



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



MÄEINSTITUUT

Teadussuuna klass 2.4

KINNITAN
Instituudi direktor

Alo Adamson

Teema 574L

**EESTI PÕLEVKIVIRESSURSI
KASUTAMISSUUNDADE RIIKLIKU
STRATEEGIA AASTANI 2020 ALUSUURINGUD**

Etapp 574L.2.1

KASUTAMISSUUNDADELE VASTAVA PÕLEVKIVI
VARU HINDAMISE KRITEERIUMITE LOOMINE JA
KOGUSE HINDAMINE VASTAVALT ARENEVALE
KÜTUSE JA ENERGIAMAJANDUSELE, RESSURSI
PIKAAJALINE PLANEERIMINE.

**Tallinn
november 2005**

SISUKORD

PEAMISED TULEMUSED JA JÄRELDUSED	3
1. SISSEJUHATUS.....	4
2. PÕLEVKIVI KASUTAMINE TAHKEKÜTUSENA.....	5
2.1. Põlevkivi kasutamise arengukavad aastani 2015.....	5
2.1.1. Kütuse ja energiamajanduse pikaajalina riiklik arengukava	5
2.1.2. Eesti elektrimajanduse arengukava stsenaariumid	5
3. PÕLEVKIVI VARU HINDAMISE KRITERIUMID	7
3.1. Kehtivad kriteeriumid	7
3.2. Kriteeriume mõjutavad välised faktorid	8
4. VÕIMALIKUD PÕLEVKIVI KASUTAMISE TEHNOLOOGIAD AASTANI 2020.....	9
4.1. Põlevkivi kasutamise suunad tahkekütusena	9
4.2. Põlevkivi kasutamise suunad õli toormena.....	10
4.3. Põlevkivi utiliseerimise tõhusus	10
4.4. Kihindi energeetilise potentsiaali kadu väljamisel.....	11
4.5. Põlevkivi väljamise ja utiliseerimise tõhususe koosmõju	11
5. PÕLEVKIVI VARU KOGUS JA KASUTAMINE	16
5.1. Arvestatava varu kogus	16
5.2. Kehtivate kriteeriumite kontroll ja võimalikud uued kriteeriumid	17
6. KASUTATUD KIRJANDUS JA VIITEMATERJAL	18
7. Lisad	19

Tabelid

Tabel 4.1 Põlevkivi utiliseerimisseadmete kasuteguri valemi parameetrid	11
Tabel 4.2 Kaevandamise ja utiliseerimise brutokasutegugi arvutused	12
Tabel 5.1. Põlevkivi varu kogus ja valdajad 01.01.2005.	16
Tabel 5.2. Kaevandamisväärsuse kriteeriumi arvutusmodeli näide.....	17

Pildid

Pilt 3.1. Õli hinna prognooside näide.....	8
Pilt 3.2. Õli hinna (must) ja päikese aktiivsuse (punane) perioodiline muutumine ajavahemikus 1970...2005 [16 17]	9
Pilt 3.3. Seos õli hinna ja päikese aktiivsuse vahel viimasel 35 aasta jooksul.....	9
Pilt 4.1. "Kohtla", puugravüür, paber, Hando Mugasto, 1935.....	10
Pilt 4.2. Narva Elektriijaamade õlitehas.....	10
Pilt 4.3. Seosed põlevkivi utiliseerimisseadmete kasuteguri ja kasutatava põlevkivi kütteväärtuse vahel.	11
Pilt 4.4 (A...F).Kaevandamise ja utiliseerimisvariantide brutokasutegurid.	13
Pilt 4.5. Kauba saagise sõltuvus sellest, kuivõrd kaevandamise käigus tõstetakse kauba kvaliteeti. ...	14
Pilt 7.1. Põlevkivikihi magneesiumisisaldus Vanamõisa ja Põdruse alal	19
Pilt 7.2. Põlevkivikihi magneesiumisisaldus maardla keskosas, ammendatud Jõhvi, Somp ja Tammiku kaeveväljadel.....	19
Pilt 7.3. Põlevkivikihi magneesiumisisaldus maardla idaosas, Narva karjääri alal.....	20
Pilt 7.4. Kihindi magneesiumisisalduse kaart maardla kesk- ja idaosas.	20

Lisad

Lisa 7.1 Põlevkivi magneesiumisisalduse levik.....	19
--	----

PEAMISED TULEMUSED JA JÄRELDUSED

- Muutunud majandusolukorda ja põlevkivi kasutatavate seadmete tõhususe kasvu arvestades võib põlevkivi varu kaevandamisväärsuse (aktiivsuse) alampiiriks seada senise 35 GJ/m^2 asemel 30 GJ/m^2
- Varu arvestamise (passiivsuse) alampiiri 25 GJ/m^2 muutmiseks käesoleval ajal põhjusi ei ole
- Uue piirväärtuse puhul saaksid aktiivseks Oandu, Pada, Permisküla, Puhatu, Seli, Sonda ja Uljaste paremad plokid; valdavalt Lääne-Viru maakonnas paiknevad Haljala, Kabala ja Kohala väljad ei jõuaks veel aktiivse varu hulka
- Kaevandamisväärsuse piiri langetamisel kasvab aktiivne varu, kuid kuna tuleb arvestada ka keskkonnapiiranguid, saab põlevkivi kaevandamisväärsuse varu täpse koguse määrata vaid vastava revisjoni alusel
- Kuni revisjoni lõppemiseni ei ole põhjust piirata passiivse varu kaevandamisõigust; kuid seejuures tuleb lähtuda kaevandamisloa taotluse aluseks olevast äriplaanist ja loa taotlemisele eelnenud geoloogilise andmestiku analüüsist
- Hinnates kõiki kaubapõlevkivi kvaliteedi ohjamise võimalusi ja peamiste utiliseerimisseadmete tõhususe sõltuvust toorme (kütuse) kvaliteedist, leidsime, et põlevkivi geoloogilise ressursi parema kasutuse tagavad seadmed, mis suudavad töödelda madala kütteväärtusega kaevist
- Kaubapõlevkivi kütteväärtuse tõstmisel 1 % võrra väheneb kauba saagis kaevisest 1,5 %, millest järeldub, et kõrgema kütteväärtusega kaubapõlevkivi hind peab kasvama progresseeruvalt.
- Eelnevatest väidetest tulenevalt saab lugeda mõistlikuks uute utiliseerimisseadmete projekteerimist uute kaevandamiskohtade lähedusse või vastupidi
- Seni kuni ei ole alust eeldada, et põlevkivienergeetika maht väheneb, ei ole mõistlik piirata elektrijaamadega infrastruktuurselt (raudteega) ühendatud kaevandamisettevõtete arenemisruumi; teisisõnu – et mitte tekitada kvaliteediohje ja veoga seonduvaid probleeme, ei ole soovitatav tegutsevate mäeettevõtete kaeveväljadega piirnevaid aktiivse varu plokkke käsitleda teisiti kui nende ettevõtete varu reservi.
- Põlevkivi magneesiumirikkuse hinnang näitas, et tarbimise kasvades tuleb Kunda Nordic Tsemendil rohkem orienteeruda oma Ubja karjääri toodangule; tsemenditööstusel oleks otstarbekas ka osaleda uute, maardla lääneosas hõlvatavate kaeveväljade geoloogilises uuringus, seades oma tingimused põlevkivi magneesiumisisaldusele

1. SISSEJUHATUS

Uuringu tellis Eesti Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium lähtudes Kütuse- ja energiamajanduse pikaajalises riiklikus arengukavas aastani 2015 toodud Vabariigi Valitsuse ülesannetest, mille kohaselt tuleb Keskkonnaministeeriumil, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumil ning Rahandusministeeriumil koos välja töötada Eesti põlevkiviresursi kasutamissuundade riiklik strateegia aastani 2020.

Tellimus kohustas TTÜ mäeinstituuti uurima põlevkivi kasutamist ja nõutavat kvaliteeti **põlevkivi kasutamisel tahkekütusena** aastani 2015, lähtudes kütuse- ja energiamajanduse pikaajalise riikliku arengukava aastani 2015 ja Eesti elektrimajanduse arengukava 2005-2015 arengustsenaariumitest, sh välja tooma investeringuvajadus vajaliku kvaliteediga põlevkivi kasutuselevõtuks.

Analoogilise, sama tähtajaga ülesande, uurida põlevkivi kasutamist ja nõutavat kvaliteeti **põlevkivi kasutamisel põlevkiviõli tootmiseks** ja keemiatööstuse toorainena aastani sai TTÜ põlevkivi instituut¹. Kuna TTÜ põlevkivi instituudist ei õnnestunud saada mäeinstituudis kasutatavale metodikale sobivat andmestikku, kulges uuring rööbiti.

Käesoleva uuringu teostasid ja aruande koostasid prof Alo Adamsoni üldjuhendamisel prof emer Enno Reinsalu, dotsent Ingo Valgma, doktorandid Helena Lind ja Tauno Tammeoja ning bakalaureuse- ja magistriüliõpilased Veiko Karu ja Aire Västrik. Töös osalesid doktorant Tarmo Tohver ja üliõpilane Maris Saarsalu.

Uuringu raames kasutati andmeid Eesti Põlevkivi Kaevandamise AS majandustegevusest, arvestades nende poolt seatud avaldamispiiranguid. Aruandes esitatud vahetulemuste, s.t kõige, peale lõpptulemuste ja –järeldeste kasutamine ilma uuringu tellija ja teostajaga konsulteerimata võib viia ebaõigetele järeldestele.

Töö kattub osaliselt (kasutatakse TTÜ MI mäe-geo infosüsteemi MGIS) ETF grandide G5913 uuringuga "Kaevandatud alade kasutamine". http://ar.va.ttu.ee/v/v/p/teadus_1.web.pandmed?PROJE=12463

Käesolev aruanne asub aadressil: <http://www.ene.ttu.ee/maeinstituut/rk/>

¹ Sisuliselt uuringuteema etapp 4.

2. PÕLEVKIVI KASUTAMINE TAHKEKÜTUSENA

2.1. Põlevkivi kasutamise arengukavad aastani 2015

2.1.1. Kütuse ja energiamajanduse pikaajalina riiklik arengukava

(Edasises (KEPRA) [1])

Põhilisteks Eestit varustavateks elektrijaamadeks, vähemalt 2015. aastani jäävad Balti ja Eesti elektrijaamad Narvas. AS Narva Elektrijaamad koos AS Eesti Põlevkiviga jäävad vähemalt kuni elektrituru täieliku avamiseni riigi omandisse. Eesti Energia AS rekonstrueerib Narvas 2005. aastaks kaks energiaplokki (netokoguvõimsusega 363 MW) tsirkuleerivale keevkiht põletustehnoloogiale.

Nimetatud plokid on ainulaadsed – nii suuremahulist keevkiht-põletustehnoloogial põhinevat protsessi ei ole põlevkivi jaoks maailmas varem kasutatud. Seetõttu, kuigi lootused on kõrged, ei ole lõpuni selge, kuidas põlevkivienergeetikaga edasi toimida. Ilmselt võetakse elektriliste tootmisvõimsuste edasise arendamise suhtes lõplik seisukoht alles pärast keevkiht-põletustehnoloogia rakendamist Narva elektrijaamades. Tuginedes elektrituruseadusele (RT I, 2003, 25, 153; 2004, 18, 131; 30, 208), täiendavatele analüüsidele (sh Narva elektrijaamade kahe uue plokki käiduanalüüsile) ning rahvusvahelistele arengutele, koostas Majandus- ja Kommunikatsiooniministerium elektrimajanduse arengukava [2].

Alternatiivsed võimalused Eesti elektroenergeetika arendamiseks on järgmised [KEPRA]:

1. Jätkata Narva elektrijaamade renoveerimist, orienteerudes tsirkuleerivale keevkiht-tehnoloogiale
2. Rakendada põlevkivienergeetikas muid tehnoloogilisi lahendusi nagu näiteks rõhu all põletamist, põlevkivi segamist teiste (ka taastuvate) kütustega, põlevkiviõli suuremahulist tootmist ning selle kasutamist hajutatud energiatootmise huvides.
3. Muuta põhjalikult kogu Eesti energiasektori struktuuri, loobudes põlevkivienergeetikast ning keskendudes muudele, peamiselt imporditavatele energiakandjatele; kõige tõenäolisemad alternatiivid sellise lahenduse puhul on maagaas ning kivisüsi.
4. Teha koostööd teiste riikidega – näiteks osaleda võimalikus uue tuumajaama ehitamise projektis Leedus, kus juba on selleks vajalik koolitatud personal ning vajalik infrastruktuur.

Esimesed kaks alternatiivi on taandatavad üheks suunaks nimega **põlevkivienergeetika**. Teised kaks alternatiivi moodustavad suuna, mille tingimuseks käesolevas uuringus on **importenergeetika**.

Edasises käsitleme ainult põlevkivienergeetikat, mille edasised põhitegevused sõltuvad Narva elektrijaamade kahe keevkiht-energiaploki talitluse edukusest [1]. Edukuse ilmnemisel jätkatakse esimese alternatiivi kohaselt eeldatavasti põlevkiviplokkide renoveerimist sellise ajakava alusel:

- 2010. a lõpuks valmib 2 plokki Narva elektrijaamades ja Ahtme Elektrijaam (kokku 535 MWe) kogu investeerimismaksumusega ligikaudu 456 mln EUR
- 2015. a lõpuks valmib 3 plokki Narva elektrijaamades ja Kohtla-Järve Elektrijaam (kokku 665 MWe) kogu investeerimismaksumusega ligikaudu 418 mln EUR.

Investeeringud on eeldatavad, lähtudes kahe esimese plokki renoveerimiseks sõlmitud lepingutest. Lõplikud investeerimisotsused tuleb langetada vähemalt 3 aastat enne soovitud põlevkivi energiaploki valmimist [1].

Põlevkivienergeetika teist alternatiivi käsitledes tundub kiirema ja tõenäolisema teena põlevkiviõli tootmine hajaenergeetika huvides. Rõhu all põletamine, vaatamata oma paljulubavusele, ei ole seadmestiku keerukuse ja maksumuse tõttu veel nii kaugele arenenud kui põletamine tsirkuleerivas keevkihis.

2.1.2. Eesti elektrimajanduse arengukava stsenaariumid

Eesti elektrimajanduse arengukava (edasises EEA) [1] eeldab, et lisaks taastuvatest energiaallikatest toodetud elektrile, soojust ja elektri koostootmisjaamades toodetud elektrile (s.h Iru Elektrijaam), gaasiturbiinvõimsustele ning kahele uuele Narva energiaplokile on ülejäänud, ligikaudu 50 % elektritarbe katmiseks võimalik rakendada põlevkivi või maagaasi kasutavaid energiaplokke. Kivisüsi

töötava elektriijaama rajamist lähema 10. aasta jooksul riiklikult ei käsitleta, kuna põlevkivi asendamine kivisöega ei anna oluliselt paremaid tulemusi keskkonnamõjude osas, tuues samas endaga kaasa lisaks kõrgemale elektri tootmishinnale tööhõiveprobleemide süvenemise Ida-Virumaal ning negatiivse mõju väliskaubandusbilansile. Samuti ei käsitle EEA tuumaenergeetikaga seonduvat, kuna seisukohad Ignalina tuumaelektriijaama lõpliku sulgemise ja uute tuumaelektriijaamade võimaliku ehitamise osas on lahtised.

Stsenaariumid, mis näevad suure osa elektritarbe katmise põlevkivi või maagaasiga, on järgmised:

I stsenaarium (põlevkivi)- toimub Narva elektriijaamade (NEJ) renoveerimine vastavalt Eesti Energia AS-i investeerimiskavale. Seega aastal 2015 on töös 2+3 renoveeritud põlevkiviplokki, ehk:

- alates 2005. a on tavaekspluatatsioonis 1. ja 2. keevkihtplokk (2×215 MW);
- renoveeritakse 3. keevkihtplokk (kuni 300 MW);
- renoveeritakse 4. keevkihtplokk (215 MW);
- renoveeritakse 5. keevkihtplokk (215 MW);
- 6. keevkihtplokki (215 MW) renoveerimine.

Stsenaariumi peamiseks tugevuseks on elektritootmise sõltumatus imporditavatest energiaressurssidest, mis võimaldab täpsemalt prognoosida elektri tootmishinda ning säilitab tööhõivet Ida-Virumaal.

Stsenaariumi peamiseks nõrkuseks on elektritootmise suur keskkonnamõju ning elektritootmise tsentreeritus ühele energiaressursile ja ühte geograafilisse piirkonda.

II stsenaarium (**gaas**) - põlevkiviplokkide lisaks juba renoveeritud kahele rohkem ei renoveerita. Alates 2007. aastast ehitatakse renoveerimise asemel (3., 4., ja 5. keevkihtplokk) samas graafikus uued gaasiplokkid (jaamad). Seega aastal 2015 on töös 2 renoveeritud põlevkiviplokki ja 3 uut gaasiplokki, ehk:

- alates 2005. a on tavaekspluatatsioonis 1. ja 2. keevkihtplokk (2×215 MW);
- ehitatakse esimene uus gaasiplokk (300 MW);
- ehitatakse teine uus gaasiplokk (300 MW);
- ehitatakse kolmas uus gaasiplokk (300 MW).

Stsenaariumi peamiseks tugevuseks on elektritootmise vähesed keskkonnamõjud.

Stsenaariumi nõrkuseks on tugev sõltuvus Venemaalt tarnitavast maagaasist, pikas perspektiivis prognoosimatu elektri tootmishind ning negatiivne mõju väliskaubandusbilansile ja tööhõivele.

III stsenaarium – (kombineeritud) Narva elektriijaamades renoveeritakse veel 3. ja 4. keevkihtplokk, 5. keevkihtplokki renoveerimise asemel ehitatakse uus gaasiplokk (jaam). Seega aastal 2015 on töös 2+2 renoveeritud põlevkiviplokki ja üks uus gaasiplokk, ehk:

- alates 2005. a on tavaekspluatatsioonis 1. ja 2. keevkihtplokk (2×215 MW);
- renoveeritakse 3. keevkihtplokk (kuni 300 MW);
- renoveeritakse 4. keevkihtplokk (215 MW);
- ehitatakse uus gaasiplokk (300 MW).

See stsenaarium võimaldab saavutada mõistliku jaotusega elektritootmise ressursibilansi, kus keskkonna seisukohast parim fossiilne ressurss maagaas moodustab märkimisväärse, kuid mitte strateegilise osa ressursibilansist. Stsenaarium toetab ka elektritootmise hajutamise printsiipi ning aitab vähendada elektrimajanduse keskkonnamõjusid. Stsenaarium kombineerib kahe esimesena kirjeldatud stsenaariumi tugevused ning minimeerib nõrkused.

Lisaks stsenaariumites kirjeldatud arengutele saab Eesti aastani 2016 kasutada piiratud tingimustel ka olemasolevaid Narva energiaplokkide puudujääva elektri tootmiseks.

Stsenaariumite autorid eelistavad kolmandat. Sõltuvana põlevkiviõli- ja keemiatööstuse arengutest tuleb seetõttu 15...20 aasta pärast avada uus põlevkivikaevandus. Sobivaimaks alaks uue kaevanduse rajamisel on Uus-Kiviõli ja Ojamaa piirkond [2]

3. PÕLEVKIVI VARU HINDAMISE KRITERIUMID

3.1. Kehtivad kriteeriumid

Käesolevale tööle eelnes majandus- ja kommunikatsioonministeeriumi tellimisel teostatud uuring [7], milles väitsime:

- Mineraaltoorme varu koguse määrab selle kasutamise tehnoloogia ning tarbimist kujundav majandustegevus. Vastavalt sellele kehtestatakse kriteeriumid, mis määravad, milline osa maapõues olevast lasundist on maavara ja milline mitte. Ühed olulisemad kriteeriumid on varu piirtingimused (cut-off-grades, kondicij). Teistest kriteeriumitest on määravad kaugus tarbijani ja mitmesugused kaevandamispiirangud.
- Praegu Eestis kehtivad põlevkivi varu piirtingimused (kaevandamisväärtus, kui kihindi energiatootlus on üle 35 GJ/m² ja tinglikult kaevandamisväärtus, kui energiatootlus on vahemikus 25...35 GJ/m²) arvutasime TTÜ mäeinstituudis 1996...1997. a. Tol ajal lähtusime ainult elektrienergeetikast, arvestamata õlitööstust, mille majandustegevus ei olnud tol ajal arvestamisväärtus. 1997. a piirtingimuste alusel arvutati Eesti Geoloogiakeskuses aktiivse (kaevandamisväärtus) ja passiivse (tinglikult kaevandamisväärtus) varu kogus keskkonnakaitseliste kaevandamispiirangute ruumis. Kaugust tarbijateni 1997. a piirtingimused arvesse ei võtnud.
- Elektrienergeetikast lähtuvad piirtingimused kehtestati 1997. a tingliku asenduskütuse (kivisöe) maksumuse ja kaubapõlevkivi maksumuse võrdlemise teel ajalisel perspektiivis. 2003. a kontrollarvutused näitasid, et kasutatud arvutusmudelit ei olnud põhjust muuta.
- Käesolevaks ajaks on selgunud Eesti elektrienergeetikatööstuse arenguruum ja majandusvõimalused ning tekkinud uue õlitööstuse võimalus. Vastavalt sellele juba toimub põlevkivi kaevandamise ja maardla jaotumine põlevkivi tarbijate vahel, millega seonduvalt tuleb hakata silmas pidama kaevandamis- ja kasutamiskoha vahelist kaugust.
- Õli tootmiseks sobiva põlevkivi varu kaevandamisväärtust hinnates lähtusime 2003. a uuringus eeldusest, et arenev õlitööstus kasutab kõige odavamad toored - rikastamata kaevist. Arvutused toimusid varuplokkide indekseerimise abil. Põlevkivi kaevandamisväärtuse kriteeriumiks oli põlevkiviõli mäendustingimuste alusel arvutatud tehasehind, mida võrreldi õli maailmahinna prognoosidega. Avaldasime arvamuse, et õli toormeks sobiva põlevkivi varu aktiivsuse kriteeriumiks võib kujuneda 30 GJ/m². Kuigi see järeldus vajab järelkontrolli, tuleks Eesti keskkonnaministeeriumil nii maavara kaevandamislubade andmisel kui ka mistahes kaevandamispiirangute kehtestamisel arvestada, et 1997. a elektrienergeetika tingimuste alusel kehtestatud põlevkivivaru aktiivsuspier 35 GJ/m² ei arvesta õlitööstuse arenguprognoose.
- 2003. a uuringu raames tekkinud uue teabe valgusel osutus vajalikuks mitte ainult eristada elektri- ja õlitööstusest lähtuvaid põlevkivi varu piirtingimusi vaid rajoneerida ka maardla seonduvalt tööstuse paiknemisega. Vastav töö toimub paralleelselt, koos käesoleva uuringuga TTÜ mäeinstituudis.

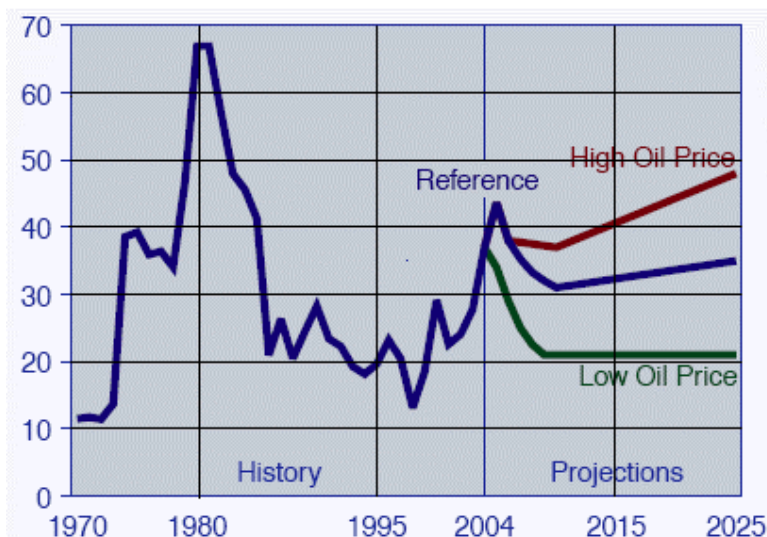
Kui käsitleda põlevkiviga konkureeriva elektrijaamade kütusena maagaasi, siis tuleb arvestada, et muutub elektrivarustuse režiim ja sellest lähtuvalt ei ole meie kivisöe põletamisel baseeruv arvutusmudel põlevkivi varu hindamise piirtingimuste määramiseks sobiv.

Seoses põlevkivi kasutusala laienemisega ja kaevandamiskohtade hajumisega tuleks laiendada riigi registrisse kantavate maavarade kasutamiskriteeriumite nimistut. Näiteks tsemendi tootmiseks tarbitava põlevkivi oluliseks kvaliteeditunnuseks on MgO sisaldus kaubapõlevkivis mis võib kohati suuresti erineda (vt. Lisad).

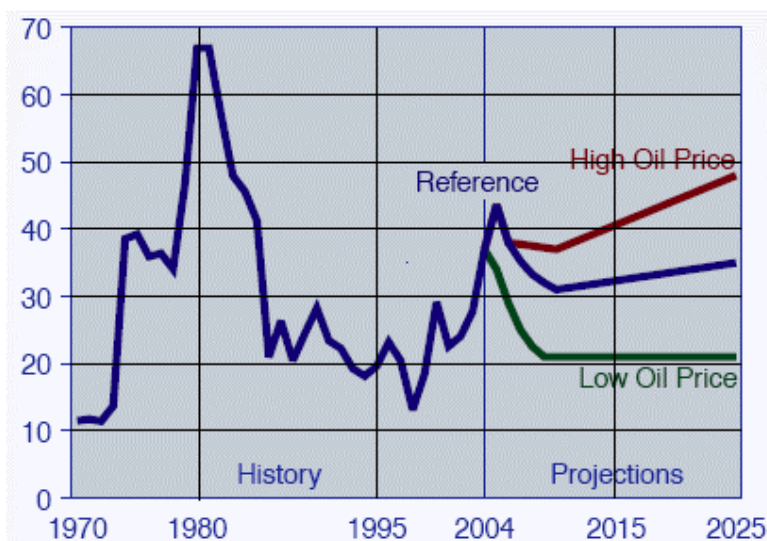
Kindlasti peavad põlevkivi varu kriteeriumid olema otseselt määratavad möödunud sajandi teise poole jooksul kogutud, kogu põlevkivilevilat hõlmava geoloogilise andmestikuga. Soov luua uusi, olemasolevat geoloogilise uuringu andmestikku mitte arvestavaid kriteeriume eeldab uut, kallist geoloogilist uuringut.

3.2. Kriteeriume mõjutavad välised faktorid

Seoses globaliseerumisega ja Eesti astumisega Euroopa Ühendusse on mineraaltoorme kasutamise kriteeriumid (piirtingimused) taustsüsteemist varasemast suuremas sõltuvuses. Käesoleval sajandil on uuesti põlevkivi kasutamise peamiseks mõjuriks saanud õli (nafta) hind. Kahjuks on tegu suhteliselt ebamäärast mõjuriga. Näide hinna kõikumisest ja suutmatusest seda täpsemalt prognoosida on Isegi 2005. aasta alguses tehtud prognoosid ei suutnud ette näha õli hinna tõusu 60 USD/bbl tasemele [8].



Pilt 3.1. Isegi 2005. aasta alguses tehtud prognoosid ei suutnud ette näha õli hinna tõusu 60 USD/bbl tasemele [8].

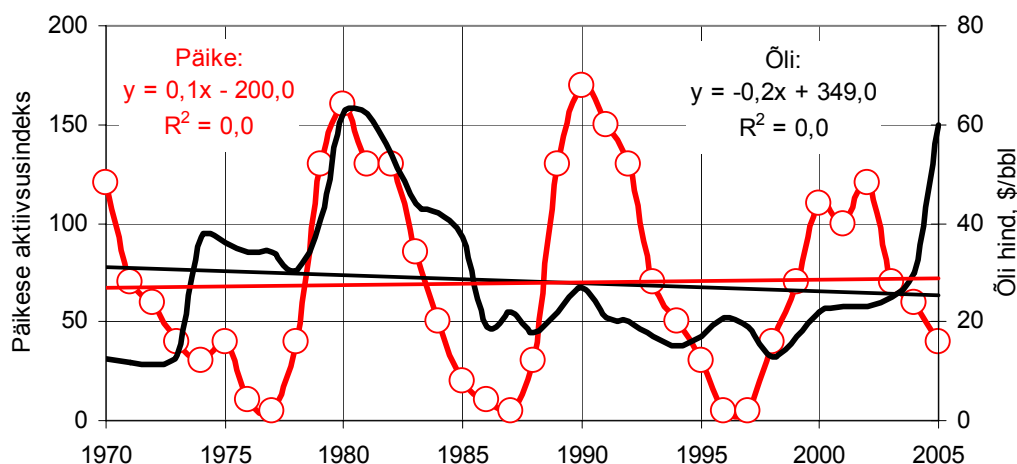


Pilt 3.1. Õli hinna prognooside näide.

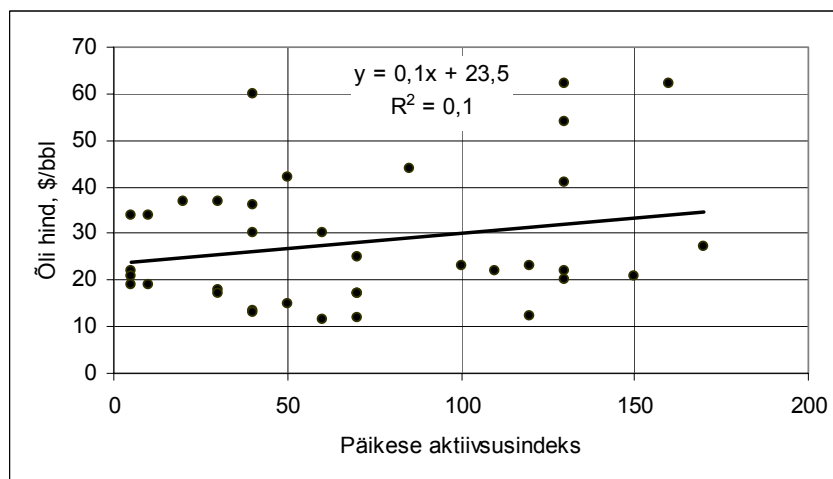
Pikema ajavahemiku jälgimisest on näha, et õli hind muutub perioodiliselt. Kuna õli hinna kõikumine on seotud poliitilise ebastabiilsusega, mis omakorda, inimeste aktiivsuse läbi võib tuleneda päikese aktiivsusest, siis käsitleme seda mõtet hüpoteesina. Pilt 3.2 demonstreerib päikese aktiivsuse ja õli hinna muutumist viimase 35 aasta jooksul, ajavahemikus, mil õli hind mõjutas majandust eriti tugevalt. On märgatav mõlema tunnuse mõningane sünkroonne muutumine, samas kui tunnuste keskväärts on püsiv. Vaadeldava perioodi keskmine õli hind on olnud 30 USD/bbl. Seepärast, kuna ei päikese aktiivsusel ega õli hinnal ei ole vaadeldaval perioodil mõõdetavat trendi ajaskaalal, võime hinnata tunnuste omavahelist seost. Seos on positiivne, kuigi nõrk (korrelatsioonitegur $r = 0,23$, $r_{\text{krit. } 0.95} = 0,28$) Pilt 3.3 .

Siit tuleneb järeldus, et praegust kõrget õli hinda ei saa iseloomustada teisiti kui perioodilist korduvat buumi. Nii ei ole ka alust eeldada, et õli hind jääb püsivalt kõrgeks².

Põlevkiviõli tootmise projekte saab pidada elujõuliseks, kui nad on tasuvad ka siis, kui õli maailmaturu hind langeb alla 30 USD/bbl piiri. Meie kätte jõudnud projektide eksperthinnang lubab meil võtta seisukoha, et kõik põlevkiviõli projektid on seni naftakriteeriumi suhtes olnud tasuvuse alampiiril.



Pilt 3.2. Õli hinna (must) ja päikese aktiivsuse (punane) perioodiline muutumine ajavahemikus 1970...2005 [16 17]



Pilt 3.3. Seos õli hinna ja päikese aktiivsuse vahel viimasel 35 aasta jooksul.

4. VÕIMALIKUD PÕLEVKIVI KASUTAMISE TEHNOLOOGIAD AASTANI 2020

4.1. Põlevkivi kasutamise suunad tahkekütusena

Põlevkivi põletamine tolmuna on peensusteni omandatud protsess.

Uus suund, põletamine keevkihtkoldes on väljumas tööstusliku katsetamise staadiumist. Balti Elektriijaama renoveeritud energiablokk on saavutanud nimikoormuse 215 MW. Energiabloki kasuteguriks on mõõdetud üle 37%. Keskkonnaheitmete tase on oluliselt madalam Euroopa keskkonnaregulatsiooniga sätestatud heitmenormidest, sealjuures vääveldioksiidi heitmete tase on üle 10 korda madalam kehtestatud piirlimiidist 200 mg/Nm³, moodustades 10...20 mg/Nm³. [3]. Katla katsetamistulemusi kirjeldab TTÜ soojustehnika instituudi uuringuaruanne [14].

² Lisaks peame vajalikuks korrata, et kõik jutud õli varu piiratusest saavad alguse erialainimestele hästi teada olevast asjaolust, et maavara varu ei uurita ega võeta arvele kauemaks kui 20 aastat ette.

4.2. Põlevkivi kasutamise suunad õli toormena

Traditsiooniline generaatorprotsess, tuntud ka kui Kiviter-protsess on Pintsch'i retordi Eesti arendus mõõdnud sajandi algusest (Pilt 4.1). Ressursikasutuse seisukohalt on protsessi peamiseks puuduseks asjaolu, et kasutab suuretükilist põlevkivi, rikastatud klassi 25...125 mm. Tükisus on generaatorprotsessis oluline gaasijuhtivuse seisukohalt, seepärast on peetud võimalikuks ka kitsama tükivahemikuga, madalama rikastusastmega (madalama kütteväärtusega) mitme eri klassi, näiteks 15...50 ja 50...125 mm kasutamist. Tööstuslikku kasutusse pole need ideed jõudnud. Kuna põlevkivi rikastamine teeb tükikivi kalliks, peaks see kajastuma ka selle kaubaliigi hinnas. Seni pole tükikivi hind, peamiselt ärilistel ja sotsiaalsetel kaalutlustel, viidud tootmiskuluga vastavusse.

AS Narva Elektriijaamad õlitehases töötavad kaks tehnoloogilist seadet UTT-3000, mille abil toodetakse õli ja gaasi (46 MJ/m^3) rikastamata või madala rikastusastmega põlevkivist ($8,37 \text{ MJ/kg}$). Ühe seadme arvestuslik võimsus on 3000 t/d. Põlevkivist toodetud õli on kasutusel küttena erineva suurusega kateldes, uttegaasi kasutatakse Eesti Elektriijaamas täiendava kütusena. Seadme nominaalne kasutegur on 85 % [3].



Pilt 4.1. <http://www.vkg.ee/failid/128.jpg> "Kohtla", puugravüür, paber, Hando Mugasto, 1935

Viru keemia Grupp AS kunstikogu, <http://www.vkg.ee/?id=2934>



Pilt 4.2. Narva Elektriijaamade õlitehas.

Foto: Marko Mumm. Äripäev (12.10.2005)

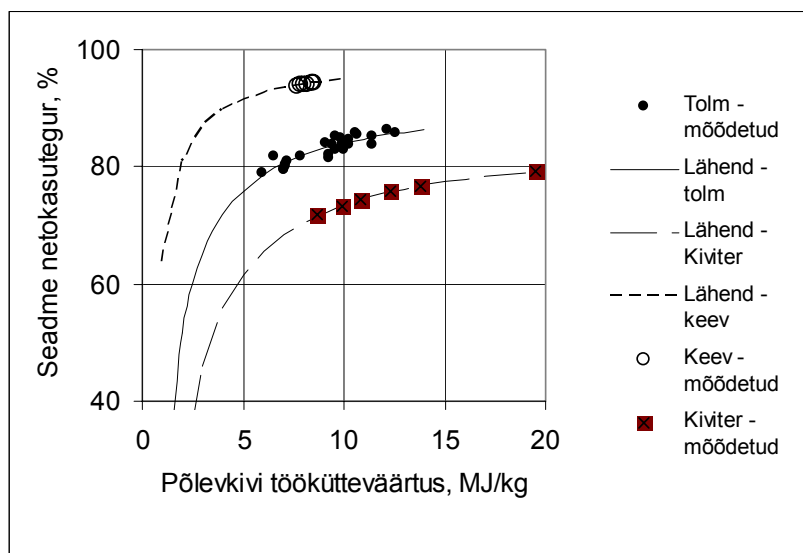
4.3. Põlevkivi utiliseerimise tõhusus

Põlevkivi kui energeetilise ressursi kasutamise seisukohalt on oluline utiliseerimisprotsessi tõhususe sõltuvus põlevkivi kütteväärtusest. Käsitleme käesolevas vaid ühte tõhususe tunnust – seadme energeetilist kasutegurit. Kasuteguri pöördväärtus on energiaühikutes mõõdetud põlevkivi erikulu elektri tootmiseks. Teised, lähtematerjali kvaliteedist sõltuvad protsessi tõhususe tunnused, nagu gaaside emissioon, seadme saastumine, õli kvaliteet jms nõuavad põhjalikumat käsitlemist utiliseerimisprotsesside erialanimeste poolt ega mahu meie ülesande raamidesse. Põlevkivi kasutava seadme kasuteguri sõltuvust kütteväärtusest kirjeldab valem [9]

$$\eta = k - l / Q$$

kus η on kasutegur, k – selle ülempiir, mis oleks selle tehnoloogiaga saavutatav ideaalse kütuse või toorme puhul, l on võrrandi parameeter ning Q on kütteväärtus. Valemi tegurid on omavahel seotud: $l = k Q_{\min}$, kus Q_{\min} on hüpoteetiline minimaalne kvaliteet, millest alates seade üldse funktsioneerib.

Esitatud kasuteguri sõltuvus kütuse või toorme kütteväärtusest on jälgitav kõigil seadmetel. Kahjuks pole me suutnud leida usaldusväärseid andmeid tahke soojuskandjaga utteseadmete jaoks³. Tuginedes eelmises punktis tehtud viitele võib eeldada, et see on ligilähedane seosele, mida kirjeldab tolmküttekollete valem. Teada olevaid seoseid illustreerib Pilt 4.3.



Pilt 4.3. Seosed põlevkivi utiliseerimisseadmete kasuteguri ja kasutatava põlevkivi kütteväärtuse vahel.

Tabel 4.1 Põlevkivi utiliseerimisseadmete kasuteguri valemi parameetrid

Seade	k	l , MJ/kg	Q_{\min} , MJ/kg	Lähteandmete allikas
Tolmküttekatel TP17	92.2	81.2	0.88	[10]
Kiviter-protsess	85.3	118	1.38	[12]
Keevkihtkatel	98.3	34.5	0.35	[14]

4.4. Kihindi energeetilise potentsiaali kadu väljamisel

Käesoleva teema teises etapis on kirjeldatud kaubapõlevkivi kvaliteedi juhtimise protsessi kaevandamisel. Seal on toodud ka analüütiline seos, mis kirjeldab maapõues lasuva kihindi energeetilise potentsiaali kasutamist kaevandamise erinevate tehnoloogiate (lausväljamise ja rikastamise, selektiivse ning kõrgselektiivse väljamise) puhul. Loomulikult kehtib ka kaevandamisel üldine seaduspärasus – mida kõrgemat kvaliteeti taotletakse, seda suurem on kasuliku komponendi kadu. Kuna kihindi geoloogiline ehitus on mitmekesine, ei ole põlevkivi kvaliteedi ja kao vaheline seos nii sujuv, kui utiliseerimisprotsesside (tolmkütte- ning keevkihtkolde ja Kiviter-protsessi, ja eeldatavasti ka tahke soojuskandjaga utteseadme) puhul.

4.5. Põlevkivi väljamise ja utiliseerimise tõhususe koosmõju

Põlevkivi kaevandamine ja utiliseerimine on selle loodusressursi kasutamise järjestikused protsessid. Järjestikuste protsesside brutokasuteguri määramiseks korrutatakse osalevate protsesside kasutegurid. Järgnevas tabelis on seda tehtud põlevkivikihindi ja kaubapõlevkivi kütteväärtuste erinevate väärtuste näitel.

³ Vastav teabepäring TTÜ põlevkivi instituudilt jäi vastusetta

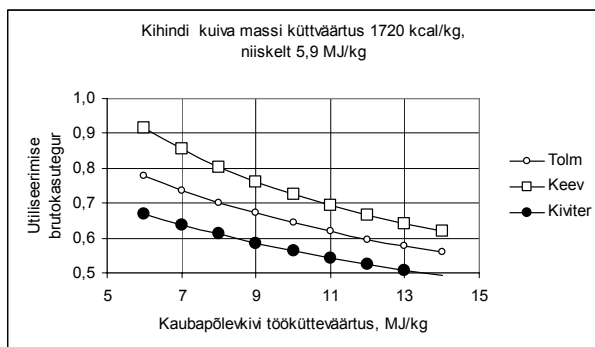
Tabel 4.2 Kaevandamise ja utiliseerimise brutokasutegugi arvutused

	Kihind (Q)			Kauba töökütteväärtus (Q _k) GJ/t								
	Kuiv kcal/kg	Niiske kcal/kg GJ/t		Kauba ja kihindi kütteväärtuse suhe								
		6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Kihind:	1720	1400	5.9	1.00	1.19	1.37	1.54	1.71	1.88	2.05	2.22	2.39
Väljamise energeetiline kasutegur				0.988	0.915	0.856	0.807	0.766	0.73	0.699	0.671	0.647
Tolmküttekolde kasutegur				0.786	0.806	0.82	0.831	0.84	0.848	0.854	0.859	0.864
Keevkihtkolde kasutegur				0.926	0.934	0.94	0.945	0.949	0.952	0.954	0.956	0.958
Kiviter-protssessi kasutegur				0.677	0.698	0.714	0.726	0.736	0.744	0.751	0.757	0.762
Bruto:	Tolm x väljamine			0.777	0.737	0.702	0.671	0.643	0.619	0.597	0.577	0.559
	Keev x väljamine			0.915	0.854	0.804	0.762	0.726	0.695	0.667	0.642	0.62
	Kiviter x väljamine			0.669	0.639	0.611	0.586	0.564	0.543	0.525	0.508	0.493
Kihind:	1850	1500	6.3	0.96	1.11	1.27	1.43	1.59	1.75	1.91	2.07	2.23
Väljamise energeetiline kasutegur				1	0.947	0.886	0.835	0.792	0.756	0.723	0.695	0.67
Tolmküttekolde kasutegur				0.786	0.806	0.82	0.831	0.84	0.848	0.854	0.859	0.864
Keevkihtkolde kasutegur				0.926	0.934	0.94	0.945	0.949	0.952	0.954	0.956	0.958
Kiviter-protssessi kasutegur				0.677	0.698	0.714	0.726	0.736	0.744	0.751	0.757	0.762
Bruto:	Tolm x väljamine			0.786	0.763	0.727	0.694	0.666	0.641	0.618	0.597	0.578
	Keev x väljamine			0.926	0.884	0.833	0.789	0.752	0.719	0.69	0.665	0.642
	Kiviter x väljamine			0.677	0.661	0.632	0.607	0.583	0.562	0.543	0.526	0.51
Kihind:	1950	1600	6.7	0.90	1.05	1.19	1.34	1.49	1.64	1.79	1.94	2.09
Väljamise energeetiline kasutegur				1.00	0.98	0.91	0.86	0.82	0.78	0.75	0.72	0.69
Tolmküttekolde kasutegur				0.79	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.85	0.86	0.86
Keevkihtkolde kasutegur				0.93	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.95	0.96	0.96
Kiviter-protssessi kasutegur				0.68	0.70	0.71	0.73	0.74	0.74	0.75	0.76	0.76
Bruto:	Tolm x väljamine			0.79	0.79	0.75	0.72	0.69	0.66	0.64	0.62	0.60
	Keev x väljamine			0.93	0.91	0.86	0.81	0.78	0.74	0.71	0.69	0.66
	Kiviter x väljamine			0.68	0.68	0.65	0.63	0.60	0.58	0.56	0.54	0.53
Kihind:	2080	1700	7.1	0.84	0.98	1.12	1.26	1.41	1.55	1.69	1.83	1.97
Väljamise energeetiline kasutegur				1	1	0.943	0.889	0.844	0.80	0.77	0.74	0.713
Tolmküttekolde kasutegur				0.79	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.85	0.86	0.86
Keevkihtkolde kasutegur				0.93	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.95	0.96	0.96
Kiviter-protssessi kasutegur				0.68	0.70	0.71	0.73	0.74	0.74	0.75	0.76	0.76
Bruto:	Tolm x väljamine			0.79	0.81	0.77	0.74	0.71	0.68	0.66	0.64	0.62
	Keev x väljamine			0.93	0.93	0.89	0.84	0.80	0.77	0.73	0.71	0.68
	Kiviter x väljamine			0.68	0.70	0.67	0.65	0.62	0.60	0.58	0.56	0.54
Kihind:	2180	1800	7.5	0.80	0.93	1.06	1.19	1.33	1.46	1.59	1.73	1.86
Väljamise energeetiline kasutegur				1.00	1.00	0.97	0.91	0.87	0.83	0.79	0.76	0.73
Tolmküttekolde kasutegur				0.79	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.85	0.86	0.86
Keevkihtkolde kasutegur				0.93	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.95	0.96	0.96
Kiviter-protssessi kasutegur				0.68	0.70	0.71	0.73	0.74	0.74	0.75	0.76	0.76
Bruto:	Tolm x väljamine			0.79	0.81	0.80	0.76	0.73	0.70	0.68	0.65	0.63
	Keev x väljamine			0.93	0.93	0.91	0.86	0.82	0.79	0.76	0.73	0.70
	Kiviter x väljamine			0.68	0.70	0.69	0.66	0.64	0.62	0.60	0.58	0.56
Kihind:	2300	1900	8.0	0.75	0.88	1.01	1.13	1.26	1.38	1.51	1.63	1.76
Väljamise energeetiline kasutegur				1	1	0.997	0.94	0.892	0.85	0.814	0.782	0.754
Tolmküttekolde kasutegur				0.79	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.85	0.86	0.86
Keevkihtkolde kasutegur				0.93	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.95	0.96	0.96
Kiviter-protssessi kasutegur				0.68	0.70	0.71	0.73	0.74	0.74	0.75	0.76	0.76
Bruto:	Tolm x väljamine			0.79	0.81	0.82	0.78	0.75	0.72	0.70	0.67	0.65
	Keev x väljamine			0.93	0.93	0.94	0.89	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72
	Kiviter x väljamine			0.68	0.70	0.71	0.68	0.66	0.63	0.61	0.59	0.57

Märkus: Aherdunud kaubapõlevkivi kütteväärtuse ja kihindi kütteväärtuse suhe on < 1.0

Tabelis toodud ilmestavad graafikud (vt Pilt 4.4 (A...F).Kaevandamise ja utiliseerimisvariantide brutokasutegurid.).

A.



Pilt 4.4 (A...F).Kaevandamise ja utliseerimisvariantide brutokasutegurid.

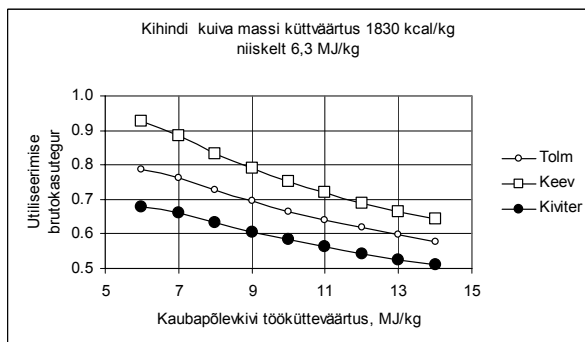
A. Kihindi kütteväärtus on alla 1800 kcal/kg valdavalt Eesti maardla äärealal: Kabala, Kõnnu, Peipsi väljal; Permisküla ja Puhatu lõunaplokkides, samuti Rakvere ja Tudu väljal ning Narva jõe taguses Oudova maardlas.

Tolm – tolmkihtkolded ja eeldatavasti ka tahke soojuskandjaga utteseadmed

Keev - keevkihtkolded

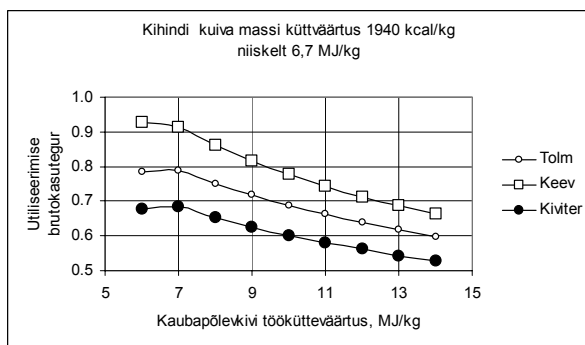
Kiviter – ajaloolised tükikivi kasutatavad utmissaadmed

B.



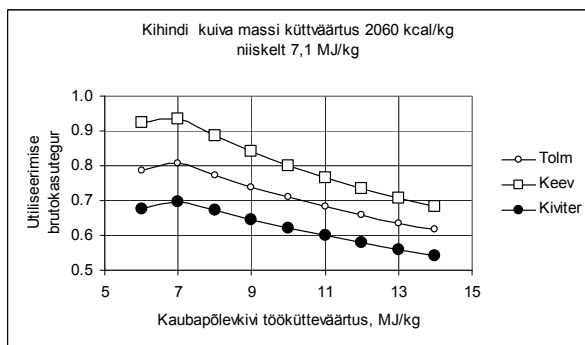
B. Kihindi kütteväärtus on 1800...1900 kcal/kg Haljala, Kabala, Pada, Permisküla, Sonda, Seli, Kohala väljal aga ka Estonia välja ääreplakkides

C.



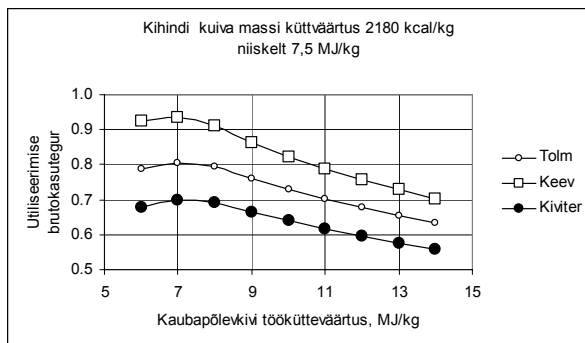
C. Kihindi kütteväärtus on 1900...2000 kcal/kg Eesti maardla lääneos Haljala, Kohala, Oandu, Sonda ja Uljaste väljale ning Puhatu väljal maardla idaosas.

D.



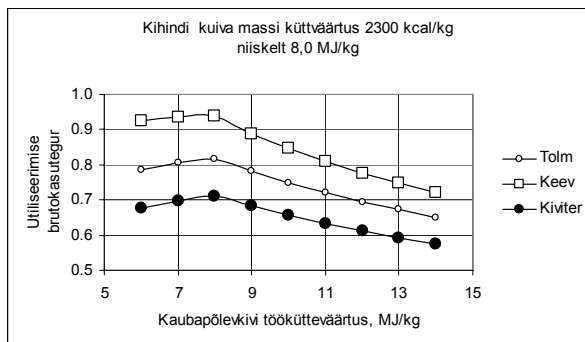
D. Kihindi kütteväärtus on 2000...2100 kcal/kg Eesti maardla keskosas, Aidu, Estonia ja Ojamaa väljal, idas Narva, Permisküla (põhjaosa) ja Puhatu väljal ning läänes Uljaste väljal

E.



E. Kihindi kütteväärtus on 2100...2200 kcal/kg Eesti maardla lääneosas Uus-Kiviõli väljal ja keskosas näiteks Estonia, Kohtla, Puhatu (põhjaosa), Ojamaa ja Viru kaeveväljal

F.

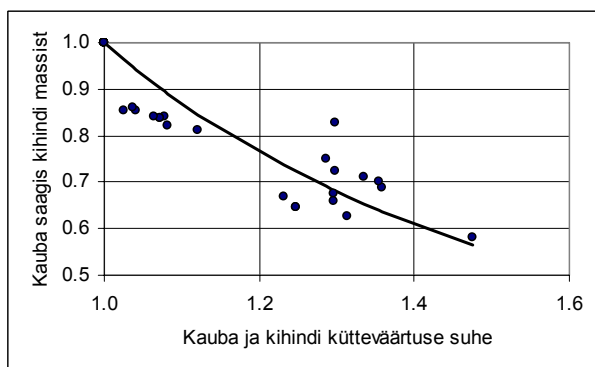


F. Kihindi kütteväärtus on üle 2300 kcal/kg maardla keskel töös oleval Sirgala väljal (Viivikonna osa), ning enamasti ammendatud Ahtme, Sompa ja Tammiku väljal

Nagu näha, annab põlevkivikihindi potentsiaalse energia parema kasutamise nimel tehtav väljamismooduste varieerimine paremaid tulemusi seal, kus kihindi kütteväärtus on kõrge. Sellistes kaevandamiskohtades (väljadel, plokkides) on madala kütteväärtusega kihtide väljamata jätmisest või nende aherainesse saatmisest tulenev energia kadu väiksem kui sel moel vääristatud toorme (kütuse) kasutamisest saadav utiliseerimisseadme kasuteguri tõus. Seevastu alal, kus kihindi kütteväärtus on madal, on kõik põlevkivi kihid vaesemad ja kvaliteedi tõstmise kaevandamistehnoloogiliste võtetega vähem tõhus.

Siit tuleneb järeldus, et põlevkivi energeetilise ressursi parema kasutamise tagavad seadmed, mis suudavad töödelda madala kütteväärtusega kaevist

Ülaltoodu käsitles põlevkivikihindi energia, energeetilise ressursi kadu. Põlevkivi mäetehnilise vääristamise protsess toimub nii, et kauba kvaliteedi järkjärgulisel tõstmisel kõigepealt eraldatakse kihindist või kaevisest „puhta“ pae vahekihid, mille „kütteväärtus“ on kuni 1,5 MJ/kg. Seejärel kõrvaldatakse vähese orgaanikasisaldusega pae vahekihid, mille kütteväärtus on umbes 3 MJ/kg. Kõige kõrgema kvaliteedi tagamiseks separeeritakse välja suletised ning (põlevkivi ja pae) liited kütteväärtusega 4...6 MJ/kg⁴. Kuna pae mahumass on kõrgem kui põlevkivil, siis kauba kvaliteedi tõstmisel väheneb produkti mass tunduvalt kiiremini kui kasvab kvaliteet (Pilt 4.5).



Kõrval pildil olev graafikut kirjeldab seos

$$\eta = (Q_k / Q_o)^{-1,47}$$

kus η on kauba saagis kihindist, Q_k - kauba kütteväärtus ja Q_o - kihindi kütteväärtus. Astendaja -1,47 on kauba kvaliteedi tõstmise kaevandamis-tehnoloogiliste võtete üldistatud elastsusnäitaja, mis tähendab, et kauba kütteväärtuse tõstmisel 1 % võrra väheneb kauba saagis umbes 1,5 % võrra.

Pilt 4.5. Kauba saagise sõltuvus sellest, kuidas kaevandamise käigus tõstetakse kauba kvaliteeti.

⁴ Kõik kütteväärtused kehtivad kuiva massi kohta.

Kuna kaubapõlevkivi vääristamisel kahaneb produkti mass, odavneb sellega vedu tarbijale. Tarbijal väheneb ka kulu ladustamisele, purustamisele ning sorteerimisele. See kõik lisandub eelnevas näidatud utiliseerimisprotsessi tõhususe kasvust tulenevale.

Selle juures tuleb aga arvestada, et kaevandamiseks tehtav kulu on võrdeline kaevise massiga. Peale selle - kaevise massi ühiku kaevandamiskulu on seda kõrgem, mida õhem on kihind ja mida sügavamal ta lasub, teisisõnu - mida kaugemal maardla perifeerias paikneb kaevandamiskoht. Kuna kulu kehtib massi suhtes siis kauba müügist saadav hind peab katma massi kaevandamise kulu. Seega peab kaubapõlevkivi kvaliteedi kasvule 1 % võrra vastama kaubapõlevkivi hinna kasv 1,5 %. Kehtiv hinnaskaala seda ei arvesta. Küll aga on progressiivsed hinnaskaalad olnud kasutuses varasematel ajajärgudel.

Siit tuleneb järeldus, et põlevkivi ressursi parema kasutamise huvides tuleks üle vaadata põlevkivi hinna kujundamise kontseptsioon, taastada kvaliteedipõhised hinnaskaalad.

Kahe eelnevas esile toodud järelduse alusel tekib kolmas. Ühelt poolt - ressursi kasutamise seisukohalt on mõistlik orienteeruda seadmetele, mis suudavad töödelda madala kütteväärtusega (ja sellest tulenevalt ka madala õli saagisega) põlevkivi. Teiselt poolt - kasulik on töödelda kõrge kütteväärtusega (kauba)põlevkivi, kuid selle hind võib kujuneda kõrgeks, eriti kui kaevandada maardla äärealal. Seega kokkuvõtvalt:

Põlevkivi ressursi kasutamise seisukohalt tuleb projekteerida utiliseerimistehased võimalikult kaevandamiskohtade lähisteel. Arvestades maardla lääne-idasuunalist orienteeritust ja arenenud infrastruktuuri paiknemist maardla pikiteljel, on igati põhjendatud uute kaevandamisalade ja utiliseerimiskeskuste kujundamine maardla lääneosas.

Seni, kuni ei ole alust eeldada, et elektrijaamade kütusetarve prognoositavas tulevikus väheneb, ei ole mõistlik piirata nendega infrastruktuurselt (esmajoones raudteega) ühendatud kaevandamisettevõtete arenemisruumi. Teisisõnu – teades kütuse kvaliteediohje ja veoga seonduvaid probleeme, ei ole soovitatav tegutsevate mäeettevõtete kaevandamisaladega piirnevaid aktiivse varu plokkke käsitleda teisiti kui nende ettevõtete varu reservi.

Kõik siin esitatud arvutused on põhimõttelist laadi, kuid pole mitte mingit alust arvata et detailsete projektide ja hinnakalkulatsioonide puhul saavutatakse oluliselt erinevaid tulemusi.

5. PÕLEVKIVI VARU KOGUS JA KASUTAMINE

5.1. Arvestatava varu kogus

on järgnevas tabelis.

Tabel 5.1. Põlevkivi varu kogus ja valdajad 01.01.2005.

Nr	Väli	Kaevandamisloa omanik või valdaja	Varu, tuht t				KOKKU
			AT	AR	PT	PR	
1	Ahtme kaeveväli		20674	0	27664	3017	51355
		Estonia kaevandus	20674	0	0	0	20674
		vaba	0	0	27664	3017	30681
2	Aidu kaeveväli		38730	1777	890	5333	46730
		Aidu karjäär	38585	1412	528	745	41270
		vaba	145	365	362	4588	5460
3	Estonia kaeveväli		251391	113004	50312	12600	427307
		Estonia kaevandus	251391	17143	10271		278805
		vaba	0	95861	40041	12600	148502
4	Kohtla kaeveväli		8325	384	12462	650	21821
		Aidu karjäär	1411	364	1239		3014
		Vanaküla karjääriväljad II	2850				2850
		Vanaküla karjääriväljad III	132				132
		Vanaküla karjääriväljad IV	200				200
		Vanaküla karjääriväljad	3409				3409
		Vanaküla karjääriväljad V	53				53
		vaba	270	20	11223	650	12163
5	Narva kaeveväli		56531		41139		97670
		Narva karjäär	38518		7673		46191
		Narva põlevkivikarjäär II	16653				16653
		vaba	1360	0	33466	0	34826
6	Oandu uuringuväli			19184	145846	165030	
7	Ojamaa uuringuväli		58681	37666	1578	20421	118346
		Ojamaa põlevkivikaevandus	58681				58681
		vaba	0	37666	1578	20421	59665
8	Peipsi uuringuväli				491128	491128	
9	Permisküla uuringuväli			370913	129638	518471	
10	Põhja-Kiviõli uuringuväli		27186.1	3210		8974	39370.1
		Põhja-Kiviõli põlevkivikarjäär	6517.1				6517.1
		vaba	20669	3210	0	8974	32853
11	Puhatu uuringuväli		139065	32505	26810	276454	474834
12	Seli uuringuväli		56357		191957		248314
13	Sirgala kaeveväli		71305		97133	21480	189918
		Narva karjäär	71305		42461	8956	122722
		vaba	0	0	54672	12524	67196
14	Sompa kaeveväli		20044		2131		22175
15	Sonda uuringuväli		88207	14624	334461	70577	507869
16	Tammiku kaeveväli		5335	4036	34345	3700	47416
		Viru kaevandus	4918	639	26010	516	32083
		vaba	417	3397	8335	3184	15333
17	Uus-Kiviõli uuringuväli		207867		1571		209438
18	Viru kaeveväli		24702	15720	2037	9362	51821
		Viru kaevandus	24702	15720	2037	9362	51821
		vaba	0	0	0	0	0
19	Haljala uuringuväli		50964	11503	266182	131904	460553
20	Kabala uuringuväli				108142	8208	116350
22	Kohala uuringuväli		6542			273645	280187
		Ubja põlevkivikarjäär	3495				3495
		vaba	3047	0	0	273645	276692
23	Pada uuringuväli				91864	91864	
24	Uljaste uuringuväli			35062	43954	79016	
	Kokku		1149826	269491	1588911	1748755	4756983
	Vaba vastavast varust	2005-01-01	606187	233848	1479146	1578742	3897923
	%		52.7	86.8	93.1	90.3	81.9
	Vaba kogu varust, %		12.7	4.9	31.1	33.2	81.9

5.2. Kehtivate kriteeriumite kontroll ja võimalikud uued kriteeriumid

Muutunud majandusolusid arvestavalt kontrollisime uuesti energiatootluse kui kaevandamisväärsuse kriteeriumi sobivust varu põlevkivi ressursi hindamiseks. Kuna puuduvad usaldusväärsed andmed õlitööstuse uute seadmete tõhususe (kasuteguri, õli saagise jm) kohta, lähtusime keevkihtkolde karakteristikutest. Täiustatud mudeli näide (väljavõte) on järgnevas tabelis.

Tabel 5.2. Kaevandamisväärsuse kriteeriumi arvutusmudeli näide

PÕLEVKIVI KAEVANDAMISVÄÄRSUSE PIIRTINGIMUSE MODELLEERIMISE ARVUTUSTABEL (MUDEL)															
Aluseks olnud varuplokk Estonia I															
(väljätav kihide pakk korrigeeritud toodangu bilans tulemustega)															
Asenduskütuse (kivisöe) hind 30 EUR/tce															
Rahakurss 15.647 EEK/EUR															
Asenduskütuse hind prognoosaastal 976 kr/t (2020 a.)															
Lähteaasta 2005															
Prognoosaasta 2020															
Asenduskütuse hinnatõus 5 %/a															
Inflatsioonimäär Eestis 2 %/a															
Kauba töökütteväärtus 8.4 MJ/kg															
Kulumi osalus omahinnas 0.12															
Kapitali erikulu 200 kr/t															
ELASTSUSTEGURID															
H/C_{kv} 0.1 C_{kv} kaevise tootmiskulu															
H/C_{ap} 0.31 C_{ap} kapitalikulu															
h/C_{kv} -0.68 s_{pk} kaubapõlevkivi saagis															
h/C_{ap} -0.37 Q_{pk} põlevkivikihtide kütteväärtus															
s_{pk}/Q 0.81 Q kihindi kütteväärtus															
s_{pk}/Q_{pk} 0 Q_k kaubapõlevkivi kütteväärtus															
Q_k/Q_{pk} 0.17															
KASUTEGUR															
Q_k/Q_{pk} 0.39															
η_0 kivisöejaama kasutegur 0.35															
k põlevkivijaama piirkasutegur 0.37															
Toonitud pesade paiknevad modelleerimise aluseks olevad muudetavad tunnused 0.345 / põlevkivijaama kasuteguri tunnus															
Plokk	Lasumissügavus	Väljätav paksus	Väljätava kihindi kütteväärtus	Väljätava põlevkivi kütteväärtus	Kapitalikulu	Kaubapõlevkivi saagis	Kaubapõlevkivi tootmishind kulumita	Kaubapõlevkivi töökütteväärtus	Kulum prognoosaastal	Kaevise tootmishind prognoosaastal	Tingitud saagis	Tingitud maksumus	Otsus sobivuse kohta	Mäenduspotentsiaal i arv	Energiatootlus
Tähis:	H	h	Q	Q _{pk}	C _{ap, pk}	s _{pk}	104.48	Q _k		C _{pk}	s _{tk}	C _{tk}			E
1 Estonia I	55.4	2.86	1929	2608	269	0.58	104.48	2007	25.21	81.56	0.166	642	hea	1.00	39.19
1 Tammiku 2	12	2.68	2263	3018	168	0.66	106.21	2062	17.95	70.10	0.194	453	hea	1.38	45.48
41 Sirgala3	23	2.76	2217	3017	203	0.65	112.78	2054	21.26	73.21	0.191	496	hea	1.29	39.65
42 Uljaste2	16	2.69	2057	2802	182	0.61	117.37	1971	17.94	71.71	0.172	521	hea	1.19	34.45
43 Sirgala2	26	2.28	2303	3109	227	0.67	126.21	2092	24.53	84.50	0.200	545	hea	1.18	41.89
44 Viru2	53	2.68	2255	2946	266	0.66	123.36	2041	28.22	81.20	0.192	570	hea	1.17	42.44
45 Puhatu1	38	2.75	2122	2999	237	0.63	123.17	2034	24.00	77.17	0.182	556	hea	1.17	41.60
46 Viru1A	46	2.73	2156	2926	252	0.63	124.56	2020	25.87	79.06	0.183	573	hea	1.15	43.20
47 Puhatu2	40	2.65	2092	3072	244	0.62	128.43	2049	24.44	79.55	0.181	574	hea	1.13	38.97
48 Uus-Kivioli3	33	2.62	2124	2870	231	0.63	125.41	2000	23.41	78.64	0.179	570	hea	1.13	38.48
49 Aidu1B	20	2.80	1963	2694	193	0.59	121.41	1925	18.29	71.42	0.162	554	hea	1.13	40.79
50 Uus-Kivioli1	22	2.60	2055	2721	204	0.61	124.34	1948	20.16	75.91	0.170	565	hea	1.11	37.74
51 Estonia2	54	2.73	2118	2877	266	0.63	128.45	2001	26.83	80.36	0.179	599	hea	1.11	42.68
52 Uljaste1	19	2.57	1974	2878	195	0.59	127.30	1978	18.59	75.23	0.167	562	hea	1.10	33.16
53 Puhatu4	54	2.73	2086	2939	265	0.62	130.00	2013	26.47	80.33	0.178	601	hea	1.10	39.38
54 Uus-Kivioli2	42	2.58	2120	2726	251	0.63	130.03	1960	25.33	81.41	0.175	609	hea	1.07	36.40
55 Permiskula1	45	2.46	2093	3004	260	0.62	136.65	2031	26.07	84.67	0.180	616	hea	1.05	33.52
56 Pada6	8	2.31	1906	2528	156	0.57	129.45	1869	14.48	74.35	0.153	579	hea	1.02	31.70
57 Estonia5	25	2.28	2045	2805	224	0.61	138.36	1970	21.98	84.14	0.171	620	hea	1.01	43.31
58 Estonia1	55	2.68	1990	2767	269	0.59	137.11	1950	25.86	81.56	0.166	648	hea	1.01	39.19
59 Puhatu5	62	2.69	1973	2891	278	0.59	139.28	1981	26.55	82.27	0.167	651	hea	1.01	37.05
60 Pohja-Kivioli1	11	2.66	1733	2566	162	0.53	130.73	1850	13.91	69.52	0.141	594	hea	1.00	36.10
61 Pohja-Kivioli2	16	2.70	1749	2613	182	0.54	133.52	1866	15.71	71.53	0.143	611	hea	0.99	36.00
62 Estonia3	65	2.74	1890	2689	281	0.57	143.14	1912	25.87	81.66	0.156	690	hea	0.95	38.35
82 Permiskula7	78	2.31	1669	2571	316	0.52	181.01	1839	26.34	93.37	0.136	883	hea	0.72	29.39
83 Permiskula6	79	2.36	1645	2572	315	0.51	180.73	1835	25.93	92.14	0.134	883	hea	0.72	29.92
84 Rakvere7	52	2.12	1745	2342	288	0.53	177.74	1787	24.86	95.05	0.137	878	hea	0.71	26.38
85 Peipsi8	75	2.49	1580	2451	304	0.49	179.11	1789	24.21	88.38	0.126	893	hea	0.71	30.53
86 Rakvere1	45	1.79	1775	2641	293	0.54	193.85	1878	25.66	105.11	0.145	899	hea	0.69	23.05
87 Seli2	56	2.51	1521	2232	277	0.48	178.42	1713	21.38	85.37	0.117	912	paha	0.68	33.83
88 Sonda6	72	1.98	1761	2390	327	0.54	190.93	1804	28.41	102.86	0.139	946	paha	0.67	28.05
102 Peipsi2	78	2.18	1283	2064	323	0.42	232.99	1614	21.75	97.12	0.096	1236	paha	0.49	23.93
103 Tudu3	99	1.94	1350	2077	363	0.43	247.87	1632	25.48	107.67	0.101	1314	paha	0.47	24.12

Arvutasime läbi kõik maavarade andmepanga 103 varuplokki. Seega kuulusid valimisse nii ammendatud plokkide jäägid, töötavate kaevanduste väljade plokid, varuplokid ja uuringuplokid. Viimaste all mõistame maardlaväliseid plokkide, energiatootlusega alla 25 GJ/m². Tabeli ülaosa toonitud ridades on ammendatud või tegutsevate väljade plokid. Tabeli lõpus olevad toonitud plokkide varu ei ole tänase hinnangu kohaselt 2020. a veel kaevandamisväärne.

Siit tuleneb järeldus, et mitmed varuplokid, mille energiatootlus on madalam kui praegune aktiivsuspiir 35 GJ/m² saavad lähema 15 aasta jooksul kaevandamisväärsed (aktiivseks).

Selliste plokkide hulka kuuluvad paremad (madalama lasumisega ja kõrgema kihindi kvaliteediga) varuplokkid Haljala, Kabala, Kohala, Oandu, Pada, Permisküla, Puhatu, Seli, Sonda ja Uljaste väljal, mida seni kuuluvad passiivse varu hulka.

Arvutuste alusel võib soovitada põlevkivi varu aktiivsuspiiriks 30 GJ/m^2 , jättes passiivsuse piiriks endiselt 25 GJ/m^2 . Nii saaksid aktiivseks Oandu, Pada, Permisküla, Puhatu, Seli, Sonda ja Uljaste paremad plokid. Aktiivse varu hulka ei jõuaks valdavalt Lääne-Viru maakonnas paiknevad Haljala, Kabala ja Kohala väljad.

Kaevandamisväärsuse piiri langetamisel kasvab aktiivne varu. Kuid kuna aktiivsus pole määratud ainult majanduslike tingimuste poolt, vaid arvestada tuleb ka keskkonnapiiranguid, ei ole võimalik väljendada varu täpset kogust ilma üksikasjaliku revisjonita. Tegelikult sõltub varu kaevandamisväärsus veel paljustki peale meie arvutuste aluseks olnud mäendustingimuste. Kõige paremini on maavara kaevandamisväärsus hinnatav konkreetse projekti tasuvusuuringu alusel. Seepärast on mõistlik seni, kuni varu revisjon ei ole tehtud, rahuldada passiivse varu kaevandamisõiguse taotlusi toetudes projektidele, mitte formaalsetele reeglitele. Selle poolt räägib ka asjaolu, et paljudel juhtudel on varu arvutuse aluseks geoloogilise uuringu puudulik andmestik, millele juhtisime tähelepanu meie 2003. aasta uuringus [15]. Seepärast tuleb igal konkreetse välja ja ploki puhul lähtuda kaevandamisloa taotluse aluseks olevast äriplaanist, mis elementaarse loogika kohaselt peaks tuginema geoloogilise andmestiku järelkontrolli tulemustele.

6. KASUTATUD KIRJANDUS JA VIITEMATERJAL

1. Kütuse- ja energiamajanduse pikaajaline riiklik arengukava aastani 2015, RTI, 23.12.2004, 88, 601.
2. Eesti elektrimajanduse arengukava 2005-2015, Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, eelnõu, <http://www.mkm.ee/doc.php?10365>, loetud 2005-11-18.
3. Narva elektrijaamad AS, Ülevaade firmast, õlivabrik, <http://www.powerplant.ee/>, loetud 2005-11-18
4. Yefimov, V., Purre, T. Main factors influencing efficiency of processing large particle oil shale in vertical retorts, Oil Shale, 1996, v 13, No 2, pp 123...132
5. Veiderma, M. Estonian oil shale – resources and usage, Oil Shale, 2003, v20, No 3, Special, pp 295-303
6. Öpik, I., Golubev, N, Kaidalov, A, Kann, J. Current status of oil shale processing ins olid heat carrier UTT (Galoter) retorts in Estonia, Oil Shale, 2001, v 18, No 2, 99 99...107
7. Põlevkivi kasutamissuundadele vastava varu hindamise kriteeriumite loomine, töö nr L295, TTÜ mäeinstituut, 2003
8. World Oil Markets, Energy Information Administration / International Energy Outlook 2005, <http://www.worldenergyoutlook.org>
9. Reinsalu, E. Mäemajandus, TTÜ mäeinstituut, 1998, 157 lk.
10. Ots, A. (vastutav täitja), Katla TP-17 töö uurimine rikastamata karjääripõlevkivi kasutamisel (vene k), TPI Soojustehnika kateeder, 1964.
11. Soone, J. Doilov, Sustainable utilization of oil shale resources and comparison of contemporary technologies used for oil shale processing, Oil Shale, 2003, v 20, No 3 Special, pp 311...3223
12. Jefimov, V., Piik, E. Tõrva saagisest ja gaasigeneraatori keemilise kasuteguri sõltuvusest töödeldava põlevkivi kvaliteedist, Bülletään Gorjutšie slancõ, nr 4, 1972, 14...23. (vene k)
13. Laur, A., Imporditavad energiaressursid väliskaubandusbilansis, uuring L 18/12, 12.12.2002, TTÜ Majanduse Instituut, märts, 2003.
14. Arro, H., Pihu, T., Prikk, A. Elektrienergia tootmis- ja edastusvõimsuse vajadus ning arendusstsenaariumid Eesti elektrisüsteemis aastatel 2005...2015, Lepingu 478 aruanne, TTÜ soojustehnika instituut, Tallinn, 2004. (Tabel 2.4)
15. Eesti põlevkivimaardla tehnoloogiline, majanduslik ja keskkonnakaitseline rajoneerimine, töö nr L294, TTÜ mäeinstituut, 2003
16. <http://science.msfc.nasa.gov/ssl/pad/solar/sunspots.htm>
17. <http://www.wtrg.com/prices.htm>

7. Lisad

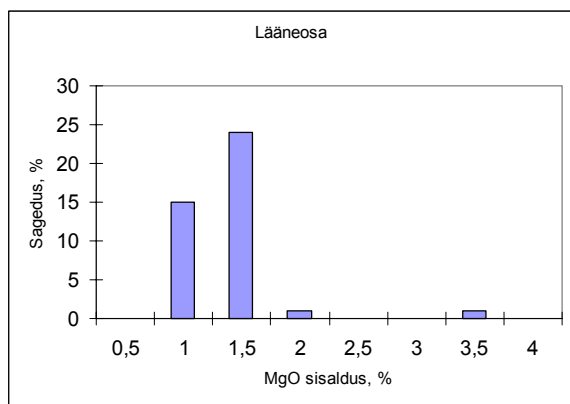
Lisa 7.1 Põlevkivi magneesiumisisalduse levik⁵

Magneesiumi sisaldus (MgO) on tsemendi toorme oluline kriteerium. MgO liigne sisaldus lubjakivis ja põlevkivis tekitab raskusi tsemendi kvaliteedi juhtimisel. Põlevkivikasutamise kogemus näitab, et põlevkivimaardla lääneosas on magneesiumisisaldus madalam kui kesk- ja idaosas, Seepärast eelistab Kunda Nordic Tsement põlevkivi ostmisel Aidu karjääri teistele ettevõtetele, eriti Estonia kaevandusele.

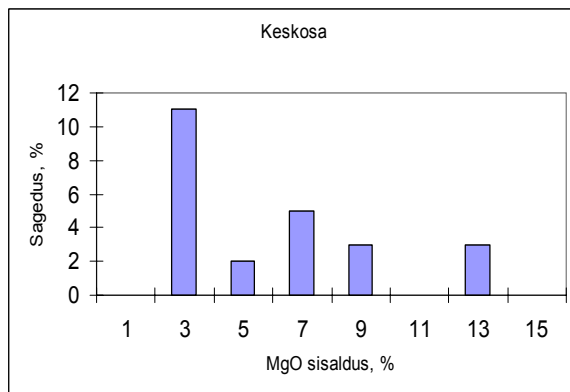
Arvestades kõiki põlevkivi tarbijaid on käesolevas töös täiendavalt uuritud MgO levikut põlevkivimaardlas. Lähteandmed on võetud Eesti Geoloogiafondi aruandest nr 1467, "Obshtshaja geologo-promõshlennaja otsenka Estonskogo mestorozhdenija, kak bazõ dlja energolinkernogo proizvodstva. Izõskaniye sposoba podgotovki gornoi massõ valovoi võjemki promõshlennogo plasta A-F, prigodnoi po katshestvu i postojanstvu komponentnog", S. Baukov, V. Sizova ja N. Nassanova 1961 (Üldine geoloogilis-tööstuslik hinnang Eesti maardlale kui energiatööstuse baasile" uuriti tänapäevaste arvutusmeetodite abil MgO levikut põlevkivi tootlikus kihindis. Käsitlesime kolme piirkonda: lääne- (Vanamõisa, Põdruse väljad), kesk- (Tammiku väli) ja idaosa (Narva ning Viivikonna väli).

Analüüsiti ja võrreldi omavahel kolme piirkonda (valimit) Magneesiumisisalduse jaotuse uurimisel joonistus välja (vt histograme), et maardla lääneosas MgO sisaldus tootsas kihindis on vahemikus 0,9...3,3%. Keskosas MgO sisaldus tootsas kihindis on vahemikus 1,1...12,9%. Kui vaadelda proovivõtukohtade paiknemist, siis on ilmne, et kõrgenenud MgO sisaldus viitab karstumusele. Idaosas MgO sisaldus tootsas kihindis on vahemikus 1,4...13,1%, ja kõrgenenud MgO sisaldus viitab samuti karstumusele. Peale selle võib Narva väljal olla üldiseks MgO sisalduse kõrgenemise põhjuseks Devoni setete ladestumisega seotud üldine dolomitiseerumine.

Andmed allutati statistilisele kontrollile. Teostatud dispersioonanalüüs näitas, et valimid erinevad üksteisest ning erinevus on suur, kuid piirkondade vahel ühine seos puudub.

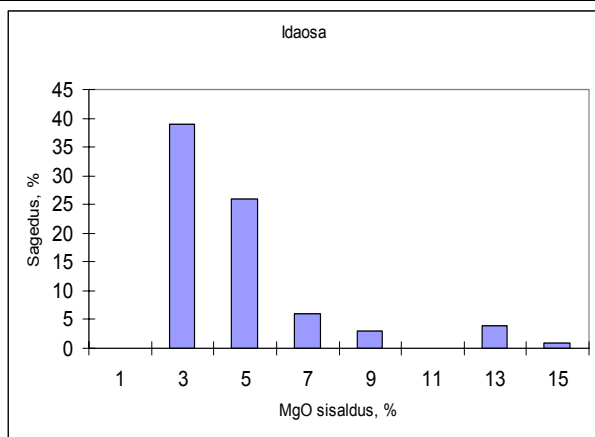


Pilt 7.1. Põlevkivikihi magneesiumisisaldus Vanamõisa ja Põdruse alal



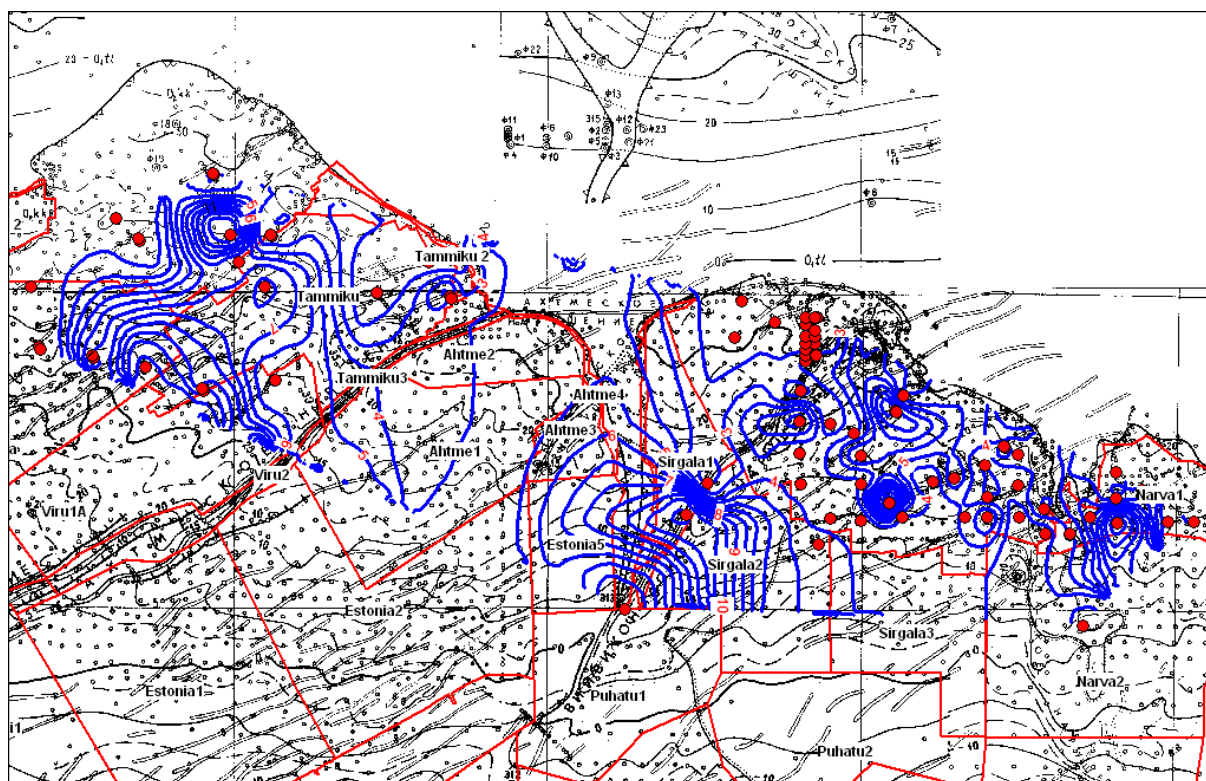
Pilt 7.2. Põlevkivikihi magneesiumisisaldus maardla keskosas, ammendatud Jõhvi, Sompa ja Tammiku kaeveväljadel

⁵ Koostas üliõpilane Veiko Karu



Pilt 7.3. Põlevkivikihi magneesiumisisaldus maardla idaosas, Narva karjääri alal.

Et paremini hinnata magneesiumisisalduse seost maapõue geoloogilise häiritusega koostati maardla kesk- ja idaosas MgO leviku kaart. Vaadeldes proovide asukohti ja maardlas leiduvaid tektoonilisi rikkevööndeid saab järeldada, et idaosas on MgO suurem sisaldus just Viivikonna rikke piirkonnas ja seal kus kihindi lasumis osalevad Devoni setted. Keskosas suurendab MgO sisaldust Ahtme rikke mõju ja väljal asuvad mitmed karstivööndid. Lääneosas geoloogiliste rikete ja karstivööndite mõju puudub, seega on MgO sisaldus tsemenditööstuse jaoks normi piires.



Pilt 7.4. Kihindi magneesiumisisalduse kaart maardla kesk- ja idaosas.

Siit tuleneb järeldus, et põlevkivi tarbimise kasvades tuleb Kunda Nordic Tsemendil rohkem orienteeruda oma karjääri toodangule. Samuti oleks tsemenditööstusel otstarbekas osaleda uute, maardla lääneosas hõlvatavate kaevetväljade geoloogilises uuringus, seades oma tingimused põlevkivi magneesiumisisaldusele.