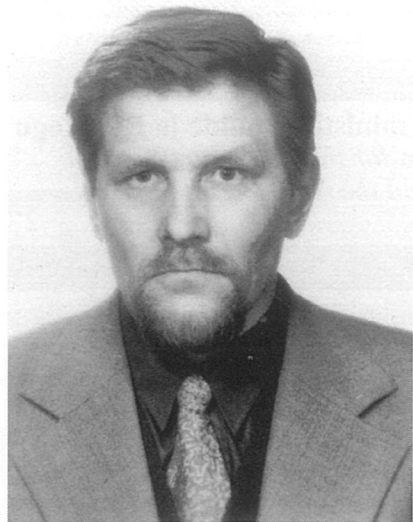




Kui palju võiks saada põlevkivist vedelkütuseid?

VELLO KATTAI

Geoloogia-mineraloogiakandidaat,
Eesti Geoloogiakeskuse projektijuht

Põlevmaavarade levik Eestis

Põlevmaavarad mängivad majanduselus väga olulist rolli ja nendeta on nüüdisaegset industriaalühiskonda võimatu ette kujutada. Nad on asendamatud nii energiaallikana kui keemiatööstuse toorainena.

Põlevmaavarade ehk põlevmaarete tekke kohta on üldine ettekujutus olemas, kuid see on paljuski vaieldav. Allpool antakse üks võimalikke põlevmaavarade liigitusi (tabel 1). Agregaatorilekult võib põlevmaavarad jaotada tahketeks (turvas, süsi, põlevkivi ja looduslik bituumen), vedelateks (nafta, gaaskondensaat) ning gaasilisteks (süsivesinikgaasid, gaashüdraat). Eestis on suured turba- ja põlevkivivarud ning on täheldatud nafta, loodusliku bituumeni ja metaangaasi ilminguid.

Tabel 1. PÕLEVMAAVARADE LEVIK EESTIS.
THE DISTRIBUTION OF COMBUSTIBLE NATURAL RESOURCES
IN ESTONIA

Põlevmaavara	Agregaatorilek maakooses	Levik Eestis
Sõerida	Turvas	Tahke
	Süsi	Tahke
	Põlevkivi	Tahke
		Kukersiit Eesti ja Tapa leiukohas, diktüoneemakilt Põhja- ja Lääne-Eestis
Naftarida	Süsivesinikgaasid	Gaasiline
	Gaaskondensaat	Gaasiline
	Nafta	Vedel
		Üksikud ilmingud Hiiuemaal
	Looduslik bituumen	Tahke või viskoosne
	Gaashüdraat	Tahke
		Ilmingud Lääne- ja Kirde-Eestis
		–

Põlevkivi on Eesti energeetika- ja keemiatööstuse peamine tooraineallikas ning oluline toormaterjal vedelkütuste saamisel. Eesti siseturul müüdav põlevkiviõli vähendab vajadust sisseveetavate naftasaaduste järele.

Olemasolevatel andmetel hinnatakse maailma naftavarudest kättesaadava nafta kogust 140...150 mlrd. t. Sellest piisab praeguse tarbimise juures (3,8 mlrd. t/a.) kõigest u. 40 aastaks. Arvatakse, et naftatoodang võib suureneda veel mõnikümme aastat, kuid seejärel selle tarbimine tõenäoliselt väheneb ja vedelkütuse tootmiseks tuleb kasutusele võtta üha rohkem alternatiivseid allikaid. Käesoleval ajal vaadeldakse niisuguste mittetraditsiooniliste süsivesinike allikate all looduslikku bituumenit (raske nafta, malta jt.) ja põlevkivi.

Lühiülevaade maailma põlevkivitööstusest

Põlevkivi orgaanilise aine (OA) koostises on ülekaalus orgaanilistes lahustites lahustumatu aine – kerogeen. Lahustuvat ainet – bitumoidi – on põlevkivis alates protsendi murdosast kuni 5 %-ni, harva enam. Kuumuse mõjul põlevkivi OA laguneb. Sellisel viisil saadakse uttegaas ja toorõli, järele jääb poolkokk. Saaduste omadused on väga suures sõltuvuses lähtepõlevkivi koostisest ja töötlemisviisist.

Esimesed andmed põlevkivi kasutamise kohta pärinevad 1350. aastast Austriast, kus Tiroomi maarahvas ajas kohalikust põlevkivist õli, mida tarvitati haiguste raviks. 1694. aastal anti Šotimaal välja esimene patent pigi, tõrva ja õli saamise meetodile põlevkivist. 1832. aastal leiutati Prantsusmaal valgustusõli tootmise meetod põlevkivist ja Prantsusmaast sai esimene riik, kus 1838. aastal tekkis põlevkiviõlitööstus. Šotimaal hakati põlevkivi kasutama tööstuslikult 1850. aastal parafiini ja õli saamiseks.

19. sajandi lõpu aastatel ja 20. sajandi esimesel poolel kasutati põlevkivi Austraalias, Šotimaal, Hispaanias, Kanadas, Brasiilias, Prantsusmaal, Rootsis, LAV-is, Uus-Meremaal ja Šveitsis peamiselt vedela kütuse (kütte- ja diisliõli, petrooleum, bensiin jt.) tootmiseks. Põlevkiviõlist valmistati ka meditsiinipreparaate (Austria, Venemaa, Šveits). Põlevkivi kasutamise kõrgperiood oli II maailmasõja eelsetel ja esimestel sõjajärgsetel aastatel. Edaspidi ei suutnud põlevkivi- ehk “tehisnafta” loodusliku naftaga konkureerida ja põlevkivi töötlemisest enamuses riikides loobuti (tabel 2).

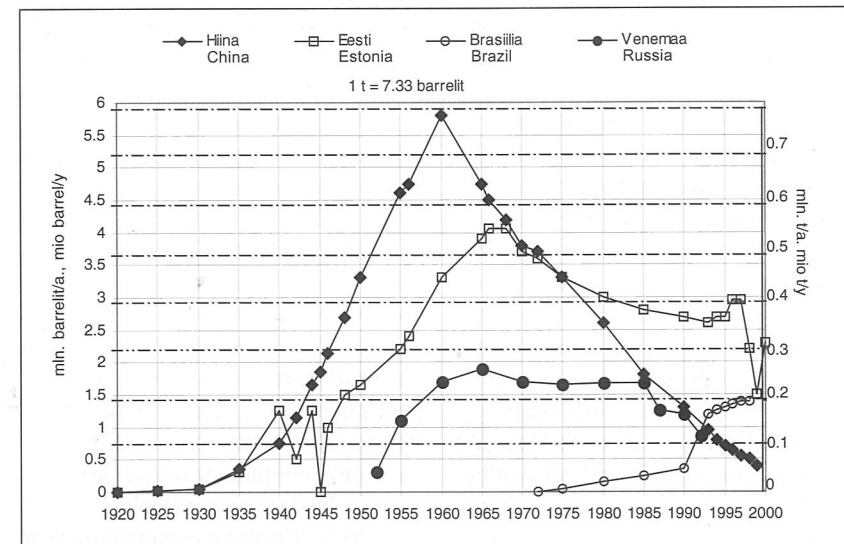
Tabel 2. PÕLEVKIVITÖÖSTUS MAAILMAS. THE WORLD OIL-SHALE INDUSTRY

Riik. State	Algusaasta. Starting year	Tegevusaeg. The period of activity					Põhisaadused. The main products	Õlisaagis põlevkivist %. The oil yield from oil shale, %
		1800	1850	1900	1950	2000		
Austraalia	1824						Vedelkütus, parafiin, gaas, bituumen	<30
Austria (alates 1567. a.)	1839						Meditsiinipreparaadid, määrdõli, asfalt	10...20
Brasiilia	1881						Mootorkütus, soojus- ja elektrienergia, gaas, väävel	7...12
Bulgaaria	1953						Vedelkütus (katsetootmine)	7...8
Eesti	1919						Soojus- ja elektrienergia, õlid, vedelkütus, keemiatooted	12...20
Hiina RV	1929						Soojus- ja elektrienergia, määrdõlid, vedelkütus, parafiin	6...10
Hispaania	1922						Vedelkütus, määrdõlid, parafiin	13...18
Šotimaa (patent -1694. a.)	1848						Õlid, gaas, petrooleum, parafiin, väävel	10...17
Jugoslaavia	1958						Vedelkütus (katsetootmine)	9...18
Kanada	1815						Lambiõli, parafiin, 1967. a. vedelkütus bituminoosset liivast	4...10
Kasahstan	1884						Soojusenergia	15...20
LAV	1935						Vedelkütus	13...30
Prantsusmaa	1838						Õlid, petrooleum, parafiin	4...9
Rootsi	1918						Vedelkütus, gaas, väävel, uraan, ammoonium	5...7
Saksamaa	1857						Õlid, ehitusmaterjalid	4...6
Šveits	1915						Meditsiinipreparaadid	20...27
USA	1857						Vedelkütus, gaas (põhiliselt katsetootmine)	4...15
Uus-Meremaa	1900						Vedelkütus	20...25
Venemaa (Leningradi)	1934						Soojus- ja elektrienergia, õlid, vedelkütus, keemiatooted	13...16
Venemaa (Kašpiri)	1919						Soojus- ja elektrienergia, meditsiinipreparaadid	11...13

1970. aastate ülemaailmse energia-kriisi ajal, kui arvati, et naftavarused jätkub vaid aastateni 2010...2020, hakkasid paljud riigid (USA, Brasiilia, Jugoslaavia, Maroko, Rumeenia, Süüria jt.) põlevkivi vastu suurt huvi tundma, eelkõige just keemilis-tehnoloogilise töötlemise osas. Tehti laboriuuringuid, 12 riigis projekteeriti ja ehitati ligi 30 tüüpi katse- ja tööstusseadmeid, peamiselt põlevkivist mootorkütuse saamiseks. Prognoositi, et juba 2000. aastaks hakkab “tehisnafta” mängima olulist rolli nafta defitsiidi kompenseerimisel.

Kuid 1980. aastatel, pärast uute naftamaardlate avastamist Põhjameres ja Mehhikos, langes huvi põlevkivi vastu. 1998. aastal langes naftasaaduste hind maailmaturul nii madalale (alla 10 \$/barrel), et põlevkiviõli (tootmise tasuvus Eestis u. 16 \$/barrel) kaotas konkurentsivõime ja põlevkiviõlitööstus Eestis suri praktiliselt välja (joon. 1). Kuid juba 1999. aasta teisest poolest tõusis nafta hind oluliselt ja taas käivitati põlevkiviõli generaatorid Kohtla-Järvel ja Kiviõlis.

Ajalooline ülevaade näitab, et põhiliseks suunaks põlevkivi kasutamises on olnud keemilis-tehnoloogiline töötlemine (vedelkütus, keemiatooted, meditsiinipreparaadid jne.). Samas kasutati suures koguses põlevkivi ka otseselt elektri- ja soojusenergia saamise eesmärgil, kuid seda siiski vähestes riikides (põhiliselt Hiina, Venemaa, Eesti) (tabel 2).



Joonis 1. Suurimad põlevkiviõli tootjad 1920...2000 (A. Salvadori andmetel).

Figure 1. The largest shale oil producers between 1920 and 2000 (according to the data by A. Salvadori).

Möödunud sajandil oli kõige suurem põlevkivist õlitootja Hiina – üle 25 mln. t. Eestis saadi ligi 23 mln. t, Venemaal üle 7,5 mln. t põlevkiviõli. Brasiilias liigub põlevkiviõli toodang tõusvas joones (1999. a. ligi 200 000 t) (joon. 1).

Viimasel ajal näitavad põlevkivivarusid omavad suurriigid (USA, Austraalia, Brasiilia, Hiina) põlevkivi vastu taas huvi. 2000. aastal sõlmiti Eesti ja USA vahel 3-aastane koostööprojekt, mille suunaks on ühised uurimis- ja arendustööd keemilis-tehnoloogilises valdkonnas – õli ja

õlisaaduste saamiseks põlevkivist. Samas suunas jätkavad oma uuringuid ka teised riigid.

Kanada firma Suncor katsetab uut ATP põlevkivi termilise töötlemise tehnoloogiat Austraalias. On alustatud ka selle tehnoloogia kasutamisele võtmise katset kukersiit-põlevkivi termiliseks töötlemiseks.

Põlevkivi kui ühe võimaliku naftasaaduste asendaja hindamisel ja kasutamisel termiliseks töötlemiseks on tähtis temast saadava põhiprodukti – põlevkiviõli – koostis. Kui nafta koosneb peamiselt vedelate süsivesinike

segust, siis põlevkiviõlist moodustavad olulise osa hapniku-, väävli- ja lämmastikuühendid. Eristatakse kolme tüüpi põlevkiviõli (Jefimov jt., 1984; Tšerepovski, 1988):

- parafiinitüüpi õlid on oma koostise poolest ligilähedased parafiinnaftadele. Neid võib kasutada ja käesoleval ajal kasutataksegi vedelkütuste tootmiseks. Leiukohti on teada Hiinas, USA-s, Brasiilias, Austraalias, Kasahstanis jm;

- väävli-rikkad õlid (väävli üle 2 %) saadakse põhiliselt orgaanilise väävli rikkast põlevkivist. Venemaa Volga-Petšooraleviku kõikide leiukohtade, Jordania, Usbekistani, Maroko ja mõne teise maa põlevkivi annab seda sorti õli. Selle kasutamise võimalused on piiratud ökoloogilistel põhimõtetel. Väävli kõrvaldamine õlist hüdromeenimise teel on väga kulukas protsess. Käesoleval ajal kaevandatakse väävli-rikast põlevkivi väheses mahus vaid Venemaal Kašpiiri maardlas meditsiinipreparaatide valmistamiseks;

- kolmanda tüüpi moodustavad spetsiifilised õlid. Siia kuulub ka kukersiidiist saadav põlevkiviõli, millele ei ole leitud seni analooge teiste põlevkivide seas. See õli on paljude ühendite segu: alkaanid, alkeenid, aromaatsed süsivesinikud, karboksüülhapped, teised hapnikuühendid, väävliühendid. Omavärs on väga spetsiifiliste fenoolide – alküülresortsiinide – sisaldus. Õli koostis võib mõnevõrra erineda olenevalt utteagregaatist, temperatuuri-režiimist, põlevkivi kvaliteedist. Sellisest õlist pole võimalik saada täiendava töötlemiseta kõrgemargilist vedelkütust, kuid ta võib olla toormeks keemiatööstusele.

Põlevkivi levikut on teada rohkem kui 30 riigis ja ta ressursi on hinnatud väga erinevalt – 450 mlrd. t kuni 1340 trl. t (Zelenin ja Ozerov, 1983; Duncan ja Swanson, 1965; Utilization..., 1967).

1968. aastal Tallinnas toimunud I Rahvusvahelisel Põlevkivisümpoosionil esines Hollandi teadlane L. Schlatter (1970). Ta ei pidanud õigeks, et põlevkivivarude hinnang toimub naturaalses tahke kütuse koguses, kuna põlevkivid on väga erineva kvaliteediga (orgaanilise aine sisaldus põlevkivides võib varieeruda 10 kuni 50...60 %, õlisaagis 3...4 kuni 25...35 %). Ta soovitas põlevkivi kvaliteeti, milleks oleks õlisaagis põlevkivist, määrata Fischeri laboratoorse retordi järgi massiprotsentides ning põlevkivivarude maapõues hinnata “naftaekvivalendis” ehk põlevkiviõlis. Ühtse standardse meetodi kasutamisele võtmine lihtsustaks oluliselt erinevate põlevkivide kvaliteedi võrdlemist ja ressursi hindamist.

Potentsiaalset maailma põlevkiviõli ressursi on hinnatud väga erinevalt: 250 mlrd. t (Zelenin ja Ozerov, 1983) 630 mlrd. t (Öpik, 1982); 550 mlrd. t (Tšerepovski, 1988); 1225 mlrd. t (Barbiroli jt, 1995). Seega ületab põlevkiviõli ehk “tehisnafta” ressurss oluliselt kättesaadava loodusliku naftavarude koguse. Kõige suuremad põlevkiviõli ressursid on USA-s, Venemaal, Brasiilias.

Põlevkiviõlitööstuses on kasutatud erineva õlisaagisega põlevkivi – 4...5 kuni 30 %. Eestis on generaatorites ja tunnelahjudes kasutatud termiliseks töötlemiseks põhiliselt rikastatud tükkpõlevkivi laboratoorse õlisaagisega 22...25 % (tööstuslik õlisaagis

16...19 %), ning tahke soojuskandjaga seadmetes peenpõlevkivi laboratoorse õlisaagisega u. 19 % (tööstuslik – 12...14 %). Aarna ja Öpik (1984) on arvanud, et termiliseks töötlemiseks on tehniliselt võimalik kasutada põlevkivi õlisaagisega mitte alla 5...8 %. Seda näitab ka välisriikide tööstuspraktika. Kuid see sõltub nafta hinnast maailmaturul ja turukonjunktuurist, õli koostisest, kaevandamiskuludest jne.

Põlevkivi levik Eestis

Eestis on põlevkivide levik üsna lai ja nad esinevad kahel tasemel. Esimene tase on Alam-Ordoviitsiumi Pakerordi ja Varangu lademe Türisalu kihistu tumepruun graptoliitargilliit, mida tuntakse rohkem **diktüoneemakildana** ja mille levikuala Lääne- ja Põhja-Eestis ületab 11 000 km² (joonis 2). Lasundi avamus on jälgitav paljudes kohtades piki Soome lahe lõunakallast. Kihistu paksus on suurim Loode-Eestis (kuni 7 m), vähenedes ida ja lõuna suunas kuni täieliku suidumiseni. Nimetatud kivimi kogus on suur ja hinnatakse kuni 64 mlrd. t. OA sisaldus kildas varieerub 10...22 %, keskmiselt 13...14 %, õlisaagis on madal – 2...6 %. Nagu enamik maailma põlevkive ja erinevalt kukersiidiist on diktüoneemakilda OA väga peen-dispersne ja füüsikaliste meetoditega mitterikastatav. Huvi võivad pakkuda temas esinevad haruldased ja hajutatud elemendid, millest enam on uraani, vanaadiumi ja molübdeenid.

Diktüoneemakilda kaevandati aastatel 1946...1952 Sillamäel uraani toorainena. Sillamäe kaevandusest väljati kokku 271 500 t kilda, millest

saadi 22,5 t uraani (Lippmaa, Maremäe, 1999). On esitatud erinevaid argilliidi komplekse kasutamise skeeme, kuid kaevandamise ja töötlemisega kaasnevad paljud keskkonnohtlikud nähtused (Maremäe, 1988; Petersell, 1997).

Teiseks põlevkivi erimiks on **kukersiit**, mis esineb läbilõikes põhiliselt Kesk-Ordoviitsiumi Kukeruse lademes, kus koondunud kukersiidikihid moodustavad Kirde-Eestis Eesti ja Tapa põlevkivi leiukohtade tööstuslikud kihid. Kukersiit erineb oluliselt diktüoneemakildast nii välismuse, koostise kui kvaliteedi poolest, kuigi nende levilad osaliselt kattuvad. Suurem osa nii ühe kui teise põlevkivi levikualast jääb nüüdisaegse Soome lahe piirkonda ja on siin hiljem mandrilistes tingimustes ära kulutatud.

Kukersiit on tänapäeval Eesti tähtsaim maavara ja teda kaevandatakse Eesti maardlas energeetika ja keemiatööstuse toormeks juba alates 1918. aastast. Kokku 85-aastase maardla eksploateerimise jooksul on kaevandatud üle 900 mln. t põlevkivi, mis koos tootmiskadudega moodustab ligi 1,6 mlrd. t.

Eesti kukersiidi leiukoht on Balti levilas suurim ja põlevkivi kvaliteedi poolest parim, hõlmates 2/3 selle tööstuslikust osast. Leiukoha piiriks on põhjas avamusjoon, mis asub 5...10 km kaugusel Soome lahe rannikust, idas Narva jõgi. Ta ida-lääne-suunaline ulatus on 130...140 km, laius põhjast lõunasse – 15...45 km ja pindala nendes piirides ligi 3000 km².

Levila lääneosas jääb peale Eesti maardla ka Tapa leiukoht (pindala 1150 km²). Leiukoht on geoloogiliselt uuritud eeluuringu tasemel ja põlevkivivarude bilansis arvel ei ole. Tööstusliku kihindi paksus on 1,6...2,3 m ja ta lasub 60...170 m sügavusel maapinnast. Kihindi mäemassist on laboratoorne õlisaagis 9...13 %. Nende näitajate järgi võib Tapa leiukohta võrrelda Eesti leiukoha äärealadega, kus samuti varu arvele ei ole võetud. Arvestades Tapa leiukoha keerulisi sotsiaalseid ja ökoloogilisi tingimusi põlevkivitööstuse rajamiseks, võib väita, et tal ei ole majanduslikku tähtsust.

Narva jõest itta jäävas levilaosas asuvad Leningradi, Veimarni ja Tšudovo-Babinskoje leiukohad.

Eesti maardla põlevkivi tootus-

kihind on keerulise ehitusega ja moodustab kuni 7 kukersiidi ja 6 lubjakivikihti. Enamik põlevkivikihti sisaldab ka läätseid kerogeense lubjakivi mugulaid, mis esinevad kihtides erinevatel tasemetel ja väga erinevas mahus. Erinevate kukersiidikihtide õlisaagis võib kõikuda laiades piirides 5...7 kuni 30...35 %. See sõltub nii kihist (kihid on väga erineva OA sisaldusega ja seega ka õlisaagisega) kui asukohast maardlas. Tootuskihi A-F₁ õlisaagis (T) on kõrgeim leiukoha kesk- ja idaosa põhjapoolisel alal. Mäemassi T (kaalutud keskmine) on seal 15...19 %, põlevkivikihtide – 22...25 %. Kihindi kvaliteet langeb pidevalt ja seaduspäraselt leiukoha perifeersete osade suunas. Mäemassi T leiukoha äärmises loodeosas on 11...13 %, lõunas – 9...11 %. Põlevkivikihtide T väheneb samas kuni 13...14 %. Tervikuna on tootsa kihindi õlisaagise muutumise intensiivsus analoogiliselt kihindi pakusega lõuna suunas üle kahe korra suurem kui lääne suunas: gradiendid vastavalt 0,07...0,10 ja 0,20...0,25 %/km.

Vastavalt *Maapõueseadusele* (1996) arvutatakse ja võetakse põlevkivivarude arvele põlevkivikihtide summaga (koos lubjakivi mugulatega) tuhandetes tonnides.

1997. aastal töötas Tallinna Tehnikaülikooli mäeinstituut välja põlevkivivarude määramise majanduslikud kriteeriumid. Põlevkivi kui maavara põhikriteeriumiks kinnitati (Eesti Maavara Komisjoni protokolliline otsus 4.12.1997 nr. 97-58) tootsa kihindi (kihid A-F₁) energiatootlus (GJ/m²), mis saadakse kõikide kihtide (põlevkivi ja lubjakivi vahekihtide) keskmise pakuse (m), kütteväärtuse (kuivale ainele kalorimeetrilise pommijärgi, MJ/kg) ja mahumassi (kuiva massi, t/m³) korrutiste summeerimisel. Varu hinnatakse majanduslikult altkäevandamise korral aktiivseks, kui keskmine energiatootlus (E) on plokis vähemalt 35 GJ/m², erijuhtudel mitte alla 34 GJ/m². Passiivne on varu plokkides, kus keskmine E on 25...35 GJ/m². Avakaevandamisel, kui kihindi E on alla 35 GJ/m², võib kasutada aktiivse varu arvelevõtmiseks abikriteeriume. Sel juhul peab põlevkivikihtide keskmine kütteväärtus olema üle 10,9 MJ/kg ja nende summaarne paksus (minimaalselt 0,5 m) suurem kui 10 % katendi pakusest. Seega

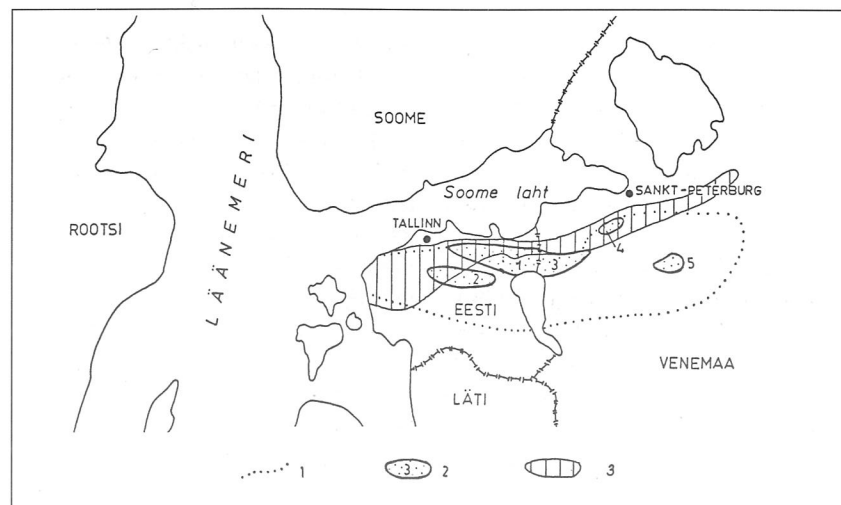
põlevkivivarude määramise kriteeriumite väljatöötamisel arvestati vaid põlevkivi kui tahkekütuse ehk energeetilise kasutamise suunaga. Põlevkivi tarbimine termiliseks töötlemiseks vähenes tol ajal järsult seoses madala naftahinnaga maailmaturul. Tsemenditööstuse poolt tarvitava põlevkivi kogus oli väike ja selle tarbeks alustas AS *Kunda Nordic Tsement* töid oma karjääri rajamiseks.

Lähtudes ülaltoodud nõuetest hinnati 2001. aastaks ja kinnitati ümber kogu Eesti leiukoha põlevkivivarude 26 kaev- (KV) ja uuringuvälja (UV) piires. Ümberhinnangul selgus, et aktiivse varu majanduslikele kriteeriumitele (E>35 GJ/m²) vastab põlevkivivarude kõikidel KV-l ja vaid väikesel osal UV-l. Suuremal osal UV on varu põhiliselt majanduslikult passiivne (E – 25...35 GJ/m²) ja vaid mõnes üksikus plokis aktiivne. Leiukoha loode- ja lõunaosas (Kõnnu, Rakvere, Tudu ja osaliselt Peipsi ja Oandu UV) ei vasta tootuskihi maavara nõuetele (E<25 GJ/m²) ning seal põlevkivivarude arvele üldse ei võetud. See ala jääb maardla piiridest välja.

Teine oluline kriteerium maavara varu kategoriseerimisel on looduskaitse all olevate objektide ja asustatud alade olemasolu. Eesti leiukoha piiridesse jääb täielikult või osaliselt 9 maastiku- ja 6 looduskaitseala ning Pandivere veekaitseala. Kaitsealade piiresse jääv põlevkivivarude on samuti hinnatud passiivseks ehk mittekaevandatavaks. Paljudel aladel on varu passiivne nii majanduslike kriteeriumite kui looduskaitsealade piirangute tõttu.

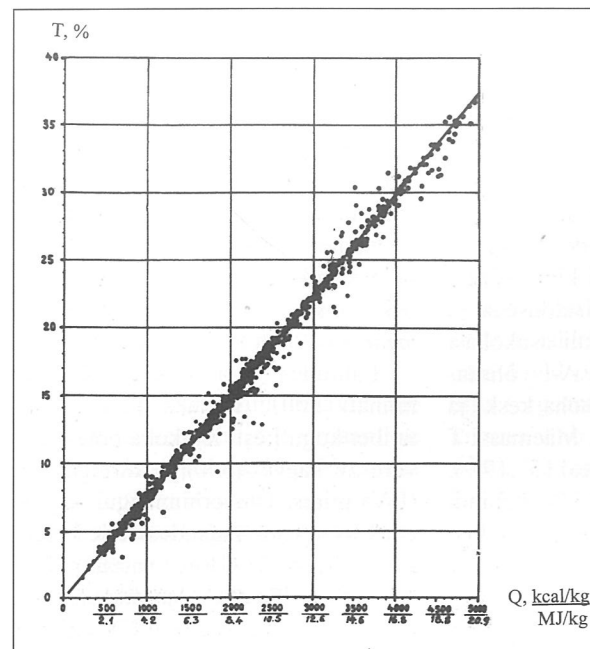
2001. aasta alguse seisuga oli Eesti maavara bilansis põlevkivivarude arvel 23 kaev- ja uuringuväljal kokku u. 5 mlrd. t, millest aktiivne varu moodustas 1,5 mlrd. t (30 %) ja passiivne 3,5 mlrd. t (70 %). Passiivset varu on looduskaitsealade piirangute tõttu 1,3 mlrd. t (26 %), asustatud alade ja rajatiste kaitsetervikutes 0,2 mlrd. t (4 %) ja geoloogilise majanduslike kriteeriumite järgi 2,0 mlrd. t (40 %) (Kattai jt, 2000).

Põlevkivivarude arvutatakse plokide kaupa. Igas plokis määratakse plokki pindala (ha), tootuskihi moodustavate põlevkivi- ja lubjakivikihtide keskmine paksus (m), kuiva kivimi mahumass (t/m³), massitootlikkus



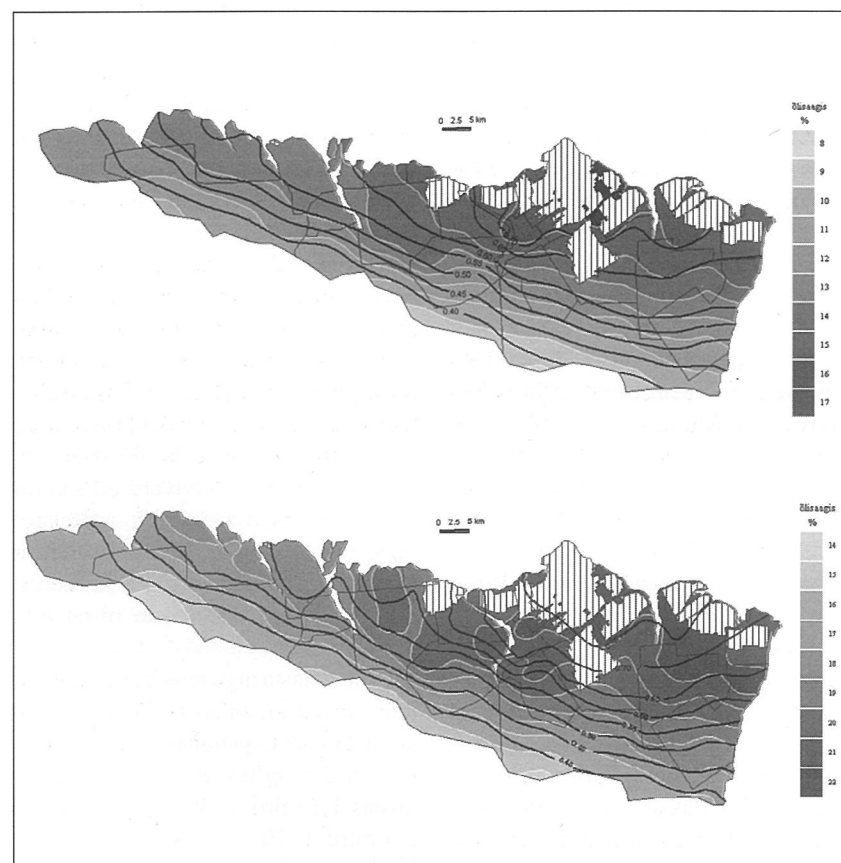
Joonis 2. Põlevkivi levikualad:
1 – Balti kukersiitpõlevkivi levila piir; 2 – kukersiidi leiukohad (1 – Eesti, 2 – Tapa, 3 – Leningradi, 4 – Veimarni, 5 – Tšudovo-Babinskoje); 3 – diktüoneemakilda levikuala.

Figure 2. Oil shale areas:
1 - boundary of the Baltic oil shale deposits; 2 - kukersite deposits (1 - Estonia, 2 - Tapa, 3 - Leningrad, 4 - Veimarn, 5 - Tshudovo-Babinskoje); 3 - graptolitic argillite area.



Joonis 3.
Kukersiitpõlevkivi
kütteväärtuse (Q) ja
õlisaagise (T)
vaheline sõltuvus.

Figure 3.
The relationship
between the
calorific value (Q)
and oil yield (T) of
kukersite oil shale.



Joonis 4. Tootuskihi (A-F) mäemassi õlisaagis ja -tootlikkus.

Figure 4. The oil yield by Fischer Assay and oil production from the rock of productive seam A-F.

Kaevandatud alad. Exhausted area

Põlevkiviõli tootlikkuse samaväärtusjoon (t/m²).
Oil capacity isolines (t/m²)

Joonis 5. Tootuskihi (A-F) põlevkivikihtide õlisaagis ja -tootlikkus.

Figure 5. The oil yield by Fischer Assay and oil production from kukersite beds of productive seam A-F.

(t/m²) ja kvaliteedinäitajana kütteväärtus (Q). Viimane määratakse laboratoorselt kuivast põlevkivist kalorimeetriselises pommis ja seda väljendatakse eraldunud soojushulgana kilogrammi kütuse kohta (MJ/kg või kcal/kg). Kogu tootsa kihindi (mäemassi – MM) ja summaarne põlevkivikihtide (PK) keskmine kütteväärtus saadakse vastavate arvutuste tulemusena kui kaalutud keskmine kihtide kütteväärtuse, pakuse ja mahumassi kaudu.

Eesti põlevkiviõli ressurss maapõues

Põlevkivi kui termilise töötlemise toorme kvaliteedi üheks põhinäitajaks on õlisaagis (T) ehk õli väljatulek kivist massiprotsentides, mis määratakse laboratoorses Fischeri alumiinium-retordis, kus analüüsivad proovid kuumutatakse ilma õhu juurdepääsuta kuni 520 °C. Kuid niisuguseid õlisaagise määranguid on tehtud vähe ja osa väljadel ei ole neid üldse tehtud.

On tõestatud, et analoogiliselt põlevkivi kütteväärtusega (Q) on ka õlisaagis (T) otseses korrelatiivses sõltuvuses OA sisaldusest kivimis. Samuti on põlevkivi kütteväärtus ja õlisaagis omavahel tihedas korrelatsioonis järgmise valemi järgi (joonis 3):

$T = 1,78 Q_p^d$ ($R = +0,988$), mis on saadud 600 analüüsi alusel ja peab paika kogu Eesti maardla piires (Kattai, 1991).

Teine põlevkivi tootsa kihindi tehnoloogilist väärtust iseloomustav näitaja on õlitootlikkus (TT) ehk põlevkiviõli kogus maapõues 1 m²-l. See parameeter saadakse arvutuslikult, korrutades kihindi (või selle osa) massitootlikkuse (t/m²) õlisaagisega (%). Tootsa kihindi õlitootlikkus maardla keskosas on 0,7...0,8 t/m², äärealadel väheneb kuni 0,5...0,3 t/m².

Maavarade uuringu korra rakedamise juhendis põlevkivile (Maapõueseadus..., 1996) loetakse otstarbekaks edaspidi õlisaagist hinnata arvutuslikult kütteväärtuse alusel, kuna viimase analüüs on lihtsam, täpsem ja palju odavam. Põlevkivi kütteväärtuse ja õlisaagise seost kasutati täiel määral ära KV ja UV varu arvutuse plokide tootsa kihindi õlisaagise ja õlitootlikkuse määramisel.

Et saada selge pilt, kus asuvad maardlas õlisaagise ja õlitootlikkuse

poolest kõige rikkamad põlevkivikihid, kihikompleksid ja kogu tootuskihind, on koostatud digitaalselt õlisaagise ja õlitootlikkuse muutlikkuse seaduspärasusi iseloomustavad kaardid (joon. 4 ja 5).

Põlevkiviõli ressursi hinnanguks maapõues korrutati KV ja UV arvel olev põlevkivivaru (seisuga 1.01.2001) plokide (väljade) kaupa keskmise õlisaagisega.

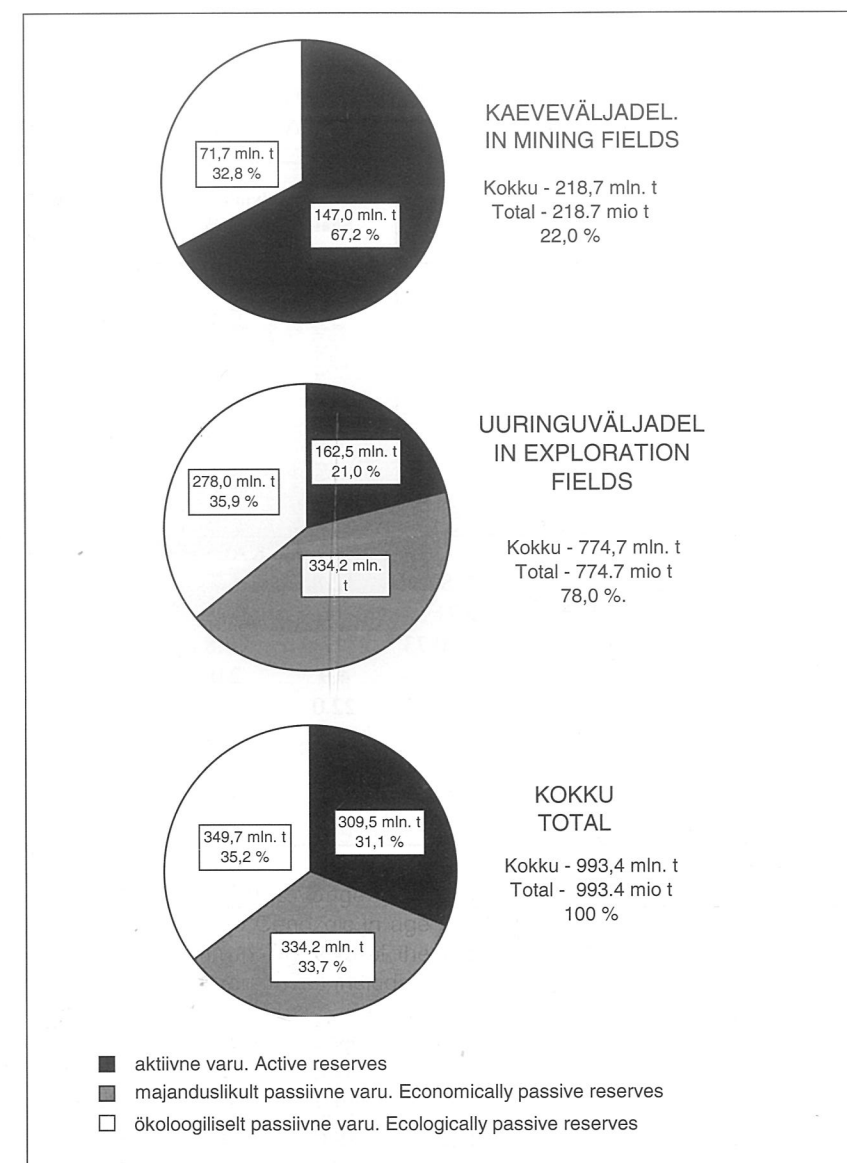
Põlevkivivarude koondbilansiga Eesti põlevkivimaardlas arvele võetud (seisuga 1.01.2001.) 23 kaeve- ja uuringuvälja varude ümberarvutamisel õliressursiks maapõues saadi põlevkiviõli koguseks 993,4 mln. t, sellest 309,5 mln. t (31,2 %) aktiivse varu ja 683,9 mln. t (68,8 %) passiivse varu arvelt (joon. 6, tabel 3). Seejuures moodustab õliressurs passiivses varus keskkonnakaitseliste piirangute tõttu 349,7 mln. t (35,2 %) ja majanduslike kriteeriumite järgi passiivses varus 334,2 mln. t (33,6 %).

Õlitööstuse keemilis-tehnoloogiline potentsiaal

Alljärgnevas on tehtud katse prognoosida põlevkiviõlitööstuse keemilis-tehnoloogilist potentsiaali ehk teiste sõnadega hinnata põlevkiviõli kogust, mis võiks olla kättesaadav Eesti maardla maapõues olevast põlevkiviõli ressursist. Seda piiravad ja määravad:

- keskkonnakaitseliste alade olemasolu;
- teistesse kasutamissuundadesse määratud põlevkivivaru;
- kaevandamisel väljatava põlevkivi koguse tegur;
- kaubapõlevkivi ettevalmistamise viis;
- utmistehnoloogia võimalused.

Põlevkiviõlitööstuse potentsiaali hindamisel võib arvestada vaid aktiivse ja majanduslikult passiivse põlevkivivaruga, jättes välja keskkonnakaitseliste piirangute tõttu passiivseks hinnatud varu looduskaitsealadel ja asustatud piirkondade, veekogude ja rajatiste alla jäetavates tervikutes. Ei saa arvestada ka põlevkivivaruga, mis on mõeldud põletamiseks energeetilise kütusena Narva SEJ-des ja Kundas tsemendi tootmiseks (Kohala UV). Nii tuleb õlitööstuse potentsiaali hinnangul arvestusest täielikult välja jätta



Joonis 6. Eesti põlevkivimaardla õliressurs (ümberhinnatult põlevkivivarust, seisuga 01.01.2001).

Figure 6. Shale oil resources of Estonian oil-shale deposit (re-estimated from oil shale reserves, as of 1.01.2001).

Narva ja Sirgala KV ning osaliselt (70 %) Estonia, Viru ja Aidu KV õliressurs. Kaeveväljade arvel olevast aktiivsest põlevkivivarust piisab energeetiliseks tarbimiseks vähemalt 20...25 aastaks – kui üldse nii kaua jääb eksisteerima Eestis põlevkivil baseeruv energeetika. Seega võib kogu uuringuväljadel arvel olevat põlevkivivaru vaadelda kui põlevkiviõlitööstuse ressursi.

Põlevkivi kaevandamisel tekkivad ilmtingimata kaod (tootmiskaod, geoloogilistel põhjustel jt.) ning reeglina ei väljasta kogu arvelolevat põlevkivivaru. Kaevandamispraktika (suletud kaevanduste näitel) näitab, et altkae- vandamise puhul võib väljatava põlevkivivaru koguseks olla vaid 50...60 %,

avakaevandamisel – 80...90 %. Õlitööstuse potentsiaali arvutuses kasutati altkaevandamise puhul väljamistegurit 0,55 ja avakaevandamisel – 0,85.

Utmisprotsesside võimalusi võime hinnata vaid kasutusel olevate tehnoloogiate alusel – terminine töötlemine gaasigeneraatorites ja tahke soojuskandjaga seadmetes. Tänapäeval on tööstuslik õlisaagis gaasigeneraatorites keskmiselt 16,5...17,5 % laboratoorse õlisaagise 23...25 % juures, ehk 70...75 % laboratoorsest. Tahke soojuskandjaga seadmetes on need numbrid järgmised: 12,5...13,5 %; 17...18 %; 70...80 %.

Laboratoorne õlisaagis põlevkivikihtidest, mis moodustavad aktiivse põlevkivivaru, on kaeveväljadel 20...

Tabel 3. EESTI MAARDLA TOOTSA KIHINDI ÕLISAAGIS, ÕLITOOTLIKKUS, PÕLEVKIVIÕLI RESSURSS MAAPÕUES JA PÕLEVKIVIÕLITÖÖSTUSE POTENTSIAAL.

OIL YIELD AND OIL PRODUCTION OF THE PRODUCTIVE SEAM OF ESTONIAN DEPOSIT, SHALE OIL RESOURCES IN THE EARTH'S CRUST AND THE POTENTIAL OF THE SHALE-OIL INDUSTRY

Välja nimetus. Deposit	Tootuskihind A-F ₁ . Productive seam A-F ₁				Põlevkiviõli ressurss maapõues mln. t. Shale oil resources in the earth's crust, mio t				Põlevkivitööstuse potentsiaal mln. t. The potential of the shale-oil industry			
	maemassi õlisaagis %, Oil yield from rock, %	põlevkiviõli õlisaagis %, Oil yield from oil shale beds, %	põlevkiviõli õlitootlikkus t/m ² . Oil production from oil shale beds, t/m ²		kokku põlevkivi varus. Total oil content of oil shale reserves	sh. aktiivses põlevkivi varus. Of active oil shale reserves	majanduslikult passiivses varus. Of economically passive reserves	keskkonnakaitselise passiivses varus. Of environmentally passive reserves	Energeetikas kasutatav ressurss mln. t. Resources used in energy production, mio t	sh. aktiivses põlevkivi varus. Of active oil shale reserves	majanduslikult passiivses varus. Of economically passive reserves	kokku. Total
KAEVEVÄLJAD (KV). MINING FIELDS (KV)												
Ahtme	17.4	23.8	0.8		12.8	5.7	0	7.1	0	2.2	0	2.2
Aidu	14.6	19.6	0.71		10.2	9.0	0	1.2	6.3	1.6	0	1.6
Estonia	13.6...15.0	19.9...21.0	0.65...0.73		93.1	79.8	0	13.3	55.9	9.2	0	9.2
Kohtla	16.3	21.4	0.77		4.9	2.0	0	2.9	0	1.2	0	0
Narva	15.1	21.3	0.67		22.0	13.2	0	8.8	13.2	0	0	13.2
Sirgala	16.6	22.8	0.76		45.5	18.4	0	27.1	18.4	0	0	18.4
Sompa	17.7	22.1	0.73		4.9	4.4	0	0.5	0	1.7	0	0
Tammiku	17.4	22.8	0.76		11.0	2.7	0	8.3	0	1.6	0	0
Viru	15.8	21.8	0.72		14.3	11.8	0	2.5	0	1.3	0	0
Kokku.												
Total KV					218.7	147.0	0	71.7	93.8	18.8	0	93.8
UURINGUVÄLJAD (UV). EXPLORATION FIELDS (UV)												
Haljala	13.1...13.9	17.7...18.2	0.50...0.54		81.9	11.3	60.2	10.4	0	5.8	17	22.8
Kabala	12.7...13.8	17.6...18.7	0.46...0.53		21.0	0	0	21	0	0	0	0
Kohala	13.5...13.7	18.3...18.5	0.55...0.59		51.5	1.2	3.4	46.9	4.6	0	0	0
Oandu	12.2...15.3	18.3...21.6	0.47...0.59		67.4	0	63.1	4.3	0	0	20.8	20.8
Ojamaa	15.2...17.8	20.7...23.0	0.73...0.76		25.0	20.5	0	4.5	0	7.9	0	7.9
Pada	13.5...14.0	18.6...19.2	0.53...0.57		17.3	0	14.3	3	0	0	7.3	7.3
Peipsi	8.6...11.7	16.8...18.2	0.44...0.52		88.0	0	55.9	32.1	0	0	18.4	18.4
Permisküla	11.9...15.9	18.1...23.0	0.46...0.65		103.5	4.1	45.1	54.3	0	1.6	14.9	16.5
Puhatu	12.6...15.5	19.9...22.7	0.56...0.71		102.3	36.5	3.3	62.5	0	14.1	1.1	15.2
Põhja-Kiviõli	12.8	19.5	0.59		7.8	6.1	0	1.7	0	3.6	0	3.6
Seli	12.1...13.9	19.2...21.3	0.51...0.58		50.6	12.0	27.0	11.6	0	4.6	8.9	13.5
Sonda	12.9...14.8	18.3...20.1	0.44...0.59		98.8	20.6	61.9	16.3	0	7.9	20.4	28.3
Uljaste	14.8	20.6	0.67		16.3	7.2	0	9.1	0	4.3	0	4.3
Uus-Kiviõli	15.0...15.7	19.9...21.5	0.66...0.69		43.3	43.0	0	0.3	0	16.6	0	16.6
Kokku.												
Total UV					774.7	162.5	334.2	278	4.6	66.4	108.8	175.2
Kokku.												
Total KV+UV					993.4	309.5	334.2	349.7	98.4	85.2	108.8	194

24 % ning uuringuväljadel – 19... 23 %. Seega võib arvata, et aktiivse põlevkivivaru termilisel töötlemisel kasutusel olevate utmistehnoloogiatega võib tööstuslik õlisaagis ulatuda vähemalt 70 %-ni laboratoorsest õlisaagisest.

Majanduslikult passiivse varu osas on laboratoorne õlisaagis põlevkivikihtidest madalam – 17...20 %. Sellise madalama kvaliteediga põlevkivi ettevalmistamisel utmiseks võivad tekkida lisakaod ja ka tööstuslik õlisaagis võib

osutada madalamaks kui 70 %. Seoses sellega kasutati õlitööstuse potentsiaali arvestamiseks passiivsest varust tegurit 0,6.

Põlevkiviõlitööstuse potentsiaal riiklikus maavaravarude bilansis arvel olevas aktiivse põlevkivivaru osas moodustab 85,2 mln. t, majanduslikult passiivse varu osas – 108,8 mln. t, kokku 194 mln. t põlevkiviõli, mis annab vaid 19,5 % Eesti põlevkivi-maardla põlevkiviõli ressurssist maa-

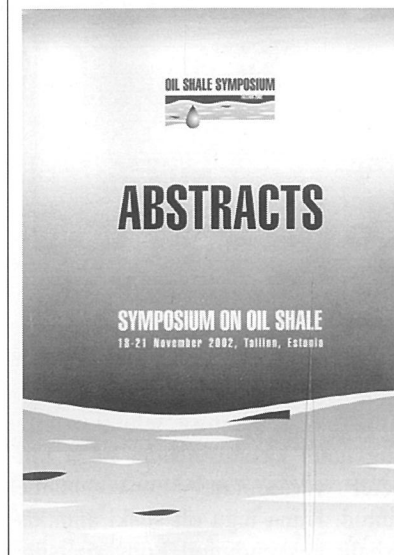
põues (tabel 3, joonis 6).

Seega Eesti põlevkivimaardla põlevkiviõli ehk "tehisnafta" on koguse poolest võrreldav (naftamaardlate klassifikatsiooni järgi) suure naftamaardlaga. Õlitööstuse potentsiaal on võimalik vajaduse korral keskkonnakaitseliste alade piiride muutumisega, uute kaevandamisviiside või utmisseadmete rakendamise alati ümber arvutada nii mingi üksiku ala kui kogu leiukoha kohta.

Kasutatud kirjandus

1. Aarna, A., Õpik, I., 1984. Utilization of oil shale in the Estonian SSR. – Oil Shale, 1, 1, 7–15. (in Russian, summary in English)
2. Barbiroli, G., Mazzaracchio, P., 1995. Synthetic fuel technologies as strategic pathways. – Energy Sources, 17, 5, 595–604.
3. Dunkan, D., Swanson, V., 1965. Organic-rich shale of the United States and World Land Areas. – United States Geological Survey Circular, 1-523.
4. Efimov, V., Dojlov, S., Lööper, R., Kundel, H., 1984. Oil shale as technological feedstock for liquid production. In: 27th International Geological Congress, Moscow. Vol. 7, 160–161.
5. Kattai, V., 1991. Ispol'zovanie metoda korreljatsii – put' k sokraščeniju objomov laboratornyh issledovaniy gorjučih slancev. V kn.: Prime-nenie 'EVM pri rešenii zadač geologii poleznyh iskopaemyh. Tallinn, 81–93.
6. Kattai, V., Saadre, T., Savitski, L., 2000. Eesti põlevkivi (geoloogia, ressurss, kaevandamistingimused). Tallinn, 226 lk.
7. Maapõueseadus ja selle rakendamise õigusaktid, 1996. Tallinn, 227 lk.
8. Maremäe, E. M. 1988. Utilization of Estonian Alum Shale in the national economy. – Oil Shale, 5, 4, 407–417. (in Russian, summary in English)
9. Petersell, V., 1997. Dictyonema argillite. In: Geology and mineral resources of Estonia. Tallinn, 327–331.
10. Schlatter, L., 1970. Opredelenie, obrazovanie i klassifikatsija gorjučih slancev. V kn. Razrabotka i ispol'zovanie zapasov gorjučih slancev. Tallinn, Valgus, 161–166.
11. Zelenin, N., Ozerov, I., 1983. Spravočnik po gorjučim slancam. Moskva, Nedra, 248 str.
12. Tšerepovskij, V. (red.), 1988. Mes-toroždenija gorjučih slancev mira. Moskva, Nauka, 263 str.
13. Utilization of oil shale progress and prospects, 1967. Department of Economic and Social Affairs. United Nations. New York.
14. Õpik, I., 1982. Sovremennoe sostojanie mirovyh resursov gorjučih slancev i proekty ih ispol'zovaniya. – Izv. AN ESSR, Geol., 31, 2, 42–55.
15. Lippmaa, E., Maremäe, E. 1999. Dictyonema shale and uranium processing at Sillamäe. – Oil Shale, 291–301.

DECLARATION OF THE OIL SHALE SYMPOSIUM, Tallinn, Estonia



The Symposium was attended by 230 participants from 13 countries. In plenary sessions and sections 41 presentations were given and 35 posters were presented.

Oil shale deposits range from early Palaeozoic to Cenozoic in age and are found in many parts of the world. Several countries, including Canada, USA, Scotland, Spain, Sweden, France, Australia, Jordan and South Africa, have had notable oil shale industries in the past, but these have been closed for economic reasons. The total world resources of oil shale are estimated at over 10¹³ tonnes. Oil shale resources are also quite big in Estonia and so it is understandable that the first international oil shale symposium in 1968 and the second one in 2002 took place in Estonia. Estonian oil shale has been used for the production of power, shale oil, gas and chemicals. The utilisation of oil shale and the insuffi-

cient efficiency in power and shale oil production are connected with big losses in the mining and enrichment of oil shale and the use of outdated technologies, accompanied by damage to the environment. Soon, and especially after its accession to the EU, Estonia will need to restructure its oil-shale industry.

Hopefully Estonia's experiment in oil-shale industry will be of interest to the world community. Research and development show that by implementing new technologies (for example, circulating fluidised bed combustion) it is possible to increase significantly the energy efficiency of oil shale use and to reduce environmental impacts. It is also necessary to develop research and development on the structure of the organic matter of oil shale as well as on the production of liquid and gaseous products with improved properties.

In view of the great resources of oil shale in the world and its future prospects, we should develop international co-operation to exchange advanced oil-shale know-how between countries. The Symposium decided that symposiums on oil shale will become regular and will be held every 4 years, whereas the venue will be determined by the organising committee on the basis of competition, and the members of the organising committee will be invited from the countries taking part in the corresponding Symposium.

The participants in this Symposium would like to thank the organisers of the Symposium:

Tallinn Technical University
Estonian Academy of Sciences

Väärastatud puitkütuste kasutamine keskkütesüsteemides

Baltic 21 projekt Rootsikese keskkonnatehnoloogiate siire Eestisse käigus korraldas Sihtasutus Regionaalsed Energiakeskused. (SA REK) kaks seminari Väärastatud puitkütuste kasutamine keskkütesüsteemides ja jagas osavõtjatele samanimelise käsiraamatu.

Informatsioon käsiraamatu kohta:
Aare Vabamägi, aareva@estpak.ee.