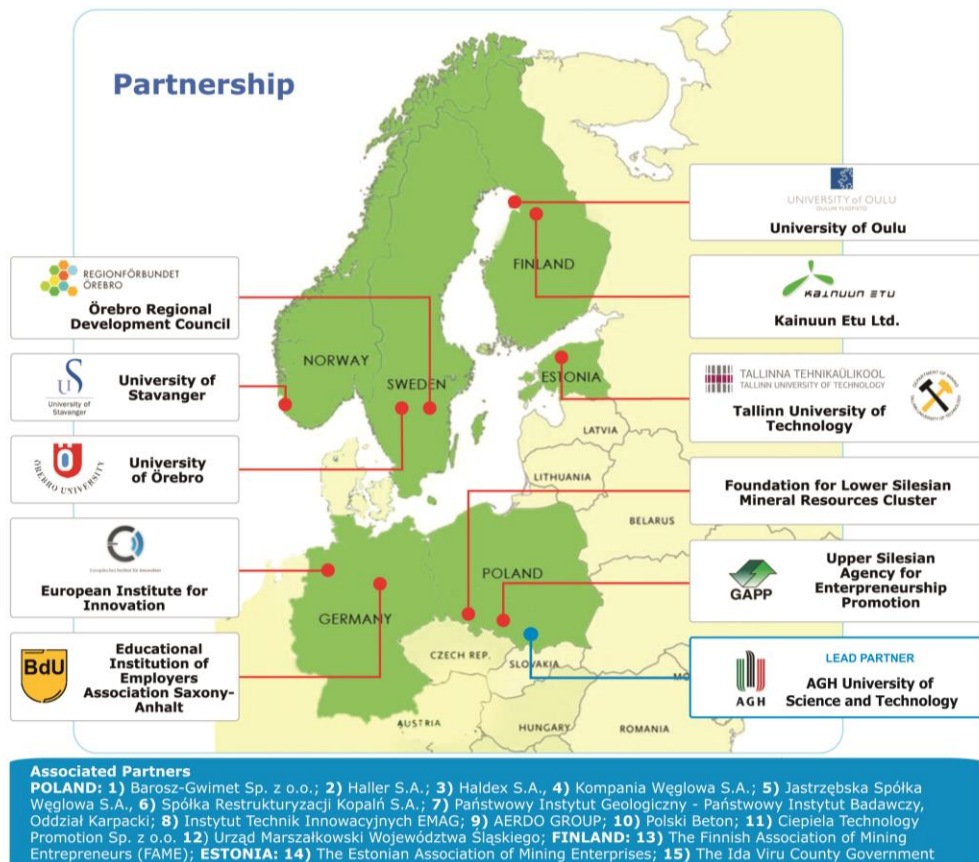


## 15. Pilotseade kaevandamisel tekkinud jääkide ja jäätmete töötlemiseks ning uute kasutusvalade leidmiseks

*Veiko Karu, Ingo Valgma*

Kaevandamisjäätmete kasutamisevõimaluste uurimine on seoses majandusolukorraga ja keskkonnanõuete teadvustamisega muutumas üha aktuaalsemaks. Eesti on osalenud projektides, mille raames on uuritud põlevkivi ja lubjakivi kaevandamise jääke. Üks uurimismeetodeid on olnud pilootkatseseadmete kasutamine. Seadmete valimisel lähtuti projekti MIN-NOVATION partnerite kaevandamisjäätmete olukorrast. Partnerite hulka kuulusid Poola, Saksamaa, Norra, Rootsi, Soome ja Eesti (Joonis 15-1).



### Joonis 15-1 MIN-NOVATION projekti partnerid

Siseriikliku võrgustiku abil valiti välja optimaalne katseseade maavarade rikastamise katsetamiseks. Võrgustikku kuulusid ettevõtete esindajad, ministriumite esindajad ja kohaliku piirkonna esindajad.

Ettevõtetest olid esindatud Eesti Energia Kaevandused, Kiviõli Keemiatööstus, Nordkalk, Viru Keemia Grupp, Paekivitoodete Tehas jt Eesti mäeettevõtted. Võrgustikku

kuulujatest saab ülevaate andmebaasist <http://mi.ttu.ee/db>. Optimaalse katseadme valimiseks teostasid võrgustikku kuulujad SWOT analüüsi ja edastasid oma ettepanekud, mida kaevandamisjäätmete seisukohalt on vaja uurida ja katsetada.

Mäenduses on katsetööd kapitalimahukad ja seega on vaja hoolikalt analüüsida, milliste pilootseadmetega katseid teostada. Pilootseadmeid teostatakse ja kombineeritakse erinevates valdkondades ja oluline on nendest tegemistest õppida, et ei korrataks samu vigu pilootseadme gruppide moodustamisel [11; 14]. MIN-NOVATION projekti seisukohalt oli tähtis, et pilootseadmed saaksid anda võrreldavaid tulemusi. Sellest lähtuvalt on Soome ja Rootsi pilootseadmed seotud metallimaakide kaevandamisel tekkivate jääkide ja jäätmete uurimise ja katsetamisega ning Eesti ja Poola seadmed kihtmaardlate kaevandamisel tekkivate jääkide ja jäätmete uurimise ja katsetamisega. Eesti ja Soome seadmed on komplekteeritud mobiilsetena, st neid saab vajadusel hõlpsasti transportida sobivasse katsetuspaika. Poola ja Rootsi seadmed on mõeldud töötama statsionaarsetena. Parimate lahendite saamiseks tuli riigiti uurida kaevandamisjääkide ja jäätmete haldamise süsteeme [16; 7; 5; 12; 1; 13]. Pilootseadmete valimisel ja komplektide moodustamisel järgiti riigiti veel kaevandamise jätkusuutlikkuse printsiipe [19]. Kui pilootseadme gruppide seadmed olid välja valitud, siis on oluline neid kõiki koos kujutada. Parimaks võimaluseks selleks on 3D mudelid. Pilootseadme tööskemide analüüsiks on hea koostada ruumilisi mudeleid ja simuleerida kaevisse voogu ja seadmete paiknemist [6]. Eesti pilootseadmega saab selektiivselt rikastada, kas kivimi purustamisega, märgsepareerimisega või kahe eelneva kombinatsioonina. [ 2; 10]

### Tulemused

Rahvusvaheliste projekti partneritega moodustasid neli pilootseadmetegrupi. Need rajati Eestisse, Soome, Poola ja Rootsi (Tabel 15-1).

**Tabel 15-1 MIN-NOVATION projekti pilootseadmed**

Jrk	Riik	Pilootseadme nimetus
1	Eesti	Põlevkivi kaevandamise jäägist toote valmistamise mobiilne pilootseade
2	Soome	Kaevandamisjäägi ja rikastamisprotsessi kontroll-labor
3	Poola	Kivisöe aheraine killustiku tootmisliin
4	Rootsi	Mobiilne metallide sisalduse labor

Koostöös välispartneritega koostati lisaks veel *MIN-NOVATION Baltic Waste Management Business Database* (<http://mi.ttu.ee/db>), kuhu on kantud Läänemere

piirkonna kaevandamisega tegelevad ettevõtted, et oleks teada, mis ettevõtete kaevandamisjääke testida ja analüüsida [15].

Eesti pilootseadmegrupi kuuluvad: minilaadur koos erinevate tavapäraste tööorganitega (Joonis 15-2); purustuskopp (Joonis 15-2); märgsepareerimise seade (Joonis 15-3). Kaevandamise jääkide ja jäätmete töötlemisel on lisaks abiks veel sõelumise komplekt, programm WipFrag koos foto ja video seadmetega. Katsetööde ajal saab kasutada ka varasemaid laboriseadmeid (lisainfo <http://mi.ttu.ee/labor/>).



**Joonis 15-2 Kopplaadur ja purustuskopp**



**Joonis 15-3 Märgsepareerimise pilootseade**

Soome pilootseadmegrupi kuuluvad: TGA-DAT-DSC analüsaator (*Thermogravimetry Analysis – Differential Thermal Analysis – Differential Scanning Calorimetry*); XRF analüsaator; XRD analüsaator; proovide kuumutaja (kuni 1300°C) ja katsekehade press XRF analüsaatori jaoks. Mõned pilootseadmegrupi seadmed asuvad mobiilses konteineris (Joonis 15-4).



**Joonis 15-4 Pilootseadmegrupi seadmete mobiilne konteiner**

Poola pilootseadmetegrupi kuuluvad statsionaarsed seadmed: rootorpurusti ja sõelur (Joonis 15-5).



**Joonis 15-5 Statsionaarne purustus ja sõelumissõlm**

Rootsi pilootseadmetegrupi kuuluvad seadmed: proovi purustamiseks; leostumiseks (Joonis 15-6) ja kontsentratsiooni määramiseks.



**Joonis 15-6 Metallide leostumisseade metalli sisalduse määramiseks**

## Diskussioon

Kõigi pilootseadmetega on testitud erinevaid maavarasid, mida Läänemere piirkonnas kaevandatakse. Eesti pilootseadmetega on katsetatud: klinkri (Joonis 15-7) ja põlevkivi purustamist (Joonis 15-8); põlevkivi märgsepareerimist (Joonis 15-9); savikat lubjakivikaevist (Joonis 15-10); Poola kivisöe rikastamise jäägi töötlemist (Joonis 15-11).



Joonis 15-7 Nordkalk - klinkri purustamine



Joonis 15-8 Kiviõli Keemiatööstuse aheraine purustamise katsed

Põlevkivi töötlemis- ja rikastamiskatsed (Joonis 15-8; Joonis 15-9) töid välja kui oluline on lubjakivi ja põlevkivi eraldamine [17]. Kadude vähendamiseks põlevkivi kaevandamisel on üheks võimaluseks kasutusele võtta kaevanduste täitmine, kus täitematerjalina saab kasutada kuivrikastamisel eraldatud lubjakivi, kusjuures oluline on leida sobiv tükisuurus täitematerjalile ning tuha, vee ja täitematerjali omavaheline seos tehisbetooni moodustumisel [18; 21; 25; 23]. Lisaks on vaja hiljem tehnoloogia rakendumisel jälgida põlevkivi kvaliteedi kontrollsüsteemi juurutamist [20]. Kaevanduse võimalike täitesegude moodustamine aitab luua samuti selliseid täitesegusid, mida saab kasutada täitmiseks ka märgalade alt kaevandamisel [24]. Sarnaseid katseid aitabki teostada Eesti pilootseadmetegrupp.



**Joonis 15-9 Estonia põlevkivikaevanduse põlevkivi märgsepareerimine**



**Joonis 15-10 Paekivitoodete Tehase kaevise separeerimiskatsed**



**Joonis 15-11 Kivisöe kaevandamisjäägi testimine**

### **Kokkuvõte**

MIN-NOVATION projekti eesmärgiks oli luua Läänemere piirkonnas infovõrgustik koos sobivate pilootseadmetega. Infovõrgustik on kahe tasandiline: rahvusvaheline ja siseriiklik. Pilootseadmete grupid tekkisid Rootsi, Soome, Eestisse ja Poola. Rootsi ja Soome pilootseadmed on suunatud metallimaakide kaevandamisel tekkivate jääkide ja



jäätmete uuringutele ja katsetöödele. Eesti ja Poola pilootseadmed on suunatud kihtmaardlate kaevandamisel tekkivate jääkide ja jäätmete katsetöödele ja uuringutele.

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – [mi.ttu.ee/etp](http://mi.ttu.ee/etp); Baltic Sea Region programme 2007...2013 projekt MIN-NOVATION ja B36 Kivimi raimamine ja rikastamise valikmeetoditega - [mi.ttu.ee/rikastamine](http://mi.ttu.ee/rikastamine).

## Viited

1. Galos, K.; Szlugaj, J. (2013). Mining and processing waste management in Poland. M. Cała (Toim.). Mining Waste Management in the Baltic Sea Region (60 - 68). Krakow: AGH University of Science and technology press
2. Karu, V. (2011). European Union Baltic Sea region project “MIN-NOVATION”. Oil Shale, 28(3), 464 - 465.
3. Karu, V.; Notton, A.; Gulevitš, J.; Valgma, I.; Rahe, T. (2013). Improvement of Technologies for Mining Waste Management. Proceedings of the 9th scientific and practical conference (127 - 132). Rēzeknes Augstskola
4. Karu, V.; Valgma, I.; Rahe, T. (2013). Mining Waste Reduction Methods. Zakis, J. (Toim.). 13th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering", Doctoral Scholl of Energy and Geotechnology II, Pärnu, Estonia, 14-19.01.2013 (278 - 280). Tallinn: Elekrijam
5. Koch, L.; Kreisel, S. (2013). Mining and processing waste management in Germany. M. Cała (Toim.). Mining Waste Management in the Baltic Sea Region (49 - 54). Krakow: AGH University of Science and technology press
6. Kolats, M. (2009). Spatial models in mining. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (2 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
7. Kujala, K. (2013). Mining and processing waste management in Finland. M. Cała (Toim.). Mining Waste Management in the Baltic Sea Region (44 - 49). Krakow: AGH University of Science and technology press
8. Nurme, M. (2014). Allu purustuskopa katsed Narva karjääris. Talveakadeemia 2014 kogumik (50 - 59). Tartu: Talveakadeemia
9. Pastarus, J.-R.; Šommet, J.; Valgma, I.; Väizene, V.; Karu, V. (2013). Paste fills technology in condition of Estonian oil shale mine. v. Astone (Toim.). Environment. Technology. Resources (182 - 185). Rezekne: Rēzeknes Augstskola
10. Sabanov, S.; Robam, K.; Väizene, V. (2010). Mäendustegevuse tööstusjäätmete mõju vähendamine keskkonnale läänemere regioonis - programm MIN-NOVATION. Västrik, A.; Niitlaan, E.; Reinsalu, E.; Vesiloo, P.; Pastarus, J.-R.;

- Kõpp, V.; Soosalu, H.; Viilup, (Toim.). Maapõue kasutamise arengud (57 - 58). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
11. Soares, AB.; Possa, MV.; de Souza, VP.; Soares, PSM.; Barbosa, MC.; Ubaldo, MD.; Bertolino, AVFA.; Borma, LS. (2010). Design of a Dry Cover Pilot Test for Acid Mine Drainage Abatement in Southern Brazil, Part II: Pilot Unit Construction and Initial Monitoring. *Mine water and the environment*. Volume 29, Issue 4, Page 277-284
  12. Szmigielski, P. (2013). Mining and processing waste management in Norway. M. Cała (Toim.). *Mining Waste Management in the Baltic Sea Region* (55 - 59). Krakow: AGH University of Science and technology press
  13. Sädbom, S. (2013). Mining and processing waste management in Sweden. M. Cała (Toim.). *Mining Waste Management in the Baltic Sea Region* (69 - 79). Krakow: AGH University of Science and technology press
  14. Zabaniotou, AA.; Skoulou, VK.; Mertzis, DP.; Koufodimos, GS.; Samaras, ZC. (2011). Mobile Gasification Units for Sustainable Electricity Production in Rural Areas: The SMART-CHP Project. *Industrial ja engineering chemistry research*, Volume 50, Issue 2, Page 602-608
  15. Valgma, I.; Karu, V. (2013). Baltic Mining Waste Management Business Database. M. Cała (Toim.). *Mining Waste Management in the Baltic Sea Region* (15 - 18). Krakow: AGH University of Science and technology press
  16. Valgma, I.; Karu, V. (2013). Mining and processing waste management in Estonia. M. Cała (Toim.). *Mining Waste Management in the Baltic Sea Region* (33 - 42). Krakow: AGH University of Science and technology press
  17. Valgma, I.; Karu, V. (2013). Waste from oil shale mining. Marek Cała (Toim.). *Mining Waste Management in the Baltic Sea Region* (120 - 126). Krakow: AGH University of Science and technology press
  18. Valgma, I.; Kolats, M.; Anepaio, A.; Väizene, V.; Saarnak, M.; Pastarus, J.-R. (2013). Backfilling technologies for Estonian oil shale mines. Agioutantis, Z. (Toim.). *Proceedings of the 6th International Conference on Sustainable Development in the Minerals Industry (SDIMI 2013)* (374 - 378). Milos island, Greece: Heliotopos
  19. Valgma, I.; Leiaru, M.; Karu, V.; Iskül, R. (2012). Sustainable mining conditions in Estonia. 11th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering", Doctoral Scholl of Energy and Geotechnology, Pärnu, Estonia, 16-21.01.2012 (229 - 238). Tallinn: Elektriajam
  20. Valgma, I.; Reinsalu, E.; Sabanov, S.; Karu, V. (2010). Quality control of Oil Shale production in Estonian mines. *Oil Shale*, 27(3), 239 - 249.
  21. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Karu, V.; Pastarus, J.-R.; Rahe, T.; Iskül, R. (2013). Reduction of Oil Shale Losses. G. Noviks (Toim.). *Environment. Technology. Resources* (201 - 205). Rēzekne: Rezekne Augstskola Izdevnieciba

22. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Saarnak, M. (2013). Technologies for Decreasing Mining Losses. *Environmental and Climate Technologies*, 11(1), 41 - 47.
23. Väizene, V. (2009). Backfilling technologies for oil shale mines. Valgma, I. (Toim.). *Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior* (1 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
24. Väizene, V. (2012). Põlevkivi kaevandamise võimalikkusest märgalade alt. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Karu, V. (Toim.). *Kaevandamine ja keskkond* (108 - 113). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
25. Väizene, V.; Valgma, I.; Iskül, R.; Kolats, M.; Nurme, M.; Karu, V. (2013). High selective oil shale mining. *Oil Shale*, 30(2S), 305 - 325.