



MÄENDUS



Mäeinstituut 2014

Mäendus 2014

Kogumiku toimetuskolleegium

Ingo Valgma – toimetaja

Martin Saarnak - küljendaja

Toimetus:s

Ingo Valgma, Vivika Väizene, Margit Kolats, Gaia Grossfeldt, Veiko Karu, Martin Nurme

Esikaas: Maardu fosforiidikarjääri lõputranšee

Annotatsioon

Mäeinstituudi kogumik koondnimetusega „Mäendus“ koondab aktuaalsete mäendusuringute põhjal koostatud artikleid. Riikliku energiatehnoloogiate programmi raames on tehtud nii põlevkivi kui põlevkivi jääkide ja jäätmete kasutamise laiaulatuslikke uuringuid. Nii põlevkivi kui teiste maavarade ja geotehnoloogia on seotud mitmed Eesti Teadusfondi grandiuuringud, kus uuritakse varinguid, tektoonikat ja kaevanduste täitmist. Mitmed seired ja projekteerimistööd käsitlevad keskkonnamõju ja tehnoloogilisi lahendusi. Käivitunud on maavarade raimamise ja kaeviste rikastamise uuringud ning katsetööd.

Kogumik on seotud järgnevate Mäeinstituudi uuringute ja projektidega: Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine (3.2.0501.11-0025) - mi.ttu.ee/etp; MIN - NOVATION - Kaevandamise ja kaevandamisjääkide/jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas (VIR491) – mi.ttu.ee/min-novation; Kivimi raimamine ja rikastamine valikmeetoditega (B36) – mi.ttu.ee/rikastamine. Täpne Mäeinstituudi projektide loetelu asub projektide veebilehel: mi.ttu.ee/projektid.

Viitamine kogumikule:

Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Grossfeldt, G.; Karu, V. (2014). Mäendus. Tallinn: TTÜ Mäeinstituut

Viitamine artiklile:

Valgma, I., Kolats, M., Grossfeldt, G. (2014). Mäenduslikud õpiobjektid. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Karu, V.; Grossfeldt, G. (Toim.). Mäendus (7-26). Tallinn: TTÜ Mäeinstituut

ISBN 978-9949-430-81-9 (CD)

ISBN 978-9949-430-80-2 (pdf aadressil mi.ttu.ee/kogumik)

Autoriõigus: TTÜ Mäeinstituut, 2014-11-15

ETISE kategooria 3.2 – eelretsenseeritud kogumik, vt. www.etis.ee

Sisukord

1. Eessõna	10
2. Mäenduse ajalugu enne seda kui Eestist sai mäetööstusmaa	11
3. Põlevkivi kvaliteedi ja kaevandamistehnoloogia uuringud	30
4. Mäenduslikud õpiobjektid	39
5. Kaasaegsed ehitus- ja mäemasinad.....	48
6. Eesti põlevkivi kaevandamisviisid	55
7. Eesti maavarad, nende kaevised ja kasutusala.....	68
8. Mäeinstituudi põlevkiviuuringutest.....	74
9. Põlevkivi kaevandamise tehnoloogiate keskkonnamõjust aastatel 2016-2030	82
10. Põlevkivi kaod	99
11. Keskkonnaprobleemid põlevkivi, lubjakivi, liiva, kruusa ja turba mäeeraldiste kasutuselevõtul.....	108
12. Kaardistamine ja mäetööde plaanid.....	112
13. Põlevkivivaru ümberhindamine alaplökkides	118
14. Põlevkivi kaevandamisest ning ühest võimalikust tulevikutehnoloogiast	122
15. Pilootseade kaevandamisel tekkinud jääkide ja jäätmete töötlemiseks ning uute kasutusala leidmiseks	132
16. Inertsed täiematerjalid	143
17. Linttervikutega kamberkaevandamise tehnoloogia	147
18. Lõhketööde mõjust kaubapõlevkivi klassi 0...30 mm väljatulekule.....	152
19. Ojamaa kaevandus – Eesti kõige uuema kaevanduse toodang õlitehasele.....	163
20. Pinnasepuur - hõlbus abimees geoloogilisel praktikumil	169
21. Maardu kaevandamisala vee kvaliteet	174
22. Mäendusmakett- õppetöö lahutamatu osa	185
23. Mäeinseneride elukestev õpe.....	189
24. Põlevkivi rikastamisjääkide ladustamine ja alternatiivne kasutamine	198
25. Võllpurustuskopa eelised lõugpurustuskopa ees	203
26. Modelleeritud müramudeli kehtivus Eesti õigusruumis	209
27. Põlevkivituha taaskasutamise seotud õigusaktid	213
28. Lühieekombaini kasutamise mõjud varingute tekkele kirde-estis põlevkivikaevandustes	222
29. Määruse „Lõhketöö projektile esitatavad nõuded“ vastavus praeguste kaevandamistingimustega põlevkivikaevanduses.....	234

30. Ülekaevandamine, seadusandlusest tulenevad nõuded ja karistused Oorema IV kruusakarjääri näitel.....	245
31. Kutseomistamine mäenduses.....	250
Research projects in Mining Department (http://mi.ttu.ee/projects)	262
Mäeinstituudi projektid, uuringud ja osalemine uuringutes (http://mi.ttu.ee/projektid/)	262
Mäeinstituudi personal.....	296
Tagasi ülikooli	300

Tabelid

Tabel 2-1 Varajase mäenduse aegrida [2,4,5].....	11
Tabel 3-1 Ojamaa kaevanduse laiendamise võimaluste analüüs	32
Tabel 3-2 Mäeinstituudi poolt viimastel aastatel teostatud põlevkiviuringud. Vt. lisa aadressilt: mi.ttu.ee/projektid [9]	33
Tabel 5-1 Mäemasinate infoportaal	52
Tabel 6-1 Avakaevandamise perioodid Eesti põlevkivi karjäärides [2]	65
Tabel 6-2 Kaevandamisviiside perioodid Eesti põlevkivi kaevandustes [2]	65
Tabel 7-1 Eesti põhiliste maavarade kasutusala ja varu jääk seisuga 2013 lõpp [8]	69
Tabel 8-1 Aktiivsed põlevkivi kaevandamisload seisuga 2014 (Maa-amet, 05.10.2014)	74
Tabel 10-1 Mitmesugused kaevandamise kaod aastal 1982 [17]	104
Tabel 11-1. Müra sumbuvus metsas	109
Tabel 12-1 Markšeideri täiendused aja, nime ja allkirjaga planšeti kirjanurgas.....	112
Tabel 13-1 Põlevkivikihtide paksuse statistiline analüüs	119
Tabel 14-1 Suuremamahulisemad katsetööd purustuskoppadega Eestis Mäeinsituudi osalusel.....	128
Tabel 15-1 MIN-NOVATION projekti pilootseadmed	133
Tabel 16-1 Killustiku kui täiematerjali mõõdetud (reaalsed) ja soovituslikud parameetrid	144
Tabel 17-1. Sammas- ja linttervikute kadude võrdlus	147
Tabel 18-1 Katselõhkamised.....	157
Tabel 19-1 Põlevkivi ja lubjakivi purunemise võrdlus simuleerimis tarkvaral	166
Tabel 20-1 Tudengite poolt mõõdetud punktid turbaväljal	172
Tabel 21-1 Fosforiidikaevandamise alade iseloomulikud andmed, koos veemahtudega	177
Tabel 21-2 Maardu järve ja kaevandatud alade tehnoloogiliste veekogude (kraavide) vee ökoloogiline seisund füüsikaliste ja keemiliste näitajate järgi (aritmeetilised keskmised kõigist vaatlusandmetest aastatel 2011-2013). [10, 27].....	179
Tabel 21-3 Maardu piirkonna vooluvee pinnaveekogumite ökoloogilise seisundi määramine füüsikalise-keemiliste klasside kvaliteedinäitajate ja üldtingimuste järgi vastavalt lisale 4 keskkonnaministri määrusele nr 44 (jõustunud 28.11.2010.a). [11, 27]	180

Tabel 22-1 Geodisaini kursustel valminud mäendusmaketid	186
Tabel 23-1 Täienduskoolituse punktide väärtuse arvestamine [13]	193
Tabel 24-1. Jäätmehoidla parameetrid. [8]:	200
Tabel 25-1 Allu tööorganite parameetrid [4]	205
Tabel 25-2 MB tööorganite parameetrid [4]	205
Tabel 26-1 Programmis CadnaA kasutatavad standardid [6]	210
Tabel 28-1 Põlevkivi kaod tervikutes [16]	232
Tabel 29-1 Ehitise suurim lubatav võnkekiirus sõltuvalt kaugusest ja aluspinnast [3].	237
Tabel 29-2 Ehitise liigist sõltuv parandustegur [3]	238
Tabel 29-3 Ehitise suurim lubatav võnkekiiruse määramine Saksa standardi järgi [2].	238
Tabel 29-4 Ehitise suurim lubatav võnkekiiruse määramine Prantsusmaa standardi järgi [2]	239
Tabel 29-5 Ehitise suurim lubatav võnkekiiruse määramine Rootsi standardi järgi [2].	239
Tabel 30-1 Erinevad õhusaaste väärtused erinevatel protsessidel Ooremaa IV karjääri näitel	247
Tabel 30-2 Ooremaa IV karjääri potentsiaalsete tulude ja kulude võrdlus	248
Tabel 31-1 Väljastatud pädevus- ja kutsetunnistused vastutusulatuste kaupa ajavahemikul 2007-2014	252
Tabel 31-2 Mäeinseneride kutsestandardi kaheksa kohustuslikku kompetentsi ja volituste ulatus, Versioon 2 [10]	253
Tabel 31-3 Formaalhariduse ja kutsetaseme vastavus [11, 9, 1, 33]	254
Tabel 31-4 Ligikaudne geotehnoloogia erialal lõpetamise ja katkestamise statistika ajavahemikus 2009-2014, kus AAGB tähistab bakalaureuseõpet ning AAGM magistriõpet. Lõpetamise tulemuslikkus – kogu lõpetajate arv sisseastujatest, lõpetajate efektiivsus – normaalajal lõpetajate hulk	257

Joonised

Joonis 2-1 Esimese ekskavaatori eskiisi tegi Giovanni Fontana 1420. aastal. Tänapäeval on sellest arenenud teleskoopnoolega pärikoppekskavaatorid [4]	13
Joonis 2-2 Visand ujuvdraglainist aastast 1500 [4]	14
Joonis 2-3 Roobastee [4]	14
Joonis 2-4 Regi kaevise vedamiseks [4]	15
Joonis 2-5 Vintsiga tõsteseade [4]	16
Joonis 2-6 Elevaatorikonveier [4]	16
Joonis 2-7 Greiferkoppekskavaator [4]	17
Joonis 2-8 Adrast arendatud skreeper [4]	18
Joonis 2-9 Inimjõul töötav pärikoppekskavaator [4]	18
Joonis 2-10 Dubois põhjaluugiga pärikoppekskavaator [4]	19
Joonis 2-11 Hobuvintsiga paljukopuline ekskavaator [4]	19
Joonis 2-12 Tuulejõul käitav ja praamile paigutatud rootorekskavaator [4]	20

Joonis 2-13 Esimene pöördkoppekskavaatori projekt [4].....	20
Joonis 2-14 Inimjõul töötav pärikoppekskavaator [4]	21
Joonis 2-15 Hobuvagonetid [4].....	21
Joonis 2-16 Marmorimurd [4].....	22
Joonis 2-17 Pendel-rootorekskavaator [4]	22
Joonis 2-18 Esimene aurumootoriga masin [4]	23
Joonis 2-19 Pärikoppekskavaator praamil [4].....	24
Joonis 2-20 Elevaatorkonveieriga skreeper [4].....	24
Joonis 2-21 Hobuvintsid ja käsikärud [4]	25
Joonis 2-22 Esimene kuivamaa paljukopiline kettekskavaator [4]	25
Joonis 2-23 Hobuskreeper [4].....	26
Joonis 2-24 Esimene auru-roomiktraktor [4].....	26
Joonis 2-25 Käsivintsiiga paljukopiline ekskavaator [4]	27
Joonis 2-26 Mootorgreider Good Roads Machine [4]	27
Joonis 2-27 Mootorgreider [4]	28
Joonis 3-1 Ojamaa kaevandusega külgnevad plokid varu kategooriaga aastal 2012	31
Joonis 4-1 Klassifikatsiooni jaotuse kirjeldus.....	40
Joonis 4-2 Kaevandamisviisid (vaalkaevandamine, aukkaevandamine, veealune kaevandamine, kamberkaevandamine)	41
Joonis 4-3 Allmaakopplaadur kaevanduses põlevkivi kraapkonveierile laadimas	43
Joonis 4-4 Pealmaakopplaadur karjääris kivisütt kallurile laadimas	43
Joonis 4-5 Käpplaadur	44
Joonis 4-6 Mäeinstituudi õpiobjekt - Maavarade majandus	45
Joonis 4-7 Õpiobjekti Maavarade majandus sisu.....	46
Joonis 5-1 Sany masinad- Hiina masinatootja väljapanek kui ajamärk.....	49
Joonis 6-1 Tulptervikutega kamberkaevandamisviis [13]	58
Joonis 6-2 30° – 60° kambrite asetusega kamberkaevandamisviis [13]	59
Joonis 6-3 Logistuskambritega kamberkaevandamisviis [13].....	60
Joonis 6-4 Mitme kambriline kamberkaevandamisviis [13].....	61
Joonis 6-5 Ristlõhkeaukudega kamberkaevandamisviis [13].....	62
Joonis 6-6 Kombainlaavakaevandamisviis [13]	64
Joonis 7-1 Buldooseriga raimatud põlevkivi	70
Joonis 7-2 Katlatuhk	70
Joonis 7-3 Täitematerjalina kasutatav lubjakivikillustik	71
Joonis 8-1 Välitööd Selisoos.....	77
Joonis 9-1 Põlevkivi kaevandamise maht ning all- ja pealmaakaevandamise jagunemine, mln t/a	83
Joonis 9-2 Aheraine mõju hinnang hinnangupallides	84
Joonis 9-3 Põlevkivi olemasolevate aherainemägede asukohaskeem	85
Joonis 9-4 Aheraine tekkimise dünaamika Eesti põlevkivimaardlas (1945 kuni 2023)...	86

Joonis 9-5 Kaevandamissügavuse 0-12 ja 13-40m andmetel rajoneeritud kaevandamisala. 10x10km võrgustik	88
Joonis 9-6 Maastikumõju kaalutud keskmised hindepallid	89
Joonis 9-7 Kaevandatud alade suurused, km ²	90
Joonis 9-8 Maakatte jaotus aladel, km ²	91
Joonis 9-9 Kaevandatud alad kaeveväljade kaupa.....	91
Joonis 9-10 Põlevkivi kaevandamise mõju põhja- ja pinnaveele hinnangupallides	92
Joonis 9-11 Erinevate variantide mõjupallid valdkondade kaupa	95
Joonis 9-12 Mõjupallid valdkondade kaupa	95
Joonis 9-13 Erinevate variantide mõjupallide summa	96
Joonis 10-1 Eesti põlevkivi kihindi läbilõige [2].....	99
Joonis 10-2 Paarisstrekidega kaevandamisviis [4]	101
Joonis 10-3 Linttervikutega kamberkaevandamisviis [18]	102
Joonis 10-4 Paarislaavadega pikkesi kaevandamisviis [18]	103
Joonis 10-5 Tulptervikutega kamber-kaevandamisviis [18].....	103
Joonis 11-1. Tolmu ja müra mõõtmine	109
Joonis 11-2. Tolmu kumulatiivse mõju mudel koos Mõnumäe veekogu rajamisega.....	110
Joonis 12-1 Sompa kaevanduse põlevkivi kaevandamise paberplanšett mõõtkavaga 1 : 1000 aastast 1964.....	113
Joonis 12-2 Tänapäevane digitaalne mäetööde plaan.....	114
Joonis 13-1 Alaplokid 1-1, 1-2 ja 1-6 plokis 1	118
Joonis 13-2 Põlevkivikihtide kogupaksus puursüdamikes alaplokkides 1-1, 1-2, 1-6 ja plokis 1.....	119
Joonis 14-1 Kamberjaevandamise tehnoloogia skeem.	124
Joonis 14-2 Purustuskopa kasutusvõimalused erinevate masinate küljes.....	126
Joonis 14-3 Purustatud materjal väljub kopa alt.....	127
Joonis 14-4 Purustuskopa separeerimisprotsess	128
Joonis 15-1 MIN-NOVATION projekti partnerid.....	132
Joonis 15-2 Koppladur ja purustuskopp.....	134
Joonis 15-3 Märgsepareerimise pilootseade	134
Joonis 15-4 Pilootseadmegrupi seadmete mobiilne konteiner.....	135
Joonis 15-5 Statsionaarne purustus ja sõelumissõlm	136
Joonis 15-6 Metallide leostumisseade metalli sisalduse määramiseks	136
Joonis 15-7 Nordkalk - klinkri purustamine	137
Joonis 15-8 Kiviõli Keemiatööstuse aheraine purustamise katsed	137
Joonis 15-9 Estonia põlevkivikaevanduse põlevkivi märgsepareerimine	138
Joonis 15-10 Paekivitoodete Tehase kaevise separeerimiskatsed	139
Joonis 15-11 Kivisõe kaevandamisjäagi testimine	139
Joonis 16-1 Killustiku 16/32 lõimimine.....	144
Joonis 17-1. Linttervikutega kombain-kaevandamise tehnoloogiline skeem	149

Joonis 18-1. Lõhkeaugu ümber toimuv protsess [13].....	152
Joonis 18-2 Purustused survetsoonis massiivis. Mõõtelati jaotus (paremal servas) 5 cm. [11].....	153
Joonis 18-3 Radiaallõhede tekkimine [2]	153
Joonis 18-4 Pragude süsteem lõhkeaugu ümbruses.	154
Joonis 18-5 Pingelained praod piirkonnas	154
Joonis 18-6 Pingelaine levimine ühest keskkonnast teise.....	155
Joonis 18-7 Põlevkivi peenese tekkimine kihtide kokkupuutepinnal	156
Joonis 18-8 Klassi 0...30 mm saagis (Ojamaal).....	159
Joonis 18-9 Klassi 0...25 mm saagis (Ahtmes).....	160
Joonis 19-1 Punase joonega on tähistatud Ojamaa kaevandusest Kohtla - Järve suunduva lintkonveieri teekond	163
Joonis 19-2 Sõelanalüüside töötlemisel MS Excelis saadud üks astmejaotustest	165
Joonis 19-3 Katseskeem vahetult enne valtspurustit [22], purustamise ja sõelumise simuleerimise tarkvaral Bruno	166
Joonis 20-1 Erinevad turbapuudid [4]	170
Joonis 20-2 Pinnasepuuriga katsetatud erinevad materjalid	171
Joonis 20-3 Tudengid välitööl turbamaardlas	171
Joonis 21-1 Maardu fosforiidimaardla.....	174
Joonis 21-2 Maardu kaevandamisala.....	175
Joonis 21-3 Mõõtmiskohad (1- Maardu järve väljavool Kroodi oja; 2- Lõunakarjääri väljavool Maardu järve; 3- Lõuna poolt Maardu järve sissevool; 4- Maardu kaevanduse väljavool strekist; 5- Maardu põhjakarjääri ja kaevanduse väljavool; 6- Kroodi oja enne suubumist merre; 7- Ülgase kaevanduse väljavool veekõrvaldusstollist; 8- Põhjakarjääri tranšee; 9- Põhjakarjääri tranšee; 10- Lõunakarjääri tranšee; 21- Põhjakarjääri tranšee; 22- Ülgase savikarjäär)	176
Joonis 21-4 Maardu veega täitunud lõunakarjääri tranšee.....	177
Joonis 21-5 Maardu veega täitunud põhjakarjääri tranšee.....	178
Joonis 21-6 P _{üld} ja N _{üld} mõõdetud väärtused välitööde ja aastaegade kaupa mõõtmispunktides	181
Joonis 22-1 Mäendusmaketid Mäemuuseumis	186
Joonis 22-2 Maardu fosforiidimaardla makett koos Geodisain õpilastega	187
Joonis 23-1 Täienduskoolituste pildigalerii [15]	189
Joonis 23-2 Mäendusala täienduskoolitus geograafia õpetajatele 21.03.2014	190
Joonis 23-3 Kivimite ja mineraalide määramine.	190
Joonis 23-4 Mäeinseneride täienduskoolitus Kivimite töötlemine ja käitlemine, 08.-12.03.2013.....	191
Joonis 23-5 Mäetehniku täienduskoolitus 2012. a.....	191
Joonis 23-6 Täienduskoolituse kodulehe info jaotus [14]	192
Joonis 24-1. Jäätmeoidla planeerimise skeem. [11].....	200

Joonis 25-1. MB tööorganite tootlikus [3].....	206
Joonis 25-2. Allu purustuskopp [5].....	206
Joonis 25-3. MB purustuskopp [3]	206
Joonis 26-1 Müramudel, andmepunkti suurus on 10x10m [9]	211
Joonis 27-1 Põlevkivituha tekke ja taaskasutamise määrad aastatel 2008-2011 [17]. ..	214
Joonis 27-2 Põlevkivikaevanduse hüdrauliline täitmine [28].....	215
Joonis 28-1. Lühieekombain [3]	223
Joonis 28-2. Lühieekombaini skeem.....	224
Joonis 28-3. Seismoloogilised sündmused Eesti põlevkivimaardlas aastal 2008. Tärnid - varingud, täpid - lõhkamised [13].....	226
Joonis 28-4 2008. aasta varingu tagajärjel vajunud puud maapinnal [13].....	227
Joonis 28-5 2008 aasta varingu tagajärjel tekkinud lõhe maapinnal [13].....	228
Joonis 28-6 Varisenud ala Estonia kaevanduse mäetööde plaanil. Koordinaadid: 59,234N & 27,441E. [15]	229
Joonis 28-7 Tervikute varisemistsooni skemaatiline näide	230
Joonis 28-8 Kambriploki tervikute mõõtmete skeem. Katkendlik punane joon - ohtlik ala, kus võib tekkida varinguid. Lilla pidev joon - ala, mis sarnaneks lühieekombainiga kaevandamisel tervikute mõõtmete poolest. [15]	231
Joonis 29-1 Võnkumise põhiparameetrid [5].....	235
Joonis 29-2 Vönkekiiruse prognoosimise graafik.....	241
Joonis 29-3 Seismiliselt ohutu laengusuurus [6]	242
Joonis 29-4 Maksimaalne seismiliselt ohutu laengukogus* [6]	243
Joonis 30-1 Ooremaa IV kruusakarjääri plaan.....	246
Joonis 31-1 Kompetentsuste ring [8]	251
Joonis 31-2 Väljastatud pädevus- ja kutsetunnistused 2007-2014 aastatel, **seisuga 15.10.2014.....	255

1. Eessõna

Kogumik koondnimetusega Mäendus ilmub mäendusele keerulisel ajal. Äsja on vastu võetud spetsialiseerumisega mäeinseneride kutsestandardid. Samuti on kätte jõudnud ammuräägitud inseneride põlvkondade vahetus, mis on kaasa toonud terava olukorra tööjõuturul. Samal ajal käivitus kõrgharidusreform ja teadusrahastamise reform. Kõik see avaldab mäenduse edasisele käekäigule mõju veel aastakümneid. Pärast pikka ooteaega on hakatud mõtlema uute tehnoloogiate või tehnoloogia arendamise peale. Esilagu on selle protsessi motivaatoreid veel vähe. Suur osa motivaatoritena mõeldud meetmeid toimivad esialgu demotivaatoritena. Siiski on hakatud suunama tööstust ja uuringuid füüsikaseaduste järgimise suunas – kadude vähendamise, protsesside optimeerimise ja läbipaistvuse suunas. Seni, kuni haridus-, kutse- ja teadussüsteem eelkirjeldatu vundamendiks ei ole saanud, toimib poliitika, valimistest valimisteni ja ülemustest ülemusteni.

2. Mäenduse ajalugu enne seda kui Eestist sai mäetööstusmaa

Ingo Valgma

Eesti sai mäetööstusmaaks pärast seda, kui 1920ndatel avati fosforiidi- ja põlevkivikaevandused ja –karjäärid. Põlevkivi kaevandamise algus ja areng on mitmeti võrreldav kivisöe kaevandamise arenguga Inglismaal, Saksamaal ja Ungaris [12,13,14, 17,16,11,10,5]. Enne seda on maailmas mäendust arendatud Prantsusmaa aladel, Lähis-Idas ja Põhja-Aafrikas. Hiljem see piirkond laienes [15,6].

Esimesed töötlemata kivist tööriistad on dateeritud perioodi 3 miljonit aastat tagasi. Kivide retušimine on dateeritud perioodi 2,5 miljonit aastat tagasi. Paleoliitikum ehk vanem kiviaeg algas umbes 2,4 miljonit aastat tagasi, kui ilmusid esimesed kindla funktsiooniga kivist tööriistad, mis valmistati kildude maharaiumise teel. Tööriistade valmistajateks olid hominiidid *Homo rudolfensis* ja *Homo habilis*. Retušitud, e. täksitud kivikildude abil puhastati loomanahka. Varaseim laagrituli on identifitseeritud paigas nimega FxJj20 Koobi Fora asula juures Keenias ja dateeritud 1,6 miljoni aasta vanuseks. Tuld tegi *Homo ergaster*, kes elatus küttimisest, korilusest ja raipesöömistest Aafrika savannides.

Vanimaks kaevandamiseks loetakse 300 000 a. eKr. tulekivide ja ränikivide kasutamist tööriistadena ja relvadena (Tabel 2-1). Kaevandati kivimurdudes, mis arenesid hiljem stollide kaudu kaevandusteks. 250 000 aastat tagasi hakkasid kivitöötledajad valmistama korrapäraseid kivitoorikuid, millest said eraldada laastukujulisi kilde odaotstekes. 45 000 aastat tagasi hakkasid kivitöötledajad valmistama laastutehnoloogias kivist tööriistu, nii naaskleid, kaabitsaid, kõõvitsaid, odaotsi, saage kui nuge. Varaseim leitud keraamika on savinõud Odai Yamamotos, Jaapanis. Savinõudel olnud süsi dateeriti 14 000 eKr. Vask võeti kasutusele alates 8. aastatuhandest eKr. Lähis-Idas kasutati seda ehete valmistamiseks [2]. Suur osa endisi kaevandamiskohti on kas jätkuvalt kasutusel või avaldavad need mõju keskkonnale või turismile [1,7].

Tabel 2-1 Varajase mäenduse aegrida [2,4,5]

Periood	Tegevus või leid
300 000 ema	Tulekivide ja ränikivide kasutamine tööriistadena ja relvadena. Prantsusmaa ala.
40 000 ema	Hematiidi kaevandamine värvaineks. Aafrika.
10 000 ema	Eheda kulla kaevandamine ornamentideks.

9 500 ema	Vaskehted. Iraak.
7 000 ema	Lubja põletamine. Lähisida.
4 000 ema	Pronksi valamine. Egiptus.
3 500 ema	Ränikivikaevandused. Prantsusmaa, Britannia.
3 000 ema	Pronksi ja kulla laiaulatuslik kaevandamine ja valamine.
2 000 ema	Rauamaagi, hõbedamaagi ja kullamaagi kaevandamine, sulamite valmistamine. Kivisõe kasutamine kütusena.
1370	Inimjõul töötavate veekõrvalduspumpade kasutamine kaevanduses. Saksimaa.
1475	Vesirataste kasutamine tõsteks kaevanduses. Ungari.
1613	Püssirohu kasutamine kaevandamisel. Saksamaa.
1627	Puurlõhketööde kasutamine kaevandamisel. Ungari.
1630	Raudtee kasutuselevõtt kaevandamisel. Ungari.
1650	Laavakaevandamine. Inglismaa.
1694	Õli eraldamine kivist patenteeritud. Britannia.

Vaske hakati sulatama vasemaagist 6. aastatuhandest eKr. Anatoalias või Põhja-Mesopotaamias. Oksiide või karbonaate sulatati puusõega, et saada sulametalli.

Esimesed kuldesemed on dateeritud perioodi 5 000 eKr. Need pärinevad Varna lähedalt Bulgaarias.

Vanim tinakaevandus on leitud Lõuna-Anatoolia mägedest Kestelis, kus kaevandati tinamaaki 3. aastatuhandel eKr.

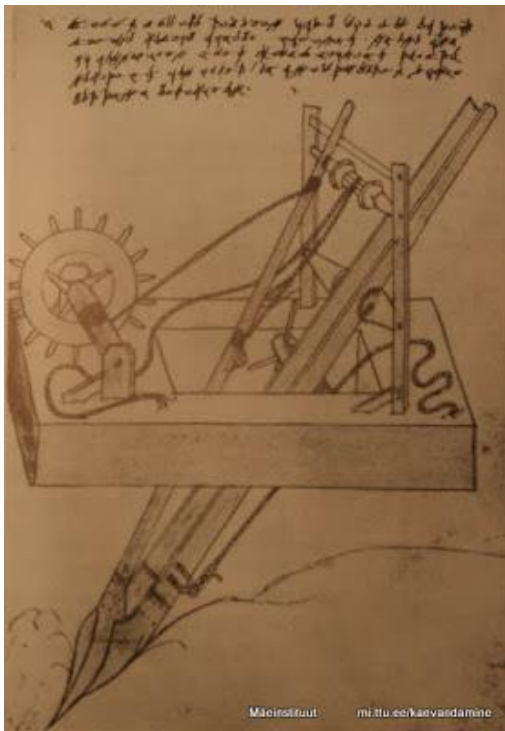
Pronks ilmub 3. aastatuhande alguses eKr. Anatoalias ja Mesopotaamias. Pronksi on avastatud seal, kus leitud tinamaardlaid.

Ameerikas algas pronksi kasutamine 1 000 a. eKr. praeguse Peruu alal Andide tinamaardlate lähistel [2].

24.03.1496 sündis tänapäeva mäenduse esiõpetlane Gergius Agricola. Tema kuulsaim teos oli mäenduse esiõpik e. esimene mäendusõpik - De re Metallica [3].

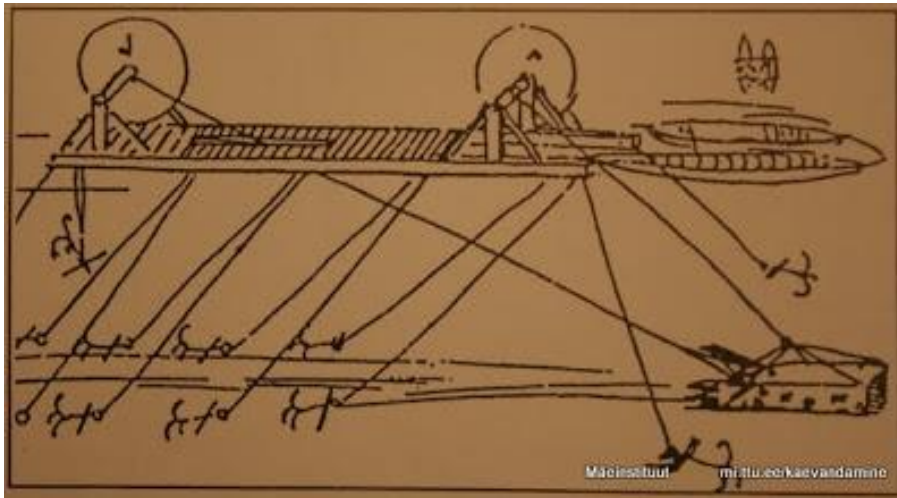
Esimene püssirohu kasutamine kivide purustamiseks leidis aset aastal 1627. Esimesi vagonette, mis olid puidust kastid, puidust ratastega ja mida lükati kaevanduses mööda laudadest roobasteed nimetati kutsikateks (*dog*). Selliseid vagonette kasutati peamiselt hõbedakaevandustes kaevise vedamiseks mööda kaeveõõsi ja veostolli kaudu maapinnale.

Esimese ekskavaatori eskiisi tegi Giovanni Fontana 1420. aastal. Tänapäeval on sellest arenenud teleskoopnoolega pärikoppekskavaatorid (Joonis 2-1) millega äsja lõpetati kaevandamine Kohtla-Vanaküla põlevkivikarjääris [9].



Joonis 2-1 Esimese ekskavaatori eskiisi tegi Giovanni Fontana 1420. aastal. Tänapäeval on sellest arenenud teleskoopnoolega pärikoppekskavaatorid [4].

Leonardo da Vinci visand ujuvdraglainist aastast 1500 (Joonis 2-2). Sarnase seadme e. draagi abil võetakse tänapäeval mere põhjast proove.



Joonis 2-2 Visand ujuvdraglainist aastast 1500 [4]

Visand aastast 1550, roobasteena kasutatakse laudteed, kuhu on paigutatud paralleelselt kõrvuti kolm lauda, mööda laudade vahele moodustunud roopaid lükati vagonette (*dog*) (Joonis 2-3):



Joonis 2-3 Roobastee [4]

Agricola kujutas oma joonistel (1556) rege kui veovahendit, mida hakati kasutama kaevis veoks ebatasasel maapinnal (Joonis 2-4).



Joonis 2-4 Regi kaevisse vedamiseks [4]

1558. aastal tegi Augustino Ramelli hobujõul töötava tõsteseadme, kus hobuvintsi abil tõsteti kaherattalisi kaevisevankreid astangust üles. Seadet kasutati peamiselt kanalite rajamisel (Joonis 2-5).



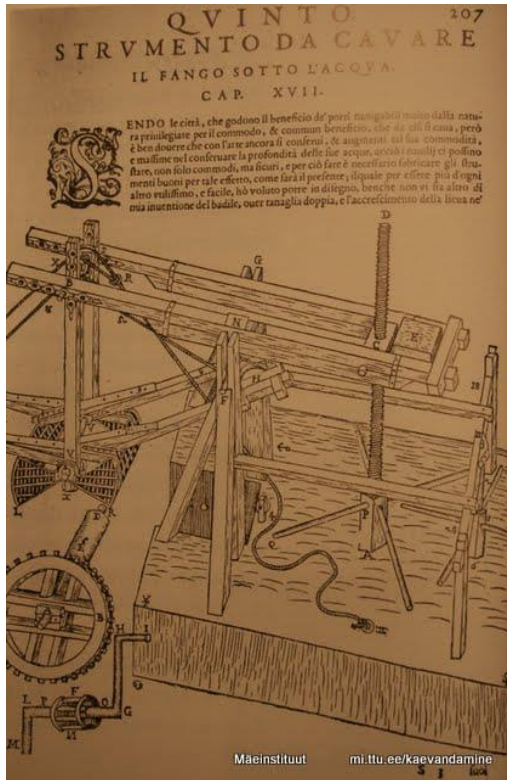
Joonis 2-5 Vintsiga tõsteseade [4]

Aastal 1565 tutvustas Frenchman Jacques Besson paljukopalise ekskavaatori eelkäijat, millega sai kaevist tõsta, aga mitte ekskaveerida (Joonis 2-6).



Joonis 2-6 Elevaatorkonveier [4]

Buanaiuto Lorini Florencest töötas välja haardkoppekskavaatori (Greifer) 1592. aastal. Sarnaseid masinaid kasutati kanalite süvendamisel Veneetsias kuni 19. sajandi alguseni (Joonis 2-7).



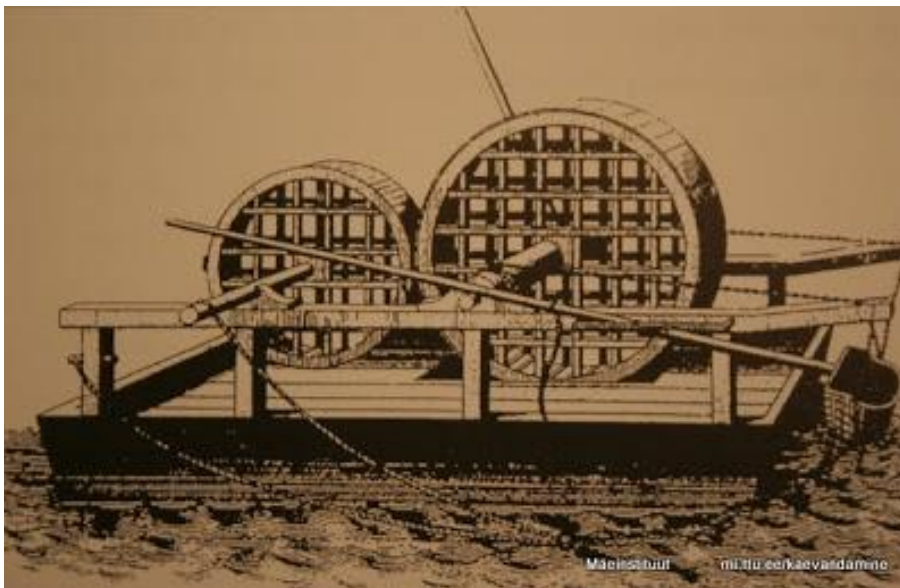
Joonis 2-7 Greiferkoppekskavaator [4]

Skreeper (puidust kopp, mida tugevdati raudplekist lõikeservaga) arendati 17. sajandil välja adrast. Seda tõmmati edasi inimjõul või loomade abil. Skreeperit kasutati nii kanalite süvendamisel, materjaliteisaldamisel kui kaevandamisel (Joonis 2-8).



Joonis 2-8 Adrast arendatud skreeper [4]

1718. aastal tegi Frenchman de la Balme inimjõul töötava pärikoppekskavaatori, mille kopa maht oli 0,4 kuupmeetrit, tootlikkus 0,7 kuupmeetrit tunnis 5m sügavusest veest. Ekskavaator töötas praamil. Ekskavaatori käitamiseks läks vaja 10 meest (Joonis 2-9). Tänapäeval on analoogiline töö tehtav hüdraululiste pöördkoppekskavaatorite abil [18].



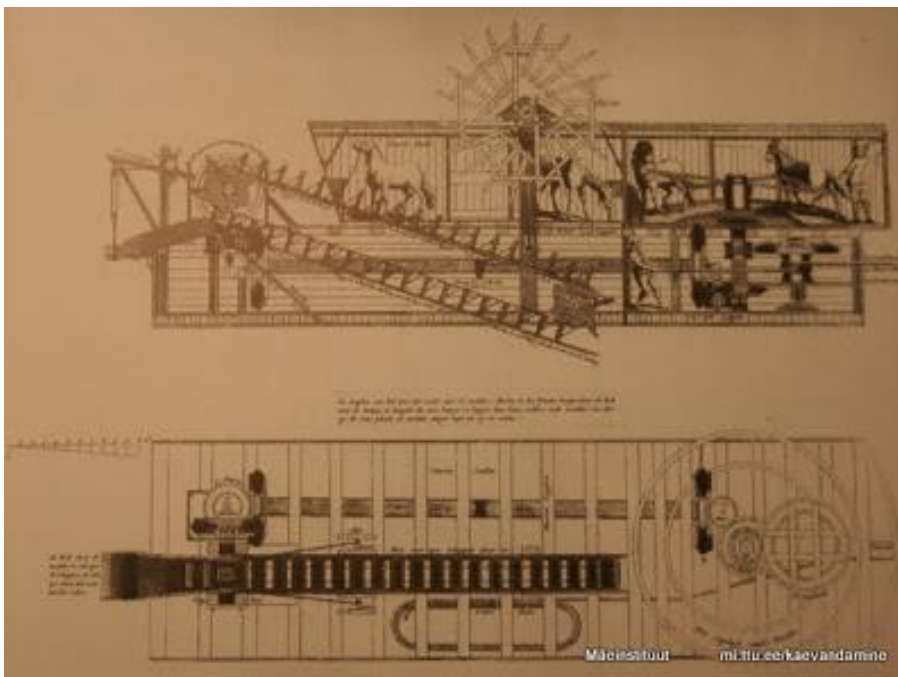
Joonis 2-9 Inimjõul töötav pärikoppekskavaator [4]

1726. aastal patenteeris Dubois põhjaluugiga pärikoppekskavaatori (Joonis 2-10). See rakendati tööle alles üle 100 aasta hiljem.



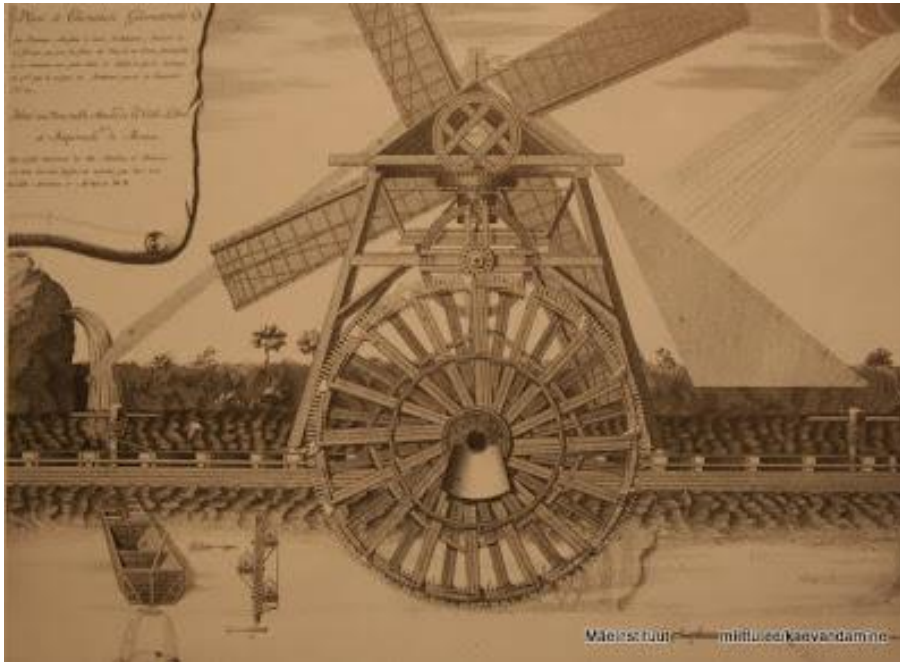
Joonis 2-10 Dubois põhjaluugiga pärikoppekskavaator [4]

1734. aastal tutvustati Amsterdamis hobuvintsi abil töötavat paljukopalist ekskavaatorit mida kasutati kanalite süvendamiseks praamilt (Joonis 2-11).



Joonis 2-11 Hobuvintsiiga paljukopaline ekskavaator [4]

1742. aastal töötas Martin Peiter välja tuulejõul käitatava ja praamile paigutatud rootorekskavaatori millega süvendati Weseri jõge Bremeni lähistel (Joonis 2-12).



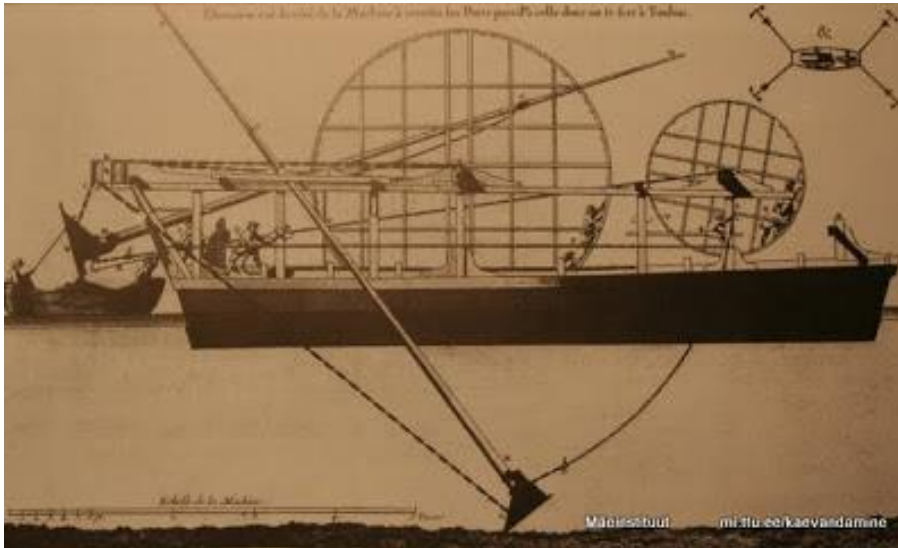
Joonis 2-12 Tuulejõul käitatav ja praamile paigutatud rootorekskavaator [4]

Macary esitas 1744. aastal Prantsuse Akadeemiale hindamiseks esimese pöördkoppekskavaatori projekti. Ühe 4 minutilise tsükliga ammutas see praamil paiknev ekskavaator 0,3 kuupmeetrit muda. Ajamiks olid inimjõul ringiaetavad rattad (Joonis 2-13).



Joonis 2-13 Esimene pöördkoppekskavaatori projekt [4]

Milet de Montville ehitas 1745. aastal inimjõul töötava pärikoppekskavaatori, mis paiknes praamil ja millega ammutati liiva või puistematerjali kanali põhjast (Joonis 2-14). Inimesed ronisid mööda ratta sisepinda üles, et ratas pöörlema panna. Suurema ratta abil tõmmati vintsi ja köiega koppa ammutamise suunas. Väiksemaga vastassuunas.



Joonis 2-14 Inimjõul töötav pärikoppekskavaator [4]

Esimesed hobuvagonetid materjali veoks ehitustegevuses tehti Saksa mäemeeste poolt 1765. aastal kaevandusvagonettide eeskujul. Vagonette veeti hobustega rööbasteel (Joonis 2-15).



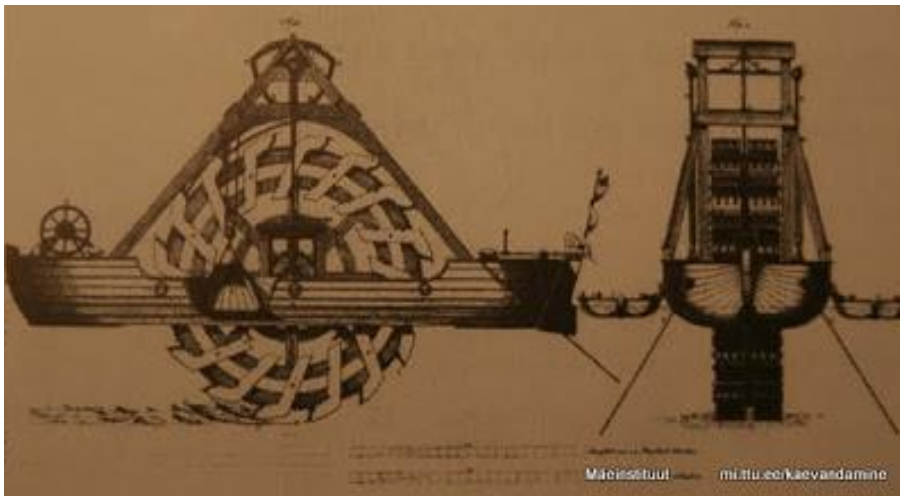
Joonis 2-15 Hobuvagonetid [4]

Enne masinate väljaarendamist veeti kivismurrust kaevis mööda laudteed käsikäruudega hobuvankriteni. Joonisel on näidatud aastast 1773 marmorimurd Solnhofenist Saksamaalt (Joonis 2-16).



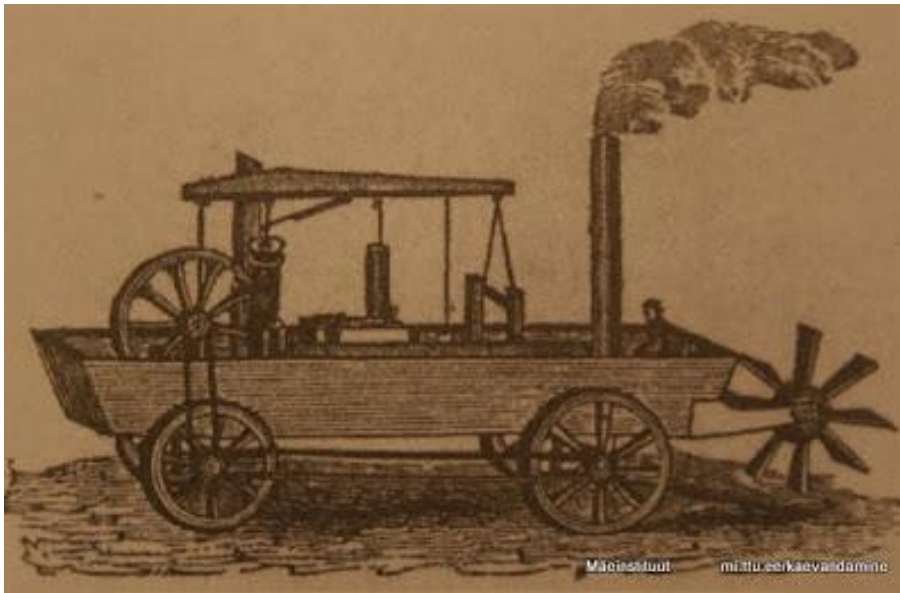
Joonis 2-16 Marmorimurd [4]

Cornelius Redelykheid projekteeris 1774. aastal süvendusmasina, mis oli pendli jõul töötav praamil paiknev kahe rootoriga rootorekskavaator. Ühe rootori pöörde jooksul ekskaveeritud materjali maht oli 200 kuupmeetrit (Joonis 2-17).



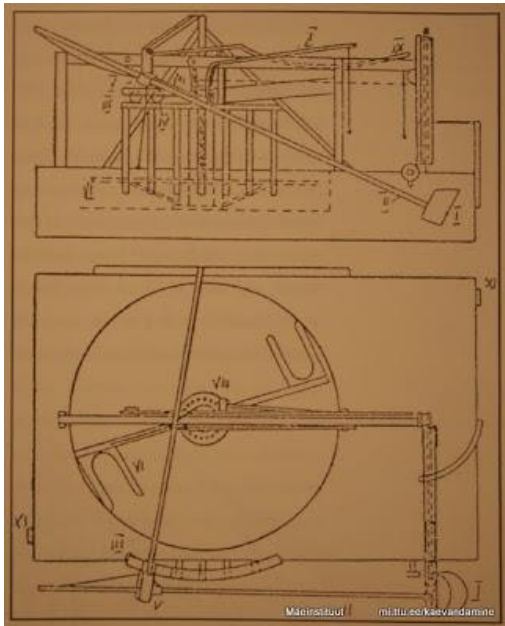
Joonis 2-17 Pendel-rootorekskavaator [4]

1796. aastal valmistas Englishman Grimshaw neljahobujõulise Boulton & Watt aurumootoriga ekskavaatori millest küll pole säilinud jooniseid, kuid mis oli maailma esimene mobiilne aurumootoriga masin. 1804. aastal valmistas Oliver Evans esimese Ameerika mobiilse aurumootoriga masina - amfiib-auru-rootorekskavaatori, mis töötas Philadelphia sadama süvendamisel palju aastaid (Joonis 2-18).



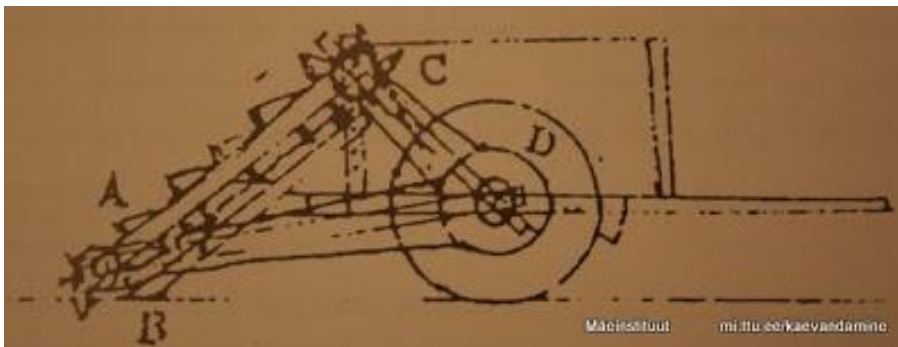
Joonis 2-18 Esimene aurumootoriga masin [4]

1820. aastal oli hoolimata aurumootori olemasolulust siiski levinud hobujõul töötav lihtsa konstruktsiooniga praamil asetsev pärikoppekskavaator mis asetses praamil ja mille tootlikkus oli 16 kuupmeetrit tunnis (Joonis 2-19).



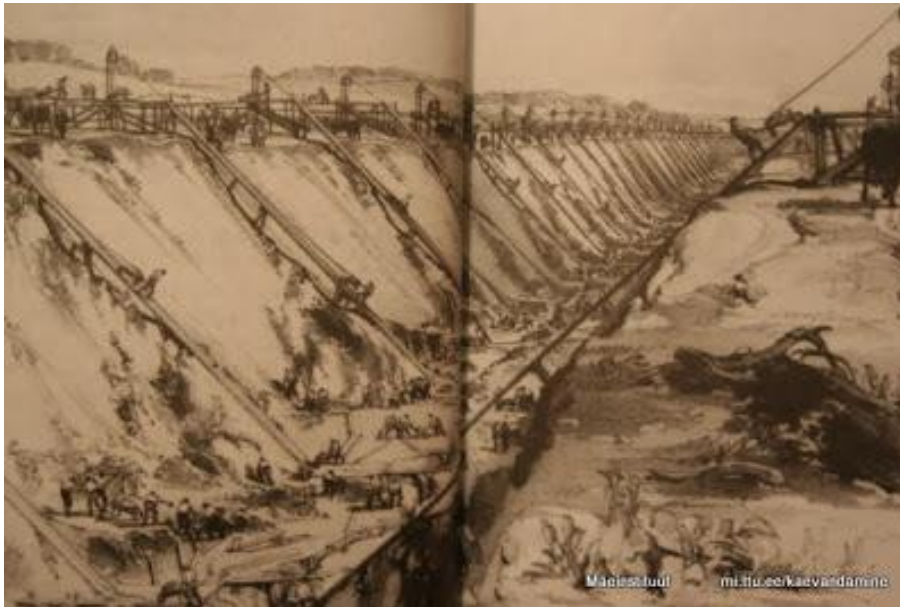
Joonis 2-19 Päriskoppekskavaator praamil [4]

1825. aastal kirjeldas Frenchman Legris raamatus "La Nouvelle Mecanique Agricole" elevaatorkonveieriga mobiilse skreeperi eelkäijat. Elevaatorit aeti ringi vankriratta rummolt rihma abil (Joonis 2-20).



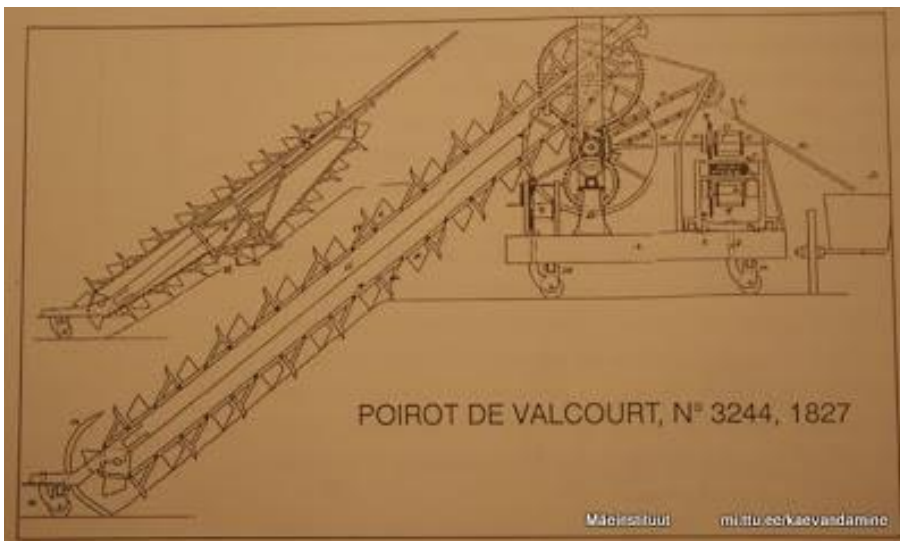
Joonis 2-20 Elevaatorkonveieriga skreeper [4]

1826. aastal algas suurim inimkonna ühistöö mis lõi aluse laadimis- ja veomasinate arengule. Kenyon Cutting nimeline süvend (pildil) hõlmas endas käsikärudega ja hobuvintside kaasabil mööda laudteid 573 000 kuupmeetri materjali teisaldamist raudteesüvendi rajamise eesmärgil, mis oli osa Liverpooli Manchesteri raudteeliinist (Joonis 2-21).



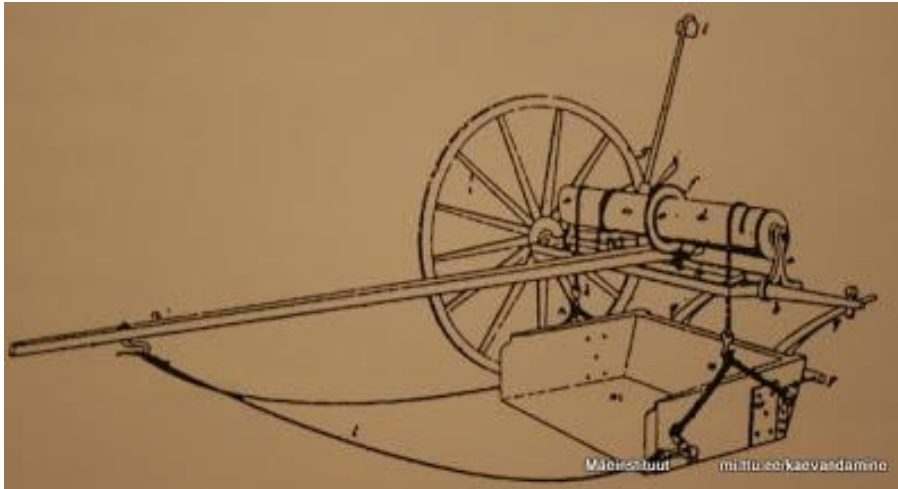
Joonis 2-21 Hobuvintsid ja käsikärud [4]

1827. aastal patenteeris insener Poirot de Valcourt Pariisis esimese kuivamaa paljukopalise kettekskavaatori. Enne seda kasutati ekskavaatoreid süvendustöödeks praamidelt. Seoses esialgu sobivate ajamite puudumisega, hakati neid ekskavaatoreid ehitama alles 50 a. hiljem LMG (Lübecker Maschinenbau Gesellschaft) poolt (Joonis 2-22).



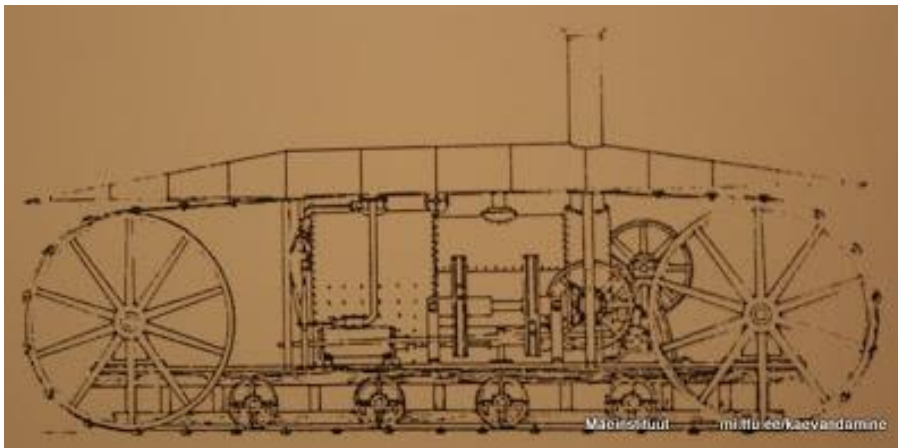
Joonis 2-22 Esimene kuivamaa paljukopaline kettekskavaator [4]

1830. aastal patenteeriti nime Palmer all kahe rattaline hobuskreeper, mille skreeperi koppa sai tõsta ja langetada köie abil (Joonis 2-23).



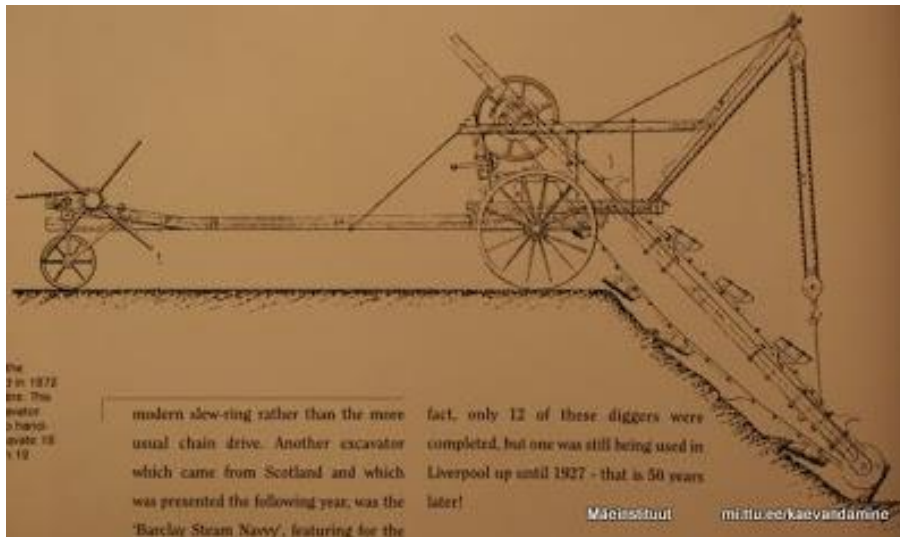
Joonis 2-23 Hobuskreeper [4]

1834. aastal tegid John Heathcoat (Inglise parlamendi liige) ja insener Joiah Parkes hiiglasliku auruajamiga roomikutega masina, millega tõmmati atra. See roomiktraktor kaalus 30 tonni, oli 8,2 m lai, 10,3 m pikk, 2,4 m läbimõõduga roomikuratastega. Masinat katsetati Šotimaa rabas, kuid see uppus sinna juba teisel päeval (Joonis 2-24).



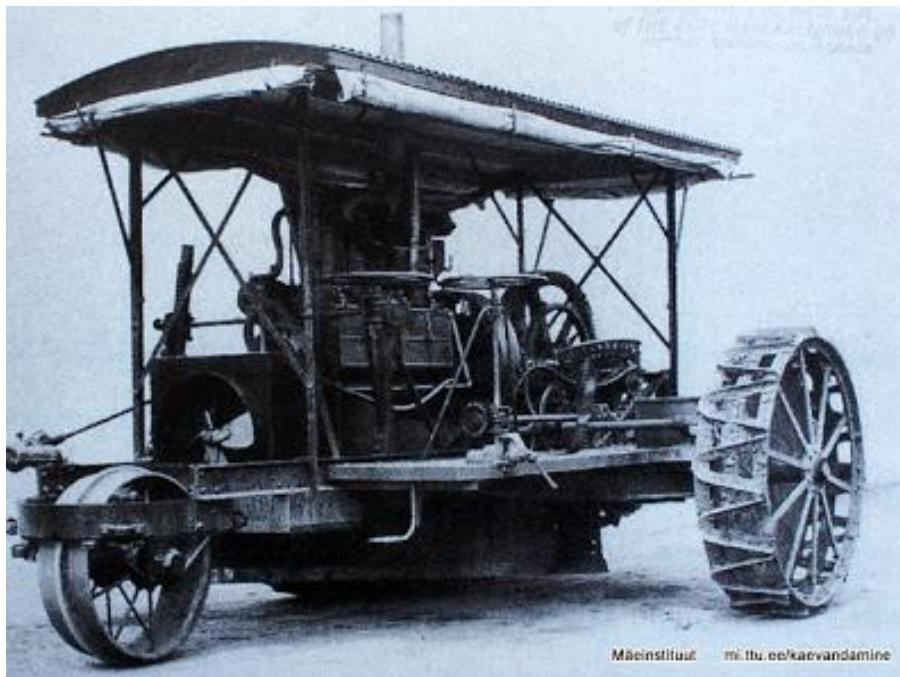
Joonis 2-24 Esimene auru-roomiktraktor [4]

1872. aastal projekteeris Frenchman Laferrere altammutusega käsivintsi abil käitatava paljukopalise plaatkonveierekskavaatori. Kopad olid kinnitatud plaatkonveieri, mitte keti külge. Ekskavaatori tootlikkus oli 18..20 kuupmeetrit 12h vahetuses (Joonis 2-25).



Joonis 2-25 Käsivintsiga paljukopaline ekskavaator [4]

1909. aastal konstrueeris Holti tehas oma traktori 40-45 baasil iseliikuva e. mootorgreideri "Good Roads Machine". Masinal oli vasakul ratas pööramiseks ja paremal roomik vedamiseks (Joonis 2-26).



Joonis 2-26 Mootorgreider Good Roads Machine [4]

1915. aastal asetati greiderisahk veoauto ette. 1919. aastal panid tehased nimega Galion ja Russell Grader Manufacturing Company greiderisaha alla kergete

põllumajandustraktorile Allis-Chalmers 6-12. Nii sündis esimene mootorgreider, mille juhtimiseks piisas vaid ühest mehest (Joonis 2-27).



Joonis 2-27 Mootorgreider [4]

Sel perioodil rajati Eestis auruekskavaatorite abil Esimese maailmasõja kaitserajatisi ja hiljem alustati põlevkivi ja fosforiidi kaevandamist.

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – mi.ttu.ee/etp; KIK14033 Põlevkivi altkaevandatud alade stabiilsuse hindamine; B36 Kivimi raimamine ja rikastamine valikmeetoditega – mi.ttu.ee/rikastamine [8].

Viited

1. Beretta, M. Technology and Engineering Technique, word and image, Agricola's De re metallica. ANNALS OF SCIENCE. Volume: 66 Issue: 1 Pages: 150-151. 2009
2. Brian M. Fagan. The Seventy Great Inventions of the Ancient World. 2004
3. Georgii Agricola. De Re Metallica libri XII. – Basileae: Froben. – 1556. – 590 s.
4. Heinz-Herbert Cohrs. 500 Years of Earthmoving. KHL International Ltd. 1997
5. Howard L. Hartman. SME Mining Engineering Handbook. SME Colorado 1992
6. Ingo Valgma. Mineraaltoorme ressurs. Mäeinstituut. Tallinn. 2014
7. Monna, F et al. History and environmental impact of mining activity in Celtic Aeduan territory recorded in a peat bog (Morvan, France). ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY. Volume: 38 Issue: 3 Pages: 665-673. 2004
8. Mäeinstituudi projektid. <http://mi.ttu.ee/projektid/> Mäeinstituut 2014
9. Pastarus, J.-R.; Systra, Y.; Valgma, I.; Kolotogina, L.; Anepaio, A.; Vannus, A.; Nurme, M. (2013). Surface mining technology in the zones of tectonic disturbances, Estonian oil shale deposit. Oil Shale, 30(2S), 326 - 335.

10. Rahe, T.; Grossfeldt, G.; Kuusemäe, K. (2013). Poster of Oil shale mining in Estonia. In: International Oil Shale Symposium Tallinn, Estonia, 10.-13.06.2013: International Oil Shale Symposium Tallinn, Estonia, 10.-13.06.2013. Tallinn: Enefit, 2013, 1.
11. Saarnak, M. (2013). Mäeinstituudi õppekavade võrdlus 1938 vs 2013. Mäeinstituut 75 (221 - 224). TTÜ Mäeinstituut
12. Uibopuu, L.; Saarnak, M. (2014). Põlevkivi ajalugu, 1. osa: kuidas mäendus sa riikliku juhtimise
13. Uibopuu, L.; Saarnak, M. (2014). Põlevkivi ajalugu, 2. osa: kuidas ja kellele anti kontsessioonilepinguid maavarade kaevandamiseks. Inseneeria, 46 - 49.
14. Uibopuu, L.; Saarnak, M. (2014). Põlevkivi ajalugu, 3. osa: Eestis sooviti korraldada ka elavhõbeda-, plaatina- ja naftaotsinguid. Inseneeria, 48 - 49.9 - 1944). Inseneeria, 46 - 47.
15. Valgma, I. (2013). Mäenduse ajalugu internetis. Mäeinstituut 75 (256 - 257). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut
16. Valgma, I.; Kolats, M.; Nurme, M.; Karu, V.; Anepaio, A. (2014). Kaardid - karjäärid, kaevandused, maavarad, masinad, ettevõtted, jäätmed, vesi, geoloogia. I. Valgma (Toim.). Ressursid ja energiasääst (14 - 24). Tallinn: Mäeinstituut
17. Valgma, I.; Kolats, M.; Uibopuu, L.; Lüüde, A.; Saarnak, M.; Reinsalu, E.; Nurme, M. (2014). Mäenduse tehnoloogia areng Eestis. In: Ressursid ja energiasääst: Ressursid ja energiasääst 2014. (Toim.) I. Valgma. Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut, 2014.
18. Vesiloo, P.; Anepaio, A.; Väizene, V. (2011). Dolokivi vee seest kaevandamise kogemus. Valgma, I. (Toim.). Kaevandamine ja vesi (101 - 106). Tallinn: TTÜ mäeinstituut

3. Põlevkivi kvaliteedi ja kaevandamistehnoloogia uuringud

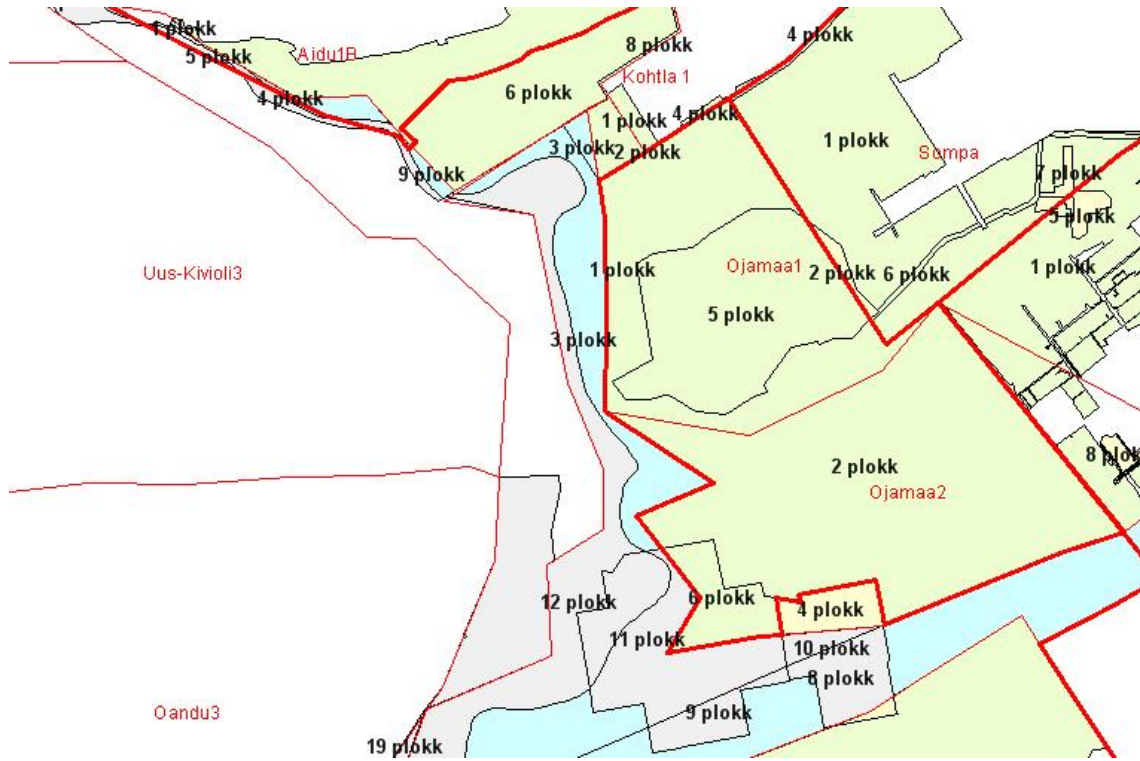
Vivika Väizene, Ingo Valgma

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 ₁	
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 ³	1,57
	Matem.	t/m ³	1,57
Energiatootlus	Mudel	GJ/m ²	40,5
	Matem.	GJ/m ²	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 ²	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 häirevöendis [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-F₁ 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 [9]

Uuringu nimetus, vt. lisa aadressil: mi.ttu.ee/projektid
Allmaakuivrikastamise tehnoloogia valik
Allmaakonstruksioonide ja mäemassiivi pikaajaline käitumine ning keskkonnamõju
Altkaevandatud 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 kattumusosalal
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
Kaevandamisjäätmete 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 freskombainkaevandamise tehnoloogia arendamise põhiprojekti taotlusmaterjalide ettevalmistamine
Kivimi raimamine ja rikastamise valikmeetoditega
Kivimite tugevusomaduste määramise ekspresmeetodi 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 Elektri jaamad
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 eelhindang
Selisoo 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 kaevandamistehnoloogia 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; VIR491 – MIN – NOVATION : Kaevandamise ja kaevandamisjääkide / 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 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.

4. Mäenduslikud õpiobjektid

Ingo Valgma, Margit Kolats, Gaia Grossfeldt

Mäenduslikud õpiobjektid on harjutusülesanded, mis aitavad õppijal omandada mäenduslikku terminoloogiat ja tutvuda visuaalselt mäendusobjektidega. Teemadeks on valitud üldhuvitavad alad nagu kaevandamistehnoloogiad, maavarade majandus ja laadimismasinad mäenduses [16]. Õpiobjekte saavad kasutada õpilased, õpetajad, üliõpilased ja täiendusõppijad abivahendina mäenduse põhitõdede õppimisel. Õpiobjektid koostasid Mäeinstituudi õppejõud koostöös Hariduse Infotehnoloogia Sihtasutusega, eesmärgiga aidata kaasa hariduse ning teadus- ja arendustegevuse kvaliteedi ning tulemuslikkuse tõusule.

Kaevandamistehnoloogiad

Kaevandamistehnoloogiatega õpiobjekt tutvustab mäenduses kasutatavate protsesside ja tehnoloogiatega klassifikatsiooni (Joonis 4-1). Klassifikatsioon läheb üldisemast konkreetsemaks [2]. Mäetööde klassifikatsiooni esimene jaotus ehk kaevandamismoodus vastab küsimusele - kas peal või all ehk tähistab maapõue suhtes kaevandamiskohta. Kaevandamismoodus võib olla pealmaakaevandamine e. avakaevandamine, allmaakaevandamine või allveekaevandamine.

Kaevandamismoodusest järgmine jaotus on kaevandamisviis mis vastab küsimusele - kuidas kaevandatakse? Tavaliselt näitab see põhikaevandamistehnoloogiatega või põhiprotsesside põhiomadusi. Kaevandamisviisid on näiteks: vaalkaevandamine, aukkaevandamine, väljakkaevandamine, kamberkaevandamine ja lankkaevandamine (Joonis 4-2).

Kaevandamistehnoloogia on kolmandaks jaotuse tasemeks ja vastab küsimusele - millega kaevandatakse ehk siis kaevandamistehnoloogia on kaevandamisel kasutatav tehnoloogia e. tehnika ja võtete kogum, mille abil kaevandatakse. Ühe kaevandamisviisi korral saab kasutada mitmeid kaevandamistehnoloogiaid [21]. Tehnoloogia koosneb protsessidest. Erinevate mäendustingimuste korral kasutatakse erinevaid ja nn. tüüptechnoloogiaid. Tehnoloogia kasutamine sõltub eelkõige mäendustingimustest ja inseneride ning masinate arengutasemest [22]. Tehnoloogia kasutamist piiravad majanduslikud ja juriidilised piirangud [22].

Peamised tehnoloogiad on - kivist, maagi ja pehmete kivimite kaevandamise tehnoloogiad [17]. Eristatakse ka sügavaid ja madalaid kaevandusi, suure ja väikese toodangumahuga kaevandusi ja karjääre. Eestis on kasutuses madalate kihtmaardlate kaevandamistehnoloogiad ja maailmas kivist, raua- ja vasemaagi kaevandamise tehnoloogiad [19].

Kaevandamistehnoloogiale järgneb kaevandamisprotsess, mis vastab küsimusele - mida ja millega? Kaevandamisprotsess koosneb ettevalmistus-, avamis-, paljandamis-, väljamis-, laadimis-, tõste-, veo-, töötlemis-, rikastamis-, ladustamis-, tuulutus- ja veekõrvaldusprotsessidest [20].

Loetelu lõppeb kaevandamisoperatsioonidega, mis vastavad küsimusele - kuidas ja millega? Siia kuuluvad ammutamine, manööverdamine, sõitmine, tühjendamine, jms.



Mõisted

Kaevandamismoodus	Avakaevandamine / Allmaakaevandamine	Plaanid
Viis	Vaalkaevandamine	Projekt
Tehnoloogia	Draglainidega transpordita paljandamine	Tööde organiseerimine+ masinad
Protsess	Katendi teisaldamine	Masinad mäetehnika
Operatsioon	Ammutamine	Masin

Joonis 4-1 Klassifikatsiooni jaotuse kirjeldus



Joonis 4-2 Kaevandamisviisid (vaalkaevandamine, aukkaevandamine, veelune kaevandamine, kamberkaevandamine)

Laadimismasinad

Laadimismasinate õpiobjekt tutvustab laadimismasinate klassifikatsiooni ja pakub enesekontrolliks lühiülesandeid. Laadimismasinad kui intuiitivseimalt tajutavad, levinuimad ja olulise mõjuga masinad on valitud mäemasinate tutvustava seeria alustamiseks [17]. Õppematerjal sisaldab ka viiteid lisamaterjalile internetis, et huvilistel oleks võimalik juurde õppida [11]. Õppimiseks on valitud enamlevinud masinad, mis on klassifitseeritud mäetööde protsesside, operatsioonide või masinate põhiomaduste alusel [6]. Oluliseks valikukriteeriumiks on mäenduse tehnoloogia areng Eestis (16).

Laadimismasin (laadur) on masin millega laaditakse kaevist [4]. Üldnimetusena sobib see kõigi laadimisoperatsiooni teostavate masinate kohta (Joonis 4-5). Laadur on rohkem levinud mobiilsete laadimismasinate nimetusena e. kopplaaduri sünonüümina (Joonis 4-4). Laadimist võib olenevalt kontekstist nimetada nii operatsiooniks kui protsessiks [9]. Laadimisprotsess koosneb ammutamisest e. ammutamisoperatsioonist, manööverdamisest, sõidust ja tühjendamisest. Kui toonitada näiteks kallurikasti täitumist

kopplaaduri kopa tühjendamisoperatsiooni tulemusena, siis võib nimetada tegevust ka laadimisoperatsiooniks. Ka pumpamise korral või pulbi pumpamist ja selle abil näiteks puuraugu täitmist pulbiga nimetada laadimisoperatsiooniks [1].

Levinud laadimismasinad on:

- **Kopplaadur (LHD, frontaallaadur, rataslaadur, roomiklaadur, raudteekopplaaadur, pealmaa- e. karjääri kopplaadur, allmaa- e. kaevanduse kopplaadur)**
- **Käpplaadur**
- **Punkerlaadur**
- **Ümberlaadur**

Laadimise tunnus on ka objekt, koht, anum vms kuhu laadung laaditakse. Tüüpiline laadungi tühjenduskoht on kast, punker, vagonett, vagun, kraapkonveier, lintkonveier, plats ja ladu (Joonis 4-3).

Ekskavaatorit ei nimetata üldjuhul laaduriks, kuigi seda kasutatakse laadimisoperatsiooniks. Ekskavaator on spetsiifiline masin, millega saab teostada oluliselt rohkem operatsioone kui laadimine.

Lisaks kasutatakse laadimiseks konveierit ja paiskemehhanisme, vee (vedeliku) voolu või õhuvoolu paiskamiseks. Konveierit kasutatakse pideva tööviisiga masinatel nagu paljukopaline ekskavaator, puistur, kombain ja kaevise purustamis- ja töötlemismasinad [18].



Joonis 4-3 Allmaakopplaadur kaevanduses põlevkivi kraapkonveierile laadimas




Joonis 4-4 Pealmaakopplaadur karjääris kivisütt kallurile laadimas



Joonis 4-5 Käpplaadur



Maavarade majandus

Õpiobjekt maavarade majandus on aktiivõppe vahend, mille läbi on võimalik omandada iseseisvalt teadmisi maavarade majanduse kohta (Joonis 4-6). Suunatud on üliõpilastele, õpetajatele ja ametnikele, andes võimaluse omandada erialaseid teadmisi ning teostada enesekontrolli.



[Avaleht](#) > [Repositoorium](#) > [Taotlused](#) > [Kvaliteet](#)

Uudised
Materjalid
Otsing
Juhendid

Repositoorium - Vaata Printi

Materjali nimi:	Maavarade majandus	★★★★★
Kool:	Tallinna Tehnikaülikool	
Materjali tüüp:	Õpiobjekt	
Lühikirjeldus:	Tegu on õpiobjektiga, mis aitab iseseisvalt omandada teadmisi maavarade majanduse kohta. Materjal on mõeldud selleks, et toetada üliõpilaste/õpetajate/ametnike iseseisvat õppimist ja anda neile võimalus oma teadmisi testida.	
Õppekava:	Geotehnoloogia AAGB02/09	
Sihtrühm:	tudengid/õpetajad/ametnikud/taienusõppurid	
E-kursuse materjali/õpiobjekti tüüp:	Dokument Graafik Härgutus/Ulesanne Joonis Loeng Sõnastik Tabel Test	
E-kursuse materjali/õpiobjekti ulatus:	Alamteema	
Raskusaste:	Raske	
Õpetamise keel:	Eesti	
Võtmesõnad:	maavarade majandus, maavarad, majandus, mäendus, kaevandamine	
Programm:	Puudub	
Seotud taotlusega:	Maavarade majandus	

Autor		
Nimi	Kool	Amet
Gaia Grossfeldt (Autor)	Tallinna Tehnikaülikool	spetsialist

Faailid

juhend_õpiobjekti_kohta.txt (354 B)	
maavarade_majandus_õpiobjekt.zip (2,03 MiB)	Sirvi
Õpiobj_maavarade_majandus.bmp (3,75 MiB)	

Joonis 4-6 Mäeinstituudi õpiobjekt - Maavarade majandus

Teooria kombineeritult enesekontrollidega on aktiivõppe viis [12], kus toimub kogemuste kaudu õppimine. Kui iseseisev lugemine või loengu kuulamine ei anna parimat tulemust, siis õpiobjekti abil on võimalik suurendada saadud teadmiste kogust tänu mitmekülgsele kordamisele enesetestide teel.

Õpiobjekt „Maavarade majandus“ baseerub osaliselt Mäemajanduse õpikul [13], võimaldades asjahuvilistel iseseisvalt omandada teadmisi teoreetilisest poolest [14], milles antakse ülevaade mäendusressurssidest ja kaevandamiskulust, kaevandamisjäakidest, mäetööde tingimustest [15], mäetöölise kutsesobivusest ning üldmõistetest [7,8]. Teooria omandamisel on võimalik katsetada kolme erinevat enesekontrolli – sobita sõnu, lünktekst ning ristsõna.




 KÖIK SAAB ALGUSE KAEVANDAMISEST
 mi.ttu.ee

Õpiobjekti koostaja: Gaia Grossfeldt
 Õppematerjal on koostatud TTÜ Mäeinstituudis <http://mi.ttu.ee>
 Õppematerjali maht on 0,15 EAP mille omandamiseks kulub 4 h.

Käesolev õpiobjekt aitab iseseisvalt omandada teadmisi maavarade majanduse kohta ja pakub enesekontrolliks lühikesi ülesandeid. Esmalt tutvuge teooriaga ning seejärel liigu edasi enesekontrolli ülesannete juurde.

- Teooria
- Enesekontroll 1 - Sobita
- Enesekontroll 2 - Lünktest
- Enesekontroll 3 - Ristsõna

Õpiobjekt on koostatud kasutades osaliselt Enno Reinsalu koostatud Mäemajanduse õpikut. Kogu õpikuga on võimalik tutvuda: Reinsalu, Enno Mäemajandus


 Euroopa Liit
 Euroopa Sotsiaalfond


 Eesti tuleviku heaks


 See töö on litsentsi all
Autorile viitamine + Mitteäriline eesmärk + Jagamine samadel tingimustel 3.0 Estonia (CC BY-NC-SA 3.0).

Joonis 4-7 Õpiobjekti Maavarade majandus sisu

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – mi.ttu.ee/etp ja B36 Kivimi raimamine ja rikastamise valikmeetoditega - mi.ttu.ee/rikastamine [8].

Viited

1. Gaia Grossfeldt. Pulp. Mäeõpik. Mäeinstituut. 2010
2. Ingo Valgma. [Kaevandamistehnoloogia](#). Mäeõpik. Mäeinstituut. 2012
3. Ingo Valgma. [Kaevandamisviis](#). Mäeõpik. Mäeinstituut. 2012
4. Ingo Valgma. [Laadimismasin](#). Mäeõpik. Mäeinstituut. 2010
5. Ingo Valgma. [Laadimismasinad](#). Mäemasinad. Mäeinstituut. 2014
6. Ingo Valgma. Mäemasinate kasutusareaal. Kaevandamine ja keskkond. mi.ttu.ee/kogumik/2012 Mäeinstituut 2012
7. Karu, V.; Gulevitš, J.; Rahe, T.; Roots, R.; Iskül, R.; Põlder, A. (2013). Mining waste management of Estonian mineral resources. 6th International Conference on Sustainable Development in the Minerals Industry (414 - 419). Milos Conference Center
8. Karu, V.; Rahe, T.; Närep, E.; Väizene, V.; de Costa, J. (2013). Abstract of Pilot unit for mining waste reduction methods. In: International Scientific Conference Environmental and Climate Technologies, Conference Proceedings:

- Environmental and Climate Technologies, Riga, 14-16.10.2013. Riga, Latvia: Riga Technical University, 2013, 7.
9. Lv, WY; Zhang, ZH. Research on the Belt Loader Waste Rock Gravity Backfill Mining Technology. SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF URBAN INFRASTRUCTURE, PTS 1-3. Applied Mechanics and Materials. 253-255. Part: 1-3. 2013
 10. Mäeinstituudi projektid. mi.ttu.ee/projektid ; Mäeinstituut 2014
 11. Mäeinstituudi õpiobjektid. mi.ttu.ee/opiobjektid ; Mäeinstituut 2012
 12. Persello, C.; Bruzzone, L. (2014) Active and Semisupervised Learning for the Classification of Remote Sensing Images, IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC.
 13. Reinsalu, Enno. Mäemajandus. Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, (1998).
 14. Saarnak, M. (2013). Mäeinstituudi õppekavade võrdlus 1938 vs 2013. Mäeinstituut 75 (221 - 224). TTÜ mäeinstituut
 15. Šommet, J.; Pastarus, J.-R. (2012). Comparison of Dolostone and Limestone Assessment Methods for Estonian Deposits. Environmental and Climate Technologies, 9, 35 - 39.
 16. Valgma, I.; Kolats, M.; Uibopuu, L.; Lüüde, A.; Saarnak, M.; Reinsalu, E.; Nurme, M. (2014). Mäenduse tehnoloogia areng Eestis. In: Ressursid ja energiasääst: Ressursid ja energiasääst 2014. (Toim.) I. Valgma. Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut, 2014.
 17. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Saarnak, M. (2013). Technologies for Decreasing Mining Losses. Environmental and Climate Technologies, 11(1), 41 - 47. (Toim.) I. Valgma. Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut, 2014.
 18. Valgma, I.; Kolats, M.; Leiaru, M.; Adamson, A. (2012). Kivimite valikpurustamine. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Karu, V. (Toim.). Kaevandamine ja keskkond (10 - 28). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut
 19. Nurme, M. (2014). Allu purustuskopa katsed Narva karjääris. Talveakadeemia 2014 kogumik (50 - 59). Tartu: Talveakadeemia
 20. Karu, V.; Rahe, T.; Närep, E.; Väizene, V.; Costa, J. (2013). Pilot Unit for Mining Waste Reduction Methods. Environmental and Climate Technologies, 39 - 44.
 21. 90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis: tehnoloogia ja inimesed, GeoTrail KS, Tallinna Raamatutrükikoda. 2008
 22. 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

5. Kaasaegsed ehitus- ja mäemasinad

Ingo Valgma, Margit Kolats, Veiko Karu

Kaasaegsete ehitus- ja mäemasinate suurim ja esinduslikum väljanäitus on **BAUMA**. *Baumachinen* tähendab saksa keeles ehitusmasinaid, nendega on liitunud aga ka mäemasinad ning ehitusmaterjalide tootmise masinad ja seadmed [30]. BAUMAI osalejate rekord pärineb 2013. aastast kui oma kaupa näitasid 3421 ettevõtet 57 riigist. Seda käis nädala jooksul vaatamas 534 065 külastajat 200 riigist. Näituseala hõlmab 575 000 m² [2]. Konkureerivad näitused on MINExpo 80 000 m² ja CONEXPO 220 000 m² Las Vegases [23, 4].

Eestit ja Tallinna Tehnikaülikooli esindas Mäeinstituut kolmandat korda. 2007. aastal jagasime stendi Freibergi Mäeakadeemiaga, 2010. aastal olime väljas oma stendiga ja 2013. aastal esindasime nii end kui lisaks Saksa, Soome, Rootsi, Soome, Norra ja Poola ülikoole [5, 20, 1, 22]. Tutvustasime TTÜ-d ja Eesti mäendust [6] kuid ka mäemasinaid Eestile [10]. Lisaks Mäeinstituudi loomingule ilmus viimane mäemasinate teemaline raamat Eestis 1965. aastal [24].

Esmapilgul Bauma 2013 millegagi ei üllata. Samad masinad ja maketid mis möödunud aastatel, shõud on tagasihoidlikumad, lennukatest ideedest enam liiga palju ei räägita [18]. On mindud veidi praktilisemaks. Kõik mis annab säästu ja kokkuhoidu, on popp. Kõlama jääb loosung: "Väike, aga tubli". Väike, kuid võimas ja vastupidav masin on hinnas. Hiina ja Korea toodang on osati Aasia alast eraldiseisvate väljakuteni jõudnud (Joonis 5-1). Doosan, Sany ja LiuGong on auväärselt Volvo, JCB ja Caterpillari kõrval [19]. Saksamaa au hoiab kõrgel Liebherr ja Wirtgen oma tohutute väljapanekutega. Kui 2007 tutvustas Liebherr oma uut kallurit, siis 2013 oli näitusel väljas 47,5 kuupmeetiline hüdraulilise ekskavaatori kopp [17]. Uusimad säästutehnoloogiad on hübriidajam, pööratav pea laadimismasina noolel, vanade masinate remontimine [9]. GPS ja masinahaldussüsteemid hakkavad valmis saama aktsepteerides juba terve masinapargi andmestikku, neid ühtsesse süsteemi liites.



Joonis 5-1 Sany masinad- Hiina masinatootja väljapanek kui ajamärk

Kõige, kõige

Näitusel on väljas mõned maailma suurimad või võimsamad masinad, nagu [16]:

- Suurim mobiilne vanametalli purusti. Romuautode purustamiseks kasutakse haamerpurustit [8].
- Suurim liigendkallur – Bell 50, 50 tonnise kandevõimega
- Võimsaim ankrupoltide pingutaja
- Kiireim löökpuur. Atlas Copco
- Võimsaim kolbpump – Putzmeister 500
- Liebherr 47,5 kuupmeetiline hüdraulilise ekskavaatori kopp

Purustuskopad ja kopp-purustid

Kopad, mille sees on purusti, e. purusti, mida saab kasutada ka kopana, samuti sõel, sõelur ja sõelkopp on populaarne ekskavaatori (või ka kopplaaduri) tööorgan, et saaks kaevise sõelutud ja purustatud ja laaditud sama protsessi käigus. On nii lõug-, kui völlpurusteid, kui ka trummel-, varb- ja vibrosõelu. Suurim trummelsõelaga kopp on 5 m³.

Kraavitajad, freesid ja freeskombainid

Freeskombainiks tituleerib oma SM nimelisi masinaid Wirtgen. Teised tootjad kasutavad nimetusi nagu *Terrain Leveler* ja *Trencher*. Ilmselt on kõiki masinaid, mille trumlil või ketil on hambad, võimalik kasutada soonuri, sae või freesina. Küsimus on aga konstruktsiooni, materjalide ja ajamite vastupidavuses ja võimsuses. Selles vallas valitseb Wirtgen, osaleb Vermeer ja on ka teisi, kelle masinate valik on lai ja turul nõutud, nagu Tesmec [7].

Universaalkopad

Universaalkopandus on saanud koos kiirkinnitusega. Kopp võib olla korraka pöördkopp, pärikopp, külgekopp, diagonaalkopp kui vurrkopp. Seega saab ka teisi tööorganeid liigutada just sellisesse asendisse nagu parajasti vaja on. Kopa kiirkinnitus ei tähenda enam lihtsalt kopa kiiret ja automaatset kinnitamist, vaid ka hüdrovoolikute muhvide kiirühendamist. Seetõttu võib ekskavaatori tööterrassil leida mitmeid tööorganeid, mida kordamööda kasutatakse, näiteks kopp, purustuskopp, sõelkopp, freeskopp, ripper, vibroripper, hüdrovasar, puurmasin jt. Enamus masinaid, mis on välja mõeldud, saab panna tööle hüdro mootoriga ja kinnitada ekskavaatori noolele [11].

Lõhketööd

Uuendusena on välja pandud vähebrisantne lõhkeaine, millega on eriti ohutu lõhata linnas ja millega peaks lõhketööde loa saama oluliselt hõlpsamalt kui seni, kuna tekkiv vibratsioon on väike. Otstarbekas on selle kasutusvõimalusi kaaluda komplitseeritud piirkondades lõhates [33].

Shõu

2007. aastal tegid mootorratturid üle ekskavaatorite saltosid, 2010. aastal tõstsid ekskavaatorid end noolele ja tegid piruette, 2013. aastal sõidavad ekskavaatorid tiiru platsil ja reklaamiagent kiidab oma kaubamärki. Tsirkust on vähem ja rõhku pannakse leivale. Volvo esitlus oli praktilisemat laadi ning paigutati reaalselt mägesid ümber, laaditi materjali, rajati teid, hõoveldati ja imiteeriti asfalteerimist. Sarnaselt tegutsesid ka purustuskoppade tootjad, mille rakendamise analüüs on üheks Mäeinstituudi uuringusuunaks [21].

Teemantrossid, -saed ja –puurid

Teemantrosside tootjaid on väljas mõned, puuride ja saagide tootjaid aga kümneid. On augu- või südamikupuure, mille diameeter on 80 cm. Mõne käsipuurmasina juures tekib

küll küsimus, et kas puurides hakkab keerlema puur või puuri - puurmasin on võrreldes puuriga lihtsalt nii väike. Puurseade on kinnitatud käsipuurmasina, sammapuurmasina, raami või vankri külge. Puurvankreid on mitmes mõõdus, miniatuursetest gigantseteni. Sama võib öelda teemantsaagide kohta. Saekettaid on võllile pandud ka mitmeid, et saaks kasutada saage freesina.

Kaevis puhtaks

CDE näitab kaevisseadet, mille abil hõõrutakse kaevisest savi lahti ja eraldatakse see [3]. Tihkesteid ja separaatoreid on väljas teistelgi. Eestis ja mujal läbiviidud katsed näitavad, et ka mäenduses on võimalik kaevisele enamal määral lisaväärtust anda [27, 29, 14, 15]. Peenrikastamine, setitamine ja pulseerimine on perspektiivsed suunad kaevisel töötlemisel [28, 26, 13, 25, 12].

Gigantkaabliadrad

Gigantsed kaabliadrad on tõstetud jalgadele, võimaldades sõita üle põldude ja läbi võsa, abiks sarnased hõõvliid millega vajadusel võsa maha lõigata või teeperv profileerida. Sellised kõrgele tõstetud masinad on saanud „ämbliku“ nime. Ka sarnaseid ekskavaatoreid on mitmeid.

ATV-d

ATV-d ehk *all terrain vehicle* kallureid on arendatud läbima ülikeerulisi maastikke. Selleks on suurendatud kliirensit, igale rattale lisatud ajam ja pöörämismehhanism, mis sisuliselt tähendab seda, et kallur on võimeline sõitma ka diagonaalis.

Tõukur, mitte kallur

Mõned kastitootjad on asendanud kallutusmehhanismi tõukuriga, mis tundub mõistlik kuigi tekitab terminiprobleemi, kuna kallur pole enam kallur, vaid tõukuriga kastiga veomasin, veoauto või haagis.

Laavakombainid

Maailmarekordi on püstitanud laavakombain EL3000 (Caterpillar), raimamiskõrgusega 2,5-5,5 m ja võimsusega 2295 kW saavutades tootlikkuseks 5000 t/h. Möödunud aastal saavutas Caterpillari söehõõvel ööpäevase maailmarekordi 24 400 t/ööp Bogdonka kaevanduses Poolas, mille purustas Pinnacle kaevandus (West Wirginia, USA), saavutades 29 420 t/ööp 294 m pikkuses ja 1,42 m kõrguses laavas. Mõlemad rekordid saavutati Cat Gleihobel GH1600 hõõvliga. Eickhoff toodab alates 2007. aastast laavakombaini SL 1000, 2600 kW võimuse ja 7,1 m raimamiskõrgusega. 2003. aastal saavutas see Shangwan kaevanduses Hiinas toodanguks 1 miljon tonni kuus. Sama toodangumahu saavutas SL750 Oakey Creeki kaevanduses 3 meetri kõrguses laavas 2007. aastal.

Lühieekombainid

Dhms R75 suudab raimata kuni 100 MPa kivimit, olles vaid 2,5 m kõrge.

Kaevandusauto

Paus (Hermann Paus Maschinenfabrik GmbH) toodab teenindusautot, mis teeks iga Hummeriomaniku kadedaks, juhul kui sõit kulgeks kaevanduses. Kuulus MinCa on kandevõimega 4 tonni, suudab vedada 18 inimest, suudab teha 90° pöörde kõigest 4,3 m laiuses käigus ja sõita üles 60° nõlvast.

Teadus

Bauma on rakendusteaduse näitus. Kes midagi on välja mõelnud, patenteerinud või rauda või plastikusse valanud, see ka seda demonstreerib.

Mäeinstituut demonstreerib põlevkivi, rikastamise ja jäätmete alaseid uuringuid, tuues kaasaegsete mäemasinate info Eesti tudengite ja insenerideni (Tabel 5-1) [31, 32].

Tabel 5-1 Mäemasinate infoportaal

Teema	Veebiaadress
Masinaid	http://mi.ttu.ee/masinaid/
Ekskavaatorid	http://mi.ttu.ee/ekskavaator/
Eesti mäendus	http://mi.ttu.ee/eestimaendus/
Mäendus	http://mi.ttu.ee/maendus/
Maailma mäendus	http://mi.ttu.ee/maailmamaendus/
Kaevandused	http://mi.ttu.ee/kaevandus/
Karjäärid	http://mi.ttu.ee/karjaar/
Rikastamine	http://mi.ttu.ee/rikastamine/
Raimamine	http://mi.ttu.ee/raimamine/

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 3.2.0501.11-0025 – Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine – mi.ttu.ee/etp; B36 Kivimi raimamine ja rikastamise valikmeetoditega - mi.ttu.ee/rikastamine.

Viited

1. [BAUMA 2013 - Min-Novation](#). MIN-Novation Eesti. Mäeinstituut 2013
2. Bauma infoveeb. <http://www.bauma.de/>. Messe München GmbH 2013
3. [CDE](#). Maavarade kaevandamise õppetool. Mäeinstituut 2012
4. Conexpo veeb. <http://www.conexpoconagg.com/>. The Association of Equipment Manufacturers (AEM) 2014
5. Freibergi Mäeakadeemia. Maavarade kaevandamise õppetool. <http://mi.ttu.ee/kaevandamine/>. Mäeinstituut 2013
6. Ingo Valgma. Eesti Mäendus. Mäendusõpik. <http://mi.ttu.ee/eestimaendus/> Mäeinstituut 2014
7. Ingo Valgma. [Freeskombain](#). Mäeõpik. <http://mi.ttu.ee/opik/> Mäeinstituut 2008
8. Ingo Valgma. [Haamerpurusti](#). Mäeõpik. <http://mi.ttu.ee/opik/> Mäeinstituut 2013
9. Ingo Valgma. [Hübriidekskavaator](#). Mäeõpik. Mäeinstituut 2013
10. Ingo Valgma. Mäeõpik. <http://mi.ttu.ee/opik/> Mäeinstituut 2014
11. Ingo Valgma. [Nool](#). Mäeõpik. <http://mi.ttu.ee/opik/> Mäeinstituut 2011
12. Karu, V.; Gulevitš, J.; Rahe, T.; Roots, R.; Iskül, R.; Pölder, A. (2013). Mining waste management of Estonian mineral resources. 6th International Conference on Sustainable Development in the Minerals Industry (414 - 419). Milos Conference Center
13. 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
14. Karu, V.; Rahe, T.; Närep, E.; Väizene, V.; Costa, J. (2013). Pilot Unit for Mining Waste Reduction Methods. Environmental and Climate Technologies, 39 - 44.
15. 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
16. [Kõige, kõige, kõige](#). Mäeinstituut 2014
17. Liebherr unveils new haul truck at bauma 2007. E&MJ-ENGINEERING AND MINING JOURNAL. Volume: 208. Issue: 5. Pages: 66. 2007
18. [Maketid Baumal](#). Mäemuuseum. Mäeinstituut 2013
19. Masinad. Mäeinstituut. <http://mi.ttu.ee/masinad/> 2014
20. [Mäeinstituut BAUMA-I](#). Konverentsid - mäendus, kaevandamine, ressursid, geoloogia, geotehnoloogia. Mäeinstituut 2010
21. Nurme, M. (2014). Allu purustuskopa katsed Narva karjääris. Talveakadeemia 2014 kogumik (50 - 59). Tartu: Talveakadeemia
22. Robam, K. (2010). Study on dewatering for oli shale and limestone mining in Estonia :[posterettekanne BAUMA 2010 „The Peak of Excellence“]. Valgma, I. (Toim.). Mäendusuuringud ja kaevandamine (6). Tallinn: TTÜ Mäeinstituut
23. Steve Fiscor. Munich Hosts World's Largest Equipment Exhibition. E&MJ News 2013
24. Tiro, Albert. Kaevanduskonveierid / Albert Tiro ; [kaas: G. Pant]. - Tallinn : Valgus, 1965

25. Valgma, I. (2013). Mining and rock engineering in Estonia. In: Proceeding of Finnish National Group of International Society of Rock Mechanics: Symposium of Finnish Rock Engineering Society and Society of Rock Mechanics. (Toim.) E. Johansson. Helsinki, Finland:, 2013, 91 - 220.
26. 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
27. Valgma, I.; Kolats, M.; Uibopuu, L.; Lüüde, A.; Saarnak, M.; Reinsalu, E.; Nurme, M. (2014). Mäenduse tehnoloogia areng Eestis. In: Ressursid ja energiasääst: Ressursid ja energiasääst 2014. (Toim.) I. Valgma. Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut, 2014.
28. 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
29. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Saarnak, M. (2013). Technologies for Decreasing Mining Losses. Environmental and Climate Technologies, 11(1), 41 - 47.
30. Vrancic, T. (2013). On the eve of bauma 2013 in Munich the largest construction fair in the world. Gradevinar. Volume: 65. Issue: 2. Pages: 186-186.
31. 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
32. Väizene, V. (2009). Modelling granite mine workings and its complex usage. 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
33. 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

6. Eesti põlevkivi kaevandamisviisid

Martin Saarnak, Lembit Uibopuu, Ingo Valgma, Martin Nurme, Vivika Väizene

Sissejuhatus

Eestis on põlevkivi kaevandatud avakaevandamis- ja allmaakaevandamismoodusel [3]. Kaevandamisviisi klassifikatsioon täpsustab seda, kuidas kaevandatakse. Tavaliselt näitab see põhikaeveõõnte või põhiprotsesside põhiomadusi [19]. Põlevkivi kaevandamine Eestis [11] sai alguse I maailmasõja päevil, kui Venemaa loode osa tabas kütuse kriis ning kui mõisteti kivisöe asendatavust põlevkiviga. Venemaal moodustati Kütuse Komitee, kus kaaluti põlevkivi kasutamise võimalusi. 1916. aastal hakkas Kütuse Komitee ülesandel geoloog Pogrebov läbi viima ulatuslikke geoloogilisi uuringuid Eesti põlevkivi levikualal. Geoloogilisteks uuringuteks kasutati šurfe. Põlevkivi proovide saamiseks laiendati uuringušurfe ja kaevandati 50 tuhat puuda põlevkivi Petrogradi teaduslikesse uurimisasutustesse, Tallinna katlamajadesse ja Aseri ning Kunda tsemendivabrikutesse saatmiseks. Uurimistulemused olid edukad. Kütte komitee otsustas alustada põlevkivi kaevandamist ja tsaar Nikolai II eraldas selleks riigi poolt kaevanduse projekteerimiseks ja rajamiseks vastava summa raha ning sellega seotud tööd algasid kiirelt [14].

Põlevkivikarjäärade rajamine

Enne karjäärade rajamist oldi rajatud uuringušurfid. Uuringušurfid olid rajatud teaduslikes laboratooriumites põlevkivi uurimiseks. Esimesed šahtid ja strekid rajati käsitsi, raimates kangi ja kiilude abil, vesi pumbati välja käsipumbaga ja lahti murtud põlevkivi tõsteti maa peale käsivintsi abil puutoobris [16]. 1917. aastal alustati põlevkivi kaevandamise ettevõtte rajamist Pavandu külla. Hakati ehitama kitsa- ja laiarööpmelist raudteed Kohtla raudteejaamast Pavandusse. Alustati Pavandu külas infrastruktuuri ja ehitiste rajamist (elektrijaam, katlamaja, töökojad). Pavandu karjääris hakkasid tööle auruvedurid koos puidust vagonettidega ja elektriga käivitavad veepumbad. Veetaseme alandamiseks kaevati käsitsi veekraav. Kahjuks sõjategevuse tõttu tööd takerdusid. Pavandu karjääri algust võib nimetada ka Eesti põlevkivi avakaevandamise alguseks. Pavandu karjääris alustati aukkaevandamisega ja hiljem mindi üle vaalkaevandamisele [24]. 1919. hakati Pavandu karjääris katendi eemaldamiseks kasutama 2 m³ kopa mahuga auruvekskavaatorit, mida liigutas, elektrijõul töötav metallist transportöör. Rööbastel liikuvat auruvekskavaatorit hakati esmakordselt Eestis põlevkivi kaevandamisel kasutama 1925. aastal Vanamõisa karjääris, kuigi tööd algasid seal juba 1920. Järgnesid ka teiste karjäärade rajamised (Tabel 6-1).

Põlevkivikaevanduste rajamine

Kaevandamise tehnoloogiat ja protsesse valitakse sõltuvalt mäendustingimustest [20]. On teada tuntud tõde, et lõuna suunas on põlevkivi kihind sügavamal maapõues. Samuti on tänapäevaks kujunenud tõeks, et kaevandamine karjäärist pole otstarbekas kui põlevkivi kihindit katab üle 30 meetri paksune katend. Alla 30 meetri sügavusi kaevandusi leidub Eestis mitmeid, alustades ajaloolistest kaevandustest, mis rajati avamusjoone lähedale Pavadus, Kävas, Kiviõlis, Küttejõul ja Viivikonnas. Kõigil eelpool nimetatutel jääb põlevkivikihind maapinnast alla 10 meetri sügavusele. Madala sügavusega kaevandused on tingitud asjaoludest, et nende tekke aegne paljandamise tehnoloogia polnud üle 10 m sügavuse karjääri loomiseks just optimaalseim ressursside kasutamine. Seetõttu hakati kasutama allmaakaevandamist ja selleks rajati karjääridest stollid. Esimeseks toodangut andvaks kaevanduseks võib nimetada Kukruse kaevandust [15]. Enne II maailmasõda toimus allmaakaevandustes valdavalt paarisstrekkega kaevandamisviis. See oli tingitud põlevkivi säästvast kasutamisest ja tuli vältida maapinna vajumist. Vahetult pärast II maailmasõda võeti kasutusele paarislaavadega kaevandamisviis, 1960ndatel kamber- ja kombineeritud kaevandamisviis (Tabel 6-2).

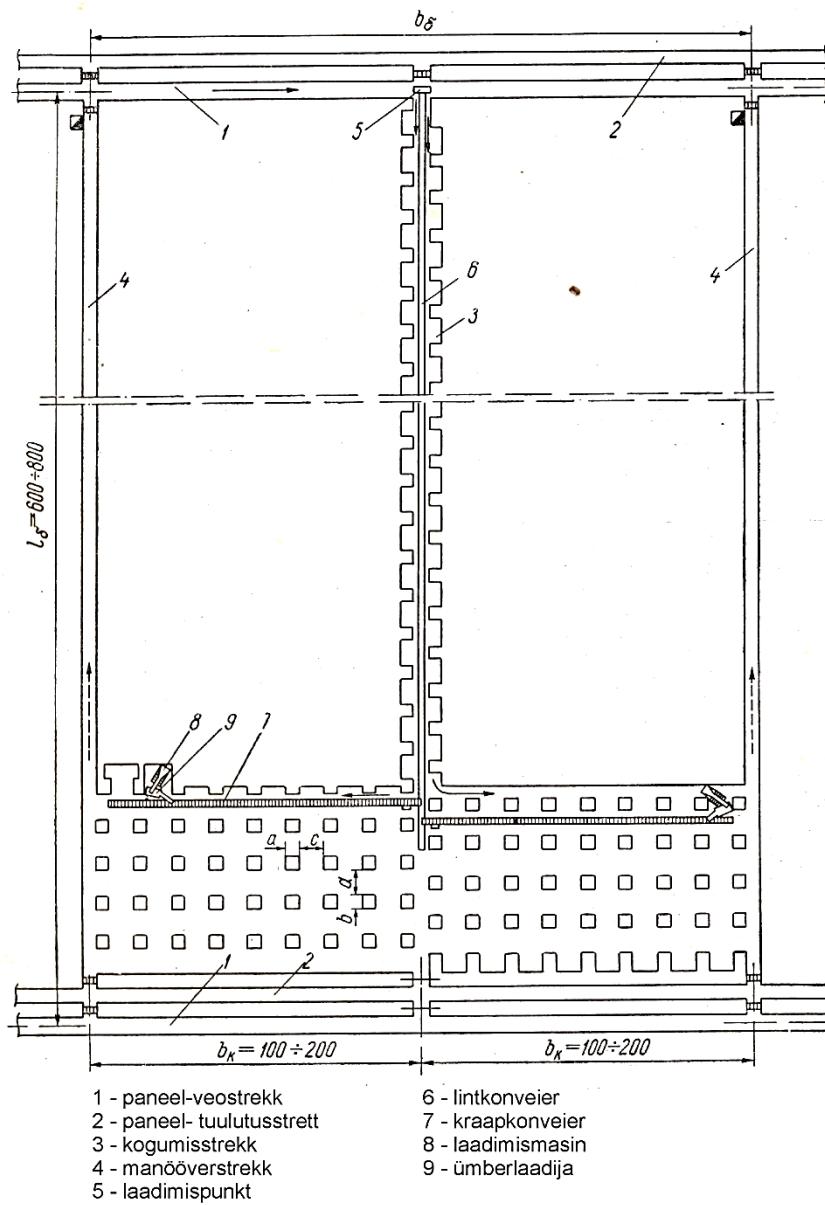
Eesti põlevkivi kaevandamisel on kasutatud järgmisi kaevandamisviise:

- **Avakaevandamisel**
 - ✓ väljakkaevandamine - kaevandamisviis, mille puhul maavara väljatakse kihtidena suurel alal e. väljakul. Lasund võeti välja kihtide kaupa, katend ja aherkivi veeti hobustega välispuistangutesse, põlevkivi ladustati. Põlevkivi kaevandamisel kasutati ainsana erafirmas „Mutschnik & Co“ 1917 aastal Muistneki karjääris, kus tööd katkesid revolutsiooniliste sündmuste tõttu.
 - ✓ aukkaevandamine - karjääris kaevandades jääb järgi auk. Katend ja aherkivim veetaks välispuistangusse. Aukkaevandamist kasutatakse juhul kui katendikivimeid ei saa paigutada kaevandataud alasse, kuna need kataksid maavara või neid ei ole piisavalt, et auku täita. Eestis on enamus karjäärid alustanud aukkaevandamisega, seejärel on mindud üle vaalkaevandamisele.
 - ✓ vaalkaevandamine - peamine kihtmaardlate kaevandamisviis, mille puhul katendikivimid paigutatakse sisepuistangusse vaaludena. Eesti põlevkivi- ja fosforiidikarjäärid on vaalkarjäärid [18, 22, 4].
- **Allmaakaevandamisel**
 - ✓ paarisstrekkega - kõige vanem kasutusel olnud allmaa kaevandamisviis Eestis. Alustati kitsaste 3-4 m laiuste etega (kambritega), hiljem hakati katsetama laiemaid (8-10 m) esi, kus jäeti aherkivim kaevandatud alasse.
 - ✓ paarislaavadega - Paarislaavadega kombineeritud kaevandamisviisil rajati paneelstrekke vahele ette kogumisstrekki ja kraapkonveieri monteerimiseks kahele poole ee alglõõrid. Kogumisstrekile monteeriti lintkonveier, millelt laaditi põlevkivi paneelstrekil vagonettidesse. Vedu toimus elektriveduritega. Põlevkivi sorteerimine, laadimine kraapkonveierile ja aherkivimi laadimine üle konveieri

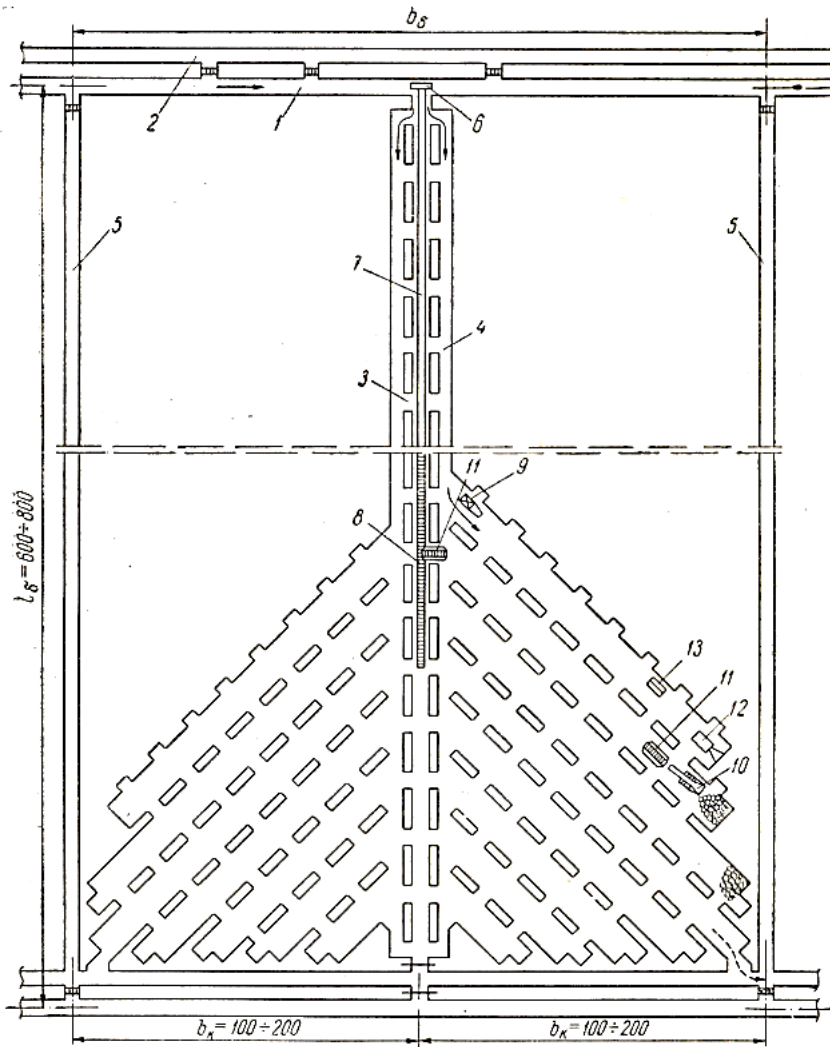
paeriita toimus käsitsi. Algul kasutati üheketilist, hiljem kaheketilist kraapkonveierit lõpuks moodsamat hüdrojuhvidega kaheketilist ankrukettidega konveierit. Kaevandatud alas kasutati osalist täitmist, mille tõttu maapind vajus [7]. Põlevkivi raimamiseks kasutati soonimist ja puur-lõhketöid. Lõhketöödel kasutati ammoniiti. Tööee toestamisel kasutati puit-toeposte, hiljem metall-toeposte. Laavade lõppu jäeti külgstrekk, tuulutuseks, materjalide transpordiks ja varuväljapääsuks.

- ✓ **kamberkaevandamine** - kaevandamisviis, mille puhul jäetakse väljatasvasse kihindisse tervikud, mis hoiavad maapinda üleval ja nende vahele moodustuvad kambriid, kus liiguvad masinad (Joonis 6-1) [6]. Kaevandamisviisi eeliseks on võimalus kasutada põlevkivi väljamisel moodsaid mäemasinaid [17] ja oluliseks tunnuseks on katendi ja maapinna vajumise vältimine normaalsetel geoloogilistel tingimustel [23]. Puuduseks on, et osa maavarast (põlevkivist) jäetakse väljamata, millest moodustuvad tugitervikud, mis jäävad maapinda hoidma. Veel on puuduseks see, et kogu väljatatav kaevis (põlevkivi ja aherkivim) tuleb transportida maa peale seal rikastada tarbijale nõutava kvaliteedini. Suurenevad kaevandamiskaod ja maad risustavad aheraine mäed. Kasutusel on olnud ja on ka edaspidi võimalik kasutada erinevaid kamberkaevandamise viise (Joonis 6-2, Joonis 6-3, Joonis 6-4, Joonis 6-5) . Kambrite laius on olnud olenevalt kattekivimite paksusest ja omadustest 6 -10 m, tervikute mõõdud ca 6x6 m ja kõrgus 2,6 – 3,4 m. Kamberkaevandamisel on kasutatud puur-lõhketöid. Algul puuriti ja lõhketööd viidi läbi käsitsi. Tänapäeval on kasutamisel puurimisel liikuvad puurseadmed ja lõhketöödel kasutatakse emulsioon-lõhkeaine laadimisseadmeid. Kaevisse laadimiseks kasutati algul käpp-laadimismasinaid, millega laaditi algul vagonetti, siis konveierile, liikurvagonetti ja viimastel aastatel on kasutusel kopplaadurid. Kambrites on kasutatud ka allmaa töödeks kohandatud buldoosereid kambrite puhastamiseks ja kaevisse kraapkonveierile laadimiseks. Kambrite toestamiseks kasutati ankurtoestikku. Originaalse, lihtsalt paigaldatava, valmistatava ja korduvalt kasutatava ankrutüübi töötasid välja Põlevkivi Instituudi teadlased, mille valmistamise tehnoloogia parendamiseks aitasid kaasa Kesk-Elektromehaanikatöökodade insenerid. Ankrupikkus sõltus luku paigutamise asukohast tihedasse lubjakivi kihti [10]. Ankrupaidamise puurauke puuriti kambri lakke käsi-elektripuurmasinaga keerdpuuriga. Puurimisel kasutati mitmesuguseid ratsionaliseerijate valmistatud abivahendeid. Hiljem kasutati liikuvaid puurseadmeid. Kogumisstrekil kasutati kaevisse lintkonveierile laadimisel punker-ümberlaadureid [1] Kambriploki tuulutamiseks kasutati kohalikke ventilaatoreid kummitorude või konfuusoriga. Ahtme kaevanduses kasutati kamberkaevandamisel USA firma Joy mäemasinate kompleksi, mis koosnes laadurist, liikurvagunist, puurvankrist ja ankurtoestiku paigaldamise masinast. [13]

Näiteid kaevandamisviiside kasutamisest konkreetsetes kaevandustes on näha tabelist. (Tabel 6-2)

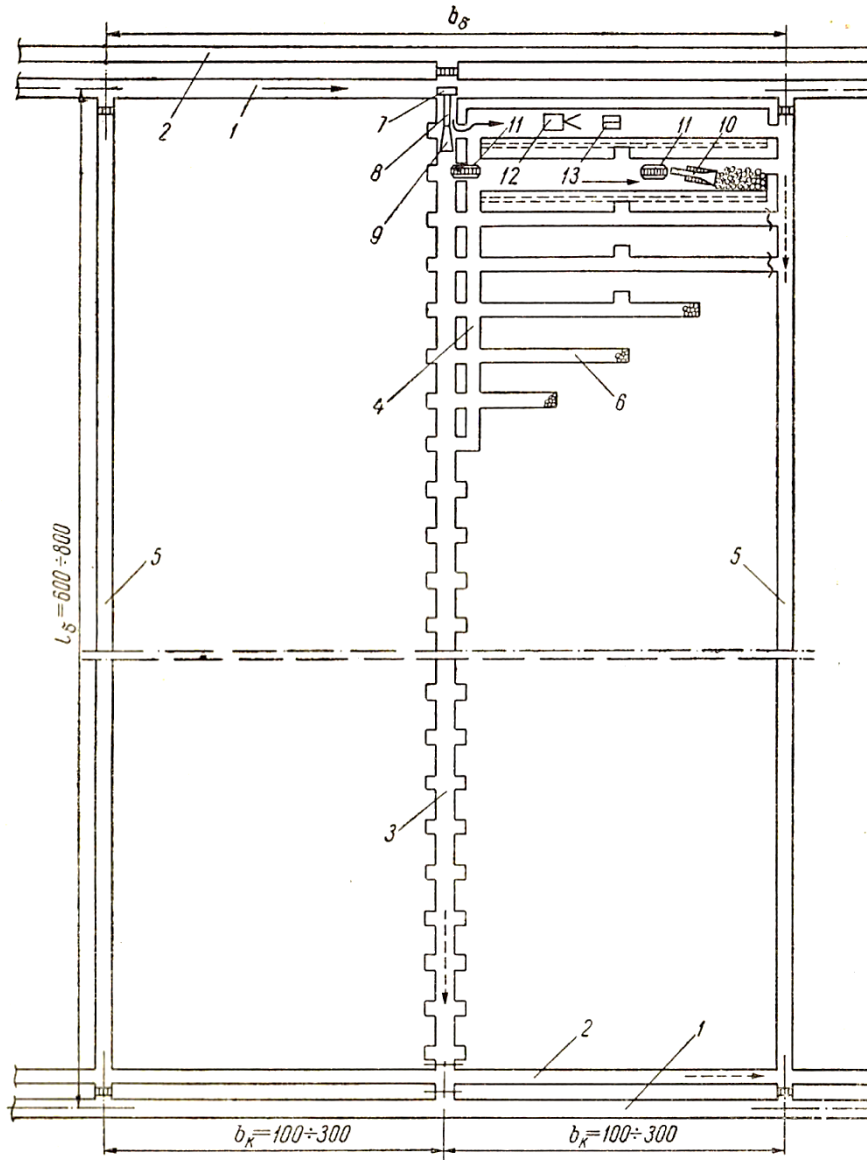


Joonis 6-1 Tulptervikutega kamberkaevandamisviis [13]



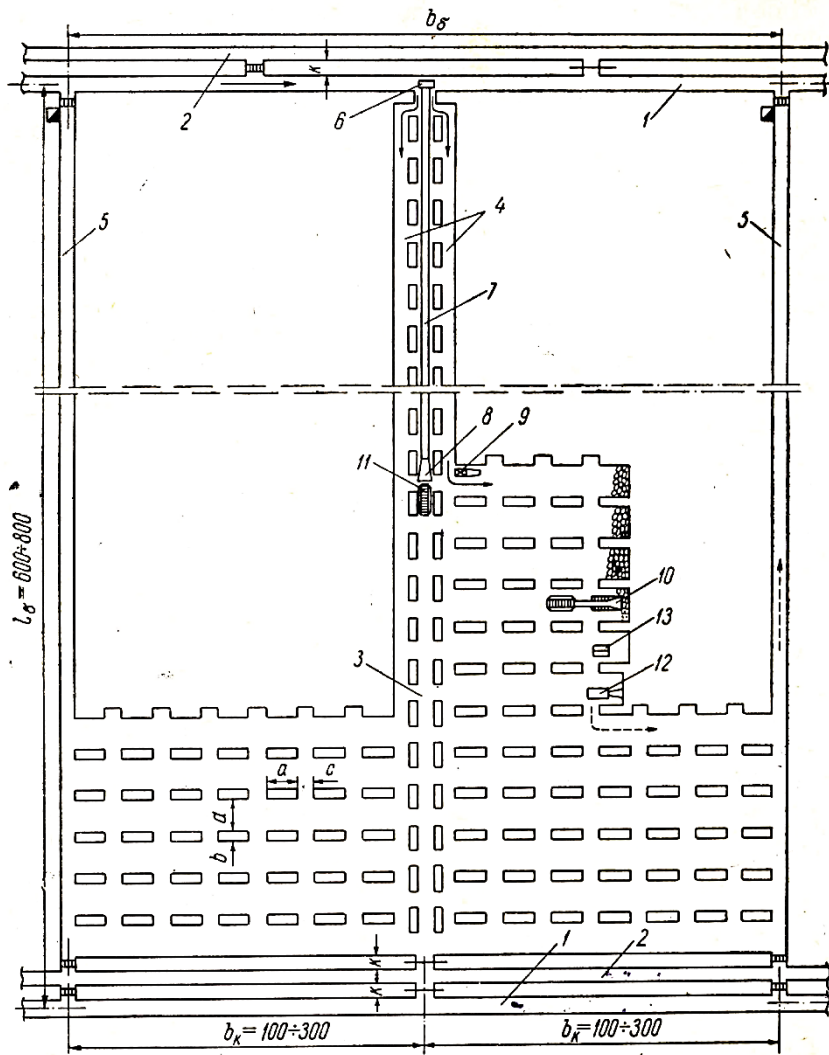
- | | |
|--------------------------|------------------------------|
| 1 - paneel-veostrekk | 8 - kraapkonveier |
| 2 - paneel- tuulusstrett | 9 - konfuusoriga ventilaator |
| 3 - kogumistrekk | 10 - laadimismasin |
| 4 - manööverstrekk | 11 - liikurvagun |
| 5 - külgstrekk | 12 - puurseade |
| 6 - laadimispunkt | 13 - ankrupaigaldamise seade |
| 7 - lintkonveier | |

Joonis 6-2 30° – 60° kambrite asetusega kamberkavandmisviis [13]



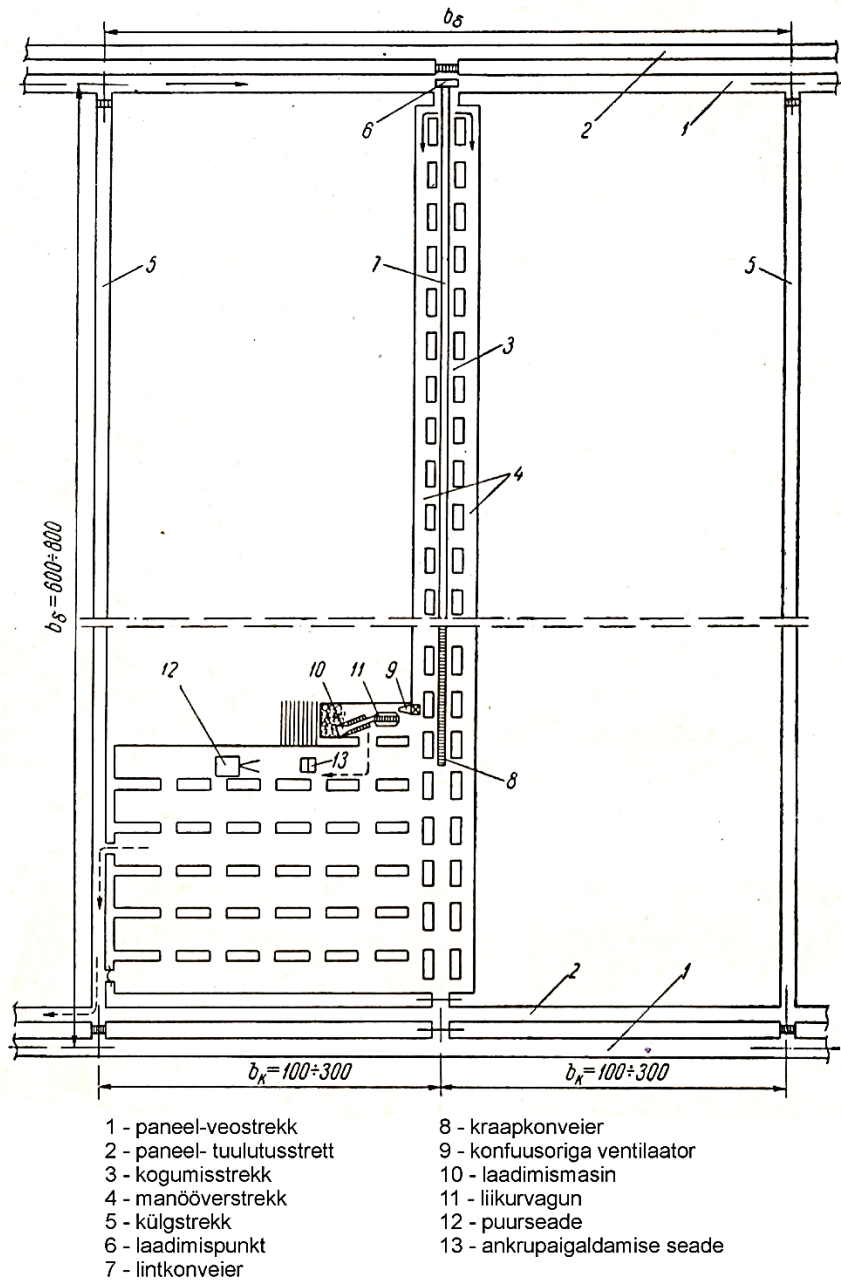
- | | |
|--------------------------|------------------------------|
| 1 - paneel-veostrekk | 8 - lintkonveier |
| 2 - paneel- tuulusstrett | 9 - punkriga ümberlaadur |
| 3 - kogumisstrekk | 10 - laadimismasin |
| 4 - manööverstrekk | 11 - liikurvagonett |
| 5 - külgstrekk | 12 - puurseade |
| 6 - lõigustuskamber | 13 - ankrupaigaldamise seade |
| 7 - laadimispunkt | |

Joonis 6-3 Koristuskambritega kamberkaevandamisviis [13]



- | | |
|----------------------------|---------------------------------------|
| 1 - paneel-veostrekk | 8 - punkriga ümberlaadur |
| 2 - paneel- tuulutusstrett | 9 - konfuusoriga ventilaator |
| 3 - kogumisstrekk | 10 - laadimismasin |
| 4 - manööverstrekk | 11 - liikurvagun |
| 5 - külgstrekk | 12 - puurseade |
| 6 - laadimispunkt | 13 -toestusankrute paigaldamise seade |
| 7 - lintkonveier | |

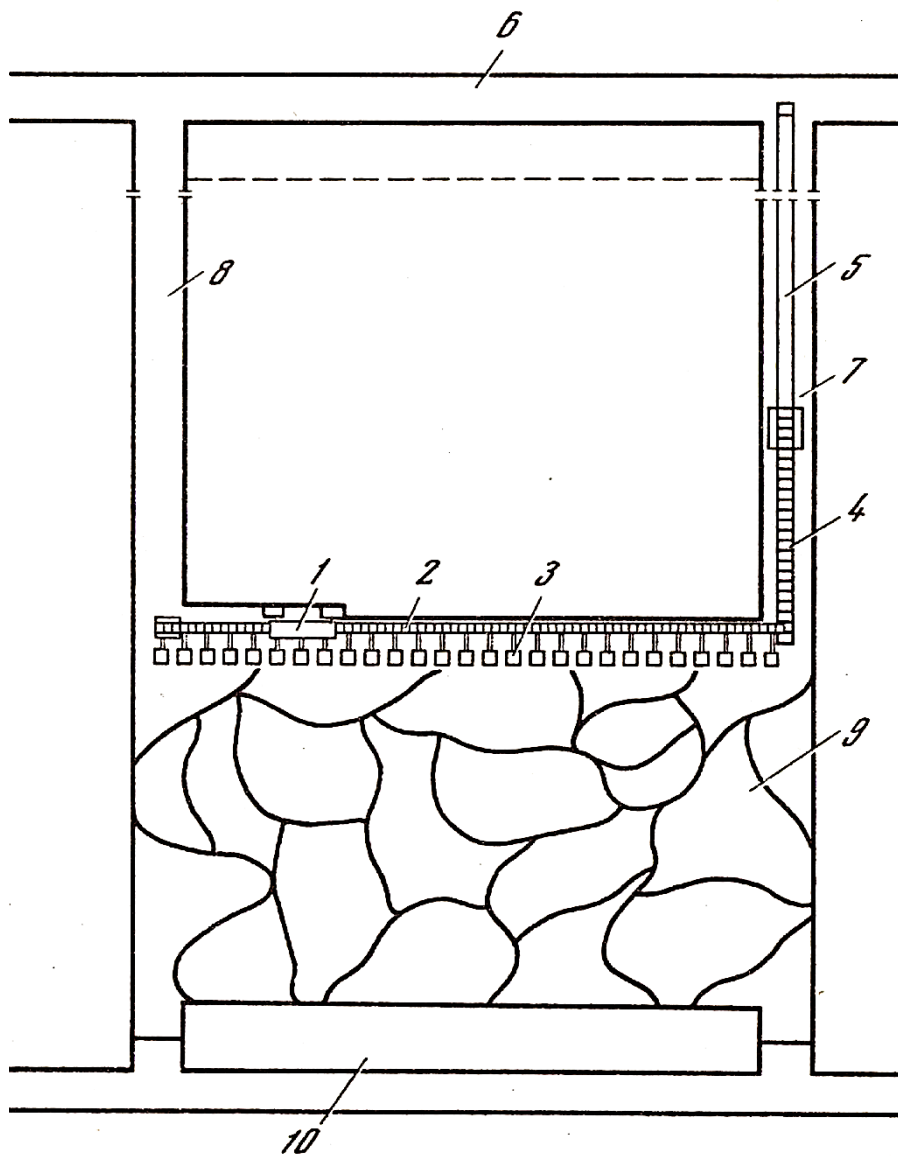
Joonis 6-4 Mitmekambriline kamberkaevandamisviis [13]



Joonis 6-5 Ristlõhkeaukudega kamberkaevandamisviis [13]

- ✓ kombinlaavakaevandamine - tänapäeva kõige moodsam allmaa kaevandamisviis on pikaee kombiniga lae langetamisega lankkaevandamisviis (Joonis 6-6), mis võimaldab allmaa mäetööd täielikult automatiseerida arvuti abil [9, 12]. Eestis alustati pikkee-kitsahaardelise kombaini katsetamist Eesti Põlevkivi kaevandustes 1970. aastatel mäeinsener Alo Adamsoni juhtimisel. Tema teeneks tuleb lugeda kitsahaardelise põlevkivikombaini IGŠ68S projekteerimiseks

vajalike katsetuste, mõõtmiste, modelleerimiste ja teoreetiliste arvutuste läbiviimine, mille tulemusel valmis koostöös tehase projekteerijatega spetsiaalselt põlevkivi kaevanduste jaoks koristuskombain. Kombain oli üks õnnestunumaid mäemasinaid, mis oli projekteeritud ja valmistatud spetsiaalselt Eesti põlevkivi raimamiseks, kus küllalt sitketele ja kõvadele põlevkivi kihtidele olid veel kõvemad lubjakivi vahekihid ja konkretsioonid. Eriti edukalt töötas kombain Kohtla kaevanduses, kus väljati kogu kihind A-E. Kombainkaevandamisel kasutatakse lankkaevandamist, kus kaeveväli valmistatakse, rajades ette valmis kogumis- ja külgstreki ning ee alglõõri kombaini, konveieri ja toestuskompleksi monteerimiseks. Tänapäeva kombainilaava pikkus võib ulatuda kuni 400 meetrini, langi pikkus võib olla 4 – 5 km. Pikkades etes on kasutusel piki ett konveieril liikuv veoketi abil ennast vedav kahe tigu tüüpi tööorganiga varustatud mäekombain. Lõikeorganid asuvad kombaini mõlemas otsas, on tungraudade abil üles-alla liigutatavad. Pöörlevate tööorganite teljed on paralleelsed kaeveõõne põhjaga. Kombain võib töötada mõlemas suunas, kusjuures alumine tööorgan liigub ees, ülemine taga. Teises suunas liikuma hakates vahetatakse tööorganite asukohad. Tööorganid on varustatud vahetatavate lõiketeradega. Seda tüüpi kombain oli kasutusel Eestis põlevkivi kaevandamisel. Moodsates tänapäeva koristustes kasutatakse komplekse ja agregate, kus koristusesi hoitakse ülal ühte hüdrovõrku ühendatud hüdrauliliste tugede ja neile asetatud katuse abil. Samas võrgus on ka konveierit nihutavad tungraud. Strekil asub võrgus rõhku hoidev õlijaam. Võrgus kasutatakse tänapäeval õli asemel emulsiooni (vee ja õli segu). Eestis kasutati esialgu mehaanilist raudtoestikku ja hiljem mindi üle hüdraulilise kompleksi "Sputnik" kasutamisele [14]. Pikaee kombainiga lae langetamisega lankkaevandamisviisi eeliseks on inimestele ohutu töö kindlustamine, põlevkivikihi täielik väljamise võimalus, puuduseks on kaevandatud ala maapinna rikkumine.

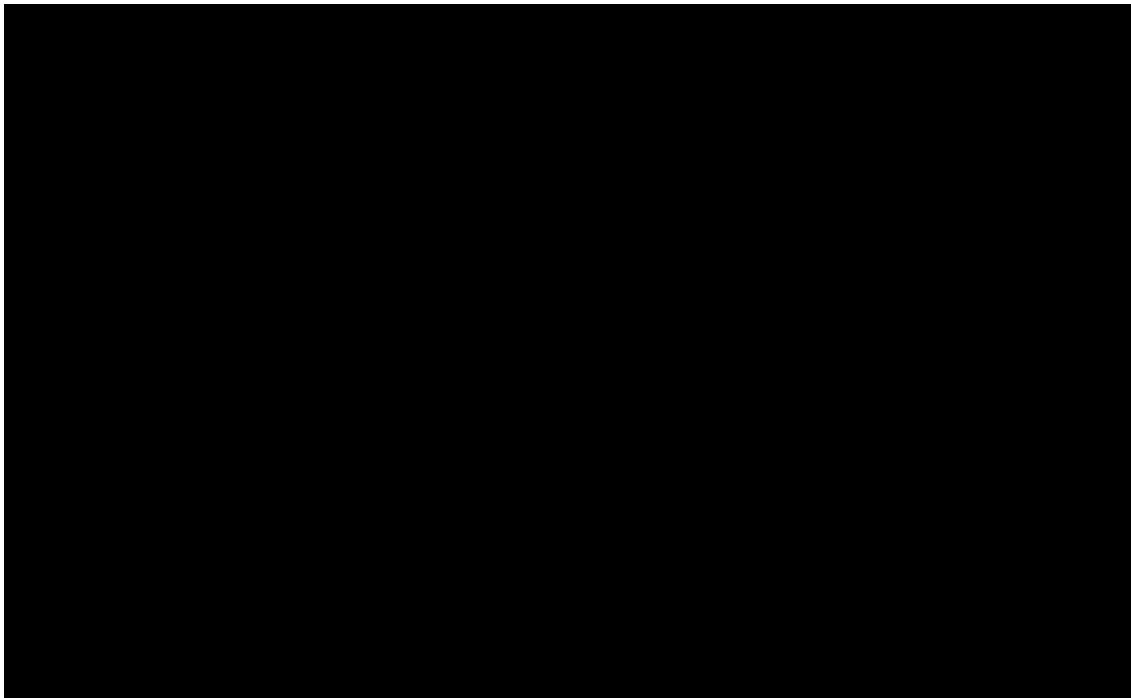


- | | |
|----------------------|-------------------------------|
| 1. Korbain | 6. Paneelstrekk |
| 2. Kraapkonveier | 7. Kogumisstrekk |
| 3. Varistamistoestik | 8. Külgstrekk |
| 4. Konveier | 9. Kaevandatud ala |
| 5. Lintkonveier | 10. Strekkide vaheline tervik |

Joonis 6-6 Korbainlaavakaevandamisviis [13]

Tabel 6-1 Avakaevandamise perioodid Eesti põlevkivi karjäärides [2]

Karjääri nimi	algus	lõpp
Pavandu	1917	1927
Kukruse	1920	1920
Kiviõli	1922	1931
Vanamõisa	1920	1931
Käva	1925	1930
Küttejõu	1925	1946
Ubja	1926	1955
Viivikonna	1936	1987
Kohtla	1937	1959
Sirgala	1962	...
Narva	1970	...
Aidu	1974	2012
Põhja - Kiviõli	2004	...
Ubja	2005	...

Tabel 6-2 Kaevandamisviiside perioodid Eesti põlevkivi kaevandustes [2]**Kokkuvõtvalt**

Eestis on tänaseks päevaks põlevkivi kaevandamisega tegeletud peaaegu 100 aastat. Tehnoloogia on olnud pidevas arengus [21] ning ka tänapäeval katsetatakse uute lahenduste juurutamist kaevandamistehnoloogiates [7] kui ka viisides [5, 8]. Tänapäeval

toimub põlevkivi kaevandamine põhiliselt, kas avakaevandamises vaalkaevandamise ja kõrgselektiivse kaevandamise [18, 22, 4] või allmaakaevandamisel kamberkaevandamise viisidega.

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 - „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – mi.ttu.ee/etp , B36 - Kivimi raimamine ja rikastamine valikmeetoditega - mi.ttu.ee/rikastamine ja KIK14033 - Põlevkivi altkaevandatud alade stabiilsuse hindamine.

Viited

1. Allik, A. „Stangovaja krep na slantsevõh šahtah“. Nedra, Leningrad, 1964.
2. Allik, A. 50 aastat põlevkivi allmaakaevandamist kogumikus „50 aastat põlevkivi kaevandamist Eesti NSVs“. Valgus, Tallinn, 1968
3. FRAIMAN, J; KUZMIV, I. Technology Experience and Economics of Oil Shale Mining in Estonia. ENERGY SOURCES Volume: 17 lk. 703 – 718. 1995
4. Karu, V. (2007). Põlevkivihindi väljamine ning võimalikud korrastussuunad Tammiku-Kose karjäärivälja näitel. E. Reinsalu, A. Önnis, K. Sokman, I. Valgma, H. Viilup (Toim.). Kaevandamine parandab maad (5 pp.). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinsituut
5. Karu, V. (2007). Soovitusi põlevkivi avakaevandamiseks ning ala kujundamiseks Jõhvi vallas Tammiku-Kose väljal. Önnis, A-Ö. (Toim.). Kaevandamine parandab maad (22 - 24). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli mäeinsituut
6. Kolats, M. [Kamber](#) . Mäeõpik. Mäeinsituut
7. Nurme, M. (2014). Allu purustuskopa katsed Narva karjääris. - Talveakadeemia 2014 kogumik. Tartu: Talveakadeemia, 50 – 59
8. 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, 1 - 11.
9. Pastarus, JR. (2003). Püsivusanalüüs kombainkaevandamisel Eesti põlevkivikaevandustes. V. Mägi (Toim.). Tallinna Tehnikaülikooli Aastaraamat 2002 (281 - 287). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool
10. Pozin, E.; Adamson, A.; Andrejev, V. „Razrušenie slantsev instrumentami vjõmotšnõmi mašinami
11. Rahe, T.; Grossfeldt, G.; Kuusemäe, K. (2013). Poster of Oil shale mining in Estonia. In: International Oil Shale Symposium Tallinn, Estonia, 10.-13.06.2013: International Oil Shale Symposium Tallinn, Estonia, 10.-13.06.2013. Tallinn: Enefit, 2013, 1.
12. Stokes, MR; Tuck, MA. Future configurations of high output longwall faces PROCEEDINGS OF THE 6TH INTERNATIONAL MINE VENTILATION CONGRESS Pages: 487-492. PITTSBURGH 1997
13. Talve, L. „Napravlenija usoveršenštovanija kamernoi sistemõ razrabotki na Estonskih slantsevõh šahtah“ kogumikus „Problemõ slantsedobõvajuštšei promõšlennosti Estonskov SSR. Nedra, Leningrad, 1968

14. Uibopuu, L.; Saarnak, M. (2014). Põlevkivi ajalugu, 1. osa: kuidas mäendus sa riikliku juhtimise (1919 - 1944). *Inseneeria*, 46 - 47.
15. Uibopuu, L.; Saarnak, M. [Allmaa kaevanduste algus](#) Kaevandamise ajalugu. Mäeinstituut. 2014
16. Uibopuu, L.; Saarnak, M. [Esimesed põlevkivikarjäärid](#) Kaevandamise ajalugu. Mäeinstituut. 2014
17. Undusk, V. (2009). Põlevkivikihi selektiivne väljamine Ojamaa kaevanduse tingimustes. – Mäenduse maine. Tallinn: Eesti Mäeselts, TTÜ mäeinstituut, 98-107
18. Undusk, V. Feasibility and Technological Study for Wirtgen 3700 SM High-Selective Miner in Conditions of Aidu Oil Shale Open Cast. As Estonian Oil Shale Applied Research Center, Jõhvi, 1997
19. Valgma, I. [Kaevandamisviisid](#) Mäeõpik. Mäeinstituut
20. Valgma, I.; Kolats, M.; Grossfeldt, G.; Saum, M. (2008). Kaevandamise protsesside sõltuvus mäendustingimustest. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid (-). Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
21. Valgma, I.; Kolats, M.; Uibopuu, L.; Lüüde, A.; Saarnak, M.; Reinsalu, E.; Nurme, M. (2014). Mäenduse tehnoloogia areng Eestis. In: *Ressursid ja energiasäät: Ressursid ja energiasäät 2014. (Toim.) I. Valgma*. Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut, 2014.
22. Valgma, I.; [Vaalkaevandamine](#). Mäeõpik. Mäeinstituut
23. Wu Ai-xiang; Huang Ming-qing; Han Bin. Orthogonal design and numerical simulation of room and pillar configurations in fractured stopes. *JOURNAL OF CENTRAL SOUTH UNIVERSITY* Volume: 21 Issue: 8 Pages: 3338-3344 Published: AUG 2014
24. Väizene, V.; Valgma, I.; Iskül, R.; Kolats, M.; Nurme, M.; Karu, V. (2013). High selective oil shale mining. *Oil Shale*, 30(2S), 305 - 325.

7. Eesti maavarad, nende kaevised ja kasutusala

Fred Rusanov, Martin Saarnak, Kaupo Kuusemäe

Eesti põhilised maavarad

Maavaraks loetakse maapõueseaduse järgi maakoores ammutatavat mineraalset või orgaanilist ainet, mille lasumustingimused ja omadused vastavad kehtestatud nõuetele ning mida on võimalik kasutada majandustegevuses ja mis on maavarana keskkonnaregistris arvele võetud [7]. Eesti mõistes saab lugeda kaksteist põhilist maavara, mis vastavad antud tingimustele, kuid neist kaevandatakse vaid üheksat. Nendeks on põlevkivi ehk kukersiit, lubjakivi, dolokivi, turvas, liiv, kruus, savi, järvelubi ja muda. Praegu mittekaevandatavate maavarade hulka kuuluvad graptoliitargilliit, graniit ja fosforiit. Eelnevalt mainitud kõiki maavarasid leidub valdavalt kõikjal üle Eesti, erandiks on vaid põlevkivi, graptoliitargilliit ja fosforiit, mille leiukohad jäävad kirde- ja põhja Eesti piiridesse. Kukersiit ja graptoliitargilliit on erilised kivimid kuna nad sisaldavad orgaanilist ainet [16]. Eesti maapõue sisaldab endas veel enam maavarasid kui juba loetletud kaksteist maavara (Tabel 7-1), kuid need esinevad kas väga väikestes kogustes juba eelnimetatud maavarade koostises või siis väga sügaval maapõues.

Maavarade kaevised ja nende kasutamine

Kaevis on kobestunud kivim või sete. Kaevist iseloomustab kaevises olevate terade ja tükkide suuruste ning omaduste jaotuste suhe [8, 1]. Põlevkivi raimamisel saadakse kaevis (Joonis 7-1). Et saada vastavat kaevist, kasutatakse ka selektiivset põlevkivi kaevandamist [4, 26]. Põlevkivi kasutatakse elektrienergia, õli ja soojusenergia saamiseks [12].

Tabel 7-1 Eesti põhiliste maavarade kasutusala ja varu jääk seisuga 2013 lõpp [8]

Maavara	Kasutusala	Varu jääk seisuga 2013 aasta lõpp				Ühik
		Ta	Tp	Ra	Rp	
Põlevkivi	Energeetika, keemiatööstus	1 040 064	1 683 809	302 584	1 723 955	tuh t
Lubjakivi	Ehituslubjakivi ja tehnoloogiline lubjakivi, tsemenditööstus	215 574	89 622	386 206	271 365	tuh m ³
Dolokivi	Viimistluskivi, tehnoloogiline- ja ehitusdolokivi	80 114	4563	182 745	80 163	tuh m ³
Turvas	Energeetika, põllumajandus, meditsiin	198 171	58 126	763 555	585 237	tuh t
Liiv	Täitematerjal, klaasi valmistamine, segude koostisosa	335 881	33 079	424 345	711 421	tuh m ³
Kruus	Ehituskruus, täitematerjal	66 555	2 518	65 317	15 188	tuh m ³
Savi	Tsemenditööstus, keraamika	33 574	6148	249 347	8 574	tuh m ³
Järvelubi	Tsemenditööstus, põllumajandus, viimistlussegude tooraine	731	218	5120	4639	tuh t
Fosforiit	Põllumajandus, keemiatööstus		1 537 823		1 397 912	tuh m ³
Muda	Meditsiin, põllumajandus	2656	11 779	1048	200	tuh t
Graniit	Viimistluskivi, täitematerjal	1 245 062		1 723 932		tuh m ³
Graptoliitargilliid	Energeetika					

Tükikivi kasutatakse kütusena energeetikatööstuses ja killustikku kasutatakse toormena keemiatööstuses põlevkiviõli ja põlevkivist saadavate toorainete tootmiseks [11, 22]. Kunagi toodeti põlevkivist ka gaasi, mida kasutati majapidamisgaasina Kohtla-Järvel ja Tallinnas. Uued maagaasi leiukohad suretasid aga põlevkivigaasi tootmise välja [23, 6]. Põlevkivi põletamisel jääb järele tuhk (Joonis 7-2), mida kasutatakse nii ehitusmaterjalide valmistamiseks [12], täitematerjaliks, täitmissegude valmistamiseks kui ka põllumajanduses [24]. Põlevkivi utmisel õliks ja gaasiks tekib tahke jääk üldnimetusega poolkoks [17, 4].

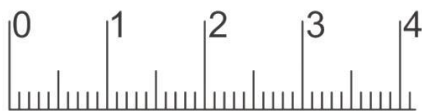


Joonis 7-1 Buldooseriiga raimatud põlevkivi



Joonis 7-2 Katlatuhk

Lubjakivi kasutatakse valdavalt ehituslubjakivina ja täitematerjalina kasutatava lubjakivikillustikuna (Joonis 7-3), seda leidub valdavalt Eesti põhjapoolsel alal, 50% neist asuvad Tallinna ümbruses [25, 27]. Samuti kasutatakse lubjakivi ka tsemenditööstuses toorainena.



Joonis 7-3 Täitematerjalina kasutatav lubjakivikillustik

Dolokivi raimamisel saadakse kaevis, mis läheb kas purustussõlme purustamiseks, vabrikusse viimistluskiviks lõikamiseks või ehitusmaterjaliks.

Turba kaevised jagunevad hästilagunenud ja vähelagunenud turbaks. Hästilagunenud madalsooturvast kasutatakse peamiselt küteturbana, väetiste ja kompostide valmistamiseks ja meditsiinis. Vähelagunenud kõrgsooturvast kasutatakse iluaedade rajamisel, aedade mullastruktuuri parandamisel, allapanuna loomakasvatuses ja fekaalgaaside sidujana kuivkäimlates [10].

Liivade kaevised jagunevad tehnoloogiliseks liivaks ja ehitusliivaks. Tehnoloogilist liiva kasutatakse klaasi- ja vormiliivana, ehitusliiva aga mörtide valmistamiseks, betooni, raudbetooni ja asfaltbetooni täiteks, silikaattoodete valmistamiseks ning puiste- ja täitematerjalina teedehituses.

Savid jaotuvad sinisaviks ja kvaternaari saviks [18, 21]. Sinisavi kasutatakse tsemenditööstuses ja keraamikatööstuses, kvaternaarisavi aga kergkruusa ehk keramsiidi valmistamiseks.

Järvelubja kaevandamisel saadakse lubjapulber, mida kasutatakse tsemenditööstuses, happelise mullaga põldude lupjamiseks, söödakriidi nime all loomasöödana, lubivärvide tootmisel ja pahtlite valmistamisel.

Kruus jaotatakse ehituskruusaks ja täitematerjalina kasutatavaks kruusaks. Täitematerjalina kasutatavat kruusa kasutatakse betoonitäiteks, teedehituses, raudteeballastkihindiks jm. **Mudad** jaotatakse sapropeeliks ehk mageveejärvede mudaks ja soolaste veekogude mudaks ehk meremudaks [19, 20]. Muda kasutatakse ravi-ehk tervisemudana ning põllumajanduses olenevalt mineraalide ja orgaanilise aine sisaldusest.

Graniidist saab toota killustikku täitematerjalina kasutamiseks [14]. Samuti valmistatakse graniidist trepiastmeid äärekivisid ja skulptuure.

Fosforiiti kasutatakse põhiliselt fosforhappe, vaba fosfori, fosforkompleksväetiste ning söödafosfaatide tootmiseks.

Graptoliitargilliiti on raimatud ja kasutatud mitmel eesmärgil. Graptoliitargilliidist on võimalik toota uraanimaaki ja samuti kasutada kaevist ka kütusena. Samuti on võimalik graptoliitargilliidi haruldaste keemiliste elementide suure sisalduse tõttu toota ka peale uraani veel tooriumi, molübdeeni vanaadiumi jt. maavarasid [11] Graptoliitargilliidi poorides leidub kildagaasi [5], millel on globaalsete energia ressursside kasutuses suur potentsiaalne perspektiiv [2].

Kokkuvõte

Eestis leiduvate maavarade hulk ei ole küll nii rikkalik, kui mõnes teises riigis, kuid siiski majanduslikult kasutatavaid maavarasid leidub Eesti maapõues. Need kaksteist maavara on toormeks väga paljudes tootmisvaldkondades toodetavatele toodetele. Eestimaised maavarad aitavad suures osas asendada importimise vajaduse mujalt riikidest pärinevat ehitustooret, agrotöoteid ja energiat.

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 - „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – mi.ttu.ee/etp; B36 Kivimi raimamine ja rikastamise valikmeetoditega - mi.ttu.ee/rikastamine; ETP AR10127 Tuhk - Põlevkivi põletamisega kaasnevate tahkjäätmete uute kasutusvaldkondade alused ja VIR491 MIN-NOVATION: Kaevandamise ja kaevandamisjäätmete/jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas <http://mi.ttu.ee/minnovation/> [9].

Viited

1. Anepaio, A.; [Kaevis](#). Mäendusõpik, Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut
2. Armor, John N. [Key questions, approaches, and challenges to energy today](#)
3. CATALYSIS TODAY Volume: 236 Pages: 171-181 Part: B Published: NOV 1 2014

4. Han, X.; Külaots, I.; Jiang, X.. Review of oil shale semicoke and its combustion utilization. Lk. 143-161
5. Heikki Aasaru. Kildagaas võib energikandjate turu segi paisata. uudised.err.ee 2013
6. Kann, J. (2011). Maavarade parem ära kasutamine: Kas meie kukersiitpõlevkivi sobib gaasistamiseks? Inseneeria, Jaanuar.
7. [Maapõueseadus](#), RT I 2004, 84, 572
8. Maavarade koondbilanss 2013, [Eesti maa-ameti geoportaal](#)
9. Mäeinstituudi projektid. <http://mi.ttu.ee/projektid/> Mäeinstituut 2014
10. Orru, M.; Nurme, M.; Milvek, H.; Rahe, T. (2014). Mõtteid turba kasutamise tulevikust. In: *XXII Aprillikonverents "Geoloogialt ühiskonnale" teesid: XXII Aprillikonverents "Geoloogialt ühiskonnale"*, Tallinn. Eesti Geoloogiakeskus, 2014, 48 - 49.
11. Otsmaa, M.; [Maavara kasutusala](#). Mäendusõpik, Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut
12. Pastarus, J.-R. Killustiku kaevandamine ja kasutamine (1-4). TTÜ Mäeinstituut
13. Pastarus, J.-R.; Reinsalu, E.; Saarnak, M. (2014). Modelling of oil shale concentration processes in Estonian mines. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 1 - 13.
14. Pirrus, E.-A. (2011). Graniidikillustik Eesti maapõuest – soovunelm või võimalus? *Keskkonnatehnika*, 2, 6-8
15. Raado, L.; Hain, T.; Liisma, E.; Kuusik, R. (2014). Composition and Properties of Oil Shale Ash Concrete. *Oil Shale*, 31(2), 147 - 160.
16. Reinsalu, E. (2008). Põlevkivi – uhus või nuhtlus. Olevsoo, G. (Toim). *Kalender 2009* (111-117). Tallinn. Olion
17. Reinsalu, E.; Anepaio, A.; Leiaru, M.; (2012). Põlevkivi tootmisjäätmete käsitlemisest. *Kaevandamine ja keskkond* (94-97). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut.
18. Rusanov, F.; [Kvaternaari savi](#). Mäendusõpik, Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut
19. Rusanov, F.; [Meremuda](#). Mäendusõpik, Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut
20. Rusanov, F.; [Sapropeel](#). Mäendusõpik, Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut
21. Rusanov, F.; [Sinisavi](#). Mäendusõpik, Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut
22. Rusanov, F.; [Tooraine](#). Mäendusõpik, Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut
23. SWART, K. TRENDS IN THE ENERGY MARKET AFTER WORLD-WAR-II (WW-II) *JOURNAL OF POWER SOURCES* Volume: 37 Issue: 1-2 Pages: 3-12 Published: JAN 1992
24. Valgma, I.; Kolats, M.; Karu, V. (2010). Streki toestamine põlevkiviaherainebetooniga. *Maapõue kasutamise arengud* (33-38). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus.
25. Vesiloo, P.; Anepaio, A. (2011). Uus killustikutoorme kaevandamise tehnoloogia. *Inseneeria*, Veebruar, 12-14.
26. Väizene, V.; Valgma, I.; Iskül, R.; Kolats, M.; Nurme, M.; Karu, V. (2013). High selective oil shale mining. *Oil Shale*, 30(2S), 305 - 325.
27. Västriku, A.; Valgma, I. (2008) Killustikukivi ressursid Eestis. *Keskkonnatehnika*, 3, 52-53

8. Mäeinstituudi põlevkiviuringutest

Vivika Väizene

Aegade algusest peale kui põlevkivi (Tabel 8-1) kaevandama hakati on suund saada rohkem kasu, parendada varu hindamise metoodikat, täiustada kaevandamistehnoloogiat, muuta efektiivsemaks rikastamise protsessi, vähendada geoloogilist ja tehnoloogilist kadu. Mäeinstituut on loomisest alates olnud põlevkivi uuringute koostaja ja viimase viie aasta jooksul on sellel teemal tehtud üle 50 uuringu.

Tabel 8-1 Aktiivsed põlevkivi kaevandamislood seisuga 2014 (Maa-amet, 05.10.2014)

Loa nr	Mäeeraldise nimetus	Loa omanik	Kehtivuse algus	Kehtivuse lõpp
KMIN-017	Vanaküla karjääriväljad	Eesti Energia Kaevandused AS	19.09.1999	11.07.2024
KMIN-037	Ubja põlevkivikarjäär	AS Kunda Nordic Tsement	15.09.2002	24.06.2027
KMIN-045	Põhja-Kiviõli põlevkivikarjäär	Kiviõli Keemiatööstuse OÜ	6.09.2003	18.07.2028
KMIN-046	Narva põlevkivikarjäär II	Eesti Energia Kaevandused AS	22.09.2003	15.08.2028
KMIN-052	Vanaküla karjääriväljad IV	Eesti Energia Kaevandused AS	4.09.2004	21.07.2024
KMIN-053	Viru kaevandus	Eesti Energia Kaevandused AS	4.09.2004	10.08.2019
KMIN-054	Estonia Kaevandus	Eesti Energia Kaevandused AS	4.09.2004	10.08.2019
KMIN-055	Ojamaa põlevkivikaevandus	VKG Kaevandused OÜ	28.10.2004	27.09.2029
KMIN-059	Vanaküla V karjääriväli	Eesti Energia Kaevandused AS	3.12.2004	11.07.2014
KMIN-066	Sompa kaevandus	VKG Kaevandused OÜ	10.05.2005	31.12.2024
KMIN-067	Tammiku kaevandus	Eesti Energia Kaevandused AS	10.05.2005	10.08.2019
KMIN-073	Narva karjäär	Eesti Energia Kaevandused AS	1.07.2005	10.08.2019
KMIN-074	Sirgala karjäär	Eesti Energia Kaevandused AS	11.07.2005	3.05.2019
KMIN-075	Aidu karjäär	Eesti Energia Kaevandused AS	11.07.2005	3.05.2019
KMIN-087	Sirgala II põlevkivikarjäär	Eesti Energia Kaevandused AS	19.05.2006	13.04.2031
KMIN-105	Põhja-Kiviõli II põlevkivikarjäär	Kiviõli Keemiatööstuse OÜ	27.01.2011	27.01.2036
KMIN-117	Uus-Kiviõli kaevandus	Eesti Energia Kaevandused AS	7.10.2011	7.10.2036
KMIN-119	Ahtme II kaevandus	Eesti Energia Kaevandused AS	28.11.2011	28.11.2026

Pikemaajalised projektid

2014. aasta keskpaigast alanud valikmeetoditega kivimi raimamise ja rikastamise uuringus keskendutakse kaevandamisjätmete vähendamisele tulevikus [19].

Sellel aastal alanud EUExcert II on jätk 2011 a. lõppenud rahvusvahelise koostööprojektile Euroopa lõhketööde võrgustik EuexNet [29, 15].

Alates 2012. aastast on alustatud ETF finantseerimisel Kirde-Eesti kaevandusvaringute tuvastamise ja identifitseerimisega ning tekkepõhjuste analüüsimisega [23, 8]. Nii nagu mujal maailmas on käivitatud Energiatehnoloogia programmid [5], siis Mäeinstituudil on käimas uuring põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlikust kaevandamisest [24] ning osaletakse ka põlevkivi põletamisega kaasnevate tahkjäätmete –tuha – uute kasutusvalade leidmisel [25, 10].

2013. aastal lõppes ETF uuring teemal täitmine ja jääkide (jäätmete) haldamine Eesti põlevkivitööstuses [26, 17]. 2011. a. lõppes uuring säästliku kaevandamise tingimuste teemal [27, 14] ning 2009. a. uuring mäendusriskide haldamise kontseptsiooni ja meetodite teemal [28, 9].

Kaevandamise ja kaevandamisjääkide ja jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas projekti MIN-NOVATION raames on tehtud koostööd rahvusvahelisel tasandil, Eestis kaevandamisettevõtete ja ministriumite vahel ning soetatud rikastamisseedmeid katsetöödeks [30, 12].

Jooksvalt toimub ka geoterminite korrastamine [31, 13].

Varu ja geoloogia

Analüüsi põlevkivikasutuse jätkusuutlikkuse tagamiseks põlevkivi kasutamissuundade määramist ja varu hindamist uute kriteeriumide alusel [32].

Põlevkivivaru on ümberhinnatud täpsemalt uue meetodika ja väiksemate alade kaupa Eesti Energia Kaevanduste AS alal [33, 18]. Lisaks hinnati põlevkivivaru õlivaruna [34, 6, 2].

Ojamaa kaevanduse põlevkivi varu suurendamise võimaluste selgitamiseks teostati uuring [35].

Kaevise parameetrid

Eksperthinnang anti Aidu karjääri Kohtla kaevevälja lõunapoolse osa lubjakivi kõvaduse määramiseks [36], millele järgnevalt varu ammendamisel Aidu karjäär suleti.

Põlevkivi aheraine kasutamise eesmärgil analüüsi pesemise mõju täitematerjali kvaliteedile [37] ja põlevkivi kaevandamis- ja tootmisjääkide kasutamist [40].

Ojamaa kaevanduse kaubapõlevkivi kvaliteedi juhtimiseks koostati audit (Joonis 8-1) [38].

Kasutustehnoloogiale vastava optimaalse koostisega põlevkivi tootmiseks teostati tehnoloogiliste võimaluste ning majandusliku otstarbekuse analüüs [39].

Viidi läbi katsetööd Jordaania põlevkivi kivimi füüsikalisi-mehaanilisi omadusi määramiseks ja analüüsiks [60, 1].

Keskkond

Mitmed keskkonnaseire uuringud on analüüsinud suletud Ubja põlevkivikaevandusest ja Ubja karjääridest väljavoolava vee seisukorda ja mõju Toolse jõe veele [41, 11].

Estonia kaevanduse lõhketööde mõju hindamiseks mõõdeti müra ja vibratsiooni [20].

Kaevandusvee kasutamist sooja tootmiseks analüüsiti Jõhvi, Toila ja Mäetaguse valla ühise energiasäästliku arengu kavandamisel [42, 3].

Põlevkivi kaevandamise keskkonnamõjud on prognoositud tulevikuks täna kehtivate piirmäärade suurenedes alakategooriate kaupa aastateks 2016-2030 [43,16].

Tehnoloogia

Estonia kaevanduse väljamistööde lähenemine Selisoole kulmineerus Selisoo ja teiste kaitsealuste märgalade alt põlevkivi kaevandamise tehnoloogiliste võimaluste väljatöötamisega (Joonis 8-1) [44, 7].

Ida-Virumaa põlevkivi kaevandamisalade ruumilise planeeringu kohta koostati hinnang [22].

Estonia kaevanduse tingimustes analüüsiti allmaakuivrikastamise tehnoloogia valikut [45], tuulutust [46] ja veekõrvalduse optimeerimist [47], koostati rikastusvabriku arvutusmudel [48].

Tulevikusuund on põlevkivikadude vähendamine [49]. Ubja põlevkivikarjäärile koostati korrastamisprojekt [50].



Joonis 8-1 Välitööd Selisoos

Stabiilsus

Stabiilsuse hindamiseks uuriti suletud kaevanduste mõju [51] ja vanade planšettide põhjal põlevkivi altkaevandatud alade stabiilsust [21].

On jõutud nii kaugemale, et peab uurima ka põlevkivi altkaevandatud ala lähedusse rajatavate ehitiste, kõrvalmaanteede ja soojustrasside stabiilsust [53, 54].

Koostati kaevandamise varisemiseohtlikkuse eksperthinnang [52].

Majandus ja strateegiad

Koostati määrendi ja tagatisraha rakendamise lahendusi [55], Eesti Keskkonnastrateegia aastani 2030 Eelnõu 23.11 [56] ning ettepanekud ja hinnangud maapõue kasutamise ja kaitsmise kontseptsiooni koostamiseks [57].

Mäendusliku tarkvaraga töötati välja modellerimissüsteemi rakenduslahenduste loomine [61, 4].

Lisaks on käimas doktorikool doktorantide teadmiste täiendamiseks [59].

Ülessoojendatud huvi fosforiidi vastu on viinud fosforiidi kaevandamise võimaluse analüüsini põlevkivi alt [58].

Põlevkivi on Eesti tähtsaim maavara ning selle optimeeritud kasutamiseks ja kaevandamiseks viiakse läbi uuringuid pidevalt.

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – mi.ttu.ee/etp; VIR491 – MIN – NOVATION : Kaevandamise ja kaevandamisjäätide / jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas; AR10127 Põlevkivi põletamisega kaasnevate tahkjäätmete uute kasutusvalade alused; ETF 9018 – Kaevandusvaringud Kirde – Eestis – avastamine, identifitseerimine ja põhjused; Lep 13106 - Kunda piirkonna ja Toolse jõevee seire 2013-2017, B36, Kivimi raimamine ja rikastamine valikmeetoditega - mi.ttu.ee/rikastamine; KIK14033 Põlevkivi altkaevandatud alade stabiilsuse hindamine, Lep13056 - Põlevkivi kaevandamise tehnoloogiate keskkonnamõju prognoos 2016-2030.

Viited

1. Anepaio, A.; Kukk, R.; Väizene, V. (2012). Punktkoormustesti efektiivne kasutamine katsetöödel. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Karu, V. (Toim.). Kaevandamine ja keskkond (94 - 97). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
2. Kann, J.; Raukas, A; Siirde, A. (2013). About the gasification of kukersite oil shale. Oil Shale, 30(2s), 283 - 293.
3. Karu, V. (2012). Kaevandusvee mahud põlevkivimaardla keskosas. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Karu, V. (Toim.). Kaevandamine ja keskkond (119 - 124). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
4. Karu, V.; Västrik, A.; Valgma, I. (2008). Application of modelling tools in Estonian oil shale mining area . Oil Shale, 25(2S), 134 - 144.
5. Kasperson, RE; Ram, BJ. (2013). The Public Acceptance of New Energy Technologies. DAEDALUS Volume: 142 Issue: 1 Pages: 90-96 Published: WIN 2013
6. Liang, P; Gong, Z; Bi, J. (2013). Experimental Study on Oil Vapor Recovery from Oil-shale Pyrolysis Gas. Energy Sources Part A-Recovery Utilization And Environmental Effects. Volume: 35, Issue: 15 Pages: 1392-1399 DOI: 10.1080/15567036.2010.525592
7. 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.

8. Otsmaa, M.; Soosalu, H.; Valgma, I.; Pastarus, J.-R. (2012). Kaevandusvaringute avastamine Eesti põlevkivimaardlas seismiliste sündmuste abil. Valgma, I.; ene, V.; Kolats, M.; Karu, V. (Toim.). Kaevandamine ja keskkond (157 - 163). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
9. Pastarus, J.-R.; Nikitin, O.; Sabanov, S.; Väli, E.; Tohver, T. (2008). Geological aspects of risk management in oil shale mining. *Oil Shale*, 25(2S), 145 - 152.
10. Pototski, A.; Pastarus, J.-R. (2011). The secondary usage of the burnt oil-shale ashes of Narva Power Plants. In: Program and Abstracts Volume of the Twentieth International Symposium MPES 2011: 20. International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection MPES 2011. (Toim.) Abdrurassul Zharmenov, Raj K. Singhal, Svetlana Yefremova. Almaty, Republic of Kazakhstan., 2011, 181.
11. Robam, K.; Valgma, I.; Iskül, R. (2011). Influence of water discharging on water balance and quality in the Toolse river in Ubjä oil shale mining region. *Oil Shale*, 28(3), 447 - 463.
12. Sabanov, S.; Robam, K.; Väizene, V. (2010). Mäendustegevuse tööstusjäätmete mõju vähendamine keskkonnale läänemere regioonis - programm MINNOVATION. Västrik, A.; Niitlaan, E.; Reinsalu, E.; Vesiloo, P.; Pastarus, J.-R.; Köpp, V.; Soosalu, H.; Viilup, (Toim.). Maapõue kasutamise arengud (57 - 58). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
13. Sõstra, Ülo (2010). Geoterminite korrastamise probleemidest. "Sada aastat hiljem: keeueuenduse poolt ja vastu". Tallinnas, Eesti TA saalis, 20.nov.2010.a
14. 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 School of Energy and Geotechnology, Pärnu, Estonia, 18
15. Valgma, I.; Vesiloo, P. (2011). Underwater blasting experiments in Estonia. In: International Conference on Explosive Education and Certification of Skills: Explosive Education and Certification of Skills, Riia, Läti, 12-13 Aprill 2011. (Toim.) Olga Mutere. Riia, Läti: Riga, Latvia University, 2011, 37 - 39.
16. Valgma, I.; Väizene, V.; Orru, M.; Vendla, S.; Ljaš, J.; Pensa, M.; Anepaio, A.; Karu, V. (2013). Poster of Oil shale mining influence to the environment in Estonia. In: International Oil Shale Symposium Tallinn, Estonia, 10.-13.06.2013: International Oil Shale Symposium Tallinn, Estonia, 10.-13.06.2013. Tallinn: Enefit, 2013, 1.
17. Valgma, I.; Väizene, V.; Pastarus, J.-R. (2012). Kaeveõõnte täitmine. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Karu, V. (Toim.). Kaevandamine ja keskkond (75 - 85). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
18. Väizene, V.; Valgma, I.; Reinsalu, E.; Roots, R. (2013). Poster of Analyses of Estonian oil shale resources. In: International Oil Shale Symposium Tallinn, Estonia, 10.-13.06.2013: International Oil Shale Symposium Tallinn, Estonia, 10.-13.06.2013. Tallinn University of Technology, 2013, 1.
19. Kivimi raimamine ja rikastamise valikmeetoditega B36. Mäeinstituut. Tallinn. 2017, <http://mi.ttu.ee/rikastamine/>
20. Estonia kaevanduse lõhketööde mõjutegurite mõõtmine. Mäeinstituut. Tallinn. 2013, <http://mi.ttu.ee/projektid/593>

21. Põlevkivi altkaevandatud alade stabiilsuse hindamine, KIK 14033. Mäeinstituut. Tallinn. 2015
22. Ida-Virumaa põlevkivikaevandamisalade ruumilise planeeringu hinnang. Mäeinstituut. Tallinn. 2014, <http://mi.ttu.ee/projektid/606/>
23. Kirde-Eesti kaevandusvaringud - tuvastamine, identifitseerimine ja põhjused. Mäeinstituut. Tallinn. 2015, <http://mi.ttu.ee/projektid/230/>
24. Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine. Mäeinstituut. Tallinn. 2015, <http://mi.ttu.ee/projektid/225/>
25. Tuhk - Põlevkivi põletamisega kaasnevate tahkjäätmete uute kasutusala alused. Mäeinstituut. Tallinn. 2014, <http://mi.ttu.ee/projektid/218/>
26. Täitmine ja jääkide (jäätmete) haldamine Eesti põlevkivitööstuses. Mäeinstituut. Tallinn. 2013, <http://mi.ttu.ee/projektid/165/>
27. Säästliku kaevandamise tingimused. Mäeinstituut. Tallinn. 2011, <http://mi.ttu.ee/projektid/162/>
28. Mäendusriskide haldamise kontseptsioon ja meetodid. Mäeinstituut. Tallinn. 2009, <http://mi.ttu.ee/projektid/143/>
29. EuexNet - Euroopa lõhketööde võrgustik. Mäeinstituut. Tallinn. 2011, <http://mi.ttu.ee/projektid/152/>
30. MIN-NOVATION: Kaevandamise ja kaevandamisjääkide/jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas. Mäeinstituut. Tallinn. 2013, <http://mi.ttu.ee/projektid/191/>
31. Geoterminite korrastamine I – IV. Mäeinstituut. Tallinn. 2013
32. Põlevkivikasutuse jätkusuutlikkuse tagamiseks põlevkivi kasutamissuundade määramine ja varu hindamine uute kriteeriumite alusel. Mäeinstituut. Tallinn. 2010, <http://mi.ttu.ee/projektid/182/>
33. Põlevkivivaru ümberhindamine Eesti põlevkivimaardla Eesti Energia Kaevanduste ASile kuuluvate mäeeraldiste kaevväljadel. Mäeinstituut. Tallinn. 2013, <http://mi.ttu.ee/projektid/243/>
34. Eesti Energia Kaevanduste põlevkivivarude hindamine õlivaruna. Etapp I. Mäeinstituut. Tallinn. 2012, <http://maeteadus.blogspot.com/2013/01/maeinstituudi-uuring-eesti-energia.html>
35. Ojamaa kaevanduse põlevkivi varu suurendamise võimaluste uuring. Mäeinstituut. Tallinn. 2013, <http://maeteadus.blogspot.com/2013/05/maeinstituudi-uuring-ojamaa-kaevanduse.html>
36. Eksperthinnang Aidu karjääri Kohtla kaevvälja KMIN-017 5 geoloogilise ploki lubjakivi kõvaduse määramiseks. Mäeinstituut. Tallinn. 2012
37. Pesemise mõju täitematerjali kvaliteedile. Mäeinstituut. Tallinn. 2010, <http://mi.ttu.ee/projektid/159/>
38. Ojamaa kaevanduse kaubapõlevkivi kvaliteedijuhtimise auditi koostamine. Mäeinstituut. Tallinn. 2013
39. Kasutustehnoloogiale vastava optimaalse koostisega põlevkivi tootmise tehnoloogilised võimalused ning majandusliku otstarbekuse analüüs. Mäeinstituut. Tallinn. 2008
40. Eesti põlevkivi kaevandamis- ja tootmisjääkide kasutamine. Mäeinstituut. Tallinn. 2010

41. Kunda piirkonna ja Toolse jõevee seire 2007-2012. Mäeinstituut. Tallinn. 2013, <http://mi.ttu.ee/projektid/164/>
42. Jõhvi, Toila ja Mäetaguse valla ühise energiasäästliku arengu kavandamine. Mäeinstituut. Tallinn. 2010, <http://mi.ttu.ee/projektid/161/>
43. Põlevkivi kaevandamise tehnoloogiate keskkonnamõju prognoos 2016-2030. Mäeinstituut. Tallinn. 2013, <http://mi.ttu.ee/projektid/568>
44. Selisoo ja teiste kaitsealuste märgalade alt põlevkivi kaevandamise tehnoloogiliste võimaluste väljatöötamine. Mäeinstituut. Tallinn. 2011, <http://mi.ttu.ee/projektid/208/>
45. Allmaa kuivrikastamise tehnoloogia valik. Mäeinstituut. Tallinn. 2010
46. Tuulutuse optimeerimine allmaakaevandamisel. Mäeinstituut. Tallinn. 2010, <http://mi.ttu.ee/projektid/173/>
47. Estonia kaevanduse ja Narva karjääri veekõrvalduse optimeerimine. Mäeinstituut. Tallinn. 2010, <http://mi.ttu.ee/projektid/172/>
48. Estonia kaevanduse rikastusvabriku arvutusmudeli koostamine. Mäeinstituut. Tallinn. 2010, <http://mi.ttu.ee/projektid/170/>
49. Põlevkivikadude vähendamine. Mäeinstituut. Tallinn. 2010, <http://mi.ttu.ee/projektid/174/>
50. Ubja põlevkivikarjääri korrastamisprojekt. Mäeinstituut. Tallinn. 2009, <http://mi.ttu.ee/projektid/151/>
51. Suletud kaevanduste mõju. Mäeinstituut. Tallinn. 2009, <http://mi.ttu.ee/projektid/147/>
52. Kaevandamise varisemiseohtlikkuse eksperthinnang. Mäeinstituut. Tallinn. 2011, <http://mi.ttu.ee/projektid/194/>
53. Kohtla-Järve linnast Ahtmesse ehitatava soojustrassi all olevate kaevanduste plaanid. Mäeinstituut. Tallinn. 2011, <http://mi.ttu.ee/projektid/197/>
54. Altkaevandatud maa hinnang kõrvalmaantee 13134 Kukruse-Tammiku lõigul Kukruse – Pajualuse. Mäeinstituut. Tallinn. 2009
55. Mäerendi ja tagatisraha rakendamise praktiline lahendus. Mäeinstituut. Tallinn. 2011, <http://mi.ttu.ee/projektid/196/>
56. Eesti Keskkonnastrateegia aastani 2030 Eelnõu 23.11. Mäeinstituut. Tallinn. 2009,
57. Ettepanekud ja hinnangud maapõue kasutamise ja kaitsmise kontseptsiooni koostamiseks. Mäeinstituut. Tallinn. 2010
58. Fosforiidi ja põlevkivi allmaa-kaevandamise võimalikus Rakvere fosforiidilevila ja Eesti põlevkivimaardla kattumusalal. Mäeinstituut. Tallinn. 2011, <http://mi.ttu.ee/projektid/211/>
59. Energia ja geotehnika doktorikool II. Mäeinstituut. Tallinn. 2014, <http://mi.ttu.ee/projektid/186>
60. Kivimi tugevusomaduste määramine ja analüüs. Mäeinstituut. Tallinn. 2012, <http://mi.ttu.ee/projektid/199/>
61. Mäendusliku tarkvaraga modellerimissüsteemi rakenduslahenduste loomine. Mäeinstituut. Tallinn. 2009, <http://mi.ttu.ee/projektid/145/>

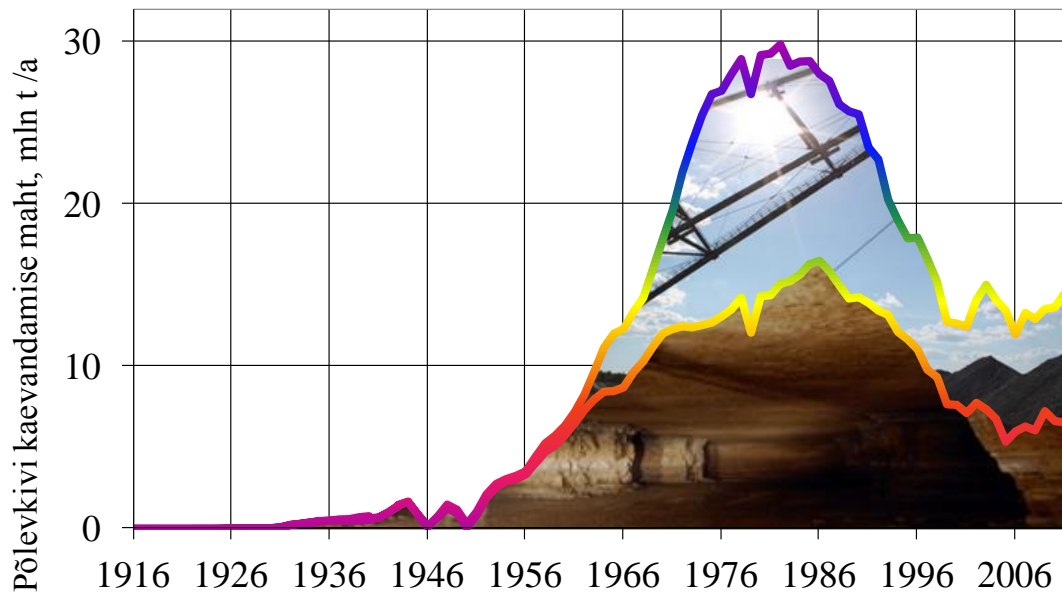
9. Põlevkivi kaevandamise tehnoloogiate keskkonnamõjust aastatel 2016-2030

Ingo Valgma, Vivika Väizene

Keskkonnamõju analüüsitakse aastal 2008, kui fikseeriti kaevandamise piirmäär ning aastal 2023 kui perioodi 2016-2030 keskmine aasta. Territoriaalselt arvestatakse praegu kehtivate kaevandamislubade mäeeraldiste, taotletavate ning tulevikus taotletavate mäeeraldistega. Välja on toodud põlevkivi kaevandamise pärandmõju kuni 1991. aastani. Arvestatakse maailmas kasutuses olevaid kaevandamise keskkonnamõju hindamise metoodikaid ja standardeid [16]. Keskkonnamõjusid hinnatakse kahel aastal, 2008 ja 2023 arvestades parimat võimalikku tehnoloogiat ning halvimat võimalikku lahendust mõjude skaalal [24, 25]. Analüüsitakse põlevkivi kaevandamise keskkonnamõju kolme kaevandamismahu korral kuni 20 mln t /a, kuni 24 mln t /a ja kuni 28 mln t /a.

Keskkonnamõju analüüsitakse kaevisse transportimiseni sihtkohta, töös ei arvestata kaevisse töötlemisega kaasnevat keskkonnamõjusid. Keskkonnamõju valdkonnad on aheraine kasutus, maastikumõju, ressursikasutuse efektiivsus, mõju pinna- ja põhjaveele, müra ja tolm.

Hindamisel on kasutatud 7-palli skaalat: 1 mõju on kõige nõrgem ning 7 mõju kõige tugevam. Põlevkivi varu paikneb töötavate karjääride ja kaevanduste väljadel, juba suletud kaevanduste väljadel ja tuleviku väljadel. Varu kaevandamisel on aluseks võetud kehtivad kaevandamisnormid: kaevandatakse põlevkivi aktiivset tarbe- ja reservvaru, passiivset varu ei kaevandata [27]. Kaevandamismahu määramisel mäeeraldistele on aluseks võetud kaevandamisloas või taotluses lubatud maksimaalne põlevkivi kaevandamise kogus aastas. Variant 3 korral kui aastane kaevandamismaht on 28 mln t, on suurendatud maksimaalset aastamäära Narva põlevkivikarjäär II, Narva karjäär ja Estonia kaevanduse mäeeraldistel. Kaevandamiskohtade valikul on eesmärgiks kaevandada esmalt aktiivsete mäeeraldiste varu, seejärel varem töötanud kaevanduste mahajäänud varu (nt Tammiku, Sompä), seejärel töötavate mäeeraldiste kõrval asuvad varud (nt Estoniast lõunas Estonia lõunaosa, Narva karjääril Narva II lõunaosa, Vanaküla karjääridel Vanaküla IX) ning kõige viimasena uued eraldiseisvad kaevandamiskohad (nt Sonda). Kaevandamismahud 1916-1991. aastani on toodud joonisel (Joonis 9-1).



Joonis 9-1 Põlevkivi kaevandamise maht ning all- ja pealmaakaevandamise jagunemine, mln t/a

Kasutusel olevad ja võimalikud põlevkivi kaevandamise tehnoloogiad

Põlevkivi kaevandamisel kasutatakse traditsioonilisi lavamaardlate tehnoloogiad. Sarnased tehnoloogiad on kasutuses kihtmaardlates e. peamiselt kiviõie ja kaalisoola kaevandamisel. Tehnoloogia kasutuspiirid on määratud avakaevandamisel katendi paksusega ja katendikivimite tugevuse ning püsivusega. Allmaakaevandamisel on tehnoloogia piiratud kattekivimite püsivusega. Põlevkivi raimamise tehnoloogia on piiratud peamiselt aheraine e. paekivi kõvadusega.

Põlevkivi kaevandatakse karjäärides vaalkaevandamisviisiga. Katend teisaldatakse draglainidega sisepuistangusse. Põlevkivikihind väljatakse buldooserkobestiga selektiivselt või puurlõhketöödega kogu kihindi ulatuses e. mitteselektiivselt. Põlevkivi laaditakse karjäärrikalluritesse kopplaadurite, mehaaniliste labidate või hüdrauliliste ekskavaatoritega. Kalluritega veetakse põlevkivi mööda veotranšeesid ja veoteid kas rikastusvabrikusse või purustus- sorteerimis- laadimissõlme. Tarbijale veetakse põlevkivi rongiga.

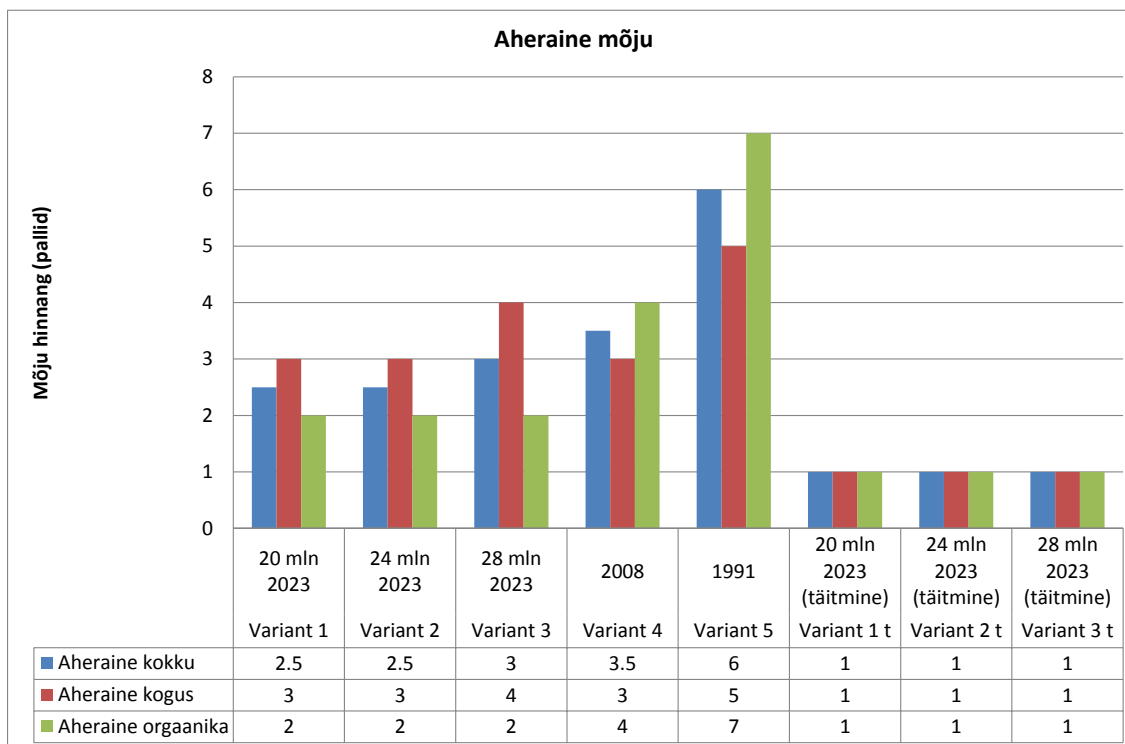
Kaevandustes väljatakse põlevkivi puurlõhketöödega kamberkaevandamisviisiga. Lagi hoitakse üleval tulptervikutel. Kaevis laaditakse kopplaaduritega punkerpurustisse ja transporditakse kraapkonveieri ning vagonettide (lintkonveieri) abil kaevanduse hoovi. Maapinnal asuvasse rikastusvabrikusse tõstetakse kaevis kaldkonveieril.

Praegused kaevandamistehnoloogiad sõltuvad nende kasutuskoha traditsioonidest ja sõltuvad kapitalimahutustest. Pidevalt otsitakse ja katsetatakse uusi tehnoloogiaid. Kui mäendustingimused muutuvad, siis on otstarbeks uute avatavate kaevanduste puhul kaaluda ka teiste, võimalike kaevandamistehnoloogiate kasutamist. Peamised muudatused on seotud paksema katendi, ebapüsivamate kattekivimite ja tehnoloogia arenguga näiteks kombainkaevandamise puhul [3]. Avakaevandamisel eristatakse katendi eemaldamise ja kihindi väljamise tehnoloogiat mida võib muuta üksteisest oluliselt mõjutamata.

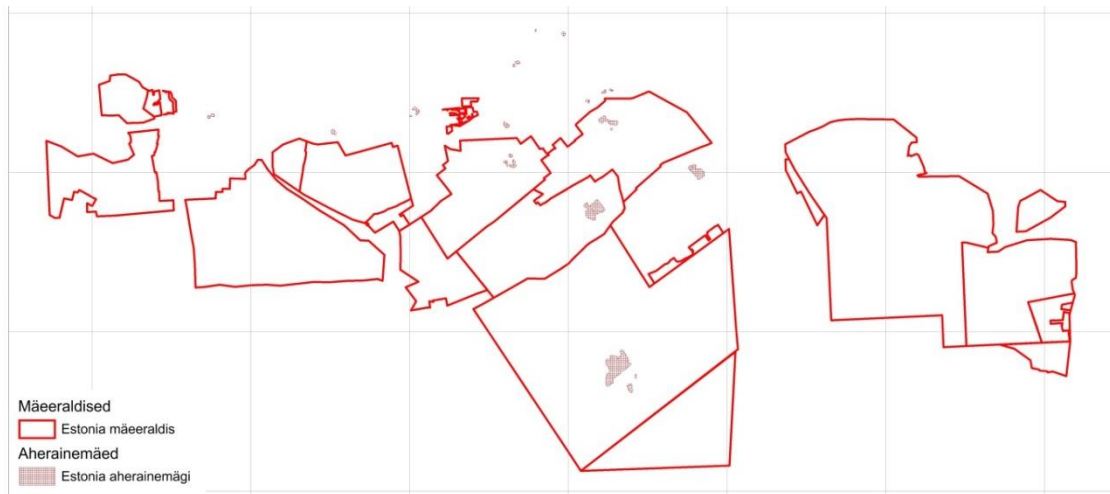
Aheraine kasutamine

Põlevkivi aheraine tekib põlevkivikaevise rikastamisel, kui kaevisest eraldatakse põlevkivi. Aheraine saab nimetada kaevandamisel tekkivaks jäägiks, millel ei ole veel parimat kasutusala leitud [6,17].

Aheraine mõju hindamiseks tuleb vaadelda kahte poolt: 1) ladestatava aheraine kogust ja 2) ladestatava aheraine orgaanikasisaldust. Sellest lähtuvalt annavad mõlemad hinnaskaala punktid ning aheraine mõju üldhinnang on nende vaheline aritmeetiline keskmine (Joonis 9-2).



Joonis 9-2 Aheraine mõju hinnang hinnangupallides



Joonis 9-3 Põlevkivi olemasolevate aherainemägede asukohaskeem

Lähtuvalt lähteandmetest on teada olemasolevate aherainemägede omadused, kuju, ohtlikkus jt andmed (Joonis 9-3). Andmeid analüüsid saab tuua välja, et viimaste aastate jooksul tekib keskmiselt 5 miljonit tonni aherainet (Joonis 9-4). Aheraine kasutamise eesmärgiks on kogu tekkiva aheraine kasutamine tee-ehituses, ehituses või täitematerjalina. Rikastusvabrikutes rikastatud põlevkivi töötlemisel jääb järgi aheraine orgaanikasisaldusega kuni 4%.



Joonis 9-4 Aheraine tekkimise dünaamika Eesti põlevkivimaardlas (1945 kuni 2023)

Põlevkivi aheraine keskkonnamõju pärandmõju on igale Ida-Virumaad külastavale isikule märgatav, kuna maastik on liigendatud aheraine mägedega, mida on kokku 34 erinevat aheraine puistangut. Lähtuvalt kasutatud kaevandamistehnoloogiast, rikastamistehnoloogiast on jäänud mägedesse ekstreemsetel juhtudel kuni 15% orgaanikat, mis teatud olukordades ise süttib. Nii on ka juhtunud, mille eredaim näide on Kukruse aherainepuistang, mis põleb seest siiani. Keskmiselt ladustati aheraine mägedesse kuni 6,3 mln t/a.

Maastikumõju

Maastikumõju hindamise alusandmed on kaevandamistehnoloogiad, kaevejärgud, maastikuelemendid, stabiilsuskategooriad ja pinnakattetüübid.

Kaevandamistehnoloogiad on:

1. Vaalkaevandamine draglainidega või hüdrauliliste ekskavaatoritega.
2. Tulptervikutega kamberkaevandamine.
3. Tulevikutehnoloogiana tulptervikutega kamberkaevandamine täitmisega.

Käesolevas töös ei käsitleta teisi potentsiaalseid kaevandamistehnoloogiad nagu – puistangusildadega paljandamine, lankkaevandamine või lühieekombainkaevandamine.

Käsitletakse etappe, mille algusaasta on 1916, ehk kaevandamise algusaasta. Lõpuaastad on 1991, 2008, 2023 (Joonis 9-5).

Madalamad alad on sobilikud avakaevandamiseks ja sügavamad allmaakaevandamiseks. See tuleneb kaeveväljal kasutatavast tehnoloogiast, majanduseelistustest, kaevandamistavast, eelistustest e. kaevandaja soovist ja kohalikest piirangutest. Oluline valikukriteerium on kattedkivimite paksus e. katenditegur. Vaieldavaks alaks võiks olla näiteks Aidu karjääri lõunaosa või Narva karjääri lõunaosa, kus oleksid kaalutavad nii ava- kui allmaakaevandamisviisid.

Kaevandamise mõju maastikule saab hinnata mõõdetavate ja hinnanguliste näitajate kaudu (Joonis 9-6). Mõõdetavad on geomeetrilised ja mehhaanilised näitajad [1,4]. Kuna osa neist on piirangud, siis on need kõige selgemad hindamiskriteeriumid (ebastabiilne nõlv, maapind). Suur osa otsustest tehakse ka hinnangute alusel, mis ei ole mõõdetavad (aheainemägi on ilus, kole, hea, halb) [11]. Kaevandamise mõju maastikule ei ole maailmas seadusandlikult standardiseeritud või kategoriseeritud. Nõudeid esitatakse maaomanike poolt vastavalt kohalikele oludele. Seadusandlus on muudetud paindlikuks sätestades vaid mõned piirtingimused [25].

Kaevandamisega rikitud maa korrastamise kord sätestab loodusseadustest tulenevad nõuded, milleks on:

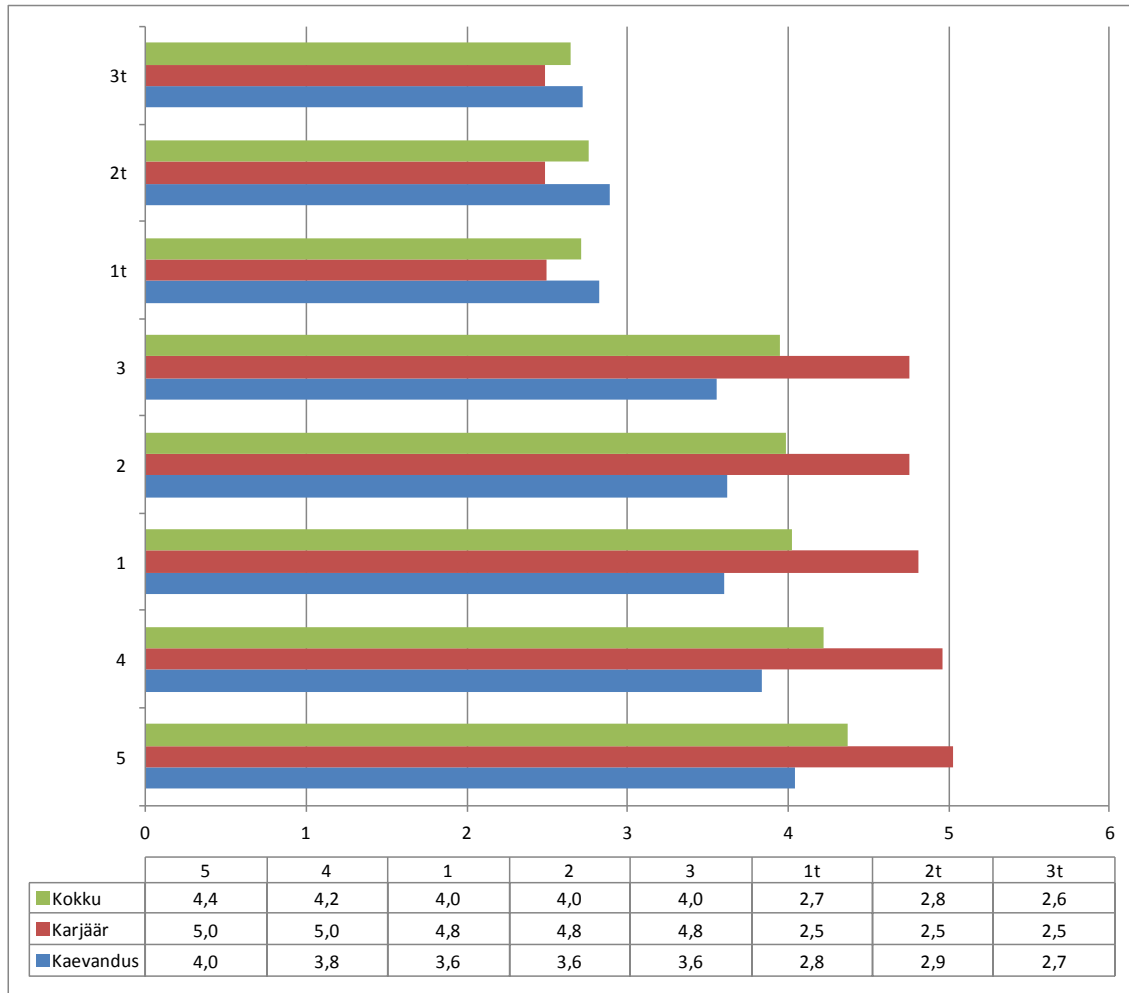
1. Vaalkaevandamisega rikitud maa puhul: Tasandatud ala läbivate kaevikute nõlvnurk peab olema väiksem kui väljatud katendi püsinurk.
2. Kaljuse kivimi karjääri küljed kujundatakse vastavalt korrastamistingimustele kas laugeks, kattes need taimeistikule sobiva pinnasega nii, et nõlvnurk ei ületaks nõlva katvate kivimite püsinurka, või jäetakse järsuks, puhastades nad kivimi ebapüüvatest osadest nii, et oleks kõrvaldatud varinguoht. Järsk külg tuleb tõkestada ülevalt valli, põõsastiku, heki või piirdega [28].
3. Kaevandamisloa omanik peab tagama kaeveõõnte füüsilise stabiilsuse ja vajumite tekke vältimise vastavalt Eesti maapõueseadusele [26].

Peamised soovitusel mis on olnud eelnevalt kehtinud seadusandlikes aktides:

1. Karjääripuistangu rekultiveerimisel metsamaaks tuleb tagada, et maapind ei jääks liialt laineline. Maksimaalne nõlvnurk kuni 8 kraadi. Tagada maapinnast madalam põhjaveetaseme sügavus (mitte vähem kui 0,7 m maapinnast).
2. Karjääripuistangu rekultiveerimisel põllumaaks tuleb tagada maapinna minimaalne lainelisus. Maksimaalne nõlvnurk kuni 3 kraadi ja vältida sulglohkude tekitamist. Tagada põhjaveetaseme sügavus mitte vähem kui 1 m maapinnast.

Peamised kategooriad, mida kasutatakse altkaevandatud maapinna klassifitseerimisel, on stabiilsuskategooriad [12,13,9]:

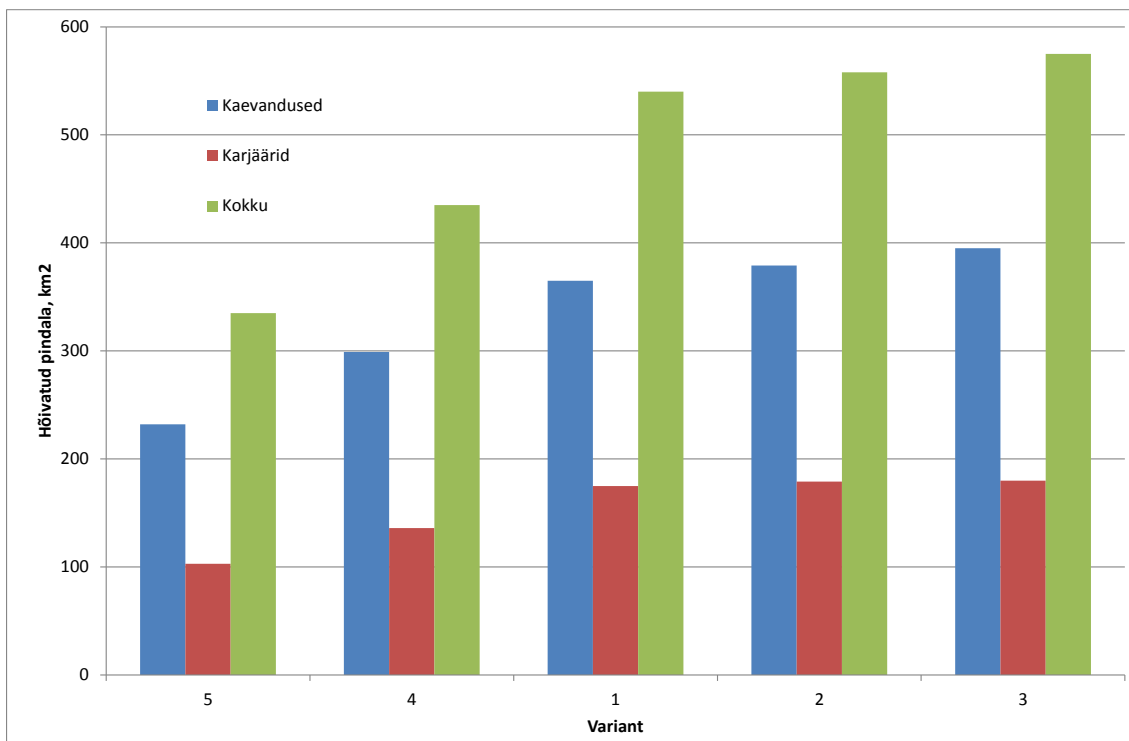
1. Püsiv maa
2. Langetatud maa
3. Stabiilne maa
4. Kvaasistabiilne maa



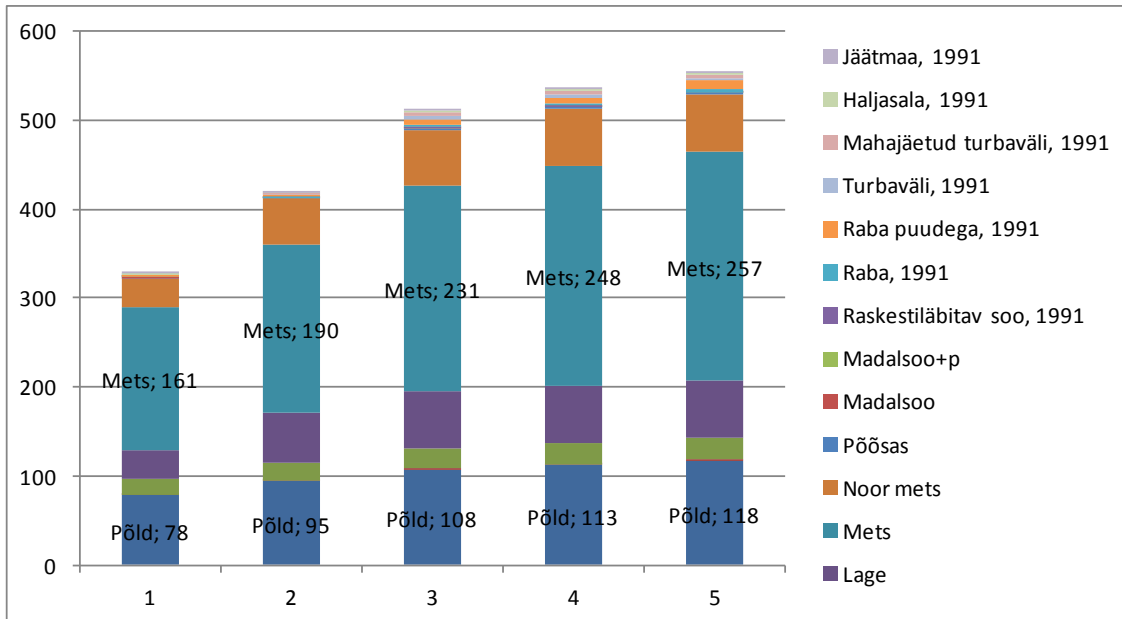
Joonis 9-6 Maastikumõju kaalutud keskmised hindepallid

Pärandmõju käsitleb perioodi 1916 kuni 1991 aastani.

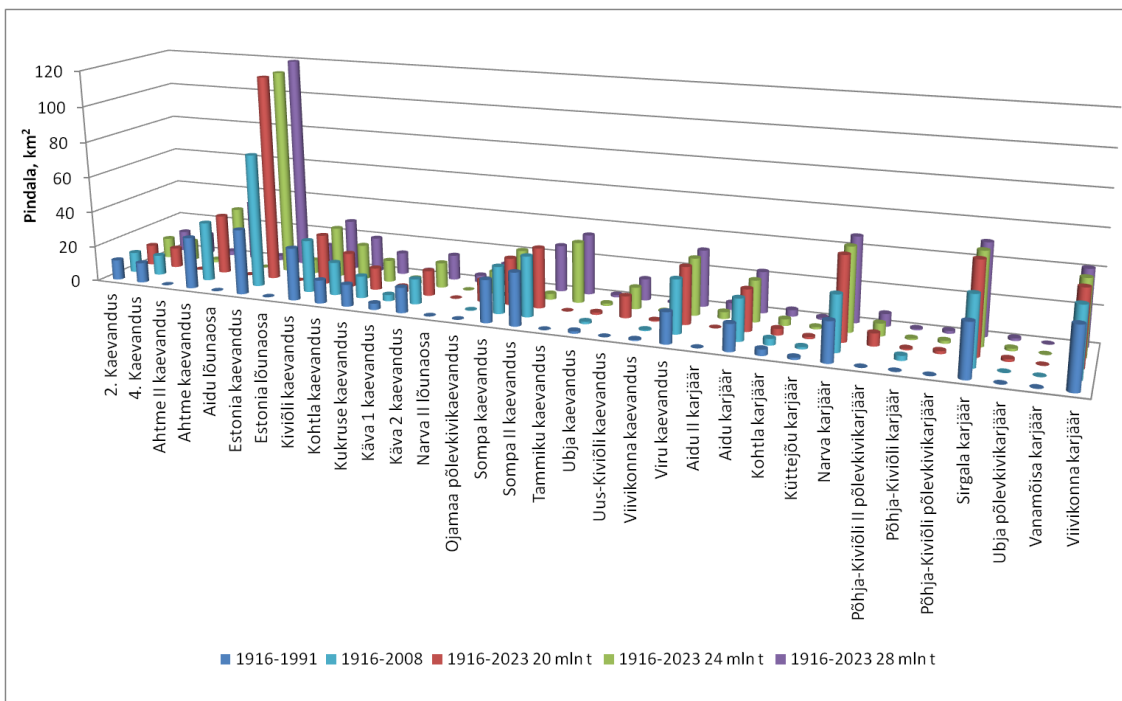
Kaevandamisel jäeti või jäetakse karjääride alale puistangud, tranšeed ja kaevanduste alale muudetud stabiilsusega alad, mis on enamuses kaetud metsaga (Joonis 9-7, Joonis 9-8, Joonis 9-9).



Joonis 9-7 Kaevandatud alade suurused, km²



Joonis 9-8 Maakatte jaotus aladel, km²



Joonis 9-9 Kaevandatud alad kaevandajade kaupa

Vastavalt käsitletavatele variantidele on näidatud maakatte jaotus kaevandamisaladel. Maakatet on võimalik hinnata praeguse Eesti topograafilise andmekogu järgi ja hinnata, millega kaetud aladel toimub või hakkab toimuma kaevandamine. Aidu II mäeeraldise kasutuselevõtt karjäärialana on problemaatiline, kuna alal asuvast Maidla vallast on leitud muinasaegne mõök [14], kuid selle leiukohta pole muinsuskaitse alla võetud. Vahetus

läheduses paikneb Maidla mõis, väljal asuvad ohvrikiivid. 1241. aastal "Taani hindamisraamatus" on esmamainitud 16 adramaaga Aidu küla põllusiilud, mis ulatusid osalt ka Maidla väljale.

Mõju põhja- ja pinnaveele

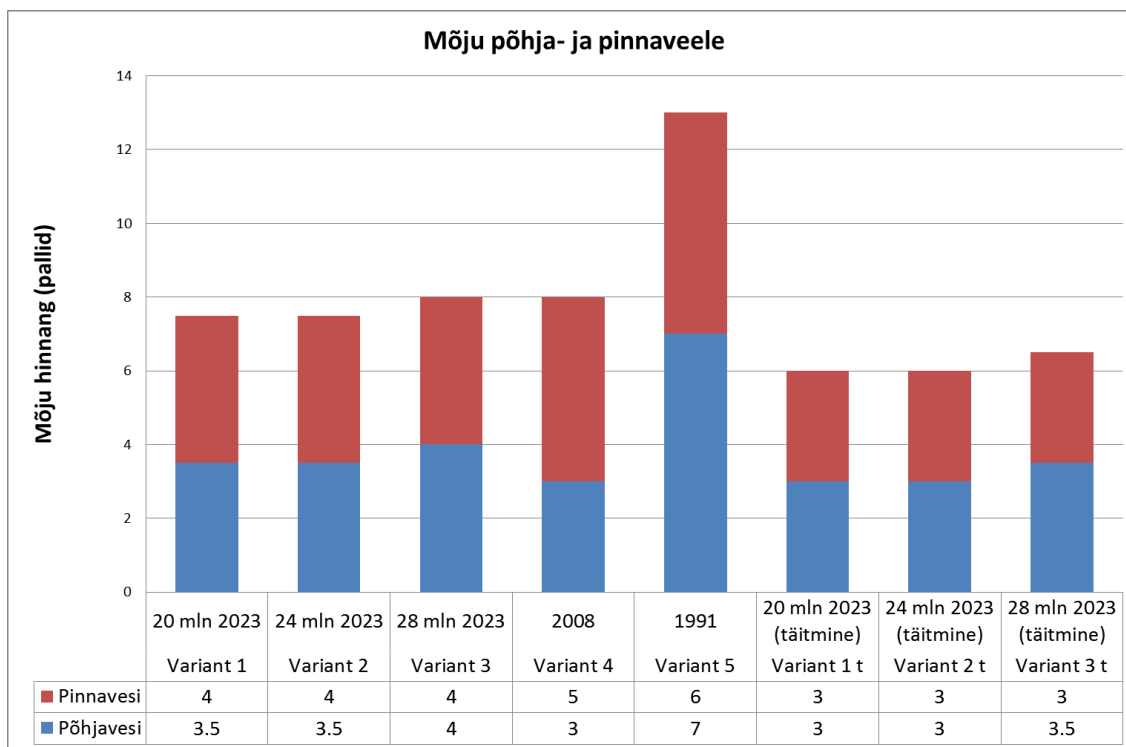
Põlevkivikaevandamise mõju hindamisel põhja- ja pinnaveele tuleb lähtuda mõjust hüdrogeoloogiale, hüdroloogiale ja hüdrogeokeemiale:

- põhjavee tasemete muutused (alanduslehtri tekkimine ja muutumine)
- mõju pinnaveekogudele (põhjavee väljapumpamise mõju)
- pinna- ja põhjavee keemilise koostise muutus

Kõik need muutused on seotud ajalise dünaamikaga ning vaadeldavad kolmes etapis:

- enne kaevandamist (või kaevandamise laienemist)
- kaevandamise ajal
- pärast kaevandamist (ka prognoosid)

Põlevkivi kaevandamise mõju põhja- ja pinnaveele hinnangupallides on toodud järgneval graafikul (Joonis 9-10).



Joonis 9-10 Põlevkivi kaevandamise mõju põhja- ja pinnaveele hinnangupallides

Põlevkivi kaevandamiseks on tarvilik alandada põhjaveetaset, sest põlevkivikihind asub põhjaveetasemest allpool. Nii on tekkinud Ida-Virumaale alanduslehter. Kaevandustest välja pumbatav vesi suunatakse jõgedesse, mille kaudu vesi jõuab Soome lahte, Peipsi

järve ning infiltreerub tagasi töötavatesse ja suletud kaevandustesse [7]. Väljapumbatavad kogused sõltuvad ilmatikust. Aastas pumbatakse keskmiselt välja 212 mln m³ kuni 265 mln m³ vett.

Võttes arvesse TTÜ Mäeinstituudi poolt läbi viidud hüdrogeoloogilisi töid [2; 5; 20; 21; 22; 23; 19; 18] ning samuti Eesti Geoloogiakeskuse OÜ ja AS Maves poolt korraldatud tööde tulemusi ning Keskkonnainfo seireandmestikku saab välja tuua järgmised olulised seisukohad:

- Väljapumbatava veekogus ei olene suuresti põlevkivi kaevandamismahust vaid sademete hulgast.
- Suletud kaevanduste veetase sõltub peamiselt ilmastikuoludest ja sademete rohkusest. Veetase on reguleeritud töötavate kaevanduste ning väljavoolude (Tammiku väljavool Rausvere jõkke ja Ahtme väljavool Sanniku oja) kaudu.
- Töötavate kaevanduste poolt väljapumbatavast veest moodustab bilansikomponentide järgi kuni 65% põhjavesi ja kuni 35% on juurdevool suletud kaevandustest ja äravoolukanalist.
- Töötavate karjääride poolt väljapumbatavast veest moodustab bilansikomponentide järgi kuni 25% põhjavesi, kuni 13% suletud kaevandused ja 62% on sademevesi.
- Vee välja pumpamine mõjutab samuti põhjavee kvaliteeti (keemilist koostist). Töötavate ja suletud kaevanduste piirkonnas on põhjavesi muutunud sulfaatide, kaltsiumi, magneesiumi ja üldise mineraalsuse tõusu arvel. Põhjavee kvaliteet paraneb pärast kaevanduste sulgemist mõne aasta jooksul, kui langevad sulfaatide sisaldused ja tagavad kooskõla joogivee standardiga.
- Veekvaliteedi tagamiseks on koostatud seirevõrk ning see tagab kvaliteedi jälgimise ning ohu tekkides jõutakse reageerida.
- AS Maves poolt läbiviidud uuring kinnitab, et nii pinna- ja põhjavett mõjutavad maapeal olevad põlenud aheraineladestud ja poolkoksi ladestud. Kaevandamisjäätmete hoidlast välja kantavad ohtlikud ained muudavad puistanguala ja selle lähiümbruse põhjavee joogiveeallikana kasutuskõlbmatuks. Põhjavesi on reostunud eelkõige naftasaaduste ja polütsükliliste aroomaatsete süsivesinikega.
- Seadusandlusest lähtuvalt peavad põlevkivi kaevandavad ettevõtted tagama elanikele joogivee. Selleks investeerivad ettevõtted suurkaevude ning ühisveevärgi süsteemidesse, et elanikud saaksid tarbida puhast joogivett.
- Kohalike elanike veevarustusprobleemid on lahendatud tarbepuurkaevude rajamisega ning suuremate asulate veevarustus on tagatud ühisveevärgiga.
- Kaevandustest välja pumbatavad veekogused ja nende suunamine jõgedesse tagab neis ühtlase veevoolu ja veevoolu kõikumine väheneb, mis annab stabiilsema olukorra nii veetaimestikule kui ka elustikule.
- Kaevandusvete mõju elusloodusele on negatiivne hapnikuvaestes tingimustes seisuveekogudes. Samas võib täiendav vee sissevool parandada seisuveekogude hüdrooloogilist režiimi Kurtna järvestikus, mida tugevasti mõjutab Vasavere veehaare. Vooluveekogudes võib kaevandusvee sissevool mõjutada elustikku hüdrooloogilise režiimi muutumise kaudu, kuid sellise muutumise mõju elusloodusele pole üheselt selge [10].

Ressursikasutus

Maavara varu kasutamine Eesti maapõueseaduse mõistes on väljamine tootmise eesmärgil ja ka maavara tarbimine seda võõrandamata või kasutamine looduslikus seisundis, ka tervikute jätmine maapealsete objektide hoidmiseks. Nii on kadu ka hoitavate objektide alla jäetud maavara. Ressursikasutust on hinnatud ressursi kasutamise tõhususe põhjal, mis arvestab kaevandamistehnoloogiat ja geoloogilisi iseärasusi. Kaod

tulevikus kasvavad, kuna väheneb avakaevandamise osalus. Sellest tingituna langeb ka ressursikasutuse efektiivsus. Täitmisega kaevandamise puhul saab eeldada väljamiskao olulist vähenemist [15].

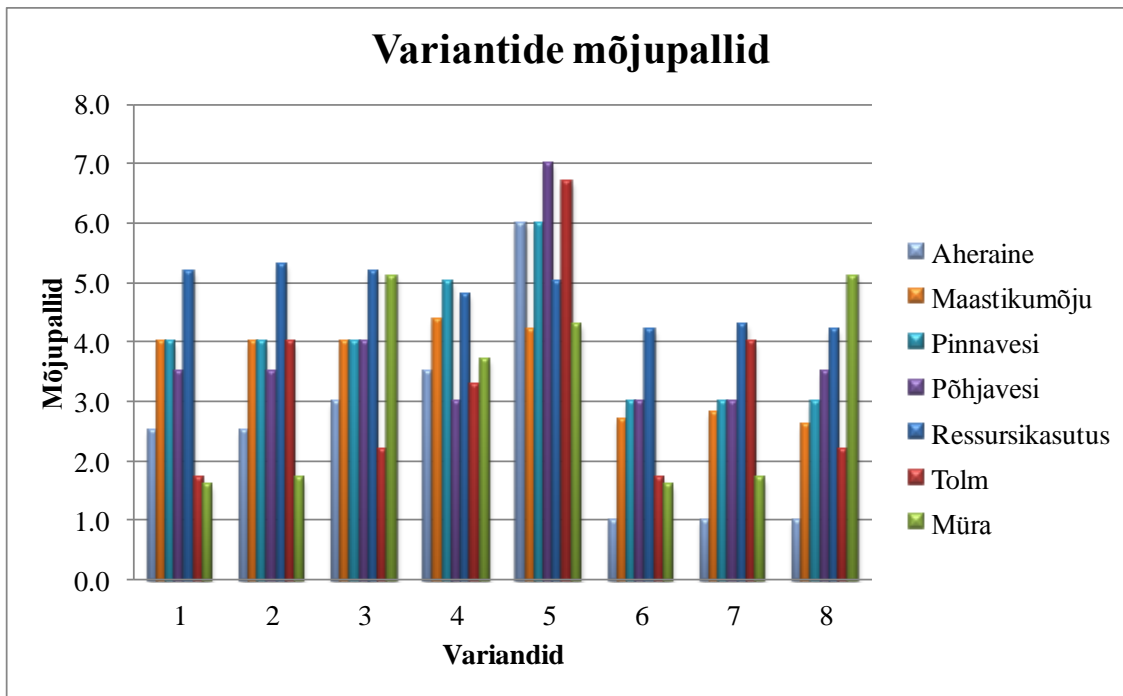
Tolm ja müra

Põlevkivi kaevandamise müra põhiallikad, mis häirivad inimesi on rööbastransport ja lõhketööd. Lisaks tekitavad müra ka rikastustehased ja karjäärimasinad, mis asuvad territooriumidel, kus on lubatud kõrgem müratase. Prognooside kohaselt liiguvad mäetööd inimasustusest kaugemale ja kaevandustesse, mis vähendavad mõju inimestele. Müra saab leevendada kui rööbastransport asendada konveiertranspordiga, istutada transpordi teede äärde puid või rajada müratõkkeid.

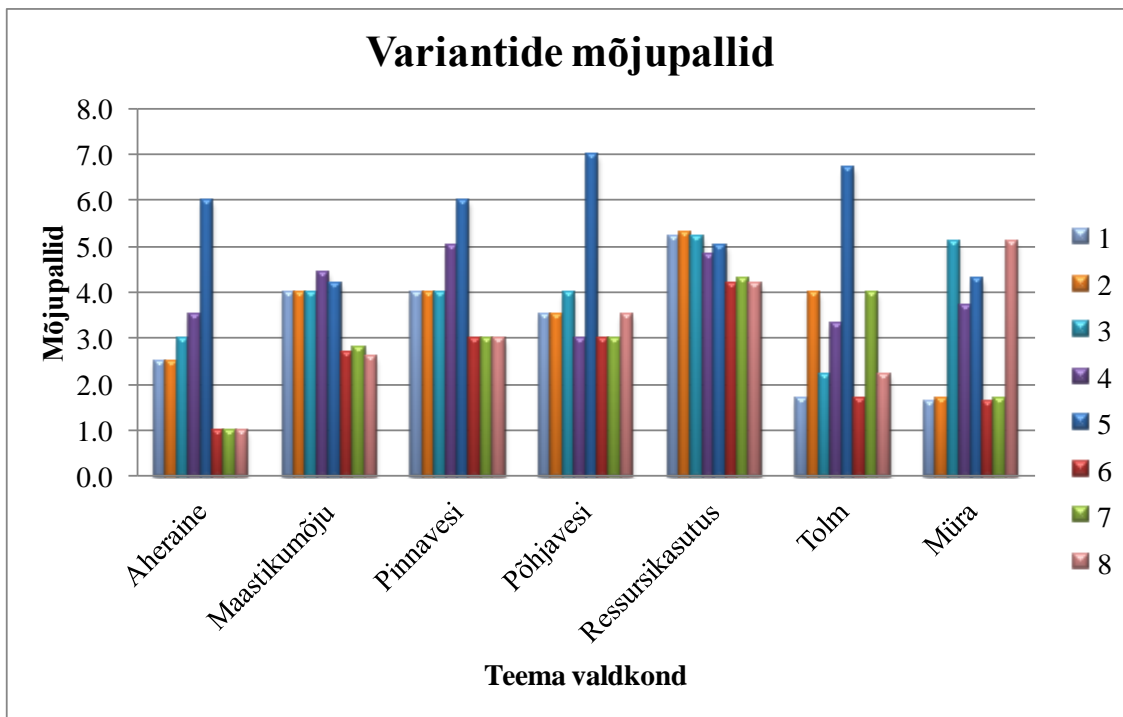
Põlevkivi kaevandamise tolmu tekke allikas, mis häirib inimesi on rööbastransport. Lisaks tekitavad tolmu ka lõhketööd, rikastustehased ja karjäärimasinad, mis asuvad territooriumidel, kus inimasustus on hõre või puudub üldse. Leevendavate meetmetena saab tolmu puhul kasutada kaetud rööbastransporti, kaetud konveierit. Karjääriteid tuleb niisutada või katta tolmuvaba kattega.

Kokkuvõte

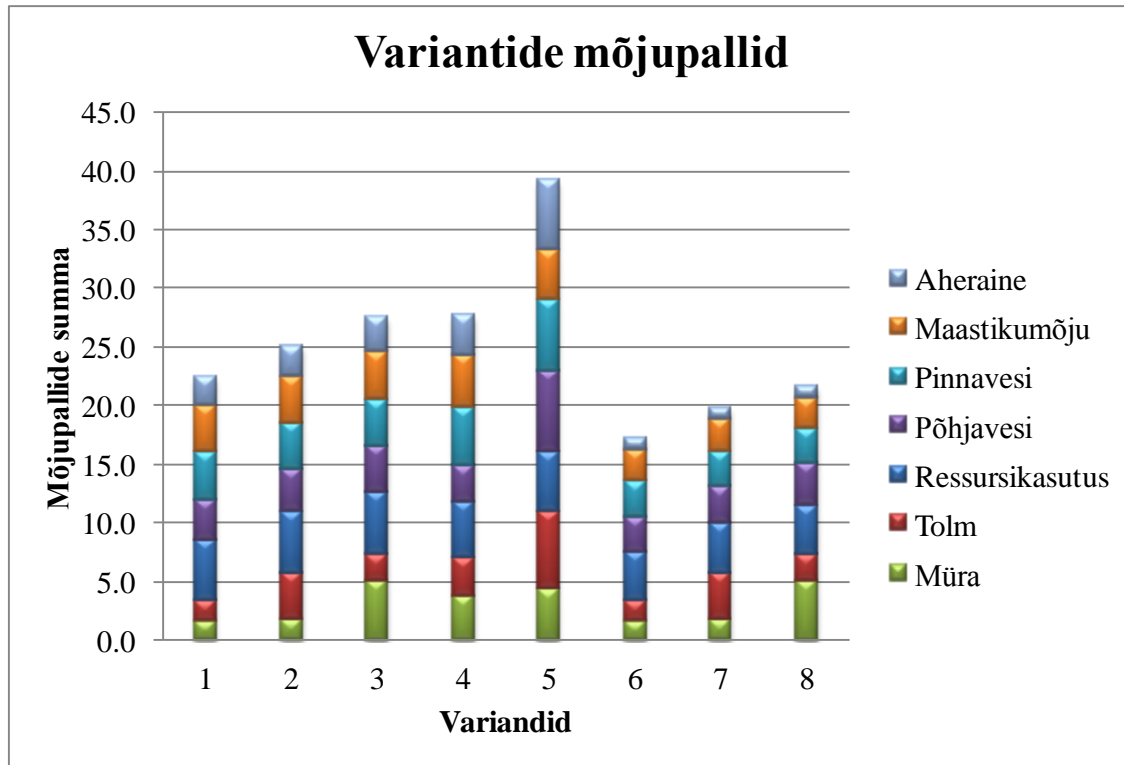
Erinevate variantide mõjupallide summast on näha, et kõige tugevam põlevkivi kaevandamise keskkonnamõju on variandil 5 ehk kuni aastani 1991, kokku 39,2 palli (Joonis 9-11). Võrreldes teiste variantidega oli siis suurem mõju aheraine, pinna- ja põhjavee ja tolmu valdkonnas (Joonis 9-12). Tänapäeval ja tulevikus muutub kaevandamine efektiivsemaks ja keskkonnasõbralikumaks võrreldes perioodiga enne 1991 aastat. Tuleviku variandid 1, 2 ja 3 kasvavad võrdeliselt toodangumahu suurenemisega ning samad variandid täitmisega kaevandamise korral kasvavad samas suunas, kuid on summaarselt 5 kuni 7 palli võrra väiksema mõjuga (Joonis 9-13).



Joonis 9-11 Erinevate variantide mõjupallid valdkondade kaupa



Joonis 9-12 Mõjupallid valdkondade kaupa



Joonis 9-13 Erinevate variantide mõjupallide summa

Aheraine keskkonnamõju on võimalik vähendada, kui leitakse kasutusotstarve. Peamised kasutust leidvad võimalused on tekkiva aheraine töötlemine ehitusmaterjaliks, kasutamine kaevanduste täitmisel täitematerjalina, kasutamine lubja toormena jt võimalused.

Maastikumõju leevendav meede avakaevandamise korral on korrastamine ja täitmine. Allmaakaevandamise korral on leevendav meede täitmine, mille korral uuemaks suunaks võib nimetada pastakujulise täitematerjaliga täitmist [8]. Stabiilse maa jätmise üks alternatiividest on lausväljamine lauslangetamisega, mis on maailmas laialdases kasutuses.

Hüdrokeemia poolt on määratud aktidega seiratavate elementide norm ja piirväärtused, mida tuleb järgida. Vee muutuste jälgimiseks on koostatud nii riiklike kui ettevõtete põhiseid seirevõrke. Seirevõrkude ülesandeks peab olema erinevate aktidega määratud elementide seire ja järelevalve.

Põhja ja pinnavee hindamiskaala kujunemisel tuleb arvestada: alanduslehtrite koondpindala suurusega; veepumpamise mahuga ja veekeemiliste näitajatega. Alanduslehtri koondpindala suuruse juures on oluline, kui suur maa-ala on alanduslehtrist mõjutatud. Veepumpamise juures tuleb arvestada maa alt välja pumbatavate veekogustega. Veekeemia juures tuleb jälgida neid põhja- ja pinnavee keemilisi näitajaid,

mis ületavad lubatud norme, kui piirväärtused ja läviväärtused, mis on määrustes toodud ületavad lubatud normi, siis on kindlasti kõige halvem, ehk 7 palli.

Et piirväärtusi ületanud keemilised näitajad pinna- ja põhjavee puhul viia normi piiridesse, selle jaoks tuleb teha pidevat seiret ning jälgida, et settebasseinid töötaksid optimaalselt ja ettenähtud tingimustel. Rangelt tuleb jälgida, et pinnavette ei satuks edaspidi lubamatutes kogustes fenooli ja naftasaadusi. Samuti mõjub põhjavee kvaliteedile hästi, kui kaevandused, kus põlevkivi enam ei kaevandata täituvad veega. Sellisel juhul väheneb põhjavees SO₄ sisaldus seoses põhjavee taseme stabiliseerumisega.

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 – Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine – mi.ttu.ee/etp, B36 - Kivimi raimamine ja rikastamine valikmeetoditega - mi.ttu.ee/rikastamine.

Viited

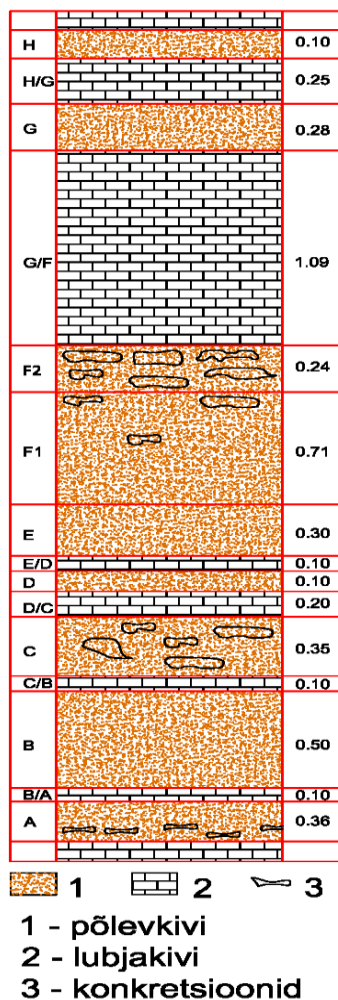
1. Dawei Zhou¹, Kan Wu¹, Ranli Chen² and Liang Li¹. GPS/terrestrial 3D laser scanner combined monitoring technology for coal mining subsidence: a case study of a coal mining area in Hebei, China. Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards. Springer Science+Business Media Dordrecht 2013
2. Eesti põlevkivimaardla tehnoloogiline, majanduslik ja keskkonnakaitseline rajoneerimine. TTÜ Mäeinstituut. 2005
3. Eesti põlevkiviressursi kasutamissuundade riikliku strateegia aastani 2020 alusuuringud, TTÜ Mäeinstituut, Tallinn 2006
4. Eesti topograafiline andmekogu (ETAK). Maa-amet. 2008.
5. Erg, K., Karu, V., Lind, H., Torn, H. 2007. Mine pool water and energy production. Doctoral school of energy- and geo-technology January 15–20, 2007, Kuressaare, Estonia.
6. Karu, V.; Rahe, T.; Närep, E.; Väizene, V.; Costa, J. (2013). Pilot Unit for Mining Waste Reduction Methods. Environmental and Climate Technologies, 39 - 44.
7. Kolats, M.; Valgma, I.; Robam, K.; Väizene, V.; Karu, V.; Reinsalu, E.; Sõstra, Ü. (2014). Mine water and dewatering of oil shale, limestone and phosphate rock mines in Estonia. In: Resources and energy saving: (Toim.) I. Valgma. Mäeinstituut, 2014.
8. Li, L. (2014). "Generalized Solution for Mining Backfill Design." Int. J. Geomech., 14(3)
9. Liblik, Valdo; Rätsep, Aavo; Toomik, Arvi (2005). Suletud ja suletavate kaevanduste keskkonnamõju. Valdo Liblik, Jaan-Mati Puning (Toim.). Keskkond ja põlevkivi kaevandamine Kirde-Eestis = Environment and oil shale mining in North-East Estonia (31 - 52). Tallinn: Tallinna Ülikooli Ökoloogia Instituut
10. O. R. T. e. a. Gavrilova, „Life Cycle Analysis of the Estonian Oil Shale Industry,“ ELF & TTÜ, Tallinn, 2005.
11. Pensa, M.; Sellin, A.; Luud, A.; Valgma, I. (2004). An analysis of vegetation restoration on opencast oil shale mines in Estonia. Restoration Ecology, 12, 200 - 206.

12. Reinsalu, Enno ; Toomik, Arvi ; Valgma, Ingo (2002). Kaevandatud maa . Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool
13. Reinsalu, Enno; Valgma, Ingo; Sepp, Mait; Toomik, Arvi (2001). Altkaevandatud maa kasutamise võimalused Kohtla kaevanduse näitel. Reinsalu, E. (Toim.). Mida tähendab kaevanduste sulgemine keskkonnale? (15 - 20). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, <http://www.ene.ttu.ee/maeinstituut/teadus/kohtla.pdf>
14. Romanovitš, G. 2009. [Muinasaegse mõõga leiukoht läheb kaitse alla](#). Põhjarannik 18.2.2009,
15. Šommet, J.; Pastarus, J.-R. (2011). Характер разрушения закладочных массивов. Проблемы Недропользования. Санкт-Петербургский Государственный Горный Инс, 191, 189 - 190.
16. Šommet, J.; Pastarus, J.-R. (2012). Comparison of Dolostone and Limestone Assessment Methods for Estonian Deposits. Environmental and Climate Technologies, 9, 35 - 39.
17. Šommet, J.; Sabanov, S.; Pastarus, J.-R. (2010). Analyses of crushed limestone quality developed by different methods for conditions of sustainable mining. Проблемы Недропользования. Санкт-Петербургский Государственный Горный Инс, 189, 133 - 135.
18. TTÜ Mäeinstituut (2010). Estonia kaevanduse ja Narva karjääri veekõrvalduse optimiseerimine
19. TTÜ Mäeinstituut (2010). Jõhvi, Toila ja Mäetaguse valla ühise energiasäästliku arengu kavandamine
20. TTÜ Mäeinstituut. (2004) Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine 1. Etapp
21. TTÜ Mäeinstituut. (2004) Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine 2. Etapp
22. TTÜ Mäeinstituut. (2004) Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine 3. Etapp
23. TTÜ Mäeinstituut. (2004) Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine 4. Etapp
24. 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: Elektriajak
25. 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.
26. Väizene, V.; Orru, M.; Valgma, I.; Pastarus, J.-R.; Sõstra, Ü. (2014). Selisoo mire above oil shale deposit area. . In: Resources and energy saving: (Toim.) I. Valgma. Tallinn: Mäeinstituut, 2014.
27. 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.
28. Üldgeoloogilise uurimistööga, geoloogilise uuringuga ja kaevandamisega rikutud maa korrastamise kord. RTL 2009, 11, 131 - 01.02.2009

10. Põlevkivi kaod

Lembit Uibopuu, Martin Saarnak, Ingo Valgma

Maavara on maakoos leiduv looduslik orgaaniline või anorgaaniline (mineraalne) aine, mida on võimalik majanduslikult kasutada [23, 1, 15]. Üks maavaradest Eestis on põlevkivi, mille varu hinnatakse ligikaudu 4,8 miljardit tonni [8, 25]. Maavara väärtus, sealhulgas ka põlevkivil, sõltub selle nõudlusest. Geoloogiliste uuringutega määratakse maavara kaevandamisväärsus ja võetakse varuna arvele. Maavara varu registri hoidmise, varu arvele võtmise ja arvelt mahakandmisega tegelevad seadusega ettenähtud riigiametid.



Joonis 10-1 Eesti põlevkivi kihindi läbilõige [2]

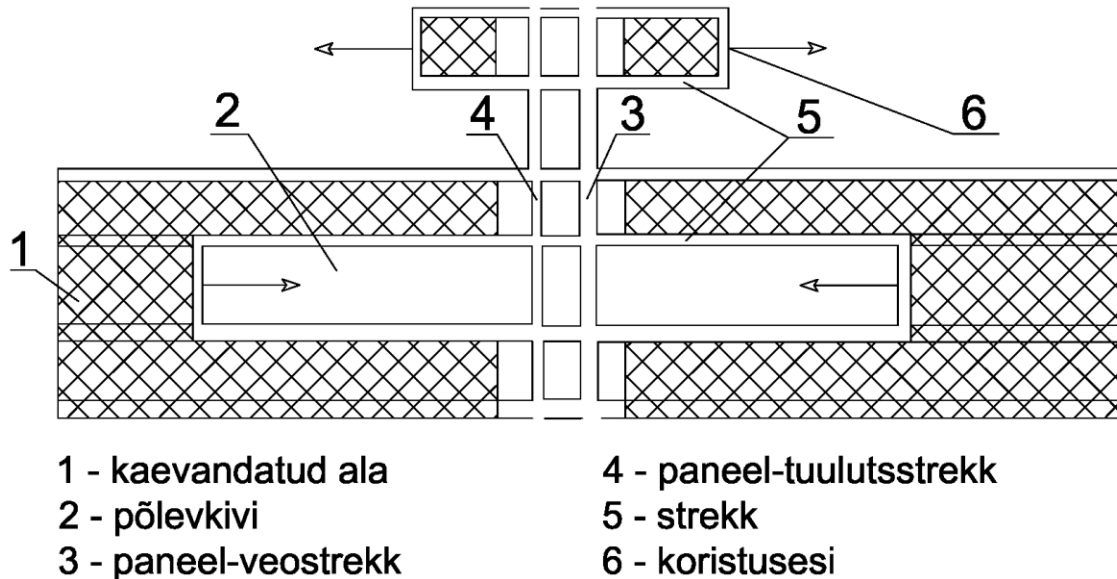
Põlevkivi võeti Eestis kasutusele I Maailmasõja ajal kütusena majapidamises, tsemenditööstuses, elektrijaamas ja tehaste katlamajades. Hiljem hakati põlevkivi kasutama gaasivabrikus valgustusgaasi tootmiseks ja auruvedurite kütusena. Peale I Maailmasõda arendati välja põlevkivi õlitööstus nii riigiettevõttena kui ka rahvusvaheliste erafirmade poolt, mis kasutasid õli utmiseks erinevaid meetodeid. Esimestel aastatel osutusid kaevandamisvääreks kihind A-E (Joonis 10-1), mille põlevkivikihtide kütteväärtus oli 10-15 MJ/kg kohta.

Esimese põlevkivikaevanduse rajamist alustati 1917. aastal, kuid revolutsiooni segaduste ja sõja tõttu sai pidev tootmine alata alles 1919. aastal avakaevandamisega [6]. Majapidamises ahjude kütmiseks kasutatava põlevkivi tükid pidid olema küllalt suured ja aherkivimi vabad. Tööstuses katelde kütteks kasutatavale põlevkivile olid nõuded tagasihoidlikumad ja elektrijaamades võis vastava katla korral kasutada peenpõlevkivi.

Põlevkivi kaevandamiskaod 1919-1960

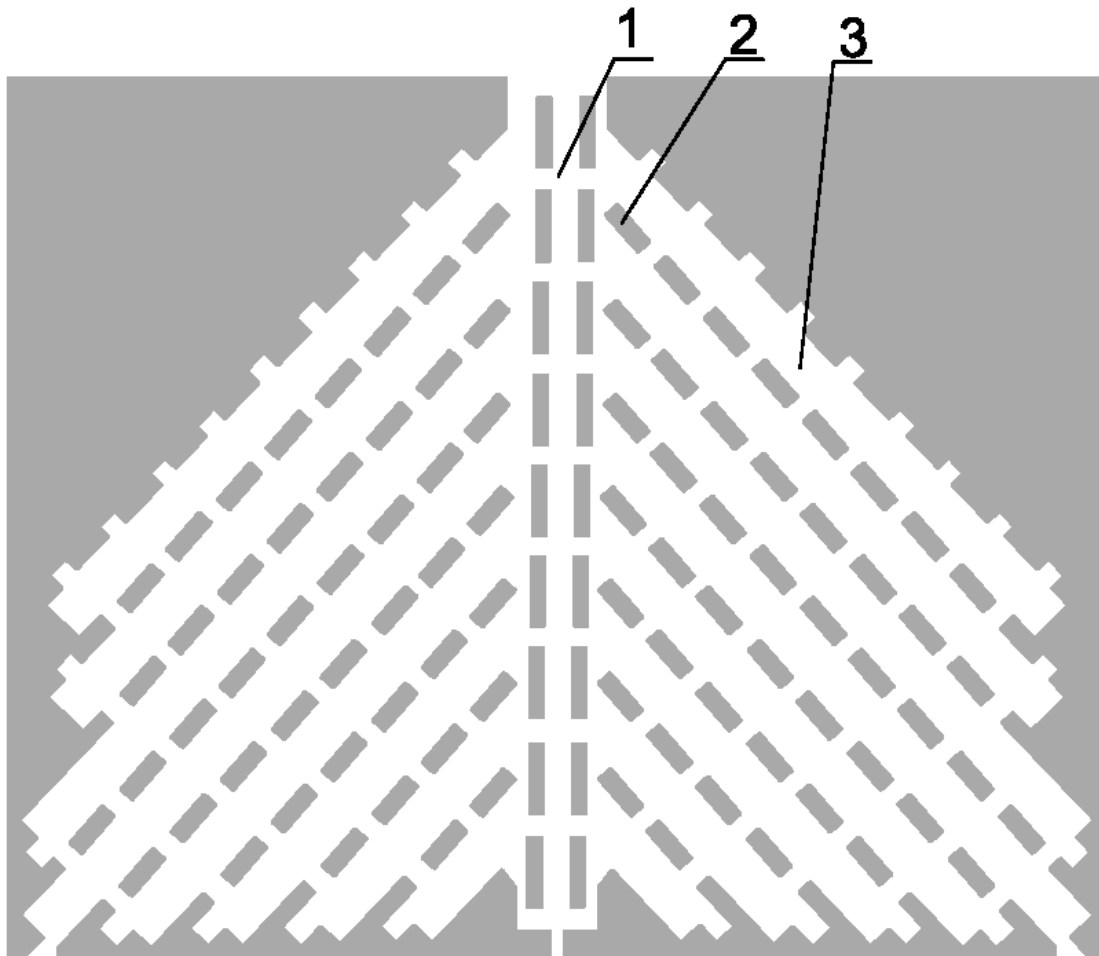
Maavara kadu on kasutuskõlbmatuks muutunud arvel olnud maavara. Avakaevandamisel käsitsi põlevkivi väljamisel praktiliselt kadusid ei olnud. Allmaakaevandamisel tekkisid kaod talude majandamisala (ehitised, aed ja õueala) alla jäetavatest hoidetervikutest. Allmaakaevandamisel väljati ainult kihindit A-E, kusjuures F kiht jäeti lakke kahel põhjusel (1919 – 1944):

- 1) F kihis oli palju lubjakivikonkretsioone ja madal kütteväärtus (9 MJ/kg), mis õli tootmiseks ei kõlba.
- 2) Paarisstrekkidega kaevandamisel (Joonis 10-2) kasutati maapinna säilitamiseks kaevandatud ala täielikku aherainega täitmist. Juhul, kui oleks väljatud F kiht, oleks tulnud samas mahus täitematerjali maa pealt kaevandusse viia.



Joonis 10-2 Paarisstrekidega kaevandamisviis [4]

Katsetööde käigus arendati välja minimaalsete pindalakadudega paarisstrekidega, päri- ja vastukaevandamise (lank- ja umb-, advancing-and-retreating) kaevandamisviisi. Pärast paneelivälja väljatöötamist likvideeriti ka paneelstrekide hoidetervikud. Niisugust kaevandamisviisi kasutasid nii riiklikud kui ka erafirmadele kuuluvad kaevandused kuni kamberkaevandamise kasutuselevõtmiseni (Joonis 10-3). Paarislaavadega pikaae kaevandamisviisi (Joonis 10-4) kasutuselevõtmisega allmaatöödel, kus kasutati soonimismasinat ja kraapkonveierit, kadude hulk oluliselt ei suurenenud.

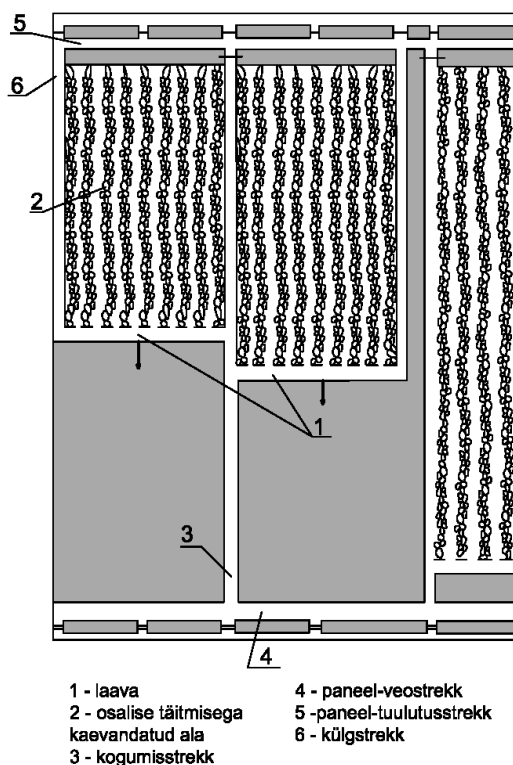


1 -kogumisstrekk

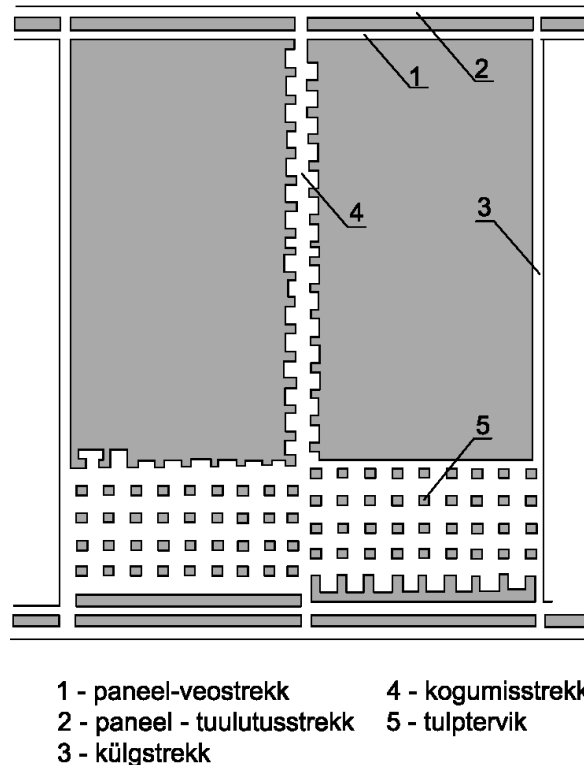
2 - tervik

3 - kamber

Joonis 10-3 Linttervikutega kamberkaevandamisviis [18]



Joonis 10-4 Paarislaavadega pikkesi kaevandamisviis [18]



Joonis 10-5 Tulptervikutega kamberkaevandamisviis [18]

1957. aastal alustati kaevanduses nr-2 kamberkaevandamise katsetustega, kus väljati kihind A-F, kus kasutati laadimismasinaid ja toestamiseks ankurtoestikku. Kogu väljatud kaevis sorteeriti maa peal. Kui varem F kihti ei peetud kaevandamisväärseks, siis uute soojuselektrijaamade kasutuselevõtuga võis kasutada ka madala kütteväärtusega (9MJ/kg) ja lubjakivikonkretsioonide rikast F kihti elektrienergia tootmiseks. Nii loetigi F kiht kaevandamisväärseks ja selle väljamata jätmine loeti kadude hulka. 1965. aastal hakkas tööle 1400 MW Balti Soojuselektrijaam (SEJ) ja 1973. aastal 1600 MW Eesti SEJ. Nende varustamiseks põlevkiviga mindi ka teistes kaevandustes üle kamberkaevandamisele, samuti rajati uued kaevandused - Viru kaevandus 1965. a. ja Estonia kaevandus 1975, kus kasutati kamberkaevandamist ja kaevis rikastamist maapealsetes rikastusvabrikutes. Samuti rajati karjäärid Sirgala 1963., Narva 1970. ja Aidu 1974. aastal.

Kui karjäärises käsitsi kaevandamisega põlevkivi kadusid ei esinenud, siis mehhanismide kasutuselevõttuga olukord muutus. Uutes suurtes karjäärises väljati kihind B-F kolmes järgus:

- I all-aste (alaastang) E-F põlevkivikihid paksusega 1,1-1,2 m (kütteväärtus 9,0-9,1MJ/kg)
- II all-aste 0,45 m paksune lubjakivi koos D põlevkivikihiga tõsteti puistangusse ja läks kadudesse.
- III all-aste B-C põlevkivikihid paksusega 1,0-1,2 m (kütteväärtus 12,8-13,1MJ/kg). Väljamata jäi ka A põlevkivikiht.

Põlevkivi kaevandamise järelvalvet ja kaevandamisväärse põlevkivi arvestamist on teostanud erinevad ametiasutused. 1919-1944 oli selleks Kaubandus ja Tööstusministeeriumi (Majandusministeeriumi) juures olev Mäeamet. ENSV-s olid selleks Ministrite Nõukogu juures olev Riikliku Tehnilise ja Mäejärelvalve Valitsus ja Geoloogia Valitsus. Kuni geoloogi ametikoha loomiseni markšneideriosakondades 1965. aastal kuulus markšneideriteenistuse ülesannete hulka ka maavara varu sihtotstarbelise kasutamise arvestus, kontroll ja aruandlus. Kuni 1965. aastani oli varuna arvel kogu A-E kihindi põlevkivikihtide varu. 1965. aastal arvutati põlevkivi varud ümber puhta, ehk suletistevaba varuna (iga kukersiidikihi paksusest lahutati lubjakivimugulate paksuse osa), mis kanti Üleliidulise Varude komisjoni (ÜVK) bilanssi. 1966. aastal tuli trustil Eesti Põlevkivi koostada kaevanduste jaoks ekspluatatsiooniliste põlevkivikadude normatiivid. Need olid: paarislaavade pindalakaod 5,9%, paksusekaod 33,6%, kokku 39,5%; tulptervikutega kamberkaevandamise (Joonis 10-5) pindalakaod 27,4%, paksusekaod 5,9%, kokku 33,3%; linttervikutega kamberkaevandamise pindalakaod 23,8%, paksusekaod 6,1%, kokku 29,9%. Kadude normatiiv avakaevandamisel kihindi osaliselt selektiivsel väljamisel kolmes astmes oli 24,4% [4].

Tabel 10-1 Mitmesugused kaevandamise kaod aastal 1982 [17]

Näitajad	Koristustööde tehnoloogiad			
	Kamberkaevandamine		Kombainkaevandamine	
	Tulptervikutega	Kamberlaavad	Lausväljamine	Kahe kihiline väljamine
Väljatavad kihid	A - F _H	B - F _H	B - F _H	A - C + D - F _B
Energiakadu %	31	33	26	18
Kaubapõlevkivi kütvus Q _p ^H MJ/kg	9,39	9,72	8,88	9,26

Kadude vähendamiseks kamberkaevandamisel korraldas TPI mäekateeder katsetöid Ahtme, Viru ja Estonia kaevandustes [22, 13, 19].

Piiritingimusena limiteeriti kihindi minimaalne paksus (üle 1,4 m) ja mäemassi minimaalne kütteväärtus 1450 kcal/kg ehk 6,07 MJ/kg (Tabel 10-1). Majandusministeeriumi 8. jaanuari 1988a. määrusega oli kaevanduse geoloogide ülesandeks järgmised tööd: rikketsoonide (karsti, tektoonilised rikked) fikseerimine, kaevandatud kihindi paksuse ja põlevkivikihindi tootlikkuse (tootluse) määramine. Geoloogiliste tööde ja uuringute kohta oli ette nähtud ettevõtja poolt järgmiste dokumentide pidamine: Maavara varu liikumisega seotud arvutusmaterjalid ja aruandlus, maavara kulude arvutus ja aruandlus, kasuliku kihindi tootlikkuse arvestus, kihi ja karstisoonide joonised, mahukaalude arvestus jne. Geoloogiateenistuse esmaülesannete hulka on kuulunud meetmete väljatöötamine ja rakendamine vältimaks maavara põhjendamatu kadu [5], kaeveväljade valikulist kaevandamist, maavara põhjendamatu, samuti maavara mahakandmise põhjenduste ja statistiliste aruannete koostamine ja esitamine [16]. 1990.a. loodi Eesti Maavarade Komisjon, kes tegeles maavarade arvelevõtmise, mahakandmise ja muude talle otsustada antud ülesannetega.

2001. aastal otsustati Sompa kaevandus sulgeda ja kaevevälja piires ettevalmistatud ligi 6 miljonit tonni põlevkivi jätta kaevandamata. Samalaadne otsus tehti ka seoses Kohtla kaevanduse sulgemisega. Niisugust teguviisi võib nimetada röövkaevandamiseks, muutes mõttetuks kallid uuringud ja bürokraatlikud nõuded asjaomaste ametiasutuste poolt. 1997. a kinnitati maavara põhikriteeriumiks tootsa kihindi A-F1 energiatootlikkus, mis on kõigi kihtide paksuste kütteväärtuste ja mahumasside korrutiste summa, sisaldades varemkasutatud kriteeriume TTÜ Mäeinstituudi poolt väljatöötatud majanduslike kriteeriumide alusel [4]. 1970ndatel pöörati suurt tähelepanu kadude vähendamisele ja viidi läbi sellesuunalisi teaduslikke uurimistöid. Tänapäeval võtavad põlevkivi elektrijaamad Narva karjääri toodangu vastu ilma sorteerimata reapõlevkivina.

Põlevkivi kadude suurus sõltub riigi poolt kehtestatud seadustest ja määrustest, kasutatavatest kaevandamisviisidest, mäemasinatest [27] ning põlevkivi tarbijatest [26]. Maavarakadude optimeerimine on aktuaalne paljudes maailma piirkondades [3, 11]. Põhilised meetodid, millega praegu soovitakse kadu optimeerida, on kaevanduste täitmine ja kõrgselektiivne väljamine [7, 14, 20, 21]. Kadu soovitakse vähendada maksusüsteemi karmistamisega, samas suurendab kadu keskkonnanõuete karmistamine [10, 12, 24, 27].

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – mi.ttu.ee/etp ja B36 Kivimi raimamine ja rikastamine valikmeetoditega - mi.ttu.ee/rikastamine KIK14033 Põlevkivi altkaevandatud alade stabiilsuse hindamine [8].

Viited

1. Adamson, A.; Reinsalu, E.; Uibopuu, L.. About the outset of mining in Estonia. *Oil Shale*, 12(1), 79 - 86. 1995
2. Allik, A. „Štangovaja krep na slantsevõh šahta“ *Nedra*, lk 6, 1964
3. Diering, DH; Andersen, DC; Langwieder, G; Smith, G. L. The basic resource equations (BRE and BR2RE)- a new approach to the definition and reconciliation of mineral resources and reserves at Anglo American Platinum Ltd. *Journal of the southern african institute of mining and metallurgy*. Volume: 113 Issue: 3 Pages: 171-179. 2013
4. Gacicov, M.; Allik, A. „Slantsedobõvajuštšaja promõšlennost Estonskoi SSR“ *Ugletehucdat*, Moskva lk. 75 1959
5. Jürgenfeldt, G. Geoloogia-markšeideriteenistus Eesti Põlevkivis aastatel 1944-2000. 90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis. *GeoTrail KS*. 2008
6. Kaevandused. <http://mi.ttu.ee/kaevandus/> Mäeinstituut. 2014
7. Karu, V.; Rahe, T.; Närep, E.; Väizene, V.; Costa, J. (2013). Pilot Unit for Mining Waste Reduction Methods. *Environmental and Climate Technologies*, 39 - 44.
8. [Maavarade koondbilanss 2013](#) . Maaamet. 15.10.2014
9. Mäeinstituudi projektid. <http://mi.ttu.ee/projektid/> Mäeinstituut 2014
10. 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*, 1 - 11.
11. Owen, JR ; Kemp, D. Social licence and mining: A critical perspective. *Resources policy*. Volume: 38 Issue: 1 Pages: 29-35. 2013
12. Pastarus, J.-R.; Systra, Y.; Valgma, I.; Kolotogina, L.; Anepaio, A.; Vannus, A.; Nurme, M. (2013). Surface mining technology in the zones of tectonic disturbances, Estonian oil shale deposit. *Oil Shale*, 30(2S), 326 - 335.
13. Pastarus, JR. Analysis of the roof and pillar design in Estonia's oil shale mines. *Oil Shale*, 15(2), 147 - 156. 1998
14. Pototski, A.; Pastarus, J.-R. (2011). Вторичное использование сланцевой золы. Проблемы недропользования. Санкт-Петербургский Государственный Горный Институт, 191, 180 - 182.
15. Reinsalu, E. „Mäemajandus“. TTÜ Mäeinstituut. 1998.
16. Reinsalu, E. „Poteri gorjutšego slantsa pri dobõtše ekonomitšeskie metodõ ih sniženia“ (Põlevkivi tootmiskaod ja majanduslikud meetodid nende vähendamisks) *Ajakiri Gorutšie slantsõ Oil Shale*, 5/3, 1988. a.
17. Reinsalu, E. 1982 Tehniko-ekonomitšeskie aspekt sniženija potjer gorjutšego slantsa pri dobõtše. *Kogumikust „Puti sniženija poter slantsa pri dobõtše“ (Põlevkivi tootmiskadude vähendamise teed) Teadusasutuste artiklite kogumik vene keeles*
18. Reinsalu, E. 90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis. *Teadus –ja arendustegevus põlevkivi kaevandamisel*. Lk 548,550
19. Reinsalu, E.; Toomik, A.; Valgma, I. „Kaevandatud maa“, TTÜ Mäeinstituut, 2002.
20. Sabanov, S.; Pastarus, J.-R.; Šestakova, J. (2009). Закладка выработанного пространства в условиях Эстонских сланцевых шахт. *Проблемы Недрорпользования. Записки Горного Института.*, 60 - 63.

21. Sabanov, S.; Tohver, T.; Väli, E.; Nikitin, O.; Pastarus, J.-R. (2008). Geological aspects of risk management in oil shale mining. *Oil Shale*, 25(2S), 145 - 152.
22. Talve, L.; Tärno, E.; Uibopuu, L. Tehnologitšeskie shemõ otrabotki kamernogo bloka, vozrast i potrebnõi srok podderžanija tselikov pri kamernõi võjemke s obrušeniem. TPI Toimetised nr. 401. 1976
23. Uibopuu, L.. The story of oil shale mining research. *Oil Shale*, 15(2SI), 206 - 209. 1998
24. Väizene, V.; Valgma, I.; Iskül, R.; Kolats, M.; Nurme, M.; Karu, V. (2013). High selective oil shale mining. *Oil Shale*, 30(2S), 305 - 325.
25. 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.
26. Valgma, I. (2009). Oil Shale mining-related research in Estonia. *Oil Shale*, 26(4), 445 - 150.
27. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Saarnak, M. (2013). Technologies for Decreasing Mining Losses. *Environmental and Climate Technologies*, 11(1), 41 - 47.

11. Keskkonnaprobleemid põlevkivi, lubjakivi, liiva, kruusa ja turba mäeeraldiste kasutuselevõtul

Mall Orru; Heli Milvek; Meidi Metsaroos

Kõigi maavarade puhul uute mäeeraldiste kasutuselevõttuga kaasnevad kas suuremal või vähemal määral keskkonnaprobleemid [11, 12, 13]. Enne uue mäeeraldise kasutuselevõtmist tuleb reeglina (vastavalt Vabariigi Valitsuse määrusele nr 224 „Tegevusvaldkonnad, mille korral tuleb anda keskkonnamõju hindamise vajalikkuse eelhindang, täpsustatud loetelu¹”) läbi viia keskkonnamõju hindamine (KMH). Keskkonnamõju hindamise eesmärgiks on ettepaneku tegemine kavandatavaks tegevuseks ning sobivaima lahendusvariandi (alternatiivi) leidmine, millega on võimalik viia eeldatavad kaevandamisega kaasnevad keskkonnamõjud miinimumini lähtudes säästva arengu põhimõtetest [16]. Keskkonnaprobleemid, mis võivad eeldatavalt kaevandamisega kaasneda ja mida keskkonnamõju hindamisel uuritakse, on müra, mis on toodud tabelis (Tabel 11-1) [2,] ja peenosakeste [19] (*edaspidi tolm*) levik, näitena joonistel (Joonis 11-1 ja Joonis 11-2) [14, 3], maavõnked, muutused põhja-, pinnavee [15] ja elamute kaevude veerežiimiga (sh alanduslehter)[6], kaevandamise mõju kaitstavatele liikidele (sh Natura 2000 alad) [7, 9].

Keskkonnamõju hindamine peaks eelkõige tuginema eeldatavate keskkonnamõjude prognoosimisele [8]. Viimasel ajal on aga lisatud keskkonnamõju hindamise kohustus ka varustuskindluse analüüsi tegemine, mis peaks olema tegelikult eelnev samm enne keskkonnamõjude hindamise läbiviimist. Varustuskindlus on mõiste maapõue kasutuses, milles selgub kui pikaks ajaks jätkub teatud piirkonnas kaevandamiseks vajalikku maavara. Varustuskindluse analüüsi läbi viimise aluseks tuleb võtta viimase viie aasta keskmised kaevandamismahud teeninduspiirkonnas. Teeninduspiirkonna all mõeldakse ala, mis ümbritseb mäeeraldist 50 km raadiuses, lähtudes varustuskindluse arvestamisest looduslike ehitusmaterjalide kasutamise riiklikust arengukavast 2011-2020 [1].

Varustuskindluse analüüsiga tekib praktikas erinevaid probleeme:

- 1) Teeninduspiirkonna määramine 50 km raadiuses on ehitusmaterjalide kasutamise riiklikus arengukavas 2011–2020 täpselt lahti selgitamata. Ei ole arusaadav, kuidas tuleks hinnata 50 kilomeetrit mäeeraldisest. Reeglina saab kasutada maavara väljaveol olemasolevaid kõvakattega teid, seega on õige arvestada varustuskindlust taotletavast mäeeraldisest mööda reaalseid väljaveoteid.
- 2) Keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seaduses [5] ei ole varustuskindlus keskkonnamõju osa. Keskkonnamõju hindamine on objekti põhine, seetõttu ei kuulu teeninduspiirkonna varustuskindluse analüüs KMH koosseisu.

- 3) Varustuskindluse läbi viimine on aeganõudev ja mahukas töö. Vaja on koguda viimase viie aasta keskmised kaevandamismahud teeninduspiirkonnas. Andmeid koguneb palju, mis nõuavad töötlust, analüüsi. [10, 4]

Pärast varustuskindluse analüüsi tegemist peaks selguma, kas on mõtet algatada uue mäeeraldise kasutuselevõttu ja keskkonnamõju hindamist. KMH on ajaliselt pikk protsess.

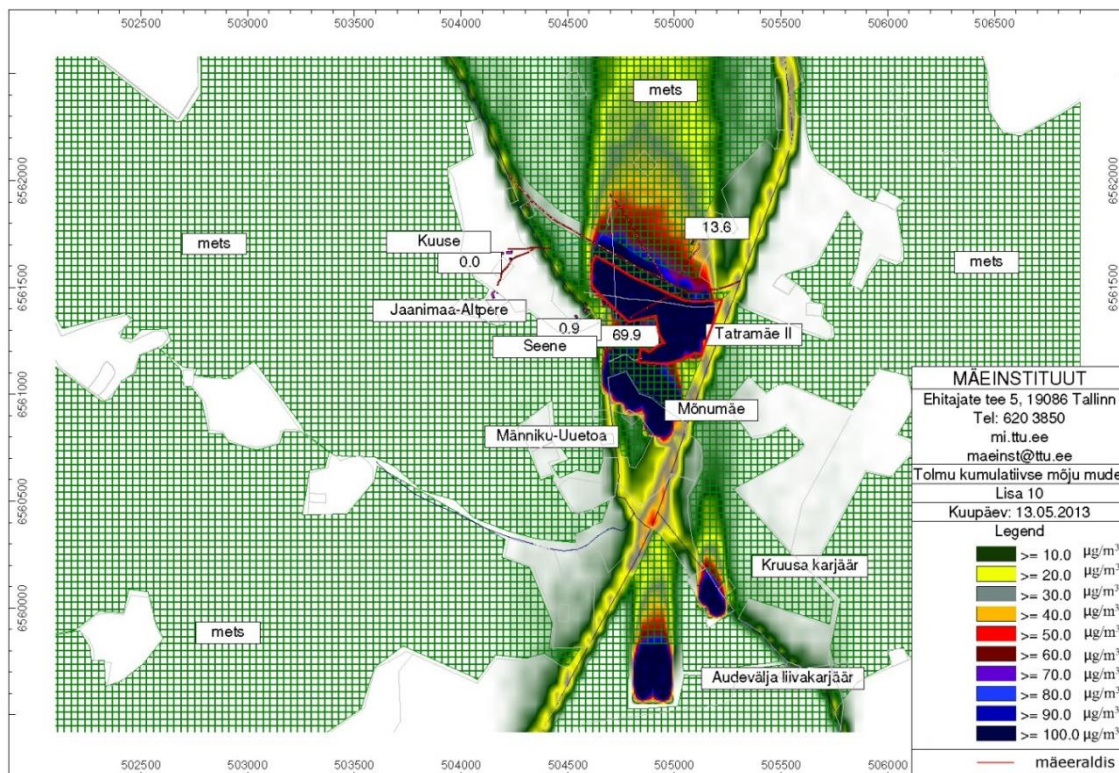
Varustuskindlus peaks olema autorite arvates keskkonnamõju hindamisest eraldi projekt ja sisaldama analüüsi, milles arvestatakse mäeeraldisest reaalseid maavara veokauguseid ja kaevandatava materjali kvaliteeti. Näiteks liiva ja kruusa puhul teeninduspiirkonnas leiduva samalaadse kaevandatava maavara lõimist, savi- ja tolmuosakesi ning orgaanikat. Lubjakivi puhul savi- ja tolmuosakeste sisaldust, kulumiskindlust, külmakindlust [20], killustiku [17] külmakindlust, purustatavust silindris ja purunemiskindlust [18].

Tabel 11-1. Müra sumbuvus metsas

Kaugus müraallikast, m	Müra sumbuvus, dB	Müra suurus kui müraallikas tekitab müra 90 dB
0	0	90
100	37	53
200	48	42
300	57	33



Joonis 11-1. Tolmu ja müra mõõtmine



Joonis 11-2. Tolmu kumulatiivse mõju mudel koos Mõnumäe veekogu rajamisega

Töö on seotud uuringuga Lep13056 „Põlevkivi kaevandamise tehnoloogiate keskkonnamõju prognoos 2016 - 2030“ [21]

Viited

1. All T. 2012. Varustuskindluse arvestamisest looduslike ehitusmaterjalide kasutamise riiklik arengukavast 2011–2020 lähtuvalt. Tallinn, 2012, http://www.ohutus.ee/public/documents/Kaevandamine/Infopaev_2012/KKM-Tarmo_All.pdf
2. Anepaio A. [Müra](#). Mäeõpik. TTÜ Mäeinstituut.
3. Anepaio, A. (2012). Kaevandamisega kaasnev tolm. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Karu, V (Toim.). Kaevandamine ja keskkond (153 - 156). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
4. Kanter S. 2013. Ehitusmaavarade varustuskindluse analüüs Tallinna lähiümbruses (Bakalaureuse lõputöö)
5. [Keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seadus](#), vastu võetud 2005
6. Lind, H; Valgma, I; Robam, K (2010). Põhjavee dünaamika modelleerimise võimalused mäetööde piirkonnas. Keskkonnatehnika, 3, 36 - 39.

7. Marandi, A.; Veinla, H.; Karro, E. (2014). Legal aspects related to the effect of underground mining close to the site entered into the list of potential Natura 2000 network areas. *Environmental Science and Policy*, 38, 217 - 224.
8. Metsaroos M. 2013. Keskkonnamõju hindamisel üleskerkinud probleemide analüüs, võimalikud lahendused
9. Milvek H. 2012. Kaevandamisega kaasnevate keskkonnamõjude analüüs (Bakalaureuse lõputöö)
10. Milvek H. 2014. Liiva ja kruusa varustuskindluse ja keskkonnavalaste probleemide analüüs seoses Sibila-, Mõisametsa- ja Mõisametsa II taotletavate mäeeraldiste kasutuselevõttuga (Magistri lõputöö)
11. Orru M., Lehtmets K. 2012. Keskkonnamõju hindamine – uuring või hinnang (KMH ekspertiisi võlud ja valud maavara maardlate kasutuselevõtu hindamisel). XX Aprillikonverentsi teesid. Lk 30–32, Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn.
12. Orru M., Ramst R., Milvek H. Tatramäe II kruusakarjääri mäeeraldise kasutuselevõttuga seotud keskkonnamõju hindamise (KMH) täiendatud ja parandatud aruanne. EGF 8533, Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 2013.
13. Orru M., Ramst R., Milvek H. Varudi II turbatootmisala kasutuselevõttuga seotud keskkonnamõju hindamise (KMH) täiendatud ja parandatud aruanne. EGF 8451, Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 2012.
14. Orru, M.; Milvek, H.; Anepaio, A.; Vendla, S.; Valgma, I. (2013). Possibilities for mitigating negative effects of noise and dust caused by extraction of sand, gravel and peat. *Agioutantis, Z. (Toim.). Proceedings of the 6th International Conference on Sustainable Development in the Minerals Industry (SDIMI 2013) (577 - 580)*. Milos island, Greece: Heliotopos
15. 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*, 1 - 11.
16. Pubule, Jelena; Romagnoli, Francesco; Bhunberga, Dagnija IMPROVEMENT OF ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESMENT THE BALTIC STATES. Vilnius, LITHUANIA ENVIRONMENTAL ENGINEERING, VOLS 1-3 Pages: 300-307. 2011
17. Valgma I. [Killustik](#). Mäeõpik. TTÜ Mäeinstituut.
18. Valgma I. [PLT](#). Mäeõpik. TTÜ Mäeinstituut.
19. Valgma I. [Tolm](#). Mäeõpik. TTÜ Mäeinstituut.
20. Veiko K. [Külmakindlus](#). Mäeõpik. TTÜ Mäeinstituut.
21. Mäeinstituut. Projektid. <http://mi.ttu.ee/projects/568/>

12. Kaardistamine ja mäetööde plaanid

Vivika Väizene, Margit Kolats, Gaia Grossfeldt, Martin Saarnak, Ingo Valgma

Inseneritöös koostatakse projekteerimisel plaane, skeeme, eskiise, kaarte, mudeleid ja teisi graafilisi töid. Võrreldes aastakümnete taguse joonestamise võimalustega, on tänapäeval kasutatavad vahendid teinud läbi suure arengu. Kui varem sõltus jooniste tegemise täpsus käelisest oskusest, siis tänapäeval tarkavara kasutamise oskustest [14].

Mäetööde seisu dokumenteeriti varem täpsete plaanide ehk planšettide koostamisega. Planšetilt saab infot mäetööde suuna, kaevandamise aja, koha, tehnoloogia ja geoloogia kohta. Planšette koostatakse erinevates mõõtkavades alates 500 kuni 10 000-kordse vähendamiseni. Alusmaterjaliks valiti tugev papp või metallplaat, mis aitas markšneideril vähendada venitusest tulenevaid moonutusi ning tagada pikaajaline säilivus. Ühte planšetti täiendati jooksvalt mõneaastase või –kümne aastase vahega (Tabel 12-1) vastavalt mäetööde arengule. Eestis on põlevkivi kaevandamise planšette koostatud kaevandamise algusest 1918. a. alates (Joonis 12-1).

Tabel 12-1 Markšneideri täiendused aja, nime ja allkirjaga planšeti kirjanurgas

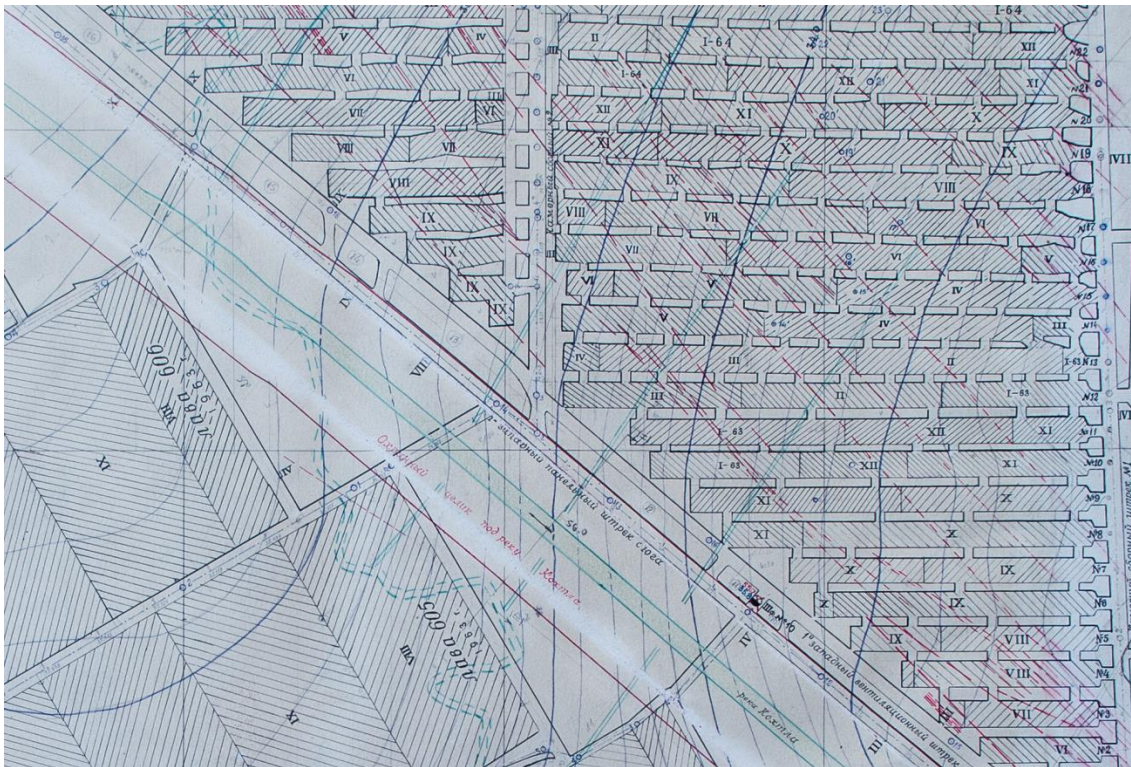
Даты составления и приемки	Фамилия и инициалы гл. маркшейдера	Подпись
Составлен Лен. стереофотограмметрической партией С.М.Т. в 1957 г. по материалам маркшейдерского отдела шахты		
Принят в 1958 г.	Гиршович Э.М.	Э.М. Гиршович
Пополнен на 1.1.70	Гиршович Э.М.	Э.М. Гиршович
Принят в 1980 г.	Видякин Л.И.	Л.И. Видякин
Принят XI.85 г.	Резанко С.А.	С.А. Резанко

Kui vanematel plaanidel määras täpsuse ja detailsuse mõõtkava, siis vahepealne tehnoloogia areng võimaldab tänapäeval koostada kõrge täpsusega plaane ning kuvada neid vastavalt vajadusele väiksemõõtmeliseks illustreerimiseks või kõrge täpsusega projekteerimiseks. Digitaalplaanide eeliseks on taasesitamise, lõpmatu kordustrüki ja parandamise võimalus, väiksem ruumihõive ja lihtsam edastamise viis (Joonis 12-2). Lisaks saab kasutada mitmeid eri temaatikaga kaardikihte üheaegselt [11].

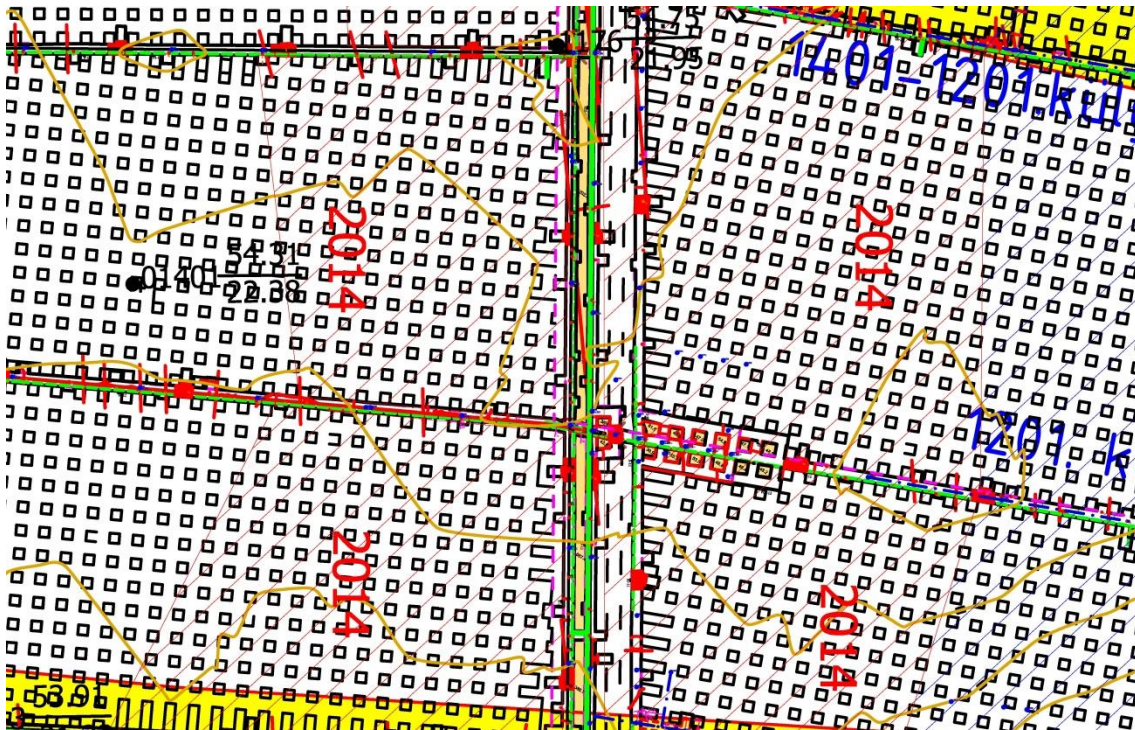
Mäeinstituut alustas mäetööde plaanide digitaliseerimist 1997. aastal pärast tarkvarade ArcView, Mapinfo ja Microstation kasutuselevõtmist [25]. Oluline faktor seejuures oli, et pärast Eesti iseseisvumist oli võimalik hakata koordinaatsüsteeme sobitama ning kaartide salastatuse aste vähenes [17, 20, 21]. Alustati üldplaanidest, mäetööde plaanidest ja liiguti detailsemate kaartide suunas [22]. Samal ajal ehitas Eesti üles oma ruumilise

plaanimise võimekust, mis aasta aastalt areneb. Esmavajadus oli varu täpsustamine, kuidas ka strateegilise ja logistilise kavandamise juures mängib ruumiline analüüs olulist rolli [8, 13, 16, 28]. Üha aktuaalsemaks on muutumas keskkonnaanalüüsi osa [19, 23].

Planšettide kaardistamise peamine eesmärk on paigutada kaeveõõned tänapäevasesse geograafilisse situatsiooni ja need digitaliseerimise teel edaspidiseks kasutamiseks kõlblikuks muuta [18]. Digitaalsel kaardil on lihtne moodustada alasid, teha pindalapäringuid, arvutada mahtusid [5] ja stabiilsust [12, 15] ning hinnata jääkvarude kaevandamise võimalusi suletud kaevanduste aladel [3, 26] ja analüüsida kaevandamise mõju keskkonnale [23, 24]. Lisaks saab koostada andmete põhjal mahukaid andmebaase, mida on võimalik kasutada planeeringutes [1]. Näiteks võimaldavad altkaevandatud alade planšetid arvestada stabiilsusvõimalusi ehitiste projekteerimisel [4].



Joonis 12-1 Sompa kaevanduse põlevkivi kaevandamise paberplanšett mõõtkavaga 1 : 1000 aastast 1964



Joonis 12-2 Tänapäevane digitaalne mäetööde plaan

Kolmemõõtmeliste mudelite ja animatsioonide esitlemisega on võimalik luua reaalne ettekujutus projekteeritavast objektist [2, 6, 7, 9, 10, 27]. Kaardistamisel kasutatakse GIS tarkvarasid, näiteks MapInfo, Discovery, VerticalMapper, ArcGIS, Didger, Surfer, Strater, Voxler jt.

Kokkuvõtlikult võib öelda, et inseneritöö on muutunud aja jooksul lihtsamaks, mitmekesisemaks ja rohkem võimaldavamaks.

Artikkel on seotud järgnevate Mäeinstituudi uuringute ja projektidega: AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine - mi.ttu.ee/etp; ETF 9018 – Kaevandusvaringud Kirde – Eestis – avastamine, identifitseerimine ja põhjused; ETF8999 Eesti mandriala ja rannikumere tektoonika ning struktuuriline areng Proterosoikumis ja Fanerosoikumis; KIK14033 Põlevkivi altkäevandatud alade stabiilsuse hindamine; B36, Kivimi raimamine ja rikastamise valikmeetoditega - mi.ttu.ee/rikastamine

Viited

1. Hellström, K. jt.(2001). Väärtuslike Maastike Määratlemine. Hiiumaa – Tartu - Viljandi
2. Karu, V. (2007). Kaevandatud alade mudelid ja digitaalprojekteerimine. Mudelid ja modelleerimine : [kolmas geoloogia sügiskool Pikajärve mõisakompleksis 12.-14. oktoober 2007] (38 - 44). Tallinn: Eesti Looduseuurijate Selts
3. Karu, V. (2007). Kaevanduste ja karjääride digitaalprojekteerimise võimalused Eestis. In: Talveakadeemia 2007 kogumik: Talveakadeemia 2007, Roosta puhkeküla, Estonia, 23-25.02.2007. Talveakadeemia, 2007
4. Karu, V. (2009). Altkaevandatud alale ehitamisel tuleb arvestada võimalike stabiilsusprobleemidega. Verš, E.; Amon, L.; Laumets, L. (Toim.). Piirideta geoloogia : 5. geoloogia sügiskooli artiklid ja ettekanded (109 - 113). Tartu: Eesti Looduseuurijate Selts
5. Karu, V. (2009). Modelling oil shale mining space and processes. 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
6. Karu, V. (2010). Spatial modelling tools in mining areas for improving mining process. Lahtmets, R. (Toim.). 8th International Symposium "Topical problems in the field of electrical and power engineering. Doctoral school of energy and geotechnology". II : Pärnu, Estonia, 11.01.-16.01.2010 (129 - 133). Tallinn: Elektriajam
7. Karu, V.; Västriku, A.; Valgma, I. (2008). Application of modelling tools in Estonian oil shale mining area . Oil Shale, 25(2S), 134 – 144
8. Koitmets, K.; Reinsalu, E.; Valgma, I (2003). Precision of oil shale energy rating and oil shale resources. Oil Shale, 20(1), 15 - 24.
9. Kolats, M.; Anepaio, A. (2009). Kolmedimensiooniliste mudelite loomine. Valgma, I.; Önnis, A.; Reinsalu, E.; Sõstra, Ü.; Uibopuu, L.; Västriku, A.; Robam, K.; Vesiloo, P.; T (Toim.). Mäenduse maine (60 - 63). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
10. Kolats, Margit; Anepaio, Ain; Valgma, Ingo (2008). Ruumimudelid mäenduses.
11. Marschalko, Marian; Yilmaz, Isik; Lamich, David; et al. (2014). Underground mining hazard map including building site categories in an area affected by underground mining activities. ENVIRONMENTAL EARTH SCIENCES Volume: 72 Issue: 7 Pages: 2655-2666 Published: OCT 2014. DOI: 10.1007/s12665-014-3172-2
12. Pastarus, JR (1998). Analysis of the roof and pillar design in Estonia's oil shale mines. Oil Shale, 15(2), 147 - 156.
13. Reinsalu, E.; Valgma, I. (2007). Oil Shale Resources for Oil Production. Oil Shale, 24, 9 - 14.

14. Saarnak, M. (2013). Mäeinstituudi õppekavade võrdlus 1938 vs 2013. Mäeinstituut 75 (221 - 224). TTÜ mäeinstituut
15. Singh, P. K.; Roy, M. P.; Paswan, Ranjit K. (2014) Controlled blasting for long term stability of pit-walls. INTERNATIONAL JOURNAL OF ROCK MECHANICS AND MINING SCIENCES Volume: 70 Pages: 388-399 Published: SEP 2014. DOI: 10.1016/j.ijrmmms.2014.05.006
16. Valgma, I (2003). Estonian oil shale resources calculated by GIS method. Oil Shale, 20(3), 404 - 411.
17. Valgma, I. (1998). Using MapInfo Professional and Vertical Mapper for mapping Estonian oil shale deposit and analysing technological limit of overburden thickness. In: Proceedings of International Conference on GIS for Earth Science Applications, Institute for Geology, Geotechnics and Geophysics, Slovenia Ljubljana 17.-21. May 1998: International Conference on GIS for Earth Science Applications, Ljubljana, 17.-21. May 1998. , 1998, 187 - 194.
18. Valgma, I. (1999). Eesti põlevkivimaardla potentsiaalsete vajumisalade kaardistamine. Mäeohutus ja mäeõigus : konverentsi ettekannete teesid ja artiklid : Tallinn, 28. juuni 1999 (35 - 42). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool
19. Valgma, I. (1999). Mapping potential areas of ground subsidence in Estonian underground oil shale mining district. In: Proceedings of the 2nd International Conference "Environment. Technology. Resources". Rezekne, Latvia 25-27 June 1999: 2nd International Conference "Environment. Technology. Resources". Rezekne, Latvia 25-27 June 1999. , 1999, 227 - 232.
20. Valgma, I. (2000). Map of oil shale mining history in Estonia I. In: Proceedings I. 5th Mining History Congress, Greece, Milos Conference Centre- George Eliopoulos, 2000: 5th Mining History Congress, Greece, Milos Conference Centre- George Eliopoulos, 2000. Agricola, 2000, 116 - 119.
21. Valgma, I. (2001). Map of oil shale mining history in Estonia. In: Proceedings II. 5th Mining History Congress, Greece, Milos Conference Centre- George Eliopoulos, 2001: 5th Mining History Congress, Greece, Milos Conference Centre- George Eliopoulos, 2001. Agricola, 2001, 193 - 198.
22. Valgma, I.; Kolats, M.; Nurme, M.; Karu, V.; Anepaio, A. (2014). Kaardid - karjäärid, kaevandused, maavarad, masinad, ettevõtted, jäätmed, vesi, geoloogia. I. Valgma (Toim.). Ressursid ja energiasääst (14 - 24). Tallinn: Mäeinstituut
23. 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.
24. Valgma, I.; Västrik, A.; Lind, H. (2006). The Modelling of Oil Shale Mining Development and its Influence to the Environment. In: EU legislation as it affects mining : proceedings of TAIEX Workshop in Tallinn: INFRA 22944 TAIEX Workshop, Tallinn, 30.11.-0

25. Valgma, Ingo (1998). Eesti põlevkivikaevanduste tehnoloogiline kaardistamine. In: 60 aastat mäeinseneride õpetamist Eestis : aastapäevakonverentsi [19. novembril 1998] ettekannete teesid ja artiklid: 60 aastat mäeinseneride õpetamist Eestis, konverents, Tallinn, 19. novembril 1998. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 1998.
26. Valgma, Ingo (2002). Using Mapinfo Vertical Mapper Interpolation Techniques For Estonian Oil Shale Reserve Calculations. In: Proceedings of the International Conference on Corporate Finance Management in Mining Industry, Bulgaria, 2002: CD-B Press, 2002.
27. Väizene, V. (2009). Modelling granite mine workings and its complex usage. 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
28. 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.

13. Põlevkivivaru ümberhindamine alaplokkides

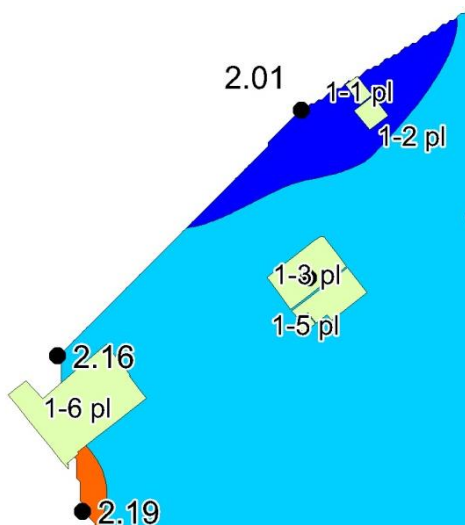
Vivika Väizene, Ingo Valgma, Enno Reinsalu

Põlevkivi kaevandatakse Eestis ligikaudu 15 miljonit tonni aastas lubatud maksimaalsest 20 miljonist tonnist, millele lisandub 4 miljonit tonni kadu [2]. Kui enne tuli Keskkonnaministeriumisse esitada kaevandatud varu koguse andmed ja selle põhjal tagantjärei korrigeeriti varu kogust, siis nüüd on nõue esitada eelnevalt korrigeeritud kaevandatav varu kogus ette. Selleks tuli töötada välja põlevkivivaru ümberhindamise meetodika [3, 15]. Varu täpse koguse hindamine [6] aitab valida kaevandamistehnoloogiat [4, 7, 14], hinnata kaevandamise mõju keskkonnale [13] ja vähendada maavara kadusid [8, 12].

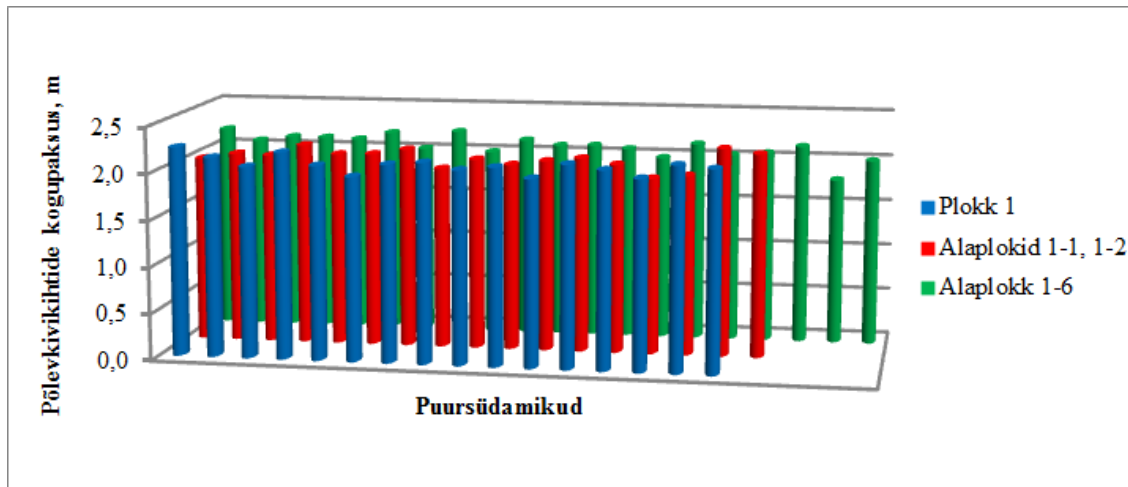
Uuringu eesmärgiks oli koostada tegelikkusele vastav põlevkivivaru bilanss Estonia, Sirgala, Narva, Viru, Kohtla ja Aidu kaeveväljadel [5]. Varu hindamisel lähtuti üldgeoloogilise uurimistöö ja maavara geoloogilise uuringu tegemise korrast [16].

Varu hinnati ümber kaevandamiseks aastateks 2012-2017. Selleks projekteeriti alaplokkid (Joonis 13-1), mille kuju on moodustatud ühelt poolt geoloogilise ploki kaevandatav ala piiriga ühtivalt ning teiselt poolt kuni viieks aastase varu kogusega. Varuplokk on eelnevate uuringute jooksul moodustatud arvel oleva varu plokk. Varu arvutamisel kasutati alaploki läheduses kaevandatav alal mõõdistatud tootsa kihindi paksuse andmeid (Joonis 13-2). Põlevkivivaru võrdub kaevandamata alaploki pindala, põlevkivivaru ploki mõõdistatud põlevkivikihtide keskmise paksuste summa ning mahukaalu korrutisega.

Seejärel teostati statistiline analüüs (Tabel 13-1), mille käigus määrati mõõtemääramatus, seati kriitiline piir, arvutati trend, tõenäosus ja hinnati usaldusväarsust.



Joonis 13-1 Alaplokkid 1-1, 1-2 ja 1-6 plokkis 1



Joonis 13-2 Põlevkivikihtide kogupaksus puursüdamikes alaplokkides 1-1, 1-2, 1-6 ja plokkis 1

Tabel 13-1 Põlevkivikihtide paksuse statistiline analüüs

	Plokk 1	Alaplokkid 1-1, 1-2	Alaplokk 1-6
Keskmine paksus	2,12	2,06	2,09
Keskmise paksuse standardhälve	0,02	0,02	0,02
Paksuste mediaan	2,12	2,06	2,11
Paksuste modaalväärtus	2,12	2,06	2,15
Paksuste standardhälve	0,07	0,09	0,10
Paksuste dispersioon	0,01	0,01	0,01
Paksuste sageduse ekstsess	-0,36	-0,18	3,72
Paksuste sageduse asümmeetria	-0,17	0,10	-1,43
Paksuste hajuvusvahemik	0,27	0,34	0,44
Minimaalpaksus	1,98	1,90	1,79
Maksimaalpaksus	2,25	2,24	2,23
Summa	33,90	35,09	41,77
Paksuste arv	16	17	20
Keskmise paksuse ülemine usalduspiir	2,25	2,24	2,23
Keskmise paksuse alumine usalduspiir	1,98	1,9	1,79
Paksuse mõõtemääramatus (95%)	0,04	0,05	0,05

	t-Test		t-Test	
	Plokk 1 ja alaplokkid 1-1, 1-2		Plokk 1 ja alaplokk 1-6	
	1	1-1, 1-2	1	1-1
Keskmine	2,12	2,06	2,12	2,09
Dispersioon	0,01	0,01	0,01	0,01
Arv	16	17	16	20
Oodatav erinevus	0		0	
df	30		34	
t Statistik	1,91		1,07	
P(T<=t) ühepoolne	0,03		0,15	
t Kriitiline ühepoolne	1,70		1,69	
P(T<=t) kahepoolne	0,07		0,29	
t Kriitiline kahepoolne	2,04		2,03	

Töö tulemusena hinnati varu ümber kuuelt kaeveväljal. Viru, Narva ja Aidu kaeveväljal hinnati varu maha, Kohtla kaeveväljal juurde ning Estonia ja Sirgala kaeveväljal nii maha kui juurde. Arengukavade koostamisel või otsustamisel on otstarbekas kasutada reaalseste mõõtmiste ja analüüside põhjal koostatud järeldusi [1].

Varu muutlikkus on käsitletud alal peamiselt tingitud tektoonilisest muutlikkusest [9, 10, 11, 17].

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – mi.ttu.ee/etp; uuringuga B36, Kivimi raimamine ja rikastamine valikmeetoditega – mi.ttu.ee/rikastamine; KIK14033 Põlevkivi altkaevandatud alade stabiilsuse hindamine.

Viited

1. Adamson, A. (2012). Ühest tonnist põlevkivist saab ühe barreli põlevkiviõli. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Karu, V. (Toim.). Kaevandamine ja keskkond (50 - 56). Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
2. EESTI VABARIIGI 2013. AASTA [MAAVARAVARUDE KOONDBILANSID](#) (seisuga 31.12.2013. a.) Maa-amet, Tallinn 2014
3. Ivanov, VV; Panfilov, RV. Principles of the calculation of perspective requirement for reserves of solid mineral-resources. Doklady Akademii Nauk SSSR. Volume: 252 issue: 4 pages: 934-937. Moscow Mineral Geochem & Rare Element Crystal Chem Inst, Moscow, USSR. 1980.
4. 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, 1 - 11. DOI: 10.1007/s12665-013-2396-x
5. Rahe, T.; Grossfeldt, G.; Kuusemäe, K. (2013). Poster of Oil shale mining in Estonia. In: International Oil Shale Symposium Tallinn, Estonia, 10.-13.06.2013: International Oil Shale Symposium Tallinn, Estonia, 10.-13.06.2013. Tallinn: Enefit, 2013, 1.
6. Raudsep, R. (2008). Estonian georesources in the European context. ESTONIAN JOURNAL OF EARTH SCIENCES, 80-86.
7. Reinsalu, E.; Valgma, I. (2007). Oil Shale Resources for Oil Production. Oil Shale, 24, 9 - 14.
8. Rossi, Mario E., Deutsch, Clayton V. (2014). Mineral Resource Estimation. Springer Science+Business Media Dordrecht. DOI 10.1007/978-1-4020-5717-5
9. 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.

10. 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.; Põldvere, A.. Tallinn: OÜ Eesti Geoloogiakeskus, 2014, 40 - 43.
11. Systra, Y. (2014). Tectonic deformation of the Ediacaran-Paleozoic bedrock in Estonia. In: Geologiska Föreningen, 31st Nordic Geological Winter Meeting, Lund, Sweden; January 8-10 2014: 31st Nordic Geological Winter Meeting, Lund, Sweden; January 8-10 2014. (Toim.) Johnson, M.D. et al.. Geoprint, 2014, 123 - 123.
12. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Saarnak, M. (2013). Technologies for Decreasing Mining Losses. Environmental and Climate Technologies, 11(1), 41 - 47.
13. 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.
14. Väizene, V.; Valgma, I.; Iskül, R.; Kolats, M.; Nurme, M.; Karu, V. (2013). High selective oil shale mining. Oil Shale, 30(2S), 305 - 325. DOI: 10.3176/oil.2013.2S.10
15. 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.
16. Üldgeoloogilise uurimistöö ja maavara geoloogilise uuringu tegemise kord. Keskkonnaministri määrus nr. 44. RTL 2005, 60, 866
17. Никонов, А.А., Шварев, С.В., Родкин, М.В., Сыстра Ю.Й. (2014). Сейсмическая активность Российской части Фенноскандинавского кристаллического щита в последние 12 тыс. лет: новые материалы и решения по представительным участкам развития сейсмодислокаций. In: Разломообразование в литосфере и сопутствующие процессы: тектонофизический анализ. Тезисы докладов Всероссийского совещания с участием приглашенных исследователей других стран: Разломообразование в литосфере и сопутствующие процессы: тектонофизический анализ. Иркутск, Россия, 11-16.08.2014. Иркутск:, 2014, 63.

14. Põlevkivi kaevandamisest ning ühest võimalikust tulevikutehnoloogiast

Tiit Rahe, Martin Nurme

Sissejuhatus

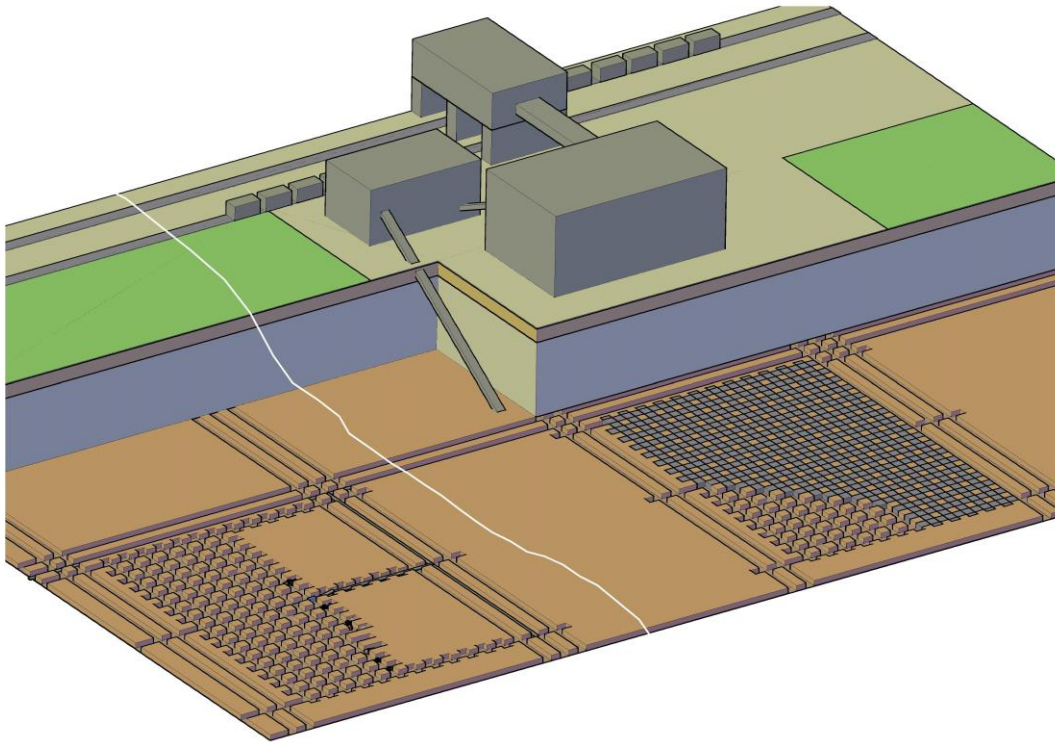
Eestis on põlevkivi kaevandatud nüüdseks juba peaaegu 100 aastat. Hetkel on Eestis selle maavara kaevandamise reaalne maht aastas veidi üle 15 miljoni tonni. Maksimaalseks piiriks on määratud 20 miljonit tonni [22, 20]. Kaevandamise mahtude tippajad jäid kaheksakümnendatesse aastatesse, kui aastas anti põlevkivi kaevandamisest toodanguna välja ligi 30 miljonit tonni kaubapõlevkivi [14]. Põlevkivi on fossiilne ning taastumatu maavara. Kuna varusid ei jätku igaveseks, peaksime riiklikult nii tähtsat maavara kaevandama võimalikult säästvalt [18]. Põlevkivi kaevandamise käigus on Eestis põlevkivi kaevandamise tehnoloogia kõvasti ajas arenenud, kuid arengust hoolimata on kaevandamisprotsessis veel ka täna, mitmeid kiireid lahendusi vajavaid probleeme. Suurimateks probleemideks on põlevkivi suured kaod ning töötlemise ja kasutamise käigus tekkivate jääkide ja jäätmete suur hulk [12]. Keskkonnakaitse ootused üha suurenevad ja maavara säästliku kaevandamise nõuded karmistuvad [22, 23]. Seetõttu tuleb aktiivselt otsida uusi võimalikke kaevandamise tehnoloogiaid. Enne kui saab võimalikuks uute lahenduste juurutamine, tuleks nende sobivust kriitiliselt hinnata ja praktikas katsetada. Protsesse tootmises tuleb väga pikalt ette planeerida, samas peab ajaga kaasas käima ning jälgima pidevalt areneva tehnoloogia uuendusi [17]. Selles artiklis kirjeldan lühidalt Eestis hetkel kasutusel olevat põlevkivi kaevandamise tehnoloogiat, selgitan lugejale tehnoloogia muutmise vajalikkust ning viimaks kirjeldan üht huvitavat ja lootustandvat lahendust purustuskopa näol. Purustuskopp võib esialgsete uuringute põhjal mõningad erinevad põlevkivi kaevandamisega seotud probleemid lahendada sutheliselt üllataval moel.

Kamberkaevandamine ja täitmise tehnoloogia

Hetkel kasutatakse Eesti põlevkivikaevandustes ainult kamberkaevandamise tehnoloogiat: kogu puur- ja lõhketöödega purustatud materjal viiakse maapinnale, puutumatult jäetakse maa alla alles tugi- ehk sammastervikud [4]. Need sambad hoiavad ülal kattekihtide kihte ning säilitavad kaevanduse kohal oleva maapinna stabiilsuse [9, 12]. Arvestades geoloogilist situatsiooni Eestis, põlevkivi kihindi kaevandamisväärsem osa õhatakse kas 2,8 m või 3,8 m paksuse kihina. Tühimiku sisse jäetakse kindlate vahemaade tagant lõhkamisest puutumata sambad (Joonis 14-1). Sammaste suurus jäetakse võimalikult väike, kuid siiski piisav, et kindlustada kaeveõõne püsivus teoreetiliselt igaveseks ajaks ka siis, kui kaevandamine on lõppenud. Eesmärk on ära

hoida kaevanduse kohal oleva maapinna vajumine [13]. Tervikutesse maha jääv kaevandamata maavara on maavara kadu, mida pole arvatavasti enam kunagi majanduslikult tasuv kasutusele võtta [11]. Põlevkivi kaod tervikutes on hetkel kuni 30%, kuid kaevandamissügavuse suurenemisel üle kuuekümnemeetri, võivad põlevkivi kaod kaevandamisel suurendada kuni neljakümne protsendini või isegi rohkemgi [11]. Seesugune maavara kadu on väga suur ning seetõttu võiks isegi öelda, et kamberkaevandamise tehnoloogia on maavara raiskav [8]. Maavara kadu oleks võimalik olulisel määral vähendada, kui kasutaksime kaeveõõnte täitmise tehnoloogiat, ehk ehitaksime tehiskivide tervikud kaeveõõnt toetama. Täitmise tehnoloogiat kasutades on võimalik suurendada ka maapinna püsivust ning vähendada mõju veerežiimile [11]. Täitmise korral maavara kaevandamisel tekkinud tühimik täidetakse mingi täitematerjaliga [1]. Põlevkivikaevanduse puhul on võimalus kasutada täitematerjalina põlevkivi rikastamisel tekkinud jääke, koos põlevkivi tuha ning tsemendi seguga [3, 15, 21]. Kaeveõõnte täitmise tulemusena väheneb ka kaevandamise mõju maapinnale, kuna siis saaks põlevkivi tööstuses tekkivaid jääke kui kasulikku täitematerjali ära kasutada ja seega põlevkivi põletamisel tekkivat tuhka ja rikastamise aherainet ei ladustataks enam maa peale [1]. Seega vähenevad keskkonnatasud, mis tuleks maksta jäätmete ladustamise eest. Selle tehnoloogia miinuseks on keerukus võrreldes praegu kasutusel oleva tehnoloogiaga, kus osa maavara jäetakse lihtsalt kaevandamata, et kaeveõõnt toetada. Teiseks miinuseks on tehnoloogia mõnevõrra kallim hind. Põlevkivi saab küll kadude arvelt rohkem kätte, aga tehiskivide ehitamisega lisandub kaevandamisele mitmeid tegevusi, mis muudavad kaevandamise kulukamaks. Lisanduvateks tegevusteks tervikute

ehitamisel on näiteks segude valmistamine ning täitematerjali transport kaeveõõnde. [19]



Joonis 14-1 Kamberkaevandamise tehnoloogia skeem.

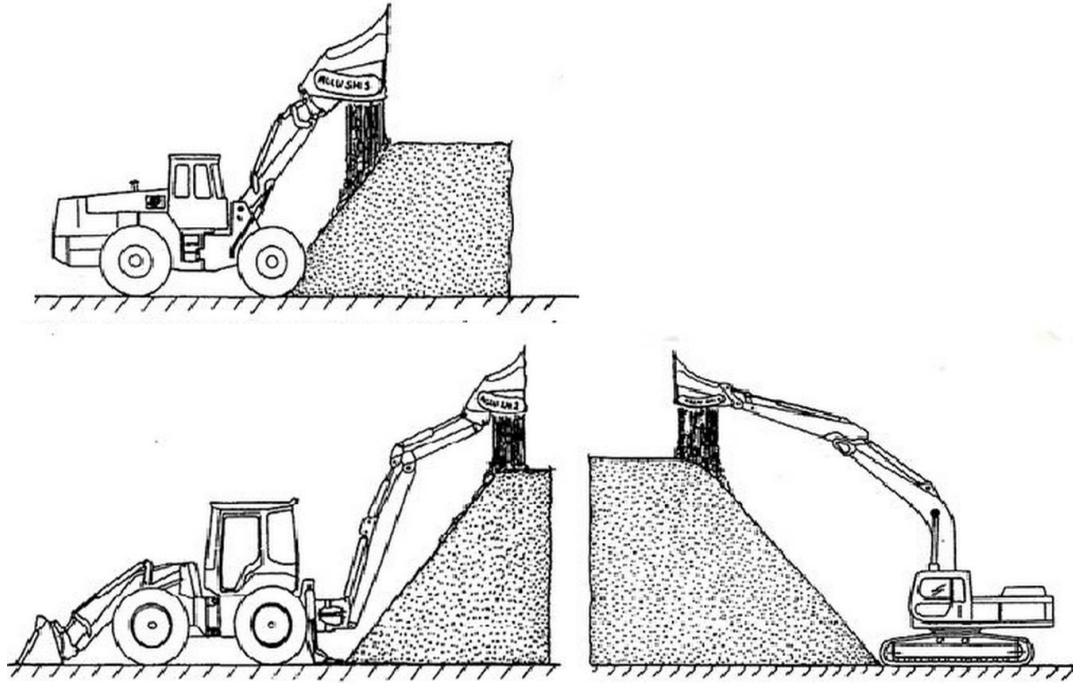
Põlevkivi rikastamine

Põlevkivi rikastamine ehk kasuliku materjali eraldamine lubjakivist, toimub praeguse kamberkaevandamise tehnoloogia juures suurtes maapealsetes rikastusvabrikutes. Lubjakivi eraldamine on vajalik, kuna lubjakivi suur sisaldus teeb materjali kütteväärtuse madalaks. Lubjakivi satub kaevisesse põlevkivi kihindis paiknevatest lubjakivi vahekihtidest. Lubjakivi eraldamine rikastusvabrikus magnetiidi suspensioonis põhineb asjaolul, et põlevkivi on lubjakivist tunduvalt kergem. Põlevkivi tõuseb raskes vedelikus pinnale, aga lubjakivi vajub põhja. Raske vedelikuna kasutatakse magnetiidi suspensiooni, mille tihedus on umbes $2,1 \text{ g/cm}^3$. Lubjakivi on enamasti tihedusega $2,5 \text{ g/cm}^3$ [16]. Igas tootmisetapis tekib jääke ning maavara kadusid, nii ka rikastamisel. Nimelt ei tõuse pinnale põlevkivitükid, mille külge on jäänud osa lubjakivist. Lisaks kulutab selline iga-aastane miljonite tonnide kasutuskõlbmatu lubjakivi transport rikastusvabrikuni lisaenergiat ja on ka seetõttu majanduslikult kulukam. Selle tõttu tekivad rikastamisvabriku juurde tohutud jäätmemäed ehk rikastamise käigus kaevisest eraldatud lubjakivi panilad. Jääkidest saab toota madalakvaliteedilist killustikku, mida saab kasutada teedeehitusel täitematerjalina. Kahjuks sellist täitematerjali pole

majanduslikult mõttekas kaugele transportida, aga kohapealne nõudlus on väga väike. Seepärast suurem osa jääkidest ladustatakse siiski jäätmepeanilatesse. Seesugused aherainemäed katavad Eesti territooriumist juba ligi 790 ha [4, 5].

Mis on purustuskopp?

Purustuskopp on suhteliselt uus seade. Esimesed patendid ilmusid 90ndatel aastatel. Pealtnäha näeb see seade välja nagu tavaline kopp, mida saab kasutada nii ekskavaatori, frontaallaaduri kui ka tavalise traktori tööorganina (Joonis 14-2). Purustuskopp on aga eriline lisafunktsiooniga kopp, mille sisse on monteeritud kaks või rohkem üksteisega vastassuunas pöörlevat hammastega võlli. Materjali laadimine purustuskoppa toimub nagu tavalise kopaga, kuid kopal on lisaks juures purustamise funktsioon. Purustamise eest kannavad hoolt vastassuunas pöörlevate võllide küljes olevad hambad, mis hekseldavad purustuskopa sees olevat materjali. Põhimõtteliselt on tegu nagu väikese mobiilse võllpurustiga, mille kolu on võimalik kasutada ka materjali tõstmiseks. Purustatud materjal väljub purustuskopa alt (Joonis 14-3). Kopal endal pole energiaallikat, seega saab seda ühendada ainult sellise masinaga, millel on olemas hüdraulilise jõu väljund. Purustusvõllid kopa sees paneb pöörlema õlisurve. Purustuskoppadega saab purustada mitmesugust materjali. Võllide vahekaugus üksteisest ning purustushammaste pikkus nende peal määravad ära purustuskoppa sissemineva materjali minimaalse ja maksimaalse suuruse, mida konkreetse purustuskopaga üldiselt on mõttekas purustada. Ettenähtust suuremaid tükke ei pruugi purustuskopa hambad haarata ning väga väike materjal kukub lihtsalt võllide vahelt läbi. Purustuskopast väljunud toodangu omadusi saab mõjutada, varieerides võllide vahekaugusi, hammaste suurust, hammaste kuju ning võllide pöörlemiskiirust. Analoogilise ehitusega on tehtud ka sõelkopad, mis on mõeldud kopas oleva materjali sõelumiseks. Sellisel juhul ei ole võllide peal purustushambaid, vaid nagad, mis lihtsalt liigutavad materjali kopa sees. Materjal, mis on väiksem kui kopa põhjas pöörlevate võllide vaheline kaugus, väljub kopast. Purustuskoppade ning sõelkoppade eelis on nende mobiilsus ning see, et nende abil on võimalik ühe töötsükli jooksul materjali ammutada, materjali transportida, purustada või sõeluda (olenevalt siis kas tegu on sõel- või purustuskopaga) ning juba purustatud/sõelatud materjal näiteks veoauto kasti laadida [5]. Purustuskoppasid kasutatakse üldiselt väga erinevate materjalide peenestamiseks, segamiseks ja õhutamiseks, näiteks muld, kompost, ehitusjätmed, klaas, süsi, lubjakivi. Praeguseks hetkeks toodavad nii purustus- kui ka sõelkoppasid mitmed erinevad firmad üle terve maailma [4].



Joonis 14-2 Purustuskopa kasutusvõimalused erinevate masinate küljes



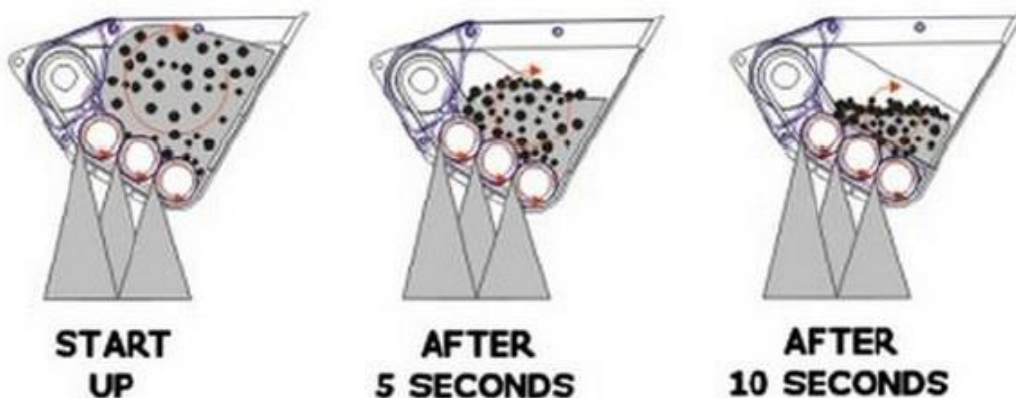
Joonis 14-3 Purustatud materjal väljub kopa alt

Eestis on juba mitu aastat uuritud, kas söel- ja purustuskoppasid saab kasutada põlevkivi kaevandamisel. Purustuskoppasid katsetati Eestis põlevkivi töötlemiseks esmakordselt 2011. aastal, pärast seda on läbi viidud mitmeid erinevaid katseid (Tabel 14-1). Kuna seadmel näis olevat tulevikku, siis muretses ka väikesemõdulise purustuskopa täiendavaks katsetamiseks Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut, eesmärgiga katsetada seda erinevate kaeviste ning kaevandamisel tekkivate jääkide peal [5, 7, 6]. Praeguseks momendiks on Eestis välitöödel kõige rohkem testitud Soome firma ALLU purustuskoppade mudelid. Viimati toimusid suuremad katsetööd 2013. aasta suve lõpus Narva karjääris [10]. Sealsetel katsetöödel testiti esimest korda 7 m³ mahutavusega ALLU purustuskopa prototüüpi, mis on disainitud spetsiaalselt kaevandajate vajadusi silmas pidades. Katsetööde käigus on hinnatud erinevate purustuskoppade keskkonnamõju, hinnates tekkiva tolmu hulka, müra ning vibratsiooni suurust. Hindasime erinevate mudelite tootlikkust. Katsetöödel selgus, et purustuskoppadega saab kohapeal põlevkivi rikastada. See tähendab, et kohapeal saab ühe töötsükli jooksul mitte ainult materjali ammutada, transportida, purustada ja laadida, vaid ka eemaldada kaevises sisalduvat lubjakivi. Põlevkivi rikastamine kohapeal purustuskoppade abil, saab võimalikuks seetõttu, et põlevkivil on võrreldes lubjakiviga väiksem survetugevus. Survetugevus on peamine materjali purunemist mõjutav tunnus [15]. Põlevkivi

survetugevus sõltub kivimi pinnakõvadusest, pragulisusest ja niiskusest. Väikse survetugevusega põlevkivi puruneb purustuskopas lubjakivist kiiremini, seejärel kukub võllide vahelt läbi ja väljub purustuskopast (Joonis 14-4). Lisaks - purustuskopa võllide peal olevad hambad lõikavad ning rebivad pehme põlevkivi lubjakivi pealt maha. Purustamise lõppstaadiumis on purustuskoppa jäänud peaaesjalikult lubjakivi, mille võib tõsta kohapeal kõrvale. Purustuskoppadega separeerimise protsess ei ole kahjuks ideaalne. Mõned väiksemad ning pehmemad lubjakivi tükikesed purunevad koos põlevkiviga ning jäävad valmistoodangusse. Samuti jäävad mõned tugevamad põlevkivitükikesed lubjakivi hulka. Protsess vajab küll veel rohkesti katsetamist ning optimeerimist, aga esmased katsetööd on nüüdseks juba tõestanud, et selle seadmega on võimalik kohapeal põlevkivi rikastada.

Tabel 14-1 Suuremahulisemad katsetööd purustuskoppadega Eestis Mäeinsituudi osalusel

Katsetööde toimumise aasta	Põlevkiviga katsetamise koht
2011	Kiviõli Keemiatööstuse tehnoplats
2012	Estonia kaevanduse rikastusvabriku plats
	Narva põlevkivikarjäär
2013	Narva põlevkivikarjäär



Joonis 14-4 Purustuskopa separeerimisprotsess

Kuidas muudaks purustuskoppade kasutamine põlevkivi kaevandamise tehnoloogiat?

- Esiteks - kui me saaksime kaevisest eemaldada juba kohapeal, kasvõi osaliselt, selles oleva lubjakivi, siis väheneksid kaevandusest või karjäärist väljaveetava kaevisse kogused ja sellega seoses ka transpordikulud rikastusvabrikusse.
- Teiseks – pooleldi rikastatud kaevis, kus oleks vähem lubjakivi, koormaks vähem rikastusvabrikut.
- Kolmandaks - kaevandustesse maha jääv lubjakivi oleks ehitusmaterjaliks tehistervikute ehitamiseks.

See viimane asjaolu on oluline argument, asendamaks kamberkaevandamine täitmise tehnoloogiaga. Kui juba kaevisse väljaveo käigus suudame jätta aheraine maa alla, millest ehitada tehistervikuid, siis see aitab vähendada kulusid mitte ainult materjali väljaveo käigus vaid ka täitematerjali sisseveole. Täitmise tehnoloogia võimaldab meil ära kaevandada kogu geoloogilise varu ja samal ajal väheneb ka keskkonnasaastet. Põlevkivi kadu kaevandamisel väheneb kuni 30% ning jäätmemägesid ei teki nii palju [13].

Kokkuvõte

Kui me jätkame Eestis kamberkaevandamise tehnoloogia kasutamist, siis me ei saa iial lahti kaevandamisel tekkivatest kadudest. Hetkel kasutatava kamberkaevandamise süsteemi maavara kaod on ligi 30% ning need suurenevad veelgi tulevikus, kaevanduse sügavuse suurenedes. Osa maavara jääb praeguse kamberkaevandamise tehnoloogia juures sammastervikutena maa alla, mis on otseselt maavara kadu. Põlevkivi rikastamise protsessi käigus tekivad suured jäätmemäed. Lisaks tekib põlevkivi põletamisel elektri tootmise eesmärgil mahukalt tuhka, mis samuti ladustatakse maapinnal. Need on argumendid, miks kamberkaevandamiselt tuleks minna üle täitmise tehnoloogiale. Kaeveõnne toetamiseks saab ehitada tehislikud tervikud lubjakivi, põlevkivituha ja tsemendi segust [19, 2]. Lisaks on võimalik teostada esmane rikastamine kohapeal, andes tervikute ehitamiseks täitematerjali ja vähendades rikastusvabrikute koormust. Purustuskopp võib olla üks väljapääsudest, kuidas vähendada põlevkivi kadusid ning leevendada keskkonnamõjusid.

Töö on seotud uuringuga AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025– Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine – mi.ttu.ee/etp, B36 - Kivimi raimamine ja rikastamine valikmeetoditega - mi.ttu.ee/rikastamine.

Viited

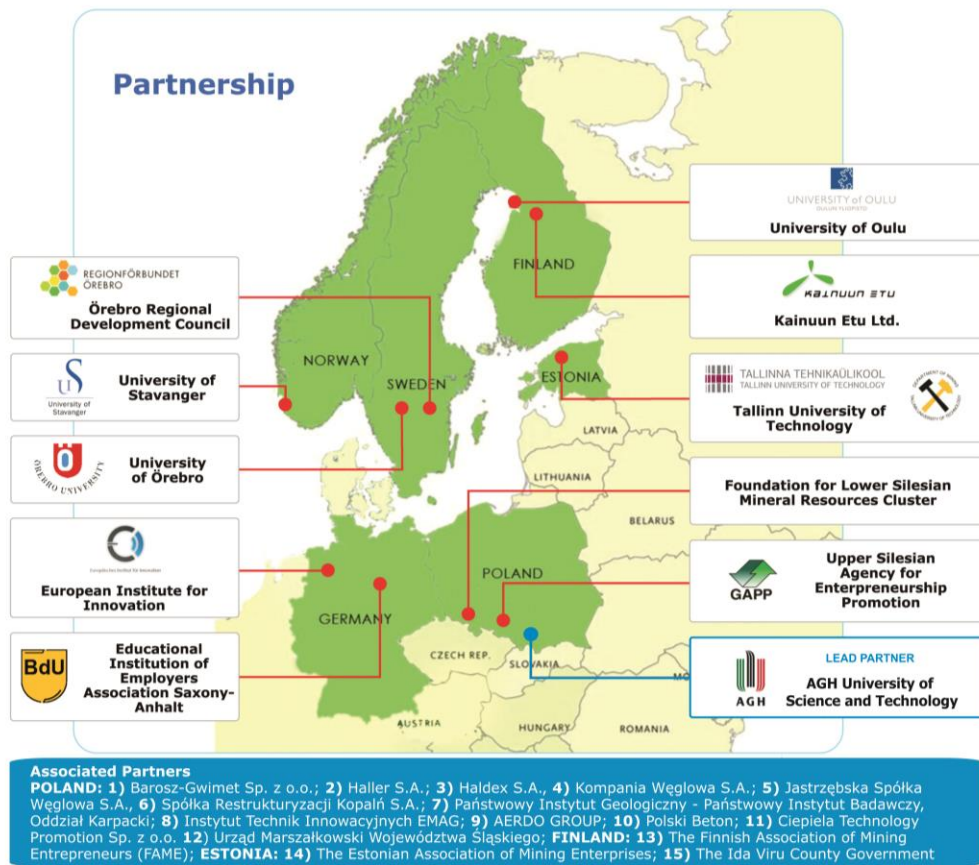
1. Anepaio, A.; Valgma, I.; Margit, K.; Väizene, V.; Saarnak, M.; Pastarus, J.-R. Backfilling technologies for Estonia oil shale mines. Proceedings of the 6th International Conference on Sustainable Development in the Minerals Industry (SDIMI 2013)
2. Arro, H.; Pihu, T.; Prikk, A.; Rootamm, R.; Konist, A.; Kirsimäe, K.; Liira, M.; Mõtlep, R. (2012) .Oil shale CFBC ash cementation properties in ash fields. Fuel, 93, 172 - 180.
3. Huang, YL.; Zhang, JX.; Zhang, Q.; nie, SJ.; Backfilling technology of substituting waste and fly ash for coal underground in China coal mining area. Environmental Engineering and Management Journal. Volume 10, Issue 6, Pages: 769-775. 2011
4. Karu, V.; Gulevitš, J.; Rahe, T.; Roots, R.; Iskül, R.; Põlder, A. (2013). Sustainable Development in the Minerals Industry. 6th International Conference.
5. Karu, V.; Rahe, T.; Närep, E.; Väizene, V.; De Costa, J. (2013). Abstract of Pilot unit for mining waste reduction methods. In: International Scientific Conference Environmental and Climate Technologies, Conference Proceedings: Environmental and Climate Technologies, Riga, 14-16.10.2013. Riga, Latvia: Riga Technical University, 2013.
6. Karu, V.; Rahe, T.; Saarnak, M.; Lüütre, E.; Nurme, M.; Valgma, I. (2013). Selective crushing methods for oil shale mining with crushing buckets in Estonia. International Oil Shale Symposium Tallinn, Estonia
7. Karu, V.; Valgma, I.; Rahe, T. (2013) . Mining Waste Reduction Methods. 13th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering", Doctoral School of Energy and Geotechnology II, Pärnu, Estonia, 14-19.01.2013 (278 - 280). Tallinn
8. Mims, C.; Ziemerink, C. Unearthing Hidden Opportunity in Mobile Mining Equipment Utilization (2012). E&MJ-Engineering and Mining Volume 213, Issue 3, Pages 90-91
9. Nikitin, O.; Pastarus, J.-R.; Sokolov, P. (1999). Stiihilised varingud Eesti põlevkivikaevandustes. In: Mäeohutus ja maaõigus. Konverentsi ettekannete teesid ja artiklid: Mäeohutus ja maaõigus, Tallinn 1999. (Toim.) E. Reinsalu Tallinn: TTÜ mäeinstituut, 1999, 18 - 23.
10. Nurme, M. (2014). Allu purustuskopa katsed Narva karjääris. Talveakadeemia 2014 kogumik (50 – 59)
11. Pastarus, J.-R.; Valgma, I.; Adamson, A. (2008). Põlevkivi kaevandamise jätkusuutlikkusest. Valgma, I. (Toim.). Maavarade kaevandamise ja kasutamise protsessid (4 lk.). TTÜ mäeinstituut
12. Pastarus, J.-R (1998). Analysis of the roof and pillar design in Estonia's oil shale mines. Oil Shale, 15(2), 147 - 156.
13. Reinsalu, E.; Toomik, A.; Valgma, I. (2002). Kaevandatud maa. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool
14. Reinsalu, E. 90 Aastat Põlevkivi Kaevandamist Eestis, lk 6-9
15. Valgma, I.; Kolats, M.; Leiaru, M.; Adamson, A. (2012). Kaevandamine ja keskkond. Tallinn: TTÜ Mäeinstituut, 10-28
16. Valgma I. [Rikastamine](#). Mäeõpik. TTÜ Mäeinstituut.

17. Valgma, I.; Leiaru, M.; Karu, V.; Iskül, R. (2012). Sustainable Mining Conditions in Estonia. Department of Mining, Tallinn University of Technology: Pärnu, 229-238
18. Valgma, I.; Pastarus, J.; Valgma, I.; Adamson, A. (2008). Põlevkivi kasutamise jätkusuutlikkusest. Põlevkivimaa- probleemid ja tulevik. Tallinn: 12-14
19. Valgma I.; Väizene V.; Pastarus J.-R. (2012). Kaeveõõnte täitmine. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Karu, V. (Toim.). Kaevandamine ja keskkond (75 - 85). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
20. Valgma, I. (2006). Eesti Mäeseltsi viies tegutsemisaasta. 90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis : Eesti mäekonverents : [5. mai] 2006, [Jõhvi / Eesti Mäeselts] . Tallinn : Tallinna Tehnikaülikool, 2006, 159 – 169.
21. Valgma, I.; Kolats, M.; Karu, V. (2010). Streki toestamine põlevkiviaherainebetooniga. Västrik, A.; Niitlaan, E.; Reinsalu, E.; Vesiloo, P.; Pastarus, J-R.; Köpp, V.; Soosalu, H.; Viilup, (Toim.). Maapõue kasutamise arengud (33 - 38). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
22. [Põlevkivi kasutamise riikliku arengukava 2008-2015](#) Täitmise aruanne 2011. aastal
23. [Eesti Energia aastaaruanne 2010-2011.](#)

15. Pilotseade kaevandamisel tekkinud jääkide ja jäätmete töötlemiseks ning uute kasutusala 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 printsiipi [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 kaevisel voogu ja seadmete paiknemist [6]. Eesti pilootseadmega saab selektiivselt rikastada, kas kivimi purustamisega, määrgsepareerimisega 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; Baltic Sea Region programme 2007...2013 projekt MIN-NOVATION ja B36 Kivimi raimamine ja rikastamise valikmeetoditega - 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.

16. Inertsed täiematerjalid

J.-R. Pastarus, I. Valgma, V. Väizene

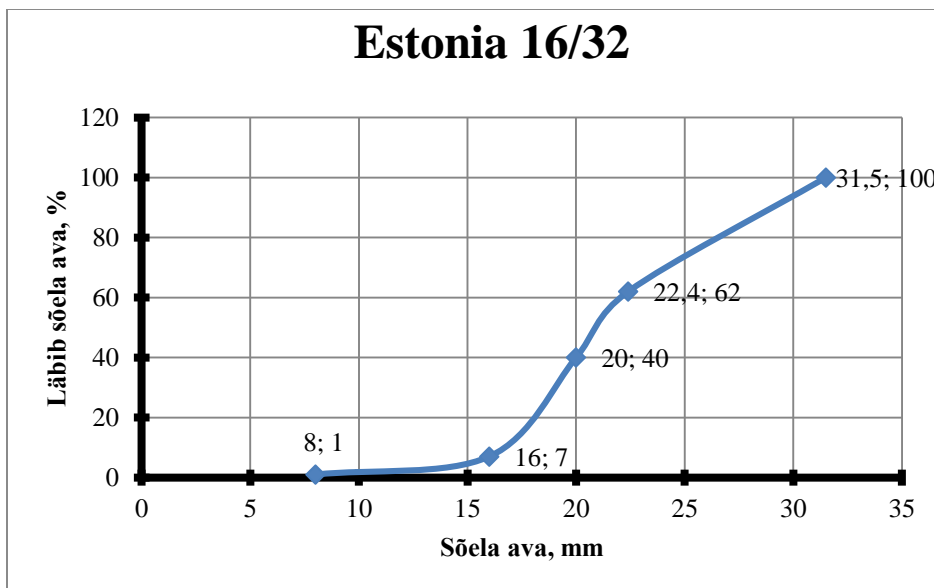
Eesti põlevkivikaevandustes kasutatakse sammastervikutega ja puur-lõhketöödega kamberkaevandamise tehnoloogiat. Tehnoloogia on efektiivne, kuid seda iseloomustatakse küllaltki suurte kadudega tervikutes (kuni 30% sügavusel 60 m). Kui kaevandamissügavus suureneb 60 m kuni 80 m, siis kaod suurenevad 40%-ni [3, 4]. Kadude vähendamiseks on otstarbekas kasutada täitmise tehnoloogiat [8, 12, 13, 14, 23]. Täitmist on otstarbekas kasutada ka muude keskkonna- ja sotsiaalsete riskide vähendamiseks, näiteks märgalade alt kaevandamiseks [20].

Traditsiooniliste täitesegude kasutamisel ei ole hoolikalt valitud sideaineid ja täiematerjali, mis halvendab täitesegu kvaliteeti. Tänapäeval on laias maailmas kasutusel pastakujulised täitesegud, mis annavad teatavaid eeliseid võrreldes traditsiooniliste täitesegudega [1, 2, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 15]:

1. Ei vaja sideaineid [21]
2. Kiirem kivistumise aeg ja paremad mehaanilised parameetrid [22]
3. Ei leostu kahjulikke aineid

Pastakujuliste täitesegude kasutamine eeldab täiematerjali osakeste hoolikat valikut, mis garanteerib täitesegu transpordi täitetorus väikese veesisalduse korral (10...30%) ja suurendab täitemassiivi tugevust [6, 9, 10, 11]. Põhilised inertse täiematerjali parameetrid on esitatud alljärgnevalt.

Ühtlikkustegur näitab, kui hästi on killustik sorteeritud (ühesugune terade läbimõõt). Arvutused viiakse läbi lõimise alusel (Joonis 16-1). Sel juhul ei ummista pasta torusid ja annab paremad täitemassiivi/terviku parameetrid – lühem kivistumise aeg ja paremad mehaanilised parameetrid, ei eraldu vett massiivist, ei vaja lisaks tsementeerivaid materjale.



Joonis 16-1 Killustiku 16/32 lõimis

Plaatsustegur näitab terade protsenti, mille väiksem mõõde on 0,6 selle keskmisest mõõtmest. See on üheks faktoriks, mis määrab betooni tugevuse, ka pikaajalise tugevuse.

Veeimavus näitab, palju vett imendub kivimisse. Arvestatakse betoonisegude projekteerimisel (määrab vajaliku vee mahu).

Purunemiskindlus LA katsel näitab kivimi vastupidavust purunemisele – kui kergesti või raskesti ta on purustatav. Sõltub raiumise ja rikastamise tehnoloogiast. On määrava tähtsusega ehituses. Täitesegudes ei ole sel määravat tähtsust.

Abrasiivsus näitab, kuidas kivim kulutab tööriista/torusid. Omab suurt tähtsust täitesegu transpordil.

Kõik katsed on tehtud vastavalt kehtivatele standarditele (EVS-EN 933-3, EVSN-EN 1097-6, EVSN-EN 1097-2, NF P-18-579, EVS-EN 933-1). Kokkuvõtlik tabel mõõdetud ja soovituslike parameetrite kohta on esitatud Tabel 16-1.

Tabel 16-1 Killustiku kui täiematerjali mõõdetud (reaalsed) ja soovituslikud parameetrid

Parameeter	Mõõdetud	Soovituslikud
Ühtlikkustegur	<2	<4, hästi sorteeritud
Plaatsustegur	<9	<35
Veeimavus	<6	puudub
Purunemiskindlus LA katsel	30 - 45	<50
Abrasiivsus	0,84	vähe abrasiivne

Saadud tulemuste analüüs näitab, et aheraine lubajakivi killustik sobib inertse materjalina pastakujuliste täitesegude koostisse.

Aherainematerjali omadused sõltuvad purustamistehnoloogiast. Purustuskopa, trummelsõela või tükeldi võimalik kasutamine võib aheraineosakeste omadusi muuta [16,17,18,19].

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ ja ETP AR10127 „Põlevkivi põletamisega kaasnevate tahkjäätmete uute kasutusvaldkondade alused“ ja B36, Kivimi raimamine ja rikastamise valikmeetoditega - mi.ttu.ee/rikastamine.

Viited

1. Palarski, J. (2004) Selection of a fill system for longwall in coal mines. 8th International Symposium on Mining with Backfill. Minefill 04, Beijing, September 2004, pp. 82-96.
2. Palarski, J. (2006) Polish experience: Best practices in Poland - underground waste utilization. EU legislation as it affects mining. Infra 22944 TAIEX, Workshop, 30th November - 2nd December 2006, Tallinn, pp. 75-85.
3. Pastarus, J.-R. (2005) Improved underground mining design method for Estonian oil shale deposit. 5-th International Scientific and Practical Conference on Environment, Technology and Resources. Latvia, Rezekne, June 16-18, 2005, pp. 270-274.
4. Pastarus, J.-R., Valgma, I., Adamson, A. 2008. Põlevkivi kasutamise jätkusuutlikkusest. *XVI aprillikonverentsi „Põlevkivimaa - probleemid ja tulevik“ teesid*. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus. 12 – 14
5. Pastarus, J.-R.; Sabanov, S. (2009). Backfilling in Estonian oil shale mines. In: Proceedings of the 3rd International Conference AMIREG 2009: Towards sustainable development: Assessing the footprint of resource utilization and hazardous waste management, Athenes, Greece, 2009. (Eds.) Z. Agioutantis, K. Komnitsas. Athens, Greece: 2009, 344 - 347.
6. Pastarus, J.-R.; Šommet, J.; Valgma, I.; Väizene, V.; Karu, V. (2013). Paste fills technology in condition of Estonian oil shale mine. v. Asone (Toim.). Environment. Technology. Resources (182 - 185). Rezekne: Rēzeknes Augstskola
7. Pastarus, J.-R.; Lohk, M. (2011). Waste management in Estonian oil shale industry. In: Sustainable Development in the Mineral Industry: Aachen International Mining Symposium, Fifth International Conference, RWTH Aachen University, 14 – 17 June 2011. (Ed.) P. HN. Martens, T. Katz. Essen: VGE Verlag GmbH, Essen, 213 – 218.
8. Sabanov, S., Tohver, T., Väli, E., Nikitin, O., Pastarus, J.-R. (2008) Geological aspects of risk management in oil shale mining. Oil shale, Vol. 25, No. 2 Special, pp. 145-152.
9. Tohver, T. (2010). Utilization of waste rock from oil shale mining. Oil Shale, 27(4), 321 - 330.

10. Tohver, T. (2011). Utilization of waste rock from oil shale mining. Tallinn University of Technology. Thesis on Power, Electrical and Mining Engineering D48. TTU Press, Tallinn, 123 pp.
11. Väizene, V. (2009). Backfilling technologies for oil shale mines. Valgma, I. (Eds.). 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
12. Valgma, I. (2009). Oil Shale mining-related research in Estonia. *Oil Shale*, 26(4), 445 - 150.
13. Valgma, I., Tammeoja, T., Anepaio A., Karu V. and Västriik, A. (2008) Underground mining challenges for Estonian oil shale deposit. Buhrow, Chr.; Zuchowski, J.; Haack, A. (Eds.). *Schacht, Strecke und Tunnel*. Freiberg, TU Bergakademie, pp. 161-172.
14. Valgma, I.; Kattel, T. (2005). Low depth mining in Estonian oil shale deposit- *Abbau von Ölschiefer in Estland*. In: *Kolloquium Schacht, Strecke und Tunnel 2005 : 14. und 15. April 2005*, Freiberg/Sachsen: *Kolloquium Schacht, Strecke und Tunnel 2005 : 14. und 15. April 2005*, Freiberg/Sachsen. Freiberg: TU Bergakademie, 2005, 213 - 223.
15. Valgma, I.; Reinsalu, E.; Sabanov, S.; Karu, V. (2010). Quality control of Oil Shale production in Estonian mines. *Oil Shale*, 27(3), 239 - 249.
16. Nurme, M. (2014). Allu purustuskopa katsed Narva karjääris. *Talveakadeemia 2014 kogumik (50 - 59)*. Tartu: Talveakadeemia
17. Karu, V.; Gulevitš, J.; Rahe, T.; Roots, R.; Iskül, R.; Pölder, A. (2013). Mining waste management of Estonian mineral resources. 6th International Conference on Sustainable Development in the Minerals Industry (414 - 419). Milos Conference Center
18. Karu, V.; Rahe, T.; Saarnak, M.; Lüütre, E. (2013). Poster of Selective crushing methods for oil shale mining with crushing buckets. *International Oil Shale Symposium Tallinn, Estonia, 10.-13.06.2013 (59 - 60)*. Tallinn: Enefit
19. Rahe, T.; Grossfeldt, G.; Kuusemäe, K. (2013). Poster of Oil shale mining in Estonia. In: *International Oil Shale Symposium Tallinn, Estonia, 10.-13.06.2013: International Oil Shale Symposium Tallinn, Estonia, 10.-13.06.2013*. Tallinn: Enefit, 2013, 1.
20. Reinsalu, E (2013). *Eesti mäendus. II : õpik geotehnoloogia magistrantidele ja doktorantidele*. Tallinn: TTÜ Mäeinstituut
21. Zhang Xinguo; Jiang Ning; Shang Xiaolong. Phy-chemical properties experiment research on Coal Mine Paste Backfilling. Conference: 3rd International Workshop on Mine Hazards Prevention and Control Location: CSIRO Earth Sci & Resource Engn, Brisbane, AUSTRALIA. NOV 19-21, 2013
22. Thompson, B. D.; Bawden, W. F.; Grabinsky, M. W. In situ measurements of cemented paste backfill at the Cayeli Mine. *CANADIAN GEOTECHNICAL JOURNAL* Volume: 49 Issue: 7 Pages: 755-772. JUL 2012
23. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Saarnak, M. (2013). Technologies for Decreasing Mining Losses. *Environmental and Climate Technologies*, 11(1), 41 - 47.

17. Linttervikutega kamberkaevandamise tehnoloogia

Jüri-Rivaldo Pastarus, Paul Toomik

Eesti põlevkivimaardlas kasutatakse puur-lõhketöödega ja sammastervikutega kamberkaevandamise tehnoloogiat. Seda tehnoloogiat on korduvalt modifitseeritud ja täiustatud, kuid põhiolemuselt on see jäänud endiseks. Tegemist on odava, tootliku ja kergelt projekteeritava tehnoloogiaga, kuid siiski selle miinuseks on suurenevad maavara kaod [2, 3, 5, 6, 8, 9, 4, 12, 13, 17, 23]. Väljamata jäänud maavara suurendab oluliselt kaevandamisõiguse tasu, kuna maksta tuleb kogu arvele võetud põlevkivi eest, kaasa arvatud kadudesse jäänud maavara eest.

Antud töö eesmärgiks on leida võimalusi kasutusel oleva tehnoloogia täiustamiseks, põlevkivi kadude vähendamiseks tervikutes.

Töös analüüsitakse allmaakonstruktsioonide arvutusmetoodikat, mis tagaks lae „igavese“ püsivuse ja võrreldakse sammast- ja linttervikute kasutamise efektiivsust. Varasematest uuringutest on teada, et linttervikud on samade tingimuste korral mõõdutult väiksemad ja püsivamad kui sammastervikud, mistõttu vähenevad põlevkivi kaod tervikutes [6]. On võimalik ka puur-lõhketööde asemel kasutada raimamist kombainiga. See meetod võimaldab veelgi vähendada põlevkivi kadusid, sest tervikutes ei teki pragunenud tsooni [1, 15].

Lõhketööde mõjul toimunud kambri seinte purunemise laiuse $q=0,6$ m (lühikesed lõhkeaugud) ja $q=1,0$ m (pikad lõhkeaugud) korral antud osa tervikust ei oma enam kandvat funktsiooni. Kombainiga kaevandamisel aga $q=0$ m, seega puudub kambri seintel purunemise tunnus ja tervik töötab täielikult. Kui kombainiga kaevandamisel arvestada lõhketöödega kambri seinte summaarsete purunemiste sügavustega, siis sel juhul tervikute tugevus oleks üle dimensioneeritud. See annab võimaluse kaevandada eritingimustes, näiteks märgalade alt ja tektooniliste rikete piirkonnas [4, 7, 14]. Arvutused on läbi viidud vastavalt Eesti põlevkivimaardlas kehtivale juhendile [11]. Põlevkivikadude arvutustulemused erinevate tehnoloogiate korral on esitatud alljärgnevas Tabel 17-1.

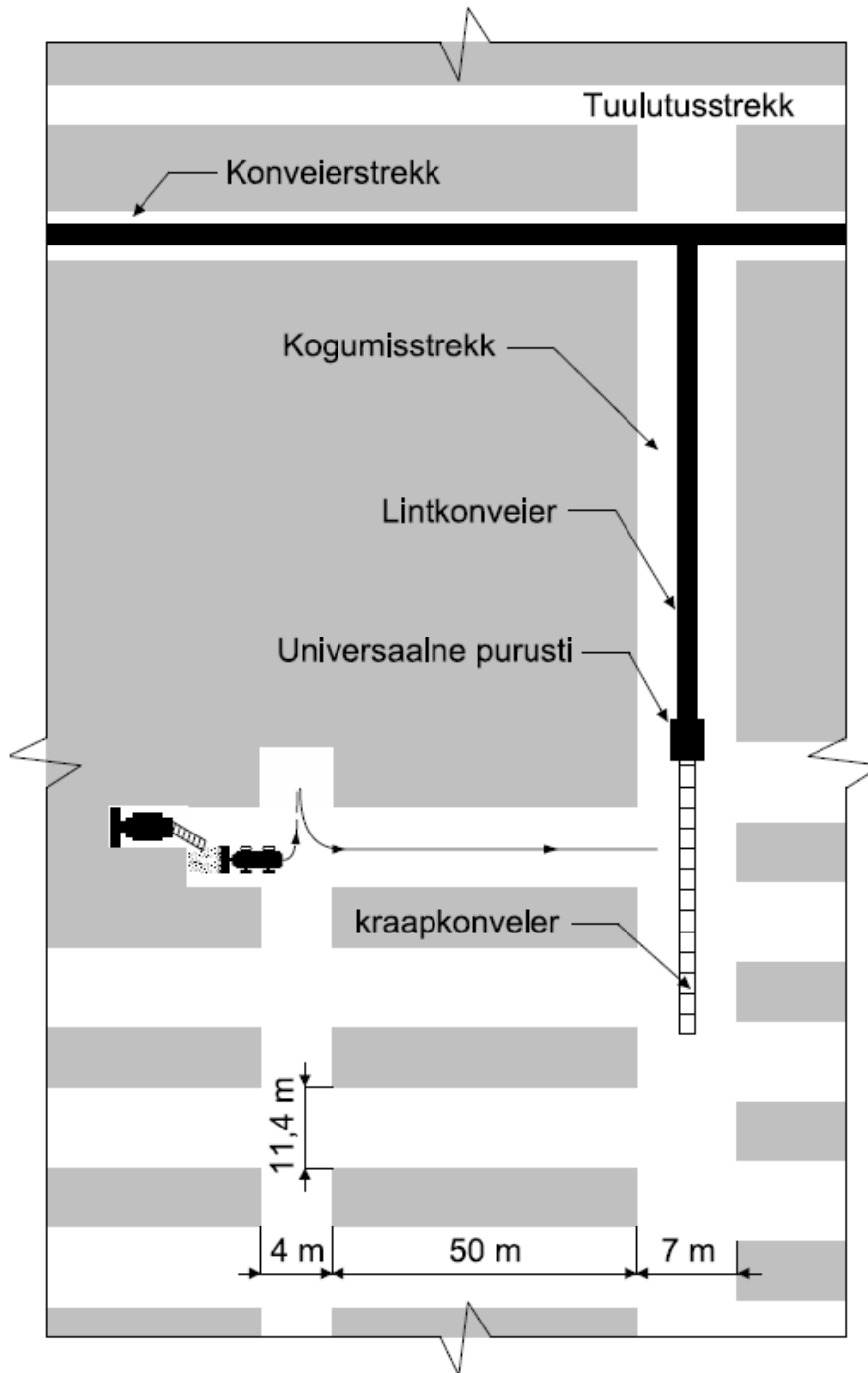
Tabel 17-1. Sammas- ja linttervikute kadude võrdlus

Põlevkivi kaod tervikutes, %	Terviku parameetrid		
	Kombain	Madalad laed	Kõrged laed
	$q=0$ m	$q=0,6$ m	$q=1,0$ m
Sammastervikutes, %	23,4	26,7	31,4

Linttervikutes, %	15,5	21,8	25,6
Samm- ja linttervikute erinevus, %-punkti	7,9	4,9	5,8

Analüüs näitas, et linttervikuid kasutades vähenevad põlevkivi kaod tervikutes. Peamiselt kasutatav lühikese edasinihkega puur-lõhketöödega raimamine linttervikutega vähendaks kadusid 4,9%-punkti, pika edasinihke korral aga 5,8%-punkti. Suurim erinevus on kombaini kasutamine linttervikutega, vähendades põlevkivi kadusid 7,9%-punkti. Võiks järeldada, et tuleks kasutada kõrgeid lagesid madalate asemel, kuid kõrgetel lagedel on põlevkivi kaod ja mäetööde ohtlikkus suuremad. Seega järgnevalt tuleks uurida täpsemalt kombaini kasutamise võimalustest. Linttervikutega kombainikaevandamise tehnoloogia on esitatud Joonis 17-1. Kombainikaevandamise eelised võrreldes puur-lõhketöödega [1, 17]:

1. Kivimi raimamine, esmapurustamine ja laadimine toimub kõik ühe ja pideva protsessina;
2. Tänu puur-lõhketööde puudumisele vähenevad terviku mõõtmed ja ka põlevkivi kaod tervikutes;
3. Tööde tootlikkus ei sõltu töötajate arvust, vaid masina võimsusest;
4. Selektiivse kombainikaevandamise toodang ei vaja rikastamist.



Joonis 17-1. Linttervikutega kombain-kaevandamise tehnoloogiline skeem

Analüüs näitas, et otstarbekas on evitada Estonia kaevanduses linttervikutega kaevandamise tehnoloogiat. Linttervikud võimaldaks oluliselt vähendada maavara kadu ning tõsta tööde efektiivsust. Lisaks alternatiivseks variandiks on kombainiga kaevandamine, kuid uute tehnoloogiate evitamine on keeruline, kallis ja aeganõudev protsess. Ühel hetkel võib siiski uuele tehnoloogia üleminek olla hädavajalik, kui seda nõuavad kasvõi raskenevad mäenduslikud tingimused [12].

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – mi.ttu.ee/etp.

Viited

1. Adamson, A., Nikitin, O., Pastarus, J.-R. 2003. Kombain-kamberkaevandamise variant. *Mäemasinad ja mäetehnika*. Eesti mäekonverentsi 2003 kogumik. Tallinn: TTÜ Mäeinstituut. 17 – 20
2. Calow, P. Handbook of environmental risk assessment and management. Oxford, Blackwell Science. 1998.
3. Otsmaa, M. 2012. Tervikute tugevuse muutumine ajas. *Kaevandamine ja keskkond*. Tallinn: TTÜ Mäeinstituut. 98 - 103
4. Palarski, J. (2000) Underground coal mining in Poland: Present and future. *Mining in the new millennium challenges and opportunities*, 47-53.
5. Parker, I. 1993. Mine pillar design in 1993: Computers have become the opiate of the mining engineers. *Mining Engineering*, London, July and August: 714-717 and 1047-1050.
6. Pastarus, J.-R. 1998. Analysis of the roof and pillar design in Estonian`s oil shale mines. *Oil Shale*. Vol. 15, No. 2 Special. Tallinn: Estonian Academy of Sciences. 147 - 156
7. Pastarus, J.-R. 2012. Kaevandamine eritingimustes. *Kaevandamine ja keskkond*. Tallinn: TTÜ Mäeinstituut. 104 - 107
8. Pastarus, J.-R., Lohk, M. 2006. Varinguriskist koristuskambrite etes. Teooria ja praktika. *90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis*. Eesti Mäekonverentsi 2006 kogumik. Tallinn: TTÜ Mäeinstituut. 67 - 71
9. Pastarus, J.-R., Toomik, A. 2000. Environmental issues in oil shale mining. *Mine Land Reclamation and Ecological Restoration for the 21 Century*. Proc. Int. Symp., Beijing, 16-18 May 2000, p. 406-411.
10. Pastarus, J.-R., Valgma, I., Adamson, A. 2008. Põlevkivi kasutamise jätkusuutlikkusest. *XVI aprillikonverentsi „Põlevkivimaa - probleemid ja tulevik“ teesid*. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus. 12 – 14
11. Põlevkivi kaevandamisel kambrite, tervikute ja hoidetsoonid mõõtmete arvutamise meetodika (juhend). EE Kaevandused AS, 2004.
12. Reinsalu, E. 2011. Eesti mäendus. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool. 47 - 48, 89 - 90
13. Reinsalu, E., Toomik, A., Valgma, I. 2002. Kaevandatud maa. Tallinn: TTÜ Mäeinstituut. 61 - 62

14. Sokman, K., Kattai, V., Vaher, R., Systra, Y. J. 2008. Influence of tectonic dislocations on oil shale mining in the Estonia deposit. Vol. 25, No.2 Special. Tallinn: Estonian Academy of Sciences. 175 - 187
15. Soosalu, H., Valgma, I. 2009. Seismoanalüüsiga võib tuvastada kaevandusvaringuid. Keskkonnatehnika 9. 6 – 9
16. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Saarnak, M. (2013). Technologies for Decreasing Mining Losses. Environmental and Climate Technologies, 11(1), 41 - 47.
17. Vayenas, N., Wu., X. (2009) Maintenance and reliability analysis of a fleet of load-haul-dump vehicles in an underground hard rock mine. International Journal of Mining, Reclamation and Environment, 227-238.

18.Lõhketööde mõjust kaubapõlevkivi klassi 0...30 mm väljatulekule

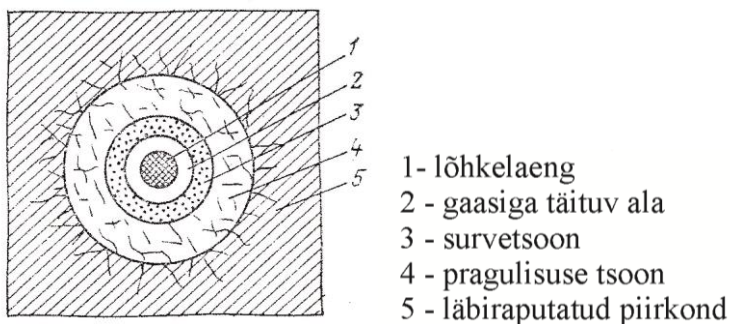
Enn Lüütre, Enno Reinsalu, Martin Saarnak

Kivimites toimuvad protsessid lõhkamisel ei ole siiani üheselt selged. Teooriad ja arvutusvalemid annavad mõningad suunitlused, kuid konkreetsetel juhtudel tuleb paljuski tugineda olemasolevale praktikale ja kasutada sobivate lõhketööde passide koostamisel katselõhkamisi [6]. Kivimid iseenesest kujutavad materjali, mille määratlemine paljude omaduste kaudu ei ole ühene [9]. Lõhketööde projekteerimine erinevate omadustega kihilises maardlas nagu seda on eesti põlevkivimaardla on eriti komplitseeritud [7, 10]. Probleemi teevad keerulisemaks lõhketöödele esitatavad erinevad nõuded: lõhkeaine erikulu vähendamine, müra ja tolm [1]

Sesmilise mõju piiramine, lõhatud materjali sobiv tükisuurus laadimiseks jne. Käesolevas töös vaadeldakse võimalusi vähendada peenese osakaalu lõhatud materjalis ja sellega suurendada tükikivi väljatulekut allmaakaevandamisel [8].

Kivimi purunemine lõhkamisel

Mittesoovitud klassi 0...30 mm osatähtsus lõhatud materjalis on ligikaudu 30%. Püüame selgitada, kus ja miks see materjal lõhketööde käigus tekkib. Selleks vaatleme alusuuringuid, mis käsitlevad silindrilise lõhkelaengu plahvatuse mõju kivimis. Lõhkeaugus oleva lõhkeaine plahvatus mõjutab ümbritsevat kivimit tekkinud gaasidega, lööklainega ja pingelainega. Lõhkelaengu ümber toimuvat iseloomustavad purunemisprotsessid (Joonis 18-1).

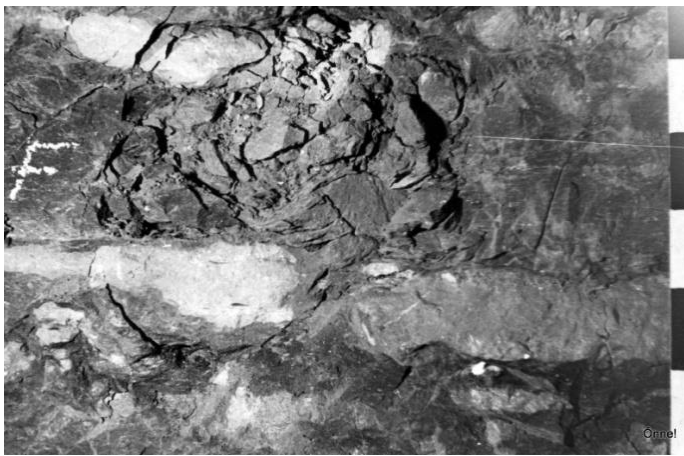


Joonis 18-1. Lõhkeaugu ümber toimuv protsess [13]

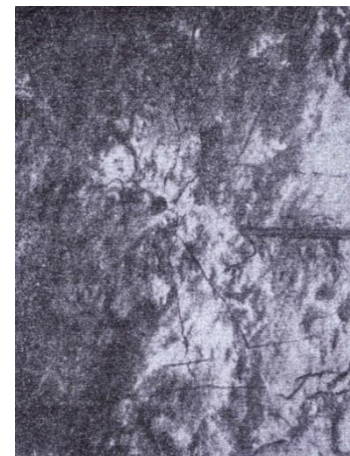
Lööklaine levides ülehelikiirusega (1,1-1,3 helikiirusest kivimis) kutsub kivimis esile deformatsioonid ja pinged, mis on suuremad kivimi tugevusest ja purustab (peenestab) materjali lõhkeaugu lähispiirkonnas. Survetsoonis toimunud purustused on nähtavad

joonistel (Joonis 18-2, Joonis 18-3). Selles piirkonnas realiseerub suur osa plahvatuse energiast. Ärakasutatud energia suurus sõltub kivimi füüsikalis-mehaanilistest omadustest: eelkõige kivimi akustilisest jäikusest (impedantsist) ja on suuruses 40-60% [13]. Reinsalu 1968 tehtud uuringus [11] hindab lõhkelaengu plahvatamisel põlevkivis plahvatuse energia realiseerumist survetsoonis 70%-le.

Survetsoonis toimuva purustusprotsessi kestvus on 3-8 msek ja survetsooni raadius 1-7 laengu diameetrit [15]. Uuringutes [11] on mõõdetud (Joonis 18-2) survetsooni läbimõõt põlevkivis (akustiline jäikus $4,5 \cdot 10^6 \text{ kg/m}^2\text{sek}$), ligikaudu 25cm. Eesti põlevkivimaardla C/D paekivi akustiline jäikus on ligikaudu $10 \cdot 10^6 \text{ kg/m}^2\text{sek}$) ja survetsooni diameeter peaks olema ligikaudu 15cm.

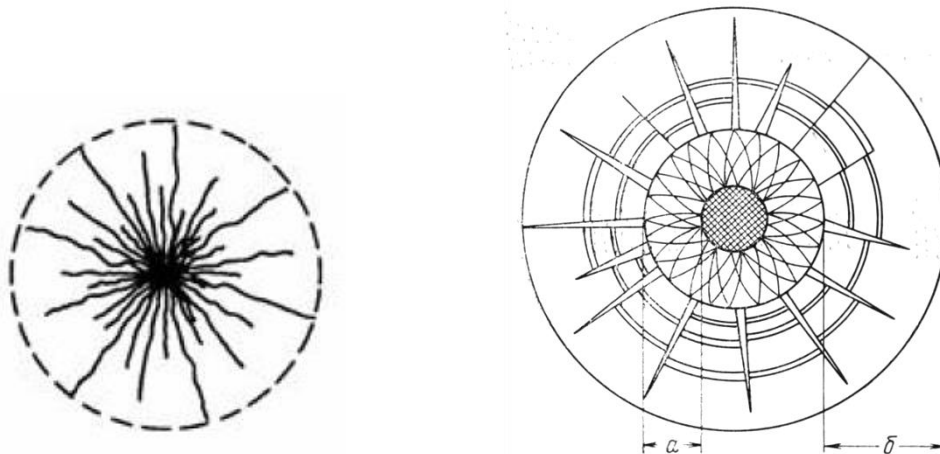


Joonis 18-2 Purustused survetsoonis massiivis. Mõõtelati jaotus (paremal servas) 5 cm. [11]



Joonis 18-3 Radiaallõhede tekkimine [2]

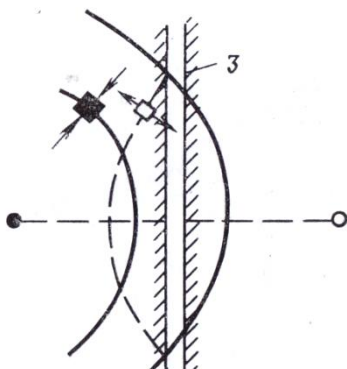
Survetsooni piiril lööklaine muutub elastseks laineks, mis jätkab liikumist kivimis heli kiirusega [3]. Surutud tsoonist edasi on pragulisuse tsoon (Joonis 18-3, Joonis 18-4). Pragulisuse tsoonis ei ole kivim peenestatud, vaid esinevad üksikud (harilikult 6-8 tk) radiaalsed praod, mis on tekkinud tõmbepingete tulemusel materjalis. Tõmbepingete põhjustajaks on plahvatusel eralduvad gaasid, mis sunnivad kivimit laienema ja kutsuvad esile radiaalsuunaga risti suunatud tangentsiaalpinged, mis ületavad kivimi tõmbetugevuse. Pragude pikkus on 20-50 laengu diameetrit ja ligikaudu võrdeline lõhkeaugu läbimõõduga [2]. Eesti põlevkivikaevandustes on pragude pikkus 1-2 meetrit ja põlevkivilasundi kihilise ehituse tõttu mitte nii selgelt märgatav. Pragulise tsooni moodustumine toimub ligikaudu 100 msek jooksul. Kahe purunemise faasi eristamiseks piisab 25 millisekundist. Pärast lõhkegaaside surve langust lõhkelaengust survejõudude mõjul eemaldunud kivim hakkab liikuma tagasi. Tekkivad radiaalsuunalised tõmbepinged, mis purustavad kivimit tekitades ringikujulisi pragusid laengu ümber.



Joonis 18-4 Pragude süsteem lõhkeaugu ümbruses.

Lõhkeaugust edasi on läbiraputatud tsoon (nimetatakse ka mittereguleeritavaks tsooniks), kus toimub kivimi osaline purunemine looduslike pragude toel. Esimesena lõhatavate lõhkeaukude ümbruses on kivimi purunemine täielikum kui järgmiste ümbruses. Järgmised plahvatused toimuvad juba läbiraputatud kivimis ja purustus (peenese tekkimine) peaks olema väiksem. Naaberlõhkeaukude plahvatuste ajaline vahe peaks olema vähemalt 100 msekundit.

Lõhkelaengu plahvatusel tekib surveaine, mille leviku kiirus sõltub materjalist. Kui surveaine läheb ühest keskkonnast teise, võib tekib surveaine peegeldus (Joonis 18-6). Keskkonna akustiline jäikus on märgitud tähisega Z (Joonis 18-6). Kui surveaine kohtub tihedamat keskkonda (näiteks põlevkivist paasi minekul) läbib osa energiast surveainena eralduspiiri, osa peegeldub surveainena tagasi. Kui surveaine kohtub hõredamat keskkonda, läbib osa energiast surveainena eralduspiiri ja osa peegeldub tagasi tõmbepinge lainena [6]. See tähendab, et juhul kui lõhkelaeng on vaba pinna lähedal „koorib“ see vaba pinda, tekitades täiendavalt peenest. Peenese tekkimisel on oluline roll pragudel. Kui kivimis oleva prao laius on rohkem kui 1mm, tuleb seda käsitleda kui vaba pinda, millelt peegelduv laine tekitab kivimis tõmbepingeid, mis täiendavalt peenestavad kivimit enne kui kivim jõuab „paugu“ mõjul liikuma hakata (Joonis 18-5).



Joonis 18-5 Pingelained praad piirkonnas

pae kihtide kokkupuutepinnal (Joonis 18-2 ja Joonis 18-7). Kui laeng lõhata paekihis põlevkivi peenest kihtide kontaktpinnal ei tekiks.



Joonis 18-7 Põlevkivi peenese tekkimine kihtide kokkupuutepinnal

Massiivis on kivimid ruumilises pingeolukorras [14, 12]. Kaeveõdne kontuurimisel lõhkamisega tekitatakse vaba pind ja massiivist tulev survepingelaine peegeldub osaliselt massiivi tagasi tõmbepinge lainena ja täiendavalt „koorib“ kaeveõdne pinda tekitades peenest [4]. Eesti põlevkivikaevandused ei ole eriti sügavad ja pinged massiivis on väikesed. Igal juhul tasuks probleemi uurida.

Tükikivi tootmisel lõhketöödega on probleemiks kivimi kahjustamine mikropragude näol. Kahjustamist saab vähendada vähem brisantse lõhkeaine kasutamisel. Lõhkeaine brisantsus peaks olema niisugune, et ei tekiks ülehelikiirusega levivat lööklainet, mis on peenese tekitajaks lõhkelaengu ümbruses. Teiseks võimaluseks on vahekihi moodustamine lõhkeaine ja lõhkeaugu seina vahele. Sellist meetodit kasutatakse Põhjamaades karjäärides tüükikivi tootmisel.

Mitme lähestikku asuva lõhkelaengu üheaegsel lõhkamisel kivimis tekib kumulatiivne efekt, mis kutsub esile täiendavaid purunemisi ja peenese tekke. Kui lõhata laengud ükshaaval, siis punktis A purunemist ei teki. Kui aga punkti A jõuavad üheaegselt kaks pingelainet, siis võib tekkinud pinge ületada kivimi tugevuse. Tegemist on pingelainete indifferentsiga. Seda peaks arvestama puur-lõhketööde passide koostamisel. Kui soovime vähendada klassi 0...30 mm väljatulekut ei tohiks lähilaenguid lõhata üheaegselt.

Sageli kasutatakse lühiviitlõhkamist. Sellega vähendatakse lõhketööde seismilist efekti, kuid sellel on ka oluline mõju kivimite purunemisele lõhkamisel [16]. Põhiliseks mõjuriks on ajaline intervall naaberlaengute lõhkamisel. Sellest olenevalt võib efekt olla määratud kolme faktoriga: lähilaengute pingelainete indifferents (väike intervall), täiendavate vabade pindade moodustumine (keskmine intervall), lähilaengute lõhkamisel tekkinud kivimitükkide põrkumine (suur intervall).

Sooritatud katselõhkamiste analüüs

Meie käsutuses olid andmed 16 katselõhkamise kohta, kus katsetuste protokollides on fikseeritud lõhkeaine kulu, lõhatud mäemassi kogus, lõhkeaukude arv, mäemassis sisalduva klassi 0...30 mm saagis ja selle kütvus ning katselõhkamise kirjeldus. Protokollides on antud ka lõhkeaine erikulu, mis arvatavasti vastab lõhkamise passile. Kuna väljatoodava mäemassi maht ei ole kunagi võrdne passis eeldatavaga arvutati tegelik lõhkeaine erikulu valemiga

$$q = \frac{Qk}{M} \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

Q – lõhkeaine kulu, kg

M – mäemassi kogus, t

k – mäemassi mahumass, t/m³ (Ojamaa geoloogilistel andmetel 1,7 t/m³) [17]

Katselõhkamiste andmed on esitatud Tabel 18-1.

Tabel 18-1 Katselõhkamised

Proovi nr.	Kuupäev	Kirjeldus	LA, kg	LA erikulu passis, kg	Laengute arv	Lõhatud materjal, t	0...30, %	LA erikulu arvutatud, kg	0...30, % korrigeeritud	Kütvus MJ/kg
29	9.07.2012	algmurre	20,4	0,655	23	58	30,1	0,598		
44-1	22.08.2012	algmurre	20,4	0,655	23	49	30,6	0,708		11,422
44-2	23.08.2012	6*280	21,6	0,521	21	69,7	29,3	0,527	25,9	11,321
38	1.08.2012	soonur	20,4	0,614	23	67,8	35,6	0,512	31,6	12,295
39	7.08.2012	soonur	17,4	0,493	16	66,1	34,5	0,448	30,5	12,003
41	14.08.2012	soonur	16,8	0,467	17	69,4	33	0,412	29	12,076
42	18.08.2012	soonur	15,6	0,436	13	68,8	30,5	0,385	26,5	
40	11.08.2012	soonur	17,4	0,391	16	47,2	32,3	0,627	28,3	
45	24.08.2012	3*280 AV	24		25	68,1	30,5	0,599	29,1	11,901
46	3.09.2012	3*280AV	22,8		23	64,8	34,9	0,598	33,5	11,297
47	4.09.2012	3*280 AV	22,8		23	70,9	28,8	0,547	27,4	10,951
48	5.09.2012	3*280 AV	21,6		23	68,4	27,3	0,537	25,9	10,951
34	26.07.2012	3*280	22,3	549	23	64,7	25,1	0,586	23,7	11,227
49	7.09.2012	3*280AV	22,8		25	46,5	32	0,834	30,6	10,862
30	11.07.2012	läbindus				43,8	28,5	0,000	29,1	
32	19.07.2012	3*280		0,563	23	70,3	29,5	0,000	28,1	

Analüüsi eesmärgiks on selgitada klassi 0...30 mm päritolu ja selle tekkimist soodustavad tegurid.

Katsete väikese arv ja väga mitme mõjuri (lõhkeaine erikulu, soonimine, lõhkeaukude arv ja asetus, erinevad kambriblokid) olemasolul ei võimalda kasutada faktoriaalanalüüsi. Seega on ainult võimalik üsna ebakindel eksperthinnang.

Klass 0...30 mm tekkib soonimisel ja algmurdeaukude puurimisel. Arvutus näitab, et 0,15m kõrguse soone puhul kui lõhketööde nihe on 2m, moodustab soonest väljatulev materjal ligikaudu 4% kogu lõhatud materjali massist ja kolme 0,28m läbimõõduga algmurdeaugu puhul 1,4%. Klassi 0...30 mm saagis on põhjustatud lõhkamisest (Tabel 18-1). Klassi 0...30 mm saagise veerg on saadud mehaaniliselt tekitatud peenese mahaarvamisel üldisest peenese väljatulekust.

Edasisel analüüsil jätame kõrvale katselõhkamised numbrid 29,30,32 kuna mõõdeti klassi 0...40 mm väljatulekut. Katselõhkamisel 44-1 ei olnud materjali kaalumise protokollil andmetel kontrolli all; katselõhkamine 49 ebaõnnestus (edasinihe ainult 1,15m); katselõhkamine 44-2 on ainus omataoline(6 algmurdeauku).

Täpsemaks analüüsiks sobib 10 katselõhkamist. Nendest 5 on soonitud eega ja 5 puhul on kasutatud kolme 280 mm diameetriga algmurdeauku.

	Soonur	3*280 mm	6*280 mm
Keskmine lõhkeaine erikulu, kg/m ³	0,48	0,57	0,52
Keskmine klassi 0...30 saaagis, %	33,2	30,7	29,3
Keskmine klassi 0...30 saagis korrigeer. %, 29,2		27,9	25,9

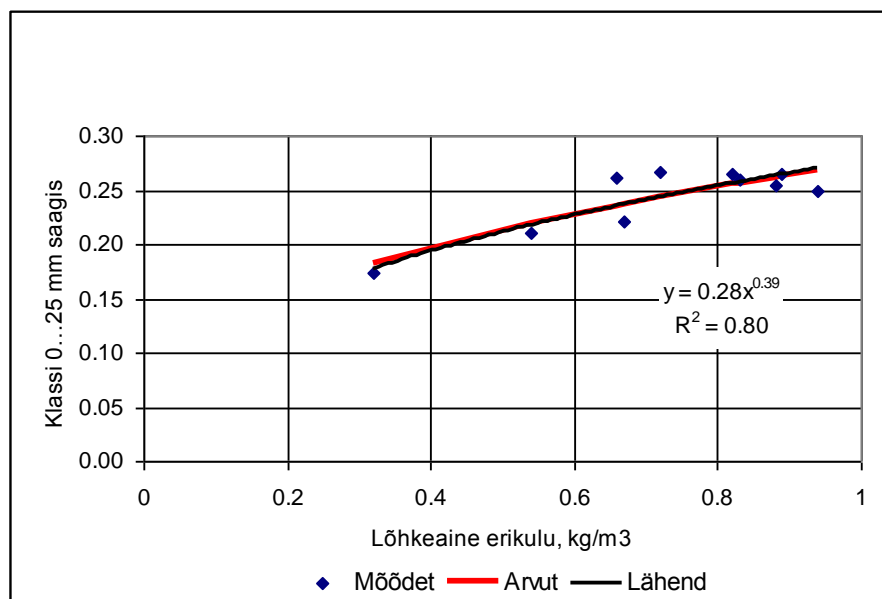
Siit nähtub, et soonuri kasutamisel lõhkeaine erikulu on ligikaudu 100g/m³ väiksem võrreldes

3*280 mm algmurdega. Samal ajal on soonuri kasutamisel tekkiva peenese väljatulek suurem. Kui elimineerime mehaaniliselt tekitatud peenese on soonuri kasutamisel klassi 0...30 mm saagis võrreldes algmurdeaukudega ikkagi 1,3 protsendipunkti suurem ja seda märkimisväärselt väiksema lõhkeaine erikulu juures. Võib oletada, et mõjub teoorias kirjeldatud vaba pinna „koorimise“ efekt pingelaine peegeldumisel. Katselõhkamistel on vaba pinda ligikaudu $7*2=14m^2$; 3 algmurdeaugu puhul on tinglik vaba pind ligikaudu $5m^2$. Ilmneb, et tekitatud vaba pind on 7m laiuse ee puhul 3 korda suurem. Siit nähtub, et lõhkeaine erikulu peabki algmurde aukude kasutamisel olema suurem.

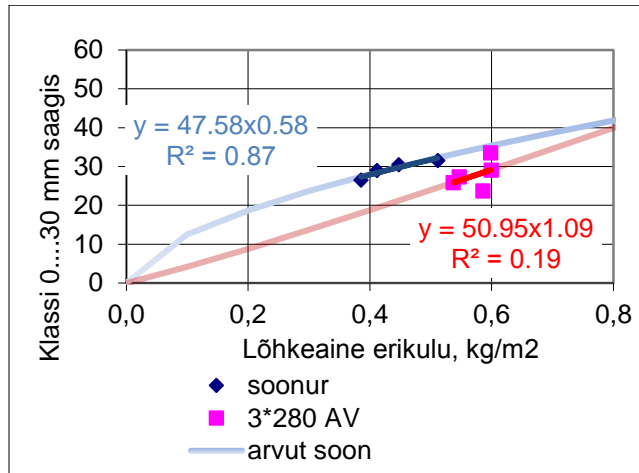
Mingeid põhjanevaid kvantitatiivseid järeldusi ei lõhkeaine erikulu ega peenese väljatuleku kohta siit esialgu teha ei ole võimalik.

Vaatleme kuidas klassi 0...30 mm saagis sõltub lõhkeaine erikulust (Joonis 18-8). Saagise sõltuvust peaks vaatlema muude võrdsete tingimuste korral. Seega tuleb katselõhkamiste tulemused jagada kahte gruppi: soonuriga katselõhkamised ja 3 algmurde auguga lõhkamised. Lõhkeaukude arvu erinevuse mõju ei tohiks olla väga suur.

Mõlema katselõhkamiste grupi puhul lõhkeaine erikulu vähenemisel 100g/m³ klassi 0...30 mm saagikus väheneb umbes 2,5 protsendipunkti (Joonis 18-8). Kuna puudub teoreetiline alus ei tohi tulemust laialdaselt ekstrapoleerida. Võrdluseks on toodud E. Reinsalu poolt 1966-1968 a. Ahtme kaevanduses tehtud põhjaliku katsetöö tulemus (Joonis 18-9) klassi 0...25 mm saagikuse kohta lõhketöödel. Nähtub, et lõhkeaine erikulu vähenemisel 100g/m² vähenes peenese saagikus umbes 1,5 protsendipunkti.



Joonis 18-8 Klassi 0...30 mm saagis (Ojamaal)



Joonis 18-9 Klassi 0...25 mm saagis (Ahtmes)

Püüame hinnata peenese kogust, mis tekitab lõhkeaukude ümbrusest purustustsoonist. Erinevate autorite hinnangul ja E. Reinsalu poolt tehtud fotodelt (Joonis 18-2 ja Joonis 18-7) võib hinnata lööklaine poolt tekitatud purustustsooni läbimõõduks põlevkivis 0,25m. Lõhketööde sammu puhul 2m üks lõhkeauk tekitab ligikaudu 0,1m³ peenest. 20 lõhkeauguga lõhketööde passi puhul on purustustsoonist tuleva peenise mass ligikaudu 3 t kogu lõhatud kaevise massi 65 t juures. Seega moodustab lõhkeauke ümbritsevast purustustsoonist tulev peenes ligikaudu 5%. Kuna üldine klassi 0...30 mm väljatulek ilma mehaanilisel teel tekitatud peeneseta on ligikaudu 28%. Tekkib küsimus, kust tekib puuduv 23 protsendipunkti. Kuna erinevate uurijate andmetel realiseerub lõhkeaugu ümbruses surveaine purustustsoonis 50-70% kogu energiast andes $5/28 \cdot 100\% = 18\%$ kogu tekkinud peenesest peab ülejäänud energia mingil efektiivsemal moel tootma ülejäänud 82% tekkinud peenesest. Nähtavasti toimub see tõmbepingete mõjul ja energeetilisest seisukohast vaadates ei saa tekkiv materjal olla väga peen kuna kivimi tolmustamiseks ei jätku enam energiat.

Kokkuvõte

Tehtud katselõhkamised annavad mõningase pildi klassi 0...30mm väljatuleku kohta. Kahjuks jääb tehtud katselõhkamiste arv väikeseks, et teha kindlaid järeldusi. Tehtud katselõhkamised on olnud suunatud soonimise ja algmurde puuraukude mõju väljaselgitamisele klassi 0...30mm väljatulekule. Samal ajal on ilmselt olemas ka teisi võimalusi peenese vähendamisele lõhkamisel [18]. Kui klassi 0...30mm väljatuleku vähendamine on oluline on vaja teha piisavas mahus katselõhkamisi, et kohtrollida erinevaid mõjureid peenese väljatulekule.

Toome mõningad seisukohad, mis tekkisid käesoleva analüüsi käigus:

1. Ee soonimine lõhkamisel ei ole otstarbekas. See vähendab lõhkeaine erikulu, kuid

- tekib ka täiendav peenes kivimi soonimisel.
2. Kõigi katselõhkamiste passide puhul tuleb järkjärgult vähendada lõhkeaine erikulu kuni võimaliku miinimumini. Lõhkeaine erikulu ja peenese väljatuleku vahel on olemas kindel sõltuvus.
 3. Peenese väljatuleku vähendamiseks on oluline asetada lõhkelaengud võimalikult kaugemale vabadest pindadest.
 4. Otstarbekas on vähendada lõhkeaukude arvu ees ja samas suurendada osade lõhkeaukude läbimõõtu. Iga lõhkeauk on täiendav peenese allikas.
 5. Kuna teooria ütleb, et iga vaba pind on peenese tootja tuleb algmurde augud puurida paekihti. Sellega peenese kütvus väheneb, kuid säästame põlevkivi purustamisest.
 6. Samal põhjusel peaks lõhkeaugud võimaluse korral paigutama paekihti. Pae akustiline jäikus on suurem võrreldes põlevkiviga ja intensiivse purustustsooni läbimõõd lõhkeaugu ümber väheneb. Paest väljuv surveaine peegeldub osaliselt tõmbepingel lainena tagasi purustades paasi, kuid säästes põlevkivi.
 7. Tuleb vältida lähestikku asetsevate lõhkelaengute üheaegset lõhkamist. Tänu pingelainete indifferentsile tekib kumulatiivne efekt, mis toodab k purunemisel peenest.
 8. Võimaluse korral peaks kasutama tuimemat lõhkeainet brisantse purustamise vähendamiseks lõhkeaugu lähispiirkonnaks. Lõhkeaine brisantsuse vähendamiseks lisatakse lõhkeainesse inertset materjali või vahustatakse lõhkeaine.
 9. Brisantse purustuse vähendamiseks lõhkeaugu lähispiirkonnas võiks katsetada lõhkeaine eraldamist lõhkeaugu pinnast.
 10. Kuna peenese vähendamise nõue on vastuolus nõudega saada väikese lõhkeaine kuluga laadimiseks sobiva tükisuurusega materjal tuleb arvestada täiendava tööjõu ja lõhkeaine kuluga

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – mi.ttu.ee/etp , B36 Kivimi raimamine ja rikastamine valikmeetoditega - mi.ttu.ee/rikastamine

Viited

1. Anepaio, A. (2012). Kaevandamisega kaasnev tolm. Kaevandamine ja keskkond (153 - 156). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
2. Dessurealt, S. 415-Rock Excavation, University of Arizona, 2003.

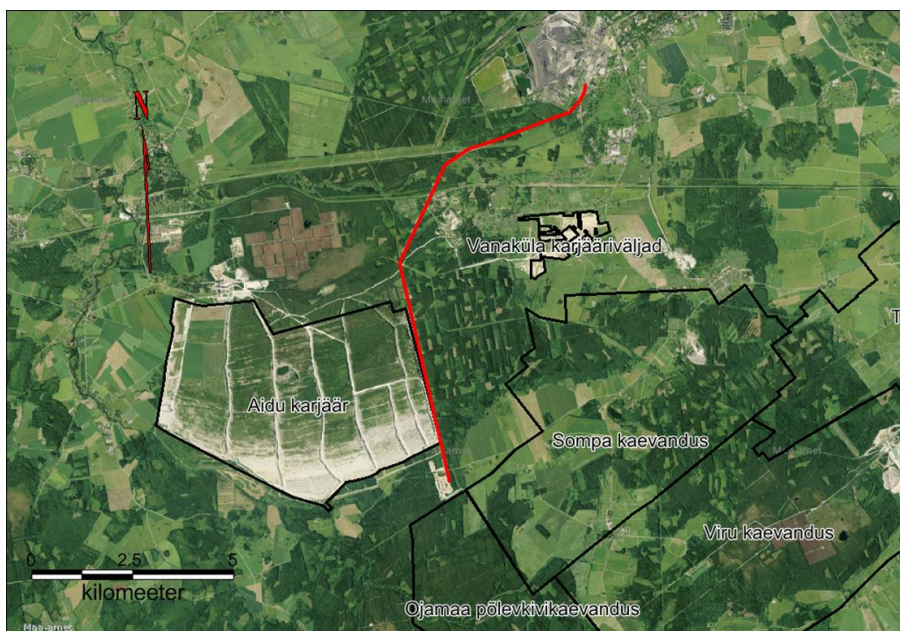
3. Feldgun, V. R.; Karinski, Y. S.; Yankelevsky, D. Z. The effect of an explosion in a tunnel on a neighboring buried structure. TUNNELLING AND UNDERGROUND SPACE TECHNOLOGY. Volume: 44 lk. 42-55 2014
4. Hoek, E. [Practical Rock Engineering](#), 2007.
5. Mäeinstituudi projektid. <http://mi.ttu.ee/projektid/> Mäeinstituut 2014
6. Mäeinstituudi uuring – [Ojamaa kaevanduse kaubapõlevkivi kvaliteedijuhtimise audit – mi.ttu.ee/teadus](#) 2014
7. Pastarus, J.-R.; Systra, Y.; Valgma, I.; Kolotogina, L.; Anepaio, A.; Vannus, A.; Nurme, M. (2013). Surface mining technology in the zones of tectonic disturbances, Estonian oil shale deposit. Oil Shale, 30(2S), 326 - 335.
8. Pastarus, J.-R.; Reinsalu, E.; Saarnak, M. (2014). Modelling of oil shale concentration processes in Estonian mines. International Journal of Mining, Reclamation and Environment, 1 - 13.
9. Reinsalu, E.; Anepaio, A.; Lüütre, E.; Roots, R.; Saarnak, M.; Väizene, V.; Karu, V. (2014). Nõrkade kihiliste kivimite tugevusomadused. Mäenduse strateegiline planeerimine (36 - 65). Rakvere, Eesti: Eesti mäeselts
10. Reinsalu, Enno. Maapõue tektooniline rikutus mäemehe vaatevinklist. Bülletään / Eesti Geoloogia Selts, 48 - 53. 2002
11. Reinsalu, E. Study of heterogeneous rock blast-breaking process for increase trade oil shale quality in Estonian mines, Leningrad Mining Institute Doctoral diss, in russian.
12. Ring, M.; Noška, M.; Soosalu, H.; Iskül, R.; Valgma, I. Mine blasts in Estonia - a multidisciplinary study using seismology and mining engineering. Tallinn: Institute of Seismology, University of Helsinki, 2012
13. Rževski, V. Osnovõ fiziki gornõh porod. Moskva, Nedra, 1984.
14. Soosalu, H.; Valgma, I. Kuidas puudutab seismoloogia kaevandamist? Mäenduse maine (80 - 87). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus. 2009
15. Talobre, J. La mecanique des roches appliquee aux travaux publics. Paris, 1954.
16. Tomberg, T.; Toomik, A. (1998). Lõhkamise seismiline mõju põlevkivi kaevandamisel. 60 aastat mäeinseneride õpetamist Eestis : aastapäevakonverentsi ettekannete teesid ja artiklid. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut, 1998, 33 - 38.
17. Tomberg, T. Lõhketööd, Tallinn, 1998.
18. Wu, Zhijun; Fan, Lifeng. The numerical manifold method for elastic wave propagation in rock with time-dependent absorbing boundary conditions. ENGINEERING ANALYSIS WITH BOUNDARY ELEMENTS Volume: 46 lk. 41-50. 2014

19. Ojamaa kaevandus – Eesti kõige uuema kaevanduse toodang õlitehasele

Martin Saarnak, Fred Rusanov

Ojamaa kaevandus asub Eesti põlevkivimaardla keskosas, sellest põhja suunda jääb suletud Aidu karjäär ja Kohtla kaevandus. Ida- ja kagupool asetsevad suletud Somp ja Viru kaevanduse. Põlevkivikihind koosneb kihtidest. Geoloogiliselt on antud igale kihile täht või tähtede ja numברי kombinatsioon vahemikus A – H. Mäenduses on kasutusel tootuskihi termin, kiht mida on võimalik ja kasulik kaevandada. Ojamaa tootuskihind on teatud mõttes anomaalne, sest kohati puudub C/D vahekiht ehk lubjakivikiht [2, 6]. Kaevandamine on mõnevõrra keerukam, sest kohati puuduvad kihtide selged piirid. Antud töös on peamise probleemina vaadeldud põlevkivi tükilisuse probleemi, kuna selle osakaalu tõstmine tagab suurema õli tootlikuse.

Kuna Ojamaa kaevandus on kõige kaasaegsem, siin lahendab peaaegu kogu transpordi elektril töötav konveiertransport [20]. Põlevkivi transportiv konveier pole küll maailma pikim konveier, kuid oma pöörangute rohkuse tõttu on see Baltikumis üks omapärasemaid. Lintkonveier suudab transportida 700 tonni kaevist tunnis. Tooraine [14] teekond õlivabrikusse suundub kaevanduse tehnoalalt ligi 13 km pikkusel lõigul (Joonis 19-1) Kohtla- Järve õlivabrikusse [5]. Konveieril liikuv materjal peab olema õlivabriku jaoks sobiva tükisuurusega [8].



Joonis 19-1 Punase joonega on tähistatud Ojamaa kaevandusest Kohtla - Järvele suunduva lintkonveieri teekond

Kaubapõlevkivi teke

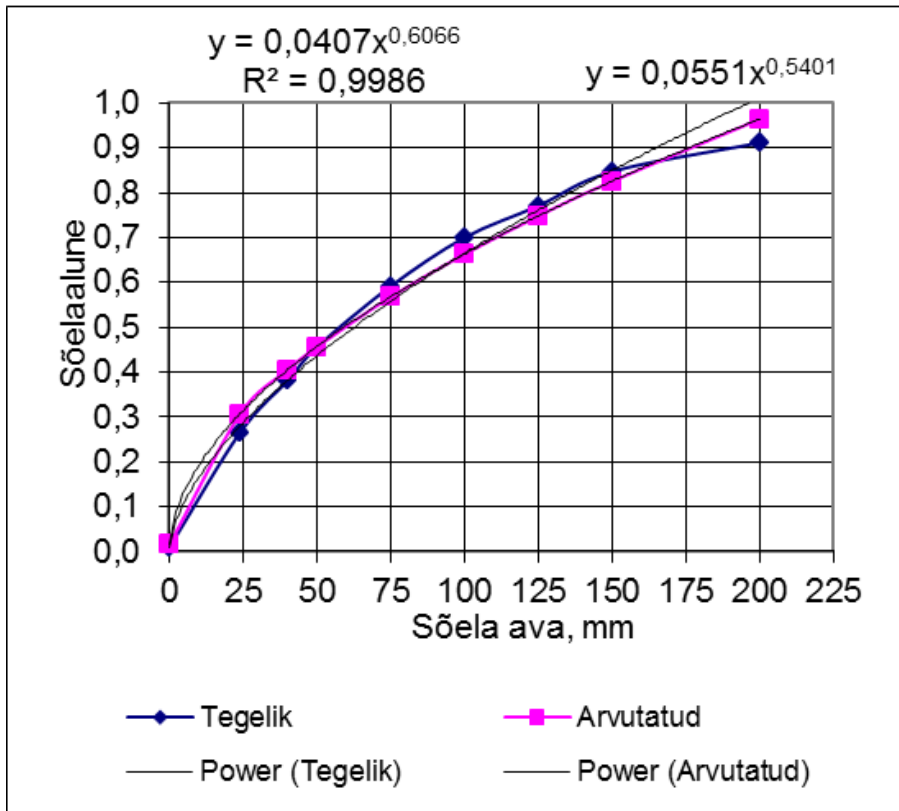
Kaubapõlevkivi saamiseks tuleb kaevist ehk massiivist lahti murtud maavara töödelda [19]. Kaervis koosneb kolmest komponendist – põlevkivist, pækivist ja suletistest [10]. Kaevist on võimalik saada erinevatel meetoditel: raimamise, freesimise ja puur-lõhketööde abil [4]. Antud töös on vaatluse all puur-lõhketöödega saadud kaervis, kuna Ojamaa kaevanduses kasutatakse puur-lõhketöödega kamberkaevandamisviisi. Tootuskihist lõhatud kaervis transporditakse kopplaaduriga kaevanduse kogumispunkti. Kopplaaduri kopast kallatakse kaervis kraapkonveierile, mis viib kuni 1200 mm põlevkivi tükid rootorpurustisse. Esmane purustamine toimub kas läbi horisontaal- või vertikaalrootorpurusti, läbi koonuspurusti või muud tüüpi purustiga. Seejärel esmase töötamise saanud kaervis liigub järgmisesse töötusetappi. Ojamaa kaevanduse korral transpordib kaevise kaevandusest maa peale lintkonveier, kus materjal vaba langemise teel moodustub kuhja, mille hiljem kopplaadur rikastusvabrikusse viib. Kaervis jaotatakse vastavalt suurusele kolme klassi:

- I klass: ülemõduliseks
- II klass: sobivaks ehk tükikiviks
- III klass: alamõduliseks ehk peeneseks

Rikastusvabrikus liigub põlevkivi lintkonveieril sõeltele, pärast seda jaguneb põlevkivi kaheks vooks. Ülegabariidiline kivi läheb edasi valtspurustisse, ülejäänud osa sõelutaks veelkord läbi. Valtspurusti võtab endasse 125...190 mm tüki suurusega kivid. Selles etapis tekib peent põlevkivi 0...25 mm kuni 5...8% sisseminevast materjalist [23]. Peenes on peen materjal, mis on suurema tükisuurusega kui tolmu ja hiib. Näiteks põlevkivi peent, väljasõelatud osa, mida saab kasutada keevkihtkatlas [3] või tahke-soojuskandajas, kuid ei sisalda tolmu e. savimineraale nimetatakse peeneseks [18]. Pärast teistkordset sõelumist II klass (tükikivi) läheb rikastamisele rasketesse suspensioonidesse ja III klass (peenese) ladustatakse kuni tarbija leidmiseni. Peenpõlevkivi kasutamisevõimaluste katsetamised käivad nt. betoonivalmistamisel [12], elektrienergia tootmiseks, asfaltisse sideaineks [4] jm. Põlevkivi edasisel rikastamisel on võimalik saada ka erinevaid kemikaale [9].

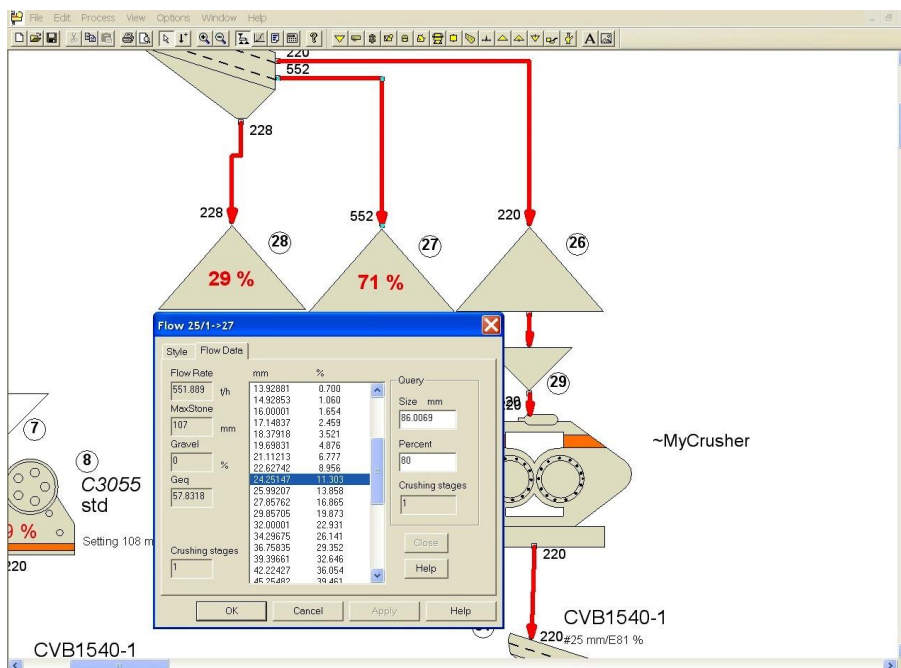
Kaevise jaotumise protsendid sõltuvad paljuski puur-lõhketöödest [16] ja nende passidest. Puur-lõhketööde pass on lõhketöödeks vajalik dokument. Lõhkamisel toimuvad kivimites keerulised protsessid ja seetõttu, tuleb tugineda varasemale praktikale, võtta seda lõhketööde passide koostamisel arvesse ja teostada katselõhkamisi [17]. Peamine eesmärk on saada võimalikult palju tükikivi (antud juhul II klassi). Ülemõdulisi tükke on võimalik täiendavalt purustada, peenesele tuleb leida tarbija. Ülemõdulist kivi sobilikuks töödeldes tekib samuti peenest. Töötlemisel tekkivaid

põlevkivi tükkide suuruste jaotusi (Joonis 19-2) on võimalik prognoosida. Prognoose aitavad teostada vastavad simulatsiooni tarkvarad, varem teostatud sõelanalüüside töötlemise ja jaotuse graafikud [13].



Joonis 19-2 Sõelanalüüside töötlemisel MS Excelis saadud üks astmejaotustest

Tükikivi mõõtmetele ja omadustele esitab nõudeid tarbija. Õlivabriku jaoks toodetaval tükikivil on kindel kütteväärtus, mis on keskmiselt 11 MJ/kg [1].



Joonis 19-3 Katseskeem vahetult enne valtspurustit [22], purustamise ja sõelumise simuleerimise tarkvaral Bruno

Teoreetilised katsed purustamise simuleerimise tarkvaral andis ligilähedasi tulemusi nii põlvkivi kui lubjakivi purunemisel (Tabel 19-1).

Tabel 19-1 Põlvkivi ja lubjakivi purunemise võrdlus simuleerimis tarkvaral

Kaevise klassid	Sissemineva põlvkivi tükisuurus		Sissemineva lubjakivi tükisuurus	
	<600 mm	<400 mm	<600 mm	<400 mm
0...25 mm (%)	28	31	31	34
25...125 mm (%)	60	62	58	60
125...190 mm (%)	12	7	11	6

Suurema tihedusega lubjakivi separeerimiseks saadetakse sobiva tükisuurusega kaevise rikastusvabrikusse [8], kus rasketes suspensioonides eraldatakse välja raskem lubjakivi. Pinnale tõusnud põlvkivi moodustab kaevanduse lõpptoodangu. Lõpptoodang transporditakse 15 km/h liikuvale konveieril õlivabrikusse. Konveieri pikkus on 12,3 km. Elektrienergiat töötav konveier on keskkonnasõbralik transpordiviis, mis väljendub ka selles, et konveier on kaetud kinnise kattega ega tekita müra ja tolmu. Eesti pikima konveieri projekteerimisel on arvestatud metsloomade liikumise vajadustega ning selle tarbeks on konveieri alla rajatud truubid. Truubid on konveieri alla ehitatud läbikäigu avad nii metsloomadele kui trassi hooldajatele.

Kokkuvõte

Ojamaa kaevanduse peamiseks eesmärgiks on saada kvaliteetne, küllalt suure tükilisusega kaubapõlevkivi. Praeguse tehnoloogia juures saadakse tükikivi orienteeruvalt 30%. Säästva arengu seisukohalt ja majanduslikult oleks otstarbekas viia peen- ja kaubapõlevkivi toodangu mahud võrdsele tasemele. See annaks suurt kasu nii keskkonnale kui ettevõttele. Selle tarbeks on tehtud uuringuid ja välja selgitatud, peenpõlevkivi tekke põhjused. On lahendatud rida probleemseid ülesandeid erinevatel kompleksmeetoditel [14], teoreetiliste aruteludel, rikastusprotsessi modelleerimisega arvutis (Joonis 19-3) ja vahetute uuringutega maa all. Selgus, et peamiseks peene puru tekkimise allikaks on puur-lõhketööd [8], seepärast käivad pidevad katsetööd lõhketööde passide korrastamiseks. Siiani kui Kohtla-Järvel paiknev õlitehas kasutab Kiviter'i tehnoloogiat on rohkem vaja tükikivi, et toota rohkem õli.

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 „Põlevkivi kadudeta ja keskkonناسäästlik kaevandamine“ – mi.ttu.ee/etp, B36 Kivimi raimamine ja rikastamine valikmeetoditega - mi.ttu.ee/rikastamine [8].

Viited

1. Adamson, A.; Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Karu, V. (2012). Ühest tonnist põlevkivist saab ühe barreli põlevkiviõli. Lk 51
2. Bauert, H., Kattai, V. 1997 Kukersite oil shale. –In: Raukas, A. & Teedumäe, A. Geology and mineral resources of Estonia. Tallinn, Estonian Academy Publishers 313-327 lk
3. Cotabarren, Ivana M.; Bertin, Diego E.; Bucala, Veronica. A Validated Flowsheeting Tool for the Study of an Industrial Granulation Process INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH Volume: 52 Issue: 43 Pages: 15198-15210. 2013
4. Ghuzlan, Khalid; Al-Khateeb, Ghazi; Abu Damrah, Abdullah. Using oil shale ash waste as a modifier for asphalt binders JOURNAL OF MATERIAL CYCLES AND WASTE MANAGEMENT Volume: 15 Issue: 4 Pages: 592-592 2013
5. Hendrikson&Ko OÜ (2010). Ida-Viru maakonnaplaneeringu teemaplaneeringu „Ojamaa kaevanduse konveieri paigutuse asukohatrassi määramine“ www.vkg.ee (29.10.2013)
6. Kattai V., Saadre T., Savitski L. 2000. Eesti põlevkivi: geoloogia, ressursid, kaevandamistingimused. Tallinn, Eesti Geoloogiakeskus 1-226 lk.
7. Mäeinstituudi projektid. <http://mi.ttu.ee/projektid/> Mäeinstituut 2014
8. Mäeinstituudi uuring - Ojamaa kaevanduse kaubapõlevkivi kvaliteedijuhtimise auditi koostamine . Eesti mäeteadus mi.ttu.ee/teadus (28.10.2013)
9. Palvadre, R.; Ahelik, V. BENEFICIATION OF ESTONIAN (KUKERSITE) OIL SHALE. OIL SHALE Volume: 28 lk. 353-365 . 2011

10. Pastarus, J.-R.; Valgma, I.; Adamson, A. (2008). Põlevkivi kaevandamise jätkusuutlikkusest. Killustiku kaevandamine ja kasutamine (1-4). TTÜ Mäeinstituut.
11. Pastarus, J.-R.; Reinsalu, E.; Saarnak, M. (2014). Modelling of oil shale concentration processes in Estonian mines. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 1 - 13.
12. Raado, L.; Hain, T.; Liisma, E.; Kuusik, R. (2014). Composition and Properties of Oil Shale Ash Concrete . *Oil Shale*, 31(2), 147 - 160.
13. Reinsalu, E. Eesti mäendus II. 2013. Tallinna Raamatutrükikoda, Tallinn, 27 lk.
14. Reinsalu, E.; Anepaio, A.; Lüütse, E.; Roots, R.; Saarnak, M.; Väizene, V.; Karu, V. (2014). Nõrkade kihiliste kivimite tugevusomadused. Kõpp, V.; Lugus, E.; Niitlaan, E. (Toim.). Mäenduse strateegiline planeerimine (36 - 65). Rakvere, Eesti: Eesti mäeselts
15. Rusanov, F.; [Tooraine](#). Mäendusõpik, Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut.
16. Tomberg, T. (1998). Lõhketööd : õppematerjal. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
17. Toomik, A.; Tomberg, T. (1998). Blast vibrations in oil shale underground mining. *Oil Shale*, 1, 65 - 74.
18. Valgma, I. [Peenes](#). Mäendusõpik, Mäeinstituut
19. Valgma, I.; Kolats, M.; Leiaru, M.; Adamson, A. (2012). Kivimite valikpurustamine. Kaevandamine ja keskkond (10 - 28). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
20. Valgma, I.; Kolats, M.; Uibopuu, L.; Lüüde, A.; Saarnak, M.; Reinsalu, E.; Nurme, M. (2014). Mäenduse tehnoloogia areng Eestis. *In: Ressursid ja energiasäät: Ressursid ja energiasäät 2014. (Toim.) I. Valgma*. Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut, 2014.
21. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Saarnak, M. (2013). Technologies for Decreasing Mining Losses. *Environmental and Climate Technologies*, 11(1), 41 - 47.
22. van Schoor, J. C. R.; Sandenbergh, R. F. Evaluation of the batch press as a laboratory tool to simulate medium-pressure roller crushers. *JOURNAL OF THE SOUTHERN AFRICAN INSTITUTE OF MINING AND METALLURGY* Volume: 112 Issue: 3 Pages: 185-196. 2012
23. Väizene, V.; Valgma, I.; Iskül, R.; Kolats, M.; Nurme, M.; Karu, V. (2013). High selective oil shale mining. *Oil Shale*, 30(2S), 305 - 325.

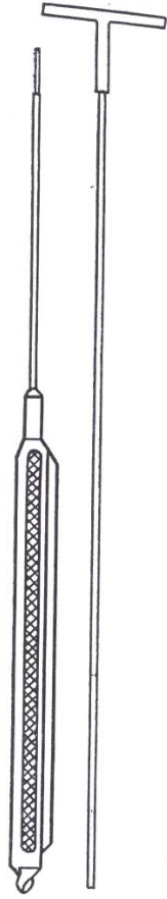


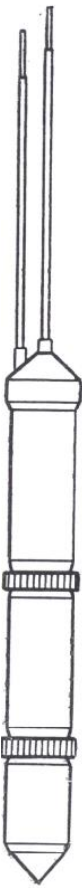
20. Pinnasepuur - hõlbus abimees geoloogilisel praktikumil

Martin Nurme, Mall Orru, Tiit Rahe

Geoloogilise info saamiseks maapõuest on vaja teostada uuringuid ja puurimisi. Seda saab teha suurte puurimismasinatega, mille abil saab puursüdamikke, kui ka lihtsate käsiseadmetega. Taolisteks töödeks on Mäeinstituudil olemas pinnase- ja turbapuurid, millega tudengid saavad teostada erinevaid geoloogilise taustaga praktikume [11, 14]. Praktilise töö käigus uurivad üliõpilased maavaralasundit [7] ja analüüsivad selle koostist [8]. Mõõtmistulemuste põhjal on võimalik modelleerida [2] kaevandamistingimusi ning tulevasi tehnoloogiaid kui ka välja tuua kasutamisevõimalused [10, 12, 3]. Mahajäetud turbaväljadel antakse omapoolsed soovitused korrastamiseks. [1, 5]

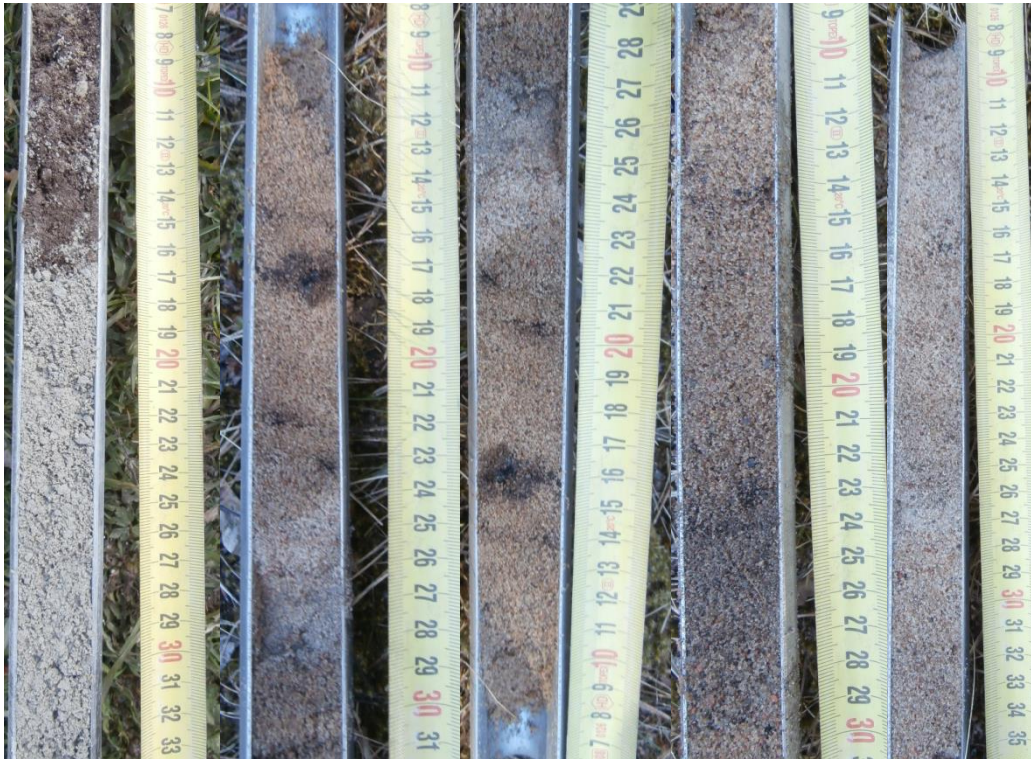
Turbalasundi sondeerimisel st tema sügavuse määramisel kasutatakse nn sondpuuri. Geoloogilistel uuringutel kasutatavad Hilleri ja Instorfi (TBG-66) puurikomplektid (Joonis 20-1) on üsna sarnase konstruktsiooniga [4]. Sondpuuri komplekt koosneb 0,5 m pikkusest suletavast ja avatavast puurkannust. Puurkannu külge kinnituvad poltidega 1,0 või 1,5 m pikkused puurvardad. Tööprintsip on järgmine. Suletud puurkann surutakse turbalasundisse vastavalt uuringuga ettenähtud sügavusele, kus see avatakse ning võetakse turbaproov ettenähtud intervallist. Pärast proovimist puurkann suletakse ning tõmmatakse maapinnale. Seejärel puurkann avatakse ja määratakse visuaalselt turba koostis. Sondeerimise sügavuse suurenedes lisatakse vastavalt vajadusele puurvardaid [6].

Samasse komplekti kuulub ka sarnase ehitusega proovivõtmise puur. Erinevus seisneb selles, et proovivõtmise puuril on puurkannu läbimõõt suurem. Suurem läbimõõt on vajalik selleks, et hõlbustada proovide võtmist laboratoorseteks analüüsideks. Kirjeldatud puurikomplektiga on võimalik määrata ka turba all lasuvate järvemuda ja järvelubja lasundite paksust ja iseloomu. Samuti saab sellega fikseerida lasuva liivsave, savi, aleuriidi jt purdsetete olemasolu [9].

			
Hilleri tüüpi puur	Instorfi tüüpi puur	Ühesektsiooniline proovipuur	Kolmesektsiooniline proovipuur

Joonis 20-1 Erinevad turbapuudid [4]

Pinnasepuuri tööõhimoõte on samasugune kui turbapuudil, inimjõul ja puurimise sügavuse suurendamine puurvarrastega juurdelisamisega suurendada sügavust. Tänu tugevamatele puuri osadele on selle kasutusala ka laiem. Sondeerida saab eri materjalide pehmeid ja peeneteralisi fraktsioone. Lubjakivikillustiku puhul sobib vaid fraktsioon 0...4 mm ehk kiviliiv. Komplekti kuulub puurimispea, proovivõtupuur, külgekeeratavad 1,0 m pikkused vahelülid ning lisavahendid, teiste seas haamer, peitel jne. Kanna asemel on puurpeaks mittesuletav kolmveerandringilise ristlõikega toru. Erinevalt turbapuudist ei pea materjaliga täitmiseks pinnasepuuri keerama. Piisab selle sisselöömisest maapinda vastava haamriga. Väljatõstetud puurpea tuleb peitliga risti kihiga puhastada ning on kirjeldamiseks valmis.



Joonis 20-2 Pinnasepuuriga katsetatud erinevad materjalid



Joonis 20-3 Tudengid välitööl turbamaardlas

Tabel 20-1 Tudengite poolt mõõdetud punktid turbaväljal

Proovivõtu-punkt	X	Y	Z	Vähelagunenud turbakihi paksus, mm	Hästilagunenud turbakihi paksus, mm
1	6582969,2	535440,3	40	250	1050
2	6582986,4	535488,3	40,5	350	750
3	6583007,6	535550,7	41	300	760
4	6583033,2	535643,6	41,5	150	820

Mäeinstituudil on saanud igaaastaseks traditsiooniks käia tudengitega turvast puurimas (Joonis 20-3) mahajäetud ja aktiivsetel turbarabades ning pinnasepuuriga liivaluidetel ning -karjäärides. Tabelis (

Tabel 20-1) on näidis tudengite mõõtmistulemustest. Tudengid peavad koostama uuringuvõrke, koostama andmete põhjal läbilõikeid (Joonis 20-2) ning kaasa võtma proove nii edasisteks katsetusteks kui ka Mäemuuseumi kaevisekogu jaoks.

Töö on seotud Mäeinstituudi turbauuringutega – mi.ttu.ee/turvas, ja uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – mi.ttu.ee/etp

Viited

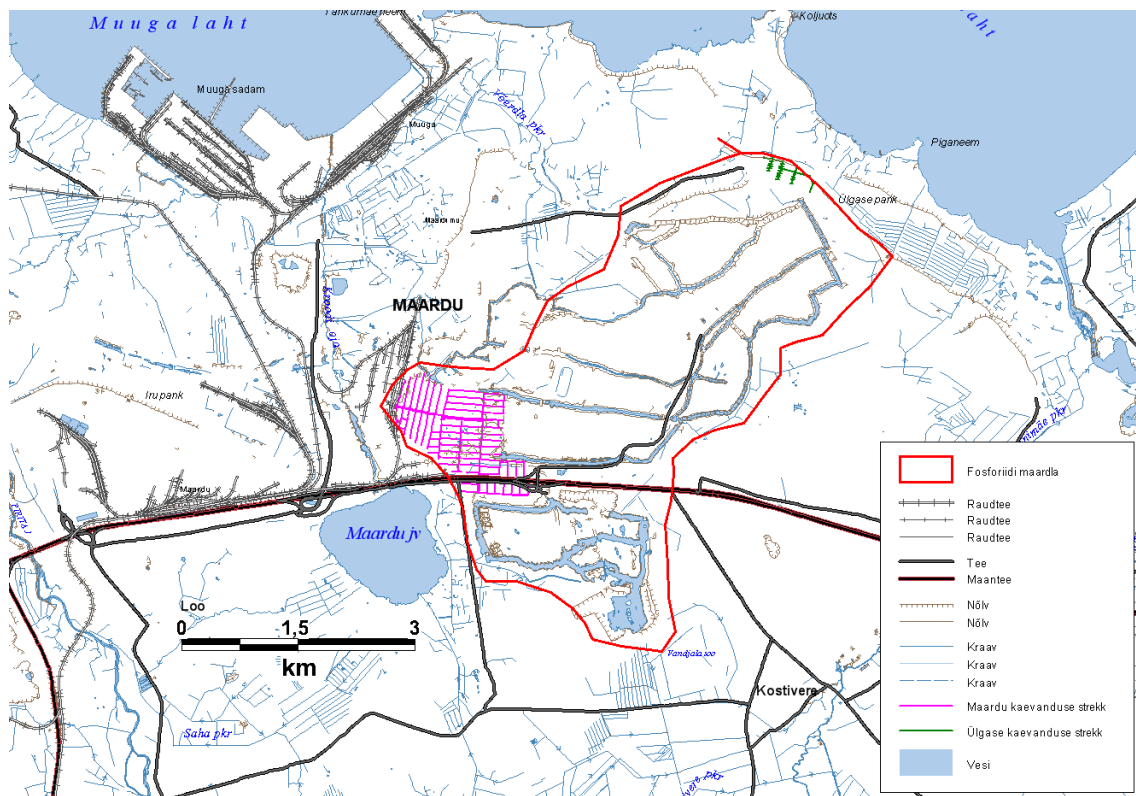
1. Asplund, D. (1988). Emphases of peat research in Finland. 8th International peat congress. Sections 1-4 pages: d168-d177
2. Dyson, RG. (1983). Operational-research on the peat bog - a case for qualitative modeling. Journal of the operational research society, lk 127-135
3. Karu, Veiko (2006). Teadusklubiline tegevus TTÜs. Mäenduse ja geoloogia teadusklubi.
4. Markov, V., Olenin, A., Ospennikova, A., Skobejeva, E., Horožev, P.(1988). Maaailma turbavarud (vene keeles). Moskva: Nedra, lk 85
5. Nurme, M.; Orru, M.; Rahe, T.; Väizene, V. (2014). Turba kaevandamine ja eksport Eestis. I. Valgma (Toim.). Ressursid ja energiasääst (63 - 64). Tallinn: Mäeinstituut
6. Orru, M. (2010) Dependence of Estonian Peat Deposit Properties on Landscape Types and Feeding Conditions. Tallinn: TTÜ Kirjastus.

7. Orru, M. Allikvee, H., Veldre, M., Širkova, M. (1971-1987). Eesti NSV turbasoode otsingulis-hinnangulised tööd aastatel 1971-1987. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus.
8. Orru, M., Orru, H. (2003). Kahjulikud elemendid Eesti turbas. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus
9. Orru, M., Väizene, V., Pastarus, J.-R., Sõstra, Ü., Valgma, I. (2013) Possibilities of oil shale mining under the Selisoo mire of the Estonia oil shale deposit. Environmental Earth Sciences
10. Orru, M.; Riibe, M.; Nurme, M. (2012). Mahajäetud turbaalade taastaimestamise sõltuvus turba koostisest ja veetasemest. Kaevandamine ja keskkond (114 - 118). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
11. Ring, M.; Kanavin, D.; Väizene, V. (2007). Kaevandamise positiivne mõju Niibi turbarabas [välitöö aruanne]. Kaevandamine parandab maad (12 lk.). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
12. 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
13. Valgma, I.; Karu, V.; Önnis, A.; Pukk, S. (2007). Turba kaevandamise tehnoloogiad. E. Reinsalu, A. Önnis, K. Sokman, I. Valgma, H. Viilup (Toim.). Kaevandamine parandab maad (10 pp.). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut
14. Västrik, A.; Köpp, V.; Karu, V. (2004). Tudengite nägemus mäeõppest : [TTÜ mäeinstituudis]. In: Mäeinseneride ettevalmistus ja kvalifikatsioon: Eesti mäekonverents, 19. märts 2004. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2004, 52.
15. Mäeinstituudi projektid. <http://mi.ttu.ee/projektid/> Mäeinstituut 2014

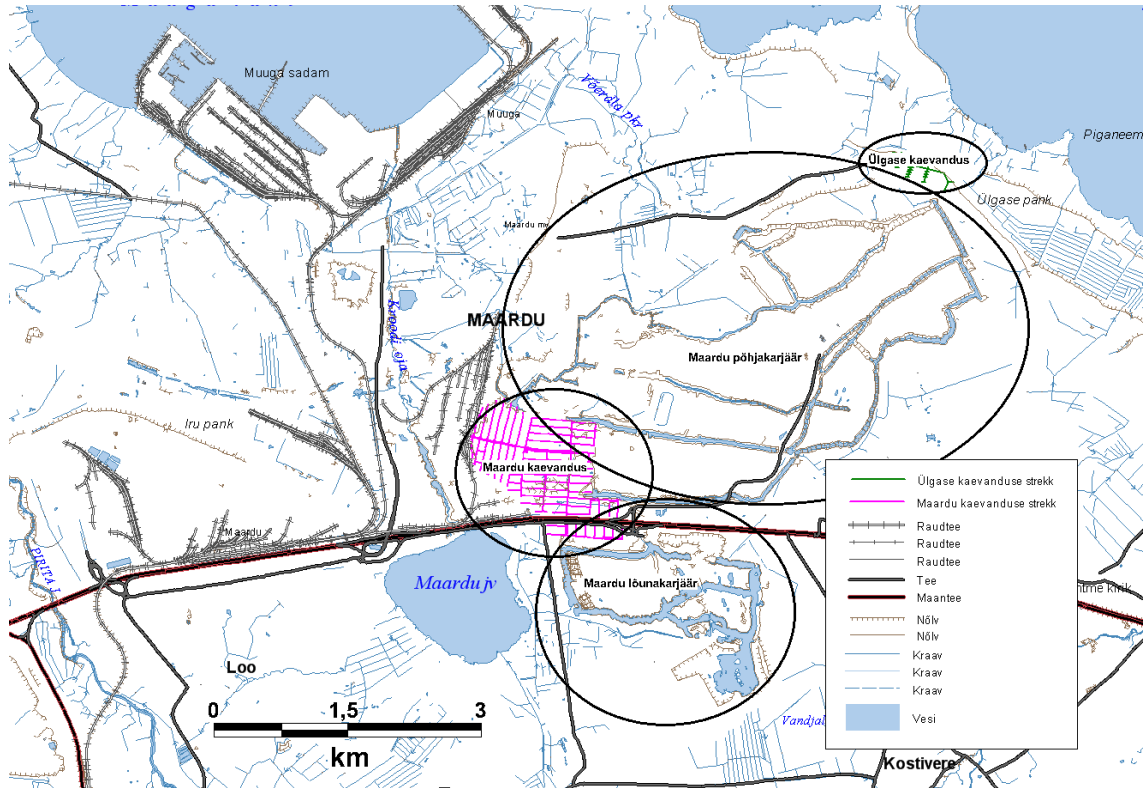
21. Maardu kaevandamisala vee kvaliteet

Margit Kolats, Ingo Valgma, Vivika Väizene, Ülo Sõstra

Fosforiiti on Eestis kaevandatud ja töödeldud ainult Maardu piirkonnas, kus kaevandamine lõpetati aastal 1991. Fosforiidi kaevandamisala suurus Maardus on ~18 km² (Joonis 21-1) [15]. Alal paiknevad kaks fosforiidikaevandust (Ülgase ja Maardu) ja üks fosforiidikarjäär, mis jagunes Põhja- ja Lõunakarjääriks (Joonis 21-2) [16]. Lisaks on alal lubjakivikarjääre [3].



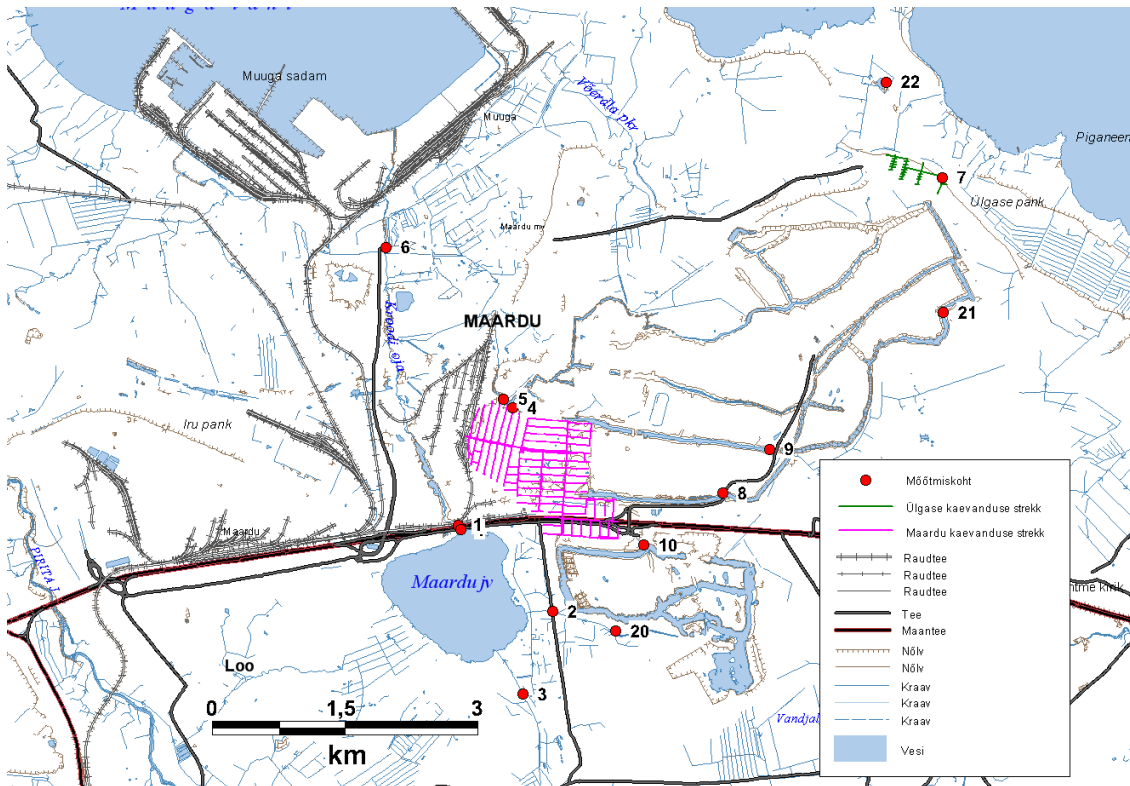
Joonis 21-1 Maardu fosforiidimaardla



Joonis 21-2 Maardu kaevandamisala

Maardu kaevandus on täitunud veega, samuti on Ülgase veekõrvalduskäikudes vesi ning Põhja- ja Lõunakarjääri tranšeedesse on kogunenud vesi, mis liigub Maardu järve, Kroodi oja ja merre. Kuna vesi liigub läbi kaevandatud ala, siis toimuvad kivimite lagunemisprotsessid, mis mõjutavad antud piirkonna veekvaliteeti [9, 14]. Veekvaliteeti mõjutab ka inimtegevus nagu prügiireostus, kilemajade heitvesi, põllumajandus jm [5].

Selleks, et välja selgitada, mis ja kuidas mõjutab Maardu piirkonna vett teostati uuring, kus kaardistati kogu ala veeliikumine, veemahud ja veekvaliteet. Välitõid teostati kahe aasta jooksul kõigis vaatluspunktides ja piirkonnas üldiselt (Joonis 21-3) [4, 23, 22].



Joonis 21-3 Mõõtmiskohad (1- Maardu järve väljavool Kroodi oja; 2- Lõunakarjääri väljavool Maardu järve; 3- Lõuna poolt Maardu järve sissevool; 4- Maardu kaevanduse väljavool strekist; 5- Maardu põhjakarjääri ja kaevanduse väljavool; 6- Kroodi oja enne suubumist merre; 7- Ülgase kaevanduse väljavool veekõrvaldusstollist; 8- Põhjakarjääri tranšee; 9- Põhjakarjääri tranšee; 10- Lõunakarjääri tranšee; 21- Põhjakarjääri tranšee; 22- Ülgase savikarjäär)

Kogu piirkonna veemaht, mille kvaliteeti vaadeldakse, on hinnanguliselt 12,5 mln m³ (Tabel 21-1). Kõige rohkem vett on Maardu järves (2,37 mln m³) ja kõige vähem Ülgase kaevanduses (200 m³). Veemahtude määramiseks kasutati objektide veesügavusi ja pindalasiid.

Põhja ja Lõunakarjääride tranšeede sügavus on võetud vastavalt fosforiidikihi põhja sügavusele ja pindalaks on vee pind (Joonis 21-5) [25, 26]. Maardu kaevanduse veemaht on arvatud vastavalt kaevandatud ala pindalale ja kaeveõõnte kõrgusele [7]. Kroodi oja vee maht on arvatud veepinna pindala ja keskmiste sügavuste järgi [21]. Maardu järve põhjas on 6m paksune vettpidav põhjasetete kiht [2, 19].

Maapinna absoluutkõrgus Põhjakarjääris on 40 m, mis väheneb loode ja põhja suunas ja mis on Maardu järve juures 33 m (Tabel 21-1). Fosforiidilasundi põhja absoluutkõrgus on Põhjakarjääris 29 m, mis samuti väheneb lõuna suunas ning on Lõunakarjääris 21 m (Tabel 21-1, Joonis 21-4) [13, 6, 8].

Tabel 21-1 Fosforiidikaevandamise alade iseloomulikud andmed, koos veemahtudega

Ala	Fosforiidilasundi põhi abs, m	Maapinna abs, m	Veetaseme abs, m	Vee maht veekogus, m ³
Lõunakarjäär	21	40	33	7262700
Põhjakarjäär	29	40	31	1574100
Maardu kaevandus	24	40	28	1267700
Ülgase kaevandus	33	47	33	200
Maardu järv	-	33	33	2368500
Kroodi oja	-	33-0	33-0	79600

**Joonis 21-4 Maardu veega täitunud lõunakarjääri tranšee**



Joonis 21-5 Maardu veega täitunud põhjakarjääri tranšee

Maardu piirkonnas jaguneb vesi seis- ja vooluveeks. Veekvaliteedi seisundi hindamisel kasutati Keskkonnaministri määruse nr 44 “Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord” lisasid 2, 4 ja 5 [10, 11, 12]. Lähtuvalt sellest on Maardu järv kantud II tüübi alla: vee keskmise karedusega madal järv. Kroodi oja ei ole kantud nimistusse, kuid põhimõtteliselt vastab tüübile I B, heledaveelised ja vähese orgaanilise aine sisaldusega (KHT_{Mn} 90%-ne väärtus alla 25 mgO/l), jõed valgala suurusega 10-100 km². Karjääri tranšeede vett saab võrrelda Maardu järve ja Kroodi oja seisundi ja seisundinäitajatega.

Seisuveekogude ökoloogilist seisundit määravad järgmiste füüsikalise-keemiliste näitajate sisaldused: pH ühik, üldfosfor ja üldlämmastik (Tabel 21-2, Joonis 21-6) [1].

Vooluveekogude ökoloogilist seisundit määravad järgmiste füüsikalise-keemiliste näitajate sisaldused: lahustunud hapnik, biokeemiline hapnikutarve, üldfosfor, üldlämmastik, NH_4^+ ja pH ühik (Tabel 21-3, Joonis 21-6) [20].

Uuringus määrati lisaks elektrijuhtivus, sulfaatide sisaldus, KHT_{Mn} , hõljuvaine. Igal korral vooluveekogudes määrati vooluhulk voolusängi ristlõikes [18, 24].

Tabel 21-2 Maardu järve ja kaevandatud alade tehnoloogiliste veekogude (kraavide) vee ökoloogiline seisund füüsikaliste ja keemiliste näitajate järgi (aritmeetilised keskmised kõigist vaatlusandmetest aastatel 2011-2013). [10, 27]

Punkti nr	pH ühik	P _{Üld} , µg/l	N _{Üld} , µg/l	Üldhinnan g	Elektrijuhtivus, µS/cm	SO ₄ ²⁻ , mg/l
1	8,59	30,4	1299	—	617	192
	Kesine	Hea	Kesine	Kesine	—	—
2	8,00	52	483	—	1317	427
	Hea	Hea	Väga hea	Hea	—	—
8	7,7	34	638	—	2165	988
	Väga hea	Hea	Hea	Kesine¹	—	—
9	7,7	61	972	—	3718	2050
	Väga hea	Kesine klass	Hea	Kesine²	—	—
10	8,31	27	809	—	1364	452
	Kesine	Väga hea	Hea	Kesine	—	—

Märkus: ^{1,2} – Kaalutud ekspertarvamus, seletused kokkuvõttes.

Tabel 21-3 Maardu piirkonna vooluvee pinnaveekogumite ökoloogilise seisundi määramine füüsikalise-keemiliste klasside kvaliteedinäitajate ja üldtingimuste järgi vastavalt lisale 4 keskkonnaministri määrusele nr 44 (jõustunud 28.11.2010.a). [11, 27]

Punkti nr	BHT ₇ , mgO ₂ /l	N _{üld} , µg/l	P _{üld} , µg/l	NH ₄ ^{+mg} N/l	pH ühik	SO ₄ ²⁻ , mg/l	Elektrijuhtivus, µS/cm
3	2,57	4,648	0,101	0,343	8,06	90	723
	Hea klass	Kesine klass	Halb klass	Kesine klass	Väga hea	—	—
4	2,02	0,723	0,030	0,060	7,09	1433	3090
	Hea klass	Väga hea	Väga hea	Väga hea	Väga hea	—	—
5	1,67	1,02	0,027	0,07	7,09	1514	2184
	Väga hea	Väga hea	Väga hea	Väga hea	Väga hea	—	—
6	3,57	2,60	0,071	0,361	7,97	805	2184
	Kesine klass	Hea klass	Hea klass	Kesine klass	Väga hea	—	—
7	1,82	2,049	0,019	0,16	7,7	540	1446
	Hea klass	Hea klass	Väga hea	Hea klass	Väga hea	—	—



Joonis 21-6 P_{üld} ja N_{üld} mõõdetud väärtused välitööde ja aastaegade kaupa mõõtmispunktides

Maardu kaevandamispiirkonna seisva pinnavee ökoloogilise seisundi üldhinnang

Maardu järv kuulub keskmise karedusega veega madalate järvede sekka. Kahe olulise seisundi näitaja aritmeetilise keskmise järgi on vesi kesises klassis pH = 8,6 ja N_{üld} = 1299 µg/l ja ühe näitaja järgi P_{üld} = 30,4 µg/l (heas klassis) (Tabel 21-2).

Lõunakarjääri punktis nr 2 on näitajad pH (8.0) ja P_{üld} = 52 µg/l heast klassist ja N_{üld} = 483 mg/l väga heast klassist, mõnevõrra suurem on sulfaatide sisaldus, mis ilmselt on seotud püriidi oksüdeerimisega Lõunakarjääri puistangutes (Tabel 21-2).

Lõunakarjääri vaatluspunktis nr 10 langeb vee ökoloogiline seisund kõrge keskmise pH (8,31) tõttu kesisesse klassi. Kuigi üldfosfori (27 µg/l) ja üldlämmastiku (809 µg/l) sisalduse järgi võiks kuuluda väga heasse või heasse klassi. Tavalisest suurem on sulfaatide sisaldus – 452 mg/l (Tabel 21-2).

Põhjakarjääri vaatluspunkti nr 8 juures vastab vesi pH = 7,7 järgi (väga heale klassile), $P_{\text{Üld}} = 34 \mu\text{g/l}$ (hea klass), $N_{\text{Üld}} = 638 \mu\text{g/l}$ (hea klass) (Tabel 21-2).

Põhjakarjääri vaatluspunkti nr 9 juures on vee pH = 7,7 (väga hea klass), üldfosfor $P_{\text{Üld}} = 61 \mu\text{g/l}$ (hea klass) ja $N_{\text{Üld}} = 972 \mu\text{g/l}$ (hea klass) (Tabel 21-2).

Sulfaatide sisaldus nr 8 juures 989 mg/l ja nr 9 juures 2050 mg/l ei luba anda sellisele veele kõrgemat klassi, kui kesine (Tabel 21-2).

Maardu kaevandamispiirkonna voolava pinnavee ökoloogilise seisundi üldhinnang

Sissevool Maardu järve lõunast, vaatluspunkt nr 3. Keskmise vooluhulk 31,6 l/s. Kvaliteedi elementide väärtused ja klass: $BHT_7 = 2,57 \text{ mgO}_2/\text{l}$ (hea klass), $N_{\text{Üld}} = 4,648 \text{ mg/l}$ (kesine klass), $P_{\text{Üld}} = 0,101 \text{ mg/l}$ (halb klass), $\text{NH}_4^+ = 0,343 \text{ mg/l}$ (kesine klass) ja pH = 8,06 (väga hea klass). Lämmastiku ja fosfori tõttu võib vett lugeda kuuluvaks kesisesse klassi, vaatamata sellele, et üldfosfori sisaldus ületas ühe $\mu\text{g/l}$ kesise klassi piiri, sest see on mõõtmise täpsuse küsimus (Tabel 21-3). Üld-lämmastiku sisaldus on selles vaatluspunktis kuni 4,5 korda suurem, kui kaevandatud alal. Suure tõenäosusega pärineb see reostus põllumajandusest ja majapidamistest [17].

Väljavool Maardu fosforiidi kaevandusest, vaatluspunkt nr 4. Komponent ja ökoloogiline klass väärtuste järgi: $BHT_7 = 2,02 \text{ mgO}_2/\text{l}$ (hea klass), $N_{\text{Üld}} = 0,723 \text{ mg/l}$ (väga hea klass), $P_{\text{Üld}} = 0,030 \text{ mg/l}$ (väga hea klass), ammonium $\text{NH}_4^+ = 0,060 \text{ mg/l}$ (väga hea klass), pH = 7,09. Vaatamata kõigi komponentide kõrgele klassile, ei saa hinnata ökoloogilist seisundit paremini kui kesine klass, sest vesi sisaldab lubatust palju kordi kõrgemaid sulfaatiooni kontsentratsioone (Tabel 21-3). See on seotud püriidi oksüdeerumisega [28].

Väljavool Maardu kaevandusest teiselpool teed, vaatluspunkt nr 5. Kõik kvaliteedinäitajad: $BHT_7 = 1,67 \text{ mgO}_2/\text{l}$, $N_{\text{Üld}} = 1,02 \text{ mg/l}$, $P_{\text{Üld}} = 0,027 \text{ mg/l}$, $\text{NH}_4^+ = 0,070 \text{ mg/l}$ ja pH = 7,09 vastavad väga heale ökoloogilisele kvaliteediklassile. Kuid eksperdi üldhinnang ei saa olla parem, kui kesine klass, sest sulfaatide keskmine sisaldus on 1514 mg/l, mis ületab mitmekordselt kõik lubatud piirväärtused (Tabel 21-3). See on seotud püriidi oksüdeerumisega [28].

Kroodi oja alamjooksul, enne suubumist merre, vaatluspunkt nr 6. See on koht, kus kõik reained, ohtlikud, tahked ja lahustunud ained kantakse merre. Vooluvee füüsikaliskemilisest ja ökoloogilisest seisundist annavad ettekujutuse konkreetsete arvude: $BHT_7 = 3,57 \text{ mgO}_2/\text{l}$ (kesine klass), $N_{\text{Üld}} = 2,60 \text{ mg/l}$ (hea klass), $P_{\text{Üld}} = 0,071 \text{ mg/l}$ (hea klass), $\text{NH}_4^+ = 0,361 \text{ mg/l}$ (kesine klass), pH = 7,97 (väga hea). Kuid kõrge on sulfaatide sisaldus – 805 mg/l, mis ületab lubatud piire (Tabel 21-3). Üldine ökoloogiline seisund on kesine, mikroelementide pärast isegi madalam.

Ülgase kaevanduse väljavool, vaatluspunkt nr 7. On võetud võrdluseks Maardu kaevandatud alale. Komponentide väärtused ja klass: $BHT_7 = 1,82 \text{ mgO}_2/\text{l}$ (hea klass), $N_{\text{Üld}} = 2,049 \text{ mg/l}$ (hea klass), $P_{\text{Üld}} = 0,019 \text{ mg/l}$ (väga hea klass), $\text{NH}_4^+ = 0,160 \text{ mg/l}$ (hea klass), pH = 7,7 (väga hea). Nende andmete järgi oleks võinud vee ökoloogilise seisundi

määrata kui hea, aga liiga kõrge on selleks sulfaatide sisaldus, seepärast on otstarbekas määrata seisund kesiseks (Tabel 21-3).

Artikkel on seotud järgnevate uuringutega: KIK11067 - Maardu fosforiidilevila tehnogeense põhjavee kvaliteedi uuring - mi.ttu.ee/maardu, – Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 – mi.ttu.ee/etp, B36 Kivimi raimamine ja rikastamine valikmeetoditega - mi.ttu.ee/rikastamine, Kunda piirkonna ja Toolse jõevee seire - mi.ttu.ee/toolse.

Viited

1. Erg, K; Pastarus, J.-R. (2008). Hydrogeologic impacts in the Estonian oil shale deposit. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 22(4), 300 - 310.
2. Heinsalu, A., 1996. Sediment stratigraphy and chemistry of Lake Maardu, Northern Estonia, Coastal Estonia: Recent Advances in Environmental and Cultural History. Strasbourg : Council of Europe ; Rixensart : PACT Belgium, 1996. (Pact ; 51). pp 163...173.
3. Ingo Valgma, Margit Kolats, Vivika Väizene, Martin Nurme. Fosforiidi kaevandamise tehnoloogiad. *Geoloogia sügiskool. Scola Geologica* 2014
4. Kolats, M. (2012). Veeseire. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Karu, V. (Toim.). *Kaevandamine ja keskkond* (143 - 152). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut
5. Kolats, M.; Valgma, I. (2011). Vesi allmaaratistes. Valgma, I. (Toim.). *Kaevandamine ja vesi* (56 - 69). Tallinn: TTÜ Mäeinstituut
6. Kolats, M.; Valgma, I.; Väizene, V.; Reinsalu, E.; Otsmaa, M.; Orru, M. (2012). Maardu vee dünaamika. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Karu, V. (Toim.). *Kaevandamine ja keskkond* (135 - 142). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut
7. Lauringson, V., Reier, A. (1981). Eesti NSV maapõuevarad ja nende kaevandamine. *Periodika*. Tallinn
8. Maardu Põhjakarjääri sulgemise projekt. Mäekateeder. Tallinna Tehnikaülikool. 1991
9. Orru, M.; Übner, M.; Orru, H. (2011). Chemical properties of peat in three peatlands with balneological potential in Estonia. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 60(1), 43 - 49.
10. Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord, [WWW] [Lisa 5](#) – 02.08.2013
11. Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord, [WWW] [Lisa 4](#) - 02.08.2013

12. Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord, [WWW] [Lisa 2](#) - 02.08.2013
13. Puura, E., Pihlak, A. 1998. Oxidation of Dictyonema shale in Maardu mining waste dumps. Oil Shale, vol. 15, No. 3, pp. 239–267.
14. Reinsalu, E. (2012). Fosforiit kui Eesti loodusvara. Eesti Loodus, 1, 8 - 12.
15. Reinsalu, E. (2012). Põlevkivist ja fosforiidist emotsioonideta ning teadmatuses põhise argumentatsioonita. Inseneria, 1, 14 - 17.
16. Reinsalu, E., Toomik, A., Valgma, I. 2002. Kaevandatud maa, TTÜ Mäeinstituut.
17. Robam, K., Valgma, I., Iskül, R. 2011. Influence of water discharging on the water balance and quality in the Toolse River in Ubja oil shale mining region. – Oil Shale 28, 3, 447-463.
18. Robam, K. (2009). Veekõrvalduse uuringud komplekssetes maardlates. Verš, E.; Amon, L.; Laumets, L. (Toim.). Piirideta geoloogia : 4. geoloogia sügiskooli artiklid ja ettekanded (50 - 54). Tartu: Eesti Looduseuurijate Selts
19. Saarse L., Heinsalu, A. and Veski, S. 1995. STOP 40. Maardu - geological history of Lake Maardu, Kroodi Bay mouth bar, phosphorite mining problems. In: W. Schirmer (Ed.)
20. Sõstra, Ülo (2006). Mineraalid ja kivimid mõjutavad tervist: ümbritseva keskkonna geokeemiline tagapõhi on üks peamisi tervise tugisambaid, sama oluline nagu õhk, vesi ja toit.
21. Tamm, I.; Osjamets, M. 2009. Kroodi oja ehitusgeoloogiline- ja reostusuuring. Lõpparuanne. As Maves.
22. Valgma, I. (2011). Kaevandamine ja vesi. Tallinn: Mäeinstituut
23. Valgma, I.; Robam, K.; Kolats, M. (Toim.) (2010). Mäendusuuringud ja kaevandamine.
24. Valgma, Ijt (2008-2012). Mäendusõpik [Võrguteavik] : veebiõpik kaevandamisest, rakendusgeoloogiast ja geotehnoloogiast. [Tallinn: Mäeinstituut].
25. Наумов, Б., Каризе, В. 1991. Вынос минеральных веществ в Финский залив из фосфоритового карьера Маарду. – Изв. АН ЭССР. Геология 40, 4, 165-172.
26. Наумов, Б.Е. 1991. Загрязнение гидросферы при выщелачивании диктионемовых аргиллитов в отвалах Маардуских фосфоритовых карьеров. – Oil Shale 8, 3, 266-274.
27. Wu, Jianhua; Li, Peiyue; Qian, Hui; et al. (2014). Using correlation and multivariate statistical analysis to identify hydrogeochemical processes affecting the major ion chemistry of waters: a case study in Laoheba phosphorite mine in Sichuan, China. Arabian Journal Of Geosciences. Volume: 7. Issue: 10. Pages: 3973-3982
28. Shin, Woo-Jin; Ryu, Jong-Sik; Mayer, Bernhard; et al.. (2014). Natural and anthropogenic sources and processes affecting water chemistry in two South Korean streams. Science Of The Total Environment. Volume: 485. Pages: 270-280

22. Mäendusmakett- õppetöö lahutamatu osa

Martin Nurme

Üliõpilaste õpetamisel on oluline, et teoreetiline ja praktiline osa käiksid käsikäes. Kõiki õppeaine teemasid ei saa kahjuks realses olukorras näha ja järgi proovida. Loengu slaididel võib olla palju pilte käsitlevast teemast, kuid maketid annavad siiski parema ülevaate.

Mäeinstituudi mäemuuseumis ja energeetika muuseumis leiavad külastajad laialdaselt makette põlevkivi, turba, lubjakivi jm kaevandamisest [9,8]. Mõõtkavades olevad mudelid annavad informatsiooni kaevandamistehnoloogiast, erinevate maavarade kaevandamisest ning mäeprotsessidest mitmesugustes tingimustes [14]. Kui bakalaureuse kolmanda aasta üliõpilased ning magistrandid on juba teadmistega maketidest üle, siis kahel algusaastal aitavad ka kõige lihtsamad mudelid arusaadavust juurde tuua. Samuti on see abiks mäenduskeele harjutamisel – kopp ei ole ekskavaator ja liivakarjäär pole kaevandus.

Parim õppimise viis on aga makette ise tehes. Õppeainetes otsustavad õppejõud ise, kas praktikumis teha plakat, harjutustöö või minikarjäär. Lisaks valmistavad ka koolilapsed mäendusmakette. Mäeinstituudis lõpetas 2014. aasta kevadel kuuendat korda Geodisaini kursus (Tabel 22-1). Koostöös TTÜ Tehnoloogiakooliga kohtusid kursuse raames gümnaasiumi õpilased viiel järjestikusel laupäeval, et õppida, mis on eesti maavarad, miks neid kaevandatakse ning valmistasid üheskoos ühe maketi. Lisaks geodisaineritele (Joonis 22-2) on mäendusmakette valmistanud Mäenduse ja geoloogia teadusklubi, Viimsi Keskkool, Mäeinstituudis suvepraktikandid [2] ning TalveAkadeemia grupid. Viimastel valmisid korrastatud Vao lubjakivikarjäär, Maardu graniidikaevandus [4] ja kaevanduskäikude täitmise füüsiline mudel [10].

2014. aasta Geodisaini teemaks oli korrastamine (Joonis 22-1). Teemavalikul oli mitu põhjust. Esiteks korrastatud ala makett puudus mäemuuseumis. Teiseks soov õpilaste ja mäemuuseumi külastajate seas kaevandamismüite summutada. Inimesed on pahased, kui leidub uus kaevandaja, kes tahab metsa või põllumaa asemel hiiglasliku augu kaevata, mis jääb silma riivama kogu elu ning reostab ümbruskonda [1, 12]. Kaevandajal on aga kohustus karjäärialad korrastada.

Tabel 22-1 Geodisaini kursustel valminud mäendusmaketid

	Maketi nimi	Aasta
1	Astangu laskemoonalaod I	2009
2	Astangu laskemoonalaod II	2010
3	Purustussõlm	2011
4	Maardu fosforiidimaardla	2012
5	Kaevandamisviisid	2013
6	Korrastatud karjääriala	2014



Joonis 22-1 Mäendusmaketid Mäemuuseumis



Joonis 22-2 Maardu fosforiidimaardla makett koos Geodisaini õpilastega

Headeks näideteks on sõudekanal Aidu karjääris, Sonda auto-motorada Põhja-Kiviõli põlevkivikarjääris ning mitmed turbaalade kasutusvõimalused [5,11]. Laialdaselt on näiteid ka, et endise karjääri asemel laiub metsamaa, supluskohaga veekogu jne [3]. Geodisaini 1:87 mõõtkavas makett, mis valmis kasutades erinevaid korrastatud alade graafilisi lisasid [7], annabki hea ülevaate, mis võib kaevandatud alast hiljem saada. See on edukas õppevahend õppeainele kaevandatud alade kasutamise. Makette on valminud rohkem kui neid mäemuuseumis leida võib. Iga-aastaselt Muuseumiööl, on aga kogu kolleksioon väljas ning vaadeldavad kõigile linnaelanikele. Kuigi eneseõppimine on parim õppimise vorm, on minikarjääride juures alati ka mõni Mäeinstituudi töötaja, seletamaks lahti küsimusi: miks, kuidas ja mida igapäevaselt Eestis kaevandatakse. Igal aastal toimub ka GIS-päev, kus tutvustatakse kaardistamist lihtsustavaid programme, seadmeid, firmasid jne. Ka Mäeinstituut on teinud sellekohaseid ettekandeid, kuid lähtudes mäendusest. Kuid mis makett muu on kui kolmemõõtmeline kaardistamine? [13]. Geodisaini esimene kursuski pidi enne siseruumis meisterdamist ruleti, GPS jm kaasa haarama ning vajalikke andmeid mõõtma minema.

Makettide valmistamine on lõbus, arendab meeskonnatööd ning suurendab teadmisi. Nende järgi õppimine lihtsustab arusaamist ning on huvitavam kui sama asja slaididelt näha. Miks ei võikski maketid olla õppetöö lahutamatud osad, mitte ainult Mäeinstituudi ainetes vaid ka mujal?

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – mi.ttu.ee/etp ja B36 Kivimi raimamine ja rikastamine valikmeetoditega - mi.ttu.ee/rikastamine [6].

Viited

1. Bing-yuan, H; Li-xun, K. (2014). Mine land reclamation and eco-reconstruction in Shanxi province I: mine land reclamation model. The Scientific World Journal, 1-9
2. Grossfeldt, G. (2012). Mäeinseneride järelkasv. – Kaevandamine ja keskkond. Tallinn: TTÜ Mäeinstituut, 182-188
3. Haabu T., (2009). [Karjääride korrastamise võimalused ja mõju mäenduse mainele](#). – Mäenduse maine. Tallinn: Eesti Mäeselts, TTÜ mäeinstituut, 35-39 [16.09.2014]
4. Karu V., (2009). Kaevandamine gümnasistide pilgu läbi. – Mäenduse maine. Tallinn: Eesti Mäeselts, TTÜ mäeinstituut, 125-129
5. Karu, V. (2007). Põlevkivikihindi väljamine ning võimalikud korrastussuunad Tammiku-Kose karjäärivälja näitel. E. Reinsalu, A. Önnis, K. Sokman, I. Valgma, H. Viilup (Toim.). Kaevandamine parandab maad (5 pp.). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinsituut
6. Mäeinstituudi projektid. <http://mi.ttu.ee/projektid/> Mäeinstituut 2014
7. Nurme, M. [Korrastamise projekti graafilise osa](#). Mäeõpik. TTÜ Mäeinstituut.
8. Nurme, M. Mäemuuseum. Mäeõpik. TTÜ Mäeinstituut. [16.09.2014]
9. Nurme, M. [Mäendusmakett](#). Mäeõpik. TTÜ Mäeinstituut. [16.09.2014]
10. Pototski, A., Karu, V., Pastarus, J.-R. (2012). TalveAkadeemia 2012: Kaevandamisel tekkivate jääkide taaskasutamine – samm ressursi paremaks kasutamiseks. – Kaevandamine ja keskkond. Tallinn: TTÜ Mäeinstituut, 193-199
11. Ramst, R.; Orru, M. (2009). Eesti mahajäetud turbatootmisalade taastaimestumine. Eesti Põlevloodusvarad ja -jätmed, 1-2, 6 - 7.
12. Selimbasic, V., Cipurkovic, A., Donlagic, N., Stuhli, V., Dozic, A. (2011). Biological recultivation with mining waste material and intake of heavy metals. Sofia: SCIBULCOM LTD, 181-187
13. Valgma, I.; Kolats, M.; Karu, V.; Anepaio, A.; Nurme, M. Kaardid – karjäärid, kaevandused, maavarad, masinad, ettevõtted, jäätmed, vesi, maastik, geoloogia. GIS-päev 2013, Tallinn. Konverentsi teesid.
14. Valgma, I.; Kolats, M.; Uibopuu, L.; Lüüde, A.; Saarnak, M.; Reinsalu, E.; Nurme, M. Mäenduse tehnoloogia areng Eestis. Tallinn: TTÜ Mäeinstituut

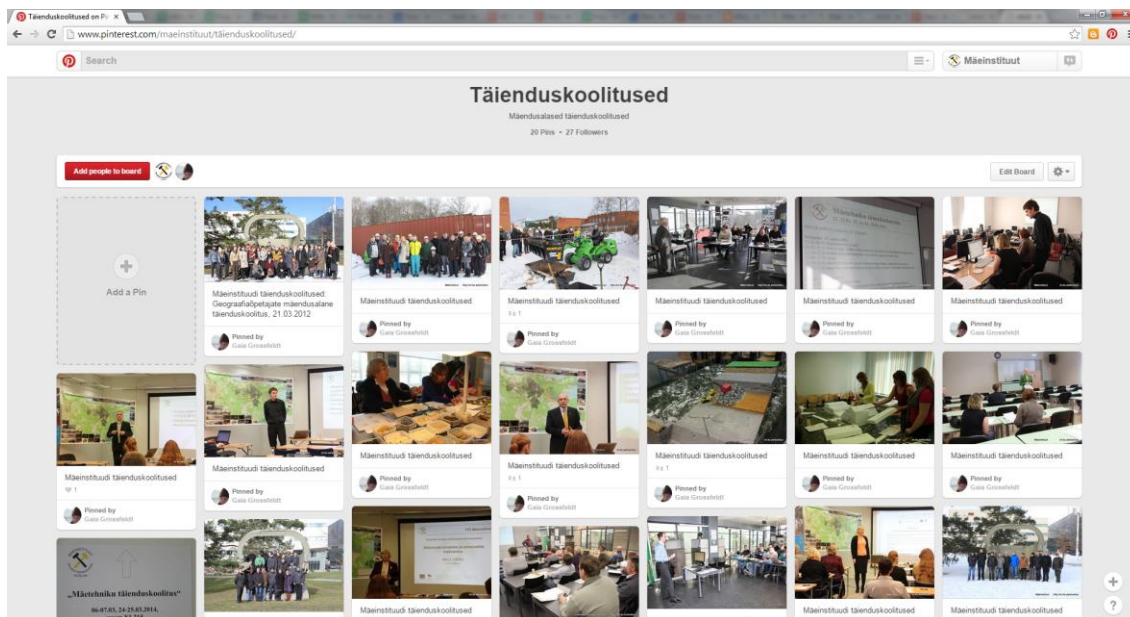
23. Mäeinseneride elukestev õpe

Gaia Grossfeldt, Ingo Valgma

Mäeinsenerid on koolitanud Mäeinstituut juba aastast 1938 [18, 6, 20, 21, 22]. Täienduskoolituste nõuded ning vajadus on varieerunud ja eriala spetsiifika ning inseneride vähesuse tõttu on ka täienduskoolituste arv ja sisu olnud erinev [7, 8]. Läbi kutseomistamise on tekkinud mäeinseneridel kohustus end läbi elukestva õppe koolitada regulaarselt, kui on soov tegutseda mäenduses vastutava spetsialistina ning omada kutsetunnistust [16, 11, 2, 33, 13, 5, 24, 12].

Täienduskoolituste korraldamist reguleerib Täiskasvanute koolituse seadus (TÄKS RT I, 11.07.2013, 19) [19], TTÜ ning otseselt turg [10]. Turgu omakorda mõjutab otseselt vajalikkus ning vähesel määral ka huvi [17, 9]. Vajalikkus tuleneb omakorda erinevatest nõuetest majanduse ning tehnoloogia arenemisel, mida peab täitma ka insener [3, 1, 30, 34, 25, 31]. Täienduskoolituste tegemisel on võimalusi erinevaid, alates statsionaarsest õppest, kuni e-õpenni.

Mäeinstituut korraldab järjepidevalt täienduskoolitusi erinevatele sihtgruppidele, alates kooliõpetajatest lõpetades volitatud mäeinseneride ning siduserialade spetsialistidega (Joonis 23-1).



Joonis 23-1 Täienduskoolituste pildigalerii [15]

Koolitus toimub, kui piisav grupp asjahuvilisi on koos, kõigile osapooltele sobival viisil ning ajal.



Joonis 23-2 Mäendusala täienduskoolitus geograafia õpetajatele 21.03.2014



Joonis 23-3 Kivimite ja mineraalide määramine.

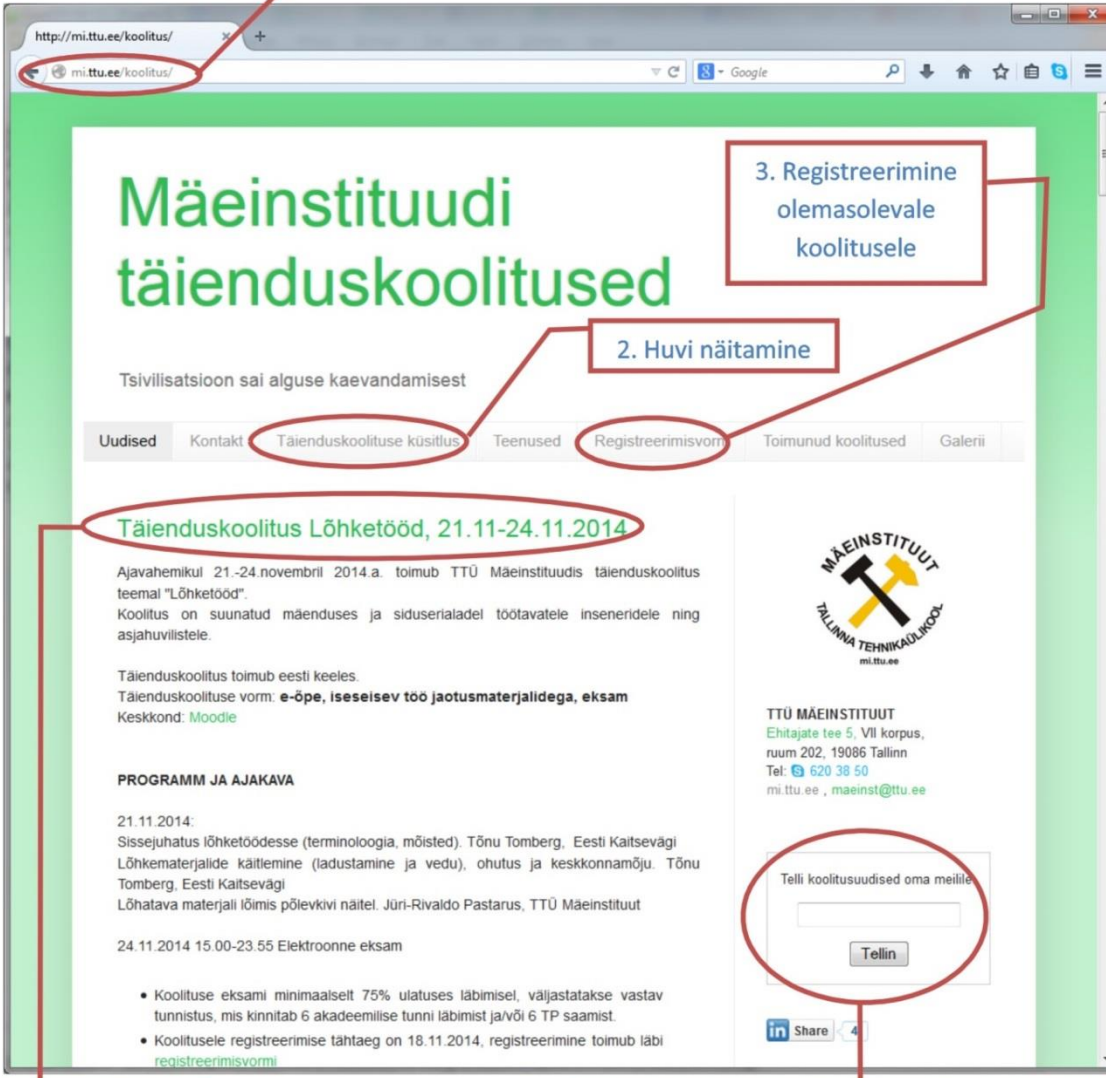


Joonis 23-4 Mäeinseneride täienduskoolitus Kivimite töötlemine ja käitlemine, 08.-12.03.2013



Joonis 23-5 Mäetehniku täienduskoolitus 2012. a.

Korraldatavad koolitused on eeskätt lähtunud mäeinseneride kutsestandarditest, kuid ka konkreetsetest soovidest ettevõtete ning asjahuviliste poolt [29, 32]. Näiteks toimus 21. märtsil 2012 a. mäendusala täienduskoolitus geograafiaõpetajatele, mille eesmärk oli pakkuda keskkoolides õpetatavatele geograafia õpetajatele üldteadmisi mäendusest, terminoloogiast ning praktilist osa, mida oleks võimalik hiljem oma õpilastele edasi anda ning läbi selle mäeinseneride järelkasvu suurendada (Joonis 23-2, Joonis 23-3).



1. <http://mi.ttu.ee/koolitus>

2. Huvi näitamine

3. Registreerimine olemasolevale koolitusele

4. Koolitusuudiste tasuta tellimine e-mailile

5. Koolitusinfo

Mäeinstituudi täienduskoolitused

Tsiviilsatsioon sai alguse kaevandamisest

Uudised | Kontakt | **Täienduskoolituse küsitlus** | Teenused | **Registreerimisvorm** | Toimunud koolitused | Galerii

Täienduskoolitus Lõhketööd, 21.11-24.11.2014

Ajavahemikul 21.-24.novembril 2014.a. toimub TTÜ Mäeinstituudis täienduskoolitus teemal "Lõhketööd". Koolitus on suunatud mäenduses ja siduserialadel töötavatele inseneridele ning asjahuvilistele.

Täienduskoolitus toimub eesti keeles.
Täienduskoolituse vorm: **e-õpe, iseseisev töö jaotusmaterjalidega, eksam**
Keskkond: Moodle

PROGRAMM JA AJAKAVA

21.11.2014:
Sissejuhatus lõhketöödesse (terminoloogia, mõisted). Tõnu Tomberg, Eesti Kaitseväge Lõhkematerjalide käitlemine (ladustamine ja vedu), ohutus ja keskkonnamoju. Tõnu Tomberg, Eesti Kaitseväge
Lõhatava materjali lõimis põlevkivi näitel. Jüri-Rivaldo Pastarus, TTÜ Mäeinstituut

24.11.2014 15.00-23.55 Elektroonne eksam

- Koolituse eksami minimaalselt 75% ulatuses läbimisel, väljastatakse vastav tunnistus, mis kinnitab 6 akadeemilise tunni läbimist ja/või 6 TP saamist.
- Koolitusele registreerimise tähtaeg on 18.11.2014, registreerimine toimub läbi [registreerimisvormi](#)

TTÜ MÄEINSTITUUT
Ehitajate tee 5, VII korpus,
ruum 202, 19086 Tallinn
Tel: 620 38 50
mi.ttu.ee, maeinst@ttu.ee

Telli koolitusuudised oma meilile

Tellin

Joonis 23-6 Täienduskoolituse kodulehe info jaotus [14]

Seoses kutsesüsteemi käivitamisega mäendusvaldkonnas on aktuaalsed lisaks inseneride koolitustele (

Joonis 23-4) ka 5. kutsetaseme Mäetehniku täienduskursused (Joonis 23-5) [27, 28, 23, 26].

Täienduskoolituste info edastatakse esmalt veebilehe kaudu – <http://mi.ttu.ee/koolitus>, millel on erinevad rubriigid info hankimiseks – on võimalik tellida koolitusinfo e-mailile ning sealjuures ka ise huvitatud teemadest märku anda läbi Täienduskoolituse küsitluse (Joonis 23-2).

Teine variant on registreerida koolitussoov või registreeruda konkreetsele koolitusele läbi Tallinna Tehnikaülikooli täienduskoolituse rubriigi <http://ttu.ee/taiendusoppijale>. Lisaks eelpoolnimetatud kanalitele on täienduskoolituse info levitamiseks olemas ka veebikeskkond <https://www.facebook.com/Taienduskoolitus>, kuhu tuleb info jooksvalt korraldatavate koolituste kohta.

Täienduskoolituse arvestussüsteem

Täienduskoolitusi korraldatakse kahte tüüpi – eriala tutvustavad ning inseneridele suunatud kutsetaset täiendavad koolitused. Viimaseid korraldatakse lähtuvalt valdkonna kutsestandardi nõuetest ning vastavale tasemele esitatud nõuetest:

Arvestussüsteemi keskne näitaja on Eesti volitatud inseneri kutsega spetsialisti ühe akadeemilise tunni pikkuse, küsimust analüüsiva ja üldistava ettekande kuulamine, mis käsitleb aktuaalseid või perspektiivseid küsimusi. Sellele vastab üks täiendusõppe punkt – 1 TP. Et arvesse võtta koolituse väärtust lektori kvalifikatsioonist, loengu sisust ja õppuse kestusest tulenevalt, arvutatakse täienduskoolituse või selle üksiku osa eest saadav täiendusõppe punktide väärtus kolme teguri korrutisena:

Tabel 23-1 Täienduskoolituse punktide väärtuse arvestamine [13]

TP = LK * ÕS * h	
TP	täiendusõppe punkt
LK	lektori erialane ja üldine kvalifikatsioon
1,2	ülikooli või kõrgkooli professor
1,0	ülikooli või kõrgkooli õppejõud, Eesti volitatud inseneri kutsega spetsialist

0,8	diplomeeritud insener või magistrikraad
0,7	erialaspetsialist, kutseline mäetehnik või bakalaureuse kraad
õs	õppuse sisu
1,0	aktuaalsete või perspektiivsete projekteerimise ja uuringute meetodite sisu ja projektide juhtimise meetodite selgitamine, inseneritegevuse eri aspektide praktilise kogemuse üldistamine;
0,9	inseneriarvutuste ja uuringute meetodite üldpõhimõtete selgitamine, projekteerimise ja inseneritegevuse praktilise kogemuse esitamine;
0,7	toote ja tehnoloogiate tutvustus, ettevõtte erialaseminar jm
h	õppuse kestus akadeemilistes tundides

TTÜ Mäeinstituudi poolt korraldatud ja läbiviidud koolitused:

Alljärgnev loetelu sisaldab mäeinseneridega seotud koolitusi. Nendele lisanduvad koolilastele ja teistele sihtgruppidele tehtavad koolitused [4].

2014

21.-24.11.14 Lõhketööd

20.-21.11.14 Mäendusprotsessid

06-07.03, 24-35.03.2014, 31.04.2014 Mäetehniku täienduskursus

2013

30.10-04.11.2013 Lõhketööd ja keskkonnamõju

15-17.05.2013 Mining Waste Management in Estonia

21.-28.03.2013 Mäetehnikute täienduskursus

20.-21.03.2013 Eesti maavarade kaevandamine ja kasutamine, geograafia õpetajatele

08.-12.03.2013 Kivimite töötlemine ja käitlemine

2012

18.12.2012 Põlevkivi kaevandamise ajalugu

06-11.12.2013 Allmaakaevandamine

01.11-15.11.2012 Mäetehnikute täienduskursus

27.-28.09.2012 Eesti maapõu

21.03.2012 Geograafiaõpetajate mäendusala täienduskoolitus

01.-02.03.2012 Kaevandamise tehnoloogia ja seadusandlus
10.01-30.05.2012 KOV keskkonnaspetsialistide mäetööstusalane pädevuskoolituse programm

2011

24.09.2011 Savi maapõues ja Eestis
16.09.2011 Põlevkivi kaevandamine ja kasutus tänapäeval ning kaevandamise mõju keskkonnale
01.09.2011 Kaevandamise tehnoloogia ja seadusandlus
09.06.2011 Kaevandamise jäätmed/jäägid, nende töötlemine ning kasutamine
27.05.2011 Kaevandamise jäätmed/jäägid, nende töötlemine ning kasutamine
02.-03.03.2011 Eesti Maapõuekasutus

2010

15.11.2010 Lõhketööde käitlemine
14.05.2010 Liiva ja lubjakivi kaevandamise tehnoloogiad
03.2010 Mäetööd. Põlevkivi avakaevandamine. Põlevkivi allmaakaevandamine

2009

25-26.11.2009 Metsaparandusvaldkonna töötajate erialane täiendkoolitus. Karjäärade majandamine
27.05.2009 Markšeideritööd karjääris

2008

12.12.2008 Lõhketööd
01.12.2008 Mäetehnika keskkonnaspetsialistidele
23.10.2008 Kaevandatud ala korrastamine

2007

23.10.2007 Ohutusnõuded ja seadusandlus väikekarjäärides
28.05.2007 Projekteerimistarkvarade MINEX ja SURPAC tutvustus
25.05.2007 Kaevandamistehnoloogia
13.04.2007 Maavarade kaevandamise sõlmprobleemid

2006

12.2006 EU Legislation as it affects mining

2002

Mäetööde juhtimisõigus

1992-2001

Mäetööde juhtimisõigus

Artikkel on seotud järgnevate Mäeinstituudi uuringute ja projektidega: AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine Nr 3.2.0501.11-0025 - mi.ttu.ee/etp; uuringuga B36, Kivimi raimamine ja rikastamine valikmeetoditega - mi.ttu.ee/rikastamine; KIK14033 Põlevkivi altkaevandatud alade stabiilsuse hindamine.

Kasutatud allikad

1. Babut, G., Moraru, R., Cioca, L-I. 2009. High level mining education: from unpromising expectations towards real development capabilities. Balkan Regional Conference On Engineering And Business Education & Icebe, Vols I And II, Conference Proceedings Pages: 71-74
2. Diplomeeritud mäeinsener, tase 7 kutsestandard (15-20052014-1.2/3k) [[WWW](#)] (7.11.2014)
3. Elenge, M., Leveque, A., De Brouwer, C. (2013) Occupational accidents in artisanal mining in Katanga, DRC. INTERNATIONAL JOURNAL OF OCCUPATIONAL MEDICINE AND ENVIRONMENTAL HEALTH. 265-274.
4. Geotehnoloogia erala teemalised üritused ja koolitused. Mäeinstituut. <http://mi.ttu.ee/geotehnoloogia/> 2014
5. Grossfeldt, G., Reinsalu, E., Valgma, I. 2012. Mäeinseneride kutseomistamine. Kaevandamine ja keskkond. 176-181. Tallinn
6. Grossfeldt, G., Valgma, I., Kolats, M. 2013. Mining education and qualification framework in Estonia. Agioutantis, Z. (Toim.). Proceedings of the 24th Annual General Meeting of Society of Mining Professors (SOMP 2013). 21 - 25. Milos island, Greece: Heliotopos.
7. Juuse, Lauri, Valgma, Ingo (1995). Mäeinsener - tulevikuga elukutse. Põhjarannik
8. Juuse, Lauri, Valgma, Ingo (1995). Mäemehed võivad tööd leida igas riigis. Eesti Kaevur
9. Karu, V.; Rahe, T.; Närep, E.; Väizene, V.; Costa, J. (2013). Pilot Unit for Mining Waste Reduction Methods. Environmental and Climate Technologies, 39 - 44.
10. Lehtla, T. (2010). Faculty of Power Engineering. Valgma, I. (Toim.). Mäendusuuringud ja kaevandamine (215 - 241). Tallinn: TTÜ Mäeinstituut
11. Mäeinsener, tase 6 kutsestandard (15-20052014-1.1/3k) [[WWW](#)] (7.11.2014)
12. Mäeinseneride 2012 a. kutsestandard. [[WWW](#)] (05.11.2014)
13. [Mäeinseneride ja mäetehnikute kutse andmise kord](#). (Kutsestandardi tähis: 15-20052014-1.3/3k), kehtiv alates 20.05.2014. (07.11.2014)
14. Mäeinstituudi täienduskoolituste koduleht. [[WWW](#)] (10.11.2014)
15. Mäeinstituudi täienduskoolituste Pinterest. [[WWW](#)] (10.11.2014)
16. Mäetehnik, tase 5 kutsestandard (15-19042012-01/1k) [[WWW](#)] (7.11.2014)
17. Nurme, M. (2014). Allu purustuskopa katsed Narva karjääris. Talveakadeemia 2014 kogumik (50 - 59). Tartu: Talveakadeemia
18. Reinsalu, E., Adamson, A. 2007. Mäeinseneride õpetamine Eestis. 90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis. 580 - 589. Tallinn
19. Riigikogu 01.09.2013. a. seadus. [Täiskasvanute koolituse seadus](#) (RT I, 11.07.2013, 19)

20. Uibopuu, L.; Saarnak, M. (2014). Põlevkivi ajalugu, 1. osa: kuidas mäendus sa riikliku juhtimise (1919 - 1944). *Inseneeria*, 46 - 47. 6.3.
21. Uibopuu, L.; Saarnak, M. (2014). Põlevkivi ajalugu, 2. osa: kuidas ja kellele anti kontsessioonilepinguid maavarade kaevandamiseks. *Inseneeria*, 46 - 49. 6.3.
22. Uibopuu, L.; Saarnak, M. (2014). Põlevkivi ajalugu, 3. osa: Eestis sooviti korraldada ka elavhõbeda-, plaatina- ja naftaotsinguid. *Inseneeria*, 48 - 49.
23. Valgma, I. (2009). Mäeinseneride õpetamine juhindub mäeinseneri kutsestandardist. Valgma, I.; Önnis, A.; Reinsalu, E.; Sõstra, Ü.; Uibopuu, L.; Västriku, A.; Robam, K.; Vesiloo, P.; T (Toim.). Mäenduse maine (117 - 124). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
24. Valgma, I. (2009). Mäeinseneride õpetamine vastavalt mäeinseneri kutsestandardile. Põlevkivi kaevandamise, töötlemise ja hariduse perspektiivid (55 - 62). Kohtla-Järve: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
25. Valgma, I. (2013). Eesti mäendus. Valgma, I. (Toim.). Mäendusõpik : veebiõpik kaevandamisest, rakendusgeoloogiast ja geotehnoloogiast (600 - 608). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut
26. Valgma, I. (Koostaja) (2004). Mäeinseneride ettevalmistus ja kvalifikatsioon : Eesti mäekonverents : [19. märts] 2004, [Tallinn]. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool
27. Valgma, I. (toim.) (2009). Geotehnoloogia. CD-ROM
28. Valgma, I. (toim.) (2009). Mäenduse maine. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
29. Valgma, I.; Eilo, K.; Voog, R. (2011). Explosive education and legal aspects in Estonia.
30. Valgma, I.; Kolats, M.; Uibopuu, L.; Lüüde, A.; Saarnak, M.; Reinsalu, E.; Nurme, M. (2014). Mäenduse tehnoloogia areng Eestis. In: Ressursid ja energiasääst: Ressursid ja energiasääst 2014. (Toim.) I. Valgma. Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut, 2014.
31. 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 School of Energy and Geotechnology, Pärnu, Estonia, 16-21.01.2012 (229 - 238). Tallinn: Elektriaram
32. Valgma, I.; Vesiloo, P. (2011). Underwater blasting experiments in Estonia. In: International Conference on Explosive Education and Certification of Skills: Explosive Education and Certification of Skills, Riia, Läti, 12-13 Aprill 2011. (Toim.) Olga Mutere. Riga: Riga, Latvia University, 2011, 37 - 39.
33. Volitatud mäeinsener, tase 8 kutsestandard (15-20052014-1.3/3k) [[WWW](http://www.mi.ttu.ee)] (7.11.2014)
34. Väizene, V.; Valgma, I.; Iskül, R.; Kolats, M.; Nurme, M.; Karu, V. (2013). High selective oil shale mining. *Oil Shale*, 30(2S), 305 - 325.

24. Põlevkivi rikastamisjääkide ladustamine ja alternatiivne kasutamine

Stanislav Ignatovets, Ingo Valgma

Maavarade kaevandamisel maailmas tekkib suurtes kogustes kaevandamisjääke, mida tuleb ladustada või vastavalt omadustele taaskasutada. Erandiks ei ole ka Eestis olev tähtsaim maavara põlevkivi. Põlevkivi lausväljamisel kaevandatud mäemassi rikastatakse vajaliku kütteväärtuse kaubapõlevkivi saamiseks ning rikastamisjäägi eraldamiseks [8]. Rikastamine on vajalik, kui tooraines olevate väärtuslike koostisosade sisaldus ei ole piisav selle edasiseks kasutamiseks. Tänapäeval vajab Balti Elektriijaam põlevkivi kütteväärtust 8,4 MJ/kg ja Eesti Elektriijaam vastavalt sellele, mis plokis põlemine toimub, põlevkivi kütteväärtusega 7,0 - 8,4 MJ/kg. Põlevkivi vastava kütteväärtuse tagamiseks eraldatakse põlevkivist kaks väiksema kütteväärtusega komponenti: peakivi ja suletised [3]. Suurema osa jäätmetest, mis lähevad ladustamisele rikastamisjäätmete hoidlatesse Eestis moodustab põlevkivi aheraine, mis koosneb madalakvaliteedilisest lubjakivist ja põlevkivist. Aheraine koostise omadused suuremas hulgas sõltuvad rikastusvabriku ja kasutatud tehnoloogia protsesside efektiivsusest [5].

Aheraine ladustamiskogus ulatub 5. miljoni tonnini igal aastal. Ladustamisele on kehtestatud ka vastavad saastetasud, mis on reguleeritud keskkonnatasude seaduse poolt. Aheraine ladustamise eest 2006 aastal tuli riigile maksta 0,38 €/m³, 2011 aastal tuli maksta 0,76 €/m³ ning 2014 aastal saastetasu kerkis 1,09 €/m³-ni [4]. Seega on nõudlus kasutada loodusvarasid ratsionaalsemalt [1]

Antud artiklis uurime, mis tüüpi jäätmehoidlatega on Eestis tegemist, kuidas seadusandlus reguleerib taoliste objektide hoidmist ja kasutamist, nende liigitamist riskikategooriatesse ning milliseid alternatiivseid võimalusi on aheraine taaskasutamiseks.

Rikastamisjääkide ladustamise reguleeriv seadusandlus

Rikastamisjääkide ladustamist on reguleeritud ka Euroopa Parlamendi poolt vastavas seadusandluse direktiivis. Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivis 2006/21/EÜ [2] on öeldud, et rikastamisjäätmete tekkega oleks tagatud järgmised eesmärgid:

- antud jäätmete ohtlikkuse taset tuleks vähendada ja need peaksid olema nii ohutud kui võimalik,
- eelistada tuleks taaskasutamist ja ringlussevõttu
- kõrvaldatavate jäätmete kogus peab olema viidud miinimumini ja kõrvaldatud ohutult. [2]

Eesmärgiks on kehtestada sellistele objektidele miinimumnõuded, et võimalikult vähendada kahjuliku mõju, mis võib põhjustada keskkonna ja inimese tervise halvenemise tööstuse jäätmete käitlemisega.

Ladestatud rikastamisjääke puistangusse liigitakse vastavalt oma omadustele, kas A- või B- riskikategooriasse vastavalt jäätmeseaduse 35. paragrahvile [6]. Eesti Jäätmeseaduses [6] on kirjas, et A-kategooria jäätmeoidla määratakse, kui see vastab järgmistele asjaoludele:

- jäätmeoidla praegust või tulevast suurust, asukohta ja keskkonnamõjuarvesse võttev analüüs näitab, et rike, näiteks puistangu varing või väär käitamine võib põhjustada suurõnnetuse,
- jäätmeoidlas on jäätmeseaduse kohaselt ohtlikeks jäätmeteks klassifitseeritud jäätmeid üle teatava piiri,
- jäätmeoidlas on kemikaaliseaduse kohaselt ohtlikeks aineteks klassifitseeritud üle teatava piiri. [6]

Samas Euroopa Parlamendi direktiivis 14 lõigus on kehtestatud ka vastavad tingimused jäätmeoidlate käitajatele, kus iga A-kategooria jäätmeoidla käitaja võtab vastu jäätmetest tuleneva suurõnnetuse vältimise põhimõtted ning parema võimaliku tehnika. Peavad olema läbitöötatud hädaolukorra lahendamise kavad ja inimeste teavitamine, kes satuvad ohutualasse. Vastavalt direktiivile rikastamisjäätmehoidlate projekteerimisega, neile asukoha määramisega ning nende haldamisega tegelevad isikud peavad olema tehniliselt pädevad. Seadusandluses on kehtestatud ka kontrollkord, mida kohaldatakse nii hoidla tegutsemise ajal kui ka pärast sulgemist. Selliste objektide kontroll meetmeid kehtestab ja viib läbi iga Euroopa Liidu liikmesriiki pädevad organisatsioonid [2].

Rikastamisjäätmehoidlad

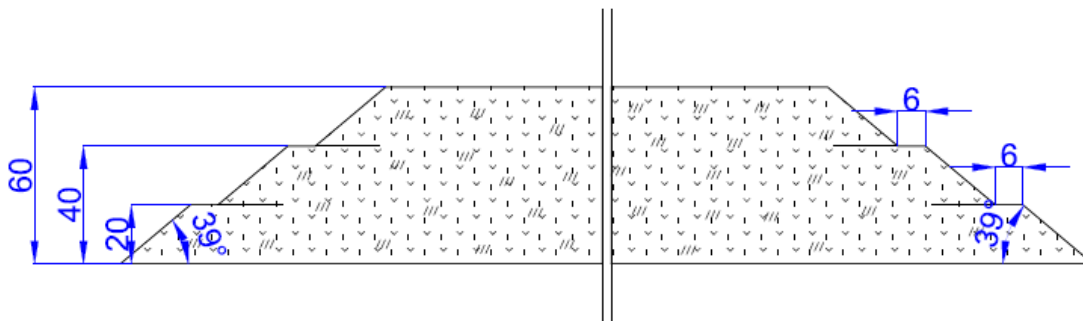
Eestis on 34 rikastamisjäätmehoidlat ja enamus neist paikneb Ida-Virumaal [10]. Tänapäeval ladestatud aheraine puistanguid saab liigitada B-riskikategooria jäätmeoidlate hulka, sest ladestatav aheraine on vähese organiliseaine sisaldusega, mis teeb materjali inertseks ja ei kujuta suurt ohtu ümbruskonnale.

Varasematel perioodidel kasutati aheraine ladustamiseks vagonette, mille tagajärjel kujunesid koonilised terrikoonikud. Kooniliste aheraineladestuste süttimise ohufaktor esineb nende järskudes nõlvades, seal on aheraines olevaleorgaanilisele ainele parim õhu juurdepääs ja esinevad võimalused õhuvooluga nn. tõmbe tekkeks. Põlengud põhjustavad muutuseid mineraalses koostises aheraineladestute sees, püsib ohtlike orgaaniliste ainete teke ja võimalus reostunud nõrgvee kõrge aluselisusega ja sulfaatide sisaldusega tekke. Antud ohud võivad ilmned aastakümneid pärast aheraineladestute põlemist, sest temperatuur puistangutes väheneb väga aeglaselt [9].

Tänapäeva aheraineladestu planeerimise tüübiks on lamepuistangud (platoode) (Joonis 24-1), see vähendab isekuumenemise ja süttimise võimalust [10]. Lamepuistangu tüübi jäätmeoidlatel on kuni kolm puistekihti iga paksusega 20 meetrit ning nõlvade nurgad on planneritud kivimite loomuliku varisemise kaldenurgaga (Tabel 24-1).

Tabel 24-1. Jäätmeoidla parameetrid. [8]:

Jäätmeoidla kuju	Horisontaalne lamepuistang
Ühe puistekihi paksus	20 m
Puistekihtide arv	3
Maksimaalne lubatud jäätmeoidla kõrgus	60 m
Nõlvade nurgad	39°
Maaeraldise jäätmeoidlale	200 ha



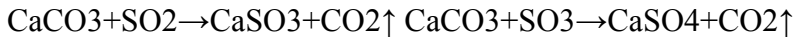
Joonis 24-1. Jäätmeoidla planeerimise skeem. [11]

Aheraine alternatiivne kasutamine

Osa ladestatud aherainest saab kasutada ka alternatiivsel moel. Antud tootmisjäätmeid ja jääke saab kasutada täitesegude valmistamiseks. Näiteid võib tuua Poolast, Prantsusmaalt, Saksamaalt, Soomest, Belgiast, Iirimaa. Üheks perspektiivsemaks suunaks on kasutada ladustamisele minevat aherainet ja põlevkivituhka kaevandusekaeveõõnte täitmiseks [3]

Tänapäeval kasutakse väikest osa ladestamisele minevast aherainest täitematerjalina kohalike teede ehituseks. Täitematerjalide omaduste peamiseks probleemiks on madal külma- ja purunemiskindlus, mis on tingitud täitematerjalis olevast põlevkivist. Vajalik on leida lahendus rikastamisprotsessidel, mis võimaldaks eraldada kõik põlevkivi osakesed [5].

Aherainest saab teha lubjakivi killustiku fraktsioonidega 4-16, 16-32, 32-64mm. Tootmistehnoloogia lubab toota killustiku stabiilsete purunemiskindlate näitajatega ja omadustega IV klassi ($LA \leq 35$) killustikku, mis lubab killustiku kasutada teede ehituseks. Narva Elektriijaamad katsetasid aga tänavu killustiku fraktsiooni 4-32 lisamist põlevkivikatlasse, et vähendada väeveldioksiidi heitkoguseid.



Sellisel juhul temperatuur ei tohi olla SO_2/SO_3 sidumisel väga kõrge, vastasel juhul hakkavad lagunema ka CaSO_3 ja CaSO_4 .

Täitematerjali külmakindlus määrab ära aheraine kasutamise võimalusi [4]. Aherainekillustiku peamiseks piiranguks siiani on olnud kõrged transpordikulud, kuna tootmine asub suurematest tarbimis piirkondadest kaugel. Põlevkivi killustikuturg ja tarbimisregioon on peamiselt Ida-Virumaal kuni 100 km raadiuses. Killustiku transportimine Tallinnusse läheb maksma ligikaudu poole aherainekillustiku hinnast. Samas laiemal killustiku kasutamisele võtuga suureneb ka taaskasutatava aheraine kogus. Laiema kasutuse eelduseks on aherainekillustiku nõudluse olemasolu ja konkurentsivõimeline hind [4].

Kokkuvõte

Põlevkivi rikastamisel jääkproduktiks on põlevkivi aheraine, mida tuleb ladestada aheraine hoidlatesse. Varasematel aegadel ladestati koonilistesse terrikoonikutesse, mis olid suure orgaanilise aine sisaldusega ja isesüttimise ohuga. Vastavalt Euroopa Liidu direktiivile [2] ja Eesti Vabariigi Jäätmeseadusele [6] ladestatud jäätmehooldlaid liigitakse vastavalt hoidla tüübist kas A või B riskikategooriasse ja reguleerib ka vastavad ohutuse meetmeid nende kasutamisel. Tänapäeval kasutuses olevad Eestis lamepuistangud, liigitakse jäätmeseaduse kohaselt B-riskikategooriasse, tänu väikesele orgaanilise aine sisaldusele ja leevendatud isesüttimise võimalusele.

Ladestatud aheraine eest tuleb vaatamata riskikatergooriale maksta saastemakse, mis iga aasta suurenevad, seega tuleb kasutada tekkinud jääke ratsionaalsemalt. Aherainet saab kasutada täiteseguda valmistamiseks, täitematerjaliks või killustikuna teedeehitusel. Kuigi suurt kasutusele võttu piirab antud materjali madal- külma ja purunemiskindlus.

Kuni põlevkivi kaevandamine jätkub - rikastamisjäätmete teke ei kao kusagile, tuleb tegeleda põlevkivi jäätmete kasutamise alaste uuringutega.

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – mi.ttu.ee/etp.

Viited

1. E. Puura, „Technogenic minerals in the waste rock heaps of Estonian oil shale mines and their use to predict the environmental impact of the waste,“ Oil Shale, kd. 16, pp. 99-107, 1999.
2. Euroopa Liidu seadusandlus, „Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2006/21/EÜ,“ 15. märts 2006.
3. J.-R. Pastarus, I. Valgma ja A. Adamson, „Põlevkivi kasutamise jätkusuutlikkusest,“ TTÜ Mäeinstituut, pp. 1-2, 2008.
4. Keskkonnaministeerium, „Keskkonnakaitse majandushoobade arendamine jäätmemajanduses,“ 2008. [[WWW](#)]. [Kasutatud 18 september 2014].
5. R. Kukk, „Põlevkivi aheraine kasutamise ja ümbertöötlemise võimalused,“ Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut, pp. 70-73, 2012.
6. Riigi Teataja, „Jäätmeseadus,“ 24 juuni 2013. [[WWW](#)]. [Kasutatud 18 september 2014].
7. Riigi Teataja, „Keskkonnatasude seadus,“ 01 jaanuar 2014. [[WWW](#)]. [Kasutatud 30 september 2014].
8. T.Tohver, „Põlevkivi kaevandamis- ja rikastamisjääkide kasutamine,“ 2011. [[WWW](#)]. [Kasutatud 18 september 2014].
9. T.Tohver, „Utilization of waste rock from oil shale mining,“ Oil Shale, kd. 27, pp. 321-330, 2010.
10. Tamm ja T. Ideon, Suletud, sh peremeheta jäätmeoidlate inventeerimisnimestiku koostamine I etapp, Tallinn: As Maves, 2011.
11. Viil, Jäähoidla formeerimise tehnoloogiline skeem nr 2, Jõhvi: Eesti Põlevkivi AS Estonia Kaevandus, 2003, pp. 1-2.

25. Võllpurustuskopa eelised lõugpurustuskopa ees

Mark Meema, Veiko Karu

Sissejuhatus

Tänapäeva mäetööstuse üheks eemärgiks on keskkonnasäästlik ning võimalikult väikeste kadudega kaevandamine. [25, 26, 29, 30] Eesti põlevkivi kaevandatakse allmaakaevandamisel kamberkaevandamise meetodiga, mille kadudeks on nüüdseks juba 40...45%, kuna kaevandamissügavus suureneb ja seetõttu tervikud peavad olema suuremad. Ülejäänud 55...60% läheb tootmisesse ehk elektrienergiaks või õliks. Tootmisprotsessis tekivad lisaks juurde oma kaod. Eestis on kehtestatud maavara kaevandamiseõiguse tasu, mille ülem- ja alammäär on kirjas Keskkonnatasude seaduses peatükk 2. § 9 ning ka riigile kuuluva maavaravaru kaevandamiseõiguse tasumäärad § 1. [6, 27] Vastavalt sellele on ettevõtte huvi võimalikult väikeste kadudega kaevandamine. Selleks, et kütus elektrienergia või õli tootmiseks vastaks nõuetele, tuleb kaevist rikastada. Selleks kasutatakse Eestis raskes vedelikus rikastamist. [28] Kaevise purustamiseks kasutatakse suurel määral lõugpurustit, mille maksumus on suur ning „tühjooksu volutarve on vahemikus 40-50% oma nimivõimsusest“ [8]. Alternatiivina võib kasutada kuivrikastamist ehk rikastamist purustuskopa abil, kus põlevkivist eemaldatakse lubjakivi. [2] Põlevkivi rikastamise katseid on tehtud Eestis 2013. aastal Narva karjääris [1]. Põhiküsimus on, mis koppel on otstarbekam kuivrikastamist teostada.

Meetodid

Kuivrikastamiseks saab kasutada erinevat tüüpi purustuskoppasid. Kõige enam kasutatavateks purustuskoppadeks on lõug- ning võllpurustuskopp. „Kaevise tükisuurus sõltub purustamisviisist“ [7] antud juhul saab erinevaid purustuskoppasid käsitleda kui erinevaid kaevise purustamisviise ning neid omavahel võrrelda. Purustuskopa valikul on oluline, et see purustaks kaevist nii, et oleks võimalus kasulik maavara eraldada aherainest. Seda omadust arvestades, saab tuua välja erinevate purustuskoppade eelised ja puudused üksteiste ees. Pärast esimest valikukriteeriumite tegemist järgnevad tavaliselt katsetööd. Katsetööde käigus saab kasutada ja katsetada erinevaid koppasid ja purustamisviise, et otsustada, milline variant konkreetsele maavarale on parim [11, 12, 13, 14]. Narva karjääris on tehtud katseid võllpurustuskopaga [22]. Tekib küsimus, miks kasutatakse võll-, mitte lõugpurustuskoppa. Üheks põhjuseks on vajadus kivimit selektiivselt purustada [23, 24]. Mis annab selle, et kasulik materjal puruneb ja aheraine ei purune mille tulemusena on neid lihtsam omavahel eraldada. Lisaks on olemas võimalus tekkinud jääke ümber töödelda ning samuti sealt kasulikuma osa kätte saada

[15, 17, 18, 19, 20]. Kui õnnestub põlevkivi näite puhul eraldada põlevkivi ja lubjakivi, siis eraldatud aherainet saab kasutada täitematerjalina kaevanduste täitmisel, mis toob kaasa keskkonnahoiu [16, 21]. Põlevkivi kasutamise puhul toob see kaasa kvaliteedi kontrolli ja kõrge selektiivsuse [9, 10]. Mis purustuskoppa kasutada ja mida valikul oluliseks pidada?

Tulemused

Purustuskopp on tööorgan, mis omaette tööd teha ei saa. Ta tuleb kinnitada ekskavaatorile või kopplaadurile. Kui võrrelda kahte eelnevalt mainitud koppa, siis vajavad nad erinevate parameetritega ekskavaatoreid või kopplaadureid. Selles valdkonnas oleksid Allu [4] poolt kasutatavad tööorganid vähem keskkonnasäästlikumad, kuna vajavad suuremaid mäemasinaid. Vastavalt vajaks MB tööorgan ekskavaatorit, mille mass peab olema vähemalt 70 tonni ning Allu tööorgan vajaks ekskavaatorit massiga vähemalt 120 tonni. Seega vajaks Allu poolt pakutav tööorgan ekskavaatorit, mille maksumus oleks peaaegu kaks korda kallim, kuigi tootlikkus on 5 korda suurem. (Tabel 25-1, Joonis 25-1).

Näiteks Soome firma Allu poolt pakutav suurim võllpurustuskopp M 4-25 [4], mida on näha joonisel (Joonis 25-2) 4, kinnitatakse ekskavaatorile ning vastavalt joonisele 1 on see tööorgan võimeline põlevkivi purustama kuni 600 tonni tunnis [4]. Itaalia firma MB poolt pakutava lõugpurustuskopa BF 150.10 [3], mida on näha joonisel (Joonis 25-3), tootlikus on vastavalt joonisele 25-1 120 tonni tunnis [3]. Kuna Soome firma poolt pakutav toode suudab põlevkivi purustada 5 korda rohkem kui MB poolt pakutav purustuskopp, on loomulik, et valitud on suurema tootlikkusega töövahend. Põlevkivi kütvus sõltub sellest, kui palju on temas aherainet. Eesti kukersiit põlevkivis on aheraineks lubjakivi, mis kütvust vähendab, kuid põlemisel seob ka keskkonnale kahjulikke elemente. Eestis kasutatakse kütvuse tõstmiseks rikastamist raskes vedelikus, kus kergem (põlevkivi) jääb vedeliku pinnale ning raskem (lubjakivi, põlevkivi koos suletistega) vajub põhja. Rikastamist on võimalik teha ka purustuskopaga, kuid kahe firma poolt pakutavate tööorganite tulemused on täiesti erinevad. Kui kasutada rikastamiseks Allu poolt pakutavat koppa, siis pärast põlevkivi purustamist jääb lubjakivi võllpurusti võllide peale ning seega on võimalus lubjakivi kuhjata aherainepuistangusse. Purustamise tulemusel saame kütuse, mille kütvus on tõusnud. Kasutades MB poolt pakutavat lõugpurustuskoppa saab küll maavara ära purustada, kuid ei toimu lubjakivi eemaldamist põlevkivist, kuna kõik mis lõugpurustuskopa lõugade vahelt läbi läheb, tuleb ka välja. Põlevkivi ja aheraine eraldamiseks peame kasutama kas sõelumist või rikastamist raskes vedelikus.

Tabel 25-1 Allu tööorganite parameetrid [4]

Ekskavaatorid 50-160 t				
Mudel	Ekskavaatori mass	Kopa maht	Kopa mass	Tootlikus
M 3-20	50 -70 t	3,8 m ³	7 000 kg	350 t/h
M 3-25	70 – 120 t	4,7 m ³	9 000 kg	500 t/h
M 4-25	120 – 160 t	6,2 m ³	12 000 kg	600 t/h
Kopplaadurid 30-90 t				
Mudel	Kopplaaduri mass	Kopa maht	Kopa mass	Tootlikus
M 3-27	30 - 50 t	4,5 m ³	7 500 kg	250 t/h
M 3-32	50 – 70 t	6,5 m ³	10 500 kg	350 t/h
M 4-32	60 – 90 t	8,5 m ³	13 500 kg	450 t/h

Tabel 25-2 MB tööorganite parameetrid [4]

Ekskavaatorid ja kopplaadurid			
Mudel	Soovitatav ekskavaatori või kopplaaduri mass	Kopa mass	Kopa maht
MB-C50	4 t	0,75 t	0,25 m ³
BF 60.1	8 t	1,5 t	0,60 m ³
BF 70.2	14 t	2,25 t	0,66 m ³
BF 90.3	20 t	3,5 t	0,90 m ³
BF 120.4	28 t	4,9 t	1,30 m ³
BF 150.10	70 t	10,5 t	2,30 m ³
MB-L 120	2,8 t	0,95 t	0,30 m ³
MB-L 140	3 t	0,98 t	0,40 m ³
MB-L 160	4,5 t	1,35 t	0,50 m ³

mm	BF 60.1	BF 70.2	BF 90.3	BF 120.4	BF 150.10	MB-C50	MB-L120	MB-L140	MB-L160	MB-L200
200				m ³ /h	120					
140			m ³ /h	50	80					
135		m ³ /h	40	48,6	76,7					
120	m ³ /h	30	36,5	44,4	66,6					
110	19,8	28	34,2	41,6	60					
80	15,8	22	27,2	33,2	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h		
60	13	18	22,5	27,6		10	14	16	m ³ /h	m ³ /h
50	11,7	16	20,2	24,8		8,6	12,2	14,2	18	20
30	9	12	15,5	19,2		5,97	8,6	10,6	11,2	14,2
15	7	9	12	15		4	6	8	9	10

Joonis 25-1. MB tööorgane tootlikus [3]



Joonis 25-2. Allu purustuskopp [5]



Joonis 25-3. MB purustuskopp [3]

Kokkuvõte

Põlevkivi kasutamisel kaod järjest suurenevad. Vaja on leida moodus, kuidas põlevkivi ja lubjakivi efektiivsemalt eraldada ja tagada kütuse kvaliteet. Üheks võimaluseks on kasutada purustuskoppa. Kui vaadata kahe firma poolt pakutava purustuskopa tootlikkusi võib öelda, et põlevkivi kuivrikastamiseks oleks majanduslikult mõistlikum kasutada Allu poolt pakutavaid tööorganeid. Võrreldes MB poolt pakutavate lõugpurustuskoppadega on Allu poolt pakutavatel tööorganitel tunduvalt suurem tootlikkus ning lisafunktsioon, mis seisneb lubjakivi eraldamises põlevkivist. Tänu sellele saab ettevõtte suurema kasumi kuna põlevkivi on parema kvaliteediga. Kuivrikastamisega seotud katsetööd jätkuvad erinevate uuringutega nii laboratoorsel tasandil kui tööstuses.

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – mi.ttu.ee/etp ja B36 Kivimi raimamine ja rikastamine valikmeetoditega - mi.ttu.ee/rikastamine.

Viited

1. Allu purustuskopa katsed [[WWW](#)] (21.09.12)
2. Allu purustuskoppade artikkel , ALLU Screener Crusher Bucket Improves Efficiency In Recycle Applications [[WWW](#)] (21.09.14)
3. MB purustuskopad [[WWW](#)] (22.09.14)
4. Allu purustuskopad [[WWW](#)] (22.09.2014)
5. Allu purustuskopp [[WWW](#)] (22.09.14)
6. Keskkonnatasude seadus [[WWW](#)] (19.09.14)
7. Deniz, V, A Study on the Effects of Coal Feed Size and Coal Type on the Performance of a Laboratory Jaw Crusher
8. Numbi, B.P.; Zhang,J.; Xia,X., Optimal energy management for a jaw crushing process in deep mines [[WWW](#)]
9. Väizene, V.; Valgma, I.; Iskül, R.; Kolats, M.; Nurme, M.; Karu, V. (2013). High selective oil shale mining. Oil Shale, 30(2S), 305 - 325.
10. Valgma, I.; Reinsalu, E.; Sabanov, S.; Karu, V. (2010). Quality control of Oil Shale production in Estonian mines. Oil Shale, 27(3), 239 - 249.
11. Karu, V.; Rahe, T.; Närep, E.; Väizene, V.; Costa, J. (2013). Pilot Unit for Mining Waste Reduction Methods. Environmental and Climate Technologies, 39 - 44.
12. 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 School of Energy and Geotechnology II, Pärnu, Estonia, 14-19.01.2013 (278 - 280). Tallinn: ElektriJam
13. 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 Izdevniecība

14. 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
15. 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
16. Pastarus, J.-R.; Šommet, J.; Valgma, I.; Väizene, V.; Karu, V. (2013). Paste fills technology in condition of Estonian oil shale mine. v. Asone (Toim.). Environment. Technology. Resources (182 - 185). Rezekne: Rēzeknes Augstskola
17. Karu, V.; Notton, A.; Gulevičs, 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
18. 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: Elektri ajam
19. Karu, V.; Leiaru, M.; Valgma, I. (2012). Kaevandamisjääkide andmebaas. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Karu, V. (Toim.). Kaevandamine ja keskkond (57 - 62). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
20. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Saarnak, M. (2013). Technologies for Decreasing Mining Losses. Environmental and Climate Technologies, 11(1), 41 - 47.
21. 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: Heliotos
22. Nurme, M. (2014). Allu purustuskopa katsed Narva karjääris. Talveakadeemia 2014 kogumik (50 - 59). Tartu: Talveakadeemia
23. Karu, V.; Rahe, T.; Saarnak, M.; Lüütre, E.; Nurme, M.; Valgma, I. (2013). Selective crushing methods for oil shale mining with crushing buckets in Estonia. International Oil Shale Symposium Tallinn, Estonia, 10.-13.06.2013. Enefit, 2013.
24. Valgma, I.; Kolats, M.; Leiaru, M.; Adamson, A. (2012). Kivimite valikpurustamine. Valgma, I.; Väizene, V.; Kolats, M.; Karu, V. (Toim.). Kaevandamine ja keskkond (10 - 28). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut
25. Keskkonnavastutuse seadus [[WWW](#)] , (30.10.14)
26. Keskkonnaseire seadus [[WWW](#)] (30.10.14)
27. Riigile kuuluva maavaravaru kaevandamiseõiguse tasumäärad [[WWW](#)] (30.10.14)
28. Maapõueseadus [[WWW](#)] (30.10.14)
29. Kaevandamise seadus [[WWW](#)] (30.10.14)
30. Säästva arengu seadus [[WWW](#)] (30.10.14)

26. Modelleeritud müramudeli kehtivus Eesti õigusruumis

Ain Anepaio

Sissejuhatus

Täna on säästliku kaevandamise arendamise kõrval oluline komponent keskkonnamõtjude prognoosimine. Kui riistvara ja tarkvara, millega mudeleid genereeritakse, arenevad hoogsasti, siis seadused ja määrused, mis määraksid müramudelites kasutatavaid piirarve, kaasajastuvad aeglaselt või puuduvad üldse.

Mõõteseadus (Mõõteseadus, RT I, 15.03.2014, 17) sätestab tingimused mõõtjale, kes peab garanteerima mõõteandmete õigsuse. Sotsiaalministri määrus müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja mürataseme mõõtmise meetodid (Müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja mürataseme mõõtmise meetodid, RTL 2002, 38, 511) seab tingimused missuguseid müramõõtmise seadmeid peab müra mõõtmisel kasutama [1, 2].

Mõõteseadus ja sotsiaalministri määrus müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja mürataseme mõõtmise meetodid määravad ära tingimused, mis toimuvad enne müramudeli loomist, siis mis saab kitsaskohtadest, mis tekivad müra modelleerimise tulemusel koostatud müramudeliga [1, 2].

Analüüs

Esimene etapp modelleerimises on andmete kogumine. Müra puhul, tähendab see müra mõõtmist konkreetse müraallika juures. Vaadates Eesti seadusi, siis mõõteseadus § 5 lg 1 sätestab, et mõõtetulemuste jälgitavus on tõendatud, kui mõõtmised on teinud pädev mõõtja ja lg 5 mõõtja erialane pädevus on hinnatud ja tõendatud Eesti akrediteerimisasutuse poolt [1]. Lisaks täpsustatakse sotsiaalministri määruses müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja mürataseme mõõtmise meetodid § 10 lg 2, et mõõtmised tehakse seadmetega, mis vastavad vähemalt klassi 1 nõuetele [2]. Need tingimused annavad eelduse, et andmed mida me mudelites kasutama hakkame on piisava usaldusväärsusega.

Kui meil on usaldusväärsed andmed olemas, algab järgmine etapp - modelleerimine. Arvutusmetoodika valikul, tuleb lähtuda eesmärgist saada võimalikult tõepärane tulemus [3]. Sotsiaalministri määruses müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja mürataseme mõõtmise meetodid § 5 lg 4, § 6 lg 1 ja § 7 lg 2 on välja toodud piirnormid ja § 11 lg 3-5 valemid, kuidas lubatud müratasemeid arvutada [2].

Müratasemete prognoosimisel kasutatakse standardeid. Standardid ISO 9613-1 ja ISO 9613-2 on hetkel kehtivad dokumendid, mis on ühtlustanud müra arvutamise meetodikaid [4, 5]. Modelleerimistarkvaras CadnaA kasutavad riigid müratasemete prognoosimiseks erinevaid ISO standardeid erinevate müraallikate puhul. Samas on kokkulepitud Euroopa Liidu siseselt kui ka rahvusvaheliselt kasutatavad standardid, et andmed oleksid omavahel võrreldavad (Tabel 26-1). Samalaadne süsteem on kasutusel ka teiste modelleerimistarkvarade puhul, mis tõstab nende usaldusväärsust.

Tabel 26-1 Programmis CadnaA kasutatavad standardid [6]

Riik	Müraallika tüüp			
	Tööstus	Autoliiklus	Raudteeliiklus	Lennuliiklus
Saksamaa (VDI)	VDI 2714 / 2720	RLS-90	Schall 03	AzB 1975
Saksamaa (TA Lärm)	ISO 9613	RLS-90	Schall 03	AzB 1975
Saksamaa (VDI)	DIN 18005 (1987)	DIN 18005 (1987)	DIN 18005 (1987)	DIN 45684
Austria	ÖAL 28	RVS 4.02	ONR 305011	ÖAL 24
Šveits	ISO 9613	STL 86	Semibel	AzB 1975
Skandinaavia	Nordic Pred. Method	Nordic Pred. Method	Nordic Pred. Method	AzB 1975
Prantsusmaa	ISO 9613	NMPB-Routes-96	NMPB-Fer	AzB 1975
Suurbritannia	ISO 9613	CRTN	CRN	AzB 1975
EL kokkulepe	ISO 9613	NMPB-Routes-96	SRM II	ECAC Doc. 29
Rahvusvaheline	ISO 9613	RLS-90	Schall 03	AzB 1975

Standardid määravad küll kokkulepitud arvutusmeetodika, kuid ei reguleeri tarkvaradega andmete manipuleerimist [7]. Näiteks tuleb igas mudelis ära määratleda mürataseme väärtuse kujutamise pinna suurus. Taaskord ei reguleeri seda seadused ega määrused, kuid selle kohta on tehtud uuringuid. Hispaania teadlased modelleerisid 2x2km suuruse ala müramudeli erinevate ruudustikega ning said tulemuseks, et kui nad kasutasid ruudu suurust 10x10m, siis mudel näitas 9 erinevat mürataset ja ruudu suurusega 150x150m oli vähese detailsuse tõttu tulemuseks ainult 6 erinevat mürataset [8]. Olukorras, kus ala suuruseks on 8x4,5km, näib ruudu suurus 10x10m olevat piisav, et anda adekvaatne ülevaade müra levikust (Joonis 26-1).



Joonis 26-1 Müramudel, andmepunkti suurus on 10x10m [9]

Üks oluline asi, mida seadused täna ei reguleeri on modelleerija pädevus. Kas modelleerida võib inimene, kes pole keskkonna mõjusid õppinud, kuid on juhendi läbilugenud ja oskab tarkvara kasutada. Kas see isik võib kirjutada järeldusi, mille tulemusena kaevandatakse üles mitmeid hektareid maad. Artiklis „Good practice in the use of noise mapping software“ Douglas Manvell ja Erwin Hartog van Banda analüüsivad just seda olukorda, kuidas inimene mõjutab mudeli tulemusi [10]. Lisaks modelleerijale, analüüsisid nad ka teisi osapooli, kes modelleerimisega tegelevad: programmeerijad, meetodika väljatöötajad ja kasutajad. Uuringu lõpus jõudsid nad tulemuseni, mis tagab kvaliteetse mudeli kasutamise ja tulemuste tõlgendamise:

- kasutaja teadmised standarditest,
- kasutaja teadmised tarkvarast,
- standarditest arusaamine,
- tarkvara dokumentatsioon ja standardite rakendamine,
- kvaliteedi tagamine tarkvara kasutamisel,
- tarkvara seadistuse dokumenteerimine tulemuste kontrollimiseks,
- kasutaja poolt tehtav sisendandmete kvaliteedi ja mõju analüüs. [10]

Oma uuringus viitavad Manvel ja Hardog van Banda veel sellele, et seaduse loojad peavad looma seadusi mis reguleeriks modelleerimist. Siit võib järeldada, et ka teistes

Euroopa riikides puudub seadusandlus mis reguleeriks modelleerija pädevust. On küll viidatud, et kui isik on tegelenud modelleerimisega pikalt, siis võib lugeda tema oskusi piisavaks. [10]

Kokkuvõte

Kokkuvõtvalt võib öelda, et täna reguleerivad Eesti seadused ja määrused, mudeli jaoks andmete kogumist. Edasine analüüs, aga tugineb juba inimeste oskustest ja tõekspidamistest. Mudelites kasutatavaid meetodikaid on mitmeid ning see jätab võimaluse andmetega manipuleerida vastavalt vajadustele. Regulatsioon puudub ka Euroopa direktiivides. Selline olukord näitab, et tehnoloogia on jõudnud seadusloomest mitme sammu võrra ette ja see annab võimaluse kahelda modelleeritud müramudelite õigsuses.

Tekkinud situatsiooni parandamiseks tuleb erinevate Euroopa Liidu riikide uuringute põhjal koostada direktiivid, mis määratleksid müramudelites kasutatavad tingimused.

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – mi.ttu.ee/etp.

Viited

1. Riigikogu 01.07.2014 seadus. [Mõõteseadus](#) (RT I, 15.03.2014, 17)
2. Sotsiaalministri 01.07.2002 määrus. [Müra normtasemed](#) elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja mürataseme mõõtmise meetodid (RTL 2002, 38, 511)
3. Guide to Predictive Modelling for Environmental Noise Assessment, National Physical Laboratory, 2011
4. ISO 9613-1:1993 Acoustics -- Attenuation of sound during propagation outdoors - - Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere
5. ISO 9613-2:1993 Acoustics -- Attenuation of sound during propagation outdoors - - Part 2: General method of calculation
6. CadnaA kasutusjuhend, Datakustik 2009
7. Hartog van Banda E., Stapelfeldt H., 2005. Implementing prediction standards in calculation software, the various sources of uncertainty, Proceedings Forum Acusticum, Budapest
8. Merchan C. I., Diaz-Balteiro L. 2013. Noise pollution mapping approach and accuracy on landscape scales. Science of the Total Environment, Vol 449, 115–125. Netherlands.
9. Anepaio. A. 2014. Müra mõõtmise ja modelleerimise tulemuste võrdlusanalüüs avakaevandamisel.
10. Manvell D., Hartog van Banda E. 2011. Good practice in the use of noise mapping software. Applied Acoustics, Vol 72, 527–533. England.

27. Põlevkivituha taaskasutamisega seotud õigusaktid

Lauri-Olavi Siitam, Ingo Valgma

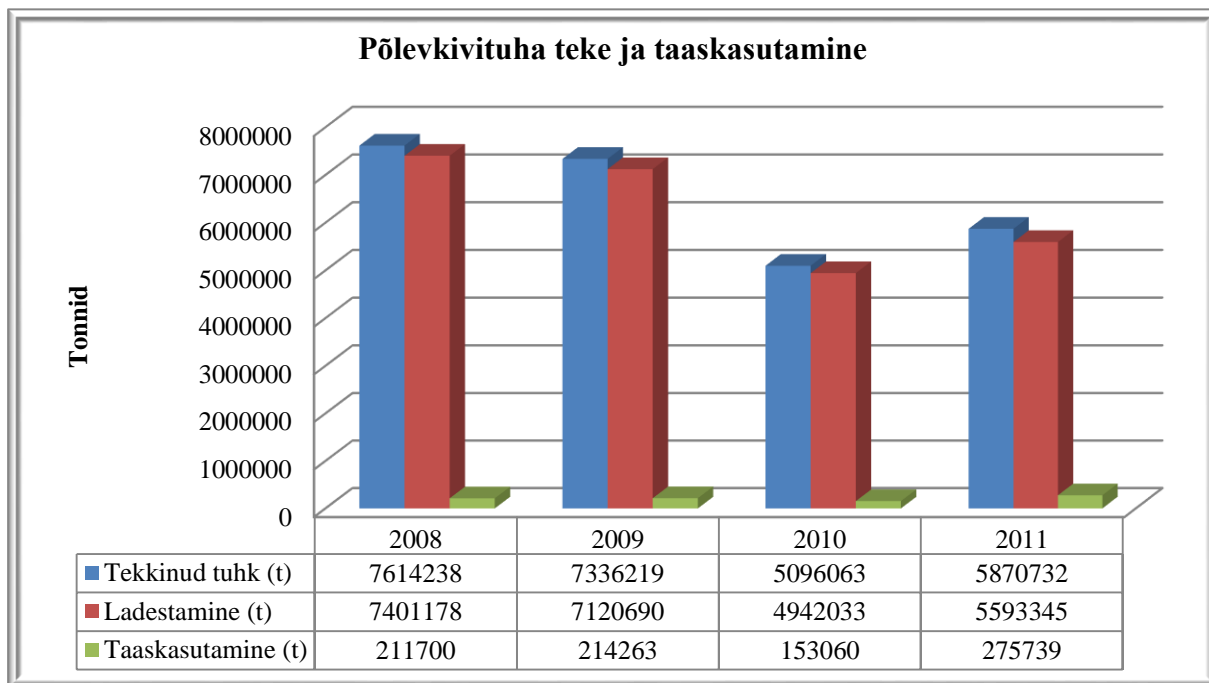
Sissejuhatus

Eesti maapõues leiduv põlevkivi, kukersiit, koosneb keskmiselt 33% kerogeensetest orgaanilisest ainest [24]. Põlevkivi põletatakse elektrienergia tootmiseks Balti- ja Eesti Elektriyaamas kahel meetodil: tolmpõletamisel kateldes ja tsirkuleerivates keevkihtkateldes. Hetkel kasutatakse Balti-ja Eesti Elektriyaamas kokku 20 tolmpõletamise ja 4 tsirkuleeva keevkihi katelt. Põletamisjärgselt jääb põlevkivist järgi mineraalne osa (umbes 45 %), mida kutsutakse põlevkivituhaks. Pärast põletamist kasutatakse hüdrotransporti põlevkivituha transportimiseks elektriyaamade läheduses olevatesse tuhamägedesse. Hüdrotransportil on tuha ja vee suhe 1:20. Sel viisil transportitakse tuhamägedesse aastas 5-7 miljonit tonni põlevkivituhka. Alates põlevkivienergia tootmise algusest 1950-ndatel on tuhaväljadele ladestatud üle 280 miljoni tonni tuhka ja tuhamägede pindala katab umbes 20 km² [24, 2]

Põlevkivituhk iseenesest ei ole loodusele kahjulik. Probleemiks on hüdratiseerunud põlevkivituhha nõrgvesi, mis on peamiselt portlandiidi (Ca(OH)₂) ja ettringiidi (Ca₆Al₂(SO₄)₃(OH)₁₂·26H₂O) tõttu tugevalt aluseline, nõrgvee pH on 12-13 [24, 1]. Tuhaväljade nõrgvesi koguneb lähedalolevatesse tiikidesse ning selle loodulik neutraliseerumine võtab aega tuhandeid aastaid [1, 22]

Eestis tekkis aastatel 2007-2011 üle 85% jäätmetest tööstuses, sealjuures 79% kogu jäätmetekkest moodustasid põlevkivitööstuse -ja energeetikaga seonduvad jäätmed [15].

Jäätmete taaskasutamine võimalikult suures ulatuses on üks jäätmemajanduse prioriteete jäätmetekke vältimise kõrval. Jäätmete taaskasutusse suunamist mõjutatakse saastetasudega jäätmete keskkonda viimisel [15]. Eesti keskkonnastrateegia aastani 2030 seab eesmärgiks vähendada jäätmeteket 30% võrra ning oluliselt vähendada tekkivate jäätmete ohtlikkust ning ohtlike ainete sisaldust jäätmetes. Jäätmetekke vähendamise üheks efektiivseimaks viisiks oleks põlevkivituha taaskasutamine [3]. Kui 1986. aastal kasutati tekkinud põlevkivituhast ära pool, siis praegu on see vähenenud 3-6 %-ni aastas [18]. Aastatel 2008-2011 ei tehtud põlevkivituha kasutamisel erilisi edusamme ja taaskasutamise tase oli stabiilselt madal (Joonis 27-1).



Joonis 27-1 Põlevkivituha tekke ja taaskasutamise määrad aastatel 2008-2011 [17].

Põlevkivituha taaskasutamiseks on Eestis mitmeid variante, näiteks kasutamine ehitusmaterjalide tootmisel, maapinna stabiliseerimisel, põllumajanduses happeliste muldade neutraliseerimisel ning kaeveõonte täitmisel põlevkivituha ja aheraine seguga. Välismaal on uuritud ka põlevkivituha omadusi uraani adsorptsiooniks veest. [28, 14, 16]

Põlevkivituha taaskasutamise juures on oluline, et taaskasutamise asukoht oleks soojuselektrijaamade läheduses, muidu poleks tuha transport otstarbekas. Näiteks Truu & Müller väidavad, et põlevkivituha kasutamine tee-ehituses on mõistlik maksimaalselt 150 km kaugusel Ida-Virumaa Soojuselektrijaamadest [23]. Üheks parimaks võimaluseks põlevkivituhka taaskasutada oleks kaevanduste täitmine. Allmaakaevandamisel kaevandatava põlevkivi kogus on umbes 7 mln tonni aastas, kusjuures kamberkaevandamisel on põlevkivikaod kuni 30%. Tuha ja lubjakivi segu kasutamine kaevanduste täitmisel suurendab tuha taaskasutamise hulka ning vähendab makstavate keskkonnatasude suurust ja põlevkivikadusid. Täitmise katsetega alustati 1980-ndatel kui Estonia kaevanduses kasutati põlevkivituhast ja tsemendist plokkke. CO₂-ga neutraliseeritud põlevkivituha kasutamine koos lubjakiviga kaeveõonte täitmisel vähendab CO₂ õhkupaiskamist ja parandab maapinna stabiilsust. Tänapäeval on kaeveõonte täitmist kasutatud näiteks Kukruse kaevanduse juures maantee ehitamise eesmärgil [28,30,29]. Hüdraulilise täitmise korral kasutatakse kaeveõone täitmiseks vedelikust (vesi või vesilahus), tädisest (aheraine), tsementeerivast ainest (tsement, põlevkivituhk) ja lisaainetest (liiv) koosnevat täitesegu (Joonis 27-2) [27].



Joonis 27-2 Põlevkivikaevanduse hüdrauliline täitmine [28].

Põlevkivituhk moodustab aastasest Eesti ohtlike jäätmete tekkest 63 % (siia pole sisse arvestatud teisi põlevkivitööstuses tekkivaid jäätmeid nagu poolkoks) [15]. Mujal Euroopas käsitletakse erinevalt Eestist elektrijaamades tahkete fossiilkütuste (süsi, pruunsüsi) põletamisel tekkivat tuhka kui kõrvalsaadust, samas kui Eestis on see ohtlik jääde [21]. Kui tavajäätme taaskasutamisel peab selle tarbijal olema jäätmeluba, siis ohtliku jäätmega toormena realiseerimisel kaasneb ostjale veel hulk ametkondlikku asjaajamist käitluslitsentsi taotlemiseks. Ohtlike jäätmete nimekirjas olemine piirab põlevkivituha taaskasutamist [20]. Samuti pole välja antud ülevaatlikku kogumikku põlevkivituha taaskasutamist reguleerivatest õigusaktidest. Ülevaate tegemine antud teemal võib muuta põlevkivituha taaskasutamise atraktiivsemaks kuna vähendab ajamahukat seadusandluse uurimise vajadust. Selline kogumik aitaks vältida ka seadustega vastuollu sattumist põlevkivituha taaskasutamisel. Käesoleva töö eesmärgiks oli anda ülevaade põlevkivituha taaskasutamise seotud regulatsioonidest, aktidest ja direktiividest Euroopa Liidu ning Eesti Vabariigi seadusandluses.

Materjal ja meetodid

- Antud töö eesmärgi täitmiseks uuriti põlevkivituha taaskasutamise seotud seadusandlust.
- Andmed põlevkivituha taaskasutamise seotud direktiividest, aktidest ja regulatsioonidest nii Euroopa Liidu kui ka Eesti Vabariigi puhul olid kättesaadavad internetist.

- Andmebaasidena kasutati usaldatavuse huvides ametlikke andmebaase. Eesti Vabariigi seadusandluse puhul oli selleks Riigiteataja [26] ning Euroopa Liidu puhul Euroopa Liidu õigusaktide andmebaas EUR-Lex [4].
- Viiteid põlevkivituha taaskasutamise seotud seadusandlusele otsiti ka seotud uuringutest ja tekstidest, kasutades otsisõnadeks põlevkivituhk, taaskasutamine.
- Seadusandlusest uuriti, kuidas on põlevkivituhk kategoriseeritud jäätmehulgaks, ning mil viisil sarnaneb põlevkivituha taaskasutamine teiste jäätmehulgade taaskasutamisega.
- Samuti otsiti töös erinevusi Euroopa Liidu ja Eesti Vabariigi seadusandluses seoses põlevkivituha taaskasutamisega.
- Töös uuriti, kas põlevkivituha keemilist koostist tuleb arvesse võtta seda taaskasutades.
- Ühe põlevkivituha taaskasutusvõimalusena uuriti kaeveõõnte täitmisel põlevkivituha seotud õigusakte.
- Töös uuritud regulatsioonid, direktiivid ja aktid:
 - EV Jäätmete, sealhulgas ohtlike jäätmete nimistu [10].
 - EV Prügila rajamise, kasutamise ja sulgemise nõuded [11]
 - EV Maapõueseadus [12]
 - EV Jäätmete taaskasutamise- ja kõrvaldamistoimingute nimistud [13].
 - EV Jäätteseadus [9]
 - EV Veeseadus [8]
 - EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV 2006/21/EÜ [6]
 - EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV 1991/31/EÜ [5]
 - EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV 2008/98/EÜ [7]

„Jäätmete, sealhulgas ohtlike jäätmete nimistus“ [10] on põlevkivituhk ohtlike jäätmete kategoorias tänu tuha nõrgvee kõrgele aluselisele. Põhjusel, et põlevkivituha taaskasutamise seotud erijuhte pole seadustes välja toodud, pidi töös keskenduma üldisele, ohtlike jäätmete taaskasutamist käsitlevatele aktidele.

Varasemalt on soovitatud põlevkivituha taaskasutamisel selle käitlemist jätkata ohtliku jäätmehulgana ning edasiste käitlemisvõimaluste arendamisel arvestada ka põlevkivituha looduslike radionukliidide sisaldusega [19]. Blinova et al. väidavad, et põlevkivituhas leiduvad jälgelemendid nagu As ja Pb võivad pinnases akumulatsioonides ohtlikuks saada [2].

Koos põlevkivituha kaeveõõnte täitematerjaliks kasutatavat lubjakivist aheraine taaskasutamist reguleerib Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiiv 2006/21/EÜ [6] „Kaevandustööstuse jäätmete käitlemine“, samas kui põlevkivituha (ohtlike jäätmete nimekirjas) taaskasutamine kuulub direktiivi 1999/31/EÜ [5] „Jäätmete käitlemise või

ladestamise nõuded” reguleerimisalasse. Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiiv 2006/21/EÜ väidab, et jäätmele, mis paigutatakse tagasi kaeveõõnde peab kohaldama nõudeid, et kaitsta pinna ja/või põhjavett, kindlustada kaevandamisjäätmete stabiilsus ja tagada asjakohane järelvalve pärast täitmise lõpetamist [24]. Eesti Vabariigi Veeseaduses [8] on samuti kirjas, et pinna- ja põhjavee seisundit ei tohi halvendada ja tuleb rakendada meetmeid, mis põhjavee seisundi halvenemise ärahoidmiseks välistavad saasteainete põhjavette juhtimise või sattumise või piiravad neid.

Eesti Maapõuseaduses [12] on kirjas, et kaeveõõnte täitmisel kasutatavate muude kui kaevandamisjäätmete (antud juhul põlevkivituha) suhtes kohaldatakse asjakohastel juhtudel Jäätmeseaduse [9], sealhulgas selle § 33 lõike 1 punkti 1 alusel (Prügila rajamise, kasutamise ja sulgemise nõuded [11]) valdkonna eest vastutava ministri määrusega prügilate kohta kehtestatud nõudeid. Näiteks nende nõuete alusel peab vältima jäätmete paigutamisest tulenevat negatiivset mõju keskkonnale võimalikult pika aja, kuid vähemalt 25 aasta jooksul. Samuti tuleb jäätmete ladustamiseks maa-alustesse ladustamiskohtadesse koostada ohutushinnang ning pärast ladustamist ei tohi toimuda soovimatud füüsikalised, keemilised või bioloogilised muutused.

Põlevkivituha segamisega teiste materjalidega taaskasutamise eesmärgil on seotud ka Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiiv 2008/98/EÜ [7] ja Eesti Vabariigi Jäätmeseadus [9]. Mõlemad nõuavad, et ohtlike jäätmete segamine on lubatud ainult juhul kui ei suurendata või vähendatakse jäätmest tekkivat ohtu keskkonnale, inimeste tervisele ja varale. Siiski on ka erinevusi. Näiteks Jäätmeseaduses on nõutud, et segamine oleks tehniliselt ja majanduslikult põhjendatud, samas kui Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiiv 2008/98 EÜ nõuab, et jäätmete segamine toimub parima võimaliku tehnikaga ja jäätmeid tohib segada vaid asutus või ettevõtja, kes on selleks loa saanud.

Põlevkivituha transportimisel tuleb arvestada Jäätmeseaduse [9] § 38 (Jäätmeveo üldnõuded) ja § 63 (Ohtlike jäätmete vedu). Vastavalt nendele paragrahvidele peab jäätmeid vedama kinnises veovahendis pakitult või muul viisil nõnda, et nad ei satuks laadimise ega vedamise ajal keskkonda ning ohtlike veoseid käsitlevate õigusaktidega ning rahvusvaheliste lepingutega sätestatud korras.

Tulemused

Eesti Vabariigi ning Euroopa Liidu seadusandluse uurimise põhjal põlevkivituha taaskasutamise kohta võib teha järgnevad järeldused.

- Euroopa Liidu ja Eesti Vabariigi seadusandluses on põlevkivituha loetud ohtlike jäätmete hulka.

- Ohtlike jäätmete nimistus asub põlevkivituhk „Termilistes protsesside tekkinud jäätmete“ all (Kood 10, põlevkivikoldetuhk on koodiga 10 01 97 ja põlevkivilendetuhk 10 01 99).
- Põlevkivituha taaskasutamisel on soovitatud põlevkivituha käitlemist jätkata ohtliku jäätmena ning edasiste käitlemisvõimaluste arendamisel arvestada ka põlevkivituha looduslike radionukliidide sisaldusega. Põlevkivituhas leiduvad jälgelemendid nagu As ja Pb võivad pinnases akumulierudes ohtlikuks saada.
- Põlevkivituha taaskasutamise koos teiste materjalidega peab „Jäätmete taaskasutamise- ja kõrvaldamistoimingute nimistus“ lugema koodi alla koodiga R12x, mis tähendab taaskasutamisele eelnevat jäätmesegude koostamist või jäätmete segamist.
- Lubjakivist aheraine taaskasutamist reguleerib Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiiv 2006/21/EÜ „Kaevandustööstuse jäätmete käitlemine“, samas kui põlevkivituha (ohtlike jäätmete nimekirjas) taaskasutamine kuulub direktiivi 1999/31/EÜ „Jäätmete käitlemise või ladestamise nõuded“ reguleerimisalasse.
- Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiiv 2006/21/EÜ väidab, et jäätmel, mis paigutatakse kaeveõntesse peab kohaldama nõudeid, et kaitsta pinna ja/ või põhjavett, kindlustada kaevandamisjäätmete stabiilsus ja tagada asjakohane järelvalve pärast täitmise lõpetamist.
- Eesti Vabariigi Veeseaduses on kirjas, et pinna- ja põhjavee seisundit ei tohi halvendada ja tuleb rakendada meetmeid, mis põhjavee seisundi halvenemise ärahoidmiseks välistavad saasteainete põhjavette juhtimise või sattumise või piiravad neid.
- Eesti Maapõueseaduses on kirjas, et kaeveõnte täitmisel kasutatavate muude kui kaevandamisjäätmete (antud juhul põlevkivituha) suhtes kohaldatakse asjakohastel juhtudel Jäätmeseaduse, sealhulgas selle § 33 lõike 1 punkti 1 alusel (Prügila rajamise, kasutamise ja sulgemise nõuded) valdkonna eest vastutava ministri määrusega prügilate kohta kehtestatud nõudeid.
- Põlevkivituha segamisega teiste materjalidega taaskasutamise eesmärgil esineb Eesti Vabariigi Jäätmeseaduse ja Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiivis 2008/98/EÜ erinevusi.
- Põlevkivituha transportimisel tuleb arvestada Jäätmeseaduse § 38 (Jäätmeevo üldnõuded) ja § 63 (Ohtlike jäätmete vedu).

Arutelu

Põlevkivituha kasutamine on võrreldes eelmise sajandi lõpuga vähenenud mitmekordselt ning taaskasutamine on püsinud viimastel aastatel stabiilselt madal [18]. Asjaolu, et põlevkivituha peab käsitlema ohtliku jäätmena raskendab selle taaskasutamist võrreldes tavajäätmega. Lihtsaim variant põlevkivituha taaskasutusmäära suurendamiseks oleks

liigutada see ohtlike jäätmete nimekirjast tavajäätmete hulka. Kuid põlevkivituha üleviimine ohtlike jäätmete nimekirjast tavajäätmete nimekirja on tõenäoliselt pikk protsess ning praegu selles suunas ei liiguta.

Seadusandluses on põlevkivituha taaskasutamise seotud nõuded tihti üldised, ohtlikele jäätmetele kehtivad nõuded. Sama leiame ka Euroopa Liidu direktiividest, kus põlevkivituha eraldi mainitud pole. Näiteks põlevkivituha transpordil peab järgima samu nõudeid, mis teistegi ohtlike jäätme puhul [9]. Inimeste poolt tekitatud jäätmed on üksteisest mingil määral erinevate omadustega, samas Eesti seadusandluses on liialt üldistatud eri liiki ohtlike jäätmete käitlemist. Võttes arvesse, et põlevkivituha moodustab Eestis aastasest jäätmetekkest suure osa, siis tuleks vähemalt Eesti seadusandluses välja tuua põlevkivituha kasutamise seotud eritingimused võrreldes teiste ohtlike jäätmetega.

Ohtlike jäätmete nimekirjas on põlevkivituha tänu selle nõrgvee aluselisele. Põlevkivituha on ohtlik juhul, kui see puutub kokku suure koguse veega nagu tuhaväljadele hüdrotranspordiga ladustamisel. Samas juhul kui seda taaskasutada viisil, kus tuhaga kokkupuutuva vee kogused ei ole väga suured, väheneb ka aluselise nõrgvee hulk. Põlevkivituha taaskasutamisel on seega oluline, et tekkiva nõrgvee kogus oleks piisavalt väike, et ümbritsev keskkond suudaks selle neutraliseerida ja ohtu ei tekiks. Seadusandlus võiks eristada põlevkivituha taaskasutamisel seda, kas tulevikus tekib võimalus nõrgvee tekkeks või mitte, ning selle järgi taaskasutamisele piiranguid seada. Siiski on soovitatud põlevkivituha taaskasutamisel arvestada ka põlevkivituhas sisalduvate radionukliidide ning jälgelementide sisaldusega, mistõttu peab tuha taaskasutamisel teostama keskkonnaseiret negatiivsete muutuste avastamiseks.

Põlevkivituha taaskasutamise puhul on sageli otstarbekas selle segamine teiste materjalidega, mis on reguleeritud „Jäätmete taaskasutamise- ja kõrvaldamistoimingute nimistuga“ [13]. See on aga seadusandlikult küllaltki keeruline. Näiteks kaeveõõnte täitmine põlevkivituha ning lubjakivist aherainega on reguleeritud erinevate aktide poolt (aheraine taaskasutamist reguleerib Euroopa Parlamendi Ja Nõukogu Direktiiv 2006/21/EÜ [6], samas kui põlevkivituha taaskasutamist reguleerib Euroopa Parlamendi Ja Nõukogu Direktiiv 1999/31/EÜ [5]).

Põlevkivituha transportimisel tuleb arvestada Jäätmeseaduse [9] § 38 (Jäätmeveo üldnõuded) ja § 63 (Ohtlike jäätmete vedu). See kehtib ka põlevkivituha transpordi kohta soojuselektrijaamadest tuhamägedele, kus kasutatakse hüdrotransporti. Põlevkivituha transpordiks taaskasutamise eesmärgil on mõistlik kasutada kas maanteetransporti või raudteetransporti vastavalt Jäätmeseaduses ettenähtud korrale.

Kokkuvõte

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida ja teha ülevaade põlevkivituha taaskasutamise seadusest seadusandlikust taustast. Leiti, et põlevkivituhk esineb „Eesti jäätmete registris“ [10] ohtliku jäätme kategoorias, ning selle taaskasutamisel on soovitatud pidada seda ohtlikuks jäätmeks, mistõttu selle taaskasutamine piiratum kui tavajäätmete oma. Põlevkivituha segamine teiste materjalidega on reguleeritud erinevate õigusaktide poolt, mis teeb tuha taaskasutamise keerulisemaks. Ohtlike jäätmete registrisse kuulumise tõttu tuleb põlevkivituha taaskasutamisel juhinduda ohtlike jäätmete taaskasutamise nõuetest ning kaeveõnne täitmisel põlevkivituha tuleb järgida „Prügila rajamise, kasutamise ja sulgemise nõuded“. Euroopa Liidu direktiividest otseselt põlevkivi taaskasutamist reguleerivaid akte ei leitud, reguleeritud on üldine ohtlike jäätmete taaskasutamine, kuid leiti erinevusi Euroopa Liidu ja Eesti Vabariigi seadusandluses ohtlike jäätmete segamist puututavates nõuetes. Seadusandlus võiks eristada põlevkivituha taaskasutamisel seda, kas tulevikus on kõrge tõenäosus keskkonnaohtliku nõrgvee tekkeks või mitte ning selle järgi taaskasutamisele piiranguid seada.

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – mi.ttu.ee/etp;

Viited

1. Arro, H., Prikk, A., Pihu, T. (2003). Reducing the environmental impact of Baltic Power Plant ash fields. *Oil Shale*, 20, 375-382.
2. Blinova, I., Bityukova, L., Kasemets, K., Ivask, A., Käkinen, A., Kurvet, I., Bondarenko, O., Kanarbik, L., Sihtmäe, M., Aruoja, V., Schvede, H., Kahru, A. (2012). Environmental hazard of oil shale combustion fly ash. *Journal of Hazardous Materials*. 229-230, 192-200.
3. Eesti Keskkonnakaitse- ja Tehnoloogia Programm. [WWW]. (28.10.14)
4. EUR-Lex: Juurdepääs Euroopa Liidu õigusaktidele. [WWW]. (28.10.14)
5. Euroopa Parlament ja Euroopa Liidu Nõukogu. EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV 1999/31/EÜ. [WWW]. (28.10.14)
6. Euroopa Parlament ja Euroopa Liidu Nõukogu. EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV 2006/21/EÜ. [WWW]. (28.10.14)
7. Euroopa Parlament ja Euroopa Liidu Nõukogu. EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV 2008/98/EÜ. [WWW]. (28.10.14)
8. EV Riigikogu. Veeseadus. [WWW]. (28.10.14)
9. EV Valitsus. (2004) Jäätmeseadus. [WWW]. (28.10.14)
10. EV valitsus. (2004). Jäätmete, sealhulgas ohtlike jäätmete nimistu. [WWW]. (28.10.14)
11. EV valitsus. (2004). Prügila rajamise, kasutamise ja sulgemise nõuded. [WWW]. (28.10.14)
12. EV valitsus. (2005). Maapõueseadus. [WWW]. (28.10.14)

13. EV valitsus. (2011). Jäätmete taaskasutamise- ja kõrvaldamistoimingute nimistud. [[WWW](#)]. (28.10.14)
14. Hongsen, Z., Jun, W., Bin, Z., Qi, L., Songnan, L., Huijun, Y., Lianhe, L. (2014). Synthesis of a hydrotalcite-like compound from oil shale ash and its application in uranium removal. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 444, 129-137.
15. Keskkonnaagentuur. Jäätmete ülevaade. [[WWW](#)]. (28.10.14)
16. Keskkonnaministeerium. (2012). Põlevkivi kasutamise riikliku arengukava 2008-2015, 2011. aasta täitmise aruanne. [[WWW](#)]. (28.10.14)
17. Keskkonnaministeerium. (2014). Riigi jäätmekava 2014-2020. Jäätmekäitluse hetkeolukord. [[WWW](#)]. (28.10.14)
18. Kuusik, R., Meriste, T., Pototski, A. (2012). Põlevkivituha kasutamise laiendamiseks on käivitunud mitu uut projekti. *Keskkonnatehnika*, 3, 8.
19. Looduslike radionukliidide sisaldavate ja looduslike radionukliididega saastunud materjalide käitlemise valikud. (2010). Eksperthinnang.
20. Meriste, T. Põlevkivituha on sama "ohtlik" kui tsement. [[WWW](#)]. (28.10.14)
21. Meriste, T. (2013). Konverentsil Eesti Energia keskkonnapäev, Auvere, 2013.
22. Mõtsep, R., Sild, T., Puura, E., Kirsimäe, K. (2010). Composition, diagenetic transformation and alkalinity potential of oil shale ash sediments. *Journal of Hazardous Materials*, 184, 567-573.
23. Müller, G., Truu, M. (2011). Põlevkivituha stabiliseerimine teedehituses- hästi unustatud vana või midagi uut? Ettekanne Asfaldipäevalt 30.11.2011.
24. Pastarus, J-R.; Valgma, I.; Adamson, A. (2008). Põlevkivi kasutamise jätkusuutlikusest.
25. Pihu, T., Arro, H., Prikk, A., Rootamm, R., Konist, A., Kirsimäe, K., Liira, M., Mõtsep, R. (2012). Oil shale CFBC ash cementation properties in ash fields. *Fuel*, 93, 172-180.
26. Riigiteataja. [[WWW](#)]. (28.10.14)
27. Valgma, I. Mäeõpik. [Täitmine](#). (28.10.14)
28. Valgma, I., Kolats, M., Anepaio, A., Väizene, V., Saarnak, M., Pastarus J-R. (2013). Backfilling technologies for Estonian oil shale mines. 6th International Conference on Sustainable Development in the Minerals Industry, Milose saar, Kreeka.
29. Valgma, I., Kolats, M., Karu, V. (2014). Streki toestamine põlevkiviaherainebetooniga. Konverents Maapõue kasutamise arengud, Tallinn, 2014. Tallinna Tehnikakooli Kirjastus, 33-38.
30. Väizane, V. Backfilling technologies for oil shale mines. [[WWW](#)]. (28.10.14)

28. Lühieekombaini kasutamise mõjud varingute tekkele kirde- eesti põlevkivikaevandustes

Kaspar Peebo, Heidi Soosalu

Tänapäeval kaevandatakse Kirde-Eesti põlevkivikaevandustes juba pikka aega kasutusel olnud puur-lõhketöödega ning kamberkaevandamise tehnoloogiaga. Hetkel toimub kaevandamine kahes kaevanduses, Estonias ja Ojamaal. Paraku osutub selline tehnoloogia maavara raiskavaks ning samas seab ohtu nii inimesi kaevanduses kui ka looduskeskkonda maa peal, näiteks varingute näol. Inimestele on ohtlik eelkõige kasutatav tehnoloogia ise ning sellest tulenevalt kambri seinte purunemistsoonid, mis võivad variseda. Samuti võivad lõhketööde mõjul tekkida praod vahetusse lakke, mille langetamine või lisatoestamine nõuab ettevõttelt lisakulutusi. Lisaks on tervikute nõutud ristlõike pindala keerulisem tagada puur-lõhketöödega kui kombainikaevandamisega. Kui etteantust väiksema pindalaga tervikuid on palju ühes poolkambris, toimub suure tõenäosusega varing. Paljudele ohtlikele probleemidele oleks lahenduseks lühieekombaini kasutamine. Kombain on hea variant tervikute õige suuruse tagamiseks ning lisaväärtuse annab ka maavara kadude vähenemine olematu kambri seinte purunemistsooni tõttu. Antud artikkel annab ülevaate hetkel kaevandustes toimuvast, analüüsib, kas lühieekombainiga on võimalik ohtlikke varinguid ära hoida ning uurib kombaini kasutuselevõttuga seotud seadusandlust.

Kamberkaevandamine puur-lõhketöödega

Kaevandamine toimub Kirde-Eesti kaevandustes kamberkaevandamise ja puur-lõhketööde meetodiga, mis üldiselt tagab tervikute mõõtude piisava täpsuse ning piisava toodangu, kuid nagu 2008. a aset leidnud suuremad varingud näitasid, on probleem siiski aktuaalne. Sammastervikute vahel valmistatakse ee ette spetsiaalsete masinatega, kus ankurdatakse lagi, puuritakse kuus algmurde auku ning 23 lõhkeauku [Eesti Energia Kaevandused AS-i andmetel]. Seejärel täidetakse lõhkeaugud emulsioonlõhkeainega, toimub lõhkamine ning koristatakse allmaakopplaaduritega. Kaevis transporditakse maa peale konveiertranspordi meetodiga, kus põlevkivist eraldatakse lubjakivi.

Hetkel kasutatav puur-lõhketööde meetodi kõige suurem probleem seisneb lõhketööde iseärasustes. Nimelt tänu lõhkamistele tekivad kivimikihtidesse praod, mis muudavad kivimite püsivust nõrgemaks. Näiteks hetkel lõhatakse Estonia kaevanduses nelja meetri pikkuste lõhkeaukudega, mis aga tähendab, et tervikute arvutustes kasutatakse meetodit, mis teeb terviku kandva osa 0,5 m väiksemaks igast seinast, millega kaasnevad ka suuremad kaod. Lisaks suurematele kadudele on probleemne ka tervikute täpsete mõõtmete tagamine, mis on aluseks varingute tekkele – kui kambriplokis on palju

alamõõdulisi tervikuid, on tõenäosus kambriplokis varingu tekkimiseks oluliselt suurem sellest, kui oleksid tervikud täpsete projekt mõõtmetega. Selletõttu kaardistavadki markšneiderid hoolikalt raimamisel tekkinud tervikute mõõtmeid, et kontrollida tervikute mõõtmeid. Lõhketööde vibratsiooni mõju, maapealsetele objektidele – majadele, elektriliinidele ning maa-alustele objektidele – kaevudele, torudele, kaeveõnetele, on siiani aktuaalne [1].

Kamberkaevandamine lühieekombainiga

Eesti põlevkivikaevandamise ajaloos on katsetatud kombainkaevandamist, kuid kuna tol ajal puudus vastav tehnoloogia tugeva lubjakivivahekihi raimamiseks, lõpetati katsetused ning jätkati puur-lõhketöödega kaevandamist. Lühieekombain on väljamismasin (Joonis 28-1), millega raimatakse kaevist mäemassiivist. Liikumiseks kasutab kombain roomikuid. Kesksks elemendiks masinal on lõikeorgan, millest saab alguse väljamine.



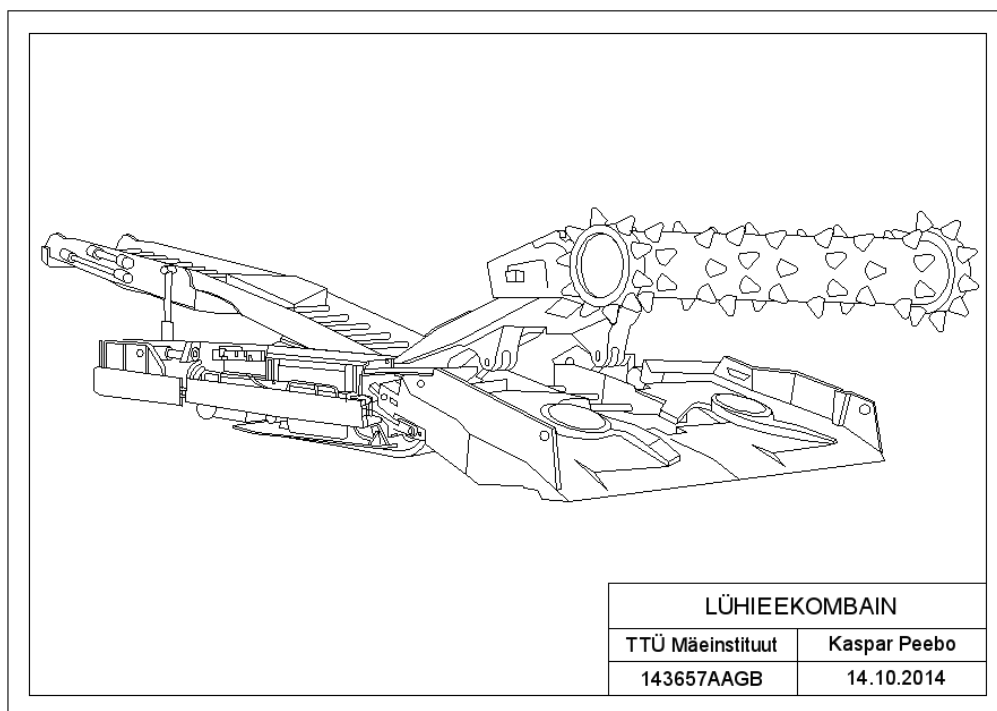
Joonis 28-1. Lühieekombain [3]

Lõikeorgan kujutab endast trumlit või lõikepäid, mille küljes on nn lõikehambad, mis massiivi purustavad. Kaevisse, mille lõikeorgan raimab, laeb kapplaadur labade mehhanismiga kraapkonveierile, mis omakorda transpordib kaevisse süstikvagonetile või laotab selle kambri puistangusse, et allmaakopplaadur saaks kaevisse viia toiturpurustisse (Joonis 28-2). [2]

Tegelikkuses on lühieekombainiga kaevandamisel mitmeid eeliseid puur-lõhketöödega võrreldes:

- Kivimi raimamine, esmapurustamine ja laadimine toimub ühe protsessiga, mis on pideva iseloomuga ning mis suurendab kambriploki tööde kontsentratsiooni ja tootlikkust.

- Tööde tootlikkus sõltub masina võimsusest, mitte inimestest.
- Kombain võimaldab kihindi selektiivset väljamist ning kaovad kulud lubjakivivahekihtide veole. Kaevandatav kaevis on kaubapõlevkivi.
- Puur-lõhketööde puudumisega vähenevad tervikute mõõtmed ja seoses sellega ka põlevkivi kaod tervikutes.
- Lühieekombaini on võimalik kasutada läbindustöödel, mis tagab läbindamise suure kiiruse. [4]



Joonis 28-2. Lühieekombaini skeem

Analüüsid näitavad, et lühieekombainiga kaevandamisel on võimalik väljata kuni 90% varust. Lühieekombainiga kaevandamisel on vaja toestada vahetu lagi ankurtoestikega [5]. Üheks kõige suuremaks väljakutseks põlevkivi kaevandamisel lühieekombainiga on lubjakivist vahekiht mida Eesti põlevkivimaardla kihindi nimesüsteemi järgi kutsutakse C/D-ks [6]. C/D vahekihi survetugevus on oluliselt suurem, kui muudel kihtidel. Näiteks Põhja-Kiviõli karjääris on C/D vahekihi survetugevus kohati lausa 160 MPa, kuid üldjuhul jääb 80 MPa juurde [7].

Varasemalt on lühieekombaini kasutamist Eesti põlevkivikaevandustes uurinud O. Nikitin ning V. Undusk. O. Nikitin leidis uuringute käigus, et tehnoloogiliselt oleks võimalik lühieekombain kasutusele võtta ja see garanteeriks lagede püsivuse ning kaod väheneksid 11–16 %-ni [8], puur-lõhketöödega kaevandades on kaod kaevanduses üle 30% sõltuvalt kattekivimikihi paksusest.

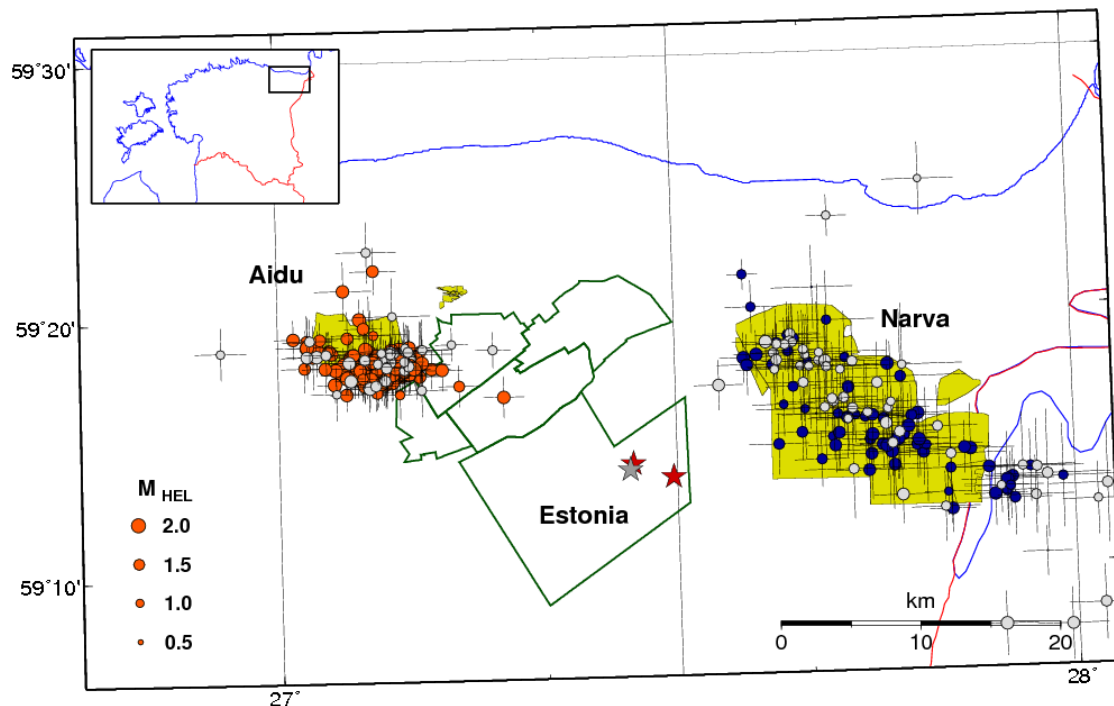
Kaevandusvaringuid puudutav seadusandlus

Iga ettevõtte huvides on kaevandada keskkonnasäästlikult ning ohutult, kuid tuleb siiski meeles pidada, et äris on kasum olulisel kohal. Eestis sätestab kaevandamise protsesse kaks põhilist seadust: Maapõueseadus ning Kaevandamiseadus. Kaevandamiseaduses (RT I 2003, 20, 118) on öeldud § 4, et kaevandamisel ja kaeveõõne teisese kasutamise korral tuleb tagada inimese, vara ja keskkonna ohutus ning sama paragrahvi teises osas öeldakse, et kaevandamise ja kaeveõõne teisese kasutamise kohal tuleb rakendada meetmeid maapinna vajumise ja varisemise ärahoidmiseks või juhtimiseks [9]. Maapõueseaduse (RT 2004, 84, 572) § 48 järgi peab kaevandamisega rikutud maa korrastamise käigus tagama kaeveõõnte füüsilise stabiilsuse ja vajumite tekke vältimise [10]. Seega antud seadustest lähtudes peab kaevandaja tagama inimeste ja keskkonna säilimise ning valima selleks kõige sobilikuma väljamistehnoloogia, kuigi kohustuslikku tehnoloogiat ja arvutusmeetodeid seadustega ette ei anta, vaid see sõltub ettevõtte sisepoliitikast. Kui vahetatakse puur-lõhketööd lühieekombainiga kaevandamise vastu, siis väheneksid oluliselt välisõhku paisatavate saasteainete maht [11] ning poleks vaja enam peale lõhketöid nõnda ulatuslikku tuulutamist. Pideva töörežiimiga masina kasutusele võtul peab arvestama võimalike riketega ning seeläbi võimalike looduskeskkonna reostamisega, nagu näiteks kütuse või õli lekked [11]. Lühieekombaini operaatorid peavad väga rangelt kinni pidama ohutusnõuetest nagu kaitsevahendid ja asukoht masina suhtes. Üks olulisemaid probleeme masina operaatoritel on müra, mille tõkestamiseks tuleb kanda vastavaid kaitsevahendeid [12]. Samuti tuleb operaatoritel kanda kindlasti kaitseprille, kiivrit ning tööriideid. Pole harv juhus, kui mõni põlevkivi tükk mehaanilisel raimamisel masinast kaugemale lendab.

Jätkusuutliku keskkonna seisukohalt on ülioluline, et kaevandajad kasutaksid säästvamaid tehnoloogiaid. Seaduse kohaselt peab kaevandaja ise valima parima tehnoloogia, kuid ettevõtja seisukohalt on see küsimus päevakorral üldjuhul ainult uue objekti rajamisel, sest kaevandamise käigus on väga kulukas vahetada juba toimivat tehnoloogiat uue ja parema vastu. Seega võib olemas olla küll keskkonnasõbralikum tehnoloogia, kuid kaevandaja ei ole huvitatud selle kasutusele võtmisest, sest olemasolev täidab kõik piiritingimused ära.

Kindlasti peab kaevandaja tegema vajaliku selleks, et kaevanduses ei toimuks varinguid ning vältima maapinnal deformatsioone ning tagama oma töötajatele ohtutu töökeskkonna.

Varingud Estonia kaevanduses 2008. aastal



Joonis 28-3. Seismoloogilised sündmused Eesti põlevkivimaardlas aastal 2008. Tärnid - varingud, täpid - lõhkamised [13]

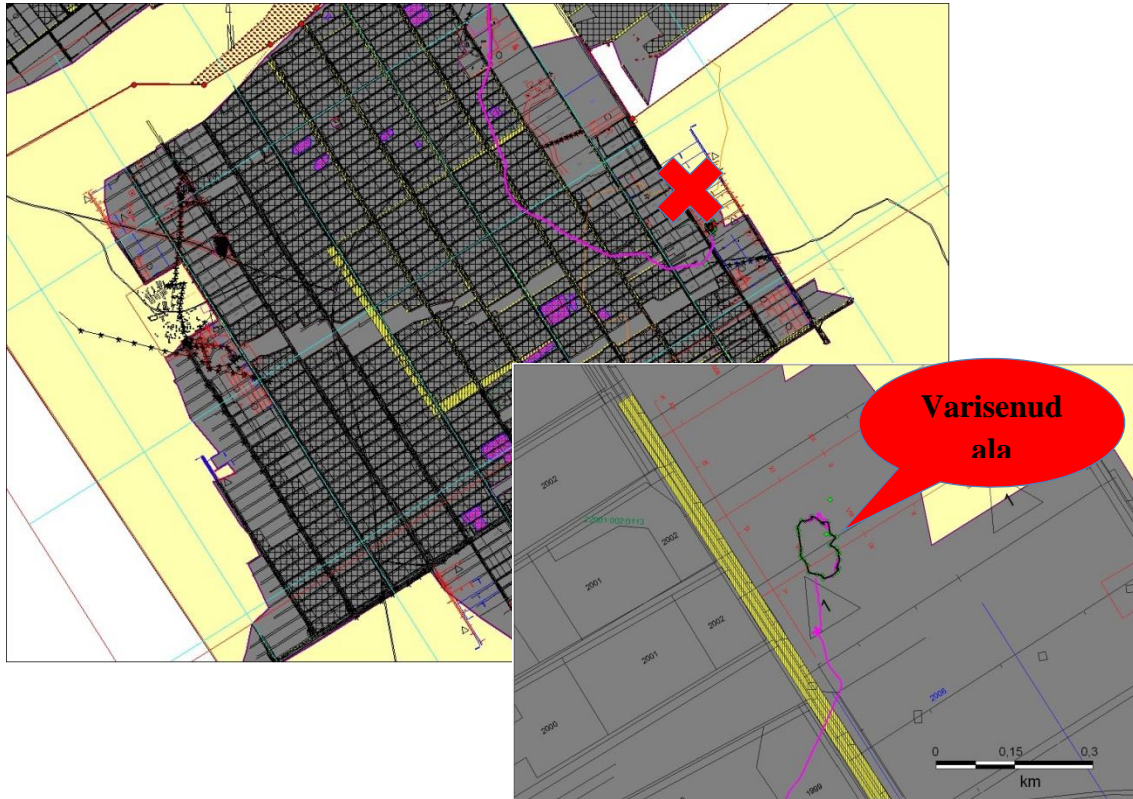
2008. aastal tuvastati seismiliselt Estonia kaevanduse alalt kaks varingut (Joonis 28-3 ja Joonis 28-6), millest üks toimus jaanuaris ja teine juulis eelmise vahetus läheduses. Estonia kaevanduse varingud tekkisid alal, kus tegutseti aktiivselt kaevandamisega. Põhjuseks oli kaevanduskambrite vaheliste tervikute purunemine. Jaanuaris toimunud varingule määrati esialgselt magnituudiks 1,8 ning juulis toimunud 2,0. [13] Hilisem täpsustamine langetas neid arvusid magnituutideks 1,6 ja 1,8 [14]. Varingud toimusid metsases piirkonnas ja nende tagajärjed olid maastikul üsnagi dramaatilised. Näiteks jaanuaris 2008 toimunud varingu asukohal märgistasid vajunud ala selle pikitelje suunda kaldunud puud (Joonis 28-4) ja maapinda olid tekkinud kuni paarkümmend sentimeetrit laiad lõhed (Joonis 28-5). Mõõdistamise järgi oli maapind vajunud kuni 1,5 meetrit. [13]



Joonis 28-4 2008. aasta varingu tagajärjel vajunud puud maapinnal [13]



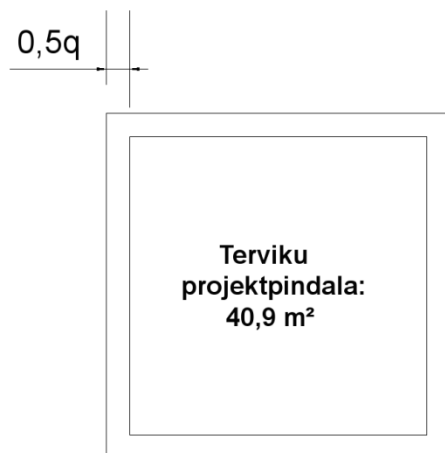
Joonis 28-5 2008 aasta varingu tagajärjel tekkinud lõhe maapinnal [13]



Joonis 28-6 Varisenud ala Estonia kaevanduse mäetööde plaanil. Koordinaadid: 59,234N & 27,441E. [15]

Varingute ärahoidmine kaevandades lühieekombainiga

Lühieekombaini mõju varingute ärahoidmiseks seisneb eelkõige tervikute ühtlases täpsuses, mille tagab mehaaniline juhitud raimamine. Kui hetkel on Estonia kaevanduses tervikute projektpindalaks $40,9 \text{ m}^2$ [15], on tegelikkuses paljud tervikud väiksemad mis seab ohtu inimesed kaevanduses või suuremad, mille juhul toimub maavara raiskamine. Tänu lõhketööde ebatäpsusele antud mõõdet sageli ei saavutata. Halbade tervikute pindala jääb vahemikku $33\text{--}37 \text{ m}^2$, alla 33 m^2 tervikute kandevõime on väga kehv. Kõige sagedamini esinevad tervikute mõõtmed jäävad vahemikku $37\text{--}41 \text{ m}^2$ ning $41\text{--}60 \text{ m}^2$. Lisaks kasutatakse hoide- ning tõkketervikuid, mille pindala küündib $60\text{--}117 \text{ m}^2$. [15]

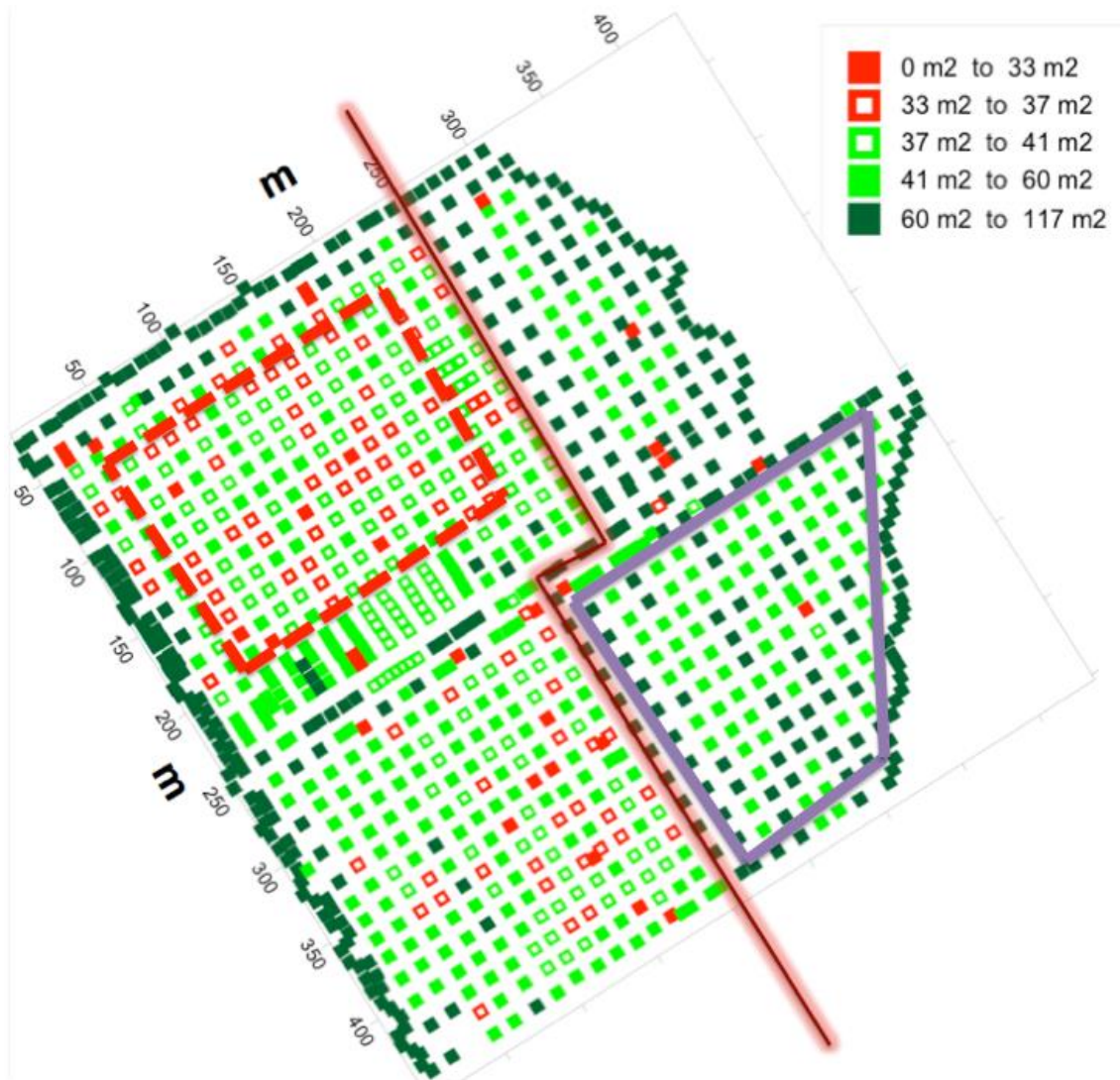


Joonis 28-7 Tervikute varisemistsooni skemaatiline näide

Mehaanilise raimamise tulemusel on inimestel kaevandustes oluliselt ohutum tööülesandeid täita, kuna puuduvad ohtlikud lõhketööd (millele kaasnevad erinevad ohtlikud gaasid) ning puudub varisemistsoon (q) tervikute seintes (Joonis 28-7). Puurlõhketööde korral on lühikeste lõikeaukude puhul (2 m) $q = 0,6$ m ning pikkade lõhkeaukude (4 m) puhul $q = 1,0$ m, kuid lühieekombaini puhul $q = 0$ m.

Kui tervikute pindala on väiksem projektpindalast, on tegemist nõrgestatud tervikuga ning tema tugevusomadused langevad. Kui selliseid tervikuid on ühes poolkambris või kambriplokis palju, on tegemist ohtliku kambriplokiga ning seal võib aset leida varing (Joonis 28-8). Selleks, et taolist stsenaariumit vältida, tuleks leida lahendus, kuidas raimata nii, et tervikud oleksid ühegabriitsed ehk mõõtmed oleksid projektpindalale ligilähedased. Üheks võimaluseks on võtta kasutusele lühieekombain, mida oleks võimalik operaatoril juhtida vastavalt vajadusele ning mis langetaks oluliselt kaevandusvaringute tekke tõenäosust tervikute alamõõdulisuse tõttu.

Vältimaks tulevikus sarnaseid varinguid nagu 2008. aastal, tuleks kasutusele võtta lühieekombain, mis võimaldab väljata pideva protsessiga ning täpsemalt võrreldes puurlõhketöödega.



Joonis 28-8 Kamriploki tervikute mõõtmete skeem. Katkendlik punane joon - ohtlik ala, kus võib tekkida varinguid. Lilla pidev joon - ala, mis sarnaneks lühieekombainiga kaevandamisel tervikute mõõtmete poolest. [15]

Maavara kadude vähenemine

Lühieekombainiga kaevandamise heaks küljeks on võimalike varingute ärahoidmise kõrval veel see, et vähenevad kaod kaevandamisel. Lisaks muudab kaoefekti ka asjaolu, millised tervikud valida, kas linttervikud või sammastervikud.

Kõige säästlikumalt on võimalik kaevandada kombainiga ja kasutades linttervikuid, kuid kadude olulist vähenemist saab tähendada ka kombaini ja sammastervikutega kaevandamisel (

Tabel 28-1) [16].

Tabel 28-1 Põlevkivi kaod tervikutes [16]

Põlevkivi kaod tervikutes, %	Terviku parameetrid		
	Kombain	Madalad laed	Kõrged laed
	q=0 m	q=0,6 m	q=1,0 m
Sammastervikutes, %	23,4	26,7	31,4
Linttervikutes, %	15,5	21,8	25,6
Sammast- ja linttervikute erinevus, %	7,9	4,9	5,8

Kui kaevandatakse 1000 tonni põlevkivi, siis kaod kombainiga ja linttervikutega kaevandades on 15,5 % ehk 155 tonni, kasutades puur-lõhketöid ja linttervikuid oleksid kaod 21,8 % ehk 218 tonni. 2014. aastal on põlevkivi kaevandamisõiguse tasu 2,00 €/t [17], kuna kaevandaja peab maksma maavara kaevandamisõiguse tasu ka tervikutesse jääva maavara eest, siis ettevõtja huvides on saada maksimaalne toodang.

Kokkuvõte

Kaevandusplokkide stabiilsus ja pinna vajumised on väga aktuaalsed teemad eriti intensiivselt asustatud aladel, nagu seda on Ida-Virumaa Eestis [18]. Seega tuleb leida lahendus, et 2008. aasta toimunud suuremate varingute taolised nähtused ei korduks. Kuna tehnoloogia on edasi arenenud ning tänapäevased lühieekombainid on võimelised raimama tugevat lubjakivivahekihti, siis oleks aeg Eesti ettevõtetal taoline tehnoloogia kasutusele võtta. Lisaks aitab lühieekombainiga väljamine kaasa kadude vähenemisele tervikutes ning tagab võimalikult sarnaste garabiitidega tervikute tekke, mis omakorda loob eelduse, et väheneb varingute arv ning suureneb toodangu maht ja kaevandustööliste turvalisus. Eesti Vabariigi kaevandamisega seotud seadusandlus lühieekombaini kasutuselevõttu ei takista, kui sellega ei seata ohtu inimesi ning keskkonda – seega puuduvad põhjused, miks ei võiks kaevandajad olla innovaatsilised ning katsetada lühieekombaini, et välja selgitada nende praktiline väärtus Eesti põlevkivikaevanduste tingimustes.

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – mi.ttu.ee/etp.

Viited

1. Toomik, A., Tomberg, T. Blast vibrations in oil shale underground mining - Tallinn, 1998. Lk: 65 – 74 (OIL SHALE, 1998, Vol. 15, No. 1)
2. Peebo, K. Bakalaureusetöö: Kombainkaevandamine Uus-Kiviõli kaevanduse tingimustes. - Tallinn, 2014.
3. Directindustry.com [[WWW](#)] (14.10.2014)
4. Valgma, I. Mäemasinad ja mäetehnika. – Tallinn, 2003. Lk: 17 – 20.
5. Nikitin, O. Doktoritöö: Optimazation of Room-and-Pillar Mining Technology for oil-shale Mines. – Tallinn, 2003. Lk: 14 – 40; 71 – 77.
6. Kattai, V., Saadre, T., Savitski, L. Eesti põlevkivi: geoloogia, ressurs, kaevandamistingimused. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 2000. Lk: 58 – joonis 5.2.
7. Väli, E. Doktoritöö: Best Available Technology for the Enviromentally Friendly Mining with Surface Miner. – Tallinn, 2012. Lk: 21 – 22. [[WWW](#)] (14.10.2014)
8. Nikitin, O. Mining block stability analysis for room-and-pillar mining with continuous miner in Estonia oil shale mines. - Tallinn, 2003. Lk: 515 – 528 (OIL SHALE, 2003, Vol. 20, No. 4) [[WWW](#)] (14.10.2014)
9. [Kaevandamiseadus](#) (RT I 2003, 20, 118) - (14.10.2014)
10. [Maapõueseadus](#) (RT I 2004, 84, 572)- (14.10.2014)
11. [Keskkonnatasude seadus](#) (RT I 2005, 67, 512) - (2.10.2014)
12. [Töötervishoiu ja tööohutuse nõuded](#) mürast mõjutatud töökeskkonnale, töökeskkonna müra piirnormid ja müra mõõtmise kord – (2.10.2014)
13. Soosalu, H. Eesti Geoloogiakeskuse aruanne: Aruanne riikliku keskkonnaseire allprogrammi “Seismiline seire” täitmisest 2008. aastal. – Tallinn, 2009. [[WWW](#)] (14.10.2014)
14. Soosalu, H., Dineva, S., Ring, M., Valgma, I., Nikitin, O., Rõivasepp, K. Seismic analysis of mine collapse signals in NE Estonia. The 45th Nordic Seismology Seminar, Visby, Sweden, 8-10 October 2014.
15. Soosalu, H. Valgma, I. Seismoanalüüs kaevandusvaringute tuvastamisel. – Tallinn, Mäeinstituut. – Tallinn GIS-päev, 2008. [[WWW](#)] (14.10.2014)
16. Toomik, P. Bakalaureusetöö: Linttervikutega kamberkaevandamise tehnoloogia. – Tallinn, 2013.
17. [Riigile kuuluva maavaravaru kaevandamisõiguse tasumäärad](#) - (2.11.2014)
18. Pastarus, JR. Nikitin, O. Methods of mining block stability analysis for room-and-pillar mining with continuous miner in Estonian oil shale mines. - Itaalia, 2002. Lk: 677 – 682 (7th International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production – SWEMP, Cagliari, Italy, 7-10 October 2002).

29. Määruse „Lõhketöö projektile esitatavad nõuded“ vastavus praeguste kaevandamistingimustega põlevkivikaevanduses

Raul Roots

Sissejuhatus

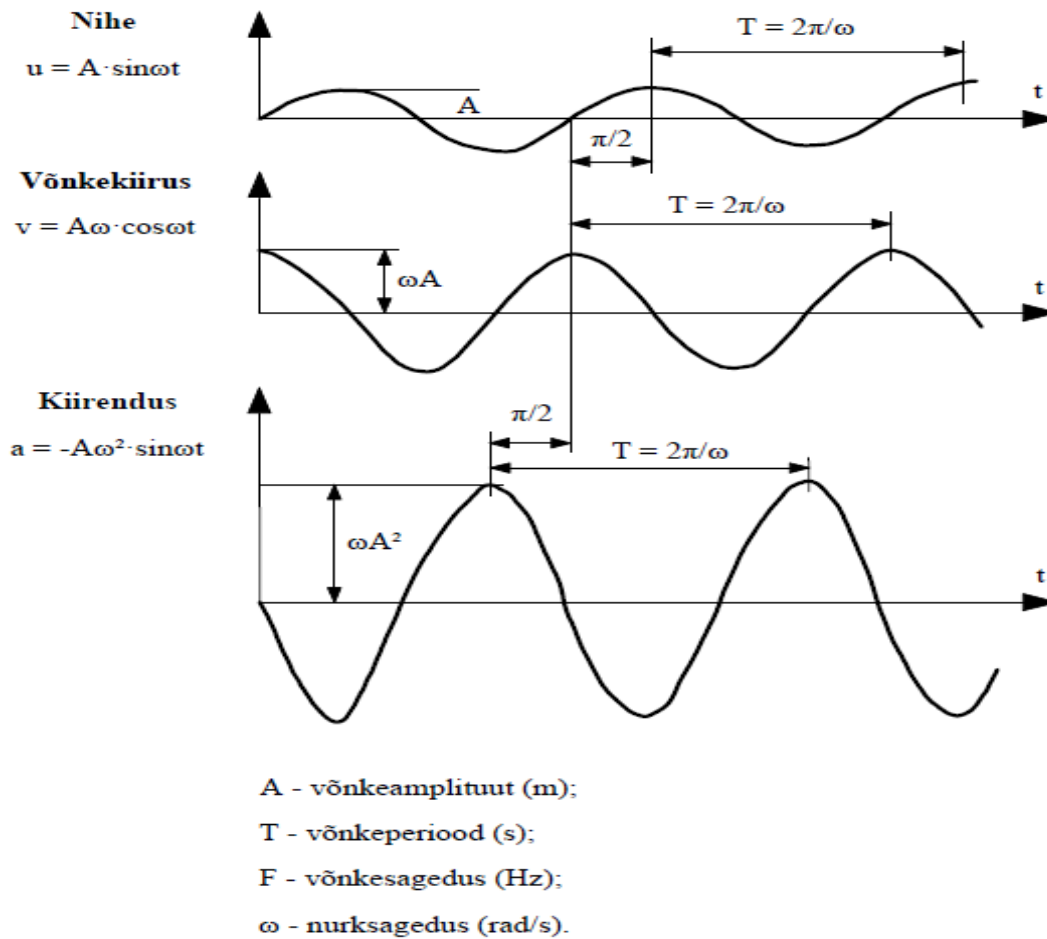
Eesti põlevkivikaevandustes on lõhketööd peamiseks kivimi raimamise mooduseks kaeveõõnsuste rajamisel, mis on tehnoloogilise protsessi üks olulisemaid osi. Lõhketöödega kaasnevad mitmed negatiivseid nähud, mis võivad häirida või kahjustada mõjupiirkonnas olevaid seadmeid ja hooned ning inimesi. Suurimaks mõjuteguriteks võib pidada maapinna vibratsiooni ja impulssmüra.

Võnkeliikumine

Maapinna vibratsioon on võnkeliikumine, mida põhjustavad eelkõige lõhketöödest tekkivad seismilised lained. Horisontaalsed kihtidevahelised kontaktpinnad ja vertikaalsete lõhede võrk mõjutavad vibratsiooni tugevust eri suundades erinevalt, sõltudes lõhkelaengu ja –tööde piirkonnas asuva objekti vastastikusel paigutusest võnkeskkonnas. Korduva lõhkamise korral tuleb arvestada lõhkelaengu ja mõjustatava objekti asenditega võnkeskkonna geoloogilise ehituse suhtes. Seismilised lained võivad esile kutsuda lähedal asuvate hoonete ja muude tehisrajatiste kahjustusi [6].

Lihtsustades saab laineliikumist vaadelda kui harmoonilist võnkumist. Harmoonilise võnkumise parameetriteks on võnkekiirus, –kiirendus ja –amplituud. Sinusoidi võnkumiste põhiparameetrid ja nende vaheline seos on toodud Joonis 29-1 [5].

Lõhketööde seismilist mõju keskkonnale on Eesti põlevkivimaardlates uuritud juba kaheksakümnendate aastate lõpust. Algseks põhjuseks olid karjäärilõhkamised, kus korraga lõhati kümneid tonne lõhkeainet, mis põhjustasid suuri õhu- ja maavõnkeid. Allmaatöödel on alati kasutatud väikseid lõhkelaenguid, mida mõõdetakse kilogrammides. Kuna Eesti kaevandused on suhteliselt madalal, siis on lõhkelaengute kaugus maapinnani väike ja probleemid tekivad seal, kus allmaatööde eed lähenevad maapealsetele või maa-alustele objektidele (kaevud, kommunikatsioonid) [6,10].



Joonis 29-1 Võnkumise põhiparameetrid [5]

Mõju

Lõhketööde mõjupiirkonnas asuvaid objekte mõjutavad objektideni otse, peegeldunult ja murdunult levinud seismilised liitlained, mis on moodustunud laineliikide ühinemisel [1]. Liitlained koosnevad kolmest komponendist, mis mõjutavad objekte erinevalt. Need komponendid on [8]:

- pikikomponent, mida võib nimetada pikilaineks, mis tekitab mõjutatavates objektides perioodilisi horisontaalseid tõmbe- ja survepingeid;
- vertikaalne ristikomponent, mida võib nimetada ristlaine vertikaalkomponendiks, mis tekitab mõjutavates objektides perioodilisi vertikaalseid nihkepingeid;
- horisontaalne ristikomponent, mida võib nimetada ristlaine horisontaalkomponendiks, mis tekitab mõjutavates objektides perioodilisi horisontaalseid.

Lainekomponendid põhjustavad rikkeid seadmete töös ja kahjustusi ehitistes.

Standardid

Maksimaalne võnkekiirus on peamine hindamise kriteerium, millega on võimalik prognoosida lõhketööde mõju hoonetele. Lõhketöödest põhjustatud kahjustuste uurimiseks on erinevates riikides kehtestatud erinevad standardid, mis määravad ehitisele maksimaalse ohutu võnkekiiruse [2]. Eestis on seismiliste lainete intensiivsuse ja võimaliku kahjustava mõju hindamise peamiseks kriteeriumiks maksimaalne võnkekiirus. Sõltuvalt objekti konstruktsioonist, seismiliste lainete valdavast sagedusest, võnkesekkkonna omadustest ja lõhketööde iseloomust, võib neile ehitistele kahjustusi tegemata mõjuda erineva intensiivsusega võnkeliikumine [8].

Eesti „Lõhketööde projektile esitatavad nõuded“ määrus põhineb Soome normatiivile [11], kus leitakse ehitise suurim lubatud võnkekiirus arvutuslikult. Selle meetodi kõige olulisemaks puuduseks on aga asjaolu, et Eestis puudub lubatud võnkesageduste piirnormid. Lõhketööde projekteerimisel ehitise maksimaalne lubatud võnkekiirus arvutatakse järgmise valemiga [3]:

$$v_{maks} = v_I F_k \text{ (mm/s),}$$

kus v_I – kaitstava ehitise kaugusest ja aluspinnast sõltuv suurim lubatud võnkekiirus (mm/s) (Tabel 29-1);

F_k – ehitise liigist sõltuv parandustegur (

Tabel 29-2).

Tabel 29-1 Ehitise suurim lubatav võnkekiirus sõltuvalt kaugusest ja aluspinnast [3]

Kaugus ehitiseni (m)	Suurim lubatud võnkekiirus (mm/s)		
	Ehitise aluspinnas		
	Savi, kruus, liiv, pehme moreen	Tugev moreen, kildad, pehme lubjakivi, liivakivi	Graniit, gneiss, tugev lubjakivi, tugev liivakivi
1	18	35	140
5	18	35	85
10	18	35	70
20	15	28	55
30	14	25	45
50	12	21	38
100	10	17	28
200	9	14	22
500	7	11	15
1000	6	9	12
2000	5	7	9

Tabel 29-2 Ehitise liigist sõltuv parandustegur [3]

Ehitise klass	Ehitise liik	Parandustegur, F_k
1	Rasked ehitised, nagu sillad ja sadamakaid	2,00
2	Betoon-, raudbetoon- ja teraskonstruksioonid, eelmainitud konstruktsioonidest tööstushooned, pritsbetooniga kaetud allmaarajatised	1,50
3	Tellistest ja betoonist büroo- ja ühiskondlikud hooned, betoonvundamendile või kaljupinnasele ehitatud puuhooned	1,20
4	Betoonist või tellistest elumajad (ehitises ei tohi olla kasutatud kergbetooni ega silikaattelliseid), allmaakaablid. Kivistuv valubeton eaga üle ühe nädala	1,00
5	Kergbetonehitised (ka kõik muud ehitised, milles on kasutatud kergbetooni). Kivistuv valubeton eaga 3–7 ööpäeva	0,75
6	Eriti vibratsioonitundlikud ehitised, nagu muuseumid, kirikud ja teised kõrgete võlvide ja suurte pingeväljadega hooned, silikaattellistest hooned. Kivistuv valubeton eaga kuni 3 ööpäeva	0,65
7	Varinguohtlikud ajaloo- ja arhitektuurimälestised, varemed	0,50

Eesti lõhketööde määrus arvestab maksimaalse lubatava võnkekiiruse määramisel võnkekeskkonda, ehitise kaugust ja ehitise liiki. Kuid antud määrus ei määra lõhketöödest põhjustatud võnkesageduse suurusi, mille puhul oleks negatiivne mõju olemata.

Euroopa standardid arvestavad maksimaalse võnkekiiruse määramisel ka võnkesagedust ja kaitstava hoone liiki. Saksa standard DIN 4150 (Tabel 29-3) esitab piirmäärad, millest allapoole on ebatõenäoline, et vibratsioon põhjustab hoonetele viimistluskahjustusi. Eluhoonetes ei tohiks lühiajalise vibratsiooni kiirus ületada 5 mm/s madalatel sagedustel (≤ 8 Hz) ning vibratsiooni lubatud tasemed tõusevad kuni 20 mm/s sagedusel 100 Hz [2]. Prantsusmaa standard 87/70558 (Tabel 29-4) sarnaneb Saksa standardiga, kus on samuti määratud piirmäärad, millest allapoole on ebatõenäoline, et vibratsioon põhjustab hoonetele negatiivset mõju. Rootsi standard SS 460 48 66 arvestab lubatava võnkekiiruse määramisel võnkekeskkonna aluspinda (Tabel 29-5) [2].

Tabel 29-3 Ehitise suurim lubatav võnkekiiruse määramine Saksa standardi järgi [2]

Ehitise liik	Maksimaalne võnkekiirus (mm/s)		
	4-8 Hz	8-30 Hz	30-100 Hz
Tööstushooned	20	20-40	40-50
Elamud	5	5-15	15-20
Eriti tundlikud	3	3-8	8-10

Tabel 29-4 Ehitise suurim lubatav võnkekiiruse määramine Prantsusmaa standardi järgi [2]

Ehitise liik	Maksimaalne võnkekiirus (mm/s)		
	4-8 Hz	8-30 Hz	30-100 Hz
Vastupidavad	8	12	15
Tundlikud	6	9	12
Eritundlikud	4	6	9

Tabel 29-5 Ehitise suurim lubatav võnkekiiruse määramine Rootsi standardi järgi [2]

Aluspind	Võnkekiirus (mm/s)
Savi, liiv, kruus, pehme moreen	18
Tugev moreen, kildad, pehme lubjakivi, liivakivi	35
Graniit, gneiss, tugev lubjakivi	70

Lõhketööd

Allmaakaevandamisel kasutatakse puur-lõhketöid koristustöödel tulptervikutega kamberkaevandamise viisi korral. Puur-lõhketöid kasutatakse ettevalmistus- ja kapitaalkaevanduste läbindamisel. Horisontaalsed lõhkeaugud, mille läbimõõt on 35-45 mm ja sügavusega 4 m puuritakse pehmetesse põlevkivikihtidesse [6]. Plahvatusenergia purustab nii põlev- kui ka lubjakivi vahelihid. Lööklaine levib ühelikiirusega, mis põhjustab deformatsioone ja pingeid, mis on suuremad kivimi tugevusest ja mille tulemusena materjal puruneb lõhkeaugu lähipiirkonnas [7]. Plahvatusenergia paremaks ära kasutamiseks puuritakse vabapinna tekitamiseks kuni 6 horisontaalset puurauku, mille läbimõõt on 280 mm ja sügavus 4 m. Ära kasutatud energia suurus sõltub ka kivimi füüsikalise-mehaanilistest omadustest.

Mõõtesead

Seismouuringutel kasutatakse maavõngete registreerimiseks elektroonilisi seismomeetreid, millede mehaanilised võnkumised muundatakse geofoonide abil elektriliseks signaaliks. Geofoonid on kolmeteljelised (piki-, risti- ja vertikaallaine). Seismomeetritega on võimalik mõõta ka võnkesagedust, -kiirendust ja/või -amplituudi [6,8].

Käesoleva uuringu tegemiseks kasutati Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituudile kuuluvat seismomeetrit. Mõõtesead on kaasaskantav ning on mõeldud kasutamiseks välimõõtmisteks.

Mõõtmistulemused

Töökäigus fikseeriti 99 seismilist aktiivsust mõõtekaugusel 135-271 m. Laengukogus varieerus 64-255 kg piires ning võnkekiirused jäid 1,7-4,2 mm/s piiridesse.

Seismiliste lainete intensiivsus

Lõhketöödest põhjustatud seismiliste lainete intensiivsuse prognoos seisneb seismiliste lainete intensiivsuspameetrite määramises, kui on teada plahvatusel vabanenud energia, kaugus lõhkamiskohast ja võnkekeskkonna omadused. [9].

Vabanenud energiakogus sõltub ühel ajahetkel plahvatavast lõhkeainekogusest ning lõhkeaine omadustest. Kuna lõhkeainete plahvatusenergia on põlevkivi kaevandamisel küllaltki kitsastes piirides muutuv suurus, siis tekkinud seismiliste lainete intensiivsus sõltub viitegrupi või laengu suuruselt. Kaevanduses lõhketöödest põhjustatud seismiliste lainete prognoosimiseks tuleb leida võnkekiiruse sõltuvust kahest muutujast – kaugusest lõhkamiskohast (d) ja laengu suuruselt (Q) [6,8].

Taandatud kaugus

Taandatud kaugus (d_s) on normaliseeritud tegur, mida kasutatakse selleks, et samas võnkekeskkonnas erinevate kauguste ja laengusuurusete juures sooritatud mõõtmised oleksid võrreldavad. Taandatud kauguse kaudu saab oletada maksimaalset võnkekiirust, kui on teada laengukogus (Q) ja mõõtekaugus (d) [4]. Taandatud kauguse valem on [5]:

$$d_s = d \cdot Q^n,$$

kus d – mõõtekaugus (m) ja Q^n – laengumass (kg).

Astendaja n väärtus sõltub plahvatuse mõjukaugusest. Kui plahvatuse mõjukaugus põlevkivikaevandamisel on üle 30 m, siis võetakse astendaja suuruselt $-\frac{1}{2}$, seega seismilise mõju hindamiseks kasutatakse allolevat valemit [6,17]:

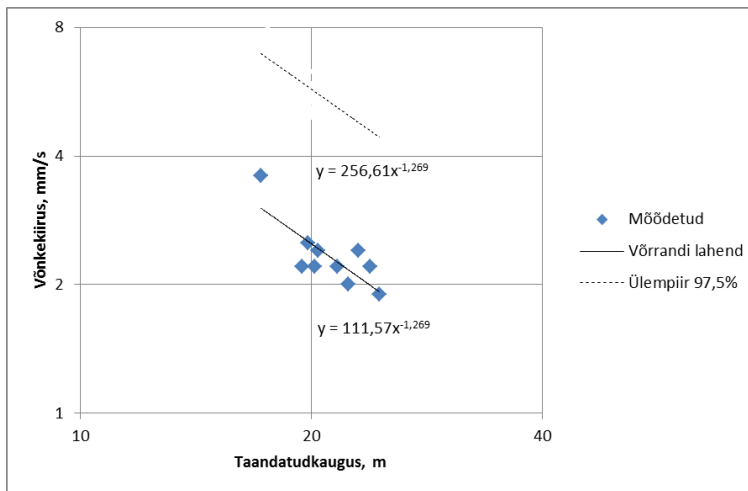
$$d_s = \frac{d}{\sqrt{Q}},$$

kus d – mõõtekaugus (m) ja Q – laengumass (kg).

Võnkekiiruse prognoos

Võnkekiirus sõltub hoitava objekti kaugusest lõhkamiskohast ja laengu massist. Joonisel (Joonis 29-2) on näha mõõtepunktide koonduvust sõltuvalt taandatud kaugusest ühele joonele. Sellega seonduvalt võib väita, et mõõdetud võnkekiiruse ja taandatud kauguse

vahel valitseb lineaarne seos. Matemaatiliselt on tuletatud 97,5% tõenäosusega võrrandi ülemine usalduspiir [6].



Joonis 29-2 Võnkekiiruse prognoosimise graafik

Tulemused

Maksimaalsete seismiliselt ohutute laengu suuruste võrdlemisel kasutati „Lõhketöö projektile esitatavad nõuded“ määruse arvutusvalemeid. Maksimaalseks seismiliselt ohutuks laengusuuruseks nimetatakse laengut, mis kindlas võnkekeskkonnas plahvatades ei tekita hoitavates objektides lubatust suuremat võnkeliikumist [6]. Määruses on maksimaalne seismiliselt ohutu laengu suuruse arvutusvalem kaevandamissügavusel 60 m [3]:

$$Q = \left[\frac{d}{\left(\frac{6657}{v_{maks}} \right)^{0,459}} \right]^2.$$

Seda valemit on võimalik avaldada taandatud kauguse kaudu [8]:

$$d_s = \frac{d}{\sqrt{Q}} \rightarrow \frac{d}{\sqrt{Q}} = \left(\frac{B}{v} \right)^{-\frac{1}{A}},$$

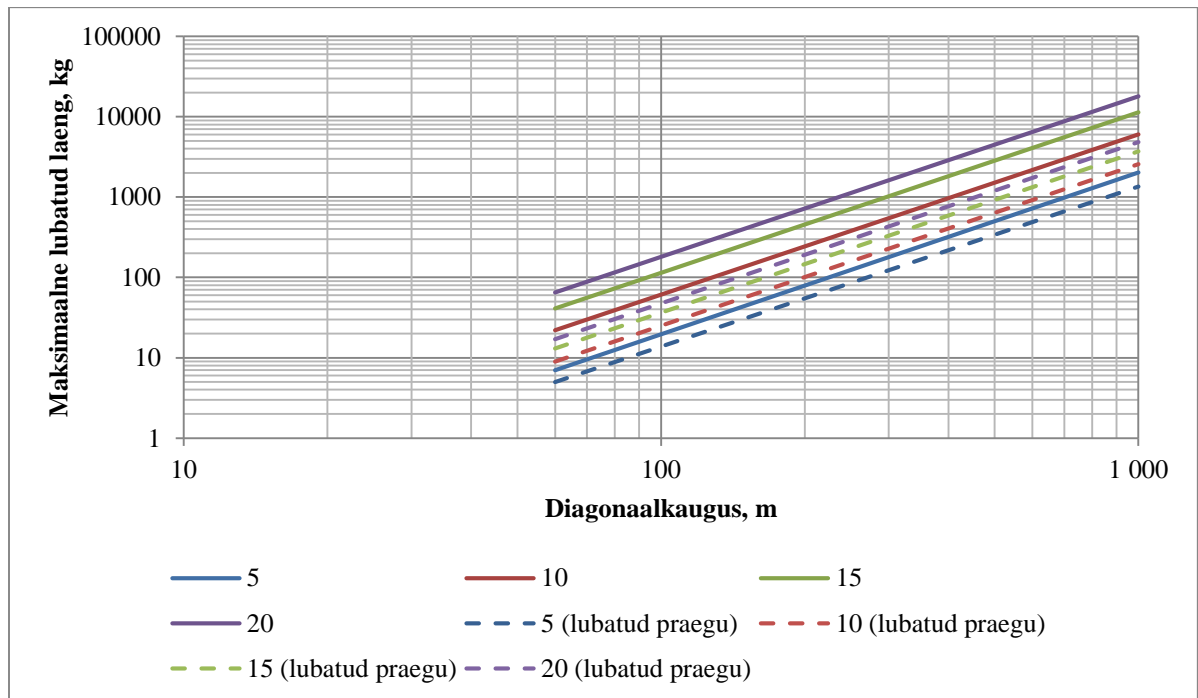
millest avaldub laengusuurus (Q):

$$Q = \left[\frac{d}{\left(\frac{B}{v} \right)^{-\frac{1}{A}}} \right]^2.$$

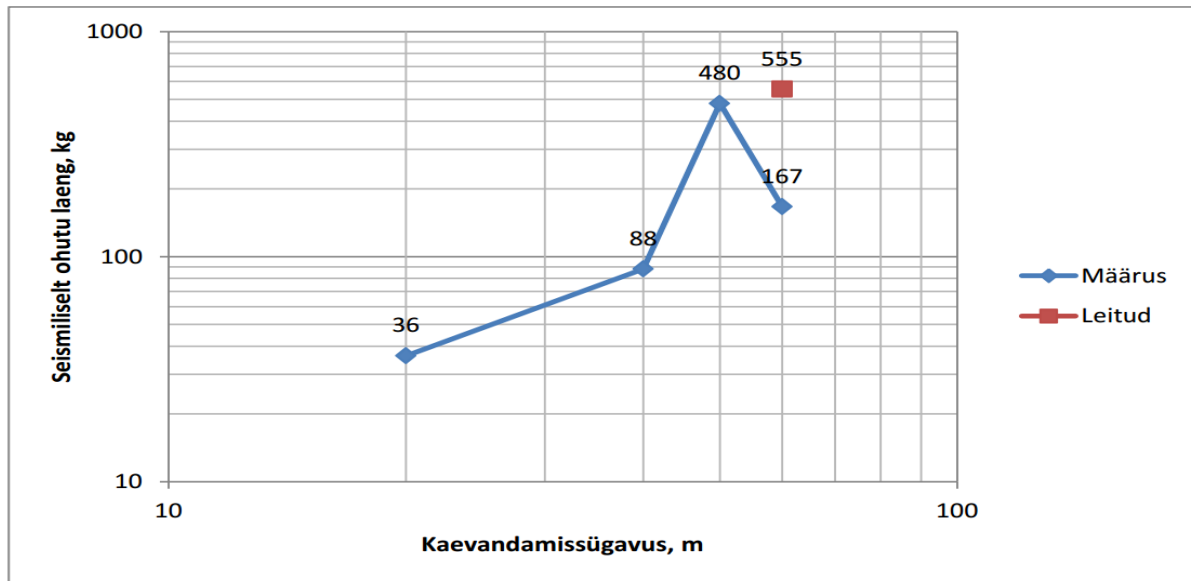
Saadud arvutusvalemi tulemused [6]:

$$Q = \left[\frac{d}{\left(\frac{256,61}{v_{maks}} \right)^{0,788}} \right]^2$$

Ohutu laengusuurus määrati kasutades võnkekiiruse sumbumise võrrandit ülemisel usalduspiiril. Saadud seismilised ohutud laengud on suuremad kui hetkel kehtivas lõhketööde määruses, kus need varieeruvad 1,5-4 korda (Joonis 29-3). Lisaks näitas võrdlusanalüüs, et kasutades lõhketööde määruse arvutusvalemeid, siis alates 50 m kaevandamissügavusest laengukogus väheneb mitu korda (Joonis 29-4).



Joonis 29-3 Seismiliselt ohutu laengusuurus [6]



Joonis 29-4 Maksimaalne seismiliselt ohutu laengukogus* [6]

*Kaugus lõhkamiskohast hoitava objektini 200 m ja maksimaalne lubatud võnkekiirus ehitisele 17 mm/s

Kokkuvõte

Arvestades ehitise liiki ja lõhketööde kaugust, siis antud võnkekiirused ei kujutanud ohu kaitstavale objektile, kuna tulemused olid umbes 8 korda väiksemad kui praegu nõuetega lubatud.

Saadud maksimaalne seismiliselt ohutu laengusuurus on mitu korda suurem kui kehtivas määruses lubatud. Seda asjaolu võib tingida, et viimased taolised uuringud on läbiviidud 2000. aastate alguses, mil kaevandamissügavus oli 20-30 m vähem kui praegustes Eesti sügavamates põlevkivikaevandustes.

„Lõhketöö projektile esitatavad nõuded“ ohutu laengukoguse arvutamisel väheneb alates 50 m kaevandamissügavusest laengukogus mitu korda. Kaevandamissügavuse suurenedes toimub võnkekiiruse sumbumine ja ohutu laengukogus peaks olema suurem kui eelneval sügavusel. Võib järeldada, et määrus põhineb aegunud andmetel ning andmete töötlemisel oli tehtud viga, mida on võimalik tõestada uute katsemõõtmistega, et viga korrigeerida.

Lisaks antud arvutusvalemid, mis on arvatud põlevkivikaevandustes ja –karjäärides, kehtivad praeguses seadusandluses ka lubjakivi kaevandajatele. Lõhkeaine plahvatusenergia kutsub kivimis esile pingeid ja deformatsioonid, mis on suuremad kui kivimi tugevus. Survetsoonis toimuvad purustused, kus realiseerub plahvatuse energia, mille suurus sõltub kivimi füüsikalise-mehaanilistest omadustest, kuid need suurused on lubja- ja põlevkivil erinevad.

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – mi.ttu.ee/etp.

Viited

1. Dowding, C. H. Blast vibration monitoring and controll. New Jersey : Prentice-hall Inc, 1895;
2. Karadogan, A., Kahriman, A., Ozer, U. A new damage criteria norm for blast-induced ground vibrations in Turkey. – Arabian Journal of Geosciences, 2014, 7, 1617-1626;
3. Lõhkematerjaliseadus. (2004). – Riigi Teataja I, 25, 170;
4. Nateghi, R. Prediction of ground vibration level induced by blasting at different rock units. – International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 2011, 48, 899-908;
5. Persson, P.-A., Holmberg, R., Lee, J. Rock blasting and explosives engineering. Boca Raton : CRC Press, 1994;
6. Roots, R. Lõhketöödest põhjustatud maavõngete analüüs põlevkivikaevanduses : bakalaureusetöö. Tallinna Tehnikaülikool Mäeinstituut, Tallinn, 2014;
7. Rževski, V. Osnovõ fiziki gornõh porod. Moskva : Nedra, 1984;
8. Tomberg, T. Lõhketöödest põhjustatud maavõngete analüüs põlevkivi kaevandamisel : magisträtöö. Tallinna Tehnikaülikool Mäeinstituut, Tallinn, 1998;
9. Toomik, A., Tomberg, T. Blast vibrations in oil shale underground mining. – Oil Shale, 1998, 1, 65-74;
10. Toomik, A., Tomberg, T. Lõhkamiste mõju ohjeldamine. – Põlevkivi talutav kaevandamine : konverentsi ettekannete teesid ja artiklid, 2000, 16-18;
11. Vuolio, R. Suomen Maarakentajien Keskusliito. Forssa, 1991.

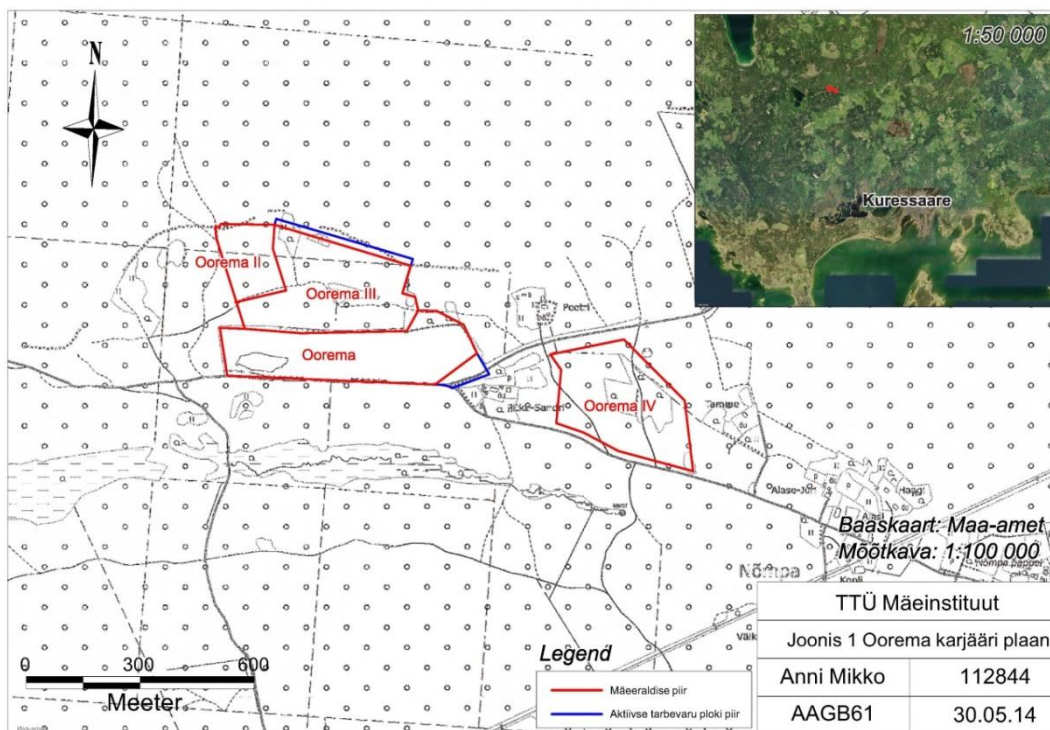
30. Ülekaevandamine, seadusandlusest tulenevad nõuded ja karistused Ooremaa IV kruusakarjääri näitel

Anni Mikko, Gaia Grossfeldt, Helis Vahtra

Mäeeraldis on ruumiline mõiste, teenindusmaa pindalaline mõiste. Kaevandamisel tuleb arvesse võtta piiri, ka sügavuspiiri on piir. Selleks, et kaevandamine saaks toimuda vastavalt null-tolerantsile, tuleb teostada markšeidermõdistusi, et ei toimuks ülekaevandamist. Teadlik või kogemata ülekaevandamine fikseeritakse samadel alustel ning see on karistatav vastavalt seadusandlusele. Lisaks kaevandamistasudele ja ülekaevandamisele võetakse arvesse ka keskkonna saastamist. Hetkel Ooremaa IV karjääris ülekaevandamist ei toimu, küll aga analüüsitakse sellist võimalust.

Karjääri üldiseloostus

Ooremaa IV mäeeraldis asub Saare maakonnas, Kärla vallas ja jääb kohaliku tähtsusega Ooremaa kruusamaardlasse. Ooremaa IV kruusakarjääri mäeeraldise pindala on 8,07 ha ja selle teenindusmaa 10,87 ha (Joonis 30-1). Ooremaa IV mäeeraldis paikneb seljandikul, mis kujutab endast ida-läänesuunalist Balti jääpaisjärve rannaastangut, mille kogupikkus on 3 km ja laius kuni 600 m. Kogu rannaastangu piires levib savikal liivsavimoreenil kruusaka liiva ja veeristerohke kruusa kompleks, kus kvaternaarisetete paksus võib kohati ulatuda kuni 18 meetrini. Maapinna reljeef uuringuruumi piires on tõusuga põhja suunas, kus abs kõrgused muutuvad vahemikus 32 - 41 m. [2, 7, 5]



Joonis 30-1 Ooremaa IV kruusakarjääri plaan

Geoloogiline ehitus

Geoloogilise uuringu andmetel on mäeeraldise üldistatud geoloogiline ehitus järgmine: katendi paksus jääb vahemikku 0,2 - 0,9 m (keskmiselt 0,6 m), millest kasvukiht (sisaldades kohati veeriseid) moodustab maksimaalselt kuni 0,3 m. Mäeeraldise lõunaosas, kus maapind tunduvalt madalam võrreldes põhjaosaga, on kasulik kiht esindatud väga peene- kuni ülipeeneteralise, kohati ka savika liivaga. Kasuliku kihi paksus jääb 0,9 - 4,8 m vahemikku, keskmine paksus 2,7 m. Kasuliku kihi lamamiks on kollakas- kuni pruunikashall liivsavimoreen. Lamami tõusu võib täheldada põhja suunas jälgides üldjoontes maapinna reljeefi. Lamam mäeeraldise piires varieerub abs kõrguste vahemikus 29,00 - 38,25 m (keskmine 33,25 m). [2, 5]

Keskkonnareostus

Kruusa ja liiva kaevandamisel tavaliselt suuri keskkonnareostusi ei teki. Kõige tavalisem on õhu- ja veesaaste, mis võib häirida kohalikke elanikke. Õhusaaste väärtused on erinevatel protsessidel erinevad (

Tabel 30-1)

Tabel 30-1 Erinevad õhusaaste väärtused erinevatel protsessidel Ooremaa IV karjääri näitel

Õhusaaste	Väljamine, laadimine	Purustamine, sõelumine	Transport	Kokku	Ühik
PM-SUM	176	2 253	10 512	12 941	Kg
PM-10	83	644	4 730	5 457	Kg

PM-SUM on kogu õhusaaste kokku, k.a. tolmu ja tahked osakesed. PM-10 on tahked osakesed, mis on vähe ohtlikud (

Tabel 30-1). Saastavate osakeste suurus on 2,5 - 10 mikromeetrit. Lihtsamalt seletatuna on tegemist 25 - 100 korda väiksemate osakestega, kui juuksekarva läbilõige.

Kaevandajale on väljastatud karjääris kaevandamise mõju vähendamiseks välisõhu saasteluba (L.ÕV/318567), millega on sätestatud välisõhu kaitse ja seire tingimused. Saasteloas on määratud lubatud saaste kogused PM-SUM 2 439 kg aastas ja PM-10 727 kg aastas [11].

Õhusaastet saaks vähendada kui töötada vihmasel perioodil, kus vihm seoks väikesed tolmuosakesed [14], või rakendades kuival perioodil töö tsoonis niisutustehnoloogiaid.

Analüüs

Maad kasutatakse kui tootmisressurssi ning selle põhilised iseloomujooned on, et maapind on suurendamatu, liikumatu ja hävimatu [15]. Sellest lähtudes tuleb maavarasid kasutada mõistlikult ja praktiliselt. Maavara kaevandamiseks väljastatakse kaevandamise luba, mille jaoks tuleb esitada avaldus Keskkonnaametisse või Keskkonnaministeriumisse [7]. Kaevandamine on rangelt reguleeritud kaevandamise loaga ning selle omanik peab esitama iga aasta esimeses kvartalis eelmise aasta jooksul rikunud ja korrastatud maa aruande [8].

Kaevandaja peab esitama kord kvartalis maavaravaru kaevandamise mahu aruande loa andjale. Sõltuvalt kaevandamise aastastest mahtudest teostatakse instrumentaalmõõdistusi kontrollimaks mäeeraldise jääkvaru ja esitatud kaevandatud mahtude vastavust tegelikkusele. Ülekaevandamise korral arvutatakse keskkonnale tekitatud kahju kaevandatud või kasutuskõlbmatuks muudetud samaväärse maavaravaru keskkonnatasu kümnekordse määra suuruse summana. [9]

Kaevandatud mahtude järgi arvutades, tuleb Ooremaa IV mäeeraldise kaevandamistasudeks maksta 5 821 € (Tabel 30-2). Kui toodangut lubatud mahust

ületatakse, tuleb ületamise eest trahvi maksta [9]. Kaevandamiseseaduse § 32 lg 1 kohaselt on kaevandamise või kaeveõõne teisese kasutamise nõuete rikkumise või kaevandamise või kaeveõõne teisese kasutamise projekti koostamise nõuete rikkumise eest karistatakse rahatrahviga kuni 300 trahviühikut [3].

Ooremaa IV kruusakarjääris (pindalal 8,07 ha) kaevandatakse ehituskruusa, ehitusliiva ja täiteliiva. Seisuga 30.09.2014 on mäeeraldise jääkvaru kokku 198,7 tuh m³, millest 28,8 tuh m³ moodustab ehituskruus, 116,5 tuh m³ ehitusliiv ja 53,4 tuh m³ täiteliiv [10]. Pindalalise ülekaevandamise näitena võib tuua olukorra, kui kaevandama hakatakse teenindusmaa piires, kus mäeeraldise varu kinnitatud ei ole. Selle pindala on 2,36 ha. Teenindusmaal on materjali 32,318 tuh m³. Ehituskruusa kaevandamistasu on 2015 aastast 3,19 € m³, ehitusliiva kaevandamise tasu 2,16 € m³ ja täiteliival 0,52 € m³ [13]. Ülekaevandamise korral tuleks maksta kümnekordne tasu, ehk maksimaalselt 31,9 € m³ eest, mis oleks 1 030 944 200 €. Lisaks tuleb õhusaaste eest tasuda trahve. Ooremaa IV karjääris valmistatakse lubjakivi ja graniitkivi killustikku, mis on kõige enam tolmu eraldav ja õhku saastav kõigist teistest karjääris aset leidvatest tegevustest [12].

Tahked osakesed, välja arvatud raskmetallid või nende ühendid on erilise tähelepanu all ning alates 2014. aasta 1. jaanuarist tuleb maksta 112,42 € iga õhku paisatud saasteaine kg eest. Sätestatud saastetasumäärasid suurendatakse 2,5 korda, kui saasteaineid heidetakse välisõhku Haapsalu, Kuressaare, Narva-Jõesuu ja Pärnu linna haldusterritooriumi piires asuvatest paiksetest saasteallikatest [3]. Ooremaa kruusakarjääri ladu asub Kuressaare linna territooriumil, mistõttu saasteaine õhku paiskamise korral tuleks saastetasumäärasid suurendada 2,5 korda. Praegu on Ooremaa IV kruusakarjääris õhusaaste kontrolli all, kuid kui õhusaaste oleks poole võrra suurem kui hetkel, oleks PM-SUM ületatud 940,5 kg aastas ja PM10 üle 239 kg aastas. Trahve tuleks sellisel juhul maksta kokku 105 731,01 + 26 868,38 = 132 599,39 €.

Tabel 30-2 Ooremaa IV karjääri potentsiaalsete tulude ja kulude võrdlus

	Töötlemise kulud, eur	Tulud, eur
Kruus	311 445	239 400
Liiv	24 190	320 000
Täitematerjal	31 145	160 000
Kaevandamistasud	5 821	0
Kokku	372 601	719 400
Kasum		346 799

Süsinikoksiidi (CO) eest tuleb alates 2014. aasta 1. jaanuarist maksta 6,99 € ning sätestatud saastetasumäärasid suurendatakse 2,5 korda, kui saasteaineid heidetakse

välisõhku Haapsalu, Kuressaare, Narva-Jõesuu ja Pärnu linna haldusterritooriumi piires asuvatest paiksetest saasteallikatest [3].

Kokkuvõte

Ooremaa IV karjääri puhul on väga oluline, et jälgitakse karjääri plaani ning ei toimuks ülekaevandamist, kuna pisemagi ülekaevandamise korral tuleb juba maksta kümnekordset tasu. Maksimaalse ülekaevandamise korral oleks trahv 1 030 944 200 €, mis on igale kaevandusettevõttele vastuvõetamatu. Ka saastetasude ületamisel tuleks trahvi maksta 132 599,39 €, mis viiks ettevõtte pankrotti.

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – mi.ttu.ee/etp; B36, Kivimi raimamine ja rikastamine valikmetoodika - mi.ttu.ee/rikastamine.

Viited

1. Riigikogu 01.07.2014. a seadus. [Keskkonnatasude seadus](#) (RT I, 29.06.2014, 23, 29)
2. Ooremaa IV kruusakarjääri maavara kaevandamise loa taotlus (L.MK/300509)
3. Riigikogu 01.07.2014. a seadus. [Kaevandamise seadus](#) (RT I, 29.06.2014, 23)
4. OÜ Inseneribüroo STEIGER, 2012. Ooremaa kruusamaardla Ooremaa IV kruusakarjääri markšeiderimõõdistamise seletuskiri
5. OÜ Inseneribüroo STEIGER, 2009. Ooremaa IV kruusakarjääri enamohlike mäetööde projekt (Töö nr. 09/0422)
6. Fernie, S., Pilcher, N., Smith, KL. 2014. The Scottish Creditand Qualifications Framework: what’s academis practice got to do with it?. EUROPEAN JOURNAL OF EDUCATION. 233-248. USA.
7. Maavara kaevandamise luba [[WWW](#)] (2.11.2014)
8. Kaevandamisluba [[WWW](#)] (2.11.2014)
9. Riigikogu 01.08.2014. a seadus. [Maapõueseadus](#) (RT I, 08.07.2014, 21)
10. Maa-ameti geoportaal [[WWW](#)] (2.11.2014)
11. Välisõhu saasteluba (Erisaasteluba) (L.ÕV/318567)
12. Bektasevic, E., Sjerotanovic, I., Barakovic, A. 2011. Research of influence of application of the best available techniques for processing sedimentary and igneous rocks for air pollution in BH. International Multidisciplinary Scientific GeoConference-SGEM. 595-602. Bulgaria.
13. Riigikogu 01.07.2014. a seadus. [Keskkonnatasude seadus](#) (RT I, 13.03.2014, 38)
14. Appels, R., Muthirayan, B., Beerten, A., Paesen, R., Driesen, J., Poortmans, J. 2012. The Effect of Dust Deposition on Photovoltaic Modules. IEEE. USA.
15. Ü. Kerner, V. Masso, H. Metsa, H. Piho, A. Sukamägi MAAST, SELLE KASUTAMISEST JA OMANDIÕIGUSE TAASTAMISEST [[WWW](#)]

31. Kutseomistamine mäenduses

Gaia Grossfeldt, Margit Kolats, Ingo Valgma, Vivika Väizene

Mäenduse reguleerimine Eestis sai alguse 10. oktoobril 1919. aastal [26], kuid kõrgem mäenduslik haridus inseneriteadusena sai alguse alles 1. septembril 1938. aastal, kui loodi Tallinna Tehnikaülikooli (Tallinna Polütehniline Instituut) mäeprofessor [13, 5].

Kaevandamiseseadus ja maapõueseadus (Kaevandamiseseadus RT I, 29.06.2014, 23, 29; Maapõueseadus RT I, 08.07.2014, 21) defineerivad mäendusvaldkonna kui kõrge ohutusega valdkonna, mistõttu peaksid olema mäetööstuses töötavatel spetsialistidel kõrged kvaliteedinõuded, et oleks tagatud ohutu ja loodust säästev tegevus [25, 28, 2]. Majanduslik, keskkondlik ja sotsiaalne olukord on muutunud teravamaks. Turumajanduse arenedes on tekkinud pingeline konkurents. Oluliseks on muutunud keskkond, toimetulek turumajanduses ja säästlik kaevandamine, mistõttu esitatakse ka inseneridele kõrgemaid nõudeid [12, 27, 6].

Nimetatud kvaliteedinõudeid reguleerivad süsteeme on aastate jooksul olnud mitmeid, alustades õppekavadele esitatavatest nõuetest, kuni pädevus- ja kutsesüsteemini [4; 2; 30; 32; 34; 31].

Kutsesüsteemis ja kaevandamist puudutavas seadusandluses on probleeme. Baseerudes praeguste teadmiste, analüüsitakse käesolevas töös mäendusvaldkonna kutsesüsteemi parendamise võimalusi ja otstarbekust.

Kutsesüsteem

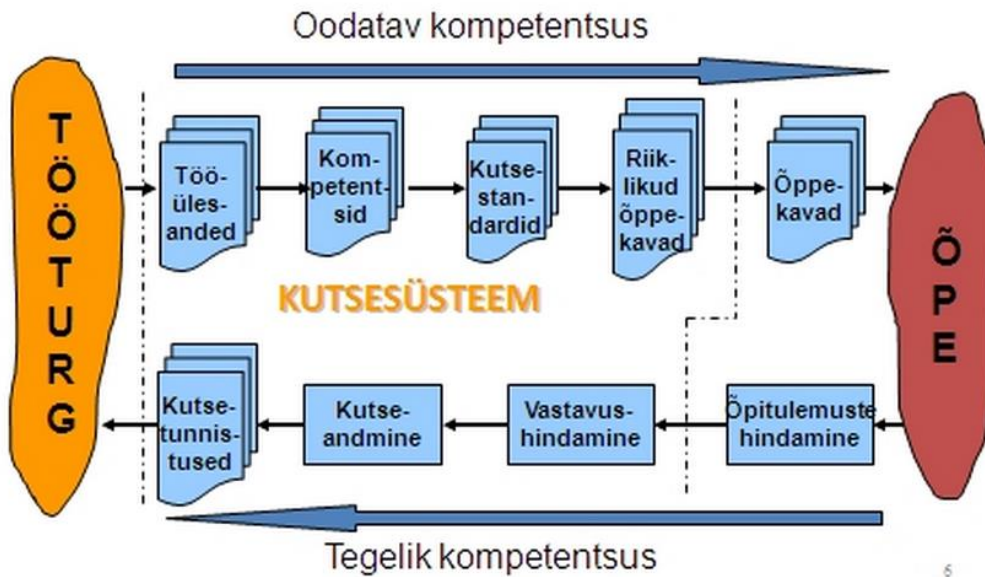
Kutsesüsteem on osa Eesti kvalifikatsioonisüsteemist, mis seob haridussüsteemi tööturuga ja aitab kaasa elukestvate õppele ning tööalase kompetentsuse arendamisele, hindamisele, tunnustamisele ja võrdlemisele (Joonis 31-1) [8, 3].

Mäeinstituut alustas mäenduse valdkonna kutseomistamise arendamist aastal 1995 läbi Tallinna Mäekonna. Esimene mäetehnikute ja mäeinseneride kompleks-kutsestandard valmis aastaks 2008 ning kutse andmise õiguse sai omale Eesti Mäeselts 19. aprillil 2012 a.

Enne kutsesüsteemi kasutuselevõttu 2012. aastal, kuulus personali sertifitseerimine mäendusvaldkonnas Tehnilise Järelevalve Inspeksiooni/Ameti valdkonda (edaspidi Tehnilise Järelevalve Amet). Tehnilise Järelevalve Amet korraldas pädevuse (mäetööde

juhtide, vastutavate spetsialistide ametisobivuse) hindamist ja tõendamist, kontrollides ohutusnõuete tundmist eksamineerimise teel.

Kompetentsuse ring



Kompetentsuse ring näitab, kuidas kutsesüsteem seob tööturgu haridussüsteemiga.

Joonis 31-1 Kompetentsuste ring [8]

Tabel 31-1 Väljastatud pädevus- ja kutsetunnistused vastutusulatuste kaupa ajavahemikul 2007-2014

Aasta	Kogus ¹		Pealmaatööd		Allmaatööd		Projekteerimine pealmaatööd		Projekteerimine allmaatööd		Projekteerimine/Vastutav spetsialist ²		Mäetehnik		Mäeinsener		Diplomeeritud mäeinsener		Volitatud mäeinsener	
	Mehi	Naisi	Mehi	Naisi	Mehi	Naisi	Mehi	Naisi	Mehi	Naisi	Mehi	Naisi	Mehi	Naisi	Mehi	Naisi	Mehi	Naisi	Mehi	Naisi
2007	32		32		5		10		5		5									
	29	3	29	3	4	1	9	1	4	1	4	1								
2008	39		28		3		8		8		0									
	28	4	25	3	3	0	6	2	6	2	0	0								
2009	30		21		3		6		6		0									
	24	1	20	1	3	0	6	0	6	0	0	0								
2010	39		27		10		9		9		7									
	29	1	26	1	10	0	9	0	9	0	7	0								
2011	36		28		4		7		7		2									
	30	2	27	1	3	1	5	2	5	2	1	1								
2012	27		22		1		5		5		1									
	23	4	19	3	1	0	4	1	4	1	1	0								
2012	2												0		0		0		2	
	2	0											0	0	0	0	0	0	2	0
2013	32												19		6		7		0	
	29	3											18	1	4	2	7	0	0	0
2014**	16												16		0		0		0	
	15	1											15	1	0	0	0	0	0	0

¹Väljastatud pädevustunnistuste/kutsetunnistuste arv

²Pädevustunnistus kogu ulatuses: Projekteerimine (pealmaa+allmaatööd) ja vastutav spetsialist (pealmaa+allmaatööd), sisaldub kogumalus ja erinevate volituste ulatuses eral

*Antud ajavahemikul väljastatud projekteerimist lubavatel pädevustunnistusel polnud täpsustatud volituse ulatus, seega on statistikas arvestatud volitus mõlemale alale.

**Seisuga 15.10.2014

— Pädevustunnistuste väljastamine lõppes / Algas Kutsetunnistuste väljastamine

Andmete statistikaks on kasutatud TJA poolt väljastatud pädevustunnistuste kokkuvõtet 2007-2012 ning Kutseregistri väljavõtet.

Pädevustunnistuse taotlemise eeltingimused olid üldsõnalised ning kuigi eksamineerimine nõudis ohutusnõuete tundmist, tekkis mittevastavus – kõrge ohutusega valdkonnas, nagu seda on mäendus, kvalifitseerusid pädevustunnistustele ka isikud (Tabel 31-1), kes ei omanud piisavalt spetsiifilisi erialaseid teadmisi, et vältida seadusest tulenevate kohustuste rikkumist [22].

Tabel 31-2 Mäeinseneride kutsestandardi kaheksa kohustuslikku kompetentsi ja volituste ulatus, Versioon 2 [10].

A.3 Töö osad ja tegevused	Kutsetase		
	IV	Dipl V	Vol V
1 Maardla uuringute tegemine			
1.1 Maardla uuringu korraldamine ja juhtimine	x	x	x
1.2 Maardla uuringu projekteerimine		x	x
2 Mäetööde projekteerimine			
2.1 Mäetööde projekteerimine, sh tüüpprojekti alusel, välja arvatud kaevandamiseseaduse mõistes enamohtlikud tööd	x		
2.2 Kaevandamiseseaduse mõistes enamohtlike tööde projekteerimine, sh tüüpprojekti koostamine		x	x
2.3 Kaevandamiseseaduse mõistes enamohtlike tööde projektide juhtimine ja ekspertiis			x
3 Allmaarajatiste rajamine			
3.1 Mäetööde juhtimine allmaaehtiste rajamisel	x	x	x
3.2 Allmaa-kaeveõõne teisese kasutamise projekteerimine		x	x
3.3 Allmaarajatise projekteerimine			x
4 Maavarade kaevandamine			
4.1 Mäetööde juhtimine avakaevandamisel	x	x	x
4.2 Mäetööde juhtimine allmaakaevandamisel	x	x	x
5 Lõhketööde juhtimine			
5.1 Ehitusalaste ja teiste lõhketööde juhtimine		x	x
5.2 Mäetööstuses lõhketööde juhtimine		x	x
6 Mäemõõdistamine (markseideritöö)			
6.1 Maavara kaevandamisel tehtav mõõdistamine ja dokumenteerimine	x	x	x
6.2 Mäendusliku geoinfosüsteemi (MGIS) rakendamine ja arendamine		x	x
7 Kaevanduskeskkonna juhtimine			
7.1 Keskkonnamõjude jälgimine ja kontrollimine	x	x	x
7.2 Keskkonnaohje projektide koostamine ja juhtimine		x	x
7.3 Ettevõtte keskkonnajuhtimise süsteemi loomine ja arendamine			x
8 Mäendusosalane teadus- ja arendustegevus ning koolitus			
8.1 Teadusuuringud	x	x	x
8.2 Kutsealase koolituse läbiviimine		x	x
8.3 Teadus- ja arendustegevuse juhtimine			x

Kaevandamiseseaduse mõistes enamohtlike tööde kaevandamise vastutava spetsialisti pädevustunnistust omavatest isikutest on 36% omandanud mäendushariduse Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituudis, hinnanguliselt 20% omavad mingit muud mäeharidust ning ülejäänud, orienteeruvalt 44%, ei ole erialased spetsialistid (Tabel 31-1).

Tehnilise Järelevalve Ameti praktika ohutusnõuete täitmise kontrollimisel [24] kinnitab, et mäendusvaldkonna vastutavate spetsialistide kvaliteedinõuded, nende hindamine ja nõutud kutsetasemele vastavuse tõendamine on vajalik, et tekiks olukord, kus kõrge ohutusega töid teostavad selleks vajalikku kompetentsust omavate hindajate poolt tunnustatud mäeinsenerid.

Pädevustunnistuste süsteemilt üleminekul kutsesüsteemile kujunes esimeses mäeinseneride standardis välja kaheksa kohustuslikku kompetentsi (Tabel 31-2) [4] kõigil kolmel inseneritasemel (Eesti Kvalifikatsiooniraamistik IV, V ja V = EQF 6, 7, 8).

Nimetatud tasemete valik tulenes EQF seotusest formaalharidusega – 6. tase bakalaureus; 7. tase magister; 8. tase doktor (Tabel 31-3).

Tabel 31-3 Formaalhariduse ja kutsetaseme vastavus [11, 9, 1, 33]

Tase	Formaalharidus	Kutsenimetus
5	Kesk- või tehniline keskharidus, bakalaureus	Mäetehnik
6	Bakalaureus	Mäeinsener
7	Bakalaureus + Mäeinseneri kutsetunnistus; Magister	Diplomeeritud mäeinsener
8	Magister + Diplomeeritud mäeinseneri kutsetunnistus; Doktor	Volitatud mäeinsener

Standardiloome käigus lisandus juurde veel EQF 5. taseme kutsetase – mäetehnik, mis on mõeldud kaevandamise vastutavale spetsialistile enamohtlike tööde läbiviimiseks piiranguga liiva- ja kruusakarjääridele.

Kutsestandardiga pandi paika vastava taseme hariduse, töökogemuse ja täiendusõppe nõuded ning tasemed.

Kutsestandard nõudis kompetentsust kõigis kaheksas punktis, kõigil kolmel inseneritasemel (Tabel 31-2), erisustega vaid kutsetasemes. Paljud taotlejad ei vastanud kõigile nõutud kompetentsustele, millega seoses avaldasid ettevõtjad soovi omistada töötajatele spetsialiseerumisega ehk mitte täiskutset.

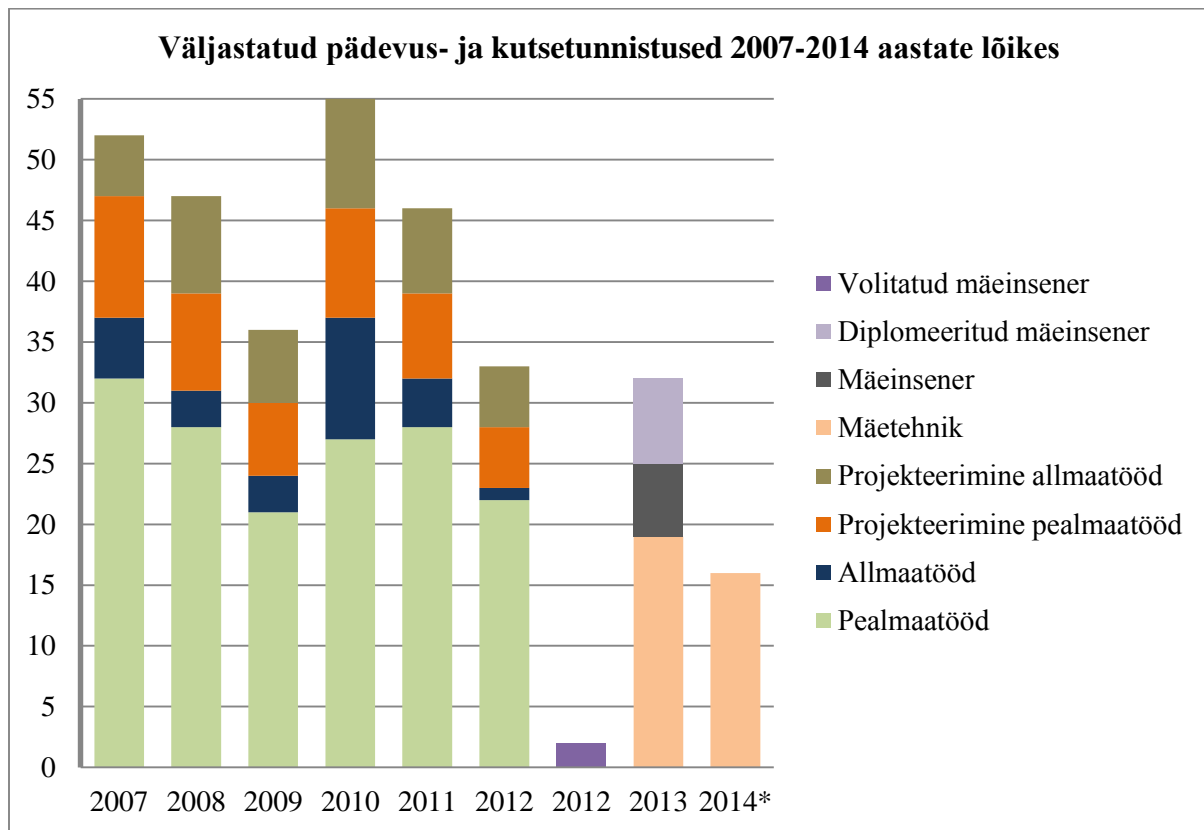
Üleminekul kutsestandardi uuendatud versioonile loodi kolm uut tegevus- ja teadmispõhist kutsestandardit ning nendega kaasnevad lisad, mis reguleerivad kaevandamise vastutava spetsialisti enamohtlike tööde teostamist vastavalt Kaevandamisseadusele [15].

20.06.2014 kinnitas Inseneride Kutsenõukogu uued mäeinseneride kutsestandardid kolme spetsialiseerumisega:

- a) maavarade pealmaakaevandamine;

- b) maavarade allmaakaevandamine ja kaeveõõne teisene kasutamine;
- c) maardlate uuring.

Kutsestandardid koosnevad sisuliselt erinevatest kompetentsustest, milleks üldiselt on kohustuslikud, spetsialiseerumisega seotud ning valitavad kompetentsused. Vastavad kompetentsused sisaldavad endas tegevus- ja teadmispõhiselt nõudeid, mis on koostatud standardi töögrupi poolt lähtudes tööandjate vajadustest. Nimetatud nõuded on üheks kvaliteeditunnuseks ning garantiiks tööandjale, et kutsetunnistust omav isik on hinnatud ning vastab just nendele nimetatud kompetentsidele talle väljastatud kutsetasemel.



Joonis 31-2 Väljastatud pädevus- ja kutsetunnistused 2007-2014 aastatel, **seisuga 15.10.2014

Seisuga 15.09.2014 omab Eestis mäendusvaldkonna kutsetunnistust kokku 50 isikut, kellest 35 mäetehnikut, 6 mäeinseneri, 7 diplomeeritud mäeinseneri ja 2 volitatud mäeinseneri (Tabel 31-1; Joonis 31-2).

Mäeinseneride ja mäetehnikute vastava taseme hindamine

Mäeinseneride ja –tehnikute sisulist vastavust kutsestandardist tulenevatele nõuetele hindavad kutsekomisjoni poolt määratud hindamiskomisjonid. Hindamiskomisjon koosneb vähemalt kolmest liikmest ning hindab kutse taotlejaid esitatud dokumentide põhjal ning vajaduse korral personaalse intervjuu abil. Hindamiskomisjoni liikmed peavad tundma kutsesüsteemi, olema sisuliselt pädevad, lähtuma eetikast ning vältima huvide konflikti ohtu.

Mäeinseneride hindamiskomisjoni töö on sellevõrra keerulisem, kui tegemist on kutsestandardi mõistes suurema vastutusvaldkonna ning kõrgemalt haritud inseneridega. Mäeinseneri kutsetunnistuse taotlemisel tuleb esitada kõik dokumendid, et tõendada töökogemust, haridust ja enesetäiendamist ning nende tulemusel vastavust kutsestandardi nõuetele. Kutsestandardi nõuded omakorda on koostatud töögrupi poolt selliselt, et tagatud oleks kõrgetasemeline töö igas aspektis.

Õppekava

Mäeinseneride koolitamine toimub TTÜ Mäeinstituudis, geotehnoloogia õppekava abil. Erinevate kõrgharidusreformide käigus on muudetud õppekava nime ja õpetamise asukohta. Erinevalt ehitusinseneridest on mäeinseneride õppeperioodi kestus muutunud 5 aastaselt inseneriõppelt 3 + 2 õppele, olles kasutanud õpetamise 76 aasta jooksul mitmeid erinevaid vorme [23, 31]. Ehitusinseneride puhul on lisaks kutsesüsteemi toimimisele ja heale mainele olemas ka konkreetset ehitusinseneriõppe raamnõuded, mis on sätestatud Vabariigi Valitsuse määrusega [29].

Kutsestandardite üheks osaks on olla sisendiks koolitus- ja õppekavadele [8]. Õppekava omakorda on reguleeritud mitmete erinevate osapoolte poolt, näiteks Eesti Vabariigi haridusseadus (Haridusseadus RT I, 20.06.2014, 5), kõrgharidusstandard (Kõrgharidusstandard RT I, 29.07.2014, 17), Tallinna Tehnikaülikooli seadus (Tallinna Tehnikaülikooli seadus, RT I, 20.06.2014, 2), TTÜ õppekava statuut, Haridus- ja teadusministeeriumi suunised jne [19, 17, 21, 20].

Õppekava koostamisel selgus, et kutsestandard sätestab küll teadmised ja oskused vastavatel tasemetel, kuid nende konverteerimine õppeainetesse ning vastavatesse mahtudesse jääb õpetava asutuse vastutada. Kui õppeaines vastab 1 EAP 26 tunnile tööle, mida üliõpilane on õppimiseks kulutanud [17], siis kutsestandard ei määra, kui mitu EAP-d peab tudeng läbima, et omandada kõik vajalikud teadmised näiteks pealmaakaevandamise spetsialiseerumise valdkonnas mäeinsener 7. kutsetasemel.

Kõiki eelpool nimetatud osapooli arvesse võttes, jääb parima tulemuse saavutamiseks õppekava näol keerulisse olukorda õpetav asutus, kuna ettevõtted soovivad

maksimaalsete teadmistega insenere, kuid ülikool ning riik soovib vähendada kulusid optimeerimise näol. Keeruliseks teeb veel olukorra mäenduse halb maine, mistõttu on ka erialale vastuvõetavate tudengite arv ning seeläbi ka lõpetajate arv aasta-aastalt vähenenud (Tabel 31-4). Sellest on tekkinud nn surnud ring, kus ühelt poolt on mäeinseneride vajadus ettevõtjate poolt niipalju suur, et võetakse tudengid tööle alates teisest õppesemestrist, mistõttu jäävad õpingud venima või katkestatakse sootuks. See omakorda tingib ebaoptimaalse õpetamise ning ülikooli poolt lisasurve õppekava sulgemiseks.

Tabel 31-4 Ligikaudne geotehnoloogia erialal lõpetamise ja katkestamise statistika ajavahemikus 2009-2014, kus AAGB tähistab bakalaureuseõpet ning AAGM magistriõpet. Lõpetamise tulemuslikkus – kogu lõpetajate arv sisseastujatest, lõpetajate efektiivsus – normaalajal lõpetajate hulk

Õppeaasta	Näitaja	AAGB	AAGM
2009/2010	Lõpetamise tulemuslikkus	33%	44%
	Lõpetamise efektiivsus	50%	10%
	Katkestanute osakaal kõigist tudengitest	22%	22%
2010/2011	Lõpetamise tulemuslikkus	9%	27%
	Lõpetamise efektiivsus	25%	33%
	Katkestanute osakaal kõigist tudengitest	16%	6%
2011/2012	Lõpetamise tulemuslikkus	9%	38%
	Lõpetamise efektiivsus	75%	40%
	Katkestanute osakaal kõigist tudengitest	23%	19%
2012/2013	Lõpetamise tulemuslikkus	41%	67%
	Lõpetamise efektiivsus	67%	25%
	Katkestanute osakaal kõigist tudengitest	15%	13%
2013/2014	Lõpetamise tulemuslikkus	43%	40%
	Katkestanute osakaal kõigist tudengitest	13%	10%

Seadusandlus

Mäendusvaldkonna spetsialistide taset reguleerivad:

- Nõuded ülikoolile kehtestatud Eesti Vabariigi haridusseaduse, kõrgharidusstandardi ja -reformidega riiklikul tasandil [19, 17, 21, 20];
- Kaevandamiseseadusest ja maapõueseadusest tulenevad nõuded vastutavale spetsialistile [15; 18];
- Kutsesüsteem, mida reguleerib Kutseseadus [16];
- Järelevalve asutused;

- Turg, kaevandamisettevõtete näol.

Kaevandamiseseaduse § 15 on toodud teatud tegevusalade vastutavale spetsialistile esitatavad nõuded, lg 3 ütleb, et vastutava spetsialisti nõuetele vastavust peab olema hinnanud ja tõendanud Kavandamiseseaduse § 17 nimetatud isik või peab vastutav spetsialist omama kutsetunnistust Kutseeseaduse tähenduses, mis võimaldab tal juhendada teiste tööd ja vastutada selle eest [3]. Mis sisuliselt annab kaks võimalust, pädevustunnistuste või kutsete süsteem. Hetkeseisuga toimub üleminek esimeselt teisele, kusjuures kehtib paralleelselt nii pädevustunnistus, kui ka kutsetunnistus kuni aastani 2017, pärast seda jääb kehtima vaid kutsesüsteem.

Kaevandamiseseaduse § 15 lg 1 ja lg 2 on täpsustatud enamohtlikel tegevusaladel tegutseva ettevõtja vastutaval spetsialistil peab olema erialane ettevalmistus, töökogemus ja teadmised ulatuses, mis tagab vastaval tegevusalal tema juhitud tööd ohutuse ning enamohtlike tööd puhul projekti koostamisega tegeleva ettevõtja vastutaval spetsialistil on lisaks kolmeaastane erialase töökogemuse nõue [3].

Tulemused

- Hetkel kehtiv Kaevandamiseseadus ei sätesta, **mis valdkonna kutsetunnistus** peab vastutaval spetsialistil olema. *Mis tekitab ohtliku olukorra, kui loodaks pretsedent, et kaevandamise vastutav spetsialist omab nt kohtupsühhiaatriaekspert, tase 8 kutsetunnistust [7]. Sisuliselt on isik täitnud kutsetunnistuse nõude, kuna see võimaldab tal juhendada ja vastutada teiste tööd eest [15].*
- Kaevandamiseseaduses **ei ole ka sätestatud** konkreetsetele töödele konkreetset **kutsetaset**.
- Kutsesüsteemi loomisel **ei ole kaasatud juriste**, kes oleks viinud kooskõlla omavahel Kaevandamiseseaduse nõuded ning Kutsesüsteemi suunitlused.
- Kutsesüsteemi loomisel puuduvad Kutsekoja, kui riiklikul tasemel vastutava asutuse poolt, **üllas eesmärk** kogu süsteem **hoida** maksimaalselt **kõrgel tasemel** arvestades valdkonna eripärasusi. *Igal uuel valdkonnal, kes kutsesüsteemi looma hakkab, tuleb suur osa nõutud dokumente ise välja mõelda ning nullist koostada.*
- Kogu süsteemis mängib olulist rolli juhtpositsioonil olev **inimfaktor**, kes reeglina esindab vaid iseennast ning ei lähtu kogu valdkonna arendamise eesmärgist.

- Seadusandlus **ei reguleeri valdkonna hariduse omandamist** määral, mis tagaks lõpetajad ning kõrge tasemega inseneride hulga turul. *Mäeinseneride kutsestandardiga reguleeriti esmakordselt nõue, et nõutud töökogemust arvestatakse alates vajaliku haridustaseme omandamisest, kuna see tagab isiku kvaliteeditaseme.*
- Kutsesüsteemis **puudub võimalus** „jalgratta leiutamisel“ **süsteem paika loksutada.**
- **Mäendusvaldkonna ettevõtted** nõuavad ülikoolilt kõrgetasemelisi insenere, kuid teiselt poolt **ei ole nõus** selle saavutamiseks **täitma kutsestandardist tulenevaid nõudeid** hariduse, töökogemuse ega elukestva õppe osas.

Kokkuvõte

Mäeinseneride valdkond on riigile prioriteetne valdkond, kuid see ei ole siiani suutnud gümnasistide seas veel eriala populaarsust tõsta. Sellest, mäendusettevõtete mugavustsoonist ja üldisest tendentsist, et potentsiaalsete tehnikaerialade tudengite arv järjest väheneb, on suur oht, et tulevikus peavad Eesti mäetööstusettevõtted oma insenerid välismaalt sisse ostma.

Üheks oluliseks kvaliteedinõudeks kutsestandardi rakendamise näol on töökogemuse arvestamise nõue pärast vastava haridustaseme omandamist (Tabel 31-3) ning samaväärselt enesetäiendamise nõue, kui vastava hariduse omandamisest on möödunud enam kui 5 aastat. Nimetatud nõuded tagavad elukestva õppe ning teoreetiliselt suurendab tõenäosust, et tulevane mäeinsener lõpetab oma kõrgkooliõpingud võimalikult kiiresti ning ei vali töökogemuse kasuks õpingute kestel. Kuid selleks, et nõue kutsestandardi näol oma haridus nominaalajaga lõpetada käiku jõuaks minna, tuleb sellest ka kinni pidada ning mitte soodustada kõrvalekaldeid.

Eelnevas peatükis tõstatatud probleemide puhul tuleb vastu võtta määrus või täiendada Kaevandamiseseadust nimetatud punktides, et oleks määratud mäendusvaldkonnas tegutseva vastutava spetsialisti kutsetunnistuse tase, nimetus ning volituste ulatus või viide selle sätestamisele läbi kutsestandardi. Kõige paremaks näiteks antud kontekstis on ehitusinseneride vastutavatele spetsialistidele esitatud nõuded, kes on mäeinseneride kutsesüsteemist arengus ees hinnanguliselt 5-8 aastat [14].

Töö on seotud uuringuga ETP AR12007 nr. 3.2.0501.11-0025 „Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine“ – mi.ttu.ee/etp; uuringuga B36, Kivimi raimamine ja

rikastamine valikmeetoditega - mi.ttu.ee/rikastamine; KIK14033 Põlevkivi
altkaevandatud alade stabiilsuse hindamine.

Viited

1. Diplomeeritud mäeinsener, tase 7 kutsestandard (15-20052014-1.2/3k) [[WWW](#)] (7.11.2014)
2. Eigo, L. (2009). Mõtisklusi mäenduse mainest. Mäenduse maine (22 - 24). Mäeinstituut. Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
3. Fernie, S., Pilcher, N., Smith, KL. 2014. The Scottish Credit and Qualifications Framework: what's academic practice got to do with it?. EUROPEAN JOURNAL OF EDUCATION. 233-248. USA.
4. Grossfeldt, G., Reinsalu, E., Valgma, I. 2012. Mäeinseneride kutseomistamine. Kaevandamine ja keskkond. 176-181. Tallinn
5. Grossfeldt, G., Valgma, I., Kolats, M. 2013. Mining education and qualification framework in Estonia. Agioutantis, Z. (Toim.). Proceedings of the 24th Annual General Meeting of Society of Mining Professors (SOMP 2013). 21 - 25. Milos island, Greece: Heliotopos.
6. Karu, V.; Gulevitš, J.; Rahe, T.; Roots, R.; Iskül, R.; Pölder, A. (2013). Mining waste management of Estonian mineral resources. 6th International Conference on Sustainable Development in the Minerals Industry (414 - 419).Milos Conference Center
7. Kutsestandard – Kohtupsühhiatriaekspert [[WWW](#)] (15.10.2014)
8. Kutsesüsteem. [[WWW](#)] (15.10.2014)
9. Mäeinsener, tase 6 kutsestandard (15-20052014-1.1/3k) [[WWW](#)] (7.11.2014)
10. Mäeinseneride 2012 a. kutsestandard. [[WWW](#)] (05.11.2014)
11. Mäetehnik, tase 5 kutsestandard (15-19042012-01/1k) [[WWW](#)] (7.11.2014)
12. Nurme, M. (2014). Allu purustuskopa katsed Narva karjääris. Talveakadeemia 2014 kogumik (50 - 59). Tartu: Talveakadeemia
13. Reinsalu, E., Adamson, A. 2007. Mäeinseneride õpetamine Eestis. 90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis. 580 - 589. Tallinn
14. Riigikogu 01.07.2014. a seadus. [Ehitusseadus](#) (RT I, 29.06.2014, 13)
15. Riigikogu 01.07.2014. a seadus. [Kaevandamisseadus](#) (RT I, 29.06.2014, 23)
16. Riigikogu 01.07.2014. a seadus. [Kutseadus](#) (RT I, 14.03.2014, 62)
17. Riigikogu 01.08.2014. a määrus. [Kõrgharidusstandard](#) (RT I, 29.07.2014, 17)
18. Riigikogu 01.08.2014. a seadus. [Maapõueseadus](#) (RT I, 08.07.2014, 21)
19. Riigikogu 01.09.2014. a seadus. [Eesti Vabariigi haridusseadus](#) (RT I, 20.06.2014, 5)
20. Riigikogu 01.09.2014. a seadus. [Tallinna Tehnikaülikooli seadus](#) (RT I, 20.06.2014, 2)
21. Riigikogu 01.09.2014. a seadus. [Ülikooliseadus](#) (RT I, 20.06.2014, 7)
22. Riigikontroll. 2009. Ehitusmaavarade kaevandamise riiklik korraldamine. [[WWW](#)] (15.10.2014)
23. Saarnak, M. (2013). Mäeinstituudi õppekavade võrdlus 1938 vs 2013. Mäeinstituut 75 (221 - 224).TTÜ mäeinstituut
24. Tehnilise Järelevalve Amet. Aastaraamat 2013. [[WWW](#)] (15.10.2014)

25. Tsirigotis, G., Friesel, A. 2013. Accreditation proposal for Control Systems in Electrical Engineering for 6th level in European Qualification Framework (EQF). IEEE. 97-101. New York.
26. Uibopuu, L., Saarnak, M. 2014. Mäenduse riiklik juhtimine 1919-1944. Inseneria
27. Uibopuu, L.; Saarnak, M. (2014). Põlevkivi ajalugu, 2. osa: kuidas ja kellele anti kontsessioonilepinguid maavarade kaevandamiseks. Inseneria, 46 - 49.
28. V. Karu, A. Västriku, A. Anepaio, V. Väizene, A. Adamson, I. Valgma* (2008). Future of Oil Shale Mining Technology in Estonia. Source: OIL SHALE, Volume: 25, Issue: 2, Pages: 125-134
29. Vabariigi Valitsuse 12.06.2010. a. määrus. [Arstiõppe, loomaarstiõppe, proviisoriõppe, hambaarstiõppe, ämmaemandaõppe, õeõppe, arhitektiõppe ja ehitusinseneriõppe raamnõuded](#) (RT I 2004, 72, 509)
30. Valgma, I. (2009). Mäeinseneride õpetamine juhindub mäeinseneri kutsestandardist. Mäenduse maine (117 - 124). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
31. Valgma, I. (2009). Mäeinseneride õpetamine vastavalt mäeinseneri kutsestandardile. Põlevkivi kaevandamise, töötlemise ja hariduse perspektiivid (55 - 62). Kohtla-Järve: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
32. Valgma, I.; Grossfeldt, G. (2009). Mäendusõpik mainekujundusvahendina. Mäenduse maine (22 - 24). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus
33. Volitatud mäeinsener, tase 8 kutsestandard (15-20052014-1.3/3k) [[WWW](#)] (7.11.2014)
34. Västriku, A.; Karu, V.; Grossfeldt, G. (2009). Eesti mäetudengite maine siin ja mujal. Mäenduse maine (137 - 141). Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus

Research projects in Mining Department (<http://mi.ttu.ee/projects>)

Mäeinstituudi projektid, uuringud ja osalemine uuringutes (<http://mi.ttu.ee/projektid/>)

The title of project	Web	Project no / Projekti nr	Year / Aasta	Projekti nimetus	Veeb
Extraction and processing of rock with selective methods	http://mi.ttu.ee/separation/	B36	2017	Kivimi raimamine ja rikastamine valikmeetoditega	http://mi.ttu.ee/rikastamine/
Evaluation of Kunda mining region 2013-2017		Lep13106	2017	Kunda piirkonna ja Toolse jõevee seire 2013-2017	http://mi.ttu.ee/projektid/579/
Tectonics of the continental and offshore territory of Estonia and its structural evolution in Proterozoic and Phanerozoic	http://mi.ttu.ee/projects/230/	ETF8999	2015	Eesti mandriala ja rannikumere tektoonika ning struktuuriline areng Proterosoikumis ja Fanerosoikumis	http://mi.ttu.ee/projektid/230/
Mine collapses in NE Estonia – detection, identification and causes	http://mi.ttu.ee/projects/229/	ETF9018	2015	Kirde-Eesti kaevandusvaringud - tuvastamine, identifitseerimine ja põhjused	http://mi.ttu.ee/projektid/229/
Sustainable and environmentally acceptable Oil shale mining	http://mi.ttu.ee/projects/225/	AR12007	2015	Põlevkivi kadudeta ja keskkonnasäästlik kaevandamine	http://mi.ttu.ee/projektid/225/
Karinu karjääri ümbruses asuvate puurkaevude ning Karinu Suurjärve sissevoolul ja Oru karstitiigi väljavoolul vee kvaliteedi kontrolli		Lep14147	2014	Karinu karjääri ümbruses asuvate puurkaevude ning Karinu Suurjärve sissevoolul ja Oru karstitiigi väljavoolul vee kvaliteedi kontrolli	http://mi.ttu.ee/projektid/613/
Analyses of spatial planning of oil shale mining area in Ida-Virumaa	http://mi.ttu.ee/projektid/606/	Lep14060	2014	Ida-Virumaa põlevkivikaevandamisalade ruumilise planeeringu hinnang	http://mi.ttu.ee/projects/606/
Design and planning of sand mining		Lep14016	2014	Önniste liivakarjääri markseiderimõõdistamistö ja dokumentatsiooni koostamine	
Stability of Kohtla-Järve semi-coke heap	http://mi.ttu.ee/projects/596/	Lep14027	2014	Kohtla-Järvel tööstusjäätmete ja poolkoksi stabiilsuse analüüs	http://mi.ttu.ee/projektid/596/
Monitoring of water regime of the limestone and dolostone quarries	http://mi.ttu.ee/projects/595/	Lep14107	2014	Kurevere-Esivere, Vasalemma, Karinu, Rakke karjääri ja Rakke tehase veeseire 2014	http://mi.ttu.ee/projektid/595/
Mining waste management		AR13129	2014	Kaevandamisjäätmete haldamine	

Ash - Basics of new utilization processes for oil shale combustion solid wastes		AR10127	2014	Tuhk - Põlevkivi põletamisega kaasnevate tahkjäätmete uute kasutusala alused	http://mi.ttu.ee/projektid/218/
Doctoral school of energy and geotechnology	http://mi.ttu.ee/projects/186/	DAR8130	2014	Energia ja geotehnika doktorikool II	http://mi.ttu.ee/projektid/186/
Stability of undermined areas in oil shale deposit		KIK14033	2013	Põlevkivi altkaevandatud alade stabiilsuse hindamine	
Measuring impact of blasting in Estonia oil shale mine	http://mi.ttu.ee/projektid/593/	Lep14019	2013	Estonia kaevanduse lõhketööde mõjutegurite mõõtmine	http://mi.ttu.ee/projektid/593/
Design and planning of sand mining	http://mi.ttu.ee/projects/592/	Lep14015	2013	Nõmme, Lolu, Ärna ja Remsi liivakarjääride markseidermöödistamistööd ja dokumentatsioon koostamine	http://mi.ttu.ee/projektid/592/
Analyses of sound pressure		KIK13110	2013	Helirõhutaseme analüüs	
Oil shale mining	http://mi.ttu.ee/projects/585/	Lep13150	2013	Põlevkivi kaevandamise analüüs	http://mi.ttu.ee/projektid/585/
Water monitoring in Kehra		Lep14050	2013	Veeseire Kehra kaevudes	http://mi.ttu.ee/projektid/583/
Research on possibilities to expand Ojamaa oil shale mine reserve	http://mi.ttu.ee/projects/576/	Lep13057	2013	Ojamaa kaevanduse põlevkivi varu suurendamise võimaluste uuring	http://mi.ttu.ee/projektid/576/
Design and planning of sand mining	http://mi.ttu.ee/projects/574/	Lep13071	2013	Laguja liivakarjääri kaevandamise projekt	http://mi.ttu.ee/projektid/574/
Monitoring of water regime of the limestone and dolostone quarries	http://mi.ttu.ee/projects/571/	Lep13023	2013	Kurevere-Esivere, Vasalemma, Karinu, Rakke karjääri ja Rakke tehase veeseire 2013	http://mi.ttu.ee/projektid/571/
Environmental impact estimation of oil shale mining in 2016-2030	http://mi.ttu.ee/projects/568/	Lep13056	2013	Põlevkivi kaevandamise tehnoloogiate keskkonnamõju prognoos 2016-2030	http://mi.ttu.ee/projektid/568/
Reclaiming of gravel pit	http://mi.ttu.ee/projects/567/	Lep13026	2013	Paavo kruusakarjääri korrastamisprojekt	http://mi.ttu.ee/projektid/567/
Reclaiming of gravel pit		Lep13020	2013	Vana-Kastre II kruusakarjääri korrastamisprojekt	
The chemical analysis of the indicators of Esivere limestone quarry	http://mi.ttu.ee/projects/565/	Lep13091	2013	Esivere karjääri keemiliste näitajate analüüs	http://mi.ttu.ee/projektid/565/
Systemization of geoterminology IV		Lep12097	2013	Geoterminite korrastamine IV	
Evalauation of oil shale resource in Eesti Energia Kaevandused AS areas	http://mi.ttu.ee/projects/243/	Lep12102	2013	Põlevkivivaru ümberhindamine Eesti põlevkivimaardla Eesti Energia Kaevanduste ASile kuuluvate mäeeraldiste kaeveväljadel	http://mi.ttu.ee/projektid/243/

Study of the quality of technogenic groundwater in Maardu phosphate rock deposit	http://mi.ttu.ee/projects/217/	KIK11067	2013	Maardu fosforiidilevila tehnogeense põhjavee kvaliteedi uuring	http://mi.ttu.ee/projektid/217/
MIN-NOVATION: Mining and Mineral Processing Innovation Network	http://mi.ttu.ee/projects/191/	VIR491	2013	MIN-NOVATION: Kaevandamise ja kaevandamisjäädike/jäätmete uuringud Eestis ja Läänemere piirkonnas	http://mi.ttu.ee/projektid/191/
Backfilling and waste management in Estonian oil shale industry		ETF8123	2013	Täitmine ja jääkide (jäätmete) haldamine Eesti põlevkivitööstuses	http://mi.ttu.ee/projektid/165/
Evaluation of Kunda mining region 2010-2012	http://mi.ttu.ee/projects/164/	Lep10038	2013	Kunda piirkonna ja Toolse jõevee seire 2010-2012	http://mi.ttu.ee/projektid/164/
Vibration analysis of impact sources		564	2012	Vibratsioonimõõtmine	
Expertise and recommendations for planning ski slope		Lep12181	2012	Lubja mäele kavandatava suusanõlva ekspertarvamus ja ettepanekud edasiseks tegevuseks	
Geotechnical expertise for a construction site		Lep12165	2012	Killuplatsi ekspertarvamuse ja ettepanekute koostamine	
Evaluation of mining economic of Koigi quarry		Lep12111	2012	Koigi dolokivi karjääri mäemajandusprojekti hinnangu koostamine	
Expertise for determining reasons for flooding of Kunda river		Lep12093	2012	Ekspertarvamus probleemid Kunda jõe jääkatte tekkel külmadel talvedel ja sellega seotud üleujutustega	
Expertise for determination of limestone strength in Kohtla mining field	http://mi.ttu.ee/projects/241/	Lep12083	2012	Ekspertarvamus Aidu karjääri Kohtla kaevevälja KMIN-017 5 geoloogilise ploki lubjakivi kõvaduse määramiseks	http://mi.ttu.ee/projektid/241/
Physical-mechanical parameters of the rock report		VE557	2012	Kivimi tugevusomaduste määramine ja analüüs	
Evaluation of oil shale resources for oil production in Eesti Energia Kaevandused AS areas	http://mi.ttu.ee/projects/238/	Lep12107	2012	Eesti Energia Kaevanduste põlevkivivarude hindamine õlivaruna. Etapp I	http://mi.ttu.ee/projektid/238/
Monitoring of water regime of the limestone quarries	http://mi.ttu.ee/projects/237/	Lep12033	2012	Kurevere-Esivere ja Vasalemma karjäärade veeseire	http://mi.ttu.ee/projektid/237/
Reclaiming of limestone quarry	http://mi.ttu.ee/projects/235/	Lep12026	2012	Rakke karjääri korrastamine	http://mi.ttu.ee/projektid/235/
Reclaiming of gravel pit	http://mi.ttu.ee/projects/233/	Lep12063	2012	Sarakuste kruusakarjääri korrastamine	http://mi.ttu.ee/projektid/233/

Reclaiming of peatland		Lep12021	2012	Sangla kütteturba tootmisala korrastamine	
Reclaiming of gravel pit	http://mi.ttu.ee/projects/231/	Lep12016	2012	Haava ja Haava III kruusakarjääride korrastamine	http://mi.ttu.ee/projektid/231/
Engineering cost evaluation of the design and planning of the phosphorite mine	http://mi.ttu.ee/projects/224/	Lep11116	2012	Sonda uuringuvälja fosforiidi kaevandamiskulu eelhindang	http://mi.ttu.ee/projektid/224/
Increasing awareness of the mining among highschool pupils		KIK11066	2012	Keskkooliõpilaste teadlikkuse tõstmine mäendusest ja kaevandamisest	http://mi.ttu.ee/projektid/216/
Design and planning of sand breakage and extracting	http://mi.ttu.ee/projects/214/	Lep11078	2012	Reola liivakarjääri dokumentatsiooni koostamine	http://mi.ttu.ee/projektid/214/
Regulation of the geological terms III		Lep11053	2012	Geoterminite korrastamine III	http://mi.ttu.ee/projektid/206/
Correlation of Late Precambrian and Phanerozoic tectonic and hydrothermal events of south-eastern Fennoscandian shield (southern Finland and southern Karelia, Russia) and Paleozoic sedimentary cover in Estonia by geological, structural and paleomagnetic methods		VA419	2012	Hilis-Eelkambriumi ja Fanerosoikumi tektooniliste ja hüdrotermiliste sündmuste korreleerimine Fennoskandia kilbi kaguosas ja Eesti Paleosoikumi settekivimilises kattes geoloogiliste, struktuuriliste ja paleomagnetiliste meetoditega	http://mi.ttu.ee/projektid/163/
Survey of limestone quarry	http://mi.ttu.ee/projects/223/	Lep11098	2011	Rakke karjääri markšeiderimöödistamistö	http://mi.ttu.ee/projektid/223/
Stability analysis of an undermined area		Lep11095	2011	Vironia Keskuse laienduse püsivushinnang	
Design and planning of underwater sand mining	http://mi.ttu.ee/projects/221/	Lep11125	2011	Nõmme, Lolu, Remsi ja Ärna liivakarjääride vee seest kaevandamise projektide dokumentatsiooni koostamine	http://mi.ttu.ee/projektid/221/
Survey of gravel pit	http://mi.ttu.ee/projects/220/	Lep11124	2011	Nõmme, Lolu ja Ärna liivakarjääride markšeiderimöödistamistö ja dokumentatsiooni koostamine	http://mi.ttu.ee/projektid/220/
Dust analyses with DustTrak II HC	http://mi.ttu.ee/projects/215/	KIK11065	2011	Tolmumöödtja DustTrak II HC soetamine	http://mi.ttu.ee/projektid/215/
Evaluation of phosphate rock mining possibilities in Estonia	http://mi.ttu.ee/projects/211/	Lep11072	2011	Fosforiidi ja põlevkivi allmaa-kaevandamise võimalikus Rakvere fosforiidilevila ja Eesti põlevkivimaardla kattumusosal	http://mi.ttu.ee/projektid/211/

Technology of under-wetland mining	http://mi.ttu.ee/projects/208/	Lep11062	2011	Selisoo ja teiste kaitsealuste märgalade alt põlevkivi kaevandamise tehnoloogiliste võimaluste väljatöötamine	http://mi.ttu.ee/projektid/208/
Survey of sand and gravel pit	http://mi.ttu.ee/projects/207/	Lep11057	2011	Meibaumi karjääri markseidermöödistamine	http://mi.ttu.ee/projektid/207/
Determination of conversion factor between compression strength and point load test index	http://mi.ttu.ee/projects/199/	VE518	2011	Kivimi tugevusomaduste määramine ja analüüs	http://mi.ttu.ee/projektid/199/
Monitoring of water regime and radiation of the limestone industry	http://mi.ttu.ee/projects/198/	Lep11046	2011	Karinu lubjakivikarjääri ja Rakke lubjatehase seire	http://mi.ttu.ee/projektid/198/
Stability analyses in undermined area of oil shale deposit	http://mi.ttu.ee/projects/197/	Lep11044	2011	Kohtla-Järve linnast Ahtmesse ehitatava soojustrassi all olevate kaevanduste plaanid	http://mi.ttu.ee/projektid/197/
Application of mining economics and taxes		Lep11034	2011	Mäerendi ja tagatisraha rakendamise praktiline lahendus	http://mi.ttu.ee/projektid/196/
Physical – mechanical parameters of the rock	http://mi.ttu.ee/projects/195/	VE509	2011	Kivimite füüsikalise-mehaaniliste parameetrite määramine	http://mi.ttu.ee/projektid/195/
Evaluation of mining stability		194	2011	Kaevandamise varisemiseohtlikkuse eksperthinnang	http://mi.ttu.ee/projektid/194/
Evaluation of oil shale reserves	http://mi.ttu.ee/projects/193/	193	2011	Eesti põlevkivivaru hinnang	http://mi.ttu.ee/projektid/193/
Blasting noise analysis		191	2011	Lõhkamise müra analüüsimine	http://mi.ttu.ee/projektid/192/
Analysis of mining economics and taxes		190	2011	Mäerendi ja tagatisraha rakendamise praktiliste lahenduste analüüs	http://mi.ttu.ee/projektid/190/
Influence of mining processes to the geometrical processes of mining claims		189	2011	Kaevandamise tehnoloogiliste parameetrite mõju karjääride geomeetrilistele pindadele	http://mi.ttu.ee/projektid/189/
Analysis of limestone mining technologies in surface mines		188	2011	Kaevandamise tehnoloogiliste parameetrite analüüs lubjakivi kaevandamisel karjääris	http://mi.ttu.ee/projektid/188/
Application of geological survey	http://mi.ttu.ee/projects/187/	Lep11006	2011	Katastriüksuse geoloogilise uuringu loa taotlemine	http://mi.ttu.ee/projektid/187/
Reclaiming plan of Mäetaguse gravel pit	http://mi.ttu.ee/projects/185/	Lep10124	2011	Mäetaguse kruusakarjääri maavara kaevandamisega rikutud maa korrastamisprojekt	http://mi.ttu.ee/projektid/185/
Conditions of sustainable mining	http://mi.ttu.ee/ETF7499/eng	ETF7499	2011	Säästliku kaevandamise tingimused	http://mi.ttu.ee/projektid/162/

European Network Explosives	http://mi.ttu.ee/projects/152/	VY455	2011	EuexNet - Euroopa lõhketööde võrgustik	http://mi.ttu.ee/projektid/152/
Allmaakuivrikastamise tehnoloogia valik		392	2010	Allmaakuivrikastamise tehnoloogia valik	
Eesti põlevkivi kaevandamis- ja tootmisjäakide kasutamine		385	2010	Eesti põlevkivi kaevandamis- ja tootmisjäakide kasutamine	
Stability analysis of an undermined area		Lep10098	2010	Kohtla-Järve Järveküla tee 50 kinnistu maapinna püsivushinnang	http://mi.ttu.ee/projektid/184/
Georeferencing bulging and mining constructions in an undermined area		Lep10096	2010	Kohtla-Järve Järveküla tee 50 kinnistu maapinna kaardi sidumine Kukruse kaevanduse mäetööde ja ehitiste vundamentide plaaniga	http://mi.ttu.ee/projektid/183/
Evaluation of oil shale resource and usage criteria		LMIN10094	2010	Põlevkivikasutuse jätkusuutlikkuse tagamiseks põlevkivi kasutamissuundade määramine ja varu hindamine uute kriteeriumite alusel	http://mi.ttu.ee/projektid/182/
Estonian Mining Conference 2010	http://mi.ttu.ee/projects/181/	BF138	2010	Eesti Mäekonverents 2010 korraldamine, ettevalmistamine ja läbiviimine	http://mi.ttu.ee/projektid/181/
International Conference "Innovation in Mining 2010"	http://mi.ttu.ee/projects/180/	BF136	2010	Rahvusvahelise Mäeprofessorite Ühingu Aastakonverentsi korraldamine Eestis – 21th SOMP AGM 2010 - http://mi.ttu.ee/somp2010	http://mi.ttu.ee/projektid/180/
Mining survey of Talter sand pit	http://mi.ttu.ee/projects/179/	Lep10092	2010	Talteri liivakarjääri markseidermöödistamine	http://mi.ttu.ee/projektid/179/
Regulation of the geological terms II		Lep10061	2010	Geoterminite korrastamine II	http://mi.ttu.ee/projektid/178/
Evaluation of stability of Piusa underground workings		Lep10088	2010	Piusa koobastiku kaeveõõnte seisukorra hindamine	http://mi.ttu.ee/projektid/177/
Vibration analysis of Marinova dolostone quarry	http://mi.ttu.ee/projects/176/	Lep10057	2010	Marinova dolokivi karjääri kaevandamisloa eritingimustega ettenähtud vibratsiooni mõõtmine	http://mi.ttu.ee/projektid/176/
Reclamation of Meibaum sand and gravel pit	http://mi.ttu.ee/projects/175/	Lep10087	2010	Meibaumi maa ainese karjääri korrastamisprojekt	http://mi.ttu.ee/projektid/175/
Possibilities for decreasing oil shale losses		Lep10084	2010	Põlevkivikadude vähendamine	http://mi.ttu.ee/projektid/174/
Ventilation optimisation for underground mining		Lep10082	2010	Tuulutuse optimeerimine allmaakaevandamisel	http://mi.ttu.ee/projektid/173/

Optimising water removal in Estonia mine and in Narva open cast	http://mi.ttu.ee/projects/172/	Lep10080	2010	Estonia kaevanduse ja Narva karjääri veekõrvalduse optimeerimine	http://mi.ttu.ee/projektid/172/
Technology for separation	http://mi.ttu.ee/projects/171/	Lep10083	2010	Allmaa kuivrikastamise tehnoloogia valik	http://mi.ttu.ee/projektid/171/
Calculation model for separation plant		Lep10081	2010	Estonia kaevanduse rikastusvabriku arvutusmodeli koostamine	http://mi.ttu.ee/projektid/170/
Mining survey for gravel pit	http://mi.ttu.ee/projects/168/	Lep10070	2010	Markšeidermöödistamine Meibaumi maa ainese karjääris	http://mi.ttu.ee/projektid/168/
Developing sustainable energy supply for Jõhvi, Toila ja Mäetaguse parishes		Lep10020A	2010	Jõhvi, Toila ja Mäetaguse valla ühise energiasäästliku arengu kavandamine	http://mi.ttu.ee/projektid/161/
Design and planning of dolostone breakage and extracting	http://mi.ttu.ee/projects/160/	Lep10043	2010	Marinova dolokivi karjääri veealuse kaevandamise projekt	http://mi.ttu.ee/projektid/160/
Aggregate washing analysis		Lep10044	2010	Pesemise mõju täitematerjali kvaliteedile	http://mi.ttu.ee/projektid/159/
Vibration and noise analysis of impact sources	http://mi.ttu.ee/projects/158/	LKM10045	2010	Klooga harjutusvälja vibratsiooniuuring	http://mi.ttu.ee/projektid/158/
Reclaiming plan of Kuusalu sand pit		Lep10010	2010	Maavaravaru kaevandamisega rikutud maa korrastamise projekt Kuusalu II karjäärides (HARM-047 ja HARM-067)	http://mi.ttu.ee/projektid/157/
Regulation of the geological terms		Lep9050	2010	Geoterminite korrastamine	http://mi.ttu.ee/projektid/156/
Geological diversity as reason for unique biodiversity of the Kilpisjärvi region and Oulanka NP		VFP411	2010	Geoloogiline mitmekesisus kui unikaalse bioloogilise mitmekesisuse põhjus Kilpisjärve piirkonnas ja Oulanka Rahvusparkis	http://mi.ttu.ee/projektid/155/
Conditions of rock breakage technology in port of Kuivastu		Lep10022	2010	Kuivastu väikelaevasadama akvatooriumi süvendustöö tingimustest	http://mi.ttu.ee/projektid/154/
Quality analyses of ROM		Lep10030	2010	Kaevise kvaliteedi määramine ja toote kvaliteedi nõuded	http://mi.ttu.ee/projektid/153/
Maardu II Graniidikaevanduse tootmisprotsessi tehnilis-majandusliku eelhindangu koostamine		nr.9005	2009	Maardu II Graniidikaevanduse tootmisprotsessi tehnilis-majandusliku eelhindangu koostamine	
Maardu II Graniidikaevanduse tootmisprotsessi tehnilis-majandusliku eelhindangu		nr.9005	2009	Maardu II Graniidikaevanduse tootmisprotsessi tehnilis-majandusliku eelhindangu	

koostamine.				koostamine.	
Design and planning of reclamation of Ubja oil shale surface mine	http://mi.ttu.ee/projects/151/	LEP9107	2009	Ubja põlevkivikarjääri korrastamisprojekt	http://mi.ttu.ee/projektid/151/
Backfilling in mining		Lep9090	2009	Kaevanduste täitmise alased uuringud	http://mi.ttu.ee/projektid/150/
Geotechnical evaluation of undermined area in the building district		LKM9074	2009	Viru jalaväepataljoni altkaevandatud maa-ala eksperthinnang	
Cost evaluation of separation plants		Lep9075	2009	Rikastusvabrikute maksumuse eelhindang	
The influence of the closed underground mines		Lep9080	2009	Suletud kaevanduste mõju	http://mi.ttu.ee/projektid/147/
Geological and mining evaluation of Johvi Viru Infantry Battalion		Lep9052	2009	Jõhvi Viru Üksikjalaväepataljoni territooriumi geoloogiline ehitus ning mäetöödega mõjutatud alad	
Applied solutions for modelling system with mining software		BF97	2009	Mäendusliku tarkvaraga modellerimissüsteemi rakenduslahenduste loomine	http://mi.ttu.ee/projektid/145/
Preparing application for Astangu Science and Test Mine Museum		BF98	2009	Peeter Suure Merekindluse laskemoonalaod teadus- ja õppekeskuse muuseumi projekti ettevalmistamine	http://mi.ttu.ee/projektid/144/
Concept and methods of risk management in mining		ETF6558	2009	Mäendusriskide haldamise kontseptsioon ja meetodid	http://mi.ttu.ee/projektid/143/
Evaluation of Kunda mining region 2008	http://mi.ttu.ee/projects/142/	Lep8057	2009	Kunda piirkonna ja Toolse jõevee seire 2008	http://mi.ttu.ee/projektid/142/
Visualization landscape design and reclaiming limestone quarry		Lep8109	2009	Ammendatud Loo lubjakivikarjääri korrastamise ja maastikukujunduse eskiisprojekt, visualiseerimine	
Design and planning for limestone quarry		Lep8110	2009	Lubjakivi kaevandamise eskiisprojekt-kavandata Loo lubjakivikarjäär	
Engineering evaluation of the design and planning of the granite mine		Lep9005	2009	Maardu graniidikaevandue tehnilis-majandusliku eelhindangu koostamine	
Digital plans of mining technology	http://mi.ttu.ee/projects/138/	Lep9013	2009	Digitaalsed mäetehnoloogilised skeemid	http://mi.ttu.ee/projektid/138/

Evaluation of the stability of undermined area for road construction		Lep9014	2009	Altkaevandatud maa hinnang kõrvalmaantee 13134 Kukruse-Tammiku lõigul Kukruse - Pajualuse	
Developments of sustainable mining technologies		Lep9025	2009	Keskkonnasäästlike kaevandamistehnoloogiate arengute kirjeldus	
Designing of limestone mining technology	http://mi.ttu.ee/projects/135/	Lep9027	2009	Lubjakivi kaevandamise tehnoloogia väljatootamine	http://mi.ttu.ee/projektid/135/
Mining technology of Raudoja sand pit	http://mi.ttu.ee/projects/131/	Lep9018	2009	Raudoja liivakarjääri kaevandamisprojekt	http://mi.ttu.ee/projektid/131/
Ettepanekud ja hinnangud maapõue kasutamise ja kaitsmise kontseptsiooni koostamiseks		130	2009	Ettepanekud ja hinnangud maapõue kasutamise ja kaitsmise kontseptsiooni koostamiseks	
Eesti Keskkonnastrateegia aastani 2030 Eelnõu 23.11		129	2009	Eesti Keskkonnastrateegia aastani 2030 Eelnõu 23.11	
lubjakivi kaevandamise vajalikkus Kohila valla piiresse jäävas Nabala lubjakivi-maardlas järgneva 20-aasta jooksul. Alternatiivsed võimalused lubjakivi kaevandamisele lisaks Nabala lubjakivi-maardlale keskkonnamõjust lähtudes.		360	2008	lubjakivi kaevandamise vajalikkus Kohila valla piiresse jäävas Nabala lubjakivi-maardlas järgneva 20-aasta jooksul. Alternatiivsed võimalused lubjakivi kaevandamisele lisaks Nabala lubjakivi-maardlale keskkonnamõjust lähtudes.	
Kasutustehnoloogiale vastava optimaalse koostisega põlevkivi tootmise tehnoloogilised võimalused ning majandusliku otstarbekuse analüüs. Etapp 2 Kõrgequaliteedi (kütteväärtusega) ja sobiva tükisusega põlevkivi kaevandamise ja töötlemisega seotud küsimused.		nr. 7038AK	2008	Kasutustehnoloogiale vastava optimaalse koostisega põlevkivi tootmise tehnoloogilised võimalused ning majandusliku otstarbekuse analüüs. Etapp 2 Kõrgequaliteedi (kütteväärtusega) ja sobiva tükisusega põlevkivi kaevandamise ja töötlemisega seotud küsimused.	
Backfilling of mine with oil shale ash and waste in relation to reduce carbon dioxide		BF80	2008	Taotluse ettevalmistamine Euroopa Sõe ja Teras Uurimisfondi uurimisprojektiks. Põlevkivi tuha ja aheraine segust valmistatud täitematerjaliga kaevanduste täitmise katsetööd seoses CO2	

				vähendamise nõuetega	
Mine Conference 'Aggregate extraction and usage'		BF81	2008	Mäenduskonverentsi "Killustiku kaevandamine ja kasutamine" ettevalmistamine Tallinna Tehnikaülikooli juubeliürituste raames	http://mi.ttu.ee/projektid/127/
Stability of room and pillar mining in oil shale mine		BF82	2008	Taotluse ettevalmistamine Energiatehnoloogia programmile koostöös AS Eesti Põlevkiviga teemal "Kambriploki püsivus põlevkivi kaevandustes"	
Preparing application for underground granite mining and storing		BF96	2008	Taotluse ettevalmistamine graniiti rajatavate hoidlate, rajatiste ja kaevõonte rajamis- ja kasutusvõimaluste uuringuks	
Doctoral school of energy and geotechnology		IN576	2008	Energia ja geotehnika doktorikool	http://mi.ttu.ee/projektid/124/
Technological possibilities and economical reasonability of production of oil shale with optimized according to utilisation technology composition		Lep7038AK	2008	Kasutustehnoloogiale vastava optimaalse koostisega põlevkivi tootmise tehnoloogilised võimalused ning majandusliku otstarbekuse analüüs	
Evaluation of Kunda mining region	http://mi.ttu.ee/projects/122/	Lep7079	2008	Kunda piirkonna ja Toolse jõevee ning põhjasetete seire 2007	http://mi.ttu.ee/projektid/122/
Reclaiming plan of Kalda gravel pit	http://mi.ttu.ee/projects/121/	Lep8111	2008	Kalda kruusakarjääri korrastamisprojekt	http://mi.ttu.ee/projektid/121/
Preliminary Design of Geological Study Track in Maardu Mining Area	http://mi.ttu.ee/projects/120/	Lep8114	2008	Maardu fosforiidikarjääri geoloogilise õpperaja eskiisprojekt	http://mi.ttu.ee/projektid/120/
Expertise for limestone mining in Kohila region		Lep8118	2008	Lubjakivi kaevandamise ekspertiis Kohila vallas	
Visualization of Iisaku Sand Quarry	http://mi.ttu.ee/projects/118/	Lep8137	2008	Iisaku liivakarjääri visualiseerimine	http://mi.ttu.ee/projektid/118/
Creating environment for sustainable and acceptable mining		SF0140093s08	2008	Maavarade säästva ja talutava kaevandamiskeskonna loomine	http://mi.ttu.ee/projektid/117/

Teostavus- ja tasuvusuuringu koostamine ja läbiviimine põlevkivi kaevanduse ja põlevkivitöötlemise tehase rajamiseks Jordaania. 2.1 etapp Vahearuanne	413	2007	Teostavus- ja tasuvusuuringu koostamine ja läbiviimine põlevkivi kaevanduse ja põlevkivitöötlemise tehase rajamiseks Jordaania. 2.1 etapp Vahearuanne
Compiling and performing of feasibility study of oil shale mine and oil shale treatment plant establishment in Jordan. Stage 2 Report	412	2007	Compiling and performing of feasibility study of oil shale mine and oil shale treatment plant establishment in Jordan. Stage 2 Report
Kasutustehnoloogiale vastava optimaalse koostisega põlevkivi tootmise tehnoloogilised võimalused ning majandusliku otstarbekuse analüüs. 1.etapp. Erinevate kasutustehnoloogiate poolt vajatavate põlevkivkoguste ajaline määramine ja nõuded põlevkivi kvaliteedile ning granulomeetrilisele koostisele.	nr.7038	2007	Kasutustehnoloogiale vastava optimaalse koostisega põlevkivi tootmise tehnoloogilised võimalused ning majandusliku otstarbekuse analüüs. 1.etapp. Erinevate kasutustehnoloogiate poolt vajatavate põlevkivkoguste ajaline määramine ja nõuded põlevkivi kvaliteedile ning granulomeetrilisele koostisele.
Teostatavus- ja tasuvusuuringu koostamine ja läbiviimine põlevkivi kaevanduse ja põlevkivitöötlemise tehase rajamiseks Jordaania. 2.1. etapp: Erinevate kaevandusmeetodite võrdlus. Soovitava kaevandamise ja põlevkivi ettevalmistuse tehnoloogia kirjeldus.	nr. 6014	2007	Teostatavus- ja tasuvusuuringu koostamine ja läbiviimine põlevkivi kaevanduse ja põlevkivitöötlemise tehase rajamiseks Jordaania. 2.1. etapp: Erinevate kaevandusmeetodite võrdlus. Soovitava kaevandamise ja põlevkivi ettevalmistuse tehnoloogia kirjeldus.
Teostavus- ja tasuvusuuringu koostamine ja läbiviimine põlevkivi kaevanduse ja põlevkivitöötlemise tehase rajamiseks jordaania. 2.1. etapp: Erinevate kaevandusmeetodite võrdlus. Soovitava kaevandamise ja põlevkivi ettevalmistuse tehnoloogia kirjeldus.	nr.6014	2007	Teostavus- ja tasuvusuuringu koostamine ja läbiviimine põlevkivi kaevanduse ja põlevkivitöötlemise tehase rajamiseks jordaania. 2.1. etapp: Erinevate kaevandusmeetodite võrdlus. Soovitava kaevandamise ja põlevkivi ettevalmistuse tehnoloogia kirjeldus.

Compiling and performing of feasibility study of oil shale mine and oil shale treatment plant establishment in Jordan. Stage 2: Comparison of the different mining methods. Description of the recommendation mining and oil shale preparation technology.		nr.6014	2007	Compiling and performing of feasibility study of oil shale mine and oil shale treatment plant establishment in Jordan. Stage 2: Comparison of the different mining methods. Description of the recommendation mining and oil shale preparation technology.	
5th Meeting of the Association of European Geological Societies-Georesources and public policy, research, management, environment		BF58	2007	Põlevkivikaevandamise sessiooni korraldamine rahvusvahelise konverentsi MAEGS ja Põlevkivisümposiooni raames	
Express methods for rock strength properties		F7088	2007	Kivimite tugevusomaduste määramise ekspressmeetodi väljatöötamine põlevkivi ja lubjakivi kaevandamisel	http://mi.ttu.ee/projektid/108/
Oil Shale mining in Jordan, feasibility study		Lep6014AK	2007	Teostatavus- ja tasuvusuuringu koostamine ja läbiviimine põlevkivi kaevanduse ja põlevkivitöötlemise tehase rajamiseks Jordaania	
Risk assessments of old mining shafts		Lep7070	2007	Eksperthinnang vanade kaevanduskäikude ohtude kohta	
Technological, geological and toxicological assessment of the possibilities		Lep7096A	2007	Süsihappegaasi heitkoguste mineraalse sidumise ja geoloogilise ladustamise võimaluste hindamine tehnoloogiliselt, geoloogiliselt ja toksikoloogiliselt.	http://mi.ttu.ee/projektid/105/
Aruande „Технико-экономические соображения о возможной промышленной значимости Болтышкого месторождения горючих сланцев Украины“ hinnang		Töövõtt	2007	Aruande „Технико-экономические соображения о возможной промышленной значимости Болтышкого месторождения горючих сланцев Украины“ hinnang	http://mi.ttu.ee/projektid/103/
Ojamaa kaevevälja mäenduslik ülevaade		Töövõtt	2007	Ojamaa kaevevälja mäenduslik ülevaade	http://mi.ttu.ee/projektid/102/
Ehitamise võimalikkusest looduskaitse üksikobjekti Lasnamäe ja Mäekalda piiranguvööndisse		Töövõtt 18-19/677 25.10.2007	2007	Ehitamise võimalikkusest looduskaitse üksikobjekti Lasnamäe ja Mäekalda piiranguvööndisse	http://mi.ttu.ee/projektid/101/

Ukraina Boltõši põlevkivimaardla geoloogiliste tingimuste eelhindang		100	2007	Ukraina Boltõši põlevkivimaardla geoloogiliste tingimuste eelhindang	
Geoloogilise ja kaevanduste mudeli koostamine Kiviõli kaevanduse ja poolkoksi ladestu alal		422	2006	Geoloogilise ja kaevanduste mudeli koostamine Kiviõli kaevanduse ja poolkoksi ladestu alal	
Eesti Põlevkiviressursi kasutamise suundade riikliku strateegia aastani 2020 alusuuringud. Ettepanekud Eesti põlevkivitööstuse 2006 -- 2010. a arendusuuringuteks.		nr. 574L	2006	Eesti Põlevkiviressursi kasutamise suundade riikliku strateegia aastani 2020 alusuuringud. Ettepanekud Eesti põlevkivitööstuse 2006 -- 2010. a arendusuuringuteks.	
Uus-Kiviõli kaevanduse eskiislahendus		nr.668L	2006	Uus-Kiviõli kaevanduse eskiislahendus	
Oil shale mining quality and flow		BF37	2006	Põlevkivikvaliteedijuhtimise süsteemi loomine	
TAIEX International Conference EU legislation as it Affects Mining		BF46	2006	Rahvusvaheline konverents TAIEX	http://mi.ttu.ee/projektid/96/
The last continental glacier in Estonia: its dynamics and chronology of retreat		G5342	2006	Viimase mandriliustiku dünaamika ja taandumise kronoloogia Eestis	http://mi.ttu.ee/projektid/95/
Usage of mined out areas		G5913	2006	Kaevandatud alade kasutamine	
Traces of Caledonian volcanism in Estonian and Baltoscandian sedimentary rocks and their use in correlation of geological sections, sedimentology and palaeogeography		G5921	2006	Kaledoonilise vulkanismi jäljed Eesti ja Baltoskandia settekivimites ning nende kasutamine geoloogiliste läbilõigete korrelatsioonil, sedimentoloogias ja paleogeograafias.	
Keskonnastrateegia. Osa „Loodusvarade säästlik kasutamine ja jäätmetekke vähendamine“		Käsundusleping K-21-1-2005/2727	2006	Keskonnastrateegia. Osa „Loodusvarade säästlik kasutamine ja jäätmetekke vähendamine“	http://mi.ttu.ee/projektid/92/
Eesti põlevkiviressursi kasutamise suundade riikliku strateegia aastani 2020 alusuuringud. Ettepanekud Eesti põlevkivitööstuse 2006...2010. a arendusuuringuteks		Lep574	2006	Eesti põlevkiviressursi kasutamise suundade riikliku strateegia aastani 2020 alusuuringud. Ettepanekud Eesti põlevkivitööstuse 2006...2010. a arendusuuringuteks	http://mi.ttu.ee/projektid/91/
Geological and mining models of ash deposits		Lep642	2006	Geoloogilise ja kaevandamiste mudeli koostamine Kiviõli kaevanduse ja poolkoksi	

				ladestu alal	
Mining evaluation of road section in Kukruse	Lep645	2006		Tallinn-Narva maantee Kukruse-Jõhvi teelõigu rekonstrueerimise tehnilise projekti keskkonna konsultatsioon	
Mining planning in new mining fields	Lep668	2006		Planeeritava kaevandamise eskiislahenduse projekteerimistööd	http://mi.ttu.ee/projektid/88/
High selective mining of oil shale layers	Lep669	2006		Keskkonnasäästliku freeskombankaevandamise tehnoloogia arendamise põhiprojekti taotlusmaterjalide ettevalmistamine	
Evolution of composition and properties of rocks in the Baltic sedimentary cover: geochemical, mineralogical and petrophysical aspects and modelling	SF0332088s02	2006		Balti regiooni pealiskorra kivimite koostise evolutsioon ja omadused: geokeemilised, mineraloogilised ja petrofüüsikalised aspektid ning modelleerimine	http://mi.ttu.ee/projektid/86/
Geotechnical models of Estonian earth crust - case flat deposits	T001	2006		Eesti maapõue geotehnoloogilised mudelid, erijuhus - lavamaardlad	
Piusa koobaste seisundist	Töövõtt	2006		Piusa koobaste seisundist	http://mi.ttu.ee/projektid/84/
X põlevkivimaardla Z karjäärivälja mäendustingimuste hinnang	Töövõtt	2006		X põlevkivimaardla Z karjäärivälja mäendustingimuste hinnang	
Ülgase fosforiidikaevanduse käigusuudmete tõkestamise projekt	Töövõtt 1/2006 28.09.2005	2006		Ülgase fosforiidikaevanduse käigusuudmete tõkestamise projekt	http://mi.ttu.ee/projektid/82/
Maastiku kujundamine maavara kaevandamisega	436	2005		Maastiku kujundamine maavara kaevandamisega	
Tallinna ümbruse looduslike ehitusmaavarade arengukava koostamine ja perspektiivaalade selgitamine	435	2005		Tallinna ümbruse looduslike ehitusmaavarade arengukava koostamine ja perspektiivaalade selgitamine	
Ahtme-Jõhvi kanalisatsioonitorustiku trassivalik	432	2005		Ahtme-Jõhvi kanalisatsioonitorustiku trassivalik	
Ahtme-Jõhvi kanalisatsioonitorustiku trassivalik. I etapp	420	2005		Ahtme-Jõhvi kanalisatsioonitorustiku trassivalik. I etapp	

Hüdrogeoloogiliste tingimuste modelleerimine. Veekõrvaldus Tammiku-Kose karjäärivälja näitel	418	2005	Hüdrogeoloogiliste tingimuste modelleerimine. Veekõrvaldus Tammiku-Kose karjäärivälja näitel	
Kasutamissuundadele vastava põlevkivi varu hindamine vastavalt arenevale kütuse ja energiamajandusele, ressursi pikaajaline planeerimine. Etapp 2.1	nr. 574L	2005	Kasutamissuundadele vastava põlevkivi varu hindamine vastavalt arenevale kütuse ja energiamajandusele, ressursi pikaajaline planeerimine. Etapp 2.1	
Põlevkivi kaevandamise tehnoloogilise struktuuri optimeerimine. Etapp 574L.1.1.	574L	2005	Põlevkivi kaevandamise tehnoloogilise struktuuri optimeerimine. Etapp 574L.1.1.	
Eesti põlevkivimaardla tehnoloogiline, majanduslik ja keskkonnakaitse rajoneerimine. Etapp 574L.3.1.	nr.574L	2005	Eesti põlevkivimaardla tehnoloogiline, majanduslik ja keskkonnakaitse rajoneerimine. Etapp 574L.3.1.	
Tallinna ümbruse looduslike ehitus- maavarade arengukava koostamine ja perspektiivalade selgitamine.	nr. 2	2005	Tallinna ümbruse looduslike ehitus- maavarade arengukava koostamine ja perspektiivalade selgitamine.	
Stability prediction and environmental consequences of the mined out area	G5164	2005	Altkaevevandatud alade püsivuse prognoos ja keskkonnamõju	http://mi.ttu.ee/projektid/79/
Compilation of the development plan of natural building material minerals and prospecting of perspective districts in Tallinn area	Lep424	2005	Tallinna ümbruse looduslike ehitusmaavarade arengukava koostamine ja perspektiivalade selgitamine	
Maastiku kujundamise alternatiiv maavaravaru kasutamise Loo lubjakivimaardlas	Lep429	2005	Maastiku kujundamise alternatiiv maavaravaru kasutamise Loo lubjakivimaardlas	
Choosing the line the Ahtme-Jõhvi sewerage main in the mining area I phase	Lep559	2005	Ahtme-Jõhvi kanalisatsioonitorustiku trassivalik, uuringud ja meetmed kanalisatsioonitorustiku ohutuks tööks	

Economical and technological redistringof Estonia Oil Shale deposit		Lep574	2005	Eesti põlevkiviressursi kasutamissuundade riikliku strateegia aastani 2020 alusuuringud. Eesti põlevkivimaardla tehnoloogiline, majanduslik ja keskkonnakaitse rajoneerimine	http://mi.ttu.ee/projektid/75/
Economical and technological redistringof Estonia Oil Shale deposit		Lep574	2005	Eesti põlevkiviressursi kasutamissuundade riikliku strateegia aastani 2020 alusuuringud. Põlevkivi kaevandamise tehnoloogilise struktuuri optimeerimine.	http://mi.ttu.ee/projektid/74/
The crieriaforthe oil shale resources according to the consumption possibilities. Resource evaluation according to the changeing fuel and energy economy. Long term planningof the oil shale resource.		Lep574	2005	Eesti põlevkiviressursi kasutamissuundade riikliku strateegia aastani 2020 alusuuringud. Kasutamissuundadele vastava põlevkivi varu hindamise kriteeriumite loomine ja koguse hindamine vastavalt arenevale kütuse ja energiamajandusele, ressursi pikaajaline	http://mi.ttu.ee/projektid/73/
Hüdrokeoloogiliste tingimuste modelleerimine põlevkivikaevanduste aladel		Projekt AKM3522	2005	Hüdrokeoloogiliste tingimuste modelleerimine põlevkivikaevanduste aladel	
Maastiku kujundamise alternatiiv maavara varu kasutamisega Loo lubjakivimaardlas		516	2004	Maastiku kujundamise alternatiiv maavara varu kasutamisega Loo lubjakivimaardlas	
Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulenevate hüdrokeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine 1. etapp		443	2004	Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulenevate hüdrokeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine 1. etapp	
Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulenevate hüdrokeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine 1. etapp		442	2004	Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulenevate hüdrokeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine 1. etapp	
Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulenevate hüdrokeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine 2. etapp		441	2004	Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulenevate hüdrokeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine 2. etapp	

Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine 3. etapp	440	2004	Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine 3. etapp
Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine 4. etapp	439	2004	Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine 4. etapp
Closure of Pääsküla landfill monitoring plan	426	2004	Closure of Pääsküla landfill monitoring plan
Pääsküla prügila sulgemine. Sere kava.	425	2004	Pääsküla prügila sulgemine. Sere kava.
Result of vane shear strength test at Pääsküla landfill. Report	424	2004	Result of vane shear strength test at Pääsküla landfill. Report
Determination of deformation characteristics of municipal waste by the plate loading test. Report	423	2004	Determination of deformation characteristics of municipal waste by the plate loading test. Report
Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoos. Lõpparuanne.	419	2004	Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoos. Lõpparuanne.
Tallinna ümbruse looduslike ehitusmaavarade arengukava koostamine ja perspektiivaalade selgitamine (vahearuanne)	nr. 11	2004	Tallinna ümbruse looduslike ehitusmaavarade arengukava koostamine ja perspektiivaalade selgitamine (vahearuanne)
Tallinna ümbruse looduslike ehitus-maavarade arengukava koostamine jja perspektiivaalade selgitamine (lõpparuanne)	nr. 2	2004	Tallinna ümbruse looduslike ehitus-maavarade arengukava koostamine jja perspektiivaalade selgitamine (lõpparuanne)
Tallinna ümbruse looduslike ehitus-materjalide maavarade arengukava koostamine ja perspektiivaalade selgitamine (vahearuanne)	nr.11	2004	Tallinna ümbruse looduslike ehitus-materjalide maavarade arengukava koostamine ja perspektiivaalade selgitamine (vahearuanne)

Tallinna ümbruse looduslike ehitus-materjalide maavarade arengukava koostamine ja perspektiivalade selgitamine.		nr. 11	2004	Tallinna ümbruse looduslike ehitus-materjalide maavarade arengukava koostamine ja perspektiivalade selgitamine.
Compiling hydrogeological prognoses due to Eesti Põlevkivi Ltd. enterprises working. Phase IV		Lep 416; ES4546 alusel tehtud teadustöö aruanne	2004	Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine. Etapp 4. Allmaamäetööde mõjust tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoos.
Compiling hydrogeological prognoses due to Eesti Põlevkivi Ltd. enterprises working. Phase III		Lep 416; ES4546 alusel tehtud teadustöö aruanne	2004	Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine. Etapp 3. Aidu karjääri mäetööde mõjust tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoos.
Compiling hydrogeological prognoses due to Eesti Põlevkivi Ltd. enterprises working. Phase II		Lep 416; ES4546 alusel tehtud teadustöö aruanne	2004	Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine. Etapp 2. Narva karjääri mäetööde mõjust tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste mõju prognoos.
Compiling hydrogeological prognoses due to Eesti Põlevkivi Ltd. enterprises working. Phase I		Lep 416; ES4546 alusel tehtud teadustöö aruanne	2004	Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine. Etapp 1. Viivikonna jaoskonna laiendamise (Sirgala II jaoskonna avamise) mõju prognoos.

Compiling hydrogeological prognoses due to Eesti Põlevkivi Ltd. enterprises working. Phase I	Lep 416; ES4546 alusel tehtud teadustöö aruanne	2004	Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine. Etapp 1. Viivikonna jaoskonna laienemise (Sirgala II) mõju Kurtna järvede veetasemetele. Modelleerimistööde aruanne	
Compiling hydrogeological prognoses due to Eesti Põlevkivi Ltd. enterprises working	Lep416	2004	Põlevkivi kaevandamise AS-i ettevõtete tööst tulenevate hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine	
Closure monitoring System of Paasküla Landfill	Lep452	2004	Geotehnilised uuringud, geotehniline projekteerimine ja järvevalve Pääsküla prügila alal	
Pääsküla prügila monitooringusüsteemi rajamine	Lep453	2004	Pääsküla prügila monitooringusüsteemi rajamine	
Olukord Tallinna piirkonna varustamisel looduslike täitematerjalidega	521	2003	Olukord Tallinna piirkonna varustamisel looduslike täitematerjalidega	
Põlevkivi kasutamissuundadele vastava varu hindamise Kriteeriumite loomine	L295	2003	Põlevkivi kasutamissuundadele vastava varu hindamise Kriteeriumite loomine	
Altkaevandatud maa	457	2003	Altkaevandatud maa	
Steeldale SCS Limited ankrute katsetamine Estonia kaevanduses	348	2003	Steeldale SCS Limited ankrute katsetamine Estonia kaevanduses	
Põlevkivi kasutamissuundadele vastava varu hindamise kriteeriumide loomine.	nr. L295	2003	Põlevkivi kasutamissuundadele vastava varu hindamise kriteeriumide loomine.	
Eesti põlevkivimaardla tehnoloogiline, majanduslik ja keskkonnakaitse rajoneerimine.	294L	2003	Eesti põlevkivimaardla tehnoloogiline, majanduslik ja keskkonnakaitse rajoneerimine.	
Oil shale resources	G4870	2003	Põlevkivi ressurss	http://mi.ttu.ee/projektid/61/
Extraction Permit for Ojamaa mine. Development plan for Ojamaa mine.	Lep244	2003	Kaevandamisloa taotlus Ojamaa kaevandusele. Ojamaa kaevanduse rajamise arengukava	

Economical technological and environmental redistricting of Estonian OilShale deposit	Lep294	2003	Eesti põlevkivimaardla tehnoloogiline, majanduslik ja keskkonnakaitseline rajoneerimine	http://mi.ttu.ee/projektid/59/
The criteria for the oil shale resources according to the consumption possibilities. Resource evaluation according to the changing fuel and energy economy. Long term planning of the oil shale resource	Lep295	2003	Kasutamissuundadele vastava põlevkivi varu hindamise kriteeriumide loomine ja koguse hindamine vastavalt arenevale kütuse ja energiamajandusele, ressursi pikaajaline planeerimine	
Compilation of the development plan of natural building material minerals and prospecting of perspective districts in Tallinn area	Lep326	2003	Tallinna ümbruse looduslike ehitusmaterjalide maavarade arengukava koostamine ja perspektiivalade selgitamine	
Natural Heritage Database	Lep99/10	2003	Loodusmälestiste andmepank	
Allmaakonstruktsioonide ja mäemassiivi pikaajaline käitumine ja keskkonnamõju	Grandiprojekt nr. 3651	2002	Allmaakonstruktsioonide ja mäemassiivi pikaajaline käitumine ja keskkonnamõju	
Põlevkivi kvaliteeditunnuste määramine AS Eesti Põlevkivi ja AS-s Narva Elektriijaamad	518	2002	Põlevkivi kvaliteeditunnuste määramine AS Eesti Põlevkivi ja AS-s Narva Elektriijaamad	
Oru turbakombinaadi mahajäetud turbaväljade rekultiveerimise projekt	492	2002	Oru turbakombinaadi mahajäetud turbaväljade rekultiveerimise projekt	
Uuringu Põlevkivi kvaliteeditunnuste määramine AS-s Eesti Põlevkivi AS-s Narva Elektriijaamad	473	2002	Uuringu Põlevkivi kvaliteeditunnuste määramine AS-s Eesti Põlevkivi AS-s Narva Elektriijaamad	
Aruanne. Õli tootmiseks vajaliku põlevkivi kaevandamise võimalused.	nr.213L	2002	Aruanne. Õli tootmiseks vajaliku põlevkivi kaevandamise võimalused.	
Tehniline lahendus Kiviõli Keemia-tööstuse OÜ vajaduseks põlevkivi kaevandamise alustamise võimaluste ja kaevandamisest tulenevate keskkonnamõjude hindamiseks Põhja-Kiviõli põlev-kivikarjääris.	307	2002	Tehniline lahendus Kiviõli Keemia-tööstuse OÜ vajaduseks põlevkivi kaevandamise alustamise võimaluste ja kaevandamisest tulenevate keskkonnamõjude hindamiseks Põhja-Kiviõli põlev-kivikarjääris.	

Tehniline lahendus Kiviõli Keemia-tööstuse OÜ vajaduseks põlevkivi kaevandamise alustamise võimaluste ja kaevandamisest tulenevate keskkonna-mõjude hindamiseks Põhja-Kiviõli põlev-kivikarjääris.	304	2002	Tehniline lahendus Kiviõli Keemia-tööstuse OÜ vajaduseks põlevkivi kaevandamise alustamise võimaluste ja kaevandamisest tulenevate keskkonna-mõjude hindamiseks Põhja-Kiviõli põlev-kivikarjääris.
Ehitus- ja lammutusjätmete ümber-töötlemise võimalused Tallinna ümbruses	291	2002	Ehitus- ja lammutusjätmete ümber-töötlemise võimalused Tallinna ümbruses
Tehniline lahendus OÜ VKG Aidu Oil vajaduseks põlevkivi kaevandamise alustamise võimaluste ja kaevandamisest tulenevate keskkonnamõjude hindamiseks Ojamaa põlevkivi kaevanduses	280	2002	Tehniline lahendus OÜ VKG Aidu Oil vajaduseks põlevkivi kaevandamise alustamise võimaluste ja kaevandamisest tulenevate keskkonnamõjude hindamiseks Ojamaa põlevkivi kaevanduses
Uuringu Põlevkivi kvaliteeditunnuste määramine AS-s Eesti Põlevkivi ja AS-s Narva Elektriijaamad	265	2002	Uuringu Põlevkivi kvaliteeditunnuste määramine AS-s Eesti Põlevkivi ja AS-s Narva Elektriijaamad
Õli tootmiseks vajaliku põlevkivi kaevandamisvõimalused. Etapp 1. Kaevandamisõiguse hankimise protseduurid.	213L	2002	Õli tootmiseks vajaliku põlevkivi kaevandamisvõimalused. Etapp 1. Kaevandamisõiguse hankimise protseduurid.
Tallinna lähiümbruse karjäärid ja ehitus- ning lammutusjätmeid ümbertöötlevad ettevõtted.	253	2002	Tallinna lähiümbruse karjäärid ja ehitus- ning lammutusjätmeid ümbertöötlevad ettevõtted.
Mined out land	ETF5169	2002	Monograafia Altkaevandatud maa kirjastamine
Evaluation of mining possibilities of minerals on the state forests areas	Lep141	2002	Riigimetsamaadel paiknevate maavarade ja maa-ainese kaevandamisvõimaluste hinnang
A reclamation project of peat hag for the peat field Oru	Lep154	2002	Oru turbakombinaadi mahajäetud turbaväljade rekultiveerimise projekt
Concept study to review the supply of oil shale for ATP processors from Aidu, Ojamaa and Uus-Kiviõli	Lep213	2002	Hinnang Aidu, Ojamaa ja Uus-Kiviõli kaevanduse rajamiseks

Evalution of trade oil shale quality for AS EP and AS NEJ	Lep221	2002	Põlevkivi kvaliteeditunnuste määramine AS-s Eesti Põlevkivi ja AS-s Narva Elektriijaamad
Long-term state development plan of the fuel and energy economy (up to the year 2015, with the vision up to 2030)	Lep262	2002	Kütuse- ja energiamajanduse pikaajalise riikliku arengukava projekt (aastani 2015, visiooniga 2030)
Skolekodontide taksonoomia ja rakendus statistika ja paleokeskkondade analüüsil	T1322	2002	Skolekodontide taksonoomia ja rakendus statistika ja paleokeskkondade analüüsil
Tehniline lahendus. OÜ VKG AIDU OIL Vajaduseks põlevkivi kaevandamise alustamise võimaluste ja kaevandamisest tulenevate keskkonnamõjude hindamiseks Ojamaa põlevkivikaevanduses	48	2002	Tehniline lahendus. OÜ VKG AIDU OIL Vajaduseks põlevkivi kaevandamise alustamise võimaluste ja kaevandamisest tulenevate keskkonnamõjude hindamiseks Ojamaa põlevkivikaevanduses
Eesti Põlevkivimaardla Narva karjääriväljal ja Permisküla uuringuväljal paikneva Usnova katastriüksuse mäetehniline hinnang	472	2001	Eesti Põlevkivimaardla Narva karjääriväljal ja Permisküla uuringuväljal paikneva Usnova katastriüksuse mäetehniline hinnang
Padise valla maavarade kasutamise konseptsioon	350	2001	Padise valla maavarade kasutamise konseptsioon
Riigimetsamaadel paiknevate maavarade ja maa-ainese kaevandamisvõimaluste hinnang.	nr. 141L	2001	Riigimetsamaadel paiknevate maavarade ja maa-ainese kaevandamisvõimaluste hinnang.
Long-term behavior of the underground rock constructions, rock mass and their environmental	G3651	2001	Allmaakonstruktsioonide ja mäemassiivi pikaajaline käitumine ning keskkonnamõju
Scientific support for Mining Company Eesti Põlevkivi	Lep036	2001	Teadusabi AS Eesti Põlevkivi
Eesti põlevkivivarude säästlik kasutamine	T1321	2001	Eesti põlevkivivarude säästlik kasutamine
Lithological and mineralogical preconditions for rational use of bowels of earth in Estonia	T226	2001	Eesti maapõue ratsionaalse kasutamise litoloogilised ja mineraloogilised eeldused
Environmental influence of mineral extraction	T851	2001	Maavarade kaevandamise mõju keskkonnale

Tehniline lahendus Kunda Tsemenditehase vajaduseks põlevkivi kaevandamise alustamise võimaluste ja kaevandamisest tulenevate keskkonnamõjude hindamiseks Ubja karjääris	509	2000	Tehniline lahendus Kunda Tsemenditehase vajaduseks põlevkivi kaevandamise alustamise võimaluste ja kaevandamisest tulenevate keskkonnamõjude hindamiseks Ubja karjääris
Kõverdama turbamaardla rekultiveerimise projekt	490	2000	Kõverdama turbamaardla rekultiveerimise projekt
Tammiku ja Sompaa jääkvaru kaevandamisväärsuse hindamine mäetööde peatamise puhul	L007	2000	Tammiku ja Sompaa jääkvaru kaevandamisväärsuse hindamine mäetööde peatamise puhul
Teadabi AS Eesti Põlevkivi arengustrateegia väljatöötamisel I etapp	nr. 007L	2000	Teadabi AS Eesti Põlevkivi arengustrateegia väljatöötamisel I etapp
Ettepanekud AS Eesti Põlevkivi arengukavasse. etapp 2	nr. L007	2000	Ettepanekud AS Eesti Põlevkivi arengukavasse. etapp 2
Eesti põlevkivi kaevandamise kava 2015 aastani.	367	2000	Eesti põlevkivi kaevandamise kava 2015 aastani.
Aardlapalu II karjääri mäetööde arengukava aastaks 2001	352	2000	Aardlapalu II karjääri mäetööde arengukava aastaks 2001
Ülevaade arendustöödeks vajaminevatest parimatest võimalikest tehnoloogiatest.	323	2000	Ülevaade arendustöödeks vajaminevatest parimatest võimalikest tehnoloogiatest.
Teadusabi ettevõttele AS Eesti Põlevkivi. Etapp 3: Tammiku ja Sompaa jääkvaru kaevandamisväärsuse hindamine mäetööde peatamise puhul.	nr. L007	2000	Teadusabi ettevõttele AS Eesti Põlevkivi. Etapp 3: Tammiku ja Sompaa jääkvaru kaevandamisväärsuse hindamine mäetööde peatamise puhul.
Tehniline lahendus Kunda Tsemenditehase vajaduseks põlevkivi kaevandamise alustamise võimaluste ja kaevandamisest tulenevate keskkonnamõjude hindamiseks Ubja karjääris.	283	2000	Tehniline lahendus Kunda Tsemenditehase vajaduseks põlevkivi kaevandamise alustamise võimaluste ja kaevandamisest tulenevate keskkonnamõjude hindamiseks Ubja karjääris.
Keskkonnaekspertiisi akt. Kaevandatud Ubja põlevkivikarjääri rajamisega seotud keskkonnamõjude	31-11	2000	Keskkonnaekspertiisi akt. Kaevandatud Ubja põlevkivikarjääri rajamisega seotud

hindamine				keskkonnamõjude hindamine	
Post technologyicsl processes in mined out areas		Grant3403	2000	Posttehnoloogilised protsessid kaevandatud aladel	
Scientific support for Mining Company Eesti Põlevkivi. Phase I		Lep007	2000	Teadusabi AS Eesti Põlevkivi arengustrateegia väljatöötamisel. Etapp I. Ettepanekud AS Eesti Põlevkivi arengustrateegiasse	
Scientific support for Mining Company Eesti Põlevkivi. Phase II		Lep007	2000	Teadusabi AS Eesti Põlevkivi arengustrateegia väljatöötamisel. Etapp II. Ettepanekud AS Eesti Põlevkivi arengukavasse	
Research and developing mining technology for oil shale mining company		Lep824	2000	Teadusabi AS Eesti Põlevkivi kaevandamistehnoloogia arendamisel	
Männiku harjutusväljaku liivavaru kaevandamise ümberpaigutamise võimalused		37	2000	Männiku harjutusväljaku liivavaru kaevandamise ümberpaigutamise võimalused	
Arvamus Kunda Tsemenditehase vajaduseks Ubja piirkonnas põlevkivi kaevandamise alustamise võimaluste hindamiseks		520	1999	Arvamus Kunda Tsemenditehase vajaduseks Ubja piirkonnas põlevkivi kaevandamise alustamise võimaluste hindamiseks	
Vahearuanne Maavarade kaevandamise mõju keskkonnale Väo karjääris tekkiva tolmu ja müra mõju		503	1999	Vahearuanne Maavarade kaevandamise mõju keskkonnale Väo karjääris tekkiva tolmu ja müra mõju	
Kurevere dolomiidikarjääri Arengukava		456	1999	Kurevere dolomiidikarjääri Arengukava	
Põlevkivi perspektiivsete kaevandamiskulude eksperthinnang. Ettekanne		431	1999	Põlevkivi perspektiivsete kaevandamiskulude eksperthinnang. Ettekanne	
Visioon. AS Eesti Põlevkivi võimalikud arengukavad ja etapid järgmiseks viieks aastaks.		342	1999	Visioon. AS Eesti Põlevkivi võimalikud arengukavad ja etapid järgmiseks viieks aastaks.	
Ettepanekud AS Eesti Põlevkivi Arengustrateegiasse		292	1999	Ettepanekud AS Eesti Põlevkivi Arengustrateegiasse	

Dolomitization, Elision of Clay Fluids and Post Mortem Transformation of Biogenic Phosphate as the Main Factors of the Lithification of Sedimentary Rocks	Grant2723/99	1999	Dolomiidistumine, savifluidumi elisioon ja biogeense fosfaadi postmortalne muutumine
Scientific support for Mining Company Eesti Põlevkivi	Lep216	1999	Teadusabi AS Eesti Põlevkivi kaevandamistehnoloogia arendamisel.
Teadusabi AS Eesti Põlevkivi tehnoloogilisel ümberkorraldamisel	Lep725	1999	Teadusabi AS Eesti Põlevkivi tehnoloogilisel ümberkorraldamisel
Kokkuvõtte uuringutest Viivikonna karjääri sulgemise kohta uue tehnoloogia kohaselt karjääri mäeeraldise piiril	L725	1998	Kokkuvõtte uuringutest Viivikonna karjääri sulgemise kohta uue tehnoloogia kohaselt karjääri mäeeraldise piiril
Katsejaoskonna tööprojekt Viivikonna põlevkivikarjääri mäetööde lõpetamiseks vajaliku tehnoloogia kontrollimiseks	493	1998	Katsejaoskonna tööprojekt Viivikonna põlevkivikarjääri mäetööde lõpetamiseks vajaliku tehnoloogia kontrollimiseks
Kokkuvõtte uuringutest Viivikonna karjääri sulgemise kohta uue tehnoloogia kohaselt karjääri mäeeraldise piiril	433	1998	Kokkuvõtte uuringutest Viivikonna karjääri sulgemise kohta uue tehnoloogia kohaselt karjääri mäeeraldise piiril
Mobiiltranspordi rakendusarvutuse alused	428	1998	Mobiiltranspordi rakendusarvutuse alused
Kombainväljamise tehnoloogiliste parameetrite määramine põlevkivi kamber-kaevandamisel.	353	1998	Kombainväljamise tehnoloogiliste parameetrite määramine põlevkivi kamber-kaevandamisel.
Teadusabi AS Eesti Põlevkivi kaevandamistehnoloogia arendamisel. Etapp 2.1. ja 2.2.	L834	1998	Teadusabi AS Eesti Põlevkivi kaevandamistehnoloogia arendamisel. Etapp 2.1. ja 2.2.
Teadusabi AS Eesti Põlevkivi tehnoloogilisel ümberkorraldamisel. Etapp 2: Keskkonnasõbralike väikekarjääride rajamise põhjendus ja kaasabi maaeraldiste hankimisel.	nr. L725	1998	Teadusabi AS Eesti Põlevkivi tehnoloogilisel ümberkorraldamisel. Etapp 2: Keskkonnasõbralike väikekarjääride rajamise põhjendus ja kaasabi maaeraldiste hankimisel.

Kokkuvõte uuringutest Viivikonna karjääri sulgemise kohta uue tehnoloogia kohaselt karjääri mäeeraldise piiril.	282	1998	Kokkuvõte uuringutest Viivikonna karjääri sulgemise kohta uue tehnoloogia kohaselt karjääri mäeeraldise piiril.
Toompea subsidence and stability	Grant1657	1998	Toompea vajumise prognoos ja stabiilsus
Lõhkamissügavuse mõju maavõngete intensiivsusele	Grant3233	1998	Lõhkamissügavuse mõju maavõngete intensiivsusele
Scientific aid for technologigal reorganization of the AS Eesti Põlevkivi	Lep725	1998	Teadusabi AS Eesti Põlevkivi tehnoloogilisel ümberkorraldamisel
Concise English- Estonian Mining Dictionary	Lep735	1998	Väikse inglise-eesti maapõue sõnaraamat
The project for the mining of the Tammiku mine reserve	Lep741	1998	Tammiku kaevanduse varu osalise väljamise projektid
Teadusabi AS Eesti Põlevkivi kaevandamistehnoloogia arendamisel	Lep834	1998	Teadusabi AS Eesti Põlevkivi kaevandamistehnoloogia arendamisel
The resource-sparing mining	TTU4077	1998	Maavarade ressursisäästliku kaevandamise tehnoloogia
Keskkonnaohutu kaevandamise tehnoloogiliste variantide väljatöötamine Viivikonna mäeeraldise ja jaoskonna nr. 3a jääkvaru jaoks (vahearuanne)	L725	1997	Keskkonnaohutu kaevandamise tehnoloogiliste variantide väljatöötamine Viivikonna mäeeraldise ja jaoskonna nr. 3a jääkvaru jaoks (vahearuanne)
Viivikonna mäeeraldise ja jaoskonna nr. 3a jääkvaru kaevandamise põhjendus (vahearuanne)	L725	1997	Viivikonna mäeeraldise ja jaoskonna nr. 3a jääkvaru kaevandamise põhjendus (vahearuanne)
Taotlus Vão lubjakivimaardla ehituslubjakivi täiendava varu kinnitamiseks Vão ja Tondi-Vão karjääri lõunaserva ja Kohtla-Järve--Tallinn gaasitrassi vahelisel alal	475	1997	Taotlus Vão lubjakivimaardla ehituslubjakivi täiendava varu kinnitamiseks Vão ja Tondi-Vão karjääri lõunaserva ja Kohtla-Järve-- Tallinn gaasitrassi vahelisel alal
Mäemasinad. Juhend praktiliste tööde sooritamiseks	429	1997	Mäemasinad. Juhend praktiliste tööde sooritamiseks
Eesti Maavarade kütusena kasutamise perspektiivid ja etapp 2.2 Põlevkivi aktiivse varu kriteeriumid kaevandamiseks soodsatel	nr.614L	1997	Eesti Maavarade kütusena kasutamise perspektiivid ja etapp 2.2 Põlevkivi aktiivse varu kriteeriumid

aladel				kaevandamiseks soodsatel aladel	
Lubjakivi kaevandamine Kunda Aru karjääris freeskombainiga Wirtgen 2100		351	1997	Lubjakivi kaevandamine Kunda Aru karjääris freeskombainiga Wirtgen 2100	
Teadusabi AS Eesti Põlevkivi tehnoloogilisel ümberkorraldamisel. Etapp 4: Kaevandamise tehnilis- majanduslike variantide ja juriidiliste lahenduste väljatöötamine ning analüüs Narva karjääri maaeraldisega kattuva Usnova kadastrüksuse (eramaa) osal.		nr. L725	1997	Teadusabi AS Eesti Põlevkivi tehnoloogilisel ümberkorraldamisel. Etapp 4: Kaevandamise tehnilis-majanduslike variantide ja juriidiliste lahenduste väljatöötamine ning analüüs Narva karjääri maaeraldisega kattuva Usnova kadastrüksuse (eramaa) osal.	
Oil Shale Resources and Prognoses of Price		nr. L762	1997	Oil Shale Resources and Prognoses of Price	
Research and development for the state enterprise Eesti Põlevkivi (Estonian Oil Shale)		Lep603	1997	Teadusabi riigiettevõttele Eesti Põlevkivi. Kaevandamismahu prognoos ja majandushinnang	
Perspectives of using of Estonian mineral resources as fuel. Phase 2.2		Lep614	1997	Eesti maavarade kütusena kasutamise perspektiivid. Etapp 2.2 Põlevkivi aktiivse varu kriteeriumid kaevandamiseks soodsatel aladel.	
Estonian oil shale resources and prognosis of price		Lep726	1997	Eesti Põlevkivi ressursid ja hinna prognoos	
Uuringu Aidu karjääri hinnang RAS Kiviter võimaliku toormebaasina (aruanne)		489	1996	Uuringu Aidu karjääri hinnang RAS Kiviter võimaliku toormebaasina (aruanne)	
Research and development for the state enterprise Eesti Põlevkivi (Estonian Oil Shale)		Lep508	1996	Teadusabi riigiettevõttele Eesti Põlevkivi	
Perspectives of using of Estonian mineral resources as fuel. Phase 2.1		Lep614	1996	Eesti maavarade kütusena kasutamise perspektiivid. Etapp 2.1 Põlevkivi varu hindamise kriteeriumite majanduslikud alused.	

Tootmisjääkide uurimine, allmaa mäetöödel kasutatavate ehitussegude retseptuuri väljatöötamine ja tööstuslik katsetamine	447	1995	Tootmisjääkide uurimine, allmaa mäetöödel kasutatavate ehitussegude retseptuuri väljatöötamine ja tööstuslik katsetamine
Komatsu kobesti D 375A-2 kasutamise tehniline ja majanduslik eelhindang Sirgala karjääri tingimustes	394	1995	Komatsu kobesti D 375A-2 kasutamise tehniline ja majanduslik eelhindang Sirgala karjääri tingimustes
The resource-saving underground oil shale mining method	Grant1408, Grant1523	1995	Põlevkivi allmaakaevandamise ressursisäästlik tehnoloogia
Order of reclamation of oil shale opencasts	Lep524	1995	Põlevkivikarjääride rekultiveerimise kord
Sonda kaevevälja põlevkivi kaevandamise eelhindang	Lep9	1995	Sonda kaevevälja põlevkivi kaevandamise eelhindang
Rendiettevõtte Paekivitoodete tehase Väo karjääri rekultiveerimise projekt	512	1994	Rendiettevõtte Paekivitoodete tehase Väo karjääri rekultiveerimise projekt
Kunda piirkonna põlevkivi ja teiste maavarade kasutamise tehnilis-majanduslik hinnangu aruanne	508	1994	Kunda piirkonna põlevkivi ja teiste maavarade kasutamise tehnilis-majanduslik hinnangu aruanne
Toolse fosforiidimaardla komplekshölvamine	462	1994	Toolse fosforiidimaardla komplekshölvamine
Aruanne Caterpillari kopplaaduri 988B katsetamine ja selle majanduslike näitajate võrdlemine kasutatava tehnika vastavate näitajatega Aidu karjääri tingimustes	344	1994	Aruanne Caterpillari kopplaaduri 988B katsetamine ja selle majanduslike näitajate võrdlemine kasutatava tehnika vastavate näitajatega Aidu karjääri tingimustes
Sustainable phosphate rock mining	Grant1407	1994	Fosforiidi talutav kaevandamine
Kunda piirkonna põlevkivi ja teiste maavarade kasutamise tehnilis-majanduslik hinnang	Lep308	1994	Kunda piirkonna põlevkivi ja teiste maavarade kasutamise tehnilis-majanduslik hinnang
The scientific bases for advancing of oil shale mining in Estonia	Lep407	1994	Eesti Põlevkivi kaevandamise tõhustamise teaduslik alus
Elaborating a license for exploitation the mineral resources at Väo quarry	Lep418	1994	Väo karjääri maavara kasutusloa koostamine

The loaders JC 1600M and FL55 are tested in Estonia oil shale mine	Lep427	1994	Rataslaaduri JCB 600-M ja 1m ³ kopaga roomiklaaduri FL55 katsetamine ja nende kasutamise majanduslik hinnang Estonia kaevanduse tingimustes
Aidu karjääri hinnang (vahearuanne)	502	1993	Aidu karjääri hinnang (vahearuanne)
Aruanne. Põlevkivi tootmise ja kasutamise hetkeseis ja perspektiivid Eestis.	nr.106	1993	Aruanne. Põlevkivi tootmise ja kasutamise hetkeseis ja perspektiivid Eestis.
Aruanne. Roomiklaaduri FL55 katsetamine ja majanduslike näitajate võrdlemine laaduri 1PNB-2 jarataslaaduri PD-8V vastavate näitajatega Estonia kaevanduse tingimustes	378	1993	Aruanne. Roomiklaaduri FL55 katsetamine ja majanduslike näitajate võrdlemine laaduri 1PNB-2 jarataslaaduri PD-8V vastavate näitajatega Estonia kaevanduse tingimustes
Development Plan for the Existing Mining Operations	363	1993	Development Plan for the Existing Mining Operations
Põlevkivi ratsionaalne kaevandamine. Põlevkivi tootmisjääkidest tuhkbetoonplokkide valmistamise tehnoloogiad	Lep307	1993	Põlevkivi ratsionaalne kaevandamine. Põlevkivi tootmisjääkidest tuhkbetoonplokkide valmistamise tehnoloogiad
Sirgala karjääri mäetööde arendamise tehnilis-majanduslik ja hüdrogeoloogiline eelhindang (vahearuanne)	12	1993	Sirgala karjääri mäetööde arendamise tehnilis-majanduslik ja hüdrogeoloogiline eelhindang (vahearuanne)
Põlevkivi hinna prognoos turumajanduse tingimustes. Tehnilis-majanduslik põhjendus põlevkiviväljamiseks madala lasuvusega aladel.	529	1992	Põlevkivi hinna prognoos turumajanduse tingimustes. Tehnilis-majanduslik põhjendus põlevkiviväljamiseks madala lasuvusega aladel.
Tootmiskoondise Leningradslanets kaevanduste kaubatoodangu hindade arvutusmehanismi välja töötamine	513	1992	Tootmiskoondise Leningradslanets kaevanduste kaubatoodangu hindade arvutusmehanismi välja töötamine
Aherkivimi vahekihi E/C laadimise variant	leping 229	1992	Aherkivimi vahekihi E/C laadimise variant
Uue põlevkivikaevanduse ehitamise põhjendus	453	1992	Uue põlevkivikaevanduse ehitamise põhjendus

Aheraine vahekihi E/C laadimise variant	229/3	1992	Aheraine vahekihi E/C laadimise variant
Maavarade ressursisäästliku kaevandamise tehnoloogia	AM-1055	1992	Maavarade ressursisäästliku kaevandamise tehnoloogia
Põlevkivikaevanduste ja karjääride arengukavad ja nende seostatavus keskkonnakaitsega	11	1992	Põlevkivikaevanduste ja karjääride arengukavad ja nende seostatavus keskkonnakaitsega
Põlevkivitööstuse potentsiaal Eesti majanduses ja sellest tulenevad keskkonnakaitseprobleemid	10	1992	Põlevkivitööstuse potentsiaal Eesti majanduses ja sellest tulenevad keskkonnakaitseprobleemid
Kaasnevate maavarade kaevandamise tehnilis-tehnoloogiliste võimaluste uurimine vabariigi maardlate kompleksseks ja keskkonnasäästlikuks kasutamiseks	24	1991	Kaasnevate maavarade kaevandamise tehnilis-tehnoloogiliste võimaluste uurimine vabariigi maardlate kompleksseks ja keskkonnasäästlikuks kasutamiseks
Aruanne uurimusest Põhinõuded põlevkivi kaevandamise tehnoloogiale lähtuvalt keskkonnaseisundi parandamise nõuetest	437	1991	Aruanne uurimusest Põhinõuded põlevkivi kaevandamise tehnoloogiale lähtuvalt keskkonnaseisundi parandamise nõuetest
Maavarade kaevandamise ressursisäästlik tehnoloogia ja loodushoid	393	1991	Maavarade kaevandamise ressursisäästlik tehnoloogia ja loodushoid
Ettekanne põlevkivitootmise tehnoloogilisest arengust	390	1991	Ettekanne põlevkivitootmise tehnoloogilisest arengust
Evaluation of economics and technology of bacfilling in the mines	AM-106	1991	Kaevandatud ala täitmisega kaevandamise tehnoloogia ja majanduslikkuse hinnang
Kaasnevate maavarade kaevandamise tehnilis-tehnoloogiliste võimaluste uurimine vabariigi maardlate kompleksseks ja keskkonnasäästlikuks kasutamiseks	Lep024	1991	Kaasnevate maavarade kaevandamise tehnilis-tehnoloogiliste võimaluste uurimine vabariigi maardlate kompleksseks ja keskkonnasäästlikuks kasutamiseks
Põhinõuded põlevkivi kaevandamise tehnoloogiale lähtuvate keskkonnaseisundi parandamise nõuetest. II Etapp	Lep054	1991	Põhinõuded põlevkivi kaevandamise tehnoloogiale lähtuvate keskkonnaseisundi parandamise nõuetest. II Etapp

The economic and ecological mining technology		Lep182	1991	Maavarade kaevandamise ressursisäästlik tehnoloogia ja loodushoid
Mäekombaini Vão lubjakivikarjääris katsetamise aruanne		042/1	1990	Mäekombaini Vão lubjakivikarjääris katsetamise aruanne
Aruanne. Põlevkivi tootmisjäakidest ehituskillustiku valmistamise tehnoloogia ratsionaalsete parameetrite ja killustiku ehituses kasutamise võimaluste määramine		nr.042/2	1990	Aruanne. Põlevkivi tootmisjäakidest ehituskillustiku valmistamise tehnoloogia ratsionaalsete parameetrite ja killustiku ehituses kasutamise võimaluste määramine
Mäerõhu reguleerimise variantide uurimine kaevandatud ala täieliku tootmisjäakidega täitmisega (vene keeles)		AM-8017/2	1990	Mäerõhu reguleerimise variantide uurimine kaevandatud ala täieliku tootmisjäakidega täitmisega (vene keeles)
Aruanne. Mäekombaini katsetamine Vão lubjakivi karjääris.		nr 042/1	1990	Aruanne. Mäekombaini katsetamine Vão lubjakivi karjääris.
Hinnata Eesti fosforiidimaardlate kompleksse ja ökoloogiliselt ohutu hõlvamise võimalusel		01890015808	1990	Hinnata Eesti fosforiidimaardlate kompleksse ja ökoloogiliselt ohutu hõlvamise võimalusel
Mäekombaini katsetamine Vão lubjakivikarjääris		042/1	1990	Mäekombaini katsetamine Vão lubjakivikarjääris
Eesti Kütte-energeetilise kompleksi arendamise pikaajaline programm. 2.osa Põlevkivi kaevandamine		4	1990	Eesti Kütte-energeetilise kompleksi arendamise pikaajaline programm. 2.osa Põlevkivi kaevandamine
Uurimistöö aruanne põlevkivitööstuse mineraalsetest jääkidest valmistatud lubjakivi killustiku kasutamise kohta ehitustööstuses		leping nr.7/88	1989	Uurimistöö aruanne põlevkivitööstuse mineraalsetest jääkidest valmistatud lubjakivi killustiku kasutamise kohta ehitustööstuses
Matemaatilise mudeli põhialuste väljatöötamine ENSV kruusliiva leiukohtade kaevandamise maksumusparameetrite määramiseks		nr. 737	1989	Matemaatilise mudeli põhialuste väljatöötamine ENSV kruusliiva leiukohtade kaevandamise maksumusparameetrite määramiseks
ENSV kruusliiva leiupaikade kaevandamise maksumusparameetrite uurimine		nr. 737	1989	ENSV kruusliiva leiupaikade kaevandamise maksumusparameetrite uurimine

Perspektiivsete tehnoloogiate valik põlevkivi allmaa kaevandamisel	391	1989	Perspektiivsete tehnoloogiate valik põlevkivi allmaa kaevandamisel
Põlevkivitööstuse mineraalsetest jääkidest saadud lubjakivi killustiku uurimine ja soovitus kasutamiseks ehitustöödel (vene keeles)	nr. 7/88	1989	Põlevkivitööstuse mineraalsetest jääkidest saadud lubjakivi killustiku uurimine ja soovitus kasutamiseks ehitustöödel (vene keeles)
ENSV kruusliiva leiupaikade kaevandamise maksumusparameetrite uurimine. Matemaatilise mudeli põhialuste väljatöötamine ENSV kruusliiva leiupaikade kaevandamise maksumusparameetrite määramiseks.	nr. 737	1989	ENSV kruusliiva leiupaikade kaevandamise maksumusparameetrite uurimine. Matemaatilise mudeli põhialuste väljatöötamine ENSV kruusliiva leiupaikade kaevandamise maksumusparameetrite määramiseks.
Eesti mäetööstuse tehnoloogilise arengu programm kuni 2005	3	1989	Eesti mäetööstuse tehnoloogilise arengu programm kuni 2005
Esmajärgulistest ülesannetest looduskasutuse korraldamisel Eesti NSV üleminekul isemajandamisele	2	1989	Esmajärgulistest ülesannetest looduskasutuse korraldamisel Eesti NSV üleminekul isemajandamisele
Rakvere fosforiidimaardla evitamise võimalustest ja efektiivsusest	1	1989	Rakvere fosforiidimaardla evitamise võimalustest ja efektiivsusest
Kruusliivade kaevandamistehnoloogiliste parameetrite välja töötamine sõltuvalt mäegeoloogilistest tingimustest ja kasutatavast tehnikast (vahearuanne)	nr. 737	1988	Kruusliivade kaevandamistehnoloogiliste parameetrite välja töötamine sõltuvalt mäegeoloogilistest tingimustest ja kasutatavast tehnikast (vahearuanne)
Teadus-tehniliste kaevandamise ja tehnika põhiprintsiipide väljatöötamine Eesti fosforiidimaardla kompleksel hõlvamisel (vahearuanne) (vene keeles)	AM 8017/1	1988	Teadus-tehniliste kaevandamise ja tehnika põhiprintsiipide väljatöötamine Eesti fosforiidimaardla kompleksel hõlvamisel (vahearuanne) (vene keeles)
Pneumaatilistel ratastel liikurmasinate kasutamise tehnoloogiline skeem koristus- ja ettevalmistustöödel Eesti	449	1988	Pneumaatilistel ratastel liikurmasinate kasutamise tehnoloogiline skeem koristus- ja ettevalmistustöödel Eesti

põlevkivi- maardla tingimustes (vene keeles)				põlevkivi- maardla tingimustes (vene keeles)	
ENSV fosforiidi-põlevkivi maardla allmaa kaevandamise kopleksete tehnoloogiliste lahenduste uurimine (vene keeles)		nr.312	1988	ENSV fosforiidi-põlevkivi maardla allmaa kaevandamise kopleksete tehnoloogiliste lahenduste uurimine (vene keeles)	
Eesti NSV kruusliivamaardlate kaevandamise maksumusparameetrite uurimine. Kruusliivade kaevandamis-tehnoloogiliste parameetrite välja töötamine sõltuvalt mäeoloogilistest tingimustest ja kasutatavast tehnikast.		261	1988	Eesti NSV kruusliivamaardlate kaevandamise maksumusparameetrite uurimine. Kruusliivade kaevandamis-tehnoloogiliste parameetrite välja töötamine sõltuvalt mäeoloogilistest tingimustest ja kasutatavast tehnikast.	
Lähteandmed mäetööde tehnilis-majanduslikuks põhjendamiseks Eesti fosforiidikaevanduse (Kabala kaeveväli) ehitusel. (vene keeles)		259	1986	Lähteandmed mäetööde tehnilis-majanduslikuks põhjendamiseks Eesti fosforiidikaevanduse (Kabala kaeveväli) ehitusel. (vene keeles)	
Põlevkivi purustamine väljamismasinatega		417	1984	Põlevkivi purustamine väljamismasinatega	
Tehnoloogiline skeem põlevkivikihi väljamisel kamberlaavadega karbonaatsete kivimite katendiga alla 25 m Leningradi maardla tingimustes. (vene keeles)		524	1983	Tehnoloogiline skeem põlevkivikihi väljamisel kamberlaavadega karbonaatsete kivimite katendiga alla 25 m Leningradi maardla tingimustes. (vene keeles)	
Kaevanduses läbiviidud purustus-protsessi katsetuste põlevkivikihi kogu kihi paksuses väljamisel koristus-kombainidega 1GŠ68S ja KŠ3M vahearuanne (vene keeles)		411	1983	Kaevanduses läbiviidud purustus-protsessi katsetuste põlevkivikihi kogu kihi paksuses väljamisel koristus-kombainidega 1GŠ68S ja KŠ3M vahearuanne (vene keeles)	
Tangensiaalradega RKS-2 varustatud täitevorganite juurutamise TK Eesti Põlevkivi kaevandustes lõpparuanne. (vene keeles)		409	1983	Tangensiaalradega RKS-2 varustatud täitevorganite juurutamise TK Eesti Põlevkivi kaevandustes lõpparuanne. (vene keeles)	

Tugevdatud katsenäidis tangentsiaal- terade RKS-1 vastuvõtukatsetuse teostamise lõpparuanne (vene keeles)	410	1981	Tugevdatud katsenäidis tangentsiaal- terade RKS-1 vastuvõtukatsetuse teostamise lõpparuanne (vene keeles)
Lae sundvaristamisega kamber-kaevandamise tehnoloogiline skeem Eesti maardla kaevandustes ja ajutine instruksioon selle kasutamiseks (vene keeles)	450	1980	Lae sundvaristamisega kamber-kaevandamise tehnoloogiline skeem Eesti maardla kaevandustes ja ajutine instruksioon selle kasutamiseks (vene keeles)
Kamberkaevandamise koristus- ja ettevalmistustööde tehnoloogiline skeem TK Eesti Põlevkivi kaevandustele (vene keeles)	438	1979	Kamberkaevandamise koristus- ja ettevalmistustööde tehnoloogiline skeem TK Eesti Põlevkivi kaevandustele (vene keeles)
Koristuskombainide katsenäidiste (katsepartiide) kasutuselevõtu tüüpmeetodika. (vene keeles)	523	1978	Koristuskombainide katsenäidiste (katsepartiide) kasutuselevõtu tüüpmeetodika. (vene keeles)
Põhiseisukohad allmaa transpordi projekteerimisel uutes ja töötavates kaevandustes. (vene keeles)	274	1977	Põhiseisukohad allmaa transpordi projekteerimisel uutes ja töötavates kaevandustes. (vene keeles)
Ankurtoestiku parameetrite arvutusmeetodika põlevkivikaevandustes	528	1976	Ankurtoestiku parameetrite arvutusmeetodika põlevkivikaevandustes
Läbindamiskombainide tööstusliku katsetamise tüüpkaava ja meetodika.	522	1972	Läbindamiskombainide tööstusliku katsetamise tüüpkaava ja meetodika.
Mäenduses kasutatavate lõikeinstrumentide eksperimentaalsete ja tööstuslike näidispartiide katstamise tüüpkaava ja meetodika (vene keeles)	525	1971	Mäenduses kasutatavate lõikeinstrumentide eksperimentaalsete ja tööstuslike näidispartiide katstamise tüüpkaava ja meetodika (vene keeles)
Toompea vajumise prognoos ja stabiilsus.	nr.2108		Toompea vajumise prognoos ja stabiilsus.

Mäeinstituudi personal

mi.ttu.ee 620 38 50 maeinst@ttu.ee

[Ehitajate tee 5, NRG, teine korrus](#)

Küsige või kommenteerige

Tööpakkumised

Doktorandid

Tudengid

Vivika

vivika.vaizene@ttu.ee

mi.ttu.ee

mi.ttu.ee/mgislabor

Väizene

NRG-201 6203859

[info](#)

[ETIS](#)

Spetsialist, MGIS labori juhataja, Projekterija, Projekteerimisgrupi kontaktisik

geotehnoloogia magister

Gaia

gaia.grossfeldt@ttu.ee

mi.ttu.ee

mi.ttu.ee/koolitus/

Grossfeldt

NRG-204 6203850

[info](#)

[ETIS](#)

Avalike suhete spetsialist, koolitusjuht

geotehnoloogia bakalaureus

Margit

margit.kolats@ttu.ee

mi.ttu.ee

mi.ttu.ee/hydrolabor

Kolats

NRG-204 6203850

[info](#)

[ETIS](#)

Spetsialist, Videolabori juhataja

geotehnoloogia bakalaureus

Ingo

ingo.valgma@ttu.ee

mi.ttu.ee

mi.ttu.ee/kaevandamine

Valgma

NRG-205 6203851

[info](#)

[ETIS](#)

Direktor, Maavarade kaevandamise õppetooli juhataja, Professor

tehnikateaduste doktor

Mall

mall.orr@ttu.ee

mi.ttu.ee

mi.ttu.ee/geoloogia

Orru

NRG-208 6203856

[info](#)

[ETIS](#)

Dotsent, Rakendusgeoloogia õppetooli hoidja

PhD

Jüri-Rivaldo Pastarus juri-rivaldo.pastarus@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/kaevandamine
NRG-207 6203855 [info](http://mi.ttu.ee/info) [ETIS](http://mi.ttu.ee/ETIS)
Dotsent
tehnikateaduste doktor

Ülo Sõstra ulo.sostra@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/geoloogia
NRG-208 6203856 [info](http://mi.ttu.ee/info) [ETIS](http://mi.ttu.ee/ETIS)
Vanemteadur
geoloogiadoktor

Veiko Karu veiko.karu@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/research
NRG-206 6203854 [info](http://mi.ttu.ee/info) [ETIS](http://mi.ttu.ee/ETIS)
Assistent
PhD

Kaupo Kuusemäe kaupo.kuusemae@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/kaevandamine
NRG-202 6203854 [info](http://mi.ttu.ee/info) [ETIS](http://mi.ttu.ee/ETIS)
Laborant
-

Martin Nurme martin.nurme@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/kaevandamine
NRG-203 6203854 [info](http://mi.ttu.ee/info) [ETIS](http://mi.ttu.ee/ETIS)
Spetsialist
geotehnoloogia bakalaureus

Tiit Rahe tiit.rahe@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/geoloogia
NRG-203 6203854 [info](http://mi.ttu.ee/info) [ETIS](http://mi.ttu.ee/ETIS)
Spetsialist
bakalaureus

Fred fred.rusanov@ttu.ee mi.ttu.ee mi.ttu.ee/kaevandamine

Rusanov NRG-209 6203853 [info](#) [ETIS](#)
Laborant
geotehnoloogia bakalaureus

Martin Saarnak martin.saarnak@ttu.ee [mi.ttu.ee](#) [mi.ttu.ee/kaevandamine](#)
NRG-202 6203854 [info](#) [ETIS](#)
Laborant

Heidi Soosalu heidi.soosalu@ttu.ee [mi.ttu.ee](#) [mi.ttu.ee/geoloogia](#)
NRG-203 53020027 [info](#) [ETIS](#)
Lektor
PhD

Enn Lüütre enn.luttre@ttu.ee [mi.ttu.ee](#) [mi.ttu.ee/kaevandamine](#)
NRG-207 6203855 [info](#) [ETIS](#)
Lektor
mäeinsener

Enn- Aavo Pirrus pirrus@starman.ee [mi.ttu.ee](#) [mi.ttu.ee/geoloogia](#)
NRG-207 6203850 [info](#) [ETIS](#)
Emeriitprofessor
geoloogiadoktor

Enno Reinsalu enno.reinsalu@ttu.ee [mi.ttu.ee](#) [mi.ttu.ee/kaevandamine](#)
NRG-210 6203853 [info](#) [ETIS](#)
Vanemteadur, Emeriitprofessor
teaduste kandidaat

Tõnu Tomberg tonu.tomberg@ttu.ee [mi.ttu.ee](#) [mi.ttu.ee/kaevandamine](#)
NRG-210 6203853 [info](#) [ETIS](#)

Lektor

Doktorant

tehnikateaduste magister

**Lembit
Uibopuu**
Spetsialist
insener

lembit.uibopuu@ttu.ee
NRG-209 6203853

mi.ttu.ee
[info](#)

<http://mi.ttu.ee/ajalugu>
[ETIS](#)

**Karin
Robam**

karin.robam@ttu.ee
NRG-204 6203850

mi.ttu.ee
[info](#)

mi.ttu.ee/hydrolabor/
[ETIS](#)

Assistent, Rakendusgeoloogia ja hüdrokeoloogia labor

Doktorant

geotehnoloogia magister

**Hardi
Torn**
Dotsent
PhD

htorn@menard.ae

mi.ttu.ee
[info](#)

mi.ttu.ee/geoloogia
[ETIS](#)

**Veljo
Lauringson**
Emeriitdotsent
tehnik kandidaat

maeinst@ttu.ee

mi.ttu.ee
[info](#)

mi.ttu.ee/kaevandamine

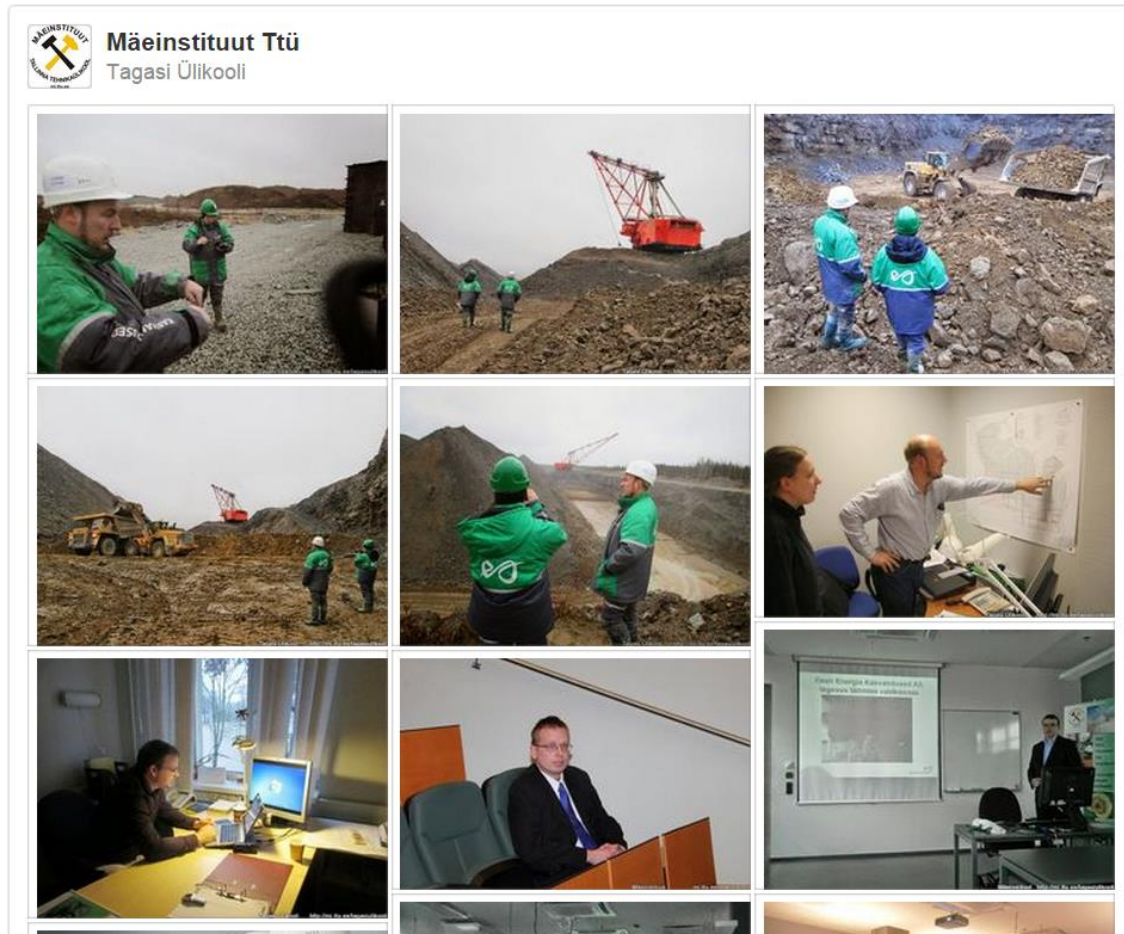
**Kalju
Ojaste**
Emeriitdotsent
teaduste kandidaat

maeinst@ttu.ee

mi.ttu.ee
[info](#)

mi.ttu.ee/geoloogia

Tagasi ülikooli



<http://www.pinterest.com/maeinstituut/tagasi-ulikooli>

mi.ttu.ee/tagasiulikooli



Mäeinstituut õpetab meie tulevase mäeinseneeri probleempõhiselt, st. läbi reaalsete probleemide lahenduskäikude otsimise. Sellega seoses ootame oma vilistlasi (insenerid, bakalaureused, magistrid, doktorid, täienduskoolituste vilistlased, endised töötajad) ja ka neid praktikuid, kes küll ei ole vilistlased, aga on oma töö või harrastuse tõttu mäenduserialadega kokku puutunud, tagasi ülikooli, aga seekord õppejõuna. Eelkõige peame silmas neid vilistlasi, kes ei ole praegu meie tudengid, ega töötajad.

Tulge andke oma kogemus ca. 1,5 h loengu, seminari, tutvustuse, praktikumi vms. raames tudengitele edasi. Õppetunni võib korraldada ka mõnes muus sobivamas kohas. Püüame teie soove selles osas igati arvestada.

Teilt ootame ettepanekut loengu **teema, aja ja koha** osas ja seejärel lepime konkreetselt kokku.

Palume teil seda infot oma tuttavate hulgas levitada ja kutsuda neid Eesti mäeinseneride taastootmisele õlga alla panema.

Tänuga,
Mäeinstituut

Lisainfo: mi.ttu.ee/tagasiylikooli, 6203850, maeinst@ttu.ee

PS: Käesolev pakkumine ei ole tasustatav tegevus. Tasustatavat õpetamist saame korraldada täienduskoolituse ja korralise õpetamise raames. Informeerige meid ka sellest soovist.

Tagasi ülikooli - vilistlased annavad loenguid Mäeinstituudis

<p>1. Esimene loeng "Tagasi Ülikooli" programmi raames. Mecro, JCB, Mäemasinate müük ja hooldus. 16.11.2010</p>	
<p>2. Teine loeng "Tagasi Ülikooli" programmi raames. Mäemasinate valik karjääris. Heini Viilup. AS Lemminkäinen Eesti. 19.11.2010</p>	
<p>3. Kolmanda loengu "Tagasi Ülikooli" seerias, pidas mäeinsener Andres Leht teemal "Kes on mäeinsener?". 24.11.2010</p>	

<p>4. Neljanda loengu "Tagasi Ülikooli" raames tegi Egon Hirvesoo liiva kaevandamise, sõelumise ja pesemise teemal. 12.05.2011</p>	
<p>5. Viienda loengu "Tagasi Ülikooli" raames pidas mäeinsener Andres Leht teemal "Kuidas minust sai mäeinsener? "</p>	
<p>6. Kuues loeng "Tagasi Ülikooli" programmi raames Jan Berkovitch. Wihurist ülevaade. 28.10.2011</p>	
<p>7. Seitsmes loeng "Tagasi Ülikooli" programmi raames Magnus Mägedi. Kaevandamismasinad. 28.10.2011</p>	
<p>8. Kaheksas loeng "Tagasi Ülikooli" programmi raames Ain Sarv. Wihuri. Caterpillar. Tootevalik. 28.10.2011</p>	

<p>9. Üheksas loeng "Tagasi Ülikooli" programmi raames Erkki Kaisla. Mäetööde tehnoloogiad ja mäemasinad". 09.11.2011</p>	
<p>10. Kümnes loeng "Tagasi Ülikooli" programmi raames Lembit Vali. Eesti energiasüsteemid. 17.11.2011</p>	
<p>11. Üheteistkümnes loeng "Tagasi Ülikooli" programmi raames Arvo Veskimets. Maaparandus. 23.11.2011</p>	
<p>12. Kaheteistkümnes loeng "Tagasi Ülikooli" programmi raames Riho Iskül. "Kaevandamine ja tootmine AS Kunda Nordic Tsementis". 25.11.2011</p>	
<p>13. Kolmeteistkümnes loeng "Tagasi Ülikooli" programmi raames Pavel Astapov. "Projekteerimisest ja mäendusest, mis on seotud lõhketöödega". 23.03.2012</p>	
<p>14. Neljateistkümnes loeng "Tagasi Ülikooli" seerias. Tõnu Tomberg. Lõhkeainete vedu, hoiustamine, ohutus. 30.03.2012</p>	

<p>15. Viieteistkümnes loeng „Tagasi Ülikooli“ seerias. Aleksandr Safronov. Lõhketööde passide koostamine moodsa tarkvaraga, tsiviilotstarbel kasutatavad lõhkeained ja initsieerimisvahendid. 13.04.2012</p>	
<p>16. Kuueteistkümnes loeng-praktikum "Tagasi Ülikooli" seerias. Andry Sinijärv. Lubjakivikarjääris lõhketööd. 12.04.2012.</p>	
<p>17. Seitsmeteistkümnes praktikum "Tagasi Ülikooli" seerias. Viive Tuuna, Tennobert Haabu ja Eerik Heinpalu 19.04.2012</p>	
<p>18. Kaheksateistkümnes loeng "Tagasi Ülikooli" seerias. Viktor Undusk. Täitmisest. 05.06.2012</p>	
<p>19. Üheksateistkümnes loeng "Tagasi Ülikooli" seerias. Mikael Rinne. Tunnelling. 13.06.2012</p>	

<p>20. Kahekümnes loeng "Tagasi Ülikooli" seerias. Piotr Czaja. Mining Technologies. 13.06.2012</p>	
<p>21. Kahekümne esimene loeng "Tagasi Ülikooli" seerias. Martin Metsmaaker. Wirtgen Group masinad. 11.09.2012</p>	
<p>22. Kahekümne teine loeng "Tagasi Ülikooli" seerias. Martin Lohk. Põlevkivi kaevandamine, 01.10.2012</p>	
<p>23. Kahekümne kolmas loeng "Tagasi Ülikooli" seerias. Andre Lüüde. Põlevkivi avakaevandamise tehnoloogia, 01.10.2012</p>	
<p>24. Kahekümne neljas loeng-praktikum "Tagasi Ülikooli" seerias. Riho Iskül. Põlevkivi avakaevandamise tehnoloogia avamusalal, 01.10.2012</p>	

<p>25. Kahekümne viies loeng-praktikum "Tagasi Ülikooli" seerias. Silver Jõginõlv. Liiva veevalune kaevandamine, 01.10.2012</p>	
<p>26. Kahekümne kuues loeng-praktikum "Tagasi ülikooli" seerias. Krista Täht-Kok radoonist ja radooni mõõtmisest. 08.10.2012</p>	
<p>27. Kahekümne seitsmes loeng-praktikum "Tagasi ülikooli" seerias. Tennobert Haabu lubjakivikaevandamise tehnoloogia. 05.11.12</p>	
<p>28. Kahekümne kaheksas loeng "Tagasi ülikooli" seerias. Renno Veinthal "Läbinduskilbi lõiketerade materjali vastupidavusest" 29.11.2012</p>	
<p>29. Kahekümne üheksas loeng "Tagasi ülikooli" seerias. Artu Ellmann "3D laserskaneerimise võimalused Eestis" 29.11.2012</p>	

<p>30. Kolmekümnes loeng "Tagasi ülikooli" seerias. Ardo Perm "Lintkonveiersüsteemid" 29.11.2012</p>	
<p>31. Kolmekümne esimene loeng "Tagasi ülikooli" seerias. Lembit Uibopuu "Mäenduse ja Mäeinstituudi ajalugu" 29.11.2012</p>	
<p>32. Kolmekümne teine loeng "Tagasi ülikooli" seerias. MSc. Justyna Adamczyk "Numbrilise meetodite rakendamise analüüs jäätmete ladestumisel" 17.01.2013</p>	
<p>33. Kolmekümne kolmas loeng "Tagasi ülikooli" seerias. Stefan Kreisel "BdU kogemus kaevandusvee soojusenergia kasutamise arendamisel ja rakendamisel Mansfeld piirkonnas Saksamaal" 17.01.2013</p>	
<p>34. Kolmekümne neljas loeng "Tagasi ülikooli" seerias. MSc. Justyna Adamczyk "Kaevandamisjäätmete korraldus Poolas" 17.01.2013</p>	

<p>45. Neljakümne viies loeng "Tagasi Ülikooli" seerias. Veljo Aleksandrov. Eesti põlevkivi strateegia täna ja tulevikus. 16.05.2014</p>	
<p>46. Neljakümne kuues loeng "Tagasi Ülikooli" seerias. Martin Lohk. Täitmine, arvutused ja meetodika. 16.05.2014</p>	
<p>47. Neljakümne seitsmes loeng "Tagasi Ülikooli" seerias. Tarmo Tohver. Põlevkivi kaevandamisega seotud maa-alade korrastamine. 06.11.2014</p>	
<p>48. Neljakümne kaheksas loeng „Tagasi ülikool“ seerias. Erik Väli. Töövarjupäev Eesti Energia Kaevanduste AS. 06.11.2014</p>	
<p>49. Neljakümne üheksas loeng „Tagasi ülikool“ seerias. Andre Lüüde. Töövarjupäev Eesti Energia Kaevanduste AS, Narva karjäär. 06.11.2014</p>	