

# LIIVIMAA GEOLOOGIA

---

GEOLOGY OF LIVONIA





LIIVIMAA GEOLOOGIA  
GEOLOGY OF LIVONIA  
ESTONIAN GEOLOGICAL SOCIETY

SECOND WORLD MEETING OF ESTONIAN GEOLOGISTS  
INSTITUTE OF GEOLOGY OF THE TARTU UNIVERSITY LIBRARY  
TARTU, ESTONIA, 1985

TALLINN-ODE-GOLGOPE, 1985

GEOLOGIA LIVONIAI

Bulgaria, China, Czechoslovakia, France, Germany, Italy, Japan, Korea, Poland, Romania, Soviet Union, Switzerland, Turkey, Yugoslavia, Yugoslavia, United Kingdom, United States, USSR, Vietnam.

LIVONIA GEOLOGIA  
UNIVERSITY OF TARTU  
ESTONIAN GEOLOGICAL SOCIETY

INSTITUTE OF GEOLOGY OF THE TARTU UNIVERSITY — 175  
SECOND WORLD MEETING OF ESTONIAN GEOLOGISTS

Tartu 3–6-th October, 1995

# GEOLOGY OF LIVONIA

Edited by Tõnu Meidla, Argo Jõeleht, Volli Kalm, Juho Kirs

Tartu 1995

TARTU ÜLIKOOOL  
EESTI GEOLOOGIA SELTS

SISUKORD

Saateks .....	7
Volli Kalm, Tartu Ülikooli Geoloogia Instituut 175, ajalugu ja areng .....	9
Volli Kalm, Institute of Geology, University of Tartu — 175, history and development .....	11
<b>TARTU ÜLIKOOLI GEOLOOGIA INSTITUUDI 175. AASTAPÄEV</b>	16
<b>EESTI GEOLOOGIDE TEINE ÜLEMAAILMNE KOKKUTULEK</b>	17
Heidi Mägi .....	22
Rein Einasto, "Laevalt mõistetud" — Eesti geoloogia struktuuride .....	23
Rein Einasto, On the structure of the Baltic geological structures — the evolution of the Baltic .....	24
Tõnis Saadre, Oodatud üldseisukord vürtsiitide .....	32
Tõnis Saadre, Distribution of dolomites in the Middle Ordovician of Estonia. Summary .....	33
Asta Oraspeid, Looduslike kivimite ja Lõuna-Eesti .....	38
Asta Oraspeid, Natural rocks in central and southern Estonia. Summary .....	39
Helle Peren, Looduslike kivimite ja Põltsamaa-Järva-Luskavere joonel .....	44
Helle Peren, Natural rocks and the Põltsamaa-Järva-Luskavere line .....	45
<b>LIIVIMAA GEOLOOGIA</b>	50
Leho Ainsaar, Terigonses materjal vee taseme muutuste kajastajana Lõuna-Eesti .....	51
Leho Ainsaar, Terrigenous material as an indicator of sea-level changes in the .....	52
Tarmo Kilpli, Toivo Kallaste, Siluri kivimite geokeemilised muutused kontaktili vooändis ja devoni devoniaga .....	59
Tarmo Kilpli, Toivo Kallaste, Geochemical changes of Silurian rocks beneath the .....	60
Vello Kattai, Toimetanud: Tõnu Meidla, Argo Jõeleht, Volli Kalm, Juho Kirs .....	65
Vello Kattai, Kaisa Meis, Helmut Nestor, Oil prospects in Livonia on the background .....	66
Anne Kleesment, Litoloogia-mineraloogiliste kriteeride osa Liivimaa devoni .....	71
Anne Kleesment, The role of lithological and mineralogical criteria for subdivision .....	72
Jüri Nemliher, Taavi Laas, Toivo Kallaste, Liivimaa pärinevate fossiilsete kalade .....	78
Jüri Nemliher, Taavi Laas, Toivo Kallaste, Origin of fossil fishes from Liivimaa .....	79
Enn Pirrus, Kaoliniiti sisaldavad savid — Lõuna-Eesti hinnalisemaid maavarasid .....	84
Enn Pirrus, Kaolinite-containing clays — one of the most valuable mineral resources .....	85
of southern Estonia .....	94

Tartu Ülikooli Geoloogia Instituudi

Tööle läbi Eesti 4000 tundi

Tartu 1995

ESTONIAN GEOLOGICAL SURVEY  
SECOND WORLD MEETING OF ESTONIAN GEOLOGISTS  
TARTU UNIVERSITY GEOLOGY INSTITUTE  
ESTONIA  
ESTONIAN GEOLOGICAL SURVEY  
SECOND WORLD MEETING OF ESTONIAN GEOLOGISTS  
TARTU UNIVERSITY GEOLOGY INSTITUTE  
ESTONIA

Tartu 9.-10. oktoober 1995

# ESTONIAN GEOLOGY

Tooleteenus: Tõnu Mäeots, Alvar Jõelept, Vello Kästas, Jürgo Küla  
Eesti väljatööd: Ago Raudsepp, Vello Kästas, Tõnu Mäeots, Alvar Jõelept, Vello Küla

EFGS  
2936

Eesti  
Teaduste  
Akadeemia  
Raamatukogu

Tartu Ülikooli Kirjastuse trükikoda  
Tiigi 78, EE2400 Tartu  
Tellimus nr. 185.

## SISUKORD

Saateks .....	7
<b>Valli Kalm.</b> Tartu Ülikooli Geoloogia Instituut 175, ajalugu ja areng .....	9
Valli Kalm. Institute of Geology, University of Tartu — 175, history and development. Summary .....	16
<b>Heldur Sildvee, Rein Vaher.</b> Liivimaa geoloogiline ehitus ja seismilisus .....	17
Heldur Sildvee, Rein Vaher. Geologic structure and seismicity of Livonia. Summary .....	22
<b>Rein Einasto.</b> "Liivi keele" omapärasest Baltika arenguloos .....	23
Rein Einasto. On the role of the Livonian Tongue in the evolution of the Baltic Continent. Summary .....	32
<b>Tõnis Saadre.</b> Ooidide levikust Eesti keskordoviitsiumis .....	33
Tõnis Saadre. Distribution of ooids in the Middle Ordovician of Estonia. Summary .....	38
<b>Asta Oraspöld.</b> Nabala lade Kesk- ja Lõuna-Eestis .....	39
Asta Oraspöld. The Nabala Stage in central and southern Estonia. Summary .....	44
<b>Helle Perens.</b> Ülemordoviitsiumist Põltsamaa-Jõgeva-Ruskavere joonel .....	45
Helle Perens. Upper Ordovician sequence on the Põltsamaa-Jõgeva-Ruskavere line. Summary .....	50
<b>Leho Ainsaar.</b> Terrigeenne materjal veetaseme muutuste kajastajana Lõuna-Eesti ordoviitsiumis .....	51
Leho Ainsaar. Terrigenous material as an indicator of sea-level changes in the Ordovician of South Estonia. Summary .....	58
<b>Tarmo Kiipli, Toivo Kallaste.</b> Siluri kivimite geokeemilised muutused kontaktivööndis lasuva devoniga .....	59
Tarmo Kiipli, Toivo Kallaste. Geochemical changes of Silurian rocks beneath the contact with the Devonian. Summary .....	65
<b>Vello Kattai, Kaisa Mens, Heldur Nestor.</b> Liivimaa naftaperspektiivsusest Baltikumi seniste naftaleidude taustal .....	66
Vello Kattai, Kaisa Mens, Heldur Nestor. Oil prospects in Livonia on the background of previous petroleum finds in the Baltic area. Summary .....	71
<b>Anne Kleesment.</b> Litoloogilis-mineraloogiliste kriteeriumide osa Liivimaa devoni liigestamisel .....	72
Anne Kleesment. The role of lithological and mineralogical criteria for subdivision of the Devonian sequence in Livonia. Summary .....	78
<b>Jüri Nemliher, Tuuli Laas, Toivo Kallaste.</b> Liivimaalt päritest fossiilsete kalade eksoskeleti diageneesist .....	79
Jüri Nemliher, Tuuli Laas, Toivo Kallaste. On the diagenesis of exoskeleton of the fossil fishes from Livonia. Summary .....	84
<b>Enn Pirrus.</b> Kaoliniiti sisaldavad savid — Lõuna-Eesti hinnalisemaid maavarasid ....	85
Enn Pirrus. Kaolinite-containing clays — one of the most valuable mineral resources of southern Estonia. ....	94

<b>Kalle Kirsimäe, Volli Kalm.</b> Eesti pleistotseeni kohalik stratigraafiline skeem: ülevaade arengust.....	95
<b>Kalle Kirsimäe, Volli Kalm.</b> Local stratigraphic scheme of the Pleistocene in Estonia: an overview of the developments. Summary .....	105
<b>Elsbet Liivrand.</b> Kagu-Eesti kui pleistotseeni stratigraafilise skeemi vastuolude lahendamise võtmeala .....	107
<b>Elsbet Liivrand.</b> South-East Estonia as a key area in solution of disagreements in the Pleistocene stratigraphic scheme. Summary .....	113
<b>Elvi Tavast.</b> Raskustest Liivimaa mattunud orgude geofüüsikalisel uurimisel .....	114
Elvi Tavast. About difficulties in the geophysical investigation of buried valleys in Livonia. Summary .....	118
<b>Anto Raukas, Tanel Moora, Reet Karukäpp.</b> Läänemere arengust ja inimasustusest Pärnu ümbruses .....	119
Anto Raukas, Tanel Moora, Reet Karukäpp. About the history of the Baltic Sea and early inhabitants in the Pärnu area. Summary .....	124
<b>Robert Mokrik.</b> Paleoreconstruction of the Upper Proterozoic–Lower Palaeozoic water-head system of the middle Baltic and Riga depressions .....	125
Robert Mokrik. Ülemproterosoikumi–alampaleosoikumi põhjaveeladestu paleorekonstruktsioon Kesk-Balti ja Riia nõos. Resumee .....	130
<b>Andreas Schmied.</b> Põhjaveerežiimist Lõuna-Eesti devoni platoole .....	132
Andreas Schmied. Groundwater regime on South Estonian Devonian plateau. Summary .....	138
<b>Leonid Savitski, Alide Viigand, Rein Perens.</b> Lõuna-Eesti linnade veehaarete põhjavee tarbevaru moodustumine .....	139
Leonid Savitski, Alide Viigand, Rein Perens. Formation of exploitation resources at groundwater intakes of southern Estonia. Summary .....	144
<b>Mare Kukk.</b> Lõuna-Eesti (Eesti Liivima-osa) geoloogiline uuritus Eesti geoloogia-fondi materjalide põhjal .....	145
Mare Kukk. Geological investigations in South Estonia (Northern Livonia) on the basis of manuscript reports of the Geological Fund of Estonia. Summary .....	151
<b>Tiiu Kurvits, Iris Kangur.</b> Tartu Ülikoolis geoloogia erialal kaitstud diplomitööd ja väitekirjad aastatest 1946–1994 .....	153
Tiiu Kurvits, Iris Kangur. Graduation papers and theses in geology maintained at the Tartu University in 1946–1994. Summary .....	187
<b>Tõnu Pani, Mare Isakar.</b> Ülevaade Tartu Ülikooli Geoloogia Muuseumis säilitatavatest Liivimaaga seotud kogudest .....	188
Tõnu Pani, Mare Isakar. Review of the geological collections from Livonia in the Museum of Geology, University of Tartu. Summary .....	194

3.–6. oktoobri 1995. a. Tartus toimuv Eesti Geoloogide teine ülemaailmne kokkutulek on ajastatud teise Eesti geoloogiaüldsuse jaoks olulise sündmuse — 175 aasta möödumisega geoloogia õpetamise algusest Tartu Ülikoolis. Käesoleva, "Liivimaa geoloogia" nime kandva väljaande eesmärgiks on selle kaksiksumuse jäädvustamine, täiendades ühtlasi emakeelse geoloogilise kirjanduse nappe ridu.

Käesoleva kogumiku artikleid siduva temaatika kindlaksmääramisel on peetud oluliseks tähelepanu juhtimist Lõuna-Eestile ja selle piirkonna geoloogilistele probleemidele, mis pikkade aastakümnete vältel on jäanud Põhja-Eestiga seotud küsimuste varju. Artiklite ajaloolis-geoloogiline haare ulatub proterosoolistest aluskorrapäevadest kuni pärastjääegsete seteteeni ning teemad haaravad väga laia küsimuste ringi. Väljaande toimetajad loodavad, et käesoleva eestikeelse väljaande ilmumine saab töukejöoks Lõuna-Eesti temaatika osatahtsuse üldisele kasvule Eesti geoloogide publikatsioonides. Suure hulga Lõuna-Eestit puudutava käsikirjalise materjali olemasolu Eesti Geoloogiafondis, millest käesoleva väljaande veergudel on antud ka ülevaade, veenab meid selle võimalikkuses.

Nii Tartu Ülikooli kui kõiki Eesti geolooge puudutav tähtpäev — 175 aastat geoloogia õpetamist Tartus — on leidnud kajastamist Eesti geoloogilise hariduse arengut käsitlevas artiklis. Viimast täiendab ülevaade Tartu Ülikoolis viimase viiekümne aasta vältel kaitstud väitekirjadest, diplomi- ja lõputöödest, millest väga paljud on jäanud vaid käsikirjalisse vormi, samuti kokkuvõte Tartu Ülikooli Geoloogia Muuseumis säilitatavate Lõuna-Eesti materjalide kohta.

Eesti geoloogide teise ülemaailmse kokkutuleku korralduskomitee ja käesoleva väljaande toimetajad tänavad autoreid kaastöö eest "Liivimaa geoloogiale" ning kõiki, kes aitasid kaasa käesoleva kogumiku ilmumisele.

Süstemaatiline geoloogia õpetamine algas Tartu Ülikoolis 1820. aastal, kui esimene sertifititud ülikooli põhikirja alusel lisandus filosoofiateaduskonda iseseisev koolitusasutus, mis pakkooleks geoloogia õppetool ning mineraloogia kabinet (Otsimägi, 1970; Tankler, 1982). Esimeseks sertifikates kinnitatud Tartu Ülikooli esimeseks mineraloogia-professoriks oli Peterburgi Riikliku Akadeemia kirjavalhetjaliige Otto Moritz Ludwig von Engelhardt (1779–1854).

#### Toimetajad

Moritz von Engelhardt oli ka mineraalogs, kristallograaf, geoloog ja juhendas mineraloogia praktikants. Valmisseulega ja mõne senestri kaupa luges ta ka geograafiat, Venemaa geoloogiat, maapõue ajalugu ja geomorfoloogiat. Aastatel 1821–1823 eraotsendina töötanud Karl Eduard Lichwald (1795–1876) luges 1822. a. esmakordsest Tartu Ülikoolis ja kogu tollenägel Venemaa paleontoloogiat (Tankler, 1982). Alates 1827. a. hakati mineraloogia õppijaid nõudma eksamite sooritamist neljas geoloogilises distsipliinis. Esimene geoloogia õppesõlane 13 ainega jõustus 1839. a., 1853. aastaks suurennes õppeainete arv 21-ks (Rõõmusaks, 1982a). Prof. M. von Engelhardti õpilastest said geoloogia valdkonnas tuntuks Hermann Martin Armuss, Caspar Andreas Constantin Grewingk, Gregor Helmersen, Ernst Reinhold Hoffmann ja Alexander Gustav Schrenk. G. Helmersen (1803–1885) valiti 1850. a. Peterburi TA liikmeiks ja ta sai 1882. a. asutatud Venemaa Geoloogilise



# TARTU ÜLIKOOLI GEOLOOGIA INSTITUUT 175, AJALUGU JA ARENG

Valli Kalm

Tartu Ülikooli Geoloogia Instituut

1995. aastal möödub 175 aastat Tartu Ülikooli Geoloogia Instituudi varaseima eelkäija — filosoofiateaduskonna loodusteaduse ja mineraloogia õppetooli asutamisest. Selle arengus praeguse TÜ Geoloogia Instituudini on olnud nii kiire edenemise kui ka ebastabiilse püsimise perioode. Viimast 4–5 aastat võib tagantjärele lugeda kindlasti suurte ja veel mitte lõppenud muutuste perioodiks. Kolmveerand sellest 175 aastast oli Tartu Ülikoolis geoloogia valdkonnas toimunu suuresti ka kogu Eesti geoloogia ajalugu ning seda käsitlevad mitmed ülevaated (Orviku, 1970, 1978; Rõõmusoks, 1970, 1982a, 1982b, 1992; Loog, 1982; Orviku, Вийдинг, 1986; Рыымусокс, Вийдинг, 1986). Tähtsamate isikute eluloolised andmed on kättesaadavad biograafilistes väljaannetes (Tankler, 1982; Kalnin jt., 1987; Биографический справочник, 1986; Левинсон-Лессинг, 1902). Hoopis vähe (Loog, 1991, 1994) on tutvustatud viimase aastakümne arenguid geoloogia õpetamisel ja uurimisel Tartu Ülikoolis. Seetõttu on käesolevas töös geoloogia ajalugu refereeritud vaid üksikute, omal ajal uudsete või esmakordsest toimunud sündmuste kaudu ning põhirõhk on asetatud TÜ Geoloogia Instituudi viimase viie aasta arengu selgitamisele.

Geoloogiliste ainete õpetamine algas TÜ-s juba 1802. a. sügisel loodusteaduse ja botaanika professori Gottfried Albrecht Germani (1773–1809) mineraloogialoengutega. 1806. a. sügissemestrist lisandus teise geoloogilise õppeainena füüsikaprofessor Georg Friedrich Parroti (1767–1852) Maa füüsika kursus. 1815. aastast kandis see loengutsükkel Maa füüsika ja geoloogia kursuse nimetust (Rõõmusoks, 1982a).

Süsteemiline ja mitmekülgne geoloogiliste distsipliinide õpetamine algas Tartu Ülikoolis 1820. aastast. Samal aastal kinnitatud ülikooli põhikirja alusel lisandus filosoofiateaduskonda iseseisev loodusteaduse ja mineraloogia õppetool ning mineraloogia kabinet (Rõõmusoks, 1970; Tankler, 1982). 1820. a. septembris kinnitati Tartu Ülikooli esimeseks mineraloogia-professoriks Peterburi Teaduste Akadeemia kirjavahetajaliige Otto Moritz Ludwig von Engelhardt (1779–1842; vt. tabel).

Moritz von Engelhardt õpetas mineraloogiat, kristallografiat, geoloogiat ning juhendas mineraloogia praktikume. Vaheaegadega ja mõne semestri kaupa luges ta ka geograafiat, Venemaa geoloogiat, maapõue ajalugu ja geomorfoloogiat. Aastatel 1821–1823 eratotsendina töötanud Karl Eduard Eichwald (1795–1876) luges 1822. a. esmakordsest Tartu Ülikoolis ja kogu tolleaegsel Venemaal paleontoloogiat (Tankler, 1982). Alates 1827. a. hakati mineraloogia õppijailt nõudma eksamite sooritamist neljas geoloogilises distsipliinis. Esimene geoloogia õppeplaan 13 ainega jõustus 1839. a., 1853. aastaks suurennes õppeainete arv 21-ni (Rõõmusoks, 1982a). Prof. M. von Engelhardtit õpilastest said geoloogia valdkonnas tuntuks Hermann Martin Asmuss, Caspar Andreas Constantin Grewingk, Gregor Helmersen, Ernst Reinhold Hoffmann ja Alexander Gustav Schrenk. G. Helmersen (1803–1885) valiti 1850. a. Peterburi TA liikmeks ja ta sai 1882. a. asutatud Venemaa Geoloogilise

## Tartu Ülikooli geoloogia õppetoolide ja kateedrite juhatajad, 1820–1995.

Professors of geology and chairmen of the department of geology

at Tartu University in 1820–1995.

Õppejõud	Ametikoht, aasta	Tööaastad	Õppetool (õ.), kateeder (k.)
O. M. L. v Engelhardt (1779–1842)	prof. 1820	1820–1841	loodusteaduse ja mineraloogia õ.
H. Abich (1806–1886)	prof. 1842	1842–1847	mineraloogia õ.
A. G. v Schrenk (1816–1876)	eradots. 1848	1848–1853	professuur ametlikult vakantne
C. A. C. Grewingk (1819–1887)	erak.prof. 1854 prof. 1860	1854–1887	mineraloogia õ.
J. T. Lemberg (1842–1902)	erak.prof. 1888 prof. 1889	1888–1891	mineraloogia õ.
F. J. Loewinson-Lessing (1861–1939)	erak.prof. 1892 prof. 1898	1892–1902	mineraloogia õ.
N. Andrussov (1861–1924)	eradots. 1896	1896–1904	geoloogia õ.
V. Tarassenko (1859–1926)	erak.prof. 1903 prof. 1905	1903–1918	mineraloogia õ.
G. Mihailovski (1870–1912)	erak.prof. 1905 prof. 1912	1905–1912	geoloogia õ.
N. Bogoljubov (1872–1928)	erak.prof. 1913	1913–1918	geoloogia õ.
H. Scupin (1869–1937)	prof. 1918	1918–1927	mineraloogia õppetool
H. Bekker (1891–1925)	erak.prof. 1924	1924–1925	geoloogia ja paleontoloogia õ.
A. Luha (1892–1953)	v.-ass. 1922 eradots. 1930	kohuset. 1925–1928	geoloogia ja paleontoloogia õ.
A. Öpik (1898–1983)	erak.prof. 1930 prof. 1935	1930–1944	geoloogia ja paleontoloogia õ.
K. Orviku (1903–1981)	prof. kt. 1944 prof. 1946	1944–1945 1945–1950	geoloogia k.
		1950–1956	üldise geoloogia ja geomorfol. k.
A. Luha (1892–1953)	prof. 1945	1945–1950	geoloogia k.
E. Möls (1905–1964)	dots. kt. 1945 dots. 1948	1945–1950 1950–1958	paleontoloogia ja stratigraafia k.
		1958–1960	mineraloogia ja petrograafia k.
A. Rõõmusoks (1928)	dots. 1956 prof. 1969	1960–1988	mineraloogia ja paleontoloogia k.
A. Loog (1932)	dots. 1970	1988–1992	geoloogia k.
M. Rubel (1935)	prof. 1992	al. 1992	geoloogia ja mineraloogia õ.
V. Kalm (1953)	prof. 1992	al. 1992	paleontoloogia ja stratigraafia õ.
			rakendusgeoloogia õ.

Komitee esimeseks direktoriks (Rõõmusoks, 1982a; Левинсон-Лессинг, 1902). A. Schrenk kaitses töoga "Uebersicht des obern Silurischen Schichtsystems Liv- und Ehstlands, vornähmlich ihrer Inselgruppe" esimesena Tartu Ülikoolis 1852. a. geoloogiamagistri (tollal mineraloogia ja geognoosia) kraadi (Oissar, 1973). Suurima panuse geoloogia õpetamisse ja arendamisse Tartu Ülikoolis andis kahtlemata C. Grewingk (1819–1887), kes määräti mineraloogia õppetooli erakorraliseks professoriks 1854. a. ning kes töötas sellel kohal 33 aastat. C. Grewingk kaitses 1859. a. esimesena Tartu Ülikoolis geoloogia alal doktorikraadi töoga "Geologie von Liv- und Kurland" (Oissar, 1973). C. Grewingk luges ülikoolis mitmeid uudseid geoloogiakursusi, näiteks Baltikumi regionaalgeoloogia, mäetööde alused, Ida-Euroopa kvaternaargeoloogia alused ja arheoloogia (Rõõmusoks, 1982a). C. Grewingki töötamise ajal täienesid oluliselt mineraloogia kabinetit kogud, moodustus esinduslik meteoriitide kollektsoon. C. Grewingki õpilane, hilisem eradotsent Aleksandr Lagorio (1852–1923, TÜ-s 1875–1880) hakkas mineraloogia õpetamisel esmakordselt kasutama polarisatsioonimikroskoopi (Rõõmusoks, 1982a).

Johann Theodor Lemberg (1842–1902) mineraloogia õppetooli järgmise professorina (tabel) oli esimene, kes hakkas geoloogiakursuste hulgas lugema ka mullateadust. Tema järglane, prof. Frantz Loewinson-Lessing (1861–1939), viis alates 1894. a. alates uue õppevormina sisse kollokviumid. F. J. Loewinson-Lessingu initsiativil loodi 1896. a. lisaks mineraloogia õppetoolile ka geoloogia õppetool, mida esimesena juhatas eradotsent Nikolai Andrussov (1861–1924; Rõõmusoks, 1970, 1982b). N. Andrussov alustas samuti mitme uue kursuse (merepõhja geoloogia, sissejuhatus geoloogilistesse vaatlustesse, sissejuhatus geoloogiliste kaartide koostamisse) lugemist. N. Andrussovi järglase prof. Georgi Mihailovski (1870–1912) algatusel toimus 1908. a. esimene üliõpilaste välipraktika, milleks oli geoloogilisbotaaniline õppeekskursioon Tallinna ja Narva ümbrusse. Geoloogia Instituudi ajalukku läks aga prof. G. Mihailovski eelkõige uue geoloogia-zooloogia õppehoone ehituse organiseringana. Õppehoone, kus praegu asuvad geoloogia instituut ja muuseum (Vanemuise tn. 46) valmis 1914. a. Geoloogia õppetoolid ja muuseum kolisid sellesse majja alles peale Esimest maailmasõda 1919. a (Rõõmusoks, 1970).

1912/1913. a. asusid geoloogiat õppima esimesed eesti soost üliõpilased, hilisemad TÜ professorid Hendrik Bekker (1891–1925) ja Artur Luha (1892–1953) (Orviku, 1989; Rõõmusoks, 1992; Рыбмусокс, Вийдинг, 1986). H. Bekkerist saigi esimene eestlastest geoloogiaõppejõud ja õppetooli täitja (Rõõmusoks, 1992). Tema loengutega algas 1922. a. üleminnek eestikeelsele õpetööle. Ainult prof. Hans Scupini (1869–1937) loengud toimusid kuni tema lahkumiseni TÜ-st 1926. a. saksa keeles. Pärast prof. H. Scupini mineraloogia professuuri enam ei tädetud ja jäi ainult geoloogia õppetool. Viimase juhataja prof. H. Bekker koostas ülikooli esimese arrestatava paleontoloogilise õppekogu ja alustas õppevahendite väljaandmist, mille käigus pani aluse eestikeelsele geoloogiliaterminoloogiale (Kalm, 1992; Rõõmusoks, 1992). Tema initsiativil korrastati ja süsteematiseeriti geoloogia muuseumi kogud nii, et 1922. a. avati see esmakordsest külastajatele (Orviku, 1989). Prof. H. Bekkeri eestvõttel hakati välja andma ka teadustööde seeria "Tartu Ülikooli Geoloogia Instituudi Toimetused", mida aastatel 1924–1943 ilmus kokku 66 numbrit (Rõõmusoks, 1982c).

Pärast prof. H. Bekkeri surma 1925. a. jäi geoloogia professuur mõneks ajaks täitmata. Õppetööd tegidloodusteaduste kandidaat Artur Luha ja eradotsent Paul Thomson (1891–1957). Viimane luges geoloogidele esmakordsest paleobotaanikat, öietolmu analüüs ja metsade ajalugu. 1930. a. määräti geoloogia ja paleontoloogia õppetooli professoriks juba paar aastat varem ülikoolis töötanud Armin Öpik (1898–1983). Laialdase rahvusvahelise tunnustuse pälvisid prof. A. Öpiku paleontoloogilised tööd, mille eest ta valiti Roots, Soome

ja Londoni Geoloogia Seltsi ning USA Paleontoloogia Seltsi kirjavahetajaliikmeks (Rõõmusoks, 1989). Prof. A. Öpiku tuntus ning paljud välisreisid laiendasid juba prof. H. Bekkeri ajal tekkima hakanud Eesti geoloogide rahvusvahelisi sidemeid. 1937. a. vahetas ülikooli geoloogia ja paleontoloogia õppetool teadusväljaandeid 112 asutusega üle kogu maailma. Prof. A. Öpik oli õppetooli juhataja kuni Saksamaale emigreerumiseni 1944. a.

Sama aasta lõpul määratigi geoloogia (nüüdsest) katedri juhatajaks professori kt. Karl Orviku (1903–1981). Õppetöö jätkus 1945. a. kevadest, sügisel avati uuesti geoloogia muuseum. 1945. a. kevadel moodustati ülikoolis kolm geoloogilise profiliiga katedrit (tabel): geoloogia ja geomorfoloogia (prof. K. Orviku), paleontoloogia ja stratigraafia (prof. A. Luha) ning mineraloogia ja petrograafia (dots. Evald Möls) kateeder. Samal 1945. a. sügisel võeti esmakordselt geoloogia eriala I kursusele vastu kahekse üliõpilast. Sellest alates kuni 1993. aastani koolitati geolooge 5-aastaste kursuste süsteemis Nõukogude Liidus kehtinud õppeplaani alusel. Õppetöö iseloomulikuks jooneks oli suur välipraktikate osatähtsus. 1949. a. suvel oli Püssis prof. K. Orviku juhendamisel esmakordselt geoloogilise kaardistamise praktika (Rõõmusoks, 1970). 1952. a. alates ligemale 35 aasta jooksul toimus osa nimetatud praktikast Lõuna-Krimmis. Sõjajärgsetel aastatel tegutses väga aktiivselt üliõpilaste geoloogiaring. Ornaette saavutusteks olid üliõpilaste korraldatud geoloogilised ekspeditsioonid Kohila-Rapla ümbrusse (1948) ning Põhja-Eesti klindile (1953).

1946. a. asutati Tallinnas Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituut (Кальо, 1986) ja prof. A. Luha ning hiljem prof. K. Orviku asusid õppetöö körvalt tööle ka seal. Prof. A. Luha oli esimene TA Geoloogia Instituudi direktor. Suur osa teadustöö temaatikast kanti ülikoolist üle TA Geoloogia Instituuti, kusjuures esimestel aastatel olid kõik ülikooli geoloogia katedrite juhatajad (A. Luha, K. Orviku, E. Möls) samaaegselt ka TA Geoloogia Instituudi sektori juhatajateks (Кальо, 1986). 1948. a. anti TA Geoloogia Instituudile üle ka ülikooli geoloogia muuseum. Prof. A. Luha surma järel 1953. a. sai TA Geoloogia Instituudi direktoriks prof. K. Orviku (Кальо, 1986), kes lahkus ülikooli koosseisust lõplikult 1956. a.

1950. a. ühendati paleontoloogia ja stratigraafia kateeder mineraloogia ja petrograafia katedriga mineraloogia ja paleontoloogia katedriks, mille juhatajaks jäi dots. E. Möls (1905–1964). Prof. K. Orviku juhtimisel tegutsenud üldise geoloogia ja geomorfoloogia kateeder nimetati geoloogia katedriks, 1958. a. ühendati needki kaks katedrit ning jäi vaid üks: dots. E. Mölsi juhitav geoloogia kateeder (Rõõmusoks, 1970). 1960. a. valiti katedrijuhatajaks Arvo Rõõmusoks, tollal veel dotsent. 50-ndate aastate alguse lõpetanuteest moodustus geoloogia katedris uus õppejõudude kaader (Arvo Rõõmusoks, Asta Oraspöld, Herbert Viiding, Erna Lõokene). Paaril sõjajärgsel aastakümnel toimus õppe- ja uurimistöö peaegu täielikus rahvusvahelises isolatsionis. Seevastu üliõpilaste võimalused välipraktikate suhtes avardusid märgatavalalt. Aastate jooksul toimusid vanemate kursuste üliõpilaste praktikad peaegu kõigis endise NSVL piirkondades alates Koola poolsaarest kuni Kammatkani (Aaloe, 1970; Loog, 1982). Uuem välismaine teaduskirjandus saabus katedrisse vaid õppejõudude isiklike kontaktide kaudu või mõne organisatsiooni (Soome, Rootsi ja Norra Geoloogia Selts ning Soome ja Rootsi Geoloogiateenistus) tasuta annetustena.

1959. a. sai alguse uus Tartu Ülikooli geoloogia-alaste publikatsioonide seeria "Toid geoloogia alalt", mida 1994. aastaks ilmus 14 väljaannet. 1964. a. loodi KaljuUtsali initsiativil katedri juurde röntgendifraktsionianalüüs labor, mis tegi teadustöö kõrval lepingulisi töid mitmele juhtivale geoloogilisele asutusele Eestis ja NSVL-is. 1976. a. toodi Tartu Ülikooli alluvusse tagasi geoloogia muuseum koos enamuse TA Geoloogia Instituudile üle antud kollektiividega. 1980. aastatest alates hoogustus eestikeelsete õppevahendite trükkimine

(Loog ja Oraspöld, 1982; Rõõmusoks, 1983; Oraspöld, 1984; Vilo, 1986; Oraspöld ja Loog, 1988; Oraspöld ja Kirs, 1991, 1993).

Vastuvõtt geoloogia erialale hakkas 1940. aastate teisel poolel jäär-järgult suurenema ja ulatus 1950. aastate algul 25-ni aastas. Hiljem vähenes vastuvõtt järslt, püsides 1970.–1980. aastatel siiski 10–15 piires, kuid alates 1991. a. langes kaheksale. 1995. a. seisuga ei ole see kindlasti piisav ega kata isegi suurema koosseisuga geoloogilistest asutustest pensionile siirdujate asendamise vajadusi. Sõjakärgsetel aastatel (1950–1995) Tartu Ülikooli geoloogia eriala lõpetanuid on kokku 445.

Tartu Ülikooli ja tema allüksuste iseseisvuse suurenemisega algasid 1980. aastate lõpul põhjalikud ümberkorraldused õppetöös. Sõjalise õpetuse ning poliitiliste ainete arvelt vabanenud aeg võimaldas üle minna 5-aastaselt põhiõppelt 4-aastasele. Vaatamata õppeaja lühenemisele eriala-ainete maht õppeplaanis isegi suurennes. 1993. a. lõpetasid ülikooli esimesed 4-aastase stuudiumi läbinud geoloogiaüliõpilased. 1991. a. moodustati Tartu Ülikoolis geoloogiadoktori ja -magistri teaduskraadi kaitsmise nõukogud (esimehed vastavalt akad. prof. A. Raukas ja prof. V. Kalm), kus seisuga 01.01.1995 oli kaitstud viis doktori- ning 22 magistrikraadi (vt. T. Kurvitsa artikkel samas kogumikus).

1992. a. 1. septembrist taastati Tartu Ülikoolis Geoloogia Instituut. Praegu moodustavad selle kolm õppetooli: geoloogia ja mineraloogia (prof. A. Loog), paleontoloogia ja stratigraafia (prof. M. Rubel) ning rakendusgeoloogia (prof. V. Kalm), röntgenstruktuurianalüüs ja radiosüsiniku ( $C^{14}$ ) töörühmad, geoloogia muuseum ja raamatukogu. Paleontoloogia ja stratigraafia õppetool moodustati TÜ ja TA Geoloogia Instituudi ühisõppetoolina. Instituutide ja õppetoolide taastamisega ülikoolis algas üleminek mitmeastmelisele haridusele. Põhi- ehk bakalaureuseõpe kestab 4 aastat ning toimub geoloogia erialal ühe õppekava alusel, mille mahust u. 14% moodustavad kursused, mida üliõpilased saavad valida oma soovi järgi. Põhiõppele järgneb kahest osast, magistri- ja doktoriõppest koosnev kraadiõpe, mille lahutamatuks osaks on personaalne teadustöö pädeva juhendaja juures. Magistriõpe (e. magistrantuur) kestab kaks aastat ja toimub erialale vastava õppetooli juures. Samuti toimub mingi kindla õppetooli juures ka neli aastat kestev doktoriõpe e. doktorantuur. Erinevalt teise astme üliõpilastest kuuluvad doktorandid õppetooli koosseisu ning saavad garantteeritud stipendiumi. Seisuga 01.01.1995 oli TÜ Geoloogia Instituudis põhiõppes 39, magistrantuuris 15 ja doktorantuuris 6 üliõpilast. Alates 1993/94 õppeaastast antakse igal aastal välja Tartu Ülikooli loengute ja praktiliste tööde kataloogi.

Paralleelselt instituutide-õppetoolide struktuuri taastamise ja kraadiõppe algusega Tartu Ülikoolis toimus oluline muutus ka õppetöö hindamise süsteemis. Alates 1992/93. õppeaasta kevadsemestrist sai läbitud õppetöö mahu mõõtühikuks ainepunkt (AP). 1 AP on võrdne 1 nädala õppetöoga (20 tundi loenguid ja 20 tundi iseseisvat tööd või 150–200 lk. kirjanduse läbitöötamist, või 1 nädal praktikat) ja üliõpilane saab punktid kätte siis, kui tehtud töö kontrolli (eksami, arrestuse, aruande) tulemus on positiivne. Ühe õppeaasta nominaalne õppetöö maht on 40 AP. Seega on vastavalt õppeplaanile põhiõpppe läbimiseks vaja koguda 160 AP, magistrantuuris 80 AP ja doktorantuuris 160 AP. Vastava taseme õpe peetakse lõpetatuks, kui vajalikud ainepunktid on olemas ja bakalaureuse-, magistri- või doktoritöö kaitstud.

1990. aastatel on oluliselt laienenud õppejoudude ja üliõpilaste teadustöö- ning õppimisvõimalused välismaal (Soome, Roots, Norra, Saksamaa, Suurbritannia, Kanada, USA) ning suurenenud välislektorite (prof. Berndt-Dietrich Erdtmann, prof. Ivar Murdmaa, dots. G. Glückert, dr. Krister Sundblad) osavõtt õppetööst. Loodetavasti ajutist endise NSVL-i äralangemist geoloogiliste välipraktikate läbiviimise kohana on hakanud järjest enam

kompenseerima praktika võimalused mujal: USA-s (1993), Soomes (1993, 1996?), Saksa-maal (1994, 1995). Paljud viimastel aastatel Tartu Ülikoolis geoloogi diplomi saanud (Ivar Puura, Ivo Paalits, Aivo Lepland, Alvar Soesoo, Leho Ainsaar, Erik Puura, Siim Veski, Indrek Tammeaid, Piret Plink, Enn Karro, Riko Noormets, Kalle Kirsimäe) töötavad, on stažeerinud või võetud kraadiõppesse välisriikides (Island, Sambia, Saksamaa, Suurbritannia, Soome, Roots, Norra), mis on kindel tunnus geoloogia õpetamise heast tasemest TÜ geoloogia instituudis.

Instituudi teadustöö põhisuundadeks on 90-ndatel aastatel endiselt aluspõhja litoloogia-sedimentoloogia (Aadu Loog, Asta Oraspöld, Leho Ainsaar, Tiia Kurvits), paleontoloogia ja biostratigraafia (Madis Rubel, Arvo Rõõmusoks, Tõnu Meidla, Ivo Paalits, Mare Isakar), aluskorra petroloogia ja tektonika (Väino Puura, Juho Kirs) ning kvaternaargeoloogia (Valli Kalm, Kalle Kirsimäe, Piret Plink, Aarvi Liiva). Varasema perioodiga võrreldes uute, kuid õppetöö tagamiseks vajalike uurimissuundadena arenevad hüdrogeoloogia (Robert Mokrik, Helia Kink, Enn Karro, Reet Roosalu), keskkonnageoloogia (Erik Puura) ja geofüüsika (Väino Puura, Jüri Plado, Argo Jõeleht). 1994. a. võttis Geoloogia Instituut üle varem TA Zooloogia ja Botaanika Instituudi koosseisus olnud C<sup>14</sup> töörühma (A. Liiva, E. Ilves, T. Rinne). Kiiresti on paranenud tiptasemel teaduskirjanduse kättesaadavus (nt. ajakirjad Sedimentology, Lethaia, Boreas, American Mineralogist, Clay Minerals, Paleontology, Environmental Geology jt.) ning elavnened teaduskraadide kaitsmine. Geoloogia Instituudi koosseisulistest töötajatest on magistrikraadi kaitsnud L. Ainsaar (1992), E. Puura (1992), J. Kirs (1993), M. Isakar (1993), P. Plink (1993), K. Kirsimäe (1994) ja E. Karro (1994). 1995. a. suvel peaks neile lisanduma veel 2–3 uut geoloogiamagistrit ning paari aasta jooksul esimesed doktorid.

Vaatamata mitmele praeguse aja puudusele (alafinantseerimine, teadustöö vähene efektiivsus, ruumide vähesus) võib arvata praeguse TÜ Geoloogia Instituudi arenguperspektiivi väga heaks ja kindlasti on selle hetkel noore kollektiivi parimad saavutused ees.

## KIRJANDUS

- Aaloe, A. 1970. Tulevased geoloogid välipraktikal. Eesti Loodus, **9**, 535–537.
- Kalm, V. 1992. Professor Hendrik Bekkeri loodusteaduslik mitmekülgus. Tartu Ülikooli Toimetised, Vihik 956. Töid geoloogia alalt XIII, 15–21.
- Kalnin, V., Kiik, L., Lumiste, Ü., Masing, V., Peegel, J. ja Uuspöld, E. (toim.). 1987. Tartu Riikliku Ülikooli õppe-teaduskoolseisu biobibliograafianimestik 1944–1980. Valgus, Tallinn, 1–528.
- Kirs, J. 1979. 200 aastat geoloog Moritz Engelhardti sünnist. Eesti Loodus, **12**, 799–801.
- Loog, A. 1982. Loodusteaduste õpetamine Tartu Ülikoolis. Eesti Loodus, **9**, 456–553.
- Loog, A. 1991. Geoloogide koolitamisest Tartu Ülikoolis. Eesti geoloogiline ehitus ja maavarad: Sümpoosiumi materjalid. Eesti Geoloogia Selts, Tallinn, 15–16.
- Loog, A. 1994. Viron geologian opetus ja tutkimus tänaän. Geologi, **46**, 4/5, 55–56.
- Loog, A. ja Oraspöld, A. 1982. Settekivimite ja setete (setendite) uurimismeetodid. Tartu Riiklik Ülikool. Geoloogia kateeder. Tartu, 1–83.
- Oissar, E. 1973. Tartu Ülikoolis kaitstud väitekirjad 1802–1918. Tartu Riiklik Ülikool. Teaduslik Raamatukogu. Tartu, 1–180.

- Oraspöld, A.** 1984. Fatsiaalne analüüs. Tartu Riiklik Ülikool. Geoloogia kateeder. Tartu, 64 lk.
- Oraspöld, A. ja Loog, A.** 1988. Abiks litoloogia õppijaile. Tartu Riiklik Ülikool. Geoloogia kateeder. Tartu, 1–56.
- Oraspöld, A. ja Kirs, J.** 1991. Abiks regionaalgeoloogia ja geotektonika õppijaile I. Tartu Ülikool. Geoloogia kateeder. Tartu, 1–64.
- Oraspöld, A. ja Kirs, J.** 1993. Abiks regionaalgeoloogia ja geotektonika õppijaile II. Tartu Ülikool. Geoloogia Instituut. Tartu, 1–144.
- Orviku, K.** 1970. Ülikooli geoloogia-õppejõudude osa Eesti uurimisel aastail 1919–1949. Eesti Loodus, 9, 533–534.
- Orviku, K.** 1978. Eesti geoloogiat käsitlev kirjandus arvudes. Eesti Loodus, 2, 97–102.
- Orviku, K.** 1989. Professor Hendrik Bekkerit meenutades. Rmt.: Viiding, H. (vast. toim.) Teaduse ajaloo lehekülgi Eestist VII. Geoloogia arengust Eestis. Eesti TA, Tallinn, 85–89.
- Rõõmusoks, A.** 1970. Tartu Ülikooli geoloogiakateeder 150-aastane. Eesti Loodus, 9, 529–532.
- Rõõmusoks, A.** 1982a. Geoloogia. Rmt.: Tartu Riikliku Ülikooli ajalugu, II., 194–202.
- Rõõmusoks, A.** 1982b. Geoloogia. Mineraloogia. Rmt.: Tartu Riikliku Ülikooli ajalugu, II., 348–351.
- Rõõmusoks, A.** 1982c. Geoloogia. Rmt.: Tartu Riikliku Ülikooli ajalugu, III., 122–124.
- Rõõmusoks, A.** 1983. Abiks selgroogsete paleontoloogia õppijaile. Tartu Riiklik Ülikool. Geoloogia kateeder. Tartu, 1–63.
- Rõõmusoks, A.** 1989. Professor Armin Öpik ja tema osa Eesti aluspõhja kivististe ning geoloogia uurimisel. Rmt.: Viiding, H. (vast. toim.) Teaduse ajaloo lehekülgi Eestist VII. Geoloogia arengust Eestis. Eesti TA, Tallinn, 90–107.
- Rõõmusoks, A.** 1992. Esimene Eesti geoloogia professor Hendrik Bekker. Tartu Ülikooli Toimetised, Vihik 956. Töid geoloogia alalt XIII, 3–14.
- Tankler, H.** 1982. Tartu Ülikooli kasvandikud — NSV Liidu Teaduste Akadeemia liikmed. Valgus, Tallinn, 1–160.
- Vilo, A.** 1986. Ehitusgeoloogia. Tartu Riiklik Ülikool. Geoloogia kateeder. Tartu, 1–110.
- Биографический справочник, 1986. В кн.: Вийдинг Х., Орвику К. (ред.). История геологических наук в Эстонии. Таллин, Валгус, 316 – 329.
- Кальо Д.** 1986. Институт геологии АН ЭССР. В кн.: Вийдинг Х., Орвику К. (ред.). История геологических наук в Эстонии. Таллинн, Валгус, 264 – 271.
- Левинсон-Лессинг Ф. Ю.** 1902. Кафедра минералогии. В кн.: Левицкий Г. В. (ред.) Биографический словарь профессоров и преподавателей Императорского Юрьев – Тартуского, бывшего Дерптского университета за сто лет его существования (1802 – 1902). Том I, Юрьев, 199 – 235.
- Орвику К., Вийдинг Х.** 1986 Основные черты истории геологии в Эстонии. В кн.: Вийдинг Х., Орвику К. (ред.). История геологических наук в Эстонии. Таллинн, Валгус, 13 – 23.
- Рыымусокс А., Вийдинг Х.** 1986. Университет в Тарту. В кн.: Вийдинг Х., Орвику К. (ред.) История геологических наук в Эстонии. Таллинн, Валгус, 249 – 261.
- Eesti monoklinasli piires on aluskorra pealispinna kallakus 7–13° (kallakussuuna asimuut 167–198°), kaleedoonia kompleksi kihidel 6–18° (179–194°) ning hertsünnia kompleksi kihidel

## INSTITUTE OF GEOLOGY, UNIVERSITY OF TARTU 175, HISTORY AND DEVELOPMENT

Valli Kalm

### Summary

Instruction in geology at the University of Tartu began in 1802 with the lectures prof. G. A. German (1773–1809) in mineralogy. In 1820 the Chair of Natural Sciences and Mineralogy and the Mineralogical Cabinet were established. The first professor of mineralogy in Tartu University was M. von Engelhardt. The list of professors of geology and chairmen of the department of geology at the Tartu University in 1820–1995 is presented in Table. The first Masters degree in geology was defended in 1852 (A. Schrenk: "Uebersicht des obern Silurischen Schichtsystems Liv- und Ehestlands, vornämllich ihrer Inselgruppe") and the first Doctoral degree in 1859 (C. Grewingk: "Geologie von Liv- und Kurland"). Since 1922, started with prof. H. Bekker's lectures, the instruction in geology has been mainly in Estonian language. After the World War II, in the years of 1950–1994, 437 geology students have graduated from the Tartu University.

During the last 4–5 years the Institute of Geology has undergone a major restructuring. At present the institute consists of three chairs (professors), XRD and C14 laboratories, library and geological museum. In 1992 the post-graduate education was introduced again in the Institute of Geology. At present (January, 1995) the total student enrollment in the institute is 60, of which 21 are graduate students. As the University of Tartu grows and establishes itself as a major research university, the Institute of Geology also expands its research activities which now span wide range of geological science.

# LIIVIMAA GEOLOOGILINE EHITUS JA SEISMILISUS

\*Heldur Sildvee ja \*\*Rein Vaher  
\*RAS Riiklik Ehitusuuringute Instituut  
\*\*Eesti Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituut

## Sissejuhatus

Aastatel 1723–1916 Venemaa valduses olnud Liivimaa hõlmas Saaremaa, Kesk- ja Lõuna-Eesti ning Daugavast põhja poole jääva Kirde-Läti. Liivimaa struktuuri kaardi (joonis 1) Eesti-osa koostas R. Vaher 1994. a., kasutades Eesti Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituuti ja Eesti Geoloogiakeskuse andmestikke. See kaart on ka hiljuti publitseeritud (Sildvee and Vaher, 1995). Liivimaa kaardi Läti-osa strukturipilt on kopeeritud Läti tektoniliselt kaardilt (Brangulis, Brio, 1986), mida on täiendatud raskusjõu anomaaliate levikusuundadega. Pealiskorra geoloogilise läbilöike (joonis 2A) koostas R. Vaher Eesti Geoloogia-keskuse ja Latvijas Geologija fondimaterjalide andmetel. Maakoore läbilöige (joonis 2B) on esitatud Sovetsk–Kohtla–Järve seismilise süvasondeerimise profili alusel (Анкудинов и др., 1994).

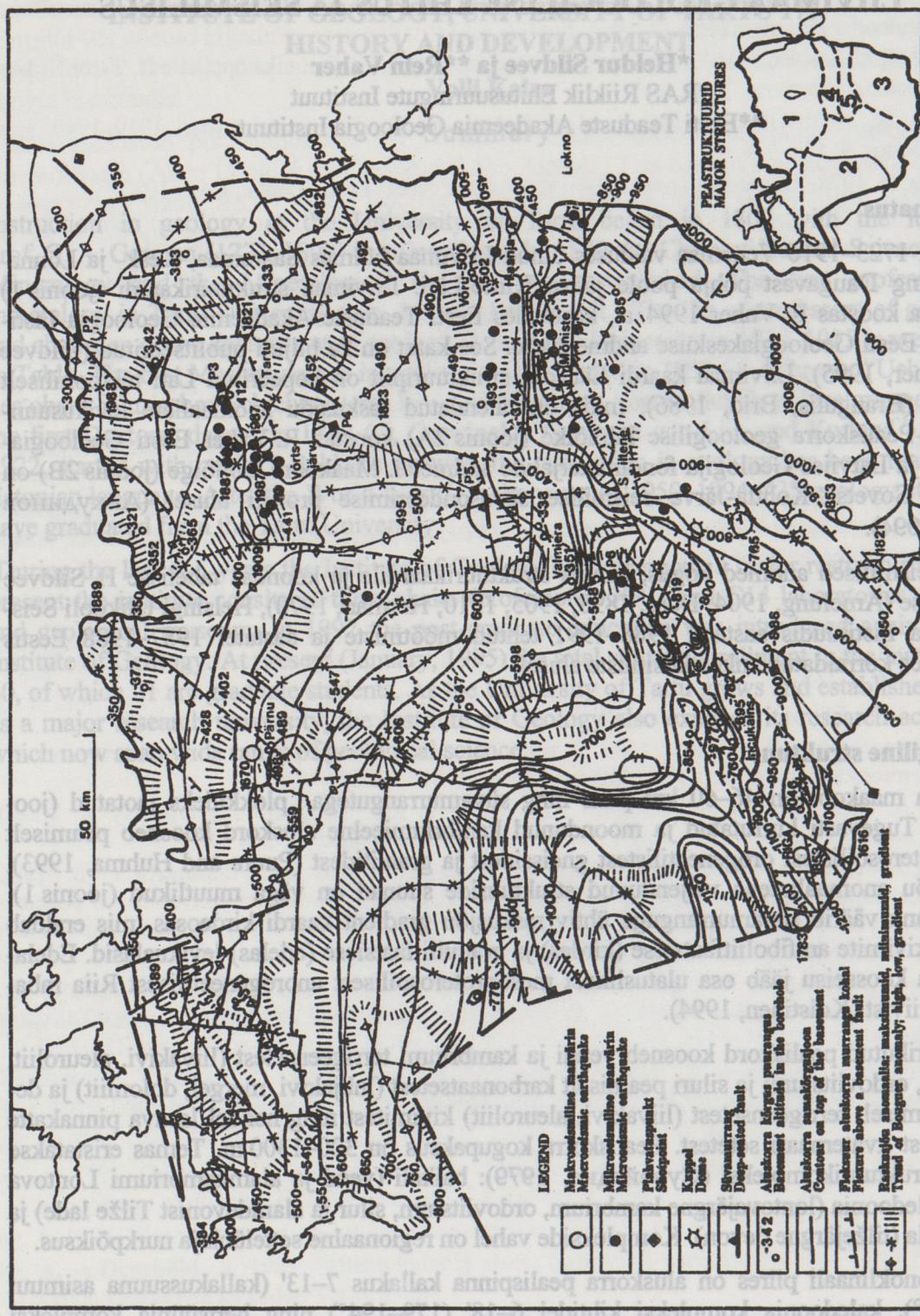
Makroseismilised andmed kogus, kandis struktuuri kaardile ja koondas tabelisse H. Sildvee kirjanduse (Amelung, 1904; Doss, 1898, 1905, 1910; Herman, 1970), Helsingi Ülikooli Seismoloogia Instituudis aastatel 1988–1991 tehtud mõõtmiste ja aastatel 1987–1988 Eestis H. Sildvee korraldatud ankeetküsitluste alusel.

## Geoloogiline struktuur

Liivimaa maakoor on 46–60 km paks ning süvamurrangutega plokkideks jaotatud (joonis 2B). Tugevasti kurutatud ja moondunud kambriumieelne aluskord koosneb peamiselt paleoproterosoolistest orogeneetilistest gneissidest ja graniitidest (Puura and Huhma, 1993). Raskusjõu anomaaliatena väljendunud struktuuride suunad on väga muutlikud (joonis 1). Tähelepanu värib süvamurranguga ühtiv raskusjõu gradient kaardi kirdeosas, mis eraldab moondekivimite amfiboliitfaatsiese (kirdes) ja granuliitfaatsiese (edelas) levikualasid. Edela-Liivimaa koosseisu jäab osa ulatuslikust mesoproterosoosilisest anorogeneetilisest Riia raba-kivimassiivist (Koistinen, 1994).

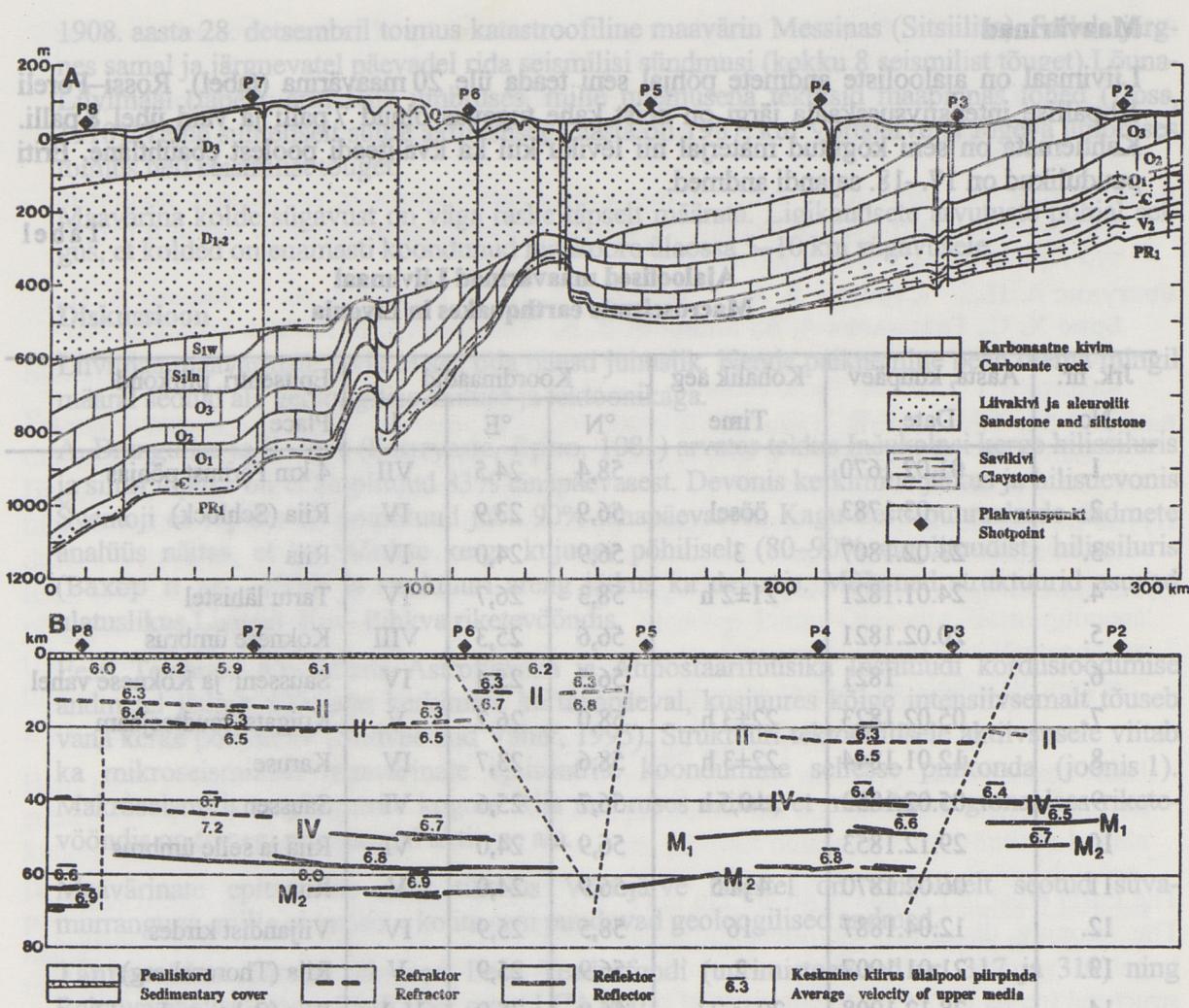
Nõrgalt rikutud pealiskord koosneb vendi ja kambriumi terrigeensetest (liivakivi, aleurolit, savikivi), ordoviitsiumi ja siluri peamiselt karbonaatsetest (lubjakivi, mergel, dolomiit) ja devoni peamiselt terrigeensetest (liivakivi, aleurolit) kivimitest ning nendel lasuva pinnakatte kobedatest kvaternaari setetest. Pealiskorra kogupaksus on 300–1300 m. Temas eristatakse kolme struktuurikompleksi (Сувейздис, 1979): baikali (vend ja alamkambriumi Lontova lade), kaledoonia (lontovajärgne kambrium, ordoviitsium, silur ja alamdevonist Tilže lade) ja hertsüünia (tilžejärgne devon). Komplekside vahel on regionalne settelunk ja nurkpõiksus.

Eesti monoklinali piires on aluskorra pealispinna kallakus 7–13° (kallakussuuna asimuut 167–198°), kaledoonia kompleksi kihtidel 6–18° (179–194°) ning hertsüünia kompleksi kihtidel



Joonis 1. Liivimaa struktuurikaart (Sildvee ja Vaher, 1995; Brangulis, Brio, 1986, täiendatud).

Figure 1. Structure contour map of Livonia (Sildvee and Vaher, 1995; Brangulis, Brio, 1986, completed).



Joonis 2. A — Liivimaa pealiskorra läbilöige (koostas R. Vaher Eesti Geoloogiakeskuse ja Latvijas Geologia andmete põhjal); B — maakoore läbilöige Sovetsk–Kohtla–Järve profiilil (Анкудинов и др., 1994).

Figure 2. Schematic cover structure of Livonia (A) (by R. Vaher, data from Geological Survey of Estonia and Latvijas Geologia) and interpretive crustal section along Sovetsk–Kohtla–Järve profile (B), simplified from (Анкудинов и др., 1994).

ligi 10° (167°) (Пуура, Мардла, 1972). Lääne-Liivimaal läheb Eesti monoklinaal vahetult üle Balti sünekliisi nõlvaks. Hertsüünilises kompleksis on Riia–Valmiera–Haanja joonest põhja poole jääv ala ühtne struktuur: Eesti–Läti monoklinaal (Брангутис и др., 1984).

Liivimaal sügavneb aluskorra pealispind Balti sünekliisi alal –1300 meetriti. Läti sadula võlvil on aluskorra tase ligikaudu –1000 m ja Võru sadula võlvil –500 m. Nende vahele jääb 200 km pikkune ja 20–30 km laiune Valmiera–Lokno kerkeala, mille tipus Mõnistes töuseb aluskord –230 meetriti. Seega on kerke amplituud Võru sadula suhtes ligi 300 m ja Läti sadula suhtes isegi üle 700 m.

Väiksemates (mõne kilomeetri laiustes) rikkevööndites Eesti monoklinaali alal ulatub amplituud vaid 50 meetriti (Balti sünekliisis sageli üle 100 m). Nendes vööndites on pealiskorras fleksuur aluskorra murrangu kohal (joonis 1). Fleksuuri ülatiival on kohati kuplikujulised kerked.

## Maavärinad

Liivimaal on ajalooliste andmete põhjal seni teada üle 20 maavärina (tabel). Rossi–Foreli 10-pallise intensiivsusskaala järgi on neist kahe tugevus olnud 7 palli ja vaid ühel 8 palli. Kahtlemata on seni kogutud materjal nii lèviku kui ka kvaliteedi poolest ebaühtlane. Eriti puudulikud on 17.–18. sajandi andmed.

Tabel

### Ajaloolised maavärinad Liivimaal Macroseismic earthquakes in Livonia

Jrk. nr. No	Aasta, kuupäev Date	Kohalik aeg Time	Koordinaadid			Epitsentri piirkond Place
			°N	°E	I	
1.	01.02.1670		58,4	24,5	VII	4 km Pärnust põhjas
2.	03.1783	öösel	56,9	23,9	IV	Riia (Schlock)
3.	23.02.1807	3	56,9	24,0	IV	Riia
4.	24.01.1821	21±2 h	58,3	26,7	IV	Tartu lähistel
5.	20.02.1821		56,6	25,3	VIII	Koknese ümbrus
6.	1821		56,5	25,4	IV	Sausseni ja Koknese vahel
7.	05.02.1823	22±3 h	58,0	26,2	V	Kuigatsi raudteejaam
8.	12.01.1844	22±3 h	58,6	23,7	IV	Karuse
9.	05.02.1853	2±0,5 h	56,7	25,6	VI	Saussen
10.	29.12.1853		56,9	24,0	VI	Riia ja selle ümbrus
11.	06.02.1870	4 ja 5	56,9	24,0	V	Riia
12.	12.04.1887	16	58,5	25,9	IV	Viljandist kirdes
13.	21.01.1907	2	56,9	25,9	V	Riia (Thorensberg)
14.	28.12.1908	20 ja 23	56,9	25,9	V, V	Riia (Schregenbusch)
15.	29.12.1908	1 ja 8	56,8	26,3	VII	Madona
16.	29.12.1908	15 ja 22	57,0	24,3	IV, V	Riia (Hagensberg)
17.	30.12.1908	5	57,0	24,3	V	Riia (Hagensberg)
18.	31.12.1908	4	57,0	24,3	III	Riia (Sassenhof)
19.	31.01.1909	7.45	57,0	24,3	III	Riia (Hagensberg)
20.	02.06.1909	8.30	58,4	25,6	III	Viljandi ümbrus
21.	21.05.1910	3	56,9	24,0	III	Riia (Sassenhof)
22.	07.04.1987	19.30	58,4	26,1	V	Võrtsjärve põhjaosa
23.	08.04.1987	19.21	58,4	26,1	V	Võrtsjärve põhjaosa
24.	04.06.1987	22.00	58,4	26,0	V	Võrtsjärve põhjaosa
25.	22.09.1987	18.30	58,7	26,4	V	Jõgeva ümbrus
26.	02.09.1988	19,17	58,8	26,4	V	Jõgeva ümbrus

N — põhjalaius, E — idapikkus, I — intensiivsus Rossi–Foreli 10-pallise skaala järgi

1908. aasta 28. detsembril toimus katastroofiline maavärin Messinas (Sitsiliias). Sellele järgnes samal ja järgnevadel päevadel rida seismilisi sündmusi (kokku 8 seismilist tööget) Lõuna-Liivimaal (tabel), eriti Riia ümbruses, mille tulemusena tekkisid maapinnas löhed (Doss, 1910). Teine suhteliselt suure aktiivsusega aasta oli 1987, kui Võrtsjärve ja Jõgeva ümbruses toimus neli seismilist tööget.

Maavärina kolde sügavust on väga raske täpselt määrata. Ligikaudsete arvutuste põhjal selgus, et kolded on enamasti koondunud maakoore ülaossa 5–10 km sügavusele.

## Diskussioon

Liivimaa maaväritate levik ei saa olla täiesti juhuslik. Nende paiknemine peab olema mingil määral seotud ala geoloogilise ehituse ja tektonikaga.

A. Brangulise ja H. Brio (Бангулис, Брио, 1981) arvates tekkis Inčukalnsi kerge hilissiluris ja siluri lõpuks oli ta amplituud 83% tänapäevastest. Devonis kerkimine jätkus ja hilisdevonis Šventojo ja lõpuks oli amplituud juba 90% tänapäevastest. Kagu-Eesti puuraukude andmete analüüs näitas, et ka Mõniste kerge kujunes põhiliselt (80–90% amplituudist) hilissiluris (Baxer и др., 1980) ja struktuuri areng jätkus ka devonis. Mõlemad struktuurid asuvad ulatuslikus Liepaja–Riia–Pihkva riketevööndis.

Eesti Teaduste Akadeemia Astrofüüsika ja Atmosfäärifüüsika Instituudi kordusloodimise andmetel jätkub Mõnistes kerkimine ka tänapäeval, kusjuures kõige intensiivsemal töuseb vana kerke põhjanõlv (Sildvee and Vaher, 1995). Struktuuri tektonilisele aktiivsusele viitab ka mikroseismiliste maaväritate epitsentrite koondumine sellesse piirkonda (joonis 1). Makroseismiliste epitsentrite kogum Riia ümbruses näitab, et mainitud regionaalses riketevööndis on teinegi praegusajal aktiivne ala.

Maaväritate epitsentrite suur tihedus Võrtsjärve lähistel on tõnäoliselt seotud süvamurranguga, mille olemasolu kohta seni puuduvad geoloogilised andmed.

**Tänavaudlus.** Täname abi eest Eesti Teadusfondi (uurimistoetused nr. 317 ja 319) ning Rahvusvahelist Teadusfondi (ISF grant LCA 000).

## KIRJANDUS

- Amelung, F.** 1904. Frühere Erdbeben in Livland. Nordlivlandische Zeitung, 23. Okt. (5. Nov.).
- Brangulis, A., Brio, H.** 1986. Latvijas PSR tektoniska karte. Merogs 1 : 500 000. Leningrad.
- Doss, B.** 1898. Übersicht und Natur der in den Ostseeprovinzen vorgekommen Erdbeben. Korrespondenzblatt Naturforsiche Verlag, **40**, 147–162.
- Doss, B.** 1905. Über ein unbeachtet gebliebenes Beben in Estland. Korrespondenzblatt Naturforsiche Verlag, **48**, 121–138.
- Doss, B.** 1910. Die historisch beglaubigten Einsturzbeben und seismisch-akustischen Phänomene der russischen Ostseeprovinzen. Beiträge zur Geophysik, X, 1–124.
- Herman, U.** 1970. Maavärisemised Eestis ja Lätis. Eesti Loodus, 2, 120.
- Koistinen, T. (ed.)** 1994. Precambrian basement of the Gulf of Finland and surrounding area. 1 : 1 mill. Geological Survey of Finland, Espoo.
- Puura, V. and Huhma, H.** 1993. Palaeoproterozoic age of the East Baltic granulitic crust. Precambrian research, **64**, 289–294.

- Sildvee, H. and Vaher, R. 1995. Geologic structure and seismicity of Estonia. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences Geology, 44, 1, 15–25.
- Анкудинов С., Садов А., Брио Х. 1994. Строение земной коры Прибалтики по данным глубинного сейсмического зондирования. Известия АН ЭССР. Геология, 43, 3, 129–136.
- Брангулис А. П., Брио Х. С. 1981. История развития основных локальных поднятий Западной и Центральной Латвии. Условия образования осадочного чехла и структур Прибалтики. Рига, Зинатне, 25–33.
- Брагулис А. П., Страуме Я. А., Бендруп Л. П., Биргер А. Я., Биркис А. П., Брио Х. С., Гаврилова А. В., Мейронс З. В., Юшкевичус В. В. 1984. Геология Латвийской ССР. Объяснительная записка к геологическим картам Латвийской ССР масштаба 1 : 500 000. Рига, Зинатне, 1–214.
- Вахер Р. М., Раукас А. В., Таваст Э. Х. 1980. О роли тектонических движений и подстилающей поверхности в формировании островных возвышенностей Эстонии. Геоморфология, 3, 55–65.
- Пуура В., Мардла А. 1972. Структурное расчленение осадочного чехла в Эстонии. Известия АН ЭССР. Химия. Геология, 21, 1, 72–78.
- Сувейзdis П. (ред.). 1979. Тектоника Прибалтики. Вильнюс, Мокслас, 1–92.

## GEOLOGIC STRUCTURE AND SEISMICITY OF LIVONIA

Heldur Sildvee, Rein Vaher

### Summary

The Earth crust in Livonia is 46–60 km thick. It is broken into blocks by deep-seated faults. The strongly disturbed and metamorphosed Precambrian basement of Livonia consists largely of gneisses and granites, with some less metamorphosed supracrustal formations. The structural trends in the basement, imaged by gravity data, vary within large limits and are far from straight, as shown in Figure 1. The basement is unconformably overlain by a thin (less than 1.3 km) cover of slightly disturbed sedimentary rocks (Figure 2): Vendian and Cambrian terrigenous rocks (sandstone, siltstone and claystone); Ordovician and Silurian mostly carbonate rocks (limestone, marl, dolomite); Devonian mostly terrigenous rocks (sandstone, siltstone, claystone) and unconsolidated quaternary deposits.

Historical observations of earthquake occurrences cover the time from 1670 to the present. Information on macroseismic events is given in the Table. The intensities (Rossi–Forel scale) range from 1 to 8. Focal depths are difficult to estimate exactly, but the earthquakes are apparently largely concentrated in the central part of the upper crust at depths of 5 to 10 km. The macroseismic epicentre distribution does not reveal any distinct seismicity pattern, with the exception of the concentrations at Lake Võrtsjärv and in the surroundings of Riga (Figure). Short-term (1988 to 1991) instrumental epicentres of small events with a magnitude below three are clearly concentrated in two areas: north of Lake Võrtsjärv and Valmiera–Lokno uplift region. The recent uplift peak based on repeated levelling data is found straight above the northern slope of the old Mõniste Anticline. The instrumental epicentre locations as seen in Figure 1 are in close agreement with the idea of an active structure.

# "LIVI KEELE" OMAPÄRAST BALTICA ARENGULOOS

Rein Einasto

Eesti Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituut

## Sissejuhatus

Fennosarmaatia eelkambriumilise aluskorraga mandripanga on viimase kümnendi kirjanduses hakatud nimetama Baltikaks (Harris and Fettes, 1988; Webby and Laurie, 1992 jt.). Baltika ürgmandri arenguloo hiliskaledoonia epohhil on üheks silmapaistvamaks vajuvaks makrostruktuuriks olnud Balti nõgu (R. Männili — Мянниль, 1966 — formulieritud tähduses). Viimane on naaberaladega võrreldes suuremate paksustega ja stratigraafiliselt suhteliselt täieliku läbilõikega piirkond. Nõo telg ühtib ligikaudu Pihkva–Riia–Gdanski joonega, põhjapiir langeb enam-vähem kokku tundud Mustvee–Pärnu–Ohesaare šarniirjoonega (Пылма, 1967) ja selle pikendusega kuni Gotlandi saare lõunatipuni. Balti nõo lõunapoolset üleminekuvööndit, mida on põhjalikult iseloomustatud Leedu geoloogide töödes (Коркутис и др., 1972; Гарецкий, Сувейзис, 1987), allpool ei käsitleta.

Balti nõgu oli ordoviitsiumi (siin ja allpool Tremadoci-järgses mahus) ja siluri ajastu vältel suhteliselt sügavamaveeline ja püsiva settimisega piirkond, mis oli seotud submeridionaalselt kulgeva fatsiaalse vahevööndiga. See vöönd paiknes püsivaltookeanilise savimudade leviala ja madalaveelise šelfimere karbonaatsete setete levila vahel, mandripanga vajunud läänepoolsel äärealal. Vahevööndi laiusesuunaline jätk kulges keelena üle kunagise Liivimaa kaugele itta, Moskva nõo suunas (joonis 1). V. Jaanussoni (1973) järgi on seda ala hakatud nimetama "Liivi Keeleks" (Ульст и др., 1982).

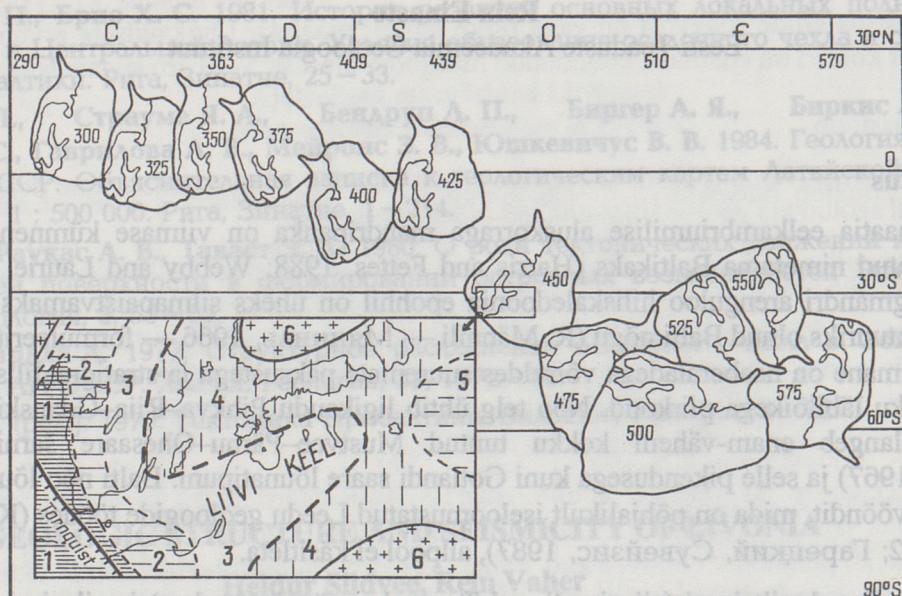
Liivi Keele avastamine ja fatsiaalse olemuse lahtimõtestamine Ralf Männili poolt Lääne-Läti ja Kagu-Eesti puursüdamike kivimi- ja faunaproovide alusel 1960 aastate algul on Baltimaade sõjajärgse geoloogia suurimaid avastusi, mida on mitmekülgselt käsitletud (Мянниль, 1966). Täni on aga raskesti mõistetavaks jäänud eesti ja skandinaavia tüüpi faunade selge piiri piki Liivi Keele äärealala keskordoviitsiumi neil aegadel, mil fatsiaalne kontrast Lõuna- ja Põhja-Eesti vahel ei olnud makrolitoloogiliselt terav (Мянниль, 1966; Ульст и др., 1982). Siluris on faatsieste ja faunakoosluste olulised erinevused samal üleminekualal veelgi suuremad ja selgemad (Гайлите, и др., 1967; Кальо, 1970).

Allpool püünan põgusalt avada Liivi Keele eripära ülaltoodud käsitlustest ulatuslikumal paleogeograafilisel taustal kahe ajastu ulatuses.

## Baltika triiv ja paleogeograafiline taust

Baltika triiv vanaaegkonnas on küllaltki ühemõtteliselt rekonstrueeritud (Torsvik *et al.*, 1992). Käesolevaga huvitab meid selle triivi hiliskaledoonia epohh Arenigist siluri lõpuni, mille vältel Baltika rändas lõunapoolkera kõrgetelt laiustelt (60.–65. laiuskraadilt) troopikasse (vt. joonis 1). Enam kui 80 miljonit aastat kestnud triivi vältel oli Baltika valdavalt suur üksiklane avaookeanis ja sellest on ilmselt tingitud ka Balti ordoviitsiumi fauna suur endeeemilisus. Eemaldudes Gondvana hiidmandrist hiliskambriumis, kohtus Baltika Cara-

docis, pikal teel tropikasse, Avaloonia mikrokontinendiga. Hiljem, Llandovery lõpus põhjustas kokkupõrge Laurentia mandriga Baltika triivis tunduva suunamuutuse ja rotatsioonilise liikumise (Torsvik *et al.*, 1992) ning kaledoniidide kerkimise Baltika äärealal koos terrigeense materjali sissevoolu pideva intensiivistumisega ja settimiskiiruse suurenemisega naabruse settebasseinides (Harris and Fettes, 1988).



Joonis 1. A. Baltika triiv vanaaegkonnas (C–D), paleokontinendi asendid on näidatud 25 milj. aastaste vahega (Torsvik *et al.*, 1992 järgi). B. Makrofatsiaalne vööndilisus ja Liivi Keele asend Balti basseinis (R. Männili (Мянниль, 1966) järgi. Fatsiaalsed piirkonnad: 1 — stabiilne hemipelagiala, orgaanikarikaste mudade levila; 2 — šelfi labiilne välisosa, heledate karbonaatsete ja tumedate terrigeenmudade vaheldumise levila; 3 — šelfi sügavale vajunud perikratonne osa (Liivi Keelega *sensu stricto*), korduvtekkelite punavärviliste setendite levila; 4 — stabiilne šelfiplatoo, valdavalt karbonaatse, lünliku sedimentatsiooniga madalveeala; 5 — Moskva nõo suhteliselt püsivalt sügavamaveeline ala; 6 — madal kontinent.

Figure 1. A. The drift of the Baltica during the Palaeozoic period (C–D). In the reconstruction the positions of the palaeocontinent are shown with 25 MA intervals (after Torsvik *et al.*, 1992). B. The macrofacial zonality and position of Livonian Tongue in the Baltic basin are given after R. Männili (Мянниль, 1966). Facies zones: 1 — stable hemipelagial area, the distribution area of organic-rich muds; 2 — the unstable outer area of the shelf, the distribution area of light calcareous and dark terrigenous deposits; 3 — subsided pericratonic shelf area (Livonian tongue *sensu stricto*), the distribution area of the red-colored deposits; 4 — stable shelf plateau, shallow carbonate depositional environment with numerous sedimentary discontinuities; 5 — comparatively deep-water area of the Moscow Basin; 6 — continent (lowland).

Sedimentatsiooni Baltikat ümbritsevates basseinides mõjutas triivi ajal, Caradoci keskel (Keila–Oandu eal) toimunud kliimamuutus paravõõtmest tropikasse üleminekul (Jaanusson, 1973; [Мянниль, 1966; Ульст и др., 1982]. Algas riffmoodustiste kujunemine (Мянниль, Эйнасто, 1968) ning puhaste lubimudade ja savikate karbonaatmudade selge tsükliline vaheldumine, mis kestis kuni Raikküla ea lõpuni (Nestor, 1990; Эйнасто, 1986).

Siluris toimunud Baltika ja Laurentia kohtumisega kaasnev setete savikuse kiire kasv Balti basseinis ja K-bentoniidi vahekihtide sage esinemine läbilõikes sellel tasemel on üldiselt teada. Võiks oletada, et samalaadsed nähud ordoviitsiumis, Idavere, Jõhvi ja Keila lademes on põhjustatud analoogilistest protsessidest, mida töi kaasa Avaloonia kohtumine Baltikaga. Arvatavasti tingis see sündmus ka tuntud paksuste inversiooni Idavere ja Jõhvi lademe piiril (Пылма, 1982). Järelikult võime oletada, et Avaloonia kohtus Baltikaga juba Caradoci algul,

seega enne "suurt plahvatust", mille tulemuseks oli "paksu bentoniidi" (*d*-bentoniidi) teke. Viimase absoluutseks vanuseks on seeria määragute alusel loetud 454 Ma (Huff *et al.*, 1992). See määring on kujunemas kogu Euroopa ja Põhja-Ameerika keskordoviitsiumi absoluutse vanuse skaalade üheks tugitasemeks (Webby, 1994).

Ilmselt kujunes Balti basseinil eustaatalise kõrgseisu perioodidel ( $O_{Iar}$ ,  $S_{Iln_3-w_1}$ ) läbi Moskva basseini epikontinentaalne ühendus Uraali ookeaniga (Наливкин, 1933). Eustaatalise madalseisu aegadel ( $D_{II}$ ,  $J_2$ ) see ühendus aga ilmselt sulgus ja Balti bassein muutus suureks laheks.

Oluliseks settimist mõjutavaks faktoriks on tektoonika, eustaatika ja kliima kõrval kindlasti olnud hoovused (sealhulgas ka *upwelling* — külm mandrinõlvalt töusev põjhahoovus), eriti Uraali ookeaniga otseühenduse esinemise epohhidel (Мянниль, 1966; Lindström and Vortisch, 1983). Muda, eriti selle savikomponendi jaotumus basseinis, samuti katkestuspindade sagedus, levik šelfiplatoo piires ja impregnatsioonitüüp (vt. Saadre, 1993) on olnud oluliselt mõjustatud hoovustest. Balti nõgu on seejuures avanud ookeanivetele vaba juurdepääsu mandripanga servast kaugel asuvatele madalveealadele (Мянниль, 1966).

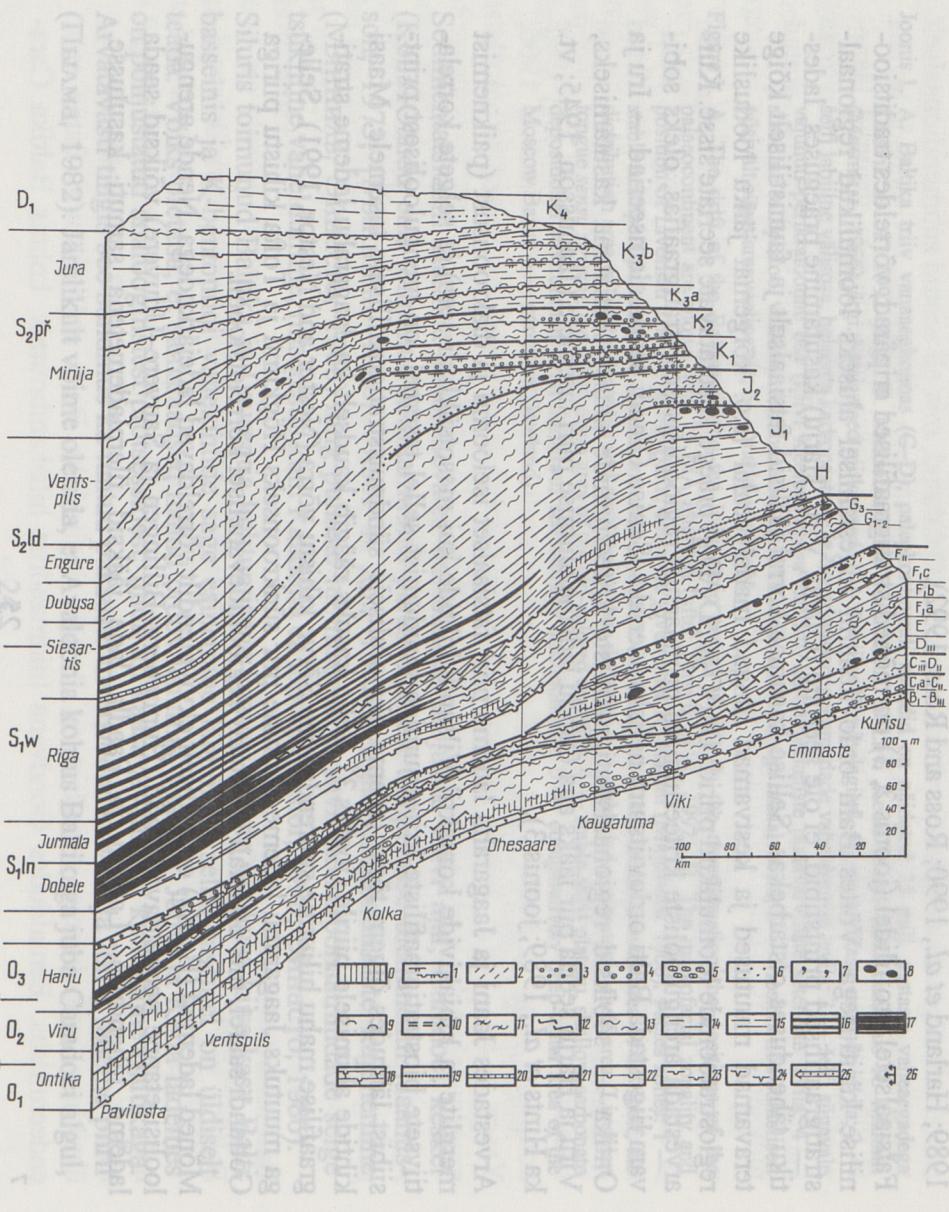
### Fatsiaalne profiil paksuse- ja ajaskaalal

Liivimaa ordoviitsiumi ja siluri meridionaalne fatsiaalne profiil paksuse- ja ajaskaalal (joonis 2, 3) võimaldab teha mitmeid huvitavaid järedusi sedimentatsiooni regionaalsete iseärasuste kohta, seda ka teadmisel, et absoluutse vanuse skaalad pole eri uurijatel viimase ajani kaugeletki ühemõttelised (võrdle näiteks: Bruton and Harper 1988; Cowie and Bassett, 1989; Harland *et al.*, 1990; Ross and Ross, 1992).

Fatsiaalsetel profiilidel (joonis 2, 3) on mõned stratigraafilised eripärad, võrreldes traditsioonilise käsiltusega. Võttes Balti ordoviitsiumi liigestamisel aluseks loomulikud regionaal-stratigraafilised printsibid, ei ole seeriaste (Öland, Viru, Harju) kasutamine praeguses, lades-tiku tähenduses otstarbekas. Sellise kasutuse korral jääksid fatsiaalselt ja faunistiliselt kõige teravamat muutused ja kestvamat lüngad madalveealal (s.o. kõrgemat järku looduslike regioonide loomulikud piirid:  $O_{Itr} \backslash O_{2ar}$ ,  $D_{II} \backslash D_{III}$ ) praegu kasutatavate seeriaste sisse. Kui arvestada arengulooliste kriteeriumide primaarsust regioonisises stratigraafias, oleks sobivam liigestada Balti ordoviitsium neljaks seeriaks. Senise Ölandi seeria alamseeriad — Iru ja Ontika — sobiksid regionaalstratigraafiliste kriteeriumide alusel seeriata kasutamiseks, Viru ja Harju seeria piir jääks aga Oandu lademe alumise piiri tasemele (Jaanusson, 1945; vt. ka Hints *et al.*, 1989; joonis 3).

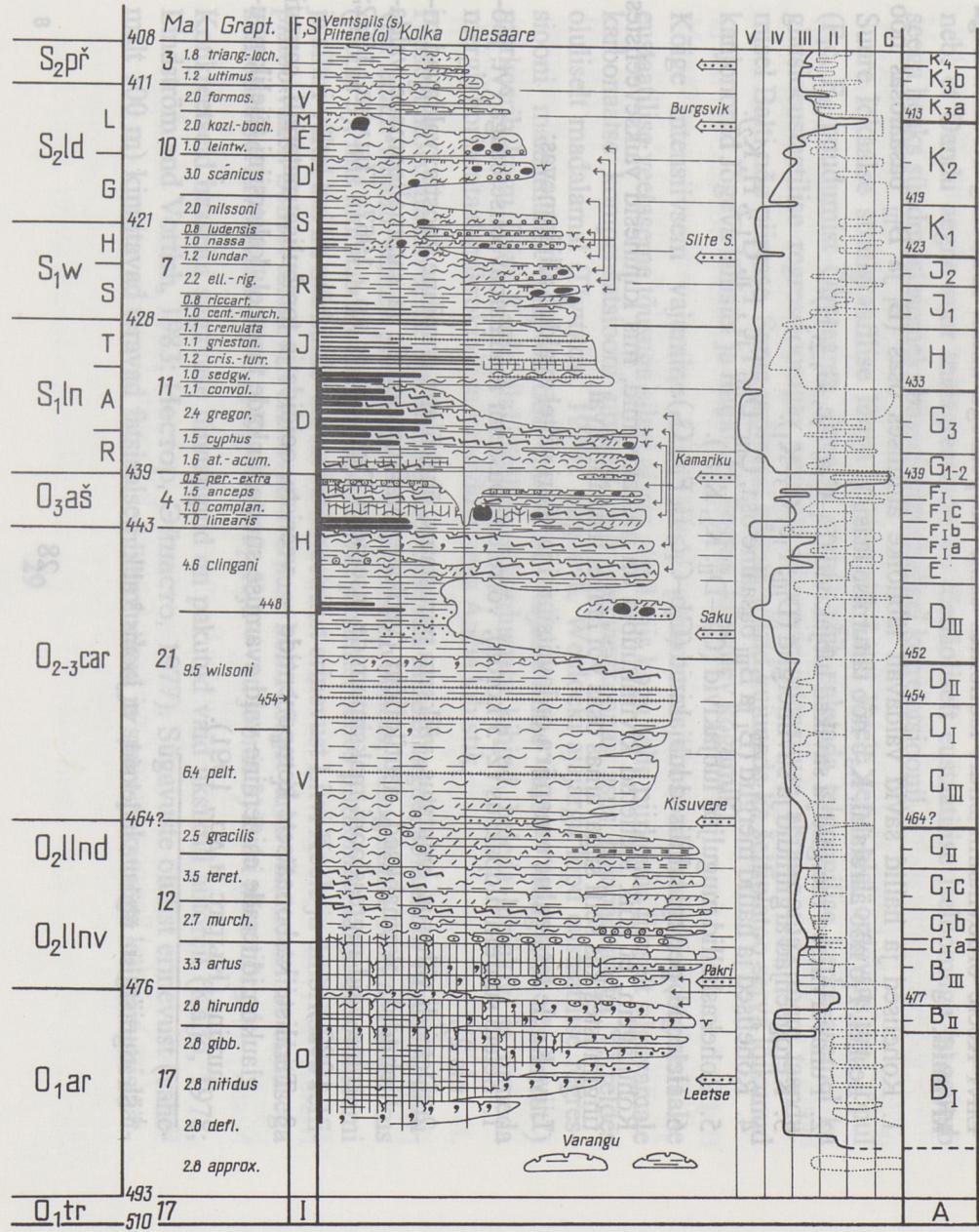
Arvestades Jaani ja Jaagarahu lademe piiri fatsiaalset iseloomu ja diakroonsust (paiknemist merglite ja lubjakivide kontakti Vilsandi kihtide kui mesotsükliidi sees) ja selgete korrelatiivsete biostratigraafiliste kriteeriumide puudumist sellel tasemel, on arenguloolisest printsibist lähtudes õigem tösta lademe piir olulisele sündmusstratigraafilisele tasemele, Maasi kihtide alumisele piirile (joonis 3). Selle kasuks räägib kaudselt ka Jaagarahu lademe stratigraafilise mahu hiljutine suurendamine Sõrve kihistu vörra (Nestor and Nestor, 1991). Selle-ga muutuks Jaagarahu lademe alumine piir sünkroonseks Högklinti ja Tofta kihistu piiriga Gotlandi saarel, mis on laialt kasutatav regioonidevahelisel korrelatsioonil.

Mõned lademed ( $B_1$ ,  $K_2$ ) on ajaliselt ekvivalendilt võrreldavad ladejärkudega. Nende arenguloolisi etappe peegeldavad vööd (Hunneberg–Billingen ja Sauvere–Uduvere) võiksid saada lademe tähenduse. Latorpi ja Paadla lade jääksid ülemlademetena samuti kasutusse.



Joonis 2. Ordoviitsiumi ja siluri ladestu paelasundi meridionaalne fatsiaalne profiil (paksuste alusel) üle Hiumaa, Saaremaa ja Kuramaa, s.o. avamuselt Liivi Keele telgjooneni. Koostamisel on arvestatud ka S. Mägi ja T. Saadre andmeid (Менс и др., 1992). Paksuste hüppeline kasv algab Harju seeriaga. Tingmärgid: 0 — punavärvi-setted; 1 — laguunsed settelised dolomudad; 2 — madalikulised kaaneliivad; 3 — madalikulised teralised onkoliit- ja karplubisette; 4 — lubiooidid; 5 — raudooidid lubisette põhimassis; 6 — terrigenses aleuriit- ja liivasetendid; 7 — glaukonitiitlubjakivi; 8 — rifid ja mudapangad; 9 — brahhiopood- ja karplubjakivid; 10 — kukersiidi vahekivid; 11 — sulutud šelfi savikad lubimudad; 12 — suletud ja avatud šelfi puhtad lubimudad; 13 — avašelfi lainjaskihilised lubimudad; 14 — savised lubimudad šelfi stügavamas osas või nõlva ülaosas; 15 — lubised savimudad laugel nõlval; 16 — organikat sisaldavad savimudad üleminekualal; 17 — organikarikkad savimudad; 18 — sagedaste settekkestustega eliplatoo lubisetendid; 19 — K-bentoniidid; 20 — mikrokihiline lubisavimuda, *G. nassa* tsooni tasemel; 21 — kultuspinnad ja põiksused; 22 — tugevamad katkestuspinnad; 23 — veeristeks lõhutud katkesetuspinnad; 24 — kuivalõhed; 25 — aleuriidi ja peenliiva siskeanne; 26 — peegelsümmeetria.

Figure 2. The meridional facies profile of the Ordovician-Silurian limestone megaformation (based on the thicknesses) over Hiumaa and Saaremaa Islands to the Kuramaa Peninsula, i. e. from outcrop area to the axial line of Livonian Tongue. In the compilation of the profile the data of S. Mägi and T. Saadre (Менс и др., 1992) have been used as well. Note the drastic increase of the thicknesses on the lower boundary of the Harjuan Series. Legend: 0 — redcolor sediments; 1 — lagoonal sedimentary dolo-muds; 2 — shoaly biotrital grainstones; 3 — shoaly oncotic and shelly grainstones; 4 — calcareous ooids; 5 — the ferric ooids in the calcareous matrix; 6 — terrigenous silty and sandy deposits; 7 — glauconitic limestones; 8 — reefs and mud-mounds; 9 — brachiopod and pelecypod coquina; 10 — kukersite interbeds; 11 — argillaceous calcareous muds of restricted shelf; 12 — pure calcareous muds of restricted and open shelf; 13 — wavy-bedded calcareous muds of open shelf; 14 — clayey calcareous muds in the deeper part of the shelf or in the upper part of the slope; 15 — calcareous clay-muds of the slope; 16 — organic-containing clay-muds of the transitional area; 17 — organic-rich clay-muds; 18 — calcareous muds of the shelf plateau with sedimentary discontinuities; 19 — K-bentonites; 20 — laminated calcareous clay-muds on the *G. nassa* level; 21 — erosional surfaces and unconformities; 22 — the most important discontinuity surfaces; 23 — discontinuity surfaces, eroded into pebbles; 24 — mud-cracks; 25 — the inflow of silt and fine sand; 26 — mirror symmetry.



Joonis 3. Eesti ordoviitsiumi ja siluri ladestu koondlääbilõige ajaskaalal, fatsiaalse tugiprofili alusel. Koostamisel on kasutatud Harland *et al.*, 1990; Ross and Ross, 1992; Huff *et al.*, 1992, Kaljo *et al.*, (trükis) ja L. Hintsi (avaldamata) ajalisi andmeid. Tingmärgid — vt. joonis 2. Fatsiaalsed kõverad: avamusel (punktuur) ja Liivi Keele teljeosas (pidev joon). F — kihistud; S — seeriad. I-V, C — fatsiaalsed võöndid: I — laguun, II — madalik, III — avašelf, IV — nõlv, üleminekuala, V — depressioon, C — kontinent.

Figure 3. The generalized section of the Ordovician and Silurian systems in Estonia, based on the facies profile and shown on the time-scale. In this compilation the data of Harland *et al.*, 1990; Ross and Ross, 1992; Huff *et al.*, 1992, Kaljo *et al.* (in press) and L. Hints (pers. comm.) have been used. See Figure 2 for legend. Facies curves: in the outcrop area as a dotted line, in the centre of the Livonia Tongue as solid line. F — Formations; S — Series. I-V, C — facies belts: I — lagoonal, II — shoaly, III — open shelf, IV — transitional, slope, V — basional, C — continental.

## Stratigraafiliste ühikute indeksid — Stratigraphical indexes

**Seeriad (Series, Macroformations):** I — Iru, O — Ontika, V — Viru, H — Harju.

**Kihistud (Formations):** D — Dobele, J — Jurmala, R — Riga,  
S — Siesartis, D' — Dubysa, E — Engure, M — Mituva, V —  
Ventspils.

**Siluri standardlademed (Silurian stages):** R — Rhuddanian, A — Aeronian, T — Telychian, S — Sheinwoodian, H — Homerian, G — Gorstian, L — Ludfordian.

**Lademed (Regional stages):** B<sub>I</sub> — Latorpi(an), B<sub>II</sub> — Volhovi(an)  
 B<sub>III</sub> — Kunda(n), C<sub>I</sub>a — Aseri(an), C<sub>I</sub>b — Lasnamäe  
 (Lasnamägian), C<sub>I</sub>c — Uhaku(an), C<sub>II</sub> — Kukruse(an), C<sub>III</sub> —  
 Idavere(an), D<sub>I</sub> — Jõhvi(an), D<sub>II</sub> — Keila(n), D<sub>III</sub> — Oandu(an),  
 E — Rakvere(an), Fia — Nabala(n), Fib — Vormsi(an), Fic —  
 Pirgu(an), F<sub>II</sub> — Porkuni(an), G<sub>1-2</sub> — Juuru(an), G<sub>3</sub> — Raikküla(n),  
 H — Adavere(an), J<sub>I</sub> — Jaani(an), J<sub>2</sub> — Jaagarahu(an), K<sub>1</sub> —  
 Rootsiküla(n), K<sub>2</sub> — Paadla(n), K<sub>3</sub>a — Kuressaare(an), K<sub>3</sub>b —  
 Kaugatuma(n), K<sub>4</sub> — Ohesaare(an).

**Ajaskaalal** (joonis 3) selguvad ilmekalt suure stratigraafilise ulatusega settelüngad ( $B_I \setminus B_{II}$ ,  $C_{II} \setminus C_{III}$ ,  $D_{II} \setminus D_{III}$ ,  $F_{Ia} \setminus F_{Ib}$ ,  $F_{II} \setminus G_{1-2}$ ,  $G_3 \setminus H$ ,  $J_2 \setminus K_1$ ,  $K_1 \setminus K_2$ ,  $K_2 \setminus K_3a$ )<sup>1</sup>, mille ajaline ekvivalent avamusel võis ulatuda mõne miljoni aastani. Šelfiplatool on kestvamate lünkadega kaasnened kvartsaleuriidi ja peene liiva sissekanne (joonis 3; vt. ka Nestor and Nestor, 1991; Пылма, 1982).

Suurte lünkade tasemel on Liivi Keele keskosas madalaveelisi setteid kujunenud üksnes Porkuni ea lõpul; katkestuspiinnana on need lüngad fikseerunud vaid mõnedel tasemetel ( $B_I \setminus B_{II}$ ,  $C_{II} \setminus C_{III}$ ,  $D_{II} \setminus D_{III}$ ,  $F_{Ia} \setminus F_{Ib}$  ja  $K_2 \setminus K_3a$ ).

Võrreldes lademetega paksusi ordoviitsiumis ja siluris (joonis 2) nende ajalise kestusega (joonis 3) veendume settimiskiiruse pidevas jätk-järgulises suurenemises kogu läbilõike ulatuses (Arenigist Přídolini).

**Arenguloo** erinevused madalveelise šelfiala ja Liivi Keele keskmiste sügavustega piirkonna vahel avalduvad üsna selgelt fatsiaalsetel köveratel (joonis 3). Köverate suur vahekaugus joonisel viitab basseini batümeetrilisele diferentseeritusele vastaval ajamomendil, köverate lähedus ja paralleelsus (eriti  $B_{III} - D_{II}$ ) näitab sügavuste väiksemat erinevust.

### Liivi Keele olulisemad eripärad

Paleotektooniliselt oli Liivi Keel hiliskaledoonia epohhil perikratoonse asendiga aperiodiliselt vajuv maakooreplakk.

Liivi Keele ordoviitsimi–siluri läbilõikès esinevad peaaegu ainult **mudalise struktuuriga kivimid**:

1. Rohelised ja hallid savid valdavalt läbilõike alumises osas ( $B_I$  ja  $B_{III}$  basaalosas nõo keskel,  $F_Ib$  nõo äärelalal,  $K_3b$  nõo täitumise faasis).
2. Punavärvilised merglid ja savikad lubjakivid ( $B_I - C_{Ia}$ ,  $F_{Ic}$ ,  $G_{1-2}$ ,  $H$ ).
3. Kerogeenjad argilliidid ja savimerglid ( $D_{III}$ ,  $F_{Ib}$ ,  $G_3 - K_1$ ).
4. Rohelised ja hallid merglid ( $B_I$  ja  $B_{III}$  basaalne osa,  $C_{III} - D_{III}$ ,  $F_{Ic}$ ,  $F_{II}$ ,  $G_{1-2}$ ,  $H$ ,  $K_2$ ).
5. Rohekashallid muguljad lubjakivid ( $C_{Ic} - D_{II}$ ,  $K_2$ ,  $K_3a$ ).
6. Heledad, peitkristallilised lubjakivid ( $C_{Ib} - C_{Ic}$ ,  $E$ ,  $F_{Ia}$ ,  $G_3$ ).

Rõhutagem, et kõik loetletud kivimitüübidi on mudakivimid, mis kujunesid vaikseveelistes tingimustes kas šelfi sügavamas osas või laugel mandrinõlval.

Liivi Keele fatsiaalne omapära ordoviitsiumi ja siluri välitel avaldub alljärgnevas:

1. Setete suurem üldpaksus (2–5 korda), võrreldes basseini madalamaveelise osaga (vt. joonis 2).
2. Detriidi vähesus, hajutatus, väiksem purustatus, ühekülgne grupiline koostis: valdavad trilobiidid, okasnahksed, nautiloovid (vetikate, brahhiopoodide ja sammaloomade valdamine vaid regressiooni maksimumide tasemetel Гайлите и др., 1967; Пылма, 1972; 1982).
3. Teraliste karbonaatsete komponentide — veeriste, ooidide ja tombulise materjali, samuti glaukoniiditerade esinemine vaid avamuse suurte lünkade tasemel; kukersiini täielik puudumine (Кыртс и др., 1991).

<sup>1</sup> Stratigraafiliste ühikute indeksid, vt. joonis 3 allkiri.

4. Pidev settimine, katkestuspindade vähesus ja nende nõrk markeeritus (Saadre, 1993; Эйнасто, 1989).

Oluline on rõhutada, et Liivi Keele faatsiesed on Balti basseini piires küll sügavaimad, ent laiemal paleogeograafilisel — oocean-kontinent — taustal vaid vahe- ehk ülemineku-faatsiesed.

**Olulisematest sündmustest** Liivi Keele arenguloos peaksime esile tõstma eeskätt kõrgemat ja keskmist järku sedimentatsioonitsükleid, mis peegeldavad tektooniliste liikumiste ja eustaatiiliste kõikumiste koosmõju: ulatuslik vajumine ja/või eustaatiiline transgressioon  $B_1$ ,  $C_{III}$ ,  $D_{III}$ ,  $G_{1-2}$ ,  $H$ ,  $K_2$ ,  $K_3a$  ea algul; ulatuslik kerkimine ja/või eustaatiiline regressioon:  $B_{II}$ ,  $D_{II}$ ,  $F_{II}$ ,  $G_3$ ,  $J_2$ ,  $K_1$ ,  $K_2$ , ea lõpul ja  $K_3a$  keskel (joonis 3).

Balti basseini hiliskaledoonia arenguepohhi üks olulisim sündmus — ulatuslik transgressioon Oandu eal — töi Liivi Keele piires esmasekordelt kaasa orgaanikarikaste mudade settimise. Loode-Eesti piires formeerus ligikaudu samal ajal, esmakordelt ordoviitsiumi välitel, suure paksusega (kuni 14 m) akumulatiivne tsüstiidlubjakivi suurte biohermilaadsete kehadega (Vasalemma kihistu), mis lasub lüngaga Pääsküla ealistel lubisetenditel.

Laškovi (Лашков, Пашкевичус, 1989) andmetel on basseini lõunanõlval Oandu ealised merglid põikse lasumusega, olles Ukraina kilbi perifeersel alal kontaktis ka aluskorrapäevitega. Analoogiliselt lasub *clingani*-ealine Trentoni "seeria" Põhja-Ameerikas kohati otse aluskorral (Harland *et al.*, 1985); Kasahstanis lasuvad samaaegsed Anderkeni lademe rifflubjakivid lüngaga põikselt terrigeenseil kivimeil (Никитин и др., 1974). Samaaegne ulatuslik transgressioon avaldub Siberi platvormil (Мяткова и др., 1977). Ülaltoodust ilmneb, et Oandu aegne suur transgressioon on töenäoliselt eustaatiilise iseloomuga ja osutub seega heaks sündmustasemeks basseinidevahelisel korrelatsioonil.

Suure lokaalse stratigraafilise lünga kujunemist Liivi Keele serva-alal ordoviitsiumi lõpul ( $F_{Ic}$ ,  $F_{II}$  puudumist Ohesaares, Ares ja mujal) võib seletada tektoonilise kerke asemel ka glatsioeustaatiilise regressiooniga: savikate kivimite intensiivse abrasiooniga mere taandumisel Balti nõo piiresse. Sama protsessi käigus võisid kujuneda ka šelfiplatoo serva lõikunud kanjonorud Jõgeva lähistel ja mujal (H. Perens, käesolev kogumik).

Kõige intensiivsem vajumine Liivi Keele piirkonnas koos samaaegse postglatsiaalse eustaatiilise veetaseme tõusuga siluri ajastu algul viis kogu selle piirkonna ilmselt sügavamale karbonaatse kompensatsiooni nivoõst, mis vanaaegkonnas asus tänapäevasega vörreldes oluliselt madalamal (Пучков, 1979). Järgneva, Wenlocki ajajärgu lõpu eustaatiilise regressiooni maksimumi (graptoliitide massilise väljasuremise taset, "lundgreni sündmust") markeerib kogu Liivi Keele alal läbilõikes kordumatu kihind, heleda lubjakivi ja tumeda mergli horisontaal-mikrokihilise vahendumisega Ančia kihistik.

Peaaegu kõik madalveelise ala läbilõigetes esinevad makrolüngad, sõltumata vanusest, täituvad enam-vähem samas piirkonnas — üleminekuvööndis, Kaugatuma–Kolka vahemikus (joonis 3), mis kinnitab nii alangu järjepidevat püsimest selles piirkonnas kogu ordoviitsiumi ja siluri välitel kui ka märkimisväärset batümeetrilist erinevust Liivi Keele ja ümbritseva šelfiplatoo vahel. Sellest tulenevalt eristuvad avamuse kolm kõrget järku sümmeetrilise ehitusega karbonaatset kivimkeha ( $B_I-C_{III}$ ,  $D_{III}-G_3$  ja  $J_2-K_3a$  — vt. joonis 3) Balti nõos nõrgalt.

Konkreteid basseini sügavuse hinnanguid on pakutud vaid üksikuil autoreil (Kaljo, 1978; Lindström and Vortish, 1983; Нестор, Эйнасто, 1977). Sügavuste olulist erinevust (vähemalt 100 m) kinnitavad teravad fatsiaalsed üleminekud ja suure paksusega külgtäitumisläätsed.

sed, mis esinevad alates Pirgu east kuni Kuressaare eani. Pridoli ajajärgul Balti jäänuknõgu täitus ja devoni ajastu algul, kaledoonia epohhi lõpul tasandus täielikult (Эйнасто, 1986).

**Tänuavaldis.** Käesoleva töö teostus on saanud võimalikuks tänu ETF uurimistoetusele nr. 1662. Autori siiras tänu kuulub Jüri Nemliherile teksti vormistamise, Tõnu Meidlale hinnaliste märkuste ja redaktsiooni ning K. Rongale jooniste väga korrektse vormistamise eest.

## KIRJANDUS

- Bruton, D. L. and Harper D. A. T.** 1988. Arenig-Llandovery stratigraphy and faunas across the Scandinavian Caledonides. In: Harris, A. L., Fettes, D. J. (eds.). The Caledonian-Appalachian Orogen. Geological Society special Publication, Blackwell Scientific Publications, 247–268.
- Cowie, J. W. and Bassett, M. G.** 1989. Global stratigraphic chart with geochronometric and magnetostratigraphic calibration. *Episodes*, **12**, 2, 1.
- Jaanusson, V.** 1945. Über die Stratigraphie der Viru- resp. Chasmops-Serie in Estland. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, **67**, 2, 212–224.
- Jaanusson, V.** 1973. Aspects of carbonate sedimentation in the Ordovician of Baltoscandia. *Lethaia*, **6**, 11–34.
- Harland, T. L., Pickerill, R. K. and Fillion, D.** 1985. Ordovician intracratonic sediments from the Lac-St-Jean and Chicoutimi areas, Quebec, eastern Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **22**, 240–255.
- Harland, W. B., Armstrong, R. L., Cox, A. V., Craig, L. E., Smith A. G. and Smith, D. G.** 1990. A geological time scale. Cambridge UK, Cambridge University Press, 1–263.
- Harris, A. L. and Fettes, D. J. (eds.)** 1988. The Cambrian-Appalachian orogen. Geological Society Special Publication no. 38, Blackwell Scientific Publications, 1–643.
- Hints, L., Meidla, T., Nõlvak, J. and Sarv, L.** 1989. Some specific features of the Late Ordovician evolution in the Baltic Basin. *Proceedings of the Academy of Sciences of the Estonian SSR. Geology*, **38**, 2, 83–87.
- Huff, W. D., Bergström, S. M. and Kolata D. R.** 1992. Gigantic Ordovician volcanic ash fall in North America and Europe: biological, tectonomagmatic and event-stratigraphic significance. *Geology*, **20**, 875–878.
- Kaljo, D. L.** 1978. On the bathymetric distribution of graptolites. *Acta Paleontologica Polonica*, **23**, 4, 523–531.
- Kaljo D., Boucot, A. J., Corfield, R. M., Koren, T. N., Kriz, J., Le Harisse, A., Männik, P., Märss, T., Nestor, V., Shaver, R. H., Siveter, D. J. and Viira, V.** Silurian bioevents. In: Walliser, O. H., Kaufman, E. G. (eds.). Phanerozoic global events and event-stratigraphy. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag (in press).
- Lindström, M. and Vortisch, W.** 1983. Indications of upwelling in the Lower Ordovician of Scandinavia. In: Thiede, J., Suess, E. (eds.). Coastal upwelling. In: *Sediment Research. Part B: Sedimentary Records of ancient coastal upwelling*. New York, 535–551.
- Nestor, H.** 1990. Basin development and facies models. In: Kaljo, D., Nestor, H. (eds.). Field Meeting Estonia 1990. An Excursion Guidebook. Tallinn, 1990, 33–36.
- Nestor, V. and Nestor, H.** 1991. Dating of the Wenlock carbonate sequences in Estonia and stratigraphic breaks. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology*, **40**, 2, 50–60.
- Ross, J. R. P. and Ross, C. A.** 1993. Ordovician sea-level fluctuations. In: Webby, B. D., Laurie J. R. (eds.). *Global Perspectives on Ordovician Geology*. Rotterdam, 327–335.

- Saadre, T.** 1993. Middle and Upper Ordovician discontinuity surfaces in northern Estonia (zonality based on their impregnation type). *Bulletin of the Geological Survey of Estonia*, 3/1, 33–39.
- Torsvik, T. H., Smethurst, M. A., van der Voo, R., Trench, A., Abrahamsen, N. and Haljorsen, E.** 1992. Baltica. A synopsis of Vendian-Permian palaeomagnetic data and their palaeotectonic implications. *Earth-Science Reviews*, 33, 133–152.
- Webby, B.** 1994. Towards establishing globally applicable boundaries for the Ordovician system: major international divisions and criteria for definitions. *Ordovician News*, 11, 6–15.
- Webby, B. D. and Laurie, J. R. (eds.)** 1992. *Global perspectives on Ordovician Geology*. Rotterdam, 1–513.
- Гайлите Л. К., Рыбникова М. В., Ульст Р. Ж.** 1967. Стратиграфия, фауна и условия образования силурийских пород Средней Прибалтики. Рига, Зинанте, 1–302.
- Гарецкий Р. Г., Сувейзис П., И.** (ред.) 1987. Тектоника, фации и формации запада Восточно-Европейской платформы (проект 86). Минск, 1–214.
- Кальо Д. А. (ред.)** 1970. Сибирь Эстонии. Таллинн, Валгус, 1–343.
- Коркутис В. А., Лапинская П. П., Лашков Е. М.** Литология и фации нефтеносных отложений нижнего палеозоя Южной Прибалтики. М., Недра, 1972, 1–179.
- Кыртс А., Мянниль Р., Пылма Л., Эйнасто Р.** 1991. Этапы и обстановки накопления кукерситовой (водорослевой) органики в ордовике и силуре Эстонии. В кн.: Кальо Д. и др. (ред.). Важнейшие биотические события в истории Земли. Тр. 32 сессии ВПО, Таллинн, 87–95.
- Лашков Е. М., Пашкевичюс И. Ю.** 1989. Стратиграфические проблемы и седиментационные перерывы в разрезе ордовика западного края Восточно-Европейской платформы. Научные труды высших учебных заведений Литовской ССР. Геология, 10, 12–36.
- Менс К., Клесмент А., Мяги С., Саадре Т., Эйнасто Р.** 1992. Разрез каледонского структурного комплекса западной Прибалтики (по линии Тахкуна – Голда). *Известия АН ЭССР. Геология*, 41, 3, 124–138.
- Мягкова Е. И., Нестор Х. Э., Эйнасто Р. Э.** 1977. Разрез ордовика и силура реки Мойеро (Сибирская платформа). Новосибирск, Наука, 1–176.
- Мянниль Р. М.** 1966. История развития Балтийского бассейна в ордовике. Таллинн, Валгус, 1–200.
- Мянниль Р. М., Эйнасто Р. Э.** 1968. Распределение рифогенных образований ордовика и силура в Балтийском бассейне. В кн.: Ископаемые рифы и методика их изучения. Свердловск, 72–78.
- Наливкин Д. В.** 1933. Учение о фациях. Ленинград, 1–217.
- Нестор Х. Э., Эйнасто Р. Э.** 1977. Фациально-седиментологическая модель силурийского Палеобалтийского периконтинентального бассейна. В кн.: Кальо Д. (ред.) Фации, фауна и стратиграфия силура Прибалтики. Таллинн, 89–121.
- Никитин И. Ф., Гниловская М. Б., Журавлева И. Т., Лучинина В. А., Мягкова Е. И.** 1974. Андеркенская биогермная гряда и история ее образования. В кн.: Бетехтина О. А., Журавлева И. Т. (ред.). Среда и жизнь в геологическом прошлом (Палеоэкологические проблемы). Новосибирск, Наука, 122–159.
- Пучков В. Н.** 1979. Батиольные комплексы пассивных окраин геосинклинальных областей. Москва, 1–200.
- Пылма Л.** 1967. О переходной полосе между северной и осевой фациальными зонами ордовика Прибалтики. *Известия АН ЭССР. Химия. Геология*, 16, 3, 272–275.
- Пылма Л.** 1972. Состав и количество дегрита в отложениях осевой фациальной зоны ордовика Прибалтики (по скважине Энтуре). *Известия АН ЭССР. Химия. Геология*, 21, 2, 148–154.

Пылма Л. 1982. Сравнительная литология карбонатных пород ордовика Северной Прибалтики. Таллинн, Валгус, 1 – 164.

Ульст Р. Ж., Гайлите Л. К., Яковлева В. И. 1982. Ордовик Латвии. Рига, Зинанте, 1 – 294.

Эйнасто Р. Э. 1986. Основные стадии развития и фаунильные модели силурийского краевого бассейна Балтики, В кн.: Теория и опыт экостратиграфии. Таллинн, Валгус, 37 – 54.

Эйнасто Р. Э. 1989. Система перерывов в силуре Северной Прибалтики, В кн.: Соколов Б. С., Наливкин В. Д. (ред.). Геология и палеонтология. К 100-летию со дня рождения акад. Д. В. Наливкина. Ленинград, 142 – 153.

## ON THE ROLE OF THE LIVONIAN TONGUE IN THE EVOLUTION

### OF THE BALTIC CONTINENT

Rein Einasto

#### Summary

The Baltic depression, which existed for about 80 million years, was highly significant in the Caledonian development stage of the Baltica Continent. Its sequence is characterized by a great thickness, stratigraphical completeness, occurrence of mud-deposits, deep-water red-colored sediments with rare indistinctly marked hiatuses and relatively monotonous taxonomical composition of fossil fauna.

The Livonian Tongue, formed by the transitional terrigenous-carbonate facies, extended far to east at the Baltic Depression (Figure 1). These facies occurred between the oceanic organic-rich muds on the continental margin and carbonate sediments on the shelf plateau.

In the late Caledonian period the Baltica Continent drifted from high latitudes of the Southern Hemisphere to the tropics. During this drift Baltica met two continents: small Avalonia in the mid Caradoc and big Laurentia in the early Silurian (Figure 1; Torsvik *et al.*, 1992). These encounters obviously caused the increase in the sedimentation rate of the clay matter and frequent deposition of K-bentonites ( $C_{III}$ - $D_{II}$  and  $H'V$ - $J_1$ ) in the Baltic basin. The tropical-climate period was characterized by more intensive and cyclic formation of calcareous mud and the beginning of rift-building period in the basin.

From the late Llandovery onward the role of clay material in deposits (weathering products of rising Caledonides) was increasing gradually. In the beginning of the Devonian the Baltic depression became completely filled by sediments (Figure 2).

During eustatic high stands of ocean ( $O_1ar$ ,  $O_2lland$ ,  $O_2car_2$ ,  $S_1ln_3$ - $S_1w_1$ ) the Baltic Basin turned into an epicontinental strait-sea, directly connected with the Uralian Ocean. During eustatic low stands, however, this connection was closed and the Baltic Basin turned into a pericontinental gulf. Currents and upwelling greatly affected the sedimentation in the Baltic Basin.

According to the geological time-scale, the longer stratigraphic hiatuses within the nowdays outcrop area ( $D_{II}/D_{III}$ ,  $G_3/H$ ,  $K_1/K_2$  and  $K_2/K_3a$ ) could have lasted for some million years. The evolutionary history of the area is clearly reflected in facies curves (Figure 3) of the middle part of the Baltic depression, composed on the basis of sections.

# OIDIDE LEVIKUST EESTI KESKORDOVIITSIUMIS

Tõnis Saadre

Eesti Geoloogiakeskus

## Sissejuhatus

Ooididel on Baltoskandia ordoviitsiumi paleobasseini settekomponentide seas eriline koht. Nad esinevad peamiselt vahemikus Kunda lademest Idavere lademeni ja Porkuni lademes (Пылма, 1982). Ülejäänud läbilöikeosas leidub neid episoodiliselt veel Jõhvi lademes (L. Ainsaare andmetel) ja Vormsi lademes (Пылма, 1982). Lubiooidid, mis on valdavaks ooidüübiks retsentsetes setetes, on meil vaid ordoviitsiumi kõige ülemistes kihtides: Porkuni lademe Salduse kihistu Piltene kihistikus, moodustades seal tüüpilise ooiidlubjakivi (Мянниль, 1966; Ораспыль, 1975; Пылма, 1982). Ülejäänud juhtudel on tegemist peamiselt raudoooididega. Nendega koos või samadel stratigraafilistel tasemetel eraldi lokaliseeritult leidub vähemal määral ka fosfaatseid (frankoliitseid ehk karbonaatfluorapatiitseid) ooidi.

Ooidide levikule Eesti aluspõhjas on peale nende esmamainimist möödunud sajandi esimesel poolel (Engelhardt und Ulprecht, 1830) korduvalt tähelepanu pööratud (Schmidt, 1881; Lamansky, 1905 ja paljud teised). Kõige detailsemalt on Eestis ooidide levikut ja ehitust käsitletud Kunda lademe (Orviku, 1960a; Orviku, 1960b) ja Aseri lademe puhul (Jaansoon-Orviku, 1927; Orviku, 1940; Sturesson and Bauert, 1994). Ülevaate ooidide ehituse ja leviku kohta Põhja- ja Kesk-Baltikumi ordoviitsiumi karbonaatses kompleksis on andnud L. Põlma (Пылма, 1982). Kui varasemad urijad olid sunnitud piirduma peamiselt klindilähedase ala paljanditega, siis alates 1920. (eriti aga 1960.) aastatest on olnud võimalik tugineda rohketele puursüdamiktele. Käesoleva artikli peamiseks eesmärgiks ongi viimastel aastakümnetel eelkõige geologilise kaardistamise puuraukudest pärieva informatsiooni pindalaline esitus. Käsitluse mõningane lükklikkus on tingitud asjaolust, et tegemist pole originaaluurimusega, vaid olemasolevate materjalide kompileerimisega.

Kuigi ooidid ulatuvad Põhja-Eesti vööndist keskvööndini (Liivi Keel), on nende leviku vertikaalne ulatus läbilöikes kõige suurem Kesk- ja Lõuna-Eestisse jäävas üleminekuvööndis (Пылма, 1982).

## Ooidide koostis ja liigitus

Eesti ordoviitsiumi läbilöikes esinevad raudoooidid koosnevad viimaste andmete kohaselt peamiselt limoniidist ehk raudoksühüdroksiidist (Sturesson and Bauert, 1994). Peale selle sisaldaavad nad vähesel määral götti, mida varem peeti ooidide põhikomponendiks (Пылма, 1982), ja frankoliiti (karbonaatfluorapatiti), mis on fosfaatsete ooidide põhimineraaliks. Fosfaatsed ooidid sisaldaavad lisanditena götti ja püriiti (Пылма, 1982). Nii fatsiaalsetele (Orviku, 1940) kui ka geokeemilistele (Sturesson and Bauert, 1994) argumentidele tuginedes peetakse töenäoliseks fosfaatsete ooidide diageneetilist, tekke raudoooidide baasil.

Oma kitsas tähinduses on ooidid ühe-kahe (algooidid) või enama kattekihiga kaetud tuumad. Geologilises kirjanduses (Jaansoon-Orviku, 1927; Orviku, 1940; Пылма, 1982; Sturesson and Bauert, 1994) on seda terminit kasutatud ka koondmõistena töeliste ooidide ja pseudo-

oidide (Орику, 1960a) tähistamiseks. Viimased on limoniidistunud detriidosakesed ja assotsieeruvad enamasti tõeliste ooididega. Analoogiliselt, tihti ooidide iseloomu kitsamalt piiritlemata, on terminit kasutatud ka Eesti Geoloogiakeskuse aruannetes. Seetõttu on ka käesolevas ülevaates kasutatud terminit *ooid* laias tähinduses.

## Ooidide levik

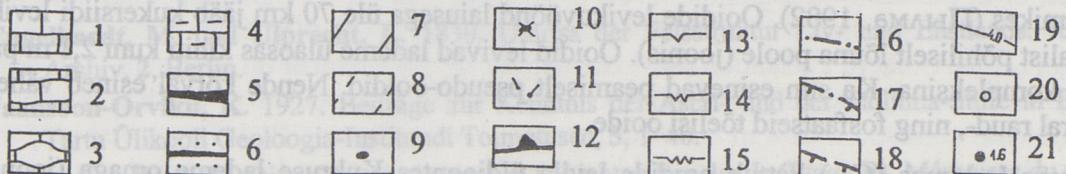
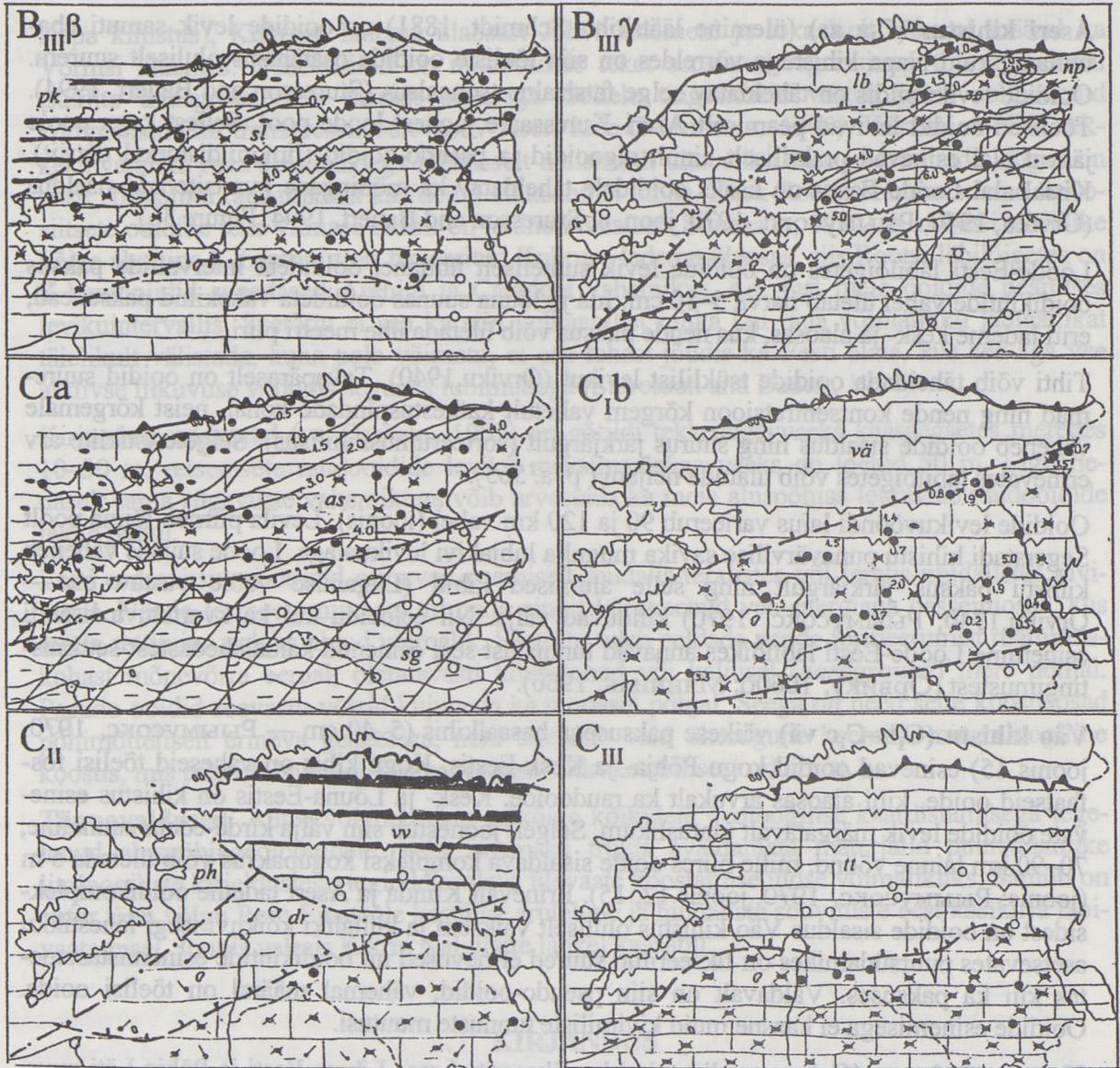
**Sillaoru kihistu ( $B_{II}-B_{III}sl$ )** (alumine läätskiht: Schmidt, 1881) haarab 70–140 km laiuse kirde-edela-suunalise vööndina enda alla suurema osa Eestist (joonis). Kihistu koosneb Pada ja Voka kihistikust. Volhovi ealine Pada kihistik levib vaid Kirde-Eestis klindilähedasel alal. Kihistiku paksus on väike: alla 20 cm (tavaliselt alla 10 cm). Pada kihistiku omapäräks on lisaks väga väikestele raudoooididele ka glaukoniiditerade esinemine. Kihistiku lamav ja lasuv pind on katkestuspinnad.

Voka kihistiku paksus ulatub 1,9 meetrini, jäädes valdavalt siiski vahemikku 0,5–1,0 m. Kihistik koosneb peamiselt keskmiselt kuni tugevalt savikast, keskmisekihilisest tumehallist lubjakivist. Sagedased on mergli kelmed ja vahekihad. Ooidide sisaldus Voka kihistikus varieerub nii vertikaalselt kui ka pindalaliselt olulisel määral. Nende valdav sisaldus on 20–30% (siin ja edaspidi on ooidide sisaldus antud kivimi kogu massi kohta). Kihiti on ooidide sisaldus nullilähedane, mõnedel andmetel (Mägi, 1990) võib nende maksimaalne sisaldus ulatuda 80%-ni. Oluliselt varieerub ka tõeliste ooidide ja pseudo-ooidide vahekord ooidide üldhulgas. Üldreeglina väheneb tõeliste ooidide osatähtsus sujuvalt Loode-Eestist kagu suunas.

Kui Sillaoru kihistu levila loodeosas (puurauk F-285) esineb tõeliste ooidide (20–30%) kõrval vaid vähesel määral limoniidistunud detriiti, siis ida pool (p. a. F-271) on pseudo-ooidide sisaldus juba märgatav (>10% kogu kivimist). Keskk-Eestis (p. a. V-98 ja 568) esineb limoniidistunud detriidi kõrval veel märkimisväärne kogus tõelisi ooide (puuraugus 568 vastavalt 10–30% ja ligikaudu 5% kivimi kogumahust). Sillaoru kihistu levila lõunapiiril (p. a. 502 — Varbla) on rohke limoniidistunud detriidi kõrval võimalik leida vaid üksikuid algooide.

Loode suunas (joonis) väheneb kihistu paksus küllaltki kiiresti kuni väljakiildumiseni. Põhimõtteliselt pole välistatud ka kihistu fatsiaalne asendumine, nagu on täheldatav nooremate ooiditasemete puhul. Levila lõunapiiril asendub kihistu punavärviliste lubjakivide kompleksiga.

**Napa kihistu ( $B_{III}np$ )** vastab Kunda lademe Aluoja vöö ( $B_{III}\gamma$ ) ülemisele osale (Орику, 1960a). Tema areaal on samasuunalise orientatsiooniga kui Sillaoru kihistu oma, kuid oluliselt kitsam: ainult 60–80 km (joonis). Kihistu koosneb hallist, valdavalt peene- kuni keskmisekihilisest, erineval määral savikast lubjakivist. Kihistu ülemisele poolle on iseloomulikud sagedased limoniitsed katkestuspinnad ja impregnatsionivööd, mille paksus on valdavalt kuni 10 cm. Ooidide sisaldus on siin Sillaoru kihistuga võrreldes väiksem (kihiti kuni 30%, kogu kihistu kohta aga ilmselt alla 10%), eelkõige aga ebaühtlasem. Nii ooide sisal davate kihtide kui ka ooidideta intervallide paksus on valdavalt 5–20 cm, harvemini võib see ulatuda 50 cm ja üle selle. Kõige sagedamini esinevad ooidid katkestuspindade kohal või kollaste impregneeritud vööndite piires. Enamasti on siin tegemist pseudo-ooididega. Tõeliste ooidide hulk on väike, sageli on tegemist algooididega. Kirde-Eesti mitmetes piirkondades esineb Kunda lademes kuni 5 (p. a. 255, Assamalla) üksteisest 0,5–2 m kaugusel paiknevad ooidikompleksi, millest kolm keskmist erinevad Loobu kihistu Valgejõe kihistiku savikatest lubjakividest vaid ooidide esinemise poolest.



Joonis. Ooidide levik. 1 — lubjakivi, 2 — lainjaskihiline lubjakivi, 3 — muguljas lubjakivi, 4 — savikas lubjakivi, 5 — kuersiit, 6 — liivakas kuersiit, 7 — punavärvilised kivimid, 8 — kirjuvärvilised kivimid, 9 — töelised ooidid, 10 — pseudo-ooidid, 11 — püriidistunud detriit, 12 — lademe avamuse põhjapiir, 13–15 — katkestuspinnad: 13 — fosfaatne, 14 — püritne, 15 — limonittne, 16 — kihistu levikupiir, 17 — kihistu ja ooidide levikupiir, 18 — ooidide levikupiir, 19 — sarnapaksusjoon, 20 — ooide mitte sisaldaav puurauk, 21 — ooide sisaldaav puurauk ja ooidikompleksi paksus. (Skeemidele on Põhja-Eesti osas kantud vaid väike valik puurauke).

Figure. Distribution of ooids. 1 — limestone, 2 — wavy-bedded limestone, 3 — nodular limestone, 4 — argillaceous limestone, 5 — kukersite, 6 — sandy kukersite, 7 — red-coloured rocks, 8 — variegated rocks, 9 — real ooids, 10 — pseudo-ooids, 11 — pyritized skeletal debris, 12 — northern line of the outcrop-area of a stage, 13–15 — discontinuity surfaces: 13 — phosphatic, 14 — pyritic, 15 — limonitic, 16 — distribution limit of formation, 17 — distribution limit of formation and ooids, 18 — distribution limit of ooids, 19 — isopachous line, 20 — core section, containing no ooids, 21 — core section, containing ooids, and the thickness of the oolitic sequence. (From North Estonia only selected boreholes are shown).

**Aseri kihistus (C<sub>I</sub>a as)** (ülemine läätskiht: Schmidt, 1881) on ooidide levik samuti ebaütlane, kuid Napa kihistuga võrreldes on siin töeliste ooidide osatähtsus oluliselt suurem. Ooidide levikupildis on täheldatav selge fatsiaalne tsonaalsus (Sturesson and Bauert, 1994). Töelised ooidid levivad peamiselt Aseri–Kuressaare joonest loode pool. Sellest kagu poole jääval alal esinevad praktiliselt ainult algooidid ja pseudo-ooidid (limoniidistunud detriit). Kitsal alal Loode-Eestis on lisaks ooididele täheldatav ka mõningane kvartsiterade sisaldus (Orviku, 1940; Рыбымусохс, 1970, joon. 8; Sturesson and Bauert, 1994, Figure 3b).

Loode-Eesti läbilõigetes on ooidide levik suhteliselt ühtlane, ooidideta intervallide paksus ooidikihtide vahel ületab harva 5–10 cm. Ida ja lõuna suunas ooidideta vahekihid paksenead, eriti lademe kesk- ja alaosas, kus nende paksus võib ületada ühe meetri piiri.

Tihti võib tähdada ooidide tsüklilist levikut (Orviku, 1940). Tavapäraselt on ooidid suuremad ning nende kontsentratsioon kõrgem vahetult katkestuspindade kohal, neist kõrgemale väheneb ooidide sisaldus ning suurus jätkjärgult (sorteerumuskihilisus). Selgete tsüklite arv erinevates läbilõigetes võib ulatuda neljani (p. a. 565).

Ooidide levikuvööndi laius varieerub 90 ja 120 km vahel (joonis). Levila piirneb lõuna poolt Segerstadi kihistu punavärvilise savika mugulja lubjakivi levikualaga. Loode suunas väheneb kihistu paksus jätkjärgult ning selle alumised kihid (Lüganuse vööle vastav osa — Orviku, 1940; Рыбымусохс, 1970) kiilduvad välja. Nii eelöeldu kui ka kvartslienda lisandi esinemine Loode-Eesti läbilõikes annavad tunnistust seal esinenud kaldalähedatest settimistimustest (Орвику, 1960b; Мянниль, 1966).

**Väo kihistu (C<sub>I</sub>b–C<sub>I</sub>c vä)** väikese paksusega basaalkihis (5–40 cm — Рыбымусохс, 1970, joonis 15) esinevad ooidid kogu Põhja- ja Kesk-Eestis. Kogu kihis on väheseid töelisi fosfaatseid ooide, kihis alaosas arvukalt ka raudooide. Kesk- ja Lõuna-Eestis on kihistus esinevate ooidide levik märgatavalt ulatuslikum. Selgelt joonestub siin välja kirde-edela-suunaline, 70–90 km laiune vöönd, mille piires ooide sisaldava kompleksi kogupaksus võib ületada 5 m (joonis; Рыбымусохс, 1970, joonis 12, 15). Erinevalt Kunda ja Aseri lademe ooidikompleksidest on ooidide sisaldus Väo kihistus oluliselt väiksem ja küllaltki kõikuv: isegi lähestikku asetsevates puursüdamikes on fikseeritud suured erinevused nii ooidikihtide esinemistasemetes kui ka paksuses. Valdavalt on siin pseudo-ooidid, vähemal määral on töelisi ooide. Ooidide esinemisega ei kaasne muid kivimiliste tunnuste muutusi.

**Kukruse lademes (C<sub>II</sub>)** on ooidide sisaldus fikseeritud reas Lõuna-Eesti ja Põhja-Lätvi puursüdamikes (Пылма, 1982). Ooidide levikuvöönd laiusega üle 70 km jääb kukersiidi leviku-areaalist põhiliselt lõuna poole (joonis). Ooidid levivad lademe ülaosas kihiti kuni 2,1 m paksuse kompleksina. Ka siin esinevad peamiselt pseudo-ooidid. Nende kõrval esineb vähesel määral raud-, ning fosfaatseid töelisi ooide.

**Idavere lademes (C<sub>III</sub>)** kattub ooidide levila üldjoontes Kukruse lademe omaga (joonis). Ooidid on fikseeritud kümnes Lõuna-Eesti ja mitmes Põhja-Lätvi puursüdamikus. Nad levivad lademe alumises osas mitmel tasemel, valdavalt 3–5-meetrises intervallis. Ooidide hulk, esinemissagedus ja koostis on analoogilised Kukruse lademe vastavate näitajatega.

## Arutelu.

Maa geoloogilise arengu jooksul fanerosoikumis on teada kaks põhilist raudooide tekke perioodi: ordoviitsiumi ja juura ajastu. Ordoviitsiumis omakorda on esile tõstetud kolme ooidide ulatusliku leviku perioodi: varane Llanvirn, varane Caradoc ja varane Ashgill (Young, 1989). Kõigile neile vastab ooidide levik ka meie läbilõikes: Kunda lademes (Sillaoru ja

Napa kihistus), Kukruse lademe ülaosast Jõhvi lademeni ja lokaalselt vähesel määral ka Vormsi lademes. Geneetiliselt on raudooide tekke seostatud regressiooni-transgressiooni tsüklite transgressiivsete faaside algusega. Sellele tingimusele vastab peale eelloetletud komplekside ka transgressiivselt lasuv Aseri lade (Мянниль, 1966). Kõrvuti ooidide tekkeks vajaliku raua sissekandega lähedaselt maismaalt ulatuslike transgressioonide käigus on teise võimaliku rauaallikana käsitletud vulkaanilist tuhka. Kesk-Rootsi Kunda lademe šamoviitsete ooidide teke viimase baasil on leidnud töestust (Sturesson, 1992). Kui Eesti läbilõike kõige alumine K-bentonit on fikseeritud Kukruse lademe ülaosas, siis Rootsit läbilõigetes on K-bentoniidid sagedased Arenigi ja Caradoci vahemikus, s.o. just meie ooidide peamises levikuintervallis. Seetõttu ei saa ka siin vulkaanilist tuhka kui raua võimalikku lähteallikat täielikult välistada, kuna pole võimatu, et osa tuhast jõudis ka Eesti alale, kus see aga vee aktiivse liikuvuse vööndis segunes lubimudaga (Sturesson and Bauert, 1994).

Kirjanduse andmetel (vt. Пылма, 1982) on götiidi tekkesügavuseks kaasaegsetes meredes 10–30 m, retsentsete raudooide leviku maksimaalsügavuseks on loetud 50 m. Ligilähdaselt sama sügavuste vahemikuga võib arvestada ka meie aluspõhjas leiduvate raudooide tekke puhul.

Eesti ordoviitsiumi ooidid esinevad peamiselt mudalis-teralistes või teralis-mudalistes kivimites. Nende formeerumine sai toimuda ainult kõrgenened vee-energiaga basseiniosas, kus muda settimine poleks olnud võimalik. Seetõttu tuleb eeldada nende formeerumist mattumiskohast mõnevõrra eemal, oletatavasti kõvastunud või kaljusel (*hardground*) mere põhjal. Pseudo-ooidid seevastu võisid kujuneda ka mudasel põhjal. Seega on need sette koostisosad põhimõtteliselt erineva geneesiga, neid ühendab vaid ühesugune keemilis-mineraloogiline koostis, mis tuleneb basseiniosas valitsenud hüdrokeemilisest režiimist.

**Tänuaavalused.** Autor võlgneb tänu eelkõige kõikidele geoloogilise kaardistamisega tegele nud aluspõhjageoloogidele, kelle enamasti trükis avaldamata materjalid puursüdamike litoloogiliste kirjeldustega tegid käesoleva ülevaate koostamise üldse võimalikuks. Samuti on autor tänu võlgu Rein Einastole kasulike arutelude ja hinnaliste soovituste eest käsikirja läbivaatamisel. Joonis valmis Katrin Kaljulätte lahkel kaasabil.

## KIRJANDUS

- Engelhardt, M. und Ulprecht, E.** 1830. Umriss der Felsstruktur Liv- und Ehstlands. Karstens Archiv, 2, Berlin.
- Jaansoon-Orviku, K.** 1927. Beiträge zur Kenntnis der Aseri- und der Tallinna-Stufe in Eesti. I. Tartu Ülikooli Geoloogia-Instituudi Toimetused, 5, 1–40.
- Lamansky, W.** 1905. Die aeltesten silurischen Schichten Russlands (Etage B). Mémoires du Comité Géologique, Nouvelle Série, 20, St.-Petersburg.
- Mägi, S.** 1990. Locality 4:2. Ontika clint. In: Kaljo, D., Nestor, H.(eds.). Field Meeting Estonia 1990. An Excursion Guidebook. Tallinn, 148–153.
- Orviku, K.** 1940. Lithologie der Tallinna-Serie (Ordovizium, Estland). I. Tartu Ülikooli Geoloogia-Instituudi Toimetused, 58, 1–249.
- Schmidt, F.** 1881. Revision der ostbaltischen silurischen Trilobiten nebst geognostisher Übersicht des ostbaltischen Silurgebiets. Abt. I. Mémoires de L'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg, Sér. 7, 30, 1, 1–237.
- Sturesson, U.** 1992. Volcanic ash: the source material for Ordovician chamosite ooids in Sweden. Journal of sedimentary petrology, 62, 1084–1094.

**Sturesson, U. and Bauert, H.** 1994. Origin and paleogeographical distribution of the Viruan iron and phosphate ooids in Estonia: evidence from mineralogical and chemical compositions. *Sedimentary Geology*, **93**, 51–72.

**Young, T. P.** 1989. Eustatically controlled ooidal ironstone deposition: facies relationships of the Ordovician open-shelf ironstones of Western Europe. In: Young, T. P. and Taylor, W. E. G. (eds.). *Phanerozoic ironstones*. Geological Society Special Publication no. **46**, 51–53.

**Мянниль Р. М.** 1966. История развития Балтийского бассейна в ордовике. Таллинн, Валгус, 1–200.

**Ораспильд А.** 1975. Литология поркунского горизонта в Эстонии. Ученые записки ТГУ, **359**. Труды по геологии VII. Тарту, 33–75.

**Орвику К.** 1960а. О литостратиграфии волховского и кундаского горизонтов в Эстонии. Академия Наук Эстонской ССР. Труды Института Геологии, V. Таллинн, 45–87.

**Орвику К.** 1960б. Литофациальные особенности ордовикских горизонтов волхов ( $B_{II}$ ), кунда ( $B_{III}$ ) и азери ( $C_Ia$ ) в северной части Эстонской ССР. Международный геологический конгресс, XXI сессия, 1960. г. Доклады советских геологов. Проблема 7. Ленинград, 71–82.

**Пылма Л.** 1982. Сравнительная литология карбонатных пород северной и средней Прибалтики. Таллинн, Валгус, 1–164.

**Рыимусокс А.** 1970. Стратиграфия вируской и харьюской серий (ордовик) Северной Эстонии I. Таллинн, Валгус, 1–346.

## DISTRIBUTION OF OIDS IN THE MIDDLE ORDOVICIAN OF ESTONIA

Tõnis Saadre

Summary

In the Ordovician of Estonia, especially in the interval from Kunda to Idavere stages, the ooids are widely distributed. Most of the ooids are ferriferous (limonitic) but in some stages and regions carbonate and phosphatic (francolitic) ooids occur (Пылма, 1982). Ferrugenised skeletal grains (pseudo-ooids after Orviku, 1940) are distributed along with the ferriferous ooids, or in the same stratigraphic levels in adjacent areas. Two most important ooid levels have been distinguished in Estonia, both cropping out in the clint area: the base of the Kunda Stage, i.e. the Sillaoru Formation (the extremely thin Pada Member on the top of the Volkov Stage inclusively) and the Aseri Stage. The content of the ooids is the highest and the distribution zone the widest in these stratigraphic levels (Figure). In the northwestern part of their distribution zone mostly real ooids occur. The ooids are widely distributed also in the Napa and Väo Formations, in the upper part of the Kukruse Stage and in the lower part of the Idavere Stage, where the pseudo-ooids predominate throughout the zone. The thickness of the oolitic rock bodies varies mainly between 0,5–3 m (predominantly 0,5–1 m), content of ooids reaches 10–30% of whole rock. Content of ooids in the oolitic rock bodies is rhythmically changing. In most cases the abundance of ooids is estimated just above the discontinuity surfaces, decreasing gradually upwards. On the contrary to the widely distributed recent sparry ooid sands and limestones, the Fe–ooids discussed above are scattered in muddy (micrite) matrix. They were plausibly formed in some distance from the deposition area, in high energy environment (on the hard- or firmground basin floor), transported and buried afterwards in the lime mud.

## NABALA LADE KESK- JA LÕUNA-EESTIS

Asta Oraspöld

Tartu Ülikooli Geoloogia Instituut

Harju seeriasse kuuluva Nabala lademe ( $F_1a$ ) edasisele uurimisele Kesk- ja Lõuna-Eestis pani 1960. aastate teisel pool kindla aluse Ralf Männil oma Balti ordoviitsiumi basseini käsitleva monograafiaga (Мянниль, 1966). Järgnevatel aastatel, seoses Eesti kesk- ja lõunaosa geologilise kaardistamisega ja sellega kaasnevate puurimistöödega, on lisandunud palju uusi andmeid, mis paraku on jäänud sageli vaid käsikirjalistes töödesse.

Käesolev ülevaade Nabala lademest baseerub autori kogutud ja läbitöötatud materjalidel, mitmete uurijate publikatsioonidel ning K. Kajaku ja A. Brutuse käsikirjalistel töödel (Kajak jt., 1964., 1968. ja 1969. a. kaardistamisaruanded ja A. Brutuse 1983. a. diplomitöö).

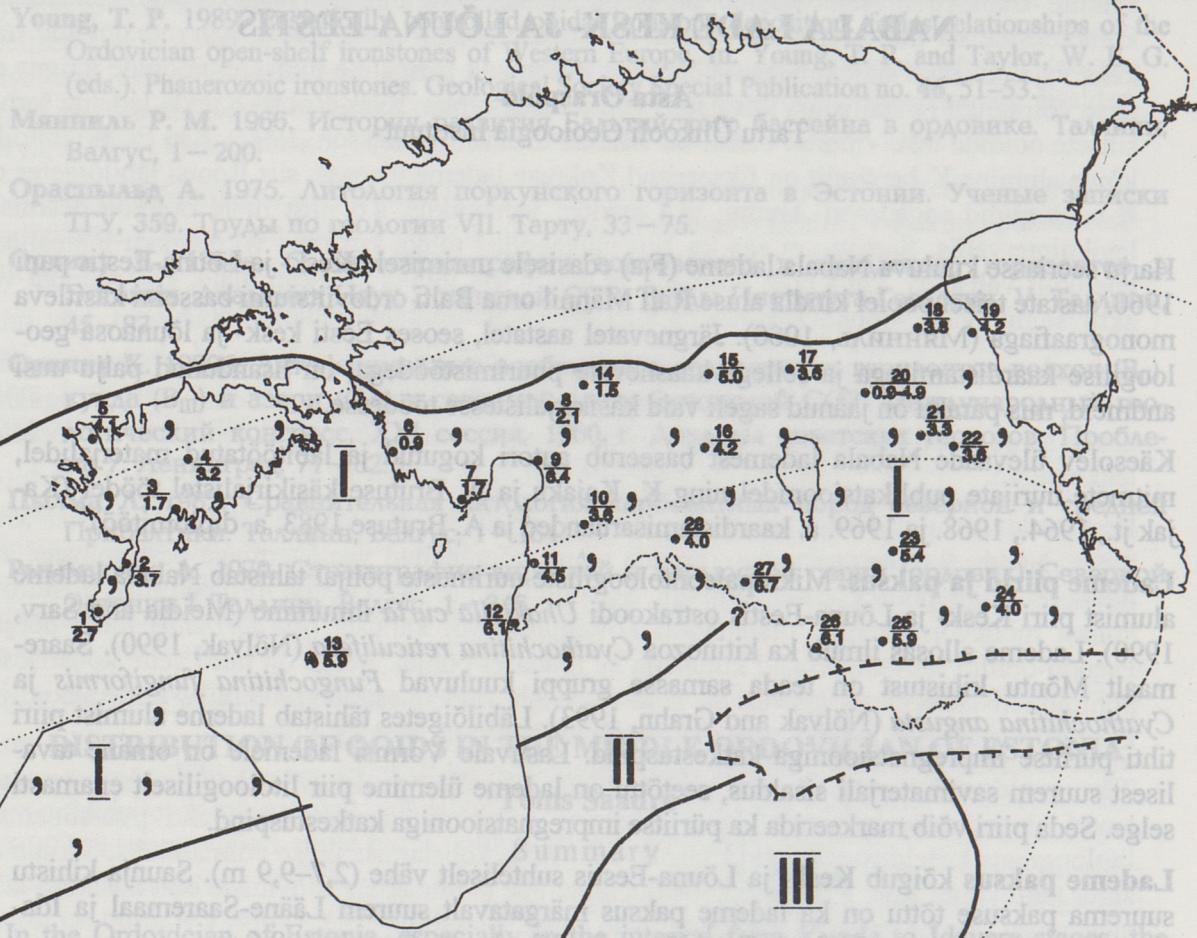
**Lademe piirid ja paksus.** Mikropaleontoloogiliste uurimuste põhjal tähistab Nabala lademe alumist piiri Kesk- ja Lõuna-Eestis ostrakoodi *Uhakiella curta* ilmumine (Meidla and Sarv, 1990). Lademe allosas ilmub ka kitinozoa *Cyathochitina reticulifera* (Nölvak, 1990). Saaremaalt Mõntu kihistust on teada samasse gruppi kuuluvad *Fungochitina fungiformis* ja *Cyathochitina angusta* (Nölvak and Grahn, 1993). Läbilõigetes tähistab lademe alumist piiri tihti püriitse impregnatsiooniga katkestuspind. Lasuvale Vormsi lademele on omane tavaliisest suurem savimaterjali sisaldus, seetõttu on lademe ülemine piir litoloogiliselt enamasti selge. Seda piiri võib markeerida ka püriitse impregnatsiooniga katkestuspind.

**Lademe paksus** kõigub Kesk- ja Lõuna-Eestis suhteliselt vähe (2,7–9,9 m). Saunja kihistu suurema paksuse tõttu on ka lademe paksus märgatavalt suurem Lääne-Saaremaal ja Ida-Eestis (Nõva puuraugus 24,8 m). Eesti lõunapiiri läheduses on see kuni 9,6 m.

**Liigestus.** Kesk-Eestis vastab lademe alumisele vööle Mõntu kihistu (Мянниль, 1987, skeem I; Männil, 1990, tabel 1), mille levila ulatub ka Lõuna-Eestisse. Viidatud stratigraafilise skeemi järgi peaks Lõuna-Eestisse ulatuma lõuna poolt (Lätist) veel Skrunda ja Dzerbene kihistu levila. Eesti ja Läti ordoviitsiumi stratigraafilises skeemis (Hints et al., 1993, tabel 4) on Kesk-Eestis, peale Mõntu kihistu, näidatud veel seda lateraalselt asendav Skrunda kihistu. Lõuna-Eestis ja Lääne-Lätis on selles skeemis näidatud vaid Skrunda ja Dzerbene kihistu esinemist.

Käesolevas artiklis analüüsatakse nimetatud kihistute levikut ja omavahelisi suhteid, kivimilist koostist jm. Antakse ülevaade ka lademe ülemisele vööle vastavast Saunja kihistust Kesk- ja Lõuna-Eestis.

**Mõntu kihistu** on püstitatud E. Kala ettepanekul ja stratotüübiks on Saaremaalt valitud Ohsaare puursüdamik (int. 460,2–462,9 m; Hints et al., 1993; Männil and Meidla, 1994). Kihistu savikate lubjakivide kõige iseloomulikumaks tunnuseks peetakse glaukoniiditerade esinemist, mis on neis kihtides laialt levinud Kesk- ja Lõuna-Eestis ning Loode-Lätis ja Kesk-Läti põhjaosas (joonis 1). Glaukonidi leviku põhjapiir on ligilähedane üleminekuvööndi (*sensu* Hints et al., 1993) põhjapiirile.



Joonis 1. Nabala lademe alumise võö kihistute levila Kesk- ja Lõuna-Eestis ning Lätis. Kihistute levikuskeem Lätis kohta on koostatud R. Ulsti järgi (Ульст и др., 1982, joonis 51). 1 — üleminiekuvöönd ordoviitsiumis Hints *et al.*, 1993 ja Männil (Мянниль, 1987) järgi; 2 — Mõntu kihistu levila põhjapiir (käesolevas töös ka üleminiekuvööndi põhjapiir); 3 — Valmiera-Lokno kerkeala; 4 — glaukonitiit. Kihistute levila: I — Mõntu, II — Skrunda, III — Dzerbene. Puuraugud: 1 — Ohesaare; 2 — Kaugatuma; 3 — Kingissepa; 4 — Eikla; 5 — Undva; 6 — Varbla; 7 — Seliste; 8 — Are; 9 — Pärnu; 10 — Ristiküla; 11 — Häädemeeste; 12 — Ikla; 13 — Ruhnu; 14 — Tootsi; 15 — Koksvere; 16 — Viljandi; 17 — Põltsamaa; 18 — Palamuse; 19 — Nõva; 20 — Laeva ümbruse puuraugud; 21 — Tartu-Variku; 22 — Kaagvere; 23 — Otepää; 24 — Väimela; 25 — Karula; 26 — Valga; 27 — Taagepera; 28 — Abja. Murru lugejas on puuraugu number ja nimetajas kihistu paksus.

Figure 1. The distribution areas of the formations of lower substage of the Nabala Stage in Central and South Estonia and in Latvia. The distribution areas in Latvia after R. Ulst *et al.* (Ульст и др., 1982, Figure 51). 1 — the Ordovician transitional zone according to Hints *et al.*, 1993 and Männil (Мянниль, 1987); 2 — northern boundary of the distribution area of the Mõntu Formation and the transitional zone according to present paper; 3 — Valmiera-Lokno uprise; 4 — glauconite. The distribution areas of the formations: I — Mõntu Fm., II — Skrunda Fm., III — Dzerbene Fm. Boreholes: 1–28, (in the numerator — the borehole's number, in the denominator — thickness of the formation).

Läti geoloogide uurimuste järgi (Ульст и др., 1982) on hallid pisikristallilised, detriidilised, glaukonitiit sisaldavad lubjakivid, milles on ka afaniitse lubjakivi vahekihte, kindlaks tehtud Loode-Lätis ja Keskk-Lätis põhjaosas. Vanemate seisukohtade järgi arvati neid lubjakive Paekna kihistikku kuuluvaiks (Мянниль, 1966; Ульст и др., 1982). Toetudes aga nende kivi-

mite glaukoniidisisaldusele, peaksid nad kuuluma Mõntu kihistusse. Kesk-Läti asendab seda kihistut **Skrunda kihistu** (vt. joonis 1), mis koosneb hallidest savikatest detriidilistest lubjakividest vaheldumisi rohekashallide merglitega. Glaukoniti neis ei märgita. Nimetatud kihistu asendub ida pool omakorda **Dzerbene kihistuga**, millele on iseloomulikud valdavalt püriidilisandiga pruunikashallid afaniitsed lubjakivid. Valmiera-Lokno kerkealal Nabala lade puudub, seetõttu pole võimalik vahetult jälgida kihistu levikut põhja poole. Kui aga arvestada, et Nabala lademe allosas, Valga ja Karula ümbruses on mõmenvörra suurenenud afaniitse lubjakivi vahekihtide arv (kuni 4), siis pole välistatud Dzerbene kihistu ulatumine ka Eesti kõige lõunapoolsemasse ossa. Skrunda kihistu levila põhjapiir pole samuti päris selge. Ilmselt see Eestisse siiski ei ulatu.

Mõntu kihistu paksus Kesk- ja Lõuna-Eestis on enamasti 3–5 m (joonis 1). Kõige muutlikum on see Laeva ümbruses (0,9–4,9 m).

Kihistut iseloomustavad hallid ja rohekashallid, kohati violetsete või punakate laikudega, mikro- kuni pisikristallilised, detriidilised, glaukoniti sisaldavad savikad lubjakivid. Savikus sõltub mergli vahekihtide esinemissagedusest ja paksusest. Tekstuur võib olla lainjaskihiline, poolmuguljas või muguljas. Peale savikate lubjakivide on kihistus ka puhtaid lubjakive ja kohati ka paksemaid mergli kihte (Laeva — 18).

Glaukoniiditerad on enamasti väikesed (0,1–0,5 mm, harvem kuni 1 mm) ja neid leidub kivimis tavaliselt hõredalt. Kihi- ja katkestuspindadel võib aga glaukoniti olla rohkesti.

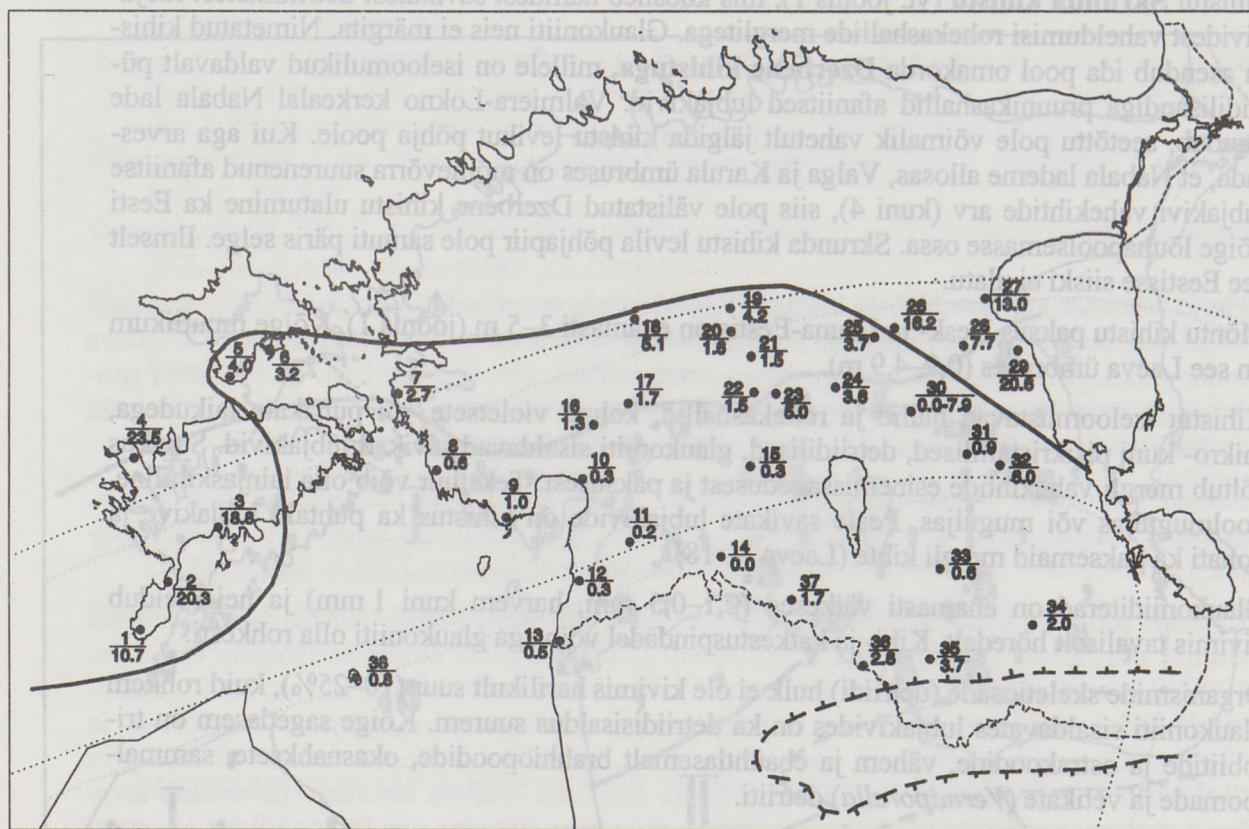
Organismide skeletiosade (detriidi) hulk ei ole kivimis harilikult suur (10–25%), kuid rohkem glaukoniti sisaldavates lubjakivides on ka detriidisaldus suurem. Kõige sagedasem on tribooliitide ja ostrakoodide, vähem ja ebaühtlasemalt brahhiopoodide, okasnahksete, sammalloomade ja vetikate (*Vermiporella*) detriiti.

Põhja-Eestis, Nabala lademe alumisele vööle vastavas Paekna kihistus, on võrdlemisi sageli afaniitsete lubjakivide vahekihte paksusega kuni 3 m (Rõõmusoks, 1983). Mõntu kihistus on nende osatähtsus märgatavalalt vähenenud. Puursüdamikes on kihistus tavaliselt 1–2 vahekihti paksusega 5–30 cm.

Mõntu kihistule on Kesk- ja Lõuna-Eestis tüüpilised veel kihistusisesed katkestuspinnad. Nende arv ja pindade impregnatsiooni tüüp võib olla mitmesugune. Laeva ümbruse puuraukude andmetel on kihistus kuni 7 fosfaatse impregnatsiooniga katkestuspinda. Rohkem on levinud püriitse impregnatsiooniga katkestuspinnad (2–9), sealhulgas osal pindadest on täheldatud nii püriitset kui ka fosfaatset impregnatsiooni. Edela-Eestis võib kihistus esineda ka götiitse impregnatsioonivööga katkestuspindu.

Nabala lademe ülemist vööd esindav **Saunja kihistu** on kogu Eestis ühtlase litoloogilise koostisega, mistõttu ka üleminekuvööndi põhjapiir on ebaselge. Jälgedes kihistu paksuse muutusi põhjast lõunasse ilmneb, et Põhja-Eestile on piirkonniti iseloomulik kihistu suur paksus (vt. Rõõmusoks, 1983, joonis 70). Peale Põhja-Eesti on kihistu paksus suurem veel Lääne-Saaremaal ja Kesk-Eesti idaosas, mistõttu need piirkonnad koos Põhja-Eestiga peaksid kuuluma samasse struktuur-fatsiaalsesse vööndisse (Нылвак, 1984). Mujal Eesti kesk- ja lõunaosas on Saunja kihistu paksus märgatavalalt vähenenud ja püsivam. Kihistu 5 meetri samapaksusjoont on autor tinglikult arvanud üleminekuvööndi põhjapiiriiks Põhja-Eestis (joonis 2). Jälgedes puuraukude andmetel kihistu ligikaudset 5 m paksuse vööndit Kesk-Eestis, on autor eraldanud üleminekuvööndi tingliku põhjapiiri ka Nabala lademe ülemise poole jaoks (joonis 2).

Geological map of Central and South Estonia showing the thickness of the Saunja Formation. The map includes borehole data and geological zones.



on vaadeldavates lubjakivides tavapäraselt vähe (alla 10%). Sagedasemad on trilobiitide, ostrakoodide, brahhiopoodide, harvermad okasnahksete ja mõnede teiste gruppide skeleti-jäänused peendetriidi (0,1–1,0 mm) näol. Vetikate (*Vermiporella*) detriiti esineb ebaühtlaselt.

## Järeldused

1. Kogutud andmete analüüs näitab Mõntu kihistu laia levikut Kesk- ja Lõuna-Eestis, Loode-Lätis ning Kesk-Läti põhjaosas (joonis 1). Täiendavad litoloogilised uurimused oleksid vajalikud Taagepera, Valga ja Karula puursüdamikes selgitamaks Skrunda ja Dzerbene kihistu ulatumist Eesti kõige lõunapoolsemasse ossa.
2. Nabala lademe uurimine Kesk- ja Lõuna-Eestis võimaldab teha järelduse, et nn. üleminekuvöönd Tremadoci-järgses ordoviitsiumis (Пылма, 1967) on Nabala eal tavalisest märksa laiem ja selle lõunapiir jääb arvatavasti Eestist välja. Üleminekuvööndi põhjapiiri ja vööndi väljakujunemist on eri aegadel rohkem või vähem mõjutanud aluskorra kerke- ja vajumisliikumised, mis on eelkõige seotud Kesk-Eestis peaaegu laiusesuunalise ja Ida-Eestis loode-kagusuunalise murranguvööndite aktiveerumisega (Пуура и др., 1983, joonis 6). Ilmselt tuleb siin lisaks arvestada ka Riia plutooni ümbrustevate murrangute tektonilise mõjuga. Vajumisliikumisest Nabala ea teisel poolel Lääne-Saaremaal ja Kesk-Eesti kõige idapoolsemas osas annab tunnistust Saunja kihistu suur paksus neis piirkondades (joonis 2).
3. Nabala ea esimesel poolel laialt levinud madalmeres (Kesk- ja Lõuna-Eesti piires) on aegajalt olnud iseloomulik aeglustunud ja katkendlik settimine, mis lõi merepõhjas soodsad geokeemilised tingimused (Eh) glaukoniodi tekkeks või siis juba kõvastunud karbonaatsete setendite pealispinna lahustumiseks ning erineva koostisega impregnatsioonivöö kujunemiseks.
4. Nabala ea teisel poolel on üleminekuvööndis, Põhja-Eesti fatsiaalse vööndiga vörreldest, olnud lubimudade settimiseks või ka sälimiseks ebasoodsamad tingimused, mille tõttu Saunja kihistu on siin tunduvalt väiksema paksusega või kohati isegi puudub.

**Tänuavaldis.** Käesoleva artikli autor on tänulik omaaegse Eesti Geoloogia Valitsuse ja praeguse Eesti Geoloogiakeskuse geoloogidele, eelkõige Kalju Kajakule, Elmar Kalale ja Helle Perensile, kes on võimaldanud autoril Harju seeria lademete litoloogilisel uurimisel, kirjeldada arvukaid puursüdamikke ja neist proove võtta.

## KIRJANDUS

- Hints, L., Meidla, T., Gailite, L.-J. and Sarv, L. 1993. Catalogue of Ordovician stratigraphical units and stratotypes of Estonia and Latvia. Tallinn, 1–62.
- Meidla, T. and Sarv, L. 1990. Ostracodes. In: Kaljo D. and Nestor H. (eds.). Field Meeting Estonia 1990. An excursion guidebook. Inst. Geol. Estonian Acad. Sci., Tallinn, 68–69.
- Männil, R. 1990. The Ordovician of Estonia. In: Kaljo D. and Nestor H. (eds.). Field Meeting Estonia 1990. An excursion guidebook. Inst. Geol. Estonian Acad. Sci., Tallinn, 11–20.
- Männil, R. and Meidla, T. 1994. The Ordovician System of the East European Platform (Estonia, Latvia, Lithuania, Byelorussia, parts of Russia, the Ukraine and Moldova). In: Webby, B.D., Ross, R.J. and Zhen, Y.Y. (eds.). The Ordovician System of the East European Platform and Tuva (South-eastern Russia). Correlation charts and explanatory notes. International Union of Geological Sciences, Publication no. 28, A, 1–52.

- Nõlvak, J.** 1990. Ordovician chitinozoans. In: Kaljo D. and Nestor H. (eds.). Field Meeting Estonia 1990. An Excursion Guidebook. Inst. Geol. Estonian Acad. Sci., Tallinn, 77–79.
- Nõlvak, J. and Grahn, Y.** 1993. Ordovician chitinozoan Zones from Baltoscandia. In: Review of Palaeobotany and Palynology, 79 (1993). An International Journal ELSEVIER, Amsterdam, 245–269.
- Rõõmusoks, A.** 1983. Eesti aluspõhja geoloogia. Tallinn, Valgus, 1–224.
- Мянниль Р. М.** 1966. История развития Балтийского бассейна в ордовике. Таллинн, Валгус, 1–200.
- Мянниль Р. М.** 1987. Объяснительная записка к стратиграфическим схемам ордовикских отложений с региональными стратиграфическими схемами. В кн.: Кальо Д. Л. (ред.). Решения Межведомственного стратиграфического совещания по ордовику и силуру Восточно-Европейской платформы 1984, с региональными стратиграфическими схемами. Ленинград, 17–57.
- Нылвак Я.** 1984. Распространение кислотоустойчивых микрофоссилий в разрезах ашгила Северной Прибалтики. Рукопись деп. ВИНИТИ, № 8309–84, Таллинн, 1–69.
- Пуура В. А., Вахер Р. М., Клейн В. М., Коппельмаа Х. Я., Нийн М. И., Ванамб В. В., Кирс Ю. Э.** 1983. Кристаллический фундамент Эстонии. Москва, Наука, 1–208.
- Пылма Л.** 1967. О переходной полосе между северной и осевой фаunalными зонами ордовика Прибалтики. Изв. АН ЭССР. Химия. Геология, 16, 3, 272–275.
- Ульст Р. М., Гайлите Л. К., Яковлева В. И.** 1982. Ордовик Латвии. Рига, Зинатне, 1–294.

## THE NABALA STAGE IN CENTRAL AND SOUTHERN ESTONIA

Asta Oraspöld

### Summary

The stratigraphy of the Nabala Stage ( $F_1a$ , lowermost Harjuan), in the transitional structural-facial zone (in Central and Southern Estonia) is discussed. The distribution of the early Nabalan age Mõntu Formation turned out to be larger than known until now. The formation is characterized by gray argillaceous fine skeletal wackstones, occasionally also by packstones, with glauconite grains. The thickness of the formation is usually 3–5 m (Figure 1). The available data do not confirm unambiguously the presence of the Skrunda and Dzerbene formations in southern Estonia.

The upper substage of the Nabala Stage is composed by yellowish-gray aphanitic limestones of the Saunja Formation, thickness of which varies between 0 to 7.9 m (Figure 2).

kihistu savikas-karbonaatsie sette moodustumine. Pirgu eal lõpal, mil Põhja-Eestis oli sette lõink, seisisid vaadeldavas piirkonnas vaheldumisi karbonaatne ja savikas-karbonaatsne sete (Kabala kihistu). Piduruse kõrvalt kihind oli sel erasil terves ulatuses karbonaatsne lisandiga, millest osati moodustusid savikas-karbonaatsed kihid.

## ÜLEMORDOVIITSIUMIST PÕLTSAMAA–JÕGEVA–RUSKAVERE JOONEL

Porkuni eal moodustusid vaadeldavas piirkonnas vaheldumisi karbonaatsed kihid, algul savikas-karbonaatsed, hiljem rohke lubisettega ning lõpuks Eesti Geoloogiakeskus

**Helle Perens**

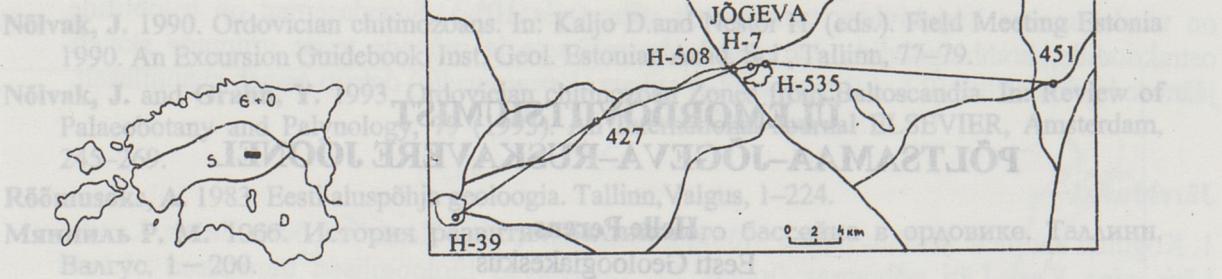
Järgnev settelink on tunduvalt ümbruses ja sealts kirde poole jäävates. Süurem settelink avajatamisest ei ole pööpotud kas tugevarma kuhutusega või piiranguvõimeliseks.

Aastate jooksul (1974–1986) on Eesti Geoloogiakeskusele põhjaveevaru uuringute ja geoloogilise kaardistamise käigus Põltsamaa ja Jõgeva ümbrusest kogunenud huvitavat käsikirjalist materjali (Perens, H. ja Belkin, V., 1972, 1979 ning Perens, H., Perens, R. ja Einman, A., 1986, avaldamata aruaned) ülemordoviitsiumi läbilõigete kohta.

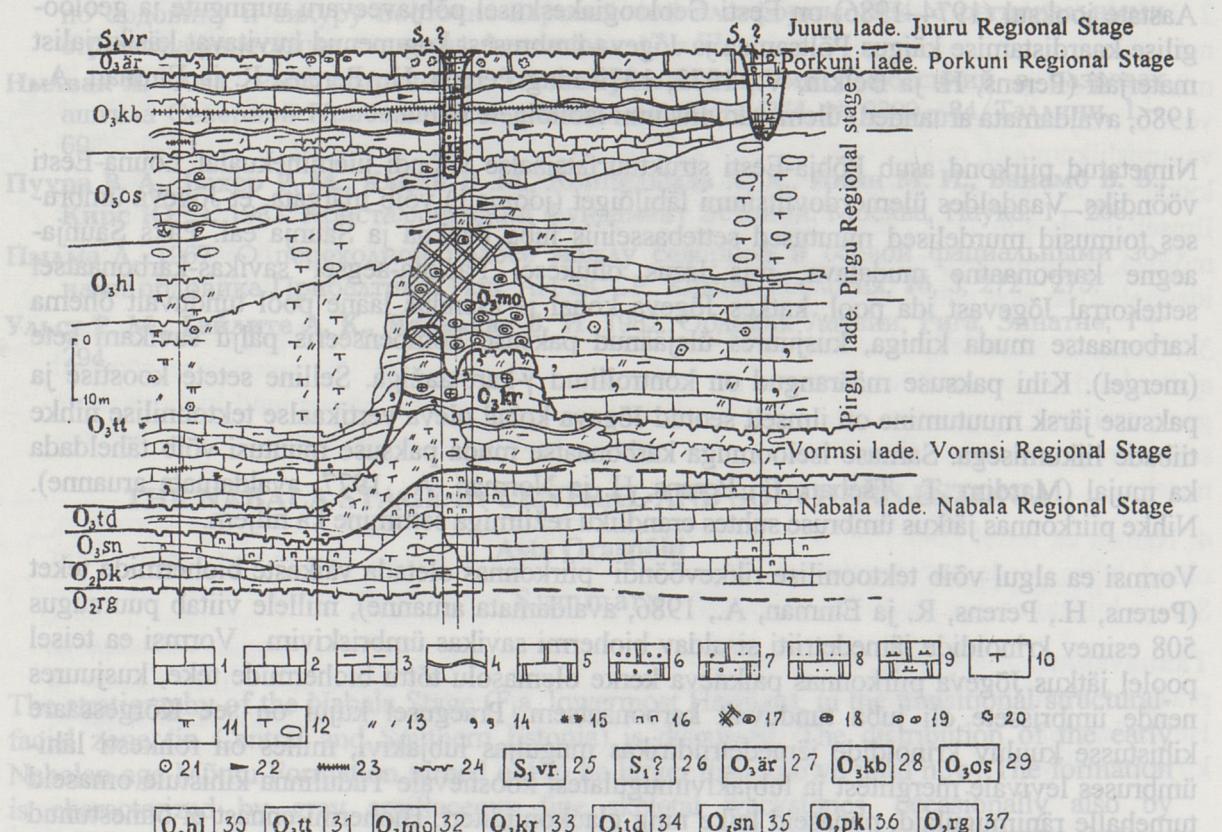
Nimetatud piirkond asub Põhja-Eesti struktuurufsiaalse vööndi üleminekualal Lõuna-Eesti vööndiks. Vaadeldes ülemordoviitsiumi läbilõiget (joonis 1) võib märgata, et Jõgeva ümbruses toimusid murdelised muutused settebasseinis juba Paekna ja Saunja eal. Paks Saunja-aegne karbonaatne mudalava, mis lasus õhukesel Paekna-aegsel savikas-karbonaatsel settekorral Jõgevast ida pool, katkes Jõgeva kohal ja asendus lääne pool tunduvalt õhema karbonaatse muda kihiga, kusjuures ülejäänud paksuse kompenseeris palju savikam sete (mergel). Kihi paksuse määragud on kontrollitud  $\gamma$ -karotaažiga. Selline setete koostise ja paksuse järsk muutumine on ilmselt seotud Jõgeva kohal oleva vertikaalse tektonilise nihke tiibade liikumisega. Sarnase iseloomuga karbonaatse muda paksuse muutusi võib tähdada ka mujal (Mardim, T., Tšeban, E., Perens, H. ja Norman, A., 1977, avaldamata aruanne). Nihke piirkonnas jätkus ümbruse suhtes erandliku režiimiga settimine ka hiljem.

Vormsi ea algul võib tektonilise rikkevööndi piirkonnas oletada väikeste biohermide teket (Perens, H., Perens, R. ja Einman, A., 1986, avaldamata aruanne), millele viitab puuraugus 508 esinev krinoidide jämedetriiti sisaldav biohermi savikas ümbrisrikivim. Vormsi ea teisel poolel jätkus Jõgeva piirkonnas paikneva kerke olemasolu töttu biohermide teke, kusjuures nende ümbrissete oli juba tunduvalt karbonaatsem. Praegusel kujul on see Kõrgessaare kihistusse kuuluv krinoidide jämedetriidirikas muguljas lubjakivi, milles on rohkesti lähi-ümbruses levivale merglitest ja lubjakivimugulatest koosnevale Tudulinna kihistule omaseid tumehalle ränimugulaid, punaseid laike ning glaukoniiditeri. Biohermi ennast ei õnnestunud puurimistöödega kindlaks teha. Vormsi ea lõpuga on Jõgeva ümbruses seotud settekatkustus ja tugev kulutus.

Pirgu eal algas Jõgeva ümbruses rikkalikult *Dasyporella* vetikaid sisaldava lubisette teke. Samaaegselt, kuid suuremas sügavuses, toimus Tootsi kihistut moodustava savikas-karboonatse sette kuhjumine. Kihistu koosneb muutliku savikusega punasekirjust glaukoniiiti sisaldavast lubjakivist. Moe–Tootsi etapiga lõppes biohermide teke vaadeldavas piirkonnas. Basseini põhi tasandus ning kattus savikas-karboonatse settega, millest moodustus lubjakivi-mugulaid ja vähesel määral ka peent detriiti sisaldav Halliku kihistu mergel. Biohermidel lasuv Halliku kihistu kivim on tunduvalt karbonaatsem ning rohke jämeda krinoidide detriidiga. Jaak Nõlvak (1983, avaldamata aruanne) on kitinozoade määragutele tuginedes Halliku kihistu kujunemise alguse lugenud samaaegseks Adila kihistu kujunemise algusega Põhja-Eestis. Kui järgneval etapil hakkas Põltsamaa ümbruses kuhjuma Oostriku kihistu vähesel hulgal *Dasyporella*'t sisaldav lubisete, siis Ruskavere piirkonnas jätkus samaaegselt Halliku



Mäkinen R. M. 1987. Объяснительная записка к стратиграфическим схемам ордовика. Домашние стратиграфические схемы. В кн.: Калло Д. и др. (ред.). Field Meeting Estonia 1990. An Excursion Guidebook. Inst. Geol. Estonia, Tallinn, 77–79.



Joonis 1. Ülemordoviitsiumi läbilöige: 1–4 — lubjakivi: 1 — peenekristalliline, 2 — mikro-ja peitkristalliline, 3 — savikas, 4 — paksude mergli vahekihtidega. 5–9 — dolomiit: 5 — dolomit üldiselt, 6 — liivakas, 7 — aleuriidikasilivakas, 8 — aleuriidikas, 9 — aleuriidikas-savikas. 10 — mergel, 11 — domeriit, 12 — mergel lubjakivi raugulatega, 13 — detrit, 14 — glaukonit, 15 — punavärvus, 16 — püriidikirjad, 17 — *Dasyporella* bioherm, 18 — ränimugulad, 19 — ooidid, 20 — kavernid, 21 — krinoidid, 22 — kerogenne lisand, 23 — metabentonitiidi kih, 24 — katkestuspind. Stratigraafilised ühikud: 25 — Varbola kihistu, 26 — alamsilur(?), 27 — Ärina kihistu, 28 — Kabala kihistu, 29 — Oostriku kihistu, 30 — Halliku kihistu, 31 — Tootsi kihistu, 32 — Moe kihistu, 33 — Kõrgessaare kihistu, 34 — Tudulinna kihistu, 35 — Saunja kihistu, 36 — Paekna kihistu, 37 — Rägavere kihistu.

Figure 1. The section of upper part of the Ordovician. 1–4 — limestones: 1 — fine crystalline, 2 — cryptocrystalline, 3 — argillaceous, 4 — with marlstone intercalations. 5–9 — dolomites: 5 — in general, 6 — sandy, 7 — silty-sandy, 8 — silty, 9 — silty-argillaceous. 10 — marlstone, 11 — domerite, 12 — marlstone with limestone nodules, 13 — skeletal debris, 14 — glauconite, 15 — red-colour, 16 — pyrite mottles, 17 — *Dasyporella* reef, 18 — silicified pebbles, 19 — ooids, 20 — caverns, 21 — crinoids, 22 — supplement of kerogen, 23 — metabentonite layer, 24 — hardground. Stratigraphical units: 25 — Varbola Formation, 26 — Lower Silurian (?), 27 — Ärina Formation, 28 — Kabala Formation, 29 — Oostriku Formation, 30 — Halliku Formation, 31 — Tootsi Formation, 32 — Moe Formation, 33 — Kõrgessaare Formation, 34 — Tudulinna Formation, 35 — Saunja Formation, 36 — Paekna Formation, 37 — Rägavere Formation.

kihistu savikas-karbonaatsete setete moodustumine. Pirgu ea lõpul, mil Põhja-Eestis oli settelünk, settisid vaadeldavas piirkonnas vahendumisi karbonaatne ja savikas-karbonaatne sete (Kabala kihistu). Bioherme kattev settekihind oli sel etapil terves ulatuses kerogeense lisandiga, millest on tingitud ka kivimite pruunikas värvus. Settimise lõppu markeerib tugev püriitne katkestuspind.

Porkuni eal moodustusid vaadeldavas piirkonnas tüüpilised Ärina kihistu setted, mis olid algul savikas-karbonaatsed, hiljem asendusid biohermidega ja neid ümbritseva teramaterjali-rohke lubisettega ning lõpuks rikkalikult terrigeenset materjali sisaldava karbonaatse settega. Järgnev settelünk on tunduvalt suurem Põltsamaa kandis, hoopis väiksem aga Jõgeva ümbruses ja sealt kirde pool (joonis 2). Suurem settelünk Põltsamaa ümbruses on seotud kas tugevama kulutusega või pikemaajalise settekatkestusega.

Uus settimisetapp on seotud kas hilisordoviitsiumi või varasiluriga ( $S_1$ ?). Selle etapi alguse setted on järgneva kulutuse töttu säilinud vaid sügavamates kanalites, mida vooluvesi kulutas kergemini purustatavatesse tsoonidesse või pehmematesse kivimitesse (nagu mergel). Selle etapi lõpul on setteid väikeses paksuses kujunenud ka Ärina kihistu pealse konarliku kulutuspinna nõgudesse ja õnarustesse (joonis 2).

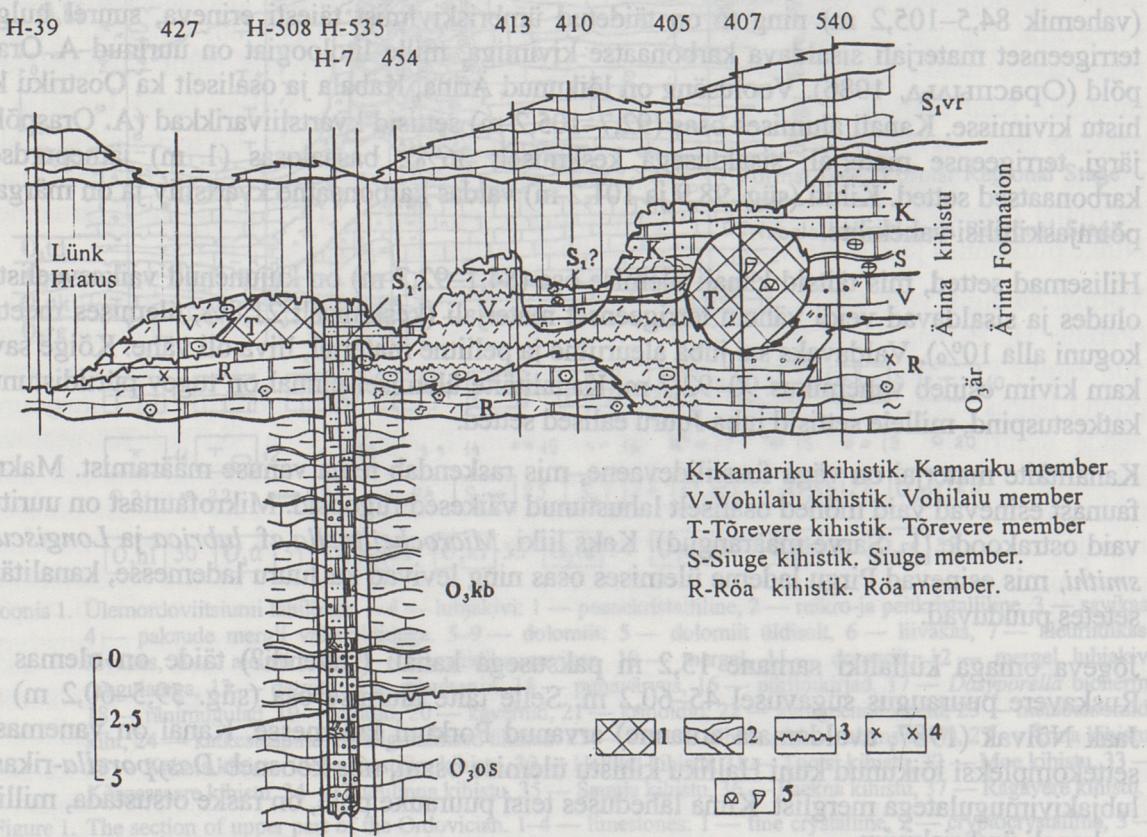
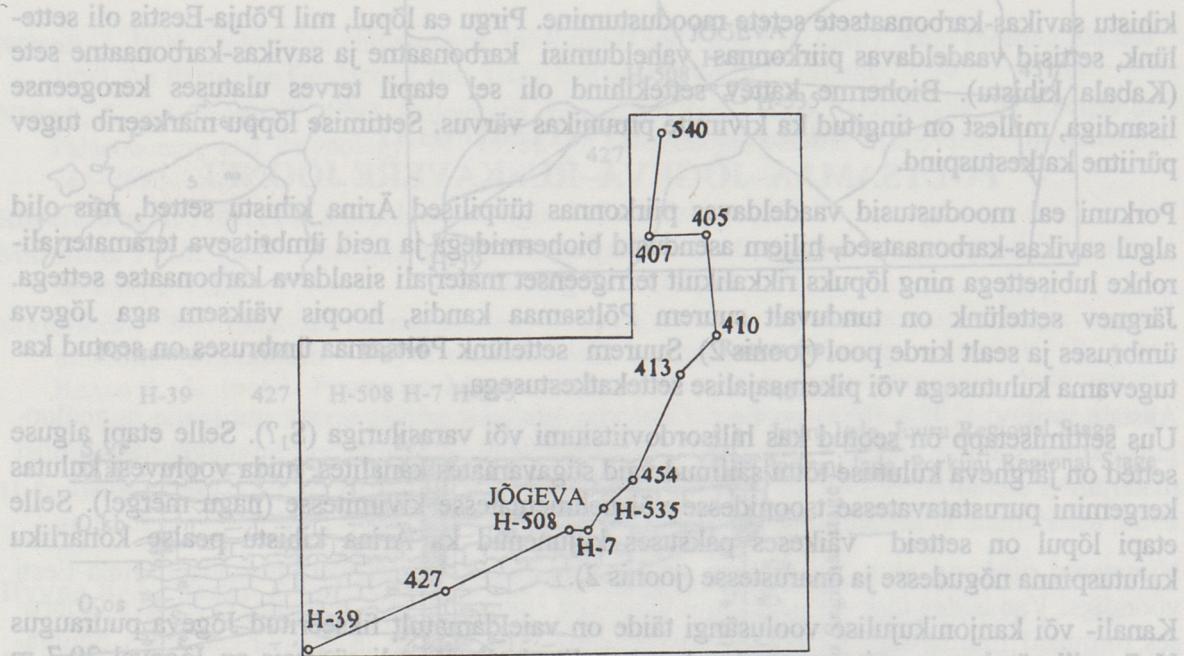
Kanali- või kanjonikujulise voolusängi täide on vaieldamatult fikseeritud Jõgeva puuraugus H-7, mille ümber on mitu puurauku, kus kanalit ei ole. Kanali sügavus on Jõgeval 20,7 m (vahemik 84,5–105,2 m) ning ta on täidetud ümbriskivimist täiesti erineva, suurel hulgjal terrigeenset materjali sisaldava karbonaatse kivimiga, mille litoloogiat on uurinud A. Oraspöld (Ораспильд, 1986). Voolusäng on lõikunud Ärina, Kabala ja osaliselt ka Oostriku kihistu kivimisse. Kanali alumises osas (92,7–105,2 m) settisid kvartsliivarikkad (A. Oraspölli järgi terrigeense materjali sisaldusega keskmiselt 36%), basaalosas (1 m) jämeprudsed karbonaatsed setted. Kihiti (süg. 98,9 ja 101,2 m) valdas karbonaatne kvartsliiv ja on märgata põimjaskihilisi vahekihte.

Hilisemad setted, mis täitsid kanali ülemise osa (84,1–92,7 m) on kujunenud vaikseveelistes oludes ja sisaldavad veidi vähem terrigeenset materjali (keskmiselt 21,8%, ülemises meetris koguni alla 10%). Valdavaks sai juba aleuriitne ja peliitne materjal, liiva oli vähe. Kõige savikam kivim esineb vahemikus 90–92,7 m. Kanalitääte ülemisel pinnal on tugev püriidistunud katkestuspind, millele settisid juba Juuru ealised setted.

Kanalitääte materjal on väga fossiilidevaene, mis raskendab tema vanuse määramist. Makrofaunast esinevad vaid mõned osaliselt lahustunud väikesed rugoosid. Mikrofaunast on uuritud vaid ostrakoode (L. Sarve määrangud). Kaks liiki, *Microcheilinella* cf. *lubrica* ja *Longiscula smithi*, mis esinevad Pirgu lademe ülemises osas ning levivad ka Juuru lademesse, kanalitääte setetes puuduvad.

Jõgeva omaga küllaltki sarnane 15,2 m paksusega kanali (süvendi?) täide on olemas ka Ruskavere puuraugus sügavusel 45–60,2 m. Selle täite alumise osa (süg. 59,5–60,2 m) on Jaak Nõlvak (1987, avaldamata aruanne) arvanud Porkuni lademesse. Kanal on vanemasse settekompleksi lõikunud kuni Halliku kihistu ülemise osani, mis koosneb *Dasyoporella*-rikaste lubjakivimugulatega merglist. Kuna läheduses teisi puurauke pole, on raske otsustada, milline on kanali ümbriskivism.

Kanali enda setted kujunesid algul peenkihitatud teralise lubisettenu (mis J. Nõlvaku järgi on Porkuni-ealine). Sellele ladestusid kerogeensed aleuriidikas-savikad lubisetted, mis olid väga sarnased Jõgeva puuraugu H-7 setetega vahemikust 90–92,7 m. Kanali ülemise osa setted olid karbonaatsed, algsest kas psammiitse või tombulise struktuuriga, millest annab tunnistust praegune tugev peenpoorsus. Setetes oli ilmselt ka faunajäämuseid, mida võib järeldada



Joonis 1. Ülemordoviitsiumi piirikihid: 1 — biohermne lubjakivi, 2 — põimjaskihilus, 3 — stülooliitpind, 4 — pesiti esinev detrit, 5 — korallid. Ülejäänud leppemärgid vt. joonis 1.

Joonis 2. The Ordovician–Silurian boundary beds. 1 — reef limestone, 2 — cross-bedding, 3 — stylolites, 4 — patches of skeletal debris; 5 — corals. For other symbols see Figure 1.

brahhiopoodide ja korallide(?) lahustumisjälgede esinemise põhjal. Kivimiliselt on see läbilõikeosa sarnane puuraugu H-7 ülemise meetriga. Kanalitääde lõpeb tugeva püriitse katkestuspinnaga, mille õnarustes on pruuni mergli täiteid. Taolise mergli vahekihte esineb ka varajuuru eal settinud karbonaatsest mudast tekinud lubjakivis.

Ruskavere kanalitääde on sama fossiilidevaene kui Jõgeva oma. Mikrofossiile on nii Ruskavere kui ka lähedralasuva Aidu puuraugu ülemordoviitsiumist määranud T. Meidla, J. Nõlvak ja P. Männik (1987, avaldamata aruanne).

T. Meidla järgi ostrakoodid kanali kivimites puuduvad. Alumisest osast leitud Pirgu lademele omane liik *Eoaquaplex frequens* on sinna sattunud ilmselt ümbersettimise tulemusel.

Konodontide levik on P. Männiku andmetel samuti puudulik. Aidu puuraugus, kus kanalit pole ning on säilinud Pirgu ja Porkuni lademe kivimid, puuduvad konodondid peaaegu täielikult juba Halliku kihistu keskmisest osast alates. Vaid üks liik, *Panderodus* sp., esineb läbi ülemordoviitsiumi ja levib kuni Raikküla lademeni (silur). Ka Juuru eal puudus konodontidele soodne keskkond. Vaid üks liik, *Pseudooneodotus* sp., täidab Halliku-Juuru ealist tühikut. Ruskavere puuraugu kanalitäitest on P. Männik siiski leidnud konodondi *Ozarkodina oldhamensis*, mis viitab täite võimalikule siluri vanusele (1986, avaldamata materjalid).

J. Nõlvaku andmetel puuduvad kanalitäites ka kitinozoad. Paar siit leitud, juba Pirgu lademest teada olevat liiki (*Cyathochitina campanulaeformis*, *Ancyrochitina ancyrea*) on ilmselt ümber setitatud.

1982). Sisuki on molema puuraugu ülemises osas leitud kivimite laiustumatu jaagis voi vahel ka kogu kivimis väljade ja kihistute vahel. Laiustumatu jaagis on üldjuhul ümber setitatud. Sellised kihistut on leitud aidu lademe (Kuusalu lade), nn. Kisuvere kihistu (Idavere lade) ja Ärina kihistut (Porkuni lade).

**Ораспыльд А.** 1986. Некарбонатный терригенный компонент в салдусской свите Северной Прибалтики. В сб.: Литология платформенных пород Эстонии. Труды по геологии X. Ученые записки ТГУ. 759. Тарту, 56–67.

## KIRJANDUS

### Kella, Oandu ja Rakvere lade

Keila lademe savika lubjakivi ja Oandu ja Rakvere ladeliste kihistu pidi esineb Põhja-Eestis suurel alal settelitünk, mida mõnikord paaritatakse tupsipind (Männik, 1960, 1966). Oandu lade on esindatud katkestuspinnade sahaga ja vete litoloogiliselt erinevate settikehadega: mergili (Hirnuse kihistu) ja alates lubjakiviga (Tõrremäe kihistik). Vasalemmu kihistu bioklastilist lubjakivi loodi Eestis palju seotuks Keila- ja osalt Oandu-ealiseks (Männik and Meidla, 1994). Rakvere lademe vaheliselt erinevate lubjakiviti.

Paljudes Lõuna-Eesti pinniplatvormides on Keila lademe savika lubjakivi ning Rakvere lademe afaniitse lubjakivi vahel kriptotahud kuni 1,5 m paksust merglikompleksi, milles leidub kuni 4 m paksusi aleurolildi vahelikku (jooni 1). Selliseid vahelikke on märkitud Ruhnu (J. Nõlvak, suul. andm.), Häädemeeste, Ahja, Viljandi (Vaärsi, Kajak jt., 1968, 1969, kaardistusaranded), Kangvere (Maamets, 1966), Ristküla ja Tartu lähiplatvormides. Ristküla puursüdamiku

# UPPER ORDOVICKIAN SEQUENCE ON THE PÖLTSAMAA-JÖGEVA-RUSKAVERE LINE

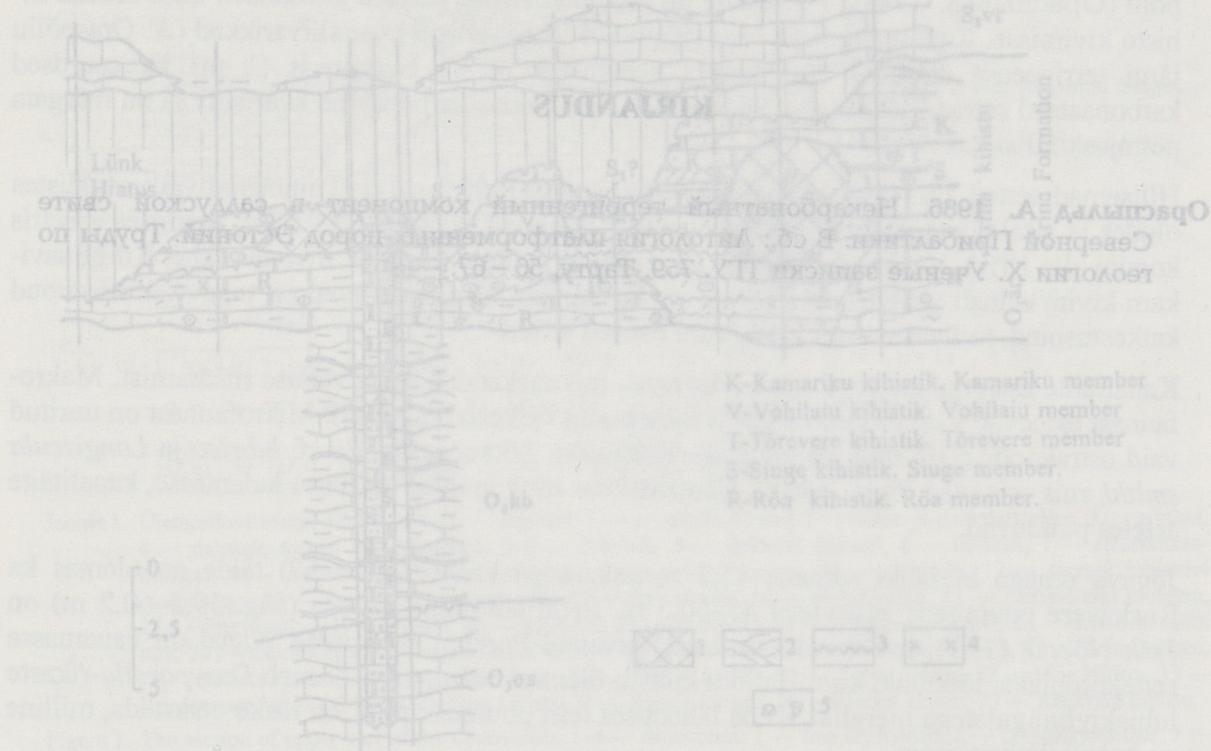
Helle Perens

## Summary

Late Ordovician carbonate sedimentation along the Põltsamaa–Jõgeva–Ruskavere line was influenced by a tectonic uplift in the vicinity of Jõgeva town. The latter caused rapid changes in thicknesses of accumulated carbonate mud during Saunja time, and promoted the growth of bioherms during Vormsi age and Moe–Tootsi time of Pirgu age. Equalizing of the sedimentation took place in Halliku time of Pirgu age.

The sedimentation in Porkuni age was followed by extensive denudation, which opened up resistant sedimentary bodies, deeply eroded softer ones and created erosional stream channels in the end of the Ordovician or in the beginning of the Silurian. The channels were cut down to 20 m into the rocks of the Porkuni and Pirgu stages. In comparison with the surrounding rocks, the channel-fillings are richer in terrigenous material.

The age of channel-filling material is problematic because of the scarcity of fossils in them. The occurrence of *Ozarkodina oldhamensis* in the Ruskavere drill core, however, allows to presume that the channel-filling could be of early Silurian age.



Joonis 2. Siluri-ordoviitsiumi piirkondid: 1 — biohermne lubjakivi, 2 — põimjaskihilus, 3 — stylolipind, 4 — pesiti esinev detrit, 5 — korallid. Ülejätnud leppemärgid vt. joonis 1.

Figure 2. The Ordovician–Silurian boundary beds. 1 — reef limestone, 2 — cross-bedding, 3 — stylolites, 4 — patches of skeletal debris; 5 — corals. For other symbols see Figure 1.

# TERRIGEENNE MATERJAL VEETASEME MUUTUSTE KAJASTAJANA LÕUNA-EESTI ORDOVIITSIUMIS

Leho Ainsaar

Tartu Ülikooli Geoloogia Instituut

## Sissejuhatus

Ordoviitsiumiaegses Balti paleobasseinis olid praeguse Eesti alal fatsiaalsed erinevused kõige suuremad Põhja- ja Lõuna-Eesti vahel, mis kuulusid erinevatesse struktuur-fatsiaalsetesse vöönditesse või konfaatsiestesse. Ulatusliku šelfimere perifeerset Põhja-Eesti vööndit peetakse madalaveelisemaks ja Kesk-Baltoskandia vööndisse kuuluvat Lõuna-Eesti ala sügavaveelisemaks basseini osaks (Мянниль, 1966; Jaanusson, 1976; Пылма, 1982).

Terrigeense komponendi levikut Eesti ordoviitsiumi karbonaatsetes faatsiestes on põhjalikumalt uurinud L. Põlma (Пылма, 1982) ja A. Oraspöld (Виидинг, Ораспыльд, 1972, 1978; Ораспыльд, 1986). Valdava osa lubjakivi ja mergli terrigeensest komponendist nii Põhja- kui Lõuna-Eestis moodustab peliitne ja peenaleuriitne fraktsioon ( $<10 \mu\text{m}$ ; Пылма, 1982). Siiski on mõlemas piirkonnas kirjeldatud kihte, mille kivimite lahustumatus jäagis või vahel ka kogu kivimis valdab jämeterrigeenne materjal. Viimase all möeldakse käesolevas töös keskmise- ja jämeteralist aleuriiti ( $16-63 \mu\text{m}$ ) ja liiva ( $0,063-2 \text{ mm}$ ). Põhja-Eestis tuleb sellise materjali rikaste kihtidena märkida Pakri kihistu lubiliivakivi (Kunda lade), nn. Kisuveere kihte (Idavere lade), Saku kihistiku aleuriidirikkaid setteläätsi (Oandu lade) ja Ärina kihistut (Porkuni lade). Köik need kihid on seotud oluliste settelünkkadega ja tähistavad dünaamilisemaid settetingimusi.

Lõuna-Eestis, kus settimine oli ordoviitsiumi ajal üldiselt pidevam ja rahulikum, väärivad karbonaatses läbilõikeosas esiletöstmist kaks jämeterrigeense materjaliga rikastunud taset: Keila lademe ülemine osa koos Oandu lademe ja Rakvere lademe alumise osaga ning Porkuni lade, eriti tema ülemine osa (Salduse kihistu). Järgnev on ülevaade nendest kihtidest ja nende seosest regressioonisündmustega.

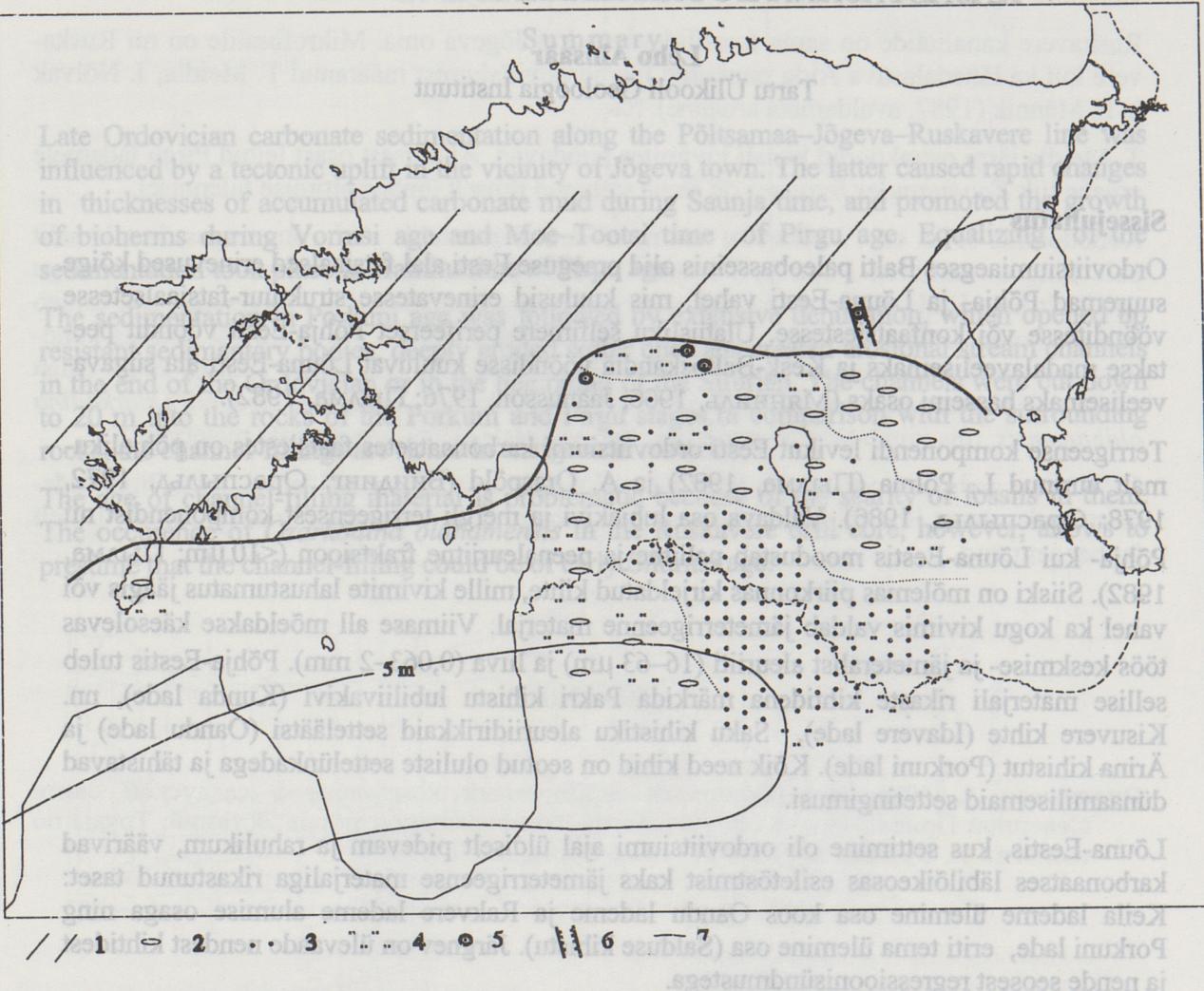
## Keila, Oandu ja Rakvere lade

Keila lademe savika lubjakivi ja Oandu lademe eriilmeliste kihtide piiril esineb Põhja-Eestis suurel alal settelünk, mida markeerib püriitne katkestuspind (Мянниль, 1960, 1966). Oandu lade on esindatud katkestuspindade vahel jäävate litoloogiliselt erinevate settekehadeega: mergli (Hirmuse kihistu) ja afaniitse lubjakiviga (Tõrremäe kihistik). Vasalemma kihistu bioklastilist lubjakivi Loode-Eestis peetakse osalt Keila- ja osalt Oandu-ealiseks (Männil and Meidla, 1994). Rakvere lademes valdab afaniitne lubjakivi.

Paljudes Lõuna-Eesti puursüdamikes on Keila lademe savika lubjakivi ning Rakvere lademe afaniitse lubjakivi vahel kirjeldatud kuni 12 m paksust merglikompleksi, milles leidub kuni 4 m paksusi aleuoliidi vahekihte (joonis 1). Selliseid vahekihte on märgitud Ruhnu (J. Nõlvak, suul. andm.), Häädemeeste, Abja, Viljandi (Väärsi, Kajak jt., 1968, 1969, kaardistusaranded), Kaagvere (Мянниль, 1966), Ristiküla ja Tartu läbilõikes. Ristiküla puursüdamiku

ostrakoodidefauna levikuandmete alusel jaguneb kogu see merglikompleks Keila, Oandu ja vőib-olla ka Rakvere lademe vahel (T. Meidla järgi).

## KÄTASTALANALOOGIA LÄBIORDOVOCI TSUMIS



Joonis 1. Aleuroliidikihtide levik Keila ja Oandu lademe piirihiides. 1 — aleurolidi levila; 2 — nullsedimentatsiooni ala Keila ja Oandu ea vahetusel. 3—5 — läbilöiked: 3 — settelünk (pööksus) Keila ja Oandu lademe piiril; 4 — aleuroliidikihtide esinemine; 5 — aleuroliidikihtide puudumine lünkakadeta läbilöikes.

Figure 1. Distribution of siltstone in the boundary beds of the Keila and Oandu stages. 1 — distribution area of siltstone; 2 — area of nonsedimentation in the latest Keilan-early Oanduan times; 3—5 — core sections: 3 — sedimentary gap (unconformity) at the boundary of the Keila and Oandu stages; 4 — siltstone beds; 5 — lack of siltstone beds in continuous sections.

Ristiküla läbilöikes on kivimid kõige jämeterrigeense materjali rikkamat 3,2 m paksuses aleuroliidikihis Keila ja Oandu lademe piiril. Nende kivimite lahustumatu jääl (moodustab 60–82% kivimist) koosneb valdavalt (60–80% ulatuses) kvartsirikkast aleuriidist fraktsioonis 16–63  $\mu\text{m}$ . Analoogiline, veidi karbonaatsem 1,2-meetrine vahekiht esineb Oandu lademes ja veel üks aleuriidirikas tase Rakvere lademe alumises osas. Aleuroliid on ebaselge kihilisusega ja sisaldab iseloomulikke vertikaalse orientatsiooniga ussikäike. Kogu selle aleurolidi vahekihtidega merglikompleksi ülemine kontakt afaniitse lubjakiviga on järsk ja katkestuspindadega.

Ristikülast 25 km loodes, Pärnu puursüdamikus on Ristiküla 12 m paksusest mergli ja aleurolidi kompleksist katkestuspindade vahel säilinud vaid 1 m Oandu vanusega merglit

üksikute õhukeste aleuroliidikelmetega ja Kesk-Eestis suidub ka see kiht täielikult. Samasugune väljakiildumine põhja suunas on jälgitav ka Ida-Eestis Tartu, Laeva ja Jõgeva piirkonna puursüdamikes (Мянниль, 1966).

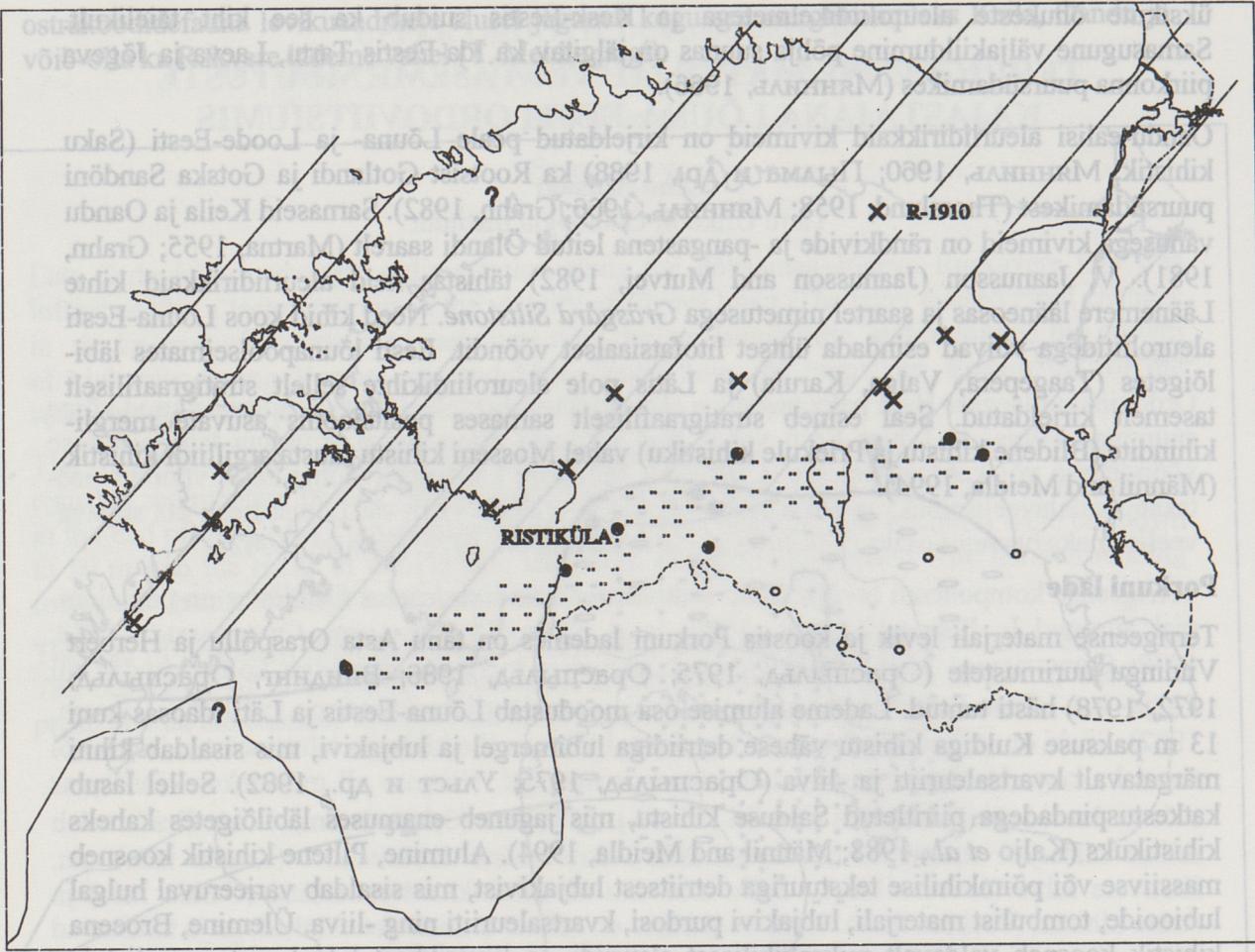
Oandu-ealisi aleuriidirikkaid kivimeid on kirjeldatud peale Lõuna- ja Loode-Eesti (Saku kihistik; Мянниль, 1960; Пылма и др., 1988) ka Rootsist Gotlandi ja Gotska Sandöni puursüdamikest (Thorslund, 1958; Мянниль, 1966; Grahn, 1982). Sarnaseid Keila ja Oandu vanusega kivimeid on rändkivide ja -pangastena leitud Ölandi saarelt (Martna, 1955; Grahn, 1981). V. Jaanusson (Jaanusson and Mutvei, 1982) tähistas neid aleuriidirikkaid kihte Lääremere lääneosas ja saartel nimetusega *Gräsgård Siltstone*. Need kihid koos Lõuna-Eesti aleuroliididega võivad esindada ühtset litofatsiaalset vööndit. Eesti lõunapoolseimates läbilöigetes (Taagepera, Valga, Karula) ja Lätis pole aleuroliidikihte sellelt stratigraafiliselt tasemelt kirjeldatud. Seal esineb stratigraafiliselt sarnases positsioonis asuvate merglikihindite (Blidene kihistu ja Priekule kihistiku) vahel Mosseni kihistu musta argilliidi kihistik (Männil and Meidla, 1994).

## Porkuni lade

Terrigeense materjali levik ja koostis Porkuni lademes on tänu Asta Oraspöllu ja Herbert Viidingu uurimustele (Ораспильд, 1975; Ораспильд, 1986; Виидинг, Ораспильд, 1972, 1978) hästi tundud. Lademe alumise osa moodustab Lõuna-Eestis ja Lätis idaosas kuni 13 m paksuse Kuldiga kihistu väheste detriidiga lubimergel ja lubjakivi, mis sisaldab kihiti märgatavalts kvartsaleuriiti ja -liiva (Ораспильд, 1975; Ульст и др., 1982). Sellel lasub katkestuspindadega piiritletud Salduse kihistu, mis jaguneb enamuses läbilöigetes kaheks kihistikus (Kaljo *et al.*, 1988; Männil and Meidla, 1994). Alumine, Piltene kihistik koosneb massiivse või põimkihilise tekstuuriga detriitsest lubjakivist, mis sisaldab varieeruval hulgal lubioode, tombulist materjali, lubjakivi purdos, kvartsaleuriiti ning -liiva. Ülemine, Brocena kihistik koosneb valdavalt mikrokihilisest aleuriidi- ja liivarikkast lubjakivist, merglist ja domeriidist, kus esineb virgmärkide ja kuivalöhedega kihipindasid (Пылма, 1982; Ульст и др., 1982).

Salduse kihistu paksus Lõuna-Eestis ja Lätis on enamasti 1–5 m piires, ulatudes Jelgava nõos 10–13 meetrini (joonis 2; Ульст и др., 1982; Ораспильд, 1986). Erandiks on üksikud läbilöiked Kesk-Eestis (Tootsi, Võhma, Jõgeva), kus Salduse kihistu paksus ulatub 32 meetrini (Ораспильд, 1986). Kuna Salduse kihistu lasub nendes läbilöigetes vahetult Pirgu lademu, võib oletada hiljem Salduse kihistu setenditega täitunud erosiooniliste settenõgude (Ораспильд, 1986) või kanalite eksisteerimist selles piirkonnas Porkuni eal. Taolisi kanalilaadseid struktuure on Jõgeva piirkonnas kaardistanud Helle Perens (R. Perens jt., 1986, käskirjaline aruanne; vt. ka H. Perens, käesolev kogumik).

A. Oraspöllu (Ораспильд, 1986) andmetel sisaldab Piltene kihistiku purd- ja bioklastiline lubjakivi Lõuna-Eestis lahustumatu jääki enamasti 8–22% piires (Kesk-Eesti kanali- või nõotäidetes veidi enam), koosnedes valdavalt kvartsi teradest fraktsionis 100–250  $\mu\text{m}$ . Karbonaatsed purdosad on liiva kuni veeriste fraktsionis (0,1–100 mm; Ораспильд, 1975). Eesti lõunapoolseimates Porkuni lademe läbilöigetes esineb lubiliivakivi vahekihte (Ораспильд, 1986). Brocena kihistiku merglis ja lubjakivis terrigeenne komponent fraktsionist  $>100 \mu\text{m}$  praktiliselt puudub, lahustumatus jäagis valdab fraktsioon 10–100  $\mu\text{m}$  või  $<10 \mu\text{m}$  (Ораспильд, 1986). Kesk-Lätis on Salduse kihistu kivimites lahustumatu jääki 10–40% piires, peamiselt terasuurusega 10–100  $\mu\text{m}$  ja  $<10 \mu\text{m}$  (Виидинг, Ораспильд, 1978).



Joonis 2. Salduse kihistu levila ja teralise komponendi koostis Piltene kihistikus, A. Oraspöllu järgi (Ораспильд, 1975, 1986). 1 — Porkuni ea teise poole setendite puudumine (nullsedimentatsioon ja/või kulutus); 2 — karbonaatne purdmaterjal; 3 — kvartsliv; 4 — kvartsaleuriit ja -peenliiv; 5 — anomalaalselt suur Salduse kihistu paksus läbilõikes; 6 — Salduse kihistu setenditega täidetud kanal (Perens jt., 1986, käskirjaline aruanne); 7 — Salduse kihistu 5 m samapaksusjoon (Ульст и др., 1982).

Figure 2. Distribution area of the Saldus Formation and composition of clastic material of the Piltene Member according to A. Oraspöld (Ораспильд, 1975, 1986). 1 — lack of the late Porkunian sediments (nonsedimentation and/or erosion); 2 — carbonate clasts; 3 — siliciclastic sand; 4 — siliciclastic silt and fine sand; 5 — the anomaly thick Saldus Formation's section; 6 — channel filled with sediments of the Saldus Formation (Perens *et al.*, 1986, unpublished m: uscript); 7 — 5 m thickness contour of the Saldus Fm. (Ульст и др., 1982).

Salduse kihistu teralised, jämeterrigeense materjali rikkad kivimid levivad Baltimaades ühtlase õhukese kihina Kesk-Leedust kuni Lõuna-Eestini ja kiilduvad välja nii põhja kui lõuna suunas ulatumata ordoviitsiumi avamuseni. Põhja-Eestis puuduvad Salduse kihistu analoogid ja ordoviitsiumi läbilõige lõpeb seal vanemate Porkuni lademe kivimitega (Ораспильд, 1975; Kaljo *et al.*, 1988; Männil and Meidla, 1994).

Baltoskandias leidub umbes samal tasemel aleuroliidid vahekihte veel Västergötlandis, Kesk-Rootsis, Tommarpi kihlide savikivimites (Stridsberg, 1980). Oslo piirkonna läbilõigetes (Langåra Formation, Langøyene Formation) on ordoviitsiumi lõpul settinud terrigeenne liiv kihlides. Eesti idaosas on Salduse kihistu liivimistes lisatundmuste sisulis-

ja aleuriit seotud kanalitäidete ja rannavööndis kujunenud regressiivsete kihtidega (Brenchley and Newall, 1980).

## Jämeterrigeense materjali kuhjumine

Kuigi mõlemad ülalkirjeldatud stratigraafilised tasemed töusevad Lõuna-Eesti ordoviitsiumi läbilõikes esile jämeterrigeense materjali rikkuse poolest, on siin kivimiliselt tegemist üsna erinevate kihtidega. Erinev on jämeterrigeense materjali pindalaline levik (kitsas vöönd Keila ja Oandu lademes ning ühtlaselt lai levik Porkuni lademes), samuti põhikivism, milles esineb aleurolidi või liivakivi vahekihte (mergel Keila ja Oandu lademes ning purd- ja bioklastiline ooididega lubjakivi Porkuni lademes Salduse kihistus). Silmatorkav on terrigeense liiva vähesus Keila ja Oandu lademes ning põimkihiliste tekstuuride esinemine Porkuni lademes. Kõik need tunnused viitavad tunduvalt kõrgemale vee-energiiale ja dünaamilisemale settimiskeskonnale Lõuna-Eesti alal Porkuni eal, võrreldes hiliskeila ja Oandu eaga.

Settimine Porkuni eal oli mõjutatud mandrijäätmisest Gondwana kontinendil, mis põhjustas glatsioeustaatiile veetaseme languse 50–100 m (Brenchley and Newall, 1980; Brenchley, 1988; Кальо и др., 1991). Veetaseme langus ilmnes juba Porkuni ea algul, mil kujunesid Ärina kihistu setendid Põhja-Eestis ja Kuldiga kihistu Lõuna-Eestis ja Lätis (Кальо и др., 1991). Neis kivimeis kaasneb teiste regressiivsete tunnuste esinemisega kihiti terrigeense aleuriidi anomaalselt suur sisaldus. Järsk veetaseme langus toimus Porkuni ea keskel, mil pärast settekatkestust, kõrge vee-energia tingimustes tekkisid Salduse kihistu Piltene kihistikу jämeterrigeense materjali rikas karbonaatne purdsete (hilisem purdlubjakivi) ja seejärel Brocena kihistikу laguunsed setendid (Кальо и др., 1991). Seega kaasnes jämeterrigeense materjali ebaharilikult suur sissekanne ordoviitsiumi lõpul Lõuna-Eestisse ja teistes normaalselt sügavaveelistesse piirkondadesse Baltoskandias ebatavalise veetaseme langusega, mil madalamaveelistel aladel, näiteks Põhja-Eestis ja Ida-Leedus, settimine katkes, asendudes kohati kulutusega.

Terrigeense liiva rikkaid vöönideid karbonaatse basseini rannalähedastel aladel on ordoviitsiumist teada näiteks Põhja-Ameerikas (Wilson, 1975; Harland and Pickerill, 1984) ja nad võisid esineda ka Baltoskandias. Kiire ja suure amplituudiga veetaseme languse korral ordoviitsiumi lõpus katkes ulatuslikul alal settimine ja jämeterrigeenne materjal pidi kanduma üle laia karbonaatse lava. Töenäoliselt transporditi seda koos karbonaatse purdmaterjaliga mööda šelfi kanaleid, mis hiljem täitusid liikuvaveeliste terrigeense materjali rikaste setetega. Brenchley ja Newall (1980; 1984) on Oslo piirkonna läbilõigetes näidanud, et terrigeense materjali mõõduka sissekande tingimustes lõikusid ordoviitsiumi lõpu regressiooni ajal šelfiplatoon setenditesse kanalid (tõusu-mõõna või fluviaalsed kanalid), mis täitusid liiva, aleuriidi ja karbonaatse purdmaterjaliga. Porkuni aegsete kanalite olemasolu Baltikumis on peale Jõgeva piirkonna kindlaks tehtud ka Lõuna-Leedus (Лашков, Пашкевиччюс, 1989). Vähempüsivate mineraalide (epidot, amfiboolid, pürokseenid) ja päevakivi suur osakaal Salduse kihistu terrigeenses materjalis (fraktsioonis 50–100 µm) Valmiera-Lokno kerke lähedastes läbilõigetes (Виидинг, Ораспильд, 1978) jätab siiski võimaluse, et kontinendi kõrval võis ka see tektooniline struktuur anda kohalikku lisandit setetesse.

Keila ja Oandu ea vahetusel valitses Eesti alal mõneti sarnane situatsioon ordoviitsiumi lõpu olukorraga. Ka siis eksisteeris Põhja-Eestis regressiooni tõttu tekkinud ulatuslik null-sedimentatsiooni ala, mida lõuna poolt piiras vöönd, kus settis rikkalikult jämeterrigeenset materjali (vt. joonis 1). Erinevalt Porkuni east oli siin tegemist valdavalt mudalise kitsas vööndis levinud settekeskkonnaga, kus savikad setted vaheldusid aleuriitsetega. Kuigi karbonaatseid litoklaste Keila–Oandu piirikihtides leidub Ida-Leedus (Лашков, Пашкев-

вичюс, 1989) ja Loode-Eestis (Oandu vanusega Saku kihistikus: Мянниль, 1960; Ульст и др., 1982), ei sattunud see materjal, erinevalt Porkuni east, basseini sügavamasse ossa Läti ja Lõuna-Eesti alal.

Lõuna-Eesti läbilõigete terrigeenne aleuriit pidi regressiooni ajal kanduma üle maismaalise karbonaatse platoö või kaljupõhjaga madalmerelise lava rannalähedasel šelfil. See võis toimuda mööda võimalikke šelfikanaleid, mille jälgile pole seni leitud. Keila ja Oandu lademe piiril oleva katkestuspinna sopitäädete uurimine alal, kus Oandu või Rakvere vanusega puhas afaniitne lubjakivi lasub põikselt Keila lademe lubjakivil (puurauk R-1910, vt. joonis 1), näitas, et see koosneb väga savikast merglist. Seega pole aleuriidi transpordi üle kaljupõhja Keila ea lõpul vähemalt selles piirkonnas toimunud.

Ümardumata kvartsaleuriidi lisandit nii mitmesugustes retsentsetes ja kui ka paleosoilistes karbonaatsetes setendites on peetud eoolse päritoluga materjaliks (vt. Wilson, 1975). Eoolse sissekande võimalusele Keila ja Oandu eal ei räägi vastu terrigeense materjali lõimis ja kvartsirikkus aleuroliidit vahekihtides. Samas on sellega raske seletada jämeterrigeense materjali kontsentreerumist kitsasse fatsiaalsesse vööndisse, kus settimiskiirus pidi naaber-aladega võrreldes (paksustest lähtudes) olema suurem. Tõenäoliselt toimus aleuriidi korduv ümbersettimine, kusjuures selle materjali kontsentreerumise kitsasse vööndisse Lõuna-Eestis määrasid regressiooniaegne hüdrodünaamiline režiim ja võimalik rannajoone asend.

## Kokkuvõte

Kuigi kaks jämeterrigeense materjaliga rikastunud stratigraafilist taset Lõuna-Eesti ordoviitsiumis erinevad teineteisest märgataavalta nii kivimiliselt kui ka terrigeense materjali lõimise poolest, on neil sarnane fatsiaalne seos meretaseme muutustega Balti regioonis. Mõlema kihi ilmumine normaalsett sügavaveelisesse Lõuna-Eesti piirkonda tähistab olulisi regressioonisündmusi ordoviitsiumi teisel pool, mil šelfimere madalas osas (Põhja-Eestis) settimine katkes. Oma ulatuselt jääb Keila–Oandu regressioon ordoviitsiumi lõpu sündmusele selgelt alla, mida näitab erinevus settekeskonna vee-energias Lõuna-Eesti alal.

**Tänavaudused.** Autor on tänulik kolleegidele Rein Einastole, Kalle Kirsimäele ja Tõnu Meidlale viljaka diskusiooni ja kasulike märkuste eest.

## KIRJANDUS

- Brenchley, P. J.** 1988. Environmental changes close to the Ordovician-Silurian boundary. British Museum of Natural History (Geology) Bulletin, **43**, 377–385
- Brenchley, P. J. and Newall, G.** 1980. A facies analysis of the Upper Ordovician regressive sequences in the Oslo region, Norway — a record of glacio-eustatic change. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **31**, 1–38.
- Brenchley, P. J. and Newall, G.** 1984. Late Ordovician environmental changes and their effect on faunas. In: Bruton, D. L. (ed.). Aspects of the Ordovician System. Palaeontological Contributions from the University of Oslo, **295**, 65–79.
- Grahn, Y.** 1981. Middle Ordovician Chitinozoa from Öland. Sveriges Geologiska Undersökning, Serie C, **784**, 1–51.
- Grahn, Y.** 1982. Caradocian and Ashgillian Chitinozoa from the subsurface of Gotland. Sveriges Geologiska Undersökning, Serie C, **788**, 1–66.

- Harland, T. L. and Pickerill, R. K.** 1984. Ordovician rocky shoreline deposits — the basal Trenton Group around Quebec City, Canada. *Geological Journal*, **19**, 271–298.
- Jaanusson, V.** 1976. Faunal dynamics in the Middle Ordovician (Viruan) of Balto-Scandia. In: Bassett, M., G. (ed.). *The Ordovician System: Proceedings of a Palaeontological Association Symposium*, Birmingham, September 1974. Cardiff, 301–326.
- Jaanusson, V. and Mutvei, H.** 1982. Ordovician of Öland. Guide to Excursion 3. IV International Symposium on the Ordovician System, Oslo 1982. Stockholm, 1–23.
- Kaljo, D., Nestor, H. and Põlma, L.** 1988. East Baltic region. *British Museum of Natural History (Geology) Bulletin*, **43**, 85–92.
- Martna, J.** 1955. Studies on the Macrourus and Slandrom Formations I. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, **77**, 229–256.
- Männil, R. and Meidla, T.** 1994. The Ordovician System of the East European Platform (Estonia, Latvia, Lithuania, Byelorussia, parts of Russia, the Ukraine and Moldova). In: Webby, B. D., Ross, R. J. and Yong Y. Zhen (eds). *The Ordovician System of the East European Platform and Tuva (Southeastern Russia): Correlation Charts and Explanatory Notes*. International Union of Geological Sciences Publication, 28, part A, 1–52.
- Stridsberg, S.** 1980. Sedimentology of Upper Ordovician regressive strata in Västergötland. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, **102**, 213–221.
- Thorslund, P.** 1958. Djupborrningen på Gotska Sandön. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, **80**, 190–197.
- Wilson, J. L.** 1975. Carbonate Facies in Geological History. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1–471.
- Вийдинг Х., Ораспильд А.** 1972. Литология и минералогия камариуской пачки поркунского горизонта. *Известия АН Эстонской ССР. Химия. Геология*, **21**, 245–257.
- Вийдинг Х., Ораспильд А.** 1978. Литология и минералогия салдусской свиты ( $F_{II}S$ ) в средней части Прибалтики. *Известия АН Эстонской ССР. Геология*, **27**, 120–128.
- Кальо Д., Нестор Х., Пылма Л., Эйнасто Р.** 1991. Позднеордовикское оледенение и его отражение в осадконакоплении Палеобалтийского бассейна. В кн.: Кальо Д., Модзалевская Д. Л., Богданова Т. Н. (ред.). Важнейшие биотические события в истории Земли. Труды XXXII сессии Всесоюзного палеонтологического общества. Таллинн, 68–78.
- Лашков Е. М., Пашкевичюс И. Ю.** 1989. Стратиграфические пробелы и седиментационные перерывы в разрезе ордовика западного края Восточно-Европейской платформы. Научные труды высших учебных заведений Литовской ССР. Геология, **10**, 12–36.
- Мянниль Р.** 1960. Стратиграфия оандусского (“вазалеммаского”) горизонта. Труды Института геологии АН Эстонской ССР, **5**, 89–122.
- Мянниль Р.** 1966. История развития Балтийского бассейна в ордовике. Таллинн, Валгус, 1–200.
- Ораспильд А.** 1975. Литология поркунского горизонта в Эстонии. Ученые записки ТГУ, **359**, 33–71.
- Ораспильд А.** 1986. Некарбонатный терригенный компонент в салдусской свите Северной Прибалтики. Ученые записки ТГУ, **759**, 56–67.
- Пылма Л.** 1982. Сравнительная литология карбонатных пород ордовика Северной и Средней Прибалтики. Таллинн, Валгус, 1–163.
- Пылма Л., Сарв Л., Хинтс Л.** 1988. Литология и фауна типовых разрезов карадокского яруса в Северной Эстонии. Таллинн, Валгус, 1–101.
- Ульст Р. Ж., Гайлите Л. К., Яковлева В. И.** 1982. Ордовик Латвии. Рига, Зинатне, 1–294.

# TERRIGENEOUS MATERIAL AS AN INDICATOR OF SEA-LEVEL CHANGES IN THE ORDOVICIAN OF SOUTH ESTONIA

Leho Ainsaar

## Summary

During the Ordovician, South Estonia is considered as more deep-water part of the shelf basin with more continuous sedimentation, comparing to North Estonia. There are two levels in carbonate sequence in the Ordovician of South Estonia which are enriched in terrigenous siliciclastic silt and sand: upper Keila to lower Rakvere stage (Caradoc) and the Porkuni Stage (particularly its upper part — Saldus Formation, Ashgill). In a narrow belt in South Estonia, the uppermost part of the Keila Stage, Oandu Stage and the lowermost part of the Rakvere Stage are represented by a marlstone bed, which contains intercalations of siltstone, up to 4 m thick (Figure 1). The litho- and bioclastic limestones of the Saldus Formation at the top of the Ordovician sequence are enriched by quartz sand material and in some sections sandstone intercalations occur (Figure 2).

Although these two stratigraphic levels in South Estonia differ in lithology and in granulometry of the terrigenous material, both are related to sea level changes. The occurrence of these beds in normally deeper-water South-Estonian area marks the major regression events in the second half of the Ordovician in the East Baltic region, which interrupted sedimentation in relatively shallow parts of the shelf (North Estonia). Judging by the differences in water energy of these sedimentary environments in South Estonia, the extent of the Keila–Oandu regression was considerably smaller than that of the late Ordovician glacioeustatic regression.

# SILURI KIVIMITE GEOKEEMILISED MUUTUSED KONTAKTIVÖÖNDIS LASUVA DEVONIGA

Tarmo Kiipli, Toivo Kallaste

Eesti Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituut

## Sissejuhatus

Siluri ja ordoviitsiumi karbonaatkivimites kontakti läheduses lasuva devoniga on mitme-sugused geokeemilised protsessid viinud sageli kivimi koostise põhjalikule ümber-kujunemisele. Neist nähtustest on rohkem uuritud dolomiidistumist ja maagistumist. Kesk-Eestis siluri avamusel on dolomiidistumist kirjeldanud E. Jürgenson (Юргенсон, 1959; Юргенсон, 1966; Юргенсон, 1970);, Põhja-Liivimaal devoni kivimite all P. Vingissaar ja V. Taalmann (Вингиссаар, Таалманн, 1974). Keemiliste ja spektraalanalüüside alusel on dolomiidistumise levikut hiljem täpsustatud (Кийпли, Таалманн, 1981; Кийпли, 1983). Viimati nimetatud töös avastati ka mikroelementide sisalduse kindlasuunalised muutused ülemises dolomiidikihis ning mõnede elementide (Mn, Pb, Zn) kogunemine dolomiitide ja lubjakivide kontaktiala lähedusse. Ka Kesk-ja Kirde-Eestis levinud sulfiidset maagistumist on seostatud siluri-devoni kontaktiga (Судов, 1973), kusjuures keskdevoni Narva lademe dorneriite on peetud ekraaniks piki rikkveöönide liikunud lahustele.

Käesolevas töös esitatakse uusi andmeid klori, väavli, mangaani ja strontsiumi sisalduse muutustest kontaktivööndi kivimeis, samuti kaltsiidi ja dolomiidi kristallvõre iseärasustest.

## Materjal

Proovid on kogutud Ohesaare ja Priekule puursüdamikust keskmiselt 2–4 m intervalli järel. Ohesaare puurauk paikneb devoni avamuse põhjapiirist ligikaudu 20 km põhja pool. Arvestades erosiooni, ulatus devoni settelasund minevikus kindlasti Ohesaare asukohale märgatavalt lähemale. Priekule siluri läbilõige asub 900 m paksuse devoni tasandi all Valmiera–Lokno kerke lõunanõlval. Kokku on kasutatud 275 proovi.

## Laboratoored meetodid

Kloor, väavel, mangaan, ja strontsium määratati röntgenfluorestsentsanalüsaatoriga VRA-30. Kasutati 4 g kivimipulbrit (tera suurus 1–10  $\mu\text{m}$ ), mis segati täiteaine polüstüreeniga vahekorras 1:1 ja pressiti 15 MPa rõhu all tabletiks. Selline metodika võimaldas 95% tõenäosusega mõõta S ja Cl sisaldust  $\pm 0,05\%$ , Mn sisaldust  $\pm 0,006\%$  ning Sr  $\pm 0,002\%$  täpsusega. Gradueerimisgraafikute koostamisel kasutati Irkutski Ülikooli Rakendusfüüsika Instituudi standardeid SDO-1, SDO-2 ja SDO-3. Kloori sisaldus neis standardites ei ole atesteeritud ja passis antud esialgsed väärtsused garanteerivad ainult poolkvantitatiivse analüüsiga. Kloori määramise täpsust halvendab ka tema sisalduse pidev vähenemine etalonis kordusmõõtmistel. Ilmselt aurustub kloor röntgenkiirguse mõju. Kloori suhteline sisaldus eri proovides on siiski teada eeltoodud täpsusega. Ülejäänud elementide kohta on olemas standardites atesteeritud sisaldused, mis garanteerivad korrektse analüüsituulemuse.

Dolomiidi ja kaltsiidi  $d_{104}$  reflekside väärtsused mõõdeti röntgendifraktomeetriga HZG4 (Freiberger Präzisionsmechanik), kasutades Fe-filtreeritud Co-kiirgust ja preparaatidena röntgenfluorestsentsanalüüsил kasutatud tablette. Mõõdetud reflekside asukohti korigeeriti räni 111 refleksi järgi, mida mõõdeti iga 3–5 proovi järel standardtabletilt (1,5 g räni, 2,5 g dolomiiti ja 4 g polüstüreeni).  $d_{104}$  väärtsused arvutati refleksi raskuskeskmest.

## Litoloogia

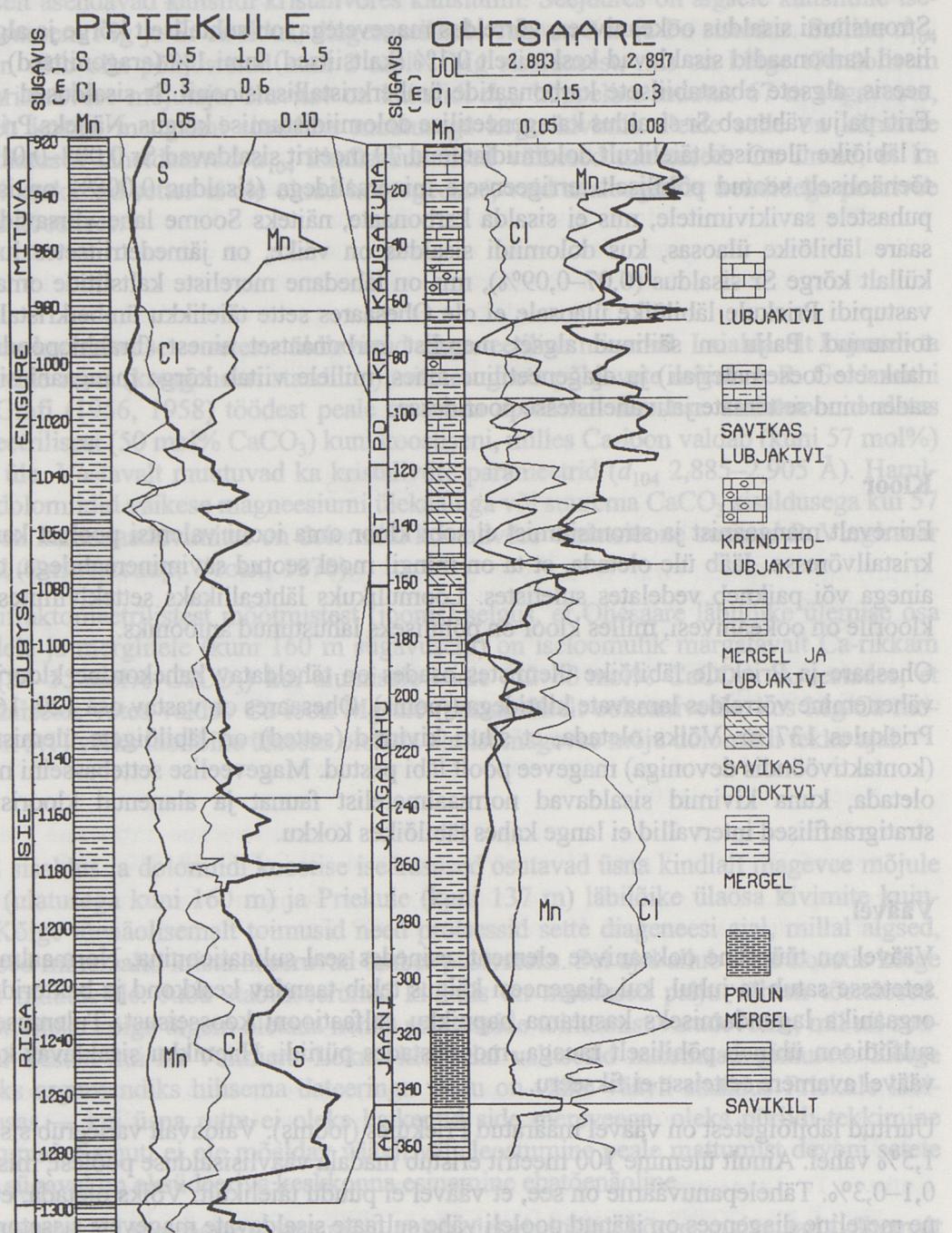
Ohesaare läbilõike uuritud osa võib litoloogiliselt jagada kolmeks. Ülemise osa (sügavuseni kuni 118,4 m) moodustavad vahelduvad merglid ja savikad lubjakivid, kohati jämedetriitse krinoidlubjakivi vahekihtidega. Siin vahelduvad avashelfi ja madalikufaatsiese kivimid. See intervall haarab Kaugatuma, Kuressaare ja Paadla lademe. Teine osa ulatub 118,4 kuni 161,5 meetrini. Selles intervallis esinevad kogu läbilõike kõige madalamaveelised faatsiesed. Lagununsed dolomiidid vahelduvad madaliku dolomiitide ja lubjakividega. Vähem esineb avashelfi muguljaid lubjakive. Need kivimid kuuluvad Rootsiküla lademesse. Allapoole, kolmandasse intervalli, jäavat avashelfi savikad lubjakivid ja merglid, kusjuures terrigeense materjali sisaldus suureneb sügavuse suunas pidevalt 25-lt kuni 75%-ni. Kivimi karbonaatses osas (välja arvatud lagununsed dolomiidid ja mõned doimeridid vahekihid ülemsiluris) valdab kaltsiit.

Priekule läbilõige on märgatavalts sügavaveelisem ja seal valdavad savimerglid ja savikildad, mis sisaldavad 60–90% terrigeensi ainest. Kivimi karbonaatses osas on põhikomponendiks dolomiit kaltsiidi lisandiga. Läbilõike ülemised 70 m (918–988 m) on täielikult dolomiidis tunud ega sisalda kaltsiiti. Läbilõike ülemise osa moodustavad Dubi, Engure ja Mituva kihistu, mida korreleeritakse Paadla ja Kuressaare lademega.

## Mangaan

Ookeanivees on lahustunud mangaani sisaldus väga madal ja näiteks ookeaniveest sadenenud kaltsiit peaks teoreetiliselt sisaldama 0,0001% Mn (Veizer, 1983). Realselt nii väikesi sisaldusi kivimites ei esine ja on loogiline, et põhilise osa Mn satub esialgselt settesse koos terrigeense materjaliga hõljumina. Mangaani edasine saatus sõltub diageneesi keskkonnast. Kui settes ei ole orgaanilist ainest ja säilib oksüdeeriv keskkond, siis jääb mangaan paigale. Sellise settekesskkonnast säilinud algse mangaani näiteks on arvatavasti 0,2–0,4% Mn sisaldused Lõuna-Eesti ordoviitsiumi punasevärvilistes kivimites (Кийпли и др., 1984). Kui sete sisaldab orgaanikat, mille lagunemisel diageneesis tekib taandav keskkond, siis redutseerub Mn kaheivalentseks, läheb lahusesse, liigub difusiooni teel igas suunas ja sadeneb poorilahustest välja koos karbonaatsete mineraalidega.

Priekule ja Ohesaare kivimid on hallivärvilised peendisperssest püriidist ja sisaldavad enamasti 2–6% orgaanilist ainet. Ilmne on, et diageneesi keskkond oli taandav. Fooniline, suhteliselt madal Mn sisaldus (Ohesaares 0,025–0,035% ja Priekules 0,035–0,045%), on jääk diageneesis valdavalts lakkunud mangaanist. Tähelepanu väärib ligi kaks korda suurem Mn sisaldus mõlema läbilõike ülaosas (Ohesaares kuni 65, vahekihiti ka 161 ja Priekules kuni 1025 m sügavuseni) (joonis). Neis S/D kontakti lähedastes kivimites tuleb seega oletada intensiivsemat karbonaatide sadenemist või hapnikku sisaldava keskkonna olemasolu diageneesi ajal.



Joonis. Priekule ja Ohesaare läbilõike stratigraafia, litoloogia ja geokeemia. Keemiliste elementide sisaldused (%) ja dolomiidi kristallvõre aatomitasandite vahekaugus  $d_{104}$  (Å) on esitatud trendikõveratenä, mis on arvutatud 3 punkti liikuva keskmise meetodil. Dolomiidi  $d_{104}$  (DOL) trendikõver on koostatud lubjakivide ja merglite proovide alusel, dolomiidid on välja jäetud. SIE — Siesartise kihistu, AD — Adavere lade, RT — Rootsiküla lade, PD — Paadla lade, KR — Kuressaare lade.

Figure. Stratigraphy, lithology and geochemistry of Priekule and Ohesaare sections. Content of chemical elements (%) and  $d_{104}$  spacing (Å) of dolomite are presented as three point moving average curves.  $d_{104}$  curve (DOL) is compiled on the base of the limestone and marl samples, the dolostones are excluded. SIE — Siesartis Formation, AD — Adavere Stage, RT — Rootsiküla Stage, PD — Paadla Stage, KR — Kuressaare Stage.

## Strontsium

Strontsiumi sisaldus ookeanivees, vörreldes magevetega, on suhteliselt kõrge ja algsed mere-lised karbonaadid sisaldavad keskmiselt 0,1% (kaltsiitsed) kuni 1% (aragoniitsed) Sr. Diageenesis, algsete ebastabilsete karbonaatide ümberkristallisatsioonil Sr sisaldused vähenevad. Eriti palju väheneb Sr sisaldus katageneetilise dolomiidistumise käigus. Näiteks Priekule siluri läbiöike ülemised täielikult dolomiidistunud 70 meetrit sisaldavad Sr 0,008–0,01%, mis on töenäoliselt seotud põhiliselt terrigeensete mineraalidega (sisaldus 0,008% on iseloomulik puhastele savikivimitele, mis ei sisalda karbonaate, näiteks Soome lahe viirsavidele). Ohe-saare läbilöike ülaosas, kus dolomiidi sisaldus on väike, on jämedetriitsetes lubjakivides küllalt kõrge Sr sisaldus (0,07–0,09%), mis on lähedane merelistele kaltsiitide omale. Seega, vastupidi Priekule läbilöike ülaosal ei ole Ohesaares sette täielikku ümberkristallisatsiooni toiminud. Palju on säilinud algset merelist karbonaatset ainest (brahhiopoodide, okasnahksete toesematerjali) ja diageneetiline aines, millele viatab kõrge mangaani sisaldus, on sadenenud settematerjalivahelistesesse pooridesse.

## Kloor

Erinevalt mangaanist ja strontsiumist ei sobi kloor oma iooni valentsi pooltest karbonaatide kristallvõresse. Jääb üle oletada, et ta on mingil moel seotud savimineraalidega, orgaanilise ainega või paikneb vedelates suletistes. Loomulikuks lähteallikaks settekivimites leiduvale kloorile on ookeanivesi, milles kloor on põhiliseks lahustunud aniooniks.

Ohesaare ja Priekule läbilöike ülemistes osades on täheldatav kahekordne klori sisalduse vähinemine vörreldes lamavate kihtidega (joonis). Ohesaares on vastav osa 120–160 m paks, Priekules 137 m. Võiks oletada, et siluri kivimid (settad) on läbilöigete ülemistes osades (kontaktivööndis devoniga) magevee poolt läbi pestud. Mageveelise settebasseini mõju ei saa oletada, kuna kivimid sisaldavad normaalmerelist faunat ja alanenud klorisisaldusega stratigraafilised intervallid ei lange kahes läbilöikes kokku.

## Väävel

Väävel on tüüpiline ookeanivee element, esinedes seal sulfaatioonina. Normaalmerelisteesse setetesesse satub ta juhul, kui diageneesi käigus tekib taandav keskkond ja bakterid hakkavad orgaanika lagundamiseks kasutama hapnikku sulfaatiooni koosseisust. Tulemusena tekkiv sulfidioon ühineb põhiliselt rauaga, moodustades püriidi. Hapnikku sisaldavas keskkonnas väävel avamere setteisse ei fikseeru.

Uuritud läbilöigetest on väävel määratud Priekules (joonis). Valdavalt varieerub sisaldus 0,7–1,5% vahel. Ainult ülemine 100 meetrit eristub madala vävlisisalduse pooltest, mis varieerub 0,1–0,3%. Tähelepanuväärne on see, et väävel ei puudu täielikult. Võiks oletada, et normaalne mereline diagenees on jäänud pooleli vähe sulfaate sisaldavate magevete sissetungi tõttu.

## Kaltsiit

Kaltsiit on settekivimites valdavalt diageneetiline mineraal, mis kujuneb ebastabilsete karbonaatsete mineraalide (magnesiaalne kaltsiit, aragoniit) ümberkristallisatsioonil. Algset sette-list kaltsiiti (brahhiopoodide koja materjal) esineb vähemal määral. Ohesaare läbilöikes on kaltsiidi kristallvõre atomtasandite vaheaugus  $d_{104}$ , mõõdetud röntgendifraktomeetriga. Tulemused langesid vahemikku 3,028–3,033 Å, mis on veidi väiksem puhta kaltsiidi vastavast väärustusest (3,035 Å). Variatsiooni põhjustavad võõrad katioonid ( $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ),

mis osaliselt asendavad kaltsiidi kristallvõres kaltsiumit. Seejuures on algsele kaltsiidile ise-loomulik suurem Mg ja Sr sisaldus, diageneetilisele suurem Mn ja Fe sisaldus. Selline  $d_{104}$  variatsioon võib olla põhjustatud kuni 2 mol% Mg sisaldusest, mis on kõige töenäolisem kaltsiidi kristallvõre mõjutaja. Huvitav on kaltsiidi  $d_{104}$  hüppeline muutus 67 m sügavuses, mis langeb kokku mangaani sisalduse muutusega kogu kivimis. Peale selle on kümnete meetrite ulatuses tähdeldatavad  $d_{104}$  kindlasuunalised väikesed muutused. On ilmne, et ka diageneesi keskkond settes ei ole olnud homogeenne, vaid analoogiliste trendidega poorivee keemilises koostises.

## Dolomiit

Dolomiit on karbonaatsetes setetes üldlevinud diageneetiline mineraal. Laialdaselt kujuneb ta ka lubjakivide arvel (katageneesi staadium) mitmesuguste põhjavete mõjul. J. R. Goldsmith ja D. L. Grafi (1956, 1958) töödest peale on teada dolomiidi koostise variatsioonid alates stõhhioomeetrilisest (50 mol% CaCO<sub>3</sub>) kuni koostiseni, milles Ca-foon valdab (kuni 57 mol%) Mg-foon üle. Vastavalt muutuvad ka kristallvõre parameetrid ( $d_{104}$  2,885–2,905 Å). Haruldased on dolomiidid väikese magneesiumi ülekaaluga või suurema CaCO<sub>3</sub> sisaldusega kui 57 mol%. Eesti karbonaatkivimites on dolomiidi kristallvõre variatsioone uurinud P. Vingissaar ja K. Utsal (Вингиссаар, Утсал, 1978).

Röntgendifraktomeetritest mõõtmistest (joonis) selgus, et Ohesaare läbilõike ülemise osa lubjakividele ja merglitele (kuni 160 m sügavuseni) on iseloomulik märgataval Ca-rikkam dolomiit (54–55 mol% CaCO<sub>3</sub>) kui alumisele osale (52–53 mol% CaCO<sub>3</sub>). Arvestades, et kontinentaalsetes vetes valdab Ca-foon Mg üle (vastupidiseltookeaniveele, kus Mg/Ca molaarsuhe on 5:1) võiks läbilõike ülaosas oletada olulist magevee mõju dolomiidi tekke ajal.

## Arutelu

Mn, Cl, S sisaldus ja dolomiidi koostise iseärasused osutavad üsna kindlalt magevee mõjule Ohesaare (ulatusega kuni 160 m) ja Priekule (kuni 137 m) läbilõike ülaosa kivimite kuunemisel. Kõige töenäolisemalt toimusid need protsessid sette diageneesi ajal, millal algasid, ebastabiilsed mineraalid kristalliseeruvad ümber püsivateks. Sel ajal allub sette koostis kõige kergemini muutustele. Juba stabiliseerunud kivimis on muutused palju vähem töenäosed. Arvatavasti oleks kõige õigem oletada nende protsesside toimumist varadevonis, mil nii suuremal osal Eestist kui ka Valmiera–Lokno kerkealal valitsesid maismaatingimused. Kõige olulisemaks argumendiks hilisema dateeringu vastu on väike väävli sisaldus Priekule läbilõike ülaosas — kui üsna ruttu ei oleks katkenud side mereveega, oleks püriidi tekkimine settes jätkunud. Samuti ei ole mõeldav väävli väljaleostumine peale mattumist devoni setete alla, kuna sügaval on oksüdeeriva esinemine ebatöenäoline.

Eeldades varadevoni meteoorseete vete mõju, tuleb oletada küllalt kõrget maismaad (vähemalt 140–160 m üle merepinna), et võimaldada läbipesemist vihmarevega. Liigestatud reljeefi olemasolu varadevonis tööndavad ka sügavalt karstunud kivimid devoni all (Baxep и др., 1962), samuti devoni setete esinemine siluri pealispinna kuni 50 m sügavustes kulutuslohkudes (Kiipli, 1989). Selge on ka, et eri protsessid võisid toimuda eri aegadel. Näiteks dolomiidistumist on peetud pikajaliseks ja põhiliselt devonijärgseks (Юргенсон, 1970), devoni väitel mere ja magevee segunemistsoonis toimunuks (Кийпли, 1983), või keskdevoni eelseks (Пичугин и др., 1976). Paljud siluri avamusala dolomiidid on tekinud juba siluri ajal seoses tolleaegsete madalaveelistega (Raikküla, Jaagarahu, Rootsküla ja

Paadla lade). Polümetalne maagistumine toimus mitmes etapis (Палмре, 1967), millest osa on hilisemad kui keskdevoni Narva iga.

## Kokkuvõte

Siluri kivimite mõne meetri kuni üle 150 m paksuses pinnakihis, mis on olnud kontaktis lasuvate devoni terrigeense kivimitega, on aja jooksul toimunud mitmekesised geokeemilised muutused. Kloori ja strontsiumi väljakanne, väävli fikseerumise pidurdumine või ka väljakanne, mangaani sissekanne, muutused kaltsiidi ja dolomiidi struktuursetes iseärasustes toimusid tõenäoliselt varadevonis, põhjustatuna meteoorse te vete sissetungist settesse maismaa tingimustes. Dolomiidistumine ja maagiteke esinesid mitmes etapis nii varem kui ka hiljem.

## KIRJANDUS

- Goldsmith, J. R. and Graf, D. L.** 1958. Structural and compositional variations in some natural dolomites. *Journal of Geology*, **66**, 678–692.
- Graf, D. L. and Goldsmith, J. R.** 1956. Some hydrothermal syntheses of dolomite and protodolomite. *Journal of Geology*, **64**, 173–186.
- Kiipli, E.** 1989. Põhja Vooremaa voored. *Eesti Loodus*, **8**, 530–533.
- Veizer, J.** 1983. Chemical diagenesis of carbonates: theory and application of trace element technique. In: Arthur M. A. et. al. (eds.). *Stable isotopes in Sedimentary Geology*. SEPM Short Course Notes 10. Ch. 3, 1–100.
- Вахер Р. М., Пуура В. А., Эрисалу Э. К.** 1962. Тектоническое строение Северо-Восточной Эстонии. Труды Института Геологии АН ЭССР, **10**, 319–335.
- Вингисаар П., Таалманин В.** 1974. Обзор доломитизации нижнепалеозойских карбонатных пород Эстонии. Известия АН ЭССР. Химия. Геология, 237–243.
- Вингисаар П. А., Утсал К. Р.** 1978. О породообразующих карбонатных минералах палеозоя Эстонии. Советская геология, **12**, 107–115.
- Кийпли Т.** 1983. О генезисе доломитов ордовика и силура в зоне контакта с перекрывающими отложениями девона. Известия АН ЭССР. Геология, **32**, 110–117.
- Кийпли Т., Кивисилла Я., Вингисаар П., Таалманин В.** 1984. Эволюция химического состава известняков ордовика и силура Эстонии. Известия АН ЭССР. Геология, **33**, 120–127.
- Кийпли Т., Таалманин В.** 1981. О поисковых критериях стекольных доломитов Эстонии. В кн.: Новые методы в геологии Эстонии. Таллинн, 4–19.
- Палмре Х.** 1967. Текстурные особенности руд свинцово-цинкового рудопроявления в Эстонской ССР. Известия АН ЭССР. Химия. Геология, **16**, 229–237.
- Пичугин М. С., Пуура В. А., Вингисаар П. А., Эрисалу Э. К.** 1976. Региональные проявления метасоматической доломитизации в связи с тектоническими нарушениями в нижнепалеозойских отложениях Северной Прибалтики. Советская геология, **10**, 78–90.
- Судов Б. А.** 1973. Свинцово-цинковые рудопроявления на территории Эстонской ССР и их перспективы. Разведка и охрана недр, **3**, 16–19.

Юргенсон Э. 1959. Доломиты райкюласского горизонта нижнего силура Эстонской ССР. Известия АН ЭССР, 8, 143–152.

Юргенсон Э. 1966. Литология лландоверийских отложений Эстонии. Таллинн, 1–64.

Юргенсон Э. 1970. Вторичные изменения отложений. В кн.: Кальо Д. Л. (ред.). Силур Эстонии. Таллинн, 96–101.

## GEOCHEMICAL CHANGES OF SILURIAN ROCKS BENEATH THE CONTACT WITH THE DEVONIAN

Tarmo Kiipli, Toivo Kallaste

### Summary

Surface beds of the Silurian (in a thickness of up to 160 m), beneath the Devonian sandstone, have undergone dolomitization, sulphide ore deposition, leaching of chlorine, strontium and sulphur and inflow of manganese. These processes are still reflected in structural features of dolomite and calcite. Some of these processes took place in the early Devonian, when continental conditions in the area allowed meteoric waters to penetrate into the upper part of the Silurian sediments. Dolomitization and ore deposition processes had been active during some earlier and later time periods as well.

# LIIVIMAA NAFTAPERSPEKTIIVSUSEST BALTIKUMI SENISTE NAFTALEIDUDE TAUSTAL

\*Vello Kattai, \*\*Kaisa Mens, \*\*Heldur Nestor

\* Eesti Geoloogiakeskus

\*\* Eesti Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituut

## Geologilised eeldused

Seoses energiatarbimise plahvatusliku kasvuga on kogu Teise maailmasõja järgsel ajal püsitud päevakorras küsimus nafta leidumise võimalusest Balti regioonis. Seda lootust on toitnud tõdemus, et naftamaardlate põhilised teoreetilised eeldused (sobivad lähte-, kollektor- ja kattekivimid ning vastavad geologilised struktuurid) on sellel alal olemas. Nafta lähtekivimeiks võksid olla alampaleosoikumi tumedad kildad või kiltsavid (argilliidid), mis kambriumis on tuntud maarjaskiltade, ordoviitsiumis ja siluris graptoliitkiltade või -argilliitide nime all. Need kivimid levivad põhiliselt Balti sünekliisi piires. Ka poorsed kollektorkivimid on olemas, niihästi suhteliselt pudedate vendi-kambriumi ja devoni liivakivide kui ka ordoviitsiumi-siluri biohermsete või purrulis-detriitsete lubjakivide ja kavernoossete dolomiitide näol. Viimased levivad põhiliselt Balti sünekliisiga külgevatel aladel. Naftamahutavust suurendab kivimite lõhelisus. Enam-vähem rahuldatud eelduseks võib pidada sobivate geologiliste struktuuride olemasolu. Need on kõige paremini välja kujunenud Lääne-Lätis, Lääne-Leedus ja Kaliningradi oblastis kuplike või vallilaadsete tektoniliste kerkealade näol. Karbonaatkivimite läbilõigetes lisanduvad neile riffmoodustised ning läätsjad või vööndilised barjärimadala kivimite kompleksid.

Mõnevõrra halvem on olukord nafta haihtumist takistavate ekraneerivate kattekivimitega. Ulatuslikke suure paksusega savilasundeid esineb läbilõike alumises osas (vend, kambrium). Ordoviitsiumi ja siluri läbilõikes esinevad paksud savikivimite lasundid peamiselt basseini keskosas, kus aga kollektorkivimid peaaegu puuduvad. Basseini perifeerises osas on kivimid nii horisontaal- kui ka vertikaalsuunas muutlikud, mis nõrgendab nende ekraneerivat toimet. Kõige problemaatilisem on Balti regioonis olukord süsivesinike genereerimiseks vajalike temperatuuri- ja rõhutingimustega, mis eeldab nafta lähtekivimite mattumist vähemalt 2–2,5 km sügavusele. Seepärast suureneb ala naftaperspektiivsus edela suunas, kus pealiskorra settekivimite paksus ulatub Põhja-Poolas kuni 5000 m-ni. Nafta suhtes kõige lootust-andvamaks piirkonnaks on kujunenud Lõuna-Baltikum, eriti Lääne-Leedu ja Kaliningradi oblast, kus 1980. aastate keskpaigaks oli teada 36 naftaleiukohta (Восильюс, 1987). Neist kõige lähemal Eestile on mõned Kuramaa leiukohad, mis aga on osutunud mittetööstuslikeks. Viimastel aastakümnetel on huvi tundud ka Gotlandi saare vastu, kus aga nafta otsingutega seotud töod on olnud salastatud ja andmed praktiliselt kättesaamatud.

## Kambriumi leiukohad

Baltikumi tööstuslikud naftaleiukohad on põhiliselt seotud keskkambriumi Deimena kihistuga (käsitletud ka lademe või ülemkihistu kategoorias), mille levik langeb jämedalt võttes kokku Balti sünekliisiga (Восильюс, 1987). Eesti stratigraafilises skeemis vastab sellele

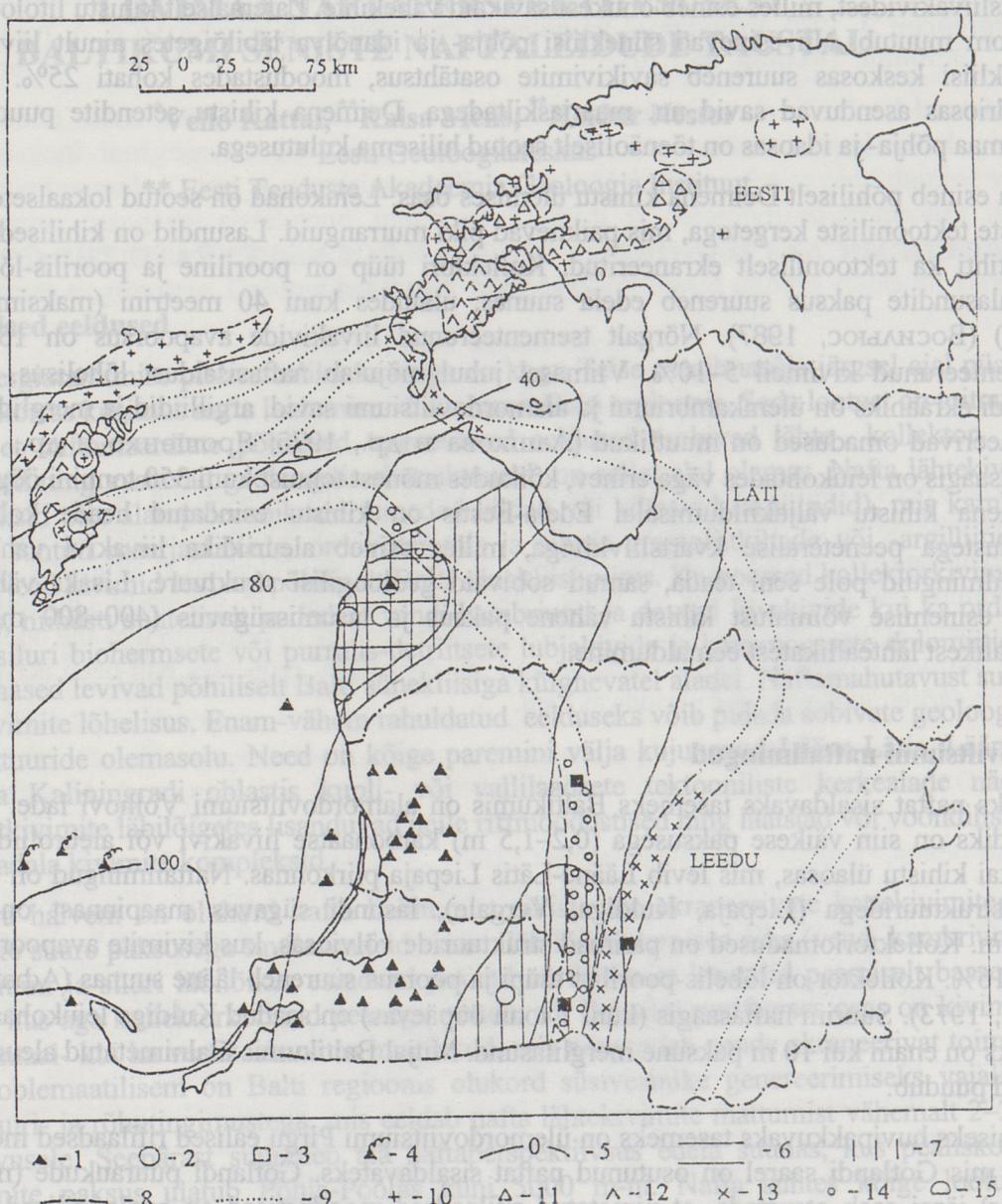
Ruhnu kihistu. Deimena kihistu paksus kasvab edela suunas, ületades Kaliningradi piirkonnas 100 m piiri (joonis). Samas suunas kasvab ka lasumissügavus, olles sünekliisi põhjaservas 0,5 km ja edelas 2,5 km. Deimena kihistu koosneb mitmesuguse terajämedusega kvartslivakividest, milles esineb õhukesi savikaid vahekihte. Lateraalselt kihistu litoloogiline iseloom muutub. Nii esinevad sünekliisi põhja- ja idanõlva läbiloigetes ainult liivakivid. Sünekliisi keskosas suureneb savikivimite osatähtsus, moodustades kohati 25%. Rootsimandriosas asenduvad savid nn. maarjaskiltadega. Deimena kihistu setendite puudumine Liivimaa põhja- ja idaosas on tõenäoliselt seotud hilisema kulutusega.

Nafta esineb põhiliselt Deimena kihistu ülemises osas. Leiukohad on seotud lokaalsete vallitaolistele tektoniliste kergetega, mis paiknevad piki murranguid. Lasundid on kihilised, võlvjad, tihti ka tektoniliselt ekraneeritud. Kollektori tüüp on pooriline ja poorilis-lõhelise. Naftalaasundite paksus suureneb edela suunas, ulatudes kuni 40 meetrini (maksimaalselt 68 m) (Восильюс, 1987). Nõrgalt tsementeerunud liivakivide avapoorsus on 15–18%, tsementeerunud kivimeil 5–10%. Viimasel juhul mõjutab naftasisaldust lõhelisus. Naftakihindi ekraaniks on ülemkambriumi ja alamordoviitsiumi savid, argilliidid ja merglid, mille ekraneerivad omadused on muutlikud (Лашкова и др., 1976; Ярошенко и др., 1976). Naftasaagis on leiukohtades väga erinev, köikudes mõnest tonnist kuni 350 tonnini ööpäevas. Deimena kihistu väljakiildumisalal Edela-Eestis on kihistu esindatud heade kollektoromadustega peeneteralise kvartslivakiviga, milles esineb aleuriidika liivakivi vahekihte. Naftailminguid pole seni teada, samuti sobivaid geoloogilisi struktuure. Lisaks vähendab nafta esinemise võimalust kihistu vähene paksus ja lasumissügavus (400–800 m) ning võimalikest lähteallikatest eemaldumine.

## Ordoviitsiumi naftailmingud

Teiseks naftat sisaldavaks tasemeeks Baltikumis on alamordoviitsiumi Volhovi lade. Naftakihindiks on siin väikese paksusega (0,2–1,5 m) karbonaatse liivakivi või aleurolidi lääts Kriukai kihistu ülaosas, mis levib Lääne-Lätis Liepaja piirkonnas. Naftailmingud on seotud kerkestruktuuridega (Liepaja, Kuldiga, Vergale), lasundi sügavus maapinnast on 900–1200 m. Kollektoriomadused on parimad struktuuride võlviosas, kus kivimite avapoorsus on kuni 16%. Kollektor on lõhelis-poorilist tüüpi ja poorsus suureneb lääne suunas (Афанасев и др., 1973). Suurim naftasaagis (kuni 1 tonn ööpäevas) on saadud Kuldiga leiukohast. Ekraaniks on enam kui 10 m paksune merglilasund. Mujal Baltikumis ülalnimetatud aleurolidi-kihind puudub.

Järgmiseks huvipakkuvaks tasemeeks on ülemordoviitsiumi Pirgu ealised rifilaadsed moodustised, mis Gotlandi saarel on osutunud naftat sisaldavateks. Gotlandi puuraukude (nt. File Haidar) järgi saab otsustada, et nimetatud rifilaadsed moodustised on analoogilised Kesrootsis Siljani järve piirkonnas paljanduvate nn. Boda moundidega (karbonaatpankadega). Viimased on kuni 100 m paksused ja läbimõõduga kuni 0,5 km (Януссон, 1979). Nad sisaldavad inkrustatsioonilisi kaltsiidistruktuure, millega seostuvad rohked õönsused. Gotlandil lasuvad Boda-tüüpi moodustised 200–450 m sügavusel (Восильюс, 1987) ja on kaetud üle 200 m paksuse alamsiluri merglilasundiga. Arvukalt esineb neid ka Läänemere põhjas Gotlandist põhja pool (joonis), kus nad on kindlaks tehtud seismitise profileerimisega (Floden, 1980). Samaalised üksikud rifilaadsed moodustised on Põhja-Eestis kindlaks tehtud Vormsil (Hoitberg), Noarootsis (Niibi) ja Ruunaveres, kus nende paksus on kuni 10 m. Teine üksikute karbonaatpankade vöönd paikneb lõuna pool (Kaugatuma, Paatsalu ja Võhma puurauk). Nende lasumissügavus on Võhmas 140 m, Kaugatumas 360 m. Viimasel ajal on saanud teatavaks, et Läti ja Taani meregeoloogide ühistööna on rifilaadseid struktuure



Joonis. Biohermsete kivimite, naftakihindite ja leiukohtade levik Baltimaades. 1–3 naftaleiukohad: 1 — kambriumi, 2 — ordoviitsiumi, 3 — siluri kivimeis; 4 — gaasileiukohad kambriumis, 5 — Deimena (Ruhnu) kihistu samapaksusjoon (m); 6–7 naftakihindi levilad: 6 — Volhovi, 7 — Pirgu-Porkuni; 8–15 biohermsete kivimite levilad: 8 — töestatud, 9 — oletatav, 10 — ordoviitsiumi, 11 — Llandovery, 12 — Wenlocki, 13 — Alam-Ludlow', 14 — Ülem-Ludlow'-Pridoli, 15 — töestamata vanusega.

Figure. Distribution pattern of biothermal (reef) rocks, oil-bearing beds and oil deposits in the Baltic area. 1–3 oil deposits: 1 — Cambrian, 2 — Ordovician, 3 — Silurian; 4 — gas deposits in Cambrian rocks, 5 — isopach of Deimena (Ruhnu) Formation (m); 6–7 areas of oil-bearing rocks: 6 — Volkhanian, 7 — Pirgu-Porkunian; 8–15 areas of reef complexes: 8 — proved, 9 — supposed, 10 — Ordovician, 11 — Llandoveryan, 12 — Wenlockian, 13 — Lower-Ludlowian, 14 — Upper-Ludlowian-Pridolian, 15 — unproven age.

kindlaks tehtud Kuramaa lähistel Ventspilsist loodes (joonis). Nende esinemissügavus (650–850 m) lubab oletada, et tegemist võib olla samuti hilisordoviitsiumi-vanuste moodustistega. Nende paiknemine Läti ja Eesti territoriaalvete piiril võöndina, suunaga Sõrve poolsaare lounatipu poole, lubab pidada seda üheks kõige perspektiivsemaks piirkonnaks Eesti territoriaalvetes.

Ülemordoviitsiumi teine naftailmingute tase on seotud Porkuni lademe Salduse kihistu lausteraliste lubjakivide lasundiga, mis levib Lõuna-Eestis, Lätis ning Kesk- ja Lääne-Leedus. See mõnekümnest sentimeetrist kuni 8 meetrini ulatuva paksusega kihind koosneb erisuguse terajämedusega karbonaatkivimeist, sageli peeneteralise terrigeense materjali lisandiga. Salduse kihistu levikualal töstetakse esile (Восильюс, 1987) kahte perspektiivsemat piirkonda: Balti sünekliisi kagunõlva Kaliningradi oblasti idapiiril ja põhjanõlva Keskkuramaal (joonis). Esimeses neist on Salduse kihistu esindatud valdavalt jämeprüfsete, liivakate lubjakividega, mille avapoorsus kõigub vahemikus 1,2–20,7%. Lasundi paksus ulatub 4 meetrini, lasumissügavus 1200–1600 m-ni. Naftat on avastatud kolmes leiuokohas (Kybartai, Pajavonis, Gussev). Maksimaalne mõõdetud naftasaagis on olnud Gussevi leiuokohas 4 tonni ööpäevas. Kuramaa perspektiivalal on Salduse kihistu esindatud ooid- ja psammiitlubjakividega (Piltene kihistik), mille paksus ulatub 3–6 m-ni. V. Jakovleva (Яковлева, 1973) andmeil on kivimite avapoorsus 2,6–16,2%. Kihistu lasub 800–1100 m sügavusel, on kaetud 450–600 m paksuse alamsiluri merglite ja kiltsavide lasundiga. Kuldiga, Piltene, Edole, Durbe, Vergale ja Bernate uurimisväljal on leitud naftailminguid, mis on seotud tektooniliste kergete võlviga, kus reeglinä esinevad puhtamat ooidlubjakivid. Ida suunas kivimite kollektoriomadused halvenevad. Põhja pool, Irbeni kulutusalal, vastava vanusega setendid puuduvad, seetõttu on Salduse naftakihindi jätkumine Liivimaa piiridesse üsnagi küsitav. Erandi võivad moodustada ordoviitsiumi lõpu glatsioeustaatilise regressiooniga seotud erosioonikanalite täited, mis võivad olla välja kujunenud Balti sünekliisi servadel. Selliseid oletatavaid kanalitääteid on Balti basseini põhjatiival täheldatud Talsi ja Tootsi puuraugus.

### Nafta siluri rifikivimeis

Tuntud siluri naftamaardlad USA keskosariikides ning Venemaal Petšora basseinis on seotud biohermsete ehk rifikivimitega. Ka Balti regioonis on samasugused rifikompleksid väga laia levikuga (joonis). Alamsiluri kivimeist ei ole seni Balti regioonis naftalasundeid teada. Balti basseini põhjatiival (Gotland, Eesti) on küll mitmel stratigraafilisel tasemel biohermsete ja lausteraliste lubjakivide vöönideid, kuid kõik need esinevad kas otse kihtide avamusel või selle vahetus läheduses ning on selle tõttu perspektiivitud, kuigi näiteks Juuru-Raikküla lademe Hilliste kihistu biohermsetest ja krinoidlubjakividest Hiiumaal ja Ridala poolsaarel on teada rohkesti naftailminguid: immatuslaike, poori-, kaverni- ja lõhetääteid (Каттай и др., 1992).

Lootustandvamat on hilissiluri vanusega rifikompleksid Balti sünekliisi idaserval Kesk-Leedus, kuna seal lasuvad nad tunduvalt sügavamal (600–1200 m). Ülemsiluri biohermsete ja teraliste lubjakivide lasundi kogupaksus on 190 m. Selle kattekihindi moodustavad merglid ja kiltsavid paksusega 100–150 m. Lasund koosneb omakorda eri vanusega rifivöönditest, milles iga noorem paikneb eelmisest lääne pool (Восильюс, 1987). Suure ulatusega on Alam-Ludlow' Šilali kihistu rifivöönd (joon.), mis kulgeb kaarena piki Ida-Sutkai-Kolka paleofleksiuri. Biohermide paksus on kuni 25 m, lasumissügavus 600–750 m. Täielikult dolomiidistunud kivimi avapoorsus on keskiniselt 12–13%. Naftailminguid on täheldatud suhteliselt harva. Balti basseini põhjatiival jäävad samale stratigraafisele tasemele Paadla lademe biohermid ja biostroomid Lääne-Saaremaal ja Kuramaa põhjatipus ning Hemse

kihtides Gotlandil. Ilmselt jätkub rifikivimite võond ka Läänemere põhjas Gotlandi ja Saaremaa vahel. Teine, Ülem-Ludlow' rifivõönd paikneb Leedu piires eelmisest lääne pool, olles peaaegu meridionaalse suumaga (joonis). Ülem-Mituva ja Ventspils kihistu biohermid on selles võändis kuni 30 m paksused ja lasuvad 1000–1200 m sügavusel. Biohermse kivimi avapoorsus on 2–12%. Paljudes puuraukudes on sellel tasemel naftailminguid, kuid arvestatavaid leiukohti ei ole seni avastatud. Ülem-Ludlow' rifivõönd jätkub Kuramaal. Samale stratigraafilisele tasemele jäävad Hamra ja Sundre kihtide krinoidlubjakivid ja biohermid Gotlandi saare lõunatipus. Rifivõönd kulgeb arvatavasti ka merepõhjas Gotlandi ja Kuramaa vahel.

Balti siluris kõige perspektiivsemateks naftastruktuurideks on osutunud Alam-Pridoli aegsed Minija kihistu (Kaugatuma lade) riffmoodustised Leedus, mis ei moodusta selget võöndit, vaid paiknevad Ülem-Ludlow' rifivõöndiga kohakuti või isegi sellest pisut ida pool. Selle vanusega üksikrivid on Baltikumi riffidest kõige suuremad ja nendega on seotud mõned naftaleiukohad (Kudirkose-Naumestis, Laptirai, Saukenai). Kaliningradi oblasti idapiiri läheosal paikneva Kudirkos-Naumestise rifi paksus on 57 m, läbimõõt 4 km, suurim fikseeritud naftadeebit 17,3 tonni ööpäevas. Kuramaal on Minija-ealine riff kindlaks tehtud Talsi puurergus. Sama vanusega rifi võib esineda ka merepõhjas Kuramaast läänes.

## Liivimaa väljavaated

Eeltoodust nähtub, et kambriumi vanusega naftaleiukohad on seotud Balti sünekliisi keskosaga, ordoviitsiumi ja siluri naftaleiud aga Balti sünekliisi äärealaga. See on igati ootuspärane, kuna ordoviitsiumis ja siluris settisid sünekliisi piires savisette ning puudusid peaaegu täiesti kollektorkivimid. Heade kollektoriomadustega biohermsed ja lausteralised lubjakivid ning dolomiidid moodustusid basseini äärealadel, kus lasumissügavused olid väikesed ja puudus tõhus ekraneeriv kattekiht. Basseini arengu regressiivsetel faasidel nihkusid nimetatud madalaveelised karbonaatfaatsiesed sünekliisi teljeosa poole ja kaeti järgnevate transgressioonide käigus sügavamatele savikate setenditega. Seetõttu on ordoviitsiumi- ja siluriaegsed naftaleiud koondunud Balti sünekliisi servadele ja seostuvad suurte regressioidega ordoviitsiumi ning Ludlow' lõpus, kuna viimastele järgnesid vastavalt siluri alguse ja Pridoli ulatuslikud transgressioonid, mis katsid karbonaatsete kollektorkivimide savikate ekraneerivate kihtidega. Balti sünekliisi põhjaserv ulatub otsapidi Liivimale, seepärast on säilinud teatud loodus nafta leidmiseks Riia lahes, Irbeni väinas ja Sõrve läänerranniku vetes, kuhu võivad ulatuda niihästi kambriumi Deimena naftakihind kui ka ülemordoviitsiumi "Boda moundid" ning ülemamilisi rifivõöndid. Samuti võib sellel alal esineda ordoviitsiumi lõpu glatsioeustaatisse regressiooniga seotud erosioonikanaleid, mis on täidetud Salduse kihistu purdsete karbonaatsete setenditega.

## KIRJANDUS

**Flodén, T.** 1980. Seismic stratigraphy and bedrock geology of the Central Baltic. Acta Universitatis Stockholmiensis. Stockholm Contributions in Geology, 35, 1–240.

**Афанасьев Б. А., Поливко И. А., Яковлева В. М., Волколаков Ф. К.** 1973. К проблеме генезиса локальных структур Прибалтики. В кн.: Куршс В. М. (ред.). Проблемы региональной геологии Прибалтики и Белоруссии. Рига, Зинатне, 201–11.

**Восильюс Г. Б. (ред.).** 1987. Нефтяные месторождения Прибалтики. Вильнюс, Мокслас, 1—145.

**Каттай В., Клубов Б., Багдасарян Л., Сууроя К.** 1992. Новые данные о битуминосности нижнепалеозойских отложений о-ва Хийумаа. Известия АН Эстонии. Геология, 41, 2, 73—80.

**Лашкова Л. Н., Семенов Н. Д., Хубльдиков А. М.** 1976. Коллекторы кембрийских нефтеносных отложений юго-западной Прибалтики и влияние литолого-генетических и пост-седиментационных процессов на их формирование. В кн.: Коркутис В. А. (отв. ред.). Проблемы нефтеносности нижне палеозоя Балтийского бассейна. Вильнюс, Мокслас, 30—39.

**Яануссон В. И.** 1979. Карбонатные постройки в ордовике Швеции. Известия АН Казахской ССР. Серия геологическая, 4—5, 92—99.

**Яковлева В. И.** 1973. Некоторые закономерности размещения пород-коллекторов ордовикских отложений Латвии. В кн.: Куршс В. М. (ред.). Проблемы региональной геологии Прибалтики и Белоруссии. Рига, Зинатне, 323—330.

**Ярошенко В. Н., Сувейздис П. И., Малинаускас И. В., Брангулис А. П., Фрейманис А. А., Усанов Н. А.** 1976. Результаты и дальнейшие направления региональных и поисково-разведочных работ на нефть и газ в Балтийской синеклизе. В кн.: Коркутис В. А. (отв. ред.). Проблемы нефтеносности нижне палеозоя Балтийского бассейна. Вильнюс, Мокслас, 7—16.

## OIL PROSPECTS IN LIVONIA ON THE BACKGROUND OF PREVIOUS PETROLEUM FINDS IN THE BALTIC AREA

**Vello Kattai, Kaisa Mens, Heldur Nestor**

### Summary

Until the mid-eighties 36 oil deposits of different value were discovered in the East Baltic area. Most of them are associated with the Middle Cambrian Deimena Formation represented by sand- and siltstones and occurring in west Lithuania and Kaliningrad district in the central (axial) part of the so-called Baltic Syneclyse. Rare deposits of no commercial value have been recorded from sand- and siltstones of the lower Ordovician Volkov Stage (Kriukai Fm.) on Kurzeme Peninsula, from different carbonate grain- and rudstones of the upper Ordovician Porkuni Stage (Salduse Fm.) at the eastern border of Kaliningrad district and middle Kurzeme, and from the upper Silurian reef complexes in middle Lithuania. On Gotland Island oil occurs probably in the upper Ordovician "Boda" carbonate mounds. Most of these oil-bearing formations or structures extend up to SW Livonia (surroundings of the Riga Gulf and Sõrve Peninsula), but relatively small thickness of the sedimentary cover makes the possibility of the oil discovery in this area more than problematic.

# LITOLOOGILIS-MINERALOOGILISTE KRITEERIUMIDE OSA LIIVIMAA DEVONI LIIGESTAMISEL

Anne Kleesment

Eesti Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituut

valm.

Devoni klassikaline stratigraafiline liigestus peadevoniväljal põhineb fossiilsete kalade tsонаal sel levikul (Gross, 1942; Марк, Плаасикиви, 1960; Ржонсницкая, Куликова, 1990; Mark-Kurik, 1993). Faunaleiud on Liivimaa peamiselt terrigeensetest kivimitest koosnevas läbilõikes harvad ning annavad üldjuhul ainult lademelise karkassi, kusjuures lademetes paksus ulatub kuni 100 meetrini. Läbilõigete korrelatsioon, ühikute piiride määramine, enamusel juhtudest ka detailne liigestamine toimub litoloogiliste ja mineraloogiliste kriteeriumide alusel. Viimaste rakendamine koos olemasolevate faunistiliste andmete arvestamisega on kujundanud selle ala devoni kaasaegse stratigraafilise skeemi (tabel 1).

Kuni 1965. aastani, mil L. Ljarskaja leidis Kesk-Lätist Burtnieki puursüdamikust alamdevoni vanusega kalafossili (Лярская, 1974), algas vaadeldavas piirkonnas devoni läbilõige kesk-devoni Pärnu lademega. Peale mainitud leidu vaadati olemasolevad materjalid üle ning litoloogilis-mineraloogiliste kriteeriumide alusel, läbilõigete liigestamisel matemaatilisi meetodeid kasutades eraldati senise Pärnu lademe koosseisus kolm erinevate tunnustega kihindit. Neist kahte alumist korreleeriti Leedus Pärnu lademe lamamiks olevate Viesite ja Sešovi kihistutega (Клеесмент, 1966). Edasiste faunistiliste ja mineraloogiliste andmete lisandumisel selgus, et tegelikult vastab alumine eraldatud kihind Ida-Lätis ja Kagu-Eestis Tilže ja Stoniškiai lademele, Läti keskosas aga Kemerri lademele (Сорокин, 1981; Нарбутас, 1984). Viesite kihistuga rööbistatud osast eraldati aga uus, Rēzekne lade (Лярская, 1974).

Tilže ( $D_1 tl$ ) ja Stoniškiai ( $D_1 st$ ) lademe helehallide liivakivide, hallide ja kirjuvärviliste savide ning rohekashallide domeriitide vahelduva kompleksi levila ulatub keelena Leedust üle Ida-Läti Kagu-Eestisse (Нарбутас, 1984). Eesti puursüdamikes (Laanemetsa, Värska) on V. Tali maa nendest kihtidest leidnud Tilže lademele iseloomulikke kalafossiile (publitseerimata andmed), Ida-Lätis on aga kindlaks tehtud nii Tilže kui ka Stoniškiai lademe esinemine, kuigi läbilõigetes on neid raske teineteisest eraldada. Mineraalse koostise pooltest eristuvad nende lademetes kivimid selgelt Kemerri ja vähem selgelt Rēzekne lademe omadest (tabel 2). Mineeraalide tüpomorfsete tunnuste jaotuses on Tilže lademele omane suhteliselt suur roosa granaadi, pruunika tsirkooni ja sinise turmaliini terade esinemissagedus. Tilže ja Stoniškiai lademe summaarne paksus vaadeldavas piirkonnas kõigub paarist kuni 50 meetrini.

Liivimaa edelaosas, Riia piirkonnas, algab devoni läbilõige alamdevoni Kemerri ( $D_1 km$ ) lademega. Lade on esindatud roosakate, kollakate või punakate liivakividega, mis sisaldavad halli aleuropoliidi ja savi plaatjaid vahekihte. Kemerri lademe paksus ületab piirkonna lääneosas 100 m (Сорокин, 1981), ida suunas suidub ta järsult. Mineraalselt koostiselt eristuvad Kemerri lademe liivakivid vaadeldavas piirkonnas kvartsirikkuse pooltest (80–90%) ja tsirkooni domineerimise pooltest raskete läbipaistvate alltigeensete mineraalide grupis (tabel 2). Iseloomulik on mineraaliterade hea ümmardatus.

Ладема генезиса локальных структур Прибалтики. В кн.: Курпс В. М. (ред.). Проблемы региональной геологии Прибалтики и Белоруссии. Рига, Зинатне, 201–11.

**Liivimaa devoni stratigraafiline skeem**  
**Devonian stratigraphy of Livonia**

Марк, Паасикуви, 1960	Käesolevas töös kasutatud liigestus		
	Sneža lade ( $D_3sn$ )		
	Daugava lade ( $D_3dg$ )		
Alamšeloni lade	Salaspils lade ( $D_3sl$ )		
Tšudovo lade	Plavinase	Tudovo kihid	
Pskovi lade	lade	Pskovi kihid	
Snetogori lade	(( $D_3pl$ ))	Snetnaja Gora kihid	
Amata lade	Amata lade ( $D_2am$ )		
Gauja lade	Gauja lade ( $D_2gi$ )	Lode kihistik ( $D_2gj_2$ )	Sietini kihistik ( $D_2gj_1$ )
Burtnieki lade	Burtnieki lade ( $D_2br$ )	Abava kihid ( $D_2br_3$ )	Koorküla kihid ( $D_2br_2$ )
Aruküla lade	Aruküla lade ( $D_2ar$ )	Tarvastu kihid ( $D_2ar_3$ )	Kureküla kihid ( $D_2ar_2$ )
		Viljandi kihid ( $D_2ar_1$ )	
Narva lade	Narva lade ( $D_2nr$ )	Kernave vöö ( $D_2nr^k$ )	
Pärnu lade	Pärnu lade ( $D_2pr$ )	Leivu vöö ( $D_2nr^l$ )	kihistik 4 ( $D_2nr_4^l$ ) kihistik 3 ( $D_2nr_3^l$ ) kihistik 2 ( $D_2nr_2^l$ ) kihistik 1 ( $D_2nr_1^l$ )
		Vadja vöö ( $D_2nr^v$ )	
Rēzekne lade ( $D_1rz$ )	Rēzekne lade ( $D_1rz$ )	Tamme kihistik	
	Kemeri lade ( $D_1km$ )	Tori kihistik	
	Stoniškiai lade ( $D_1st$ )		
	Tilže lade ( $D_1tl$ )		

Rēzekne lade ( $D_1rz$ ) eraldati L. Ljarskaja poolt (Лярская, 1974) keskdevoni basaalse lademe, milles esineb mõningaid alamdevoni fossiile. Sama käsitlust pooldas autorite kollektiiv, kes selgitas selle lademe leviku Baltikumis (Клещемент, 1966). Hiljem on E. Mark-Kuriku kaugkorrelatsioonid nihutanud Rēzekne lademe alamdevonis (Bließ *et al.*, 1988; Mark-Kurik, 1991) ja seda seisukohta on respekteeritud ka Ida-Euroopa platvormi devoni ladestu korrelatsiooniskeemis (Ржонсицкая, Куликова, 1990).

Lasuvast Pärnu lademest eristub Liivimaal peamiselt heledate liivakividega esindatud Rēzekne lade selgelt ainult levila idaosas. Lademe kõige ülemise osa moodustab seal 1–10 meetrise paksusega aleuriitse domeriidi kiht või domeriidi ja liivakivi vahelduv kompleks, millel lasuvad Pärnu lademe helededad liivakivid. Läänepoolsetes läbilõigetes on lademe ülemiseks kihiks tihti vaid õhuke dolomiitse tsemendiga aleuroliidti kihike ning lademe ülemist piiri on seetõttu raske määrata (Сорокин, 1981). Rēzekne ja Pärnu lademe kivimite mineraalne

koostis on lähedane (tabel 2). Oluline on märkida apatiidi ja leukokseeni, samuti ka turmaliini pruuni erimi osatähtsuse suurenemist Pärnu lademes, kusjuures suureneb ka terade ümardatus.

Tabel 2

**Olulisemate raskete läbipaistvate mineraalide suhteline hulk  
The content of the most important transparent heavy minerals (in %)**

	Tsirkoon	Turmaliiin	Granaat	Apatiit	Stauroliit	Disteen	Rutiil	Titaniit	Korund
D <sub>2</sub> am	62,3	12,0	0,9	2,5	9,0	1,5	11,6	0,4	—
D <sub>2</sub> gj <sub>2</sub>	38,3	34,7	1,8	2,7	10,2	0,6	9,3	0,4	—
D <sub>2</sub> gj <sub>1</sub>	56,9	4,1	7,0	2,1	16,8	1,6	5,7	0,4	—
D <sub>2</sub> br <sub>3</sub>	49,3	17,8	7,1	3,9	11,5	1,3	6,4	1,0	—
D <sub>2</sub> br <sub>2</sub>	49,4	13,9	9,8	5,6	10,0	1,2	6,4	0,7	+
D <sub>2</sub> br <sub>1</sub>	49,0	14,6	10,2	6,3	9,6	1,4	5,6	0,7	+
D <sub>2</sub> ar <sub>3</sub>	38,2	10,5	21,7	15,6	4,5	0,5	5,8	0,4	+
D <sub>2</sub> ar <sub>2</sub>	34,3	10,2	23,6	19,8	2,3	0,3	4,6	0,1	+
D <sub>2</sub> ar <sub>1</sub>	29,4	12,3	21,1	27,9	0,9	0,2	5,3	0,2	0,3
D <sub>2</sub> nr <sup>k</sup>	21,9	19,0	22,7	21,8	0,2	+	4,6	0,1	0,3
D <sub>2</sub> nr <sup>l</sup>	20,7	11,4	40,6	14,5	+	+	3,5	0,4	0,3
D <sub>2</sub> nr <sup>m</sup>	19,1	10,6	41,6	18,4	+	+	2,9	0,4	0,8
D <sub>2</sub> nr <sup>n</sup>	14,0	4,5	62,2	4,3	+	+	1,4	4,9	1,7
D <sub>2</sub> nr <sup>o</sup>	13,1	11,7	56,4	6,4	+	+	0,9	5,6	2,0
D <sub>2</sub> nr <sup>v</sup>	18,6	6,1	43,7	5,6	+	+	1,4	2,5	6,0
D <sub>2</sub> pr	18,0	5,2	63,9	7,5	0,1	+	1,6	1,2	+
D <sub>1</sub> rz	22,4	5,4	52,8	5,8	0,2	+	1,3	0,3	+
D <sub>1</sub> km	61,7	17,5	8,6	1,7	0,3	+	2,6	0,2	+
D <sub>1</sub> tl+D <sub>1</sub> st	26,0	13,4	44,7	9,6	0,1	+	1,9	0,3	0,1

Pärnu lade (D<sub>2</sub>pr), stratotüübiga Pärnu jõel Toris, on vaadeldavas piirkonnas paljanduvaist lademeist vanim. Lademe paksus on 23–30 m, kagu suunas väheneb see 10–15 meetrini. K. Orviku (1930) on lademe läbilõikes eraldanud Tori ja Tamme kihistik (tabel 1). Alumine Tori kihistik on esindatud heledate põimjaskihiliste pudedate liivakividega, Tamme kihistik puududatele liivakividele on iseloomulik karbonaatse tsemendiga liivakivi, aleuroliid ja savi vahekiidide esinemine. Pärnu lademe lasumiks on sageli kollaka liivaka dolomiidi kiht, millel lasub Narva lademe bretš. See on üks litoloogiliselt köige paremini määaratavaid piire käsitlevatas läbilõikes.

Narva lade (D<sub>2</sub>nr) on vaadeldava läbilõike köige heterogeensem osa, mille üldpaksus Liivimaal kõigub 25 ja 130 m vahel, suurenedes lõunasse. Avamus on kitsas, üksikud väikesed paljandid esindavad lademe ülemist osa. Alumine, suurem osa läbilõikest on karbonaatne, ülemises osas valdavad liivakad kivid. Faunaleiud on Narva lademes suhteliselt sagedased ning fossiilsete kalade detailne uurimine koos litoloogilis-mineraloogilise analüüsiga on võimaldanud läbilõikes eraldada 3 võöd, millest keskmisele vastab omakorda neli kihistikku (Валюковичюс и др., 1986; Клеесмент и др., 1987, tabel 1).

Alumine, Vadja vöö (D<sub>2</sub>nr<sup>v</sup>) paksusega 15–27 meetrit on esindatud dolomiidi, domeriidi ja dolomiitse savi vahelduva kompleksi, mis harva sisaldab aleuriitseid vahekihte. Kompleksile on iseloomulik peenkihilne ehitus, tumehalli kiltja savi vahekiidide esinemine. Köige muutlikuma paksusega (6–61 m) ja koosseisuga Leivu vöö (D<sub>2</sub>nr<sup>l</sup>) on valdavalt domeriitne, kusjuures kihistik 1 (D<sub>2</sub>nr<sup>l</sup>, 3–17 m) eristub märgatava (20–30%) liivakas-aleuriitse lisandi

pookest. Kihistik 2 ( $D_2nr_2^1$ , 5–12 m) on esindatud domeriidi, dolomiidi ja dolomiitse savi halli, peenekihilise kompleksiga. Kihistikus 3 ( $D_2nr_3^1$ , 12–20 m) lisanduvad eelmise kihistikku kivimtüübile halli aleuroliid ja liivakivi vahekihid. Kihistik 4 ( $D_2nr_4^1$ , 8–16 m) on oma kirjuvärviliste aleuriitsete masiivse tekstuuriga domeriitidega heaks laia levikuga reeperiks Ida-Euroopa platvormil. Narva lademe ülemine, Kernave vöö ( $D_2nr^k$ , 16–25 m) on valdavalt terrigeenne, läbilõiget iseloomustab pudedate ja dolomiitse tsemendiga hallide ning punakate liivakivide ja aleuroliidide tihe läätseline vaheldumine. Vahekihtidena esinevad kirjud ning hallid domeriidid, punased savid, harvemini dolomiidid. Kernave vöö lamavaks kihiks on sageli hall ebaühtlase karbonaatse tsemendiga hernestekstuuriga liivakivi.

Mineraalse koostise poolest on Narva lademe kivimid suhteliselt päevakivirikkad, eriti alates Leivu vöö kihistikust 2, kus kvartsi on 45–55% ja päevakive 18–30%. Kvartsirikkuse poolest paistab silma Leivu vöö alumine kihistik, kusjuures 70–78%-lise kvartsisisaldusega kaasneb märgatav raskete läbipaistvate mineraalide sisaldus. Üldjuhul domineerivad raskes fraktsioonis Fe-hüdroksiidid, Vadja vöös püriit. Raskete läbipaistvate mineraalide osas on stratigraafilisest aspektist oluline apatiidi ja tsirkooni sisalduse kasv alates Leivu vöö kihistikust 3, ning korundi ja titaniidi esinemine Vadja vöös ja Leivu vöö kahes alumises kihistikus (tabel 2). Mineraalide tüpomorfsete tunnuste jaotuses on oluline suletisterikka tsirkooni rohkus Vadja vöös ja Leivu vöö alumises kihistikus, piklike turmaliiinterade osa suurenemine alates Leivu vöö kihistikust 3, porsunud turmaliiinterade sage esinemine Leivu vöö kihistikes 1, 3 ja 4.

Narva lademe piiri lasuva Aruküla lademega ( $D_2ar$ ) on sageli raske määrata. Tavaliselt on Narva lademe ülemiseks osaks dolomiitse aleuroliid, domeriidi ja savi kihtide peenekihilise kompleks. Sellel lasub paari meetri paksune pudedat ja väga peeneteralise punase liivakivi kiht, mille alaosa on halvasti sorteeritud. Lamami mineraalse koostisega võrreldes suureneb Aruküla lademes tunduvalt kvartsi, ilmeniidi ja läbipaistvate alltigeensete raskete mineraalide osatähtsus. Viimaste hulgas muutuvad olulisemateks tsirkoon ja apatiit, ilmub ka staurolit (tabel 2).

Põhiliselt pruunikas-, kollakas- ja roosakaspunaste põimjaskihiliste peeneteraliste liivakividega esindatud, Eestis laia vööndina avaneva Aruküla lademe ( $D_2ar$ ) ilusad, kalaleiukohtadena tuntud paljandid (Tamme, Tartu kalmistu, Aruküla koopad) annavad Liivimaa põhjapoolsele osale iseloomuliku geoloogilise ilme. Lademe paksus on 60–90 m, see suureneb lõuna poole. Kolm lademe läbilõikes järgnevad, suhteliselt halvastisorreeritud kvartsirikaste liivakividega algavat ja savikas-aleuriitse kompleksiga lõppevat kihindit on eraldatud Viljandi ( $D_2ar_1$ ), Kureküla ( $D_2ar_2$ ) ja Tarvastu ( $D_2ar_3$ ) kihtidena (Kleesment, 1994; tabel 1). Viljandi kihtid: väga peeneteralisele liivakivile on omased aleuroliid, harvemini domeriidi plaatjad vahekihid. Kureküla kihtidele on iseloomulikud tükilise eraldisega kirjuvärvilise aleuroliid kihid, valge liiva pesade ja suurte saviveeriste esinemine. Tarvastu kihid eristuvad kollakate ja violetjate konglomeraatsete vahekihtide ja Fe-hüdroksiidsete kihipindade poolest. Mineraloogilistest näitajatest on oluline staurolidi esinemine ja tsirkooni hulga kasv Kureküla kihtides, leukokseeni ja staurolidi sisalduse suurenemine Tarvastu kihtides. Mineraalide tüpomorfsete tunnuste jaotuses väärib märkimist suurem lõhenenud tsirkooni ja rohelise kuni roosa pleokroismiga turmaliiini osatähtsus Viljandi kihtides, halli rutiili ja roosa granaadi kõrgenenud sisaldus Kureküla kihtides ning kahetipuliste tsirkooniterade esinemine Tarvastu kihtides. Viljandi kihid eristuvad lasuvatest ka paleontoloogiliste kriteeriumide alusel (Mapk, Tamme, 1964).

Tarvastu kihtide ülaosa punakal või kirjuvärvilisel aleuroliidil lasub Burtnieki lade ( $D_2br$ ), valdavalt heledate põimjaskihiliste liivakividega esindatud kompleks paksusega 60–95 m. Lademe kõige võimsamat paljandid on Lätis Salaca jõel (Срокин, 1981), ka Eestis on ilusaid

paljandeid Ahja ja Võhandu jõel ning mitmeid tuntud fossiilsete kalade leukohti (Karksi, Härrma, Essi jt.). Aruküla lademele sarnase tsüklilise ehituse alusel on Burtnieki lademe läbilõikes eraldatud üksteisel lasuvad Härrma ( $D_2br_1$ ), Koorküla ( $D_2br_2$ ) ja Abava ( $D_2br_3$ ) kihid. Viimased eristuvad ka faunistiliselt (Курик и др., 1989). Litoloogilistest tunnustest võib märkida Fe-hüdroksiidi rikaste pindade, lapikute saviveeriste ja konglomeraadi vahekihtide esinemist Härrma kihtides, õhukeste kirjuvärviliste aleuroliidikihtide leidumist Koorküla kihtides ning jämedateralise kvartsi kogumite olemasolu ja aleuroliidit vahekihtide osatähtsusel suurenemist Abava kihtides.

Mineraalselt koostiselt on Burtnieki lademe kivimid Aruküla lademega võrreldes rikkamad tsirkooni, turmaliini ja stauoliidi, vaesemad aga granaadi poolest. Oluline on disteeni esinemine. Härrma, Koorküla ja Abava kihid erinevad üksteisest vähe, oluline on ainult turmaliini tähelepanuväärsne hulk Abava kihtides (tabel 2).

Järgmise, 60–120 m paksuse Gauja lademe ( $D_2gj$ ) parimad paljandid on Gauja jõel Sigulda ja Cesise vahel (Сорокин, 1981). Eesti jaoks on see lade tähtis eelkõige Piusa klaasiliivade töttu. Lade on põhiliselt esindatud valkjas- ja kollakashallide liivakividega, mis sisaldavad levila idaosas profili ülemises pooles rohkesti aleurolidi ja savi vahekihte. Sellele tuginedes on siin eraldatud Sietini ( $D_2gj_1$ ) ja Lode ( $D_2gj_2$ ) kihistik (Курик, 1992, tabel 1), mis mineraloogiliste näitajate poolest on nii üksteisest kui ka Burtnieki ja lasuvast Amata lademest selgelt eristatavad (tabel 2).

Vaadeldavaala devoni noorimas terrigeenses kompleksis, 12–30 m paksuses Amata lademes ( $D_2am$ ) valdavad aleuroliidid ja väga peeneteralised liivakivid. Savikihtide osatähtsus on suur. Kivimite mineraalses koostises on oluline tsirkooni ja rutili suur sisaldus (tabel 2).

Liivimaa devoni läbilõige lõpeb Plavimase, Salaspils, Daugava ja Sneža lademega, mis koosnevad karbonaatsetest kivimitest ning on liigestatud litoloogiliste ja paleontoloogiliste kriteeriumide alusel (Сорокин, 1981). Seda läbilõikeosa käesolevas töös ei vaadelda.

Eelpool käsitletud devoni läbilõikes eristuvad kivimiliselt selgesti Narva lademe kaks alumist vööd, mis on esindatud valdavalt karbonaatsete kivimitega. Mineraloogiliste tunnuste poolest eristub hästi Kemeru lade, aga selged on ka Vadja vöö, Leivu vöö kihistiku 3, Burtnieki lademe, Sietini ja Lode kihistiku ning Amata lademe alumised piirid (tabel 2).

## KIRJANDUS

- Blieck, A., Mark-Kurik, E. and Märss, T. 1988. Biostratigraphical correlations between siluro-devonian invertebrate-dominated and vertebrate-dominated sequences: the East Baltic example. In: Devonian of the world, III. Calgary, Alberta, 579–587.
- Gross, W. 1942. Fischfaunen des baltischen Devons und ihre biostratigraphische Bedeutung. Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga, **64**, 373–436.
- Kleesment, A. 1994. Subdivision of the Aruküla Stage on the basis of lithological and mineralogical criteria. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology, **43**, 2, 57–68.
- Mark-Kurik, E. 1991. Contribution of the Emsian (Lower Devonian) on the basis of placoderm fishes. Newslett. Stratigr., **25**, 1, Berlin-Stuttgart, 11–23.
- Mark-Kurik, E. 1993. Walter Gross and Baltic Devonian biostratigraphy. The Gross symposium scientific sessions abstracts. Göttingen.
- Orviku, K. 1930. Keskdevoni põhikihid Eestis. Tartu, 1–98.

- Валюкевичюс Ю. Ю., Клеесмент А. Э., Курик Э. Ю., Вайтекунене Г. К.** 1986. Корреляция и органические остатки отложений нарвского горизонта. В кн.: Сорокин В. С. (ред.). Биофафия и фауна силурийского и девонских бассейнов Прибалтики. Рига, Зинатне, 73–86.
- Клеесмент А.** 1966. Отложения шяшувской и виеситской свит на территории Эстонии. Известия АН ЭССР. Серия физ.-мат. и техн. наук, XV, 2, 258–264.
- Клеесмент А.-Л., Курик Э., Валюкевичюс Ю.** 1987. О номенклатуре подгоризонтов нарвского горизонта. Известия АН ЭССР. Геология, 36, 4, 174–175.
- Клеесмент А. Э., Марк-Курик Э. Ю., Каатаюте-Талимаа В. Н., Вайтекунене Г. К., Каяк К. Ф.** 1975. Древнейшие отложения среднего девона Эстонии. В кн.: Лунц А. Я. (ред.). Геология кристаллического фундамента и осадочного чехла Прибалтики. Рига, Зинатне, 168–183.
- Курик Э., Куршс В., Лярская А.** 1989. Граница среднего и верхового девона в районе устья р. Абара (Латвия). Известия АН ЭССР, Геология, 38, 4, 162–165.
- Куршс В. М.** 1992. Девонское терригенное осадконакопление на главном девонском поле. Рига, Зинатне, 1–208.
- Лярская А. А.** 1974. Пограничные нижне-среднедевонские отложения Средней Прибалтики. В кн.: Сорокин В. С. (ред.). Региональная геология Прибалтики. Рига, Зинатне, 45–55.
- Марк Э. Ю., Паасикиви Л. Б.** 1960. Девонская система. Геология СССР, XXVIII, Эstonская ССР. Москва, 146–166.
- Марк Э. Ю., Тамме А.-Л. Э.** 1964. О границе наровского и арукюлаского горизонтов в Эstonской ССР. В кн.: Каатаюте-Талимаа В. Н., Нарбутас В. В. (ред.). Вопросы стратиграфии и палеогеографии девона Прибалтики. Вильнюс, Митис, 67–73.
- Нарбутас В. В.** 1984. Красноцветные формации нижнего девона Прибалтики и Подолии. Вильнюс, Мокслас, 1–136.
- Ржонсицкая М. А., Куликова В. Ф. (ред.).** 1990. Решения межведомственного регионального стратиграфического совещания по среднему и верхнему палеозою Русской платформы. Девонская система. Ленинград.
- Сорокин В. С. (ред.).** 1981. Девон и карбон Прибалтики. Рига, Зинатне, 1–502.

Toos kaigus olevas artiklis on üldse proovide ja mõõtmete ümber. Litynud (leiuma-Eesti) keskdevoni Aruküla, Saare maak. Burtnieki lähedal ja Kinde-Pesust Gorodenka leiuokohast (Narva lähe) põhinevad 11 proovi. Proovid on üldse üldse ning strataafiline kuuhuvus on toodud tabelis 1.

Võrdlusmaterjalina kasutati reosentre laeksi ehitatud brantsi mõõtmisi.

Skeletiatiidi kristallstruktuuri mõõtmine kasutati röntgendifraktsioonimeetrit (röntgendifraktsioonitester HZG 4, Co katoda, 3–178945 A, Fe filter). Enne analüüsimist puhastati skeletifragmentid hoilikat ümberehvitaval vahendil. Proovid hõõruti peeneks ahhaatuhmris ning preparatsiooni põhiseks abiks tuli voodri spuit. Mõõtmeid saadi diskreetses režiimis vahemikus 54–64 deg 2θ sammpuga 0,02 deg. Mõõtmed moodustuvad 5 või 10. Saadud difrakrogrammide sisalduvate apatitlike refleksete (111, 200, 211, 310, 402 ja 004) ning kvartsi 112 reflekset, mille abil leiti ka apatitide ja kvartsi mõõtmineks. Saadud difraktsioonimeetrisi reflekse lähenetati arvutuslike Lorenzi koonuside, ellipsoidide variante osaliselt kattuvate reflekside maksimumi asukohta (võrgupiirilesteid), intensiivsust ja poollaist. Võreparametrit arvetati eriväändike reflekside mõõtmete järgi välimustundide meetodil.

Elementaarkristalliitide suuruse arvutamisel seisidi, et difraktsiooniliste reflekside laienemine on põhjustatud valdavalt kristalliitide väiksemest suurusest ning profili kirjeldav kõver allub

# THE ROLE OF LITHOLOGICAL AND MINERALOGICAL CRITERIA FOR SUBDIVISION OF THE DEVONIAN SEQUENCE IN LIVONIA

Anne Kleesment

## Summary

The Devonian sequence in the Livonian area is characterized mostly by terrigenous rocks, poor in stratigraphically significant fossils. The section can be subdivided into several stratigraphic units according to their cyclic structure, lithology and mineralogical features, which includes range of typomorphic characteristics of minerals. The distinction of the stratigraphic boundaries and correlation of the units is based mainly on lithological and mineralogical criteria.

Only the lower boundary of the Narva ( $D_2nr$ ) and Plavinas ( $D_3pl$ ) stages, and Kernave ( $D_2nr^k$ ) Substage are lithologically distinct in the sequence. Changes of the mineralogical composition are substantial on the lower boundary of the Kemeru ( $D_1km$ ) and Rēzekne ( $D_1rz$ ) stages, and Member 3 of the Leivu Substage ( $D_2nr_3^l$ ), Kernave Substage ( $D_2nr^k$ ), Härma Beds ( $D_2br_1$ ), Lode Member ( $D_2gj_2$ ) and Amata Stage ( $D_2am$ ; Table 2).

Only the lower boundary of the Narva ( $D_2nr$ ) and Plavinas ( $D_3pl$ ) stages, and Kernave ( $D_2nr^k$ ) Substage are lithologically distinct in the sequence. Changes of the mineralogical composition are substantial on the lower boundary of the Kemeru ( $D_1km$ ) and Rēzekne ( $D_1rz$ ) stages, and Member 3 of the Leivu Substage ( $D_2nr_3^l$ ), Kernave Substage ( $D_2nr^k$ ), Härma Beds ( $D_2br_1$ ), Lode Member ( $D_2gj_2$ ) and Amata Stage ( $D_2am$ ; Table 2).

Only the lower boundary of the Narva ( $D_2nr$ ) and Plavinas ( $D_3pl$ ) stages, and Kernave ( $D_2nr^k$ ) Substage are lithologically distinct in the sequence. Changes of the mineralogical composition are substantial on the lower boundary of the Kemeru ( $D_1km$ ) and Rēzekne ( $D_1rz$ ) stages, and Member 3 of the Leivu Substage ( $D_2nr_3^l$ ), Kernave Substage ( $D_2nr^k$ ), Härma Beds ( $D_2br_1$ ), Lode Member ( $D_2gj_2$ ) and Amata Stage ( $D_2am$ ; Table 2).

Only the lower boundary of the Narva ( $D_2nr$ ) and Plavinas ( $D_3pl$ ) stages, and Kernave ( $D_2nr^k$ ) Substage are lithologically distinct in the sequence. Changes of the mineralogical composition are substantial on the lower boundary of the Kemeru ( $D_1km$ ) and Rēzekne ( $D_1rz$ ) stages, and Member 3 of the Leivu Substage ( $D_2nr_3^l$ ), Kernave Substage ( $D_2nr^k$ ), Härma Beds ( $D_2br_1$ ), Lode Member ( $D_2gj_2$ ) and Amata Stage ( $D_2am$ ; Table 2).

Only the lower boundary of the Narva ( $D_2nr$ ) and Plavinas ( $D_3pl$ ) stages, and Kernave ( $D_2nr^k$ ) Substage are lithologically distinct in the sequence. Changes of the mineralogical composition are substantial on the lower boundary of the Kemeru ( $D_1km$ ) and Rēzekne ( $D_1rz$ ) stages, and Member 3 of the Leivu Substage ( $D_2nr_3^l$ ), Kernave Substage ( $D_2nr^k$ ), Härma Beds ( $D_2br_1$ ), Lode Member ( $D_2gj_2$ ) and Amata Stage ( $D_2am$ ; Table 2).

Only the lower boundary of the Narva ( $D_2nr$ ) and Plavinas ( $D_3pl$ ) stages, and Kernave ( $D_2nr^k$ ) Substage are lithologically distinct in the sequence. Changes of the mineralogical composition are substantial on the lower boundary of the Kemeru ( $D_1km$ ) and Rēzekne ( $D_1rz$ ) stages, and Member 3 of the Leivu Substage ( $D_2nr_3^l$ ), Kernave Substage ( $D_2nr^k$ ), Härma Beds ( $D_2br_1$ ), Lode Member ( $D_2gj_2$ ) and Amata Stage ( $D_2am$ ; Table 2).

## KIRJANDUS

- Bleick, A., Mark-Kurik, E. and Märs, T. 1992. Biostratigraphical correlations between siluro-devonian invertebrate-dominated and vertebrate-dominated sequences: the East Baltic example. In: Devonian of the world, III. Calgary, Alberta, 579–587.
- Gross, W. 1942. Fischfaunen des baltischen Devons und ihre biostratigraphische Bedeutung. Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga, 64, 373–436.
- Kleesment, A. 1994. Subdivision of the Aruküla Stage on the basis of lithological and mineralogical criteria. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology, 43, 2, 57–68.
- Mark-Kurik, E. 1991. Contribution of the Emsian (Lower Devonian) on the basis of placoderm fishes. Newslett. Stratigr., 25, 1, Berlin-Stuttgart, 11–23.
- Mark-Kurik, E. 1993. Walter Gross and Baltic Devonian biostratigraphy. The Gross symposium scientific sessions abstracts. Göttingen.
- Orviku, K. 1930. Keskdevoni põhikihid Eestis. Tartu, 1–98.

# LIIVIMAALT PÄRINEVATE FOSSIILSETE KALADE EKSOSKELETI DIAGENEESIST

\*Jüri Nemliher, Tuuli Laas, \*Toivo Kallaste

\*Eesti Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituut

Liivimaa devoni ladestu liivakivides sisalduvaid kalafossiile on uuritud juba ligi 200 aastat. Hästi on tundma õpitud fossiilsete kalade taksonoomiat ning stratigraafilist levikut, nende eksoskelettide morfoloogiat ning histoloogiat. Vähem on käsitlemist leidnud skelettide mineraalne koostis, eriti biominalisatsiooni aspektist vaadatuna.

Retsentsete kalade, nagu ka kõigi teiste selgroogsete skeletimineraaliks on dalliit: hüdroksüüliooni sisaldav karbonaatpatiit (Zocco and Schwartz, 1994). Ivanov jt. (Иванов, Павлов, 1988; Ivanov *et al.*, 1992) on röntgendifraktomeetritlist meetodit kasutades uurinud skeletti moodustava apatiidi omadusi: võreparameetri varieeruvust ning elementaar-kristalliitide kuju. Samad autorid on hinnanud fossiilsete kalade eksoskelettide apatiidi koostise ja võreparameetrite muutumist diageneesi käigus. Põhilise seaduspärasusena märgivad nad, et diageneesiprotsessi käigus muutub skeletiapatiit fluorapatiidiks.

Artiklis on esitatud fossiilsete kalade eksoskeletti moodustava apatiidi iseloomustus ning käsitletud selle kujunemist. Saadud andmetest saab järeldada, et viimast on oluliselt mõjutanud diagenees.

## Materjal ja meetodid

Töös käigus uuriti 30 kalaluude proovi, mis pärvinevad Liivimaalt (Lõuna-Eestist) kesk-devoni Aruküla, Gauja ning Burtnieki lademest, ning Kirde-Eestist Gorodenka leiukohast (Narva lade) pärvinevat 11 proovi. Proovide taksonoomiline ning stratigraafiline kuuluvus on toodud tabelis 1.

Võrdlusmaterjalina kasutati retsentse latika (*Aramis brama*) soomuseid.

Skeletiapatiidi kristallstruktuuri uurimiseks kasutati röntgendifraktomeetritlist meetodit (röntgendifraktomeeter HZG 4, Co katood,  $\lambda = 1.788965 \text{ \AA}$ , Fe filter). Enne analüüsimest puhastati skeletifragmendid hoolikalt ümbrisrivimi teradest. Proovid hõõruti peeneks ahhaatuhmrise ning prepareeriti piirituse abil. Difraktogramm saadi diskreetses režiimis vahemikus  $54\text{--}64 \text{ deg } 2\Theta$  sammuga  $0.02 \text{ deg } 2\Theta$ , iga punkti mõõdeti 5 või 10. Saadud difraktogramm sisaldas apatiidi 7 refleksi (222, 312, 213, 321, 410, 402 ja 004) ning kvartsi 112 refleksi, mille abil leiti ka apatiidi reflekside nurgaparandus. Saadud difraktomeetritisi reflekse lähendati arvutuslike Lorenzi kõveratega; üheaegselt varieeriti osaliselt kattuvate reflekside maksimumi asukohta (võreparameetreid), intensiivsust ja poolaiust. Võreparameeter arvutati arvutuslike reflekside maksimumide järgi vähimruutude meetodil.

Elementaarkristalliitide suuruse arvutamisel eeldati, et difraktsioniliste reflekside lainemine on põhjustatud valdavalt kristalliitide väikesest suurusest ning profili kirjeldav kõver allub

**Uuritud keskdevoni kalade taksonoomiline ja stratigraafiline kuuluvus ja leiukohad**  
**Taxa, stratigraphic position and localities of the studied Middle Devonian fishes**

Proov Sample	Takson Taxon	Loc.	Strat.
k01	<i>Holonema</i> sp.	Gorodenka 1	D <sub>2</sub> <sup>1</sup> nr <sub>3</sub>
k02	<i>Glyptolepis</i> sp.	Gorodenka 2	D <sub>2</sub> <sup>1</sup> nr <sub>3</sub>
k03	<i>Schizosteus striatus</i> (Gross)	Gorodenka 2	D <sub>2</sub> <sup>1</sup> nr <sub>3</sub>
k04	<i>Pycnolepis splendens</i> (Eichwald)	Gorodenka 2	D <sub>2</sub> <sup>1</sup> nr <sub>3</sub>
k06	<i>Homostius latus</i> Asmuss	Gorodenka 2	D <sub>2</sub> <sup>1</sup> nr <sub>3</sub>
k07	<i>Byssacanthus dilatatus</i> Eichwald	Gorodenka 1	D <sub>2</sub> <sup>1</sup> nr <sub>3</sub>
k08	<i>Schizosteus striatus</i> (Gross)	Gorodenka 1	D <sub>2</sub> <sup>1</sup> nr <sub>3</sub>
k12	<i>Pycnosteus tuberculatus</i> (Rohon)	Karksi	D <sub>2</sub> <sup>2</sup> br
k13	<i>Tartuosteus maximus</i> Mark-Kurik	Karksi	D <sub>2</sub> <sup>2</sup> br
k14	<i>Homostius latus</i> Asmuss	Karksi	D <sub>2</sub> <sup>2</sup> br
k15	<i>Actinolepis magna</i> Mark-Kurik	Karksi	D <sub>2</sub> <sup>2</sup> br
k16	<i>Byssacanthus dilatatus</i> (Eichwald)	Aruküla	D <sub>2</sub> <sup>1</sup> ar <sub>1</sub>
k19	<i>Homostius latus</i> Asm.	Aruküla	D <sub>2</sub> <sup>1</sup> ar <sub>1</sub>
k21	<i>Ganosteus stellatus</i> Rohon	Sulbi*	D <sub>2</sub> <sup>2</sup> br
k22	<i>Homostius latus</i> Asm.	Sulbi*	D <sub>2</sub> <sup>2</sup> br
k23	<i>Psammosteus</i> sp.	Sulbi*	D <sub>2</sub> <sup>2</sup> br
k24	<i>Ganosteus stellatus</i> Rohon	Sulbi*	D <sub>2</sub> <sup>2</sup> br
k27	<i>Psammolepis venyukovi</i> Obruchev	Jõksi**	D <sub>2</sub> <sup>2</sup> gj
k28	<i>Asterolepis ornata</i> Eichwald ex. Agassiz	Jõksi**	D <sub>2</sub> <sup>2</sup> gj
k29	Holoptychiidae gen. et sp. indet	Karksi	D <sub>2</sub> <sup>2</sup> br
k30	<i>Homostius latus</i> Asmuss	Gorodenka 1	D <sub>2</sub> <sup>1</sup> nr <sub>3</sub>
rk1	<i>Abramis brama</i> (L.)	Läänemeri	Rets.

\* Pühajõe ääres (*on the Pühajõe river*)

\*\* Piusa jõe ääres (*on the Piusa river*)

D<sub>2</sub><sup>1</sup> nr<sub>3</sub> — Narva lade, keskdevon (*Narva Stage of Middle Devonian*)

D<sub>2</sub><sup>1</sup> ar<sub>1</sub> — Aruküla lade, keskdevon (*Aruküla Stage of Middle Devonian*)

D<sub>2</sub><sup>2</sup> br — Burtnieki lade, keskdevon (*Burtnieki Stage of Middle Devonian*)

D<sub>2</sub><sup>2</sup> gj — Gauja lade, keskdevon (*Gauja Stage of Middle Devonian*)

### Tulemused

Röntgendifraktogrammidelt ilmnes, et fossiilsete kalade eksoskeleti koostises on lisaks apatiidile ka kvartsi, päevakive ning dolomiiti. Apatiidi võrepareameetrid on toodud tabelis 2. Elementaarkristalliitide mõõtmed piki heksagonaalse prisma serva ja sellega risti on toodud tabelis 3.

Retsentse karpkala soomuse apatiiti iseloomustab äärmiselt väljavenitatud prismaline kuju, prismale ristolevas suunas ilmutas materjal amorfseid omadusi. Konkreetseid arvutusi ei teostatud materjali madala kristalliinsuse tõttu.

**Kalade skelettiapatiidi võreparameetrid**  
**Lattice constants of skeletal apatite of fishes**

PROOV SAMPLE	a(Å)	Stand.-hälve St. err	c(Å)	Stand.-hälve St. err
k01	9.364(1)	0.0003	6.892(8)	0.0003
k02	9.363(1)	0.0007	6.895(3)	0.0004
k03	9.367(5)	0.0005	6.891(5)	0.0004
k04	9.367(3)	0.0011	6.892(8)	0.0010
k06	9.364(4)	0.0006	6.894(2)	0.0005
k07	9.366(3)	0.0006	6.890(9)	0.0005
k08	9.374(5)	0.0032	6.891(9)	0.0020
k12	9.361(9)	0.0005	6.891(6)	0.0004
k14	9.368(2)	0.0006	6.893(0)	0.0004
k15	9.362(2)	0.0003	6.891(8)	0.0002
k16	9.370(0)	0.0006	6.895(1)	0.0004
k19	9.365(7)	0.0005	6.894(8)	0.0003
k21	9.366(8)	0.0006	6.892(2)	0.0006
k22	9.370(1)	0.0006	6.892(2)	0.0005
k23	9.362(5)	0.0004	6.891(6)	0.0004
k27	9.360(9)	0.0006	6.894(8)	0.0004
k28	9.363(1)	0.0002	6.892(8)	0.0002
k29	9.360(6)	0.0004	6.892(3)	0.0003
k30	9.365(8)	0.0008	6.892(2)	0.0006
rk1	9.42(3)	0.007	6.89(3)	0.005

Tabel 3

**Uuritud apatiidi elementaarkristaliitide mõõtmed 410 ja 004 suunas (Å)**

**The sizes of elementary crystallites in studied matter in directions of 410 and 004 (Å)**

Proov Sample	L(410)	L(004)
k01	180.6	377.23
k02	170.92	332.87
k03	165.67	337.5
k06	209.35	372.28
k07	160.18	308.51
k12	185.56	262.11
k14	150.41	292.08
k15	194.92	339.4
k16	149.75	317.29
k19	198.7	372.59
k21	201.56	455.56
k22	211.27	441.88
k24	224.46	536.34
k27	317.54	716.02
k29	193.7	348.92
k30	185.54	412.23

Märkus. Retsentse kala võreparameetrite määramise täpsuse madal tase on tingitud tema äärmiselt madalast kristalliinsustest.

## Tulemuste arutelu.

Kalade skeletiapatiit, otsustades võoreparameetrite ja difraktomeetrliste reflekside laiuse järgi, koosneb madala karbonaatsusega fluorapatiidist. Seda järedust kinnitab ka materjalist tehtud keemiline analüüs (Laas, 1994, diplomitöö). Oluline on siinkohal märkida apatiidi kristallstruktuuri ja keemilise koostise väkest muutlikust, seda enam, et mitmesugustest leiu-kohtadest väljaspool Liivimaad määratud fossiilsete kalade skeletiapatiidi võoreparameetri a väärthus on väga varieeruv: 9.33–9.42 Å (Ivanov *et al.*, 1992).

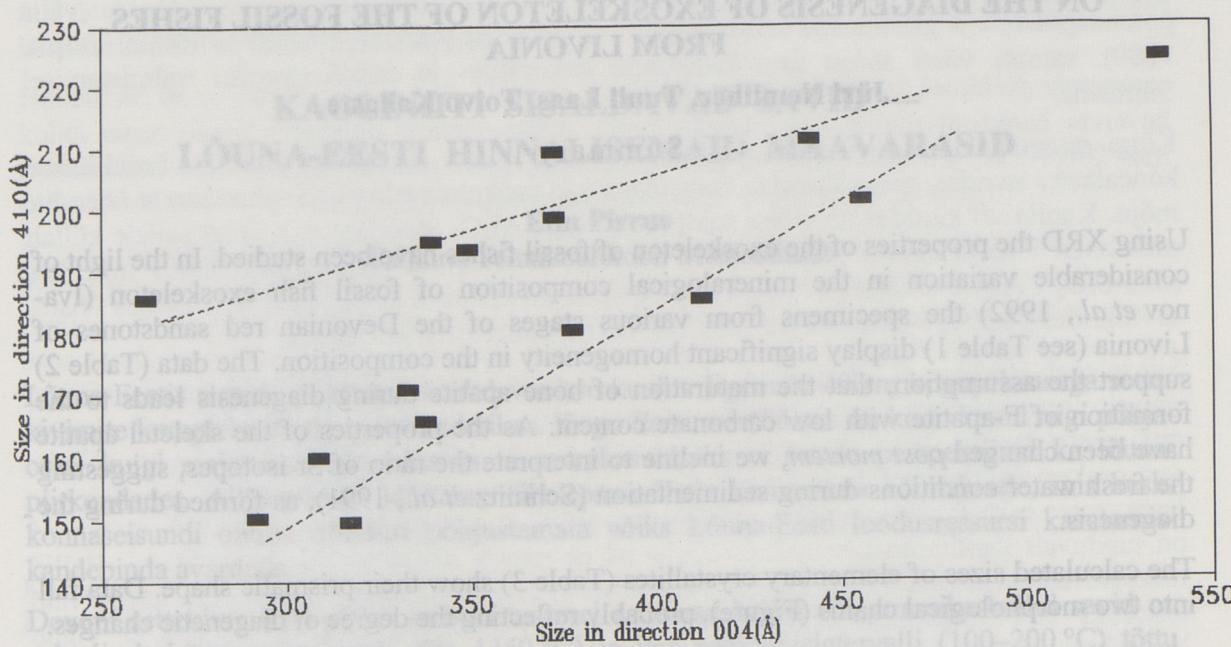
Võiks oletada, et taoline skeletiapatiidi väikene varieeruvus tuleneb ümbriskivimi omadustest: uuritud kalaluud pärinevad eranditult punasevärvilistest terrigeensetest setenditest. Samal ajal on fossiilsete lingulaatide uuringute põhjal teada, et ümbriskivimi keemiline koostis, eriti selliste reaktsioonivõimeliste kivimite puhul nagu lubjakivid, mõjutab fossiilide apatiidi koostist tunduvalt. Metasomatoos ümbriskivimi ja temas sisalduva apatiidi vahel viib reeglinähtus muutumisele kõrge karbonaatsusega frankoliidiks (Murdmaa *et al.*, 1995). Saadud tulemused kinnitavad ideed, et aja jooksul muutuvad karbonaatootoni sisaldavad apatiidi erimid fluorapatiidiks (McClellan, 1980). Võoreparameetri a suhteliselt madal väärthus näitab ühtlasi ka, et skeletiapatiidle tüüpiline hüdroksüüliooni sisaldus on tugevalt vähennenud või ta puudub hoopiski. Seega võib konstateerida Ivanovi jt. (Иванов, Павлов, 1988; Ivanov *et al.*, 1992) pakutud skeletiapatiidi fossiliseerumise mudeli paikapidavust, mille järgi ümbriskivimi ja temas sisalduvate fossiilide diageneesi käigus väljuvad viimase koostisest karbonaat- ning hüdroksüülioонid.

Et jälgitavad fossiilsete kalade skeletiapatiidi omadused on kujunenud olulisel määral *post mortem*, siis osutub võimalikuks ka reinterpreteerida Schmitzi jt. poolt (Schmitz *et al.*, 1991) Ida-Euroopa platvormi Old Redi liivakivi kalafossiilide koostises leiduvate strontsiumi isotoopide suhte põhjal tehtud järedust, et Old Redi kivimite tekkimine toimus oluliselt magestunud vees. Meie arvates jäab tunduvalt magestunud veele viitav isotoopide suhteharakorra kujunemine diaganeesietappi ega peegelda algset settekeskkonda. Seda järedust toetab ka Liivimaa devoni ladestu kalade faunistiline analüüs (Kurik, 1991).

Võrdlusmaterjalina kasutatud retsentse karpkala soomuste ning retsentsete lingulaatide apatiidi analüüside tulemustest võib järelleadata, et üldiselt on retsentse skeletiapatiidi elementaarkristalliidid on prismaaline kujuga. Uuritud materjali iseloomustab samuti prismaalne kuju (vt. joonis).

Fossiilsete lingulaatide skeletiapatiidi uurimisel selgus, et nende koostises on kaks apatiidi erimit, milles üks on esindatud plaatjate elementaarkristalliitidega (diageneesi käigus lisandunud apatiidi erim) ning teine prismaaliste elementaarkristalliitidega (originaalse skeletiapatiidi relikt: Nemliher, Puura ja Kallaste, avaldamata andmed). Sellest lähtuvalt võib oletada, et 1<sup>st</sup> saks koostise muutumisele väljendub diagenees ka elementaarkristalliitide haabituse muutumises prismaalisest pinakoidaalseks. Selle protsessi ulatus väljendab diageneetiliste protsesside ulatust.

Võrreldes fossiilsete kalade eksoskeleti materjali elementaarkristalliitide haabitust retsentse materjaliga ilmneb, et, kuigi olles säilitanud prismaalise haabituse, on prismaade pikkus tunduvalt lühenerud. Kahe selgelt väljakujunenud haabituste rea olemasolu on raskesti seletatav, see ei allu ei ajalisele, taksonoomilisele ega leiukohale kontrollile. Siinkohal on oletatud, et tegemist on diageneesi intensiivsust markeeriva nähtusega.



Joonis. Uuritud fosiilsete kalade elementaarkristalliitide mõõtmned suundades 410 vs 004 (Å).

Figure. The sizes of elementary crystallites in directions of 410 vs 004 (Å).

**Tänuavalus.** Käesoleva töö läbiviimine on osutunud võimalikuks tänu ETF uuringustoetusele nr. 1663.

## KIRJANDUS

- Ivanov, A., Pavlov, D. and Cherepanov, G. 1992. Some aspects of biomineratization of vertebrate exoskeleton. In: Kurik E. (ed.). Fossil fishes as living animals. Academia 1, 159–165.
- Kurik, E. 1991. On the environment of Devonian fishes. Proceedings of Estonian Academy of Sciences, Geology, 40, 3, 122–125.
- McClellan, G. H. 1980. Mineralogy of carbonate fluorapatites. Journal of Geological Society, London, 137, 675–681.
- Murdmaa, I., Nemliher, J., Bogdanova, O., Gorshkov, A. and Kallaste, T. 1995. Iron-Manganese and phosphatic hardgrounds drilled on the western Pacific caiots during ODP legs 143 and 144. Proceedings of Ocean Drilling Project, Scientific results, 144.
- Schmitz, B., Åberg, G., Werdelin, L., Forey, P. and Bendix-Almgreen, S. E. 1991.  $^{87}\text{Sr}$ / $^{86}\text{Sr}$ , Na, F, Sr and La in skeletal fish debris as a measure of the paleosalinity of fossil-fish habitats. Bulletin of Geological Society of America, 103, 786–794.
- Zocco, T. G. and Schwartz, L. H. 1994. Microstructural analysis of bone of the sauropod dinosaur *Seismosaurus* by transmission electron microscopy. Palaeontology, 37, 3, 493–505.
- Иванов А. О., Павлов Д. Ю. 1988. Исследование минерального состава костной ткани позвоночных. Вестник ЛГУ. Серия 7, вып. 4, 11–19.

**Jüri Nemliher, Tuuli Laas, Toivo Kallaste**

Using XRD the properties of the exoskeleton of fossil fishes have been studied. In the light of considerable variation in the mineralogical composition of fossil fish exoskeleton (Ivanov *et al.*, 1992) the specimens from various stages of the Devonian red sandstones of Livonia (see Table 1) display significant homogeneity in the composition. The data (Table 2) support the assumption, that the maturation of bone apatite during diagenesis leads to the formation of Fapatite with low carbonate content. As the properties of the skeletal apatite have been changed *post mortem*, we incline to interpret the ratio of Sr isotopes, suggesting the fresh water conditions during sedimentation (Schmitz *et al.*, 1991), as formed during the diagenesis.

The calculated sizes of elementary crystallites (Table 3) show their prismatic shape. Data fall into two morphological chains (Figure), probably reflecting the degree of diagenetic changes.

# **KAOLINIITI SISALDAVAD SAVID — LÕUNA-EESTI HINNALISEMAID MAAVARASID**

**Enn Pirrus**

Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut

Lõuna-Eestis avanev peamiselt keskdevonissee kuuluv ligemale 400 m kogupaksusega sette-  
kivimite kompleksi ei ole maavaraderikas. Kogu Eesti määetööstus on koondunud riigi põhja-  
ossa, kuigi majanduslikult tulusaks maavarakasutuseks ei puudu perspektiivid ka lõuna-  
piirkondades. Alljärgnevalt juhitakse tähelepanu ühele kasutamata võimalusele, mis kesk-  
konnaseisundi olulisi muutusi põhjustamata võiks Lõuna-Eesti loodusressursi kasutamis-  
kandepinda avardada.

Devoni settekivimikompleksi mitmel tasemel esinevad hallid või pruunikashallid savid on  
suhteliselt kõrge sulamistäpi (üle 1350 °C) ja laia paakumisintervalli (100–200 °C) töttu  
kahtlemata keraamikatööstuse parim tooraine Eestis. Paiknemine suhteliselt väikese ja  
juhuslike lasunditena paksus liivakivikompleksis ning mäetehniliselt keerukad ja sageli  
valikulist väljamist nõudvad kaevandamistingimused on siiani olnud nende kasutuselevötu  
peamiseks takistuseks. Suures osas ammendatud on vaid Võlsi ja Joosu savileiukoht ning  
sedagi ebaotstarbekohaselt: võrdlemisi madalakvaliteedilise tellise tootmiseks. Evitamisel on  
praegu vaid Arumetsa leiukoht Pärnumaal, kuid siangi on savi kasutusviis diskuteeritav, sest  
keramiidi tootmiseks leidub meil sobivamaidki saviliike. Õnneks on leiukohale püstitatud  
kasutamispiirangud: siit saab sobivat savi ka Tallinnas paiknev põrandaja seina-  
plaaditööstus. Vaatamata lasundi unikaalsusele, ei kuulu Arumetsa savi siiski veel rask-  
sulavate savide hulka.

Tundub, et devoni väärtsuslikemate savide tarbimisel on optimaalseimaks kasutusvormiks just  
kvaliteetsele toodangule orienteeritud väikeettevõtlus, mis hoolika ja väikesemahulise savi-  
kasutusega ei rikuks märkimisväärset Lõuna-Eesti maastike omapära.

Devoni savide uurimise ajalugu ulatub esimese Eesti Vabariigi aegadesse, mil rahva  
kogemustele tuginedes korraldati sihikindel tulekindlate savide otsing ja tehti hulk vajalikke  
katsetusi (Althausen, 1938; Öpik ja Krusenberg, 1929, 1932). Tänapäeval jaotusele vasta-  
vatest tulekindlatest savidest (sulamistäpiga üle 1530 °C) küll rääkida ei saa, kuid nimetatud  
otsingu käigus leiti rida rasksulava (1350–1530 °C) halli savi leiukohti: Joosu, Küllatova,  
Võlsi, Süvahavva, Sänna jt. Sõjajärgsel perioodil tehti prof. N. Dilaktorski juhitmisel Ehituse  
Teadusliku Uurimise Instituudis samade leiukohtade savi kompleksne laboratoorne uuring  
(aastatel 1950–1962), mis kinnitas nende tavapärasest kõrgemat sulamistemperatuuri (1360–  
1480 °C) ja suhteliselt laia paakumisintervalli. Just viimane asjaolu võimaldab neid savisid  
tehnoloogiliselt hästi töödelda ja ka nõudlikuma keraamika tootmiseks kasutada.

Kirjeldatud töödele järgnesid rea leiukohtade detailsed geoloogilised uuringud (Arumetsa —  
215, 225, 274, 2081, 4565; Küllatova — 226, 315, 2048, 3875, 4076, 4253; Võlsi — 823,  
1522 (arvudega leiukohtade järel on näidatud vastavate käsikirjaliste urimisaruannete  
registreerimisnumbrid Eesti Geoloogiafonidis; vt. ka M. Kukk käesolevas kogumikus), samuti  
tehti esimesed röntgenograafilised analüüsides (Утсал, 1968; Утсал, К., Утсал, В., 1982).

Joosu leiukoha hallide savide baasil töötati Tallinna Ehituskeraamika Tehases välja põrandaplaatide ja glasuuritud seinaplaatide valmistamise tehnoloogia (Штейнберг, Тюри, 1989), samuti võeti Joosu savi kasutusele dekoratiiv- ja tarbekeraamika valmistamisel Siimustis.

Kõigi nimetatud kasutusviisiide eelduseks on kahtlemata märkimisväärne kaoliniidilisand kõnealustes savides, mis vähendab kergsulavate ja paakumisvahemikku ahendavate ühendite mõju. Kaoliniidi sisaldusele viitab suhteliselt kõrge  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sisaldus, seda isegi savide küllalt muutlikku lõimist silmas pidades. Eriti ilmekalt avaldub see fraktsioonis  $<0,001$  mm, kus suhe  $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$  ei tõuse devoni rasksulavates savierimites kusgil üle 2,0. Kõigis teistes saviliikides püsib see enamasti piirides 2,2–2,6 (Дилакторский, 1956).

Sii tuleneb järeldus, et Lõuna-Eesti devoni savi on kujunenud humiidse kliima mõjusfääril, ilmselt normaalmerest riiumveelisemates veekogudes, rannikutasandike jõgedes, deltades või rannamerelahtedes. Neis tingimustes said mandril kantud kaoliniidiosakesed veel säilida, sest osakestele kleepunud redutseeriva orgaanilise aine kiled kaitsesid seda elektrolüütile lagunemise eest. Hallide savidega põimuvad beežid, punased, rohekad või kirjud savierimid on tunduvalt kaoliniidivaesemad ja kuuluvad enamjaolt kergsulavate savide klassi. Hallid rasksulavad savid enamasti ei sisalda sündgeneetilist karbonaadilisandit, mõnikord leidub vaid teiseseid dolomiidikonkretsioone või lõhetäiteid (Joosu, Sänna). Seegi asjaolu viitab hoppeliste keskkonnatingimuste valdamisele savide settimisel ja on kooskõlas parimate savilasundite paiknemisega heledatooniliste liivakivide keskel.

Stratigraafiliselt koonduvad kaoliniiti sisaldavad savid kesk- ja ülemdevoni piirikihtidesse: Burtnieki ja Gauja lademesse (kihistusse), jätkudes samal tasemel ka Venemaal ja Lätis. Keskdevoni alumiste kihtide savikomponendis märgatav kaoliniidilisand puudub, ka nimestatud piirikihtidest ülespoole ta sisaldus kahaneb (Утсал, 1968). Kesk- ja ülemdevoni piirikihtidest lähtudes suureneb mõlemas suunas ka settekompleksi üldine mariinsuse aste. Eeltoodud seaduspärist kalgub kõrvale vaid Arumetsa savi, mille vanuseline kuuluvus on praegu veel ebaselge (hilisema vagumuse täide Aruküla lademes?) ja mille kaoliniidi sisaldus on ülejäänutest tunduvalt madalam, jäädes kergsulavate savide klassile iseloomulikesse piiridesse (10–15%).

Tähtsaimaks probleemiks Lõuna-Eesti rasksulavate savide juures on nendes sisalduva kaoliniidi hulk, jaotumine ja teke. Nende andmete olemasolu on hädatarvilik savide otsimise ja kasutamise tehnoloogia (ka rikastamise) ratsionaalseks suunamiseks.

Varasemad sellesuunalised uuringud on lünkklikud ja toonud esile vastakaid seisukohti. Termilisele analüüsile tuginedes, arutlemata suhteliselt kõrge  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sisalduse ja tulekindluse põhjuste üle, hindas N. Dilaktorski (Дилакторский, 1963) kõnealuste savide kaoliniidi sisaldust vaid 8–10%-le. Detailselt Joosu savi kaoliniidi sisaldust uurinud K. ja V. Utsali (Утсал, К., Утсал, В., 1982) põhijärelduseks oli kaoliniidi väga muutlik (35–60%) sisaldus proovist proovi. Nende määratud kaoliniidi üldkontsentratsioon ületas N. Dilaktorski hinnatud sisalduse mitmekordset. K. ja V. Utsali (Утсал, К., Утсал, В., 1982) analüüs tugines kaoliniidi esimeste basaalreflekside intensiivsuste suhtkõveral. See koostati kunstlike segude baasil ja töötas usaldusväärsemal kaoliniidi sisalduste vahemikus 40–60%, kus nimetatud köver on selgelt lineaar-proportsionaalne. Sel meetodil on olulisi ja hästi teadaolevaid puudusi: 1) valitud etalonkomponentide struktuuriäitajate võimalik mittevastavus uuritava objekti savimineraalidele ja 2) hüdrovilkse komponendi erinev hüdratiseerumisaste, mis uuritud Joosu savis on autorite eneste andmetel (Утсал, К., Утсал, В., 1982) fraktsioo-

niti üsna muutlik. Seetõttu ei saa kaoliniidi sisalduse absoluuthinnanguid isegi suhteliselt hästi uuritud Joosu savis pidada lõplikuks.

Hinnalised on selles töös (Утсал, К., Утсал, В., 1982) esitatud andmed kaoliniidi jaotumuse kohta tsentrifuugil eraldatud fraktsioonides. Neist nähtub, et kaoliniidiosakesed annavad maksimumi 0,0005–0,00075 mm vahemikus, mõnikord ka vahemikus 0,00075–0,002 mm (s.t. on valdavalt selle suurusega), millega mõlemale poole nende sisaldus langeb.

Siiult tuleneb kaks olulist järedust. Esiteks, kirjeldatud seaduspära näitab, et kaoliniit on kandunud basseini kaugelt, peene saviheljumi koosseisus ning et tema autigeenne transformeerumine basseinis endas on vähetöönäoline. Teiseks, rakenduslik-tehnoloogilises mõistes võime üsna kindlalt väita, et devoni savid on raskesti rikastatavad, s.t. hüdrovilkne ja kaoliniitne komponent on teineteisest praktiliselt eraldamatud. Ka N. Dilaktorski (Дилакторский, 1963) uuringud näitasid, et jämedate sulandajarakaste lisandite (päevakivid, vilgud, karbonaadid) eemaldamisel uhtmeetodil toimus vaid savi omaduste vähene paranemine. Üksikjuhtudel, näiteks Joosu savidel, saavutati sel viisil siiski pehmenemise algtemperatuuri tõus 1450–1500 °C-st kuni 1580 °C-ni, mis avardab savide kasutamise tehnoloogilisi võimalusi.

Käesolevas töös on püütud nendelt lähteandmetelt edasi minna, eelkõige kaoliniidi sisalduse hindamisel teistes teadaolevates savileukohtades. Kasutasime paralleelselt kahte meetodit — röntgenograafilist ja keemilist. Viimatinimetatud mittestruktuurse meetodi kasutamine lähtus puhtpraktilisest kaalutlusest, sest täiskeemilise analüüsni andmed on siiani keraamikatoorme hindamise põhiliseks kriteeriumiks. Sõltumata paljudel juhtudel vastava komponendi mineraalsest kandjast, määrab just üksikkomponentide sisaldus keraamilise massi põletamisel tema paakumis- ja sulamiskarakteristika. Sulandajate toimel tekib paakumisel saviosakeste pinnal vedelfaasi kile, mis klaasiks jahtudes tsementeerib sulamisprotsessist puutumata jäänud  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ -rikka mineraalmaatriksi, andes vajalike omadustega keraamikatoote. Savi algne mineraalne koostis ei oma struktuurses mõistes sageli kuigi otsustavat tähtsust, sest nii sulandajaid kui ka sulamiskindlat komponenti on võimalik lisatavate aineteega teatud piirides reguleerida. Savi keemiline koostis sõltub siiski teda moodustavatest mineraalidest ja seetõttu annab ta teavet ka sisalduva mineraalikoosluse kohta. Kui viimane on uuritava objekti piires mineraalstruktuurse andmestikuga piisavalt kontrollitud, on keemiline analüüs kahtlemata kasutatav ka iseseisvalt, praktikas kõige kergemini kätesaadava mineraloogilise uurimismeetodina.

Eelnevad arvestades iseloomustatakse käesolevas töös Eesti devoni neljast perspektiivsemast leiukohast võetud seitset esindusproovi (tume ja hele savi erim Joosust, läbilõike ülemine ja alumine tase Süvahavva leiukohast, geoloogiline südamikuproov ja Tallinna Savitonis kasutatav karjäärisavi Arumetsast — vastavalt Arumetsa 1 ja 2 — ning paljandiproov Küllatova leiukohast). Proovid päribesid nii autori kollektiivist kui ka rakendusettevõtetes kasutatavast savist (Arumetsa 2). Teadaolevatest uuritud leiukohtadest jääb hõlmamata vaid Sänna leiukoht Võrumaal, millega polnud esinduslikku proovimaterjali.

Kõigist proovidest separeeriti uhtanalüüsил kaks fraktsiooni, <0,001 mm ja 0,001–0,005 mm, millega tehti täissilikaatanalüüs (TA GI, Õ. Roos; vt. tabel 1) ja röntgenstruktuurne uuring (TA GI, T. Kallaste). Viimane tähendas orienteeritud preparaadi analüüsni algsel (kuumutamata) ja 500 °C juures kuumutatud kujul (joonis 1, 2). Erinevalt varasematest uuringutest hinnati reflekside intensiivsuste suhet eri preparaatidel: kaoliniidi esimese basaalrefleksi intensiivsus (kõrgus) mõõdeti algpreparaadist saadud difraktogrammil, hüdrovilkgu 10 Å refleksi aga samadel võttetelingimustel, kuid 500 °C kuumutatud preparaadist saadud difraktogrammil. See võte võimaldab minimeerida hüdrovilkude erinevast hüdratatsiooniastmest tingitud refleksi intensiivsuse köikumised.

Tabel 1

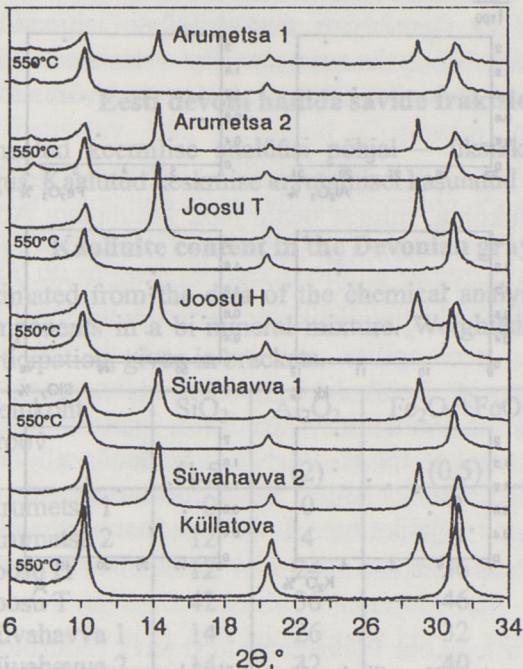
**Uuritud savide peente fraktsioonide keemiline koostis, %**  
**Chemical composition of fine fractions of clays, %**

Leiukoht, proov	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Fraktsioon <0,001 mm		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	K <sub>k.900</sub> °C
Arumetsa 1	50.28	0.23	23.65	3.50	2.10	0.85	2.43	0.52	5.78	0.16	0.41	10.09	
Arumetsa 2	49.60	0.20	25.33	1.75	3.52	1.37	2.76	0.47	4.92	0.10	0.32	9.66	
Josu H	49.60	0.29	28.03	2.29	0.87	0.83	1.32	0.15	5.51	0.10	0.10	10.91	
Josu T	48.55	0.57	29.84	1.96	0.79	1.07	0.97	0.17	3.83	0.22	0.17	11.86	
Süvahavva 1	49.56	0.35	28.66	2.60	0.80	0.29	1.63	0.20	4.51	0.09	0.14	11.17	
Süvahavva 2	49.63	0.35	29.39	2.11	0.88	0.84	1.20	0.21	3.81	0.05	0.18	11.35	
Küllatova	49.55	0.23	26.16	1.69	1.76	1.12	1.82	0.14	6.63	0.06	0.08	10.76	
Fraktsioon 0,001–0,005 mm													
Arumetsa 1	58.30	0.27	22.62	2.24	1.82	1.12	1.81	0.45	4.55	0.08	0.14	6.60	
Arumetsa 2	61.03	0.24	21.00	1.13	2.82	1.09	1.57	0.47	3.89	0.11	0.19	6.46	
Josu H	55.06	0.36	25.65	2.16	0.75	0.55	1.19	0.14	4.23	0.14	0.10	9.67	
Josu T	61.29	0.68	22.42	1.58	0.59	0.82	0.59	0.14	3.49	0.16	0.17	8.07	
Süvahavva 1	70.75	0.74	16.33	1.86	—	0.54	0.70	0.15	3.16	0.17	0.08	5.52	
Süvahavva 2	70.09	0.78	16.96	1.09	0.59	0.86	0.62	0.14	3.27	0.37	0.10	5.13	
Küllatova	54.49	0.31	24.18	1.72	0.98	0.57	1.62	0.14	7.85	0.11	0.04	7.99	

Analüütik Ö. Roos

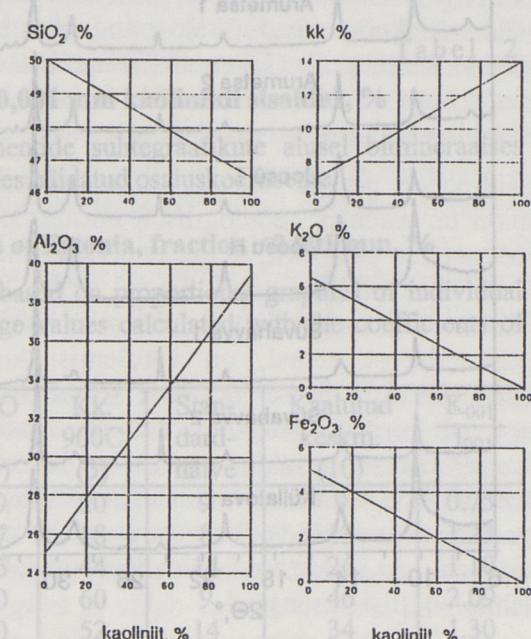
Andmete ühtlustamiseks võrdustati komponentide summa 100,00%-ga

datud metodikavõte võimaldab seda teha senisest usaldusväärselt ja vörreldavalalt nii keemilisele kui ka röntgenstruktuursele analüüsile füginedes.



Joonis 1. Uuritud savide fraktsiooni  $<0.001$  mm röntgenogrammid (kujutatud vertikaalselt kokkusurutud mõõtkavas), CoKa.

Figure 1. X-ray diffractograms of clay fraction  $<0.001$  mm (vertically compressed), CoKa.

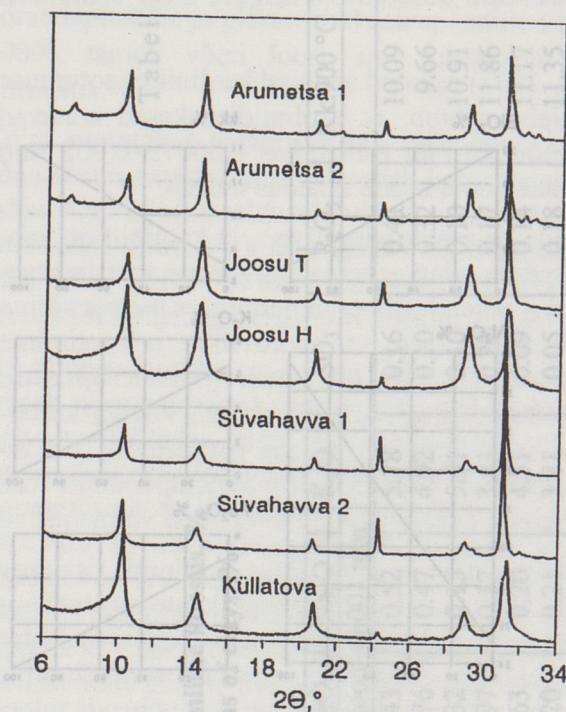


Joonis 2. Uuritud savide fraktsiooni  $0.001\text{--}0.005$  mm röntgenogrammid (vertikaalselt kokkusurutud mõõtkavas), CoKa.

Figure 2. X-ray diffractograms of clay fraction  $0.001\text{--}0.005$  mm (vertically compressed), CoKa.

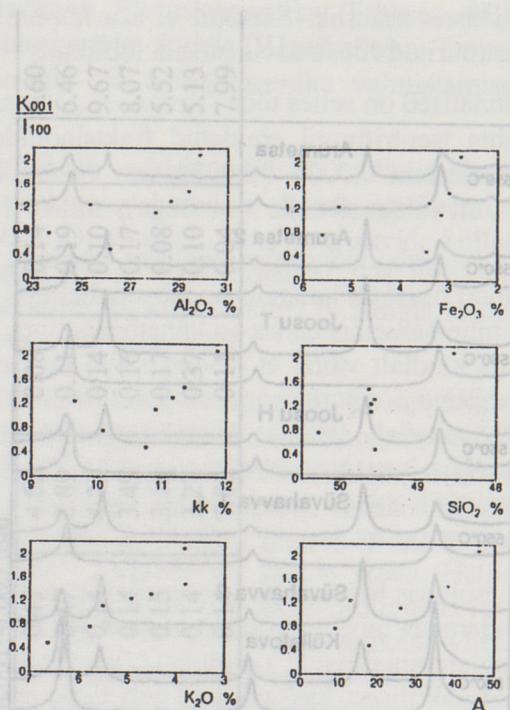
Teatavasti võimaldab kahekomponeentse hüdrovilk-kaoliniitse segu keemiline analüüs hinnata mõlema komponendi osatähtsus mineraalide tüüpkoostisest teletatud teoreetiliste graafikute alusel (joonis 3). Usaldusväärsed neist on  $\text{K}_2\text{O}$  ja  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sisaldus ning  $900\text{ }^\circ\text{C}$ -ni kuumutatud proovi kaalukadu, vähem usaldusväärsed  $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}$  ja  $\text{SiO}_2$  sisaldus. Hüdrovilgu teoreetilises lähtekoostises on võimalikud ka  $\text{K}_2\text{O}$  ning  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sisalduse üsna suured kõikumised, mistöttu väiksema kaoliniidi sisalduse korral on määrange nende põhjal siiski ebatäpne. Sisalduse hindamisel on küllaltki usaldusväärne kuumutusköver, mis iseloomustab hästi uuritava mineraali võremotiivi ja näitab hüdrovilgu kolmekihilisest ning kaoliniidi kahekihilisest kristallstruktuurist kuumutuslagundamisel eralduvat erinevat veehulka (vastavalt 6,5 ja 14%). Siiski tuleb vörreldavates reaalproovides kuumutuskao puhul arvestada võimalikku karbonaadilisandit, mida ligikaudselt võimaldab  $\text{CaO}$  ja  $\text{MgO}$  sisalduse jälgimine. Hoopis eba-kindel on kaoliniidi ja hüdrovilgu suhtvahekorra hindamine rauasisalduse põhjal, kuna vaid osa rauast võib kuuluda hüdrovilgu koostisesse, osa aga sisalduva pigmenteerivat oksiid-hüdroksiidset kolloidlisandit. Niiviisi tulekski kõigi lähtegraafikute usaldusväärsust arvestada eraldi ning anda nende üldhinnang kaalutud keskmisena.

Nimetatud komponentgraafikuid (joonis 3) tinglikult lineaarproportsionaalseteks pidades ja nende usaldusväärsust 10-pallilises süsteemis hinnates võib purdmineraalidest uhtanalüüsил vabastatud savifraktsiooni ( $<0,001$  mm) keemilise analüüsiga määrate proovi töenäolist kaoliniidi sisaldust. See annaks usaldusväärsse kriteeriumi ka röntgenomeetrislike parametrite kasutamiseks kaoliniidi absoluutsisalduse määramisel.



Joonis 3. Keemiliste komponentide sisalduste eeldatav sõltuvus kahekomponeentilises tüüpkoostisega illit-kaoliniitse segus.

Figure 3. Expected dependence of chemical components in two-component illite-kaolinite mixture, in which the two minerals are expected to have a typical chemical composition.



Joonis 4. Keemiliselt määratud üksikkomponentide sisalduste tegelik vastavus röntgenomeetriliselt mõõdetud  $K_{001}:I_{001}$  intensiivsussuhetele. Graafikul A näidatud keemilise analüüs põhjal kaoliniidi sisalduse kaalutud keskmise vastavus samale suhtele.

Figure 4. The correspondence of chemically estimated illite and kaolinite contents to that of based on  $K_{001}:I_{001}$  on X-ray diffractograms. The relationship between weighted average content of kaolinite and the  $K_{001}:I_{001}$  is shown in graph A.

Paraku saadi sel teel ootamatult hüppelisi tulemusi (keskmine standardhälve 12, tabel 2). Siiski korreleerub pallihinnangutega saadud keskmine kaoliniidi sisaldus hästi röntgenanalüüsile tulemustega, mis saadud basaalreflekside intensiivsussuhete järgi (joonis 4, A). Vastuolu esineb vaid Küllatova savi puhul, kus keemiline analüüs näitab röntgenograafilisest tunduvalt suuremat kaoliniidi sisaldust. Ilmselt on selle põhjuseks muskoviidi tüüpi hüdrovilgu valdamine antud savis, sest üksnes sellega on seletatav  $Al_2O_3$  ja  $K_2O$  üheaegne kõrge sisaldus uuritud fraktsioonis. Teiste sulandajate vähesest hulgast tuleneb siiski selle leiukoha savi rasksulavus.

Kokkuvõtteks võib öelda, et nii keemilisele analüüsile toetuv kaoliniidi sisalduse hinnang kui ka sellega rõobistatav röntgenstruktuurne andmestik vastava sõltuvuskõvera näol võimaldab, vaatamata mõõtepunktide teatud hajuvusele (joonis 4), saada siiski usaldusväärse pildi kaoliniidi osast uuritavate savide  $<0,001$  mm fraktsiooni mineraalses koostises. Kaoliniidi sisaldus püsib enamasti 18–46% vahemikus ja on selgelt madalam (9–13%) üksnes kergsulavas Arumetsa savis. Saadud tulemused näitavad, et leiukohast leiukohta ja isegi kihist kihti liikudes (Утса, К., Утса, В., 1982) on kaoliniidi sisaldus hüppeliselt muutuv, mistõttu selle jälgimine on paljude rakendusülesannete lahendamisel mõodapääsmatu. Kirjel-

datud metodikavõte võimaldab seda teha senisest usaldusväärsemal ja võrreldavalts nii keemilisele kui ka röntgenstruktuurtele andmestikule tuginedes.

Tabel 2

**Eesti devoni hallide savide fraktsiooni <0,001 mm kaoliniidi sisaldus, %**

Hinnatud keemilise analüüsiga põhjal — üksikkomponentide suhtegraafikute alusel bimineraalses segus. Kaalutud keskmise arvutamisel kasutatud sulgudes näidatud osaluskoefitsiente.

**Kaolinite content in the Devonian gray clays of Estonia, fraction <0.001 mm, %**

Estimated from the data of the chemical analysis — based on proportional graphics of individual components in a bi-mineral mixture. Weighted average values calculated with the coefficients of participation, given in brackets.

Leiukoht, proov	SiO <sub>2</sub> (1.5)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (2)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +FeO (0.5)	K <sub>2</sub> O (3)	Kk. 900C (3)	Stand- ard- hälve	Kaalutud keskm. (10)	K <sub>001</sub> I <sub>001</sub>
Arumetsa 1	0	0	0	9	20	9	9	0.75
Arumetsa 2	12	4	0	17	18	8	13	1.23
Joosu H	12	24	36	15	44	14	26	1.10
Joosu T	42	36	46	40	60	9	46	2.09
Süvahavva 1	14	26	32	30	52	14	34	1.30
Süvahavva 2	14	32	40	40	54	16	38	1.48
Küllatova	14	12	30	0	40	16	18	0.48

Hoapis keerukam on interpretiitida andmeid jämedama (0,001–0,005 mm) fraktsiooni osas. See sisaldab veel palju savimineraale ja sinna on kaoliniidil tavaliselt kalduvus kontsentreeruda. Tösi, K. ja V. Utsali (Утсал, К., Утсал, В., 1982) uurimuse põhjal vähemasti Joosu savi puhul on kaoliniit seotud peenima komponendiga. Samas on fraktsioonis 0,001–0,005 mm rohkesti mittesavimineraale, mis teeb röntgenogrammi reflekside-rikkaks, kahandab osakeste orienteeritust preparaadis, töstab vaba SiO<sub>2</sub> hulka (kvarts) ja vähendab kuumutuskadu (kvarts, päevakivi, vilgud). Väärib märkimist, et samal ajal, kui SiO<sub>2</sub> hulk võrreldes fraktsiooniga <0,001 mm tõuseb siin 5–12% võrra, kahaneb Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hulk enamasti vaid 1–3%. Üksnes kaoliniidirikastes proovidest (Joosu tume, Süvahavva 1 ja 2) on Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sisalduse langus võrreldav kvartsi lisandumisega (8–12%). 3–6% langus on täheldatav ka K<sub>2</sub>O sisalduses. Seega võime kindlalt väita, et savimineraalide osa fraktsioonis 0,001–0,005 mm on tunduvalt väiksem kui fraktsioonis <0,001 mm. Kaoliniidi sisaldus hüdrovilkse komponendi suhtes võib jämedamas fraktsioonis isegi mõnevõrra tõusta. Fraktsioon 0,001–0,005 mm on konsistsentsilt võrdlemisi pude, kuid kõikides saviproovidest hele või koguni puhasvalge, mis viitab kaoliniidi ja peendispersse kvartsi valdamisele. Ka röntgenograafiliselt (joonis 2) ilmneb kvartsi tipp selgesti, kuid mitte eriti tugevana (5–10%) kõigis selle fraktsiooni proovidest. Päevakivi sisaldust ei tähdeldatud, kuid mõnes proovis võib olla tegevist vähehüdratiseerunud vilgukomponendi lisandiga. Küllatova proovis on see fikseeritav ka visuaalselt. Kaoliniidi ja hüdrovilkku esimeste basaalreflekside suhe (K<sub>001</sub>:I<sub>001</sub>) kõigub piirides 0,4–4,7, olles anomaaalselt suur just keskmisena kaoliniidivaeses Arumetsa savis (4,2–4,7, kaoliniidi hulk uuritud fraktsioonis 80–85%). Teistel proovidel on 7,14 Å refleksi intensiivsus 10 Å omast isegi madalam, viidates kaoliniidi ja vilgulaadse komponendi suhtele ligikaudu 1:5. Mainitust suurem on see vaid Joosu tumedas savis (1:1,5). Eeltoodu näitab, et Lõuna-Eesti kaoliniitisisaldavates rasksulavates savides ei kontsentreeru kaoliniit jämeda-

masse (0,001–0,005 mm) fraktsiooni, vaid seondub savi põhimassis tihedalt hüdrovilksete saviosakestega. Siit tuleneb ka järelitus, et neid savisid ei ole kaoliniidi suhtes võimalik oluliselt rikastada, millest oli juttu juba eespool. Arvessetulevaks väärismisvõtteks võib olla vaid purdkomponendi eraldamine uhtmise teel ja täiendavate termokindlate lahjendite, näiteks šamottpulibri lisamine keraamilisele massile. Nii saaks neist savidest valmistada kõrgema kuumakindlusega tooteid või isegi klinkerduvat kivikeraamikat. Nimetatud võimalusi ei tohiks Lõuna-Eesti savide kasutamisel unustada.

Milline on praegu reaalne olukord Lõuna-Eesti savileukohtade evitamisel? Käesolevaks ajaks on teada ja geoloogiliselt uuritud kuus leiukohta, millest peale juba kasutatava Arumetsa tuleb perspektiivseimaks arvata suhteliselt suure varudega Küllatova leiukohta Kagu-Eesti piirimail (Tallinn ja Pirrus, 1992). Savi on seal esindatud mitmete erimitena ning on olemas väljavaated varude edasiseks laiendamiseks. Kahjuks paikneb see leiukoht tööstuspiirkondadest eemal, on võrdlemisi keerulise geoloogilise ehitusega, nõuab seetõttu lisauurimist ja ilmselt ka savi selektiivset väljamist. Leiukohta evitamine oleks möeldav spetsialiseeritud väikeettevõtte rajamisel leiukoha vahetusse lähedusse, jättes sellele kaevandamise korraldamise teistegi keraamikaettevõtete tarvis. Püsiva ja teadaoleva kvaliteediga savi tarnimine nüüdistehnoloogiaga karjäärist tooks sellele Eesti piirkonnale tulu ja vaatamata suurtele veokaugustele leiaks savi ilmselt vajaliku turu. Leiukohta kasutuselevõttu ei soosi aga siinse savi suhteliselt madal kaoliniidi sisaldus, mis võib kasutamisele seada tehnoloogilisi piiranguid.

Sobivama ja ühtlasema koostisega on Süvahavva leiukoht Põlvamaal, kust savi vedu oleks võimalik korraldada ka raudteetranspordiga (9 km Ruusa raudteejaamast). Kahjuks esineb leiukohta helehall ühtlane savi väikeses paksuses (5–7 m) ja läätsekujulise (250x150 m) lasundina (varu u. 50 000 m<sup>3</sup>) ning paikneb Võhandu oru maaistikukaitsealal. Siiski on seda savi varem Tartus vormsavina kasutatud. Lasundi kaevandamise hüdrogeoloogilised tingimused on erakordsest soodsad.

Kõige enam on tekitanud küsitavusi Sänna leiukoha võimalik ekspluateerimine. Leiukoht paikneb Võru-Valga maantee läheduses sügavale lõikunud orundi nõlvadel, mis teeb ta kaevandamistehnoloogiliselt hästi kättesaadavaks ja kergesti evitatavaks. Lasundi suur paksus (kuni 15 m) ja paiknemine mitme eraldi plokina loob võimalusi mitmesuguse võimsusega karjääride avamiseks ja sobiva tootmissõlme loomiseks. Leiukohta ei ole veel piisavalt uuritud, kuid olemasolevate varude (340 000 m<sup>3</sup>) laiendamiseks on olemas perspektiivid. Savi mõningatest puudustest on märgitud eeskätt aleuropiidi vahekihtide ja kohati lubjalisandi esinemist. Olemasolevate uuringuandmete põhjal on need kartused vähe põhjendatud. Sänna savid kuuluvad kahtlemata tüüpiliste Lõuna-Eesti rasksulavate savide hulka ja leiukoht värib täit tähelepanu.

Eestis ei puudu võimalused uute savileukohtade avastamiseks. Otsingutöödeks perspektiivne ala pole siiski eriti suur, see hõlmab Burtnieki ja Gauja lademe avamuse Otepää ja Haanja kõrgustiku vahelisel alal, kus kvaternaarisetete katend ei ole veel liialt paks. Eriti soodsad on jõeorgudega külgnevad alad, kus kaevandamise hüdrogeoloogilised probleemid oleksid hõlpsasti lahendataavad. A. Öpiku ja E. Krusenbergi (1929) alustatud savi otsinguid saaks edasi suunata geoloogilisel kaardistamisel saadud andmebaasiga ning täiendada ulatuslikuma puurimisega. Kuivõrd praeguses majandusolukorras puudub niisugustele sihipärastele otsingutele tellija, tuleks seni hoolega registreerida kõik juhuslikel kaevamistel-puurimistel (kaevud, ehitussüandid) avastatud saviilmingud. See oleks jõukohane eelkõige valdade ametimeestele, siitkaudu jõuaksid teated geoloogiaasutusteni ja nii võib sundida mõnigi kasulik avastus.

Tekkelooliselt on Lõuna-Eesti kaoliniiti sisaldavad savid erinevalt tõlgendatavad. Enamasti esinevad nad läätsjate, kiiresti kiilduvate vahekihtidena liivakivides või aleurolitides, mõnikord selgete orunditädetena (Arumetsa) või teiste orundite poolt järult läbi lõigatutena (Joosu). Geneetiliselt on neid kõige töenäolisem siduda suurte jõe- või rannikutasandike lohkvvormide — järvede, vanade jõekoolmete — setetega (Tallinn, Räägel ja Kurik, 1970). Varemesitatud oletus savi laguunsest päritolust (Palmre ja Steinmann, 1952, käskiri) on väheusutav. Läti geoloogid (Сорокин, 1981) käsitavad kõnealuseid savilasundeid nende keeruka tekstuuri tõttu madalal merepõhjal lihenähtudel kujunenud süvendite täidetena. Ka seda võimalust ei saa täielikult eitada, kuigi liivalasunditesse põimunud rohkete leiukohtade olemasolu ja savide suhteliselt kõrge kaoliniidi sisaldus seda seisukohta eriti ei toeta. Eesti alal on selgesti jälgitav kaoliniidirikaste savide negatiivne seos ümbriskivimite mariinsusega: väljapeetud mereliste tunnusjoontega settekompleksides (Narva ja Aruküla lade) puuduvad nad täiesti.

Niisiis on kaoliniiti sisaldavate savilasundite paiknemine settekompleksis küll üldjoontes väga seaduspärane, konkreetses vormis aga üsnagi juhuslik, mistöttu ka vastavad geologilised otsingutööd on raskesti planeeritavad. Savide levikuala on siiski märkimisväärne ja ka kaoliniidipotentsiaal küllaltki suur. Sellest annab tunnistust nende mõju Riia lahe tänapäevaste setete savikomponendile. Jaan Lutti andmetel (Лутт, Калласте, 1992) on viimases tähdeldatav kaoliniidi sisalduse suurenemine Gauja jõe suudme läheduses, mis näitab kaoliniidirikaste setendite olemasolu selle jõe valgalal ja viitab vajadusele neid juba teadaolevate Eesti ja Läti leiukohtade kõrval veel otsida. Väärtuslike savisortide kasutuselevõtuga on objektivselt olemas reaalne perspektiiv Lõuna-Eesti majanduse elavdamiseks. Ehk suudavad käesolevas kirjutises toodud andmed ja metoodilised soovitused selle potentsiaali realiseerimisele kaasa aidata.

**Tänuavaldis.** Autor tätab kollege Õili Roosi ja Toivo Kallastet kaasabi eest saviproovide laboratoorsel (keemilisel ja röntgenstruktuursel) uuringul.

## KIRJANDUS

**Althausen, G.** 1938. Võrumaa Sänna tulekindlad savid ja nende tehnoloogilised omadused. *Tehnika Ajakiri*, 11, 249–250.

**Krusenberg, E.** 1932. "Tulekindlad" savid Eestis. *Loodusvaatleja*, 2–4, 55–58, 80–83, 108–112.

**Tallinn, K. ja Pirrus, E.** 1992. Eesti savivarud, uurimine, paiknemine, kvaliteet. *Teaduskonverents "Eesti savivarude ratsionaalne kasutamine"* Aseris 6.–7. mail 1992. a. Keskkonnaministeerium, Looduskaitsekuu "Maapõuekaitse", 1–2.

**Tallinn, K., Räägel, V. ja Kurik E.** 1970. Joosu savileukoht ja devoni kivistised. *Eesti Loodus*, 12, 739–741.

**Öpik, A. ja Krusenberg, E.** 1929. Aruanne savide uurimisest Võrumaal suvel 1928. a. Tulekindlate savide otsimine ja uurimine. Tallinn, Kaubandus-tööstusministeeriumi Mäeosakond, 10–21.

**Дилакторский Н. Л.** 1956. Физико-химические свойства тонких фракций некоторых глин Эстонской ССР. Известия АН ЭССР. Серия технических и физико-математических наук. 5, 1. 22–41.

**Дилакторский Н. Л.** 1963. Глины Эстонской ССР, их состав и свойства. IV пленум Комиссии по изучению глин АН СССР. Информационный бюллетень. Москва, 59–67.

- Лутт Я., Калласте Т. 1992. Распределение глинистых минералов в донных осадках Рижского залива. В кн.: Биогеохимия полузамкнутых заливов и антропогенный фактор седиментации Балтийского моря. Вильнюс.
- Сорокин В. С. (ред.). 1981. Девон и карбон Прибалтики. Рига, Зинатне. 1—502.
- Утсал К. 1968. О рентгенографическом исследовании глинистых минералов среднедевонских отложений Эстонии. Ученые записки ТГУ, 221. Труды по геологии, 5, 3—32.
- Утсал К., Утсал В. 1982. Количественное распределение каолинита и гидрослюды и их структурные особенности в разных фракциях глин в карьере Йоозу. Ученые записки ТГУ, 527. Литостратиграфия и минералогия коренных пород. Труды по геологии, 8, 139—148.

Штейнберг Ю. Г., Тюри Э. Ю. 1989. Стекловидные покрытия для керамики. Ленинград. Стройиздат, Ленинградское отделение. 1—192.

## KAOLINITE-CONTAINING CLAYS — ONE OF THE MOST VALUABLE MINERAL RESOURCES OF SOUTHERN ESTONIA

Enn Pirrus

### Summary

The sediment complex exposed in southern Estonia is not very rich in mineral resources. Beside contemporary building materials, we should mention a valuable raw material of ceramic industry — relatively kaolinite-rich (20–60%) grey clays with a high fusion temperature (over 1350 °C) and good capability of sintering. The deposits of these clays are not big. They occur inside sandstones as random lenses, often with a complex outline. Therefore their exploitation demands sometimes selective mining. The clays suit best for the manufacture of the products that should meet particularly high requirements. There is also a possibility of discovering new deposits. The concentration of kaolinite in the bottom sediments of the present Gulf of Riga just at the mouth of the Gauja River refers clearly to wide distribution of this mineral in the sedimentary rocks of the catchment basin. The systematic prospecting for new deposits is complicated due to their small dimensions and random occurrence. In present economic conditions it should be first of all concentrated on the registration of occasional finds in building excavations and drilling sites.

The kaolinite content in these clays is very variable in the limits of one deposit, as well as from deposit to deposit. The content of kaolinite has no clear concentration by granulometric fractions, hence it has to be densely mixed with the illite component. The last circumstance refers clearly to the continental (detritic) origin of kaolinite and does not permit of the technological beneficiation of clay. It is possible only in certain limits, after washing out the coarse clastic components favouring the fusion, which could be applied also in small industry.

A key problem by the searching and exploration of deposits is the assessment of the kaolinite content in the clay. Considering the methodical investigations performed, this could be equally done on the basis of the data of X-ray or chemical analyses.

# EESTI PLEISTOTSEENI KOHALIK STRATIGRAAFILINE SKEEM: ÜLEVAADE ARENGUST

Kalle Kirsimäe, Volli Kalm

Tartu Ülikooli Geoloogia Instituut

## Sissejuhatus

Eesti pleistotseeni glatsiaalsetete uurimise ajalugu algab XIX sajandi keskpaigast, kui Keska ja Põhja-Euroopa loodusteadlaste hulgas järjest enam toetust leidnud mandrijäätmisteeoria ideed jöudsid ka Eestisse. Algul olid siiski kõik tuntumad Eestis tegutsenud geoloogid mandrijäätmisteeoriale eelnened ja sellega konkureerinud driftihüpoteesi seisukohtadel (Eichwald, 1846; Schmidt, 1854, 1858, 1865; Schrenk, 1854; Helmersen, 1856). Esimene, kes väitis, et mandriliustikud on Skandinaaviast liikunud vähemalt Loode-Eestisse, oli Eduard Eichwald (1850, 1853). Alates Constantin Grewingkist (1879) on Eesti pleistotseeni uurimise üheks lahutamatuks osaks olnud stratigraafia — esialgu jääägade ja neile vastavate moreenikihtide mitmesuse küsimuse näol. Vastavalt teadmiste kasvule ja uurimismetoodika täiustumisele on muutunud ja täpsustunud ka Eesti pleistotseeni stratigraafiline liigestus. Käesoleva töö eesmärgiks on anda kokkuvõtlik ülevaade stratigraafilise skeemi arengust ja korrelatsioonidest, alates esimestest oletustest kuni viimaste aastate uurimusteni.

## Mitme moreeni eristamine

Erivanuseliste jäätmiste ning vastavate glatsiaalsetete esinemise võimalikkust Eestis märkis esimesena juba möödunud sajandi lõpus C. Grewingk (1879). Ta eristas Tartu piirkonnas kaks moreenikihti: pindmise, punaka põhimoreeni ja Raadi-Maarjamõisa maetud ürgorus laiguti esineva (vanema) halli põhimoreeni. Nimetatud eriilmeliste moreenide ja nende-vaheliste glatsiofluviaalse setete lasumuse põhjal järeldas C. Grewingk, et eksisteeris vanem jäääg, mille lõpus toimus jäää taandumine ja sulamisvete pealetung vabanenud aladele, ning sellele järgnes lühema kestuse ja ka nõrgema mõjuga noorem jäääg.

Hiljem on Tartu ümbruses ja Raadi-Maarjamõisa maetud ürgorus punaka põhimoreeni aluseid glatsifluviaalseid setteid ja halli põhimoreeni kirjeldanud ka B. Doss (1906) ja L. von zur Mühlen (1912). Viimane tõlgendas punaka moreeni aluste setete teket samuti mandrijää korduva pealetungi ja taandumisega, kuid erinevalt C. Grewingkist viitas ta seejuures mitte kahele jäääjale, vaid lühiajalistele jääserva ostsillatsioonidele. Jäätmiste mitmesuse küsimuses oli C. Grewingkist erineval seisukohal ka H. Hausen, kes märkis oma Eesti-, Liivi- ja Kuramaa (die russischen Ostseeländer) kvaternaargeoloogilises ülevaates (Hausen, 1913), et korduvate jäätmiste tööstamiseks puuduvad usaldusväärised andmed jäävaheaegsete setete esinemisest selles piirkonnas.

## Jäävaheaegade töestamine

Tuginedes A. Mickwitzi (1908) Keri saare ja A. Öpiku (1929) Naissaare ning klindieelse tasandiku puuraukudes leitud põhimoreenaluste organogeensete setete leidude kirjeldustele, oletas V. Zäns (1936), et need kuuluvad Eemi jäävaheaaja nn. *Portlandia*-mere staadiumisse ja

rööbistas neid teiste samalaadsete setete leidudega (Jessen und Milthers, 1910; Kraus, 1928; und Dreimanis, 1936; Воллосович, 1900) Valge mere piirkonnast kuni Taani väinadeni. Samas oli V. Zāns sunnitud tunnistama, et puursüdamiku halva säilimise tõttu ei ole mainitud setete puhul võimalik korrektelt määrata nende interglatsiaalset või interstadiaalset iseloomu (Zāns, 1936).

Esimest korda töestati jäävaheaja setete olemasolu Eestis Rõngu (Vaeva talu) moreenide-vaheliste organogeensete setete leiukohas 1939. aastal (Orviku, 1939; Thomson, 1939). Eraldatud palünotsoonide alusel korreleeris P. W. Thomson Rõngu läbilõike järve- ja soosetteid Riss-Würmi jäävaheajaga, täpsemalt selle alumise (varasema) klimaatilise optimumi — Eemi jäävaheajaga Taanis (Thomson, 1939). Nimetatud andmetele tuginedes esitas K. Orviku (1939) Eesti esimese palünoloogilise põhjendusega pleistotseeni stratigraafiline skeemi (vt. tabel), milles fikseeriti kahe jäätumise ning nendevahelise jäävaheaja setted. Rõngu organogeensetel setetel lasuva punakaspruuni põhimoreeni arvas K. Orviku (1939) vastavaks Würmi jäääjale. Rissi jäätumise seteteks pidas ta Lõuna-Eestis kindlakstehtud halli põhimoreeni leide ning Rõngu läbilõikes punakaspruuni moreeni all olevaid glatsifluviaalseid setteid. Ka Rõngu läbilõike järve- ja soosetete all lamav hallivärviline moreen loeti 1939. a. Orviku tehtud detailsemate uuringute põhjal vastavaks Rissi jäätumisele (Orviku, 1944). 1939. aastal lisandusid interglatsiaalsete setete leiukohtade nimistusse Karuküla organogeensete setete läbilõige ja subfossiilsete molluskite kodasid ning arktiliste taimede jäänuseid sisaldav moreenialune viirsavi Kameras. Mõlemat läbilõiget mainis kirjalikult esmakordselt K. Orviku Neljanda Eesti Loodusteadlaste Päeva ettekannete kokkuvõttes (Orviku, 1940).

Rõngu, Karuküla ja Kamera läbilõigete uurimistulemuste esialgse kokkuvõtte avaldas K. Orviku 1944. aastal (Orviku, 1944), kus ta viimase (Würmi) jäätumise sees eraldas jääkilbi lühiajalist taandumist iseloomustava Kamera interstadiaali (tabel). Karuküla organogeensed setted on nimetatud töös palünoloogiliste andmete alusel loetud Rissi-Würmi jäävaheaja vanuseliseks. Erinevalt Rõngu läbilõike interpretatsioonist (Orviku, 1939; Thomson, 1939, 1941) seostas autor Karuküla setteid Eemi jäävaheaja ülemise, jahedama klimaatilise optimumiga ja ajaliselt sellele vastava Skaerumhede seeriaga (Orviku, 1944).

Peale sõda, kuni 50. aastate keskpaigani, leidis Eesti pleistotseeni stratigraafia käsitlust ainult A. Dreimanise (1947) ülevaates Läti ja Lõuna-Eesti pleistotseeni stratigrafiast, milles Eestit puudutav osa tugines Orviku (1939) ja Thomsoni (1941) materjalidele.

## Eesti, Balti ja Ida-Euroopa tasandiku skeemid

K. Orviku poolt 1956. aastal avaldatud Eesti pleistotseeni stratigraafiline skeem (Orviku, 1956; tabel) oli esitatud juba vastavuses Ida-Euroopa tasandiku pleistotseeni skeemi (Герасимов, Марков, 1939) stratigraafiliste üksuste nimetustega. Valdai/Würmi jäätumise erivanuseliste stadiaalsete moreenide väljaeraldamist Eestis ei pidanud K. Orviku veel piisavalt põhjendatuks. Samas viitas ta võimalusele, et kohati Lõuna-Eesti punakaspruuni põhimoreeni all lamav violetjashall moreen võib analoogiliselt halli moreeniga kuuluda Dnepri jäätumise setete hulka. Vanemate, tolleaegse terminoloogia järgi Lihvini-Dnepri jäävaheajale ja Lihvini jäääjale vastavate setete esinemise tööstamiseks Eestis puudus K. Orviku arvates vastav faktiline materjal.

1955. aastal Vilniuses Baltikumi ja Valgevene kvaternaari-uurijate nõupidamisel võeti suund regionaalse, Baltikumi ja Valgevene stratigraafilise töoskeemi väljatöötamisele, milleks samal aastal moodustati ka spetsiaalne komisjon. Komisjoni töö tulemused avaldati 1957. aastal (Гуделис, 1957) ning selles on nii holotseeni kui ka pleistotseeni osas stratigraafiliste

üksuste nimetused võetud regioonis paiknevate tüüpläbilõigete (-alade) kohanimedest. Selles skeemis esitatud keskpleistotseeni jäÄvaheaja (Starobin) ja alampleistotseeni jäÄaja (Berezina) ning jäÄvaheaja (Vilnius) setete esinemine Eestis ei olnud faktiliselt töestatud. Vaadelav, ametlikult käibel olnud skeem avaldati hiljem mitmes Eesti (kvaternaari) stratigraafia ülevaates (Aaloe jt., 1960; Orviku, 1960; Аалое и др., 1958; Орвику, 1960).

Seoses kompleksse geoloogilise kaardistamisega mõõtkavas 1: 200 000 töötati 1961. aastaks välja uus Baltikumi kvaternaari stratigraafiline skeem. Kuigi see koos parandustega täiedustega kinnitati 1963. aastal NSVL Euroopa-osa kvaternaarisetete unifitseeritud stratigraafilise skeemi Baltikumi regionaalseks tööskeemiks (Материалы ..., 1964), ei leidnud see, eriti vastavas teaduskirjanduses, praktiliselt kasutamist (Раукас, 1978).

60. aastate algul avastati ja kirjeldati Eesti ja kogu Baltikumi pleistotseeni stratigraafia seisukohalt oluline Prangli mereliste interglatsiaalsete (Kajak, 1961; Лийвранд, Вальт, 1966) ja moreenidevaheliste interstadiaalsete setete (Kajak, 1961; Серебрянныи, Раукас, 1966; Серебрянныи, Раукас, 1967) leiukoht. Selle läbilõike liigestamisel leidis esmakordselt Eestis kasutamist diatomeeanalüüs (Черемисинова, 1961). Nii diatomee- kui ka palünoloogilise analüüsi tulemuste alusel korreleeriti Prangli läbilõige Eemi interglatsiaalsete mereliste setetega (Лийвранд, Вальт, 1966; Черемисинова, 1961; tabel).

### Karuküla läbilõike küsimus

60. aastate keskel algas kauakestnud diskussioon Karuküla organogeensete setete päritolu, lasumuse ja stratigraafilise positsiooni küsimuses. Tuginedes Karuküla kihitide palünoloogilisele analüüsile, näitasid K. Orviku ja R. Pirus (Орвику, Пиррус, 1965), et settes esindatud palünokooslused on interstadiaalse iseloomuga ning rööbistasid neid ülepleistotseeni Visla (Valdai) jäätumise Brörupi interstadiaalsete setetega Taanis ja Hollandis. J.-M. Punning, A. Raukas ja L. Serebrjannõi (Пуннинг и др., 1967; Пуннинг, Раукас, 1969) ning K. Kajak (Каск и др., 1970) seevastu interpreterisid Karuküla setteid interglatsiaalsetena. Nad tegid ettepaneku nimetada Valdai jäÄaja interglatsiaali senise tüüpläbilõike Mologa-Šekšna asemel uueks stratotüübiks Karuküla läbilõige ning vastav soojaperiood samanimiseks jäÄvaheajaks. Karuküla tüüpläbilõike-ideed toetavaks argumendiks oli palünoloogilise andmestiku kõrval suhteliselt suur hulk organogeensete setete töelise vanuse määraguid C<sup>14</sup> meetodil (Пуннинг и др., 1966; Величкович, 1976; Пуннинг и др., 1969), mida selle läbilõike uurimisel kasutati esmakordselt Eesti pleistotseeni stratigraafias.

Baltikumi regionaalse ametkondadevahelise stratigraafia komisjoni poolt 1970. aastaks väljatöötatud skeemis (Вайтекунас, 1971) loetigi Karuküla organogeensed setted Kesk-Valdai alamlademe tüüpläbilõikena K. Orviku ja R. Pirusse (Орвику, Пиррус, 1965) järgi korrelatiivseks NSVL Euroopa-osa unifitseeritud regionaalses skeemis toodud Mologa-Šekšna interglatsiaaliga (Brörupi interstadiaal). Samas töös avaldatud Eesti kohalikus kvaternaari stratigraafilises tööskeemis loeti esmakordsest pärast K. Orviku 1944. aasta tööd (Orviku, 1944) põhjendatuks Valdai jäätumise liigestamine staadiumideks (Ülem-Valdai ja Alam-Valdai) ja nendevaheliseks Karuküla interstadiaaliks (vt. tabel). Endise Dnepri, vaadeldavas kohalikus skeemis Kesk-Vene jäätumise sees eristati Dnepri staadium, Odintsovo interstadiaal ja Moskva staadium. Analoogilisele järedusele olid Rõngu läbilõike uurimustulemuste alusel juba 1967. aastal jõudnud K. Kajak ja E. Liivrand (Каяк, Лийвранд, 1967). Selles töös arvasid nad Harimäe, Otepää ja Valga läbilõike alumise osa organogeensed setted keskpleistotseeni Lihvini jäÄvaheaga, osalt ka alampleistotseeni kuuluvateks. Hiljem, uuendatud metodikat kasutades, väitis E. Liivrand (Лийвранд, 1969; Лийвранд, 1971),

## Table 1

## Eesti pleistotsseeni kohaliku stratigraafilise skeemi areng ja korrelatsioonid Correlation chart and development the Pleistocene stratigraphic scheme in Estonia

Eihlers, Meyer and Stephan, 1984		Flint, 1947	Orviku, 1939	Orviku, 1944	Opotsky, 1956	Гуденс, 1957	Baumkrytac, 1971	Григорьев, 1978	Payrac, Juurakci, Kask, 1993
KESK-PLIISTOSTSEEN		OLIM-PLIISTOSTSEEN		ÜLEM-PLIISTOSTSEEN		ÜLEM-PLIISTOSTSEEN		ÜLEM-PLIISTOSTSEEN	
Weichsel	Wurm								
Eem	Riss-Würm	Röngu	Karuküla / Röngu	Dnepr-Yaldaai	Muravino	Mikulin	Prangli	Prangli	
Saale	Riss	hall	alumine põhimoreen Röngus ja Karukülas	Dnepр	Kesk-Vene Odintsovo(?)	Moskva	Ülem-Ugandi	Ülem-Ugandi	
Holstein	Mindel-Riss					Dnepр	Kesk-Ugandi	Ugandi	Kesk-Ugandi
Elster	Mindel						Alam-Ugandi	Ugandi	Alam-Ugandi
Cromer	Gürtz-Mindel					Lihivin(?)	Karuküla	Karuküla	Karuküla
						Okaa	Ülem-Sangaste	Ülem-Sangaste	Sangaste
						Valgevene	Sangaste	Sangaste	

et nende läbilõigete organogeenne aines on settinud hilispleistotseeni Mikulini-järgsel ajal. 1970. aasta Eesti kohalikus tööskeemis loeti Lõuna-Eesti mattunud orgude põhjas lamav hall, pseudokiltja tekstuuriga moreen lasuvussuhetele tuginedes Okaa jäätumise setteks.

1972. aastal leidis E. Liivrand (Лийвранд, 1972), et Karuküla organogeensete setete läbilõikes on tegemist selgelt interglatsiaalsele perioodile vastava õietolmu kooslusega ning vaatamata ebaselegetele lasumistingimustele ja vastuolule C<sup>14</sup> dateeringutega (Пуннинг и др., 1966; Пуннинг и др., 1967; Пуннинг, Раукас, 1969; Серебрянный, Раукас, 1970) jäeldas ta, et nimetatud setted on samaalised Lihvini jäävaheajaga. See seisukoht leidis veelkordset kinnitust F. Velitškevitši ja E. Liivranna (Величкевич, 1976; Величкевич, Лийвранд, 1976; Величкевич, Лийвранд, 1984) töödes, kus ühtlasi jäeldati, et Karuküla organogeensed setted ei ole autohtoonses lasuvuses. Karuküla läbilõikes ränd-pangasena esinevate järve- ja soosetete keskpleistotseeni Lihvini jäävaheaja vanus leidis faktelist tunnustamist 1976. aastal Eesti kvaternaari kohalikus stratigraafilises tööskeemis Kalita kihistu nime all (Каяк и др., 1976). Selles Baltikumi ametkondadevaheliseks stratigraafia-alaseks nõupidamiseks väljatöötatud skeemis kasutati esmakordsest kohalike stratigraafiliste üksuste tähistamiseks Eesti kohanimesid, mis valiti tüüpiläbilõike või iseloomuliku levikuala (areaalse stratotüübi) järgi. Põhiliseks stratigraafiliseks ühikuks sai senise lademe asemel kihistu (nn. suурte jäätumiste ja jäävaheaegade setted), mille sees eristati alamkihistuid (nn. megastadiaalide ja megainterstadiaalide setted). Sama skeem (Каяк и др., 1976), küll pisut muudetud kujul, võeti vastu 1976. aasta Baltikumi ametkondadevahelisel stratigraafia-alasel nõupidamisel Vilniuses (Григалис, 1978). Keskpleistotseeni jäävaheajale vastava kihistu nimetusena kasutati selles skeemis vähetuntud Kalita asemel uuesti Karuküla nime (tabel).

1970. aastate teist poolt iseloomustab ka termoluminestsentsmeetodi kasutuselevõtt pleistoseeni setete dateerimisel (Хютт, Раукас, 1977; Хютт и др., 1977). Siiski ei ole konkreetsete dateeringute (Лийвранд и др., 1980; Каяк и др., 1981) vaidlava usaldusvääruse tõttu (Punning ja Raukas, 1983; Liivrand, 1991) hiljem Eestis seda meetodit enam kasutatud.

Sama kümnendi lõpus, tulles veelkord tagasi Karuküla probleemistiku juurde, kinnitas E. Liivrand (Лийвранд, 1979), et leiukoha organogeenne materjal on allohtoonses lasuvuses, kuid vastab vanuselt keskpleistotseeni Lihvini jäävaheajale. Vastusena sellele ilmus L. Serebrjannõi ja kaasautorite (Серебрянный и др., 1981) põhisult paleobotaaniline töö, milles lükati ümber E. Liivranna ja F. Velitškevitši (Величкевич, 1976; Величкевич, Лийвранд, 1976; Лийвранд, 1979) argumendid Karuküla setete suurest vanusest. Arvestades vaadeldavate setete vähest fossiliseerumist, tänapäevaste taimeliikide valdamist kõigi määratud liikide hulgas ning enamuse C<sup>14</sup> dateeringute langemist 40 000–50 000 a.t. vahemikku, jäeldasid L. Serebrjannõi jt. (Серебрянный и др., 1981), et Karuküla kihistu kuulub hilispleistotseeni. Diskussioon Karuküla läbilõike vanuse küsimuses lõppes (?) E. Liivranna ja F. Velitškevitši artikliga (Величкевич, Лийвранд, 1984), milles nad veel kord, tuginedes õietolmuanalüüsile ja eraldatud õietolmuvööde korrelatsioonile, kinnitasid selle kihistu keskpleistotseeni vanust. Viimane seisukoht on jäänud üld- ja ametlikult tunnustatuks tänini (Раукас и др., 1993).

## Stratotüüpide periood

Interglatsiaalsete (-stadiaalsete) setete lasuvussuhteid ja nende stratigraafilist väärust palüno-loogiliselt “tummade” kiitide liigestamiseks on käsitlenud korduvalt E. Liivrand (Лийвранд, 1984; Лийвранд, 1987; Лийвранд, 1990а; Левков, Лийвранд, 1988). Lähtudes

organogeensete setete (Rõngu, Karuküla, Kõrveküla, Prangli) lasumusest, on E. Liivranna arvates erivanuseliste moreenide liigestamiseks korrektelt kasutatav ainult Prangli mereliste setete läbilõige, sest see on vaidlamatult autohtoones lasuvuses. Sellest lähtudes püstitas ta Prangli kui Eemiga korrelatiivse interglatsiaali stratotüüpläabilõike Ida-Balti regioonis (Лийвранд, 1987).

1976. aasta stratigraafilises skeemis (Каяк и др., 1976; Григялис, 1978) puudusid Järva ja Ugandi kihistusse kuuluvate interstadialide setete (vastavalt Kesk-Järva ja Kesk-Ugandi alamkihistu) tüüpläabilõiked. Hiljem esitas E. Liivrand (Лийвранд, 1990б) Kesk-Järva alamkihistu stratotüübiks Tõravere orgaanikat sisaldavate setete läbilõike ülemise kompleksi, mille ta õietolmuanalüüsile tuginedes määratles kui interstadialse. Tõravere läbilõike alumise osa, Kesk-Järva alamkihistust pruuni moreeniga eraldatud interstadialti setted korreleeris ta (Лийвранд, 1990б) aga Alam-Järva interstadialti (täpsemalt periglatsiaali) setetega teistes samalaadsetes Lõuna-Eesti leiukohtades Otepääl ja Harimäel (vt. ka E. Liivranna artikkel käesolevas kogumikus). Harimäe alamkihistu kui Alam-Järva vaste püstitas E. Liivrand veelgi hiljem (1991; Лийвранд, 1993). Samas oli aga juba 1976. aastal K. Kajak (Каяк и др., 1976) teinud samuti ettepaneku Harimäe kihistu eraldamiseks, mis tema järgi pidanuks korreleeruma alampleistotseeni Belovežje ja Turgeljai kihitidega Lõuna-Baltikumis ja Valgevenes. Sama seisukohta on K. Kajak korranud hiljemgi (Kajak, 1983, avaldamata aruanne EGK fondis). Viimatinimetatud töös tegi K. Kajak ettepaneku loobuda stratigraafilises skeemis püstitatud alamkihistute nimesed sufiksitest *alam-*, *kesk-* ja *ülem-* ning asendas need vastavate konkreetsete stratotüüpsete läbilõigete või areaalide nimetustega. Osaliselt lähtuti nimetatud põhimõttest Baltikumi kvaternaari stratotüüpide kataloogis (Kondratienè, 1993) avaldatud Eesti kvaternaari (pleistotseeni) stratigraafilise skeemi (Раукас и др., 1993; tabel) koostamisel. Järva kihistu alamkihistute tähistamisel kasutati siin vastavate stratotüüpsete läbilõigete (Savala) või areaalide (Valgjärve, Võrtsjärve) nimesid. Võrreldes 1976. aasta skeemiga (Григялис, 1978), lisandus Järva kihistusse uus, Kelnase alamkihistu (tabel), millega tähistati Prangli saare läbilõikes Prangli (Eemi) jäävaheaja setete peal lasuvaid periglatsiaali setteid (A. Raukas, suulised andmed). Ugandi ja Sangaste kihistu osas säilis endine liigestus. Varasemate skeemidega (Орвику, 1956; Вайтекунас, 1971; Григялис, 1978) võrreldes oli oluliseks muutuseks ülepleistotseeni alumise piiri nihutamine vastavusse Lääne-Euroopa pleistotseeni stratigraafiliste skeemidega (Ehlers *et al.*, 1984). Sellest tulenevalt kuuluvad keskpleistotseeni ka tõenäoliselt Eesti vanimad, Lõuna-Eesti mattunud orgudes kindlaks tehtud Sangaste kihistu pseudokiltja tekstuuriga hallid moreenid.

## Kokkuvõte

Alates K. Orviku (1939) kirjeldatud Rõngu jäävaheaja setete läbilõike uurimisest (Thomson, 1939, 1941) on Eesti pleistotseeni setete liigestamine ja korreleerimine tuginenud valdavalt biostratigraafilistele (palünoloogiline, vähem diatomee- ja karpoloogiline analüüs) meetoditele. Vähemalt kolme viimase aastakümne enim diskuteeritud küsimusteks on olnud orgaanikat sisaldavat setete õietolmudiagrammide vanuseline interpretatsioon ning setete endi autohtonne või allohtonne lasumus. Eelnevast ilmneb nende kihtide stratigraafiline tähtsus biostratigraafiliselt "tummade" moreenikihtide liigestamisel. 60.–70. aastate intensiivse geoloogilise kaardistamise käigus kogunes palju andmeid moreenikihtide lasumustingimustega ja värvuse kohta ning ka neid tunnuseid kasutati laialdaselt stratigraafilistel eesmärkidel. Esialgne C<sup>14</sup> meetodi kasutuselevõtuga kaasnenud optimism on juba mõnda aega asendunud olukorraga, kus saadud tulemustesse suhtutakse valikuliselt. Mõnedes läbilõigete puhul, kus

dateeringud sobivad biostratigraafiliste ja geoloogiliste (moreeni lasumus, värvus) andmetega, neid arvestatakse (nt. Kurenurme), teiste puhul (nt. Karuküla, Peedu) aga ei arvestata dateeringuid üldse. Termoluminestsdateeringuid on vähe ja nende vasturääkivustele viitasime eespool. Viimase 10–15 aasta uuendused ja muutused Eesti pleistotseeni stratigraafias on enamasti varasema andmestiku või proovimaterjali ümberinterpretimise tulemus. Suure hulga lähteandmete üldistamise ja erinevate seisukohtade vahelise kompromissi tulemusena on praeguses Eesti pleistotseeni stratigraafilises skeemis (Раукас и др., 1993) eraldatud jäÄvaheaja setetega esindatud Karuküla (keskpleistotseen) ja Prangli (ülepleistotseen) kihistu ning kolm alamkihistuteks liigestatud jäÄaegadele vastavat kihistut (Sangaste, Ugandi ja Järva).

Mida noorem osa pleistotseenist, seda kättesaadavam on ta uurimiseks ja seda detailsem on ka stratigraafia. Kvaternaarisetete riiklikul kaardistamisel kasutamiseks ettenähtud stratigraafiline skeem (Kajak, 1992, avaldamata aruanne EGK fondis) jaotab Järva kihistu Võrtsjärve alamkihistu terveks reaks kihideks. Nn. morfostratigraafilistel kihidel (Haanja, Otepää, Pandivere, Palivere) on väga selge paleogeograafiline sisu. Juba teoreetiliseltki on nende omavahelisi lasumus- ja vanusesuhteid võimalik määrata väga piiratud aladel. Tõenäoliselt pole raske leida Pandivere kihide sees moreene, mille vanusevahe on reaalselt suurem kui näiteks noorima Otepää ja vanima Pandivere moreeni vahel. Järelkult ähmastuvad väga detailsel stratigraafilisel liigestamisel ajalis-ruumilised piirid erinevate ühikute vahel. Iseküsimus, kas neid olekski vaja täpselt defineerida, isegi kui see võimalikuks osutuks. Analoogiline olukord on kihide litoloogiliste tunnustega: ühe ja sama kihi koostis võib levila piires varieeruda palju rohkem kui erivanuselistele kihide oma lähedastes läbilõigetesse.

Omaette probleem seostub kihide (alamkihistute) äratundmisega loodus. Kas stratigraafiliile ühikule vastavad setted peavad olema läbilõikes äratuntavad ja teistest eristatavad oma väliste tunnuste järgi, ilma et kirjeldaja teaks oma täpset geograafilist asukohta, ehk seda, millise vanusega servamoodustiste vahel ja moreeni levilal ta asub? Autorid julgevad väita, et see on väga raske, kui mitte võimatu, sest näiteks Võrtsjärve alamkihistu moreenide makroskoopilised tunnused sõltuvad rohkem aluspõhja mõjust ja geneesist kui vanusest. Tundub, et stratigraafilise skeemi detailsus noorimate pleistotseeni kihide osas hakkab ette jõudma nende eraldamise praktolistest võimalustest. Oleks loomulik, et iga stratigraafilise ühiku eraldamine tugineks mingi (bio-, litho-, klimato-, morfo-, kronostratigraafilise) meetodiga määratud tunnustele, mis on ühtmoodi tõlgendatavad kogu kihide levila piires.

Lõpetuseks võib öelda, et probleemid ja vaidlused Eesti pleistotseeni stratigraafilise skeemi ümber (vt. ka E. Liivrand käesolevas kogumikus) annavad lootust, et asja uuritakse edasi.

## KIRJANDUS

- Aaloe, A., Mark, E., Männil, R., Müürisepp, K. ja Orviku, K. 1960. Ülevaade Eesti aluspõhja ja pinnakatte stratigraafiast. Tallinn, 1–62.
- Doss, B. 1906. Gutachten über das Projekt einer Grundwasserversorgung der Stadt Dorpat. Gedruckt in der Müllerschen Buchdruckerei, Riga, 1–63.
- Dreimanis, A. 1947. A Draft of Pleistocene Stratigraphy in Latvia And S-Estonia. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar, **69**, 4, 465–470.
- Ehlers, J., Meyer, K.-D. and Stephan, H.-J. 1984. The Pre-Weichselian glaciations of North-West Europe. Quaternary Science Reviews, **3**, 1–40.

- Eichwald, E.** 1846. Einige vergleichende Bemerkungen zur Geognosie Scandinaviens und der westlichen Provinzen Russlands. Bulletin de la Société Impériale des Naturalistes de Moscou, XIX, 1, 3–156.
- Eichwald, E.** 1853. Lethaea Rossica ou Paléontologie de la Russie. Vol. III, Dernière Période. Lethaea Rossica. Stuttgart, 1–533.
- Flint, R. F.** 1947. Glacial geology and the Pleistocene Epoch. John Wiley & Sons, New York, 1–589.
- Grewingk, C.** 1879. Erläuterungen zur zweiten Ausgabe der geognostischen Karte Liv-, Est- und Kurlands. Dorpat, Verlag der Dorpater Naturforscher-Gesellschaft. 1–124.
- Hausen, H.** 1913. Über die Entwicklung der Oberflächenformen in den russischen Ostseeländern und angrenzenden Gouvernementen in der Quartärzeit. *Fennia* 34, 3, 1–142.
- Helmersen, G.** 1856. Über das langsame Emporsteigen der Ufer des baltischen Meeres und über die Wirkung der Wellen und des Eises auf dieselben. Bulletin de la classe physico-mathématique de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Pétersbourg, XIV, 13–14, 193–212.
- Jessen, A. und Milthers, V.** 1910. En Boring gennem de kvateraere Lag ved Skaerumhede. Danmarks Geologiske Undersøgelse, Raekke 4, 25.
- Jessen, A. and Milthers, V.** 1928. Stratigraphical and Paleontological Studies of Interglacial Freshwater deposits in Jutland and North-West Germany. Danmarks Geologiske Undersøgelse, Raekke 2, 48, 1–379.
- Kajak, K.** 1961. Kvaternaarsete setete Prangli saare tugiprofil. VI Eesti loodusuurijate päev. Ettekannete teesid. Tartu, LUS, 20–21.
- Kondratiené, O. (ed.)** 1993. Catalogue of Quaternary stratotypes of the Baltic Region. Vilnius, 1–56.
- Kraus, E.** 1928. Tertiär und Quartär des Ostbaltikums. Die Kriegsschauplätze 1914–1918 geologisch dargestellt, Berlin, 10, 1, 1–142.
- Liivrand, E.** 1991. Biostratigraphy of the Pleistocene deposits in Estonia and correlations in the Baltic Region. Stockholm University. Department of Quaternary Research. Report 19. Doctoral Thesis, 1–114.
- Mickwitz, A.** 1908. Bericht über den Gasbrunnen auf Kokskär. Bulletin de l'Académie Science Impériale des St.-Pétersbourg, VI, 2, 188–190.
- Mühlen, L. v. z.** 1912. Der geologische Aufbau Dorpats und seiner nächsten Umgebungen. Sitzungsberichte der Naturforscher-Gesellschaft bei der Universität Jurjew (Dorpat), Dorpat, XXI, 1, 2, 1–68.
- Orviku, K.** 1939. Rõngu interglatsiaal — esimene interglatsiaalse vanusega organogeense setete leid Eestis. *Eesti Loodus*, 1, 1–21.
- Orviku, K.** 1940. Diluvialstratigrafiast Eestis. Neljanda Eesti Loodusteadlaste Päeva ettekannete kokkuvõtted. Tartu, 33–35.
- Orviku, K.** 1944. Jääaegade geoloogiast Eestis. *Eesti Sõna*, 138, 4.
- Orviku, K.** 1960. Eesti geologilisest arengust antropogeenis, 1. *Eesti Loodus*, 1, 6–16.
- Punning, J.-M. and Raukas, A.** 1983. The age of tills: Problems and methods. In: Evenson, E. B., Schlüchter, Ch. and Rabassa, J. (eds.). Tills and Related Deposits. Genesis, Petrology, Application, Stratigraphy. Balkema, 357–364.
- Schmidt, F.** 1854. Flora der Insel Moon, nebst orographisch-geognostischen Darstellung ihres Bodens. Archiv für die Naturkunde Liv-, Est- und Kurlands, Ser. II, Bd. 1, 1–62.
- Schmidt, F.** 1858. Untersuchungen über die Silurische Formation von Estland, Nord-Livland und Oesel. Archiv für die Naturkunde Liv-, Est- und Kurlands, Ser. I, Bd. 2, 1–248.
- Schmidt, F.** 1865. Untersuchungen über die Erscheinungen der Glazialformation in Estland und auf Oesel. Bulletin de l'Académie Science Impériale des St.-Pétersbourg, VIII, 4, 339–368.
- Schrenk, A.** 1854. Übersicht des oberen Silurischen Schichtensystems Liv- und Estlands, vornehmlich ihrer Inselgruppe. Archiv für die Naturkunde Liv-, Est- und Kurlands, Ser. I, Bd. 1. Dorpat, 1–112.

- Zāns, V.** 1936. Das letztinerglaziale Portlandia-meer des Baltikums. Bulletin de la Commission géologique de Finlande, **115**, 231–250.
- Zāns, V. und Dreimanis, A.** 1936. Ein Fund von *Portlandia (Yoldia) arctica* Gray in Lettland. Acta et Societe et Biologiae Latviae, **5**, 69–75.
- Thomson, P. W.** 1939. Eem-interglatsiaali metsade ajalugu Eestis ning Rõngu interglatsiaali stratigraafiline asend. Eesti Loodus, **1**, 21–24.
- Thomson P. W.** 1941. Die Klima- und Waldentwicklung des von K. Orviku entdeckten Interglazials von Ringen bei Dorpat/Estland. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, **93**, 6, 274–281.
- Öpik, A.** 1929. Studien über das Estnische Unterkambrium (Estonium) I–IV. Tartu Ülikooli Geoloogia-Instituudi Toimetused, **15**, 1–56.
- Аалоэ А., Марк, Э., Мянниль Р., Мююрисепп К., Орвику К.** 1958. Обзор стратиграфий палеозойских и четвертичных отложений Эстонской ССР. Таллинн, 1–46.
- Вайтекунас П.** 1971. Новый проект региональной рабочей стратиграфической схемы четвертичных (антропогеновых) отложений Прибалтики. Научные труды высших учебных заведений Литовской ССР. География и Геология, **8**, 211–216.
- Величкович Ф.** 1976. Flora разреза Карукюла в Эстонии. Известия АН СССР. Серия геологическая, **5**, 61–65.
- Величкович Ф., Лийвранд Э.** 1976. Новые данные о флоре и растительности разреза Карукюла в Эстонии. Известия АН ЭССР. Химия, Геология, **25**, 3, 215–221.
- Величкович Ф., Лийвранд Э.** 1984. О возрасте Карукюласких отложений. В кн.: Палеография и стратиграфия четвертичного периода Прибалтики и сопредельных районов. Вильнюс, 140–148.
- Воллосович К.** 1900. Заметка о постплиоцене въ нижнемъ течении С. Двины. Материалы для геологии России, **XX**, 234–327.
- Герасимов И., Марков К.** 1939. Ледниковый период на территории СССР. Труды Института геологии АН СССР, **33**, 1–363.
- Григялис А. (ред.)** 1978. Решения межведомственного регионального стратиграфического совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем Прибалтики 1976 г. с унифицированными стратиграфическими корреляционными таблицами. Ленинград, 1–85.
- Гуделис В. (ред.)** 1957. Резолюция регионального совещания по изучению четвертичных отложений Прибалтики и Белоруссии, состоявшегося в г. Вильнюс и Каунас 14–19 XI 1955 г. и объяснительная записка к региональной стратиграфической схеме четвертичных отложений Прибалтики и Белоруссии. Научные сообщения Института геологии и географии АН Литовской ССР, **4**, 421–437.
- Каяк К., Лийвранд Э.** 1967. О ниже- и среднеплейстоценовых отложениях Эстонии. В сб.: Нижний плейстоцен ледниковых районов Русской равнины. Москва, Наука, 149–57.
- Каяк К., Пуннинг Я.-М., Раукас А.** 1970. Новые данные о геологии разреза Карукюла (Юго-Западная Эстония). Известия АН ЭССР. Химия. Геология, **19**, 4, 350–357.
- Каяк К., Кессел Х., Лийвранд Э., Пиррусс Р., Раукас А., Сарв А.** 1976. Стратиграфия четвертичных отложений Эстонии. В кн.: Стратиграфия четвертичных отложений Прибалтики. Вильнюс, 3–52.
- Каяк К., Раукас А., Хютт Г.** 1981. Опыт изучения разновозрастных морен Эстонии термолюминесцентным методом. В кн.: Геология плейстоцена Северо-Запада СССР. Апатиты, 3–11.
- Лийвранд Э.** 1969. О применении флористического анализа и метода вариограмм при интерпретации результатов спорово-пыльцевого анализа на примере разреза Харимяе (Южная Эстония). Известия АН ЭССР. Химия. Геология, **18**, 2, 107–112.

- Лийвранд Э.** 1971. Палинологическая характеристика послемикулинских интерстадиальных отложений разреза Отепя (Юго-Восточная Эстония). В сб.: Палинологические исследования в Прибалтике. Рига, Зинатне, 57–66.
- Лийвранд Э.** 1972. Палинологическая характеристика и корреляция разреза Карукюла. Известия АН ЭССР. Химия. Геология, **21**, 4, 358–367.
- Лийвранд Э.** 1979. Залегание межледниковых отложений в Карукюла. Известия АН ЭССР. Геология, **28**, 3, 112–118.
- Лийвранд Э.** 1984. Биостратиграфическая основа расчленения плейстоценовых отложений Эстонии. В сб.: Палеография и стратиграфия четвертичного периода Прибалтики и сопредельных районов. Вильнюс, 136–139.
- Лийвранд Э.** 1987. Региональный стратотип морских ээмских отложений Суур-Прангли. Известия АН ЭССР. Геология, **36**, 1, 20–26.
- Лийвранд Э.** 1990а. Методические проблемы палиностратиграфии плейстоцена. Таллинн, Валгус, 1–176.
- Лийвранд Э.** 1990б. Опорный разрез нижне- и средневалдайских межстадиальных отложений Тыравере (Юго-Восточная Эстония). Известия АН ЭССР. Геология, **39**, 1, 12–17.
- Лийвранд Э.** 1993. Стратиграфия плейстоценовых отложений в Эстонии и корреляция с соседними районами. *Geologija*, 14. *Detaili Stratigrafija II*, 189–197.
- Лийвранд Э., Валт И.** 1966. Результаты спорово-пыльцевого анализа межморенных морских отложений на острове Прангли (Эстония). Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода, **31**, 117–119.
- Лийвранд Э., Пуннинг Я.-М., Раукас А., Хютт Г.** 1980. Об эффективности разных методов определения возраста отложений разреза Пееду. В кн.: Геохронология четвертичного периода. Москва, Наука, 62–68.
- Левков Э., Лийвранд Э.** 1988. О гляциотектонической переобработке межледниковых отложений в разрезах Карукюла и Кырвекюла (Эстония). Известия АН ЭССР. Геология, **37**, 4, 161–167.
- Материалы ... = Материалы Межведомственного совещания по разработке унифицированной стратиграфической схемы четвертичных отложений Европейской части СССР. Ленинград, 1964, 1–53.
- Орвику К.** 1956. Стратиграфическая схема антропогеновых (четвертичных) отложений территории Эстонской ССР. Труды Института геологии АН ЭССР, **1**, 1–112.
- Орвику К.** 1960. Четвертичная система (антропогенные отложения). В кн.: Геология СССР, т. XXXVIII, Эстонская ССР. Москва, 166–194.
- Орвику К., Пиррус Р.** 1965. Межморенные органогенные отложения в Карукюла (Эстокая ССР). В сб.: Литология и стратиграфия четвертичных отложений Эстонии. Таллинн, 3–21.
- Пуннинг Я.-М., Лийва А., Ильвес Э.** 1966. Список радиоуглеродных датировок Института зоологии и ботаники АН ЭССР. Известия АН ЭССР. Биология, **17**, 4, 417–426.
- Пуннинг Я.-М., Раукас А., Серебрянский Л.** 1967. Геохронология последнего оледенения Русской равнины в свете новых радиоуглеродных датировок ископаемых озеро-болотных отложений Прибалтики. Материалы II симпозиума по истории озер Северо-Запада СССР. Минск, 139–147.
- Пуннинг Я.-М., Раукас А., Серебрянский Л.** 1969. Карукюлаские межледниковые отложения Русской равнины (Стратиграфия и геохронология). Известия АН СССР. Серия геологическая, **10**, 148–151.
- Раукас А.** 1978. Плейстоценовые отложения Эстонской ССР. Таллинн, Валгус, 1–310.

- Раукас А., Лийвранд Э., Каак К.** 1993. Стратотипы квартера Эстонии. В кн.: Catalogue of Quaternary stratotypes of the Baltic Region. Vilnius, 42–53.
- Серебряный Л., Раукас А.** 1966. Трансбалтийские корреляции краевых ледниковых образований позднего плейстоцена. В сб.: Верхний плейстоцен. Стратиграфия и абсолютная геохронология. Москва, Наука, 12 – 27.
- Серебряный Л., Раукас А.** 1967. Сопоставление готигляциальных краевых ледниковых образований во впадение Балтийского моря и прилегающих к нему странах. *Baltica*, 3, Вильнюс, 235 – 249.
- Серебряный Л., Раукас А.** 1970. Новые пути и методы изучения ледниковой истории Русской равнины в верхнем плейстоцене. Географический сборник, 4, 117 – 137.
- Серебряный Л., Кац С., Скобеева Е., Раукас А.** 1981. К палеоботанической характеристике межледниковых отложений разреза Карукюла. Известия АН ЭССР. Геология, 30, 3, 118 – 124.
- Черемисинова Е.** 1961. Диатомовые морских межледниковых отложений Эстонской ССР. Доклады АН СССР, 141, 3, 698 – 700.
- Эйхвальд Э.** 1850. Палеонтология России. Новый период, 1 – 284.
- Хютт Г., Раукас А.** 1977. О перспективах использования термolumинесцентного метода для определения возраста четвертичных отложений. Известия АН ЭССР. Химия. Геология, 26, 4, 245 – 283.
- Хютт Г., Пуннинг Я.-М., Смирнов А.** 1977. Методика термolumинесцентного датирования в геологии. Известия АН ЭССР. Химия. Геология, 26, 4, 284 – 287.

## LOCAL STRATIGRAPHIC SCHEME OF THE PLEISTOCENE IN ESTONIA: AN OVERVIEW OF THE DEVELOPMENTS

Kalle Kirsimäe, Volli kalm

и др., 1976). Sealsanas nimetasid mõlemad lahemadise vajadus leidis mõlemalikku ja ülepliestoisseeni setete rakkudega. See põhjast jõtkus hariummelikult keda ei ole veel välja selgitatud. Rõngu

The possibility of different aged glaciations in Estonian territory was firstly mentioned by C. Grewingk (1879). He described the surficial reddish-brown till, underlying glaciofluvial deposits, and the lower, grey till in the buried pre-Quaternary valleys in Tartu, SE Estonia.

Rõngu section was the first occurrence of organic-containing deposits which interglacial nature was palynologically confirmed (Orviku, 1939). K. Orviku (1939) and P. W. Thomson (1939, 1941) correlated the sapropelite and peat layers in Rõngu site to the Eemian deposits in Denmark and Germany. On the basis of these investigations the first Estonian Pleistocene stratigraphical scheme was presented (Orviku, 1939; Table). In the next few years two sites (Karuküla and Kamera) of the interglacial/interstadial deposits were recovered and investigated by K. Orviku (Orviku, 1940, 1944). The Karuküla section was correlated to the second half of Riss-Würm interglacial and the Kamera section was interpreted as the interstadial of the last (Würm) glaciation (Orviku, 1944; Table).

During the next fifty years the Estonian Pleistocene deposits were subdivided and correlated according to the Baltic and East-European plain's regional stratigraphic scheme of the USSR (Орвику, 1960; Вайтекунас, 1971; Григялис, 1978). The Quaternary stratigraphic scheme with local stratotype section or area names was compiled (Каяк, 1981) and officially accepted (Григялис, 1978) in 1976. Latest stratigraphic scheme, officially accepted by the

Baltic Stratigraphic Association, was published by A. Raukas, E. Liivrand and K. Kajak in 1993 (Раукас и др., 1993; Table). In this scheme the existence of two Pleistocene interglacials — Karuküla (Holstein) and Prangli (Eem) with three glacials — Järva (Weichsel), Ugandi (Saale) and Sangaste (Elster) has been approved. Most of the Prangli Formation and all known Karuküla Formation interglacial deposits in Estonia are found in allochthonous situation. According to its position, the lowermost till in the SE-Estonian buried valleys (Sangaste Formation) is correlated to the Elster glaciation and is probably the oldest till in Estonia

# KAGU-EESTI KUI PLEISTOTSEENI STRATIGRAAFILISE SKEEMI VASTUOLUDE LAHENDAMISE VÕTMEALA

Elsbet Liivrand

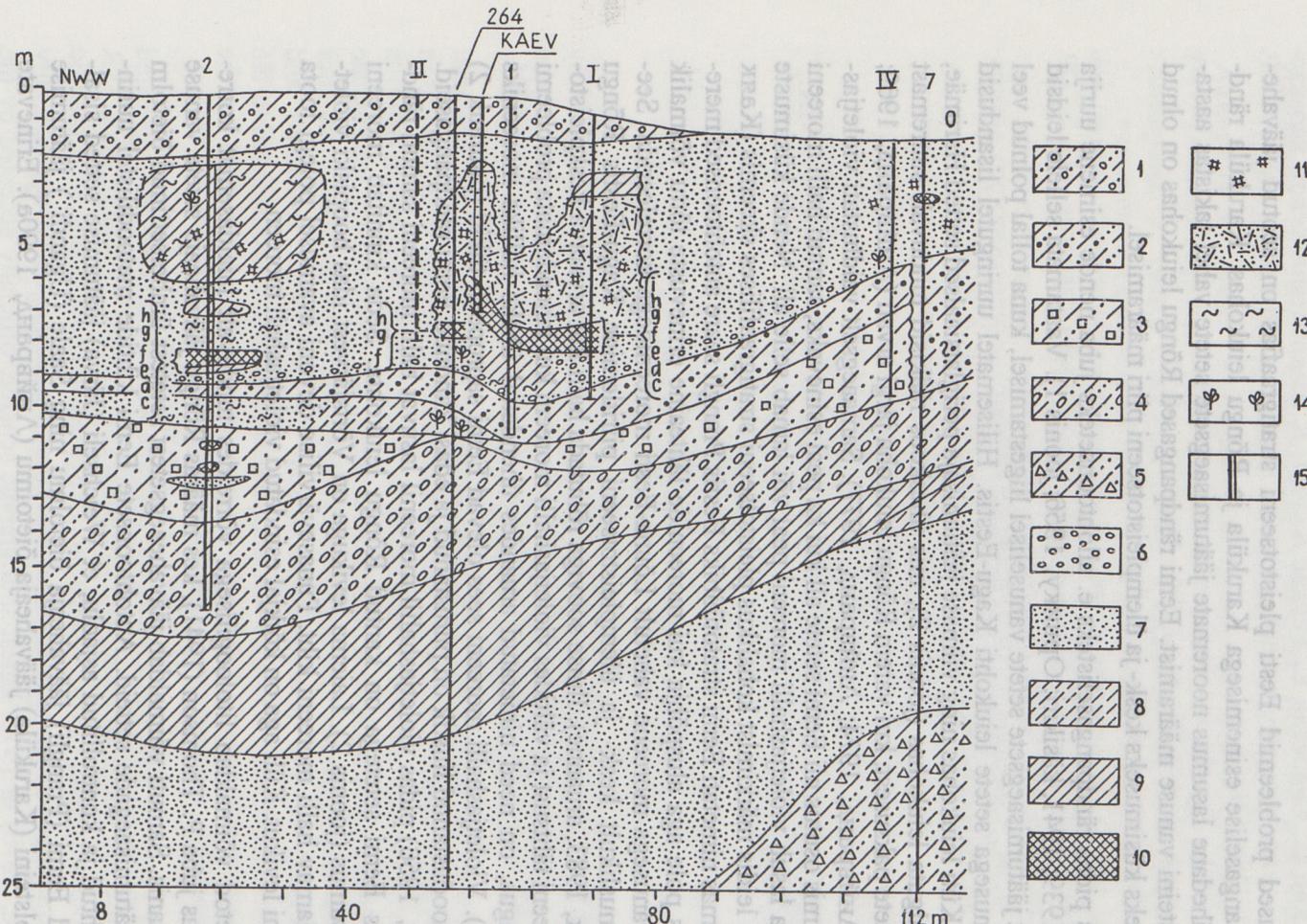
Eesti Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituut

Suurimad vaidlusalused probleemid Eesti pleistotseeni stratigraafias on seotud jäävahe-aegsete setete rändpangaselise esinemisega Karuküla ja Rõngu leiuikohas. Karuküla rändpangaste maapinnalähedane lasumus noorernate jäätumisaegsete setete vahel takistas aastakümneid nende Holsteini vanuse määramist. Eemi rändpangased Rõngu leiuikohas on olnud jätkuvalt vaidlusalseks küsimuseks kesk- ja ülepleistotseeni piiri määramisel.

Eemi setteid Rõngus pidas rändpangaselisteks e. allohtoonseteks juba nende esimene uurija K. Orviku (Orviku, 1939; 1941, käsikiri; Orviku, 1956; joonis 1). Vaatamata sellele leidsid nad siiski kasutamist jäätumisaegsete setete vanuselisel liigestamisel, kuna tollal polnud veel teada teisi Eemi vanusega setete leiuokohti Kagu-Eestis. Hilisematel uuringutel lisandusid Eemi setted Kitse ja Küti leiuikohas ning viimase jäätumisaja periglatsiaalsed setted Harimäe, Otepää, Valga ja Valguta leiuikohas (joonis 2), mis üheskoos rääkisid tunduvalt suuremast ülepleistotseeni setete paksusest, kui varem Rõngu leiuokoha järgi arvati (Лийвранд, 1969; Лийвранд, 1971; Лийвранд, 1974; Лийвранд, 1977). Samaaegselt vaidlustati violetjashalli moreeni vanus, mis osutus nii Eemi setete all kui ka peal esinevaks, samuti halli moreeni vanus, mis omakorda lasub violetjashalli moreeni peal või lamab selle all. Nende küsimuste lahendamise vajadus leidis märkimist kohalikus pleistotseeni stratigraafilises skeemis (Каяк и др., 1976). Sealsamas nimetati Eemi stratotüübiks Eestis Prangli saare autohtoonised meralised setted. Kahjuks pole aga aluspõhja kui moreenide lähteaine erinevuste tõttu võimalik Põhja-Eesti kindla vanusega moreene vahetult Lõuna-Eesti moreenidega korreleerida. See-pärast jätkus harjumuslikult kesk- ja ülepleistotseeni piiritlemine Kagu-Eestis Rõngu leiuokoha järgi (Kajak, 1983, aruanne). Ilmse sooviga rõhutada halli kui arvatava keskpleistotseeni vanusega moreeni tähtsust ja vältides violetjashalli moreeni kui lahendamata probleemi Eemi setete all Rõngus, on need nimetatud aruandes ühendatud üheks halliks moreeniks (joonis 1, puurauk 7). Violetjashalli moreeni sees olevad Eemi sapropeeli tükid (puurauk 2) töendavad, et teda moodustanud liustik on purustanud ja edasi kandnud Eemi rändpangaseid. K. Orviku (Orviku, 1956) pidas violetjashallil moreenil lasuvat halli moreeni samuti rändpangaseks, mis koos Eemi setetega on kantud Rõngu leiuokohta. Seda kinnitab moreeni erandlik lokaalne lasumus (joonis 2). Laiemal levikuga on Võrtsjärvest idas hoopiski violetjashalli moreeni all lamav halli moreeni kiht. Punasevärvilise devoni avamusel polegi loota laialdast halli moreeni levikut. Küll aga on kõikjal esindatud violetjashall moreen.

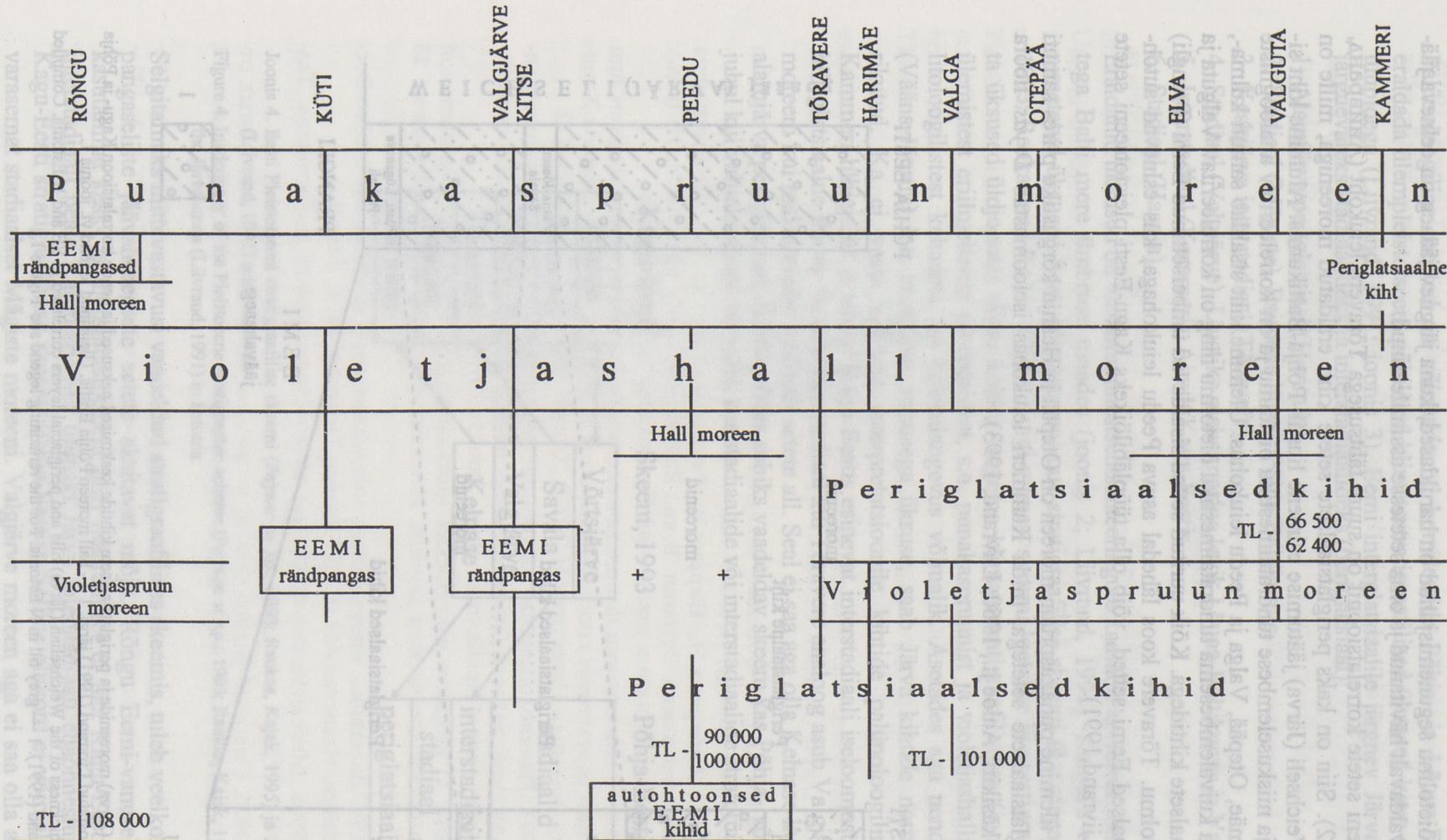
Palünoloogiline meetod võimaldab litoloogilisega vörreldes tunduvalt laialdasemat korrelatsiooni. Seda tööstas juba P. Thomson (1941), kes määras Rõngu jäävaheaja setete vanuse Eemi kihtide abil Taanis. Samuti võimaldab jäävaheaeagsetest setetest ümbersettinud õietolm eristada erinevate jäätumisaegade setteid. Autohtoonsete Eemi kihtide metodilistel uuringutel on kindlaks tehtud ja kontrollitud asjaolu, et Weichseli (Järva) jäätumise setted sisaldavad ümbersettinud Eemi (Prangli) jäävaheaja õietolmu ning Saale (Ugandi) jäätumise setted sisaldavad Holsteini (Karuküla) jäävaheaja õietolmu (Лийвранд, 1990a). Erinevate

interpretation of the Rõngu site. According to the stratigraphic scheme, the lowest till is allochthonous situation. According to its position, the lowest till is buried valleys (Sangaste Formation) during the Elster glation and oldest till in Estonia. Eemian pollen zones of the not destroyed deposits, excavation I after P. Thomson (1941).



Joonis 1. Rõngu pleistoseensete setete geoloogiline läbilöige. Kaevamid I, II, IV ja talukaev K. Orviku (1941, käskiri) järgi, puuraugud 1 ja 2 autor (Лийврнд, 1977) järgi, puurauk 264 K. Kajaku jt. (1963, aruanne) järgi, puurauk 7 K. Kajaku (1983, aruanne) järgi. 1 — punakaspruun moreen, 2 — hall moreen, 3 — violetjashall moreen, 4 — violetjaspruun moreen, 5 — kollakas moreen, 6 — kruus, 7 — liiv, 8 — saviliiv, 9 — liivsavi, 10 — sapropeel, 11 — sapropeeli tükid, 12 — ümbersettinud turvas, 13 — humifitseerunud orgaaniline aine, 14 — taimejäanused, 15 — palünoologiliselt uuritud profiili osa, c - i — Eemi õietolmutsooniid purustamata setetest, kaevam I P. Thomsoni (1941) järgi.

Figure 1. Geological sequence of the Pleistocene deposits at the Rõngu site. Excavations I, II, IV and well after (Orviku, 1941, manuscript), boreholes 1 and 2 after the author (Лийврнд, 1977), borehole 264 after (Kajak et al., 1963, unpublished report), borehole 7 after (Kajak, 1983, unpublished report). 1 — reddish-brown till, 2 — grey till, 3 — violetish-grey till, 4 — violetish-brown till, 5 — yellowish till, 6 — gravel, 7 — sand, 8 — clayey silt, 9 — silty clay, 10 — sapropel, 11 — sapropel in pieces, 12 — redeposited peat, 13 — humified organic matter, 14 — plant remains, 15 — palynologically investigated sequence, c-i — Eemian pollen zones of the not destroyed deposits, excavation I after P. Thomson (1941).

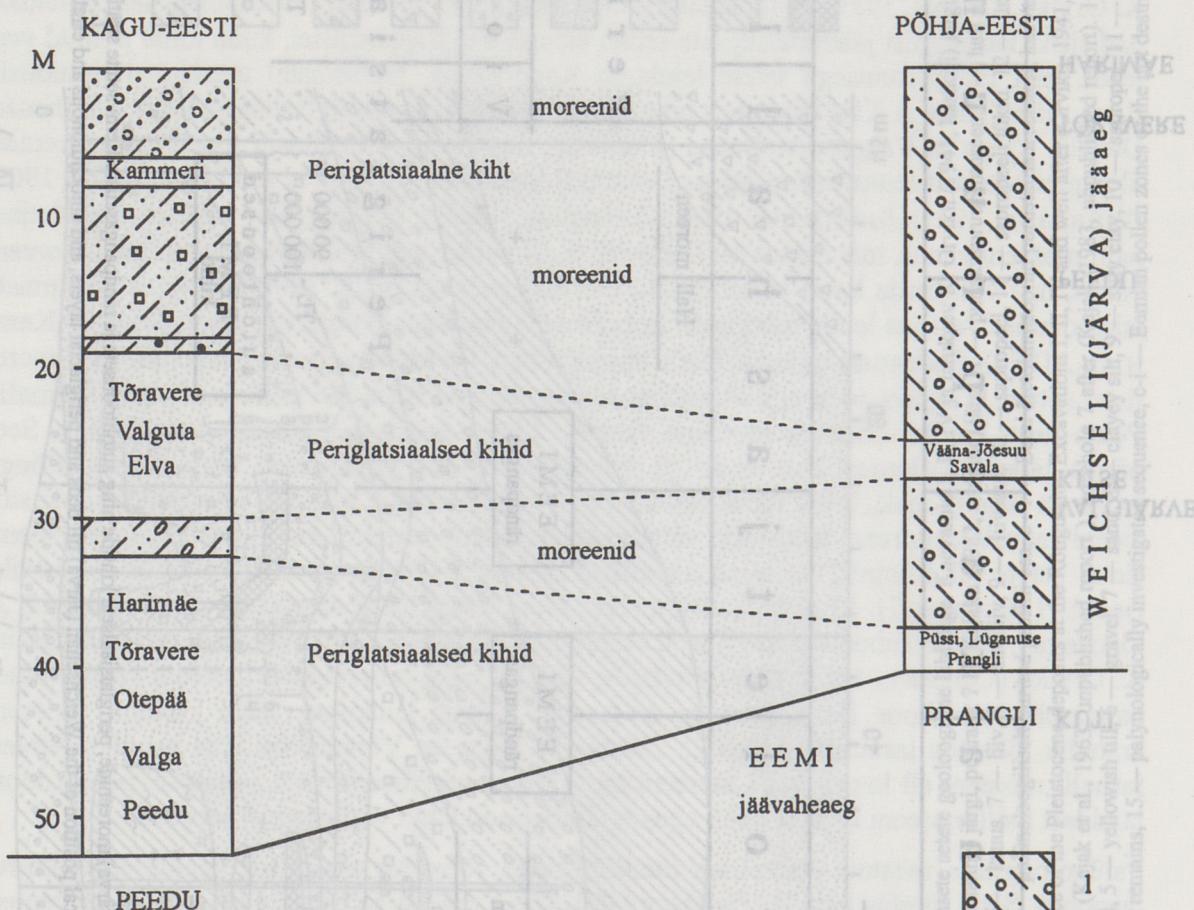


Joonis 2. Weichseli (Järva) moreenide, periglatsiaalsete kihide ning autohtoonsete ja rändpangaseliste Eemi setete stratigraafiline asend Kagu-Eestis. + — violetjaspruuni moreeni tükid.  
 Figure 2. Stratigraphical position of the Weichselian (Järva) till beds and periglacial layers, and autochthonous and erratic Eemian deposits in SE Estonia. + — lumps of the violetish-brown till.

jäävahegaedade õietolmu segunemisjuhud on haruldased, kuna järgnev jääaeg on eelneva jäävaheaja setted valdavalt hävitanud ja oma setetesesse assimileerinud.

Ülepleistotseeni setete korrelatsioonil on suure tähtsusega Tõravere leiukoht (Лийвранд, 1990б, joonis 2). Siin on kaks periglatsiaalsete setete kihti eraldatud moreeniga, mille on maha jätnud Weichseli (Järva) jäätumise esimene liustik Põhja-Baltikumis. Alumine kiht sisaldab külma- ja niiskuselembese tundrataimestiku õietolmu ja on korreleeritav analoogiliste kihtidega Harimäe, Otepää, Valga ja Peedu leiukohas. Ülemine kiht sisaldab samuti külma-, kuid mõnevõrra kuivalembesema tundrataimestiku õietolmu ning on korreleeritav Valguta ja Elva periglatsiaalsete kihtidega. Kõik uuritud setted sisaldavad ümbersettinud Eemi (Prangli) jäävaheaja õietolmu. Tõravere koos lähedal asuva Peedu leiukohaga, kus esinevad autohtoonised alluviaalsed Eemi setted, võib olla tüüpläabilöikeks Kagu-Eesti pleistotseeni setete liigestamisel (Liivrand, 1991).

Violetjashall ja ülemine punakaspruun moreen on Otepää ja Haanja kõrgustiku piires samuti eraldatud periglatsiaalsete setetega, mida Kammeri leiukohas iseloomustab *Dryas* floora (Orviku, 1941, käskiri; Aaloe jt., 1960; Liivrand, 1993).



Joonis 3. Weichseli (Järva) moreenide ja periglatsiaalsete kihtide keskmised paksused ja nende korrelatsioon Kagu- ja Põhja Eestis. Koostatud Liivrand (1991) järgi. 1 — hall moreen Põhja Eestis. Ülejäänud legend vt. joonis 1.

Figure 3. Average thickness of the Weichselian (Järva) tills and periglacial layers correlated in SE and N Estonia. Compiled after Liivrand (1991). 1 — grey till in N Estonia. For the remaining legend see Figure 1.

Palünoloogiline meetod on võimaldanud korreleerida Põhja- ja Lõuna-Eesti setteid ning eraldada ülepleistotseeni põhilised klimatostratigraafilised üksused koos soovitatud stratotüüpidega (Liivrand, 1991; joonis 3). Eemi interglatsiaalile järgnev Järva glatsiaal jaotub järgnevateks stadiaalideks ja interstadiaalideks (periglatsiaal):

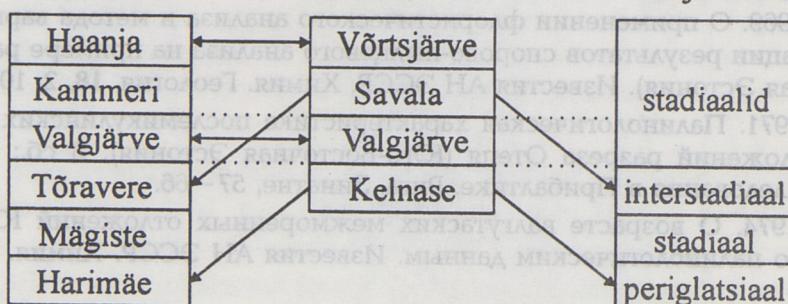
1. Alamjärva periglatsiaal (Harimäe).
2. Stadiaal (Mägiste). Esimene liustik Põhja-Baltikumis.
3. Keskjärva interstadiaal (Tõravere).
4. Stadiaal (Valgjärve). Liustike maksimaalne levik Lõuna-Baltikumis ja Valgevenes.
5. Interstadiaal (Kammeri). Ainult Kagu-Eestis.
6. Stadiaal (Haanja).

Eraldatud üksused on termoluminestsentsdateeringute kaasabil korreleeritud vastavate üksustega Balti mere ümbruse maades (joonis 2; Liivrand, 1991). Kahjuks ei korreleeru aga nimetatud üksused Eesti pleistotseeni uue stratigraafilise skeemi üksustega (Paykac и др., 1993; Raukas and Kajak, 1995). Kuigi viimast skeemi loetakse lithostratigraafiliseks, peaksid ta üksused üldjoontes siiski kokku langema klimatostratigraafilistega (joonis 4). Lähtudes ülemistest eriilmelistest moreenidest, s.o. punakaspruunist ja violetjashallist moreenist kui litoloogilistest kehadest, on kokkulangevus võimalik. Asetades aga nende vahele Savala (Vääna-Jõesuu) kui keskjärva vanusega üksuse, saab Järva kihtide normaalne järgnevus rikutud. Ka ei vasta sellisele interpretatsioonile kihtide palünoloogiline iseloomustus. Kammeri lühiajalist ja ainult Kagu-Eestis esinevat interstadiaali iseloomustab juba tüüpiline hilisglatsiaalne floora. Savala interstadiaal kui Tõravere analoog asub Valgjärve violetjashalli moreeni kui maksimaalse stadiaali setete all. Seal ei saa aga olla Kelnase kui Eemile järgnev alamjärva periglatsiaal. Kokkuvõttes sobiks vaadeldav skeem kas Põhja- või Lõuna-Eestisse, juhul kui valitaks vastavalt uued, kas stadiaalide või interstadiaalide stratotüübidi.

Kagu-Eesti

Skeem, 1993

Põhja-Eesti



Joonis 4. Eesti Pleistotseeni stratigraafilise skeemi (Paykac и др., 1993; Raukas, Kajak, 1995) ja Järva kihtide järistuse (Liivrand, 1991) mittevastavus.

Figure 4. Inadequacy of the Pleistocene stratigraphic scheme (Paykac и др., 1993; Raukas, Kajak, 1995) and succession of the Järva strata (Liivrand, 1991) in Estonia.

Selgitamaks mittevastavusi vaadeldud stratigraafilises skeemis, tuleb veelkord rõhutada ränd-pangaseliste jäÄävaheagsete setete eksitavat mõju. Rõngu Eemi-vanuselise rändpangase kasutamine kesk- ja ülepleistotseeni piiri määramisel ei jäta Kagu-Eestisse ühtegi Järva interstadiaali peale Kammeri. See tingiski Järva interstadiaali ebaõnnestunud sissetoomise Kagu-Eesti stratigraafilisse skeemi Põhja-Eestist. Selline olukord ei võimalda tunnustada ka varasemat stadiaalset Mägiste moreeni. Valgjärve moreen aga ei saa olla alam-, vaid ülem-

järva ealine, mil viimane jäätumine saavutas oma maksimaalse leviku (Liivrand, 1991). Sellele eelnes pikk kesk- ja varajärva periglatsiaalne aeg, mil Skandinaavia jäälkil alles kasvas ja toimus üks liustiku vähemulatuslik edasitung (võib-olla ka mitu).

Eesti uusim pleistotseeni stratigraafiline skeem (Raakas и др., 1993; Raukas and Kajak, 1995) ei kajasta õigesti Järva kihtide järgnevust ja nende biostratigraafilist olemust. Rahuldava skeemi koostamine on tulevikülesanne.

## KIRJANDUS

- Aaloe, A., Mark, E., Männil, R., Müürisepp, K. ja Orviku, K.** 1960. Ülevaade Eesti aluspõhja ja pinnakatte stratigraafast. Tallinn, 1–61.
- Liivrand, E.** 1991. Biostratigraphy of the Pleistocene deposits in Estonia and correlations in the Baltic region. Stockholm University. Department of Quaternary Research, Report 19, Doctoral Thesis, 1–114.
- Liivrand, E.** 1993. Some problems of reconstructing the Late Glacial stratigraphy in Estonia. Baltic Ice Lake–Yoldia Sea. A Baltic Sea Symposium. Abstract volume. Stockholm University. Department of Quaternary Research, 1993, 41.
- Orviku, K.** 1939. Rõngu interglatsiaal — esimene interglatsiaalse vanusega setete leid Eestist. Eesti Loodus, **1**, 1–21.
- Thomson, P.** 1941. Die Klima- und Waldentwicklung des von K. Orviku entdeckten Interglazials von Ringen bei Dorpat (Estland). Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, **93**, 6, 274–281.
- Raukas, A. and Kajak, K.** 1995. Quaternary stratigraphy of Estonia. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology, **44**, 3, 149–162.
- Каяк К., Кессел Х., Лийвранд Э., Пиррусс Р., Раукас А., Сарв А.** 1976. Стратиграфия четвертичных отложений Эстонии. В кн.: Вайтекунас П. П., Гайгалас А. И. (ред.). Стратиграфия четвертичных отложений Прибалтики. Вильнюс 3 – 52.
- Лийвранд Э.** 1969. О применении флористического анализа и метода вариограмм при интерпретации результатов спорово-пыльцевого анализа на примере разреза Харимяе (Южная Эстония). Известия АН ЭССР. Химия. Геология, **18**, 2, 107 – 112.
- Лийвранд Э.** 1971. Палинологическая характеристика послемикулинских интерстадиальных отложений разреза Отепя (Юго-Восточная Эстония). В сб.: Палинологические исследования в Прибалтике. Рига, Зинатне, 57 – 66.
- Лийвранд Э.** 1974. О возрасте валгутаских межморенных отложений Юго-Восточной Эстонии по палинологическим данным. Известия АН ЭССР. Химия. Геология, **23**, 1, 54 – 58.
- Лийвранд Э.** 1977. Залегание микулинских межледниковых отложений в Юго-Восточной Эстонии. Известия АН ЭССР. Химия. Геология, **26**, 4, 289 – 333.
- Лийвранд Э.** 1990а. Методические проблемы палиностратиграфии плейстоцена. Таллинн, Валгус, 1 – 76.
- Лийвранд Э.** 1990б. Опорный разрез нижне- и средневалдайских межстадиальных отложений Тыравере (Юго-Восточная Эстония). Известия АН ЭССР. Геология, **39**, 1, 12 – 17.
- Орвику К.** 1956. Стратиграфическая схема антропогеновых (четвертичных) отложений территории Эстонской ССР. Труды Института геологии АН ЭССР, **1**, 105 – 112.
- Раукас А., Лийвранд Э., Каяк К.** 1993. Стратотипы квартера Эстонии. В кн.: Кондратене О. (сост.). Каталог стратотипов квартера Балтийского региона. Вильнюс, 42 – 53.

# SOUTH-EAST ESTONIA AS A KEY AREA IN SOLUTION OF DISAGREEMENTS IN THE PLEISTOCENE STRATIGRAPHIC SCHEME

Elsbet Liivrand

## Summary

Erratic Eemian deposits at the Rõngu site (Figure 1) do not enable right distinction of the Upper- and Middle-Pleistocene boundary (Figure 2). For this purpose the primary alluvial Eemian deposits at the Peedu site have been used. The Tõravere site demonstrates existence of a till bed between the Early- and Middle-Weichselian (Järva) periglacial layers. Pleistocene climastratigraphical units in SE Estonia are correlated with the North Estonian ones (Figure 3) and, using TL dates, with the identical units in the Baltic region. These units, however, do not coincide with the units in a new stratigraphic scheme of Estonia (Figure 4). The reason consists in misleading factor of the interglacial erratics, which is not taken into consideration in stratigraphical reconstructions. Compiling of the precise Pleistocene stratigraphic scheme of Estonia is the task for the future.

Erratic Eemian deposits at the Rõngu site (Figure 1) do not enable right distinction of the Upper- and Middle-Pleistocene boundary (Figure 2). For this purpose the primary alluvial Eemian deposits at the Peedu site have been used. The Tõravere site demonstrates existence of a till bed between the Early- and Middle-Weichselian (Järva) periglacial layers. Pleistocene climastratigraphical units in SE Estonia are correlated with the North Estonian ones (Figure 3) and, using TL dates, with the identical units in the Baltic region. These units, however, do not coincide with the units in a new stratigraphic scheme of Estonia (Figure 4). The reason consists in misleading factor of the interglacial erratics, which is not taken into consideration in stratigraphical reconstructions. Compiling of the precise Pleistocene stratigraphic scheme of Estonia is the task for the future.

Erratic Eemian deposits at the Rõngu site (Figure 1) do not enable right distinction of the Upper- and Middle-Pleistocene boundary (Figure 2). For this purpose the primary alluvial Eemian deposits at the Peedu site have been used. The Tõravere site demonstrates existence of a till bed between the Early- and Middle-Weichselian (Järva) periglacial layers. Pleistocene climastratigraphical units in SE Estonia are correlated with the North Estonian ones (Figure 3) and, using TL dates, with the identical units in the Baltic region. These units, however, do not coincide with the units in a new stratigraphic scheme of Estonia (Figure 4). The reason consists in misleading factor of the interglacial erratics, which is not taken into consideration in stratigraphical reconstructions. Compiling of the precise Pleistocene stratigraphic scheme of Estonia is the task for the future.

Erratic Eemian deposits at the Rõngu site (Figure 1) do not enable right distinction of the Upper- and Middle-Pleistocene boundary (Figure 2). For this purpose the primary alluvial Eemian deposits at the Peedu site have been used. The Tõravere site demonstrates existence of a till bed between the Early- and Middle-Weichselian (Järva) periglacial layers. Pleistocene climastratigraphical units in SE Estonia are correlated with the North Estonian ones (Figure 3) and, using TL dates, with the identical units in the Baltic region. These units, however, do not coincide with the units in a new stratigraphic scheme of Estonia (Figure 4). The reason consists in misleading factor of the interglacial erratics, which is not taken into consideration in stratigraphical reconstructions. Compiling of the precise Pleistocene stratigraphic scheme of Estonia is the task for the future.

# RASKUSTEST LIIVIMAA MATTUNUD ORGUDÉ GEOFÜÜSIKALISEL UURIMISEL

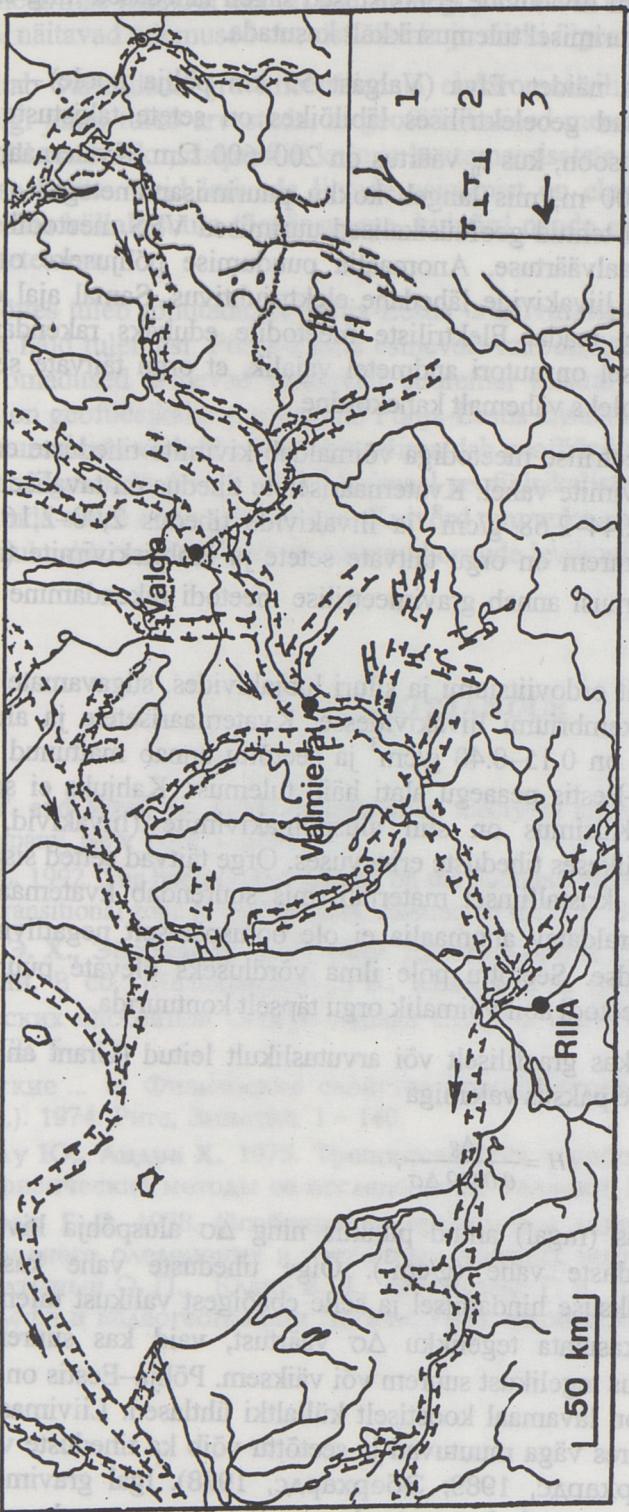
Elvi Tavast  
Eesti Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituut

Geofüüsikalised meetodid võimaldavad komplekssetel geoloogilistel uurimistel kiiresti ja otstarbekalt lahendada paljusid teoreetilisi ja praktilisi ülesandeid. Geofüüsikaliste meetodite võimalusi ei tohi aga ülehinnata. Sõltuvalt valitud parameetritest tekivad mõõtmis- ning arvutusvead. Vaatleme neid Liivimaa mattunud orgude (joonis) elektromeetrilise ja gravi-meetrilise uurimise näitel, mis on geofüüsikalistest meetoditest orgude uurimiseks kõige sobivamad.

Elektromeetrilise meetodi rakendamine mattunud orgude uurimisel põhineb setete vertikaalse ja horisontaalse leviku määramisel nende elektriliste omaduste (elektrilise eritakistuse ja dielektrilise konstandi) abil. Mattunud orud on enamasti täitunud kvaternaarisetetega, mille elektrijuhtivus tavaliselt erineb aluspõhja kivimite juhtivusest. Kuivade liivade eritakistus on  $400\text{--}14000 \Omega\text{m}$ , vettisaldavatel liivadel  $150\text{--}250 \Omega\text{m}$ , turba ja soise pinnase eritakistus ulatub  $50\text{--}100 \Omega\text{m}$  ning moreenil  $50\text{--}250 \Omega\text{m}$ , samal ajal kui lubjakivide eritakistus on tavaliselt  $250\text{--}400 \Omega\text{m}$  (Хейнсалу, АНДРА, 1975). Mida suurem on orgu täitvate setete ja ümbrisrivimite takistuste erinevus, seda kindlamalt saab elektromeetriliste meetoditega määrrata oru morfoloogiat ja levikut. Elektrilise takistuse meetoditest kasutatakse mattunud orgude uurimisel elektroprofileerimist (EP) ja vertikaalset elektrilist sondeerimist (VES). Elektroprofileerimine võimaldab määrrata elektrilise eritakistuse poolest erinevate kivimite pindmist levikut. Meetodi puuduseks on asjaolu, et saab kindlaks teha küll orunõlvade paiknemist, kuid ei saa määrrata setete paksust, mis mattunud orgude uurimisel on äärmiselt vajalik.

Pinnakatte paksust võimaldab määrrata vertikaalne elektriline sondeerimine, millega saab mõõta elektritakistuse poolest erinevate kihtide sügavust. Mõõdetud potentsiaalide vahe  $\Delta V$  (V) ja etteantud voolutugevuse  $I$  (A) abil arvutatakse näiveritakistus  $r_n$  ( $\Omega\text{m}$ ) ning koostatakse köver, mis annab näiveritakistuse sõltuvuse toiteelektroodide liini (AB) pikkusest AB/2 (m). Saadud kövera võrdlemisel teoreetiliselt arvutatud köveratega määrratakse elektrilise takistuse poolest erinevate kihtide sügavus ja paksus.

Elektrilise takistuse meetodite rakendamisel mattunud orgude uurimisel on vaja arvestada hüdrogeoloogilisi tingimusi. Kui org asub lubjakividest, mille takistus on tavaliselt suurem kvaternaarisetete takistusest, saadakse mattunud oru kohal normaalväljast madalamad  $r_n$  väärused. Kui orgu täitvate setete elektriline takistus on võrdne aluspõhja kivimite takistusega, pole  $r_n$  köveral võimalik anomalaati eraldada. Juhul kui orgu täitvate setete takistus on suurem ümbrisrivimite takistusest, saadakse normaalväljast kõrgemad  $r_n$  väärused. Viimast tüüpi köver on Liivimaa orgude uurimisel valdag. See tuleneb eeskätt hüdrogeoloogilistest tingimustest, kuna vett sisaldavad setted (liivad, kruusad, savid) juhivad elektrit paremini. Põhja-Eestis on aluspõhja kivimid mattunud orgude all sageli lõhedest läbitud ja põhjavee liikumine on neis suhteliselt hea. Seetõttu on ka orge täitvad setted tavaliselt veerohked. Liivimaa aluspõhjas puuduvad ulatuslikud lõhedesüsteemid ja mattunud orge täitvad kvater-



Joonis. Puurimise ja geofüüsikaliste mõõtmiste alusel koostatud Liivimaa oletatavate mattumud orgude skeem. Skeemi koostamisel on kasutatud Eesti Geoloogiateenistuse ning Läti ünijate Z. Meironsi, J. Straume, V. Juškeviči ja G. Eberhardsi andmeid (fragment mattumud orgude kaardist; Tavast, 1992, täiendustega). 1 — tänapäeva jöed; 2 — mattumud orud; 3 — voolu suund vanades orgudes.

Figure. Hypothetical distribution of the buried valleys in Livonia according to drilling and geophysical data. The materials of the Estonian Geological Survey and Latvian Geological Survey and data of the Latvian colleagues Z. Meirons, J. Straume, V. Juškevičs and G. Eberhards have been used (from the map of ancient valleys; Tavast, 1992, with complements). 1 — contemporary valleys; 2 — buried valleys; 3 — flow direction in the ancient valleys.

naarisetted on suhteliselt kuivad. Kuivade liivade eritakistus võib aga ulatuda kuni  $14000 \Omega\text{m}$ , mis on tunduvalt suurem liivakivide eritakistusest. Samal ajal on devoni kivimite levikualal kvaternaarisetete ja devoni liivakivide eritakistused sageli lähedased ning elektromeetrilisi meetodeid ei saa orgude uurimisel tulemusrikkalt kasutada.

Toome selle illustreerimiseks kaks näidet. Elva (Valgast 55 km põhja poole) — Valga mattunud oru VES meetodil saadud geoelektrilises läbilõikes on setete takistuste suure erinevuse tõttu jälgitav anomaalne tsoon, kus  $r_n$  väärthus on  $200\text{--}600 \Omega\text{m}$ . Kvaternaarisetete arvutuslik paksus selle järgi on 100 m, mis langeb kokku puurimisandmetega — 98 m. Tartu—Otepää—Valga mattunud orul tehtud geofüüsikalised uurimised VES meetodil andsid aga tulemuseks elektrivälja normaalvärtuse. Anomaalia puudumise põhjuseks oli orgu täitvate kvaternaarisetete ja devoni liivakivide lähedane elektrijuhtivus. Samal ajal oli oru oletatav asukoht puurimisandmetel teada. Elektriliste meetodite edukaks rakendamiseks Liivimaa mattunud orgude uurimisel on autori andmetel vajalik, et orgu täitvate setete ja ümbriskivimite takistuste erinevus oleks vähemalt kahekordne.

Mattunud orgude uurimist gravimeetrilise meetodiga võimaldab kivimite tiheduste erinevus orgu täitvate setete ja aluspõhja kivimite vahel. Kvaternaarisetete tihedus on tavaliselt  $1,63\text{--}2,17 \text{ g/cm}^3$ , lubjakivide tihedus  $2,44\text{--}2,68 \text{ g/cm}^3$  ja liivakivide tihedus  $2,00\text{--}2,16 \text{ g/cm}^3$  (Физические ..., 1974). Mida suurem on orgu täitvate setete ja ümbriskivimite tiheduse erinevus ( $\Delta\sigma$ ), seda paremaid tulemusi annab gravimeetrilise meetodi rakendamine orgude kontuurimisel.

Põhja—Eestis asuvad orud tavaliselt ordoviitsiumi ja siluri lubjakivides, sügavamate orgude puhul ulatuvald ordoviitsiumi ja kambriumi liivakividesse. Kvaternaarisetete ja aluspõhja kivimite keskmise tiheduste vahe on  $0.15\text{--}0.40 \text{ g/cm}^3$  ja seetõttu annab mattunud orgude uurimine gravimeetria abil Põhja—Eestis peaegu alati häid tulemusi. Kahjuks ei saa seda öelda Liivimaa orgude kohta. Küsimus on siin aluspõhjakivimite (liivakivid, savid, aleuropäidid) ja kvaternaarisetete väikeses tiheduste erinevuses. Orge täitvad setted sisaldavad nimetatud piirkonnas sageli palju kristalliinset materjali, mis suurendab kvaternaarisetete tihedust ja  $\Delta g$  (mgal) graafikul eraldatav anomalia ei ole ootuspäraselt negatiivne, vaid hoopis positiivne või puudub üldse. Seetõttu pole ilma võrdluseks olevate puuraukude andmestikuta ka gravimeetrilise meetodi abil võimalik orgu täpselt kontuurida.

Kui raskusjõu jääkanomaalia on kas graafiliselt või arvutuslikult leitud (Grant and West, 1965), arvutatakse kvaternaarisetete paksus valemiga

$$H = \frac{\Delta g}{0.0419 \Delta \sigma}, \quad (1)$$

kus  $\Delta g$  on jääkanomaalia väärthus (mgal) antud punktis ning  $\Delta\sigma$  aluspõhja kivimite ja kvaternaarisetete keskmiste tiheduste vahe ( $\text{g/cm}^3$ ). Õige tiheduste vahe kasutamine arvutustel on määrvaks setete paksuse hindamisel ja selle ebaõigest valikust tulenevad ka kõige suuremad vead. Kui ei kasutata tegelikku  $\Delta\sigma$  väärustum, vaid kas suuremat või väiksemat, saadakse ka oru sügavus tegelikust suurem või väiksem. Põhja—Eestis on olukord lihtsam, sest orge täitvad setted on lavamaal koostiselt küllaltki ühtlased. Liivimaa orgude setted võivad aga olla ühe oru piires väga muutuvad ja seetõttu võib ka tiheduste vahe olla piirkondlik erinev (Таваст, Эберхардс, 1989; Эберхардс, 1978). Igal gravimeetrilisel profilil peaks olema vähemalt üks puurauk, kus on teada orgu täitvate setete paksus. Sellisel juhul on võimalik ülaltoodud valemite abil arvutada  $\Delta\sigma$  ja kasutada seda ka teistes punktides paiknevate setete paksuse ligikaudseks määramiseks. Kui profiilil pole aga ühtki kontrollpuuraku, võib keskmise tiheduste vahe alusel saada oru sügavuse väga suure veaga. Kui

arvutamisel kasutatud tiheduste vahe on tegelikust kaks korda väiksem, saadakse arvutustele tulemusel orgu täitvate setete paksus kaks korda suurem. Gravimeetritilise meetodi eeliseks elektromeetritilise meetodi ees on see, et isegi juhul, kui mõõtmisandmetel saadakse oru vale sügavus, näitavad tulemused oru ristlõike kuju siiski õigesti.

Vigu aitab vähendada gravimeetritilise ja elektromeetritilise meetodi üheaegne kasutamine. Kuid selgi juhul tuleb arvestada, et geofüüsikalised meetodid võimaldavad saada informatsiooni küll oru leviku, ristprofiili kuju ja kvaternaarisetete paksuse, kuid mitte nende koostise ja vanuse kohta. Vaid kuivade liivade esinemist on elektromeetritilise meetodiga võimalik prognoosida küllalt suure töenäosusega, kuivõrd nende eritakistus on tunduvalt suurem kui teiste setete oma.

Kokkuvõttes tuleb rõhutada, et Põhja-Eestis ja Liivimaal ei saa geofüüsikaliste meetoditega ühevõrra häid tulemusi. Põhja-Eestis esinevate karbonaatkivimite ja kvaternaarisetete füüsikalised omadused erinevad tunduvalt suuremal määral kui Lõuna-Eestis ja Põhja-Lätis. Seetõttu on geofüüsikalised meetodid Põhja-Eestis kasutatuna palju edukamat. Ka on Põhja-Eestis puuraukude võrk tihedam, mis võimaldab geofüüsikaliste meetoditega saadud tulemusi paremini tõlgendada. Seega tuleb Liivimaal geofüüsikaliste andmetega saadud orgude levikupilti suhtuda suure ettevaatlikkusega. Kuivõrd puurauke on orgudes vähe ning nende asukoht orgudes juhuslik, vajab Liivimaa mattunud orgude levikupilt veel täiendavat selgitamist.

## KIRJANDUS

**Grant, F. and West, G.** 1965. Interpretation theory in applied geophysics. McGraw-Hill Book Company, New York, 1–583.

**Tavast, E.** 1992. The bedrock topography on the Southern slope of the Fennoscandian Shield and in the transitional zone to the Platform. Abstract of the doct. dis. Tartu University, Tartu, 1–32.

**Таваст Э. Х., Эберхардс Г. Я.** 1989. Древние врезы Северной Латвии и Южной Эстонии. В сб.: Малаховский Д. Б., Квасов Д. Д. (ред.). Палеогеография озерных и морских бассейнов Северо-Запада СССР в плейстоцене. Ленинград, Геогр. Общ. СССР, 5–13.

Физические ... = Физические свойства пород Балтийской синеклизы. Озолинь Н. К. (ред.). 1974. Рига, Зиннатне, 1 – 140.

**Хейнсалу Ю., Андра Х.** 1975. Трещиноватость в районе сланцевых шахт Эстонии и геофизические методы ее исследования. Таллинн, Валгус, 1 – 116.

**Эберхардс Г. Я.** 1978. Особенности проявления аккумуляции и экзарации ледника последнего оледенения в некоторых древних погребенных врезах Латвии. В сб.: Аболтыньш О. П., Клане В. Я., Эберхардс Г. Я. (ред.). Проблемы морфогенеза рельефа и палеогеографии Латвии. Рига, Латвийский ГУ, 67 – 88.

Ümber hinnatud on ja kaotatud eestlaste sotsiaalsete vanuse. Selle määramiseks kasutatakse erinevates Läänemere jaoks mitte üht, mistõttu saadud tulemused on raskesti võrrelavad. Näiteks Soomes, kus tänapäeva lõimus oli veetaseme tõusust kiirem ja mattunud maismaatelliistid on ülekuuluvad, tuleb transgressiooni vanuse määramiseks kasutada kaudseid meandrite. Pärts on olukord parem, kuivõrd on võimalik uurida ja täpselt

## **ABOUT DIFFICULTIES IN THE GEOPHYSICAL INVESTIGATION OF BURIED VALLEYS IN LIVONIA**

**Elvi Tavast**

### **Summary**

Geological information on the distribution of buried valleys and the sediments occurring in the valleys is mainly received in the course of solving of different problems of geology. The best results will be obtained by means of borings but they are very expensive and time-consuming. Gravity prospecting is proved as most promising of geophysical research techniques applied to investigation of buried valleys. This method is based on the differences in the density of the Quaternary sediments occurring in the valleys and the sedimentary rocks. Difficulties in the interpretation of gravity anomalies are caused by a shortage of exact data for determining the density of Quaternary sediments and sedimentary rocks. The boreholes, located directly on the gravity profiles or near by, may be of great help in correction of the geophysical results.

When using geophysical methods of research, it must be kept in mind that they give information only about the thickness of Quaternary sediments, the cross-section of valleys and the character of slopes, but not about the age and lithological composition of the deposits.

# LÄÄNEMERE ARENGUST JA INIMASUSTUSEST PÄRNU ÜMBRUSES

\*Anto Raukas, \*\*Tanel Moora ja \*Reet Karukäpp

\*Eesti Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituut

\*\*Eesti Teaduste Akadeemia Ajaloo Instituut

Kolmkümmend kolm aastat tollase Liivimaa ainsa — Tartu Ülikooli mineraloogia-professorina tegutsenud Caspar Andreas Constantin Grewingk (02.01.1819–18.06.1887) oli üheaegselt nii geoloog kui arheoloog. Tema 1865. a. uurimust Baltimaade kiviajast (Grewingk, 1865) peavad arheoloogid esimeseks tösiteaduslikuks tööks Eesti arheoloogias. Kuivõrd looduslike muutuste ja inimasustuse vaheline sõltuvus on vaieldamatu, on mõodapääsmatu ka loodusteadlaste ja arheoloogide tihe koostöö. Praegu edendatakse seda Euroopa Ühenduse PACT'i projekti "Environmental History of the Baltic Region" raames. C. Grewingk ühendas ühes isikus kahte eriala, hiljem on püütud piirteadust arendada "paarirakendis" (Indreko–Orviku, Jaanits–Kessel jt.), kuid mitte alati nii tulemusrikkalt kui seda võimaldanuks mõlemas valdkonnas kogunenud rohke heatasemeline andmestik. Põhjuseks on ebapiisav informatsioonivahetus eri teadusvaldkondade esindajate vahel.

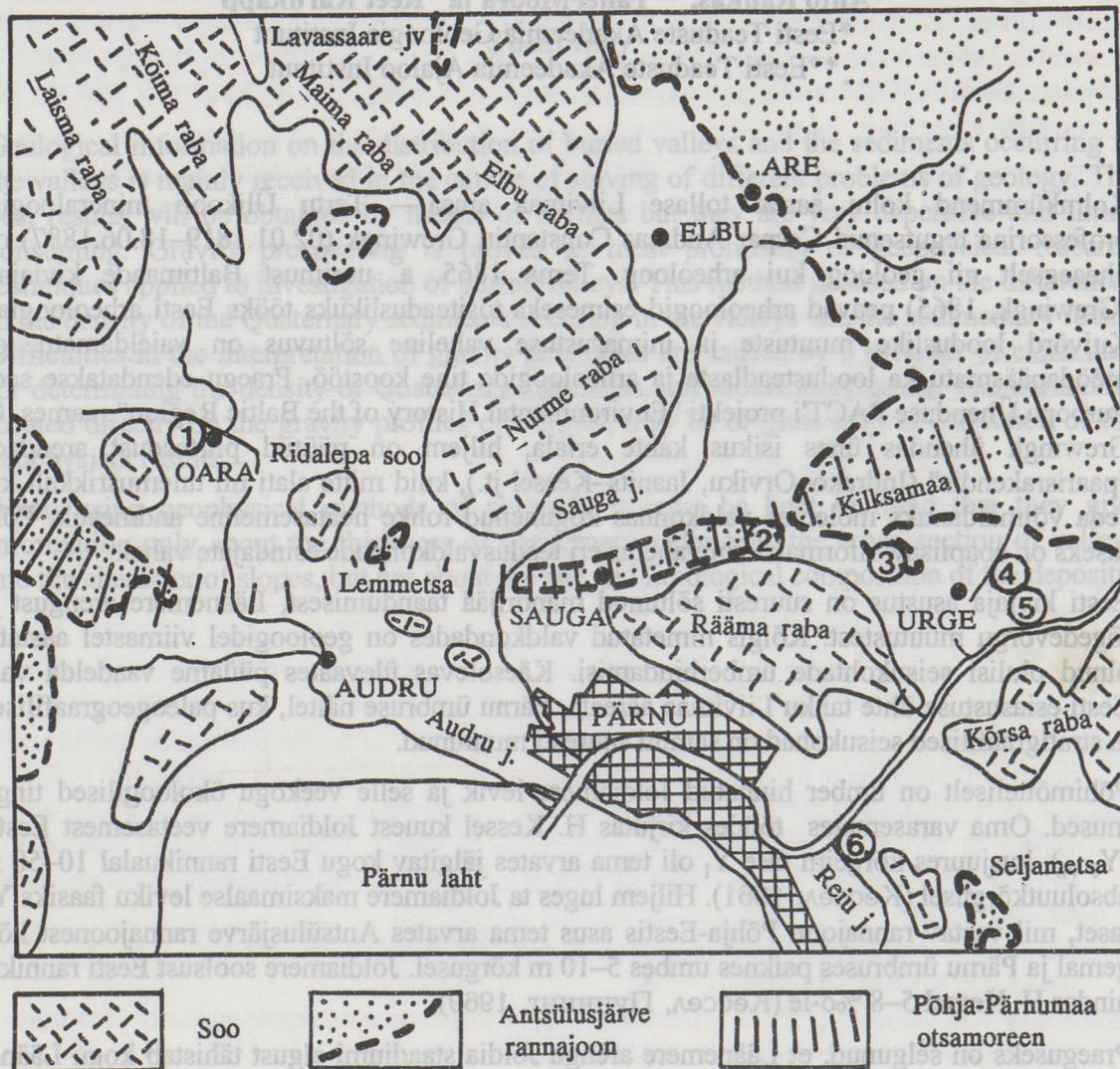
Eesti kiviaja asustus on suuresti sõltunud mandrijää taandumisest, Läänemere arengust ja jõgedevõrgu muutustest. Kõigis nimetatud valdkondades on geoloogidel viimastel aastatel olnud olulisi seisukohtade ümberhindamisi. Käesolevas ülevaates püüame vaadelda vaid Eesti esiasustuse ühte tahku Liivimaa ääreala, Pärnu ümbruse näitel, kus paleogeograafilised ja stratigraafilised seisukohad on samuti suuresti muutunud.

Põhimõtteliselt on ümber hinnatud Joldiamere levik ja selle veekogu ökoloogilised tingimused. Oma varasemates töödes kirjutas H. Kessel kuuest Joldiamere veetasemest Eestis ( $Y_{I-VI}$ ), kusjuures kõrgeim tase  $Y_I$  oli tema arvates jälgitav kogu Eesti rannikualal 10–50 m absoluutkõrgusel (Kecsel, 1961). Hiljem luges ta Joldiamere maksimaalse leviku faasiks  $Y_{II}$  taset, mil vastav rannajoon Põhja-Eestis asus tema arvates Antsülsjärve rannajoonest kõrgemal ja Pärnu ümbruses paiknes umbes 5–10 m kõrgusel. Joldiamere soolsust Eesti rannikul hindas H. Kessel 5–8 %-le (Kecsel, Пуннинг, 1969).

Praeguseks on selgunud, et Läänemere arengu Joldia staadiumi algust tähistab kogu Lääne-mere ajaloo suurim regressioon jaookeanitasemega ühtlustunud veekogu ei saanud kuidagi tõusta hilisemast,ookeanist eraldunud Antsülsjärve tasemest kõrgemale. Oli ju ka maapind Antsülsjärve staadiumi ajaks varasemaga võrreldes kerkinud. Kuivõrd Joldiamere ühendus ookeaniga oli väinaline ja lühiajaline, kõigest paarsada aastat (Svensson, 1989), siis ei saanud see veekogu olla täies ulatuses riimveeline, vaid pidi Eesti rannikualal olema praktiliselt mage.

Ümber hinnatud on ka Antsülsjärve transgressiooni vanus. Selle määramiseks kasutatakse erinevates Läänemeremaades eri meetodeid, mistõttu saadud tulemused on raskesti võrrel-davad. Näiteks Soomes, kus maatõusu kiirus oli veetaseme tõusust kiirem ja mattunud maismaatekkelised orgaanikakihid puuduvad, tuleb transgressiooni vanuse määramiseks kasutada kaudseid meetodeid. Eestis on olukord parem, kuivõrd on võimalik uurida ja täpselt

dateerida Antsülsüsjärve setete alla mattunud orgaanikakihite. Eriti soodsaks uurimisalaks on Edela-Eesti, kus Pulli asulakoha näol on võimalik uurida nii Joldiamere regressiooniala kui ka veekogu järkjärgulist pealetungi ning selle mõju varasele inimasustusele. Suurepäraseks uurimispiirkonnaks on lauge Põhja-Pärnumaa otsamoreeniahelik, mille nõlvadelt on leitud ja dateeritud mitmeid orgaanikakihite. Antsülsüsjärve transgressiooni maksimumi ajal ulatus seal väikeste saarekestena (vt. joonis) veest välja Lemmetsa, Sauga ja Seljametsa ümbrus.



Joonis. Pärnu ümbruse paleogeograafia Antsülsüsjärve transgressiooni ajal ligikaudu 9000 aastat tagasi. Peamised uuritud ja dateeritud läbilöökide (numbrid 1–6 ringides). 1 — Oara, 2 — Lõpe, 3 — Ködu, 4 — Urge, 5 — Pulli, 6 — Reiu.

Figure. Palaeogeography of the Pärnu area during the Ancylus Lake transgression about 9000 years BP. Numbers 1–6 in circles — main investigated and dated sections.

H. Kessel (1968) hindas Antsülsüsjärve transgressiooni kulminatsiooniks aega 8500 aastat tagasi (a.t.), hiljem koos J.-M. Punninguga (Кессел, Пуннинг, 1969) 8200–8400 a.t. ja koos A. Raukasega (Кессел, Раукас, 1984) 8700 a.t. Seega arvati see transgressioon Eestis ekslikult borealsesse kliimapérioodi. Hiljem selgus, et aluseks olnud radiosüsiniku dateeringutesse tuleb suhtuda reservatsioonidega, kuivõrd liivades olevad orgaanikakihid olid kogu järgneva geoloogilise aja jooksul soodsaks substraadiks puujuurtele. Seetõttu on saadud dateeringud tegelikest sageli nooremad. Praegu arvatakse, et Antsülsüsjärve veetaseme töös

algas umbes 9600 a.t. ja kulmineeris preboreaalse kliimaperioodi lõpul ligikaudu 9200–9000 a.t. (Хайла, Рукас, 1992). Maatõusu erineva kiiruse tõttu oli Antsülsüjärve transgressiooni kulminatsioon Eesti erinevates piirkondades mõneti erinev.

Mattunud orgaanikakihte uurides ja dateerides tuleb silmas pidada, et nad ei tähista transgressiooni maksimumaega, vaid aega, mil see piirkond oli veevaba, võimaldades soosetete kuhjumist. Millal aga iga konkreetne piirkond veega üle üjutati ja milline osa lamavatest setetest ära kulutati, nõuab detailseid uuringuid.

Arvukad orgaaniliste setete kihid ja küllalt selgesti väljakujunenud rannajooned võimaldavad Pärnu ümbruse varaholotseeni paleogeograafilist pilti üsna töepäraselt taastada. Kuni Balti jääpaisjärve tühjaksjooksmiseni u. 10300 a.t. (Svensson, 1989) oli kogu Pärnu ümbrus vee all. Maismaa kujunes siin esmakordselt Joldiamere ajal (10300–9600 a.t.), mil kogu Läänemeres leidis aset ulatuslik regressioon. Kui kaugele taandus sel ajal rannajoon Edela-Eestis, ei ole võimalik öelda. Töenäoliselt jäi ta allapoole nüüdismere veetaset. Igal juhul oli praegune Oara piirkond, kust 6,2–6,8 m kõrgusel on dateeritud  $9765 \pm 130$  (TA-133) aasta vanust hüpnuniturvast, maismaa. Joldiamere staadiumi teisel pool kaasnes maailmamere taseme kerkimisega ka Joldiamere veetaseme mõningane tõus. Selle lõpufaasis ( $Y_{II}$ ) võis rannajoon Sindi ja Pulli ümbruses kulgeda umbes 9–10 m absoluutkõrgusel, kuid kindlasti oli see Antsülsüjärve transgressioonitasemest tublisti madalamal.

Arheoloogide ja geoloogide ühistöö võimalusi ja vajadust kinnitab Pulli leiukoha uurimine, sest vaid mölemast valdkonnast kogunev materjal suudab anda piirkonna usaldusväärse paleogeograafilise pildi. Kahjuks on üle-euroopalise tähtsusega Pulli asulapaik Balti kõrgussüsteemi nulltasemega geodeetiliselt sidumata ja seetõttu pole praeguseni selge kultuurkihi täpne kõrgus. A.-M. Röök (Рыук, Ворела, 1992) märgib, et kultuurkiht paikneb merepinna 8,9–9,5 m kõrgusei. Ilmselt pidas ta silmas, et muistne maapind oli ebatasane. H. Kessel (Кессл, Пуннинг, 1969) annab keskmiselt 1,2 m paksuste orgaanikarikaste kihide (mille alumised 20 cm ongi kultuurkiht) kõrguseks umbes 11 m. Lisades sellele 2 m katvaid liivasid, saame töepooltest topograafilisele kaardile vastava maapinna kõrguse—umbes 13 m ü.m.p.

Tartu laboratooriumis on  $^{14}\text{C}$  meetodil saadud Pulli asulakoha vanuseks  $9575 \pm 115$  (TA-176) ja  $9600 \pm 120$  (TA-245) aastat. Helsingi laboratooriumis on saadud Pulli kultuurkihi vanuseks 278–288 cm sügavusel  $9620 \pm 120$  (Hel-2206A) ja  $9290 \pm 120$  (Hel-2206B) aastat (Хайла, Рукас, 1992). Viimane dateering on tehtud huumusest ja seetõttu vähem veenev. Kihilise orgaanikakihi ülaosa vanuseks on saadud  $9300 \pm 75$  (TA-175) aastat.

Muistsed asukad valisid oma elukohaks Pärnu jõkke suubuva Pulli oja suudmeala. Kuivörd kultuurkihi alumine osa on meie arvates juba algsest tüüpiline gleistunud lammimuld, siis oli asulapaik kerkiva Joldiamere tõttu pidevas üleujutusohus. Kultuurkihi ülemine osa sisaldab lausaliselt lame-ovaalse ristlõikega puidujänuseid, mis viitavad sette hilisemale tihenemisele. Puit pärineb arvatavasti vee alla jäanud kaldavõsast, mille jäänused on kultuurkihi tihenemisel osaliselt surutud lamavatesse kihidesse. Kultuurkihil lasuvaid kihilisi setteid käitleb H. Kessel (Кессл, Пуннинг, 1969) liiva ja turba vahekihtidega rannajärve setena. Loogilisem on neid setteid vaadelda aga tolleaegse Pärnu jõe lammialluviumina.

Inimesed pidid arvatavasti oma muistse Pärnu jõe suudme lähedase kodupaiga varsti maha jätkma, sest see muutus liigniiskeks jõe veetaseme kerkimise tõttu. Viimast põhjustas oma-korda veetaseme pidev kerkimine Läänemere nõos, mis toimus ülalmainitud dateeringute TA-176, TA-245 ja Hel-2206A alusel ligikaudu 9550–9650 aastat tagasi. Tösi, Pullist on leitud ka kultuurkihist 20 cm sügavamalt kivideta leeaseme jäänuseid, mille söe vanuseks on

dateeritud  $9350 \pm 60$  (TA-949) aastat. Vaevalt on selle alusel otstarbekas ümber hinnata küllalt usaldusväärseid vanemaid dateeringuid.

Pulli asukad olid metsavööndis elatust hankivad mesoliitikumi jahi- ja kalamehed. K. Paaveri metsloomaluude määrangute (säilitatakse Eesti TA AI Arheoloogiakeskuse arhiivis) alusel olid peamisteks jahiloomadeks põder (u. 47%), kobras (46%), karu (4%) ja metssiga (1%). Kalaluid (J. Sloka poolt määratud, säilitatakse eelmainitud arhiivis) leidus loomaluudega vörreldes vähe ja need kuulusid kohale (95%) ja latikale (5%). Raske on seletada haugiluude puudumist selles asulakohas. Kuivõrd haug koeb suurvee ajal, siis polnud Pullis oletatavasti varakevadeti kõrge veetaseme tõttu võimalik elada ning kala püüda. Koha ja latikas rändasid muistsest Pärnu lahest jõkke kudema alles pärast suurvee alanemist.

Antsülsjärve maksimaalse kõrgusega rannajoon kulges Sindi ümbruses keskmiselt 14 m absoluutkõrgusel. Pärnu lahe osaks oli sel ajal Lemmetsa, Sauga ja Seljametsa laidudega osaliselt eraldatud laialdane madalaveeline lõugas, mille läänepoolses osas (Oara leiukoht) pidi muistne samavanuseline rannajoon olema vähemalt meetri võrra kõrgemal. Maksimaalse Antsülsjärve rannajoone vanust aitab nimetatud laidudel kõige paremini täpsustada Kilksamaa külas Lõpe talu maadel (joonis)  $8,60-8,78$  m absoluutkõrgusel leitud puutüvesid ja -oksi sisalda mattunud turba kiht. Palünoloogilise analüüsiga andmetel on turvas preboreaalse vanusega, mida kinnitasid ka radiosüsinikü analüüsiga tulemused turbast ( $9216 \pm 70$ : Tln-1631) ja selles olevast puidust ( $9258 \pm 69$ : Tln-1632). Saadud tulemuste alusel võis järel dada, et Antsülsjärve transgressioon sellel alal toimus preboreaali ja boreaali piiril ligikaudu 9000 aastat tagasi (Raukas *et al.*, 1995). Sama järel duse võib teha Võidu ( $9100 \pm 90$ : TA-77) ja Urge mattunud orgaanikakihi ( $9125 \pm 85$ : Tln-1691) dateerimise põhjal (vt. joonis). Siinkohal rõhutame, et just Pulli asulakoha kaevamiste andmematerjal võimaldab meil kauges minevikus Lääne-Liivimaal toimunud looduskeskkonna muutumist kirjeldada eriti üksikasjalikult. H. Kesseli (Кессл, Пуннинг, 1969) suiradiogrammi põhjal oli Pulli asulapaiga ümbruses preboreaalsele kronotsoonile iseloomulik taimkate. Samal ajal viitavad boreaalsele kliimale Pulli luuleidude seas esinevad metssea- ja isegi üks metskitseluu ning suhteliselt soojalembelise kala --- koha luud. Orgaanikarikaste kihiliste setete ülaosas moodustab männi õietolm juba 76%, mis on teatavasti iseloomulik boreaalse kliimapériodi algusele.

Antsülsjärve regressioonil taandus rannajoon kaugele tänapäeva Pärnu lahe suunas. Uus, üleminekulise Mastogloiamerega seotud veetaseme tõus algas umbes 8000 a.t. Konkreetseid järgi rannavallide ja laguunisetete näol on Agasillal, Pärnu jõe kõrgel vasakveerul Sindi lähedal, Vaskräämas jm.  $5-7$  m absoluutkõrgusel. Vaskräämas on laguunisetete alla jäärud turba vanus  $7580 \pm 170$  (TA-140) aastat, laguunse sapropeeli alumise osa, kus esmakordselt ilmuvalt soolakaveelised diatomeevetikad, vanus on  $6975 \pm 110$  (TA-141) aastat ja liivade alla jäÄava sapropeeli ülaosa vanus  $6870 \pm 110$  (TA-139) aastat. Litorinamere maksimaalne rannajoon asub selles piirkonnas absoluutkõrgusel  $8-10$  m ja seda perioodi peaksid markeerima Agasilla laguunisetted  $6100 \pm 50$  (TA-193), Sindi rannajärve setted  $6710 \pm 110$  (TA-55) aastat ning Vaskrääma laguunisetete ülaosa.

H. Kessel (Кессл, 1961) eristas Eestis kolm Litorinamere transgressiooni. Kuivõrd ookeanis on jälgitav vaid üks selleaegne veepinna tõus (Kaland, 1984), siis on otstarbekas ka Eestis kõnelda vaid ühest Litorinamere transgressioonist, mille kulminatsioon sõltuvalt maapinna tektonilise kerke erinevustest oli piirkonniti eriaegne (Кессл, Пукас, 1984).

Arheoloogide ja geoloogide ühistööna vajaks lähiajal uurimist Reiu jõe suudmealal (joonis), kust on leitud rohkesti luuesemeid ja halvasti säilinud keraamikat. Leiuaineese tüpoloogia

alusel kuuluks see leiu koht hilismesoliitikumi ja varaneoliitikumi, s.o. Litorinamere lõpuaasi. Nende leidude füüsikaline vanus on umbes 4500–5500  $^{14}\text{C}$  aastat.

Uurimus valmis tänu Eesti Teadusfondi teadustoeusele nr. 326 ja PACTi Projekti "Environmental History of the Baltic Region" finantsabile.

## KIRJANDUS

**Grewingk, C.** 1865. Das Steinalter der Ostseeprovinzen Liv-, Est- und Kurland und einiger angrenzenden Lanstriche. Schriften gelehrt. estn. Ges., 4, Dorpat. 1–118.

**Kaland, P.-E.** 1984. Holocene shore displacement and shorelines in Hordaland, western Norway. *Boreas*, 13, 2, 203–242.

**Kessel, H.** 1968. Mattunud järve- ja soosetted. *Eesti Loodus*, 1, 12–16.

**Raukas, A., Kimmel, K. and Rajamäe, R.** 1995. A new site of buried peat at Lõpe, SW Estonia. *Proceedings of Estonian Academy of Sciences. Geology*, 44, 2, 133–137.

**Svensson, N.-O.** 1989. Late-Weichselian and Early Holocene shore displacement in the Central Baltic, based on stratigraphical and morphological records from Eastern Småland and Gotland, Sweden. Lund University, LUNDQUA Thesis 25, 1–195.

**Кессел Х. Я.** 1961. Древние береговые образования бассейна Балтийского моря в Эстонской ССР. Труды Института геологии АН ЭССР, VIII, 113–131.

**Кессел Х., Пуннинг Я.-М.** 1969. О распространении и стратиграфии отложений Йольдиеового моря на территории Эстонии. *Известия АН ЭССР. Геология*, 18, 2, 154–157.

**Кессел Х., Раукас А.** 1984. О геологической корреляции древнебереговых образований Балтийского моря в Эстонии и Швеции. *Известия АН ЭССР. Геология*, 33, 3/4, 146–157.

**Рыук А.-М., Вупорела И.** 1992. Связь древнего расселения с развитием Балтийского моря. В кн.: Раукас А., Хюваринен Х. (ред.). *Геология Финского залива*. Таллинн, 328–354.

**Хайла Х., Раукас А.** 1992. Анциловое озеро. В кн.: Раукас А., Хюваринен Х. (ред.). *Геология Финского залива*. Таллинн, 283–296.

The named stages of hydrogeological development differ by dynamics of hydrogeochemical processes, taking place in different zones of lithogenesis. Their periodicity and sequence are controlled by structural-tectonical development of the region.

The initial stage begins with sedimentation and proceeds with successive change of meteoric and marine infiltration. These processes are accompanied by active diagenetic and hypergenic transformations of water-bearing sediments and an active water exchange with underground waters.

The mature stage corresponds to a period, when the evolution of water-head system coincides with the main stage of synclise formation. The groundwater metamorphism is caused exclusively by influence of endogenic factors. During this stage, hydrogeological zonality of the underground hydrosphere is formed.

# ABOUT THE HISTORY OF THE BALTIC SEA AND EARLY INHABITANTS IN THE PÄRNU AREA

Anto Raukas, Tanel Moora, Reet Karukäpp

## Summary

The early inhabitants in the Pärnu area had to adapt themselves to the rapidly changing shoreline. The communities of early hunters and fishermen in the Pulli settlement located immediately adjacent to rising water level of the Yoldia Sea and Ancylus Lake, and therefore, the rapid environmental changes are here easily traceable and well explained in the light of recent information about the history of the Baltic Sea. In the Pärnu area, a lot of older organic lagoonal, lacustrine and paludal deposits underlie transgressive marine sediments enabling the correlation of shorelines. In terms of complex research into the Holocene history of the Baltic Sea and human impact on the coastal ecosystems, the Pärnu County shows promise as a stratotype area in the eastern Baltic.

# PALEORECONSTRUCTION OF THE UPPER PROTEROZOIC-LOWER PALEOZOIC WATER-HEAD SYSTEM OF THE MIDDLE BALTIC AND RIGA DEPRESSIONS

Robert Mokrik

Institute of Geology, University of Tartu

Hydrogeological history of the water-head system

## Introduction

The Middle Baltic Depression together with Riga Depression are the most submerged parts of the Gotland-West-Estonian Artesian Basin, where the surface of Precambrian crystalline basement covered by Neoproterozoic and Phanerozoic sedimentary rocks lies in the depths from 550 m to over 2200 m. From the north-west it is confined by Swedish-Estonian Monocline and from the east — by Darlow-Liepaja-Riga elevation zone. This large structure, stretched submeridionally, is chiefly submarine: in north-eastern part it is covered by Riga and Pärnu bays, elsewhere, up to its southern boundary on the Teisseyre-Tornquist Line — by the Baltic Sea. Recording structural-geographical position and hydrogeological aspects of the artesian basin, it could be named Middle Baltic-Livonian Artesian Basin of the 1st order.

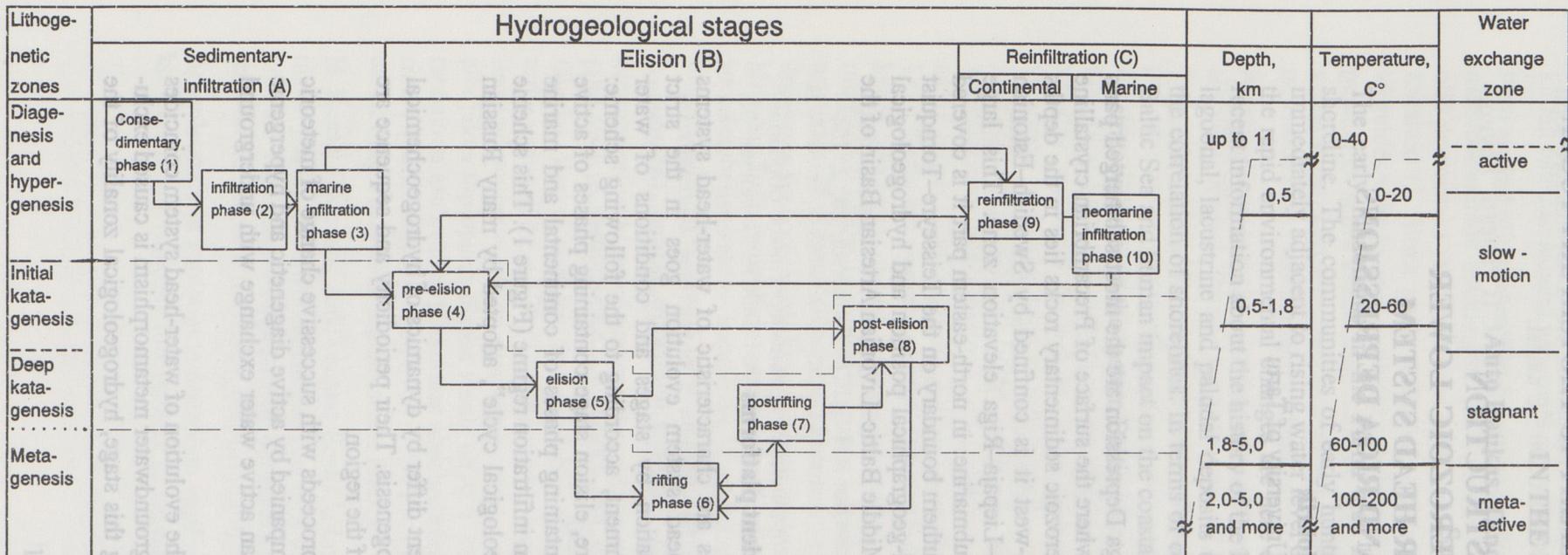
## Stadial evolution of water-head systems in ancient platforms

According to our scheme, the following stages are characteristic of water-head systems evolution in ancient platform areas. Water-head system evolution goes in the strict accordance with structural-tectonical sedimentation by stages and conditions of water exchange both in the system itself and environment, according to the following scheme: 1) initial, sedimentary-infiltration stage; 2) mature, elision stage containing phases of active elision regime; 3) final, reinfiltration stage, containing phases of continental and marine infiltration and also elision stage with post-elision infiltration regime (Figure 1). This scheme differs from the traditional scheme of "hydrogeological cycle", adopted by many Russian authors (after Семихатов, 1947).

The named stages of hydrogeological development differ by dynamics of hydrogeochemical processes, taking place in different zones of lithogenesis. Their periodicity and sequence are controlled by structural-tectonical development of the region.

The initial stage begins with sedimentation and proceeds with successive change of meteoric and marine infiltration. These processes are accompanied by active diagenetic and hypergenic transformations of water-bearing sediments and an active water exchange with underground waters.

The mature stage corresponds to a period, when the evolution of water-head system coincides with the main stage of synclise formation. The groundwater metamorphism is caused exclusively by influence of endogenic factors. During this stage, hydrogeological zonality of the underground hydrosphere is formed.



Phase	Initial		Mature			Final		
	Development of water head system	Period	Early monoclinic	Sedimentary-infiltration	Syneclise	Ancient elision	Re-infiltration	Neomarine infiltration
			Young elision	Magmatic (metadynamic)		Ancient elision		

Filtration character	Descending		Transitional zone	Ascending		Transitional zone	Descending	
Hydrochemical class	Chloride chloride-sulphide	Carbonate sulphate chloride	Chloride, sulphate		Chloride		carbonate, sulphate	Chloride

Figure 1. A model of water-head system evolution of ancient platform.

The final stage of the water-head system formation may develop according to two pathways: deep and shallow. The deep pathway is characteristic of the regressive phase of the syneclide development, when, resulting from the rise of the sedimentary basin, the deep groundwater is drawn into post-elision filtration regime. The shallow pathway is characteristic of the continental phase, when prolonged continental re-infiltration takes place in elevated monocline or anticline parts of the water-head system.

During the final stage, continental infiltration can also be replaced by marine, owing to new transgression of the sea. The above scheme is applied for the interpretation of the stages in the development of the water-head system under examination.

### Hydrogeological history of the water-head system

The Upper Proterozoic-Lower Paleozoic water-head system has been formed during the Riphean-Cambrian stage of the platform development, lasting about 300 m.y.

During the Late Baikalian stage on the territory of Middle Baltic Depression a graben-shaped trough with submeridional axis developed, where marine environment prevailed. Volcanic and terrigenous sediments that accumulated here during Vendian and Baltic times, form 200–300 m thick sequence related to the origin of the Upper Proterozoic-Lower Paleozoic water-head system. Pore waters formed under consedimentary conditions and diagenetic processes in the water-rock system that have led to transformation of marine sediments into hard rocks and silt water into underground water. During a long hiatus at the end of Baikalian stage, lasting about 10 m.y., resulting from intensive meteoric infiltration, the pore waters were substituted by fresh meteoric waters.

In the beginning of the Caledonian stage the territory submerged and the marine environment developed. The accumulated 50–250 m thick sandy-aleuritic-clayey sediments are superposed to the earlier formed aquiferous deposits. In these conditions, the sea waters infiltrated into underlying deposits completely replacing fresh meteoric waters. At the end of the Cambrian and the beginning of the Ordovician the initial phase of water-head system development came to an end in the sedimentary infiltration environment.

In the Ordovician-Silurian periods, active sedimentation begun, lasting until the end of the Ditonian, Early Devonian. The thick clayey-carbonatic sequence formed during this time, has later served as a good water-resistant screen for the Upper Proterozoic-Lower Paleozoic water-head system. With the growing depth of the submerged Proterozoic and Lower Paleozoic rocks, the processes of metamorphization in chemical composition of underground waters at pre-elision and elision stages intensified (Figure 2). During the mature phase of water-head system development, the elision regime has existed only in central parts of Middle Baltic and Riga depressions owing to great depths (points 2, 3, 4, on Figure 2). Transformation of underground waters is related to katagenesis. The katagenetic changes have caused elision movement of underground waters, as a result of squeezing out of diagenetically transformed sedimentary sea waters from consolidated deposits, most often in subvertical directions by faulting zones, and lateral — up the dip of aquiferous seams. Also the dissolved hydrocarbons have been involved in this process. They have migrated by underground water flow, accumulated in the local structures and traps and formed oil and gas fields.

In the marginal parts of the Middle Baltic-Livonian geostructure, where the water-head system has submerged to smaller depths, transition from marine infiltration to re-infiltration stage has occurred. Active water exchange with meteoric waters has been resumed (points I

and 5 on Figure 2). According to filtration theory of underground counter-flows (Mokrik, 1988, manuscript), the zone near depths of 500–550 m has been formed, where two underground counter-flows coming from the opposite directions have been closed. On one hand, the flow of fresh underground waters from zone of active water exchange of the Gotland–Estonian Monocline was directed to the central parts of Middle Baltic and Riga depressions; on the other hand, from the centres of the basins up the dip of beds, the flow of high-mineralized underground waters arose. In the closing zone of these two underground flows coming from the opposite directions, they were mixed, what has been expressed by transitional hydrogeochemical zone from fresh to high-mineralized waters. The hydrocarbon deposits near Gotland island, western Latvian coast and oil shows on the Estonian archipelago are spread close by this hydrogeological barrier zone.

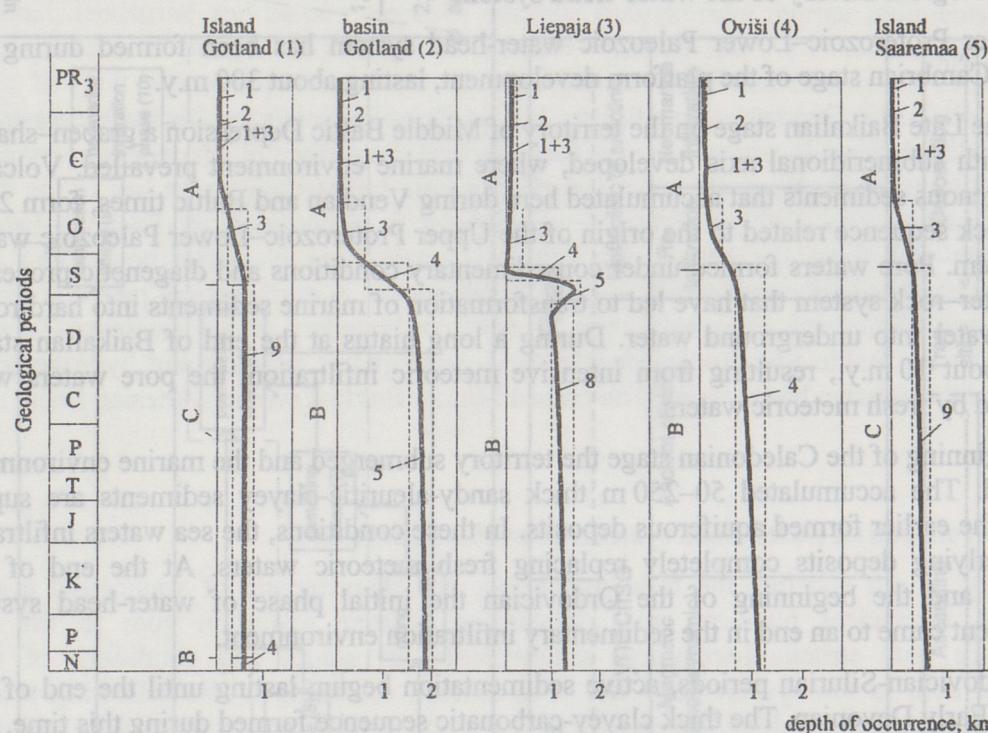


Figure 2. Paleohydrogeological profile of Upper Proterozoic–Lower Paleozoic water-head system in the Middle Baltic and Riga depressions. 1 — depth curve of occurrence of aquiferous complex; 2 — development stages of aquifers: 1 — consedimentary, 2 — infiltration, 3 — marine infiltration, 4 — pre-elision, 5 — elision, 6 — post-elision, 9 — re-infiltration.

At the end of the Caledonian stage, resulting from the inversion of tectonic movements, the elevated nearfault Darlow–Liepaja–Riga zone formed separating the negative Middle Baltic–Livonian geostructure from the Polish–Lithuanian Depression (Aisčiai Artesian Basin). As the point 3 on the paleohydrogeological profile (Figure 2) shows, in this connection the transition from the mature, elision stage of water-head system development to the final, post-elision stage occurred. This caused the gradual decrease of underground waters metamorphization degree on this area. In the whole basin, at the end of Caledonian stage, the groundwaters of this water-head system reached the mature phase in their development (Figure 3).

During the Hercynian and Alpian stages on the process of sedimentation (with the exception of Devonian system) is not so active. Therefore, the underground waters of the Upper

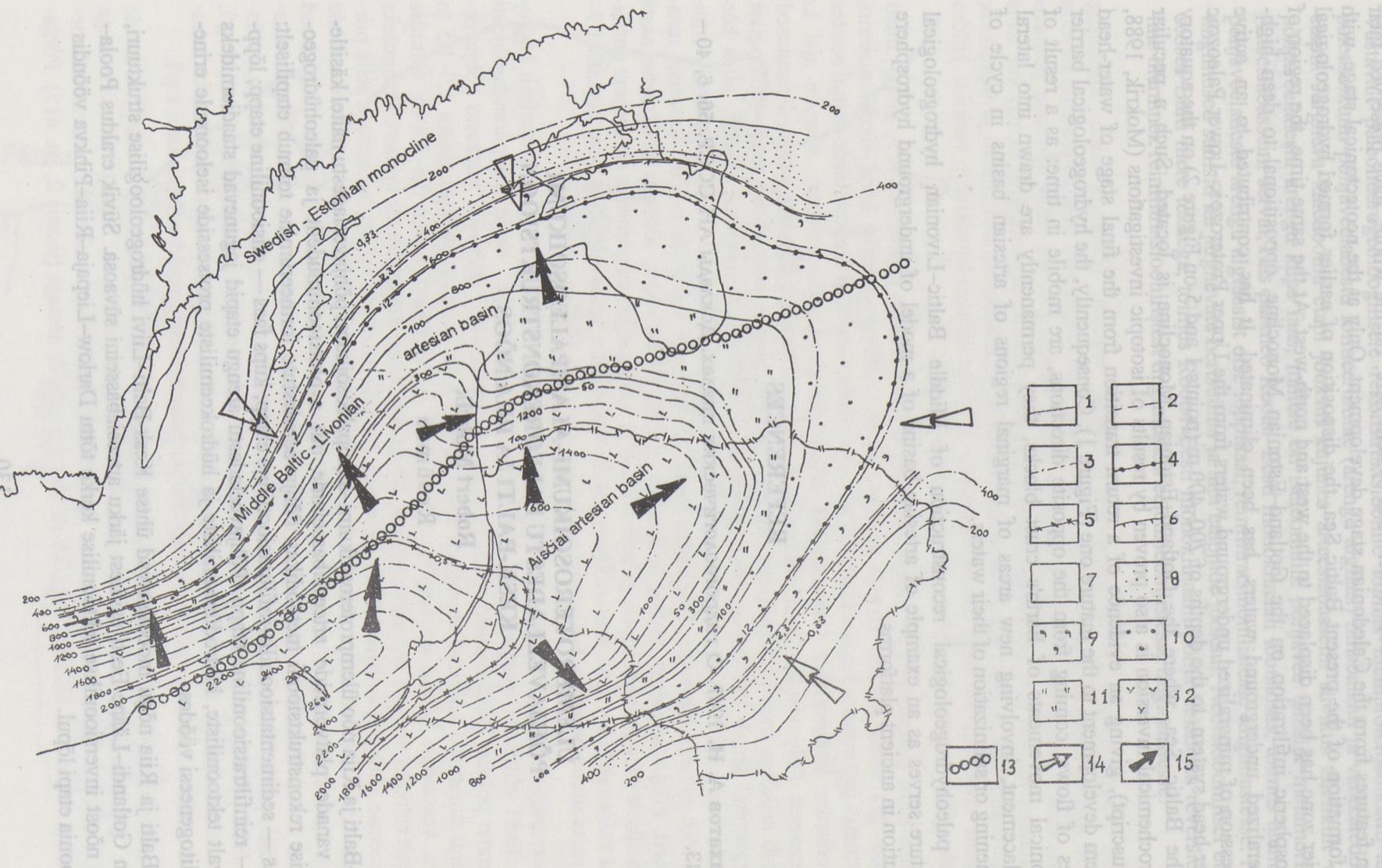


Figure 3. Paleohydrogeological map of the Upper Proterozoic-Lower Paleozoic water-head system at the end of Caledonian stage. 1 — isolines of metamorphisation degree of underground water; 2 — isolines of mineralization degree of underground water; 3 — stratoisohypsies of water-head system top; 4 — closing zone of underground flows; 5 — boundary, separating zones of slow-motion and stagnant water exchange; 6 — boundary of Upper Proterozoic-Lower Paleozoic water-head system; 7–12 — hydrochemical types of underground water: 7 — hydrocarbonate calcium; 8 — hydrocarbonate sodium; 9 — hydrocarbonate-chloride; 10 — chloride calcium-sodium; 11 — chloride magnesium-sodium; 12 — chloride sodium; 13 — elevated zone Darlow-Liepaja-Riga-Pskov; 14 — direction of fresh-water stream; 15 — direction of mineralized water stream.

Proterozoic–Lower Paleozoic water-head system here, on the whole, have preserved their main features from the Caledonian stage development. Only at the neotectonical stage, with the formation of the present Baltic Sea, the disposition of earlier formed hydrogeological barrier zone has been displaced to the west and north-west. At the same time, the region of atmospheric infiltration on the Gotland–Estonian Monocline, oppositional to deep high-mineralized underground waters, has been eliminated. It has contributed to an active ingressions of mineralized underground waters from the Upper Proterozoic–Lower Paleozoic water-head system, to the depths of 200–400 m (points 1 and 5 on Figure 2) on the aquatory of the Baltic Sea, where the Gotland–Estonian Monocline is located. Such a peculiar hydrochemical inversion is also proven by results of isotopic investigations (Mokrik, 1988, manuscript), giving an evidence of a return transition from the final stage of water-head system development to the mature one (Figure 1). Consequently, the hydrogeological barrier zones of flows, coming from the opposite directions, are mobile in time: as a result of tectonical movements of Earth's crust blocks, they permanently are drawn into lateral displacement, involving new areas of marginal regions of artesian basins in cycle of freshening or salinization of their waters.

This paleohydrogeological reconstruction of Middle Baltic–Livonian hydrogeological structure serves as an example of artesian basins of a model of underground hydrosphere evolution in ancient platforms.

## REFERENCES

Семихатов А. Н. 1947. О гидрологических циклах. Доклады АН СССР, 56, 6, 40–43.

# ÜLEMPROTEROSOIKUMI–ALAMPALAEOSOIKUMI PÖHJAVEELADESTU PALEOREKONSTRUKTSIOON KESK-BALTI JA RIIA NÕOS

Robert Mokrik

Resumee

Kesk-Balti ja Riia nõo üleproterosoikumi–alampaleosoikumi põhjaveeladestu näitel käsitletakse vanade platvormide arteesiabasseinide uut evolutsioonimudelit ja paleohüdrogeologilise rekonstruksiooni metodikat. Põhjaveeladestute formeerumine toimub etapiliselt: algfaas — sedimentatsioonilis-infiltratsiooniline etapp; küps faas — elisiooniline etapp; lõppfaas — reinfiltratsiooniline etapp. Põhjaveeladestu arengu etapid jagunevad staadiumideks vastavalt tektoniliste, hüdrodünaamiliste ja hüdrokeemiliste protsesside iseloomule erinevates litogeneesi võödes.

Kesk-Balti ja Riia nõgu moodustavad ühtse Kesk-Balti–Liivi hüdrogeoloogilise struktuuri, mis on Gotlandi–Lääne–Eesti esimest järku arteesiabasseini süvaosä. Süvik eraldus Poola–Leedu nõost inversioonilise tektoonilise kerke töttu Darlow–Liepaja–Riia–Pihkva vööndis kaledoonia etapi lõpul.

Vastavalt paleohüdrogeoloogilisele rekonstruktsioonile toimus ülemproterosoikumi–alam-paleosoikumi põhjaveeladestu formeerumine (arengu algfaas) hilisbaikali ja varakaledoonia etapil. Järgneva kaledoonia etapi jooksul kujunes arteesibasseini süvikus täielikult välja põhjaveeladestu arengu küps faas, millele on iseloomulik põhjavee täiuslik metamorfism. Arteesibasseini serval, mis paikneb Rootsī–Eesti monoklinaali lõunaosas, toimus üleminnek põhjaveeladestu arengu algfaasist otse lõppfaasi, reinfiltratsionilistesse tingimustesse. Need tingimused säilisid ka järgnevate hertsüünia ja alpi etappide jooksul. Neotektoonilisel etapil, seoses Balti mere tektega, toimus Rootsī–Eesti monoklinaalil põhjaveeladestu reversiooni-line üleminnek reinfiltratsionilistest tingimustest eelelisioonilistesse tingimustesse.

# PÖHJAVEEREŽIIMIST LÕUNA-EESTI DEVONI PLATOOL

Andreas Schmied

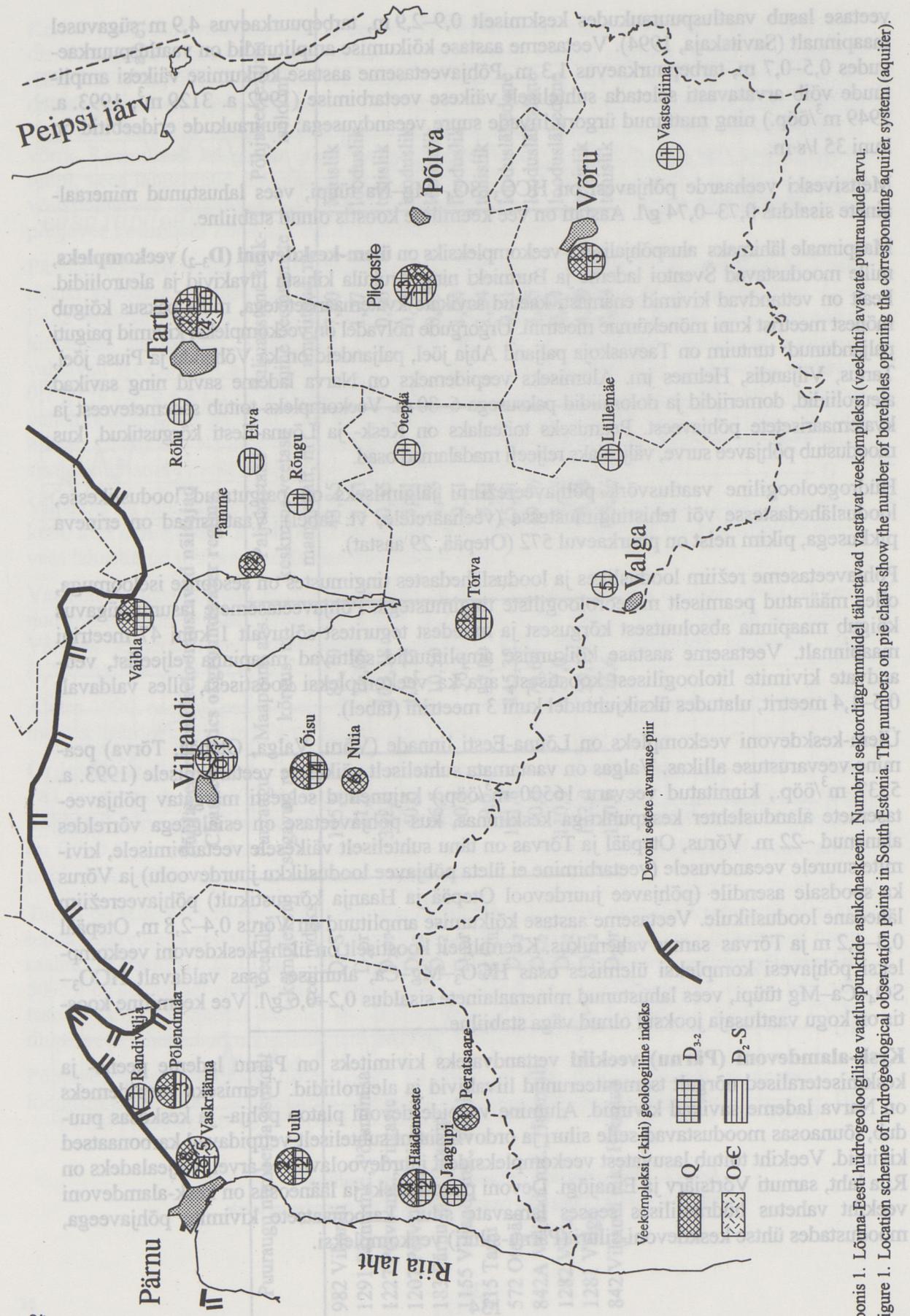
Eesti Geoloogiakeskuse hüdrogeoloogiaosakond

Eesti Geoloogiakeskuse hüdrogeoloogiaosakond tegeleb põhjaveerežiimi uurimisega 1959. aastast alates ning praeguseks on Geoloogiafondi kogunenud rikkalik materjal Eesti eri piirkondade põhjaveerežiimist. Käesoleva artikli eesmärgiks on anda ülevaade põhjavee seisundist looduslikes, looduslähedastes (ilmneb veetaseme alanemise tendents) või tehisingimustes Lõuna-Eesti kasutatavamates veekihtides, milleks on kvaternaari ja ülem-kesk-devoni veekompleksi ning kesk-alamdevoni ja ordoviitsiumi-kambriumi veekiht. Hüdrogeologilise vaatlusvõrgu skeem on toodud joonisel 1.

Lõuna-Eesti pinnakattele on omane suur muutlikkus: erineva geneesiga (soo-, järve-, liustikujõe- jt.) setete paksus kõigub suurtes piirides: mõnest meetrist kuni 80–90 meetrini, mattunud ürgorgudes koguni kuni 200 meetrini. Neist omavahel hüdrauliliselt seotud setetest moodustuv **kvaternaari veekompleks** toitub peamiselt sademeteveest, suurvee ajal ka pinnaveest. Põhjavee looduslik režiim (veetaseme ja keemilise koostise aastased muutused) sõltub eelkõige meteoroloogilistest tingimustest, reljeefist ja vettandvate setete litoloogiast. Kõrgustikel järgib kvaternaarisetete põhjaveetase üldjoontes maapinna reljeefi, olles kõrgustiku lael kuni 27 m sügavusel maapinnalt, kõrgustiku nõlvadel 5–15 m maapinnalt, orgudes võib esineda ülevoolu. Tasandikel lasub põhjaveetase valdavalt 1–3 m sügavusel maapinnalt. Põhjaveetaseme aastase kõikumise amplituud on väike, sõltudes konkreetse aasta ilmastikust ning pinnase litoloogilisest koostisest. Looduslikes tingimustes on aastane amplituud valdavalt 0,4–1,0 m, looduslähedastes: moreensetetes valdavalt 0,5–1,4 m, liivades 1,7–2,5 m, ulatudes harva ka 3–4 meetrini.

Kvaternaari veekompleksi põhjaveerežiimi mõjutavateks tehistegeuriteks on peamiselt hüdrotehnilised ehitised (maaparandus, veehoidlad) ja veehaarded. Nelja maaparandusobjekti (Tamme polder, Häädemeeste, Ōisu ja Uulu) vaatluskaevude andmetel toimusid põhjaveerežiimi muutused kõikidel objektidel esimese 4–5 aasta jooksul: veetase alanes 1,0–1,5 m võrra, veetaseme kõikumise amplituudid oluliselt ei muutunud ja olid 0,6–1,4 m, sõltudes ilmselt rohkem pinnase veeandvusest kui drenaažisüsteemi kuivendavast toimest. Praeguseks on veetase kõikjal stabiliseerunud ning nende aastaste muutuste režiim on sarnane selle piirkonna loodusliku režiimiga. Muutunud on vaid põhjaveetaseme kõrg- ja madalaveeseisude aeg ja kestus: kevadine kõrgveeseis on lühemaajaline, suvine madalseis saabub 1–1,5 kuud varem ja kestab kauem (Savitskaja, 1993). Suured muutused on toimunud maaparandusobjektide põhjavee keemilises koostises. Enne kuivendamist oli põhjavesi seal mage, valdavalt  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg-Na}$  tüüpi, vees lahustunud mineraalainete sisaldusega 0,30–0,38 g/l. Kuivendatud maade käikuandmisega kaasnes intensiivne mineraalväetiste ja sõnniku kasutamine, mille tulemusena põhjavees lahustunud mineraalainete sisaldus tõusis kuni 1 g/l.

Veetarbimise mõju kvaternaari veekompleksi põhjaveerežiimile jälgitakse Tartus, kus nende setete põhjaveel töötab 1929. a. rajatud Meltsiveski veehaare, kinnitatud veevaruga 12 000 m<sup>3</sup>/ööp. Alates 1989. aastast on veetarbimine Meltsiveski veehaardel pidevalt vähene-ning veetase on tõusnud kuni 3,9 m vörreldes 1968. aastaga (joonis 2, pa. 415). Põhja-



Joonis 1. Lõuna-Eesti hüdrogeoloogiliste vaatluspunktide asukohasestem. Numbrid sektordiagrammidel tähistavad vastavat veekompleksi (veekihiti) avavate puuraukude arvu.

Figure 1. Location scheme of hydrogeological observation points in South Estonia. The numbers on pie charts show the number of boreholes opening the corresponding aquifer system (aquifer).

veetase lasub vaatluspuuraukudes keskmiselt 0,9–2,9 m, tarbepuurkaevus 4,9 m sügavusele maapinnalt (Savitskaja, 1994). Veetaseme aastase kõikumise amplituudid on vaatluspuuraukudes 0,5–0,7 m, tarbepuurkaevus 1,3 m. Põhjaveetaseme aastase kõikumise väikesi amplituude võib arvatavasti seletada suhteliselt väikese veetarbimise (1992. a. 3129 m<sup>3</sup>, 1993. a. 2949 m<sup>3</sup>/ööp.) ning mattunud ürgoru liivade suure veeandvusega: puuraukude erideebitid on kuni 35 l/s·m.

Meltsiveski veehaarde põhjavesi on  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Mg-Na}$  tüüpi, vees lahustunud mineraalainete sisaldus 0,73–0,74 g/l. Aastati on vee keemiline koostis olnud stabiilne.

Maapinnale lähimaks aluspõhjaliseks veekompleksiks on ülem-keskdevoni ( $D_{3-2}$ ) veekompleks, mille moodustavad Šventoi lademe ja Burtnieki ning Aruküla kihistu liivakivid ja aleuoliidid. Pealt on vettandvad kivimid enamasti kaetud savikate kvaternaarisetetega, mille paksus kõigub mõnest meetrist kuni mõnekümne meetrini. Ürgorgude nõlvadel on veekompleksi kivimid paigutu paljandunud: tuntuim on Taevaskoja paljand Ahja jõel, paljandeid on ka Võhandu ja Piusa jõel, Tartus, Viljandis, Helmes jm. Alumiseks veepidemeks on Narva lademe savid ning savikad aleuoliidid, domeriidid ja dolomiidid paksusega 6–80 m. Veekompleks toitub sademetevest ja kvaternaarisetete põhjaveest. Peamiseks toitealaks on Kesk- ja Lõuna-Eesti kõrgustikud, kus moodustub põhjavee surve, väljealaks reljeefi madalamad osad.

Hüdrogeoloogiline vaatlusvõrk põhjaveerežiimi jälgimiseks on paigutatud looduslikesse, looduslähedastesse või tehistingimustesse (veehaaretele; vt. tabel). Vaatlusread on erineva pikkusega, pikim neist on puurkaevul 572 (Otepää, 29 aastat).

Põhjaveetaseme režiim looduslikes ja looduslähedastes tingimustes on sesoonse iseloomuga, olles määratud peamiselt meteoroloogiliste tingimustega. Põhjaveetasemete lasumissügavus kõigub maapinna absoluutsest kõrgusest ja muudest teguritest sõltuvalt 1 kuni 47 meetrini maapinnalt. Veetaseme aastase kõikumise amplituudid sõltuvad maapinna reljeefist, vettandvate kivimite litoloogilisest koostisest, aga ka veekompleksi koostisest, olles valdavalt 0,5–1,4 meetrit, ulatudes üksikujuhtudel kuni 3 meetrini (tabel).

Ülem-keskdevoni veekompleks on Lõuna-Eesti linnade (Võru, Valga, Otepää, Tõrva) peamine veevarustuse allikas. Valgas on vaatamata suhteliselt väikesele veetarbimisele (1993. a. 5337 m<sup>3</sup>/ööp., kinnitatud veevaru 16500 m<sup>3</sup>/ööp.) kujunenud selgesti märgatav põhjaveetasemete alanduslehter keskpunktiga kesklinnas, kus põhjaveetase on esialgsega vörreledes alanenud ~22 m. Võrus, Otepääl ja Tõrvas on tänu suhteliselt väikesele veetarbimisele, kivimite suurele veeandvusele (veetarbimine ei ületa põhjavee looduslikku juurdevoolu) ja Võrus ka soodsale asendile (põhjavee juurdevool Otepää ja Haanja kõrgustikult) põhjaveerežiim lähedane looduslikule. Veetaseme aastase kõikumise amplituud on Võrus 0,4–2,8 m, Otepääl 0,3–1,2 m ja Tõrvas samas vahemikus. Keemiliselt koostiselt on ülem-keskdevoni veekompleksi põhjavesi kompleksi ülemises osas  $\text{HCO}_3\text{-Mg-Ca}$ , alumises osas valdavalt  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Mg}$  tüüpi, vees lahustunud mineraalainete sisaldus 0,2–0,6 g/l. Vee keemiline koostis on kogu vaatlusaja jooksul olnud väga stabiilne.

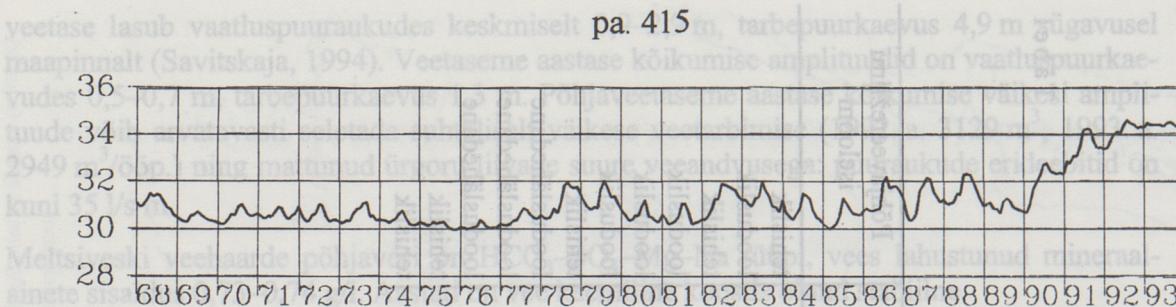
**Kesk-alamdevoni (Pärnu) veehi** vettandvateks kivimiteks on Pärnu lademe peene- ja keskmiseteralised nõrgalt tsementeerunud liivakivid ja aleuoliidid. Ülemiseks veepidemeks on Narva lademe savikad kivimid. Alumine veepide devoni platoor põhja- ja keskosas puudub, lõunaosas moodustavad selle siluri ja ordoviitsiumi suhteliselt vettpidavad karbonaatsed kivimid. Veehi toitub lasuvatest veekompleksidest juurdevoolava vee arvel, väljealadeks on Riia laht, samuti Võrtsjärv ja Emajõgi. Devoni platoor kesk- ja lääneosas on kesk-alamdevoni veehi vahetus hüdraulilises seoses lamavate siluri karbonaatsete kivimite põhjaveega, moodustades ühtse keskdevoni-siluri (Pärnu-siluri) veekompleksi.

Tabel

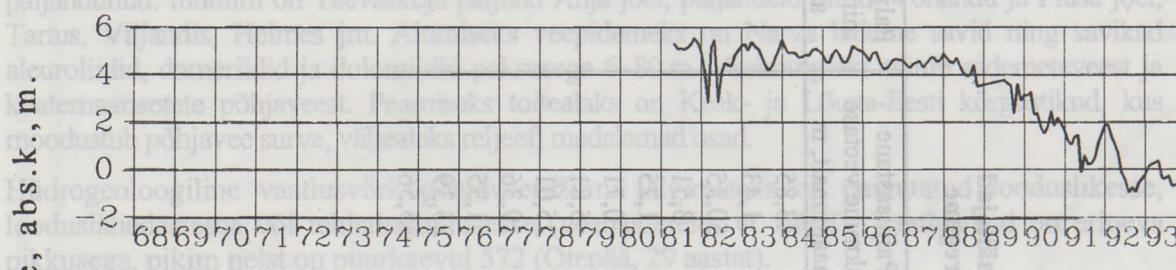
**Põhjaveerežiimi iseloomustavad näitajad**  
**Characteristics of groundwater regime**

Puurauge number ja asukoht	Veehihi (-kompleksi) geol. indeks	Puurauge sügavus, m	Maapinna abs. kõrgus, m	Paljuastane keskmne veetase maapinnalt, m	Paljuastane keskmne veetaseme amplituud, m	Põhjaveerežiimi iseloom
982 Viljandi	D <sub>2</sub> -S	155,0	81,70	43,85	7,80	tehislik
1291 Pärnu mk., Põlendmaa	D <sub>2</sub> pr	21,7	16,08	1,43	1,27	looduslik
1227 Põlva mk., Piigaste	D <sub>2</sub> pr	332,0	103,38	50,35	0,46	tehislik
1207 Põlva mk., Piigaste	D <sub>3-2</sub>	40,0	102,73	3,51	0,49	looduslik
183 Pärnu mk., Jaagupi	D <sub>3-2</sub>	36,8	10,50	1,25	0,49	looduslik
1155 Viljandi mk., Väibla	D <sub>2</sub> nr	20,8	36,3	0,71	1,04	looduslik
4115 Tartu	fg Q <sub>III</sub>	9,0	37,09	5,81	1,24	tehislik
572 Otepää	D <sub>3-2</sub>	161,8	145,32	25,01	0,61	looduslähedane
842A Viljandi mk., Heimtali	D <sub>3-2</sub>	70,0	76,64	19,36	1,25	looduslähedane
1282 Võru	D <sub>3-2</sub>	110,0	77,0	1,35	0,54	looduslähedane
1281 Valga	D <sub>2</sub> pr	172,0	59,15	23,39	4,00	tehislik
842 Viljandi mk., Heimtali		120,0	76,6	35,56	0,63	tehislik

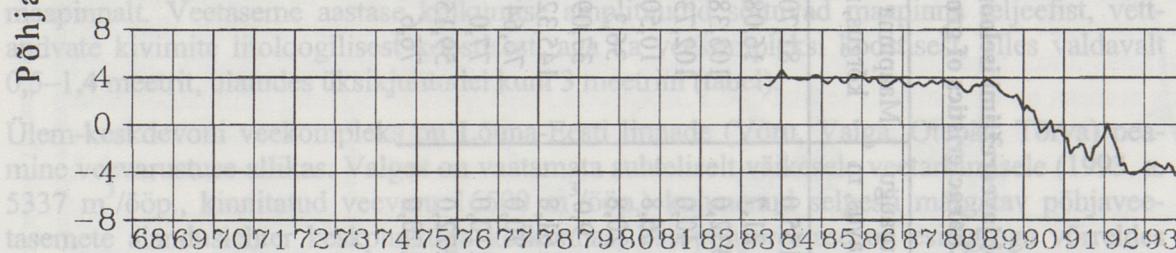
pa. 415



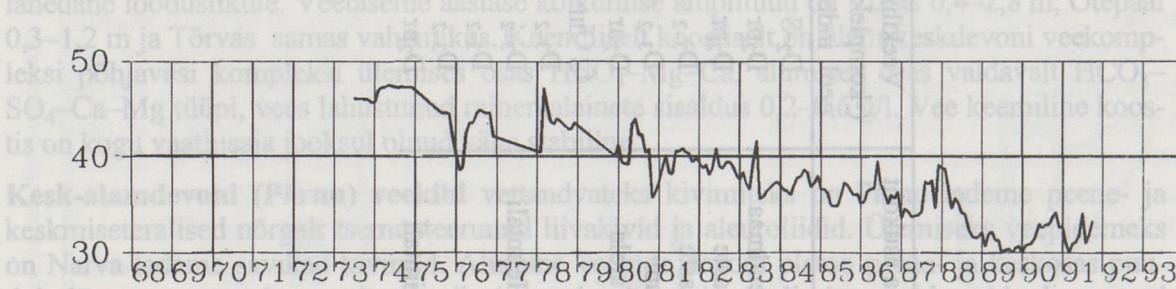
pa. 331-a



pa. 342



pa. 982



Joonis 2. Põhjaveetasemete paljuastaste muutuste graafikud.

Figure 2. Graphs of long-time (yearly) changes of the groundwater levels.

Keskdevoni-siluri veekompleks on peamiseks veevarustuse allikaks Pärnus, Tartus ja Viljandis. Pikaajalise intensiivse veetarbimise tagajärvel (selle sajandi algusest peale) on nende linnade ümber kujunenud sügavad veetasemete alanduslehtrid, mis on omavahel liitunud, moodustades ühtse põhjavee tehisrežiimiga võendi. Suurim selle veekompleksi põhjavee tarbija on Tartu linn, kus veetarbimise käigus on kesklinna põhjaveetase alanenud kuni 24,5 m võrra. Keemiliselt koostiselt on põhjavesi peamiselt  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ - või  $\text{HCO}_3\text{-Cl-Ca-Mg}$  tüüpi, vees lahustunud mineraalainete sisaldus 0,32–0,75 g/l. Üle lubatud normi (1,5 mg/l) võib põhjavees leida fluori (kuni 2,5 mg/l) ja rauda (kuni 1,0 mg/l). Veehaarete töötamise ajal põhjavee keemilises koostises erilisi muudatusi ei tähdelda.

Pärnus töötavad lisaks linna veehaardele selle kompleksi põhjaveevarul veel Reiu ja Vaskrääma veehaare. Intensiivne veetarbimine on põhjustanud veetaseme alanemise kuni 11 m linna veehaardel ja 6–7 m Vaskrääma veehaardel (joonis 2, pa. 331-a, 342) veehaarete töötamise aja jooksul. Keemiliselt koostiselt on Reiu ja Vaskrääma veehaardel põhjavesi valdavalt  $\text{HCO}_3\text{-Cl-Ca-Mg-Na}$  tüüpi, vees lahustunud mineraalainete sisaldusega vastavalt 0,7 g/l ja 0,3–0,4 g/l. Linna veehaardel on vees lahustunud mineraalainete sisaldus muutunud vahemikus 0,3–1,9 g/l, vastavalt sellele on põhjavesi muutunud  $\text{HCO}_3\text{-Cl-Ca-Mg-Na}$  tüübilibisest  $\text{Cl-HCO}_3\text{-Na-Mg-Ca}$  tüübileks. Mõnes linna veehaarde puurkaevus on vee klorisisaldus lubatud piirväärustest (350 mg/l) suurem, ulatudes kuni 865 mg/l.

Viljandis on intensiivne veetarbimise tulemusena põhjaveetase esialgsega võrreldes alanenud kuni 15,37 m (joonis 2, pa. 982). Keemiliselt koostiselt on vesi  $\text{HCO}_3\text{-Na-Mg-Ca}$  tüüpi, vees lahustunud mineraalainete sisaldus 0,36–0,60 g/l.

Vaadeldava territooriumi kagupoolses osas on kesk-alamdevoni vesi soolane (vees lahustunud mineraalainete sisaldusega üle 4 g/l),  $\text{SO}_4\text{-Cl-Ca-Na}$  tüüpi. Selle kihि vett on uuritud Värskas mineraalveena kasutamise seisukohalt, kuid kõrge sulfaatide sisalduse tõttu (1700 mg/l) seda ei kasutata.

Alates 1990. aastast, seoses veetarbimise vähenemisega, on veetasemed tõusnud kõigil kolmel veehaardel kuni 9 m (Tartu: Savitskaja, 1994).

**Ordoviitsiumi-kambriumi (O-E) veehi** vettandvad liivakivid paksusega 40–60 m lasuvad maapinnast 350–400 m sügavusel. Veehi põhjavett kasutatakse Lõuna-Eestis vähe, peamiselt tema suure lasumissügavuse tõttu. Ka ei ole see veehi eriti veerikas, erideebitid on 0,2–0,8 l/s·m. Veehi põhjaveerežiimi vaatlusi on tehtud vaid veehaaretel, looduslikes tingimustes põhjaveerežiimi vaatlused puuduvad.

Tartus on selle veehi põhjavee tarbimise tulemusena tekkinud ulatuslik veetaseme alanduslehter sügavusega raskuskeskmes 58 m. Vesi on  $\text{HCO}_3\text{-Cl-Na}$  tüüpi, vees lahustunud mineraalainete sisaldus 0,6–1,0 g/l. Viljandis lasub ordoviitsiumi-kambriumi veehi põhjaveetase 50–51 m sügavusel maapinnast. Nagu teistes veehiides (-kompleksides), on ka siin veetaseme langus viimastel aastatel asendunud tõusuga. Vesi on keemiliselt koostiselt  $\text{Cl-Na}$  tüüpi, vees lahustunud mineraalainete sisaldus 0,80–0,95 g/l.

Põhjaveerežiimi vaatlused Lõuna-Eestis näitavad, et selle moodustumisel on peamine osa looduslikel teguritel. Tehistegurite osatähtsus on viimastel aastatel vähenenud.

platoole selliseid tingimusi praktiliselt ei ole.

Veehiide vaheliste seoste määramiseks kasutatakse valemit:

$$\ln 1,5 \cdot \frac{1}{\bar{r}_p} - \ln \bar{r}_p = \frac{1}{\bar{r}_p} = \ln 1,128 - \ln \bar{r}_p$$

Savitskaja, L. (toim.) 1993. Põhjavee seisund 1992. a. RE Eesti Geoloogiakeskuse hüdrogeoloogia-  
osakonna informatsioonibulletäään. Tallinn: Bit, 1–183.

Savitskaja, L. (toim.) 1994. Põhjavee seisund 1993. a. Eesti Geoloogiakeskus. Tallinn, 1–112.

## GROUNDWATER REGIME ON SOUTH ESTONIAN DEVONIAN PLATEAU

Andreas Schmied

### Summary

This is a review article about the groundwater regime on South Estonian Devonian plateau in natural, weakly artificial and artificial conditions. The most widely used aquifers (aquifer systems) are Quaternary, Upper-Middle Devonian, Middle-Lower Devonian (-Silurian) aquifer systems and Ordovician-Cambrian aquifer.

The main factors generating the artificial groundwater regime in the Quaternary aquifer system are hydrotechnical constructions (water reservoirs, land reclamation systems) and water intakes (Meltsiveski in Tartu).

Groundwater of the Upper-Middle Devonian aquifer system is the main source of water supply in some South Estonian towns, like Valga, Võru, Otepää and Tõrva. The influence of groundwater consumption is considerable in Valga area. In Võru, Otepää and Tõrva regions the groundwater regime is close to the natural one.

The Middle-Lower Devonian aquifer with the groundwater in the Silurian carbonate rocks constitute the united aquifer system, groundwater of which is the main source in water supply of Pärnu, Tartu and Viljandi towns. Due to a long period of water consumption, the deep drawdown cones of groundwater level (up to 24,5 m) have been formed around the towns. For the time being the drawdown cones of the groundwater level have linked up and constitute a zone of artificial groundwater regime.

Groundwater of the Ordovician-Cambrian aquifer has been used in water supply of Pärnu, Tartu and Viljandi towns. Due to water consumption, the groundwater level has lowered. The considerable change in chemical composition of groundwater has been observed in Pärnu and Reiu water intakes.

Joonis 2. Põhjaveetaseme paljuaastaste muutuste graafikud.

Figure 2. Graphs of long-time (yearly) changes of the groundwater levels.

# LÕUNA-EESTI LINNADE VEEHAARETE PÖHJAVEE TARBEVARU MOODUSTUMINE

Leonid Savitski, Alide Viigand, Rein Perens

Eesti Geoloogiakeskuse hüdrogeoloogiaosakond

Lõuna-Eesti veehaarded asuvad devoni platoole, kus settekivimid jagunevad vertikaallõikes kolmeks kihtkonnaks: all ülemvendi, kambriumi ja alamordoviitsiumi liiva- ja savikivimid, keskel ordoviitsiumi ja siluri karbonaatkivimid ning ülal aleuropiidid ja liivakivid savi vahekihtidega.

Aluspõhja pealispind on allunud pikaajaliselle denudatsioonile ja erosioonile, mille tulemusena on moodustunud väga liigestatud aluspõhja pinnareljeef. Devoni plato on lõhestatud arvukate, valdavalt mattunud ürgorgudega. Erosioonilõiked ja mattunud ürgorud on hüdrogeoloogiliste tingimuste seisukohalt väga olulised, parandades veekihtide seoseid pinna- ja sademeteväega ning soodustades veekihtide vahelist veevahetust: olles survele põhjaveele kord toitealaks, kord väljealaks.

Devoni plato hüdrostratigraafiline läbilõige algab kvaternaari veekompleksiga, millele järgnevad ülemdevoni, ülem-keskdevoni, keskdevoni-siluri, ordoviitsiumi-kambriumi ja kambriumi-vendi veekompleksid ja -kihid.

Põhjavesi on olnud Lõuna-Eesti linnade peamine joogiveeallikas. Veehaarete vettandvad kivimid jäävad valdavalt intensiivse veevahetuse vööndisse, kus mageda põhjaveega küllastunud läbilõige ulatub kuni 350 meetrini maapinnast.

Sügavamal asuvate veekomplekside ja -kihtide põhjavesi muutub soolaseks, vees lahustunud mineraalainete sisaldus on kõrgem kui 1 g/l. Seega ei vasta ordoviitsiumi-kambriumi veekihi põhjavesi joogiveestandardi nõuetele juba Tartu ja Viljandi linnast lõuna pool, keskdevoni-siluri veekompleksi vesi Tõrva ja Põlva linnast lõuna pool, kambriumi-vendi veekompleksi põhjavesi aga kogu devoni plato piires.

Devoni settekivimite levikualal moodustavad veekompleksid ja -kihid ühtse hüdro-dünaamilise süsteemi, kus survele veevahetuse vahelduvad suhteliselt vettpidavate kihtidega, mis pole pindalaliselt välja peetud.

Põhjavee tarbevaru määramise ja põhjavee seisundi jälgimise paljuaastastest kogemustest lähtudes ei piisa suurte veehaarete rajamisel ainult põhjavee kvantiteedi ja kvaliteedi hindamisest, vaid tuleb põhjalikult uurida põhjavee moodustumise tingimusi, millest sõltuvalt määratud tarbevaru tagab põhjavee seisundi stabiilsuse veehaarde töötamise jooksul.

Põhjavee moodustumistingimusi hinnatakse lähtuvalt veekihtidevahelistest seostest vertikaallõikes. Kui survele veekiht on lasuvatest ja lamavatest kihtidest eraldatud veepidemega, mille veelabilaskvus võrdub nulliga, siis seda veekihti võib vaadelda kui isoleeritud. Devoni platoole selliseid tingimusi praktiliselt ei ole.

Veekihtide vaheliste seoste määramiseks kasutatakse valemit:

$$\Theta = \frac{\ln 1.5\sqrt{at} - \ln r_p}{\ln 1.12B - \ln r_p},$$

kus Q — juurdevoolu hulk, a — veehi piiesojuhtivus, t — veehaarde töötamise arvutuslik aeg,  $r_p$  — puuraugu raadius; B — juurdevoolumoodul, mis võrdub:

$$B = \sqrt{\frac{km}{\frac{k_n}{m_n} + \frac{k_k}{m_k}}}$$

kus k ja m — veehi filtratsioonimoodul ja paksus,  $k_n$  ja  $k_k$  — lamava ja lasuva veehi filtratsioonimoodul,  $m_n$  ja  $m_k$  — lamava ja lasuva veehi paksus.

Kui  $\Theta \leq 1,2$ , siis võib põhjaveevaru arvutusteks (20%-lise veaga) kasutada isoleeritud veehi arvutusskeemi (Дробноход и др., 1982; Иодказис, 1980).

Ülem-keskdevoni veekompleksi põhjaveevaru arvutused, mille puhul veehaarde töötamise kestvuseks on võetud  $10^4$  ööpäeva, näitavad põhjavee ilmset juurdevoolu veekompleksi lasumist ja lamamist. Juurdevoolumoodul B muutub siin 700 kuni 1000 meetrini ja  $\Theta = 1,5$ . Keskdevoni-siluri veekompleksi põhjaveevaru määramisel Tartu ja Viljandi veehaaretel võib samuti kasutada põhjavee juurdevoolu arvestatav skeemi, sest  $B = 5770$  m,  $\Theta = 1,29$ .

Keskdevoni-siluri veekompleksi lasumissügavuse suurenemisega lõuna suunas suureneb ka veekompleksi isoleeritus, s.t. veekompleksi põhjaveevaru moodustub peamiselt sisese juurdevoolu arvelt. Veekompleks on avatud tingimustes vaid mattunud ürgorgude piires.

Devoni settekivimite hüdrodünaamilise süsteemi püsiva survega rajatingimused piiritletakse läänest merega ja idast Peipsi järvega. Põhjaosas on rajaks kivimite sidumise ala, kesk- ja lõunaosas on veekomplekside levik piiramatu.

Devoni veekomplekside levikualal töötab 9 veehaaret, mille põhjaveevaru on uuritud ja Maavarade Komisjonis kinnitatud (joonis). Veehaarded kasutavad surve list põhjavett. Asukoha järgi võib veehaarded jaotada devoni settekivimite levikuala piiri lähedasteks: Reiu, Vaskrääma, Tartu ja Viljandi; ning levikuala piirist kaugamateks: Põlva, Võru, Valga, Otepää, Tõrva.

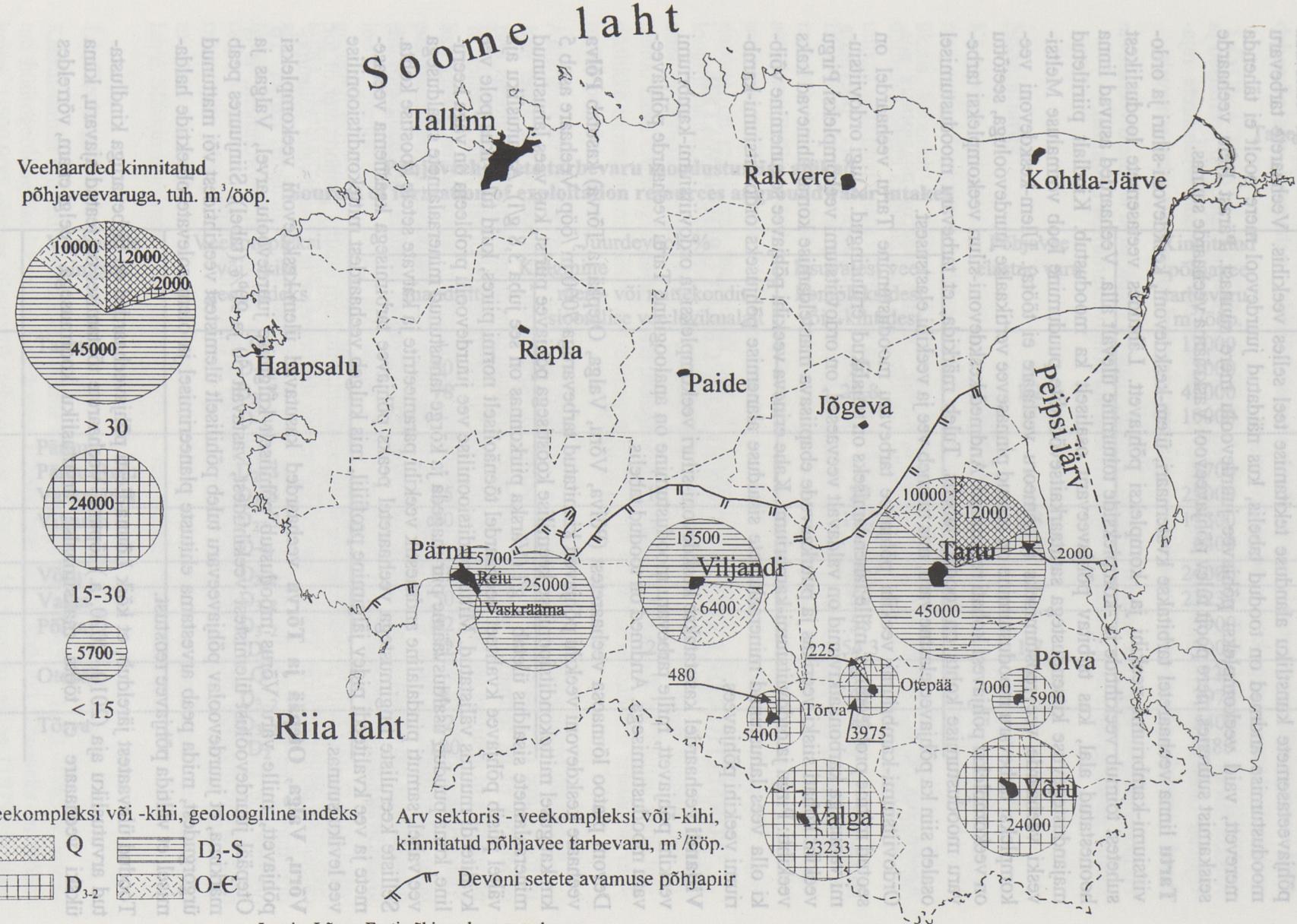
Põhjavee tarbevaru moodustumistingimuste määramine on eriti tähtis merevee või kõrge vees lahustunud mineraalainete sisaldusega põhjavee mõju tingimustes. Täpsem hinnang põhjavee tarbevaru moodustumisest saadakse veehaarete pikaajalise töötamise andmetel.

Nimetatud veehaaretest on põhjavee kvaliteedi muutumise oht Vaskrääma ja Põlva veehaardel. Kuigi veehaare töötamise arvutusliku aja ( $10^4$  ööpäeva) jooksul pole põhjavee kvaliteedi muutus tõenäoline, on tulevikus selline muutus siiski võimalik.

Järgnevalt on toodud ülevaade põhjavee tarbevaru moodustumise tingimustest ja probleemidest devoni plato veehaaretei.

**Pärnu** veehaardel, mis asub linna piires ja kus kasutatakse keskdevoni-siluri veekompleksi põhjavett, on veevaliteet muutunud: vees lahustunud mineraalainete sisaldus on tõusnud enam kui kaks korda, mistõttu tarbevaru ei kinnitatudki. Põhjaveetarbitamine keskdevoni-siluri veekompleksi Reiu veehaardel ületas arvutusliku varu, mille tulemusel keskdevoni-siluri veekompleksi põhjavees tõisis kloriidide (kuni 525 mg/l) ja vees lahustunud mineraalainete sisaldus (üle 1 g/l).

**Vaskrääma** veehaardel moodustub keskdevoni-siluri veekompleksi põhjavee tarbevaru külgmisest juurdevoolust mere ja mandri poolt, Reiu ja Pärnu jõest, samuti pinnaseveest. Pole välistatud kõrge vees lahustunud mineraalainete sisaldusega põhjavee juurdevool ka alumistest kihtidest, ehkki hinnata selle osa tarbevaru kujunemisel on väga keeruline. Mitte-



konditsioonilise vee juurdevoolu lamavast veevaesest veekihist on tehniliselt kerge tõkestada põhjaveetasemete kunstliku alanduse tekitamise teel selles veehihis. Veehaarete tarbevaru moodustumise andmed on toodud tabelis, kus näidatud juurdevool mere poolt ei tähenda merevett, vaid veekompleksi põhjavee juurdevoolu mere suunast. Pärast Reiu veehaarde seiskamist suurennes mere poolt tulev põhjaveevool Vaskrääma veehaarde suunas.

**Tartu** linna veehaaretel tarbitakse kvaternaari, ülem-keskdevoni, keskdevoni-siluri ja ordoviitsiumi-kambriumi veehihi ja -kompleksi põhjavett. Lähtudes veetasemete looduslikest suhetest toimub veehihtide ja -komplekside toitumine ülevallt alla. Veehaarded asuvad linna hoonestatud alal, kus tarbitav põhjaveevaru osaliselt ka moodustub. Kindlalt piiritletud majandustegevuse kitsendustega sanitaarkaitsevööndite puudumine loob võimaluse Meltsiveski veehaarde vee reostumiseks (Toomeoru veehaare ei tööta). Ülem-keskdevoni veekompleksi tarbevaru moodustumine on seotud pinnasevee vertikaalse juurdevooluga, seetõttu on veekompleksi põhjavesi kohati reostunud. Andmed keskdevoni-siluri veekompleksi tarbevaru moodustumise kohta on toodud tabelis. Tuleb märkida, et tarbevaru moodustumisel osaleb siin ka põhjavee elastne varu, mis tuleneb vee ja veehihi elastsusest.

Ordoviitsiumi-kambriumi veehihi põhjavee tarbevaru moodustumine Tartu veehaardel on seotud mitme probleemiga, mille lahendamiseks on vajalikud eriuuringud. Kuigi ordoviitsiumi vanusega karbonaatkivimid on valdavalt veevaesed, on ordoviitsiumi veekompleksi Pirgu veehiht kohati siiski veerikas ja puurkaevude ebapiisava manteldamise korral ühinevad kaks veehihti: Pirgu ja ordoviitsiumi-kambriumi. Kahe erineva veehihi põhjavee segunemine võibki olla vees lahustunud mineraalainete sisalduse alanemise põhjuseks ordoviitsiumi-kambriumi veehihi põhjavees.

**Viljandi** veehaardel kasutatakse keskdevoni-siluri veekompleksi ja ordoviitsiumi-kambriumi veehihi põhjavett, mille tarbevaru moodustumine on analoogiline Tartu veehaarde põhjaveevaru moodustumisega. Andmed on toodud tabelis.

Devoni plato lõunaosa veehaaretest (Põlva, Võru, Valga, Otepää ja Tõrva) kasutab **Põlva** veehaare keskdevoni veehihi põhjavett kinnitatud tarbevaruga  $7000 \text{ m}^3/\text{ööp}$ . Veehaare asub 5 km kaugusel mittekonditsioonilise keemilise koostisega põhjavee piirist, kus vees lahustunud mineraalainete sisaldus ületab 1 g/l (Värska piirkonnas on see juba 3,8 g/l). Arvutusliku aja väljal püsib põhjavee kvaliteet veehaardel töenäoliselt normi piires, kuid tulevikus pole vee kvaliteedi muutus välistatud. Mittekonditsioonilise vee juurdevoolu probleem on väga keeruline, kuna puudub usaldusväärne piir mageda ja kõrge lahustunud mineraalainete sisaldusega vee vahel, samuti pindalaline andmestik veehihi parameetrite ja katvate setete koostise kohta. Selliste keeruliste tingimustega veehaaretel peaks põhjavee tarbimisega kaasnema veetase-mete ja vee kvaliteedi pidev jälgimine profiilil, mis kulgeb veehaardest mittekonditsioonilise vee leviku suunas.

**Võru, Valga, Otepää ja Tõrva** veehaarded kasutavad ülem-keskdevoni veekompleksi põhjavett, mille varu Võrus moodustub põhiliselt külgmise juurdevoolu arvel, Valgas ja Otepääl juurdevoolust ülemistest veehihtidest, vastavalt 50 ja 90% (tabel). Siinjuures peab märkima, et juurdevoolav põhjaveevaru tuleb põhiliselt ülemistest veehihtidest või mattunud ürgorgudest, mida peab arvestama ehituste planeerimisel ja olemasolevate objektide haldamisel, et vältida põhjavee reostust.

Toodud ülevaatest järeltub, et kõik Lõuna-Eesti põhjaveehaarded on tarbevaruga kindlustatud arvutusliku aja (2010.–2020. a.) lõpuni. Veehaare töötamisel on teatud ajavaru, kuna ükski veehaare ei tööta maksimaalse arvutusliku koormusega. Veelgi enam, võrreldes

Tabel

### Põhjaveehaarete tarbevaru moodustumise allikad

### Sources of formation of exploitation resources at groundwater intakes

Jrk. nr.	Veehaarde nimetus	Veekompleksi või -kihi geol.indeks	Juurdevool, %			Põhjavee elastne varu	Kinnitatud põhjavee tarbevaru, m <sup>3</sup> /ööp.		
			Külgmine		lasuvatest vee- kompleksidest või -kihtidest				
			mandrilt	mere- või mittekondi- sioonilise vee levikualalt					
1.	Tartu	Q D <sub>3-2</sub> D <sub>2-S</sub> O-ε	- 50 78 -	- - - -	- - - -	- 50 20,8 -	12000 2000 45000 10000		
2.	Pärnu	D <sub>2-S</sub>	-	-	-	-	5700		
3.	Pärnu-Reiu	D <sub>2-S</sub>	55	-	16	29	25000		
4.	Vaskrääma	D <sub>2-S</sub>	80	-	-	19,2	15500		
5.	Viljandi	O-ε	-	-	-	-	6400		
6.	Võru	D <sub>3-2</sub>	91	-	-	-	24000		
7.	Valga	D <sub>3-2</sub>	50	-	-	-	23233		
8.	Põlva	D <sub>3-2</sub> D <sub>2</sub>	42 22	- - -	22	58 54,3 92	5900 7000 225		
9.	Otepää	Q D <sub>3-2</sub>	- 8	- - -	- - -	88	3975		
9.	Tõrva	D <sub>3-2</sub> D <sub>2</sub>	12 100	- -	- -	-	5400 480		

1991. aastaga vähenes veetarbitime ja tõusis veetase kõikidel veehaaretel, mis pikendab veehaarde töötamise aega kinnitatud põhjaveevarul.

Kokkuvõttes tuleb öelda, et hüdrogeoloogilised tingimused devoni platool on keerulised ja vajavad täiendavaid uurimistöid veetarbitime suurendamiseks või uute veehaarete rajamiseks, lähtudes põhjaveevaru moodustumise tingimustest igal konkreetsel juhul erinevalt.

Põhjavee eisundi jälgimist veehaaretel tuleb jätkata, et saada töepärased andmed veehaarete möjust geoloogilisele keskkonnale ja vajadusel suunata põhjaveetarbitime tingimusi.

## KIRJANDUS

**Дробноход Х. И., Язвин Л. С., Боревский Б. В.** 1982. Оценка запасов подземных вод. Киев, Высшая школа.

**Иодказис В. И.** 1980. Формирование и освоение эксплуатационных ресурсов подземных вод Прибалтики. Вильнюс, Мокслас.

## FORMATION OF EXPLOITATION RESOURCES AT GROUNDWATER INTAKES OF SOUTHERN ESTONIA

**Leonid Savitski, Alide Viigand, Rein Perens**

### Summary

In the course of groundwater use, the quantity of exploitation resources of the water and conditions of its formation must be estimated. Geological-hydrogeological conditions and parametres of aquifers are taken into consideration for determination of safe yield of water. In Vaskrääma and Põlva water intakes the possibility of changes in groundwater quality has been determined. In these water intakes, where the most of exploitation resources of the groundwater have been formed due to the inflow from the upper aquifers, the changes of the groundwater quality are possible.

The water intakes with proved reserves are guaranteed with high quality groundwater of for calculated period of time. Taking into consideration the decrease in groundwater consumption during the last year, the proved reserves will last longer than calculated earlier. To observe the influence of groundwater consumption to the geological environment, it is necessary to organize the hydrogeological observations in water intake areas.

Toodud ülevaatest jäeldub, et kõik lõuna- ja ida-põhjavechaared on ümbeyaruga kindlustatud arvutusliku aja (2010–2020) ja lõuna- ja ida-põhjavechaarete töötamisel on ootatud ajavaru, kuna ükski veehaare tööd ei ole täpsustatud.

# LÕUNA-EESTI (EESTI LIIVIMAA-OSA) GEOLOOGILINE UURITUS EESTI GEOLOOGIAFONDI MATERJALIDE PÕHJAL

Mare Kukk  
Eesti Geoloogiakeskus

## Sissejuhatus

Käesolevas töös antakse Eesti Geoloogiafondi (EGF) materjalide põhjal ülevaade Eesti Liivimaa-osa geoloogilisest uuritusest. EGF, mis on Eesti Geoloogiakeskuse iseseisev struktuuriüksus, koondab ja säilitab alaliselt valdava osa Eesti territooriumil tehtud geoloogiliste uurimistöödega kogutud ning geoloogiliselt töödeldud käsikirjalitest materjalidest, olles nii unikaalse ja hindamatu väärtsusega geoloogilise info varamuks.

EGF-is on käesoleval ajal säilitamisel ligi 5000 aruannet, millest vaadeldavat ala käsitleb umbes kolmandik. Erinevus Eesti põhja- ja lõunaosa uurituse mahtude vahel on eelkõige seletatav Tallinna ümbruse ning põlevkivi- ja fosforiidimaardlate intensiivse geoloogilise uurimisega läbi aastate. Kuigi esimesed aruanded Liivimaa kohta päinevad sajandi algupoolest, on regulaarne uurimistöö saanud alguse 1950. aastatel. Sel perioodil tegid geoloogilisi uurimistöid valdavalt Leningradi geoloogia-asutused. Alates 1957. a., mil loodi Eesti oma geoloogiateenistus, päineb enamus tööst Eesti geoloogidelt. Neist suurem osa on tehtud Eesti Geoloogiakeskuse (varem Geoloogia Valitsus) töötajate poolt. Küllalt palju teaduslikke uuringuid on pärit TA Geoloogia Instituudist ja väiksemamahulisi aruandeid mitmetelt projektasutustelt.

Alljärgnev on lühikokkuvõte Liivimaa põhjaosa, s.o. Lõuna-Eesti geoloogilisest uuritusest.

## 1. Üldgeoloogilised uurimistööd

Esimesed ülevaated Eesti territooriumi geoloogilisest ehitusest on pärit 1920. aastatest, kui põhiliseks uurimisobjektiks olid jääaegsed setted ja pinnavormid. Ka hilisemates uuringutes (EGF-is umbes 60 aruannet) on korduvalt käsitletud kvaternaarisetete geneesi- ja arenguprobleeme, uuritud nende levikut ja omadusi, kvaternaariajastu pinnavorme, karstinähtusi ja eksogeenseid geoloogilisi protsesse. Palju on andmeid ka aluspõhjakivimite leviku ja omaduste kohta. Maakoore süvaehitust ja ala tektonikat on valdavalt uuritud geofüüsikaliste meetodite abil. Aluskorda ulatuvate puuraukude andmete abil on iseloomustatud süvakivimeid, otsitud ja kirjeldatud maagistumise ilminguid. 1960. aastatel alustati meregeoloogiliste uurimistöödega, kusjuures põhilist tähelepanu pöörati Läänemere geoloogilisele arengule ning ranniku meresetete tekkeprotsessidele, leviku ja omaduste iseloomustamisele, samuti põhja- ja merevee vastastikuse mõju probleemidele. Viimastel aastatel on detailsemalt uuritud Riia lahte. Märkimisväärseks võib pidada 1993. a., mil alustati rannikuseirega.

### 1.1. Geoloogiline kaardistamine

Kaardistamist alustati ülevaatlike kaartide koostamisega juba 1945. a., 1962.–1965. a. koosasti hüdrogeoloogilised kaardid mõõtkavas 1:2 500 000 ja 1:1 500 000. Tänaseks on mõõtkavas 1:500 000 olemas ülevaatlik tektoniline (1967), hüdrogeoloogiline (1979) ja lito-

loogilis-paleogeograafilised kaardid (1985). Kuigi temaatilist süvakaardistamist on tehtud vaid Eestimaa põhjaosas, on Eesti ala geologilise kaardistamise käigus rajatud sügavate puuraukude andmete alusel koostatud ka Liivimaa-ala kohta kristalse aluskorra kaarte (1973).

Nii nagu kogu Eesti territoorium, on ka Liivimaa-ala üleni kaetud *geoogilise ja hüdrogeoloogilise kaardistamisega* mõõtkavas 1:200 000. Kaardilehtede kaupa on komplekselt kaardistatud kogu Eestimaa: O–34–XVI (1946, 1973), O–34–XVII (1964, 1965, 1973), O–34–XVIII (1964, 1965, 1972), O–35–VIII (1950, 1967, 1968), O–35–IX (1950, 1963, 1964, 1970), O–35–XIII (1946, 1948, 1969), O–35–XIV (1961, 1968), O–35–XV (1963, 1964, 1972), O–35–XVI (1974), O–35–XIX (1967), O–35–XX (1965), O–35–XXI (1960, 1964, 1966), O–35–XXII (1964, 1975). Kaardilehtede juurde kuuluvad seletuskirjad. Suuremõõdulist kaardistamist on Kesk- ja Lõuna-Eestis tehtud suhteliselt piiratud alal: mõõtkavas 1:50 000 on komplekselt kaardistatud osa Saaremaast (1994) ning hüdrogeoloogilis-ehitusgeoloogilist kaardistamist maaparanduse eesmärkidel on tehtud Saaremaal (1973, 1974, 1989), Tartu ümbruses (1981), Pärnumaal Uulu–Leina ümbruses (1976) ja Jõgeva ümbruses (1986). Eesti geoloogiliste kaartide (mõõtkavas 1:50 000) kohta on koostatud tugilegendid (1989, 1992).

Geokeemilise kaardistamise käigus on mõõtkavas 1:500 000 koostatud mullastiku geokeemilised kaardid (1980–1987) ja mõõtkavas 1:200 000 põhjavee heeliumisisalduse kaardid (1976–1991), nii Eestis tervikuna kui kirjeldatava ala eri piirkondade kohta. *Geofüüsikalise kaardistamist* on tehtud erinevate meetoditega. Järvenõgude tektooniliseks uurimiseks viidi mõõtkavas 1:200 000 läbi gravimeetrliline kaardistamine Peipsi, Pihkva ja Võrtsjärve ümbruses (1987). Mõõtkavas 1:50 000 kaardistati Saaremaa (1991), Kesk- ja Lõuna-Eestis (1992) ning mõõtkavas 1:25 000 Kesk-Eestis (1968), Kagu- ja Lõuna-Eestis (1992). Magnetomeetrilist kaardistamist on tehtud Kagu-Eestis (1951) ning Põltsamaa ja Suure-Jaani ümbruses (1950), tulemused on kantud kaardile mõõtkavas 1:100 000. Aeromagneetilist kaardistamist mõõtkavas 1:50 000 ja 1:25 000 on tehtud nii Eesti mandriosas kui šefil (1966, 1992). *Aerogeoloogilise kaardistamisega* mõõtkavas 1:500 000 Ida-Eestis (1977–1987), Lääne-Eestis (1981) ja Kesk-Eestis (1979) on osaliselt hõlmatud ka Liivimaa, tulemusi on kasutatud aluspõhjakivimite ja kvaternaarisetete kaartide koostamisel.

## 1.2. Stratigraafia, litoloogia ja paleontoloogia

Suuremas osas kvaterraarisetteid ja aluspõhja puudutavates aruannetes (EGF-is umbes 50 aruannet) on toodud nii uuritava läbilõike *stratigraafia* kui ka setete ja kivimite *litoloogiline kirjeldus*, spetsiifilisi töid on vähe. Stratigraafilise iseloomustusega kaasneb tihti ka *paleontoloogiline*. Iseloomulikemate tööde seas võiks nimetada setendite litoloogiat ja fatisaalsust käsitlevaid aruandeid (1949, 1970, 1989), mitmete struktuuripuuraukude kirjeldusi (1948–1979), kvaterraarisetete stratigraafia (1962–1990) ja litoloogia (1961, 1962, 1993) kirjeldusi ning litogeneesi (1982) käsitlusi. Sama huvipakkuvad on aluspõhjakivimite litoloogiat ja litogeneesi (1983, 1986, 1989) ning stratotüüpe käsitlevad aruanded: (ordoviitsium 1953, 1965, 1987; silur 1958–1973; devon 1963, 1969, 1973). Koostati Eesti ja naaberalade krono-stratigraafia ülevaade ning kirjeldati globaalseid sündmusi regionalstratigraafias (1990). Umbes paarikümnes 1947–1982. a. aruandes iseloomustatakse lähemalt aluspõhjakivimites esinevaid kivistisi. On uuritud Eesti ordoviitsiumi, kambriumi ja vendi tugiläabilõigete paleontoloogiat (1982).

### **1.3. Geokeemia ja geofüüsika (v.a. kaardistamine)**

Spetsiifilisi geokeemilisi uurimistöid on läbi viidud suhteliselt vähe, enamasti on need seotud teisel eesmärgil tehtud geoloogiliste töödega (EGF-is umbes 30 aruannet). Geokeemilisi meetodeid on 1960.–1994. a. kasutatud maavarade otsinguil, settekivimite geokeemilisel uurimisel ja analüüsimsel ning geokeemiliste kaartide koostamisel, samuti keskkonna-reostuse kindlaksmääramisel ning põhja- ja mineraalvee hüdroloogilisel uurimisel. Iseloomustatud on Eesti karbonaatseid kivimeid (1983) ja settekivimite geokeemilisi format-sioone (1978). 1992. a. alustati Eesti territooriumi geokeemilise seirega.

Geofüüsikaliste töödest (EGF-is ligi 100 aruannet) on paljud seotud Eesti territooriumi kompleksse, aeromagneetilise, gravimeetrilise või magnetomeetrilise kaardistamisega (1950–1993). On tehtud töid geofüüsikaliste meetodite väljatöötamiseks (1960, 1989), aluspõhjakivimite omaduste (1959, 1988), aluskorra struktuuri (1969, 1975) ja geofüüsikaliste anomaa- liate uurimiseks (1983), samuti maavarade otsinguteks (1963, 1967). Alates 1950. a. on pea-aegu igal aastal koostatud ülevaade massilistest gammakarotaaži alusel tehtud uraani-otsingutest Eesti territooriumil. *Magnetomeetriliste* meetoditega on uuritud Eestimaad tervikuna (1956–1972), piirkonni ka Kesk- (1950–1963) ja Lõuna-Eestit (1950) ning osa- liselt Liivimaad haaravat Ida- (1955) ja Lääne-Eestit (1950, 1956), samuti Riia lahe piirkonda (1967, 1992). *Gravimeetriliste* meetoditega on uuritud maakoore ehitust ja vertikaalseid lili- kumisi (1959–1987), Riia lahte (1968). Aastatel 1949–1955 on piirkonni tehtud gravi- meetrilisi mõõdistamisi kogu Põhja-Liivimaal. On kirjutatud ka gravimeetria ajaloost (1979, 1982). Eesti territooriumi geoloogiliste struktuuride ja aluspõhja reljeefi ning kvaternaari-setete paksuse uurimisel (1948–1988) on kasutatud ka *elektrilisi* meetodeid. 1993. a. jätkati TA Geoloogia Instituudi poolt alustatud seismilist seiret.

### **1.4. Ehitusgeoloogia**

EGF-i on laekunud vaid osa Eestis läbiviidud ehitusgeoloogiliste tööde aruannetest, s.o. riiklikul tellimusel tehtud tööd ja suuremamahulised uurimistööd ehitiste rajamiseks (EGF-is umbes 75 aruannet). Ülejäänud ehitusgeoloogilist infot säilitatakse Riiklikus Ehitus- uuringute Instituudis.

Esimesed ehitusgeoloogilised kaardid Eesti kohta on koostatud 1944. a., hiljem on seda tööd jätkatud ehitusgeoloogilise rajoneerimise (1961, 1965), ülevaatlike kaartide koostamise (1966, 1985) ja kompleksse geoloogilise kaardistamise käigus. Eesti ehitusgeoloogilisi tingimusi on enam uuritud 1960. aastatel, tulemused on Eesti Geoloogiakeskuse autorite kollek- tiivi poolt kokku võetud 1988. a. valminud ülevaates (käsikirjalises monograafias). Valdag osa ehitusgeoloogilisi uuringuid on tehtud mitmetes linnades ja asulates nende generaal- plaanide koostamiseks ning mitmesuguste erinevate ehitusobjektide rajamiseks. Ehitus- geoloogilisi töid on läbi viidud ka maa-aluste hoidlate ja elektriliinide ning muude trasside rajamiseks.

### **1.5. Hüdrogeoloogia**

Varaseimateks hüdrogeoloogilisteks töödeks on olnud ülevaatekaartide ja nende seletus- kirjade koostamine (1945, 1946, 1955). Olulisematest uuringusuundadest võiks nimetada Eesti hüdrogeoloogilist rajoneerimist (1941–1983), Eesti hüdrogeoloogiliste tingimuste kirjeldusi (1947–1987), põhjavee omaduste (1953–1994) ja kujunemistingimuste iseloomustamist (1969, 1988), põhjaveerežiimi iseärasuste uuringuid (1968, 1969). On esitatud kivimi- te hüdrostratigraafiline liigestus (1974) ja välja töötatud Eesti hüdrogeoloogiline mudel

(1983). Spetsiifilise iseloomuga on erinevate piirkondade melioratiiv-hüdrogeoloogiline uurimine ja vastavate kaartide koostamine (1970, 1976, 1980).

Rida töid käsitleb *põhjaveekaitset* (1972–1993). Reostusuuringuid on intensiivselt tehtud viimase paarikümne aasta jooksul, kuid keskkonnakaitselised uuringud (1993, 1994) on hoolis saanud päris viimastel aastatel. Pidevalt on tegeldud *põhjaveeseirega*. Eesti põhjavett on uuritud ja varu arvutatud korduvalt, on iseloomustatud Eesti veetarvet ja kasutamise perspektiive. Iga aasta on *põhjaveevara* ja veekasutamise andmed ära toodud riiklikus vee-katastris. Alates 1960. aastate algusest on tehtud põhjavee otsingu- ja uuringutöid linnade ja asulate veevarustuse parandamiseks, selle kohta on koostatud ligi 100 aruannet. Liivimaal on kõige enam selliseid töid tehtud Pärnu linnas, mitmel korral ka Kuressaares, Tartus, Põltsamaal, Võrus, Valgas. Mineraalvett on otsitud Värska, Pärnu, Võru ja Häädemeeste ümbruses. Alates 1945. a. on Liivimaa-alal puurkaevude katastriga arvele võetud umbes viis tuhat veetarbitiseks rajatud puurkaevu (nendest umbes paarisaja kohta on koostatud passid). Kokku on EGF-is umbes 450 hüdrogeoloogia-alast tööd.

## 2. Maavarade otsing ja uuring

Juba 1923. a. koostati lühilevaade Eesti geoloogilisest ehitusest ja mineraaliderikkusest. 1945.–1947. a. on pärit aruanded Eesti geoloogilisest uuritusest, maavaradest ja nende ressurssidest. Alates 1950. aastate teisest pooltest on Eesti geoloogid teinud hulgaliselt temaatilisi töid Eesti maavarade levikualade, tooraineressursside ja nende kasutamisvõimaluste kohta. Korduvalt on koostatud ülevaateid Eesti maavaradest geoloogilis-majandusliku hinnangu näol, tehtud prognoose varude kohta ja antud soovitusi nende perspektiivseks kasutamiseks vastavalt tarbimisvajadustele. Maavarade hinnangute alusel on koostatud nende evitamise arenguskeemid kuni 2000. aastani. Erilist tähelepanu on pööratud ehitusmaterjalide geoloogilis-majanduslikule hinnangule, komplekssele ja ratsionaalsele kasutamisele. Lisaks ehitusmaterjalide otsingulis-hinnanguliste töödele on maardlatel korduvalt tehtud erisuguse detailusega uuringuid, varude arvutusi ja ümberhindamisi. Alustatud on riigi maavarade katastri koostamist. Üldse on Geoloogiafondis selliseid üldistava sisuga töid umbes 50. Maavaravarudest ja kaevandatavatest kogustest annavad ülevaate Geoloogiafondis koostatavad iga-aastased bilansid.

**Karbonaatne ehituskivi.** Et karbonaatne kivim on kasutamiseks kätesaadav vaid uuritavaala põhjaosas, näitavad ka olemasolevad aruanded: geoloogilisi uuringuid on korduvalt tehtud Saaremaal, Pärnumaal ja Jõgevamaal. Eesti lõunarajoonides on läbi viidud üksikuid ehituskivi otsingutöid (1990, 1992) ja mõnede maardlate uuringuid (Tiirhanna 1960, 1989; Vitsjärve 1959, 1960). Kõige rohkem on uuritud lubjakive ja dolomiite *Saaremaal*, esimene ülevaatlik aruanne on pärit 1927. a. Olulisemad uuringuobjektid on olud Agama lubjatoormemaardla (1958, 1990); Jaagarahu (1973, 1978), Kogula (1991), Koguva (1975–1994), Selgase e. Mustjala (1969, 1994) ja Tagavere (1956–1961 ja 1994) ehituskivimaardla; Mõisaküla tehnoloogilise lubjakivi maardla (1993, 1994); Kaarma dekoratiiv- ja raidkivimaardla (1953–1994) ning Hellamaa klaasidolomiidimaardla (1955, 1993). Lisaks on tehtud otsingutöid tervel saarel (1956, 1960, 1983). *Pärnumaal* on peale otsingutööde (1983) uuritud detailsemalt Koonga (1974), Tarva (1993) ja Anelema (1960–1992) dolomiidimaardlat. Viimases on korduvalt tehtud ka varude ümberarvutust. *Jõgevamaal* on peale ehituskivide otsingutööde (1963) uuritud geoloogiliselt Kalana (1979) ja Pajusi (1970, 1989, 1992) lubjakivi- ning Rõstla (1987, 1993) dolomiidimaardlat. 1960. a. tehti geoloogilist luuret Adavere ja Neanurme ümbruses.

**Savi** on Kesk- ja Lõuna-Eestis otsitud ja uuritud üsna palju, praktiliselt kõikide maakondade piires. Esimesed andmed Eesti fajanss-savi leiukohtadest pärinevad 1947. aastast. 1950. aastatel tehti uuringuid savide omaduste, kvaliteedi ja rikastamisvõimalustele kohta, 1960. aastatel savide kasutamisvõimalustele kohta. *Jõgevamaal* tehti savi otsingutöid 1954. a. ja 1992. a. Geoloogiline uuring toimus Mustvee (1960) ja Puurmani (1954) maardlas. *Põlvamaal* tehti otsingutöid 1956. a. Põhjalikult on uuritud Joosu raskeltsulavate savide maardlat (1951–1991). Aastatel 1952–1959 uuriti Süvahavva, Mammaste, Kiidjärve ja Kärsa maardlat. *Pärnumaal* on korduvalt uuritud ja arvutatud varusid Arumetsa tellisesavimaardlal (1950–1992). 1950. aastatel uuriti ka Vändra, Sindi, Tõstamaa, Kilingi-Nõmme ja Massu maardlat. *Saaremaal* tehti tellisesavi otsingutöid 1957. a. ja 1992. a. 1950. aastatel uuriti Kellamäe ja Valjala maardlat. Keraamilise savi varu on kinnitatud Sakla (1994) maardlas. *Tartumaal* tehti savi otsingutöid 1951., 1954., 1956. ja 1992. aastal. 1950. aastatel uuriti tellisesavi leidmiseks detailsemalt Ilmatsalu, Laeva, Hundisoo ja Vanaaseme maardlat. *Valgamaal* tehti savi otsingutööd 1953. a. Põhjalikumalt on tellisesavi leidmiseks uuritud Sangaste ja Tõlliste ümbrust (1952, 1953, 1958), ühekordsest Jürimäe (1952) ja Valga (1953) maardlat. *Viljandimaal* olid savi üldised otsingu- ja uuringutööd 1949. a. ja 1954. a. Põhjalikumalt on uuritud Tohvri maardlat (1952–1991). *Võrumaal* on geoloogiliselt hästi uuritud ja tellisesavi varu hinnatud Küllatova (1951–1987) ja Määsi (1991) maardlas. Keraamilise savi varu on hinnatud ja kinnitatud Perametsa (1994) maardlas. 1950. aastatel uuriti ka Kurenurme, Sänna, Rooksu, Luha, Tsooru ja Võksi maardlat. Otsingu-uuringutöid tehti selles rajoonis 1955. a. ja 1968. a.

**Kruus ja liiv.** Nagu üle kogu Eesti nii ka Lõuna-Eestis on liiva ja kruusa (varem ka kruusliiva) otsitud ja uuritud aastate jooksul korduvalt ja erineva detailsusega, mitmete järeluurингute ja jäälvarude ümberarvutustega. Ala tervikuna iseloomustavad kruusliiva- ja liivamaardlate otsingu- ja hinnangutööde aruanded (1965–1988), varude iga-aastaste muutuste hindamine ekspluatatsioonilistel andmetel (1976–1990), tegutsevate karjääride ja ajutiste paljandite uurimistööd (1968–1989) ja karjääride inventeerimistööd (1971, 1986, 1990). Peale Geoloogiakeskuse on ka Eesti Maanteeprojekt teinud ehitusmaterjalide otsingutöid autoteede ehituseks (1960–1980), Eesti Pöllumajandusprojekt on koostanud rajoonidele optimaalsete vedude skeeme (1987, 1988) ja otsinud ehitusmaterjale maakondade majanditele. Väga paljude karjääride uurimistööd on piirdunud otsingutööde tašemega (eriti projektasutuste poolt uuritud) ja nende varu on seetõttu maavaravarude bilansiga arvele võtmata.

*Jõgevamaal* on geoloogiliselt uuritud ja 1994. a. varu kinnitatud Röövlimäe, Otsa, Soosaide ja Siimusti liivamaardlas. Peale selle on Pöllumajandusprojekt arvutanud varu veel viies karjääris. *Põlvamaal* on 1970. a. uuritud nelja karjääri, 1989. a. hinnatud ja kinnitatud kruusliivavaru Krüüdnéri maardlas, 1994. a. Kollerri maardlas. Eriti tundud ja mitmekülgsest uuritud on Piusa klaasiliivamaardla, kus tehti uuringuid 1941.–1993. aastal. Otsingutööde ja katsetustele liiva omaduste selgitamiseks on hiljem lisandunud maardla osade järeluuringuud, liivavaru arvutused ja ümberhinnangud. *Pärnumaa* piirkonnas toimus geoloogiline uuring ja karjääride inventeerimine 1961. a. ning liivlahjendaja otsimistöö 1958., 1965., 1971. a. Ballastmaterjaliks sobivat tooret otsiti Tori ümbruses 1951. a. Oore maardla klaasiliivavaru ja kasutamiskõlblikkust hinnati 1945. ja 1980. a. Korduvalt uuriti Murru (1975, 1992) ja Potspea (1963, 1992) kruusliivamaardlat, varu on veel kinnitatud Sooba (1990) ja Häädemeeste (1991) liivamaardlas ning Eassalu (1990, 1994), Kaiste (1987) ja Lavassaare (1992) kruusliivamaardlas. Projektasutused on hinnanud varu veel neljas karjääris. *Saaremaal* otsiti kruusliiva 1957. aastal. Liivavaru on hinnatud ja kinnitatud Kõõru (1993), Järise (1994), Tehumardi (1988), Meiuste (1994), Varkja (1994) ja Viieristi (1981, 1994) maardlas, kruusliiva- ja kruusavaru Lagenõmme (1992, 1994), Kärla (1993) ning 1994. a. Mõntu, Pidula, Tupenurme ja Ooremaa maardlas. Varu on uuritud veel umbes 25 karjääris. *Tartumaa* piirkonnas tehti

1961. a. kruusliiva- ja liivamaardlate uuringut ja inventeeringist ning 1962. a. ehitusmaterjalide ja 1971. a. ballastmaterjalide otsimistöid. Korduvalt on uuritud, varu arvutatud ja kinnitatud Kukemetsa (1957–1993), Vooremäe (1963–1984) ja Aardlapalu (1987–1993) maardlas. Veel on varu kinnitatud Laane (1992), Soova (1992), Kobratu (1957, 1994), Kaarsimäe (1994) ja 1994. aastal veel üheteistkümnnes karjääris. Projektasutused on hinnanud varu veel seitshes karjääris. *Valgamaal* otsiti liivilahjendajaks sobivat materjali 1958. a. Liiva- ja kruusauuring on tehtud ja varu kinnitatud Helmi–Aakre (1990, 1993) ja Palupera (1994) maardlas. Veel on uuritud varu Valga–Petseri teelõigu ehitamiseks ja 12 karjääris. *Viljandimaal* on geoloogiliselt uuritud, liivavaru arvutatud ja kinnitatud Tohvre (1992) liivamaardlas ning 1994. aastal Pombre, Pirmastu, Lanninga, Välgita, Kärstna, Mäeküla, Heimtali, Tääksi, Varesemägede ja Küti kruusliivamaardlas. Peale nimetatute on varu arvutatud veel kümnes maardlas ja kaheksas karjääris. *Võrumaa* piirkonnas tehti geoloogilist uuringut ja karjääride inventeeringistöid 1961. a. ning klaasiliiva otsingut 1987. aastal. Võru ümbruse ehitusmaterjale uuriti juba 1947. a. Aastatel 1980–1994 on keraamilise liiva varu uuritud ja arvutatud Kaku maardlas. Ehitusliivavaru on veel hinnatud Karjamäe, Laane, Hilande, Järvere, Püssapalu, Nogopalu, Pikasaare ja Liiva maardlas (viimases neljas kinnitati varu 1994. a.).

**Muda.** Ülevaade Eesti meremudadest ja nende otsingust on antud 1964. a. ja 1973. a. aruandes. Sanatooriumide tarbeks on ravimuda otsitud-uuritud Saaremaal Kuressaares (1985) ja Mullutu–Suurlahe rannajärve piires (1991), samuti detailtööde käigus Pärnumaal Iklas (1986). Värska lahe muda uuriti 1969. a. ja 1976. a. ning viimaste andmete alusel soovitati seda kasutamiseks ravimudana ja pöllumajanduses.

Eesti järvemuda- (sapropeeli-) maardlate ja varude kohta on koostatud paar ülevaatlikku tööd (1989, 1991). Pöllumajanduse tarbeks (1974, 1976) on järvemuda ja turba otsingulis-hinnangulisi töid tehtud Põlva-, Valga- ja Võrumaal (1982), Viljandimaal (1983), Jõgevamaal (1985), Pärnumaal (1986) ja Saaremaal (1988). Järvemudavaru uuriti, arvutati ja kinnitati Tartumaal Kalli ja Leegu järves (1991) ning Sangla soostiku Laugesoo turbalasundi all (1993).

**Järvelubi.** Ülevaade Eestis ehituskriidina kasutatava järvelubja varust on antud juba 1946. a. aruandes. 1993. a. on seda uuritaval alal arvutatud ja kinnitatud Tartumaal Sangla soostiku Laugesoo turbalasundi all.

**Turvas.** Varaseimad andmed turbauuringutest päinevad 1946.–1948. a., mil koostati Eesti mullastiku ülevaatekaart ja iseloomustati turba keemilist ja botaanilist koostist. Töö jätkus Keskk-Eesti (1958), Kagu-Eesti (1955, 1956) ja Edela-Eesti (1956, 1958) soode iseloomustamisega. Aastatel 1974–1985 tehti uuritaval alal turbamaardlate otsingu-hinnangutöid ning 1982.–1988. a. turba ja sapropeeli otsingutöid. Aastaid (alates 1963. a.) on peetud turbabilansi, uuritud turbavarusid (1964, 1993, 1994) ja turba kompleksse kasutamise võimalusi (1987, 1989). Valdag osa aruannetest on pühendatud turbasoode uuringutele. Eriti palju sellesisulisi töid on tehtud Pärnumaal seoses Lavassaare ja Tootsi turbatööstuse probleemide lahendamisega. Küllalt palju on uuritud ka Saaremaa ja Tartumaa soid, mujal Lõuna-Eestis tunduvalt vähem.

**Polümetallid.** Esimesed polümetalset maagistumist käitlevad tööd Eestis on tehtud 1953. a. Vastavasisulisi aruandeid on Geoloogiafondis 24, paaril viimasel aastakünnel pole analoogilisi uuringuid tehtud. Mitu tööd on pühendatud värviliste ja haruldaste metallide otsingute metodika väljatöötamisele (1961–1967) ja polümetalse maagistumise seaduspärasuste selgitamisele karbonaatkivimite levikualal (1959–1973). Korduvalt on Eestis, seega ka Liivimaal tehtud värviliste metallide otsingu- ja hinnangutöid (1956–1974). On kirjeldatud polümetallide elektromeetriliste uurimiste tulemusi (1953), polümetalsete maakide minerali-

satsiooni ja geokeemiat (1964, 1967). 1982. aastal on iseloomustatud mustade metallide leidumist Eesti aluskorra kivimites.

**Ooker, värvimuld.** Rauaokri- ja värvimullamaardlaid on Eestis uuritud 1945.–1954. aastal. Valga- ja Võrumaal on tehtud ookrimaardlate otsingutöid ning Möniste, Naha, Pedeli ja Tambre maardla detailuuring (1962).

**Nafta ja gaas.** Eestis on uuritud maagaasi, nafta ja soola levikuprobleeme (1940) ning otsitud looduslikku gaasi ja naftat (1945, 1960). Huvipakkuvamad on nafta ja gaasi otsingutega seotud tööd Saaremaal, kus on iseloomustatud nafta, asfaldi või asfaltiidi koostisele vastavat looduslikku bituumenit (1970, 1993).

Kokku on EGF-is maavarade uuringutega seotud aruandeid umbes 550, seejuures kõige rohkem kruusliiva ja liiva, palju ka savi ja turba kohta.

## Lõpetuseks

Üldjoontes on Eesti kunagise Liivimaa-osa geoloogiline uuritus analoogilise kogu Eesti territooriumi uuritusega. Kõik ülevaatlikud, temaatilised ja üldisema sisuga tööd peegeldavad kogu Eestimaa geoloogilist ehitust. Piirkonniti on põhiline tähelepanu pööratud ehitusmaterjalide ja põhjavee (mineraalvee) otsingutele-uuringutele. Edaspidiste tööde eesmärgiks peaks olema suuremõõduline kaardistamine ja maavaravarude selgitamine tarbimisvajadustest ja ökoloogilis-majanduslikest tingimustest lähtuvalt. Juba olemasolev mahukas materjal võimaldab üht või teist geoloogilist probleemi selle uurituse kaudu põhjalikumalt edasi uurida ja analüüsida.

## GEOLOGICAL INVESTIGATIONS IN SOUTH ESTONIA (NORTHERN LIVONIA) ON THE BASIS

### OF MANUSCRIPT REPORTS OF THE GEOLOGICAL FUND OF ESTONIA

Mare Kukk

Summary

This paper gives a review of the state of geological investigations, carried out on ancient Livonian territory (comprises Central and Southern Estonia) on the basis of manuscript works, submitted to the Depository of Manuscript Reports (the Geological Fund) of Estonia. Since 1920 approximately 1500 reports, dealing with the geology of Livonia, have been compiled. In the present survey several comprehensive, thematic and generalizing reports of the investigations, carried out on Estonian (consequently also on Livonian) territory, are considered. The aforesaid reports treat the geology, hydrogeology, stratigraphy, lithology and paleontology of the investigated area. The number of such comprehensive regional works is, however, rather small — about 150. Also, a brief survey of geochemical, geophysical and engineering-geological research is presented. The number of hydrogeological investigations is quite large (about 450); especially numerous are the investigations concerning the problems of groundwater reserves and supply, as well as the groundwater protection and regime observations. From the geological research carried out in different regions of Southern and Middle Estonia, the most interesting are the special-purposed geological investigations. Among them, from the standpoint of present-day as well as future studies, the most important

are geological mapping, and also prospecting and exploration of mineral deposits. Geological mapping gives a good idea of geology of the research area; therefore, in the present paper the data on geological, hydrogeological, geochemical and geophysical mapping at different scales have been presented. Special attention has been paid to prospecting of mineral deposits, as well as evaluation of the reserves, both in the counties and at the deposits. The deposits of building materials (building stone, gravelly sand, sand, clay) and peat as well as the possibilities of taking them into use have been especially thoroughly investigated.

# TARTU ÜLIKOOLIS GEOLOOGIA ERIALAL KAITSTUD DIPLOMITÖÖD JA VÄITEKIRJAD AASTATEST 1946–1994

\*Tiiia Kurvits ja Iris Kangur

\*Tartu Ülikooli Geoloogia Instituut

175-aastases geoloogia õpetamise ajaloos Eestis on aastatel 1946–1994 Tartu Ülikooli Geoloogia Instituudis (TÜ GI) geoloogi eriala omandanud ja diplomitöö kaitsnud 438 inimest. Magistriväitekirju on kaitstud 22, kandidaativäitekirju 13 ning doktoriväitekirju 5. Geoloogia diplomandid ja väitekirjade kaitjad on oma tööde koostamise käigus kogunud ja analüüsixinud suure hulga geoloogilisi andmeid, mis sageli on jäänudki ainult käsikirjalisse vormi ja seega tundmatuks paljudele asjast huvitatule.

Ülevaate loomiseks töödes käsitletavatest probleemidest on alljärgnevalt esitatud diplomi-, magistri-, kandidaadi- ja doktoritööde nimestik ajalises järjestuses ning lisaks 3 süsteematiilist loetelu: töödes käsitletavad ainevaldkonnad, stratigraafilised ühikud ja geograafilised nimetused.

## Juhiseid nimestike kasutajale

Diplomi-, magistri-, kandidaadi- ja doktoritööde loendis on märgitud töö koostaja, pealkiri ja juhendaja, lisaks töödes sisalduvate jooniste (jn.), tabelite (tab.), fotode, kaartide, lisade ning bibliograafiliste nimetuste hulk. Võrkeelsete tööde puhul on esitatud eestikeelse resümee pealkiri, selle puudumisel on nurksulgudes lisatud pealkirja tõlge.

Kõik käsikirjalised diplomi- ja magistritööd, samuti mõned kandidaatitööd on hoiul ning soovijaile kättesaadavad TÜ GI raamatukogus (Tartu, Vanemuise 46). TÜ raamatukogus (Tartu, Struve 1) on võimalik lugeda kõiki magistri-, kandidaadi- ja doktoriväitekirju. Diplomi- ja magistritööde numeratsioon nimestikes vastab nende numeratsioonile TÜ GI raamatukogus. TÜ raamatukogus hoitavate kandidaadi- ja doktoriväitekirjade andmetele on märgendi \* järele lisatud katalooginumber.

Süsteematisel nimestikud on detaised Eestit puudutavate tööde kohta. Üks töö (märgitud on järjekorranumber) võib nendes esineda mitme märksõna all, vastavalt töös käsitletavale probleemistikule. Ainult välisriike hõlmavad tööd leiavad kajastamist vaid geograafiliste nimetuste loendis.

**Tänavaudus:** Autorid avaldavad tänu TÜ raamatukogu teadusbibliograafia osakonna juhtajale Maare Künnikule abi eest nimestike koostamisel.

## I lend 1950

1. **Jürgenson, Erika.** Tallinna linna geoloogia. Tartu, 1950, 75 lk., 14 jn. Bibl. 22 nim. Juh. A. Luha.
2. **Kelppmann, Jaan.** Kütte-Jõu kaevandusala geoloogiast. Tartu, 1950, 41 lk. Bibl. 14 nim. Juh. E. Möls.
3. **Lõokene, Erna.** Laitse ja Märjamaa vahelise ala kvaternaargeoloogia. Tartu, 1950, 97 lk., 15 jn. Bibl. 28 nim. Juh. K. Orviku.
4. **Rästa, Helgi.** Risti-Palivere ümbruse kvaternaargeoloogia. Tartu, 1950, 141 lk., 13 jn. Bibl. 49 nim. Juh. K. Orviku.
5. **Oraspöld, Asta.** Raikküla lademe geoloogia Lääne-Eestis. Tartu, 1950, 107 lk., 7 jn. Bibl. 18 nim. Juh. A. Luha.
6. **Ilves, Meeri.** "Kiviõli" kaevanduse geoloogiast. Tartu, 1950, 81 lk. Bibl. 15 nim. Juh. K. Orviku, A. Luha, E. Möls.
7. **Veber, Karl.** Maardu ümbruse geoloogiast. Tartu, 1950, 78 lk., 2 tab. Bibl. 21 nim. Juh. E. Möls.

## II lend 1951

8. **Rähni, Endel.** Adavere lademe litoloogiast. Tartu, 1951, 74 lk. Bibl. 18 nim. Juh. E. Möls.

## III lend 1952

9. **Aaloe, Ago.** Jaagarahu lademe dolomiitse faatsiese riffmoodustistest. Tartu, 1952, 59 lk., 21 jn. Bibl. 28 nim. Juh. E. Möls.
10. **Hein, Hansi.** Boksiitide otsimistööd Ivdeli rajoonis Languri piirkonnas. Tartu, 1952, 64 lk., 4 kaarti. Bibl. 5 nim. Juh. E. Möls.
11. **Aasjõe, Irene.** Tõstamaa ümbruse kvaternaargeoloogiast. Tartu, 1952, 83 lk., 17 jn. Bibl. 23 nim. Juh. K. Orviku.
13. **Jürgenfeldt, Gorri.** Kohtla kaevanduse geoloogiast. Tartu, 1952, 56 lk., 10 fotot. Bibl. 13 nim. Juh. E. Möls.
14. **Mark, Elga.** Uusi artrodiiriliike Tartu lademest (ENSV keskdevon). Tartu, 1952, 92 lk., 15 jn. Bibl. 34 nim. Juh. K. Orviku, E. Möls.
12. **Heinsalu, Ülo.** Karstinähtustest Eesti NSV-s. Tartu, 1952, 102 lk., 32 jn. Bibl. 49 nim. Juh. K. Orviku.
15. **Laane, Linda.** Tallinna linna kesksete rajoонide insenergeoloogiast. Tartu, 1952, 88 lk., 4 jn. Bibl. 29 nim. Juh. E. Möls.
16. **Orgo, Kaisa.** Barantši jõest lõunasse jääva gabbromassiivi geoloogiast Kesk-Uuralis. Tartu, 1952, 82 lk., 6 tab. Bibl. 78 nim. Juh. E. Möls.
17. **Remmel, Heljo.** Häädemeeste ümbruse kvaternaargeoloogiast. Tartu, 1952, 78 lk., 27 jn. Bibl. 18 nim. Juh. K. Orviku.
18. **Olli, Vaino.** Ülemiste järve hüdrogeologilisi uurimusi Tallinna linna veevarustuse võimalustele selgitamiseks. Tartu, 1952, 57 lk., 4 fotot. Bibl. 17 nim. Juh. E. Möls.
19. **Rõõmusoks, Arvo.** Uhaku lademe ( $C_1c$ ) stratigraafia Eesti NSV-s. Tartu, 1952, 113 lk., 9 jn., 11 fotot, 2 tab., 2 kaarti. Bibl. 33 nim. Juh. E. Möls.
20. **Sarv, Lembit.** Eesti NSV ordoviitsiumi *Megalaspis*-lubjakivi ( $B_{II}$ ) ja Kunda lademe ( $B_{III}$ ) ostrakoodidefauna. Tartu, 1952, 84 lk., 9 jn., 2 tahvlit. Bibl. 29 nim. Juh. E. Möls.
21. **Utsal, Kalju.** Pilstvere ümbruse magnetilised vertikaal-intensiivsuse anomaaaliad (Za). Tartu, 1952, 77 lk., 5 jn. Bibl. 19 nim. Juh. E. Möls.
22. **Viiding, Herbert.** Rändkivide geoloogiast Eesti NSV mandrialal. Tartu, 1952, 82 lk., 7 tab., 6 jn., 30 fotot. Bibl. 36 nim. Juh. K. Orviku.

#### IV lend 1953

23. **Eesmaa, Richard.** Insenergeoloogilisi eeldusi Tallinna linna kasvamiseks Nõmme-Harku järve joonest edelasse. Tartu, 1953, 118 lk., 17 fotot, lisa 4 kaarti. Bibl. 18 nim. Juh. E. Möls.
24. **Kalamees, Hellin.** Kagu-Eesti lavamaa kvaternaargeoloogiast. Tartu, 1953, 87 lk., 10 jn., 26 fotot. Bibl. 18 nim. Juh. E. Möls.
25. **Kajak, Kalju.** Valga, Antsla ja Mõniste ümbruse kvaternaargeoloogiast. Tartu, 1953, 96 lk., 37 fotot. Bibl. 23 nim. Juh. E. Möls.
26. **Kaljo, Dimitri.** Eesti NSV ordoviitsiumi rugoosid. Tartu, 1953, 97 lk., 1 tab., 6 fototahvlit. Bibl. 28 nim. Juh. K. Orviku.
27. **Loit, Tõnis.** Sakala kõrgustiku keskosa kvaternaargeoloogiast. Tartu, 1953, 77 lk., 6 jn., 3 tab. Bibl. 14 nim. Juh. K. Orviku.
28. **Jaansoo, Hedi.** Põhja-Eesti glatsifluviaalsete kruusade ja liivade granulomeetrisline ja kivimilis-mineraloogiline analüüs. Tartu, 1953, 102 lk., 32 jn. Bibl. 6 nim. Juh. E. Möls.
29. **Maaring, Jüri.** Rändkivide levikust Eesti NSV-s. Tartu, 1953, 168 lk., 61 jn., 12 fotot, 2 tab. Bibl. 33 nim. Juh. K. Orviku.
30. **Mustjögi, Evald.** Meso- ja kainozoilised setted Kesk-Uraali idanõlval Alapajevski ning Irbiti vahelisel alal. Tartu, 1953, 144 lk., 14 jn. Bibl. 47 nim. Juh. E. Möls.
31. **Nugis, Selma.** Otepää ümbruse kvaternaargeoloogiast. Tartu, 1953, 79 lk., 13 fotot. Bibl. 18 nim. Juh. E. Möls.
32. **Sammet, Evald.** Nižni- ja Verhni-Tagili vahelise ala rohelisekivi võö geoloogiast Kesk-Uraalis. Tartu, 1953, 129 lk., 4 fotot, 3 kaarti. Bibl. 48 nim. Juh. K. Orviku.
33. **Sööt, Olev.** Avinurme ümbruse kvaternaargeoloogiast. Tartu, 1953, 77 lk., 14 fotot. Bibl. 8 nim. Juh. E. Möls.
34. **Traat, Heiti.** Ivdeli rajooni boksiitidevöö geoloogiast. Tartu, 1953, 100 lk., 14 jn., 9 fotot. Bibl. 23 nim. Juh. E. Möls.
35. **Voolma, Evi.** Gusevi maardla geoloogia, sealsed sekundaarsed kvartsiidid ja nende genees. Tartu, 1953, 112 lk., 13 jn., 1 kaart. Bibl. 31 nim. Juh. K. Orviku.

#### V lend 1955

36. **Jõgi, Silvi.** Tapa linna geoloogiline ja insenergeoloogiline iseloomustus. Tartu, 1955, 87 lk., 2 jn., 26 fotot, 12 lisa (eraldid kd.). Bibl. 30 nim. Juh. E. Möls.
37. **Kõrvel, Viktor.** Eesti NSV ülem-ordoviitsiumi dalmanelliididest. Tartu, 1955, 72 lk., 6 jn., 6 fotot, 6 tab. Bibl. 21 nim. Juh. A. Rõõmusoks.
38. **Lugus, Elmar.** Eesti NSV vanema paleozoikumi karbonaatsetest ehituskivimitest. Tartu, 1955, 56 lk., 16 tahvlit, 51 fotot, 1 kaart. Bibl. 12 nim. Juh. E. Möls.
39. **Lõhmus, Urve.** Saunja, Vormsi, Pirgu lademe litoloogiast. Tartu, 1955, 65 lk., 5 tab., 19 tahvlit, 57 fotot, 9 lisa. Bibl. 23 nim. Juh. E. Möls.
40. **Viidas, Eike.** Abja-Paluoja rajoonikeskuse geoloogiline ja insenergeoloogiline iseloomustus. Tartu, 1955, 72 lk., 4 tab., 14 fotot, 10 lisa. Bibl. 20 nim. Juh. A. Oraspöld.
41. **Mardla, Ellen.** Kingissepa linna geoloogiline ja insenergeoloogiline iseloomustus. Tartu, 1955, 58 lk., 3 jn., 9 fotot, 11 lisa. Bibl. 12 nim. Juh. E. Möls.
42. **Arike, Reet.** Suur-Võrtsjärve idaosa geoloogiast ja järvesetete subfossiilidest. Tartu, 1955, 87 lk., 9 tab., 46 fotot, lisas 7 kaarti. Bibl. 18 nim. Juh. K. Orviku.
43. **Palm, Pille.** Porkuni lademe litoloogiast. Tartu, 1955, 71 lk., 39 fotot, 8 lisa. Bibl. 15 nim. Juh. E. Möls.
44. **Rohtlaan, Aina.** Eesti NSV ülemordoviitsiumi sammalloomadest. Tartu, 1955, 79 lk., 30 jn., lisas 8 tab., 65 fotot. Bibl. 17 nim. Juh. A. Oraspöld.
45. **Sarv, Aino.** Võrtsjärve läänekalda geologilisest ehitusest. Tartu, 1955. Juh. K. Orviku.
46. **Stumbur, Heino.** Eesti NSV ülem-ordoviitsiumi nautiloiididest. Tartu, 1955, 159 lk., 2 tab., 16 tahvlit. Bibl. 11 nim. Juh. A. Rõõmusoks.

47. **Stumbur, Kaljo.** Siluri alumiste lademete ostrakoodidefaunast Eesti NSV-s. Tartu, 1955, 67 lk., 10 fotot, 7 tab. Bibl. 18 nim. Juh. A. Rõõmusoks.

## VI lend 1956

48. **Gravitis, Viktor.** Гравитис Виктор. О геологии Алукснесского и соседних районов. Tartu, 1956, 60 с., 2 прил. Библ. 9 назв. Рук. Э. Мельс. [Alūksne ja naaberrajoonide geoloogiast.]
49. **Hang, Vaike.** Võsu ja Kunda vahelise ala kvaternaargeoloogiast. Tartu, 1956, 129 lk., 15 jn., 44 fotot, 7 lisa. Bibl. 25 nim. Juh. A. Oraspöld.
50. **Karavin, August.** Kaiu mõhnastik ja selle ümbruse kvaternaargeoloogiast. Tartu, 1956, 54 lk., 10 lisa, 11 fotot. Bibl. 7 nim. Juh. K. Orviku.
51. **Kink, Hella.** Koola poolsaare Ni-Cu maardlatest. Tartu, 1956, 119 lk., 11 jn., 29 fotot, 3 kaarti. Bibl. 50 nim. Juh. E. Möls.
52. **Kruus, Valdur.** Jõhvi-Ahtme linna insenergeoloogiast. Tartu, 1956, 84 lk., 5 tab., 13 lisa. Bibl. 17 nim. Juh. H. Viiding.
53. **Suum, Astra.** Raikküla lademe litoloogiast Lääne-Eestis. Tartu, 1956, 120 lk., 6 fototahvlit, 1 kaart. Bibl. 30 nim. Juh. A. Oraspöld.
54. **Kruus, Helvi.** Põhja-Timani basaldi massiivi geoloogiast. Tartu, 1956, 86 lk., 1 jn., 1 tab., 31 fotot, 1 kaart. Bibl. 22 nim. Juh. H. Viiding.
55. **Roop, Asta.** Sakala kõrgustiku hüdrogeoloogiast. Tartu, 1956, 68 lk., 6 tab., 7 jn., 5 lisa. Bibl. 20 nim. Juh. E. Möls.
56. **Zirna, Elsbet.** Eesti NSV dolomiitidest. Tartu, 1956, 70 lk., 4 fototahvlit, 1 kaart. Bibl. 30 nim. Juh. E. Möls.
57. **Loog, Aadu.** Vasemaardlate metallomeetrilised uurimised Kesk-Uraalis. Tartu, 1956, 161 lk., 19 jn., 5 tab., 28 fotot, 4 kaarti. Bibl. 49 nim. Juh. E. Möls.
58. **Lomp, Aino.** Petšenga rajooni kvaternaarsete setete geoloogiast. Tartu, 1956, 39 lk., 10 fotot, 8 lisa. Bibl. 12 nim. Juh. E. Möls.
59. **Petersell, Lembit.** Aseri lademe (C<sub>1</sub>a) faunast. Tartu, 1956, 113 lk., 3 fototahvlit, 1 kaart, 1 profiitabel. Bibl. 35 nim. Juh. A. Rõõmusoks.
60. **Kruus, Helgi.** Suur-Võrtsjärve ranniku geoloogiast Vaibla ja Võisiku vahemikus. Tartu, 1956, 90 lk., 6 jn., lisas 3 kaarti, 5 läbilõiget. Bibl. 19 nim. Juh. K. Orviku.
61. **Remmel, Paul.** Saaremaa keskkõrgustiku kvaternaargeoloogiast. Tartu, 1956, 77 lk., 5 lisa, 13 fotot. Bibl. 10 nim. Juh. H. Viiding.
62. **Talts, Viktor.** Viljandi rajooni alliklupjade geoloogiast. Tartu, 1956, 60 lk., 4 jn., 5 lisa, 9 fotot. Bibl. 9 nim. Juh. K. Orviku.
63. **Reichan, Lea.** Kambrium ja ordoviitsiumi konodontide faunast ENSV-s. Tartu, 1956, 108 lk., 4 jn. 1 tab., 6 tahvlit. Bibl. 18 nim. Juh. A. Rõõmusoks.
64. **Usar, Rein.** Saaremaa lademetel (silur) brahhiopoodide faunast. Tartu, 1956, 112 lk., 21 tahvlit. Bibl. 35 nim. Juh. A. Rõõmusoks.
65. **Vares, Helga.** Edela-Eesti põhimoreenide litoloogiast. Tartu, 1956, 50 lk., 2 jn., 13 lisa. Bibl. 18 nim. Juh. K. Orviku.
66. **Viiding, Mare.** Adavere lademe litoloogia. Tartu, 1956, 122 lk., 1 kaart, 30 fotot. Bibl. 25 nim. Juh. H. Viiding.

## VII lend 1957

67. **Arbeiter, Rahuleid.** Leetse lademe litoloogiast. Tartu, 1957, 73 lk., 27 tahvlit, 30 fotot. Bibl. 16 nim. Juh. E. Möls., K. Müürissepp.
68. **Kahar, Sale.** Olekma aheliku (Ida-Taga-Baikal) edelaosa geoloogiast. Tartu, 1957, 88 lk., 1 jn., 3 kaarti, 14 fototahvlit. Bibl. 22 nim. Juh. D. Kaljo.

69. **Einasto, Rein.** Kaarma lademe litoloogiast. Tartu, 1957, 90 lk., 11 jn., 3 lisa, 57 fotot. Bibl. 25 nim. Juh. A. Oraspöld.
70. **Elvre, Ilmar.** Eesti NSV moreenide kivimilisest kvantitatiivsest analüüsist. Tartu, 1957, 85 lk., 23 tab., 7 jn., 12 lisa. Bibl. 58 nim. Juh. K. Orviku.
71. **Kasemets, Endel.** Pärnu lahe ranniku geoloogiast Iklast Pärnuni. Tartu, 1957, 96 lk., 24 fotot, 21 profili, 4 tab., 2 kaarti. Bibl. 12 nim. Juh. L. Orviku.
72. **Klaamann, Aita.** Uusi andmeid Kaugatoma ja Ohesaare lademe geoloogiast. Tartu, 1957, 125 lk., 1 jn., 2 tab., 37 fotot, 1 kaart, 3 profili. Bibl. 25 nim. Juh. A. Oraspöld.
73. **Klaamann, Einar.** Paadla lademe geoloogia. Tartu, 1957, 104 lk., 7 jn., 47 fotot, 3 kaarti, 3 profiilitabelit. Bibl. 21 nim. Juh. A. Oraspöld.
74. **Kaudre, Ludmilla.** Каудре Людмила. Четвертичная геология в пределах окрестностей Вихтерпалау—Ригульди. Тарту, 1957, 93 с., 15 рис., 3 прил. Библ. 16 назв. Рук. К. Кајак, Х. Ряста. [Vihterpalu-Riguldi vahelise maa-ala kvaternaargeoloogia.]
75. **Maldre, Jaan.** Eesti NSV aluspõhja lõhede täitematerjali mineraloogiline koostis. Tartu, 1957, 96 lk., 26 jn., 3 tab. Bibl. 27 nim. Juh. H. Teder.
76. **Miidel, Avo.** Raikküla lademe geologiast Ida-Eestis. Tartu, 1957, 90 lk., 7 jn., 17 tahvlit, 3 läbilõiget, 6 kaarti, 1 diagramm. Bibl. 37 nim. Juh. D. Kaljo.
77. **Miidel, Milvi.** Adavere, Jaani, Jaagarahu lade Karja-Pärsamaa ja Koonga puuraugus. Tartu, 1957, 104 lk., 2 kaarti, 2 profili, 19 fotot. Bibl. 35 nim. Juh. D. Kaljo.
78. **Petersell, Valter.** Moreenides Eesti NSV kagurajoonides. Tartu, 1957, 94 lk., 12 tab., 7 lisa, 17 fotot. Bibl. 20 nim. Juh. H. Viiding.
79. **Pill, Aino.** Tallinna linna ja selle ümbruse kvaternaargeoloogia ja pinnaveed. Tartu, 1957, 83 lk., 12 tab., 8 fotot, 4 kaarti. Bibl. 20 nim. Juh. E. Löökene.
80. **Pintšukova, Irina.** Пинчукова Ирина. Подземные воды в четвертичных отложениях в северной части холмисто-моренного ландшафта Оtepя. Тарту, 1957, 96 с., 1 табл., 4 карт. Библ. 14 назв. Рук. Э. Льюкене. [Põhjavesi Otepää künkliku moreennaastiku põhjaosa kvaternaari setetes.]
81. **Saarelaid, Heino.** Andmeid Eesti NSV ja Leningradi oblasti põlevkivi tootlike kihtide struktuuridest ja tekstuuridest. Tartu, 1957, 85 lk., 1 skeem, 41 fototahvlit, 1 kaart, 3 läbilõiget. Bibl. 25 nim. Juh. E. Möls.
82. **Vares, Milvi.** Kesk- ja ülemordoviitsium Kose (Mustvee rajoon) puuraugus. Tartu, 1957, 108 lk., 6 jn., 1 tab., 19 fotot. Bibl. 17 nim. Juh. D. Kaljo.
83. **Sildnik, Elmar.** Otepää linna insenergeoloogia. Tartu, 1957, 61 lk., 1 jn., 7 tab., 11 fotot, 12 lisa (eraldi kd.). Bibl. 21 nim. Juh. K. Kajak, R. Eesmaa.
84. **Mets, Raili.** Pandivere kõrgustiku karst. Tartu, 1957, 81 lk., 19 jn., 1 kaart, 10 fotot. Bibl. 16 nim. Juh. E. Löökene.
85. **Susi, Karla.** Põhja-Uraali idanõlva Pomuuri gabbro-granodioriitse massiivi geoloogiast. Tartu, 1957, 100 lk., 13 jn., 3 tab., 9 fotot, 3 kaarti. Bibl. 65 nim. Juh. H. Viiding.
86. **Vallner, Leo.** Tallinna linna ja selle lähema ümbruse aluspõhja hüdrogeoloogiast. Tartu, 1957, 77 lk., 3 fototahvlit, 7 lisa. Bibl. 23 nim. Juh. E. Möls.
87. **Paulmann, Vaike.** Zilovo depressiooni (Ida-Taga-Baikal) ja selle ümbruse geoloogiast. Tartu, 1957, 94 lk., 37 fotot, 4 kaarti. Bibl. 21 nim. Juh. D. Kaljo.
88. **Säkki, Alide.** Tartu ümbruse kruusade ja liivade litoloogiast ning kasutamise võimalustest. Tartu, 1957, 85 lk., 15 fotot, 13 lisa. Bibl. 32 nim. Juh. K. Kajak.
89. **Viigand, Arvu.** Küsimusi Adavere lademe idaosa litogeneesist. Tartu, 1957, 64 lk., 1 tab., 1 kaart, 12 tahvlit. Bibl. 26 nim. Juh. E. Möls.
90. **Võsu, Aare.** Mägise-Krimmi idaosa geoloogiast. Tartu, 1957, 83 lk., 24 fotot, 2 kaarti. Bibl. 9 nim. Juh. H. Viiding.
91. **Võsu, Mai.** Otuzkaja balka geoloogiast Mägise-Krimmi idaosas. Tartu, 1957, 78 lk., 6 skeemi, 1 kaart, 13 fotot, 2 lisa. Bibl. 4 nim. Juh. H. Viiding.
139. **Väärsi, Aavo.** Geokeemilistest uurimustest Kindre-Eestis. Tartu, 1959, 78 lk., 13 jn., 7 tab., 5 lisa. Bibl. 21 nim. Juh. E. Möls.

92. **Aunin, Heino.** Eesti NSV aluspõhja tektoonilised lõhed. Tartu, 1958, 69 lk., 12 jn., 4 fotot. Bibl. 8 nim. Juh. E. Möls.
  93. **Eltermann, Guido.** Ahja oru keskjoonku ja Leevi oru geoloogiast. Tartu, 1958, 85 lk., 18 fotot, 4 kaarti, 9 profili. Bibl. 30 nim. Juh. E. Lõokene.
  94. **Kala, Elmar.** Peipsi järve ranniku geoloogiast Mustveest Vasknarvani. Tartu, 1958, 97 lk., 8 jn., 2 fotot, 2 tab., 2 tahvlit, 3 kaarti. Bibl. 21 nim. Juh. K. Orviku
  95. **Karise, Vello.** Ahja jõe oru ülemjoonku ja Ahja parempoolsete lisajõgede (Ora ja Lutsu) orgude geoloogiast. Tartu, 1958, 88 lk., 2 jn., 3 lisa. Bibl. 24 nim. Juh. E. Lõokene.
  96. **Keerup, Olavi.** Peipsi-Pihkva järve ranniku geoloogiast Emajõe suudmest Kulje jõe suudmeni. Tartu, 1958, 97 lk., 2 jn., 6 fotot, 3 kaarti, 2 tahvlit, 2 tab. Bibl. 24 nim. Juh. K. Orviku.
  97. **Liiv, Andla.** Loobu jõe oru geoloogiast. Tartu, 1958, 77 lk., 15 jn., 32 fotot, 8 lisa. Bibl. 19 nim. Juh. E. Möls.
  98. **Meriküll, Aino.** Kolomõja ja tema naaberrajoonide geoloogiast. Tartu, 1958, 118 lk., 20 jn., 2 kaarti, 24 tahvlit, 7 lisa (eraldil mapis). Bibl. 20 nim. Juh. H. Teder.
  99. **Noormägi, Eljot.** Valgejõe oru geoloogiast. Tartu, 1958, 93 lk., 8 jn., 6 lisa. Bibl. 19 nim. Juh. E. Möls.
  100. **Tennen, Tiiu.** Pärli ja Rõuge ürgorgude geoloogiast. Tartu, 1958, 60 lk., 24 jn., 2 tab., 15 fotot, 8 profili, 4 kaarti. Bibl. 22 nim. Juh. E. Lõokene.
  101. **Palo, Marie.** Luka-Bukivna-Stanislavi vahelise ala geoloogiast. Tartu, 1958, 106 lk., 7 jn., 1 kaart, 31 fotot, 1 tab., 5 lisa. Bibl. 17 nim. Juh. H. Teder.
  102. **Groskopf, Maie.** Nemirovi rajooni geoloogiast. Tartu, 1958, 115 lk., 5 jn., 1 kaart, 2 tab., 6 lisa. Bibl. 26 nim. Juh. H. Teder.
  103. **Põlma, Lembit.** Pärnu jõe ja tema parempoolsete lisajõgede jõeorgude geoloogiast. Tartu, 1958, 95 lk., 2 jn., 1 kaart, 6 lisa. Bibl. 30 nim. Juh. H. Viiding.
  104. **Raukas, Anto.** Kizili rajooni kaguosa geoloogia. Tartu, 1958, 118 lk., 9 jn., 2 kaarti, 33 fotot, 2 aerofotot. Bibl. 44 nim. Juh. H. Viiding.
  105. **Rubel, Madis.** Ülemsgukonna *Clitambonacea* esindajaist Leetse, Toila ja Kunda lademes. Tartu, 1958, 96 lk., 9 jn., 2 tab., lisas 15 fototahvlit ja 8 skeemi. Bibl. 54 nim. Juh. A. Oraspöld.
  106. **Räägel, Veena.** Päärdu, Nurtu ja Enge jõeorgude geoloogiast. Tartu, 1958, 73 lk., 1 jn., 7 lisa. Bibl. 22 nim. Juh. A. Oraspöld.
  107. **Sirk, Ülo.** Porkuni lademe geoloogiast. Tartu, 1958, 161 lk., 4 profili, 2 kaarti, 1 tab., 4 lisa. Bibl. 48 nim. Juh. A. Rõõmusoks.
  108. **Säga, Silver.** Teenuse ja Konovere jõeorgude geoloogiast. Tartu, 1958, 57 lk., 1 kaart, 6 lisa. Bibl. 19 nim. Juh. A. Oraspöld.
  109. **Treufeldt, Jaan.** Šahh-dara basseini keskosa geoloogiast (Edela-Pamiir). Tartu, 1958, 140 lk., 1 jn., 1 kaart, 48 fotot, 2 lisa. Bibl. 22 nim. Juh. E. Möls.
  110. **Tõevere, Jüri.** Alam-siluri ülemise osa litoloogia Mustjala puuraugus. Tartu, 1958, 65 lk., 6 jn., lisas 12 fotot, 1 graafik ja 1 tabel. Bibl. 27 nim. Juh. H. Viiding.
  111. **Tõnisson, Leho.** Soome lahe ranniku geoloogiast Kundast Narvani. Tartu, 1958, 71 lk., 12 jn., 5 lisa. Bibl. 25 nim. Juh. A. Rõõmusoks.
  112. **Unt, Lembit.** Piusa jõeoru ülem- ja keskjoonku geoloogia. Tartu, 1958, 91 lk., 1 tab., 9 lisa. Bibl. 12 nim. Juh. E. Lõokene.
  113. **Vaher, Rein.** Uraali geoloogiline läbilõige Krupatšovo jaamast Seržanka jõeni. Tartu, 1958, 100 lk., 12 jn., 37 fotot, 1 skeem, 3 lisa. Bibl. 50 nim. Juh. H. Viiding.
  114. **Valt, Elvi.** Emajõe suudme ja Mustvee vahelise Peipsi rannikuala geoloogiast. Tartu, 1958, 67 lk., 1 jn., 4 lisa. Bibl. 22 nim. Juh. K. Orviku.
- 66 nim. Juh. E. Möls, K. Muurissepp. 67 nim. Juh. H. Viiding. 68. Kahar, Sale. Olekma aheliku (Iida-Taga-Baikal) edelaosa geoloogiast. Tartu, 1957, 88 lk., 1 jn., 3 kaarti, 14 fototahvlit. Bibl. 22 nim. Juh. D. Kaljo.

## IX lend 1959

115. **Erisalu, Enno.** Aseri lademe ( $C_1a$ ) litoloogiast Kirde-Eesti puuraukude andmeil. Tartu, 1959, 97 lk., 20 jn., 2 tab., 47 fotot, 6 lisa. Bibl. 25 nim. Juh. A. Oraspöld.
116. **Jalakas, Aida.** Kirde-Eesti mõrcenide geoloogiast. Tartu, 1959, 44 lk., 3 jn., 10 tab., 9 lisa. Bibl. 13 nim. Juh. E. Lõokene.
117. **Kivimägi, Enn.** Oandu lademe vasalemma kihistiku litoloogiast. Tartu, 1959, 124 lk., 8 jn., 3 tab., 2 skeemi, 87 fotot, 6 lisa. Bibl. 30 nim. Juh. A. Oraspöld.
118. **Tamme, Anne-Liis.** Häädemeeste ja Tahkuranna puursüdamike ( $D_2$ ) litoloogilis-mineraaliline iseloomustus. Tartu, 1959, 137 lk., 8 jn., 28 tab., 3 tahvlit, 4 lisa. Bibl. 22 nim. Juh. H. Viiding.
119. **Kuuspalu, Tõnu.** Kõtlõmi gabbro-peridotitse massiivi struktuurne analüüs. Tartu, 1959, 70 lk., 9 jn., 1 skeem, 1 tab., 5 lisa. Bibl. 39 nim. Juh. H. Viiding.
120. **Luht, Ilmar.** Pakerordi lademe ( $A_{2-3}$ ) litoloogiast Jõelähtme-Tsitre vahelisel alal. Tartu, 1959, 76 lk., 8 jn., 5 tab., 2 lisa. Bibl. 27 nim. Juh. A. Rõõmusoks.
121. **Martin, Lemme.** Kõtlõmi gabbro-peridotitse massiivi kirdeosa geoloogiast. Tartu, 1959, 84 lk., 7 jn., 24 fotot, 4 lisa. Bibl. 26 nim. Juh. H. Viiding.
122. **Nestor, Heldur.** Eesti ordoviitsiumi ja siluri piirilademete stromatopooridest. Tartu, 1959, 55 lk., 8 jn., 1 tabel, 8 tahvlit. Bibl. 18 nim. Juh. A. Oraspöld.
123. **Nestor, Viiu-Kai.** Jõhvi, Keila ja Oandu lademe litoloogiast Kirde-Eestis puurprofilide põhjal. Tartu, 1959, 64 lk., 1 jn., 29 fotot, 5 lisa. Bibl. 25 nim. Juh. A. Rõõmusoks.
124. **Oil, Küllu.** Lõuna-Uraali idanõlva geoloogiast kaardilehtede N-41-39-A ja N-41-39-B piires. Tartu, 1959, 114 lk., 10 jn., 38 fotot, 3 lisa. Bibl. 29 nim. Juh. H. Viiding.
125. **Orviku, Kaarel.** Tänapäeva ranniku geoloogiast Eestis. Tartu, 1959, 102 lk., 101 jn., 1 tab. Bibl. 48 nim. Juh. E. Lõokene.
126. **Pirrus, Enn.** Plii, tsingi, vase, galliumi ja mangaani geokeemiast Võhma polümetalse maagistumise piirkonnas. Tartu, 1959, 96 lk., 14 jn., 12 tab., 4 lisa. Bibl. 48 nim. Juh. E. Möls.
127. **Sõrmus, Reet.** Järvelubja geoloogiast Loobu jõe orus. Tartu, 1959, 53 lk., 14 jn., 1 tab., 6 fotot, 3 lisa. Bibl. 22 nim. Juh. E. Lõokene.
128. **Puura, Väino.** Kirde-Eesti hüdrogeokeemia küsimusi. Tartu, 1959, 59 lk., 1 jn., 31 tab., 11 lisa. Bibl. 29 nim. Juh. E. Möls.
129. **Põldme, Valda.** Lõuna-Alituri lõunanõlva geoloogiast Zor-Kuli ja Kuk-Džigit piirkonnas. Tartu, 1959, 105 lk., 13 skeemi, 1 kaart, 44 fotot, 5 lisa. Bibl. 14 nim. Juh. H. Teder.
130. **Nõmme, Koidula.** Tžizma /Kesk-Uraal/ ümbruse geoloogiast. Tartu, 1959, 91 lk., 9 jn., 36 fotot, 6 lisa. Bibl. 26 nim. Juh. A. Oraspöld.
131. **Remmel, Silvia.** Hissaari aheliku telgosa geoloogiast kaardilehe J-42-31-B-b piires. Tartu, 1959, 109 lk., 6 skeemi, 2 tab., 1 kaart, 31 fotot, 3 lisa. Bibl. 24 nim. Juh. A. Oraspöld.
132. **Tassa, Vladimir.** Kaevandusvälja nr. 47-52 lõunaosa geoloogiast. Tartu, 1959, 103 lk., 1 jn., 1 kaart, 4 tab., 12 lisa. Bibl. 14 nim. Juh. A. Rõõmusoks.
133. **Taur, Ene-Liis.** Tamme puursüdamiku litoloogilis-mineraloogilise iseloomustus. Tartu, 1959, 94 lk., 18 jn., 17 tab., 3 tahvlit, 3 lisa. Bibl. 14 nim. Juh. H. Viiding.
134. **Viljasoo, Aada.** Darvazi aheliku lõunanõlva edelaosa geoloogiast. Tartu, 1959, 111 lk., 5 jn., 49 fotot, 4 lisa. Bibl. 23 nim. Juh. H. Teder.
135. **Teedumäe, Aare.** Tžõrbi-Dara ja Kalta-Kuli antimoniodi leiu kohtade geoloogiast. Tartu, 1959, 102 lk., 6 jn., 4 skeemi, 8 tab., 11 lisa. Bibl. 13 nim. Juh. H. Teder.
136. **Udam, Haljand.** Kštuti ja Rivati jõe basseini geoloogiast ja epitermaalsest maagistumisest. Tartu, 1959, 72 lk., 1 jn., 1 skeem, 27 fototahvlit, 6 lisa. Bibl. 25 nim. Juh. E. Möls.
137. **Viks, Endel.** Kesk-Uraali idanõlva geoloogiast kaardilehtede N-41-4-A ja N-41-4-B piires. Tartu, 1959, 75 lk., 2 jn., 13 fotot, 2 lisa. Bibl. 41 nim. Juh. H. Viiding.
138. **Maasik, Imbi.** Ölandi ja Viru seeria piirilademete litoloogiast Tsitre-Viitna vahelise ala puurprofilide põhjal. Tartu, 1959, 134 lk., 16 fototahvlit, 7 lisa. Bibl. 33 nim. Juh. A. Rõõmusoks.
139. **Väärsi, Aavo.** Geokeemilistest uurimustest Kirde-Eestis. Tartu, 1959, 78 lk., 13 jn., 7 tab., 5 lisa. Bibl. 21 nim. Juh. E. Möls.

- 139A. Mardla, Ahto.** Kirde-Eesti balti seeria ( $Cm_1$ ) ja Tiskre kihistu ( $Cm_2?$ ) geoloogiast. Tartu, 1961, 111 lk., 2 skeemi, 7 tab., 18 fototahvlit, 4 lisa. Bibl. 14 nim. Juh. H. Viiding. (kaitstud 1968)

## X lend 1963

- 140. Hints, Linda.** Alamordoviitsiumi lukuliste brahhiopoodide biostratigrafiast Baltikumis. Tartu, 1963, 77 lk., 3 jn., 4 tab., 7 lisa. Bibl. 30 nim. Juh. A. Rõõmusoks.
- 141. Jõgar, Priit.** Karjääri nr. 2 põhjaserva hüdrogeoloogiast. Tartu, 1963, 55 lk., 14 jn., 15 tab., 5 lisa, 13 lisa (eraldi kd.). Bibl. 17 nim. Juh. E. Lõokene.
- 142. Müürsep, Ene.** Saadjärve voorestiku geoloogia ja hüdrogeoloogia. Tartu, 1963, 93 lk., 4 jn., 16 tab., 9 lisa. Bibl. 25 nim. Juh. E. Lõokene.
- 143. Peikre, Julia. Пейкре Юлия.** Стратиграфия юрских отложений Истыкской подзоны Юго-Восточного Памира. Тарту, 1963, 76 с., 12 рис., 1 схема, 15 табл., 5 фото. Библ. 9 назв. Рук. А. Ораспильд. [Лõuna-Pamiiri Istõki alamtsooni juura setendite stratigraafia.]
- 144. Perens, Rein.** Suur-Tallinna piirkonna ordoviitsiumi karbonaatsete kivimite hüdrogeoloogia. Tartu, 1963, 63 lk., 2 jn., 4 tab., 5 lisa. Bibl. 32 nim. Juh. E. Lõokene.
- 145. Sõstra, Ülo. Сыстра Юло.** Геология и пегматитонность восточной части Кемского района КАССР. Петрозаводск, 1963, 128 с., 3 табл., 31 фото, 5 прил. Библ. 20 назв. Рук. X. Вийдинг. [KANSV Kemi rajooni idaosa geoloogia ja pegmatiidisaldus].

## XI lend 1964

- 146. Kivililla, Jaan. Кивисилла Яан.** О геохимии гранитов кристаллического фундамента Эстонской ССР. Тарту, 1964, 70 с., 4 прил. Библ. 21 назв. Рук. X. Вийдинг. [Eesti NSV aluskorra graniitide geokeemiat.]
- 147. Koppelmaa, Heino. Коппельмаа Хейно.** О древней коре выветривания на породах кристаллического фундамента Эстонской ССР. Тарту, 1964, 99 с., 2 табл., 6 прил. Библ. 20 назв. Рук. X. Вийдинг. [Eesti kristalse vundamendi kivimite murenemis-koorikust.]
- 148. Kihno, Helle. Кихно Хелле.** Краткая геологическая характеристика протерозоя северо-восточного крыла Шуезерской синклиниории. Петрозаводск, 1964, 85 с., 20 рис., 2 табл., 37 фото, 5 прил. Библ. 25 назв. Рук. X. Вийдинг. [Šuzeugero sünklinooriumi kirdetiiva proterozoikumi lühike geoloogiline iseloomustus.]
- 149. Villo, Silvi.** Mandrijää servamoodustuste geoloogia Lelle ümbruses. Tartu, 1964, 66 lk., 12 lisa. Bibl. 28 nim. Juh. E. Lõokene.

## XII lend 1965

- 150. Hermaküla, Evald.** Aseri, Lasnamäe ja Uhaku lademe konodontidest ja nende stratigraafilisest tähtsusest. Tartu, 1965, 65 lk., 12 jn., 1 tab., 3 lisa. Bibl. 22 nim. Juh. A. Rõõmusoks.
- 151. Niin, Mati. Нийн Мати.** Геолого-петрографическая характеристика кристаллических пород южной части Кемского района. Тарту, 1965, 97 с., 6 рис., 21 фото, 7 прил. Библ. 14 назв. Рук. X. Вийдинг. [Kemi rajooni lõunaosa kristalsete kivimite geoloogilis-petrograafiline iseloomustus.]
- 152. Nõmmsalu, Sirje.** Paleotektoonilise analüüs rakendamine Tallinna ümbruse territooriumil. Tartu, 1965, 47 lk., 5 jn., 1 tab., 5 lisa. Bibl. 20 nim. Juh. E. Lõokene.

153. **Nõmmsalu, Vello.** Polümetalse maagistumise geokeemiliste otsingute tulemustest Vakil. Tartu, 1965, 52 lk., 32 jn., 1 kaart, 9 tab., 2 fotot. Bibl. 19 nim. Juh. T. Kuuspalu.
154. **Raap, Tiit. Паап Тийу.** О литологии нарвского горизонта /D<sub>2</sub>nr/ в Северо-Восточной Эстонии. Тарту, 1965, 53 с., 11 рис., фото, 2 прил. Библ. 31 назв. Рук. Э. Эрисалу. [Narva lademe /D<sub>2</sub>nr/ litoloogiast Kirde-Eestis.]
155. **Raap, Ülo. Паап Юло.** О возможностях обработки и геологической интерпретации данных гравиметрического анализа. Тарту, 1965. Рук. Э. Эрисалу. [Granulomeetrilise analüüsni andmete töötltuse ja geoloogilise interpreteerimise võimalustest].
156. **Raudsep, Rein.** Pakerordi lademe (A<sub>2-3</sub>) geoloogiast Jägala–Kolga vahelisel alal. Tartu, 1965, 169 lk., 6 tab., 14 фотот, 7 листа. Bibl. 26 nim. Juh. A. Rõõmusoks.

### XIII lend 1966

157. **Arvisto, Eero.** Eesti NSV aluskorra tihedusest. Tartu, 1966, 55 lk., 7 jn., 4 листа. Bibl. 16 nim. Juh. T. Kuuspalu.
158. **Järve, Uno.** Pinnase kandevõime määramine stambikatse, dünaamilise penetreerimise ja pinnase laboratoorsete näitajate võrdlemise alusel. Tartu, 1966, 55 lk., 10 jn., 3 tab., 2 листа. Bibl. 35 nim. Juh. R. Eesmaa.
159. **Liivrand, Heiki.** Devoni ladestu radioaktiivsusest. Tartu, 1966, 51 lk., 9 jn., 8 фотот. Bibl. 10 nim. Juh. K. Kajak.
160. **Lind, Elmar.** Vaia dünaamilise koormamise ning dünaamilise penetromeetri võrdluskatsetest. Tartu, 1966, 49 lk., 2 листа. Bibl. 14 nim. Juh. R. Arbeiter.
161. **Visser, Vilja.** Pärnu ja Narva lademetega geokeemiast spektraanalüüs andmetel. Tartu, 1966, 102 lk., 38 jn., 12 tab., 11 фотот. Bibl. 66 nim. Juh. V. Puura.

### XIV lend 1967

162. **Lepisto, Aasa.** Ardu puursüdamiku ülemordoviitsiumi lithostratigraafiline iseloomustus. Tartu, 1967, 108 lk., 9 jn., 1 tab., 32 фотот. Bibl. 44 nim. Juh. A. Oraspöld.
163. **Kirs, Ene.** Ülemordoviitsiumi lithostratigraafiast ja litoloogiast Koksvere ning Viljandi puurprofiilide põhjal. Tartu, 1967, 144 lk., 15 jn., 8 tab., 24 фотот. Bibl. 28 nim. Juh. A. Oraspöld.
164. **Kask, Reet.** Polümetalse maagistumise geokeemiliste otsingute tulemustest Võhma ümbruses. Tartu, 1967, 66 lk., 12 jn., 4 каarti, 4 tab., 1 foto, 1 листа. Bibl. 26 nim. Juh. V. Petersell.

### XV lend 1968

165. **Lang, Tiina.** Hiiumaa ehitusgeoloogiast. Tartu, 1968, 42 lk., 3 jn., 7 фотот, 7 листа. Bibl. 22 nim. Juh. R. Perens
166. **Orru, Mall.** Ellamaa sookompleksi kuuluvate Madila ja Sepamäe soode geoloogiast. Tartu, 1968, 54 lk., 13 jn., 6 tab., 6 листа. Bibl. 27 nim. Juh. E. Lõokene
167. **Riet, Kristjan.** Virtsu–Tõstamaa piirkonna ehitusgeoloogiast. Keila, 1968, 69 lk., 5 jn., 3 листа. Bibl. 26 nim. Juh. G. Eltermann

### XVI lend 1969

168. **Jalast, Anne.** Harju seeria lithostratigraafiast Palivere ja Virtsu puursüdamikes. Tartu, 1969, 119 lk., 7 jn., 3 листа. Bibl. 23 nim. Juh. A. Oraspöld.
169. **Kildjer, Peep.** Staataline penetreerimine. Tartu, 1969, 106 lk., 24 jn., 32 tab. Bibl. 29 nim. Juh. R. Arbeiter.

170. **Kirs, Juho.** Aluskorra petrograafast Are, Häädemeeste, Seliste, Ristiküla ja Tootsi puursüdamekkes. Tartu, 1969, 107 lk., 12 jn., 2 skeemi, 10 tab., 3 lisa. Bibl. 25 nim. Juh. T. Kuuspalu.
171. **Kukk, Ene.** Põlva generaalplaani ehitusgeoloogiline alus. Tartu, 1969, 164 lk., 31 graafikut, 63 tab., 13 fotot, 11 lisa. Bibl. 49 nim. Juh. R. Arbeiter.
172. **Orgla, Kalev.** Elektromeetriliste meetodite kasutamisest Paluküla aluspõhjaliste struktuuride uurimisel. Tartu, 1969, 52 lk., 6 jn., 7 lisa. Bibl. 13 nim. Juh. I. Luht.
173. **Rahu, Avo.** Alam-ordoviitsiumi litoloogiast ja lithostratigraafiat Haapsalu, Palivere ja Vaimoisa puursüdamike põhjal. Tartu, 1969, 86 lk., 11 jn., 4 lisa. Bibl. 22 nim. Juh. A. Loog.
174. **Sinisalu, Rein.** Синисалу Рейн. Геологическое строение центральной части полуострова Тайгонос. Москва, 1969, 100 с., 29 рис. Библ. 10 назв. Рук. Н. Б. Заборовская. [Taigonosi poolsaare keskosa geoloogiline ehitus.]
175. **Suuroja, Kalle.** Jõhvi magnetiitse maagistumise iseloomust. Tartu, 1969, 87 lk., 15 jn., 13 tab. Bibl. 17 nim. Juh. T. Kuuspalu.

## XVII lend 1970

176. **Raudsepp, Reet.** Varangu kihistiku litoloogiast Toolse leiukohas. Tartu, 1970, 84 lk., 28 jn., 4 tab., 2 fotot. Bibl. 8 nim. Juh. A. Loog.
177. **Klein, Vello.** Buddingtoni ja Barthi geotermomeetrile kasutamise võimalustest Eesti aluskorra kivimite uurimisel. Tartu, 1970, 89 lk., 20 jn., 16 tab. Bibl. 48 nim. Juh. T. Kuuspalu.
178. **Konsa, Mare.** Vendi kompleksi kivimite uurimine Tarumaa ja Hara puuraugus metalsete maa-varade mineraloogilise otsingumetoodika väljatöötamiseks. Tartu, 1970, 74 lk., 9 jn., 9 tab., 3 fototahvlit. Bibl. 15 nim. Juh. A. Loog.
179. **Laas, Lembit.** Kasari jõe alamjooksu geoloogiast ja melioratiivsest hüdrogeoloogiast. Tartu, 1970, 57 lk., 9 tab., 10 lisa. Bibl. 25 nim. Juh. H. Kink.
180. **Mootse, Riho.** Kaaliumpäevakivide röntgenilise trikliinsuse astme määramaid Eesti aluskorra kivimeist. Tartu, 1970, 39 lk., 4 jn., 3 tab. Bibl. 8 nim. Juh. T. Kuuspalu.
181. **Möttus, Voldemar.** Loode-Belomorje Popovo järvede lähedaseala muutunud magmavikimite petrograafast. Tartu, 1970, 69 lk., 6 jn., 7 tab., 2 lisa. Bibl. 24 nim. Juh. T. Kuuspalu, Ü. Sõstra.
182. **Märss, Tiiu.** Selgroogsete levikust Eesti siluris. Tartu, 1970, 51 lk., 8 lisa. Bibl. 68 nim. Juh. E. Kurik.
183. **Noppel, Maie.** Happeresistentsete mikrofossiilide levik Eesti Llandovery's. Tartu, 1970, 54 lk., 8 lisa. Bibl. 39 nim. Juh. R. Männil.
184. **Paap, Mare.** Паап Маре. О количественной связи между текстурными и структурными признаками в флювиогляциальных отложениях. Тарту, 1970, 117 с., 32 рис., 4 табл. Библ 50 назв. Рук. А. Раукас. [Fluvioglatsiaalse setete struktuursete ja tekstuursete tunnuste hulgaliisest seosest.]

185. **Posti, Erika.** Eesti alamkambriumi fossiilidest ja nende stratigraafilisest tähtsusest. Tartu, 1970, 86 lk., 23 jn., 2 tab. Bibl. 83 nim. Juh. A. Rõõmusoks, K. Mens.
186. **Soome, Olavi.** Viru seeria /keskordoviitsium/ lademete litoloogiast Vihterpalu ja Virtsu puursüdamike põhjal. Tartu, 1970, 117 lk., 6 jn., 5 lisa. Bibl. 8 nim. Juh. A. Oraspöld.
187. **Vassila, Karl.** Aardla poldri geoloogiast ja melioratiivsest hüdrogeoloogiast. Tartu, 1970, 58 lk., 1 jn., 7 tab., 11 lisa. Bibl. 21 nim. Juh. H. Kink.

## XVIII lend 1971

188. **Einmann, Andrus.** Raikküla lademe litoloogiast Saaremaal ja Põhja-Kuramaal. Tartu, 1971, 78 lk., 6 jn., 2 tab., 9 fotot, 5 lisa. Bibl. 15 nim. Juh. H. Nestor.
189. **Piits, Tõnu.** Nõrkade savipinnaste kandevõime hindamisest. Tartu, 1971, 70 lk., 14 jn., 3 lisa. Bibl. 35 nim. Juh. A. Vilo.

190. **Pikner, Viktor.** Siluri ja ordoviitsiumi piirihiitide litoloogiast Edela-Eestis. Tartu, 1971, 68 lk., 16 jn., 3 tab. Bibl. 21 nim. Juh. A. Oraspöld.
191. **Rebane, Haidi.** Pinnaste veejuhtivuse hindamine ehitusgeoloogias. Tartu, 1971, 149 lk., 80 jn., 28 tab., 4 lisa. Bibl. 18 nim. Juh. A. Niin.
192. **Rümmel, Hille.** Nõrga savipinnase mehhainilistest omadustest. Tartu, 1971, 82 lk., 21 jn., 5 tab., 2 fotot, 3 lisa. Bibl. 36 nim. Juh. A. Vilo.
193. **Tamm, Eugen.** Vaivundamentide kandevõime Tallinnas. Tartu, 1971, 96 lk., 34 jn., 1 tab., 10 lisa. Bibl. 78 nim. Juh. M. Mets.
194. **Tumm, Asta.** Moreeni nihketugevus. Tartu, 1971, 78 lk., 32 jn., 6 tab., 3 lisa. Bibl. 41 nim. Juh. L. Martin.
195. **Tumm, Arvo.** Plaatkoormuskatsed. Tartu, 1971, 65 lk., 28 jn., 2 tab. Bibl. 40 nim. Juh. M. Mets
196. **Vares, Jaak.** Vaia kandevõime. Tartu, 1971, 110 lk., 29 jn., 12 tab. Bibl. 50 nim. Juh. M. Mets.
197. **Vares, Kai.** **Варес Кай.** Определение исходных показателей для учета эксплуатационных потерь горючего сланца при добыче на Эстонском месторождении. Тарту, 1971, 51 с., 10 рис., 1 фото, 7 прил. Библ. 32 назв. Рук. С. С. Бауков. Res.: Lähteandmete määramine ekspluatatsiooniliste kadude arvestamiseks põlevkivi tootmisel Eesti leiuohas.
198. **Väli, Tii.** Liivpinnaste kandevõime Eesti NSV-s. Tartu, 1971, 106 lk., 27 jn., 23 tab. Bibl. 94 nim. Juh. M. Mets.

## XIX lend 1972

199. **Eskel, Jüri.** Püriidi konkretsoonid pakerordi lademe argilliitides. Tartu, 1972, 69 lk., 20 jn., 8 tab. bibl. 76 nim. Juh. A. Loog.
200. **Jaanus, Alar.** Juuru lademe litoloogiast Hiiumaal puuraukude andmetel. Tartu, 1972, 89 lk., 2 tab., 6 fotot, 26 lisa. Bibl. 17 nim. Juh. E. Kala.
201. **Killar, Ermo.** Vaia kandevõime määramine rammimisandmeil. Tartu, 1972, 135 lk., 39 jn., 7 tab. Bibl. 57 nim. Juh. L. Laane.
202. **Killar, Kersti.** Moreeni plastsus. Tartu, 1972, 100 lk., 26 jn., 22 tab. Bibl. 33 nim. Juh. A. Loog.
203. **Lutt, Jaan.** **Лутт Ян.** О геологии Аральского моря. Тарту, 1972, 132 с., 26 рис., 14 табл. Библ. 78 назв. Рук. А. Ораспильд. Res.: Araali mere geoloogia.
204. **Saadre, Tõnis.** Keskordoviitsiumi litostratigraafiat normaallasuvusega alal. Tartu, 1972, 92 lk., 2 jn., 6 tab., 10 fotot, 3 lisa. Bibl. 17 nim. Juh. E. Kala.

## XX lend 1973

205. **Haas, Arvo.** **Хаас Арво.** Кремневые образования в карбонатных отложениях рапакюлаского горизонта Эстонии. Тарту, 1973, 43 с., 6 рис., 2 табл., 18 фото. Библ. 54 назв. Рук. А. Ораспильд. Res.: Ränimoodustised Raikküla lademe karbonaatsetes kivimites Eestis.
206. **Jalast, Joel.** Jõgeva linna hüdrogeoloogia. Tartu, 1973, 72 lk., 10 jn., 10 tab. Bibl. 19 nim. Juh. L. Laane.
207. **Jalast, Kaie.** Polümetalse maagistumise geokeemilised otsingud Ostriku piirkonnas. Tartu, 1973, 49 lk., 9 jn. Bibl. 14 nim. Juh. A. Loog.
208. **Kääär, Riita.** Eesti eripinnaste geotehnilisest omapärist. Tartu, 1973, 95 lk., 42 jn., 4 tab. Bibl. 58 nim. Juh. A. Vilo.
209. **Türk, Kalle.** Keila linna hüdrogeoloogia. Tartu, 1973, 87 lk., 17 jn., 11 tab., 4 fotot. Bibl. 33 nim. Juh. L. Laane.

210. **Vilu, Helle.** Вилу Хелле. Изучение влияния воды и фтора на вязкость гранитного и альбитового расплава под давлением. Тарту, 1973. [Vee ja fluori mõju graniitsele ja albitsele sulamile rõhu all.]
211. **Vörk, Ene.** Nõrkade savipinnaste lasuvustingimused Tallinnas. Tartu, 1973, 105 lk., 26 jn., 2 skeemi, 7 tab. Bibl. 28 nim. Juh. A. Vilo.

## **XXI lend 1974**

212. **Aun, Kalev.** Türi linna põhjavesi. Tartu, 1974, 72 lk., 22 jn., 11 tab. Bibl. 16 nim. Juh. L. Laane.
213. **Kask, Jüri.** Väinamere idaosa põhjasetete litoloogiast. Tartu, 1974, 94 lk. Bibl. 37 nim. Juh. A. Oraspöld.
214. **Kukk, Mare.** Reljeefi ja soode vahelistest seostest Valga rajoonis. Tartu, 1974, 94 lk., 38 jn., 3 tab., 1 lisa. Bibl. 31 nim. Juh. E. Lõokene, M. Orru.
215. **Mardim, Tiit.** Põllumajanduse mõjust Saaremaa põhjavee kvaliteedile. Tartu, 1974, 63 lk., 2 jn., 4 skeemi, 17 tab., 1 lisa. Bibl. 27 nim. Juh. L. Laane.
216. **Metsur, Madis.** Saaremaa melioratiivsest hüdrogeoloogiast. Tartu, 1974, 66 lk., 4 skeemi, 8 tab., 5 lisa. Bibl. 24 nim. Juh. H. Kink.

## **XXII lend 1975**

217. **Talvistu, Enli.** Vundamentide kaasmõju nõrkadel savipinnastel. Tartu, 1975, 75 lk., 4 jn. 1 tab. Bibl. 26 nim. Juh. A. Vilo.
218. **Kiipli, Tarmo.** Lubjakivide dolomiidistumisest Uhaku, Lasnamäe ja Aseri lademes. Tartu, 1975, 49 lk., 20 jn., 1 tab., 15 fotot. Bibl. 23 nim. Juh. P. Vingissaar.
219. **Kupits, Toomas.** Paide linna põhjavesi. Tartu, 1975, 80 lk., 23 jn., 20 tab. Bibl. 43 nim. Juh. L. Laane.
220. **Parbo, Ann.** Liiva ja moreeni kandevõimest deformatsioonide järgi. Tartu, 1975, 73 lk., 18 jn., 10 tab. Bibl. 28 nim. Juh. A. Vilo.
221. **Rätsep, Märt.** Glaukoniodi levik Mandri-Eesti alamkambriumi kivimeis. Tartu, 1975, 92 lk., 19 jn., 2 tab., 4 fototahvlit. Bibl. 41 nim. Juh. E. Pirrus, A. Loog.
222. **Sarapik, Jüri.** Kesk- ja ülem-devoni piirikihide mineraloogiast Kagu-Eestis. Tartu, 1975, 98 lk., 25 jn., 4 tab. Bibl. 31 nim. Juh. A. Kleesment.
223. **Uri, Urmas.** Veerežiimi reguleerimisest põhjaveest toituvatel põllumajanduslikel maadel Pandivere kõrgustikul. Tartu, 1975, 69 lk., 3 tab., 11 lisa. Bibl. 29 nim. Juh. H. Kink.

## **XXIII lend 1976**

224. **Heidemaa, Indrek.** Tehispinnased ja nende geotehnilised omadused. Tartu, 1976, 66 lk., 7 graafikut, 18 tab. Bibl. 25 nim. Juh. J. Kärk.
225. **Kalm, Volli.** Lämmijärve põhjasetete levik ja iseloomustus. Tartu, 1976, 40 lk., 2 tab., 9 lisa. Bibl. 25 nim. Juh. E. Lõokene.
226. **Kuldva, Erik.** Pärnu viirsavide tugevdamine elektroosmoosiga. Tartu, 1976, 38 lk., 1 jn., 2 tab., 18 lisa. Bibl. 7 nim. Juh. M. Mets.
227. **Lindla, Koit.** Põllumajanduse mõju põhjaveele Pandivere kõrgustikul (Rakvere rajoon). Tartu, 1976, 76 lk., 4 jn., 12 tab., 4 lisa. Bibl. 26 nim. Juh. H. Kink.
228. **Lodjak, Toivo.** Jõhvi ja Keila lademe gastropoodifaunast Põhja-Eestis. Tartu, 1976, 61 lk., 3 jn. Bibl. 17 nim. Juh. A. Rõõmusoks.
229. **Veisson, Meeme.** Kessulaiu ja Aegna saare rannavööndi iseloomustus. Tartu, 1976. Juh. K. Orviku.
230. **Veskimets, Arvo.** Loode- ja Kesk-Eesti (Rakvere, Paide, Rapla, Harju, Pärnu ja Kingissepa rajoonide) maaparandusvee kvaliteedist. Tartu, 1976, 86 lk., 9 jn., 11 tab., 2 lisa. Bibl. 39 nim. Juh. H. Kink.

## **XXIV lend 1977**

231. **Isakar, Mare.** Viru seeria karbifaunast Põhja-Eestis. Tartu, 1977, 57 lk., 21 jn., 4 fototahvlit. Bibl. 19 nim. Juh. A. Rõõmusoks.
232. **Jaanson, Hinno.** Pinnaste korduskoormamine. Tartu, 1977, 48 lk., 14 jn., 1 tab. Bibl. 13 nim. Juh. M. Mets.
233. **Kuusmik, Heiki.** Viirsavide heterogeensuse geotehnilisest uurimisest. Tartu, 1977, 43 lk., 7 tab., 3 lisa. Bibl. 18 nim. Juh. A. Vilo.
234. **Kuusmik, Niina.** Viljandi rajooni reostuskaitstusest ja põllumajanduslikust reostusest. Tartu, 1977, 115 lk., 4 jn., 10 tab. Bibl. 29 nim. Juh. H. Kink, E. Lõokene.
235. **Merimaa, Mihkel.** Kruusliiva ja liiva otsingulised tööd Hiiumaa rajoonis. Tartu, 1977.
236. **Padjus, Toomas.** Võrtsjärve madaliku melioratiiv-hüdrogeoloogiline ülevaade. Tartu, 1977, 79 lk., 3 jn., 11 tab., 5 lisa. Bibl. 31 nim. Juh. H. Kink, E. Lõokene.
237. **Puurmann, Toomas.** Põhja- ja Lääne-Eesti kruusliiva ja liiva varud ning nende ratsionaalse kasutamise perspektiivid. Tartu, 1977, 77 lk., 1 skeem, 7 tab., 23 fotot, 2 lisa. Bibl. 28 nim. Juh. A. Oraspöld, T. Saadre.
238. **Raudsepp, Arvo.** Tartu rajooni kruusad-liivad. Rakendusgeoloogiline ülevaade. Tartu, 1977, 103 lk., 1 jn., 12 tab., 8 fotot, 6 lisa, 4 lisa (eraldi kd.). Bibl. 30 nim. Juh. J. Sarapik.
239. **Saupe, Anu.** Reostuskaitstus ja melioratiiv-hüdrogeoloogilised tingimused Hiiumaal. Tartu, 1977, 96 lk., 9 jn., 11 tab., 5 lisa. Bibl. 33 nim. Juh. H. Kink, R. Mootse.
240. **Tammemäe, Olavi.** Staatalise penetratsiooni osa geotehnilistes uurimistes. Tartu, 1977, 78 lk., 293 jn., 19 tab. Bibl. 26 nim. Juh. J. Vares.
241. **Tähepõld, Kalev.** Rakvere linna põhjavesi. Tartu, 1977, 82 lk., 19 jn., 11 tab., 4 lisa. Bibl. 30 nim. Juh. L. Laane.
242. **Välkmann, Siim.** Sakala kõrgustiku melioratiiv-hüdrogeoloogiline ülevaade. Tartu, 1977, 7 skeemi, 6 tab., 5 lisa. Bibl. 30 nim. Juh. H. Kink, E. Lõokene.

## **XXV lend 1978**

243. **Eskel, Ürjo. Эскел Юрье.** Распространение и условия образования поверхностей перерыва в разнофациальных карбонатных отложениях ландовери Эстонии. Тарту, 1978, 60 с., 6 рис., 4 табл., 1 прил. Библ. 46 назв. Рук. А. Ораспильд, Р. Эйнасто. Res.: Katkestuspindade levik ja teke Eesti Llandovery karbonaatsete kivimite eri fatisiaalsetes võondites.
244. **Grünberg, Rein.** Kohtla-Järve rajooni melioratiiv-hüdrogeoloogilised tingimused. Tartu, 1978.
245. **Murumaa, Anne.** Hilis- ja pärastjäägaegsete nõrkade savipinnaste ehitusgeoloogiline uuritus Eestis. Tartu, 1978, 53 lk., 2 jn., 1 tab., 2 lisa. Bibl. 23 nim. Juh. A. Vilo.
246. **Murumaa, Jaan.** Vaia kandevõime leidmine staatalise penetratsiooni abil. Tartu, 1978, 64 lk., 30 jn., 15 tab. Bibl. 14 nim. Juh. M. Mets.
247. **Männik, Peep.** Eesti Llandovery konodontide ökostratigraafiline analüüs. Tartu, 1978, 95 lk., 4 jn., 3 tab., 19 fototahvlit. Bibl. 34 nim. Juh. V. Viira.
248. **Ong, Heldur.** Võru orundi hüdromelioratiivsed tingimused. Tartu, 1978.
249. **Tolk, Väino.** Haanja kõrgustiku hüdrogeoloogilised tehistingimused. Tartu, 1978, 138 lk., 5 jn., 18 tab., 5 fotot, 3 skeemi, 4 lisa. Bibl. 62 nim. Juh. H. Kink, E. Lõokene.
250. **Täht, Krista.** Kärdla struktuuri aluspõhjalise kompleksi polümetalne maagistumine. Tartu, 1978, 76 lk., 15 jn., 7 tab., 18 lisa. Bibl. 15 nim. Juh. V. Petersell.

251. **Argus, Heinar.** Saaremaa ja Muhu saare melioratiiv-hüdrogeoloogilised tehistingimused. Tartu, 1979, 63 lk., 4 skeemi, 5 tab., 4 lisa. Bibl. 30 nim. Juh. H. Kink.
252. **Bauert, Heikki.** Keibu lahe geologiast. Tartu, 1979, 64 lk., 29 jn., 1 skeem, 9 tab., 21 fotot. Bibl. 33 nim. Juh. K. Orviku.
253. **Kosk, Arno.** Tallinna Holotseeni nõrkade savipinnaste kokkusurutavus. Tartu, 1979, 63 lk., 4 jn., 4 skeemi, 4 tab., 10 lisa. Bibl. 23 nim. Juh. A. Vilo.
254. **Laas, Jüri.** Vaiade röhtkandevõime. Tartu, 1979, 44 lk., 48 jn. Bibl. 22 nim. Juh. M. Mets
255. **Laine, Mati.** Tartu rajooni aluspõhja vetest ning Aruküla lademe mõningate filtratsiooni-parameetrite määramisest proovipumpamise andmetel. Tartu, 1979, 12 jn., 4 skeemi, 15 tab., 2 lisa. Bibl. 14 nim. Juh. T. Metslang, H. Kink.
256. **Laja, Lembit.** Matsalu lahe vesikonna hüdrogeoloogilised tehistingimused. Tartu, 1979, 83 lk., 1 jn., 7 tab., 5 lisa. Bibl. 16 nim. Juh. H. Kink.
257. **Liiber, Urmas.** Peipsi-Tallinn kompleksse kasutusega veejuhtme ja selle mõjupiirkonna geoloogiline ehitus ning hüdrogeoloogilised eritingimused. Tartu, 1979, 77 lk., 8 jn., 11 tab., 6 lisa. Bibl. 78 nim. Juh. K. Türk, T. Metslang.
258. **Lode, Endel.** Erineva suurusega koonuste kasutamine surupenetreerimisel. Tartu, 1979, 25 lk., 22 jn., 3 tab. Bibl. 25 nim. Juh. P. Kildjær.
259. **Pani, Tõnu.** Maavarade otsingu biofüüsikalisest meetodist ja selle kasutamisest Võhma polü-metalse maagistumise piirkonnas. Tartu, 1979, 50 lk., 25 jn., 1 tab. Bibl. 41 nim. Juh. A. Mardla, J. Kirs
260. **Põldvere, Ain.** Eesti kristalse aluskorra Alutaguse vööndi aluselised-ultraaluselised kivimid. Tartu, 1979, 53 lk., 6 jn., 7 tab., 29 fotot, 3 lisa. Bibl. 21 nim. Juh. J. Kirs, V. Petersell.
261. **Põldvere, Anne.** Raikküla lademe karbonaatkivimite fatsiaalsed tüübidi Lääne-Eestis. Tartu, 1979, 38 lk., 13 jn., 2 tab., 13 fototahvlit, 1 lisa. Bibl. 36 nim. Juh. A. Oraspöld, R. Einasto.
262. **Tang, Hugo.** Eesti karbonaatkivimite veeläbilaskvusest. Tartu, 1979, 64 lk., 6 lisa. Bibl. 15 nim. Juh. L. Smirnov.
263. **Utso, Toivo.** Tallinna holotseeni mereliivade ehitusgeoloogiliste omaduste muutlikkus. Tartu, 1979, 41 lk., 119 jn., 2 lisa. Bibl. 10 nim. Juh. J. Vares.
264. **Uusmaa, Anu.** Savipinnase nihketugevuse määramine koonusteiniga. Tartu, 1979, 40 lk., 10 jn., 4 tab., 5 lisa. Bibl. 16 nim. Juh. L. Martin.
265. **Uusmaa, Avo.** Pärnu holotseeni mereliivade geotehniliste omaduste muutlikkus. Tartu, 1979, 43 lk., 1 tab., 3 lisa. Bibl. 10 nim. Juh. J. Vares.

## **XXVII lend 1980**

266. **Morgen, Eriina.** Tapa-Assamalla ja Haljala profiilide aluskorra kivimite füüsikalised omadused. Tartu, 1980, 57 lk., 3 jn., 2 tab., 5 lisa. Bibl. 11 nim. Juh. J. Kirs, V. Puura.
267. **Oja, Tõnis.** Fosforiidikhindi geologiast Rakvere rajoonis. Tartu, 1980, 1 tab., 8 lisa. Bibl. 24 nim. Juh. A. Loog, R. Raudsep.
268. **Palginõmm, Valdeko.** Eesti merelise tekkega ravimudade geologiast. Tartu, 1980, 48 lk., 15 jn., 1 tab. Bibl. 38 nim. Juh. Kaarel Orviku.
269. **Plink, Anu.** Eesti NSV põhjavee keemiline koostis ja reostuskaitstus. Tartu, 1980, 69 lk., 15 jn., 10 tab., 9 lisa. Bibl. 30 nim. Juh. H. Kink, R. Perens.
270. **Ploom, Gennadi.** Lahemaa geoloogia ja hüdrogeoioogia. Tartu, 1980, 67 lk., 10 jn., 6 tab. Bibl. 31 nim. Juh. H. Kink.
271. **Pärnoja, Marika.** Lahemaa Rahvuspargi hüdrogeoloogilised tehistingimused. Tartu, 1980, 57 lk., 3 jn., 8 skeemi, 2 tab., 7 lisa. Bibl. 19 nim. Juh. H. Kink.
272. **Randoja, Tiit.** Põhjavee tasemerežiimi seaduspärasusi Tartu ümbruses. Tartu, 1980, 49 lk., 1 tab., 2 dendogrammi, 2 lisa. Bibl. 16 nim. Juh. T. Metslang.
273. **Rõõm, Agu.** Moreenide muutlikkus Eestis. Tartu, 1980, 51 lk., 28 jn., 2 lisa. Bibl. 18 nim. Juh. J. Vares.
274. **Loode- ja Kesk-Eesti (Rakvere, Paide, Rapla, Harju, Pärnu ja Kingissepa rajoonide) maaparandusvee kvaliteedist.** Tartu, 1976, 86 lk., 9 jn., 11 tab., 2 lisa. Bibl. 39 nim. Juh. H. Kink.

274. **Tamm, Andrus.** Moreeni mehaaniliste omaduste sõltuvus jämeperuru- ja niiskussisaldusest. Tartu, 1980.
275. **Tamm, Indrek.** Väljakatsed moreenil. Tartu, 1980, 65 lk., 30 jn., 4 tab. Bibl. 34 nim. Juh. J. Vares.
276. **Teever, Angela.** Harju rajooni hüdrogeoloogilised tehistingimused. Tartu, 1980.
277. **Tuuling, Igor.** Assamalla kerkeala geoloogiline ehitus ja areng. Tartu, 1980, 60 lk., 7 jn., 3 tab. Bibl. 12 nim. Juh. V. Puura.

## **XXVIII lend 1981**

278. **Erg, Katrin.** Rakvere rajooni perspektiivse fosforiidipiirkonna hüdrogeoloogilised tehistingimused. Tartu, 1981, 67 lk., 13 jn., 7 tab., 5 lisa. Bibl. 42 nim. Juh. H. Kink.
279. **Halliste, Andres.** Hüdrogeoloogilised tehistingimused Pandivere kõrgustiku võlvil. Tartu, 1981, 50 lk., 5 tab., 5 lisa. Bibl. 20 nim. Juh. H. Kink.
280. **Kajak, Maare.** Rakvere fosforiidisisalduselt perspektiivse ala kvaternaargeoloogiast. Tartu, 1981, 63 lk., 2 jn., 7 tab., 4 lisa. Bibl. 37 nim. Juh. G. Eltermann.
281. **Reima, Lydia.** Irbeni kihistu litoloogiast. Tartu, 1981, 41 lk., 9 jn., 2 tab. Bibl. 17 nim. Juh. K. Mens.
282. **Könd, Ene.** Keskordoviitsiumi litoloogiast Pandivere kõrgustiku läänenõerval. Tartu, 1981, 36 lk., 8 tab., 8 fototahvlit, 2 lisa. Bibl. 13 nim. Juh. A. Oraspöld, T. Lang.
283. **Leinsalu, Tiit.** Pinnasevee taseme muutused Tallinnas ehitusgeoloogilise uurimise andmetel. Tartu, 1981, 50 lk., 1 jn., 3 tab., 7 lisa. Bibl. 16 nim. Juh. A. Niin.
284. **Rass, Varmo.** Pakerordi, Lasnamäe ja Idavere lademe kivimite dolomiidistumisest Rägavere fosforiidileukohal. Tartu, 1981, 60 lk., 8 jn., 2 tab., 6 fotot, 7 lisa. Bibl. 20 nim. Juh. R. Raudsep, A. Loog.
285. **Rass, Vilja.** Brahhioopoodipoolmete ainelisest koostisest Rägavere-Assamalla piirkonnas. Tartu, 1981, 41 lk., 6 jn., 9 tab., 4 fotot, 1 lisa. Bibl. 9 nim. Juh. R. Raudsep, A. Loog.
286. **Saarmäe, Virve.** Tamsalu alevi hüdrogeoloogiline iseloomustus. Tartu, 1981, 8 jn., 8 tab., 5 lisa. Bibl. 19 nim. Juh. R. Perens.
287. **Salu, Mati.** Rapla veehaarde hüdrogeoloogilised tingimused. Tartu, 1981, 84 lk., 15 jn., 10 tab. Bibl. 43 nim. Juh. I. Vatalin, T. Metslang.
288. **Sokman, Kalmer.** Pinnase lõimis. Liivpinnaste lõimise ruumiline muutlikkus. Tartu, 1981, 36 lk., 4 jn., 5 lisa. Bibl. 19 nim. Juh. J. Vares, M. Mets, R. Arbeiter.
289. **Vardja, Peeter.** Aseri rikke geoloogiast ja geofüüsikast Viru-Nigula piirkonnas. Tartu, 1981, 42 lk., 4 tab., 11 lisa. Bibl. 15 nim. Juh. R. Vaher.

## **XXIX lend 1982**

290. **Aruväli, Jaan.** Nörkade savipinnaste omaduste määramine surupenetratsiooniga. Tartu, 1982, 89 lk., 36 jn., 12 tab., 24 lisa. Bibl. 41 nim. Juh. R. Arbeiter.
291. **Eller, Eik.** Vesi moreeni geotehniliste omaduste kujundajana. Tartu, 1982, 13 jn., 7 tab. Bibl. 24 nim. Juh. A. Niin.
292. **Jänes, Jaak.** Neeme massiivi graniidi mineraloogiline ja petrograafiline iseloomustus. Tartu, 1982, 54 lk., 7 jn., 5 tab., 14 fotot, 5 lisa. Bibl. 11 nim. Juh. J. Kirs, K. Suuroja.
293. **Karin, Jaak.** Järvesetete lasumusest, koostisest ja kujunemisest Illuka möhnastiku järvedes. Tartu, 1982, 49 lk., 12 jn., 5 tab., 3 lisa. Bibl. 20 nim. Juh. E. Lõokene, L. Saarse.
294. **Lüibert, Silja.** Põlva rajooni põhjavee kaitse hüdrogeoloogiline põhjendus. Tartu, 1982, 6 jn., 6 tab., 3 lisa. Bibl. 41 nim. Juh. L. Savitskaja, H. Kink.
295. **Meidla, Tõnu. Мейдла Тыну.** Остракоды набалаского, вормсского и пиргусского горизонтов Западной Эстонии. Тарту, 1982, 97 с., 22 рис., 6 табл. Библ. 45 назв. Рук. Л. Сарв. Res. : Nabala, Vormsi ja Pirgu lademe ostrakoodid Lääne-Eestis.
296. **Rammo, Mati.** Kohtla-Järve rajooni perspektiivsete kaevandusalade hüdrogeoloogilised tehistingimused. Tartu, 1982, 66 lk., 4 jn., 7 tab., 5 lisa. Bibl. 24 nim. Juh. H. Kink.

297. **Raudsepp, Matti.** Nõrk savipinnas ehitusalusena Lääne-Eesti rannikuosas ja saartel. Tartu, 1982, 122 lk., 23 jn., 8 tab., 4 lisa. Bibl. 26 nim. Juh. A. Vilo.
298. **Sarv, Talvi.** Kohtla-Järve rajooni kaevanduspiirkonna pöllumajandusmaastiku hüdrogeoloogilised tehistingimused. Tartu, 1982, 67 lk., 10 jn., 8 tab., 3 lisa. Bibl. 32 nim. Juh. H. Kink.
299. **Soa, Kalle.** Kruusliiva ja liivavarude prognoos Valga rajoonis. Tartu, 1982.
300. **Tamm, Janne.** Lahemaa rändkivid. Tartu, 1982, 108 lk., 18 jn., 2 tab., 50 fotot, 4 lisa. Bibl. 25 nim. Juh. H. Viiding, J. Kirs.
301. **Tolk, Vello.** Pöllumajanduslikud reostusallikad ja reostuskaitstus Otepää kõrgustikust Saadjärve voorestikuni. Tartu, 1982, 102 lk., 17 tab., 4 skeemi, 3 lisa. Bibl. 34 nim. Juh. H. Kink, V. Kalm.
302. **Sassian, Kersti.** Rapla veehaarde põhjavee tarbevarud. Tartu, 1982, 79 lk., 13 jn., 5 tab., 2 lisa. Bibl. 21 nim. Juh. I. Vatalin, T. Metslang.
303. **Türk, Mati.** Toolse fosforiidimaardla uuringumetoodika analüüs. Tartu, 1982, 66 lk., 10 jn., 3 tab., 4 lisa. Bibl. 9 nim. Juh. A. Loog, R. Raudsep.

### XXX lend 1983

304. **Brutus, Aivar.** Nabala lademe litoloogiast erinevates struktuurilis-fatsiaalsetes võöndites Põhja-Baltikumis. Tartu, 1983, 55 lk., 4 jn. Bibl. 27 nim. Juh. A. Oraspöld.
305. **Gaškov, Ago. Гашков Аго.** Об оценке качества горючего сланца южной части Эстонского месторождения горючих сланцев. Тарту, 1983, 61 с., 3 рис., 6 табл., 4 прил. Библ. 12 назв. Рук. О. Морозов. Res.: Eesti põlevkivimaardla lõunaosa põlevkivi kvaliteedi hindamisest.
306. **Künnapuu, Katrin.** Savipinnaste lõimise uurimisest ehitusgeoloogias. Tartu, 1983, 54 lk., 4 jn., 15 tab., 9 lisa. Bibl. 33 nim. Juh. U. Lemberg.
307. **Martin, Tõnu.** Kallavere kihistu geoloogiast Maardu ja Tsitre–Valkla leukohtadest lõunasse jääval alal. Tartu, 1983, 79 lk., 22 jn., 1 tab. Bibl. 33 nim. Juh. A. Loog, R. Raudsep.
308. **Möldre, Erkki.** Kiilvaiade kasutamisest Kagu-Eesti moreenides. Tartu, 1983, 69 lk., 12 jn., 6 tab., 4 graafikut, 4 lisa. Bibl. 22 nim. Juh. J. Kärk.
309. **Nestor, Toomas.** Vaia kandevõime määramine rammimise andmetel. Tartu, 1983, 25 lk., 12 tab., 3 lisa. Bibl. 5 nim. Juh. P. Kildjer.
310. **Paljasma, Monika.** Lahemaa Rahvuspargi põhjavee keemilisest ja tasemerežiimist. Tartu, 1983, 62 lk., 10 jn., 7 tab., 3 lisa. Bibl. 30 nim. Juh. H. Kink.
311. **Peetermann, Saima.** Kirde-Eesti mittemoreense savipinnase ehitusgeoloogiline ülevaade. Tartu, 1983, 96 lk., 24 jn., 13 tab., 12 lisa. Bibl. 32 nim. Juh. A. Vilo.
312. **Pukkonen, Eduard.** Aluspõhja kivimite lõhelisusest Paldiski–Tapa vahelisel alal. Tartu, 1983, 31 lk., 6 jn., 1 tab., 12 lisa. Bibl. 26 nim. Juh. A. Mardla.
313. **Puura, Ivar. Пуура Ивар.** Исследование изменчивости брахиопод рода *Dicoelosia*. Тарту, 1983, 56 с., 10 рис., 8 табл., 3 прил. Библ. 69 назв. Рук. А. Рыымусокс, М. Рубель, Т. Мельс. Res.: Brahiopoodiperekonna *Dicoelosia* muutlikkuse uurimus.
314. **Pärtin, Tiiu.** Lahemaa järvede ja Matsalu lahe kaitse hüdrogeoloogilised aspektid. Tartu, 1983, 67 lk., 7 jn., 6 tab., 6 fotot, 12 lisa. Bibl. 50 nim. Juh. H. Kink.
315. **Stroom, Mati. Струом Мати.** О плиоценовом вулканизме Центрально-Камчатского вулканического пояса на примере вулканов Кимитинского и Белоголовского. Тарту, 1983, 61 с., 10 рис., 1 табл., 17 фото, 3 прил. Библ. 12 назв. Рук. М. Г. Потоцкая, Ю. Кирс. Res.: [Kesk-Kamtšatka vulkaanilise vööndi pilotseensest vulkanismist Kimitini ja Belogovaja vulkaanide näitel.]
316. **Tammik, Priit.** Rakvere lademe litoloogiast stratotüüpset alal. Tartu, 1983, 44 lk., 5 jn., 5 tab., 5 fototahvlit, 3 lisa. Bibl. 15 nim. Juh. A. Oraspöld, A. Haas.
317. **Tennokesse, Vilve.** Lahemaa Rahvuspargi tüüpiliste soode hüdrogeoloogilised tehistingimused. Tartu, 1983, 57 lk., 9 jn., 1 tab., 6 fotot, 8 lisa. Bibl. 31 nim. Juh. H. Kink.
318. **Võsa, Aivar.** Põhjavee seisundist Purtse jõe vesikonnas. Tartu, 1983, 68 lk., 1 jn., 3 tab., 4 fotot, 4 lisa. Bibl. 25 nim. Juh. H. Kink.

## **XXXI lend 1984**

319. **Akel, Malle.** Põhjavee ratsionaalsest kasutamisest ja kaitsest põllumajanduses Lahemaa Rahvuspargis Ilumäe kolhoosi näitel. Tartu, 1984, 57 lk., 7 jn., 3 tab., 4 lisa. Bibl. 45 nim. Juh. H. Kink.
320. **Helm, Anto.** Kiilvaiade röhtkandevõime Kagu-Eesti moreenides. Tartu, 1984, 51 lk., 15 jn., 5 tab., 3 lisa, bibl. 23 nim. Juh. J. Kärk.
321. **Körts, Aile. Кыргс Айле.** Микрофоссилии нижнего карадока Северо-Эстонской структурно-фациальной зоны. Тарту, 1984, 55 с. 5 рис., 1 табл. Библ. 51 назв. Рук. Л. Сарв. Res.: Alamkaradoki mikrofossiiliid Põhja-Eesti struktuurilis-fatsiaalses võändis.
322. **Moldov, Ursula.** Rüükala *Coccosteus* Narva lademes. Tartu, 1984, 66 lk., 13 jn., 4 tab., 3 lisa. Bibl. 22 nim. Juh. E. Kurik.
323. **Nurk, Kaupo.** Liivade geotehniliste omaduste sõltuvus tihedusest. Tartu, 1984, 46 lk., 11 jn., 1 tab., 3 lisa. Bibl. 28 nim. Juh. M. Mets.
324. **Paalits, Ivo.** Ülgase kihistiku mikrofütoplanktonist stratotüüpset alal. Tartu, 1984, 40 lk., 3 fototab., lisas 10 jn., tab. Bibl. 56 nim. Juh. A. Rõõmusoks, T. Jankauskas.
325. **Pirrus, Peeter.** Lahemaa soode hüdrogeoloogiast. Tartu, 1984, 46 lk., 1 tab., 12 lisa. Bibl. 19 nim. Juh. H. Kink, M. Ilomets.
326. **Raudsepp, Leelo.** Põhjavee seisundist Rapla rajoonis. Tartu, 1984, 78 lk., 7 jn., 9 tab., 3 lisa. Bibl. 30 nim. Juh. H. Kink, K. Aun.
327. **Reiska, Krista.** Kambriumi ja ordoviitsiumi piirihiidte litoloogiaast Tallinn–Aseri joonel. Tartu, 1984, 60 lk., 10 jn., 9 tab., 2 fototahvlit. Bibl. 24 nim. Juh. K. Mens, A. Loog.
328. **Rennel, Gea.** Põhja-Eesti platoon muldade geokeemiast. Tartu, 1984, 44 lk., 1 jn., 4 tab., 16 lisa. Bibl. 19 nim. Juh. V. Petersell, A. Loog.
329. **Talviste, Peeter.** Geotehniliste kihtide eraldamisest nõrkadest savipinnastest koosnevas ehitusaluses. Tartu, 1984, 55 lk., 7 jn., 5 tab., 3 lisa. Bibl. 36 nim. Juh. A. Vilo.
330. **Taur, Kai.** Mõnede Vooremaa järvede setete kartsinoloogiline analüüs. Tartu, 1984, 50 lk., 8 jn., 8 diagrammi. Bibl. 28 nim. Juh. A. Määmets, R. Pirrus.
331. **Viskus, Joel.** Turvaste geotehnilised omadused. Tartu, 1984, 81 lk., 20 jn., 5 tab. Bibl. 66 nim. Juh. M. Mets.
332. **Voika, Heleene.** Vormsi lademe litoloogiaast Pandivere kõrgustikul. Tartu, 1984, 43 lk., 10 jn., 2 tab., 10 fototahvlit, 2 lisa. Bibl. 20 nim. Juh. A. Oraspöld.
333. **Vool, Malle.** Põhjavee ratsionaalsest kasutamisest ja kaitsest "Viru" kolhoosi Vihula osakonnas. Tartu, 1984, 67 lk., 2 jn., 4 tab., 7 lisa. Bibl. 31 nim. Juh. H. Kink..

## **XXXII lend 1985**

334. **Aavola, Ene.** Põhjavee ratsionaalsest kasutamisest ja kaitsest S. M. Kirovi nim. näidiskaluri-kolhoosi Kolga osakonnas. Tartu, 1985, 70 lk., 7 jn., 4 tab., 3 lisa. Bibl. 34 nim. Juh. H. Kink.
335. **Allikmaa, Aivar.** Moreeni nihketugevus. Tartu, 1985, 55 lk., 23 jn., 14 tab., 70 lisa. Bibl. 28 nim. Juh. M. Mets.
336. **Kurvits, Tiia.** Kesktremadoci setendite mineraloogiaast Põhja-Eesti paljandites. Tartu, 1985, 80 lk., 14 jn., 14 tab., 2 fototahvlit. Bibl. 26 nim. Juh. A. Kleesment, H. Heinsalu.
337. **Luht, Helve.** Vigala jõe vesikonna hüdrogeologilised tingimused. Tartu, 1985, 46 lk., 1 jn., 1 tab., 10 lisa. Bibl. 21 nim. Juh. H. Kink.
338. **Madalik, Jaanis.** Viljandi rajooni kirdeosa turbamaardlad. Tartu, 1985, 61 lk., 1 jn., 4 tab., 6 lisa. Bibl. 18 nim. Juh. G. Eltermann.
339. **Sedman, Aadu.** Eesti liivade filtratsiooniomaduste hindamine ehitusgeoloogilisel uurimisel. Tartu, 1985, 51 lk., 5 jn., 6 tab., 9 lisa. Bibl. 27 nim. Juh. K. Riet.
340. **Sedman, Pille.** Põhjavee režiim Matsalu märgala piirkonnas. Tartu, 1985, 64 lk., 23 jn., 2 tab., 8 lisa. Bibl. 22 nim. Juh. H. Kink.

341. **Tamm, Aili.** Fluori esinemine Rakvere fosforiidirajoonis. Tartu, 1985, 54 lk., 9 jn., 7 tab., 6 lisa. Bibl. 21 nim. Juh. V. Petersell.
342. **Tamm, Tarmo.** Vaia kandevõime moreenipinnases. Tartu, 1985, 61 lk., 32 jn., 2 lisa. Bibl. 21 nim. Juh. M. Mets.
343. **Vassiljev, Jüri.** Loksa ümbruse viirsavides. Tartu, 1985, 74 lk., 18 jn., 3 tab., 3 lisa. Bibl. 68 nim. Juh. R. Karukäpp, V. Kalm.

### **XXXIII lend 1986**

344. **Ainsaar, Leho.** Põlevkivi sisaldaava kompleksi ülemise osa (Kurna kihikonna, C<sub>III</sub>–D<sub>II</sub>) ehitusest. Tartu, 1986, 51 lk., 10 jn. Bibl. 42 nim. Juh. R. Männil, A. Röömusoks.
345. **Haamer, Raivo.** Nörkade savipinnaste konsolidatsioonimooduli määramine teimimisel. Tartu, 1986, 35 lk., 4 jn., 5 tab., 3 lisa. Bibl. 10 nim. Juh. M. Mets.
346. **Heinsalu, Atko.** Balti jääpaisjärve setete litoloogiast Läänemere keskosas. Tartu, 1986, 64 lk., 20 jn., 10 tab., 1 lisa. Bibl. 50 nim. Juh. V. Kalm, R. Karukäpp.
347. **Heinsalu, Reet.** Põhjavee ratsionaalne kasutamine ja kaitse Matsalu lahe lõumarannikul. Tartu, 1986, 94 lk., 6 jn., 7 tab., 1 skeem, 10 lisa. Bibl. 37 nim. Juh. H. Kink.
348. **Kangur, Valdo.** Rannamõisa jõe vesikonna hüdrogeologilised tingimused ja inimtegevuse mõju tema veeressurssidele. Tartu, 1986, 60 lk., 6 jn., 7 tab., 2 lisa. Bibl. 27 nim. Juh. H. Kink.
349. **Ploom, Kuldev.** Saarde kihistu litoloogiast Edela-Eestis. Tartu, 1986, 54 lk., 26 jn., 4 lisa. Bibl. 77 nim. Juh. R. Einasto.
350. **Mäss, Eero.** Meresetete levikust ja koostisest Küdema lahes. Tartu, 1986, 41 lk., 22 jn., 10 tab. Bibl. 26 nim. Juh. Kaarel Orviku, V. Kalm.

### **XXXIV lend 1987**

351. **Aru, Helje. Ару Хелье.** О триболитах Латорпского горизонта Эстонии и Ленинградской области. Тарту, 1987, 36 с., 6 рис., 4 фототаб. Библ. 39 назв. Рук. А. К. Рыымусокс, Р. П. Мянниль, С. О. Мяги. Res.: Trilobites of the Latorp Stage from Estonia. [Latorpi lademe trilobiitidest Eestis ja Leningradi oblastis.]
352. **Arbeiter, Rene.** Vaia kandevõime mudelvaia ja surupenetreerimise võrdluskatseist. Tartu, 1987, 68 lk., 24 jn., 9 tab., 3 fotot, 3 lisa. Bibl. 40 nim. Juh. E. Listra.
353. **Ilves, Janika.** Sekundaarsed fosfaadid Lääne-Kabala fosforiidides. Tartu, 1987, 83 lk., 12 jn., 9 tab., 4 lisa. Bibl. 27 nim. Juh. S. Detkovski, A. Loog.
354. **Ilves, Tõnu.** Tremadoci graptoliitargilliiti geoloogiline-geokeemiline iseloomustus Lääne-Eesti perspektiivalal. Tartu, 1987, 53 lk., 8 jn., 2 tab., 3 lisa. Bibl. 39 nim. Juh. E. Pukkonen, A. Loog.
355. **Nigul, Sulo.** Raua-mangaani konkretsioonidest Naissaar–Väike-Tütarsaар vahelisel alal. Tartu, 1987, 146 lk., 10 jn., 37 tab., 12 fotot, 10 lisa. Bibl. 43 nim. Juh. V. Kalm, P. Tammik.
356. **Rannat, Unne.** Jämeprüfmaterialj Tallinna ümbruse paljandite kambriumi-ordoviitsiumi piirihiides. Tartu, 1987, 88 lk., 14 jn., 5 tab., 7 fototahvlit. Bibl. 40 nim. Juh. K. Mens, A. Loog.
357. **Rooma, Anne.** Otepää kõrgustiku idaosaa moreenide litoloogiast. Tartu, 1987, 71 lk., 12 jn., 8 tab., 2 lisa. Bibl. 32 nim. Juh. V. Kalm, U. Liiber.
358. **Saarmäe, Arno.** Fluvioglatsiaalse setete litoloogiast Otepää kõrgustiku idaosas. Tartu, 1987, 71 lk., 11 jn., 4 tab., 16 fotot. Bibl. 24 nim. Juh. V. Kalm.
359. **Saarmäe, Marika.** Burtnieki lademe mineraloogiast Eestis ja selle võrdlus stratotüüpse läbilõike mineraloogiaga. Tartu, 1987, 84 lk., 22 jn., 5 tab., 2 fotot. Bibl. 26 nim. Juh. E. Kurik, K. Mens, R. Mootse.
360. **Tuuling, Tiia.** Saaremaa dolokivilasundite ehitusest ja tekkeloost. Tartu, 1987, 67 lk., 9 jn., 7 fototahvlit. Bibl. 27 nim. Juh. R. Einasto.
361. **Karu, Avo.** Pinnaseliigi määramine surupenetratsiooni järgi. Tartu, 1987, 66 lk., 21 jn., 3 tab., 10 monogrammi. Bibl. 25 nim. Juh. M. Mets.

## **XXXV lend 1988**

362. **Jalakas, Inger.** Adavere ja Jaani lademe litofatsiaalne iseloomustus Ida-Saaremaa ja Muhus. Tartu, 1988, 64 lk., 25 jn., 8 tab., 5 fototahvlit, 6 lisa. Bibl. 47 nim. Juh. A. Oraspöld, H. Perens.
363. **Jürjens, Ene.** Ida-Saaremaa loodeosa kvaternaarigeoloogia. Tartu, 1988, 80 lk., 11 jn., 14 tab., 9 fotot, 6 lisa. Bibl. 19 nim. Juh. V. Kalm, A. Einmann.
364. **Rattas, Maris.** Orava–Mustoja servamoodustise limnoglatsiaalse liivade litoloogiast. Tartu, 1988, 52 lk., 7 jn., 6 tab., 4 fotot, 2 lisa. Bibl. 15 nim. Juh. V. Kalm, U. Liiber.
365. **Tinn, Aare. Тинн Аарэ.** Характеристика верхнеюрского-нижненемелового и эоценового-миоценного комплекса. Тарту, 1988, 43 с., 8 рис., 1 табл., 18 фото. Библ. 24 назв Рук. Ю. Кирс, Б. В. Лебедев. Res.: Põhja-Rärötki aheliku hilisjuura-varakriidi ja eotseen-miotseeni magmakivimite petroloogiline iseloomustus.

## **XXXVI lend 1989**

366. **Agasild, Donald.** Termokaardistamine ja distantsondeerimine põhjavee väljavoolualade piiritlemisel. Tartu, 1989, 52 lk., 13 jn., 14 tab., 10 lisa. Bibl. 16 nim. Juh. U. Uri.
367. **Eek, Külli.** Pandivere kõrgustiku lõunaosa hüdrogeoloogilised tingimused. Tartu, 1989, 87 lk., 13 jn., 14 tab., 10 lisa. Bibl. 16 nim. Juh. H. Kink.
368. **Eek, Peeter.** Tiivikkatsetega Eestis määratud pinnaste tugevusparameetrid. Tartu, 1989, 79 lk., 25 jn., 1 tab., 5 lisa. Bibl. 23 nim. Juh. P. Talviste.
369. **Karjus, Anne.** Looduslike ja tehistingimuste mõju pinna- ja põhjavee kujunemisele Virumaa kesk- ja põhjaosas. Tartu, 1989, 60 lk., 14 jn., 9 tab. Bibl. 19 nim. Juh. H. Kink.
370. **Kattel, Taavo.** Pärnu viirsavide ruumiline muutlikkus. Tartu, 1989, 51 lk., 14 jn., 9 tab., 8 lisa. Bibl. 12 nim. Juh. P. Talviste.
371. **Pomerants, Marko.** Pandivere Riikliku Veekaitseala ratsionaalne majandamine ja funktsionaalne tsoneerimine. Tartu, 1989, 87 lk., 6 jn., 5 tab., 2 lisa. Bibl. 30 nim. Juh. H. Kink.
372. **Puura, Erik.** Tehnogeensed mineraalid põlevkivirajooni tehispinnavormides Kirde-Eestis. Tartu, 1989, 39 lk., 3 jn., 3 tab., 3 lisa. Bibl. 21 nim. Juh. J. Kirs.
373. **Puusepp, Mait.** Lõuna-Eesti moreenide omaduste muutlikkusest erinevates pinnavormides. Tartu, 1989, 62 lk., 24 jn., 2 tab., 45 lisa. Bibl. 12 nim. Juh. M. Mets.
374. **Soesoo, Alvar.** Tapa ploki asendist Põhja-Eesti aluskorras ja tema kivimiline iseloomustus. Tartu, 1989, 84 lk., 42 jn., 4 tab. Bibl. 31 nim. Juh. J. Kirs, V. Klein.
375. **Tinn, Oive.** Rootsiküla lademe litoloogiast Lääne-Saaremaal. Tartu, 1989, 52 lk., 3 jn., 8 fototahvlit, 1 lisa. Bibl. 11 nim. Juh. R. Einasto, A. Oraspöld.
376. **Veski, Siim.** Maardu järve geoloogiast ja nüüdisseisundist. Tartu, 1989, 107 lk., 33 jn., 13 tab., 2 lisa. Bibl. 76 nim. Juh. L. Saarse.
377. **Alasi, Aira.** Jaani lademe Paramaja kihtide ja Jaagarahu lademe litofatsiaalne iseloomustus Ida-Saaremaa ja Muhus. Tartu, 1989, 48 lk., 10 jn., 1 tab., 11 fototahvlit, 5 lisa. Bibl. 32 nim. Juh. H. Perens.

## **XXXVII lend 1990**

378. **Alasi, Kalle.** Pärnu mereliivade geotehniliste omaduste kujunemine. Tartu, 1990, 60 lk., 8 tab., 10 graaf., 11 lisa. Bibl. 44 nim. Juh. M. Mets.
379. **Ehte, Külli.** Otepää maastikukaitseala Pühajärve vesikonna hüdrogeoloogilised tingimused. Tartu, 1990, 76 lk., 14 jn., 5 tab., 3 lisa. Bibl. 30 nim. Juh. H. Kink.
380. **Kalamäe, Peep.** Kirde-Eesti mullastiku geokeemiast. Tartu, 1990, 20 lk., 5 jn., 1 tab., 13 lisa. Bibl. 6 nim. Juh. A. Loog, J. Kivilsilla.

381. **Kansi, Kaido.** Savimineraalide röntgenograafilise määramise metoodika Soome lahe lääneosa põhjasetetes. Tartu, 1990, 45 lk., 20 jn., 10 tab. Bibl. 12 nim. Juh. V. Kalm, P. Tammik.
382. **Kuusing, Merle.** Kunda-Aru lubjakivikarjääri mõju pinna- ja põhjaveele. Tartu, 1990, 54 lk., 14 jn., 3 tab. Bibl. 18 nim. Juh. T. Metslang.
383. **Lepland, Aave.** Morfodünaamilised protsessid Ruhnu saare idarannikul. Tartu, 1990, 58 lk., 5 jn., 76 tab., 4 fotot, 13 lisa. Bibl. 11 nim. Juh. J. Kask.
384. **Lepland, Aivo.** Piusa oru geoloogist. Tartu, 1990, 90 lk., 24 jn., 7 tab., 1 lisa (eraldid köide). Bibl. 48 nim. Juh. T. Hang, V. Kalm.
385. **Nelke, Peedo.** Külgħoōrde arvestamisest vaia kandevõime määramisel surusondide abil. Tartu, 1990, 48 lk., 13 jn., 4 tab., 15 lisa. Bibl. 9 nim. Juh. E. Listra.
386. **Nemliher, Jüri.** Eesti karbifosforiite moodustavate lingulaatide tekkest, mineraalsest koostisest ning skeletistruktuuridest. Tartu, 1990, 52 lk., 17 jn., 6 tab., 4 lisa. Bibl. 52 nim. Juh. I. Puura.
387. **Noor, Allan.** Nõrkade pinnaste stabiliseerimine põlevkivistuhaga. Tartu, 1990, 73 lk., 12 jn., 5 tab., 6 fotot, 9 lisa. Bibl. 22 nim. Juh. P. Talviste.
388. **Pihlar, Rein.** Põhjavee tarbevaru arvutamine Tartu linna ordoviitsium-kambrium veehorisondi näitel. Tartu, 1990, 83 lk., 23 jn., 9 tab., 4 lisa. Bibl. 18 nim. Juh. S. Välkmann.
389. **Vendt, Maire.** Lahemaa Rahvuspargi hüdrogeoloogia ja kvaternaarsed setted. Tartu, 1990, 91 lk., 12 jn., 4 tab., 2 lisa. Bibl. 31 nim. Juh. H. Kink, A. Oraspold.

### **XXXVIII lend 1991**

390. **Härmaste, Anne.** Late Ordovician and Early Silurian acritarchs from Tähkvere borehole no. 726. Tartu, 1991, 33 lk., 2 jn., 1 tab., 11 fototahvlit. Bibl. 20 nim. Juh. I. Paalits. Res.: [Hilis-ordoviitsiumi ja varasiluri akritarhid Tähkvere puuraugust nr. 726].
391. **Karjus, Riho.** Väetiste mõju moreenile. Tartu, 1991, 59 lk., 6 jn., 9 tab., 33 fotot. Bibl. 22 nim. Juh. O. Tammemäe.
392. **Karro, Enn.** Lahemaa Rahvuspargi põhjavee keemilisest režiimist. Tartu, 1991, 77 lk., 10 jn., 4 tab. Bibl. 33 nim. Juh. H. Kink.
393. **Külm, Tiina.** Viru, Nigula ja Meenikunno raba ning Viidumäe soostiku hüdrogeoloogist. Tartu, 1991, 78 lk., 20 jn., 15 tab. Bibl. 18 nim. Juh. H. Kink.
394. **Lelgus, Mati.** Tõrva linna vesivarustus. Tartu, 1991, 1 lk., 6 jn., 11 tab., 16 lisa. Bibl. 12 nim. Juh. M. Stroom.
395. **Rahumäe, Edda.** Aruküla ja Burtnieki lademe piirihiidide mineraloogia Vörtsjärvest läänes. Tartu, 1991, 57 lk., 9 jn., 7 tab., 2 lisa. Bibl. 18 nim. Juh. A. Kleesment.
396. **Tammeaid, Indrek.** Estonian Vendian-Lower Palaeozoic Sedimentary Sulphides. Tartu, 1991, 40 lk., 17 jn., 5 tab., 14 fototahvlit. Bibl. 78 nim. Juh. E. Pirrus. Res.: [Eesti vendi-alampaleosoikumi settelised sulfiidid].

### **XXXIX lend 1992**

397. **Andresmaa, Eda.** Pandivere kirdeosa lämmastikureostus. Tartu, 1992, 81 lk., 9 jn., 8 lisa. Bibl. 22 nim. Juh. H. Kink.
398. **Kirsimäe, Kalle.** Turmaliinist Baltikumi devoni terrigeensestes setendites. Tartu, 1992, 40 lk., 10 jn., 4 tab., 1 lisa. Bibl. 37 nim. Juh. A. Kleesment, J. Aruväli.
399. **Mark, Aare.** Tölliste valla geoloogist ja maavaradest. Tartu, 1992, 57 lk., 13 tab., 13 lisa. Bibl. 31 nim. Juh. K. Soa.
400. **Noormets, Riko.** Eesti loodešelfi pinnakatte ehitusest. Tartu, 1992, 35 lk., 4 jn., 2 skeemi, 2 tab., 9 lisa. Bibl. 18 nim. Juh. J. Lutt.
401. **Orgusaar, Ene.** Lämmastikureostus Pandivere veekaitseala loodeosas (Kadrina vald). Tartu, 1992, 71 lk., 4 jn., 7 lisa. Bibl. 24 nim. Juh. H. Kink.
402. **Petersell, Madis.** Nõrkade saviliivade omadused. Tartu, 1992, 38 lk., 1 jn., 11 graafikut, 6 lisa. Bibl. 5 nim. Juh. H. Tang, E. Dravant.

403. **Poska, Anneli.** Lääne-Eesti soo- ja järvesetete stratigraafias Järveotsa järve ja Pitkasoo näitel. Tartu, 1992, 66 lk., 25 jn., 5 tab., 3 lisa. Bibl. 23 nim. Juh. L. Saarse.
404. **Sark, Marge.** Väo kihistu iseloomustus Tallinna ümbruse karjäärides. Tartu, 1992, 84 lk., 26 jn., 4 tab., 5 lisa. Bibl. 23 nim. Juh. T. Saadre.
405. **Tooming, Mats.** Peipsi järve looderanniku liivade litoloogiast. Tartu, 1992, 59 lk., 12 jn., 3 tab., 4 lisa. Bibl. 11 nim. Juh. M. Rattas.
406. **Väling, Peeter.** Keemiliste elementidega reostuse hindamine Soome lahe Eesti piiridesse kuuluva ala põhjasetetes ja Tallinna lahe põhjasetete reostus. Tartu, 1992, 72 lk., 1 graafik, 7 tab., 6 lisa. Bibl. 13 nim. Juh. J. Kivililla.

#### **XL lend 1993 (õppeaeg 5 aastat)**

407. **All, Tarmo.** Saaremaa Siluri karbonaatkivimite filtratsiooniliste omaduste muutlikkuse uurimine vooluhulga karotaažiga. Tartu, 1993, 40 lk., 15 jn., 1 tab., 1 lisa. Bibl. 13 nim. Juh. R. Perens.
408. **Jürgenson, Jaak.** Pärnu madaliku edelaosa ökoküdrogeoloogilised tingimused. Tartu, 1993, 47 lk., 3 jn., 4 tab., 13 lisa. Bibl. 13 nim. Juh. H. Kink.
409. **Kattel, Pille.** Raikküla lade Sulus. Tartu, 1993, 59 lk., 6 jn., 2 fotot, 8 fototahvlit. Bibl. 23 nim. Juh. R. Einasto.
410. **Keerberg, Vahur.** Põhjavee arvutimodelleerimine Lehtse ja Jootme piirkonna näitel. Tartu, 1993, 65 lk., 23 jn., 1 lisa. Bibl. 5 nim. Juh. M. Metsur.
411. **Lillestik, Peeter.** Eesti aluskorra varaplatvormsete granitoidide raske fraktsiooni aktsessooride mineraloogilisest analüüsist. Tartu, 1993, 44 lk., 18 diagr., 10 tab., 7 lisa. Bibl. 20 nim. Juh. J. Kirs.
412. **Moora, Harri.** Põhja-Eesti klindilahtedes paiknevate pöikvormide kujunemisloost. Tartu, 1993, 72 lk., 9 jn., 6 tab., 5 lisa, 16 fotot. Bibl. 43 nim. Juh. A. Raukas.
413. **Otsmaa, Sven.** Isotoopmeetodite kasutamisest Eesti põhjavete uuringul. Tartu, 1993, 67 lk., 21 jn., 21 tab., 3 lisa. Bibl. 26 nim. Juh. R. Vaikmäe.
414. **Plado, Jüri.** Petrophysical Research into the Kärdla Meteorite Crater, Hiiumaa, Estonia. Tartu, 1993, 39 lk., 18 jn., 5 lisa. Bibl. 59 nim. Juh. V. Puura. Res.: [Kärdla meteoriidikraatri petrofüüsikaline uuring, Hiiumaa, Eesti].
415. **Plink, Piret.** Glatsiaalne ning hilis- ja pärastjääegne sedimentogenees Lääne-Eestis. Tartu, 1993, 67 lk., 21 jn., 6 tab. Bibl. 64 nim. Juh. V. Kalm, J. Kask.
416. **Raha, Margus.** Kärdla röngasstruktuuri uurimine geofüüsikaliste meetoditega. Tartu, 1993, 91 lk., 3 jn., 1 tab., 3 lisa. Bibl. 17 nim. Juh. Ü. Rehemägi.
417. **Rom, Marge.** Kaali meteoriidi 7. kraatri kildude mineraloogia ja keemilisest koostisest. Tartu, 1993, 23 lk., 5 jn., 5 tab., 26 mikrofotot. Bibl. 23 nim. Juh. Ü. Kestlane.
418. **Vunder, Vallo.** Saaremaa põhjavee kaitstusest ja kvaliteedist. Tartu, 1993, 51 lk., 15 jn., 7 tab., 1 lisa. Bibl. 29 nim. Juh. R. Perens.

#### **XL lend 1993 (õppeaeg 4 aastat)**

419. **Jõeleht, Argo.** Elektromeetritlike meetodite rakendamise võimalustest tektooniliste rikkevööndite uurimisel ja uurimise tähtsusest. Tartu, 1993, 21 lk., 1 jn., 1 tab., 11 lisa. Bibl. 20 nim. Juh. S. Solovjova.
420. **Jõeleht, Kaja.** Karst ja allikad Pandivere riiklikul veekaitsealal. Tartu, 1993, 45 lk., 3 jn., 2 tab., 6 lisa. Bibl. 57 nim. Juh. H. Kink.
421. **Kirsimäe, Kristel.** Kambrium ja ordoviitsiumi piirikihtide mineraloogia Valkla ja Nõmmaveski paljandis. Tartu, 1993, 64 lk., 7 jn., 11 tab., 2 lisa. Bibl. 34 nim. Juh. T. Kurvits.
422. **Lokk, Uve.** Looduslike bituumenite levik Lääne-Eesti saartel. Tartu, 1993, 23 lk., 7 jn., 5 fototahvlit, 1 lisa. Bibl. 22 nim. Juh. V. Kattai.

423. **Maa, Kristiina.** Moreenide litostratigraafia Kunda mattunud orus. Tartu, 1993, 21 lk., 1 jn., 7 lisa. Bibl. 7 nim. Juh. V. Kalm.
424. **Pääslane, Piret.** Tartu linna Tartu veekompleksi iseloomustus, parameetrite ja põhjaveevaru arvutus. Tartu, 1993, 51 lk., 6 jn., 9 tab., 8 lisa. Bibl. 19 nim. Juh. S. Välkmann.
425. **Viigi, Heli.** Põhjavee tarbevaru arvutamine Tartu linna Pärnu–Siluri veekompleksi näitel. Tartu, 1993, 59 lk., 10 jn., 12 tab., 5 lisa. Bibl. 13 nim. Juh. S. Välkmann.
426. **Vinn, Olev.** On the phyllograptid graptolites and the Arenigian graptolite zonation of the Moscow and Baltic synecclises. Tartu, 1993, 39 lk., 8 lisa. Bibl. 35 nim. Juh. D. Kaljo. Res.: Füllgraptoidsete graptoliitide ja Arenigi graptoliitide tsonaalsusest Moskva ja Balti sünekliisis.
427. **Vunder, Kaisa.** Eesti paekivi ilust. Tartu, 1993, 79 lk., 31 jn., 6 tab., 40 fotot, 1 lisa. Bibl. 18 nim. Juh. H. Perens.

## XLI lend 1994

428. **Jegonjan, Kalmer.** Konodondid kambriumi-ordoviitsiumi piirikihitest Põhja-Eestis. Tartu, 1994, 74 lk., 9 jn., 8 fototahvlit. Bibl. 44 nim. Juh. V. Viira, T. Meidla.
429. **Kivilsalu, Einar.** Tapa linna põhjavee naftareostuse levik ja selle uurimine. Tartu, 1994, 60 lk., 29 jn., 2 tab. Bibl. 22 nim. Juh. A. Loog, M. Salu.
430. **Kivilsalu, Mall.** Madal- ja kõrgsooturba omaduste võrdlus. Tartu, 1994, 55 lk., 10 lisa. Bibl. 23 nim. Juh. U. Uri, A. Loog.
431. **Laas, Tuuli.** Aspects of dermal exoskeleton histology and composition of Middle Devonian fishes from Estonia. Tartu, 1994, 2 lk., 12 jn., 7 tab., 13 fototahvlit. Bibl. 29 nim. Juh. J. Kirs, J. Nemliher. Res.: Eesti keskdevoni kalade dermaalse välissekleti histoloogiast ja koostisest.
432. **Markina, Marju.** Vee keemilise koostise kujunemine rabas (Soomaa ja Endla raba näitel). Tartu, 1994, 30 lk., 11 lisa. Bibl. 8 nim. Juh. H. Kink.
433. **Moppel, Anti.** Hiiumaa muldade geokeemiast. Tartu, 1994, 26 lk, 27 jn., 17 tab. Bibl. 14 nim. Juh. E. Pukkonen, A. Loog.
434. **Ojamäe, Ivo.** Turba küttevärtuse sõltuvus tehnilikatest ja liigilisest koostisest. Tartu, 1994, 23 lk., 23 jn., 2 tab. Bibl. 15 nim. Juh. M. Orru, V. Kalm.
435. **Roosalu, Reet.** Eesti kambrium-vendi põhjaveeladestu hüdrogeokeemiline üldistus. Tartu, 1994, 53 lk., 16 jn., 1 tab., 8 lisa. Bibl. 36 nim. Juh. R. Mokrik.
436. **Suuroja, Sten.** Löögimetamorfismi ilminguist Kärdla kraatri kristalsetes kivimites. Tartu, 1994, 49 lk., 4 jn., 6 tab., 4 lisa. Bibl. 33 nim. Juh. J. Kirs.
437. **Tombak, Mirjam.** Sr, Mn, Fe ja Cl kui mineraali tekke indikaatorid. Tartu, 1994, 61 lk., 18 jn., 4 tab. Bibl. 21 nim. Juh. T. Kiipli.

## 2. Magistrítööd

### 1992

- M1. **Ainsaar, Leho.** Jõhvi ja Keila lademe ehitusest Põhja-Eestis. Tartu, 1992, 79 lk., 20 jn., 1 tab., 3 fototahvlit. Bibl. 42 nim. Juh. R. Männil, A. Rõõmusoks.
- M2. **Kajak, Kaljo.** Eesti kvaternaarigeoloogia põhijooni. Tartu, 1992, 37 lk., 7 jn., 3 tab., 2 lisa. Bibl. 16 nim.
- M3. **Orru, Mall.** Eesti soode maaistikuline liigestus ja kaitse. Tartu, 1992, 74 lk., 59 jn. Bibl. 25 nim.
- M4. **Kõrts, Aile.** Ordovician oil shale of Estonia-origin and palaeoecological characteristics. Tartu, 1992. Bibl. art. lõpus. Res.: [Ordoviitsiumi vanusega Eesti põlevkivi — päritolu ja paleoökoloogilised tunnused.]
- M5. **Nõlvak, Jaak.** Happeresistentsete mikrofossiilide levik Põhja-Baltikumi Ašgilli läbilõigetes. Tartu, 1992, 73 lk., 22 jn. Bibl. 35 nim.

- M6. **Nemliher, Jüri.** Shell structure and mineralogy of the lingulate brachiopods from the "Obolus Sandstones" of Estonia and Ingria. Tartu, 1992, 31 lk., 13 jn., 3 lisa. Bibl. 69 nim. Res.: Eesti ja Ingerimaa "Oobolusliivakivide" lingulaatide (brachiopoda) karbi struktuurist ja mineraalogaast.

M7. **Konsa, Mare.** Tsirkooni tüpomorfosed erimid Eesti kristalses aluskorras, vendieelsete murene-miskoorikus ja pealiskorra basaalkihtides. Tartu, 1992. Bibl. art. lõpus.

M8. **Soesoo, Alvar.** On the petrochemistry of the acid rocks of the Estonian crystalline basement. Tartu, 1992, 52 lk., 12 jn., 10 tab. Bibl. 40 nim. Res.: Eesti aluskorra happeilise koostisega metamorfsete ja magmakivimite petrokeemiast.

**1993**

M9. **Puura, Ivar.** Dynamic morphometrics in palaeontology: conceptual basis and applications. Tartu, 1993, 67 lk., 21 jn., 2 tab., 2 lisa. Bibl. 175 nim. Res.: Dünamiline morfomeetria paleontoloogias: kontseptuaalne baas ja rakendused.

M10. **Pukkonen, Eduard.** Uraan Eesti diktüoneemakildas (levikuseaduspärasused). Tartu, 1993, 87 lk., 17 jn., 5 tab. Bibl. 49 nim. Juh. E. Pirrus.

M11. **Plink, Piret.** Glatsiaalne ning hilis- ja pärastjääeagne sedimentogenes Lääne-Eestis. Tartu, 1993, 68 lk., 21 jn., 6 tab., lisad. Bibl. 64 nim. Juh. V. Kalm, J. Kask.

M13. **Räägel, Veena.** Eesti looduslike ehitusmaterjalide kasutamine ja edasised perspektiivid. Tartu, 1993, 70 lk., 3 jn., 5 tab., 2 lisa. Bibl. 96 nim.

M14. **Isakar, Mare.** Facial distribution of Silurian gastropods and monoplacophorans in Estonia. Tartu, 1993, 53 lk., 25 jn., lisas 5 fototahvlit. Bibl. 56 nim. Res.: Eesti siluri tigude ja torviklimuste fatsiaalne levik.

M15. **Kirs, Juho.** Päevakivi mineraloogiast Ida-Euroopa platvormi rabakivigraniitides ja Eesti kristalses aluskorras. Tartu, 1993, 117 lk., 41 jn., 12 tab. Bibl. 86 nim.

M16. **Hang, Tiit.** Peipsi valgla loodeosa jõgedevõrgu kujunemine ja selle seos järve arengulooga. Tartu, 1993, 82 lk., 60 jn. Bibl. 60 nim. Juh. A. Raukas.

M17. **Heinsalu, Atko.** Harku järve eutrofeerumise kujunemine, põhjasetete reostus, fosfori sisekoormus ja järve tervendamise võimalused. Tartu, 1993, 84 lk., 28 jn., 7 tab. Bibl. 77 nim.

M18. **Metsur, Madis.** Põllumajanduslik hajureostus lämmastikuühenditega. Tartu, 1993, 57 lk., 17 jn., 20 tab. Bibl. 17 nim.

**1994**

M19. **Savitskaja, Lehte.** Kambriumi-vendi veekompleksi põhjavee keemilise koostise muutustest Tallinna veehaardel. Tartu, 1994, 44 lk., 11 joon, 2 tab., 4 lisa. Bibl. 55 nim.

M20. **Saadre, Tõnis.** Kukruse lademe ehitusest Kirde-Eestis. Tartu, 1994, 53 lk., 16 jn., 1 tab., 4 lisa. Bibl. 65 nim.

M21. **Kirsimäe, Kalle.** Raskmetallid Kirde-Eesti muldade geokeemilistes anomaliates. Tartu, 1994, 80 lk., 39 jn., 10 tab., 1 lisa. Bibl. 84 nim. Juh. V. Kalm, V. Petersell.

M22. **Noormets, Riko.** Formation and development of the Quaternary deposits in the Baltic Sea west of Estonia — a marine seismic reflection study. Tartu, 1994, 50 lk., 23 jn. Bibl. 51 nim. Juh. T. Flode'n, J. Lutt. Res.: Kvaternaarisetete teke ja areng Eesti läänešelfil seismilise pidev-profileerimise andmetel.

M23. **Karro, Enn.** Stromwater infiltration and accumulation of heavy metals in roadside green areas in Göteborg. Tartu, 1994, 54 lk., 15 jn., 15 tab. Bibl. 61 nim. Juh. B. Lind. Res.: Valingvee infiltratsioon ja raskemetallide akumuleerumine teeäärsetel aladel Göteborgis.

### 3. Kandidaatitööd

1946

- K1. **Palmre, Hendrik.** Eesti klaasiliiv. Tartu, 1946, 55 lk. Bibl. 19 nim. Kaitst. 27.07.1947. \* Diss. Tart. 295 158.

1950

- K2. **Möls, Evald.** Mineraalsetest ehitusmaterjalidest Eesti NSV-s. Tartu, 1950, 135 lk. Kaitst. 9.05.1952. \* Diss. Tart. 485 290.

- K3. **Baukov, Sergei.** Бауков Сергей. Горючие сланцы Европейской части Союза ССР. Таллинн, 1950, 235 с. Библ. 339 назв., прил. Рук. И. М. Карк. Заш. 10.05.1952. [NSVL-i Euroopa-osa põlevkivid.] \* Diss. Tart. 485 302.

1951

- K4. **Müürisepp, Karl.** *Obolus*-liivakivi ja tema *Obolus*-konglomeraatide geoloogia. Tallinn, 1951, 354 lk., lis 122 lk. Bibl. 192 nim. Juh. A. Luha. Kaitst. 10.05.1952. \* Diss. Tart. 485 287.

- K5. **Pobul, Evald.** Kesk-Eesti magnetilised anomaaaliad ja nende geoloogiline tõlgendamine. Tallinn, 1951, 243 lk. Bibl. 54 nim. Juh. A. Luha. Kaitst. 9.05.1952. \* Diss. Tart. 485 294.

1953

- K6. **Jürgenson, Erika.** D<sub>I</sub>–D<sub>III</sub> lademate (ordoviitsium) litoloogia Eesti NSV-s. Tartu, 1953, 151 lk, 56 jn., 23 tab., 48 fotot. 2 lisa. Bibl. 68 nim. Juh. K. Orviku. Kaitst. 30.12.1953. \* Diss. Tart. 307 958.

- K7. **Oraspöld, Asta.** Jõhvi, Keila ja Vasalemma ea brahhiopoodide, trilobiitide-, gastropoodide- ja ostrakoodidefauna ökoloogia (Eesti NSV ordoviitsium). Tartu, 1953, 257 lk., 29 jn., 26 fototahvlit. Bibl. 118 nim. Juh. E. Möls. Kaitst. 30.12.1953. \* Diss. Tart. 307 959.

- K8. **Verte, Artur.** Верте Артур. Водоносные горизонты палеозойских отложений Эстонской ССР. Таллинн, 1953, 306 с., 25 л. карт. граф. Библ. 130 назв. Рук. А. Луха, Х. Палмре. Заш. 28.06.1954. [Eesti NSV paleosoiliste setendite põhjaveelademed.] \* Diss. Tart. 307 679.

1954

- K9. **Röömusoks, Arvo.** Kukruse lademe (C<sub>II</sub>) stratigraafia Eesti NSV-s. Tartu, 1954, 250 lk., 13 jn., 5 tab., lisas 26 fotot, 4 profiitabelit, 2 kaarti. Bibl. 82 nim. Juh. E. Möls. Kaitst. 2.12.1954. \* Diss. Tart. 307 96.

1955

- K10. **Viiding, Herbert.** Eesti NSV rändkividest. Tartu, 1955, 349 lk., 56 jn., 51 tab., lisas 67 fotot, 2 kaarti. Bibl. 171 nim. Juh. E. Möls. Kaitst. 9.11.1955. \* Diss. Tart. 305 960.

1956

- K11. **Kaljo, Dimitri.** Balti ordoviitsiumi ja llandovery rugoosid, nende levik ja arenemine. Tartu, 1956, 250 lk., 18 jn., lisas 10 fototahvlit. Bibl. 120 nim. Juh. E. Möls. Kaitst. 12.10.1956. \* Diss. Tart. 305 664.

**1960**

**K12. Lõokene, Erna.** Sakala kõrgustiku põhjapoolse osa kvaternaarigeoloogia. Tartu, 1960, 306 lk., 40 jn., 3 lisa. Bibl. 104 nim. Juh. K. Orviku. Kaitst. 28.02.1961. \* Diss. Tart. 337 561.

**1969**

**K13. Utsal, Kalju. Утсал Калью.** Рентгенографическое исследование глинистых минералов среднедевонских отложений Эстонии. Тарту, 1969, 230 с., 90 рис. Библ. 157 назв. Рук. М. Ф. Викулова. Заш. 06.06.1969. [Eesti keskdevoni setendite savi-mineraalide röntgenograafiline uurimine.] \* Diss. Tart. 389 707.

#### **4. Doktoritööd**

**1992**

**D1. Männik, Peep. Мянник Пээп.** Конодонты в верхнеордовикских и нижнесилурских отложениях Эстонии. Тарту, 1992, 355 с., прил. 80 с. [Konodondid ülem-ordoviitsiumi ja alamsiluri setendites Eestis.] \* Diss. Tart. 485 424.

**D2. Orviku, Kaarel.** Eesti mererandade ehitus ja arengutendentsid. Tartu, 1992, 294 lk. Bibl. art. lõpus. \* Diss. Tart. 486 267.

**D3. Tavast, Elvi.** Fennoscandia kilbi lõunanõlva ja sellega piirnevate alade aluspõhja reljeef. Tartu, 1992, 357 lk. Bibl. art. lõpus. \* Diss. Tart. 485 418.

**D4. Molodkov, Anatoly.** ESR-analysis of molluscan skeletal remains in late Cenozoic chronostrigraphic research. Tartu, 1992, 260 lk. Bibl. art. lõpus. Res.: [Molluskite skeletijäännuste ESR-analüüs hilis-kainosoikumi kronostratigraafilises uuringus.] \* Diss. Tart. 486 022.

**1993**

**D5. Lutt, Jaan.** Eesti šelfi hilis- ja pärastjäaegsed setted. Tartu, 1993, 140 lk. Bibl. 61 nim. + art. lõpus. \* Diss. Tart. 488 734.

#### **5. Ainevaldkonnad**

**Eesti aluskorra kivimid** 146, 147, 157, 170, 175, 177, 180, 250, 260, 266, 277, 374, 411, 414, 416, 436, M7, M8, M15

**Eesti aluspõhja kivimite ülevaated** 1, 7, 12, 21, 36, 40, 41, 42, 45, 84, 92, 103, 126, 139, 152, 153, 164, 172, 207, 250, 257, 259, 270, 277, 289, 312, 399, 420, M13, K2, K5

#### **ehitusgeoloogia**

piirkondade ehitusgeologilised ülevaated 15, 23, 36, 40, 41, 52, 83, 165, 167, 171, 245, 283, 311  
pinnaseteadus 191, 192, 194, 202, 253, 274, 264, 288, 306, 335, 339, 345, 387, 391  
pinnaste geotehnilised omadused 189, 198, 208, 211, 220, 233, 263, 265, 273, 291, 297, 323, 329, 331, 370, 373

vundeerimine 193, 196, 217, 254, 308, 309, 320, 342

välükatsed 158, 160, 169, 195, 201, 224, 226, 232, 240, 246, 258, 275, 290, 352, 361, 368, 385

**geofüüsika** 21, 159, 172, 266, 289, 303, 366, 400, 407, 414, 416, 419, M22, K5

**geokeemia**

- aluskord 146  
 mullad 328, 380, 433, M21, M23  
 polümetalne maagistumine 126, 139, 153, 164, 178, 207, 250, 259  
 settekivimid 161, 341, 354, 437, M10  
 varia 406, 417, M17

**hüdrogeoloogia**

- hüdrogeokeemia 128, 269, 310, 392, 413, 432, 435, M19, M23  
 karst 12, 84, 420  
 kivimite filtratsioonilised omadused 262, 407  
 Lahemaa hüdrogeoloogia 270, 271, 310, 314, 317, 319, 325, 333, 334, 389, 392  
 Pandivere hüdrogeoloogia 223, 227, 278, 279, 367, 369, 371, 397, 401, 420  
 põhjavee reostus ja kaitse 215, 227, 230, 234, 239, 269, 294, 301, 314, 318, 319, 326, 333, 334, 347, 348, 397, 401, 408, 418, 429, M18  
 regionalne ja rakenduslik hüdrogeoloogia 18, 55, 79, 80, 86, 141, 142, 144, 179, 187, 206, 209, 212, 216, 219, 223, 227, 230, 236, 239, 241, 242, 244, 248, 249, 251, 255, 256, 257, 262, 270, 271, 272, 276, 278, 279, 283, 286, 287, 296, 298, 302, 310, 319, 325, 326, 333, 334, 337, 340, 347, 348, 367, 369, 371, 379, 382, 388, 389, 393, 394, 410, 424, 425, K8

**keskkonnageoloogia** 372, 376, 406, M17, M18, M21, M23, vt. ka põhjavee reostus ja kaitse**kvaternaarigeoloogia**

- glatsiaalsed setted 28, 65, 70, 78, 88, 116, 149, 184, 235, 237, 238, 273, 343, 346, 357, 358, 364, 373, 391, 412, 415, 423, M11  
 järved ja sood 42, 45, 60, 94, 96, 114, 127, 166, 214, 225, 293, 317, 325, 330, 376, 393, 403, 405, 430, 432, 434, M3, M16, M17  
 jõed 93, 95, 97, 99, 100, 103, 106, 108, 112, 179, 384, M16  
 mered ja rannikud 71, 111, 125, 213, 229, 252, 268, 346, 350, 355, 381, 383, 400, 406, 412, M22, D2, D5  
 mullad 328, 380, 433, M21  
 rändkivid 22, 29, 300, K10  
 piirkondade ülevaated 3, 4, 11, 17, 24, 25, 27, 31, 33, 45, 49, 50, 61, 74, 79, 142, 187, 270, 280, 363, 389, 412, M2, K12, D3, D4  
 varia 62

**litoloogia**

- kambriumi-ordoviitsiumi purdkivimid 7, 67, 120, 139A, 156, 173, 176, 267, 281, 284, 307, 327, 336, 354, 356, 396, 421, K4, M10  
 ordoviitsiumi karbonaatsed kivimid 38, 39, 43, 56, 81, 82, 107, 115, 117, 123, 138, 162, 163, 168, 173, 186, 190, 204, 218, 282, 284, 304, 316, 332, 344, 404, 437, M1, M20, K6, K7  
 siluri kivimid 5, 8, 9, 53, 56, 66, 69, 72, 73, 76, 77, 89, 110, 188, 190, 200, 205, 243, 261, 349, 360, 362, 375, 377, 409, 422, 437  
 devoni kivimid 118, 133, 154, 222, 359, 395, 398, K1

**paleontoloogia- ja biostratigraafia**

- akritarhid 324, 390  
 brahhiopoodid 37, 64, 105, 140, 285, 313, 321, 386, M6, M9, K4, K7, K9  
 kalad 14, 182, 322, 431  
 konodontid 63, 150, 247, 428, D1  
 molluskid 46, 228, 231, M14, K7, D4

- ostrakoodid 20, 47, 295, 321, M4, K7  
 trilobiidid 351, K7  
 varia 19, 26, 44, 59, 122, 183, 185, 321, 426, M4, M5, M9, K7, K9, K11, M14
- maavarad**
- fosforiit 7, 267, 284, 285, 303, 307, 353, 341, K4
  - kruusad-liivad 88, 235, 237, 238, 299, 399, M13, K1
  - paekivi 38, 360, 404, 427, M13
  - põlevkivi 2, 6, 13, 81, 132, 197, 305, M4, M20, K3
  - ravimuda 268
  - turvas 338, 430, 434
  - varia 178, 399, M13, K2

**mineraloogia**

- aluskorrakivimid 147, 175, 180, 292, 411, 436, M7, M15
- biomineralisatsioon 386, 431, M6
- settedit 28, 62, 127, 355, 381
- settekivimid 118, 133, 199, 205, 218, 221, 222, 284, 327, 336, 353, 356, 359, 395, 396, 398, 421, 437, K13
- varia 75, 178, 285, 372, 417

**petrofüüsika** 157, 414

**petrograafia** 260, 292, 374, M8

**tektoonika** 92, 152, 172, 277, 289, 312, 419, D3

**varia** 155, 210, 259, 417, 422

## 6. Töödes käsitletavad stratigraafilised üksused

Kasutatud on momendil kehtivat kronostratigraafilist liigestust.

Loendist puuduvad ehitusgeoloogilised töod ning osa hüdrogeoloogilisi töid, mis stratigraafiat ei käitle.

Kesk-Eesti 89, 92, 230, K5, M18

**proterosoikum** 146, 147, 157, 170, 172, 175, 177, 180, 250, 260, 266, 277, 292, 374, 411, 414, 416, 436, M7, M8, M15

vend 178, 396

**kambrium-vendi veeladestu** 435, M19

**alampaleosoikum** 1, 7, 12, 21, 36, 40, 41, 42, 45, 84, 92, 103, 126, 139, 152, 153, 164, 172, 207, 250, 257, 259, 270, 277, 289, 312, 396, 399, 420, M13, K2, K5, K8

**kambrium** 63

- alamkambrium 185, 221

- Balti seeria 139

- Tiskre kihistu 139

- Irbeni kihistu 281

- Ülgase kihistu 324, 327, K4

- kambrium-ordoviitsiumi piirikihid** 327, 356, 386, 421, 428, M6, K4
- ordoviitsium-kambriumi veelade** 388
- ordoviitsium** 26, 56, 63, 144, 427, K11
- Ölandi seeria (alamordoviitsium) 138, 149, 173
  - Tremadoc 336, 354, M10
  - Pakerordi lade 7, 120, 156, 199, 267, 284, 285, 303, 307, 341, 353, M6, K4
  - Varangu lade 176
  - Arenig 426
  - Latorpi lade 67, 105, 351
  - Volhovi lade 20, 105
  - Kunda lade 20, 105
  - Viru seeria (keskordoviitsium) 82, 138, 186, 204, 231, 282
  - Aseri lade 59, 115, 150, 218
  - Lasnamäe lade 150, 218, 284
  - Uhaku lade 19, 150, 218
  - Kukruse lade 2, 6, 81, 132, M4, M20, K3, K9
  - Caradoc 321
  - Idavere 284
  - Jõhvi lade 123, 228, M1, K6, K7
  - Keila lade 123, 228, M1, K6, K7
  - Oandu lade 117, 123, K6, K7
  - Rakvere lade 316
  - Harju seeria (ülemordoviitsium) 37, 44, 46, 82, 122, 162, 163, 168, 170, 390, D1
  - Ashgill M5
  - Nabala lade 39, 295, 304
  - Vormsi lade 39, 295, 332
  - Pirgu lade 39, 295
  - Porkuni lade 43, 107, 122, 190
- ordoviitsium-siluri piirlademed** 122, 190
- silur** 56, 64, 182, 313, 407, 427, 437, M9, M14
- alam silur 47, 110, 122, 190, 390, D1
  - Llandovery 183, 243, 247, K11
  - Juuru lade 122, 190, 200
  - Raikküla lade 5, 53, 76, 188, 205, 261, 349, 409
  - Adavere lade 8, 66, 77, 89
  - Jaani lade 77, 377
  - Jaagarahu lade 9, 77, 377
  - Rootsiküla lade 96, 375
  - Paadla lade 69, 73
  - Kaugatuma lade 72
  - Ohesaare lade 72
- Pärnu-siluri veekompleks** 425
- Tartu veekompleks** 424
- devon** 159, 398, K1
- keskdevon 222, 431, K13

Pärnu lade 161

Narva lade 154, 161, 322, 437

Aruküla lade 14, 395

Burtnieki lade 359, 395

ülemdevon 222

**kvaternaar** 3, 4, 11, 17, 22, 24, 25, 27, 28, 29, 31, 33, 42, 45, 49, 50, 60, 61, 62, 65, 70, 71, 78, 79, 84, 88, 93, 94, 95, 96, 97, 99, 100, 103, 106, 108, 111, 112, 114, 116, 125, 127, 142, 149, 166, 179, 187, 213, 214, 225, 235, 237, 238, 252, 268, 280, 293, 299, 300, 328, 330, 338, 343, 346, 350, 355, 357, 358, 363, 364, 376, 380, 381, 383, 384, 389, 405, 406, 412, 415, 420, 423, 430, 433, 434, M2, M3, M11, M16, M17, M21, M22, K10, K12, D2, D3, D4, D5

## 7. Töödes käsitletavad piirkonnad ja kohanimed

Nimestikus sisalduvad kohanimed ja piirkonnad, mis on kajastatud tööde pealkirjades. Juhul, kui pealkirjas geograafiline nimetus puudub, on töö paigutatud piirkonna nimetuse alla, mida töö käsitteb. Üldjuhul on Eestit käsitlev töö näidatud kas piirkondade või maakondade loendis, mitte mõlemas korraga. Välisriike puudutavad tööd on koondatud iseseisvasse grupperi nimestiku lõpus.

### Eesti piirkonnad

**Edela-Eesti** 65, 72, 190, 349

**Eesti (Põhja-Baltikum)** 8, 12, 19, 20, 22, 26, 29, 37, 38, 39, 43, 44, 46, 47, 56, 59, 63, 66, 70, 75, 107, 122, 125, 146, 147, 157, 159, 180, 183, 185, 205, 218, 221, 245, 247, 257, 262, 269, 273, 304, 339, 344, 369, 398, 411, 413, 419, 427, 431, 434, 435, M2, M3, M4, M5, M7, M8, M10, M13, M14, M15, M18, K1, K2, K3, K6, K7, K8, K9, K10, K11, D1, D2, D3

**Ida-Eesti** 76

**Kagu-Eesti** 24, 78, 222, 308, 320

**Kesk-Eesti** 89, 92, 230, K5, M18

**Kirde-Eesti** 81, 115, 116, 123, 128, 132, 139, 139A, 141, 154, 197, 305, 311, 372, 380, M20, M21

**Loode-Eesti** 117, 230

**Lõuna-Eesti** 14, 161, 359, 373, 395, M18, K13

**Lääne-Eesti** 5, 9, 53, 111, 237, 261, 268, 281, 295, 297, 354, 403, 415, M11

**Lääne-Eesti saared** 9, 72, 73, 268, 281, 297, 422

**Läänemerri ja Soome laht** 111, 213, 346, 355, 381, 406

**Peipsi-Pihkva nõgu** 94, 96, 114, 225, 405, M16

**Põhja-Eesti** 28, 67, 92, 105, 111, 138, 150, 199, 228, 231, 237, 321, 324, 327, 328, 336, 351, 374, 386, 396, 412, 428, M1, M6, K3, K4

## **Eesti kohanimed maakondade kaupa**

- |                    |   |  |
|--------------------|---|--|
| <b>Harjumaa</b>    | 21, 30, 276, 307, 312   | Harjumaa jaade 154, 161, 323, 423  |
| Ardu               | 162   | Aru jaade 14, 325  |
| Ellamaa            | 166   | Ellamaa jaade 325, 326   |
| Harku              | M17   | Harku jaade 223  |
| Jägala             | 156   | Jägala jaade 156   |
| Järveotsa          | 403   | Järveotsa jaade 325, 326   |
| Jõelähtme          | 120   | Jõelähtme jaade 156  |
| Keibu              | 252   | Keibu jaade 156  |
| Keila              | 209   | Keila jaade 20, 105  |
| Kolga              | 156, 334  | Kolga jaade 20, 105  |
| Laitse             | 3   | Laitse jaade 156, 218, 284   |
| Loksa              | 343   | Loksa jaade 59, 115, 150, 218  |
| Maardu             | 7, 307, 376   | Maardu jaade 50, 218, 284  |
| Naissaar           | 355   | Naissaar jaade 50, 218, 284  |
| Neeme              | 292   | Neeme jaade 50, 218, 284   |
| Nõmmeveski         | 421   | Nõmmeveski jaade 50, 218, 284  |
| Paldiski           | 312   | Paldiski jaade 50, 218, 284  |
| Rannamõisa         | 348   | Rannamõisa jaade 23, 228, M1, K6, K7   |
| Tallinn            | 1, 15, 18, 23, 79, 86, 144, 152, 193, 211, 253, 263, 283, 404, 406, M19 | Tallinn jaade 15, 23, 28, 79, 86, 144, 152, 193, 211, 253, 263, 283, 404, 406, M19 |
| Tsitre             | 120, 138, 307   | Tsitre jaade 120, 138, 307   |
| Vaimõisa           | 173   | Vaimõisa jaade 173   |
| Valgejõgi          | 99  | Valgejõgi jaade 99   |
| Valkla             | 307, 421  | Valkla jaade 307, 421  |
| Vihterpalu         | 74, 186   | Vihterpalu jaade 74, 186   |
| Viitna             | 138   | Viitna jaade 138   |
| Ülemiste           | 18  | Ülemiste jaade 18  |
| <b>Hiiumaa</b>     | 165, 200, 204, 235, 239, 433  | Hiiumaa jaade 165, 200, 204, 235, 239, 433   |
| Kärdla             | 250, 414, 416, 436  | Kärdla jaade 250, 414, 416, 436  |
| Paluküla           | 172   | Paluküla jaade 172   |
| <b>Ida-Virumaa</b> | 244, 296, 298   | Ida-Virumaa jaade 244, 296, 298  |
| Aseri              | 289, 437  | Aseri jaade 289, 437   |
| Alutaguse          | 260   | Alutaguse jaade 260  |
| Avinurme           | 33  | Avinurme jaade 5, 53, 76, 188, 205, 261, 349, 409                                  |
| Illuka             | 293   | Illuka jaade 8, 66, 77, 89   |
| Jõhvi              | 175   | Jõhvi jaade 77, 175  |
| Jõhvi-Ahtme        | 52  | Jõhvi-Ahtme jaade 9, 77, 377   |
| Kiviõli            | 6   | Kiviõli jaade 9, 77, 377   |
| Kohtla             | 13  | Kohtla jaade 69, 73  |
| Kütte-Jõu          | 2   | Kütte-Jõu jaade 72   |
| Purtse             | 318   | Purtse jaade 72  |
| Tarumaa            | 178   | Tarumaa jaade 178  |
| <b>Virumaa</b>     | 369   | Virumaa jaade 369  |

## Jõgevamaa

- Endla 432
- Jõgeva 206
- Kose 82, 80, 83, 301, 357, 358, 379
- Tähkvere 390
- Vooremaa 142, 330

## Järvamaa

- M18
- Jootme 410
- Lehtse 410
- Ostriku 207
- Paide 219, 230
- Türi 212
- Vaki 153
- Võhma 126, 164, 259

## Läänemaa

- Haapsalu 173
- Kasari 179
- Küdema 350
- Matsalu 256, 340, 347
- Palivere 4, 168, 173
- Riguldi 74
- Risti 4
- Virtsu 86, 168, 186
- Vormsi M18
- Tõstamaa 167

## Lääne-Virumaa

- 267, 278, 280, 316, 341
- Assamalla 266, 277, 285
- Haljala 266
- Hara 178
- Kadrina 401
- Kunda 49, 423
- Kunda-Aru 382
- Lahemaa 270, 271, 300, 310, 314, 317, 319, 325, 333, 334, 389, 392
- Loobu 97, 127
- Lääne-Kabala 353
- Pandivere 84, 223, 227, 278, 279, 282, 332, 367, 371, 397, 401, 420
- Rakvere 241
- Rägavere 284, 285
- Tamsalu 286
- Tapa 36, 266, 317, 374, 429
- Toolse 176, 303
- Vihula 333
- Viru 393
- Virumaa 369
- Viru-Nigula 289
- Võsu 49

- Põlvamaa** 294

  - Ahja 93, 95
  - Orava 364
  - Meenikunno 393
  - Mustoja 364
  - Põlva 171

**Pärnumaa** 71, 230

  - Are 170
  - Enge 106
  - Häädemeeste 17, 118, 170
  - Koonga 77
  - Nigula 393
  - Nurtu 106
  - Pärnu 103, 226, 265, 370, 378, 408
  - Ristiküla 170
  - Ruhnu 383, M18
  - Seliste 170
  - Soomaa 432
  - Tahkuranna 118
  - Tootsi 170
  - Tõstamaa 11

**Raplamaa** 230, 326

  - Kaiu 50
  - Konuvere 108
  - Lelle 149
  - Märjamaa 3
  - Päärdu 106
  - Rapla 287, 302
  - Sulu 409
  - Teenuse 108
  - Vigala 337

**Saaremaa** 61, 64, 69, 73, 182, 188, 215, 216, 230, 251, 360, 362, 363, 375, 377, 407, 418, 437

  - Kaali 417
  - Karja-Pärsamaa 77
  - Kessulaid 229
  - Kingissepa 41, 230
  - Muhu 251, 362, 377, M18
  - Mustjala 110
  - Pitkasoo 403
  - Viidumäe 393

**Tartumaa** 301

  - Aardla 187
  - Tartu 88, 238, 255, 272, 388, 424, 425

- |                                |                                |                          |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| <b>Valgamaa</b>                | 214                            | Lõuna-Ameerika 128       |
| Antsla                         | 25                             | Riisari 136              |
| Mõniste                        | 25                             | Tsööldi-Dzits 135        |
| Otepää                         | 31, 80, 83, 301, 357, 358, 379 | Zor-Kul 125              |
| Pühajärve                      | 379                            | Uperius                  |
| Tõlliste                       | 399                            | Kolmõõde 88              |
| Tõrva                          | 394                            | Linn-Puhvits-Sisists 101 |
| Valga                          | 25                             | Mägi-Kirumäe 119         |
| <b>Viljandimaa</b>             | 62, 234, 331                   | Nurmoja 102              |
| Abja-Paluoja                   | 40                             | Uusmaa 103               |
| Koksvere                       | 163                            | Utsi 104                 |
| Pilistvere                     | 21                             | Uusmaa 105               |
| Sakala                         | 27, 55, 242, K5                | Uusmaa 106               |
| Viljandi                       | 163                            | Uusmaa 107               |
| Võhma                          | 126, 164, 259                  | Uusmaa 108               |
| Võrtsjärv                      | 42, 60, 236                    | Uusmaa 109               |
| <b>Võrumaa</b>                 |                                | Uusmaa 110               |
| Haanja                         | 249                            | Uusmaa 111               |
| Leevi                          | 248                            | Uusmaa 112               |
| Piusa                          | 112, 384                       | Uusmaa 113               |
| Pärli                          | 100                            | Uusmaa 114               |
| Rõuge                          | 100                            | Uusmaa 115               |
| Võru                           | 248                            | Uusmaa 116               |
| <b>Välisriigid, piirkonnad</b> |                                | Uusmaa 117               |
| Balti(kum)                     | 140, 398, 426, M22, K11        | Uusmaa 118               |
| Ida-Euroopa platvorm           | M15, K3                        | Uusmaa 119               |
| <b>Kasahstan</b>               |                                | Uusmaa 120               |
| Araal                          | 203                            | Uusmaa 121               |
| <b>Läti</b>                    |                                | Uusmaa 122               |
| Alūksne                        | 48                             | Uusmaa 123               |
| Põhja-Kuramaa                  | 188                            | Uusmaa 124               |
| <b>Rootsi</b>                  |                                | Uusmaa 125               |
| Göteborg                       | M23                            | Uusmaa 126               |
| <b>Tadžikistan</b>             |                                | Uusmaa 127               |
| Darvaz                         | 134                            | Uusmaa 128               |
| Edela-Pamiir                   | 109                            | Uusmaa 129               |
| Hissaar                        | 131                            | Uusmaa 130               |
| Kagu-Pamiir                    | 143                            | Uusmaa 131               |
| Kalta-Kul                      | 135                            | Uusmaa 132               |
| Kštut                          | 136                            | Uusmaa 133               |
| Kuk-Dzigit                     | 129                            | Uusmaa 134               |

- P** Lõuna-Alitšur 129  
 Rivat 136  
 Tšorbi-Dara 135  
 Zor-Kul 129, 393
- Ukraina**  
 Kolomõja 98  
 Luka-Bukivna-Stanislav 101  
 Mägi-Krimm 90, 91  
 Nemirov 102
- Usbekistan**  
 Araal 203
- Venemaa**  
 Gusev 35  
 Ida-Taga-Baikal 68, 87  
 Ingerimaa M6  
 Ivdel 10, 34  
 Kamtšatka 174, 315  
 Kemi 145, 148, 151  
 Kesk-Uraal 16, 30, 35, 57, 130, 137  
 Kizil 104  
 Koola 51  
 Kõtlõm 119, 121  
 Leningrad 81, 351  
 Loode-Valgemere 181  
 Lõuna-Uraal 124  
 Moskva 426  
 Nižni-Tagil 32  
 Petšenga 58  
 Põhja-Timaan 54  
 Põhja-Uraal 10, 34, 85  
 Taigonus 174  
**S** Uraal 10, 16, 30, 32, 34, 35, 57, 85, 104, 113, 119, 121, 124, 130, 137  
 Verhni-Tagil 32  
 Väike-Tütarsaar 355  
 Kessulaid 229  
 Kingissepa 41, 230  
 Muuh 251, 362, 377, M18  
 Mustjala 110  
 Pitkasoo 493  
 Viidumäe 393
- Tartumaa** 301  
 Aardla 187  
 Tartu 88, 238, 255, 272, 368, 424, 425
- Väinamäe 314  
 Ääres 25  
 Möörtsa 25  
 Otepää 31, 80, 83, 301, 353, 358, 378  
 Püppiläte 378  
 Töölöste 396  
 Töölö 394  
 Asjus 25  
 Viljandimaa 65, 234, 331  
 Äpla-Pantsios 40  
 Koeraste 163  
 Pilistvere 31  
 Sepaas 25, 22, 245, K2  
 Aljundid 163  
 Võõrus 126, 164, 256  
 Võrpaläta 45, 60, 238  
 Võõrumaa  
 Haabja 246  
 Laias 248  
 Pihla 115, 384  
 Peahi 100  
 Rõuge 100  
 Võru 248
- R** Alajärvi 48  
 Kassari 133  
 Alissi 303  
 Aljukse 48  
 Põlips-Kunase 188  
 Rootsi  
 Göteborg 323  
 Tässilähe 134  
 Disiäär 134  
 Edele-Pätsi 106  
 Hispaar 131  
 Käga-Pätsi 143  
 Käts-Kü 135  
 Kärt 136  
 Kuk-Desiäär 130

**GRADUATION PAPERS AND THESES IN GEOLOGY  
MAINTAINED AT THE TARTU UNIVERSITY IN 1946–1994**

Tüja Kurvits, Iris Kangur

kivistist (Rose, 1837). Hiljem töölepanuks.

## Summary

438 graduation papers, 22 master's theses, 13 candidate's theses and five doctor's theses in geology have been maintained at the Tartu University from 1946 to 1994. Theses contain a remarkable amount of geological information, which in many cases remained in a manuscript form. A list of these unpublished materials is presented in this paper, for making these data better accessible for geological community.

Four lists contain all graduation papers and theses in chronological order. Three indexes are added: subject (key words), stratigraphic units handled (converted to the current chronostratigraphic terminology) and geographic names.

Most of the manuscripts, all graduation papers among them, are stored at the Institute of Geology, Tartu University (46 Vanemuise Str., Tartu, Estonia). All master's, candidate's and doctoral theses are accessible in the reading-rooms of the Library of the Tartu University (1 Struve Str., Tartu, Estonia).

## ÜLEVAADE TARTU ÜLIKOOLOOGIA MUUSEUMIS SÄILITATAVATEST LINVIMAAGA SEOTUD KOGUDEST

## Tõnu Pani ja Mare Isakar

Tartu Ülikooli Geoloogia Instituut

Autorite eesmärgiks on anda ülevaade Tartu Ülikooli Geoloogia Muuseumis säilitatavatest Liivimaaga seotud geoloogilistest kollektsoonidest. Liivimaana käsiteleme territooriumi, mis kuulus samanimelise kubermangu piiridesse aastatel 1777–1917 (Kaevats, 1990).

Kui Tartu Ülikool 1802. aastal taasavati, loodi ka Looduskabinet (*Naturalienkabinett*), mille juhatajaks sai Gottfried Albrecht Germann kuiloodusteaduste ehk "üldise looduse ajaloo ning eriti botaanika" professor (... *Professor der Naturgeschichte überhaupt und insbesondere der Botanik* — Statuten ..., 1803, § 86), kes töötas Tartus aastatel 1802–1809. G. Germann alustas Looduskabinetiga geoloogiliste kogude loomist ja 1802. aasta sügisest ka mineraaloogia õpetamist. Teda abistas Ernst Markus Ulprecht, kes peale looduskabinetit inspektorit ametikohal töötamist aastatel 1804–1813 oli hiljem ka professor Moritz v. Engelhardtiga vabatahtlikuks abiliseks. G. Germann sooritas mitmeid ekskursioone Eesti- ja Liivimaa eri osadesse: nii reisis ta 1804. aastal koos kuue üliõpilasega läbi Eesti ja Soome Valge mereni, 1805. aastal koos E. M. Ulprechtiga Lõuna-Liivimaal (Grewingk, 1863). Kahjuks pole nende kogutud materjal kollektsoonina määratletav. 1820. aastal asutati Tartu Ülikoolis koos "üldise looduse ajaloo ja eriti mineraaloogia" õppetooliga ka mineraaloogia kabinet (Statut..., 1820, § 74, 110). Seoses sellega eraldati mineraaloogilised (geoloogilised) kogud looduskabinetile ülejäänud kogudest. Esimese kabineti direktori, mineraaloogiaprofessor Otto Moritz Ludwig v. Engelhardt tehtud inventuuri järgi (1820. aastal) oli kogude suurus 3356 säilikut (koos dublettidega üle 4000), kuid vähem kui 120 neist võisid olla pärit Liivi- või Eestimaa (Grewingk, 1863). Moritz v. Engelhardt oli professoriks ja kabineti direktoriks kuni 1841. aastani. Ka tema tegi Liivimaal mitu reisi: 1812. aasta Eesti- ja Liivimaal, 1825. aastal koos H. Hessi ja G. v. Helmerseniga Ida-Liivimaal ja 1835. aastal Saaremaal (Grewingk, 1863). Kahjuks pole ka neil reisidel kogutud materjal kollektsoonina määratletav.

Andmed muuseumides säilitatavate kollektsoonide kohta peaksid olema kantud tulme- ehk inventariraamatutesse. Eelmisel sajandil inventeeri kogusid korduvalt ja osa informatsiooni on ebatäielike ümberkirjutuste tõttu kaduma läinud. Praeguseks on muuseumis mitmesuguste käskirjaliste materjalide hulgas säilinud 7 inventariraamatut möödunud sajandi keskelt. Olu-lisim nendest on alustatud aastal 1836 (kus varem kogutud sälikuid on loetletud 11 370) ja lõpetatud 1867. aastal, lõppseisuga 28 100 säilikut. Seega ei anna inventariraamatud enne 1836. aastat hangitud kollektsoonide puhul mingit teavet kogude päritolu kohta, mõningatel juhtudel on seda võimalik saada teistest allikatest (arhiiv, kirjandus ja teised säilinud käskirjalised materjalid). Selle inventariraamatu ja C. Grewingki (1863) ülevaate järgi on varasemate kollektsoonidele antud numbrid TUG 301–588 (TUG — Tartu University Geology). Ülejäänud numbrid on antud vastavalt kogude korrastamise järjekorrale.

1829. aasta kevadel tutvusid TÜ geoloogiliste kogudega tuntud saksa loodusteadlased A. v. Humboldt ja G. Rose, kes reisil Venemaale peatusid Tartus (Rose, 1837). Kollektiividest pakkus neile erilist huvi Liivi- ja Eestimaa geoloogiat käsitlev kogu (Розе,

1838), mida nad pidasid ülevaatlikuks ja küllalt täielikuks. Kuigi meil ei ole kõnealuse kollektsooni kohta täpseid andmeid, võib arvata, et see oli enamvähem sellise suuruse ja kootseisuga, kui nähtub 1836. aasta inventariraamatust. Viimases on loetletud 248 säilikut Liivimaalt (inventarinumbrid vahemikus 6804–7051, enamasti kivimipalad) ja 99 kivimipala Eestimaalt (7051–7149). M. v. Engelhardt kinkis A. v. Humboldtile näidisteks 13 Eestist, 7 Põhja-Liivimaalt, 4 Kesk-Liivimaalt ja 7 Lõuna-Liivimaalt päinevat etiketeeritud pala ja kivistist (Rose, 1837). Hiljem toimetasid A. v. Humboldt ja G. Rose trükki M. v. Engelhardti ja E. M. Ulprechti artikli (1830), mis oli esimeseks TÜ õppejõudude poolt trükis avaldatud tööks Liivimaa geoloogia kohta.

1848. aastast kuni 1853. aastani luges Tartu Ülikoolis mineraloogiat ja üldist geoloogiat eradozent Alexander Gustav v. Schrenck, kelle uurimisobjektideks Eestis olid põhiliselt saared (Schrenk, 1852, 1854): Tema kogutud materjalid kuuluvald kollektsooni TUG 420.

Aastatel 1854–1887 oli mineraloogiaprofessoriks ja kabineti juhatajaks Caspar Andreas Constantin Grewingk, kes jätkas M. v. Engelhardti ja A. v. Schrencki alustatud tööd Eesti ala geoloogilise ehituse tundmaõppimisel. Tema põhiliseks uurimisobjektiks oli Liivi- ja Kura-maa geoloogia (Grewingk, 1861, 1879). Mineraloogiakabineti juhatajana pani C. Grewingk suurt röhku kogude täiendamisele, korrastamisele ja inventeerimisele. Kabineti kogud suurennesid oluliselt, 1884. aastal oli kollektsoonides juba 39 000 säilikut. C. Grewingk koostas ka meteoriitide kollektsooni, kasutades vahetuseks Eestist ja Lätist pärit meteoriite. Praegu säilitatakse seda kollektsooni Eesti TA Geoloogia Instituudis.

Eesti Vabariigi loomisega muutus TÜ geoloogide tegevus Eesti-keskseks, põhitähelepanu koondus devoni avamusest põhja poole jäävatele aladele. Lõuna-Eesti karbonaatset devoni ja ka pinnakatet uuris Henrik Bekker (kollektsoon TUG 677), kes juhatas Saaremaa uurimisele Artur Luha (TUG 638, 659). Lõuna-Eesti pinnakatte uurimisega tegeles ka Karl Orviku (TUG 114, 681, 682). Neljakümnendatel aastatel tegeles devoni karbonaatsete kivimite uurimisega E. Böläu (TUG 263).

Praegu sisaldavad muuseumi Liivimaalt pärit kollektsoonid 105 pala kvaternaarsest pinnakattest, 4188 kivimipala ning fossili siluri ja devoni kihtidest, 420 mineraali ning 315 rändkivi. Kuigi suurem osa Liivimaa asub devoni kihtide avamusel, moodustavad devoni materjalid, millest enamuse on kogunud C. Grewingk, üldhulgast vaid ühe viiendiku. Ligikaudu pool materjalist on pärit Saaremaalt.

Järgnevas loendis on kronoloogilises järjestuses toodud täielikult või osaliselt Liivimaa seotud kollektsoonid TÜ geoloogia muuseumis. Nimetatud on isik, kes on materjali kogunud või kollektsooni koostanud, samuti vastav aasta.

#### **Originaale sisaldavad kollektsoonid (sulgudes viide vastavale publikatsioonile)**

TUG 683. Dolomiidid Kaali kraatrist (6 pala, neist 3 originaali). I. Reinwald, 1927 (Reinwald, 1927).

TUG 114. Lubjanukud Raadi vanast kruusaaugust (32 säilikut, neist 12 originaali). K. Orviku, 1937 (Orviku, 1937).

TUG 45. Kaltsiidikristalle Jaagarahu rifflubjakividest, (200 kristalli, neist 7 originaali). E. Böläu, 1940 (Böläu, 1940 a, b).

TUG 115. Taimejäänused keskdevonist (15 pala, neist 4 originaali). P. W. Thomson, 1940 (Thomson, 1940).

TUG 163. Litoloogilised palad keskdevonist (54 pala, neist 2 originaali). K. Orviku, 1941 (Orviku, 1941).

TUG 615. Kuivuslõhed, sünereesilohud, jäärkristallide jäljed, vihmapiiskade jäljed (11 pala, neist 5 originaali). A. Öpik ja K. Orviku, 1941 (Öpik ja Orviku, 1941).

TUG 297. Kelmemonoliidid (12 monoliiti, neist 3 originaali). K. Orviku, 1948 (Orviku, 1948).

TUG 110. Uus karbiliik Eesti silurist (4 eksemplari, neist 1 holotüüp). M. Isakar ja I. Sinicina, 1993 (Isakar and Sinicina, 1993).

### Originaale mittesisaldavad kollektsoonid

TUG 394. Devoni rüükalade kipskoopiad (46 eksemplari). H. Asmuss, 1840.

TUG 420. Siluri litoloogiline kogu (76 pala). A. v. Schrenck, 1852.

TUG 422. Allikalubi Viljandist (2 pala). A. Petzholdt, 1854 (Petzholdt, 1851).

TUG 685. Siluri paleontoloogiline kogu (17 fossiili). F. Schmidt ja A. Harder, 1854.

TUG 273. Devoni litoloogiline kogu (71 pala). C. Grewingk, 1854–1877.

TUG 680. Lõuna-Eesti ja Läti rändkivid (95 pala), mille alusel on koostatud C. Grewingki rändkivide kaart (Grewingk, 1861, lisa E).

TUG 271. Devoni litoloogiline ja paleontoloogiline kogu (469 pala). C. Grewingk, 1861.

TUG 134. Kambriumi, ordoviitsiumi, siluri ja devoni materjal — siluri ja devoni koondkogu (104 pala). Koostas C. Grewingk, 1862.

TUG 566. Devoni rüükalade luufragmendid ja luud (140 fossiili) Tartust, Arukülast. Kogunud H. Asmuss, üle andnud E. v. Wahl, 1865.

TUG 274 ja 275. Devoni litoloogiline kogu Tartust Haberle öllekeldri (*Haberle's Bierkeller*) juurest (2 profiilist kogutud 15+32 pala). C. Grewingk, 1874.

TUG 272. Devoni litoloogiline ja paleontoloogiline kogu (268 pala). C. Grewingk, 1879.

TUG 705. Rändkive Adaverest (50 pala). A. v. Wahl, 1921.

TUG 677. Devoni ja kvaternaari litoloogiline kogu (44 pala devonist + 27 kvaternaarist) Loosi ja Piusa ümbrusest. H. Bekker, 1924.

TUG 659. Siluri paleontoloogiline ja litoloogiline kogu (68 fossiili ja kivimpala). A. Luha, 1924–1948.

TUG 638. Siluri litoloogiline kogu (145 kivimpala). A. Luha doktoritöö materjalid, 1929.

TUG 678. Devoni litoloogiline ja paleobotaaniline kogu Küllatova ja Tiirhanna karjääridest (19 pala). LUS-i ekskursioon, 1934.

TUG 200. Eesti rändkivid (65 pala). Kogutud TÜ loodusteaduste üliõpilaste poolt aastatel 1934–1940.

TUG 684. Siluri litoloogiline ja paleontoloogiline kogu Vilsandilt ja Vaikadelt (45 pala). H. Bekker, A. Luha ja A. Öpik, 1924–1940.

TUG 687. Siluri paleontoloogiline kogu (218 fossiili, põhiliselt eurüpteriidid). Ekspeditsioonid aastatel 1925–1965.

- TUG 681. Jäävaheaja setteid Rõngust (Vaeva talu kaev; 10 pala). K. Orviku, 1938 (Orviku, 1939).
- TUG 682. Jäävaheaja setteid Karukülast (9 proovi). K. Orviku, 1940.
- TUG 679. Devoni kalad (35 eksemplari, põhiliselt hambaplaati) Tähtverest. V. Paul, 1940.
- TUG 267. Siluri kilpkalad (520 fossiili ja 44 õhikut). E. Bölau doktoritöö materjal, 1943/44.
- TUG 263. Eesti devoni litoloogiline kogu (14 õhikut, 1 kivimpala). E. Bölau, käskirjalise töö juurde kuuluv materjal, 1944.
- TUG 707. Ordoviitsiumi litoloogiline kogu (126 proovi) Võru (Lokno-66) puursüdamikust. L. Sarv, 1953.
- TUG 673. Allikalubi Rõugest (7 pala). E. Lõokene, 1954.
- TUG 703. Siluri litoloogiline ja paleontoloogiline kogu (125 pala) Saaremaalt. A. Loog, 1952.
- TUG 266. Eesti rändkivid (1250 pala). H. Viiding, 1956–1966.
- TUG 686. Litoloogiline kogu (122 proovi) Võhma puuraugust. E. Möls, arvatavasti 1960. aastatel.
- TUG 657. Sulfiidid Laeva kruusaagust (20 pala). TRÜ geoloogia katedri ekspeditsioon, 1972.
- TUG 11. Eesti sulfiidid, põhiliselt Võhma ümbrusest (157 pala). H. Palmre, 1960–1970.
- TUG 704. Ülemordoviitsiumi litoloogiline kogu (99 proovi) Viljandi (p.a. 91) ja Koksvere (p.a. 107) puursüdamikust. E. Kirsi diplomitöö materjal, 1967.
- TUG 688. Siluri paleontoloogiline ja litoloogiline kogu (39 pala) Ohesaare pangalt. E. Mark-Kurik ja T. Märss, 1970.
- TUG 128. Allikalubi, lubjakivi ja kips Rõugest ja Irboskast (19 pala). Üliõpilaste ekskursioonid, 1962, 1985 ja 1990.
- TUG 70. Saaremaa paleontoloogiline kogu (64 fossiili). Materjal pärib Ohesaare, Kaugatuma ja Katri pangalt ning Kogula murrust. M. Isakar, A. Körts, E. Kond ja K. Reiska, 1980.
- TUG 99. Devoni rüükalu Aardlast (10 eksemplari) ja Tartust, Lille mäelt (1 eksemplar). L. Ainsaar, 1982 ja 1991.
- TUG 67. Saaremaa litoloogiline kogu (19 kivimpala). Materjal pärib Kübassaare, Anikaitse, Hülge, Pulli ja Paramaja pangalt. M. Isakar ja T. Pani, 1986.
- TUG 62. Peajalgsed Katri pangalt, 16 põhiliselt *Oncoceriida* (*Nautiloidea*) hulka kuuluvat fossiili. T. Märss, 1986 ja 1987.
- TUG 68 ja 69. Saaremaa paleontoloogiline ja litoloogiline kogu (107 fossiili ja 187 kivimi-pala). Materjal pärib Ninase, Panga, Abula, Undva, Suuriku, Silma, Katri, Kaugatuma, Ohesaare, Elda, Kallaste, Soeginina, Kübassaare, Anikaitse, Hülge pangalt ja Kaarmise, Kaarma, Uduvere, Äigu, Paadla, Sauvere, Viita, Kudjape, Loode, Tuiu, Kogula, Tagavere, Pilguse, Vesiku, Himmiste-Kuigu, Tahula, Sepise ning Laadjala paljandist. M. Isakar ja T. Pani, 1987.

TUG 82. Saaremaa siluri dolomiidid ja lubjakivid (8 kivimpala). T. Tuulingu diplomitöö materjal, 1987.

TUG 126. Vilsandi paleontoloogiline ja litoloogiline kogu (26 fossiili ja 5 litopala). M. Isakar ja T. Pani, 1987.

TUG 88. Saaremaa paleontoloogiline kogu (248 fossiili). Materjal pärineb Püssina, Rannaniidi, Kautliku, Peedu, Üügu, Kiigari, Kübassaare, Anikaitse, Hülge, Panga, Liiva, Katri, Undva, Kesselaiu, Paramaja pangalt ja Tuiu, Selgase, Ilpla paljandist. M. Isakar ja T. Pani, 1988.

TUG 93. Saaremaa ja Muhu siluri (Adavere ja Jaani lademe) dolomiidid ja lubjakivid (67 kivimiproovi ja 44 õhikut). I. Jalakase diplomitöö materjal, 1988.

TUG 133. Siluri gastropode (5 eksemplari). H. Perens, 1988

TUG 96. Saaremaa paleontoloogiline kogu (56 fossiili). Materjal pärineb Panga pangalt, Viita, Vesiku, Laasi, Kudjape, Kuressaare (Marienthali) ja Himmiste-Kuigu paljandist. M. Isakar ja T. Pani, 1989.

TUG 125. Saaremaa paleontoloogiline kogu (155 fossiili). Materjal pärineb Ohesaare, Kaugatuma, Abula, Pulli, Paramaja ja Panga pangalt ning Kuressaare (Marienthali), Viita, Sepise, Laasi, Kogula, Kaarma, Tagavere paljandist. M. Isakar ja T. Pani, 1990.

TUG 268. Fotod Eesti geoloogiast (kokku 59, millest 19 on seotud Lõuna-Eesti ja Saaremaaga). K. Laajoki, 1990, 1991

TUG 119. Saaremaa paleontoloogiline kogu (88 fossiili). Materjal pärineb Püssina, Koguva, Kaugatuma, Ohesaare pangalt ning Kogula, Tuiu, Kuressaare (Marienthali) paljandist. M. Isakar ja A. Rämmer, 1991.

TUG 131. Rüükalu Tamme paljandist (6 eksemplari). L. Ainsaar ja M. Isakar, 1992

TUG 299. Saaremaa paleontoloogiline ja litoloogiline kogu (26 fossiili ja 47 litopala). Materjal pärineb Mõisaküla, Äigu, Tagavere, Selgase, Uduvere, Ohtja, Jaagarahu, Eikla, Pamma, Nehatu, Tõre, Kailuka, Abula paljandist ning puuraukudest 699 (Jaagarahu), 870 (Elda), 899 (Pangamäe) ja 866. M. Isakar, 1993.

TUG 298. Saaremaa paleontoloogiline ja litoloogiline kogu (162 fossiili ja 35 kivimipala). Materjal pärineb Kuressaarest (Marienthalist), Agama, Lümanda, Tahula, Selgase, Mõega, Tõre, Kogula, Irase, Püha, Küdema, Maasi ja Tuiu murrust ning Püssina, Kesselaiu, Rannaniidi, Suuriku, Kuriku, Pulli, Ninase, Panga, Abula, Katri, Kaugatuma, Paramaja, Ohesaare, Panga, Undva ja Koguva pangalt. M. Isakar, 1994.

TUG 660. Ordoviitsiumi ja siluri litoloogiline kogu (43 proovi) Lilastvere (727) ja Palgisaare (721) puursüdamikust. A. Pöldvere, 1994.

(19 pala). LUS-i ekskursioon, 1934.

TUG 687. Siluri paleontoloogiline kogu (218 fossiili, põhiliselt kalki) 1925–1965. Silooniid aastatel 1925–1965.

- Bölaу, E.** 1940a. Kaltsiidikristalle Jaagarahu rifflubjakividest. *Eesti Loodus*, 2, 103–108.
- Bölaу, E.** 1940b. Kasvunähtusi Eestist leitud kaltsiidikristallidel ja nende arvatavaist põhjusist. *Eesti Loodus*, 4/5, 186–192.
- Engelhardt, M. und Ulprecht, E.** 1830. Umriss der Felsstructur Estlands und Livlands. *Archiv für Mineralogie, Geognosie, Bergbau und Hüttenkunde*, (Karsten), Neue Folge, 2, 94–112.
- Grewingk, C.** 1861. Geologie von Liv- und Kurland mit Inbegriff einiger angrenzenden Gebiete. *Archiv für die Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands*, Ser. 1, 2, 479–776.
- Grewingk, C.** 1863. Das mineralogische Cabinet der Kaiserlichen Universität Dorpat. Dorpat, 1–116.
- Grewingk, C.** 1879. Erläuterungen zur zweiten Ausgabe der geognostischen Karte Liv-, Est- und Kurlands. *Archiv für die Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands*, Ser. 1, 8, 343–466.
- Isakar, M. and Sinicina, I.** 1993. A new species *Megalomoidea walliseri* (Bivalvia) from the Silurian of Estonia. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology*, 42, 3, 124–126, 2 plates.
- Kaevats, Ü. (peatoim.).** 1990. Liivimaa. *Eesti entsüklopeedia*. Tallinn, Valgus, 5, 558.
- Orviku, K.** 1937. Lubjanukud Raadi vanast kruusaugust. *Eesti Loodus*, 1, 7–10.
- Orviku, K.** 1939. Rõngu interglatsiaal. esimene interglatsiaalse vanusega organogeense setete leid Eestist. *Eesti Loodus*, 1, 1–21.
- Orviku, K.** 1941. Geologilisi märkmeid S.-Emajõe süvenduste kohta Kärevere ja Jänese vahel. *Tartu Ülikooli Geoloogia-Instituudi Toimetused*, 64, 120–125.
- Orviku, K.** 1948. Kelmemonoliit. *Eesti NSV Tartu Riikliku Ülikooli Toimetised, Geoloogia ja Geograafia*, 4, 1–36, 6 fototahvlit.
- Petzholdt, A.** 1851. Das Inland. *Versteinerte Blätter*, 37, 625–627.
- Reinwald, I.** 1927. Bericht über geologische Untersuchungen am Kaalijärv (Krater von Sall) auf Ösel. *Sitzungsberichte der Naturforcher-Gesellschaft bei der Universität Tartu*, B, 25, 1–2, 31–70.
- Rose, G.** 1837. Mineralogisch-geognostische Reise nach dem Ural, dem Altai und dem Kaspischen Meere. Bd. I. Reise nach dem nördlichen Ural und dem Altai. Berlin. I–XXX, 1–641.
- Schrenk, A. G.** 1852. Übersicht des oberen silurischen Schichtensystems Liv- und Ehstlands, vornämlisch ihrer Inselgruppe. Erster Teil. *Geognostisch-geologische Skizze*. Dorpat, 1–114.
- Schrenk, A. G.** 1854. Übersicht des oberen silurischen Schichtensystems Liv- und Estlands, vornämlisch ihrer Inselgruppe. *Archiv für die Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands*, Ser. I, 1, 1, 1–112.
- Statut der Kaiserlichen Universität Dorpat. Dorpat. 1820.
- Statuten der Kaiserlichen Universität zu Dorpat. Dorpat. [1803].
- Thomson, P. W.** 1940. Beitrag zur Kenntnis der fossilen Flora des Mitteldevons in Estland. *Tartu Ülikooli Geoloogia-Instituudi Toimetused*, 56, 1–24.
- Öpik, A. ja Orviku, K.** 1941. Geoloogia vee- ja saviloikudes, *Eesti Loodus*, 1, 1–3.
- Розе Г. 1838. Геогностические замечания Густ. Розе в проезд через Дерпт (из путешествия Гумбольда, Эренберга и Розе в Сибирь и проч.). *Горный журнал*, II, 1, 24–34.

# REVIEW OF THE GEOLOGICAL COLLECTIONS FROM LIVONIA IN THE MUSEUM OF GEOLOGY, UNIVERSITY OF TARTU

Tõnu Pani, Mare Isakar

## Summary

Under the term of "Livonia" the authors mean the region known as the Livonian gubernia of Russia during 1777–1917. At the moment, the geological collections of the museum contain 105 items from Quaternary deposits, 4188 items from sedimentary rocks, and 420 minerals and 315 erratics, collected in Livonia. Although a large territory of the former Livonia is situated on the Devonian outcrop area, the Devonian material (most of which has been collected by C. Grewingk) forms only one fifth of all collections.

The geological collection of Tartu University was founded in 1802 upon the reopening of the university and establishment of the Naturalienkabinett.

In 1820, simultaneously with the creation of the independent Chair of Natural Sciences and Mineralogy, the Mineralogical Cabinet was set up in Tartu University. Due to that, the Mineralogical collections were separated from the other collections of the Naturalienkabinett. The first professor of mineralogy in Tartu University was M. v. Engelhardt, who also directed the Mineralogical Cabinet until 1841. In 1820, M. v. Engelhardt's inventory showed 3356 items, but at most 120 of them might come from Livonia.

Since then the data about the geological collections has been incomplete and much information was lost due to several imperfect inventories. The most complete inventory books have been kept from 1836 to 1867.

Professor C. Grewingk, who extensively studied the geology of Livonia, lectured on mineralogy from 1854 to 1884. The collections of the Mineralogical Cabinet increased essentially as a result of his expeditions, reaching over 39 000 items in 1884.



EESTI AKADEEMILINE RAAMATUKOGU



1 0200 00021998 4