

Geoloogia instituudi teadus- ja arendustegevuse aruanne 2021

Geoloogia instituut on maapõue ja mäenduse alast kompetentsi koondav instituut Tehnikaülikoolis. Instituudi teadlased tegelevad aluspõhjageoloogia, paleokeskkonna, kliima, meregeoloogia, maavarade, mäenduse ning ringmajandusega. Instituut vastutab Maa süsteemide ja maapõuerssursside õppekavade eest, pakub laboriteenuseid ja konsultatsioone ning haldab Eesti suurimaid kivimikollektsioone.

Direktor: Professor **Olle Hints**

Kontakt: gi@taltech.ee, +372 620 30 10

2021. a tegutses geoloogia instituudi koosseisus 5 akadeemilist üksust / uurimisrühma:

- Aluspõhjageoloogia ja teaduskollektsioonide osakond
- Isotoop-hüdroloogia uurimisrühm
- Kvaternaargeoloogia uurimisrühm
- Maavarade ja rakendusgeoloogia osakond
- Mäenduse ja maavaratehnoloogia osakond

2021. a avaldasid geoloogia instituudi teadlased kokku üle 60 kõrgetasemelise publikatsiooni ning osalesid enam kui 20 teadus- ja arendusprojektis, sh ETAGi, EIT Raw Materials and H2020 projektides.

Instituudi viimaste aastate eduloona võib esile tõsta prof. Siim Veski uurimisrühma teadustöö kõrget taset, aktiivset publitseerimist ning tulemuslikku doktoriõpet. 2021. a esitati Siim Veski ja Anneli Poska Tehnikaülikooli senati otsusega riikliku teaduspreemia kandidaadiks geo- ja bioteaduste valdkonnas uurimuste tsükli "Mineviku õppetunnid: jääajajärgne keskkond muutuva kliima ja kasvava inimõju tingimustes" eest. Aastatel 2018-2021 avaldasid autorid kokku 38 teadusartiklit oma eriala tippajakirjades nagu *Nature Ecology and Evolution*, *Journal of Ecology*, *Quaternary Science Reviews*, *Journal of Quaternary Science*, *Biogeosciences*, *Climate of the Past* jt. Nende tööde põhifookus on olnud taimkatte, kliima ja inimtegevuse omavaheliste seoste uurimine Euroopas viimase 15000 aasta jooksul. Uurimuste tsükli teeb unikaalseks ürg-DNA, järvede põhjaloomastiku ja inimtegevuse andmestiku liitmine ühtsesse teabekogumisse, mis aitas välja selgitada käimasolevate kiirete kliima- ja keskkonnamuutuste ulatuse ning ennustada võimalike tagajärgi. Paljud protsessid, mille eest hoiatavad meid teadlaste raportid – ökokatastroof, looduslike elupaikade kadu, hävitavad metsatulekahjud, kiired kliimamuutused, liikide üha kiirenev väljasuremine on jälgitavad, uuritavad ja mõistetavad läbi mineviku prisma. Eriti jälgides kiireid vastassuunalisi keskkonnamuutusi viimase jääaja lõpus, aga ka tänapäevast palju soodsama kliimaga perioode tuhandeid aastaid tagasi. Inimese tegevus hakkas Põhja-Euroopa taimkatet mõjutama seoses põllumajanduse laiema levikuga u 4000 aastat tagasi ja on seda kasvavas tempos mõjutanud sellest ajast saati.

Department of Geology

The Department of Geology is the centre of expertise on geology, mineral resources, and mining at TalTech. Our researchers focus on bedrock geology, paleoenvironments, mineral resources, mining engineering and circular economy. We are responsible for study programmes on Earth systems and

georesources, offers lab analyses and expert services, and holds the largest geoscience collections in Estonia.

Director: Associate Professor **Olle Hints**

Contact: gi@taltech.ee, +372 620 30 10

In 2021 the Department of Geology hosted five research groups:

- Bedrock Geology and Collections Division
- Isotope Hydrology Research Group
- Quaternary Geology Research Group
- Mineral Resources and Applied Geology Division
- Mining and Mineral Technology Division

Olulisemad publikatsioonid / Key publications

ETIS 1.1

1. Abraham, V., **Veski, S.**, ... Giesecke, T. (2021). Patterns in recent and Holocene pollen accumulation rates across Europe - the Pollen Monitoring Programme Database as a tool for vegetation reconstruction. *Biogeosciences*, **18** (15), 4511–4534. <https://doi.org/10.5194/bg-18-4511-2021>
2. Barbaro, E., Koziol, K., Björkman, M. P., Vega, C. P., Zdanowicz, C., **Martma, T.**, Gallet, J.-C., Kępski, D., Larose, C., Luks, B., Tolle, F., Schuler, T. V., Uszczyk, A., Spolaor, A. (2021). Measurement report: Spatial variations in ionic chemistry and water-stable isotopes in the snowpack on glaciers across Svalbard during the 2015–2016 snow accumulation season. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **21** (4), 3163–3180. <https://doi.org/10.5194/acp-21-3163-2021>
3. Bitinas, A., **Molodkov, A.**, Damušytė, A., Grigienė, A., Satkūnas, J., Šeiriienė, V., Šlauteris, A. (2021). Reconstruction of the geological history of the Lithuanian Maritime Region from MIS 6 to MIS 3. *Quaternary International*, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.05.014>
4. Biurrun, I., ..., **Reitalu, T.**, ... Dengler, J. (2021). Benchmarking plant diversity of Palaearctic grasslands and other open habitats. *Journal of Vegetation Science*, **32** (4), ARTN e13050. <https://doi.org/10.1111/jvs.13050>
5. **Blaus, A., Reitalu, T., Poska, A., Vassiljev, J., Veski, S.** (2021). Mire plant diversity change over the last 10,000 years: Importance of isostatic land uplift, climate and local conditions. *Journal of Ecology*, **109** (10). <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13742>
6. Bowman, C. N., Them, T. R., Knight, M. D., **Kaljo, D.**, Eriksson, M. E., **Hints, O.**, Martma, T., Owens, J. D., & Young, S. A. (2021). A multi-proxy approach to constrain reducing conditions in the Baltic Basin during the late Silurian Lau carbon isotope excursion. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 110624. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2021.110624>
7. Bremer, O., Qu, Q., Sanchez, S., **Märss, T.**, Fernandez, V., & Blom, H. (2021). The emergence of a complex pore-canal system in the dermal skeleton of Tremataspis (Osteostraci). *Journal of Morphology*, **282**, 1141–1157. <https://doi.org/10.1002/jmor.21359>
8. Chen, Z., **Männik, P.**, Fan, J., Wang, C., Chen, Q., Sun, Z., Chen, D., & Li, C. (2021). Age of the Silurian Lower Red Beds in South China: Stratigraphical Evidence from the Sanbaiti Section. *Journal of Earth Science*, **32**, 524–533. <https://doi.org/10.1007/s12583-020-1350-6>
9. Chen, Z., **Männik, P.**, Tang, P., Wang, J., Ma, J., Luan, X., 2021. Age of the Silurian Wuxiahe Formation in Langao, Northwest China: New conodont data. *Palaeoworld* **30**, 4, 649–658. <https://doi.org/10.1016/j.palwor.2020.12.004>

10. Ellmann, A., Kütimets, K., Varbla, S., **Väli, E., Kanter, S.** (2021). Advancements in underground mine surveys by using SLAM-enabled handheld laser scanners. *Survey Review*.
<https://doi.org/10.1080/00396265.2021.1944545>
11. Fernandez-Anez, N., ... Cerda, A. (2021). Current Wildland Fire Patterns and Challenges in Europe: A Synthesis of National Perspectives. *Air Soil and Water Research*, **14**, 1–19.
<https://doi.org/10.1177/11786221211028185>
12. Frýda, J., Lehnert, O., Joachimski, M. M., **Männik, P.**, Kubajko, M., Mergl, M., Farkaš, J., & Frýdová, B. (2021). The Mid-Ludfordian (late Silurian) Glaciation: a link with global changes in ocean chemistry and ecosystem overturns. *Earth-Science Reviews*, **103652**. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103652>
13. Hagen-Peter, G., Wang, Y., **Hints, O.**, Prave, A. R., & **Lepland, A.** (2021). Late diagenetic evolution of Ordovician limestones in the Baltoscandian basin revealed through trace-element mapping and in situ U Pb dating of calcite. *Chemical Geology*, **585**, 120563.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2021.120563>
14. Harrison, S... Zhou, Z. (2021). The Reading Palaeofire database: an expanded global resource to document changes in fire regimes from sedimentary charcoal records. *Earth System Science Data*.
<https://doi.org/DOI:10.5194/essd-2021-272>
15. **Hints, O., Nõlvak, J.**, & Liang, Y. (2021). Possible metazoan egg fossils from the Darriwilian (Middle Ordovician) of Baltoscandia. *Estonian Journal of Earth Sciences*, **70**, 240–252.
<https://doi.org/10.3176/earth.2021.16>
16. **Hints, R., Pajusaar, S., Urtson, K., Liiv, M., Kallaste, T.** (2021). Metal enrichment in lithologically complex black shales: a case study from the Tremadocian of NE Estonia. *Estonian Journal of Earth Sciences*, **70** (1), 36–50. <https://doi.org/10.3176/earth.2021.04>
17. **Hitch, M.**, Barakos, G. (2021). Virtuous natural resource development: The evolution and adaptation of social licence in the mining sector. *The Extractive Industries and Society*, **8** (2), ARTN 100902.
<https://doi.org/10.1016/j.exis.2021.100902>
18. Högbom, L., Abbas, D., Armolaitis, K., Baders, E., Futter, M., Jansons, A., Jõgiste, K., Lazdins, A., Lukminė, D., Mustonen, M., Øistad, K., **Poska, A.**, Rautio, P., Svensson, J., Vodde, F., Varnagirytė-Kabašinskienė, I., Weslien, J., Wilhelmsson, L., Zute, D. (2021). Trilemma of Nordic-Baltic Forestry-How to Implement UN Sustainable Development Goals. *Sustainability*, **13** (10), ARTN 5643.
<https://doi.org/DOI:10.3390/su13105643>
19. Jarochowska, E., Bremer, O., Yiu, A., **Märss, T.**, Blom, H., Mörs, T., & Vajda, V. (2021). Revision of thelodonts, acanthodians, conodonts, and the depositional environments in the Burgen outlier (Ludlow, Silurian) of Gotland, Sweden. *GFF*, **143**, 168–189. <https://doi.org/10.1080/11035897.2021.1907441>
20. Jati, H. A., **Monei, N.**, Barakos, G., Tost, M., **Hitch, M.** (2021). Coal slurry pipelines: A coal transportation method in Kalimantan, Indonesia. *International Journal of Mining Reclamation and Environment*, **35** (9), 638–655. <https://doi.org/10.1080/17480930.2021.1949857>
21. **Karpin, V., Heinsalu, A.**, Virtasalo, J. J. (2021). Late Pleistocene iceberg scouring in the north-eastern Baltic Sea, west of Estonia. *Marine Geology*, **438**. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2021.106537>
22. **Kiipli, T.** (2021). Silurian volcanism recorded in sedimentary sections at the south-western margin of the East-European Platform: Geochemical correlation and tectono-magmatic interpretation. *Geological Quarterly*, **65** (13). <https://doi.org/10.7306/gq.1580>
23. Kröger, B., Vinn, O., **Toom, U.**, Corfe, I. J., Kuva, J., & Zatoń, M. (2021). On the enigma of Palaenigma wrangeli (Schmidt), a conulariid with a partly non-mineralized skeleton. *PeerJ*, **9**, e12374.
<https://doi.org//10.7717/peerj.12374>
24. Kupryjanowicz, M., Filoc, M., Drzymulska, D., **Poska, A.**, Suchora, M., Zarski, M., Mroczek, P. (2021). Environmental changes of the stadial/interstadial type during the Late Saalian (MIS-6) - Multi-proxy record at the Wola Starogrodzka site, central Poland. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, **572**, ARTN 110420. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2021.110420>

25. Kütimets, K., Ellmann, A., **Väli, E., Kanter, S.** (2021). Underground oil shale mine surveying using handheld mobile laser scanners. *Oil Shale*, **38** (1), 42–62. <https://doi.org/10.3176/oil.2021.1.03>
26. Leshchinskiy, Sergey V., Kuzmin, Yaroslav V., Boudin, Mathieu, **Amon, L.** (2021). Holes in the spinous processes of woolly mammoth vertebrae: spatial and temporal distribution, and the causes of pathology formation. *Journal of Quaternary Science*, **36**, 1254–1267. <https://doi.org/DOI:10.1002/jqs.3360>
27. Liang, Y., **Nõlvak, J.**, Xu, H., Chen, Y., & **Hints, O.** (2021). Revision of Ordovician chitinozoan *Lagenochitina esthonica* sensu lato: morphometrics, biostratigraphy and paleobiogeography. *Journal of Paleontology*, 1–15. <https://doi.org/10.1017/jpa.2021.79>
28. Makled, W. A., **Hints, O.**, Hosny, A. M., Shahat, W. I., & Gentzis, T. (2021). Exotic Devonian palynomorphs from the Sifa-1X well in the Western Desert, Egypt. *Palynology*, 45, 363–380. <https://doi.org/10.1080/01916122.2020.1829726>
29. Mänd, K., Lalonde, S. V., Paiste, K., Thoby, M., Lumiste, K., Robbins, L. J., Kreitsmann, T., Romashkin, A. E., Kirsimäe, K., **Lepland, A.**, Konhauser, K. O., 2021. Iron Isotopes Reveal a Benthic Iron Shuttle in the Palaeoproterozoic Zaonega Formation: Basinal Restriction, Euxinia, and the Effect on Global Palaeoredox Proxies. *Minerals* 11, 4, 368. <https://doi.org/10.3390/min11040368>
30. **Männik, P.**, Lehnert, O., **Nõlvak, J.**, & Joachimski, M. M. (2021). Climate changes in the pre-Hirnantian Late Ordovician based on $\delta^{18}\text{O}$ studies from Estonia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 569, 110347. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2021.110347>
31. **Molodkov, A.**, Bolikhovskaya, N. (2021). Palaeoenvironmental changes and their chronology during the latter half of MIS 5 on the south-eastern coast of the Gulf of Finland. *Quaternary International*, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.10.016>
32. Ofili, Sylvester, **Soesoo, Alvar** (2021). General geology and geochemistry of the Lokpanta Formation oil shale, Nigeria. *Oil Shale*, **38** (1), 1–25. <https://doi.org/10.3176/oil.2021.1.01>
33. **Paat, A.**, Roosalu, T., **Karu, V.**, **Hitch, M.** (2021). Important environmental social governance risks in potential phosphorite mining in Estonia. *The Extractive Industries and Society*. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2021.100911>
34. Paul, C. R., & **Toom, U.** (2021). Cystoblastus and the origin of the Hemicosmitoida (Echinodermata: Blastozoa). *Estonian Journal of Earth Sciences*, 70, 165–181. <https://doi.org/10.3176/earth.2021.13>
35. Paul, C. R., & **Toom, U.** (2021). The diploporite blastozoan *Glyptosphaerites* (Echinodermata: Blastozoa) and the origin of diplopores. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 70, 224–239. <https://doi.org/10.3176/earth.2021.15>
36. Penny, A. M., **Hints, O.**, & Kröger, B. (2021). Carbonate shelf development and early Paleozoic benthic diversity in Baltica: a hierarchical diversity partitioning approach using brachiopod data. *Paleobiology*, 1–21. <https://doi.org/10.1017/pab.2021.3>
37. Pidek, I.A., **Poska, A.**, Hrynowiecka, A., Brzozowicz, D., Żarski, M. (2021). Two pollen-based methods of Eemian climate reconstruction employed in the study of the Żabieniec-Jagodne palaeolakes in central Poland. *Quaternary International*. <https://doi.org/DOI:10.1016/j.quaint.2021.09.014>
38. **Poska, A.**, Väli, V., **Vassiljev, J.**, **Alliksaar, T.**, **Saarse, L.** (2022). Timing and drivers of local to regional scale land-cover changes in the hemiboreal forest zone during the Holocene: A pollen-based study from South Estonia. *Quaternary Science Reviews*, **277**, ARTN 107351. <https://doi.org/DOI:10.1016/j.quascirev.2021.107351>
39. **Puthiya Veetil, S. K.**, **Hitch, M.** (2021). Aqueous mineral carbonation of ultramafic material: a pre-requisite to integrate into mineral extraction and tailings management operation. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12481-0>
40. **Puthiya Veetil, S. K.**, Rebane, K., Yörük, C. R., Lopp, M., Trikkel, A., **Hitch, M.** (2021). Aqueous mineral carbonation of oil shale mine waste (limestone): A feasibility study to develop a CO₂ capture sorbent. *Energy*, #119895. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.119895>

41. Quamar, Md. F., **Stivrins, N.** (2021). Modern pollen and non-pollen palynomorphs along an altitudinal transect in Jammu and Kashmir (Western Himalaya), India. *Palynology*, **45** (4), 669–684. <https://doi.org/DOI:10.1080/01916122.2021.1915402>
42. Richardson, J. A., **Lepland, A., Hints, O.,** Prave, A. R., Gilhooly, W. P., Bradley, A. S., & Fike, D. A. (2021). Effects of early marine diagenesis and site-specific depositional controls on carbonate-associated sulfate: Insights from paired S and O isotopic analyses. *Chemical Geology*, 584, 120525. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2021.120525>
43. Schier, K., Himmler, T., **Lepland, A.,** Kraemer, D., Schönenberger, J., Bau, M., 2021. Insights into the REY inventory of seep carbonates from the Northern Norwegian margin using geochemical screening. *Chemical Geology* 559, 119857. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2020.119857>
44. **Soesoo, A.,** Nirgi, S., **Urtson, K.,** Voolma, M. (2021). Geochemistry, mineral chemistry and pressure–temperature conditions of the Jõhvi magnetite quartzites and magnetite-rich gneisses, NE Estonia. *Estonian Journal of Earth Sciences*, **70** (2), 71–93. <https://doi.org/10.3176/earth.2021.05>
45. Sokolowski, R. J., **Molodkov, A.,** Hrynowiecka, A., Woronko, B., Zielinski, P. (2021). The role of an ice-sheet, glacioisostatic movements and climate in the transformation of Middle Pleistocene depositional systems: a case study from the Reda site, northern Poland. *Geografiska Annaler Series A-Physical Geography*, **103** (3), 223–258. <https://doi.org/10.1080/04353676.2021.1926241>
46. Sperling, U., Tamla, Ü., Trommer, F., **Vassiljev, J.,** Viljus, M. (2021). Ein bronzener Brillenspiralanhänger von der Insel Aegna (Estland). Überlegungen zur Herkunft, Herstellung und zur Insel als Deponierungsort. *Archäologisches Korrespondenzblatt*, **51** (2), 205–220.
47. Steinberga, D., **Stivrins, N.** (2021). Fire frequency during the Holocene in central Latvia, northeastern Europe. *Estonian Journal of Earth Sciences*, **70** (3), 127–139. <https://doi.org/10.3176/earth.2021.09>
48. **Stivrins, N.,** Belle, S., Trasune, L., **Blaus, A.,** Salonen, S. (2021). Food availability and temperature optima shaped functional composition of chironomid assemblages during the Late Glacial-Holocene transition in Northern Europe. *Quaternary Science Reviews*, **266**, ARTN 107083. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2021.107083>
49. **Stivrins, N.,** Briede, A., Steinberga, D., Jasiunas, N., Jeskins, J., Kalnina, L., Maksims, A., R., Zigmars, Trasune, L. (2021). Natural and Human-Transformed Vegetation and Landscape Reflected by Modern Pollen Data in the Boreonemoral Zone of Northeastern Europe. *Forests*, **12** (9), ARTN 1166. <https://doi.org/10.3390/f12091166>
50. Talas, L., **Stivrins, N., Veski, S.,** Tedersoo, L., Kisand, V. (2021). Sedimentary ancient DNA (sedaDNA) reveals fungal diversity and environmental drivers of community changes throughout the Holocene in the present boreal lake Lielais Svētiņu (eastern Latvia). *Microorganisms*, **9** (4), 719. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9040719>
51. Tinn, O., Lang, L., **Märss, T.,** Vahur, S., & Kirsimäe, K. (2021). A demineralized osteostracan fossil from the Silurian Kalana Lagerstätte of Estonia: revealing its internal anatomy and uncovering a unique type of fossilization. *Lethaia*. <https://doi.org/10.1111/let.12452>
52. Tönno, I., Talas, L., Freiberg, R., Kisand, A., Belle, S., **Stivrins, N., Alliksaar, T., Heinsalu, A., Veski, S.,** Kisand, V. (2021) Environmental drivers and abrupt changes of phytoplankton community in temperate lake Lielais Svētiņu, Eastern Latvia, over the last Post-Glacial period from 14.5 kyr. *Quaternary Science Reviews*, **263**, 107006, <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2021.107006>
53. **Vaikmäe, R., Pärn, J., Raidla, V., Ivask, J., Kaup, E.,** Aeschbach, W., Gerber, C., Lemieux, J., Purtschert, R., Sterckx, A., **Martma, T., & Vallner, L.** (2021). Late Pleistocene and Holocene groundwater flow history in the Baltic Artesian Basin: a synthesis of numerical models and hydrogeochemical data. *Estonian Journal of Earth Sciences*, **70**, 152–164. <https://doi.org/10.3176/earth.2021.11>
54. Vinn, O., Ernst, A., Wilson, M. A., & **Toom, U.** (2021). Symbiosis in trepostome bryozoans from the Sandbian (Late Ordovician) of Estonia. *Historical Biology*, 1–10. <https://doi.org/10.1080/08912963.2021.1959579>

55. Vinn, O., Ernst, A., Wilson, M. A., & **Toom, U.** (2021). Symbiosis of cornulitids with the cystoporate bryozoan *Fistuliporina* in the Pridoli of Saaremaa, Estonia. *Lethaia*, 54, 90–95. <https://doi.org/10.1111/let.12385>
56. Vinn, O., Ernst, A., Wilson, M., & **Toom, U.** (2021). Intergrowth of bryozoans with other invertebrates in the Late Pridoli of Saaremaa, Estonia. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 91, 101–111. <https://doi.org/10.14241/asgp.2021.04>
57. Vinn, O., Holmer, L. E., Wilson, M. A., Isakar, M., & **Toom, U.** (2021). Possible drill holes and pseudoborings in obolid shells from the Cambrian/Ordovician boundary beds of Estonia and the uppermost Cambrian of NW Russia. *Historical Biology*, 33, 3579–3584. <https://doi.org/10.1080/08912963.2021.1878355>
58. Vinn, O., Wilson, M. A., Isakar, M., & **Toom, U.** (2021). Symbiotic worms in the inner aragonitic layer of *Leptodesma* (*Bivalvia*) from the Põrdolü (Upper Silurian) of Saaremaa Island, Estonia. *Paläontologische Zeitschrift*. <https://doi.org/10.1007/s12542-021-00554-x>
59. Wang, W., Liang, Y., Lyu, Q., **Hints, O.**, Chen, S., & **Nõlvak, J.** (2021). Chitinozoans with “skirt”: Ultrastructure and palaeoecological implications of carina in *Cyathochitina* Eisenack, 1955. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 570, 110348. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2021.110348>
60. Zdanowicz, C., Gallet, J.-C., Björkman, M. P., Larose, C., Schuler, T., Luks, B., Koziol, K., Spolaor, A., Barbaro, E., **Martma, T.**, van Pelt, W., Wideqvist, U., Ström, J. (2021). Elemental and water-insoluble organic carbon in Svalbard snow: a synthesis of observations during 2007–2018. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21 (4), 3035–3057. <https://doi.org/10.5194/acp-21-3035-2021>

ETIS 3.1 and 1.2

1. **Shogenova, A.**, Nordbäck, N., Sopher, D., **Shogenov, K.**, Niemi, A., Juhlin, C., Šliaupa, S., Ivandic, M., Wójcicki, A., Ivask, J., Klimkowski, L., Nagy, S. (2021). Carbon Neutral Baltic Sea Region by 2050: Myth or Reality? 15th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, GHGT-15, 15-18 March 2021, Abu Dhabi, UAE. Elsevier, SSRN, 1–12. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3817722>
2. **Shogenov, K.**, **Shogenova, A.** (2021). Innovative synergy CCUS and renewable energy project offshore Baltic using CO₂ emissions from the cement industry. 15th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, GHGT-15, 15-18 March 2021, Abu Dhabi, UAE. Elsevier, 1–11. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3812387>
3. **Shogenova, A.**, **Shogenov, K.**, **Ivask, J.**, Habicht, G., Gastaldi, D., Pellegrino, G. (2021). Integration of Buzzi and Heidelberg cement plants into the first operating and planned CCUS cluster projects worldwide, using CLEANER project GIS database. Proceedings of the 15th Greenhouse Gas Control Technologies Conference 15-18 March 2021: 15th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, GHGT-15, 15-18 March 2021, Abu Dhabi, UAE. Elsevier, SSRN, 1–12. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3813982>
4. **Shogenova, A.**, **Shogenov, K.**, Uibu, M., Kuusik, R., Simmer, K., Canonico, F. (2021). Techno-economic modelling of the Baltic CCUS onshore scenario for the cement industry supported by CLEANER project. 15th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, GHGT-15, 15-18 March 2021, Abu Dhabi, UAE. Elsevier, SSRN, 1–13. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3817710>
5. Amaro, S., Barbosa, S., Ammerer, G., Bruno, A., Guimerà, J., Orfanoudakis, I., Ostręga, A., Mylona, E., **Hitch, M.**, **Strydom, J.** (2021). MCDM Applied to the Evaluation of Transitional and Post-Mining Conditions—An Innovative Perspective Developed through the EIT ReviRIS Project. *Materials Proceedings*, 5, 22. <https://doi.org/10.3390/materproc2021005022>

Aluspõhjageoloogia ja teaduskollektsioonide osakond

Juht: Olle Hints, kaasprofessor, olle.hints@taltech.ee

Liikmed: Ursula Toom, Merlin Liiv, Peep Männik, Jaak Nõlvak, Aivo Lepland, Linda Hints, Tiiu Märss

Doktorandid: Tatiana Kulashova

Võtmesõnad: aluspõhi, Eesti geoloogia, settekivimid, paekivi, paleokeskkond, paleokliima, paleontoloogia, geokeemia, stratigraafia, sedimentoloogia, Paleosoikum, Vanaaegkond, Baltoskandia, Baltika, Ordoviitsium, Silur, elurikkuse areng, väljasuremine, jääaeg, mikrofossiilid, kivistised, kivimikollektsioonid, geoloogilised andmebaasid, e-teenused.

AAK prioriteetsed suunad: Keskkonnaressursside väärastamine, usaldusväärsed IT lahendused.

Frascati Manuaali alamvaldkond: 1.5 Maateadused ja nendega seotud keskkonnateadused.

CERCSi teaduserialad: P420 Petroloogia, mineroloogia, geokeemia; P450 Stratigraafia; B330 Paleozooloogia, fülogenees.

Uurimisrühma tutvustus ja tulemused:

Aluspõhjageoloogia, eriti settekivimite uuringud, on olnud geoloogia instituudi üheks keskseks tegevusvaldkonnaks alates selle loomisest. Uurimisrühma põhikompetentside hulka kuulub Eesti geoloogilise ehituse, erinevate kivimite, kivististe ja arenguloo põhjalik tundmine. Sellised baastadmised on vajalikud praktilises geoloogias, kuid uurimisrühma põhiline tegevusvaldkonnaks on alusuuringud, enamasti tihedas rahvusvahelises koostöös. Rühma peamisteks uurimissuundadeks on:

- paleokeskkonna ja paleokliima modelleerimine kasutades geokeemilisi ja sedimentoloogilisi indikaatoreid, sh süsiniku ja hapniku isotoopkoostist;
- paleoelurikkuse dünaamika modelleerimine ja selle seosed kliima ja keskkonnamuutustega;
- erinevate organismirühmade evolutsioon ja paleobiogeograafilise leviku analüüs;
- mikropaleontoloogia ja kõrglahutusega biostratigraafia;

Oluline osa uurimisrühma tegevusest baseerub instituudi geoloogilistel teaduskollektsioonidel, mis on unikaalseks arhiiviks planeedi kauge mineviku uurimisel. Selle arhiivi haldamist, arendust ja teadlastele avamist korraldab uurimisrühm riikliku teadustaristu programmi ning rahvusvaheliste koostööprojektide raames.

Uurimisrühma 2021. a silmapaistvate tulemuste hulka kuulub Ordoviitsiumi ajastu paleokliima rekonstrueerimine Balti regioonis kasutades hapniku isotoopkoostist biogeenses apatiidis, mis viitab järk-järgulisele temperatuurilangusele u 460 mln a tagasi (Männik jt 2021). Esmakordselt dateeriti Baltoskandia lubjakivisid U-Pb meetodiga, mis näitas erivanuseliste mineraalifaaside olemasolu ja Kaledoonia orogeneesi mõju ulatust Eesti alani (Hagen-Peter jt 2021). Kokku ilmus uurimisrühma liikmetel 25 kõrgetasemelist publikatsiooni.

Bedrock Geology and Collections Division

Group leader: Olle Hints, Associate Professor, olle.hints@taltech.ee

Members: Ursula Toom, Merlin Liiv, Peep Männik, Jaak Nõlvak, Aivo Lepland, Linda Hints, Tiiu Märss

Doctoral students: Tatiana Kulashova

Keywords: bedrock, geology of Estonia, sedimentary rocks, limestone, paleoenvironment, paleoclimate, paleontology, geochemistry, stratigraphy, sedimentology, Paleozoic, Baltoscandia, Baltica, Ordovician, Silurian, paleobiodiversity, mass extinction, ice age, microfossils, fossils, geological collections, geological databases and e-services.

Overview and results:

Bedrock geology has been among the key study fields in the Department of Geology since 1950s. At present, the research group of bedrock geology holds competences on regional geology, sedimentary rocks, stratigraphy and paleontology of Estonia and beyond. Such expertise is needed in applied geosciences, but the main work of the group is aiming at better understanding of the interactions between geo- and biosphere processes in deep time. The group holds leading palaeontological competence in Estonia, and for some fossil groups, leading expertise worldwide (notably for conodonts, chitinozoans and scolecodonts). The group's main research directions are:

- Paleoenvironment and paleoclimate reconstructions using multiple proxy indicators such as carbon and oxygen isotopes, sedimentology etc.
- Paleobiodiversity dynamics including mass extinction and their links with climate and environmental changes.
- Paleobiology and evolution of various groups of organisms during the Paleozoic.
- High-resolution bio- and chemostratigraphy that provides regional spatio-temporal framework and global time correlations.

The group is using the large geological collections at the department that constitute a globally unique archive of deep time Earth environments, climate and biodiversity. The group is responsible for the development and opening up this archive for researchers worldwide as part of national and pan-European research infrastructure.

The most important results in 2021 include the reconstruction of Ordovician paleoclimate in Baltica using high-resolution conodont apatite oxygen isotope proxy, that suggested gradual ocean temperature decrease at ca 460 Ma ago (Männik jt 2021). For the first time, Baltic limestones were radiometrically dated using U-Pb method. This showed the occurrence of multi-phase and multi-age carbonate minerals suggesting that the Estonian bedrocks were influenced by the Caledonian orogeny (Hagen-Peter jt. 2021). Altogether research group members published 25 papers in SCOPUS-indexed journals in 2021.

Isotoop-hüdroloogia tööühm

Juht: Rein Vaikmäe, vanemteadur, rein.vaikmae@ttu.ee

Liikmed: Alla Šogenova, Kazbulat Šogenov, Enn Kaup, Jüri Ivask

Järeldoktorid: Joonas Pärn

Võtmesõnad: isotoophüdrogeoloogia, põhjavesi, paleoklimatoloogia, polaaruuringud, CO₂ ning vesiniku ladustamine, Balti Arteesiabassein (BAB)

AAK prioriteetsed suunad: Keskkonnaressursside vääristamine (CO₂ ning vesiniku sidumine ja säilitamine, põhjaveeressursside seire ja kestlik kasutamine).

Frascati Manuaali alamvaldkond: 1.5 Maateadused ja nendega seotud keskkonnateadused.

CERCSi teaduserialad: P470 Hüdrogeoloogia

Uurimisrühma tutvustus ja tulemused:

Isotoopgeoloogia uurimisrühm moodustati instituudis 1970ndatel eesmärgiga kasutada isotoop-geokeemilisi analüüsimeetodeid ja -indikaatoreid globaalsete kliima- ja keskkonnamuutuste uurimisel. Rühma uurimissuunad hõlmasid esmalt Kvaternaari jäätumiste ajaloo selgitamist ja polaaralade jääpuursüdamikes talletunud isotoopandmestiku dešifreerimist; seejärel ka Balti arteesiabasseini põhjavee päritolu ning numbriliste modelleerimise ning isotoopmeetodite kasutamise keskkonnauuringutes. Alates 2006. aastast tegeleb uurimisrühm CO₂ kinnipüüdmise ja geoloogilise ladustamise temaatikaga ning viimastel aastatel ka vesiniku geoloogilise ladustamise võimaluste uuringutega. 2021. a oli tööühmas 4 teadustöötajat ja 2 inseneri, kes töötasid ülikooli projekti, järeldoktori granti ja mitme rahvusvahelise projekti (IAEA, Horisont 2020) raames. Viimaste aastate olulisemad projektid:

- Balti Arteesiabasseini põhjavee geofiltratsiooni ajalugu, selles salvestunud paleokliima ja inimõju andmed: hüdrogeokeemilise teabe ja modelleerimise süntees
- Pikeaaliste rdionukliidide kasutamine Balti Arteesiabasseini (BAB) põhjavee, sh soolase reliktvee (brines) iseloomustamiseks ja dateerimiseks
- Süsinikdioksiidi kinnipüüdmise, kasutamise ja ladustamise CCUS-heite marsruutimine Läänemere piirkonnas (BSR)

Jätakuvalt ollakse edukad isotoop-geokeemiliste andmete abil polaaralade paleokliima- ja keskkonnamuutuse rekonstrueerimisel, sealjuures osakonna stabiilsete isotoopide analüüsi laboratooriumi koostöö kaudu instituudi teiste osakondade ning partneritega Eestis ja välismaal. Tööühmal on teadustöökaks välja arendatud kaasaegne isotoop-geokeemiliste analüüsitaristu, mille hulka kuuluvad kaks isotoopsuhte massispektromeetrit, vee isotoopanalüüsi laserspektromeeter, ning ionkromatograaf.

2021. a olulisimate teadustulemuste alla kuulub Balti settekompleksi ja aluskorra põhjavete päritolu ja evolutsiooni uuringuid kokkuvõttev artikkel (Vaikmäe jt. 2021). CO₂ ja vesiniku geoloogilise ladustamise vallas töötati Horisont2020 projekti Cleanker ning ERASMUS+ projekti CIRCEXTIN raames. Uuringute tulemusena soovitati 12 Heidelberg Cement Groupi ja Buzzi Unicemi tsemenditehast integreerida 12 suurimasse CCUS klastrit projektidesse üle maailma. Pakuti välja kaks Balti maismaa ja avamere CCUS-i stsenaariumi piirkonna suurimate tsemendi- ja energiatootjate jaoks (Šogenova et jt. 2021c, Šogenova ja Šogenova 2021). EL saastekvoodi hinna 40 €/t CO₂ ja 50 €/t sadestunud CaCO₃ puhul võib CCUS stsenaarium olla kasulik kolmele Eesti Energia ja Latvenergo TEC-2 elektrijaamale. (Šogenova jt. 2021c).

Läänemere stsenaariumi jaoks pakuti välja CCUS-i tehnoloogiline sünergia erinevate keskkonnasõbralike taastuenergia taaskasutamise tehnoloogiatega, toetades ringmajanduse eesmärke (Shogenova ja Shogenova 2021).

Täiendav info:

Rein Vaikmäe on Euroopa poolaarnõukogu (EPB) liige ning COST projekti 19120 "Watson" juhtkomitee liige.

Alla Šogenova on BASRECCSi juhatuse liige ning juhatuse liige COST Action Geothermal-DHC.

Horisont2020 projekti EU-PolarNet2 (2020-1024) raames osalesid **R. Vaikmäe** ning **E. Kaup** rahvusvahelise projektikonsortsiumi koosseisus Euroopa Liidu lähikümnendite poolaaruuringute strateegia tegevuskava koostamisel. Projekti info on kättesaadav lingil: <https://eu-polarnet.eu/about>

Isotope Hydrology Research Group

Leader: Rein Vaikmäe, senior researcher, rein.vaikmae@taltech.ee

Members: Alla Šogenova, Kazbulat Šogenov, Enn Kaup, Jüri Ivask

Postdoctoral researchers: Joonas Pärn

Keywords: isotope hydrogeology, groundwater, paleoclimatology, polar research, CO₂ and hydrogen storage, Baltic Artesian Basin (BAB)

Overview and results:

The research group was formed in the 1970s studying the history of Quaternary glaciations and applying isotopic and other geochemical proxy indicators from polar ice-cores. Later the focus area of the group expanded to hydrogeology of the Baltic Artesian Basin, as well as CO₂ and hydrogen capture and storage. The group holds a modern analytical facility with two isotope-ratio mass-spectrometers with sample preparation lines, a laser spectrometer for analysing oxygen and hydrogen isotopes from water, and an ion chromatograph. In 2021 the group included four researchers and two engineers, and the research was carried out in the frame of several national and international projects (TalTech grant, ETAG postdoc grant, and IAEA and Horizon 2020 projects. Most important recent projects are:

- Groundwater flow history, global paleoclimate signals and anthropogenic influence in the Baltic Artesian Basin: a synthesis of numerical models and hydrogeochemical data
- Application of long-lived Radionuclides for characterizing and dating the groundwaters and brines in the Baltic Artesian Basin (BAB)
- Routing Deployment of Carbon Capture, Use and Storage CCUS in the Baltic Sea Region (BSR)

The main results in 2021 include concluding a paper about the origin and evolution of groundwaters in the Baltic sedimentary basin and basement rocks (Vaikmäe et al. 2021). Activities under the CCUS and hydrogen storage topics were related to the Horizon2020 project Cleanker and ERASMUS+ project CIRCEXTIN. As a result, 12 Heidelberg Cement Group and Buzzi Unicem cement plants were recommended for integration into the 12 largest CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage) cluster projects worldwide (Shogenova et al. 2021a). Two Baltic onshore and offshore CCUS scenarios for the largest cement and energy producers in the region were proposed (Shogenova et al. 2021c, Shogenova and Shogenova, 2021). Our onshore CCUS scenario includes CO₂ emissions from six largest CO₂ producers from Estonia and Latvia, CO₂ mineral carbonation of Estonian oil shale ash and pipeline transport and storage of captured CO₂ into the North-Blidene structure in Latvia. At the EU Emission Allowance Price 40 €/t CO₂ and 50 €/t for precipitated CaCO₃ the CCUS scenario could be beneficial for three Eesti Energia and Latvenergo TEC-2 power plants (PP). (Shogenova et al, 2021c).

Kvaternaarigeoloogia uurimisrühm

Juht: Siim Veski, professor, siim.veski@taltech.ee

Liikmed: Tiiu Alliksaar, Atko Heinsalu, Anneli Poska, Triin Reitalu, Jüri Vassiljev, Leeli Amon, Normunds Stivrinš, Merlin Liiv, Ansis Blaus

Doktorandid: ; Vladimir Karpin, Anna Lanka, Varvara Bakumenko, Ivan Krivokorin

Järel doktorid: Olga Lisitsyna

Võtmesõnad: geoökoloogia, keskkonna ja kliima areng, paleomitmekesisus, Läänemeri, kronoloogia

AAK prioriteetsed suunad: Keskkonnaressursside vääristamine.

Frascati Manuaali alamvaldkond: 1.5 Maateadused ja nendega seotud keskkonnateadused; 1.6 Bioteadused

CERCSi teaduserialad: P510 Füüsiline geograafia, geomorfoloogia, mullateadus, kartograafia, klimatoloogia; P460 Sedimentoloogia; B300 Paleobotaanika, fülogenees, palünoloogia

Uurimisrühma tutvustus ja tulemused:

Kvaternaarigeoloogia ja sellega liituvad erialad on olnud geoloogia instituudi üheks oluliseks uurimisvaldkonnaks alates instituudi loomisest. 2021. a on osakonnaga seotud üheksa teadustöötajat, järel doktor ja neli doktoranti ja üks magistriõppija, teadustegevus toimub peamiselt Eesti Teadusagentuuri uurimistoetuste toel. Osakonna kõik töötajad osalevad mitmete loengukursuse läbiviimisel "Maapõueressursside" õppekava üliõpilastele.

Töögrupi teadustulemused on pärvinud rahvusvahelise tunnustuse ja on võimaldanud viljakat ühistööd mitmete oma ala maailma juhtivate teaduskollektiividega, pakkudes uudseid lahendusi pärastjääaegse taimestiku, kliima, inimtegevuse ja keskkonnamuutuste vaheliste seoste väljaselgitamisel. Töögrupi arendustöö on avardanud võimalusi koostööks teiste teadusharudega nagu klimatoloogia, ökoloogia ja arheoloogia. Osakonna teadurid publitseerivad oma teaduseriala tippajakirjades nagu Nature Ecology & Evolution, Biogeosciences, Quaternary Science Reviews, Journal of Ecology jt.

Osakonna peamiste uurimissuundade hulka kuuluvad:

- Pärastjääaegse kliima rekonstrueerimine eri analüüsimeetoditega;
- Pärastjääaegse maakatte ja taimestiku rekonstrueerimine;
- Õietolmuandmetepõhised ökoloogilised seosed ja paleomitmekesisus;
- Mineviku maakasutus ning ökosüsteemide kohanemine põllundusliku maakasutuse muutustega;
- Pärastjääaegne jäätaande kronoloogia ja paleogeograafia;
- Läänemere varasemate staadiumite areng ning keskkonnaseisund.

Töörühmal on uurimistööks vajalik uurimiskeskond: puurimisvarustus, setteproovide külmhoidla, ettevalmistuslaborid proovide eeltöötlemiseks ning biogeokeemiline teadusaparatuurikompleks.

Töögrupp viib ellu projekti PRG323, mis ühildab interdistsiplinaarse lähenemisviisi kaudu tänapäevastel paleoökoloogistel andmetel põhinevad mineviku taimestiku- ja kliimamuutuste rekonstruktsioonid ja taimestiku modelleerimise, et selgitada bioloogiliste protsesside (ränne ja konkurents) ja abiootiliste tegurite (kliima, toiteainete ja häiringute hulk, inimtegevus) mõju taimestiku dünaamikale hilis- ja pärastjääajal Põhja-Euroopas.

Olulisemad 2021. a teadusprojektid:

- PRG323 "Keskkonnategurite mõju pärastjääagse taimkatte levikule: paleoökoloogiline rekonstruktsioon ja modelleerimine (TrackLag) (1.01.2019–31.12.2023)"
- LEP19003LG (RITA1/02-60-04) "Eesti mereala keskkonna ja loodusväärtuste hindamise ja seire innovaatilised lahendused (1.01.2019–31.12.2021)"
- MOBJD313 "Kliima ja inimtegevuse mõju Euroopa kirdeosa boreaalsele ökosüsteemile viimase aastatuhande jooksul. (1.12.2019–30.11.2021)"
- VA19029 "Pärastjääagsete keskkonnamuutuste signaalid Eesti ja Poola setteis (30.04.2019–31.03.2021)"
- MOBTP140 "Pärastjääagsete kliima soojenemisperioodide mõju taimestikule ja veestikule Atlandi ookeani mõlemal kaldal (1.11.2019–31.10.2021)"

Quaternary Geology Research Group

Leader: Siim Veski, professor, siim.veski@taltech.ee

Members: Tiiu Alliksaar, Atko Heinsalu, Anneli Poska, Triin Reitalu, Jüri Vassiljev, Leeli Amon, Normunds Stivrinš, Merlin Liiv, Ansis Blaus

Doctoral students: Vladimir Karpin, Anna Lanka, Varvara Bakumenko, Ivan Krivokorin

Postdoctoral researchers: Olga Lisitsyna

Keywords: geoeology, paleoclimate and environment, paleodiversity, Baltic Sea, chronology

Overview and results:

Quaternary geology, paleoecology and related research disciplines explaining the current paradigm of actualism in geology, have been one of the principal targets of research at the Department of Geology since the 1950s. At present, the research group comprises of nine researchers, one postdoc and five PhD students, who work in close collaboration as a targeted team, as well as with other groups in the department. We have fruitful collaboration worldwide, notably in US, Russia, Sweden, Finland, Canada, Germany, UK, Netherlands, Switzerland, Latvia, Lithuania and Belarus.

The main research aim of the Quaternary group is reconstruction of past ecosystems, vegetation history, climate and environmental change, both natural and manmade, at high temporal resolution during the last 15,000 years through multidisciplinary and multiproxy studies of natural archives such as lake, bog and marine sediments. The Quaternary is known for rapid climate change, glacial advances and retreats, constant drift of biota between glacial and warm refugia, sea level fall and rise with each period of freezing and thawing. It's also known as the period of the rise of mankind and its progressively increasing impact upon the environment. The group focusses on better understanding the interactions between Quaternary geo- and biosphere processes, in particular, addressing the following:

- Paleoclimate variation using multi-proxy analyses (such as pollen and chironomid-based inference models);
- Paleo-biodiversity (terrestrial and aquatic), functional and phylogenetic diversity dynamics and relationships with climate and environmental changes;
- Past human impact upon landscapes, waterbodies, vegetation structure and landcover;
- Postglacial retreat of the ice sheet;
- Shoreline displacement of the Baltic Sea.

The group holds leading position in Quaternary and palaeoecological studies in the Baltic realm. The main strengths of the group's work are related to the high-resolution paleo-datasets of geographically and climatically constrained area. Results of the studies conducted at the department have been published in leading research journals including Nature Ecology & Evolution, Biogeosciences, QSR, Journal of Ecology etc.

The group hosts several labs of biostratigraphy, dating, geochemistry, granulometry, and makes use of the department's mass spectrometry lab for stable isotope geochemistry.

Projects in 2021:

- PRG323 "Tracking the time-lags of species response to environmental change using palaeo-proxy data and modelling (TrackLag) (1.01.2019–31.12.2023)
- LEP19003LG (RITA1/02-60-04) "Innovative approaches to monitoring and assessing marine environment and nature values in Estonian sea area (1.01.2019–31.12.2021)

- MOBJD313 "Reconstruction of vegetation dynamic and land-use changes in pristine boreal forest in Northern Ural (Komi republic, Russia) (1.12.2019–30.11.2021)
- VA19029 "Paleoenvironmental changes recorded by Estonian and Polish postglacial sediment (30.04.2019–31.03.2021)"
- MOBTP140 "Lessons of the past climate warming episodes: Changes of the postglacial climate, vegetation and hydrology in both sides of the Atlantic Ocean (1.11.2019–31.10.2021)"

Main results: The personal research funding: Team grant project PRG323 started in 2019, within this and subprojects **22** WoS cited journals papers (ETIS 1.1) were published in 2021.

Maavarade ja rakendusgeoloogia osakond

Juht: Rutt Hints, teadur, rutt.hints@taltech.ee

Liikmed: Tarmo Kiipli, Alvar Soesoo, Heidi Soosalu;

Doktorandid: Siim Pajusaar, Sophie Jane Marie-Pascale Huguette Graul, Mawo Ndiaye, Juan David Solano Acosta;

Mitteakadeemilisel ametikohal töötavad liikmed: Toivo Kallaste, Kristjan Urtson.

Võtmesõnad: maavarad, geokeemia, mineraloogia, mustad kildad, fosforiidid, maagistumine, kriitilised toormed, REE, haruldased muldmetallid, vanaadium, fosfor.

AAK prioriteetsed suunad: Keskkonnaressursside vääristamine (mineraalsed toormed, sh tulevikumaavarad ja kriitilised toormed)

Frascati Manuaali alamvaldkond: 1.5 Maateadused ja nendega seotud keskkonnateadused.

CERCSi teaduserialad: P430 Maavarad, majandusgeoloogia, P420 Petroloogia, mineroloogia, geokeemia.

Uurimisrühma tutvustus ja tulemused:

Uurimisrühma teadustegevuse fookuses on perspektiivsete Euroopa Liidu kriitilisi toormeid sisaldavate maapõueressursside geneesi, leviku ja väärindamise potentsiaali selgitamine. Rühma tuumikkompetentsid on seotud setteliste maavarade sh metallirikaste mustade kiltade, karbonaatkivimite ning põlevkivide geokeemia ja mineraloogiaga. Lisaks sellele on viimastel aastatel ellu viidud rida uuringuid settekivimite ja aluskorra maagileiukohtade erinevate geoloogiliste aspektide analüüsiks. Interdistsiplinaarse koostöö valdkondades nagu ressursside väärindamine ja kavandusjäätmete taaskasutamine, toetub uurimisrühm pikaajalisele teadustööle röntgenstruktuuranalüüsi vallas.

Uurimisrühm haldab geokeemia-mineraloogia laborikompleksi, mis on varustatud ICP-MS, XRF ja XRD analüsaatoritega ning võimaldab läbi viia kompleksseid geokeemilisi, mineraloogilisi ja petrooloogilisi uuringuid. Analüütilise kvaliteedi tagamiseks osaletakse Rahvusvahelise Geoanalüütikute Assotsiatsiooni tasemekatsete programmis. 2021. a täienes uurimisrühm kahe uue doktorandiga. Uurimisrühma Eesti-siseste ja rahvusvaheliste koostööpartnerite seas on olulisemad uurimisrühmad Tallinna Tehnikaülikooli materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituudist, Tartu Ülikooli geoloogia osakonnast, Eesti Geoloogiateenistusest ja Saksa GFZ Geoteaduste uurimiskeskusest. Käimasolevad projektid:

- RESTA18 "Vanaadiumi levik ja esinemisvormid graptoliitargilliidis ning eraldamise tehnoloogiad" (1.07.2020–28.02.2023);
- RESTA20 "Potentsiaalselt kasulikud komponendid ja maagistumise genees Eelkambriumi kivimite polümetalse maagistumise ilmingutes (1.04.2020–30.11.2022)";
- RESTA23 "Eesti karbifosforiidi kvaliteet ja omadused potentsiaalse fosfori ning haruldaste muldmetallide toormena ja selle kompleksed ümbertöötlemistehnoloogiad" (1.09.2020–31.03.2023).

2021. a olulisemate teadustulemuste hulka kuuluvad Ordoviitsiumi mustade kiltade redokstundlike jälgelementide ja Jõhvi rauamaagi leiukoha metallide rikastumise teede selgitamine. Publitseeritud

tulemused on aluseks täpsemate prognoosmudelite koostamisel ja väärindamise tehnoloogiate arendamisel antud ressursside jaoks.

Täiendav info:

Eesti vabariigi president tunnustas prof. **Alvar Soesood** Valgetähe IV klassi teenetemärgiga.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta

Lisaks teadustegevusele panustasid töörühma liikmed 2021. a aktiivselt maapõueressursside valdkonna laiemale tutvustamisele osaledes arvukatel Eesti-sisestel ning rahvusvahelistel avalikel esinemistel ja võttes sõna meedias, nt:

- <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/12e0cad6-7ce0-48e2-b71e-71af5e684e33>
- <https://etv.err.ee/1608400154/teadusest>
- https://youtu.be/R5mUJa86_lg?list=TLGGMZGPZECqP8sxNjAxMjAyMg
- <https://greenestsummit.ee/agenda/>
- <https://www.fmmtallinn.com/april-28-2021/>

Mineral Resources and Applied Geology Division

Research group leader: Rutt Hints, Researcher, phone 6203036, rutt.hints@taltech.ee.

Members: Tarmo Kiipli, Alvar Soesoo, Heidi Soosalu;

Doctoral students: Siim Pajusaar, Sophie Jane Marie-Pascale Huguette Graul, Mawo Ndiaye, Juan David Solano Acosta;

Non-academic members: Toivo Kallaste, Kristjan Urtson.

Keywords: mineral resources, geochemistry, mineralogy, black shales, phosphorites, ore genesis.

Overview and results:

The main study area of the research group is perspective mineral resources of Estonia containing raw material listed as critical by EU. The research targets issues related to their genesis, distribution and valorisation. The group's core competencies are related to geochemistry and mineralogy of sedimentary mineral resources, including metalliferous black shales, carbonaceous rocks and oil shales. Besides that, several R&D projects focused on various aspects of the geology of sedimentary rocks and Proterozoic ore deposits from basement have been conducted during last few years. The collaborative interdisciplinary research in areas such as valorisation of mineral resources and the recycling of mine wastes is based on group's extensive research experience in areas such as X-ray powder diffraction.

The research group manages the lab of physical methods equipped with analytical instruments for ICP-MS, XRF, and XRD analyses, allowing the complex set of geochemical, mineralogical, and petrological studies to be carried out. The quality of laboratory analyses is assured through participation in the proficiency testing program of the International Association of Geoanalysts. In 2021, two new doctoral students joined the workgroup. The workgroup's active collaboration partners come from numerous organizations from Estonia and abroad, including the Geological Survey of Estonia and GFZ German Research Centre for Geosciences. Projects in progress:

- RESTA23: Quality and properties of Estonian shelly phosphorite as a potential source for phosphorus and rare earth elements and its complex processing technologies (1.09.2020–31.03.2023);
- RESTA20: Genesis and economically valuable metals in polymetal sulphide mineralizations in Precambrian of Estonia (1.04.2020–30.11.2022);
- RESTA18: Vanadium distribution and compounds in Tremadocian black shale and potential extraction technologies (1.07.2020–28.02.2023).

The most relevant research results of 2021 include the advanced interpretation of the enrichment pathways of the valuable trace metals of the Ordovician black shales and deciphering major geological characteristics of the metallogenesis of the Jõhvi iron ore deposit. The published results could be used as the basis for developing more accurate geological models and developing valorisation technologies for these resources. The results were published on several papers and presented at the annual conference of the Geological Society of America.

Mäenduse ja maavaratehnoloogia osakond

Juht: Veiko Karu, EIT vanemprojektijuht, veiko.karu@taltech.ee

Akadeemilised liikmed: Michael Hitch, Erik Väli, Sander Kanter, Tõnu Tomberg, Jessica Strydom

Doktorandid: Andrus Paat, Nthati Monei, Vesta Kaljuste

Teised liikmed: Aleks Strazdin, Karin Robam

Võtmesõnad: mäendus, maavarad, kaevandamine, väärindamine, maavaramajandus, ringmajandus, toormed, fosforiit, põlevkivi, kaevandusjätmed, kaevandused, karjäärid, tehnoloogia;

AAK prioriteetsed suunad: Keskkonnaressursside väärindamine (mineraalsed toormed, sh tulevikumaavarad ja kriitilised toormed)

Frascati Manuaali alamvaldkond: 1.5 Maateadused ja nendega seotud keskkonnateadused, 2.1 Ehitusteadused

CERCSi teaduserialad: T340 Kaevandamine/mäendus; P430 Maavarad, majandusgeoloogia; P470 Hüdrogeoloogia, geoplaneering ja ehitusgeoloogia;

Uurimisrühma tutvustus ja tulemused:

Mäenduse ja maavaratehnoloogia osakonnale pandi alus 1938. a kui ülikoolis loodi mäeinseneride koolitamiseks mäeosakond. 2016. a liideti energeetikateaduskonnas asunud mäeinstituut geoloogia instituudiga ning sellest sai mäenduse ja maavaratehnoloogia osakond, mis vastutab täna mäenduse ja maavarade-alase teadus-, arendus- ning õppetegevuse eest. Lisaks kandvale rollile maapõueressursside õppekavade ainete õpetamisel ja üliõpilaste juhendamisel annavad osakonna õppejõud panuse mäeinseneride ettevalmistamisse vastavalt kutsestandardile.

Osakonna teadus- ja arendustegevus toimub nii läbi riiklike kui erasektori rahastatud projektide. 2021. a tegevused olid seotud kahe Horizon2020 projekti (SUMEX , RE-SOURCING), 12 EIT Raw Materials võrgustiku projekti ning mitmete rakendusprojektidega. Osakonnal on tihe koostöö partnerülikoolidega Austraalias, Saksamaal, Austrias ja Soomes. Mäeosakonna kompetentside hulka kuulub muuhulgas:

- kaevanduste ja maavarade töötlemise tehnoloogiate projekteerimine;
- ressursitõhususe meetmete ja tehniliste lahenduste leidmine ning hindamine;
- ringmajandusega seotud ettevõtlussuundade ja -mudelite arendamine.

Osakond vastutab instituudis mäendustingimuste labori arendamise eest, mis pakub analüüsiteenuseid ja eksperthinnanguid ettevõtetele.

2021. a teadustöö tulemuste osas väärrib esiletõstmist Puthiya Veetili jt uuring mis käsitleb globaalsete kliimamuutuste seisukohalt ülimalt aktuaalset CO₂ kinnipüüdmise ja sidumise probleemistikku. Töös on esmakordselt hinnatud Eesti põlevkivi kaevandusjäätidest toodetud sorbendi omadusi ja kasutusvõimalusi CO₂ kinnipüüdmiseks veepõhises keskkonnas. Laborikatsete tulemusel jõuti järeldusele, et normaalrõhul ja -temperatuuril ulatub sorbendi CO₂ sisumise võimekus otse suitsugaasidest 80%-ni ning näitab selle meetodi suurt perspektiivi nii Eestis kui laiemalt. Artikkel on avaldatud mainekas ajakirjas Energy ning see valmis esiautori järeldoktori projekti raames mitme instituudi koostöös.

Täiendav info:

Michael Hitch ja Veiko Karu osalevad Society of Mining Professors tegevuses;

Michael Hitch kuulub EIT Raw Materials peakontori Executive Boardi (kuni 31.12.2021)

Veiko Karu osaleb EIT Raw Materials Baltic Sea CLC Steering Committee aseesimehena

Mining and Mineral Technology Division

Research group leader: Veiko Karu, Senior Project Manager, veiko.karu@taltech.ee

Academic members: Michael Hitch, Erik Väli, Sander Kanter, Tõnu Tomberg, Jessica Strydom

Doctoral students: Andrus Paat, Nthati Monei, Vesta Kaljuste

Other members: Aleks Strazdin, Karin Robam

Keywords: Mining Science, Mining Engineering, Minerals, Raw Materials, Mineral Resources, Georesources, Mine Management, CO₂ Mineral Carbonation, Circular Economy, Social Licence, Phosphorite, Oil Shale, Limestone, Mine Waste, Phytoremediation

The Mining and Mineral Technology research in Estonia dates back to 1938 when the Department of Mining Engineering was established in Tallinn University of Technology. In 2016 the Department of Mining was merged with the Department of Geology and continues functioning today as the Mining and Mineral Technology Division and research group. The unit is responsible for research and development activities in the fields of mining science and engineering, as well as teaching respective topics to BSc and MSc students of the Georesources study programmes at TalTech. The mission of the Division is to help young engineers and geoscientists to develop necessary skills for sustainable and safe development, extraction and closure of Estonia's mineral resources. The research and development activities of the group take place through both public and private sector funded projects. Activities in 2021 were related to two Horizon2020 projects (SUMEX, RE-SOURCING), 12 EIT Raw Materials network projects and several applied studies. The group works closely with partner universities in Australia, Germany, Austria and Finland. The core competencies of the Mining Division include:

- Design of mining and mineral processing technologies,
- Finding and evaluating resource efficiency measures and technical solutions,
- Quantitative resource evaluation and mineral economics,
- Mining environmental impact and remediation, mine waste management, circular economy and social sustainability.

The infrastructure available to the group includes the Mining Conditions Lab, which provides analytical services and expert assessments, and the Virtual Mining Lab with specialised software and hardware for geological modelling, simulations etc.

From 2021 the study by Puthiya Veetil et al. (2021) should be highlighted. For the first time, the development of a Ca-based CO₂ capture sorbent from a limestone-rich mine waste via aqueous mineral carbonation was evaluated. Results of laboratory experiments showed that at normal pressure and temperature, the CO₂ uptake capacity of the sorbent directly from the exhaust gas reaches 80% and shows a great prospect for this method in Estonia and beyond. The paper was published in the prestigious journal Energy and represents work of a successful postdoc project in tight collaboration between three departments at TalTech.

Additional Info:

Michael Hitch and Veiko Karu are members of Society of Mining Professors

Michael Hitch is member at EIT Raw Materials HQ Executive Board (until 31.12.2021)

Veiko Karu is Vice-Chairman of EIT Raw Materials Baltic Sea CLC Steering Committee