

### 3. Põlevkivi kvaliteedi ja kaevandamistehnoloogia uuringud

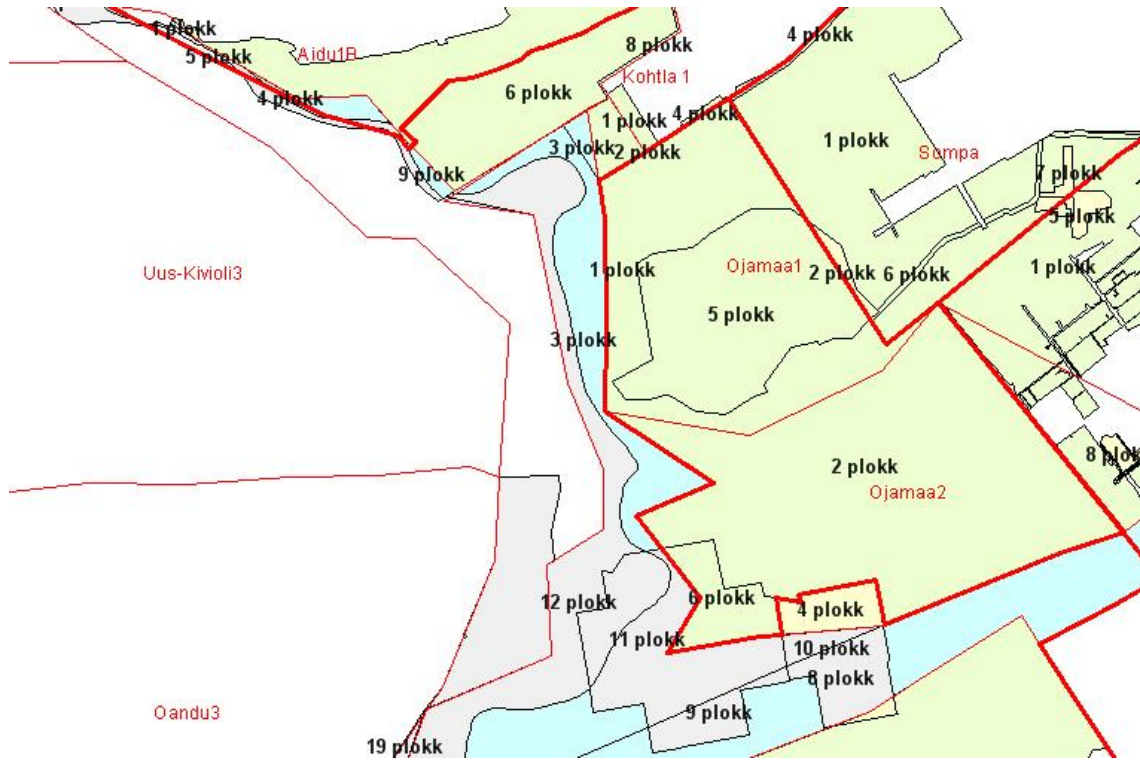
*Vivika Väizene, Ingo Valgma*

Põlevkivi on olnud Eesti üheks erilisemaks maavaraks, mida on kaevandatud juba ligikaudu 100 aastat. Seega on varu hindamise meetodika, kaevandamistehnoloogia valik, kaevise töötlemise protsess ja kadude vähendamine igapäevane küsimus [9].

Põlevkivi varu on ümberhinnatud AS Eesti Energia Kaevanduste aladel täpsemate andmete olemasolul. Ümberhindamise aluseks on võetud kaevandustes kaevandatava ploki kontuuril tootsa kihindi mõõtmised iga 100 –200 m tagant ning karjäärides mõõtmised kaks korda aastas iga 200 – 300 m tagant. Etes teostatud tootsa kihindi mõõdistamise andmeid võrreldi eelnevalt arvele võetud kihindi paksusega. Teostati statistiline analüüs trendi otsinguga ning hinnati mõõtmisandmete usaldatavust ja arvutati ümberhinnatavad põlevkivi kogused [14, 19, 22].

Kuna tuleviku kasutamissuund on põlevkivist õli tootmine, siis on põlevkivi varu hinnatud õlivaruna. Geoloogiliste lähteandmete alusel on tuvastatud ja matemaatiliselt formuleeritud tugev korrelatsioon õli saagise, orgaanilise aine sisalduse ja kütvuse (kütteväärtuse) vahel, mis võimaldab hinnata varusid õlimahukuse järgi [7] ning on antud hinnang võimalikele saadavatele õlikogustele [2].

Eesti uusim põlevkivikaevandus Ojamaa on avamisetapist täisvõimsusega tööle minemas ning huvi varu suurendamise vastu on tõusnud. Uuringus on käsitletud Ojamaa põlevkivikaevanduse varu suurendamise võimalikkust. Geoloogiliste andmete põhjal koostatud matemaatilise arvutusmudeli ja ruumilise pinnamudeli põhjal on hinnatud põlevkivivaru kogust, varu kvaliteeti ja usaldusväärsust Ojamaa kaevanduse külgnevatel aladel (Joonis 3-1). Laiendamise kriteeriumitena on analüüsitud põlevkivikihi paksust, energiatootlust, geoloogilist rikutust ja looduskaitse piiranguid [11, 20, 18, 12]. Välja on toodud laiendamise võimalikkuse ulatus ja suunad parimal ja halvimal juhul (Tabel 3-1).



Joonis 3-1 Ojamaa kaevandusega külgnevad plokkid varu kategooriaga aastal 2012

Tabel 3-1 Ojamaa kaevanduse laiendamise võimaluste analüüs

Uuringuväli		Ojamaa	
Plokk		4	
Tootuskihind		A-F <sub>1</sub>	
Arvel oleva varu liik		pT	
Pindala, ha		45,57	
Paksus	Mudel	MM, m	2,74
	Matem.	MM, m	2,72
	Mudel	PK, m	2,19
	Matem.	PK, m	2,15
Kütteväärtus	Mudel	MM, MJ/kg	8,95
	Matem.	MM, MJ/kg	8,83
	Mudel	PK, MJ/kg	11,78
	Matem.	PK, MJ/kg	11,76
Mahukaal	Mudel	t/m <sup>3</sup>	1,57
	Matem.	t/m <sup>3</sup>	1,57
Energiatootlus	Mudel	GJ/m <sup>2</sup>	40,5
	Matem.	GJ/m <sup>2</sup>	40,1
Varu	Mudel	tuh t	1573
	Matem.	tuh t	1542
	Praegu arvelolev	tuh t	1620
Varu erinevus	Mudel ja matem.	%	2,0
	Mudel ja praegu	%	2,9
	Praegu ja matem.	%	5,0
Uuringuvõrgu tihedus		tk/km <sup>2</sup>	2,2
Varu usaldusväarsus		100 % tarbevaru	
Päärang		Muraka looduskaitseala	
Laiendamise variandid	min	0	
	max	0	
Varu kogus laiendamisel, tuh t	min	0	
	max	0	
Varu kogus laiendamisel, tuh t. min	aR	0	
	aT	0	
Varu kogus laiendamisel, tuh t. max	aR	0	
	aT	0	
	pR	0	
	pT	0	

Lisaks põlevkivi kaevandamisele Eestis on uuritud kaevandamise võimalikkust Jordaania [15] ja USA-s [1]. Jordaania põlevkivi füüsikalisi-mehaanilisi parameetreid

määramiseks viidi läbi laborikatsed [6, 21, 3] ning arvutati koefitsiendid edaspidiseks mäetööde projekteerimiseks [5].

Lisaks on hinnatud Ojamaa kaevanduse geoloogilises häirevööndis [17, 16] väljatava kaevise rikastamise protsessi ning võimalusi tükikivi osakaalu suurendamiseks [13]. Uuringu eesmärk oli välja selgitada tükisuuruse 25...125 mm osakaalu tõstmiseks ja 11,34 MJ/kg kütteväärtusega kaubapõlevkivi osakaalu suurendamiseks. Uuringu tulemusena leiti, kui palju on kihtide A-F<sub>1</sub> väljamisel võimalik saada II-sordi põlevkivi. Põlevkivikihtide kütteväärtused ja survetugevused erinevad omavahel oluliselt, kuid on muutumatud kaevanduse eri osades. Lõpptulemusena jõuti järeldusele, et oluliseks mõjutavaks teguriks on puur-lõhketööde teostamine kaevises peenosa vähendamisel [10, 4].

Põlevkivi on uuritud aktiivselt nii tehnoloogia arendamise, keskkonnahoiu ja säästlikkuse poole püüeldes ning jätkatakse kindlasti ka tulevikus (Tabel 3-2).

**Tabel 3-2 Mäeinstituudi poolt viimastel aastatel teostatud põlevkiviuuringud. Vt. lisa aadressilt: [mi.ttu.ee/projektid](http://mi.ttu.ee/projektid) [9]**

<b>Uuringu nimetus, vt. lisa aadressil: <a href="http://mi.ttu.ee/projektid">mi.ttu.ee/projektid</a></b>
Allmaakuivrikastamise tehnoloogia valik
Allmaakonstruktsioonide ja mäemassiivi pikaajaline käitumine ning keskkonnamõju
Altkaevaevandatud alade püsivuse prognoos ja keskkonnamõju
Altkaevandatud maa hinnang kõrvalmaantee 13134 Kukruse-Tammiku lõigul Kukruse-Pajualuse
Determination of conversion factor between compression strength and point load test index
Digitaalsed mäetehnoloogilised skeemid
Eesti Energia Kaevanduste põlevkivivarude hindamine õlivaruna. Etapp I
Eesti maapõue geotehnoloogilised mudelid, erijuhus - lavamaardlad
Eesti põlevkivimaardla tehnoloogiline, majanduslik ja keskkonnakaitseline rajoneerimine
Eksperthinnang Aidu karjääri Kohtla kaevevälja KMIN-017 5 geoloogilise ploki lubjakivi kõvaduse määramiseks

Eksperthinnang vanade kaevanduskäikude ohtude kohta
Estonia kaevanduse ja Narva karjääri veekõrvalduse optimeerimine
Estonia kaevanduse lõhketööde mõjutegurite mõõtmine
Estonia kaevanduse rikastusvabriku arvutusmudeli koostamine
European Explosives Network
Fosforiidi ja põlevkivi allmaa-kaevandamise võimalus Rakvere fosforiidilevila ja Eesti põlevkivimaardla kattumusosal
Geoloogilise ja kaevandamiste mudeli koostamine Kiviõli kaevanduse ja poolkoksi ladestu alal
Hinnang Aidu, Ojamaa ja Uus-Kiviõli kaevanduse rajamiseks
Ida-Virumaa põlevkivikaevandamisalade ruumilise planeeringu hinnang
Jõhvi Viru Üksikjalaväepataljoni territooriumi geoloogiline ehitus ning mäetöödega mõjutatud alad
Jõhvi, Toila ja Mäetaguse valla ühise energiasäästliku arengu kavandamine
Kaevandamisjätmete haldamine
Kaevandamisloa taotlus Ojamaa kaeveväljale. Ojamaa kaevanduse rajamise arengukava
Kaevanduste täitmise alased uuringud
Kasutamissuundadele vastava põlevkivi varu hindamise kriteeriumide loomine ja koguse hindamine vastavalt arenevale kütuse ja energiamajandusele, ressursi pikaajaline planeerimine
Kasutustehnoloogiale vastava optimaalse koostisega põlevkivi tootmise tehnoloogilised võimalused ning majandusliku otstarbekuse analüüs
Keskkonnasäästlike kaevandamistehnoloogiate arengute kirjeldus
Keskkonnasäästliku freeskombainkaevandamise tehnoloogia arendamise põhiprojekti taotlusmaterjalide ettevalmistamine
Kivimi raimamine ja rikastamise valikmeetoditega
Kivimite tugevusomaduste määramise ekspressmeetodi väljatöötamine põlevkivi ja

lubjakivi kaevandamisel
Kohtla-Järve Järveküla tee 50 kinnistu maapinna kaardi sidumine Kukruse kaevanduse mäetööde ja ehitiste vundamentide plaaniga
Kohtla-Järve Järveküla tee 50 kinnistu maapinna püsivushinnang
Kohtla-Järve linnast Ahtmesse ehitatava soojustrassi all olevate kaevanduste plaanid
Kohtla-Järvel tööstusjäätmete ja poolkoksi stabiilsuse analüüs
Maavarade kaevandamise mõju keskkonnale
MIN-NOVATION. Mining and Mineral Processing Innovation Network
Mäendusliku tarkvaraga modellerimissüsteemi rakenduslahenduste loomine
Ojamaa kaevanduse kaubapõlevkivi kvaliteedijuhtimise auditi koostamine
Ojamaa kaevanduse põlevkivi varu suurendamise võimaluste uuring
Pesemise mõju täitematerjali kvaliteedile
Physical, mechanical parameters of the rock
Physical-mechanical parameters of the rock report
Planeeritava kaevandamise eskiislahenduse projekteerimistööd
Põlevkivi altkaevandatud alade stabiilsuse hindamine
Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine
Põlevkivi kaevandamise analüüs
Põlevkivi kaevandamise AS-i ettevõtete tööst tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine
Põlevkivi kaevandamise tehnoloogiate keskkonnamõju prognoos 2016-2030
Põlevkivi kvaliteeditunnuste määramine AS-s Eesti Põlevkivi ja AS-s Narva Elektrijaamad
Põlevkivi ressurss
Põlevkivikadude vähendamine

Põlevkivikasutuse jätkusuutlikkuse tagamiseks põlevkivi kasutamissuundade määramine ja varu hindamine uute kriteeriumide alusel
Põlevkivikvaliteedijuhtimise süsteemi loomine
Põlevkivivaru ümberhindamine Eesti põlevkivimaardla Eesti Energia Kaevanduste ASile kuuluvate mäeeraldiste kaeveväljadel.
Rikastusvabrikute maksumuse eelhinnang
Selisoos ja teiste märgalade alt põlevkivi kaevandamise tehnoloogiliste võimaluste väljatöötamine
Suletud kaevanduste mõju
Süsihappegaasi heitkoguste mineraalse sidumise ja geoloogilise ladustamise võimaluste hindamine tehnoloogiliselt, geoloogiliselt ja toksikoloogiliselt.
Tallinn-Narva maantee Kukruse-Jõhvi teelõigu rekonstrueerimise tehnilise projekti keskkonna konsultatsioon
Taotluse ettevalmistamine Energiatehnoloogia programmile koostöös AS Eesti Põlevkiviga teemal 'Kambriploki püsivus põlevkivi kaevandustes'
Taotluse ettevalmistamine Euroopa Sõe ja Teras Uurimisfondi uurimisprojektiks. Põlevkivituha ja aheraine segust valmistatud täitematerjaliga kaevanduste täitmise katsetööd seoses CO2 vähendamise nõuetega
Teadusabi AS Eesti Põlevkivi kaevandamistechnoloogia arendamisel
Teostatavus-ja tasuvusuuringu koostamine ja läbiviimine põlevkivi kaevanduse ja põlevkivitöötlemise tehase rajamiseks Jordaania
Tuulutuse optimeerimine allmaakaevandamisel
Ubja põlevkivikarjääri korrastamisprojekt
Vironia Keskuse laienduse püsivushinnang
Viru jalaväepataljoni altkaevandatud maa-ala eksperthinnang

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); VIR491 – MIN – NOVATION : Kaevandamise ja kaevandamisjäakide / jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere

piirkonnas; B36 - Kivimi raimamine ja rikastamise valikmeetoditega - mi.ttu.ee/rikastamine.

## Viited

1. Bartis JT., LaTourrette T., Dixon L., Peterson DJ. (2005). Oil shale development in the United States: Prospects and policy issues. Rand Corporation
2. Eesti Energia Kaevanduste põlevkivivarude hindamine õlivaruna. Mäeinstituut. 2012, <http://mi.ttu.ee/projektid/238/>
3. Karu, V.; Anepaio, A. (2008). Kivimi tugevusomaduste määramine mobiilsete katseseadmetega. Valgma, I. (Toim.). Killustiku kaevandamine ja kasutamine (40 - 45). Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
4. Karu, V.; Rahe, T.; Saarnak, M.; Lüütre, E. (2013). Selective crushing methods for oil shale mining with crushing buckets. International Oil Shale Symposium Tallinn, Estonia, 10.-13.06.2013 (59 - 60). Tallinn: Enefit
5. Kivimi tugevusomaduste määramine ja analüüs. Mäeinstituut. 2011
6. Kivimite füüsikalise-mehaaniliste parameetrite määramine. Mäeinstituut. 2011
7. Koitmet, K.; Reinsalu, E.; Valgma, I. (2003). Precision of oil shale energy rating and oil shale resources. Oil Shale, 20(1), 15 - 24.
8. Luik, H.; Luik, L.; Johannes, I.; et al. (2014). Upgrading of Estonian shale oil heavy residuum bituminous fraction by catalytic hydroconversion. FUEL PROCESSING TECHNOLOGY. DOI: 10.1016/j.fuproc.2014.02.018
9. Mäeinstituudi projektid. [mi.ttu.ee/projektid](http://mi.ttu.ee/projektid) Mäeinstituut. 2014
10. Ojamaa kaevanduse kaubapõlevkivi kvaliteedijuhtimise auditi koostamine. Mäeinstituut. 2013
11. Ojamaa kaevanduse põlevkivi varu suurendamise võimaluste uuring. Mäeinstituut. 2013, <http://mi.ttu.ee/projektid/576/>
12. Orru, M.; Väizene, V.; Pastarus, J.-R.; Sõstra, Y.; Valgma, I. (2013). Possibilities of oil shale mining under the Selisoo mire of the Estonia oil shale deposit. Environmental Earth Sciences.
13. Pastarus, J.-R.; Otsmaa, M.; Shommet, J.; Pototski, A.; Kuusik, R. (2012). Improvement of current mining technology in Estonian oil shale mines. Nikolajev, N., Daskalov, P., Lossifov, D., Kolev, K., Ivanov, V., Dedalyanova, K., Georgiev, K. (Toim.). Proceeding of the V-th International Geomechanics Conference (275 - 279). Varna, Bulgaria: Scientific and Technical Union of Mining, Geology and Metallurgy
14. Põlevkivivaru ümberhindamine Eesti põlevkivimaardla Eesti Energia Kaevanduste ASile kuuluvate mäeeraldiste kaeveväljadel. Mäeinstituut. 2013, <http://mi.ttu.ee/projektid/243/>
15. Sakhrieh, A.; Hamdan, M. (2012). A Study on the Jordanian Oil Shale Resources and Utilization. PROCEEDINGS OF THE SIXTH GLOBAL CONFERENCE ON POWER CONTROL AND OPTIMIZATION. AIP Conference Proceedings. DOI: 10.1063/1.4768979



16. Sõstra, Ü. (2013). Eesti aluspõhja tektooniliste uuringute rakenduslik olemus. In: XXI Aprillikonverentsi "Rakendusgeoloogilistest uuringutest Eestis - olevik ja tulevik" teesid: Rakendusgeoloogilistest uuringutest Eestis - olevik ja tulevik, Tallinn. 5.04.2013.a. (Toim.) Suuroja, K.; Pöldvere, A.. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 2013, 55 - 58.
17. Sõstra, Ü. (2014). Eesti tektoonilise ehituse põhijooni. In: XXII Aprillikonverentsi "Geoloogialt ühiskonnale" teesid: XXII Aprillikonverents "Geoloogialt ühiskonnale", Tallinn, 4.04.2014.a. (Toim.) Suuroja, K.; Pöldvere, A.. Tallinn: OÜ Eesti Geoloogiakeskus, 2014, 40 - 43.
18. Valgma, I.; Väizene, V.; Orru, M.; Vendla, S.; Ljaš, J.; Pensa, M.; Karu, V. (2014). Influence of oil shale mining on the environment in Estonia. In: Resources and energy saving: (Toim.) I. Valgma. Tallinn: Mäeinstituut, 2014.
19. Varu ümberhindamine Eesti põlevkivimaardla Eesti Energia Kaevanduste ASile kuuluvate mäeeraldiste kaeveväljadel. Mäeinstituut. 2015
20. 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
21. Väizene, V.; Anepaio, A. (2013). Kiirkatsed punktkoormustestiga aitavad hinnata Jordaania põlevkivi. Inseneria, 6 (54), 36 - 36.
22. Väizene, V.; Valgma, I.; Reinsalu, E.; Roots, R. (2014). Analyses of Estonian oil shale resources. . In: Resources and energy saving: (Toim.) I. Valgma. Tallinn: Mäeinstituut, 2014.