

# VASARAGA TÄHTEDE POOLE



Eesti Looduseuurijate Selts  
Tartu Ülikooli geoloogia instituut

**VASARAGA TÄHTEDE POOLE**

*Schola Geologica II*

Tartu 2006

"Vasaraga tähtede poole"  
Teine geoloogia sügiskool  
Reiu puhkekeskus, Pärnumaa  
20.-22. oktoober 2006

Soovitav kirje vorm

Kogu väljaandele:

Amon L ja Verš E (toim.) 2006. *Vasaraga tähtede poole. Schola Geologica II*. Eesti Looduseuurijate Selts, Tartu Ülikooli geoloogia instituut, Tartu, 116 lk.

Artiklile:

Puura V. ja Preeden U. 2006. *Geoloogia doktoriõpe aastatel 1991-2006*. Rmt.: Amon L ja Verš E. (toim.) *Vasaraga tähtede poole. Schola Geologica II*. Eesti Looduseuurijate Selts, Tartu Ülikooli geoloogia instituut, Tartu, lk 8-17.

TOIMETAJAD: Leeli Amon ja Evelin Verš  
Trükikoda: OÜ Sulemees

Esikaanel Oive Tinni foto: "Ükskord kivil istus tudeng"

Teise geoloogia sügiskooli toimumist ja seotud teadus-  
ettekannete sarja "*Schola Geologica*" väljaandmist toetas  
Keskkonnainvesteeringute Keskus.

ISSN 1736-3241

ISBN-10: 9985-9726-1-9

ISBN-13: 978-9985-9726-1-8

© Eesti Looduseuurijate Selts

## EESSÕNA

Miks geoloogia tudengid korraldavad sügiskoole? Ja seda metsa, järve või jõe ääres? Juba teist aastat järjest? Võibolla tuntakse puudust geoloogi tundeelu sellest poolest, mida ennevanasti ammutati pikkades ja veel pikemates suvepraktikates? Tolle aja viieaastane diplomiope sisaldas kuu aja pikkust suvist õppepraktikat Eestis (kaks nädalat geodeesiat + kaks nädalat geoloogiat, 1. kursus); vähemalt kuuajast geoloogia õppepraktikat Eestis ja Krimmis (2. kursus); kolmekuist menetluspraktikat Siberis, Tadžikis, Tuvas, Uuralites, Karjalas (3. kursus); diplomieelset praktikat Eestis või Nõukogude Liidu vabariikides. Lisaks laialdasele erialalisele kogemusele annab välipraktika rasketes oludes toimetulekuharjumuse ning oskuse ka kriitilistes situatsioonides kaaslastega suhelda. Teiste inimeste austamine kõigi tema ja iseenda nõrkuste või veidruste kiuste tuleb just välitööl jagatud rõõmude-raskuste kaudu. Välipraktikal õpitud teadmiste, kohusetunde ja kasvavate väligeoloogi-oskustega teenib noor vanemate kolleegide tunnustuse ja saab kogemusi, mida auditooriumis ega laboris ei jagata. Välitööoskusteta geoloogide domineerimine viiks meie elukutse mandumisele.

Nüüd ei ole enam võimalusi ega aega pikkade õppe-, menetlus- jm praktikate jaoks. Kuid ega loodus (ega ka geoloogia) tühja kohta salli – sügiskoolid toovad kokku nii geolooge kui teiste erialade esindajaid siit ja sealtpoolt Eestimaa otsast. Tõsi küll, vaid paariks päevaks, kuid erinevate generatsioonide kohtumine oleks nagu vanasti, (väli)praktikal. Tõeliselt rõõmustavaks märgiks vanemale olijale on aga see, et initsiatiivi kandjateks on just nooremad.

Väino Puura,  
geoloog aastast 1959,  
emeriitprofessor

ja kogumiku toimetajad.

## SISUKORD

<i>Väino Puura, Ulla Preeden</i> Geoloogia doktoriõpe aastatel 1991–2006 . . . . .	9
<i>Alvar Soesoo</i> Geoloogiaharidusega noorte rakendus- võimalustest TTÜ Geoloogia Instituudis . . . . .	19
<i>Rein Einasto</i> Mõtteid Eesti geoloogide rahvuslikest ülesannetest ja rahvusvahelistest kohustustest paemehe pilgu läbi . . .	24
<i>Kadri Sohar, Kadri Haamer</i> Geoloogide doktorantuuriaeg – mured ja rõõmud . . . .	29
<i>Oive Tinn</i> Ostrakoodid, katedraal ja palmid . . . . .	40
<i>Veiko Karu, Aivar Hannolainen</i> Tudengite keskkonnateemaline koostöö- projekt "TalveAkadeemia" . . . . .	45
<i>Veiko Karu</i> Mäenduse ja geoloogia teadusklubi tegemised 2006. aastal . . . . .	50
<i>Volli Kalm</i> Pinnakatte- ja rakendusgeoloogia uuringud Tartu Ülikoolis . . . . .	57
<i>Jüri-Rivaldo Pastarus</i> Mäendusriskide haldamise kontseptsioon ja meetodid ETF grant nr. 6558 . . . . .	66

*Ulla Preeden, Jüri Plado*

Balti kilbil toimunud Neoproterosoilised ja Paleosoilised  
geodünaamilised sündmused loodusliku  
jäähmagnetiseerituse tekke ja vanuse alusel . . . . . 72

*Oive Tinn, Leho Ainsaar, Tõnu Meidla*

Paleosoikumi mere keskkonnaindikaatorid, koosluste  
paleobioloogia ja tafonoomia . . . . . 76

*Leeli Amon*

Huvitavaid meetodeid geoloogia ja botaanika  
piirimaist . . . . . 84

*Kaarel Orviku, Argo Jõelet, Jüri Plado*

Pinnase siseehituse geolokatsioon . . . . . 91

*Jüri-Rivaldo Pastarus*

Mäendus, geoloogia ja lõhed – mis on neil ühist? . . . 101

*Ivar Puura*

JÄRELSÕNA. “Suured” ja “väiksed” küsimused teel  
tähtede poole . . . . . 107

LISA: Fotomeenutusi esimesest geoloogia sügiskoolist  
(2005).

**“Vasaraga tähtede pole”  
Teine geoloogia sügiskool  
AJAKAVA**

**Reede, 20. oktoober**

- 15.00 Väljumine Tartust TÜ BG teaduskonna hoone eest  
15.30 Väljumine Tallinnast TTÜ peamaja eest  
17.00 Saabumine ja majutus  
18.00 Sügiskooli avamine  
**18.10-19.40 Teadusteemade ja projektide tutvustamine I**  
18.10 Mäendusriskide haldamise kontseptsioon ja meetodid – Jüri-Rivaldo Pastarus (TTÜ MI)  
18.30 Maakoore koostise ja dünaamika uuringud TTÜ Geoloogia Instituudis – Alvar Soesoo (TTÜ GI)  
18.50 Pinnakatte- ja rakendusgeoloogia uuringud Tartu Ülikoolis – Volli Kalm (TÜ GI)  
19.10 Öhtusöök  
**20.10 Filmiõhtu kommentaaridega**  
21.30 Saun

**Laupäev, 21. oktoober**

- 08.00 Hommikusöök  
**09.00-13.00 I sessioon: Geoloogia õppimine ja õpetamine**  
09.00 Geoloogiaharidusega noorte rakendusvõimalustest TTÜ Geoloogia Instituudis – Alvar Soesoo (TTÜ GI)  
09.20 Mõtteid Eesti geoloogide rahvuslikest ülesannetest ja rahvusvahelistest kohustustest – Rein Einasto (TTKK)  
09.40 Geoloogide doktorantuuriaeg – mured ja rõõmud – Kadri Sohar ja Kadri Haamer (TÜ GI)  
10.00 Eneseteostus akadeemilises maailmas – Olev Vinn (TÜ GI)  
10.40 Ostrakoodid, katedraal ja palmid – Oive Tinn (TÜ GI)  
11.00 Jalasirutus (kohvi ja tee)  
11.20 Geoloogia doktoriõpe aastatel 1991-2006 – Väino Puura ja Ulla Preeden (TÜ GI; TÜ õppeosakond)  
11.40 Mäenduse ja geoloogia teadusklubi tegemised – Veiko Karu (TTÜ MI, TalveAkadeemia MTÜ)  
12.00 Huvitavaid meetodeid geoloogia ja botaanika piirimailt – Leeli Amon (TÜ GI)  
12.20 Mäendus, geoloogia ja lõhed – mis on neil ühist? – Jüri-Rivaldo Pastarus (TTÜ MI)

- 12.40 Tudengite keskkonnateemaline koostööprojekt "TalveAkadeemia" – Veiko Karu ja Aivar Hannolainen (TTÜ MI, TalveAkadeemia MTÜ)
- 13.00 Lõunasöök
- 14.00 **Radari tundma õppimine ja demonstratsioon** (30 minutit loengut+välitööd) – Karl Orviku, Argo Jõelet (Merin AS; TÜGI)
- 15.40-19.20 Geoloogiliste teadmiste rakendamine ja teadusteemade tutvustamine**
- 15.40 Millega tegelevad ehitusgeoloogid? – Peeter Talviste (IPT Projektijuhtimine OÜ)
- 16.00 Veepoliitika raamdirektiivi rakendamine Eestis – Marina Hiiob (Keskkonnaministeerium)
- 16.20 Geoloogilise hariduse rakendamine erafirmades – Marko Kohv; Urmas Uri (Kobras AS, TÜ GI)
- 16.40 Geoloogina töö välismaal – Reedik Kuldkepp (TTÜ GI)
- 17.00 Viimased aastakümned Eesti randade kaitsel – Kaarel Orviku (Merin AS)
- 17.20 Sambia maavärina järelkajad – Väino Puura (TÜ GI, TÜ õppeosakond)
- 17.40 Jalasirutus (kohvi ja tee)
- 18.00 Hüdrogeoloogia – *so what?* – Andres Marandi (TÜ TI)
- 18.20 Õietolmust XXI sajandil – Anneli Poska, Siim Veski (TTÜ GI, TÜ GI)
- 18.40 Järvesetetes leiduv õietolm ja tema kasutusvõimalused paleoökoloogilisteks rekonstruktsioonideks – Mihkel Kangur (TLÜ ÖI)
- 19.00 Õhtusöök
- 20.00 Saun

### **Pühapäev, 22. oktoober**

- 08.00 Hommikusöök
- 09.00** **Ekskursioon kohalikel radadel** – Tiit Hang (TÜ GI)
- 11.00-12.20** **Teadusteemade sessioon jätkub**
- 11.00 Elu teke ja areng: võtmeprobleeme 21. sajandil – Ivar Puura (TÜ GI)
- 11.20 Balti kilbil toimunud Neoproterosoilised ja Paleosoilised geodünaamilised sündmused loodusliku jääkmagnetiseerituse tekke ja vanuse alusel – Ulla Preeden ja Jüri Plado (TÜ GI; Maa-amet)

- 11.40 Paleosoikumi mere keskkonnaindikaatorid, koosluste paleobioloogia ja tafonoomia – Tõnu Meidla, Oive Tinn, Leho Ainsaar (TÜ GI)
- 12.00 Geoloogia suvepraktika välismaal – Kristjan Urton (TÜ GI)
- 13.15-... Kojusõit Tartu ja Tallinna

## Geoloogia doktoriõpe aastatel 1991–2006

*Väino Puura, Ulla Preeden*

Geoloogia doktoriõpet on Eestis läbi viidud juba alates 19. sajandi esimesest poolest. Kogu selle pika aja vältel on olnud nii tõusu- kui mõõnaperioode (Puura ja Preeden 2005). Käesoleva kirjatöö üheks eesmärgiks on kajastada viimase 15 aasta doktoritööde teemasid geoloogia valdkonnas. Seejuures väärrib tähelepanu nõukogudeaegse kandidaadikraadiga teadlaste *PhD*-kraadide kaitsmine ekstermina ja endiste aspirantide siire doktorantideks. Teiseks eesmärgiks on anda lühiülevaade teemadest, mis hetkel Tartu Ülikooli (TÜ) ja Tallinna Tehnikaülikooli (TTÜ) geoloogia instituutides tulevaste doktoritööde valmistamisel käsitlemist leiavad.

Kokku on Eesti ülikoolid ja teised kodumaised või välismaised teadusasutused viimase viieteistkümne aasta kestel (1991–2006) andnud (või oma osalusega selleks kaasa aidanud) *PhD*-kraadi 36-le filosoofiadoktori kraadi kaitsnule geoloogia erialadel (lisa 1).

Omaaegseid geoloogia-mineralogiateaduste kandidaate on *PhD*-kaitsjate hulgas seitse. Teistkordset kraadikaitsmist alustas Elsbet Liivrand Göteborgis aastal 1991. Temale järgnesid Elvi Tavast, Kaarel Orviku, Anatoli Molodkov (1992), Jaan Lutt (1993) ja Reet Karukäpp (1997), kes kaitsesid oma *PhD*-kraadi Tartu Ülikooli bioloogia-geograafiateaduskonnas ning Stockholm Ülikooli geoloogia ja geokeemia instituudis kaitsnud Igor Tuuling (1998). Nendes dissertatsioonides on kandidaaditöö seisukohti kas edasi arendatud, uurimisvälja tunduvalt laiendatud (E. Liivrand, J. Lutt) või hoopis vahetatud uurimisobjekti (I. Tuuling). Kuus loetletud töödest kuuluvad maismaa- ja mere kvaternaargeoloogia ning geomorfoloogia suunda. Vaid I. Tuulingu töö käsitleb aluspõhja struktuuri ja siseehitust vastavalt maismaal ja merepõhjas.

Teise erilise grupi moodustavad need, kes alustasid Nõukogude Liidu ajal aspirantidena ja kaitsesid *PhD*-kraadi juba Eesti Vabariigis, sageli küll alles pika pausi järel. Sellesse gruppi kuuluvad TTÜ GI paleontoloogid Peep Männik (1992) ja Jaak Nõlvak (2002). Varem alustatud aspirantuuri jätkas TÜ geoloogia instituudi doktorioõppes 2 inimest, kellest Ivar Puura siirdus Uppsala Ülikooli ja kaitses seal *PhD*-kraadi paleontoloogias (1996) ning Leho Ainsaar litoloogia alal Tartu Ülikoolis (2002). Endises Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituudis aspirantuuriga alustanud Jüri Vassiljev suundus doktorioõppesse Lundi Ülikooli, kus kaitses töö 1997. aastal järvegeoloogia alal. Sama instituudi aspirant Tiit Hang jätkas Tartu Ülikooli geograafia instituudi doktorandina, misjärel siirdus Stockholmi Ülikooli loodusgeograafia ja kvaternaargeograafia instituuti, kus kaitses 2001. a. väitekirja mere- ja järvesetete geoloogiast.

Paljude iseseisvusaja algusaastatel doktorioõpet ja teadlasekarjääri alustanute õpingutee on viinud neid võõrsile. Tartu Ülikoolis geoloogia instituudi doktorantuuris alustanutest viibisid vähem või rohkem aega välisriikide teadusasutustes mitmed noored teadlased. Argo Jõelet kaitses TÜ-s 1998. a valdavalt Soome Geoloogiakeskuses tehtud väitekirja geotermika alal ning Kalle Kirsimäe 1999. a osaliselt Norra Põllumajandus-ülikoolis tehtud väitekirja savimineraloogiast. Jüri Plado kaitses TÜ-s 1999. a osaliselt Soome Geoloogiakeskuses tehtud väitekirja meteoriidikraatrite geoloogiast ja geofüüsikast. Olev Vinn sai TÜ-s 2001. a osaliselt Taanis ja teistes välisriikides tehtud uuringute alusel doktorikraadi paleontoloogias. Erik Puura kaitses Stockholmi Kuningliku Tehnikaülikoolis tehtud tööd 1998. a, saades tehnika-teaduste doktorikraadi keskkonnakeemia alal. Enn Karro lõpetas doktorioõpingud Helsingi Ülikooli geoloogia instituudis 1999. a hüdrogeoloogia alal. Alvar Soesoo siirdus Austraalia Monashi Ülikooli, saades 2000. a *PhD* kraadi petroloogiast.

Samuti tegid mitmed Tartu Ülikooli doktorandid olulise osa oma uurimistöödest põhiliselt Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituudi juures, näiteks Anneli Poska, kes kaitses kraadi Uppsala Ülikoolis 2001. a geoloogiapõhises ökoloogias. Helje Pärnaste oli korduvalt uurimistööl Norra, Taani, Inglismaa ja Rootsi ülikoolides ning kaitses 2005. a TÜ-s väitekirja paleontoloogiast. Mari-Ann Mõtus käis uurimisviisitidel Rootsis, Ameerika Ühendriikides, Inglismaal, Saksamaal jm ning sai 2005. a TÜ-s paleontoloogiadoktori kraadi. TTÜ GI teadlane Atko Heinsalu läbis doktoriõppe Turu Ülikoolis ja kaitses seal 2001. a väitekirja geoloogiapõhises ökoloogias.

Märkimisväärne arv doktorante on teinud või teevad oma doktoritööd rakendusuringute käigus ja oma põhitöö kõrvalt. Eesti Geoloogiakeskuses. Nii läbisid TÜ doktoriõppe Ene Kadastik ja Maris Rattas, kes kaitsesid 2004. aastal doktoritööd kvaternaargeoloogias ja Enli Kiipli, kes kaitses 2005. a TTÜ loodus- ja täppisteaduste teaduskonnas töö geoloogilises paleoökoloogias.

Eestis teadurina või doktorandina alustanud, kes läbisid doktoriõppe, kaitsesid teaduskraadi ja jäid teadustöele välismaale, on teadaolevalt kolm. Aivo Lepland, läbis Rootsis Göteborgi Tehnikaülikoolis doktoriõppe ja kaitses 1998. a töö merepõhjasetete sedimentoloogias. Piret Plink-Björklund, kes alustas küll TÜ geoloogia instituudi doktoriõppes, siirdus Göteborgi Tehnikaülikooli doktoriõppesse ja kaitses 1998. a kraadi litoloogias/sedimentoloogias. Riko Noormets läbis doktoriõppe Stockholmi Ülikooli geoloogia ja geocheemia instituudis ning kaitses 2001. a väitekirja merepõhja kvaternaargeoloogias.

Huvitav on võrrelda kaitstud (lisa 1) ja käigus olevate (lisa 2) doktoritööde temaatikat varasemate aegadega. Juba XIX sajandil alustatud Eesti aluspõhja geoloogiale, mineraloogiale ja paleontoloogiale pühendatud töid jätkati esimesel iseseisvusperioodil 1920–1940. Oluline oli “klassikaliste” teemade osakaal ka okupatsiooniperioodidel 1941–1944 ja 1944–1990 ning vaadeldava 1991–2006

perioodi doktoriprojektide hulgas: viisteist kolmekümne kuuest, ehk 42%. Samasugune suund jätkub ka käsilolevates doktorandiprojektides (kaksteist 29-st, ehk 41%). Aluspõhjauuringute uued aspektid on sedimentoloogia ja paleoökoloogilised rekonstruktsioonid, mis avavad omaaegseid settekeskkondi uudselt tasandilt.

Kvaternaarigeoloogia-alased väitekirjad muutusid arvukaks alles 1944–1990 perioodil ja olid jätkuvalt aktuaalsed aastatel 1991–2006 ning praeguste doktorantide kavades. Maismaauuringutele on lisandunud mere- ja järvepõhja uuringud, eriti koostöös Rootsi jt välisriikidega.

Harvad geofüüsikalised dissertatsioonid valmisid 1944–1990 perioodil ja ka aastatel 1991–2006, jätkudes pooleliolevates projektides. On oluline, et võimekus ja võimalused geofüüsikaliseks uurimistööks Eestis on olemas. Sama tuleb väita hüdrogeoloogiliste kraaditööde kohta.

Klassikaliste dissertatsiooniteemade hulka kuuluv maavarade geoloogia (põlevkivi, fosforiit, karbonaatkivimid, liiv-kruus, turvas) esines küllaltki sageli 1944–1990 perioodil. Täiesti puudub see temaatika aga 1991–2006 kaitstud dissertatsioonide hulgas ja on haruldane ka praegusel ajahetkel pooleliolevate tööde hulgas (vt lisad 1 ja 2).

Täiesti uus ja kaalukas on 1991–2006 perioodil tekkinud ja käsilolevates doktorandiprojektides jätkuv suund, nn geoloogiapõhine ökoloogia ja paleoökoloogia. Kasutades geoloogilisi, kvaternaarigeoloogilisi, geomorfoloogilisi, meregeoloogilisi ja -geofüüsikalisi, paleontoloogilisi ja mikropaleontoloogilisi, palünoloogilisi, mineraaloloogilisi, petroloogilisi, hüdrogeoloogilisi, geokeemilisi, hüdrogeokeemilisi, isotoop-geokeemilisi, keemilisi, geofüüsikalisi ja füüsikalisi, hüdroloogilisi, geodeetilisi, mitmeid tehnilisi (mehaaniline ja käsipuurimine) jpm meetodeid, rekonstrueeritakse lähema (Holotseen, Pleistotseen) ja kaugema perioodi (kogu Fanerozoikum ja ka Prekambrium) loodus- ja keskkonnatingimusi ning nende muutusi ajas ja ruumis. Sellistest uuringutest moodustub

alus mõistmaks tuleviku keskkonnaarengut nii kohalikus kui ka globaalses skaalas.

Osaliselt on eelnevaga seotud lähiminevikus kaitstud ja rida lähiajal kaitsmisele tulevaid väitekirju, mis on pühendatud meteoriidikraatrite geoloogiale ja meteoriidiplahvatuste keskkonnamõjudele. Selliste uuringute tulemused aitavad meil paremini mõista suurte katastroofide tähtsust Maa ajaloos.

Erakordselt märkimisväärne ja meie geoloogiateaduse tulevikku mõjutav on riigi iseseisvumisprotsessist alguse saanud doktorantide tung läänemaailma. Nüüd, kui enamus rännuhimulistest on tagasi, on toonud see meie „kivi- ja poriteadusesse“ uusi mõõtmeid ja mis peamine – järsult on laienenud huvi elu- ja keskkonnatingimuste vastu maateadlase pilgu läbi.

Minevikukeskkonna uuringute abil tugevdab ja avardab geoloogia oma positsiooni Maad uurivate teaduste peres. Geoloogiline haridus oma laia meetodite ringi ning sisestatud aeg-ruumilise mõtlemisvõimega on võimas “relvastus” mõistmaks meie planeedi minevikku ja tulevikku. Eesti noorte geoloogide doktoriõppest saab alguse juba lähituleviku laiahaardelisem ja keskkonda hoidvam kompetents. Vanem põlvkond võib ohata, et traditsioonilised suunad on noorema põlvkonna tegemistes vähemusse jäämas. Samaaegselt on ka vanad suunad ja eakamad tegijad mõjutatud ning noendatud uutest ideedest ja meetoditest. Kes oleks 50 aastat tagasi, kui toimus Eesti teaduskraadiga geoloogide ringi esimene järsk laienemine, osanud unistada Ordoviitsiumi ja Siluri merevee temperatuuri (kaudsest) mõõtmisest?

### **Tänuavaldused**

Osutatud abi eest täname Kristel Kirsimäed TÜ geoloogia instituudist ja professor Alvar Soesood TTÜ Geoloogia Instituudist.

## Kasutatud kirjandus

Puura V. & Preeden U. 2005. Geoloogia-doktorite koolitus Eestis läbi kahe sajandi ja edaspidi. Rmt: E. Verš, I. Puura & M. Isakar (toim.). *Geoloogia õpetamine Eestis läbi kolme sajandi*. Tartu Ülikooli geoloogia instituut, Tartu Ülikooli geoloogiamuuseum, Tartu, 81–85.

---

*Väino Puura (vaino.puura@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia instituut, Vanemuise 46, 51014 Tartu.*

*Ulla Preeden (ulla.preeden@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia instituut, Vanemuise 46, 51014 Tartu.*

### Lisa 1. Kaitstud doktorikraadid geoloogias aastatel 1991–2006

- Liivrand E. 1991. Biostratigraphy of the Pleistocene Deposits in Estonia and Correlations in the Baltic Region. Stockholm.
- Molodkov A. 1992. ЭПР-анализ скелетного вещества моллюсков в хроностратиграфических исследованиях позднего кайнозоя. Тарту.
- Männik P. 1992. Конодонты в верхнеордовикских и нижнесилурийских отложениях Эстонии. Тарту.
- Orviku K. 1992. Characterisation and evolution of Estonian seashores. Tartu.
- Tavast E. 1992. Fennoskandia kilbi lõunanõlva ja sellega piirnevate alade aluspõhja reljeef. Tartu.
- Lutt J. 1993. Late- and postglacial deposits on the Estonian shelf. Tartu.
- Puura I. 1996. Lingulate Brachiopods and Biostratigraphy of the Cambrian-Ordovician Boundary Beds in Baltoscandia. Uppsala.
- Karukäpp R. 1997. Gotiglatsiaalne morfogenees Skandinaavia mandriliustiku kagusektoris. Tartu.

- Vassiljev J. 1997. Simulating the palaeorecord of northern European lakes using a coupled lake-catchment model. Lund.
- Jõelet A. 1998. Geothermal studies of the Precambrian basement and Phanerozoic sedimentary cover in Estonia and Finland. Tartu.
- Lepland A. 1998. Sedimentary processes related to detrital and authigenic mineralogy of Holocene sediments: Skagerrak and Baltic Sea. Göteborg.
- Plink-Björklund B. 1998. Sedimentary processes and sequence stratigraphy on Late Weichselian ice-marginal clastic bodies, Swedish west coast and in Eocene foreland basin fill, the Central Tertiary Basin, Spitsbergen. Göteborg.
- Puura E. 1998. Weathering of mining waste rock containing alum shale and limestone: A case-study of the Maardu dumps, Estonia. Stockholm.
- Tuuling I. 1998. Shipborne geophysical study of an Ordovician-Silurian carbonate platform, Fårö-Hiiumaa area, northeastern Baltic Sea. Stockholm.
- Veski S. 1998. Vegetation history, human impact and palaeogeography of West Estonia: pollen analytical studies of lake and bog sediments. Uppsala.
- Karro E. 1999. Hydrogeochemical studies of the bedrock and glaciofluvial aquifers in Finland. Helsinki.
- Kirsimäe K. 1999. Clay mineral diagenesis on the Lower Cambrian „Blue Clay“ in the northern part of the Baltic Paleobasin. Tartu.
- Nemliher J. 1999. Mineralogy of Phanerozoic skeletal and sedimentary apatites: an XRD study. Tartu.
- Alliksaar T. 2000. Spatial and temporal variability of the distribution of spherical fly-ash particles in sediments in Estonia. Tallinn.
- Plado J. 2000. Gravity and magnetic signatures of meteorite impact structures. Tartu.
- Soesoo A. 2000. Evolution of mantle-related magmas in different geological settings: examples from SE Australia. Monash.

- Ainsaar L. 2001. The middle Caradoc facies and faunal turnover in the late Ordovician Baltoscandian paleobasin: sedimentological and carbon isotope aspects. Tartu.
- Hang T. 2001. Proglacial sedimentary environment, varve chronology and Late Weichselian development of the Lake Peipsi, eastern Estonia. Stockholm.
- Heinsalu A. 2001. Diatom stratigraphy and the palaeoenvironment of the Yoldia Sea in the Gulf of Finland, Baltic Sea. Turu.
- Noormets R. 2001. Glacial deposits, sedimentary environments and ice sheet dynamics in the northern Baltic Sea and Lake Peipsi during the Late Weichselian. Stockholm.
- Poska A. 2001. Human impact on the vegetation of coastal Estonia during the Stone Age. Uppsala.
- Vinn O. 2001. Morphogenesis and phylogenetic relationships of Clitambonitidines, Ordovician Brachiopods. Tartu.
- Hints O. 2002. Ordovician scolecodonts from Estonia and neighbouring areas: taxonomy, distribution, paleoecology, and application. Tallinn.
- Nõlvak J. 2002. Chitinozoan Biostratigraphy in the Ordovician of Baltoscandia. Tallinn.
- Tinn O. 2002. Early Ostracode evolution and Paleoenvironmental application in the Ordovician of Baltoscandia. Tartu.
- Kadastik E. 2004. Upper-Pleistocene stratigraphy and deglaciation history in northwestern Estonia. Tartu.
- Pärnaste H. 2004. Early Ordovician trilobites of suborder Cheirurina in Estonia and NW Russia: systematics, evolution and distribution. Tartu.
- Rattas M. 2004. Subglacial environments in the formation of drumlins – The case of the Saadjärve Drumlin Field, Estonia. Tartu.
- Erg K. 2005. Põhjavee sulfaatide sisalduse muutus Eesti põlevkivikaevanduste alal. Tallinn.

- Kiipli E. 2005. Merevee kemismi modelleerimine hilisordoviitsiumi ja varasiluri aegses Ida-Balti Basseinis. Tallinn.
- Mõtus M-A. 2005. Silurian (Llandovery-Wenlock) tabulate corals of Baltoscandia: taxonomy, paleoecology, distribution. Tartu.

**Lisa 2. Arvelolevad doktorandid geoloogias (okt. 2006 seisuga)**

- Amon L. Hilisglatsiaali biostratigraafia Eestis. Tartu.
- Dolgov O. Middle and Upper Ordovician trilobites of North-East Estonia and Leningrad district (Russia). Tartu.
- Enel M. Eesti keskkonna raskmetalse saastumise fooni jälgimine ja saasteanomaaliade hinnang biogeokeemilisel meetodil. Tartu.
- Haamer K. Geological sources of fluoride in groundwater. Tartu.
- Hints R. Balti Paleobasseini bentoniitide mineraloogia ja diagenees. Tartu.
- Kalam E. Physical – chemical and geochronological aspects of 1.8–1.5 Ga magmatism in the southern Fennoscandian crystalline rocks. Tallinn.
- Killing M. Paleontoloogia. Tallinn
- Kohv M. Paleomagnetism and chronology of proglacial sediments. Tartu.
- Kuldkepp R. Geochemistry, partial melting and geochronology of Svecofennian crystalline rocks. Tallinn.
- Lääts M. Settekivimi petroloogia. Tallinn.
- Martma T. Application of carbon and oxygen isotopes in the study of Baltic Ordovician and Silurian. Tallinn.
- Meriste M. Matsalu märgala maismaastumine. Tartu.
- Milkevičius M. Human impact and natural eutrophication restrictions in south-east Estonian, employing the diatom-inferred total phosphorus and nitrogen models. Tartu.
- Mõtsep R. Põlevkivil baseeruva energeetikatööstuse (soojuselektrijaamade ja põlevkivi keemiatööstuse)

- tahkete jäätmete kujunemise, koostise, omaduste ja muutumise uurimine. Tartu.
- Nemliher R. Baltoskandia Kesk-ja Hilis-Ordoviitsiumi paleobasseini analüüs. Tartu.
- Niinemets E. Taimestiku ja kliima muutused holotseenis. Tartu.
- Ploom K. Paleoenvironmental changes dynamics in northern Estonia during the Järva pleniglacial. Tallinn.
- Preeden U. Paleosoikumi geodünaamilised sündmused Läänemere piirkonnas jääkmagnetiseerituse komponentide alusel. Tartu.
- Polikarpus M. Usability of fluid electric conductivity logging in assesment of borehole condition. Tartu.
- Põldvere A. Llandovery basseini modelleerimine Eesti puurläbilõigete alusel. Tartu.
- Raidla V. Põhjavee koostis, päritolu ja areng Kambrium-Vendi ja Kambrium-Ordoviitsiumi põhjavee-kompleksis Balti Paleobasseini põhjaosas. Tartu.
- Rosentau A. Hilis-Pleistotseeni kohalike jääjärvede ja Balti jääpaisjärve kujunemine ja areng Eesti alal. Tartu.
- Sohar K. Development and composition of recent ostracod fauna in Estonia. Tartu.
- Somelar P. Segakihiliste savimineraalide morfoloogia ja struktuuri uurimine mikroskoopia ja röntgenstruktuuranalüüsi meetoditega. Tartu.
- Tsõrulnikov A. Liivi lahe põhjaosa ning seda ümberitseva maismaa geoloogia seismitiliste uurimiliste andmetel. Tartu.
- Täht K. Keskkonnageokeemia. Tallinn.
- Tänavsuu K. Sedimentology and sequence stratigraphy of mixed carbonate-clastic and clastic deposits in Middle Devonian Eifelian Stage in the Devonian Baltic Basin (in Narva, Aruküla Regional Stage). Tartu.
- Urtson K. Maakoore osalise ülessulamise uurimine analoog- ning numbriliste meetodite abil. Tartu.
- Verš E. Impakt-indutseeritud hüdrotermaalsete süsteemide areng. Tartu.

## Geoloogiaharidusega noorte rakendusvõimalustest TTÜ Geoloogia Instituudis

*Alvar Soesoo*

Tallinna Tehnikaülikooli (TTÜ) juures iseseisva teadus- ja arendusasutusena tegutsev Geoloogia Instituut (GI) täidab oma osa geoloogiateaduste arendamisel ning spetsialistide ettevalmistamisel Eesti Vabariigis. Suur osa Eesti geoteadlaste akadeemilise kaadri ettevalmistamisel oli TTÜ GI vahetul eelkäijal – Eesti NSV Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituudil. Vastavalt 1997. a. vastuvõetud teadus- ja arendustegevuse korralduse seadusele ühines Geoloogia Instituut 1997. aastal Tallinna Tehnikaülikooliga.

Akadeemilist suunitlust omava teadusasutusena on TTÜ GI põhiülesandeks alusuuringute tegemine nii geoloogiateaduste klassikalistes (paleontoloogia, stratigraafia, litoloogia, mineraloogia jt.) kui ka uuemates suundades (isotoopgeoloogia, geodünaamika, geoloogiliste protsesside modelleerimine, klimatoloogia jt) ning instituudile kuuluvate rahvusvahelise tähtsusega geoloogiliste ja paleontoloogiliste kollektsioonide säilitamine ning nende kättesaadavuse tagamine nii teadus- kui õppetööks. Rakendusuringuid, eeskätt keskkonnan-geoloogia, hüdroteoloogia ja looduskaitse vallas, tehakse peamiselt lepinguliste töedena. Keskkonnauuringute, säästva looduskasutuse valdkonna ja geoloogiliste vaatamisväärsuste tutvustamise raamistiku kaudu osaleb instituut mitmes rahvusvahelises projektis.

Instituudis tehtavate alusuuringute teemade valdkonnad on järgnevad:

- maakoore ehitus, geodünaamika ning pinnavormide kujunemine;
- Paleosoikumi ja Kainosoikumi stratigraafia ja orgaanilise maailma evolutsioon;
- paleokliima ja paleogeograafia. Keskkonnauuringud;

- kivimite, mineraalide ja maavarade koostis, omadused ja tekkingimused.

Nimetatud valdkondi arendatakse kolmes baasuuringutega tegutsevas sektoris:

- Litosfääri koostise ja dünaamika sektoris
- Stratigraafia ja paleontoloogia sektoris
- Isotoopgeoloogia ja paleoklimatoloogia sektoris

### **Teadusteemad**

TTÜ Geoloogia Instituudis on 2006. aasta seisuga kolm osakonda: teadusuuringute, rakendusuuringute ja loodusteaduslike kollektsioonide osakonnad. Instituudi väiksemad struktuuriüksused on teaduslaborid, mis on seotud sihtfinantseeritavate töögruppidega. 2006. aastal töötab TTÜ GI-s ligi 80 töötajat, kelledest enam kui pooltel on teaduskraad. Sihtfinantseeritavaid teemasid on instituudis hetkel viis:

1. Balti regiooni pealiskorra kivimite koostise evolutsioon ja omadused: geokeemilised, mineraloogilised ja petrofüüsikalised aspektid ning modelleerimine; juht: A. Shogenova.
2. Hiliskvaternaari ja Paleosoikumi kliima- ja keskkonnamuutused ning nende isotoop-geokeemilised salvestused põhjapoolkera kontinentaalsetes ja merelistes setetes, hüdro- ja krüosfääris; juht: R. Vaikmäe.
3. Ordoviitsiumi ja Siluri stratigraafilised skeemid: globaalsete ja Balti regionaalsete stratigraafiliste üksuste analüüs ning skeemide täiustamine biostratigraafia, isotoopgeoloogia ja järjendstratigraafia alusel; juht: L. Hints.
4. Füüsikalise-keemilised protsessid Fennoskandia litosfääris: kivimite ja mineraalide keemiline koostis, geokronoloogia ja numbriline ning analoogmodelleerimine; juht: A. Soesoo.
5. Pärastjäaaegsetes soo- ja järvesetetes talletunud keskkonnatingimuste ja kliima muutused ning nende modelleerimise võimalused; juht: S. Veski.

Instituudi teadusteemad saavad lisatoetust 14-st Eesti Teadusfondi grandist. Loetletud teadusteemade uuringu-suunad jäävad ka edaspidi instituudi prioriteetseteks baasuuringute suundadeks ning geoloogiaharidusega noortel on huvi korral võimalus liituda iga nimetatud töögrupiga. Lähemat informatsiooni saab instituudi kodulehelt [www.gi.ee](http://www.gi.ee).

### **Teaduslaborid**

Teadusuuringute kvaliteedi ja võimaluste seisukohast on oluline teaduslaborite olemasolu. Viimastel aastatel on asutud uuendama olemasolevat laboribaasi. Aastal 2006 on uutesse seadmetesse investeeritud rohkem kui 10 miljonit krooni. Koostöös TTÜ Meresüsteemide Instituudiga on esitatud taotlus infrastruktuuri vahendite parandamiseks ligi 45 miljoni krooni ulatuses. Viimases sisaldub ka uuringulaeva väljaehitamine. Käesoleval aastal muretses TTÜ ligi 30-meetrise kalalaeva, mis on hetkel mereuuringute laevaks ümberehitamise faasis. Laeva põhikasutajateks kujunevad TTÜ Meresüsteemide Instituudi teadurite kõrval ka Geoloogia Instituudi teadurid, mis kokkuvõttes peaks andma uued võimalused ka vabariigis hääbunud meregeoloogiliste uuringute taastamiseks. Laborite kaasajastamisele aitab kahtlemata kaasa instituudi kolimine uutesse ruumidesse TTÜ peamajas, mis on märgatavalt tõstnud töökabinettide ja laboratooriumite üldist kvaliteeti. Laborite kaasajastamise põhietapp peaks lõppema 2007. aasta lõpuks.

### **Teaduskogud**

Uutesse ruumidesse kolimine on märgatavalt parandanud instituudi teaduskogude olukorda. Osa instituudi teaduskogusid asub Särghaua välibaasis, Pärnumaal. Viimastel aastatel käivad välibaasis renoveerimistööd, on ehitatud kaasaegsetele nõuetele vastav puursüdamikukuur ning peagi peaks baasi välitöö-

tingimused vastama ka keskmisest nõudlikumale maitsele. Välibaasis on võimalik läbi viia tudengite õppepraktikat, koolitusi ja seminare.

### **Maa-teaduste õppimisvõimalustest TTÜ-s**

Viimased aastakümned on instituut olnud baasasutuseks mitmetele magistri- ja doktoriõppe üliõpilastele, kes on olnud ametlikult seotud Tartu Ülikooli geoloogia instituudi või Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituudi õppetoolidega. Mitmed GI töötajad kaitsesid oma doktoritööd välisriikides. Kuni 2003. aastani puudus instituudil praktiline võimalus osaleda Tallinna Tehnikaülikooli aktiivses õppetöös. Küll aga pidasid instituudi mitmed spetsialistid loenguid Euroülikoolis, Mereakadeemias, Tartu Ülikoolis jm. TTÜ matemaatika-loodusteaduskonna loomine 2003. aastal andis võimaluse kauaoodatud geoloogilisi teadmisi edasi andva õppetooli loomiseks Tallinnas. Kuna põhikirja järgselt võivad õppetööd teha vaid teaduskonna instituudid (mille alla GI ei kuulu), siis loodi matemaatika-loodusteaduskonnas füüsikalise geoloogia õppetool.

Algselt füüsikute ja matemaatikute väljaõpet koordineeriv tehnilise füüsika õppekava täiendati mitmete geoloogiliste ja okeanograafiliste spetsialiseerumisainetega, mis võimaldas paremini koordineerida doktoriõppe tasandi spetsialistide ettevalmistust. Alates 2006. aasta sügisest on TTÜ-s võimalik doktorantuuris õppida uuel Maa-teaduste õppekaval, lähima info leiab huviline TTÜ kodulehelt. Õppekavade täiendamise töö jätkub ja lähitulevikuks on võetud suund Maa-teaduste magistri- ja bakalaureuseõppe kavade väljaarendamisele. Pole välistatud sellise õppekava avamine 2007. aasta sügisel. Nimetatud õppekavade (*PhD*, *MSc* ja *BSc*) peamiseks erinevuseks Tartu Ülikooli vastavatest kavadest on nende sügavam tehnoloogiline suunitlus (ehk võime seda nimetatada ka Tehnikaülikoolikesksuseks) ning integreeritud okeanograafia ja meteoroloogia moodulid. Tulevases Maa-teaduste bakalaureuse- ja magistriõppes ongi üliõpilasel võimalik

spetsialiseeruda kas geoloogia, okeanograafia või atmosfääriteaduste suunal.

### Kokkuvõtteks

TTÜ Geoloogia Instituudi lähiaastate uuringutemaatika suunitus on geoloogiliste komplekside ja protsesside uurimisel täppismeetodite laialdasema kasutamise suunas. Siia alla kuuluvad isotoopmeetodite kasutamine nii hüdrogeoloogilistes, tänapäevase ja paleokeskkonna kui järvede uuringutes. Mineraali ja kivimi geokeemiliste ning füüsikaliste omaduste uuringud peaksid kasutama lisaks tavameetoditele enam erinevaid modelleerimisviise. Geoloogiliste protsesside modelleerimine, kasutades nii numbrilise kui analoogmaterjalidega modelleerimise lähenemist, on kahtlemata üheks perspektiivseks suunaks, kuna nõuab vähem Eestis nappivat või olematut ja kallist laboriaparatuuri. Juba saavutatud Paleosoikumi stratigraafia ja paleontoloogia alased kõrge kvaliteediga uurimistulemused ja väga esinduslike kogude olemasolu vajab laiapinnalisemat eksponeerimist, seda eriti Euroopa ja muu maailma suunal.

Magistri- või doktoriõppe jätkamisest või akadeemilisest karjäärist huvituv noorgeoloog on oma küsimuste ja soovidega teretulnud TTÜ Geoloogia Instituuti igal ajal, nii isiklikult kohale tulles kui ka interneti ([inst@gi.ee](mailto:inst@gi.ee)) teel ühendust võttes.

---

*Alvar Soesoo (alvar@gi.ee) – TTÜ Geoloogia Instituut, Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn.*

## Mõtteid Eesti geoloogide rahvuslikest ülesannetest ja rahvusvahelistest kohustustest paemehe pilgu läbi

*Rein Einasto*

*Jäta tegemata kõik, mis saad -  
siis saad ehk midagi tehtud ka*

Virve M.

RAHVUSLIKUD ÜLESANDED tulenevad Eesti kultuuri ja majanduse tellimuslikest vajadustest, et kindlustada meie väikese rahvusiigi jätkusuutlikkust kaasaegses maailmas. Neist ülesannetest võiks allpool esitada pika loetelu, mis mõistagi ei ole ammendav.

Esiteks, kaasaegse tunnetuse ja teadmistega **rahvusliku kaadri** kindlustamine kõigis olulistes kultuuri ja majanduse valdkondades, mis mõistagi on ülikoolide ja kõrgkoolide töö olulisimaid väljundeid. Kuidas kindlustada tippspetsialistide ettevalmistuse võimalikult kõrge kvaliteet? Üks oluline ja seni ebapiisavalt kasutatud võimalus oleks vanema põlvkonna kvalifitseeritud kaadri optimaalne rakendamine konsultantidena, juhendajatena, ekspertidena, kaasautoritena või õppepäevade läbiviijaina üle-eestilises kontekstis. Enamasti piirduetakse ülikoolisise juhendamisega, kuigi suurimad asjatundjad töötavad sageli väljaspool haridussüsteemi. Selleks, et kõik üliõpilased saaksid võimaluse olla otse kontaktis eesti tippspetsialistidega, tuleks õppekavva planeerida kindel aeg nädalas sellistele esinejatele vabal, kuid asjassepuutaval ning aktuaalsel teemal. Üks valupunkte on ülikoolide siseringkaitse juhendamise alal: ülikool proovib leida juhendajaid oma seinte vahelt, et kindlustada õppejõudele juhendamistasu. Paraku selline toimimine ei võimalda sageli rakendada oma ala parimaid asjatundjaid.

Teiseks, **alusuuringute** järjepidevuse kindlustamine, millega täidame ka oma rahvusvahelisi kohustusi

elutähtsates valdkondades. Siin on Eesti teaduse finantseerimises – teaduspõhise majanduse loosungitele vaatamata – kestnud lubamatu **alarahastamine**: ikka veel alla 1% rahvuslikust tulust, kui see võiks julgelt olla üle 2,5%! Selle tagajärjel tekkinud tõsise kaadrilünga kõrvaldamine läheb riigile nüüd palju kulukamaks. Alusuuringute temaatikast vt rahvusvaheliste kohustuste lõigus.

Kolmandaks, globaalse teadusliku mõtteviisi järjepidev viljelemine **emakeeles** nii sõnas kui kirjas; **emakeelse teadusterminoloogia** järjepidev täiendamine rahvusvahelise teaduse uudissõnavaraga ning eestikeelne teaduskirjanduse väljaandmine/kirjastamine. Siit lisaks soovitus: teha teaduskraadi taotlejatele kohustuslikuks **emakeelsete artiklite** avaldamine.

Neljandaks, rahvuslike **maavarade** – paekivi, põlevkivi, sinisavi, fosforiidi, turba, kruusa, liiva, viirsavi, tervisemuda jt säästlikuks kaevandamiseks vajalike **rakendusuuringute** järjepidev läbiviimine. Rakendusteaduse riikliku rahastamise täielik puudumine kõrgkoolides praegu ei loo motivatsiooni, paljast entusiasmist enam tegijaid ei leia.

Viiendaks, **koguteoste** ja entsüklopeediliste **käsi- raamatute** koostamise ja kirjastamise kindlustamine, nagu näiteks maakondade kollektiivsed loodusmonograafiad ja suuremad koguteosed (Ordoviitsium Eestis, Silur Eestis jt). Nende valmimisel saaksid olulisi kaastöid pakkuda ka vanema põlvkonna, tänaseks pensionäridest asjatundjad.

Kuudandaks, geoloogilise **turismi** edendamine, sealhulgas unikaalsete geoloogiliste objektide avamine, selgitustega varustamine, geoparkide kujundamine, vastavate loodusjuhtide koostamine ja kirjastamine. Üheks eesmärgiks tuleks võtta **rahvusliku geoloogiamuuseumi** rajamine Loodusmuuseumi ühe osana Tallinnasse. Tõsiasi, et Eesti pealinnas ei ole esinduslikku riiklikku geoloogiamuuseumi, peaks meid senisest tõsisemalt murelikuks tegema. Ajakohase **loodusmuuseumi kui looduse mitmekesisust eksponeeriva, kogusid säilitava õppe- ja teadusasutuse** vajadus kasvab iga aastaga, mh seoses

sellega, et väga aktuaalne teema on loodusharidus, mis paneb aluse inimese keskkonnatunnetusele. Olulisim on õigeaegselt reserveerida piisavalt avarat linnaruumi. Loodus- ja geoloogiamuuseum sobiks suurepäraselt Maarjamäel Orlovi lossis asuva Ajaloomuuseumi vahetusse lähedusse. Ajalooliselt on Lasnamäe Põhjamurd aastasadu olnud Tallinna ehituskivi allikaks. Igal kihil on selles looduslikus "paeraamatus" oma nimi ja kasutusvaldkond, mis väärib püsiekspositsiooni just oma asukohal. Geoloogiliste kommentaaridega varustatult võiks sellest läbilõikest kujuneda uuele geoloogiamuuseumile kauaoodatud paekalda välimuuseum.

Seitsmendaks, igasse piirkondlikku **koduloomuuseumi** peaksime suutma kujundada selle ala geoloogilist eripära peegeldava püsiekspositsiooni, mille oluliseks osaks peaks saama kohaliku geoloogilise läbilõike näitlik eksponeerimine vastava **puursüdamiku** näol. Eesti Geoloogiakeskuse ja Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituudi hoidlaid ladustatud puursüdamikud edastavad keskkonnateadlikkust tõstvat informatsiooni hoopis tõsisemalt, kui need on muuseumides külastajatele eksponeeritud ja ka uurijaile alati kättesaadavad.

Kaheksandaks, üle-eestilise asutustevahelise geoloogia **koordinatsiooninõukogu** taaselustamine, mis aitaks väljuda senisest kõrgkoolide ja uurimisasutuste mõneti individualistlikust isolatsioonist ja luua koostöövaimsust ka „konkureerivate“ kõrgkoolide vahel.

**RAHVUSVAHELISED KOHUSTUSED** kasvavad välja eeskätt ala geoloogilise ehituse eripärast, selle ainulaadsusest ja eelkäijate saavutatud kultuurilise loomepärandi säilitamise vajadustest. Tänapäevase vanema põlvkonna seisukohad eesti geoloogide rahvusvaheliste kohustuste kohta kujunesid koos **EESTI KOOLKONNA kujunemisega R. Männili ja D. Kaljo** (öko-, sündmus- ja fatsiaal-paleoökoloogiliste kompleksuuringud) ning **K. Orviku** (klassikalise mandrijäästumisalade setete ja reljeefivormide tekke süvauuringud) eestvedamisel. Samas on siin kohane meenutada Nõukogude Liidu geoloogia isa

**D. V. Nalivkini soovitusi eesti geoloogidele**, mõttevahetusest tema 90-nda juubeli tähistamisel perekondlikus ringis Leningradis 1979. aasta augustis. Need on maailmakogemusega elutarga suurmehe arusaamad Eesti geoloogilise ehituse eripärast ja uuringute unikaalsest tähendusest üldisele globaalsele geoloogilisele teadmisele. Peale põlevkivi, fosforiidi ja meteoriidikraatrite detailuuringute rõhutas ta korduvalt **aluskorra ja pealiskorra mitmetahuliste seoste** uurimuste olulisust just Eesti alal, kus pealiskorra paksus on väike, seda läbivate puuraukude arv suur, uuringute tase kõrge ning südamikke säilitatakse ja hooldatakse eeskujulikult. Selliste eeldustega mudelalasisid mujal maailmas hetkel polevatki. Erilist tähelepanu väärivat aluskorra ehituse omapära peegeldumine pealiskorra faatsioste paiknemisel – piiride võimaliku ühtelangemise kontrolli peaks jälgima läbi kogu Vanaaegkonna. Paelademete fatsiaalanalüüsis rõhutas ta **katkestuspindade** (settekatkestuste jälgede) detailuuringute tähendust geoloogiliste protsesside, eriti tsüklilise sedimentatsiooni, ajalisele rekonstrueerimisele. Juttu oli ka maailma suurima **Borealis-panga** tekkimise eripära selgitamisest, kus ta viitas **paleohoovuste** süstemaatilise tundmaõppimise vajadusele. Imetlesin eaka juubilari asjatundlikkust meie ala geoloogia probleemide tunnetamisel. Eesti ala geoloogilise eripära süvauuringute rahvusvahelist tähtsust on rõhutanud ka teised meiega kestvamas loomingulises kontaktis olnud väljapaistvad Venemaa geoloogid, nagu B. S. Sokolov, R. F. Hecker, G. F. Krašeninnikov, V. V. Menner, I. N. Krölov, S. V. Tihomirov, V. T. Frolov jt.

Ülaltoodust võiks kokkuvõtlikult loetleda rida EESTI PAESE KESKKONNA ERIPÄRADREGA SEOTUD GLOBAALSELT HUVIPAKKUVAD TEEMASID. Tasub meeles pidada, et paeteaduste viljelemisel ei saa piirduda üksnes paeläbilõigetega, vaid tuleb süveneda ka lamavatesse ja lasuvatesse terrigeensetesse kivimlasundetesse.

1. Balti klindi, eriti selle esinduslikema osa – **Põhja-Eesti paekalda** ja teiste **pankade** tekkelugu.
2. Maailma suurima **glaukoniidikuuhje** (Leetse kihistu) kui Balti basseini globaal-transgressiooni basaalse kihistu teke – kas ühe ülemaailmse veeuputuse tagajärg?
3. Maailma suurima **kukersiidi perioodilise kuhje** keskkondlik spetsiifika.
4. Maailma suurima **Borealis-panga (rõngaspae-lasundi)** moodustumise eripärad.
5. Omanäoliste **riffimoodustiste** tsüklilise kordumise põhjused.
6. **Katkestuspindade** mitmekesisuse tekkelooline eripära, lünkade tähendus.
7. Lasnamäe ehituspae katkestuspindade püstakute täitematerjali **selektiivne dolomiidistumine** lünkade ajal.
8. Unikaalse **Eurypterus-faatsiese** tsüklilise settimise põhjused ja maailma ulatuses ainulaadselt hea säiluvusega leiukohtade tekke eripärad.
9. **Devoni kivimite aluse lünga** ilmingud erivanuselistes Ordoviitsium-Siluri paekihtides, eriti Navesti purdolokivi kujunemise spetsiifika.
10. Meie aluspõhjaliste **meteoriidikraatrite** (Neugrund, Kärdla, Kaali) tekkelugu, nende kõrge puurituse ja uurituse taust.
11. **Hilisdolomiidistumise** mitmekesisuse tekkelooline eripära.

Eelneva põhjal võib tõdeda, et aluspõhja **põhimaavarade kujunemise ja paleokeskkonna** süvauuringute järele on tungiv vajadus. Teadustöö aitab esile tuua Eestile omased geoloogilised eripärad.

---

*Rein Einasto (rein.einasto@hot.ee) – Tallinna Tehnikakõrgkool, Pärnu mnt. 62, 10135 Tallinn.*

## **Geoloogide doktorantuuriaeg – mured ja rõõmud**

*Kadri Sohar, Kadri Haamer*

Doktoriõppe vastuvõtt Tartu Ülikoolis geoloogia erialal on olnud üsna muutumatu alates doktoriõppe loomisest 1992. aastal. Igal aastal on reeglina alustanud 3–4 uut doktoranti. Praeguse hetkeni on kokku neljakümne neljast vastuvõetud doktorandist jõudnud (või jõuavad 2006. aastal) kaitsmiseni 18, sh neist neli välismaa ülikooli juures. Kaheksa doktoranti on eksmatrikuleeritud ja 18 jätkavad veel õpinguid. Keskmiselt on aastatel 1996–2006 kaitsnud kraadi 1,6 doktoranti aastas – seega ei ole doktoriõppe edukuse pilt väga kurb. Suuremaks probleemiks on kaitsmiseni kuluv aeg, reeglina 5–6 aastat, mis on veidi pikem kui bioloogidel või geograafidel (TÜ bioloogia-geograafiateaduskonna deканаadi andmed).

Meie doktorandid tegutsevad täna, ajal, mis on täis muudatusi ja avatust igasugustele pakkumistele. Et teada saada, mida meie doktorandid praegusel hetkel tunnevad ja milliste probleemidega silmitsi seisavad, viidi geoloogia doktorantide hulgas läbi küsitlus. Uuriti, kui teadlikud nad on doktorikooli poolt pakutavatest võimalustest, kas riiklik stipendium on teinud neid õnnelikuks või millised on arvamused juhendamise ja oma tuleviku kohta. Küsimustik saadeti nii Tartu Ülikooli (TÜ) kui Tallinna Tehnikaülikooli (TTÜ) 17-le geoloogia eriala doktorandile. Vastuseid saadi kokku seitse (ainult TÜ tudengitelt), mis on olnud alljärgnevate peatükkide kirjutamise aluseks. Kursiivis on toodud tsitaate doktorantide vastustest.

### **Doktorikooli võimalused ja piirangud**

Tartu Ülikooli bioloogia-geograafiateaduskonna alus- ja rakendusökoloogia tippkeskuse juurde loodi 2005. aastal ökoloogia ja keskkonnateaduste doktorikool, mis pakub doktorantidele erinevaid võimalusi teadus- ja õppetööle

pühendumiseks. Üheks eesmärgiks on doktoriõppe aja lühendamine töö- ja õppeprotsessi toetamise kaudu.



Joonis 1. Geoloogia kraadiõppur oma esimest artiklit viimistlemas (foto autor Reet Nemliher).

Geoloogia eriala doktorandid on üldiselt teadlikud doktorikooli poolt pakutavatest võimalustest. Kõige enam on abi saadud nt töökoha sisustamiseks ja välitöödeks. Kui töökoha sisustamisel on võimalik raha taotleda töölaua, tooli, riuli ning arvuti jaoks, siis nt sülearvuti soetamine on

keerulisem protsess. Veidi negatiivset varju lisab asjaolu, et pakutavad võimalused on piiratud. Üks vastajatest kirjutas järgmist: *Samas on tudengil teinekord vaja ka vähetähtsana tunduvaid asju, mis aga tegelikult oleksid olulised tema töös, kuid nende asjade ostmine on keelatud, kuna äkki kasutab seda ka keegi teine. Minu arvates on tegemist natuke naeruväärse ettevaatlikusega. Võiks anda rohekm vabadust, kui kõik on selgelt ära põhjendatud.*

Doktorantide jaoks on natuke ebaselge doktorikooliga seonduv bürokraatia ning finantside jagamise süsteem. Näiteks raha, mida doktorant ei suuda ära realiseerida poole aasta jooksul, ei saa edaspidi kasutada ning seetõttu hakatakse viimasel minutil lihtsalt rabelema, et „plaan täita“: *...ostetakse kas mingi eriti totter ja mittevajalik asi nagu nt lamp 2000 kr eest või siis jääb raha lihtsalt kasutamata. Praegusel hetkel ei ole tudeng ka ise tihti teadlik summast mis tal on võimalik kasutada.*

Tänapäeval on doktorioõppe raames võimalik osaleda erinevatel kursustel, välitöödel ja kohtuda erialaspetsialistidega väljaspool oma kodukõrgkooli. Kõiki neid tegevusi aitavad finantseerida mitmed stipendiumifondid. Uute teadmiste ning kogemuste hankimine, kontaktide loomine sama valdkonna inimestega moodustab olulise osa doktorandi teadus- ja õppetööst. Geoloogia eriala doktorandid on üsna aktiivsed kasutama väljaspool pakutavaid võimalusi, otsitakse nii stipendiume kui ka erialaseid lühikursusi. Nimetada võiks mõningaid stipendiumifonde, mida meie doktorantidel on olnud võimalik kasutada: DAAD (Deutscher Akademischer Austauschdienst), Ciriuse (Taani valitsuse stipendium), Münsteri ülikooli uurimisstipendium (silmapaistvalt heade uurimistulemuste eest antav stipendium), IAS (International Association of Sedimentologists), CIMO (Soome valitsuse stipendiumid). Eriti pole aga kasutatud nt Kristjan Jaagu stipendiumiprogrammi (Haridus- ja Teadusministeeriumi ning Sihtasutuse Archimedes koostöös algatatud riiklik stipendiumiprogramm), kuna sellesse suhtutakse eelarvamusega ja erilist kasutegurit nimetatud fond doktorantidele andnud ei ole.



Joonis 2. Doktorandil ideesid jagub (foto autor Evelin Verš).

### **Õppetoetus: doktorandi piits ja präänik**

Veel mõned aastad tagasi oli doktorandi sissetulek paljuski sõltuv juhendaja armust. Täna saab riigieelarvelisel õppekohal õppiv doktorant 6000 krooni kuus, v.a juulis ja augustis. Kas igakuine doktoranditoetus stimuleerib õigeaegset lõpetamist? Siinkohal lähevad arvamused lahku: *Eks toetus ikka seab kohustuse – katsun õigeaegselt lõpetada...* või: *Vaevalt, et see raha nüüd stimuleerib. Pigem peaaagitaator on ikka huvi asja vastu ja võimalused.*

Kõik kraadiõppurid hindavad kõrgelt riigi poolt makstavat igakuist stipendiumi, kuid ei pea seda siiski piisavaks, et soetada nt eluaset. Lisatöö on hädavajalik iseseisva elu alustamiseks. Pahameelt tekitab suvekuudel stipendiumi mittemaksmine aladel, kus väga oluline õppetöö käib just suvekuudel – välitööde käigus kogutakse vajalikku uurimismaterjali ja andmestikku. Pole ju reaalne, et juulis-augustis otsiksid doktorandid endale mingi muu ajutise töö. Lähenemisnurk on tudengitel erinev, mure aga sama: *Igakuine doktoranditoetus on küllalgi piisav summa, kuid probleem on just suvekuudega kui toetust ei maksta. Sest võimalik on küll saada toetust juhendaja grandist, kuid see oleneb paraku juhendaja suvast ja mitte alati ei ole ka see toetus garanteeritud.*

*Suvel ei maksta – see on ju täielik jama. Kui ma lebotaks need kaks kuud kuskil, siis saaks veel aru.*

*Meie teaduskonnas ei ole suvel mittemaksmine eriti põhjendatud – mul suvel kõige kibedam tööaeg – välitööd jne.*

Doktorantidele on töökogemuse omandamine oluline, kuna keegi ei tea ette, mida tulevik nende jaoks toob. Seega teevad mõned tudengid kraadiõppe kõrvalt erialaga vähem või rohkem seotud lisa tööd, lihtsalt töökogemuse enda pärast: ... *leian, et doktorant peaks õpingute kõrvalt hankima ka töökogemuse, see tagab parema läbilõõmisvõime hiljem tööturul. Töökogemuseta 28 aastast inimest ei taha keegi eriti tööle võtta kui pidada silmas erasektorit.*

Tööturule pürgimise muresid on teisigi: *Muidugi saab alati minna tööle. Doktoranditoetuse puhul on halb veel see, et kuigi tööd teeb doktorant samamoodi kui täiskohaga töötaja, ei saa ta mingeid pensioni aastaid selle eest. või Olen otsinud tööd, aga seda enne doktoranditoetuse tulekut. Juba doktoranditoetuse ajal võtsin vastu töö, aga teistel põhjustel, et "kuivale" teaduse tegemisele vaheldust saada.*



Joonis 3. Doktorant pole nõudlik isend. Saab hakkama ka mätta otsas (foto autor Evelin Verš).

### **Töökeskkond**

Kraadiõppurid leiavad, et tööttingimused Tartu Ülikooli geoloogia instituudis on head. Olemas on oma töönurk, kolleegid on meeldivad ja sõbralikud. Rohkem võiks olla vaid erialast kirjandust. Muret tekitab ka vajamineva aparatuuri puudumine või selle halb kvaliteet. Selle probleemi lahenduseks otsitakse võimalusi välislaboritest. Doktorandid, kes viibivad ja tegutsevad akadeemilisest tuumikust eemal, võivad tunda piiratud infoliikumist.

Doktorandi tegemiste juures on väga oluline isik tema juhendaja. Kas juhendaja muudab kraadiõppurite elu lihtsamaks? Kindlasti. Juhendaja toetab, aitab, kui vaja. Juhendaja roll on väga oluline, kuna põhimõtteliselt täidetakse tema poolt püstitatud ideesid ja eesmärged. Enamasti ollakse juhendajaga väga rahul ja omavahel

suheldakse nii teema piires kui arutatakse täiesti teemaväliseid probleeme. Doktorandid tunnistavad ka omapoolseid tegematajätmissi ja puudusi:

*Juhendajale ei saa teha küll etteheiteid, pigem juhendajal on põhjust teha mulle etteheiteid.*

*Juhendaja üle ei nurise – tore mees – avitab kui vaja, utsitab tööle ja toetab kui vaja... Suhtlus – lisaks teadustööle oleme koos ka heina teinud ja kartult mullanud – saab hakkama küll.*

*Olen oma kahe juhendajaga rahul. Nad ei oska mind küll eriti aidata kõigis küsimustes, kuid nad vähemalt alati püüavad seda teha kui neilt midagi küsin.*



Joonis 4. Kahekesi jõuab ikka rohkem (foto autor Oive Tinn).



Joonis 5. Kivist ette ja punaseks – juhendamine geoloogias (foto autor Väino Puura).

Kuid tuleb ka ette olukordi, kus kraadiõppur ei ole oma juhendajaga rahul. Põhiprobleemina tuuakse välja juhendajapoolne ajanappus oma doktorandiga suhtlemisel või piirab juhendaja oma doktorandi arengut muul viisil. Kannatajaks pooleks jääb sel juhul muidugi tudeng. Doktorandid tunnevad end tõrjutuna, kuna ei saa oma ideedele toetust. Mingil põhjusel peavad mõned doktorandid end oma juhendajale pigem koormaks. Doktorantidel, kellel on mitu juhendajat, võivad sattuda erinevate huvide konflikti ja ka sellisel juhul jääb kaotajaks doktorant. Tuleb ette ka mõtteavaldusi, kus arutatakse oma teema või juhendaja vahetamise üle. Või üldse geoloogiast loobumist. Mõned näited vastustest:

*MIKS? Peamiselt juhendaja autoritaarsuse ja suhtumise tõttu, millest enamus teisi muresid/põhjusi laiali hargneb.*

*Juhendaja roll on tegelikult väga oluline doktoritöö tegemisel ja korraliku juhendaja puudumisel ei saa süüdistada doktoranti tema töö tegemata jätmisel, vaid enamasti tuleks alustada ikkagi juhendajast.*

*Põhiline raskuskese juhendaja ja juhendatava vahel, niipalju kui mina aastate jooksul olen otse kogenud või kõrvvalt näinud, seisneb just omavahelises suhtlemises ja suhtumises. Kui puudub või on piiratud kahepoolne avatus, vastastikune aktsepteeritavus, usaldus, vabaduse andmine ja oma tahtmise läbisurumine/surumata jätmine, võimaluse andmine areneda ja seda toetada, diskussioonide-rohkus ja vabad arutelud, nii vaimne kui materiaalne toetus ja vastustunne – ühesõnaga, kui juhendamises puuduvad kõige elementaarsemad inimlikud (eetilised, moraalsed, sotsiaalsed) küljed, läheb asi varem-või-hiljem, tormates-või-tasahilju ikkagi rappa. Siis on juba iseasi, kes, millega ja kui palju selle eest maksma on pidanud ja kas või mil moel valmiv/tehtav töö seda peegeldab.*



Joonis 5. Jälgige vasara trajektoori... (foto autor Evelin Verš).

## Tulevik?!

Üldiselt ei tunne geoloogia eriala kraadiõppurid muret oma tulevase erialase töökoha leidmisel. Mõned on juba doktoriõppe kõrvalt leidnud endale erialase osalise koormusega töö, mida pärast kraadi kaitsmist täies mahus jätkata.

Õppurid peavad oluliseks loengute andmise kogemust, mille käigus õpitakse ja omandatakse ainet kõige paremini. Küsitlusest selgub, et tihti ei jätku kõigile doktorantidele oma ainekursust, mistõttu loetakse üksikuid teemasid mingi aine raames. Kui oleks juba terve ainekursus, siis peaks doktorant ka vastavalt tasustatud saama, kuna tegu on juba lisakoormusega. Mõned lustlikumad arvamused loengute lugemise kohta:

*Loengu andmine on meeldiv kogemus, sest tegelikult läbi selle omandad ainet kõige paremini.*

*Oi, kus annaks loenguid! Saaks ise ka lõpuks targaks. Aga näe, ei lasta sinna va pulti.*

Doktorandid tunnevad ebakindlust selles suhtes, kas jätkata pärast kraadi omandamist akadeemilises sfääris või leida mõni muu eriala. Neil, kes teevad kraadiõppe kõrvalt juba muud tööd, on lihtsam, kuna ollakse kindlad, et jätkatakse samal eriala. Vastupidiselt doktorandid, kes pühenduvad sajaprotsendiliselt oma uurimustemale, ei tunne just erilist kindlust institutsiooni poolt, et neid sinna hiljem oodatakse.

Doktorantuur hõlmab erinevaid inimesi, nii juhendajad kui juhendatavad on väljakujunenud isiksused. Sellisel juhul oleks liiast loota, et kõik sujuks ideaalselt. Tartu Ülikoolis on geoloogia erialal nt eeliseks inimeste vähesus – kõik tunnevad kõiki. Doktorandid on enamasti instituudis reaalselt koha peal ja juhendajad ei pea tegelema kaugjuhendamiseга. Üldjuhul on doktorantidele võimaldatud head töötingimused. Põhiprobleemina nähakse piiratud ajalisi võimalusi. Doktorantidel võiks olla regulaarne võimalus oma juhendajaga pidada nn akadeemilisi

teeõhtuid, kus arutatakse nii oma tehtud töö tulemusi kui ka teemasid, mis selgitaksid kraadiõppurile lahti taustsüsteemi, kuhu nad oma uurimusteamaga kuuluvad. Finantsiliste probleemidega ei pea doktorandid enam oma päid vaevama ja saavad keskenduda oma teadusteemale. Kas see ka kiirendab doktorikraadi kaitsmist, eks seda näitab aeg.

---

*Kadri Sohar (kadri.sohar@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia instituut, Vanemuise 46, 51014 Tartu.*

*Kadri Haamer (kadri.haamer@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia instituut, Vanemuise 46, 51014 Tartu.*

## Ostrakoodid, katedraal ja palmid

*Oive Tinn*

Miks läheb üks tudeng või noor teadlane välismaale õppima? Kogemusi omandama? Teadmisi saama? Maailma nägema? Need on ju kõik arusaadavad ja mõistetavad põhjused: ammustest aegadest on käidud nii naabermaades kui kaugemalgi küll "virtsahvti" õppimas, küll "kombeid omandamas".

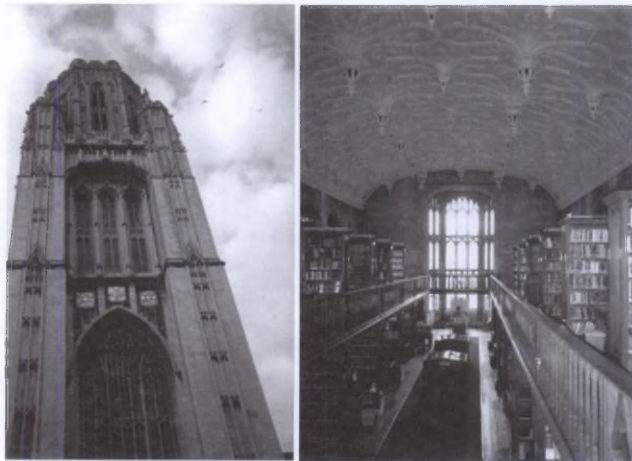
Kui enamik välismaale minejatest räägib "kogemuste omandamisest" ja "maailma nägemisest", siis vaid vähesed mainivad, et üheks põhjuseks võiks olla isiklikust mugavusest võitu saamine. Töötades hommikust õhtuni, päev päeva ja aasta aasta järel ühtede ja samade (väga koduste) seinte vahel, kasutades sisseharjunud meetodeid (mis kõik töötavad suurepäraselt), tehes rutiiniseid (alati turvalisi) välitöid jne, võid ühel hommikul ärgata tundega, et sa võid kõik selle päeva toimetused teha kinnisilmi. Sõidad jalgrattaga tööle mööda linna, kus iga tänavanurk ja asfaldiauk on tuttav, toksid kinnisilmi sisse turvakoodi ja tead täpselt, millise käginaga vastab istumise peale tuttav töötool. Kõiki oma armsaid kolleege (kellest üks osa on olnud sinu enda õppejõud) võiksid teretada juba saja meetri pealt, sest tunnend nad juba ka selja tagant kõnnaku järgi ära. See kõik tundub nii ilus ja kindel ja turvaline, et midagi muud tahta võiks tunduda sulaselge rumalusena. Tõsi ta on, ega tegelikult nii väga ei tahtnudki. Ei sunnitud ka. Pigem käidi vaikselt peale ja püüti veenda, kui huvitav ja oluline oleks minu osalemine ühes vähestest ostrakoodide evolutsiooniga tegelevatest laboritest...

### **Katedraal**

Lugu oli aga alguse saanud juba varem, "süüdi" olid selles euroteadusbürokraadid, kes alates 90-ndate aastate lõpust olid hakanud doktorantidele pakkuma Marie Curie

nimelisi stažeerimistoetusi tööks Euroopa teaduste tippkeskustes. Bristolis Ülikool vanal heal Inglismaal oli äsja liitunud tippkeskuste programmiga ning valmistus vastu võtma esimesi stipendiaate. Nii ma sinna siis aastal 2000, kolmanda aasta doktorandina sattusingi. Kaasas oli ostrakoodide (mikroskoopiliste karpvähiliste) kollektsioon, kus iga eksemplar üle loetud ning Keskkonnaministeeriumi poolt sildistatud Eesti Vabariigist fossiilide väljaviimise loaga. Vahemärkusena vihje, et siin peitub veel üks põhjus, miks töötada mikrofossiilidega – nende kollektsioon võtab vähem ruumi ning kaalub märksa vähem, kui seda teeks mõni suuremate ning kuulsamate fossiilide oma.

Bristolis Ülikool on pikkade paleontoloogiliste traditsioonidega ning väga tugevate professoritega, kellest tuntuimad olid tol hetkel Mike Benton, populaarsete selgroogsete paleontoloogia õpikute autor, ning Derek Briggs, üks legendaarsetest Burgess Shale'i fauna uurijatest. Nende ümber oli koondunud suur hulk mitmelt poolt maailmast pärinevaid kraadiõppureid, kes kogu oma kirjusesuses moodustasid muljetavaldava seltskonna.



Joonis 1. Bristolis ülikooli hoone (vasakul) ning pilk maateaduste raamatukokku. Autori fotod.

Formaalselt oli Marie Curie programmi eesmärgiks õpetada teadusartikli kirjutamist. Tippkeskuses töötamise perioodi lõpuks oli kohustuslik esitada rahvusvahelisele teadusajakirjale artikli käsikiri. Eks eesmärgi eduka täitmise nimel olidki välja valitud just need doktorandid, kelle CV-s juba eksisteeris rubriik "*Publication record*". Stipendiumit olin taotlenud neljaks kuuks, selle aja jooksul saigi valmis käsikiri varajaste ostrakoodide fülogeneesist. Kuue aasta tagusele ajale tagasi vaadates ei tundu aga mitte see kõige olulisem. Pigem on meeles kummaline tunne tollesse katedraalisarnasesse hoonesse sisenemisel ning mälestus säravate nägudega tudengitest dinosauruste ja krokodillide skelettide vahel (minu töökoht juhtus paiknema selgroogsete laboris). Meelde jäid ülikoolis resideeruvate geoloogide igareedesed koosistumised maitsva kohaliku õlle seltsis, samuti välitööd vihmase Šotimaa saarte basaldisammaste vahel ning Juura ajastu dinosauruste luude (mis minu uurimisteamaga küll vähe seonduisid) kogumine Inglismaa lõunarannikul. Omal kummalisel kombel oli kõik see seotud sellega, et mind mõni aasta hiljem Ameerika Ühendriikidesse, Vaikse ookeani kaldale palmide all peesitavasse California Ülikooli, Santa Barbarasse kutsuti.

## Palmid

Tänu sellele, et viimasel ajal avatakse kogu maailmas rahakraane pigem molekulaar- ja astrobioloogidele kui süstemaatikutele või paleobioloogidele, on viimased suhteliselt haruldaseks grupiks kujunemas. Naljaga pooleks võiks neid juba elavateks fossiilideks nimetada. Paraku on vaja, et enne, kui molekulaarbioloogid hakkavad loomast DNA-d eraldama, määraks keegi ära selle looma süstemaatilise kuuluvuse. Samuti ei saa evolutsiooniga tegelevad molekulaarbioloogid läbi ilma paleontoloogiliste andmeteta. Viimasel juhul on vaja kedagi, kes oleks kodus aja dimensioonis ning tõlgiks ära mõisted Tertsiaar, Furong, Eifel, Oxford jne lihtsamalt arusaadavasse arvude keelde.

California Ülikooli noor evolutsioonilise bioloogia professor Todd Oakley, kes huvitus paljudest valdkondadest alates silma evolutsioonist kuni fülogeneesi teoreetilis-matemaatiliste aspektideni välja, otsustas, et tema töögruppi kuluks ära ka üks paleontoloog. Andmebaasides surfates Bristolis valminud artikli otsa komistamine ei olnud juhus, sest selle "pealtnäha vähe seksika"\* grupiga tegelejaid ülearu palju pole, neistki vähestest allesjäänutest on ligi pooled üsna eakad uurijad. Seega pärast pikka mõtlemist, ligi kaks aastat pärast esmakordse kutse saamist ning umbes aasta pärast NATO-le aplikatsiooni esitamist, maandusin ma palmidega ääristatud pikikesel Santa Barbara lennuväljal.



Joonis 2. California Ülikool alati päikesepaistelises Santa Barbaras. Autori foto.

Sellist mõtetki ei tekkinud, et miski oleks tuttav. Üheainsa inimese pilti olin näinud internetis. Ülikoolilinnakus orienteerusin kaardi abil. Ametnikele selgitasin, et Eesti on Euroopa Liidu tsiviliseeritud liige. Igavese sinitaeva tõttu loobusin ilma vastu huvi tundmast. Mis kõige olulisem – lugemist vajavate artiklite hulk laua nurga peal ei tahtnud kahaneda. Minu töö seisnes ostrakoodide fossiilsete andmete võrdlemises arvutuslike, molekulaarse kella meetodil saadud teoreetiliste andmetega. Selgituseks tuleb öelda, et teatud organismigrupi vanuse arvutamiseks kasutatav molekulaarse kella meetod põhineb eeldatavalt stabiilse kiirusega muteeruvate geenijärjestuste omavahelisel võrdlusel. Kui geenijärjestused on olemas, siis on edasine töö valdavalt matemaatiline, kuid paleontoloogiline taust ning geoloogilises ajas orienteerumise oskus tulevad siin ainult kasuks.

Hiljem on minu täiesti teadusvälisel alal tegutsev lapsepõlvesõber pärinud, et mida ma seal välismaal siis õieti tegin – õppisin või töötasin? Inglise keeles vastata oleks olnud lihtsam: "tudeerimine" lihtsalt on osa elust, mis ei lase laisaks jääda ja peaks olema kohustuslik igaihele.

\* siinkohal soovitan heita pilk artiklile Siveter D.J, Sutton M.D., Briggs D.E.G. 2003. An ostracod crustacean with soft parts from the lower Silurian. *Science* 302: 1749–1751.

---

*Oive Tinn (oive.tinn@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia instituut, Vanemuise 46, 51014 Tartu.*

## **Tudengite keskkonnateemaline koostööprojekt "TalveAkadeemia"**

*Veiko Karu, Aivar Hannolainen*

### **Talveakadeemia idee**

Areng on teinud meie elu huvitavaks ja kvaliteetseks indiviidi, organisatsiooni ja riigi tasandil. Tehnoloogia on loonud meile mugavuse, majandus on toonud meile jõukuse. Tööjaotus on võimaldanud meile vaba aja. Tegeleme spordiga ja enese harimisega. Oleme kultuuriliselt rikkad. Mida teha, et areng jätkuks, kuid oleks kooskõlas loodusressursside mõistliku kasutamisega? Eesti üliõpilased otsivad sellele vastusi tudengite teaduskonverentsil TalveAkadeemia.

TalveAkadeemia algab sügisel inimese ja looduse vahelisi suhteid käsitlevate tudengite teadusartiklite esitamisega. Parimaid töid esitletakse talvisel teaduskonverentsil, kus publikuks on asjast huvitatud noored tudengid ja spetsialistid.

Konkursil osalemine annab teadusartikli kirjutamise kogemuse, esinemiskoolituse edasisaajatele, artikli avaldamise kogumikus, ettekande tegemise kogemuse ja tagasiside töö kohta oma ala tegijatelt. Töid võivad saada kõik üliõpilased, kes on bakalaureuse-, magistri- ja doktoriõppes. Teaduskonverentsi ajal on üliõpilastel võimalus kuulata ja vaadata erinevate ülikoolide üliõpilaste teadustöid, diskuteerida autoritega ning saada seeläbi uusi ideid oma uurimisteema käsitlemiseks. Konverentsil avaneb võimalus tutvustada omi mõtteid laiale kuulajaskonnale ning saada kohest tagasisidet ja oma ideid edasi arendada. Toimuvad praktilise väljundiga grupitööd, alternatiivsete ideede sessioon, arutelud, diskussioonid ja kohaliku eluoluga tutvumine. Peale konverentsi avaldatakse kogumik, mis sisaldab konverentsi artikleid, stendiettekandeid ja kokkuvõtet konverentsist. Senised

konverentsid on näidanud, et TalveAkadeemia on koht, kus kohtuvad teaduslikud mõtted ja ideed ning saavad alguse interdistsiplinaarsed projektid.

TalveAkadeemial on lisaks teadusele ka ühiskondlik tähtsus: (1) see on üks väheseid tudengite endi poolt korraldatud kõrgetasemelisi teaduskonverentse, seega on TalveAkadeemia puhul tegemist kodanikualgatuse korras toimuva teaduskonverentsiga; (2) keskkonna ja majandusarengut koos käsitlevaid üritusi ja algatusi on Eestis vähe, TalveAkadeemiat võib pidada selles vallas novaatoriks, mis ühendab mitmeid erineva spetsiifikaga ülikoole ja erialasid. TalveAkadeemia on ka sotsiaalne üritus – suhetevõrgu tekkepaik ja rõõm lõbusast koosolemisest.

### **Miks TalveAkadeemia algatati?**

Inimese ja looduskeskkonnaga seotud erialasid õpitakse küll mitmes ülikoolis, kuid üliõpilastel puudub tihti ülevaade, milliste uurimisteemadega tegeletakse teiste ülikoolide sarnastes õppetoolides. TalveAkadeemia annab üliõpilastele võimaluse omavahel suhelda.

Millised probleemid olid need, mis sundisid sellist üritust ette võtma?

Probleemide loetelu:

- puudus ülevaade keskkonna teemalistest teadustöödest;
- puudus väljund oma teadustööde esitamiseks (laiema auditooriumi ees);
- puudus üliõpilaste teadustööde avaldamise väljund;
- puudus kogemus teadusmaailmas läbi löömiseks;
- oma eriala siseste kontaktide puudumine.

Nimetatud probleemide vähendamiseks või muutmiseks otsustati läbi viia projekt TalveAkadeemia, mis koosneb järgnevatest etappidest:

- toimub teadustööde konkurss (artiklid);
- konkursi edukamad läbivad esinemiskoolituse ja saavad esinemiskogemuse;
- kontaktide leidmine konverentsilt;

- konkursi läbinud parimad artiklid avaldatakse TalveAkadeemia kogumikus ja mõnes populaar-teaduslikus ajakirjas.

2003. aastal korraldati esimene TalveAkadeemia teaduskonverents, mis ühendas inimese ja looduse vahelistele suhetele mõtlemaid tudengeid. Sellest ajast peale on saanud TalveAkadeemiast iga-aastane traditsioon, mida korraldavad ja kus osalevad sadakond tudengit Eesti Põllumajandusülikoolist, Tartu Ülikoolist, Tallinna Tehnikaülikoolist, Tallinna Ülikoolist ja Eesti Kunstiakadeemiast, samuti Tallinna Tehnikakõrgkoolist.

Tulemus: SAAME TEADUSMAAILMAS PAREMINI HAKKAMA!

### **Ülevaade seni toimunud konkurssidest ja konverentsidest**

#### **TalveAkadeemia 2003**

Esimene TalveAkadeemia konkurss ja konverents toimus 21.–23. veebruaril 2003, toimumiskohaks oli Harjumaa, Vihterpalu.

Konverentsil olid esindatud uurimistööd järgmistelt teemadelt:

- keskkonnakaitse teoreetilised lähtekohad
- keskkonnakorraldus ja keskkonnameetmete rakendused
- loodus ja maastike kujundamine
- öko- ja loodusturism
- ökoloogilised tehnoloogiad
- haldusterritoriaalne reform ja omavalitsuste haldus-suutlikkus
- ääremaade areng regionaalplaneerimise objektina
- ettevõtluskeskkond ja infrastruktuur regionaalplaneerimises
- regioonide kohastumine sotsiaalmajandusliku ülemineku tingimustes
- kohamarketing

- Euroopa Liit ja Eesti regionaalpoliitika.

### **TalveAkadeemia 2004**

20.–22. veebruaril 2004 toimus Lääne-Virumaal Essu mõisas teine konverents, mis oli jagatud kolme sessiooni vahel: planeerimine, tehnoloogia ja tarbimine. Vastavalt sellele jaotusele sai konverentsile esitada artikleid ning iga märksõna all oli toodud järgnevad teemad, millega artikkel pidi seotud olema.

Planeerimine:

- Avalikkuse osalemine planeerimisprotsessis
- Haljastus kui linnakeskkonna võtmeelement
- Eesti pärandmaastik homme
- Liiklus ja linnaruum
- Euroopa Liit ja Eesti regionaalpoliitika
- Tehnoloogia:
  - Säästva tehnoloogia rakendusprobleemid
  - Loodusvarade kasutamise tehnoloogilisi, majanduslikke ja ökoloogilisi aspekte
  - Säästva energeetika kasutuselevõttu soodustavad ja takistavad tegurid
  - Ettevõtete keskkonnamõju hindamine ja seire
  - Säästva tehnoloogia rakendamise mõju majanduskasvule.

Tarbimine:

- Infotehnoloogia roll säästvas arengus
- Riigi/ettevõtte/kodaniku rollide erinevus tarbivas ja säästvas ühiskonnas
- Reklaam ühiskonna tarbimise kujundajana
- Tarbimine säästva arengu ühiskonnas
- Võimalikud arengusuunad Eesti jäätmekäitluses.

### **Talveakadeemia 2005**

Kolmas tudengite keskkonnakonverents toimus 25.–27. veebruaril Värskas Sanatooriumis. Seekordne teema oli “Jätkusuutlik Eesti - kohalik vastus globaalsele suutmatusele”. Konkurss oli jagatud neljaks: loodusteadused,

sotsiaalteadused, majandusteadused ning tehnika ja tehnoloogia.

### **Talveakadeemia 2006**

Kohaks valiti Soomaa, toimus 3.–5. märtsil. Mis inspireeriks paremini tuleviku energiasüsti otsinguid kui innovaatiline Soomaa oma sala- ja omapära ning viie aastaajaga?

Oled sa mõelnud, mis saab siis, kui nafta saab otsa? Või kuidas minna edasi, kui väsimus on võimust võtnud? Maailmas pole võimalik midagi liikuma panna ilma energiata. See on küll igal pool olemas, kuid tihti meile kättesaamatu või selle olemasolu teadmata. Kuidas leida ja kasutada energiat nii, et see oleks kättesaadav nii meile kui ka neile, kes tulevad peale meid? Kuidas koguda energiat homseks? Meie eesmärgiks on minna tulevikuenergia lätetele, ammutada seda nii kehale kui vaimule, leida seda kõikjalt meie ümbert ja ka väikesest päikesest meie seest. TalveAkadeemia 2006 teemaks oligi „Energiasüst tulevikkul!“

### **Kokkuvõte**

TalveAkadeemia on konverents, mis areneb ja täieneb iga aastaga. Eks ikka selles suunas, et uued ideed tekiksid, kohtuksid ja pärast ka teoks saaksid. Anname osalejatele aina rohkem võimalusi ise midagi ära teha, seda nii alternatiivsete ideede sessioonil kui grupitöodes osaledes. TalveAkadeemialt saad sädeme, et ise muutusi ellu viia!

### **Kasutatud kirjandus**

Internetiviide: [www.talveakadeemia.ee](http://www.talveakadeemia.ee)

---

*Veiko Karu (veiko@talveakadeemia.ee) – Talveakadeemia MTÜ*  
*Aivar Hannolainen (aivar@talveakadeemia.ee) – Talveakadeemia MTÜ.*

## Mäenduse ja geoloogia teadusklubi tegemised 2006. aastal

*Veiko Karu*

### Sissejuhatus

Mäenduse ja geoloogia teadusklubi alustas oma tegevust 2006. aasta kevadsemestril, mil toimusid väljasõidud Maardu fosforiidilevilasse ja Harku lubjakivi-maardlasse kaevandamismõjude hindamiseks. Väljasõidu tulemusi presenteeriti teadusklubi seminaridel, lisaks valmisid stendiettekanded ja aruanded välitöödest.

Õppeasutused teevad pingutusi, et noored tuleksid neile õppima ja jääksid valitud eriala juurde pidama ning jätkaksid haridusteed magistrantuuris ja doktorantuuris. TTÜ arengukava aastateks 2006–2010 kohaselt nähakse ette õppetegevuse tihendamist praktikaga, mis võiks olla teadusklubi tegutsema panev jõud, sest praktiline töö kinnistab loengutes ja harjutustundides õpitut.

Teadusklubi on haridusliku taustaga ja mõeldud tudengite haridustee mitmekesistamiseks, et õppetöö ei koosneks vaid loengutes/praktikumides käimisest, vaid saaks lisaväärtust. Teadusklubil on mitu eesmärki: (1) leida igale tudengile juhendaja alates õpingute algusest, et ta suudaks kohaneda erialadesuunitlusega paremini; (2) tutvustada tudengitele erinevaid aspekte valitud eriala kohta, mida kõrgharidus eeldab; (3) soodustada edukat õppimist ja vähendada väljalangevust; (4) tõsta tudengitööde kvaliteeti; (5) teavitada tudengeid teadustööst ja kaasata tudengeid teadustöösse; (6) tihendada suhtlust õppejõudude ja tudengite vahel. Need on vaid mõned eesmärgid, mida teadusklubi suudab üliõpilasele pakkuda tema arendamiseks ja õppeasutuse kvaliteedi tõstmiseks.

## Õppejõudude arvamused

Teadusklubi teadusliku tegevuse eest vastutavad õppejõud. Siinkohal toon välja mõned TTÜ mäeinstituudi õppejõudude arvamused teadusklubist.

*Idee on tore ja kasulik kõigile, nii üliõpilastele (tuleviku kavandamiseks) kui ka õppejõududele (st juhendajatele magistrantide ja doktorantide valikuks) ja on instituudile heaks reklaamiks. Jüri-Rivaldo Pastarus.*

*Teadusklubi kaasaks kohe esimesest kursusest peale tudengeid teadus- ja eriti välitöödele, teeks oma seminare, sealt edasi ülikooli ja ülikoolidevahelistele konverentsidele, Suveülikooli ja Talveakadeemiasse jne. Enno Reinsalu.*

Julgustavaid arvamusi võib tuua veel ridamisi. Õppejõudude positiivsus annab märku, et nad on samuti asjast huvitatud ja soovivad oma teadmisi tudengitele edasi anda.

### Mäenduse ja geoloogia teadusklubi tegevus

Kuna teadusklubis tehtavate tööde teaduslikkuse eest vastutavad õppejõud, siis saab tulemusi teaduslikus tegevuses rakendada ja need kajastuvad tudengite bakalaureuse- ja magistritöodes, instituudi teadusaruannetes, instituudilt tellitud teadustöodes jm. Tudengi eneseväljendusoskuse proovile panemiseks ja arendamiseks toimuvad esinemised nii teadusklubi siseselt kui instituudi seminaridel. Selle tulemusena kaitstakse lõputöid edukamalt, kuna saab pidevalt esinemisostkust parandada ja karastuda publiku ees esinemisega. Teadusklubi tegutsemisel tekivad suhted ja koostöö erasektoriga, erinevate instituutide, teaduskondade ja ülikoolide vahel. Töö käigus valmivad plakatid, veebilehed ning aruanded kõikidest välitöödest, kus teadusklubi raames on käidud.

### Kevadsemester 2006

Toimus kaks välitööd: Maardu fosforiidileiukohas (17.02.2006), mis oli teadusklubi esimene väljasõit; ning Harku lubjakivimaardlas (20.03.2006). Maardu välitöö

osales umbes 25% TTÜ mäeinstituudi tudengitest. Moodustati 4 välitöögrupp, neist igasse kuulus 6–8 tudengit ja kaks juhendajat. Kaks välitöögrupp külastas Maardu põhjakarjääri ning kaks lõunakarjääri. Töögrupid tegutsesid iseseisvatena ning külastasid erinevaid paiku. Peale välitööd toimusid kahe nädala jooksul kameraaltööd, mille käigus välitöögrupid valmistasid kogutud andmete põhjal aruanded välitööst, plakatid läbitud marsruudist, veebilehed toimunust ning esitlused seminari jaoks. 02.03.2006 toimunud seminaril tutvustasid välitöögrupid üksteisele, milliseid keskkonnamõjusid nad kaevandatud alal märkasid, milliseid mõõteriistu kasutasid; ning demonstreerisid mõõtmistulemuste põhjal valminud tulemusi koos seletustega. Kui kuulajatel jäi midagi arusaamatuks, siis küsiti täpsustatavaid küsimusi välitöögrupis osalenud tudengitelt, õppejõud ei tohtinud vastamisel abistada.



Joonis 1. Tudengid seminari pidamas: Maardu fosforiidileiupaiga välitöö tulemuste esitlemine. Teadusklubi foto.

Harku lubjakivimaardlat külastades moodustati kolm välitöögruppi. Esmalt kogunesid välitöögrupid ühiselt ühele uuringualale Harku lubjakivimaardlas, kus Erki Niitlaan (Inseneribüroo Steiger) tutvustas antud alal juba tehtud tööd ning ees seisvat keskkonnamõju hindamise etappe. Seejärel läksid välitöögrupid varasemalt kokkulepitud aladele, et tutvuda kaevandamismõjudega. Analoogselt Maardu välitööga järgnesid kameraaltööd ja seminar 10.04.2006, kuhu oli kutsutud kõik asjast huvitatud.



Joonis 2. Teadushuvilised välitööl Harku lubjakivimaardlas. Teaduskubi foto.

Välitööde tulemusena määrati mäeinstituudi igale (bakalaureuse, magistrantuuri) tudengile esialgne juhendaja, arvestades seda, kelle juhendamisel tudeng välitöö ajal töötas või millises valdkonnas (geotehnika, rakendusgeoloogia või mäetehnika) plaanib ta oma lõputöö kirjutada. Kui tudeng plaanib muuta lõputöö suunda, siis ta

suhtleb sellel teemal oma esialgse juhendajaga ja vajadusel leitakse tudengile uus juhendaja.

Lisaks välitöö tegemistest tutvustavatele plakatitele valmisid teadusklubi kaasabil erinevaid kaevandatud alasi tutvustavad plakatid, mis olid mai kuus üleval Eesti Mäekonverentsil ("90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis").

Aprillikuus toimus Eesti Maaülikoolis teadusloo konverents. TTÜ tudengite poolt esines konverentsil Mäenduse ja geoloogia teadusklubi koordinaator Veiko Karu. Ettekande teemaks oli Mäenduse ja geoloogia teadusklubi tegevusest.

### **Sügissemester 2006**

Septembrikuu keskel (14.09.2006), toimus teadusklubi eestvedamisel kraadiõppurite lühikursus „Tehnogeense maa-ala kujundamine”. Kursus koosnes kahest osast: loengust ja välitööst. Kursusele olid kokku tulnud üliõpilased TTÜ mäeinstituudist ja TÜ geoloogia instituudist.

Loengu pidas TTÜ mäeinstituudi emeriitprofessor Enno Reinsalu, kes tegi ülevaate Maardu fosforiidimaardla tehnogeense ala seisundist. Loeng andis ülevaate maardla piirkonnas leiduvatest teistest maavaradest ja Maardu kaevandusest: karjääri koristustöödest, savikivi põlengust, kaevandamise lõpetamisest karjääris, toimunud gaasi otsingutest maapöuest. Lisaks räägiti piirkonna inimasutusest: kultuurimälestistest (nt Rebala küla, muinaspõllud, kivikalmed), ala korrastamisest ja looduse taastumisest, kaevandatud ala kasutamisest Jõelähtme prügilana, tööstuspiirkonna ümbrusesse kerkinud eliit-asulast Koljuotsal, lemmikloomade kalmistust, Muuga sadamast ja kivisõeterminalist. Loeng oli huvitav ja silmaringi laiendav ning sellele järgnes välitöö.

Praktilisele tegevusele eelnes väliloeng, kus kõnelesid isikud, kes olid otseselt seotud Maardu karjääri korrastamisega (korrastamisperioodil seal töötanud isikud): ekskavaatorijuht Juhan Sepp ja tollaegse keskkonnaministeriumi keskkonna osakonna juhataja Heino Luik.



Joonis 3. Lühikursuslased varingu sügavust mõõtmast.  
Teadusklubi foto.

Kursusest osavõtjatel oli võimalus kuulata karjääri korrastamist läbi viinud inimeste mälestusi sellest perioodist. Praktiline tegevus toimus kolmes grupis. Osalejad jagati võrdselt, nii et igas grupis oleksid segamine erineva astmete üliõpilased ja välisülikooli üliõpilased. Igale grupile anti kindel ülesanne. Grupp nr 1: hinnata metsastatud karjääri seisundit. Grupp nr 2: hinnata Maardu altkaevandatud ala seisundit. Grupp nr 3: hinnata Maardu järve ja karjääri vee seisundit. Kursuse kodulehel

(<http://mi.ttu.ee/suvekursus>) oli üleval informatsioon eeltööks vajalike materjalide kohta (nt välitöö koha eeltutvustus ja *on-line* registreerumine).

Lühikursuse toimumisest võiks välja kujuneda traditsioon erinevate ülikoolide lähedaste õppekavadega instituutide vahel. Välja on pakutud erinevaid temaatikaid:

1. Tehnogeense maa-ala kujundamine (toimus 2006. aastal)
2. Prügilate kujundamine (2007)
3. Järved (2008)
4. ... (siin võib olla sinu idee)!

Teadusklubi järgnevad üritused **sellel** sügissemestril: Teadusklubi tegevuskavas on plaanis sügisel korraldada veel kaks välitööd. Esimene neist on suunatud esmakursuslastele, et nad saaksid parema ettekujutuse sellest, mida nad on TTÜ mäeinstituuti õppima tulnud. Teine välitöö on mõeldud kõigile mäeinstituudi tudengitele ja kokkuleppel teistele üliõpilastele sarnastelt erialadelt teistest ülikoolidest. Samuti on plaanis välitööde kohta korraldada seminare, esitleda stendiettekandeid ja aruandeid.

Mäenduse ja geoloogia teadusklubi tegemisi saab vaadata veebiaadressil:  
<http://mi.ttu.ee/teadusklubi>

---

*Veiko Karu (veiko.karu@ttu.ee) – Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut, Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn.*

## Pinnakatte- ja rakendusgeoloogia uuringud Tartu Ülikoolis

*Volli Kalm*

Alljärgnev nimetab ja kirjeldab lühidalt küsimusi, millega praegu tegeleb Tartu Ülikooli geoloogia instituudis (TÜGI-s) grupp õppejõude ja teadureid, kes on tinglikult koondunud suuna “pinnakatte- ja rakendusgeoloogia” alla. Pinnakatte- ehk Kvaternaargeoloogia valdkonnas on instituudis vähe seda, mis toimub nimetatud grupist väljaspool, samas kui rakendusgeoloogilised uuringud on oluliselt laiemas sisulise ja tegijate haardega. Mitmete kolleegide (Maris Rattas, Anneli Poska, Tiit Hang, Enn Karro jt) teadustööst on võimalik leida kokkuvõtteid Eesti Teadusportaalist aadressil: <https://www.etis.ee/>. Kui Kvaternaargeoloogia uurimisteemad on põhisuunitluses alusteaduslikud, siis rida lähedalt seotud muid projekte (maalihete uuring, linnageoloogia, põlevkivituhk pinnaste stabiliseerijana jt) on ette võetud, kuna konkreetne ja kasutatav teave neis küsimustes puudub. Ideaalis peaks alusteadus arendama, välja töötama või täpsustama üldkehtivaid teooriaid (mudeleid) ning rakendusteadus vahendama teadustulemusi igapäevaellu, näiteks tehnoloogiate väljatöötamisel ja täiustamisel või erinevate inimtegevuste efektiivsuse tõstmisel. Alus- ja rakendus- teaduse üksteisest lahus käsitlemine on subjektiivne, tinglik ja küsitav. Kõnekäänuks on muutunud lause: “*There is nothing to apply if there is no science!*”, mis minu arvates adekvaatselt hindab teaduse ja rakendusuuringute vahe- korda. Ning vastupidi, paljudel juhtudel on praktilisest elust tulenevad küsimused oluliselt suunanud ja aidanud teadusuuringuid. Nobeli preemia laureaat keemias (1967) George Porter on öelnud: “Termodünaamika teadus võlgneb rohkem aurumasinale kui aurumasin teadusele”.

Geoloogias on alus- ja rakendusteaduslikud suunad samaväärselt hästi omandatavad ja sõltub vaid huvist ning

vajadusest, kuhu uuringute põhirõhk asetada. Selles mõttes ei ole järnevalt esitatud uurimisprobleemide või küsimuste loend kindlasti lõplik ja erineb sellest, mida mõtlesin mõned aastad tagasi, ning päris kindlasti erineb sellest, mida kirjutaksin kolme aasta pärast tulevikus. Nii tulebki teadusprobleeme võtta – nende aktuaalsus muutub ajas. Ajas on väga oluliselt ja kiiresti muutnud geoloogi töö sisu ning vahendid, tööandjate ootused ja spetsialiseerumine ning hariduse omandamise viis ja korraldus, mida olen varem (Kalm 2004, 2005) püüdnud kirjeldada. Kõik loetletud aspektid suunavad olulisel määral geoloogilise uurimistööga tegelevate inimeste ettevõtmisi, kasvõi ainuüksi rahastamisallikate kättesaadavuse tõttu. Lisaks eesmärgile tutvustada oma uurimistöö temaatikat noorematele või temaatiliselt kaugemalseisvatele üliõpilastele ja kolleegidele, on selle lühiartikli lisaulesanne esitleda teemasid ja nendega seotud probleeme, kuhu ootame uusi üliõpilasi-kaastöötajaid.

### **Kvaternaarigeoloogia**

Kvaternaarigeoloogia uuringutes on tähtsaimal kohal kindlasti glatsiaalgeoloogia erinevad aspektid või nendega lähedalt seotud teemad. Eesti ja Baltikumi piirest on meie teaduslik huvi laienemas ida poole, viimase (Weichsel, Wisla, Valdai on sünonüümid) jäätumise maksimumpiirile. Mitme varem toimunud rahvusvahelise projekti (“Glaciotectionic atlas of Central and Eastern Europe” – M. Rattas, V. Kalm; “ICE-FLOW directions in the Peribaltic area during the Weichselian Glaciation” – V. Kalm, M. Rattas; “Extent and Chronology of Quaternary Glaciations” – V. Kalm, M. Rattas; “BaltEem” – V. Kalm, E. Kadastik; vt ülevaated Kadastik *et al.* 2003; Kalm 2006; Rattas & Kalm 2004; Raukas *et al.* 2004) kogemus on näidanud, et nii objektiivsetel kui subjektiivsetel põhjustel on kõigi nende projektide Loode-Venemaa Valdai kõrgustiku piirkond jäänud tegemata ja “tühjaks”. Viimase jäätumise kronoloogia ja paleogeograafia küsimused on oluliselt täpsemalt teada Karjala ja Valge mere piirkonnast

ning samuti lõuna poolt – Leedu ja Poola territooriumilt. Seega on Peipsi nõo ja Valdai kõrgustiku vahel tegemist regiooniga, kus teadmiste seis on enam-vähem 1970-aastate tasemel, kuid kust võib leida olulist uut informatsiooni jää taandumise kronoloogia, paleokliima, järvede ning jõgedevõrgu kujunemise kohta Skandinaavia jäätumisala kagusektoris. Sellel nn Valdai suunal on tekkinud mitmeid partnereid (VSEGEI Peterburist, Peterburi, Oulu ja Novgorodi Ülikoolid) kes on huvitatud koostööst nimetatud küsimuste uurimisel. Konkreetsemalt on uurimistöö sisuks kujunemas:

- regiooni galtsioliimniliste (jääpaisjärvede) setete levikukaardi loomine, mis saab aluseks hilisglatsiaalis eksisteerinud järvede kuju, veetasemete ja sügavuste rekonstrueerimisele;
- eelnevast lähtudes vee mahu ja väljavooluteede rekonstrueerimine, st. küsimus sellest, kuhu jää sulavesi kadus ja kas väljavoolud põhimõtteliselt olid võimelised vajalikku hulka vett läbi laskma; kuivõrd on praegune jõgedevõrk determineeritud hilisglatsiaalsete vooluteede poolt;
- Valdai jäätumise maksimumi vanuse, erinevate jää servaasendite ning taganemise käigu dateerimine, korrelatsioon sündmustega mujal Skandinaavia jäätumisalal, jäätumise paleoglatsioloogilise mudeli loomine uuritava piirkonna jaoks;
- hilisglatsiaalis – Vara-Holotseenis ladestunud järve/allikalubja ( $\text{CaCO}_3$ ) O ja C isotoopkoostise ning Ca/Mg suhte uurimine, mis on kasutatavad paleotermomeetrina ja mille kaudu saaks jälgida paleotemperatuuri muutumist ajas (vastavalt jää taganemise käigule) ja ruumis, ehk piki radiaalset lõiget Skandinaavia jäätumisala piires (Loode-Venemaalt üle Eesti kuni Soome laheni);
- eelnev tuleks kombineerida biostratigraafiliste uuringutega, alustada võiks ka ainult Eesti materjaliga, näiteks mõne pideva  $\text{CaCO}_3$  ladestumisega järve abil püüda pikendada temperatuuri kõverat võimalikult

tänapäevani välja, et selgitada kliima kõikumise tsüklilisus ja amplituud.

Kvaternaarigeoloogilised tööd Eestis seostuvad lähitulevikus näiteks Lääne-Eesti viirsavibasseini uurimises (varvokronoloogia, paleomagnetism, biostratigraafia; vt näiteks Hang 2003; Ringberg *et al.* 2003) eesmärgiga täpsustada mandrijää servaasendid Edela-Eestis ja Liivi lahes ning leida servaasendite korrelatsioon Eesti – Läti piirilal (põhitäitja T. Hang). Teiseks tähtsamaks objektiks on liustikualused protsessid, veebilanss jää sulamisel (pindmise ja läbi aluspõhja äravoolude suhe), sulavee erosioon, jääaluste ja praeguseks mattunud orgude teke ning nende seos lähedega liustikus (vt Rattas 2005).

Endiselt lõpetamata on 1994. a alanud Venetsueela Andide glatsiaalgeoloogiline projekt (vt viited Dirszowsky *et al.* 2005), mille välitööde faasist on järel palju analüüsimate andmeid ja proovimaterjali. Oruliustike otsaja küljemoreenide kõrguste, otsamoreenide dateeringute ning oru morfoloogia alusel on võimalik rekonstrueerida mitmete praeguseks hääbunud liustike maht ja selle muutus ajas. Otsamoreenide vaheliste järvede põhjasetete dateerimine ja biostratigraafiline analüüs võimaldaks taastada piirkonna paleokliima ja taimestiku arengut.

## **Rakendusgeoloogia**

Käimasolevad rakendusgeoloogilised uuringud toimuvad peamiselt kolmes suunas: maalihete uuringud, linnageoloogia ja põlevkivituha kasutamine pinnaste stabiliseerimisel.

### **Maalihete uurimine**

Pärnu piirkonna maalihete uurimine (Talviste *et al.* 2004; Kohv 2005) sai alguse ja jätkub siiani konkreetsetest maalihetest ning nende tellimustööna tehtud uuringutest, aga seostub väga hästi ka laiema ja teoreetilisema viirsavide uuringuga Lääne-Eestis. Algselt ainult praktilist väljundit eeldanud maalihete uuring on tõstatanud rea väga huvitavaid teaduslikke probleeme, mille analüüs jätkub:

- kas ja kuidas seostuvad savis toimuvad maalihked Pärnu viirsavide kolme erineva sedimentoloogilise kompleksiga;
- kas ja kuivõrd on jõgede kallastel toimunud maalihete vallandumine seotud jõe veetasemete kõikumistega;
- kas ja kuivõrd mõjutab savides sisalduva vee keemiline koostis savist nõlva lihkeohtlikkust;
- kas põhjavee surve suurenemine Pärnu piirkonnas (viirsavilasundi all) on pikemaajaline ühesuunaline protsess ja kui nii, siis kas see võiks soodustada maalihete vallandumist.

### **Linnageoloogia**

Projekt algas kolm aastat tagasi ning praeguseks on olemas mahukad mitmekülgsed GIS-põhised andmebaasid Tartu ja Rakvere kohta, vastavalt ca 1850-st ja 480-st puuraugust. Mõningad esialgsed tulemused on ilmunud trükist (Karro *et al.* 2004) või sisalduvad bakalaureusetöodes (J. Eensaar, L. Nõges, A. Lokotar, E. Männiste, M. Kallas). Kuivõrd linnageoloogia probleemid on kompleksed ja äärmiselt mitmekülgsed, siis jätkub analüüsi ja interpretatsiooni tööd veel piisavalt. Mõned näited töö eesmärkidest:

- rekonstrueerida linnade põhjavee tasemed minevikus, st. jälgida kuidas muutus põhjavee tase erinevatel ajahetkedel minevikus, kust peaks selguma kui palju erinevate veehaarete töölerakendamine või lõpetamine mõjutas veetaset;
- kas ja kuidas mõjutas põhjavee taset Tartu vanalinnas Emajõe kaldakindlustuste rajamine;
- Tartu vanalinna hoonete vajumise uurimine: vaja oleks kordusnivelleerimist (viimane toimus 1993) ja uute andmete baasil pikendada hoonete vajumise andmerida, et teada mis on toimunud viimase 13 aasta jooksul;
- arvutused looduslike pinnaste kokkusurutamuse/tihendatavuse kohta tänu (1) ehitiste raskusele; (2) poorsuse vähenemisele veetustamise tõttu. Neist andmetest võiks olla võimalik (?) teha

- arvutusi, mis näitavad, kui palju on esialgne looduslik pinnas vajunud kesklinna all ja mis proportsioonides on selles süüdi hoonete raskus ja veetaseme alanemine;
- eelnevast prognoosida hoonete edasine vajumine, teoreetiliselt peaksid pinnased saavutama ühel hetkel tiheduse, mille juures nad praeguse raskuse all edasi ei tihene ja vajumine peatub;
- raskemetallide reostus kesklinnade pinnastes; esimestele analüüsidele (Pb sisaldus 14,6 korda suurem looduslikust foonist!) on vaja täiendavaid raskemetallide määranguid, mis annaks reostuse ulatusest täpsema ülevaate;
- Tartu ja Rakvere näitel rekonstrueerida piirkonna inim-asustuse eelne reljeef ja veestik, koostada piirkonna pärastjääaegse (sh inimasustuse) arengu kronoloogia;
- Tartu ja Rakvere uuringu kogemustele tuginedes alustada linnageoloogilisi projekte järgmistes linnades.

### **Põlevkivituhk ja pinnased**

Erinevaid tuhkasid on pinnaste stabiliseerimisel (niiskuse ja voolavuse vähendamisel, survetugevuse suurendamisel) kasutatud aastakümneid. Sama on toimunud Eestis põlevkivituhaga (vt ülevaade Kauge & Soonike 2005). Suur hulk seniseid uuringuid käsitles pinnasele lisatud vaid tuha hulga ja pinnaste survetugevuse suurenemise vahelist seost suhteliselt lühikese ajaperioodi kestel. Needki tööd jäid valdavalt publitseerimata ja on osaliselt kadunud. Vastavasisuliste uuringute taaskäivitamisel olid eesmärkideks:

- analüüsida juba aastakümneid tagasi põlevkivituhaga töödeldud teede muldkehade tugevusomadusi ja nende muutusi ajas (Kalm *et al.* 2006);
- analüüsida tuha ja pinnase segus tekkivate tsementeerivate mineraalide (ettringiit, kips, hüdrokalumiit, portlandiit, kaltsiit) teket ja transformatsioone segu tugevusomaduste muutuste taustal;

- selgitada välja tuha ja pinnase segust vesilahustuvad ühendid ja nende hulga sõltuvus segu vanusest;
- leida Pärnu piirkonna viirsavi ja tuha segu survetugevuse muutus ajas.

### Kokkuvõtteks

Nagu eespool vihjatud, ei ole uurimisobjektide ning vastamist vajavate küsimuste loend lõplik. Veidigi süvenenum tegelemine iga probleemiga kergitab üles uusi vastamata küsimusi. Kui mõnigi neist huvi pakub, on asjaga tegelejal lootust jõuda niisuguse elukorralduseni, kus huviala (uurimistöö) ja elukutse (teadlane) langevad kokku ning saavad ka korralikult finantseeritud.

### Kirjandus

- Dirszowsky R.W., Mahaney W.C., Hodder K.R., Milner M.W., Kalm V., Bezada M. & Beukens R.P. 2005. Lithostratigraphy of the Mérida (Wisconsinan) glaciation and Pedregal interstade, Merida Andes, northwestern Venezuela. *Journal of South American Earth Sciences* 19: 525–536.
- Hang T. 2003. A local clay-varve chronology and proglacial sedimentary environment in glacial Lake Peipsi, eastern Estonia. *Boreas* 32(2): 416–426.
- Kadastik E., Kalm V., Liivrand E., Mäemets H. & Sakson M. 2003. Stratigraphy of a site with Eemian interglacial deposits in north Estonia (Juminda Peninsula), *GFF* 125(4): 229–236.
- Kalm V. 2005. Mida peaks oskama doktorantuuri lõpetanu? Rmt.: V.Puura, A.Kärner & E.Vooglaid (toim.), *Eesti Doktoritõppe Kvaliteedi, Tulemuslikkuse ja Jätkusuutlikkuse Tagamise Süsteem. Artiklid ja Edulood I*, Tartu 2005, 78–80.
- Kalm V. 2004. Kõrgharidusreform ja geoloogia õpetamine uue sajandi künnisel. *Mäeinseneride ettevalmistus ja*

- kvalifikatsioon, *Eesti Mäekonverentsi 2004 kogumik*, TTÜ Mäeinstituut, Tallinn 2004, 16–18.
- Kalm V., Kauge, A. & Miller, M. 2006. Põlevkivituhk teedehituses – tuhaga stabiliseeritud kihi survetugevus. Rmt.: I.Puura & S.Pihu (toim.) *XXIX Eesti Looduseuurijate Päev. Põlevkivimaa Loodus*, ELUS, Tartu, 40–48.
- Karro E., Kalm V. & Eensaar J. 2004. Human induced groundwater level fluctuations in Quaternary deposits of Tartu old city. *XXIII Nordic Hydrological Conference. Tallinn, Estonia 8-12 August 2004. Selected Articles*, Vol. I, NHP Report No. 48, Tartu, 336–341.
- Kauge A. & Soonike V. 2005. *Eelmise sajandi 70. – 80.-ndatel aastatel ehitatud põlevkivituhaga stabiliseeritud katete seisukorra uuring*. Uuringu aruanne, AS Teede Tehnokeskus, 70 lk.
- Rattas M. 2005. Subglacial drainage system under an east-Baltic Weichselian ice stream: distribution of eskers and tunnel valleys in Estonia. In: V. Kolka & O. Korsakova (eds.) *Quaternary geology and landforming processes. Proceedings of the International Field Symposium*, Kola Peninsula, NW Russia, September 4-9, 2005, Apatity, 52–54.
- Kohv M. 2005. *Geological setting and mechanism of Audru landslide*. Msc Theses, University of Tartu, Institute of Geology, 43 p.
- Rattas M. & Kalm V., 2004. Glaciotectonic deformation patterns in Estonia. *Geological Quarterly* 48(1): 15–22.
- Raukas A, Kalm V., Karukäpp R. & Rattas M. 2004. Pleistocene Glaciations in Estonia. In: J. Ehlers & P.L. Gibbard (eds.) *Quaternary Glaciations – Extent and Chronology, Part I: Europe*. Elsevier, 83–91.
- Ringberg B., Björck J. & Hang T. 2003. Correlation of stadial and interstadial events in the south Swedish glacial varves with the GRIP oxygen isotope record. *Boreas* 32(2): 427–435.

Talviste P., Hang T., Kohv M., Kalm V. & Rosentau A.  
2004. Occurrence and hazard of landslides in  
western Estonia. In: V. Zeltcs & V. Seglins (eds.)  
International field symposium on Quaternary  
geology and modern terrestrial processes, Latvia,  
12.-17.09.2004, 51–52.

---

*Volli Kalm (volli.kalm@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia  
instituut, Vanemuise 46, 51014 Tartu.*

**Mäendusriskide haldamise kontseptsioon ja  
meetodid  
ETF grant nr. 6558**

*Jüri-Rivaldo Pastarus*

**Sissejuhatus**

Maavarade kaevandamine on tekitanud ja tekitab ka tulevikus hulgaliselt tehnilisi, majanduslikke, ökoloogilisi ja juriidilisi probleeme. Nende probleemide lahendamiseks on otstarbekas kasutada riskide haldamise meetodeid, kuna traditsiooniliste teooriate ja meetodite kasutamine ei anna soovitud tulemusi.

Riskide haldamise meetod on väga tõhus ja võimas vahend keeruliste probleemide lahendamiseks. Ohtlike olukordade ärahoidmine, võrreldes nende tagajärgede likvideerimisega, on moraalsem, eetilisem ja majanduslikult kasulikum. Kuna rahaga ei saa korvata kõiki võimalikke kahjusid, siis on tähtis riskide ennetamine. Häid tulemusi saadakse kiiresti ja kulutused tasuvad end mitmekordselt. Riskide haldamise meetodi eeliseks on see, et ta võimaldab hinnata planeerimisjärgus olevaid projekte ja kõrvaldada puudused, mis hiljem ilmneksid. Riskide haldamise meetodika annab informatsiooni kaevandamisest ja selle mõjudest keskkonnale ning võimaldab ettevõtte juhtkonnal vastu võtta adekvaatseid poliitilisi ja strateegilisi otsuseid.

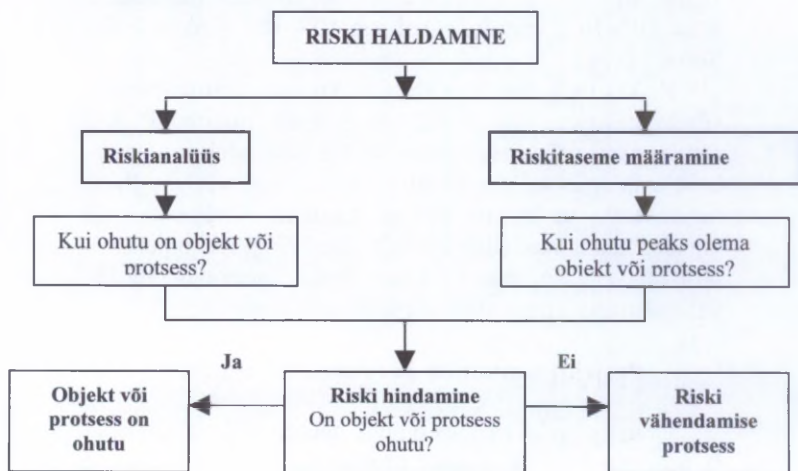
Riski haldamise probleeme käsitletakse maailmas ja Eestis erinevates teadus- ja tööstusharudes, kuid viited mäenduslike ja geoloogiliste probleemide lahendamiseks on tagasihoidlikud. Grandiprojekti eesmärgiks on välja töötada mäendusriskide haldamise kontseptsioon ja meetodid Eesti põlevkivitööstuse näitel ja kasutatavus teistes geoloogilistes tingimustes.

Uurimismetoodika põhineb teoreetilistel arutlustel, modelleerimisel, kaevandusvaatlustel ja -eksperimentidel.

Andmed, mis on kättesaadavad ja põhinevad pikaajalise Eesti põlevkivitööstuse kaevandamise kogemustel (90 aastat), loovad hea aluse riskide haldamise kontseptsiooni ja meetodite väljatöötamiseks ning kasutamiseks. Riskide haldamise meetod on väga tõhus ja võimas vahend keeruliste probleemide lahendamiseks.

### Riskide haldamise meetodika

Riski all mõistetakse ohtliku või soovimatu sündmuse sageduse/tõenäosuse ja tagajärgede vahelist seost, sealjuures kahju teke ei ole kindel. Riskide haldamine on süstemaatiline protsess riski kindlaksmääramiseks, arvestamiseks ja vähendamiseks (Calow 1998; Kristjuhan 1999; Rowe 1980; Tint 1999). Riski haldamise erinevad astmed on toodud joonisel 1.



Joonis 1. Riski haldamise astmed.

Riskianalüüs määrab uuritava objekti või protsessi piirid ja ohu, hindab riskide suurust ja tagajärgede raskust ning annab vastuse küsimusele: kui ohutu objekt või protsess on? Uuringu varases etapis, kui uurija käsutuses on vähem informatsiooni, on soovitatav kasutada kvantitatiivse ning hiljem kvalitatiivse analüüsi meetodeid. Otstarbekas on kasutada ka tõenäosuslikku lähenemisviisi, mis põhineb analüütilisel, empiirilisel või eksperthinnangul.

Riskitaseme määramine (evalvatsioon) annab informatsiooni riski õigustatuse kohta: kui ohutu **peaks** objekt või protsess olema? Riskitaseme määramiseks tuleb kasutada kogu olemasolevat materjali: uurimistulemusi, konsultatsioone spetsialistidega, seadusandlust, kehtivaid standardeid, analoogiat, ühiskondlikku arvamust ja riskimisega kaasnevate kulude-tulude võrdlust. Kui protsess on keskkonnale ohtlik ja tekitab sellele korvamatut kahju, siis on riski tõenäosuseks/sageduseks otstarbekas võtta  $10^{-6}$ – $10^{-5}$ , vastasel juhul aga  $10^{-3}$ – $10^{-2}$  (Calow 1998; Rowe 1980).

Riski hindamine määrab tegeliku riski vastuvõetavuse või talutavuse: kas objekt või protsess on ohutu? Kui otsustatakse riski vastuvõetavuse üle, siis tuleb arvestada, kellele ja millistel tingimustel on risk vastuvõetav. Riski hindamiseks on otstarbekas on kasutada sündmuste- või vigadepuu analüüsi (Rowe 1980; Tint 1999). Kui objekt või protsess ei ole ohutu, tuleb leida meetodid riskide vähendamiseks ning lubatud piiridesse viimiseks.

### Projekti teostamine ja esialgsed tulemused

Grandiprojekti raames on ette nähtud välja töötada all- ja pealmaatööde tähtsamate protsesside riskide haldamise kontseptsioon ja meetodid ning vaadelda nende mõju tootmistegevusele ja ümbritsevale keskkonnale. Peamisteks uurimisobjektideks on kaevandatava ploki püsivus; vee-kihtide käitumine ja nende mõju ümbritsevale keskkonnale; maavara väljamine ja transport ning investeringud. Suurem osa probleemidest on otseselt seotud kivimimassiivi geoloogilise ehitusega. Seoses sellega on

uuringutesse kaasatud kõrgeltkvalifitseeritud geoloog, sest ilma tema abi ja teadmisteta on projekti täitmine võimatu.

Protsesside ja objektide riskide haldamise temaatika on kergesti jagatav erinevatel tasemetel olevateks ala-teemadeks, mis sobivad hästi üliõpilastele kursuse- ja lõputöödeks. Grandiprojekti täitmisest võtavad osa Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituudi mäenduse ja rakendusgeoloogia üliõpilased, sealhulgas kolm doktoranti. Uurimistulemusi on nad kasutanud oma kursusetööde tegemisel. Parimad üliõpilastööd on avaldatud Eesti Mäeseltsi konverentsi kogumikus (Pastarus ja Lohk 2006; Pastarus ja Sabanov 2006) ja esitatud üliõpilastööde konkurssidele.

Nelja-aastase grandiprojekti esimese aasta jooksul on läbi viidud järgmiste protsesside riskianalüüsid: kambriploki püsivus allmaakaevandamisel (Pastarus 2006), põlevkivi transport kaevanduse ja tarbija vahel ning lõhketööd (võrreldi kasutuses olevat ja uudet lõhketööde tehnoloogiat). Praegusel hetkel on töös veekõrvalduse riskianalüüs, põlevkivikarjääri näitel. Probleemi lahendamine on küllaltki komplitseeritud ja aeganõudev protsess, kuna nõuab täpseid teadmisi karjääri geoloogiast ja hüdrogeoloogiast.

Seni läbi viidud uurimistööd on näidanud, et riskide haldamise meetodite kasutamine annab kiiresti häid ja adekvaatseid tulemusi uuritavate objektide ja protsesside kohta ning on edukalt rakendatavad mäenduslike probleemide lahendamisel. Saadud tulemused on ülevaatlikud ja kergesti interpreteeritavad.

### **Kirjanduse loetelu**

- Calow P. 1998. *Handbook of environmental risk assessment and management*. Oxford: Blackwell Science, 590 p.
- Kristjuhan Ü. 1999. *Katastroofi ja riskiõpetuse aktuaalseid probleeme I, II*. Tallinn: TTÜ kirjastus 1997, 67 lk.

- Rowe E.-W. D. 1980. *Risk assessment approaches and methods. Society, Technology and Risk Assessment*. London: Academic Press, 3–29.
- Tint, P. 1999. *Riski hindamine töökeskkonnas. Keemiarisk*. Tallinn: Ten-Team kirjastus, 232 lk.
- Pastarus J.-R. ja Lohk M. 2006. Varinguriskist koristuskambrites. Teooria ja praktika. Rmt: Valgma, I. (toim.). *90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis*. Eesti Mäekonverents 2006, 5. mai 2006. Tallinn: TTÜ kirjastus, 67–71.
- Pastarus J.-R. ja Sabanov S. 2006. Riskide haldamise meetodika kasutatavus Eesti põlevkivikaevandustes. Rmt: Valgma, I. (toim.). *90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis*. Eesti Mäekonverents 2006, Tallinn: TTÜ kirjastus, 72–75.
- Pastarus J.-R. 2006. Ground surface subsidence risk assessment by underground mining in Estonia. In: H. R. Thomas (ed.) *Proceedings of the ISSMGE's 5th International Congress "Opportunities, Challenges and Responsibilities for Environmental Geotechnics (ICEG 2006)"*. Cardiff, UK: Thomas Telford Publishing, Thomas Telford Ltd. ,1045–1051.

---

*Jüri-Rivaldo Pastarus (pastarus@cc.ttu.ee) – TTÜ Mäeinstituut,  
Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn.*

## **Balti kilbil toimunud Neoproterosoilised ja Paleosoilised geodünaamilised sündmused loodusliku jääkmagnetiseerituse tekke ja vanuse alusel**

*Ulla Preeden, Jüri Plado*

Balti kilbi lõunaosa on Neoproterosoikumis ja Paleosoikumis mõjutanud mitmed geoloogilised protsessid nagu settimine, tektooniline aktiivsus, erosioon ning meteoriidiplahvatuste poolt põhjustatud deformatsioonid (Laitakari jt 1996). Samas on nende protsesside ulatus, toimumise aeg ja iseloom suhteliselt halvasti teada. Kilbi geoloogilise ajaloo täpsustamiseks on alustatud Eelkambriumi aegsete kristalliinsete ning Kambriumi kuni Devoni settekivimite paleomagnetiliste uuringutega. Paleomagnetiliste uuringute peamiseks eesmärgiks on kivimis esinevate ferromagnetiliste mineraalide jääkmagnetiseerituse alusel registreerida minevikus eksisteerinud geomagnetilise välja suund (McElhinny ja McFadden 2000). Eestist on välitööde käigus kogutud proove erinevatelt stratigraafilistelt tasemetelt (joon. 1). Eesmärgiks on eristada globaalsete protsesside poolt põhjustatud magnetiseeritusi lokaalsete protsesside poolt tekitatutest. Uuringu kolmeks peamiseks eesmärgiks on:

(1) Kambriumi kuni Devoni kivimite paleomagnetiline uurimine täpsustamaks Baltika pooluse näivteekonda ning laama asendit nimetatud ajavahemikus. Andmestikku kasutatakse globaalsete paleogeograafiliste rekonstruktsioonide, iseäranis Pangea kontinendi uuringu tarbeks;

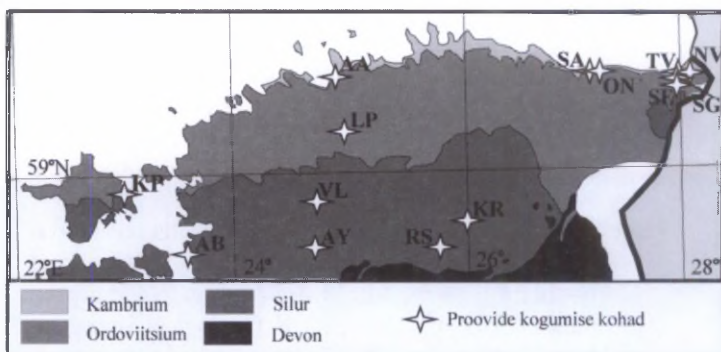
(2) Neoproterosoikumi ja Paleosoikumi tektooniliste protsesside poolt mõjutatud Balti kilbi kivimite paleomagnetiline, petrofüüsikaline ja mineraloogiline uuring eesmärgiga koguda informatsiooni protsesside (mille tulemusel tekivad sekundaarsed magnetiseeritused) põhjuste, toime ja ulatuse kohta;

(3) korreleerida sekundaarse jääkmagnetiseerituse tekkimine Balti kilbil (kilbi servaalades) toimunud geodünaamiliste sündmustega.

Seniste uuringute alusel on jõutud tulemusteni, mis viitavad, et Vara-Kambriumi savide jääkmagnetiseeritus on mitmekomponentne, väljendades kahte kuni kolme magnetiseerumise sündmust (Plado jt 2001a; 2001b; 2003): (1) Triias keskmiliste protsesside toimel tekkinud sekundaarne magnetiseeritus; (2) Vara-Ordoviitsiumi ealine magnetiseeritus, mille kandjaks on tõenäoliselt hematit ja mis tähistab hetke, millal basseinis algas karbonaatne settimine; (3) Vara-Devoni paleomagnetiline komponent, mis markeerib savide diagenetilisi muutusi.

Vara- ja Kesk-Ordoviitsiumi karbonaatkivimites on valdavaks kolm jääkmagnetiseerituse komponenti (Elbra 2003; Plado jt 2001b; 2003): (1) subvertikaalselt alla ja kagusse suunatud settimisaegne või vahetu settimisjärgne komponent, mis on heas kooskõlas varasemate Balti kilbil tehtud uuringutega (e.g., Smethurst jt 1998); (2) alla loodesse suunatud teadmata vanusega komponent; ja (3) paleomagnetiline komponent, mis markeerib Permisi-Triias toimunud geodünaamilist sündmust.

Siluri lubjakivid ja dolomiidid kannavad kolme paleomagnetilist komponenti: (1) alla edelasse suunatud Siluri lõpule/Devoni algusele viitav komponent osutab tõenäoliselt tekkejärgsele diageneesile (s.o mattumisele); (2) suhteliselt horisontaalne kirdesse suunatud Hilis-Devoni kuni Karboni vanusega keemilist päritolu komponent (Röstla karjääri dolomitiseerunud lubjakivide andmetel seondub see komponent hematidi tekkega); ning (3) subvertikaalselt alla suunatud Juura kuni tänapäeva vanusega keemilist päritolu komponent (Röstla andmetel seondub see götiidi tekkega).



Joonis 1. Proovivõtukohtad Eestis: AA – Mäekalda; SA – Saka; ON – Ontika; TV – Tõrvajõe; SE - Sõtke; NV – Narva; SG – Sirgala; LP – Lohu; KP – Kallasto; VL – Valgu; AB – Kurevere; AY – Analema; RS – Röstla; KR – Kalana.

Suviste (2006. a) välitööde käigus on kogutud uusi proove Kallasto, Kalana ja Analema karjääridest, täpsustamaks Siluri lubjakivide ja dolomiitide poolt kantud komponentide vanuseid. Lisaks on võetud proovid Narva karjääri Devoni aegsetest karbonaatsetest kivimitest. Leidmaks korrelatsioone tektooniliste sündmuste territoriaalse ulatuse kohta, on proove kogutud ka Lõuna-Soome (Myrskylä, Kellokoski, Järvenpää ja Sotunki paljandite) hilisematele muutustele allunud kristalliinsetest kivimitest.

Paleomagnetilisi uuringuid toetab Eesti Teadusfondi grant 6613 kaudu.

### Kasutatud kirjandus

- Elbra T. 2003. *Paleomagnetic study of secondary dolomites in Lower Cambrian and Lower Ordovician rocks in NE Estonia*. Magistritöö, Tartu Ülikool, Geoloogia Instituut, Tartu, 50 lk.
- Laitakari I., Koistinen T. & Virransalo P. 1996. Principles and sources for the Basement map, Gulf of Finland

- and surrounding area. *Geological Survey of Finland, Special Paper 21*, 9–13.
- McElhinny M.W. & McFadden P.L. 2000. *Paleomagnetism: Continents and Oceans*. Academic Press, USA, 377 lk.
- Plado J., Kirsimäe K. & Pesonen L.J. 2001a. Paleomagnetic Data of Early Cambrian clays from northern Estonia. In: M.-L. Airo & S. Mertanen (eds.). *XX Geofyysikan päivät*. Geological Society of Finland, Helsinki, 173–178.
- Plado J., Pesonen L.J. & Kirsimäe K. 2001b. Preliminary paleomagnetic data of Cambrian and Ordovician sediments from Estonia: Primary or secondary magnetizations? *Geophysical Research Abstracts* 3, 1318.
- Plado J., Pesonen L.J., Kirsimäe K., Puura V., Pani T. & Elbra T. 2002. Magnetic overprints in the Silurian dolomites, central Estonia. In: R. Lahtinen et al. (eds.). *Lithosphere 2002 – Second Symposium on the Structure, Composition and Evolution of the Lithosphere in Finland*. Programme and Extended abstracts, Espoo, Finland, November 12–13, 2002. Institute of Seismology, University of Helsinki, Report S-42, 111–115.
- Smethurst M.A., Khmarov A.N. & Pisarevsky S. 1998. Paleomagnetism of the Lower Ordovician Orthoceras Limestone, St. Petersburg, and a revised drift history for Baltica in the early Paleozoic. *Geophysical Journal International* 133, 44–56.

---

*Ulla Preeden (ulla.preeden@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia instituut, Vanemuise 46, 51014 Tartu.*

*Jüri Plado (jyri.plado@maaamet.ee) - Tartu Ülikooli geoloogia instituut, Vanemuise 46, 51014 Tartu ; Maa-amet, Taara pst. 2, 51005 Tartu.*

## Paleosoikumi mere keskkonnaindikaatorid, koosluste paleobioloogia ja tafonoomia

*Oive Tinn, Leho Ainsaar, Tõnu Meidla*

Eesti on haruldane paik geoloogide jaoks. Siin avanevad maapinnale 500–300 miljoni aasta vanused Vanaaegkonna settekivimid, mida iseloomustab ülihea säilivus. See on teinud Eesti läbilõiked ammu tuntuks kui suurepäraseks varalaekad tolle kauge ajaperioodi elu-olu uurimiseks. Varaaegkonna eluvormide ja keskkonna uuringud hõlmavad nii settetingimuste, omaaegse merevee keemilise koostise kui eluslooduse koosluste uurimist, mille põhiline lõppeesmärk on rekonstrueerida Maa elu ja kliima arengulugu. Selle uurimisteema, nagu ka eelnenud ja kaasnevate samaste projektide teenistuses, on juba pikka aega oma keerulist kuid huvitavat tööd teinud TÜ geoloogia instituudi sõbralik paleontoloogide ja sedimentoloogide töögrupp.



Joonis 1. Üks neist munadest on kivistunud. Osmussaar, 2006 (autor Oive Tinn).

Eesti on kivististe poolest rikas maa. Siinsete fossiilide uurimist alustasid geoloogia ajalukku läinud suurkujud juba ülemöödunud sajandil. Märkimisväärne kogus Eesti fossiilirikkusest on kirjeldatud teadusajakirjade artiklites ning monograafiates, ning paiknevad turvaklaaside all lampide säravas valguses nii kodu- kui ka mitmetes välismaistes muuseumides. Eestist pärinevad nii mõnedki kivistised, mis kuuluvad harulduste hulka kogu maailmas ning mille jooniseid ja rekonstruktsioone reprodutseeritakse järjekindlalt üha uutes ja uutes paleontoloogiaõpikute väljaannetes.

Meie praegu tegusate paleontoloogide rivi võiks kadedaks teha nii mõnegi ülikooli. Emeriitprofessorid Arvo Rõõmusoks ja Madis Rubel on üles kasvanud terve uue paleontoloogide põlvkonna ja isegi pärast loengukoormuse üleandmist noorematele ei suuda nad loobuda teadustööst. Tõnu Meidla juhib üheaegselt nii teaduskonda, paleontoloogia ja stratigraafia õpet Tartu Ülikoolis kui ka teadusteemat. Mare Isakar, kui TÜ geoloogiamuuseumi peavarahoidja, tunneb peast kõiki muuseumile kuuluvaid kivistisi. Ivar Puura teab kõike lingulaatidest, Oive Tinn ostrakoodidest ning Olev Vinn ussidest. Paleontoloogilistele uuringutele annab vajaliku sedimentoloogilise tausta karbonaatkivimite uurija Leho Ainsaar.

Kui üks teema saab nii põhjalikult uuritud, et sellest on lähemal ajal raske midagi rohkemat välja pigistada, on põhjust selle töö tulemused ühiste kaante vahel kokku võtta. Nii valmiski 2004. aastal emeritprofessor Arvo Rõõmusoksa pikkade aastate töö tulemusena monograafia "Ordovician strophomenid brachiopods of northern Estonia". Autor ise väidab, et tema sellesuunaline uurimistöö algas 1949. aastal, seega kulus selle põhjaliku teadustöö vormistamiseks 55 aastat. Vähemalt sama põhjalikku, kuid temaatikalt laiemat monograafiat on praegu ette valmistamas meie teine paleontoloogia emeritprofessor Madis Rubel. Tema on kokku võtnud praegusi teadmisi kogu Eesti alal leiduvatest Siluri brahhiopoodidest ning sellest tööst on ilmselt kujunemas järjekordne väärtteos Eesti paleontoloogilises kirjanduses.

Need paleontoloogid, kes monograafiate kirjuta-miseni ikka veel jõudnud pole, tegelevad ometi vähemalt sama põnevate asjadega kui emeriitprofessorid. Olev Vinn on avastanud mitmete seni vähetähtsaks peetud gruppide – kornuliitide ja usside põneva maailma. Enamgi veel – selgub, et nii mõnigi kivistis, mis paleontoloogiateaduse algaastatel muu loomana kirjeldatud on, kuulub hoopis usside hulka. Oma lemmikloomade uurimiseks vajaliku materjali kogumise nimel pole ta pidanud paljaks ka Hiinasse sõita, kõigist muudest lähematest kohtadest rääkimata, ning uusi artikleid tuleb tema sulest nagu Väandrast saelaudu.

Ivar Puura on mees nagu orkester. Paaegu asendamatu on ta toimetaja ja teaduse populariseerijana. Tema kirjutatud seletusi Maa ja elustiku ajaloo kohta leidub paljudes bioloogia- ja geograafiaõpikutes. Kui tal kõige eelpoolmainitu vahel ka mahti on, tegeleb ta biomineralisatsiooniga ehk uurimisega, kuidas loomad endale skeleti said.

Tõnu Meidla ja Oive Tinn eelistavad uurida pisikesi asju. Ostrakoodid ehk karpvähilised on mikroskoopilised loomakesed, kes on elanud ligi 500 miljonit aastat ning keda võib leida peaaegu igast veekogust tänapäevalgi. Et aru saada, kui edukad olid nad oma evolutsiooni algusajal – Ordoviitsiumis – tegeletaksegi nende varajase evolutsiooni ja paleoökoloogia uurimisega. Nagu teaduses tihti ette tuleb, tekitab ühe küsimuse lahendamine terve rea uusi küsimusi. Nii on pärast uute liikide kirjeldamist tarvis teada, kuidas nad omavahel seotud on ehk kes on kelle sugulane. Siis selgub, et ühed liigid on armastanud koos elada ehk on moodustanud paleokooslusi ning siis on ilmtingimata vaja teada, millised olid need tingimused, kus neile meeldis kõige rohkem elada ja, mis kõige olulisem, kuidas nad reageerisid merelises keskkonnas aset leidnud muutustele. Lisaks on kogutud andmete põhjal võimalik läbilõikeid suure täpsusega korreleerida ning mineviku biogeograafiat analüüsida.

Paleontoloogilise ja biostratigraafilise materjali integratsioon litoloogiliste ja geokeemiliste andmetega

annab suurepärasid võimalusi merebasseini ajaloo selgitamiseks. Leho Ainsaare uurimistulesanneteks ongi olnud lubisetete settekeskkonna selgitamine ja iidse merevee isotoopkoostise uurimine. Süsiniku ja hapniku stabiilsete isotoopide suhtelisi sisaldusi lubisetendites saab kasutada nii kliimamuutuste indikaatoritena kui ka stratigraafiliste korrelatsioonide täpsustamisel. Settebasseini ajaloo lahtimõtestamise teenistuses on ka populaarse järjendstratigraafilise kontseptsiooni rakendamise Baltoskandia materjalil.

Eesti geoloogia on väga põhjalikult uuritud, ja ehkki üllatusi ilmneb ikka ja jälle, on see piirkond oma hea uurituse tõttu äärmiselt sobiv näiteks uute meetodite arendamiseks või teoreetiliste hüpoteeside testimiseks – kasutamiseks mudelpiirkonna või omamoodi "katsepolügoonina".

### Välitööd

Nagu ütlevad õpikud ja teatmeteosed, on geoloogia teadus Maast. Maa saab ju ka tuppä tuua, ent ainult pisikeste tükikeste kaupa, mis ei ole kuigi esinduslik materjal, et esitleda kasvõi suhteliselt õhukest maakoortki kogu tema keerukuses. Ka selliste Maa tükikeste ehk uurimiseks vajalike kivimiproovide kättesaamiseks tehakse välitööd, s.o. tööd ülikooli seintest ning laboriruumidest eemal. Nii mitmedki geoloogid vaatavad talvel, kevade lähenemisel aknast välja – mitte lootuses näha esimest lumikellukest, vaid pigem märke maapinna sulamisest. See annaks põhjuse pakkida seljakotti sellised hädavajalikud tarbed nagu vasar, välipäevik ja proovikotid, kaugemateks sõitudeks ka magamiskott, telk ja priimus, tõmmata jalga pisut porised matkasaapad ning riputada kaela fotoaparaat.

Alati ei pea välitöö tegemiseks just maailma otsa sõitma, kuid paraku on meil Põhja-Eesti paekalda teatud osad juba kiht-kihi haaval mikroskoobi all nii läbi uuritud, et näiteks teist sama detailsusega Ordoviitsiumi teemal tehtud tööd, nagu me teinud oleme, annaks otsida. Ilmselt ei leiaks ka.



Joonis 2. Kunagi lainetas siin meri. Kulyumbe, Siber, 2006 (autor Oive Tinn).

Eesti on küll erakordselt huvitav ja hästi säilinud kivimitega piirkond, kuid teadmiste laiendamiseks ning globaalse informatsiooni kogumise nimel tuleb teha välitöid kaugemalgi. Nii oleme uurinud ja kõrvutanud mitmeid Rootsi läbilõikeid Eesti omadega, ning käinud proovimas puursüdamikke Lätis ja Leedus. Lisaks karjäärides turnimisele ja puursüdamike lappamisele tuleb vahel parema materjali puudumisel tegeleda ka rändkividega (2006. a ekspeditsioon Gotska Sandöni saarele Läänemere keskel).

Kui vähegi võimalik, on mõistlik ära kasutada konverentsidega kaasnevad geoloogilised ekskursioonid. Enamasti on see kõige lihtsamaks võimaluseks pääseda ligi huvitavatele paljanditele ning sealsamas saada adekvaatset informatsiooni teadjamate inimeste käest. Vähem oluline pole muidugi võimalus võtta sealtsamast proov ning astuda paljandist koos prooviga otse ootavasse bussi. Nii on kogutud materjali Ameerika Ühendriikidest Ohioist ja Wisconsinist, Šotimaalt ja Taanist. Viljaka koostöö raames

USA ja Tallinna geoloogidega on tutvunud Ordoviitsiumi ja Siluri läbilõigetega Suures Nõos (Nevada, Utah).

Vast kõige mälestusväärsemad välitööd on meil ette tulnud Venemaal. Seal on paiku, kus kehtib ikka veel ammumöödunud aegadest pärinev reegel, et "jalad on liikumisvahend ja geoloogivasar tunnetuse tööriist, kõik muu on kurjast" (Kuvajev 1977). Tööd on seal tulnud teha nii päevi kestvas viimasajus kui ka lõikava põhjatuule käes lumelappide vahel. Mülkalisele metsaveo traktorite teele püstitatud telki võiks enamik tsiviliseeritud inimesi näha vaid õudusunenägudes. Korduvalt on korraldatud ekspeditsioone "lähivälismaale": Pihkva oblastis asuvale omapärasele Mišina Gora struktuurile, Peterburi lähistele ja Volhovi jõe kallastele. Käesoleval aastal viis uurimisreis töögrupi kaugele Siberi platvormi põhjaservale, polarpäeva maale, kus Putoraana mägismaa panoraam silmapiiril, jõed külmad ja kristallselged ning leebe hilissuvine soojus vaheldumas artilise õhu ootamatute puhangutega otse Põhja-Jäämerelt.



Joonis 3. See ei ole päris viietärni hotell, aga vähemalt katus pidas vett. Mishina Gora, Venemaa, 2005 (autor Oive Tinn).

## Tudengid

Mida me küll teeksime ilma tublide tudengiteta! Tublist tudengist kedagi tõhusamat on raske ette kujutada.

Nii on näiteks Oleg Dolgov võimeline ekskavaatori kombel töötades ise paljandeid looma ning jalgsi hääletades, seljakott trilobiitidest pungil, ümber Eesti matkama. Sigitas Radzevicius sõitis aastaid, graptoliidid kaenlas, Tartu ja Vilniuse vahet. Nüüd lõpuks hakkab kogu tema nähtud vaev vormuma teoseks sarjast "Dissertationes Geologicae Universitatis Tartuensis". Kadri Sohar on viimasel ajal loobunud kõvast kivist ostrakoodide urgitsemisest ning proovib neid nüüd pangega otse mudast ammutada.



Joonis 4. Tudengi parimaid sõpru välitöödel Venemaal (2005-2006, autor Oive Tinn).

Vanemate olijate käest on nendeni jõudnud kirjanemata muistendid paleontoloogia välipraksidest. Nii siis hakataksegi juba talvel vaikselt paleontoloogide toa ust kriipima lootuses, et ehk toimub selgi aastal väljasõit "fossiliseerimisele" ja neil avaneb võimalus pooletonniseid

kivikaste ülikooli poole lohistada. Paha aimamata ning tihtipeale vanemaidki ette hoiatamata on nad olnud nõus kaasa tulema asustamata saartele ning entusiastlikult tõusma koos esimeste päikesekiirtega, et siis närviliste tiirudega võideldes (ning omaenda pead ohtu pannes) rannast kivistisi koguda. Eriline lugupidamine kuulub neile tudengitele, kes on olnud valmis Vilsandi Rahvusparkis kivimaja ekspositsiooni jaoks palasid koguma ning kivipäevade külalistele kivististe hingeelu tutvustama. See töö aitab pisutki täita süvenevat "avalikkussuhtlemise" lünka meie tegevuses, mis rahastajate ränga surve all ikka enam ja enam süvateadusse kaldub. Siiski juhtub mitmeid kordi aastas, et ukse vahelt piilub sisse mõni poisinaaskel – või hoopis habemega härra – kellel oma kivi(stis) taskus ja küsimus huulil. Küllap nad teavad, et siit vastuseta ära ei saadeta...

### Kasutatud kirjandus

Kuvajev O. 1977. Territoorium. Tallinn: Eesti Raamat, Punane Täht.

---

*Oive Tinn (oive.tinn@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia instituut, Vanemuise 46, 51014 Tartu.*

*Leho Ainsaar (leho.ainsaar@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia instituut, Vanemuise 46, 51014 Tartu.*

*Tõnu Meidla (tonu.meidla@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia instituut, Vanemuise 46, 51014 Tartu.*

## Huvitavaid meetodeid geoloogia ja botaanika piirimaist

*Leeli Amon*

Teaduses ilmneb selge suundumus erinevate erialade koopereerumisele ning interdistsiplinaarsusele. Teisiti ei saa ka geoloogias. See, et geokeemikud ja hüdrogeoloogid peavad olema heal tasemel anorgaanilises keemias ning paleontoloogid „kodus“ süstemaatilises zooloogias, on üldmõistetav. Üks uurimissuundadest, kus geoloogid peavad toetuma bioloogilistele, sh botaanilistele teadmistele, on biostratigraafia. Biostratigraafia on teadusharu, mis veel mõned aastakümned tagasi oli usaldusväärseim dateerimismeetod ning tänapäevalgi annab suure panuse erinevate alade korreleerimiseks ning aluse paleokeskkondade rekonstrueerimiseks. Botaanilistel teadmistel on tähelepanuväärne osa näiteks Kvaternaari klimato-biostratigraafias.

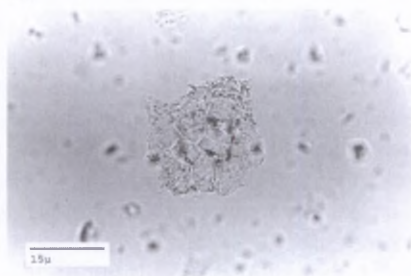
Teisalt, botaanikud eelistavad uurida ning määrata võimalikult värskeid või vähemalt korralikult kogutud ja hästi kuivatatud taimi. Mis saab aga siis, kui leitakse üksikuid seemneid või juuri, kui materjal on lagunened, kivistunud, põlenud? Nii geoloogide kui botaanikute (ja ökoloogide, arheoloogide, antropoloogide jne. jne.) huvides koolitataksegi paleo- ja arheobotaanikuid ning koostatakse spetsiifilisi võrdlusmaterjalide kogusid. Põnevat, ehkki keerukat tegevust ja avastamisrõõmu leidub valdkonnas veel küllaga: ka allpool kirjeldatud meetodid said alguse vaid parkümmend aastat tagasi ning arenevad pidevalt edasi. Teadaolevalt allkirjeldatud meetodeid Eestis (veel) rakendatud pole.

### **Fütoliidid (*phytolith*)**

Termin „fütoliit“ pärineb kreeka keelest ning tähendab „taime kivi“. Kõige sagedamini moodustub see põhjavees sisalduvast lahustunud ränist, mis liigub taime juurtest

soontesse ning viimaks tahkub erinevates kudedes ja ogaanites. Peale taime surma ja lagunemist mikroskoopilised ränifütoliidid säilivad ning on tegelikult taimefossiilidest kõige vastupidavamad. Fütoliite moodustavad suhteliselt paljud soontaimed ning räni kättesaadavuse korral sageli suurtes kogustes. Võimaliku põhjusena, miks taimed fütoliite moodustavad, on mainitud kaitsefunktsiooni (taimtoiduliste loomade ning kahjurite eest), samuti taime isepuhastumisvõime kasvu.

A.



B.



Joonis 1. A. Sarapuu lehe kudedest pärinev fütoliit. B. Hariliku timuti lehes leiduvad “haruneva pulgakese”-tüüpi (*dendritic rods*) fütoliidid.

([http://research.history.org/Archaeological\\_Research/Collections/CollArchaeoBot.cfm](http://research.history.org/Archaeological_Research/Collections/CollArchaeoBot.cfm))

Fütoliidi moodustanud taime saab määrata fütoliidi morfoloogia järgi. Erinevad esinemiskujud on jagatud tõenäoliste päritolutaimede järgi rühmadesse ning neile on antud erinevad nimed (*festucoid*, *panicoid*, *saddle*, *trichome* jne). Määramistäpsuseks on peamiselt perekonna tase, mõnikord ka liik. Näiteks kõrreliste puhul on leitud, et liigini määrata saab neid paremini fütoliitide, kui õietolmuanalüüsi abil (Pearsall 1982). Kuna tegemist on räniga, siis ei saa setteproovide ettevalmistamisel kasutada standardset õietolmuproovide ettevalmistusmetoodikat, vaid kasutatakse pigem diatomeedele sobivat meetodit.

Fütoliitide esmamainija oli Charles Darwin, kes neid kirjeldas, kuid ei süvenenud täpsemalt nende tähendusse. Kuna tegemist on noore uurimissuunaga (alates 1970ndatest), siis üsna paljud tööd on pühendatud erinevates kooslustes esinevatele fütoliitide komplektide kirjeldamisele (nt Lu & Liu 2003, Carnelli *et al.* 2004). Tänu asjaolule, et paljud kõrrelised moodustavad rohkeid ning iseloomulikke fütoliite, kasutatakse meetodit erinevate taimekoosluste vaheldumise uurimiseks (nt mets-rohumaa-mets) (Strömberg 2003). Samuti on püütud fütoliite rakendada Holotseeni-uuringutes (Delhon *et al.* 2003).

### Õhulõhed (*stomata*)

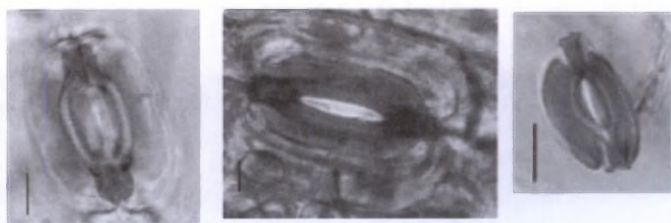
Õhulõhed on mikroskoopilised avakesed, mis esinevad kõige sagedamini taimede lehtede ja varte epidermises, kus nende põhiülesandeks on gaasi- ja veevahetuse reguleerimine. Õhulõhed on olemas nii soontaimedel kui ka osadel samblikel ning sammaldel. Neid leidub taimekoos kuni 100000 tk/cm<sup>2</sup>. Lõhesid ümbritsevad spetsiifilise kujuga sulgrakud, mis, lihtsustatult, taime turgori (siserõhu) tõustes kaarduvad teineteisest eemale ning niimoodi avavadki õhulõhe. Õhulõhe kompleksi kuuluvad ka sulgrakkude kaasrakud.



Joonis 2. Õhulõhe kompleks taimekoos. 1 – õhulõhe sulgrakud. 2 – õhulõhe kaasrakud  
 (<http://www.zbi.ee/~tomkukk/anatoom/anato3.htm>).

Paleoökoloogia seisukohalt on oluline, et õhulõhede alusel saab määrata uuritava materjali perekonna ning isegi liigi täpsusega. Seega saab nende olemasolu, arvukuse ning kuju järgi rekonstrueerida mineviku keskkondi. Samuti on tähtis taimede võime adapteerida õhulõhede tihedust ja kuju vastavalt CO<sub>2</sub> sisaldusele atmosfääris, millest tuleneb õhulõhede hea kasutatavus paleoklimatoloogilistes uuringutes.

Levinuim grupp, mille õhulõhesid setetest uuritakse, on okaspuud. Sellel on mitmeid põhjusi: esiteks, okaspuude õhulõhed ja sulgrakud puituvad, mis tõstab oluliselt nende säilimispotentsiaali. Teiseks, kuna õhulõhed esinevad taime lehtedes või vartes ning satuvad ka settesse nende koosseisus, siis võib neile laiendada makrofossiilsete taimejäänuste „rusikareeglit“ – settimispaiga lokaalse floora esindamist. Makrofossiilsete jäänuste suhteliselt piiritletud baasala on eeliseks näiteks õietolmu ees, kuna viimane on eriti okaspuude puhul väga lenduv ning seega hägusema päritoluga. Sarnaselt õietolmuga ning tänu mikroskoopilistele mõõtmetele, on aga ka õhulõhede levik settebasseinis ühtlane. Kuna nii uuritav settematerjal kui setteproovide ettevalmistusmetoodika on õietolmu- ja õhulõheproovidel sarnane, loetakse neid samadest proovidest.



A.

B.

C.

Joonis 3. Okaspuude õhulõhed: A. harilik kuusk B. harilik mänd C. harilik kadakas. Skaala pikkus 10 µm (Sweeney 2004).

Uurimusi, eriti võrreldes õietolmuallastega, on veel üsna tagasihoidlikus koguses. Osa töid on õhulõhesid kirjeldavad, nii tänapäevaste (nt Sweeney 2004) kui ka kõige esimeste maismaataimede omi (Edwards *et al.* 1998). Üks näiteid rakendustest paleoökoloogias on Yu (1996) artikkel, kus autor selgitab õhulõhede analüüsi abil uurimisala vastukäivad õietolmuanalüüsides andmed. Õhu CO<sub>2</sub>-sisalduse indikaatorina võib aga õhulõhede analüüsi kasutada nii viimase 150 aasta (Van Hoof *et al.* 2006) kui näiteks Eemi jäävaheaja (Rundgren *et al.* 2005) uurimiseks.

Huvitavaid meetodeid, mida siinkohal ei jõutud tutvustada, on veel mitmeid. Paljutõotavad näivad geoloogia-botaanika kombinatsioonid orgaanilise keemiaga (nt taimsete pigmentide analüüs) ning molekulaarbioloogiaga (taimefossiilide- ja jäänuste pärilikkusaine analüüsid).

### Kirjandust huvilistele

#### *Õhulõhed*

Edwards D., Kerp H. and Hass H. 1998. Stomata in early land plants: an anatomical and ecophysiological approach. *Journal of Experimental Botany* 49: 255–278.

- Macdonald G.M. 2001. Conifer stomata. In: J.P. Smol, H.J.B. Birks, W.M. Last (eds.). *Tracking environmental change using lake sediments*. Volume 3: terrestrial, algal, and siliceous indicators. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Rundgren M., Björck S. and Hammarlund D. 2005. Last interglacial atmospheric CO<sub>2</sub> changes from stomatal index data and their relation to climate variations. *Global and Planetary Change* 49: 47–62.
- Sweeney C.A. 2004. A key for the identification of the stomata of the native conifers of Scandinavia. *Review of Paleobotany and Palynology* 128: 281–290.
- Van Hoof T.B., Kürschner W.M., Wagner F. and Visscher, H. 2006. Stomatal index response of *Quercus robur* and *Quercus petraea* to the anthropogenic atmospheric CO<sub>2</sub> increase. *Plant Ecology* 183: 237–243.
- Yu Z. 1996. Late Quaternary paleoecology of *Thuja* and *Juniperus* (*Cupressaceae*) at Crawford Lake, Ontario, Canada: pollen, stomata and macrofossils. *Review of Palaeobotany and Palynology* 96: 241–254.

<http://www.zbi.ee/~tomkukk/anatoom/anato3.htm>  
05.10.2006

### ***Fütoliidid***

- Carnelli A.L., Theurillat J.-P. and Madella M. 2004. Phytolith types and type-frequencies in sub-alpine – alpine plant species of the European Alps. *Review of Paleobotany and Palynology* 129 : 39–65.
- Delhon C., Alexandre A., Berger J.-F., Thiebault S., Brochier J.-L. and Meunier J.-D. 2003. Phytolith assemblages as a promising tool for reconstructing Mediterranean Holocene vegetation. *Quaternary Research* 59: 48–60.
- Lu H. and Liu K. 2003. Phytoliths of common grasses in the coastal environments of southeastern USA. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 58: 587–600.

- Pearsall D. 1982. Phytolith Analysis: Applications of a New Paleoethnobotanical Technique in Archeology. *American Anthropologist* 84 : 862–871.
- Piperno D.R. 2001. Phytoliths. In: J.P. Smol, H.J.B. Birks, W.M. Last (eds.). *Tracking environmental change using lake sediments*. Volume 3: terrestrial, algal, and siliceous indicators. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Strömberg C.A.E. 2003. Using phytolith assemblages to reconstruct the origin and spread of grass-dominated habitats in the great plains of North America during the late Eocene to early Miocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 207: 239–275.

[http://research.history.org/Archaeological\\_Research/Collections/CollArchaeoBot/PhytoFAQs.cfm](http://research.history.org/Archaeological_Research/Collections/CollArchaeoBot/PhytoFAQs.cfm) 05.10.2006

---

*Leeli Amon (leeli.amon@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia instituut, Vanemuise 46, 51014 Tartu.*

## Pinnase siseehituse geolokatsioon

*Kaarel Orviku, Argo Jõelegt, Jüri Plado*

### Sissejuhatus

Raadiolokatsiooni (so objektide avastamine, tuvastamine, asukoha, liikumise jm parameetrite määramine raadiolainete vahendusel) meetod sai inimkonnale kättesaadavaks käesoleva sajandi algusest (selle patenteeris 1904. aastal saksa insener Chr. Hülsmeier). Vastavaid seadmeid, mis töötavad peamiselt impulsirežiimis, nimetatakse raadiolokaatoriteks ehk radariteks.

Radarid said esimese praktilise rakenduse inglaste poolt Teise maailmasõja algusaastatel. 1939. aastaks oli Inglismaa idarannikul valminud radarite süsteem, mille abil avastati Londonit pommitavaid saksa lennukeid kuni 75 mere miili kauguselt. Meetod sai tunnustuse ja selle praktiline kasutamine erinevate ülesannete lahendamiseks ning kättesaadava ja mugava aparatuuri konstrueerimine sai kogu maailmas õige hoo sisse peale sõja lõppu.

Käesoleval ajal on raadiolokatsiooni meetodi laialdane kasutamine tuntud mitmetel elualadel: transpordis, merenduses, astronoomias, sõjanduses, meteoroloogias jm. Uues Eesti Entsüklopeedias on radari muid kasutusvõimalusi käsitletud vaid paarisõnaliselt: "...meetodeid rakendatakse ka astronoomias, meteoroloogias, meditsiinis, defektoskoopias, ionosfääri ja maakoore kihtide uurimisel, jääluures, arheoloogiliste jm. objektide leidmiseks". Seetõttu leiame, et käesolev artikkel ja Sügiskooli raames toimuv demonstratsioon võiks olla asjakohane ja osaliselt täita puuduva lünga teadmistes, samuti informeerida meetodi võimalustest maakoore kihtide uurimisel ja senisest kasutamisest Eestis.

Enam on radari kasutamine tuntud liikuvate objektide (laevade, lennukite, autode) asukoha ning liikumistee- ja kiiruse kindlakstegemiseks raadiolainete vahendusel. Käesoleva sajandi keskpaigast sai raadiolokatsioon uue ja

kiiresti areneva töövaldkonna – maasiseste objektide asukoha ja ehituse kindlakstegemise. Hakkas arenema nn geolokatsioon. 1950/60ndatel aastatel tehti esimesed õnnestunud mõõdistamised, üheks esimesteks olid Antarktika jääliustike paksuse määramised. 1960ndate lõpus, 1970ndate algul kohandati radar maasiseste kaablite, torude ja esemete asukoha määramiseks.

Georadarit kasutatakse paljudes maades eriti laialdaselt alates 1970ndate algusest mitmesuguste geoloogiliste ja geotehniliste eeluuringute käigus. Tavaliselt osutub saadud tulemuste põhjal võimalikuks oluliselt vähendada kalliste ja aeganõudvate geoloogiliste (geotehniliste) puurimiste arvu, suunates neid samal ajal uuringute seisukohalt võtmekohtadesse.

Georadar annab suurte alade pinnase geoloogilisest ehitusest ülevaatliku pildi, mille põhjal on võimalik märksa tulemuslikumalt planeerida tervete territooriumite edasist detailsemat uurimist või kasutamist, maavarade kaevandamist, teetammide ning vee-, sooja-, kanalisatsiooni- jt trasside rajamiseks soodsaimate variantide leidmist ja täpsustamist (ka juba trassi ehituse käigus). Geolokatsiooni saab rakendada mitmete maakasutusega seotud oluliste küsimuste uurimiseks ning ehitusplaneeringute, teedehituse ja mitmete muude ulatuslikke territooriumite kasutuselevõtu kavandamise eeltööde käigus. Seejuures on eriti oluline asjaolu, et georadar ei riku pinnase siseehitust ega kahjusta keskkonda.

Georadari kasutusvaldkond on lai ja sellele leitakse järjest uusi rakendusvõimalusi.

### **Georadari tööpõhimõte**

Georadar on geofüüsikaline aparaat maapinna ülakihtide siseehituse uurimiseks, mis töötab raadiosagedusalas (Ground Penetrating Radar 1992). Georadari töö põhineb lühikeste elektromagnetimpulsside tekitamises ja nende saatmises pinnasesse. Pinnase erinevate füüsikaliste omadustega kihtide (objektide) kontaktidel toimub energia jaotumine – osa energiast peegeldub tagasi,

osa jätkab liikumist sügavuse suunas. Tagasipeegeldunud signaalid kajastuvad radari kuvaril näiteks erivärviliste või eri tugevusega must-valgete joontena.

Elektromagnetlainete peegeldumine pinnastes on seotud lainete levikukiirusega, mis sõltub peamiselt pinnase veesisaldusest ja elektrijuhtivusest. Veesisaldus omakorda sõltub väga mitmetest parameetritest (näiteks koostisest, tihedusest, poorsusest jne). Koos elektrijuhtivusega moodustavad nad tundliku paari, mis põhjustab pinnases suhteliselt palju peegelpindasid. Nende peegelpindade ruumiline uurimine võimaldab jälgida settekehade levikut ja siseehitust. Georadar on metalliliste objektide suhtes väga tundlik ja sobib hästi nt kaablite avastamiseks.

Georadar mõõdab aega, mis kulub elektromagnetimpulsi tekitamisest peegeldumise ja antennini tagasi jõudmiseni; ning registreerib peegeldunud signaali. Selleks, et leida peegeldava objekti tegelikku sügavust, tuleb teada elektromagnetlainete leviku kiirust vastavas keskkonnas.

Georadari komplekti kuuluvad keskseade, antenn(id) ja aku; lisaks võivad kaasa olla veel positsioneerimisvahendid (GPS, profiili pikkuse mõõtmiseks mõeldud mõõteratas), arvuti või monitor ja isekirjutaja. Olenevalt vajadusest kasutatakse antenne, mis saavad impulsside välja sagedustega 16 MHz ... 2 GHz. Antenn tuleb valida lähtudes uuritava objekti sügavusest ja uuringule vajalikust detailsusest. Suurem sagedus tähendab suuremat vertikaalset eraldusvõimet, kuid ka kiiremat laine sumbumist ja seega väiksemat uurimissügavust. Sügavamal asuvate objektide uurimiseks tuleks valida väiksema sagedusega antenn, seejuures kahaneb läbilõike detailsus. Pinnase uurimise praktikas on enamkasutatavad antennid saatesagedusega 500 kuni 80 Mhz, mis võimaldavad pinnast sondeerida vastavalt 6 kuni 40 meetri sügavuseni. Aparatuuri eraldusvõime on mõnest sentimeetrist mõne meetrini ja sõltub samuti saatesagedusest.

Elektromagnetlained levivad pinnastes väga kiiresti ja seetõttu on ka georadari mõõtmistükkel väga lühike. Kui protsessi korratakse lühikeste intervallide järel ning antenn

liigub ühtlaselt, joonistub kuvarile pinnase pidev vertikaalne läbilõige koos seal leiduvate objektidega. Kogu saadud informatsiooni saab töö käigus pidevalt jälgida ja see salvestatakse. Mõõdistamise käigus avastatud olulisi objekte saab täiendavalt ja täpsemalt uurida.

### **Georadari senine kasutamine Eestis**

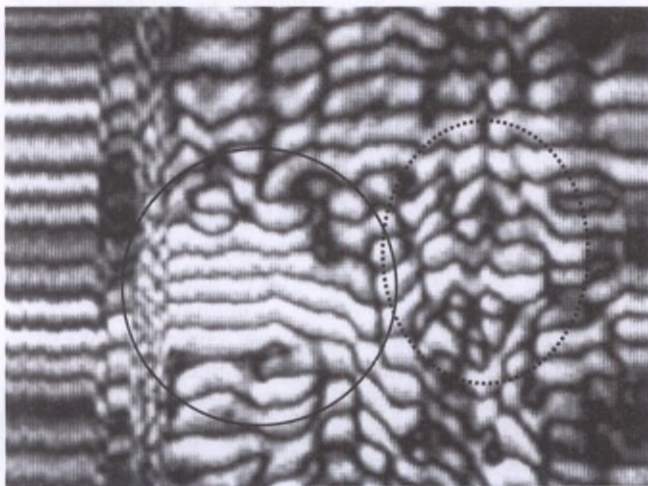
Georadarit on alates 1994. aastast Eestis edukalt kasutatud AS Merin projektijuhi, geoloogiadoktor Kaarel Orviku poolt; samuti koostöös Soome firmaga Geo-Work OY mitmete tellimuste täitmiseks.

Näiteks 1995–1996 tehti arheoloogilisi uurimusi Tartus, Pärnus ja Viljandis (Orviku 1996; Vissak ja Vunk 1996). Pärnu vanalinnas täpsustati mõnede ehitiste vundamendijäänuste asukohti ning linnamüüri täpse(ma)t asukohta uusehitiste piirkonnas. Uuriti kunagise vallikraavi paiknemist jõe paremal kaldal Vana-Pärnu linnaosas. Tartus täpsustati linnamüüri asukohta Barklay de Tolly ausamba lähedal ning otsiti võimalikke peitleide jõepõhja setteis Kroonuaia tänava pikendusel endise pontoonsilla asukohas ja lähiümbruses. Toomemäel avastati seni teadmata olnud maa-alune käik Ajaloomuuseumi ja Jakobi tänava vahelisel laugel mäenõlval. Viljandis täpsustati vana linnamüüri asukohta ning otsiti ja avastati muinasasustuse jälgi (kultuurkiht). Georadari uuringuid on ka hiljem kasutatud, näiteks avariikaevamiste kiirendamiseks uusrajatiste asukohtades nagu Coca-Cola Plaza ehitusplatsil ja Inglise Kolledži võimla asukohas Tallinnas.

Georadar on osutunud väga sobivaks näiteks pikkade kaabelliinide trasside geoloogilise eeluurimise käigus. Nii uuriti erinevate pinnasekihtide, eriti aga pae lasuvussügavust valguskaabli trassil Paldiski ja Klooga ning Saue ja Saku vahel. ESTLINK merekaabli maaletoomise piirkonnas Kakumäe lahe rannikul ja Apametsa peakraavi piirkonnas selgitati pinnase iseloomu nii vahetult mererannikul kui ka lähenemisel poolmattunud klindijärsakule.

Suur töö tehti 1999. aastal Tallinnas, kui Lennujaama tellimisel uuriti lisaks ehitusgeoloogilistele uuringutele detailselt Tallinna lennujaama perrooni asfaltkatte alla jääva territooriumi siseehitust. Tööde käigus leiti ja määrati täpselt kahe teineteisega lõikuva vana, asfaldialuse raudbetoonist lennuraja asukoht, kaardistati mitmeid seniteadmata kaablitrasse ning selgitati paese pealiskorra pinnaehitust. Maanteeameti Tehnokeskus on georadarit edukalt kasutanud teekatte kihtide paksuse määramiseks ja Väinamere talveteede jää paksuse uurimiseks.

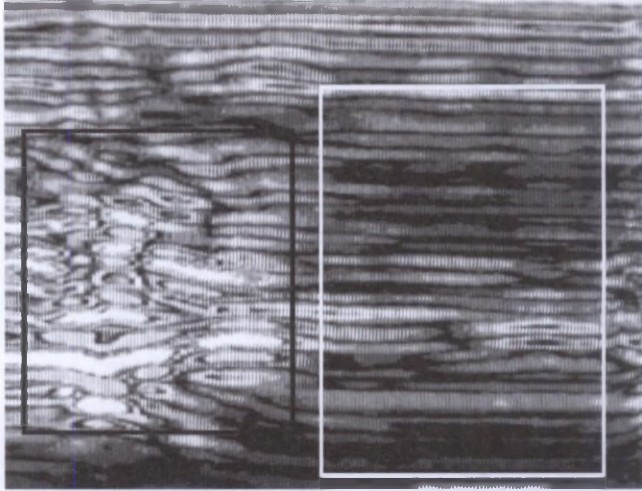
Viimasel, s. o 2006. aastal, on georadariga tehtud mitmeid huvitavaid töid. Nii on Metsakalmistul uuritud ühe matmispaiga piires võimalikku pealematmist (vanema matmise olemasolu) (joonis 1).



Joonis 1. Hauaplatsi ristiprofiil. Vasakul on näha säilinud kiristu selge peegeldus (täisjoonega ovaal), paremal vanema matuse küsitav jälj (punktir-ovaal). Sagedus 500 MHz.

Ühe vanema kirik-kindluse müüride uurimisel määrati müürisisese trepp-käigu ja kinnimüüritud ukseava võimalik asukoht. Altari lähimüüri seinalt krohvikihi alt leiti kaks

mälestustahvliit (?) ning ühes vaheseinas avastati kas tundmatu õõnsus või mingi puitkonstruktsiooni osa (joonis 2).



Joonis 2. Joonis 2. Läbilõige kirikumüürist. Selgesti on eraldatavad erineva intensiivsusega peegeldusalad. Valge + hall vasakus servas (mustas ruudus) viitab karbonaatkivimitest müüriosale; hall + must viirutus (valges ruudus) aga osutab kas tühimikule müüris või näiteks krohvialusele puitkonstruktsioonile. Sagedus 500 MHz.

Seni on georadarit vähem kasutatud teaduslikus uurimistöös. See on ka põhjendatud, kuna sageli eelistavad teadlased klassikalisi uurimismeetodeid. Teisalt on radariga tehtavad uuringud seoses aparatuuri hinnalisusega suhteliselt kallid ja nõuavad enamasti geoloogiliste etalonide (puuraugud, paljandid jne) olemasolu lähipiirkonnas. Vaatamata sellele on näiteks Viitna järve põhjasetete levikut ja lasuvuse iseloomu koos Tallinna Ülikooli ökoloogia instituudi teaduritega edukalt selgitatud. K. Orviku initsiatiivil kontrolliti georadari kasutusvõimalusi nt Kaali meteoriidikraatrite geomorfoloogiliste

iseärasuste uurimisel. Kahjuks jäid need paljulubavad uuringud allakirjutanust sõltumatutel põhjustel lõpetamata.

Teaduslikel eesmärkidel on käesoleval aastal Tartu Ülikooli poolt ostetud georadarit (Zond-12e) kasutatud Kärkla meteoriidikraatri pinnakatte paksuse ja siseehituse iseloomustamisel (joonis 3) ja aluspõhja uurimiseks kraatri vallil (joonis 4) ning lisaks voortevahelise nõo siseehituse uurimisel Soitsjärve loodeotsas.

### **Edaspidi võiks Eestis georadarit edukalt kasutada:**

#### **- rakendusgeoloogilistes uurimistes:**

- \* pinnakatte ehituse, liiva-, kruusa- ja turbavarude kindlakstegemisel;
- \* ehitusgeoloogilistes eeluuringutes;
- \* aluspõhja pealiskihi ja selle lõhelisuse uurimisel;
- \* põhjaveeuuringutes.

#### **- siseveekogude ja jõgede põhja uurimises:**

- \* veekogu põhja reljeefi väljaselgitamisel;
- \* põhjasetete, sh orgaanilise kihi paksuse määramisel;
- \* sildade ja tammide asukoha valimisel;
- \* setetesse mattunud esemete otsimisel.

#### **- ehitusalasteks uuringutes:**

- \* suurte alade pinnase stratifitseeritud kaardistamisel;
- \* raud- ja maanteede muldkehade seisundi uurimisel;
- \* uute teetrasside valimisel;
- \* toru- ja kaablitrasside täpsustamisel;
- \* sildade, tammide, paisude jm raudbetoonrajatiste tehnilise seisundi, sh eriti metallarmatuuri seisundi kontrollimisel.

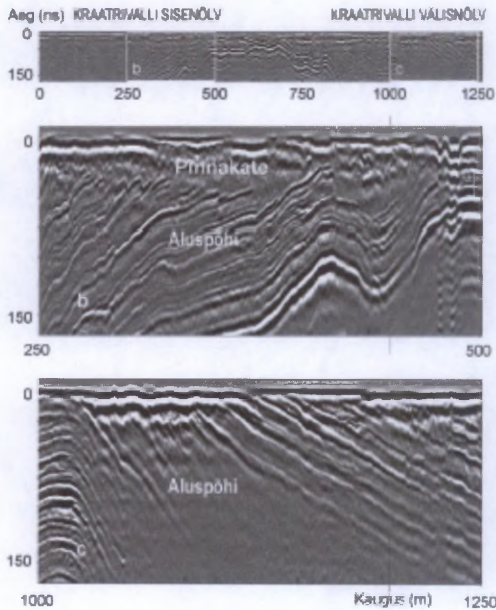
#### **- arheoloogilistel töödel:**

- \* kaevamiskohtade kiireks määramiseks ehitamiseelsetel uuringutel;
- \* pinnasega kaetud ehitusjäänuste asukohtade täpsustamiseks;

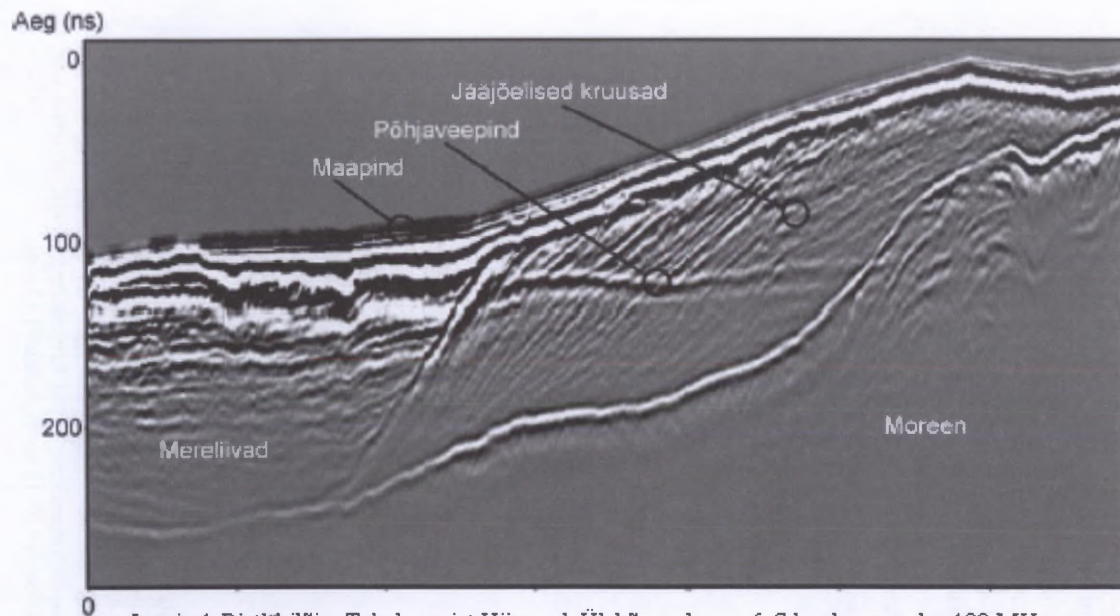
- \* peitleidude avastamiseks;
- \* kultuurkihi sügavuse määramisel.

**-keskkonnakaitselistel töödel:**

- \* maetud reservuaaride, konteinerite, tünnide otsimiseks;
- \* maasiseste lõhkekehade otsimiseks;
- \* uute jäätmeheidlate ja -matmiskohtade kohavalikul;
- \* loodusesse sattunud kahjulike ainete levikuareaalide kindlakstegemisel;
- \* reostuse levikuks soodsate pinnasekihtide kindlakstegemisel.



Joonis 3. Läbilõige üle Kärkla kraatri valli, Paluküla. Aluspõhja sisemised peegeldused (a) näitavad, et valli kõrgeim osa on kaugustel 300–850 m. Vahemikus 250–500 m (b) on näha aluspõhja astmelist reljeefi pinnakatte all. Profili lõpus (c) on näha aluspõhja kihtide kallakuse vähenemine vallist kaugenedes. Joonise ülemisel osal on ülekõrgendus 10–12 korda, alumistel 9 korda.



Joonis 4. Ristlâbilõige Tubala oosist Hiiumaal. Ülekõrgendus on 6–7 kordne, sagedus 100 MHz.

## Kasutatud kirjandus

- Ground Penetrating Radar 1992. Geophysical Research Methods. The Finnish Geotechnical Society. 64 p.
- Orviku K. 1996. Geolokaator SIR-3 pinnase siseehituse uurimiseks. *Keskkonnatehnika* 2: 27.
- Vissak R. ja Vunk A. 1996. Georadari võimalustest arheoloogilise kultuurikihi uurimisel Pärnu ja Tartu näitel. *Eesti TA toim. Humanitaar- ja Sotsiaalteadused* 45(3): 338–361.

---

*Kaarel Orviku (kaarel@merin.ee) – Merin AS,  
Rävala pst. 8, 10143 Tallinn.*

*Argo Jõelet (argo.joelet@ut.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia  
instituut, Vanemuise 46, 51014 Tartu.*

*Jüri Plado (jyri.plado@maaamet.ee) – Tartu Ülikooli geoloogia  
instituut, Vanemuise 46, 51014 Tartu ; Maa-amet, Taara pst. 2,  
51005 Tartu.*

## Mäendus, geoloogia ja lõhed – mis on neil ühist?

*Jüri-Rivaldo Pastarus*

### Sissejuhatus

Üheks kokkupuutepunktiks geoloogia ja mäenduse spetsialistidel on lõhed. Ühtedele on see uurimisobjektiks, teistele aga segavaks faktoriks maavarade kaevandamisel. Kuid üks teadusharu ei saa läbi ilma teiseta.

Juba ammu on pandud tähele, et tervikud Eesti põlevkivikaevandustes purunevad kahel viisil: kas kald- või vertikaallõhedega. Sealjuures on kivimkehade kandevõime erinev. Arvutusmeetodeid ja teooriaid on küll palju, kuid kahjuks ammendavat seletust lõhenemisprotsessidele ei ole (Parker 1993).

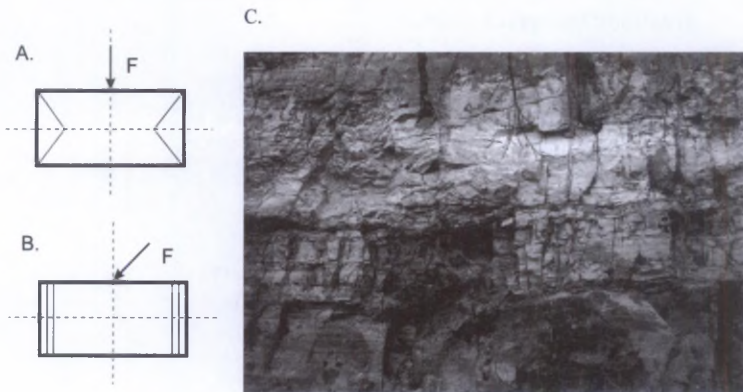
Looduses esinevad normaalsuunalised (vertikaalsed ja subvertikaalsed) lõhed geoloogilistes objektides – liivakivi kihtides ja lubjakivi kihi kompleksides. See viib mõttele, et lõhed tervikutes ja kihtides on sama tekkeprotsessiga. Kui see hüpotees on õige, siis on võimalik mäenduses väljatöötatud meetodeid kasutada geoloogiliste objektide lõhede tekkeprotsessi kirjeldamiseks. Siit järeldus: olemasolevate lõhede ja kihi parameetrite alusel on võimalik määrata olukord ja tingimused sellel ajahetkel, kui lõhed tekkisid.

Lõhede tekkeprotsessi uurimine viidi läbi ETF grandi „Altkaeandatud alade püsivuse prognoos ja keskkonnamõju” raames. Tulemus põhineb teoreetilistel arutlustel, arvutimodelleerimisel, kaevandusvaatlustel ja -eksperimentidel. Sealjuures pöörati suurt tähelepanu saadud tulemuste vigade analüüsile.

### Kaevandusvaatlused ja -eksperimendid

Kaevandusvaatlused ja -eksperimendid näitasid, et tervikute lõhede tekkeprotsess sõltub rakendatava koormuse tüübist ning paigutusest. Kambriploki keskel

vajub lagi ühtlaselt ja koormus tervikutele on vertikaalne (normaalpinge). Tervikusse tekivad kaldlõhed vastavalt Mohr-Coulomb'i seadusele (Joonis 1.A). Kambriploki äärtes aga on lae vajumine ebaühtlane, mis põhjustab seal asuvatele tervikutele kaldkoormuse (normaal- ja nihkepinge). Selline koormus põhjustab vertikaalsete lõhede ilmumise tervikutesse (joonis 1.B). Normaal-suunalised (vertikaalsed ja subvertikaalsed) lõhed on tekivad geoloogilistesse objektidesse: liivakivikihtidesse ja lubjakivi kihi kompleksi (joonis 1.C, Rocca al Mare).



Joonis 1. Lõhed tervikutes (A ja B) ja lubjakivikihi kompleksis (C; Ülo Sõstra foto).

A – vertikaalkoormuse korral; B – kaldkoormuse korral; F – terviku koormus.

Kaevandusvaatluste ja -eksperimentide alusel on tervikute purunemisprotsessi kohta püstitatud kaks hüpoteesi:

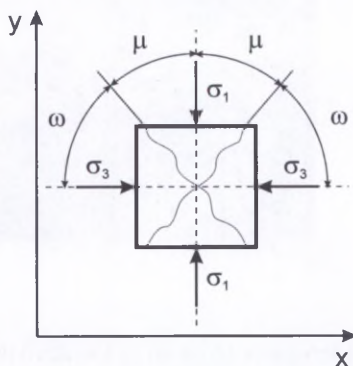
a. Kui tervik on koormatud normaalpingega, tekivad kaldlõhed.

b. Kui tervik on koormatud normaal- ja nihkepingega, tekivad vertikaalsed lõhed.

Järelikult, teine hüpotees peaks kehtima ka geoloogiliste objektide kohta, mida on vaja täiendavalt kontrollida.

### Teoreetiline mudel

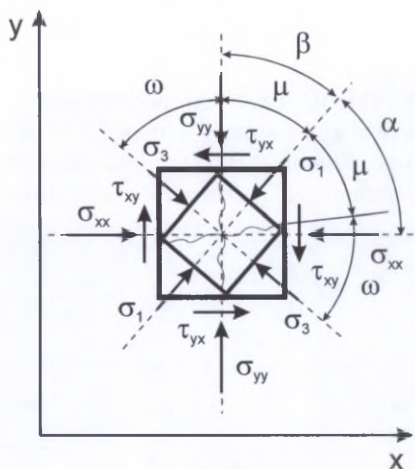
Teoreetilise mudeli aluseks on võetud lihtsatest teooriatest kõige täiuslikum ja kasutatavam Mohr-Coulomb'i tugevusteooria: materjali purunemine tekib siis, kui ületatakse materjali nidusus ja sisehõõre piirreisundi pinnal (Bulychov 1989). Joonisel 2 on esitatud mudelite graafiline interpretatsioon.



$$\mu = \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}, \quad \omega = \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}$$

Joonis 2. Tervikute purunemise protsess normaalpingete korral.  $\varphi$  – sisehõõrde nurk;  $\sigma_1$ ,  $\sigma_3$  – peapinged.

B.



$$\beta = \frac{\pi}{2} - \alpha, \quad \tan 2\alpha = \frac{2\tau_{xy}}{(\sigma_{xx} - \sigma_{yy})}$$

Joonis 3. Tervikute purunemise protsess normaals- ja nihkepingete (B) korral.

Ilma sügavamalt teoriasse süvenemata on näha, et normaals- ja nihkepingete korral muudavad peapinged oma suundi, mis toob omakorda kaasa lõhede suundade muutuse. Uuringud näitasid, et vertikaalsed lõhed tekivad siis, kui on täidetud tingimused (Pastarus 1994; 2002):

$$\tau_{xy} = C$$

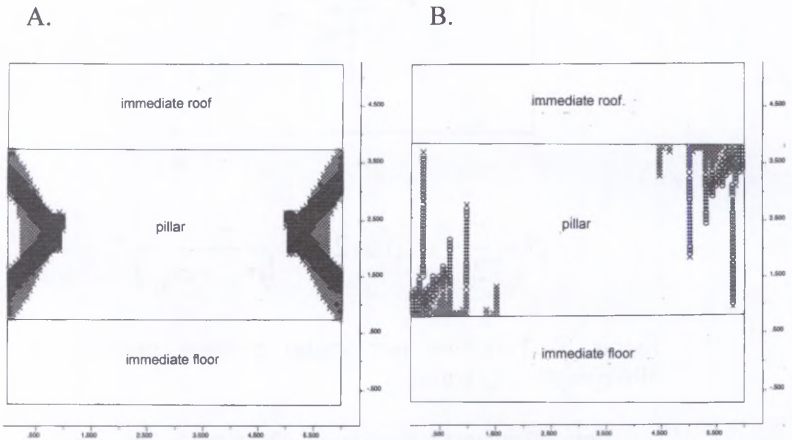
$$\sigma_{yy} = 2C \tan \varphi,$$

kus  $C$  – materjali nidusus;  $\tau_{xy}$  – nihkepinge;  $\sigma_{yy}$  – normaalpinge.

Kahjuks ei anna kasutatud teooria mingit informatsiooni lõhede vahekauguse kohta. Seda probleemi saab lahendada modelleerimise abil.

## Arvutimodelleerimine

Protsessi modelleerimiseks kasutati FLAC programmi, mis on ette nähtud mäenduslike ja geotehniliste ülesannete lahendamiseks (FLAC 1995). Modelleeritud on tervikud, millele on rakendatud normaal- (Joonis 2.A) ja normaalning nihkepinged (Joonis 2.B). Tervikute geomeetrilised ja füüsikalised-mehhaanilised parameetrid vastavad reaalsele tingimustele.



Joonis 4. Tervikute purunemine normaalpinge (A) ning normaal- ja nihkepingete (B) korral.

## Tulemused ja järeldused

Teoreetiliste arutluste, modelleerimise ja kaevandus-eksperimentide ning -vaatluste tulemuste võrdlus on esitatud alljärgnevas tabelis (Pastarus 2002).

Tabel 1. Praktika, teooria ja modelleerimistulemuste võrdlus.

Parameeter	Väärtused		
	Praktika	Teooria	Modelleerimine
<b>Kaldlõhede korral:</b>			
Normaalpinge, MPa	16,0	16,4	16,5
Normaalpinge ja lõhe vaheline nurk, kraad	59 – 70	64	64
<b>Vertikaallõhede korral:</b>			
Normaalpinge, MPa	-	4,0	4,0
Nihkepinge, MPa			
Normaalpinge ja lõhe vaheline nurk, kraad	0±10	0	0
Lõhede vahekaugus, m	0,2 - 0,45	-	0,12 – 0,43

Tabelist 1 selgub, et modelleerimistulemused on küllaltki heas vastavuses kaevandusvaatluste ja -eksperimentidega. Väljatöötatud meetod võimaldab täpsustada terviku püsivusarvutusi, mis suurendab kambriploki töökindlust. Teoreetiliste ja praktiliste tulemuste adekvaatsuse tagamiseks on vajalik läbi viia täiendavaid uuringuid teistes geoloogilistes tingimustes.

Kuid kahjuks esitatud teooria ei anna mingit informatsiooni lõhede vahekauguse kohta. Probleemi lahendamiseks tuleb püstitada uued hüpoteesid ja välja töötada uus mudel. Esimesed sammud selleks on astunud. Uuringud näitasid, et lõhede vahekaugus sõltub terviku kõrgusest (kihi paksusest) ja sisehõordenurgast.

Kui eeldada, et lõhede tekkemehhanism on ühesugune nii tervikutes kui ka mäemassiivis, siis peaks geoloogia ja mäenduse spetsialistide koostöö andma suurepäraseid tulemusi. Lähtudes geoloogiateaduste paradigmast lõhede tekkemehhanismi ja tingimuste kohta, on võimalik kontrollida ja täpsustada väljatöötatud meetodikat.

Teisest küljest aga, kui on teada kihi või kihi kompleksi parameetrid (lõhede orientatsioon ja vahekaugus kihis, kihi paksus, kihi füüsikalised-mehaanilised parameetrid), siis on võimalik arvutada nende andmete alusel lähtetingimused (normaal- ja nihkepinge, kattekivimite paksus ja liikumise suund jne), mis olid lõhede tekkimise hetkel. See annab geoloogidele alternatiivse võimaluse ja täiendava tööriista oma ülesannete lahendamiseks. Kokkuvõtteks võib öelda, et uuringud kahe teaduse piirimail annavad kõige paremaid tulemusi ja uut informatsiooni objektide ja protsesside kohta.

### Kirjanduse loetelu

- Bulychov N. 1989. *Mechanics in underground constructions*. Moscow: Nedra (in Russian).
- FLAC. 1995. *Fast Lagrangian Analysis of Continua, version 3.3, User's Manual*. Minneapolis: Itasca Consulting Group, Inc.
- Parker I. 1993. Mine pillar design. In: *Computers have become the opiate of the mining engineers*. Mining Engineering, London, July and August 1993: 714–717 and 1047–1050.
- Pastarus J.-R. 1994. Failure mechanisms in oil shale pillars. *Oil Shale* 11(3): 251–257.
- Pastarus J.-R. 2002. Fracture process in pillars. In: A. V. Dyskin, X. Hu and E. Sahouryeh (eds.) *Proceedings of the International Conference on Structural Integrity and Fracture (SIF 2002)*. A. A. Balkema /Lisse/Abingdon/Exton(PA)/Tokyo, Perth, Australia, 25–27 September 2002, 343–346.

---

Jüri-Rivaldo Pastarus (pastarus@cc.ttu.ee) – TTÜ Mäeinstituut, Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn.

## JÄRELSÕNA

### “Suured” ja “väiksed” küsimused teel tähtede poole

Ivar Puura

Teaduse jaoks kõige olulisem on osata küsida küsimusi, mille lahendamine meid millegi tunnetamisele lähemale viib. Seletusjõu järgi võib tinglikult eristada “suuremaid” ja “väiksemaid” küsimusi, millest kõigil on oma koht nii teaduse kui ühiskonna arengus. “Suure teaduse” seisukohalt “väiksena” tunduvatel küsimustel võib olla suur rakenduslik tähtsus mingi tehnoloogilise lahenduse, riigi või regiooni arengu seisukohalt. Näiteks võivad keskkonnamõtjude hinnangud, maavärvinate või üleujutuste teaduslikud prognoosid tugineda rutiinsetel teaduslikel protseduuridel, kuid nende õigeaegne rakendamine võib osutada ülioluliseks inimelude säästmisel, looduskeskkonna säilitamisel ja elukvaliteedi tagamisel. Vähem tähtis ei ole ka teaduse hariduslik roll: eesliiniteaduse jaoks hiljuti läbitud ning “paika loksunud” ja kinnistunud etapi, samuti aga teaduse ajaloo kui teaduse vundamendi edastamine nii üld- kui kõrghariduses, kui kultuuriruumis tervikuna. Näitena võib tuua 1990. aastail alanud diskussioonid väidetavate elu jälgede üle Gröönimaa ja Austraalia 3,4-3,86 miljardi aasta vanustes kivimites ning Antarktika jääkilbist leitud Marsi meteoriidis ALH84001.

“Suured” ja “väiksed” küsimused kerkivad meie ette ka isiklikus plaanis, läbi igapäevaste valikute, mida me teeme. Iga “tähtede poole” turnija, kellele on tuttavad ülikooli võlud ja valud, võiks end kujutleda nii elu- ja õppe- kui õpetaja rollis. Kui mitte formaalselt õpetaja või õppejõu ametis, siis – kas või riskides olla “nohikuks” kutsutud – oma sõprade, sugulaste ja tuttavate harijana, omal kavalal moel. Rohkem kui inglisekeelne sõna *scientist*, mis assotsieerub vastega “teadustöötaja”, tundub seda rolli iseloomustavat prantsusekeelne sõna *savant*, “teadja”, mille eestikeelseks vasteks sobiks ehk “õpetlane”. Hariduse ja kultuuri jaoks on oluline, et jätkuks piisavalt

teaduspõllul tegutsejaid, kelle rollijaotuses – milles võib olla oma osa teadustöötajat, administraatorit, rahahankijat, infrastruktuuri arendajat, kollektiivi juhti, projektijuhti, toimetajat, juhendajat, organisaatorit, elukestvat õppurit, populariseerijat, loodushoidjat, ühiskonnategelast, õpetajat-õppejõudu jne – jätkuks kvalifikatsiooni, aega ja ruumi ka õpetlase rollile. Veelgi enam, nii teaduse kui hariduse vallas tehtavate strateegiliste otsuste puhul on oluline, et õpetlaste hääl oleks esiplaanil, et oleks võimalik vaadata kõrgemale ja kaugemale hetkekonjunktuurist ja olupoliitikast.

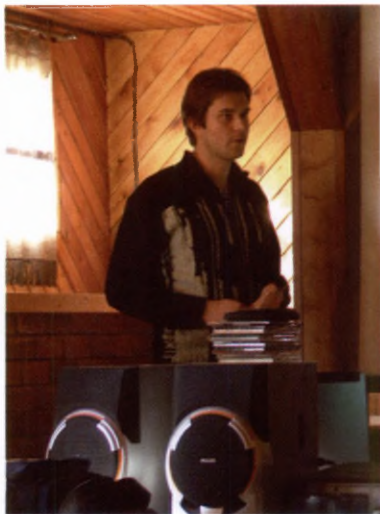
Kui aastas päris mitu korda kogunevad seltskonnad lõkke ümber, sügiskoolidesse, konverentsidele või kokkutulekutele, mille ajendeid näib jätkuvat, siis tundub, et kõige kiuste on üks oluline fenomen läbi kolme sajandi püsima jäänud. Nendel seltskondadel on oma ühisosa ja ühend; kuid tundub, et igatühel enese jaoks kujundatud geoloogi identiteedis on pigem midagi sisemist kui formaalselt loodut. Kui Eestis 1820. aastal geoloogiat õpetama hakati, jäi veel 10 aastat Charles Lyelli “Geoloogia aluste” ning 39 aastat Charles Darwini “Liikide tekkimise” ilmumiseni. Darwin on oma “Autobiograafias” kirjutanud (tõlke käsikiri: Mart Niklus, Mordva, 1962; ilmunud Tartu, 2006):

*“Tagasi vaadates märkan nüüd, kuidas armastus loodusteaduse vastu tõrjus järkjärgult välja kõik muud huvid. Kaks esimest aastat püsis vana jahikirg veel peaaegu täies elujõus ning kõik linnud ja loomad oma kollektiooni jaoks lasksin ma ise. Vähehaaval andsin aga püssi järjest enam ja enam, lõpuks aga täielikult üle oma teenrile, kuna laskmine mu töid segas, eriti kui käsil oli mõne maakoha geoloogilise ehituse selgitamine. Arvasin, olgugi alateadlikult ja enesele märkamatu, et vaatlustest ja tõlgendustest saadav rahuldus ületab suuresti kõik need naudingud, mida pakuvad mingid harrastused ja meelelahutused. Barbari ürgsed instinktid loovutasid pikkamisi koha tsiviliseeritud inimese huvidele.”*

---

Ivar Puura (ivar.puura@ut.ee) - Tartu Ülikooli geoloogia instituut, Vanemuise 46, 51014 Tartu.

## Fotomeenutusi esimesest geoloogia sügiskoolist (2005)



Ettekandjad Tõnis Oja (ülal) ja Marje Mee



Geoloogia äratab tugevaid tundeid! Ettekandjad Rutt Hints ja Väino Puura



Ootamatused ja rõõmud geoloogia esimeses sügiskoolis:  
ülemisel fotol esiplaanil ettekandja Mall Hiiemäe;  
alumisel doktorant Kadri Sohar Fortuunana



Hubane ja tubane olemine geologia esimeses sügiskoolis



Geoloogia lahutamatu osa on ka välitööd. Käsi- ja masinpuurimise sessioon



Geoloogilise käsi- ja masinpuurimise sessioon:  
suur puur toob geoloogidele kohe naeratuse näole.  
Alumisel pildil uurib õppejõud Leho Ainsaar, mida  
maapõu sisaldab



Käsi- ja masinpuurimise sessioon



Ülal Ala-Kiidi lahke turismitalu.

Alumisel pildil lähevad geoloogiahuvilised suure sammuga minema, kuid ärge muretsege - nad tulevad järgmine aasta jälle tagasi!

Fotod pärinevad Veiko Karu, Marje Mee ja Madis Rubeli kogudest.

ISBN 998597261-9



9 789985 972618

ISSN 1736-3241