonnas Luuga linnast kirdes on teada kaks leiukohta, milles leidub tüüpilist Burtnieki kalafaunat. Üks neist on liivakarjäär Novinka raudteejaama lähedal. Siit kogutud kalad on *Tartuosteus* (cf. *T. maximus* Mark-Kurik), *Pycnosteus tuberculatus* (Rohon), *Ganosteus stellatus* Rohon, *Homostius* sp., *Heterostius* sp., *Coccosteus* (cf. *C. markae* O. Obrucheve) jt. (Averianov 1990). Teise leiukoha avastas V. Kuršs 1984. aastal Pehenetsi lähedal Jaštšera jõe paremal kaldal umbes 16 km selle jõe suudmest ülesvoolu. Selles paljandis oli samasugune kalade kompleks, mille koosseisu kuulusid *Pycnosteus tuberculatus*, *Ganosteus stellatus*, *Homostius*, *Heterostius* jt. (E. Mark-Kuriku määrang). Oredeži kihte, mis vastavad Gauja lademele Baltikumis, peetakse Peadevonivälja idaosas taas kehtivaks üksuseks (Ivanov jt. 2005, fig. 3).

Obrutšev (1951) mainis ka lühemat lünka ülemiste Tartu kihtide (Burtnieki lademe) ja Gauja kihtide vahel Baltikumis. Tegelikult on Burtnieki lademe ülemises osas kalafauna muutus üsnagi järk-järguline. Burtnieki kihistu ülemine, Abava kihistik sisaldab kalu, mis on lähedased Gauja lademe kaladele, näiteks *Asterolepis*'e suurte vormide hulka kuuluv *A. essica* Lyarskaya ning *Laccognathus* sp. Olulised on ka trisihopteriidide esmaleiud. Märkimisväärne on samuti artrodiiride *Homostius*'e ja *Heterostius*'e puudumine selles tasemes (Mark-Kurik, Nemliher 2003).

Kesk- ja Ülem-Devoni ehk Givet'/Frasne'i piiri asend Baltimaade ja Venemaa loodeosa stratigraafilistes

skeemides on erinev. Eesti skeemides on arvestatud seda, et Gauja ja Amata lademe kalafaunad on sarnasemad kui Amata ja Pļaviņase faunad. Vastavalt sellele on Kesk- ja Ülem-Devoni piir pandud ajutiselt Pļaviņase lademe alla (Kleesment, Mark-Kurik 1997, Mark-Kurik 2000). Kuid pole välistatud, et see piir paikneb mõnevõrra allpool Amata lademes (Mark-Kurik jt. 1999).

**Lāti** Devoni skeemis on Givet'/Frasne'i piir Burtnieki ja Gauja lademe vahel (Stinkulis 2003). Mõni aasta varem loeti aga Lätis Gauja kihistut Givet' vanuseks (Forey jt. 2000). Lukševiči (2001) arvates võib vastav piir Peadevoniväljal paikneda mingil tasemel Amata lademe sees.

Ka **Leedus** on Kesk- ja Ülem-Devoni piir Burtnieki ja Gauja üksustele vastavate kihistute Upninkai ja Šventoji vahel (Narbutas jt. 1993, Paškevičius 1997, Sidaravičienė 1999). Võimalik, et silmas on peetud nimetatud piiri traditsioonilist asendit (Sorokin 1981a). Narbutas (1994, tabel 23) nagu ka Obrutšev (1951) oletas, et Upninkai ja Šventoji kihistute vahel on lünk. Valiukevičiuse (2000, lk 276) järgi olid *falsiovalis*'e tsoonid konodondid leitud Pļaviņase lademe kõige alumisest osast. Kuid tema arvates oli ladestiku piir Šventoji ja Pļaviņase vahel Peadevoniväljal siiski liiga kõrgel ning pakkus välja variandi, et see võiks olla allpool, Šventoji lademe sees (Valikevičius 2000, joonis 1; Valikevičius 2006, joonis 6).

**Valgevene** skeemides on Givet'/Frasne'i piir osalt traditsioonilisel tasemel Kesk-Devoni Polotski ja Ülem-Devoni Lani lademe vahel (Krutšek jt. 2001, Obuhovskaja jt. 2007). Kuid leidub ka teine võimalus panna see piir endise Lani lademe alumise ja ülemise osa vahele. Alumine osa ehk Hotimski (Uborti) lade (Gauja lademe ekvivalent) kuulub nüüd Givet' ladejärku, ülemine Želoni lade (Amata lademe vaste) Frasné'i ladejärku (Plax 2008, Plax jt. 2008).

**Venemaal**, see tähendab Peadevonivälja idaosas, on Kesk- ja Ülem-Devoni piiri asend olnud erinev. Ržonsnitskaja (1998) skeemis on see Amata kihistu alumises osas, teiste autorite järgi (Esin jt. 2000, joonis 2, 3) Amata kihistu peal. Lebedev jt. autorid (2010, tabel 9) on samal seisukohal. Kuid nad osutavad seejuures Gauja ja Amata vahelisele lüngale, mis peaks vastama teatud osale *falsiovalis*'e konodondi tsoonist. Väga olulised on Ivanovi jt (2005) andmed Leningradi oblasti Devoni kohta. Nende autorite arvates peaks

see piir paiknema Oredeži kihtide (st Gauja lademe) peal. Amata lade koosneb selles piirkonnas Staritsa ja Podsnogorski kihtidest. Viimastes esineb konodonte, mis koos Snetnaja Gora konodontidega moodustavad kohaliku *Polygnathus lanei* tsooni.

Käesoleval ajal on Kesk- ja Ülem-Devoni ehk Givet' ja Frasné'i piiri küsimus Peadevoniväljal veel lõplikult lahendamata. On võimalik, et see ladestiku/ladejärgu piir paikneb mingil tasemel Amata lademe sees. Valgevenes võiks see piir olla Želoni lademe sees.

## KOKKUVÕTE

Piirkondlike Devoni stratigraafiliste üksuste (lademete, kihistute) korrelatsioon ning vanuse määramine Baltikumis, st Ida-Euroopa (Vene) platvormi loodeosas on alates möödunud sajandi viiekümnendatest aastatest muutunud järk-järgult täpsemaks. Läbilõigete Alam- ja Kesk-Devoni osas on kasutamist leidnud erinevate kalade kivistised, eriti nende mikrojäänused nagu näiteks akantoodide soomused. Meie ja Lääne-Euroopa stratotüüpsete alade korrelatsioone raskendavad fauna ja faatsiiste erinevused. Siiski on ka meil võetud kasutusele alates 1990ndatest aastatest standardsed konodontide tsoonid ning abivahendina miospooride tsoonid, hoolimata asjaolust, et nende fossiilide leiud on suhteliselt haruldased. Eesti Devoni üksuste vanust aitavad kindlaks teha kalakompleksid, mis sarnanevad meie naaberaladelt (Leedus, Valgevenes, Venemaa loodeosas) leitutele ja esinevad seal koos konodontide ja/või miospooridega.

Kalade (psammosteiidide, plakodermid, akantoodide) biotsoonide kasutamise võimalused stratigraafias on erinevad ning sõltuvad vastava rühma arengu tempost. Nii on akantoodide tsoonid väga tõhusad Eifeli üksuste eristamisel. Psammosteiidid aitavad kindlaks määrata Givet' üksuste, plakodermid aga mitmete Givet'–alam-Frasné'i üksuste vanust. Mõistagi pole kohalikud stratigraafilised üksused standardsete konodonti-miospoori tsoonide täpsed vasted. Selle näiteks sobib hästi Rėzekne lade. Üldjoontes on see korreleeritav *Diaphanospora inassueta* tsooniga, kuid lademe kõige ülemine osa võib kuuluda juba *Periplectrotriletes tortus*'e tsooni.

Käesoleval ajal pole kõik ladestike ja ladejärkude piirid üksmeelselt kindlaks määratud. Esmajoonel puudutab see Kesk- ja Ülem-Devoni (Givet'/Frasné'i) piiri,

mille asend varieerub Balti riikide ning Loode-Venemaa stratigraafilistes skeemides. Baltikumi Devoni läbilõigete korrelatsioon Reinimaa stratotüüpse piirkonna läbilõigetega Valgevene ja Poola kaudu on väga vajalik. Kahtlemata aitavad selleks kaasa uued konodontide ja miospooride leiud ning kalakomplekside mitmekülgsem uurimine. Devoni ajastu settimistingimuste kindlakstegemisel meie alal on aga väga olulised nii lukuta brahhiopoodide (linguloidid) kui ka lukuliste brahhiopoodide (rūnhonelliidid, spiriferiidid) leiud, kuna need osutavad selle ajastu setendite merelisele päritolule.

**Tānuavaldus.** Autorid tänavad Ranek Rohtlat Eesti Geoloogiakeskusest tema lahke abi eest Eesti stratigraafilise skeemi tehnilisel teostamisel. E. Mark-Kuriku töö sai teoks osalemisel Eesti Haridus- ja Teadusministeeriumi projektis SF0140020s08.

## KIRJANDUS

- Ahlberg, P. E., Ivanov, A., Lukševičs, E., Mark-Kurik, E. 1999. Middle and Upper Devonian correlation of the Baltic area and Scotland based on fossil fishes. Lukševičs, E., Stinkulis, Ģ., Kalniņa, L. (eds) The 4th Baltic Stratigraphical conference. Problems and Methods of Modern Regional Stratigraphy. Rīga, 6–8.
- Ainsaar, L. 2008. Tiirhanna quarry. Hints, O., Ainsaar, L., Männik, P., Meidla, T. (eds) The seventh Baltic Stratigraphical Conference. Abstracts & Field Guide. Geological Society of Estonia, Tallinn, 147–148.
- Averianov, A. O. 1990. Novoe mestonahozhdenie srednedevonskih pozvonotšnyh v Leningradskoj oblasti. Proceedings of the Zoological Institute, USSR Academy of Sciences, Leningrad, 213, 4–15. [Vene keeles].
- Avkhimovitch, V. I., Tchibrikova, E. V., Obukhovskaya, T. G., Nazarenko, A. M., Umnova, V. T., Raskatova, L. G., Mantsurova, V. N., Loboziak, S., Streel, M. 1993. Middle and Upper Devonian miospore zonation of Eastern Europe. Bulletin des Centre de Recherches Exploration-Production Elf Aquitaine, 17, 79–147.
- Blicek, A., Turner, S., Young, G. C. (with contribution of Lukševičs, E., Mark-Kurik, E., Talimaa, V. N.,

- Valiukevičius, J. J.) 2000. Devonian vertebrate biochronology and global marine/non-marine correlation. *Courier Forschungsinstitute Senckenberg*, 220, 161–193.
- Esin, D., Ginter, M., Ivanov, A., Lebedev, O., Lukševičs, E., Avkhimovich, V., Golubtsov, V., Petukhova, L. 2000. Vertebrate correlation of the Upper Devonian and Lower Carboniferous on the East European Platform. *Courier Forschungsinstitute Senckenberg*, 223, 341–359.
- Forey, P. L., Ahlberg, P. E., Lukševičs, E., Zupiņš, I. 2000. A new coelacanth from the Middle Devonian of Latvia. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 20, 243–252.
- Gravitis, V. A. 1967. O facial'nyh izmenenijah karbonatnoj tšasti franskogo jarusa v Gulbenskoj vpadine i na ee severnom i vostošnom obramlenii. Egorov, D. F., Sorokin, V. S., Ulst, P. Ž. (red.) *Voprosy geologii srednego i verhnego paleozoja Pribaltiki*. Zinatne, Riga, 54–84. [Vene keeles].
- Gravitis, V. A. 1981. Brahiopody. Nižnii i srednii devon. Sorokin, V. S. (red.). *Devon i karbon Pribaltiki*, Zinātne, Rīga, 380–385. [Vene keeles].
- Gross, W. 1933. Die Fische des baltischen Devons. *Palaeontographica*, A, 79, 1–74.
- Gross, W. 1942. Die Fischfaunen des baltischen Devons und ihre biostratigraphische Bedeutung. *Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga*, 64, 373–436.
- Ivanov, A., Zhuravlev, A., Young, G. (eds) 2005. Devonian Sections of North-West of East European Platform. *Guidebook of the post-conference field trip*, 66 pp.
- Kajak, K. 1995. Eesti kvaternaarisetete kaart. Mõõtkava 1:2 500 000 (Raukas, A., toim.). Eesti Geoloogia-keskus, Tallinn, 20 lk.
- Kajak, K. 1997. Upper Devonian. Raukas, A., Teedumäe, A. (eds) *Geology and Mineral Resources of Estonia*. Estonian Academy Publishers, Tallinn, 121–123.
- Karatajūtė-Talimaa, V. N. 1964. Danye k stratigrafii nižnego devona Južnoj Pribaltiki. Karatajūtė-Talimaa, V. N., Narbutas, V. V. (red.) *Voprosy stratigrafii i paleogeografii devona Pribaltiki*. Mintis, Vilnius, 21–39. [Vene keeles].
- Karatajūtė-Talimaa, V. 1978. Silurijskie i devonskie telodonty SSSR i Špitsbergena. *Mokslas*, Vilnius, 334 lk. [Vene keeles].
- Kaufmann, B. 2006. Calibrating the Devonian Time Scale: A synthesis of U–Pb ID–TIMS ages and conodont stratigraphy. *Earth-Science Reviews*, 76, 175–190.
- Kaufmann, B., Trapp, E., Mezger, K., Weddige, K. 2005. Two new Emsian (Early Devonian) U–Pb zircon ages from volcanic rocks of the Rhenish Massif (Germany): implications for the Devonian time scale. *Journal of the Geological Society, London*, 162, 363–371.
- Kedo, G. I., Obuhovskaja, T. G. 1981. Spory. Srednii devon Pribaltiki i severo-vostošnoj Belorussii. Sorokin, V. S. (red.) *Devon i karbon Pribaltiki*. Zinātne, Rīga, 419–436 [Vene keeles].
- Kleesment, A. 1981. Lemsiskaja svita. Sorokin, V. S. (red.) *Devon i karbon Pribaltiki*. Zinatne, Riga, lk. 80. [Vene keeles].
- Kleesment, A. 1994. Subdivision of the Aruküla Stage on the basis of lithological and mineralogical criteria. *Eesti Teaduste Akadeemia Toimetised, Geoloogia*, 43, 57–68.
- Kleesment, A. 1995. Lithological characteristics of the uppermost terrigenous Devonian complex in Estonia. *Eesti Teaduste Akadeemia Toimetised, Geoloogia*, 44, 221–233.
- Kleesment, A. 2001. Ekskursioon Lõuna-Eesti Devoni paljanditesse (Põldvere, A., toim.). *Eesti Geoloogia Selts*, Tallinn, 20 lk.
- Kleesment, A. 2005. Devonian. Põldvere, A. (ed.) Mehikoorma (421) drill core, *Estonian Geological Sections*, 6, 10–13.
- Kleesment, A. 2007. Devonian. Põldvere, A. (ed.) Tsiistre (327) drill core. *Estonian Geological Sections*, 8, 10–19.
- Kleesment, A. 2009. Kesk-Devoni ladestiku Tamme liivakivipaljand Võrtsjärvel. Pirrus, E. (toim.) *Võrtsjärv geoloogide vaateväljas*. Eesti Geoloogia Selts, 8/09, 7–17.
- Kleesment, A., Mark-Kurik, E. 1997. Devonian. Introduction. Lower Devonian. Middle Devonian. Raukas, A., Teedumäe, A. (eds) *Geology and Mineral Resources of Estonia*. Estonian Academy Publishers, Tallinn, 107–121.

- Kleesment, A. E., Mark-Kurik, E. J., Karatajūtė-Talimaa, V. N., Vaitiekūniene, G. K., Kajak, K. F. 1975. Drevneišie otloženiya srednego devona Estonii. Lunts, A. J. (ed.) Geologija kristallitšeskogo fundamenta i osadotšnogo tšehla Pribaltiki. Zinātne, Rīga, 168–183. [Vene keeles ingliskeelse kokkuvõttega].
- Kleesment, A., Kurik, E., Valikevičius, J. 1987. O nomenklature podgorizontov narovskogo gorizonta. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised, Geoloogia, 36, 174–175. [Vene keeles].
- Krutšek, S. A., Mahnatš, A. S., Golubtsev, V. K., Obuhovskaja, T. G. 2001. Devonskaja sistema. Mahnatš, A. S., Garetsky, R. G., Matvejev, A. V. (red.) Geologija Belarusi. Minsk, 186–239. [Vene keeles].
- Kuršs, V. 1992a. Depositional environment and burial conditions of fish remains in Baltic Middle Devonian. Mark-Kurik, E. (ed.) Fossil Fishes as Living Animals. Academia 1, Academy of Sciences of Estonia, Tallinn, 251–260.
- Kuršs, V. M. 1992b. Devonskoe terrigennoe osadkonakoplenie na Glavnom devonskom pole. Zinatne, Riga, 31–136. [Vene keeles].
- Kuršs, V. M., Viiding, H. A., Mark-Kurik, E. J. 1981a. Gaujskaja svita. Amatskaja svita. Sorokin, V. S. (red.) Devon i karbon Pribaltiki. Zinatne, Riga, 146–167. [Vene keeles].
- Kuršs, V. M., Viiding, H. A., Kajak, K. F., Mark-Kurik, E. J. 1981b. Burtniekskaja svita. Sorokin, V. S. (red.) Devon i karbon Pribaltiki. Zinatne, Riga, 129–141. [Vene keeles].
- Kõrts, A., Mark-Kurik E. 1997. Algae and vascular plants. Raukas, A., Teedumäe, A. (eds) Geology and Mineral Resources of Estonia. Estonian Academy Publishers, Tallinn, 213–219.
- Lang, L., Puura, I. 2009. Systematic position, distribution, and shell structure of the Devonian linguloid brachiopod *Bicarinatina bicarinata* (Kutorga, 1837). Estonian Journal of Earth Sciences, 58, 63–70.
- Liepiņš, P. P. 1955. O nižnih slojah devona zapadnoj tšasti Vostotšno-Evropeskoj platformy. Doklady Akademii Nauk SSSR, kd 103, nr 2, 295–298. [Vene keeles].
- Liepiņš, P. P. 1961. Devona sistēma. Latvijas PSR ģeoloģija. Rīga, 53–92.
- Ljarskaja, L. A. 1972. O granitse eifel'skogo i zhivetskogo yarusov v Latvii. Ulst, R. Z. (ed.) Regional'naya geologiya Pribaltiki i Belorussii. Zinātne, Rīga, 48–51. [Vene keeles ingliskeelse kokkuvõttega].
- Ljarskaja, L. A. 1974. Pogranitšnye nižne-sredne-devonskie otloženiya Pribaltiki. Sorokin, V. S. (red.) Regional'naya geologija Pribaltiki. Riga, 45–55. [Vene keeles].
- Ljarskaja, L. A. 1978. Rezeknenskaja svita i jee vozrastnye analogi. Sorokin, V. S. (red.) Stratigrafiya fanerozoya Pribaltiki. Zinātne, Rīga, 22–43. [Vene keeles].
- Ljarskaja, L. A. 1981. Kemerskaja svita. Sorokin, V. S. (red.) Devon i karbon Pribaltiki. Zinatne, Riga, lk 54. [Vene keeles].
- Lebedev, O. A., Lukševičs, E., Zakharenko, G. V. 2010. Palaeozoogeographical connections of the Devonian vertebrate communities of the Baltic Province. Part II. Late Devonian. Palaeoworld, 19, 108–128.
- Lukševičs, E. 2001. Bothriolepid antiarchs (Vertebrata, Placodermi) from the Devonian of the north-western part of the East European Platform. Geodiversitas, 23, 489–609.
- Lukševičs, E., Lebedev, O. A., Zakharenko, G. V. 2010. Palaeozoogeographical connections of the Devonian vertebrate communities of the Baltic Province. Part I. Eifelian–Givetian. Palaeoworld, 19, 94–107.
- Mark, E. 1958. O nekotoryh voprosah stratigrafitšeskoj nomenklatury devona severo-zapada Glavnogo polja. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised, Füüsika, matemaatika ja tehnikateaduste seeria, 7, 348–349. [Vene keeles].
- Mark, E., Paasikivi, L. 1960. Devonskaja sistema. Geologija SSSR, kd XXVIII, Moskva, 146–166. [Vene keeles].
- Mark-Kurik, E. 1991a. On the environment of Devonian fishes. Eesti Teaduste Akadeemia Toimetised, Geoloogia, 40, 122–125.
- Mark-Kurik, E. 1991b. Contribution to the correlation of the Emsian (Lower Devonian) on the basis of placoderm fishes. Newsletter on Stratigraphy, 25, 11–23.
- Mark-Kurik, E. 2000. The Middle Devonian fishes of the Baltic States (Estonia, Latvia) and Belarus. Courier Forschungsinstitute Senckenberg, 223, 309–324.
- Mark-Kurik, E. 2002. *Kartalaspis* and other Early Devonian arthrodires and their stratigraphical significance.

- Satkūnas, J., Lazauskienė, J. (eds) The 5th Baltic Stratigraphical Conference. Basin Stratigraphy – Modern Methods and Problems. Extended Abstracts. Geological Survey of Lithuania, Vilnius, 117–119.
- Mark-Kurik, E. 2007. Distribution of Devonian fossils. Põldvere, A. (ed.) Tsiistre (327) drill core. Estonian Geological Sections, 8, 19–21.
- Mark-Kurik, E. 2009. Two small Scottish Middle Devonian placoderms in Estonia. *Journal of Vertebrate Paleontology*, Supplement to No 3, 29, p. 143A.
- Mark-Kurik, E., Nemliher, J. 2003. Veel kord Kesk-Devoni Abava kihist. Plado, J., Puura, I. (toim.) Eesti geoloogide 4. ülemaailmne kokkutulek. Eesti geoloogia uue sajandi künnisel. Konverentsi materjalid ja ekskursioonijuhud. Eesti Geoloogia Selts, Tartu Ülikooli Geoloogia Instituut, Tartu, 38–41.
- Mark-Kurik, E., Valikevičius, J. 2005. Distribution of Devonian fossils. Põldvere, A. (ed.) Mehikoorma (421) drill core. Estonian Geological Sections, 6, 13–16.
- Mark-Kurik, E., Põldvere, A. 2012. Devonian stratigraphy in Estonia: current state and problems. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 61, 33–47.
- Mark-Kurik, E., Blicek, A., Loboziak, S., Candler, A.-M. 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, Geology*, 48, 86–98.
- Marshall, J. E. A., Astin, T. R., Brown, J. F., Mark-Kurik, E., Lazauskiene, J. 2007. Recognizing the Kačák Event in the Devonian terrestrial environment and its implications for understanding land–sea interactions. Becker, R. T., Kirchgasser, W. T. (eds) *Devonian Events and Correlations*. Geological Society, Special Publications, London, 278, 133–155.
- Marshall, J., Brown, J., Newman, M., Davidson, B. 2010. The Old Red Sandstone of Scotland. IPC3 Pre-Conference Field Trip. SDS, Subcommission on Devonian Stratigraphy, International Palaeontological Congress, London, 54 pp.
- Narbutas, V. 1994. Devonas. Grigelis, A., Kadūnas, V. (eds) *Lietuvos geologija*. Mokslo ir enciklopedijų leidykla, Vilnius, 97–120.
- Narbutas, V. V., Vasiljauskas, V. M., Korkutis, V. A. 1964. Novye dannye k poznaniyu paleogeografii i tektoniki Južnoj Pribaltiki v ranne i srednedevonskoe vremja. Karatajūtė-Talimaa, V. N., Narbutas, V. V. (red.) *Voprosy stratigrafii i paleogeografii devona Pribaltiki*. Mintis, Vilnius, 113–124. [Vene keeles].
- Narbutas, V. V., Ljarskaja, L. J., Kleesment, A. E. 1981. Til'žeskaja svita. Sorokin, V. S. (red.) *Devon i karbon Pribaltiki*. Zinatne, Riga, lk 37. [Vene keeles].
- Narbutas, V., Valikevičius, J., Žeiba, S. 1993. Devonian stratigraphic scheme. Paškevičius, J. (ed.) *Catalogue of the Vendian–Devonian Stratotypes of Lithuania*. "PMPP" Publishers, Vilnius, 86–100.
- Narkiewicz, K., Kruchek, S. 2008. Conodont-based correlation of the Middle Devonian in SE Poland and Belarus: preliminary data. *Actual problems of geology of Belarus and adjacent territories*. Materials of the International conference dedicated to the 90th birthday of the Academician of Belarus A. S. Makhnach. Minsk, 188–194.
- Newman, M. J., Trewin, N. H. 2008. Discovery of the arthrodire genus *Actinolepis* (class Placodermi) in the Middle Devonian of Scotland. *Scottish Journal of Geology*, 44, 83–88.
- Niit, M., Kleesment, A., Märss, T. 2005. Vertebrate microremains in the sections of the Aruküla Regional Stage of Estonia and comparison with the Burtneki Regional Stage. *Ichthyolith Issues, Special Publication*, 9, 27–29.
- Obrutšev, Dm. 1933. K stratigrafii srednego devona Leningradskoj oblasti. *Transactions of the All-Russian Mineralogical Society*, 52, 405–420. [Vene keeles saksakeelse kokkuvõttega].
- Obrutšev, Dm. 1951. O granitse meždu srednim i verhnim devonom v Glavnom pole. *Reports of the Academy of Sciences of the USSR*, 78, 981–984. [Vene keeles].
- Obrutšev, D. V. 1958. K biostratigrafii ihtiofaun nižnego i srednego paleozoja SSSR. *Sovetskaja Geologija*, 11, 40–53. [Vene keeles ingliskeelse kokkuvõttega].
- Obrutšev, D. V. 1972. Ob eifelskih otloženijs v Glavnom devonskom pole. Ulst, R. Ž. (red.) *Regional'naja geologija Pribaltiki i Belorussij*. Zinätne, Rīga, 39–47. [Vene keeles ingliskeelse kokkuvõttega].
- Obrutšev, D. V. 1973. Znatšenie pozvonotšnyh dlja korreljatsii silurijskih i nižne-srednedevonskih otloženijs SSSR. Nalivkin, D. V. (ed.) *Stratigraphy of the Lower*

- and Middle Devonian. Transactions of the 3rd International Symposium on the Boundary of the Silurian and Devonian and the Stratigraphy of the Lower and Middle Devonian. Nauka, Leningrad, 2, 189–197. [Vene keeles ingliskeelse kokkuvõttega].
- Obrutšev, D. V., Mark-Kurik, E. J. 1965. Psammosteidy (Agnatha, Psammosteidae) devona SSSR. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituut, Tallinn, 304 lk. [Vene keeles ingliskeelse kokkuvõttega].
- Obuhovskaja, T. G. 1999. Zanal'nae raschlyanenne syarednyadevonskikh adkladau uskhodnyaj Belarusi pa miyasporakh. Lithosphere, 10 – 11, 76 – 85. [Valgevene keeles vene- ja ingliskeelse kokkuvõttega].
- Obuhovskaja, V. J., Satšenko, T. F., Krutšek, S. A. 2007. Stratigrafija franskih otloženii vostochnoj tšasti Severo-Pripjatskogo plecha i sopredel'nyh struktur. Lithosphere, 1 (26), 29–39. [Vene keeles valgevene- ja ingliskeelse kokkuvõttega].
- Paškevičius, J. 1997. The Geology of the Baltic Republics. Geological Survey of Lithuania, Vilnius, 387 pp.
- Plax, D. P. 2008. O devonskoy ikhtiofaune Belarusi. Lithosphere, 2 (29), 66–92. [Vene keeles valgevene- ja ingliskeelse kokkuvõttega].
- Plax, D. P., Valikevičius, J. J., Krutšek, S. A. 2008. Zonal'noe rastšelenenie devonskih otloženij (verkhnij ems–fran) severa Belarusi po dannym ihtiofauny. Actual problems of geology of Belarus and adjacent territories. Materials of the International conference dedicated to the 90th birthday of the academician of Belarus A. S. Makhnach. Minsk, 226–234. [Vene keeles].
- Plax, D. P. 2006. K stratigrafii otloženij srednego i verhnego devona jugo-vostoka Belarusi (po dannym izutšenija ihtiofauny). Lithosphere, 2 (25), 25–36. [Vene keeles].
- Plicher, R. 1971. Mikrofossilen aus dem Devon der südlichen Eifeler Kalkmulden. Senckenbergiana Lettaea, 52, 315–357.
- Põldvere, A., Kleesment, A., Kajak, K., Mens, K. 2007. Core description and terminology. Põldvere, A. (ed.) Tsiistre (327) drill core. Estonian Geological Sections, 8, p. 5.
- Richardson, J. P., McGregor, D. C. 1986. Silurian and Devonian spore zones of the Old Red Sandstone continent and adjacent regions. Bulletin of the Geological Survey of Canada, 364, 81 pp.
- Ržonsnitskaya, M. A. 1998. Proposals for an international subdivision of the Devonian stages. Subcommittee on Devonian Stratigraphy, Newsletter, 15, 53–61.
- Ržonsnitskaya, M. A., Kulikova, V. F. (eds) 1990. Rešenie Mežvedomstvennogo regional'nogo stratigrafitšeskogo soveštšanija po srednemu i verhnemu paleozoju Russkoj platformy. Devonskaja sistema. VSEGEL, Leningrad, 59 lk. [Vene keeles].
- Scotese, C. R. 2002. Paleomap Project, <http://www.scotese.com>.
- Sidaravičienė, N. (compiler) 1999. Devonian. Lithuanian Stratigraphic Units. Geological Survey of Lithuania, Vilnius, 170–181.
- Sorokin, V. S. (ed.) 1981a. Devon i karbon Pribaltiki. Zinātne, Rīga, 502 lk. [Vene keeles].
- Sorokin, V. S. 1981b. Pljavin'skaja svita. Dubnikovskaja svita. Sorokin, V. S. (red.) Devon i karbon Pribaltiki. Zinatne, Riga, 172–209, 219–224. [Vene keeles].
- Sorokin, V. S. 1992. Zakonomernosti ritmitšeskogo stroenija i korreljatsia podrazdelenij franskogo jarusa severnoj poloviny Russkoj platformy. Sorokin, V. S. (red.) Paleontologija i stratigrafija fanerozoja Latvij i Baltijskogo morja. Zinātne, Riga, 5–18. [Vene keeles].
- Steenmans, P. 1989. Etude palynostratigraphique du Dévonien inférieur dans l'Quest de l'Europe. Mémoires pour servir à l'Explication des Cartes Géologiques et Minières de la Belgique. Mémoire, 27, 1–451.
- Stinkulis, Ģ. 2003. Latvijas nogulumiežu segas stratigrāfiskā shēma. Latvijas Ģeoloģijas Vēstis, 11, 14–17.
- Streel, M., Loboziak, S., Steemans, P., Bultynck, P. 2000. Devonian miospore stratigraphy and correlation with global stratotype sections and points. Courier Forschungsinstitute Senckenberg, 220, 9–23.
- Suuroja, K. 1997. Eesti aluspõhja geoloogiline kaart. Mõõtkava 1:400 000. Seletuskiri. Eesti Geoloogiakeskuse aruanne, Tallinn. 60 lk.
- Vaitiekūniene, G. K. 1985. O polnote razreza nižnego devona zapada Russkoj platformy (Pribaltika) po dan-

nym izutšeniya spor. Grigelis, A. (ed.) Geologitšeskie issledovanija i izutšenie mineral'no-syr'evoj bazy Litovskoj SSR, 91–92. [Vene keeles].

Valikevičius, J. 1993. On problems of modern stratigraphy of Devonian in the East Baltic. Grigelis, A., Jankauskas, T.-R., Martinienė, R. (eds) Abstracts of the 2nd Baltic Stratigraphic Conference. Vilnius, p. 106.

Valikevičius, J. 1994. Acanthodian zonal sequence of Early and Middle Devonian in the Baltic Basin. *Geologija*, 17, 115–125.

Valikevičius, J. 1995. Acanthodians from marine and non-marine Early and Middle Devonian deposits. *Geobios, Mémoire spécial*, 19, 393–397.

Valikevičius, J. 1998. Acanthodians and zonal stratigraphy of Lower and Middle Devonian in East Baltic and Byelorussia. *Palaeontographica*, A, 248, 1–53.

Valikevičius, J. (with collaboration of S. Kruckek) 2000. Acanthodian biostratigraphy and interregional correlations of the Devonian of the Baltic States, Belarus, Ukraine and Russia. *Courier Forschungsinstitute Senckenberg*, 223, 271–289.

Valikevičius, J. 2006. Event pattern in the development of Siluro-Devonian acanthodians of Lithuania. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatsheft*, 6, 321–343.

Valikevičius, J., Ovnatanova, N. 1993. Conodonts and datings of Kernavė Formation in the East Baltic. Grigelis, A., Jankauskas, T.-R., Martinienė, R. (eds) Abstracts of the 2nd Baltic Stratigraphic Conference. Vilnius, p. 107.

Valikevičius, J. J., Kleesment, A. E., Mark-Kurik, E. J., Vaitiekūnienė, G. K. 1986. Korreljatsija i organitšeskie ostatki otloženi narovskogo gorizonta. Brangulis, A. P. (red.) *Biofatsii i fauna siluriskogo i devonskih basseinov Pribaltiki*. Zinātne, Rīga, 73–86. [Vene keeles].

Valikevičius, J., Talimaa, V., Kruckek, S. 1995. Complexes of vertebrate microremains and correlation of terrigenous Devonian deposits of Belarus and adjacent territories. *Ichthyolith Issues, Special Publication*, 1, 53–59.

## LISA 1

### DEVONI LADESTU KIHISTUTE JA KIHISTIKE LITOOLOGILINE ISELOOMUSTUS

Devoni kivimite suurimaks paksuseks on Kagu-Eestis mõõdetud 448,5 m (Hino puurauk, 40,5–489,0 m). Kõige täiuslikuma ülevaate Devoni läbilõikest annab Hino puuraugust vähem kui 10 km põhja pool paiknev Tsiistre (327) puurauk (57° 40' 23" N, 27° 11' 31" E), millest tõstetud südamikus paiknevad Ordoviitsiumi kivimite ja Kvaternaari setete vahel Devoni lademete kivimid alustades Rēzeknest kuni Pļaviņāseni (vahemik 45,0–486,0 m; Kleesment 2007; Mark-Kurik 2007; Pöldvere jt. 2007).

Devoni ladestu koosneb valdavalt liivakividest ja aleuroliitidest, millele on tasemeti iseloomulikud savi vahekihid. Enamasti punakaspruunides või violetjas-, roosakas- ja pruunikashallides kivimites esinevad valgetes või kollakates ja hallides toonides kihid. Dolo-kivid ja domeriidid, harvem lubjakivid ja merglid esinevad Narva ja Pļaviņase lademes.

Devoni kivimite litostratigraafilise liigestamise aluseks on eriaegsete settetsüklite piiritlemine. Selleks jälgitakse kivimi koostise (lõimis, mineraloogiline koostis)

ja tekstuuri muutuste järgnevust ning settetsüklite piirikihtide ja piiride litooloogiat. Kivimi värvus ja tsementatsioonaste võivad piirkonniti varieeruda nagu ka erineva koostisega vahekihtide koostis ja osakaal. Kihistute ja kihistike väljaeraldamisest on abiks hästi uuritud stratotüüpide ja geoloogilise kaardistamise puursüdamike läbilõigete kirjeldused. Järgnevalt esitatakse konspektiivne ülevaade litostratigraafiliste üksuste (vaata joonis 2) kivimite koostise ja piiride kohta, kus lõimise ja mineraloogilise koostise andmete esitamisel on lähtutud Anne Kleesmendi poolt tehtud ülevaadetest (Kleesment, Mark-Kurik 1997).

**Daugava kihistu.** Hall **savikas lubjakivi** või **dolokivi** halli savi vahekihtidega. Kaltsiidi kristallide suurus lubjakivis on tavaliselt alla 0,05 mm. Eestis ei paljandu.

Kihistu alumine piir: kontakt Dubniki kihistu merglitega.

Kihistu ülemine piir: kontakt Kvaternaari ladestu setetega.

Stratotüüp: Daugava jõe kaldapaljandid (Oliņkalnsi, Sēlpilsi jt) Pļaviņase linna ümbruses Lätis (Liepiņš 1961).

Paksus: kuni 9 m.

**Dubniki kihistu**. Hall, sinakas- ja violetjashall **mergel** ja **domeriit**, rohekashall aleuriidikas savi ning kollakashall **savikas dolokivi** või **dolomiidistunud lubjakivi**. Dolomiidi kristallide suurus dolokivis on valdavalt alla 0,05 mm ja dolokivi kihtide paksus on kuni 2,0 m. Vahekihtidena võib esineda kipsi ja anhüdriiti. Kihistu all- ja ülaosas on mergli või domeriidi kihid. Eestis ei paljandu.

Kihistu alumine piir: kontakt Tšudovo kihistu dolo- või lubjakividega.

Kihistu ülemine piir: kontakt Daugava kihistu dolo- või lubjakividega ja Kvaternaari setetega.

Paleontoloogiline tunnus: brahhiopood *Comiotoechia bifera* (Phillips).

Stratotüüp: vana kipsikarjäär Dubniki küla lähedal Izborski (Irboska) linnast idas, Venemaal (Sorokin 1981b).

Paksus: kuni 10 m.

**Tšudovo kihistu**. Helehall ja kollakashall, muguljas või lainjaskihiline, kihiti **savikas lubjakivi**, levila läänepoolses osas esineb **dolomiidistunud lubjakivi** või **dolokivi**. Mergel või domeriit esinevad kelmete ja kuni 4 cm paksuste vahekihtidena. Kaltsiidi kristallide suurus lubjakivides on valdavalt alla 0,05 mm, kihiti on dolomiidistunud kivimid poorsed. Eestis ei paljandu.

Kihistu alumine piir: püriitse impregnatsiooniga katkestuspind Eesti kagunurgas, ülejäänud alal on piir üleminekuline.

Kihistu ülemine piir: kontakt Dubniki kihistu merglite või domeriitidega, või Kvaternaari setetega.

Paleontoloogiline tunnus: brahhiopood *Ripidiorhynchus tšudovi* (Nalivkin).

Stratotüüp: paljandid Keresti jõe ääres Tšudovo linna raudteejaama lähedal, Venemaal (Mark, Paasikivi 1960).

Paksus: kuni 13 m.

**Pskovi kihistu**. Helehall, roosakas- ja kollakashall (allosas paiguti violetjaspunane) **dolokivi**, idapoolsel alal enamasti **lubjakivi**. Harvade peenete vahekihtidena esineb aleuriidikas ja savikas dolokivi, domeriit ning savi. Dolokivis esinevad kihiti poorid ja brahhiopoodide ning tigude kodade jäljendid. Dolomiidi kristallide suurus dolokivis on valdavalt 0,01–1,0 mm, kihiti üle 1,0 mm.

Kihistu allosas on idapoolsetes läbilõigetes peenekihiline, sageli poorne, aleuriidikas ja savikas dolo-

kivi (lahustumatu jääk 12–24%), läänes on dolokivis (lahustumatu jääk 6%) kohati 3–10 cm paksused savi vahekihid (Kajak 1997). Alumisel piiril esinevatel purdosadel võib esineda erosioonipindu (Gravitis 1967).

Kihistu ülaosas on kaltsiidirikas dolokivi või lubjakivi (Haanja kõrgendiku piirkond). Ülemisel piiril on kontakt Tšudovo kihistu dolo- või lubjakividega ja Kvaternaari setetega.

Paleontoloogiline tunnus: brahhiopood *Ripidiorhynchus pskovensis* (Nalivkin).

Stratotüüp: Lorelejas klint Daugava jõe ääres Pļaviņase linnas ja Velikaja jõe paljandid Pihkva (Pskov) linna lähedal Venemaal (Sorokin 1981b; Mark, Paasikivi 1960).

Paljandid Eestis: Kalkahju paljand Peetri jõe ääres, metsavahi majast 100 m allavoolu (Kleesment 2001), vana Tiirhanna lubjakivi karjäär (Ainsaar 2008) ja Marinova dolokivi karjäär Meremäe küla lähedal.

Paksus: kuni 13 m.

**Snetnaja Gora kihistu**. Hele kollakas- ja rohekashalli **savika dolokivi** ja **aleuriidika domeriidi**, harvem **savi** kihtide vaheldumine. Kihtide paksus on enamasti kuni 2 cm, savi vahekihtide paksus on kuni 0,5 m. Kvarts-aleuriit esineb dolokivis ja domeriidis peenete vahekihtidena (paksus kuni 0,3 cm, harvem kuni 10 cm). Dolokivis esineb tühikuid läbimõõduga kuni 3 cm. Dolomiidi kristallide suurus dolokivis on valdavalt alla 0,01 mm, kihiti 0,01–0,1 mm.

Kihistu allosas on savika dolokivi kiht.

Kihistu ülaosas on kuni 0,5 m paksune savi kiht.

Paleontoloogiline tunnus: kala *Psammosteus meandrinus* Agassiz.

Stratotüüp: Velikaja jõe alamjooksu paljandid Snetnaja Gora kloostri juures Pihkva linna lähedal Venemaal (Obrutšev 1933; Sorokin 1981b; Mark, Paasikivi 1960).

Paljandid Eestis: Kalkahju paljand Peetri jõe ääres, metsavahi majast 100 m allavoolu (Kleesment 2001).

Paksus: kuni 12 m.

**Amata kihistu**. Rohekas- ja violetjashall ning punakaspruun, lainjaskihiline või läätsjas, nõrgalt kuni tugevalt tsementeerunud **aleuroliit** ja helehall kuni valge või kollakashall, harvem punakaspruun, põimkihiline, keskmiselt ja tugevalt tsementeerunud **liivakivi**. Savi, enamasti punakaspruun, esineb peenete vahekihtidena või veeristena. Liivakivide terjämedus on valdavalt 0,1–0,25 mm ja kvartsisisaldus 80–98%.

Kihistu alumisel piiril on kuni 4 m paksune bretša kiht, kus liivakivis, savikas aleuroliidis ja savis on savi ja aleuroliidi purdosad (läbimõõt 4–10 cm).

Kihistu ülemisel piiril on kuni 2 m paksune aleuriidika savi kiht aleuroliidi vahekihtidega.

Paleontoloogiline tunnus: kalaliigid *Bothriolepis prima* Gross ja *B. obrutschevi* Gross.

Stratotüüp: Ainavu paljand Amata jõe ääres Kärli küla lähedal Lätis (Kuršs jt. 1981a).

Tüüpiläbilõige Eestis: kaldapaljand Meeksi oja suudme lähedal (Mark, Paasikivi 1960), kaldapaljand Vana-Vastseliinas Piusa jõe ääres (Kleesment, Mark-Kurik 1997)

Paljandid Eestis: Karisöödi pargi liivakivipaljand Peetri jõe ääres (Kleesment 2001).

Paksus: kuni 34 m.

**Gauja kihistu.** Valge, helehall ja kollakashall, põimkihiline (seeriaste paksus 5–40 cm), nõrgalt, harvem keskmiselt tsementeerunud **liivakivi**. Savika aleuroliidi 0,5–4 m paksused kihid moodustavad kuni 20% kihistu läbilõikest. Hall ja violetjashall aleuriidikas savi esineb harvade läätседena, veeristena ja peenete vahekihtidena. Liivakivide terajämedus on valdavalt 0,1–0,25 mm ja kvartsisisaldus 80–94%, neis esinevad paiguti pruunid rauarikkad pinnad.

Kihistu alumisel piiril on liivakivi sageli karbonaatse tsemendiga tugevalt tsementeerunud.

Kihistu ülemisel piiril on kuni 20 cm paksune aleuriidika savi kiht.

Paleontoloogiline tunnus: kala *Asterolepis ornata* Eichwald sensu Agassiz.

Stratotüüp: Sprinğu ja Launaga paljandid Gauja jõe orus Lıgatne linna lähedal Lätis (Kuršs jt. 1981a, joonis 51). Ҙüķu paljand Gauja jõe orus on Gauja ja Amata piiri stratotüüp (Kuršs 1992b).

Paljandid Eestis: Piusa maardla liivakivi karjäär ja vana kaevandus (Kleesment 2001) ning Imara–Tabina liivakivi karjäär.

Paksus: kuni 80 m.

Gauja kihistu **Lode kihistik:** valged ja helehallid, lainjas- ja põimkihilised, nõrgalt tsementeerunud **liivakivid** (valdav terajämedus 0,05–0,25 mm) harvade aleuroliidi ja savi vahekihtidega.

Kihistiku allosas on kuni 3 m paksune liivakivi kiht, kus kvartsi terajämedus on valdavalt 0,1–0,25 mm ja terad on kihiti ümardunud.

Kihistiku ülaosas on kuni 15 m paksune helehalli ja violetjashalli lainjaskihilise, nõrgalt kuni keskmiselt tsementeerunud aleuroliidi kiht kollaste rauahüd-roksiidi laikude, lihkepiindade ja aleuriidika savi vahekihtidega.

Stratotüüp: punakaspruuni aleuroliidi, halli põimkihilise liivakivi ja halli savi paljandid Lode karjääris Lätis (Kuršs 1992b).

Paljandid Eestis: Härma müürid (Keldri ja Kõlksniidu) Piusa jõe ääres Lindoras, Obinitsa liivakivipaljand ja Juudatare koobas Tuhkavitsa oja kaldal Piusa jõe oru

lähedal, Piusa maardla liivakivi karjäär ja vana kaevandus (Kleesment 2001) ning Imara–Tabina liivakivi karjäär.

Paksus: kuni 49 m.

Gauja kihistu **Sietini kihistik:** valge, kollakas- ja roosakashall, põimkihiline **liivakivi** (valdav terajämedus 0,1–0,25 mm) eriteraliste (terajämedus kuni 2 cm, terad sageli nurgelised) ja kirjuvärviliste rauarikaste vahekihtidega ning hallide savi veeristega. Aleuroliidi kihid esinevad enamasti kihistiku ülaosas.

Kihistiku allosas on liivakivi (valdav terajämedus 0,05–0,1 mm) kuni 6 m ulatuses valge.

Kihistiku ülaosas on kuni 4 m paksune violetjas- ja helehall, lainjaskihiline, nõrgalt ja keskmiselt tsementeerunud aleuroliidi kiht, milles on savi ja liivakivi vahekihte.

Stratotüüp: Launaga (Lıgatne linna lähedal; Kuršs 1992b) ja Sietiniēzise (Cēsise ja Valmiera linna vahel) paljandid Gauja jõe orus Lätis (Kuršs 1981a).

Paljandid Eestis: Hinni kanjon Kahrila järve lähedal (Kleesment 2001).

Paksus: kuni 60 m.

**Burtnieki kihistu.** Valge, kollakas-, roosakas- ja hallikas-helepruun, põimkihiline (seeriaste paksus 20–30 cm), keskmiselt ja nõrgalt tsementeerunud **liivakivi**, milles on keskmiselt tsementeerunud aleuroliidi ja savi vahekihid. Liivakivide terajämedus on valdavalt 0,1–0,25 mm, kvartsisisaldus 70–90%, vilgusisaldus kihiti kuni 50%.

Kihistu allosas on enam kui 4 m paksune valge, kollakas-, pruunikas- või violetjashall, halvasti sorteeritud, nõrgalt tsementeerunud liivakivi kiht.

Kihistu ülaosas on kuni 5 m paksune punakaspruuni, kollase ja violetjashalli kirju, läätselise ja lainjaskihilise nõrgalt tsementeerunud aleuroliidi kiht.

Paleontoloogiline tunnus: kala *Pycnosteus tuberculatus* (Rohon).

Stratotüüp: Neļķu ja Skaņaiskalnsi paljandid Salaca jõe kaldal Mazsalaca linna lähedal Lätis (Kuršs jt. 1981b).

Paljandid Eestis: Suur ja Väike Taevaskoda Ahja jõe ääres, Suur-Ūtsealutse müür Võhandu jõe ääres (Reo sillast 100 m allavoolu), Helme koobastik ordulinnuse varemetes ja Arstle liivakivipaljand Helmes (Kleesment 2001).

Paksus: kuni 95 m.

Burtnieki kihistu **Abava kihistik:** valge, kollakas- ja roosakashall või punakaspruun, põimkihiline, nõrgalt tsementeerunud **liivakivi** (valdav terajämedus 0,1–0,25 mm).

Kihistiku alumisel piiril on kuni 0,5 m paksune kiht, kus ümardatud terade jämedus on 0,1–0,5 mm.

Kihistiku ülaosas on kuni 5 m paksune punakaspruuni, kollase ja violetjashalli kirju, läätelise ja lainjaskihilise, nõrgalt tsementeerunud aleuroliidi kiht.

Paleontoloogiline tunnus: kala *Watsonosteus*.

Stratotüüp: Essi paljand Essi talu kohal Võhandu jõe vasakul kaldal (Kleesment 1995).

Paljandid Eestis: Suur-Ütsealutse müür Võhandu jõe ääres Reo sillast 100 m allavoolu (Kleesment 2001).

Paksus: kuni 33 m.

Burtneki kihistu **Koorküla kihistik:** roosakas- ja pruunikas-helehall ning punakaspruun, põim- ja lainjaskihiline, keskmiselt kuni nõrgalt tsementeerunud **liivakivi** (valdav terajämedus 0,1–0,5 mm) harvade savika aleuroliidi, aleuriidika savi ja jämedamateralise liivakivi (terajämedus kuni 1,0 mm, kohati kuni 10 mm) vahekihtidega. Peened aleuroliidi kihid on sageli kirjuvärvilised.

Kihistiku ülaosas on kuni 0,3 m paksune hall või kirju, savika aleuroliidi või savi kiht.

Stratotüüp: Tilleoja kaldad Koorküla asula lähedal (Kleesment 1995).

Paksus: kuni 42 m.

Burtneki kihistu **Härma kihistik:** roosakas- ja violetjashall, allosas valge, põimkihiline, nõrgalt tsementeerunud **liivakivi** (valdav terajämedus 0,05–0,25 mm) harvade aleuroliidi ja savi vahekihtidega. Kihiti esineb saviveeriseid ja rauahüdroksiididega impregneeritud pindu.

Kihistiku allosas on liivakivi valge ja kihiti muutuva terajämedusega.

Kihistiku ülaosas on kuni 1,5 m paksune helehalli savika aleuroliidi kiht sinakashalli savi ja liivaka aleuroliidi vahekihtidega.

Paleontoloogiline tunnus: kala *Pycnosteus tuberculatus* (Rohon).

Stratotüüp: Härma (Ärma) paljand Õhne jõe ääres (Kleesment 1995).

Paljandid Eestis: Suur ja Väike Taevaskoda Ahja jõe ääres, Helme koobastik ordulinnuse varemetes, Arstle liivakivipaljand Helmes ja Nuija paljand August Kitzbergi nimelise Gümnaasiumi lähedal pargis (Kleesment 2001).

Paksus: kuni 30 m.

**Aruküla kihistu.** Valdavalt punakaspruun, horisontaal- ja põimkihiline, nõrgalt tsementeerunud **liivakivi** ja **aleuroliit** savi ning domeriidi harvade vahekihtidega. Liivakivides on terajämedus valdavalt 0,05–0,25 mm, kvartsisisaldus 60–90% ja vilgusisaldus vahekihiti 20–50%.

Kihistu allosas on üle ühe meetri paksune punakaspruuni nõrgalt tsementeerunud liivakivi või aleuroliidi kiht.

Paleontoloogiline tunnus: kalad *Pycnosteus pauli* Mark ja *P. palaiformis* Preobrazhensky.

Stratotüüp: Kalmistu paljand Vana-Peetri ja Uus-Jaani kalmistu kohal Tartu linnas (Mark 1958).

Paljandid Eestis: lisatud kihistike kirjeldustele.

Paksus: kuni 100 m.

Aruküla kihistu **Tarvastu kihistik:** rohekas-, violetjas- ja pruunikashall, lainjaskihiline **aleuroliit**, milles on valdavalt punakaspruuni ja valkjashalli horisontaal- või põimkihilise **liivakivi** kuni 3 m paksused vahekihid. Harva esineb kuni 0,3 m paksuseid lainjaskihilise aleuriidika savi ja domeriidi vahekihte. Liivakivis esineb tugevalt tsementeerunud liivakivi kerajaid moodustisi (läbimõõt 2–3 cm) ja kihipinnad on sageli rauahüdroksiididega impregneeritud.

Kihistiku alumises osas võib esineda kuni 30 cm paksuseid bretša vahekihte, kus aleuroliidis on savi purd-osad (läbimõõt kuni 10 cm).

Kihistiku ülaosas on violetjashalli ja punakaspruuni kirju, kuni 3 m paksune aleuroliidi kiht, milles on savika ja liivaka aleuroliidi ning aleuriidika savi vahekihid.

Stratotüüp: Tarvastu veski paljand (Viljandimaa) Tarvastu jõe ääres, veski tammist ligi 10 m allavoolu (Kleesment 1994).

Paljandid Eestis: Maimu (Mägiste) koobas Halliste ürgorus Polli lähistel (Kleesment 2001).

Paksus: kuni 45 m.

Aruküla kihistu **Kureküla kihistik:** punakas-, violetjas- ja kollakaspruun, lainjas-, põim- ja horisontaalkihiline, nõrgalt ja keskmiselt tsementeerunud **liivakivi** (valdav terajämedus 0,05–0,25 mm) ning tugevalt ja keskmiselt tsementeerunud **aleuroliit**. Vahekihtide ja pesadena esinevad ebaühtlaselt tsementeerunud liivakas või savikas aleuroliit ja valge liivakivi. Savi vahekihte esineb harva.

Kihistiku alumises osas on 3–5 m paksune kollakashall või valge, halvasti sorteeritud, nõrgalt tsementeeritud liivakivi kiht.

Kihistiku ülemises osas on punakaspruun ja pruunikashall aleuroliit, milles on peened savi ja liivakivi vahekihid.

Paljandid Eestis: Kallaste pank Kallaste linnas, Allikukivi koopad Tihemetsas (Kleesment 2001) ja Tamme paljand Võrtsjärve idakaldal (Kleesment 2009).

Paksus: kuni 44 m.

Aruküla kihistu **Viljandi kihistik:** punakas-, roosakas- ja kollakaspruun, valdavalt horisontaalkihiline, vilku sisaldav keskmiselt ja nõrgalt tsementeerunud **liivakivi** (valdav terasuurus 0,05–0,25 mm) ning keskmiselt tsementeerunud **aleuroliit** harvade domeriidi, savi ja domeriidi (dolokivi) õhukeste vahekihtidega.

Kihistiku alumises osas on kuni 2 m paksune punakaspruun pude liivakivi (valdav terasuurus 0,05–0,1 mm) kiht, mille allosa on halvasti sorteeritud.

Kihistiku ülemises osas on punakaspruun või pruunikashall peenekihiline aleuroliit või aleuriidikas liivakivi.

Stratotüüp: Viljandi lossimägede paljand (Kleesment 1994).

Paljandid Eestis: Aruküla koopad Tartu linna loodeservas (Kleesment 2001), Kalmistu paljand Vana-Peetri ja Uus-Jaani kalmistu kohal Tartu linnas (Mark 1958).

Paksus: kuni 33 m.

**Kernavé kihistu.** Punakaspruun ja violetjashall, horisontaalkihiline või läätsjas, nõrgalt kuni keskmiselt tsementeerunud **aleuriidikas liivakivi**, milles on aleuroliidi, domeriidi ja savi vahekihid. Liivakivide terajämedus on valdavalt 0,05–0,1 mm ja kvartsisisaldus 50–80%.

Kihistu allosas on dolomiidiga tugevalt tsementeerunud liivakivi, mis võib sisaldada aleuroliidi veeriseid ning tugevalt tsementeerunud liivakivi kerajaid moodustisi (läbimõõt 2–3 cm).

Kihistu ülaosas on punakaspruuni aleuroliidi kiht, milles on kirjuvärvilise domeriidi ja savi peened kihid.

Paleontoloogiline tunnus: kalad *Nostolepis kernavensis* Valikevičius ja *Coccosteus cuspidatus* Miller ex Agassiz.

Stratotüüp: Ledai–179 puursüdamik Leedus, intervall 275,4–288,4 m. Kirde-Eestis Poruni jõe kaldapaljandid ja Gorodenka oja paljandite ligikaudu 7 m paksune osa (Valikevičius jt. 1986; Kleesment jt. 1987).

Paljandid Eestis: Ruhnu saare kirderannik.

Paksus: kuni 49 m.

**Leivu kihistu.** Hall ja rohekashall, paiguti kirjuvärviline **domeriit**, mille 0,5–3,5 m paksuste kihtide vahel on 0,05–0,2 m (harva 2,0 m) paksused dolokivi, savi, aleuroliidi ja liivakivi vahekihid.

Kihistu allosas esinev domeriit sisaldab tavaliselt kvartsi teri suurusega 0,005–2,0 mm või dolokivi ja domeriidi purdosadega (läbimõõt kuni 3 cm) vahekihte.

Kihistu ülaosas on punakaspruuni ja violetjashalli kirju domeriit.

Paleontoloogiline tunnus: kala *Ptychodictyon distinctum* Valikevičius.

Stratotüüp: Luutsniku (451) puursüdamik Eestis, intervall 317,0–377,7 m (Valikevičius jt. 1986; Kleesment jt. 1987).

Paksus: kuni 61 m.

**Vadja kihistu.** Halli **domeriidi**, tumehalli aleuriidika savi ja kollakas-helehalli, poorse **dolokivi** kuni 0,5 m paksuste peenete horisontaalsete või läätsjate kihtide vaheldumine. Kivimites esineb rohkesti kvartsi ja päevakivide teri ja vilgu lehekesi. Dolokivi tükites esineb dolomiidi kristalle, kaltsedoni, püriiti ja sfaleriiti.

Kihistu allosas on kuni 7 m, harva kuni 12 m paksune bretša kihte sisaldav intervall, kus domeriidis on dolokivi, domeriidi ja aleuroliidi purdosad (läbimõõt 0,01–10,0 cm, osakaal 10–30% kivimist).

Paleontoloogiline tunnus: kala *Cheiracanthoides estonicus* Valikevičius.

Stratotüüp: Narva põlevkivikarjäär, ligikaudu 10 km kagus endisest Sirgala külast (Valikevičius jt. 1986; Kleesment jt. 1987).

Parastratotüüp: paljand Narva jõe vasakul kaldal, Gorodenka oja suudmest 300 m allavoolu (Valikevičius jt. 1986).

Paksus: kuni 32 m.

**Pärnu kihistu.** Helekollane, violetjas- ja roosakashall, põimkihiline **liivakivi** aleuroliidi ja savi vahekihtidega. Liivakivides on terajämedus valdavalt 0,1–0,25 mm ja kvartsisisaldus 75–85%.

Kihistu alumine piir Rēzekne kihistu domeriitidega Kagu-Eestis on terav. Ordoviitsiumi ja Siluri kulutatud ning lõhelisi kivimeid katab kuni 2 m paksune Pärnu kihistu basaalkonglomeraat või bretša. Piir on üleminikuline Lemsu kihistu liivakividega.

Kihistu ülaosas on kollakashalli liivaka dolokivi kiht paksusega 0,5–1 m.

Paleontoloogiline tunnus: kala *Schizosteus heterolepis* (Preobrazhensky).

Stratotüüp: Tori Põrgu paljand Pärnu jõe kaldal (Obrutšev 1933; Kleesment, Mark-Kurik 1997).

Paljandid Eestis: Oore meierei paljand Pärnu jõe ääres (Pärnu ja Vadja kihistute piir) (Kleesment, Mark-Kurik 1997).

Paksus: kuni 47 m.

Pärnu kihistu **Tamme kihistik:** rohekas-, roosakas- ja violetjashall, horisontaalkihiline, nõrgalt tsementeerunud **liivakivi** (terajämedus valdavalt 0,05–0,25 mm), milles on aleuroliidi, tugevalt tsementeerunud ja sageli kavernoosse liivakivi ning savi vahekihid.

Kihistiku ülaosas on kollakashalli liivaka dolokivi kiht paksusega 0,5–1 m.

Paleontoloogiline tunnus: trohhiliskide (*Trochiliscus*) esinemine.

Stratotüüp: Navesti jõe parema kalda paljandid Tamme veski ja paisu vahemikus.

Paksus: kuni 35 m.

Pärnu kihistu **Tori kihistik**: kollane, helehall ja violetjashall, põimkihiline, vilgurikas, nõrgalt tsementeerunud liivakivi (terasuurus valdavalt 0,1–0,25 mm, basaalses osas 0,25–0,5 mm) aleuoliidi ja savi vahekihtidega. Savikates kihtides võib leiduda psilofüütide hulka kuuluvate taimede fragmente ja eoseid.

Kihistiku allosas, Ordoviitsiumi ja Siluri kivimitel on kuni 2 m paksune dolomiidiga tugevalt tsementeerunud liivakivi, milles on vanemate kivimite veeriseid (basaalkonglomeraat või bretša).

Paleontoloogiline tunnus: kala *Psammolepis toriensis* (Mark-Kurik).

Stratotüüp: Tori Põrgu paljand Pärnu jõe kaldal.

Paksus: kuni 35 m.

**Rēzekne kihistu**. Helehall, paiguti roosakas-, kollakas- või pruunikashall **liivakivi**, milles on aleuoliidi ja savi, harvem domeriidi ja dolokivi vahekihid. Liivakivi on keskmiselt kuni tugevalt tsementeerunud, terasuurus on valdavalt 0,1–0,25 mm ja kvartsisisaldus 70–85%. Eestis ei paljandu.

Kihistu alumises osas on ligikaudu 1,0 m paksune kollakas ja sinakashalli liivakivi intervall, milles on domeriidi, dolokivi, aleuoliidi (vähese vilgu sisaldusega) ja savi vahekihid. Kihistu alumisel piiril lasuvad liivakivid ja aleuoliidid on tugevasti tsementeerunud karbonaatse tsemendiga.

Kihistu ülemises osas on Kagu-Eestis kuni 10 m paksune rohekashall horisontaalselt peenekihiline aleuriidikas domeriit, milles on liivakivi, aleuoliidi ja dolokivi vahekihid. Teistes piirkondades on kihistu ülemises osas 1–2 m paksune halli aleuoliidi või aleuriidika liivakivi kiht.

Kihistu levib ainult Lõuna-Eesti idapoolses osas, lamedes Ordoviitsiumi, Siluri või Devoni (Tilžē kihistu) kivimitel.

Stratotüüp: 5–Akniste puursüdamik Lätis, intervall 361,8–487,8 m (Ljarskaja 1974); neostratotüüp: 15–Ludzas puursüdamik Lätis, intervall 427,0–446,0 m (Ljarskaja 1978).

Parastratotüüp: Mehikoorma puursüdamik Eestis, intervall 220,3–246,2 m (Kleesment, Kurik 1997; Kleesment 2005).

Paksus: kuni 30 m.

**Lemsi kihistu**. Helehall, kollakas- ja pruunikashall, kohati violetne, nõrgalt tsementeerunud **liivakivi** (valdav fraktsioon 0,1–0,5 mm, kvartsisisaldus 70–80%). Eestis ei paljandu.

Kihistu alumisel piiril on Siluri kivimitel lasuvad liivakivid tugevasti tsementeerunud karbonaatse tsemendiga. Piir Devoni Ķemeri kihistu liivakividega on üleminekuline.

Kihistu ülemises osas on rohekas- ja violetjashalli aleuoliidi või liivakivi (valdav fraktsioon 0,05–0,1 mm) kiht paksusega 0,6–2,9 m, mis on sageli karbonaatse tsemendiga tugevasti tsementeerunud.

Stratotüüp: Kihnu puursüdamik Eestis, intervall 69,8–85,8 m (Kleesment 1981).

Paksus: kuni 20 m.

**Ķemeri kihistu**. Roosakas-, kollakas- ja helehall, horisontaalselt peenekihiline ja eriteraline **liivakivi** halli aleuoliidi ja savi vahekihtidega. Liivakivide terajämedus on valdavalt 0,05–0,5 mm ja kvartsisisaldus üle 80%. Eestis ei paljandu.

Kihistu alumises osas on halvasti sorteeritud, kohati konglomeraatse liivakivi kiht, milles on halli savi ja domeriidi, harvem sinakashalli aleuoliidi vahekihid. Kihistu lasub Siluri kivimitel.

Stratotüüp: Ķemeri puursüdamik Lätis, intervall 461,8–547,6 m (Ljarskaja 1981)

Paksus: kuni 9 m.

**Tilžē kihistu**. Valdavalt helehall ja roosakashall, horisontaalkihiline, tugevalt tsementeerunud **liivakivi** ja **aleuoliit**, milles on halli või kirjuvärvilise savi ja kollakashalli dolokivi peened vahekihid. Liivakivi ja aleuoliidi koostises on kvartsi ligikaudu 80%, terasuurus kihistu alumises pooles on valdavalt 0,1–0,25 mm, ülaosas valdavalt < 0,1 mm. Eestis ei paljandu.

Kihistu alumises osas võib esineda konglomeraatse liivakivi kiht. Kihistu lasub Ordoviitsiumi kivimitel.

Kihistu ülemisel piiril on kuivalõhedega pind.

Paleontoloogiline tunnus: kala *Turinia pagei* (Powrie).

Stratotüüp: Stonišķiai–1 puursüdamik Leedus, intervall 1104,5–1212,0 m (Liepiņš 1955; Karatajūtē-Talimaa 1964; Narbutas jt. 1964).

Eesti tüüpläbilõige: Laanemetsa puursüdamik, intervall 328,2–349,9 m (Narbutas jt. 1981).

Paksus: 0–20 m.