

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
MÄEINSTITUUT

Enno Reinsalu

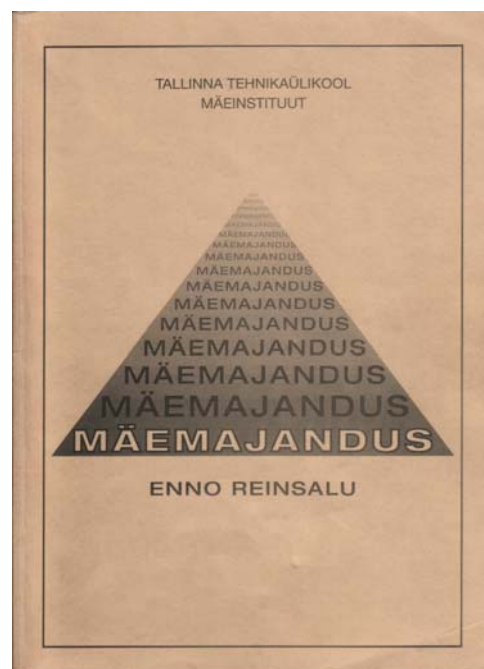
# MÄE MAJANDUS

Parandatud ja kommenteeritud  
elektrooniline teavik

Tallinn 2008

ISBN 978-9949-430-13-0 (online)  
ISBN 978-9949-430-14-7 (CD-ROM)

Elektronkataloog <http://ester.nlib.ee>



Trükis

1998

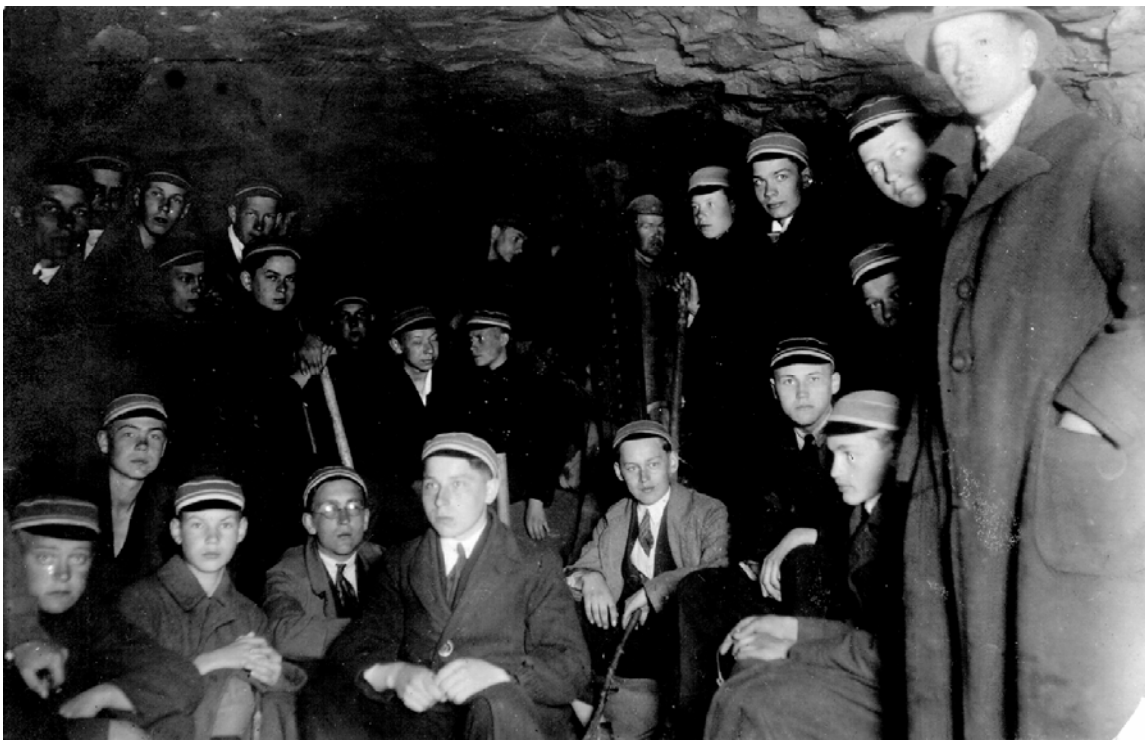
## **PÜHENDATUD EESTI MÄEINSENERI KARL FELDWEBERI MÄLESTUSELE**

### **KES TA OLI ?**

*Karl August Feldweber sündis 4. detsembril 1897 Valgamaal taluniku peres. 1915. aastal astus ta Peterburi Mäeinstituuti, kus tema õpingud katkesid suurte segaduste tõttu Venemaal. Järgmisteks õppeasutusteks olid Glasgow Royal Technical College ja Glasgow Ülikool, mille Karl August lõpetas 1922. a novembris bakalaureuse kraadiga. Aastatel 1923...1934 oli Karl August Feldweber Riigi Põlevkivitööstuse Kukuruse kaevanduse juhataja. 1934...1937 ja 1938...1940 töötas ta Tallinnas mitmel erialasel ametikohal, kusjuures 1937...1938 projekteeris firmale New Consolidated Gold Fields Ltd. Kohtla põlevkivikaevanduse, olles ühtlasi selle juhataja. Juulis 1937 võeti ta tööle Eesti Loodusressursside Instituuti. Aastatel 1940...1941 pidi Karl August Feldweber töötama Kiviõli kaevanduses peainsenerina. 1941...1944 oli ta Tallinna Tööstusinstituudi geoloogilise osakonna juhataja. 1944. aastal Feldweberite perekond emigreerus. USA-s Californias Karl Tanneri nime all elades kvalifitseerus ta teedeinseneriks. Karl Feldweber-Tanner suri 14. novembril 1983.*

*Karl Feldweber ei olnud teadlane nagu Eesti esimese iseseisvuse aegsed tuntumad mäemehed Jaan Kark ja Artur Linholm-Linari. Ta oli insener. Siiski on ta väärt pühendust vähemalt kahel põhjusel. Esiteks luges ta 1938...1940 ja 1941...1944 Tallinna Tehnikaülikoolis mäemajanduse kursust, olles seega meie esimene selle eriala õppejõud, ja teiseks, oreool, mis tema isiksust meie perekonnas ümbritses, oli kaalukas põhjus, miks autorist sai mäemees.*

**Autor**



Karl August Feldweber huvilistega põlevkivikaevanduses 1925. aasta mais

**ESSÕNA ELEKTROONILISELE TEAVIKULE**

See on minu 1998. a ilmunud monograafilise õpiku MÄEMAJANDUS parandatud ja kommenteeritud digitaalversioon, elektrooniline teavik. Teksti ei ole palju muudetud ega kärbitud, mis tähendab, et lugedes ei tohi unustada, et kirjutatud on ikkagi läinud sajandi üheksakümnendate aastate keskel. Allmärkustes olen siiski väga aegunud fakte, asjaolud ja arvused täpsustanud ning kommenteerinud. Leitud trükivigu ja faktivääratusi, samuti 1998. a trükisesse sattunud üksikuid vigaseid mõisteid olen jõudumööda parandatud.

Tegemist on digiteavikuga, st ta sisaldab hulganisti hüperlinke ja ristviiteid, mis tõstavad materjali käitlemise kiirust. Proovige neid, alates sisukorrast ja näete, kui mugav see on...

Autor <http://maavara.blogspot.com/>

**SISUKORD**

1.	MÄENDUSRESSURSID JA KAEVANDAMISKULU.....	5
1.1.	LOODUSVARAD.....	5
1.1.1.	MAAVARA .....	5
1.1.2.	MAAVARADE ESINEMINE .....	11
1.1.3.	MAAVARAVARU .....	14
1.1.4.	KAASNEVAD MAARDED JA KATTUVAD MAARDLAD .....	17
1.1.5.	MÄENDUSTINGIMUSED .....	19
1.1.6.	MÄENDUSTINGIMUSTE ARVESTAMINE MAJANDUSARVUTUSTES .....	26
1.1.7.	MAAVARA KADU .....	28
1.1.8.	MÄENDUSLIK MAAKASUTUS.....	30
1.1.9.	KESKKONNAKASUTUSE MAKSUSTAMINE.....	33
1.1.10.	MÄENDUSLIK VEEKASUTUS.....	34
1.1.11.	MÄENDUSLIK ÕHUKASUTUS .....	36
1.1.12.	JÄÄTMETE MAKSUSTAMINE .....	36
1.1.13.	KAEVANDAMISÕIGUSE TASU.....	37
1.1.14.	REGULEERIVA LOODUSVARAMAKSU SEADMINE.....	37
1.1.15.	KONTROLLKÜSIMUSED.....	39
1.2.	TÖÖJÕUD.....	39
1.2.1.	MÄETÖÖ TINGIMUSED.....	39
1.2.2.	MÄETÖÖLISTE KUTSESOBIVUS .....	41
1.2.3.	MÄETÖÖ KORRALDAMISE ÜLDMÕISTED.....	41
1.2.4.	MÄETÖÖ TASUSTAMISE ALUSED .....	43
1.2.5.	TÖÖKULUD.....	45
1.2.6.	KONTROLLKÜSIMUSED .....	47
1.3.	TOOTMISVAHENDID JA ENERGIA.....	47
1.3.1.	KAEVANDUSEHITISED (KARJÄÄRIEHITISED).....	47
1.3.2.	EHITISTE MAKSUMUS.....	48
1.3.3.	MÄESEADMED .....	49
1.3.4.	MÄEMASINAD.....	49
1.3.5.	MASINATE JA SEADMETE HIND .....	50
1.3.6.	MASINA SOETUSMAKSUMUSE MÄÄRAMINE .....	51
1.3.7.	MASINAKULUD .....	52
1.3.8.	MASINATUNNI MAKSUMUSE ARVUTUS .....	55
1.3.9.	ENERGIAKANDURID JA NENDE MAKSUMUS.....	55
1.3.10.	JAOSKONNA KAEVANDAMIS- JA KAPITALIKULU ARVUTUS.....	60
1.3.11.	MUUTUV- JA PÜSIKULUD .....	63
1.3.12.	KONTROLLKÜSIMUSED.....	66
2.	MÄETÖÖSTUSE KORRALDUS.....	67
2.1.	MÄETÖÖSTUSE JUHTIMINE .....	67
2.1.1.	MÄESEADUSED .....	67
2.1.2.	EESTI VABARIIGI MAAPÕUESEADUS .....	70
2.1.3.	EESTI MÄETÖÖSTUST KORRALDAVAD AKTID .....	73
2.1.4.	MÄETÖÖSTUST KORRALDAVAD ASUTUSED .....	74
2.1.5.	KONTROLLKÜSIMUSED .....	76
2.2.	MAARDLATE RAJONEERIMINE .....	76
2.2.1.	RAJONEERIMISE ALUSED.....	76
2.2.2.	TEHNOLOOGILINE RAJONEERIMINE .....	77

2.2.3.	MÄEAMAJANDUSLIK RAJONEERIMINE .....	78
2.2.4.	KONTROLLKÜSIMUSED .....	79
2.3.	ETTEVÖTTE ASUTAMINE .....	79
2.3.1.	ETTEVÖTTE ASUTAMISE RESSURSSOLOOGILISED EELDUSED .....	79
2.3.2.	MAAVARA KASUTUSÕIGUSE HANKIMINE .....	81
2.3.3.	ETTEVÖTTE PROJEKTEERIMISE KORRALDAMINE .....	82
2.3.4.	ETTEVÖTTE EHITAMISE KORRALDAMINE .....	82
2.3.5.	ETTEVÖTTE SULGEMINE .....	83
2.3.6.	KONTROLLKÜSIMUSED .....	84
2.4.	KAEVANDAMISE KORRALDAMINE .....	84
2.4.1.	KAEVEVÄLJA AVAMISKORRA VALIK .....	84
2.4.2.	MAAVARAVARU BILANSS .....	88
2.4.3.	TOODANGU BILANSS .....	90
2.4.4.	KONTROLLKÜSIMUSED .....	91
2.5.	MÄEETTEVÖTTE TOODANGU KVALITEEDIJUHTIMINE .....	92
2.5.1.	KVALITEEDI MÕISTE JA TUNNUSED MÄENDUSES .....	92
2.5.2.	KAEVISE KVALITEEDIJUHTIMINE .....	95
2.5.3.	KAUBA KVALITEEDIJUHTIMINE .....	97
2.5.4.	KONTROLLKÜSIMUSED .....	101
3.	MÄETÖÖSTUSE TÕHUSUSE HINDAMINE .....	102
3.1.	MÄEPROJEKTIDE HINDAMINE .....	102
3.1.1.	TASUVUSUURING .....	102
3.1.2.	KESKKONNAEKSPERTIIS .....	103
3.1.3.	MÜÜGI HINDAMINE .....	103
3.1.4.	MÄEETTEVÖTTE TOODANGU HIND JA KVALITEET .....	106
3.1.5.	MAJANDUSTEGEVUSE BILANSS .....	112
3.1.6.	TULUKUSE SISENORMI HINDAMINE .....	114
3.1.7.	KONTROLLKÜSIMUSED .....	115
3.2.	OPTIMEERIMINE .....	116
3.2.1.	LIHSAD OPTIMEERIMISÜLESANDED MÄENDUSES .....	116
3.2.2.	KRITEERIUMID .....	118
3.2.3.	LINEAARPLAANIMISE ÜLESANDED MÄENDUSES .....	119
3.2.4.	KONTROLLKÜSIMUSED .....	122
4.	EESTI MÄETÖÖSTUS .....	123
4.1.	MAAVARAD JA MAARDLAD .....	123
4.2.	MÄENDUSE ALGUSEST MAAILMAS JA EESTIS .....	125
4.3.	PÕLEVKIVITÖÖSTUS .....	129
4.4.	FOSFORIIDITÖÖSTUS .....	133
4.5.	PAE MURDMINE JA KAEVANDAMINE .....	135
4.6.	SAVI KAEVANDAMINE .....	137
4.7.	LIIVA KAEVANDAMINE .....	137
4.8.	MUUDE MAAVARADE KAEVANDAMINE .....	137
5.	ÜLESANDED JA HARJUTUSED .....	140
5.1.	MÄENDUSRESSURSID JA KAEVANDAMISKULU .....	140
5.2.	MÄETÖÖSTUSE KORRALDUS .....	146
5.3.	MÄETÖÖSTUSE TÕHUSUSE HINDAMINE .....	147
6.	KASUTATUD JA SOOVITATAV KIRJANDUS .....	151
7.	MÕISTETE REGISTER .....	153

## SISSEJUHATUS

Mäetööstus on ürgtootva (hankiva) tööstuse osa, mis tegeleb mineraalse toorme hankimisega ehk **maavara kaevandamisega**<sup>1</sup>. Mäetööstuse tehnoloogia on **mäendus** ja selle majandus **mäemajandus**. Mäenduse alla kuuluvad maapõue tehniliste omaduste ja maavarade uurimine ning maavarade kaevandamine ja rikastamine. Mäenduse alla kuulub maavarade kaevandamise kõrval ka allmaaehitiste rajamine.

Üldsus seob maavarade otsimise peamiselt geoloogidega. Siinkohal on vara tuua põhjendusi, miks geoloogia kõige insenerlikum haru, **rakendusgeoloogia**, kuulub sama palju mäendusse kui geoloogiasse. Alljärgnevalt leiab lugeja veenvaid näiteid, et maapõue uurimine ja kasutamine on mäemajanduse raames lahutamatu seotud.

<b>Mäemajandus hõlmab maavarade uurimist, kaevandamist ja rikastamist</b> <sup>2</sup>
--

Kui allmaaehitiste rajamine pole seotud maavarade kaevandamisega, siis on mäemajanduse meetoditest kasu ehitise tasuvusuuringute tegemisel, ehituskulude määramisel jm.

Raamatu kirjutamisel oli autoril eeskujuks klassikalise saksa-austria koolkonna kapitaalne teos **Bergwirtschaft**, täpsemalt selle esimese köite esimene professor Günter B. Fettweisi kirjutatud osa (**Fettweis, 1990**). Siiski erineb järgnev klassikalisest mäemajandusest selle poolest, et autor tugineb Eestile omaste **lavamaardlate** kaevandamise kogemustele.

Raamat koosneb kolmest osast. Esimene, **mäendusressursid ja kaevandamiskulu**, annab erialalisi majandusteadmisi mäenduse kõrghariduse mahus. Teine osa, **mäetööstuse korraldamine**, selgitab mäendusettevõtluse aluseid nii kõrghariduse kui ka akadeemilise õppe mahus. Kolmas osa, **mäetööstuse tõhususe hindamine**, käsitleb peamiselt projektide põhjendamist ning hindamist ja kuulub mäenduse kraadiõppe raudvarasse. Kui mõni alapealkiri ei ole tavapäraselt poolpaksus kirjas, siis pole tegemist kõrghariduse õppekava kohustusliku osaga. Raamatu neljas osa, **eesti mäetööstus**, on üldhariv. Lõppu on lisatud asjakohaseid ülesandeid, mida autor on tavatsenud üliõpilastele kodutööks ja eksameil anda.

Peaks olema vabandata, et see, mis on kirjutatud eesti mäetööstuse korralduse ja juhtimise kohta, iseloomustab aega, millal käsikiri trüki läks. Ka peaks olema vabandata, et mõnigi kord on autor pidanud võimalikuks esitada uitmõtteid, vaieldavaid seisukohti või asju, mis ei kuulu tõsiteaduse hulka ja mida ei pruugi tõena võtta. Sel juhul on kasutatud väiksemat kirja.

Loomulikult poleks autor kirjutamisega hakkama saanud, kui teda poleks nõu ja jõuga toetanud kõik mäemehed ja geoloogid, kelle südameasjaks on mäenduse õpetamine ja arendamine Eestis. Eriline tänu kuulub aga autori abikaasale, kes suhtus piisava mõistlikkusega oma mehe pikkadesse dialoogidesse arvatiga. Tänu ka neile, kes mõtlesid välja sülearvuti, ja Juhan Nurmele, kes keelekasutust kohendas.

Raamat ilmus trükist Eesti Teaduste Akadeemia 1997. aasta eritoetusega. Elektrooniline teavik ilmus autori initsiatiivil, toetusena.

---

<sup>1</sup> Tekstis aeg-ajalt ette tulevad poolpaksus püstkirjas trükitud sõnad on raamatu lõpus olevas registris.

<sup>2</sup> Siin ja edaspidi peaksid väiteid ümbritsevad raamid üliõpilaste tähelepanu juhtima mäemajanduse eriti olulistele seisukohtadele.

## 1. MÄENDUSRESSURSID JA KAEVANDAMISKULU

### 1.1. LOODUSVARAD

#### 1.1.1. MAAVARA

Majandustegevuse üldisi seaduspärasusi uurides ja seletades eeldatakse, et tootmisel on kolm peamist ressursi: loodusvara, tööjõud ja kapital. Võtkem see aluseks ja alustagem loodusvarast. Mäenduse objekt on mulla ja pinnavee all asuv maapõu ning loodusvara on maavara.

#### Maapõu on inimtegevuseks kättesaadav maakoore ülaosa

70-ndail aastail hakkasid Venemaal maapõue kaitsega tegelevad ringkonnad nimetama maapõue peenutsevalt geoloogiliseks keskkonnaks. Praegu seda enam ei tehta. Geoloogiaalases kirjanduses ja geoloogide kõnepruugis on rahvapärase maapõue samasõnaks litosfäär.

Maapõuest murtakse ehituskivi, võetakse turvast, liiva, kruusa, savi, kaevandatakse põlevkivi, kivisütt, raua- ja teiste metallide maake, samuti fosforiiti, apatiiti, soola, vääriskive jne. Maa seest pumbatakse vett ja õli, lastakse välja maagaasi ja veeauru, vee alt ammutatakse liiva, muda, maake. Kõige jaoks, mida inimesed hangivad maapõuest majandustegevuse tarbeks, kasutagem üldnimetust maare. Kui maaret on palju ja sellise kvaliteediga, et maarde kasutamisel on majanduslik tähtsus, teisisõnu, kui maaret on tulus kasutada laiemalt kui oma majapidamise tarbeks, siis võetakse ta (riigi, üldrahvaliku) ressursina arvele ja sel juhul kasutagem sõna maavara. Kõigist maapõue osistest, mille kohta võib kasutada sõna maare, eristab maavara asjaolu, et maavaral on konkreetne tarbimisväärtus, ta on ühiskondlikult (rahvamajanduslikult) kasulik.

Seda vahet kajastab ka sõnade **maare** ja **maavara** tuletamine. Maare on tulnud sõnadest "**maa aare**" ja on seetõttu ilus sõna. Maavara teine pool, **vara**, on üldtuntud termini kapital eestikeelne vaste, mis annab maavarale selgepiirilise majandustähenduse.

Varem kasutati tõlkelaenuna vene keelest tulnud sõnapaari kasulik kaevis. Raamatus kasutan sedagi mõistet, kuid mitte maavara samasõnana. Sõna **kaevis** ilma lisandita kasulik tähendab mäenduses igasugust kaevandamise käigus maapõuest lahti murtud (raimatud) ja teiselaldatud kivimit või materjali. Põlevkivikaevandustes nimetatakse kaevist venepäraselt mäemassiks.

#### Maavara on maapõues leiduv kivim, mineraal, vedelik, gaas või orgaaniline aine, mille kaevandamine on majanduslikult kasulik ja mis seetõttu on ressursina arvel

Alati ei peeta praktikas sellest mäemajanduse seisukohalt tehtud määratlusest kinni. Näiteks Eesti Geoloogiakeskuse Eesti maapõuerikkusi tutvustav raamat (**Raudsep, 1993**) käsitleb maavarade seas ka selliseid eksootilisi maardeid nagu kuld, hõbe, plaatina jne.

Loomulikult ei ole esitatud maavara määratlus kõigi jaoks küllalt ühemõtteline ja piisav. Elus võib iga maa osis kasulikuks osutada, kas või kivi et koera peletada. Oma maa seest tohib igaüks liiva ja kruusa võtta, et endale teed rajada, ja kivi murda, et maja ehitada. Selline tegevus on majanduslikult kasulik, kuid ei anna veel kaevistele (liivale, kruusale, paele) maavara tähendust. Üksikisiku või pere majandamine ei ole äritegevus ega tähenda kasulikkust rahvamajanduse seisukohalt. Maarded omandavad maavara staatuse alles siis, kui nende omadused, kogus ja asukoht vastavad rahvamajanduse poolt seatud nõuetele. Kui ei vasta ja kui antud kohal ei ole kivile, liivale, kruusale jne omistatud maavara staatust, siis on seega<sup>1</sup>.

#### Maa-aines on kaevis või maare, mida kasutatakse ja võidakse ka kaubastada, kuid mis omaduste, koguse või uurituse poolest ei vasta maavarale kui rahvuslikule ressursile esitatavatele nõuetele

See, et maavara peab vastama etteantud nõuetele (inglise ja vene keeles konditsioonidele), on tema tingimuslik määrang. Peale selle esineb seadusandlikes aktides veel teine nn nomenklatuurne määrang, mille kohaselt maavarad pannakse paika nimekirja alusel. Eesti Vabariigi mäeseaduses (1927) oli järgmine maavarade nimekiri (kirjaviis muutmata): "...marmor, dolomiit, tulekindel savi, kips, metallid, metalli- ja värvimullad, soolad, vosvoriit, õlikivi, nafta ja loomulikud gaasid".

<sup>1</sup> Alates 2005. aastast, seoses uue maapõueseadusega kadus **maa-aines** juriidilise mõistena käibelt. Uue maapõueseaduse ideoloogia kohaselt on maavara mistahes kaevandamisväärne maapõue loodustekkeline osis.

Tähelepanelik lugeja märkas, et EV 1927. a mäeseaduses ei olnud maavarade seas lubjakivi ega liiva. Arvukad kivimurrud ja liivaaugud ei kuulunud siis kaevanduste kategooriasse ega käinud mäeseaduse alla.

Ka Eesti Vabariigi maapõueseadus (1994) kasutab nomenklatuurset määrangut, mille kohaselt loetakse maavaradeks (kirjaviisi muutmata) “dolomiidi, fosforiidi, järvelubja, järvemuda, kristalliinse ehituskivi, kruusa, liiva, lubjakivi, meremuda, põlevkivi, savi ja turba lasundit...”. Kui maavara ei peaks vastama majandusnõuetele, võiks nomenklatuurse määratluse alusel lugeda maavaraks kogu Põhja-Eesti maapõue, kus on kõikjal lubjakivi, fosforiidi, põlevkivi, dolomiidi jms lasundid. Seepärast, osaliselt ka autori seisukohti arvestades, on nüüdses Eesti Vabariigi maapõueseaduses maavarade loetelule lisatud täpsustus: “...mis on arvele võetud riigi maavarade registris.” Kuna maavarade registrisse võetakse maavaralasuandid, mis vastavad majandusnõuetele, siis sellega on kompromiss tingimusliku ja nomenklatuurse määrangu vahel saavutatud.

Tegelikult ei piisa maavara kui majandustegevuse jaoks vajaliku ressursi arvele võtmiseks ja/ehk registrisse kandmiseks sellest, et ta on maavarade nimistus, ega ka sellest, et maavara omadused ja kogus vastavad etteantud nõuetele. Oluline on veel, et maare oleks kaevandatav ja mitte ainult mäetehniliselt. Mäetehniliselt määravad kaevandatavuse mäendustingimused (maavara lasumus, mehaanilised omadused jne). Peale mäetehniliste võimaluste määrab maavara kaevandatavuse tema paiknemine, s.t maavaralasuandi kaugus tarbijatest, teedest, sadamatest, asulatest jne.

Nomenklatuurse määratlemise traditsioon lähtub Hispaania ajaloolisest mäeseadusest, millega kuningas kassa täitmise huvides kuulutas maapõues olevad metallid, eriti kulla ja hõbeda kuninga, mitte maaomaniku (vasalli) omandiks. Neid maavarasid võis igaüks otsida ja nende leidjatele ning töötlejatele andis mäeseadus privileege maaomanike ees. Põhimõtteliselt samast ideest lähtuvad ka kehtivad ning aeg-ajalt uuendatavad Mandri-Euroopa mäeseadused, ka Eesti 1927. a mäeseadus ja 1994. a maapõueseadus. Ühiskonna ja riigi huvides kuulutatakse tähtsamad maavarad ühiskonna (riigi) omandiks (ressursiks), üldiseks asjaks. Kulla, hõbeda ja muude metallide asemel on Eesti maavaradeks palju proosalisemad kivimid ja setted. Mäeseadustest tuleb juttu hiljem (p 2.1.1).

Tuleb silmas pidada, et Eestis ei ole muld (huumusmuld) maavara. Ta ei ole sellena arvel. Kui mulda võetakse (võtmine ei ole kaevandamine) müügiks või töötlemiseks, võib ta saada maa-ainese staatuse<sup>1</sup>, kuid ka siis tuleb arvestada huumusmulda käsitlevate normatiivaktidega. Huumusmulla eristaatust põhjendatakse tema tähtsusega eluslooduses, teataval määral tuleneb see ka Eesti agraarajaloolisest ja -poliitilisest taustast.

Jääke ja jäätmeid näiteks suletud kaevanduste rikastusjääke, elektri jaama ja mineraaltooret töötlevate tehaste tuhka, rikastamisetteid (hiiba, muda) jne võib käsitleda maa-ainesena, kui neid kaevandatakse ja/või töödeldakse. Vajaduse korral võidakse jäätmed isegi maavarana arvele võtta<sup>2</sup>.

Maavara võib olla vedel näiteks (maa)õli ehk nafta ja (maa)gaasikondensaat ning gaasiline. Samas põhjavesi, isegi mineraalvesi, ei ole maavara, kuigi geoloogide ringkondades peetakse seda maardeks. Eesti mäeseaduses põhjavett ei käsitletud. Eesti maapõueseadus mainib vaid, et põhjavesi on maapõue loodusvara. Kogu vesi käib Eesti Vabariigi veeseaduse alla. Peamiseks põhjuseks, miks vesi pole maavara, on pinna- ja põhjavee piiritlemise ning maapõues sisalduva ja liikuva vee kuuluvuse problemaatilisus. Raske on liikuvat põhjavett kuulutada riigi või maaomaniku omandiks. Põhjaveevaru määramise ja kontrollimise meetodid, tema võtmise ja kasutamise viisid ei leia käsitlemist klassikalises mäenduses. Samas on teada, kuidas õli ja maagaasi varu arvele võetakse, kasutatakse ja kontrollitakse. Põhjavee käsitlemine maavaradest eraldi on mingil määral tingitud nõukogude ajast pärit ametkondlikust huvitatusest.

Maapõuesoojus ei ole maavara, kuigi selle kasutamine seal, kus ta on kättesaadav, on majanduslikult otstarbekas.

Maarded ja maavarad ei pruugi olla ainult tahked, vedelad ja gaasilised. On ka vahepealseid vorme näiteks muda.

---

<sup>1</sup> Kuigi vana maapõueseaduse **maa-aines** on müügikõlblikkuse puhul maavara, ei tohiks mulda siiski tavapäraste maavarade ritta seada. Muld on Eestis inimtekkeline, kauaaegse maaviljeluse produkt ja seega mitte klassikaline loodusvara.

<sup>2</sup> Ka nende inimtekkeliste ainete puhul võib kasutada mõistet **maavara**, kuid samasuguse ettevaatusega kui mulla puhul.

### **Maavarade (maarete) klassid**

- Põlevmaavarad, mida nimetatakse ka energeetilisteks maavaradeks (toormeks), on kivisüsi, pruunsüsi (ligniit), õli, maagaas, turvas, põlevkivi; kaks viimast on Eesti maavarad. Maardeilmingutena esineb Eestis õli mitmesuguseid vorme ja maagaasi.
- Mineraalsed looduslikud ehitusmaterjalid ehk lihtsalt ehitusmaterjalid moodustavad kõige liigirohkema maavarade klassi. Eestis kuuluvad siia paekivi, s.t lubjakivi ja dolomiit ning nende ülemineku- ja vahevormid, samuti liiv, kruus, kruusliiv, savi ja kristalliline ehituskivi ehk tavakeeles graniit; Eestis oli Tartu rahu järgsetes piirides veel kipsi Irboska lähistel ja diatomiiti Tõrvalas Narva jõe ääres.
- Maagid on metallide toore; praktikas tuleb ette, et maagiks nimetatakse ka mittemetallset maaret näiteks fosforiiti. Eestis on ainukeseks selle klassi arvestatavaks maardeks Jõhvi magnetilise anomaalia piirkonna rauamaak.
- Keemiline toore - sool, apatiit, fosforiit ja palju muud. Eestis on peamine selle klassi maare fosforiit, tinglikult võib sellesse klassi lugeda ka siin-seal leiduva keemiliselt puhta lubjakivi.
- Muud maavarad on näiteks vääriskivid, vääriskaasid, Eestis mudad ja järvekriit, maardena ka värvimuld (rauaooker).

Kuna maavara oluline omadus on tema tarbimisväärtus, siis liigitatakse maavarasid tihti kasutusala järgi (Tabel 1.1). Kommentaariks niipalju, et mõne maare näiteks lubjakivi, liiva ja savi liigitamise aluseks ei ole iga kord tema omadused, vaid see, milleks teda kasutatakse. Tüüpiliseks näiteks on Kunda tsemendilubjakivi ja savi. Kui vaja, võib neid maavarasid kasutada ka muuks otstarbeks kui tsemendi tootmine. Ja vastupidi, tsementi võib teha ka Aseri tehase juures keraamilise savi nime all arvele võetud kuid sama lasundi savist. Kui liigitamise aluseks on tööpoolest antud maavara eriomadused nii nagu klaasiliival või puhtal tehnoloogilisel lubjakivil, siis nõuab liigitus ka maavara sihipärast kasutamist.

Tutvudes järgneva tabeliga, tekib küsimus, mis määrab maare kuulumise mingi maavaraliigi näiteks tsemendilubjakivi hulka. Tavaline vastus on, et igale kindlale maavarale kui toormele (kütusele) esitatavad nõuded. Tsemendilubjakivile esitatavad nõuded lähtuvad tsemendi valmistamise tehnoloogiast. Kui lubjakivi vastab tsemenditööstuse nõuetele, siis võetakse ta arvele kui tsemendilubjakivi. Põhimõtteliselt on selline lähenemine õige. Loomulikult peab maavara uurivale geoloogiaettevõttele (geoloogile) esitama nõuded ettevõtte (tööstur), kes tooret vajab. Vaid tööstusringkonnas ollakse suutelised õigesti koostama nõudeid, mille kohaselt maavara kaevandamine ja kasutamine on majanduslikult tõhus (efektiivne, kasulik, tulus).

Kuna viimasel viiekümnel aastal kuulus kogu tööstus riigile, siis kehtestas nõuded maavara tarbiva tööstuse ministereerium. Ka geoloogiaettevõtte, maapõu ja maavara kuulusid riigile, seepärast kehtestati nõuded riigiasutuste tasandil. Sellest juurdus arvamus, et nii peabki olema. See pole hea, sest endisaegsele tehnoloogiale ja majandusele vastavaid nõudeid ja maavarade liigitust kiputakse võtma jäigalt. Vaatamata sellele et paljudel juhtudel, kui nõuded olid välja töötatud või kujunenud tehnoloogiliste kogemuste ja katsetuste alusel, olid nad piisavalt põhjendatud, on siiski õigem, et iga konkreetse maavara liigile toimub nõuete seadmine ja põhjendamine lähteülesande alusel, mille koostab maavara kaevandamisõigust taotlev ettevõtte. Üksikasjadesse laskumata ja põhjendusi toomata toon näiteks mõningad nõuded, mida Eestis esitatakse paele (Tabel 1.2, Tabel 1.3) vastavalt maavara geoloogilise uuringu läbiviimise ja maavaravarude kinnitamise korrale. Tabel 1.4 on fosforiidile esitatud nõuded ja Tabel 1.5 nõuded põlevkivile kui maavarale.

Harjutusi vt ÜLESANDED JA HARJUTUSED 1...5.



Tabel 1.1 EESTI MAAVARAD JA MAARDED

Klass	Nimetus	Liik, peamine kasutusala
Põlevad	Põlevkivi	Kütus ja õlitoore
	Turvas	Kütte- ja väetusturvas
Ehitusmaterjalid	Lubjakivi	Tsemendilubjakivi Põletuslubjakivi (lubja toore) Ehituslubjakivi (-paekivi)
	Dolomiit	Viimistlusdolomiit Ehituskivi (-dolomiit) Klaasidolomiit
	Kristalliline ehituskivi (graniit)	Viimistluskivi (-graniit) Ehituskivi (-graniit)
	Savi	Tsemendisavi Rasksulav savi Keraamiline savi Keramsiidisavi
	Liiv	Ehitusliiv Klaasiliiv Vormiliiv Ehitus-kruusliiv
	Kruus	Ehituskruus
Maagid	Rauamaak	Ei kasutata
Keemiatoores	Fosforiit	Ei kasutata
	Lubjakivi	Tehnoloogiline lubjakivi (toore toiduaine-, klaasi-, paberi- jm tööstuses)
Muud	Järvemuda	Põlluväetis Söödalisand Ravimuda
	Turvas	Alusturvas
	Meremuda	Ravimuda
	Järvelubi	Söödalisand

Tabel 1.2 NÕUDED KARBONAATKIVIMITELE

Tunnus	Lubjakivi	Dolomiit	Järvelubi
CaO sisaldus %			40 (kuivainest)
MgO sisaldus %	< 14	≥ 14	
SiO <sub>2</sub> + R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> sisaldus %	≤ 17	≤ 17	
Survetugevus kg/cm <sup>2</sup>	≥ 200	≥ 200	
Külmakindlus (külmumiste arv)	≥ 15	≥ 15	
Kihi paksus m			≤ 0,5

Tabel 1.3 TEHNOLOOGILISELE PAELE ESITATAVAID NÕUDEID

Tunnus	Tehnoloogiline lubjakivi				Tehnoloogiline dolomiit		
	tsemendi - tööstuses	värvilises metal-lurgias	must-metal-lurgias	klaasi-tööstu-ses	must-metal-lurgias	klaasi-tööstu-ses	tule-kindel dolomiit
CaO sisaldus %	> 45	> 52	≥ 52	> 51		≤ 34	≤ 33
MgO sisaldus %	≤ 4,0	≤ 1,5		≤ 2,5	≥ 17	≥ 18	≥ 19
SiO <sub>2</sub> + R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> sisaldus %							≤ 3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> sisaldus %			≤ 3	≤ 1,8	≤ 4		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> sisaldus %		≤ 0,6		≤ 0,3	≤ 2		
SO <sub>3</sub> sisaldus %	≤ 1,2		≤ 0,25				
P sisaldus %			≤ 0,06				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> sisaldus %	≤ 0,3				≤ 2		
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O sisaldus %	≤ 1						
SiO <sub>2</sub> sisaldus %		≤ 3	≤ 2	≤ 2,5	≤ 5		≤ 1
Lahustumatu jääk %		<300	≤ 5				
Tükkide suurus mm			25...125				

Tabelis toodud nõuded tuginevad nõukogude vene tehnoloogia kogemustele ja tavadele. Maavara kasutaja, kes tellib või teeb maavara uuringu, võib esitada oma nõuded ega pea kasutama maavara selleks otstarbeks, milleks see geoloogilise uuringu alusel arvele on võetud.

Tabel 1.4 NÄITED NÕUETEST FOSFORIIDILE RAKVERE LEVILAL

Parameeter (vt Joonis 1.1)	Kabala uuringuväli	Toolse tinglik karjääriväli	Toolse tinglik kaevandusväli
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> sisaldus kihindis %	> 3,0	Ei piiratud	Ei piiratud
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> sisaldus tootsas kihindis:			
kontuurivas puuraugus %	> 6,0	> 4,0	> 4,3
keskmiselt plokis %	> 10,5	> 8,01)	> 8,3
MgO keskmine sisaldus plokis %	< 1,0	< 0,6	< 0,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> keskmine sisaldus plokis %	< 2,0	Ei piiratud	Ei piiratud
Tootsa kihindi paksus puuraugus m	> 1,5	> 0,5	> 1,5
Lasundi paksus m	Ei piiratud	< 24	> 15
Rauamoodul Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ei piiratud	< 0,19	< 0,19

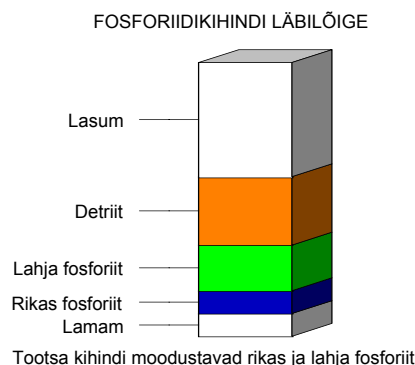
Tabelis 1.4 toodud nõuded töötas välja NSVL Väetisetööstuse Ministerium Rakvere fosforiidimaardla kavandatud hõlvamise käigus. Kuna need iseloomustavad tarbija konkreetset soovi, sobivad nad harjutusülesannete lahendamiseks. Mõisted levila, uuringuväli, karjääriväli ja kaevandusväli leiavad selgitamist hiljem (1.1.2). Nõuete esitamine väljade kaupa tuleneb maardlaosade mäendustingimuste (1.1.5) olulisest erinevusest.

Tabel 1.5 PÕLEVKIVILE KUI MAAVARALE KEHTINUD NÕUDED

Parameeter	1965. a nõuded		1995. a nõuded	
Kihindi lasumissügavus m	Ei piiratud		> 10	> 10
Kihindi paksus m	> 1,4	> 2,5	> 0,5	> 1,4
Kihindi kütteväärtus kcal/kg	> 1800	> 1600	> 1450	> 1450
Sama GJ/t	> 7,54	> 6,7	> 6,1	> 6,1

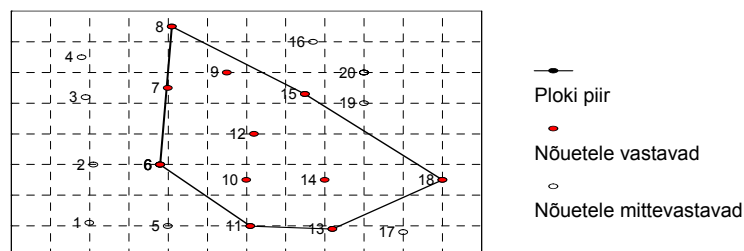
Kuigi 1995. aastal kehtestatud nõuded olid suhteliselt uued, on kõigil tabelis 1.5 toodud nõuetel vaid ajalooline väärtus<sup>1</sup>. Sellest hoolimata sobivad toodud arvvaarused harjutusülesannete lahendamiseks. Kütteväärtuse vananenud ühiku (kcal/kg) kasutamine siin ja mõnikord ka edaspidi on seletatav sellega, et kogu geoloogiline informatsioon on talletatud just neis ühikuis.

<sup>1</sup> 2005. a maapõueseaduse normatiivdokumentides võib leida veelgi uuemaid piiranguid. Kahjuks lähtuvad needki paljus vananenud majanduskäsitlusest, mistõttu mõndagi neist tuleb käsitleda kui riigiametnike seisukoha väljundeid.



Puuraugu nr	Tootsa kihindi andmestik				
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	MgO %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Rauamoodul	Paksus m
Nõuetele mittevastavad puuraugud					
1	3.00	1.00	5.00	1.67	0.40
2	4.00	1.90	2.00	0.50	0.50
3	5.00	1.50	4.00	0.80	0.80
4	8.00	1.80	3.00	0.38	0.20
5	4.00	1.00	1.00	0.25	0.70
16	15.00	2.00	2.00	0.13	0.30
17	2.00	1.00	3.00	1.50	0.70
19	5.00	3.00	3.00	0.60	0.60
20	2.00	4.00	3.00	1.50	0.90
Keskmsed	5.33	1.91	2.89	0.81	0.57
Nõuetele vastavad puuraugud, mis moodustavad ploki					
7	15.00	0.50	1.50	0.10	1.90
9	8.00	0.40	2.50	0.31	1.80
10	12.00	1.00	0.50	0.04	1.70
12	15.00	0.90	0.20	0.01	2.50
14	20.00	0.50	0.40	0.02	3.80
6	7.00	0.80	0.30	0.04	3.20
11	14.00	1.80	2.00	0.14	3.30
13	6.00	1.00	2.50	0.42	1.80
18	6.50	1.50	2.10	0.32	1.50
15	12.00	0.40	2.30	0.19	4.50
8	8.00	0.30	1.50	0.19	1.40
Keskmsed	10.96	0.84	1.40	0.16	2.56

PUURAUKUDE PAIGUTUS  
UURINGUVÄLJAL JA PLOKIS



Joonis 1.1 Nõuete rakendamise ja arvutustabeli näide fosforiidi varuploki kontuurimisel  
Vastav harjutus vt ÜLESANDED JA HARJUTUSED harjutus 3

Tabeleis 1.2...1.5. toodud arvud iseloomustavad maavara kvaliteeti ja vaid vähesel määral lasumust. Oluline nõue, millele maare peab vastama, et maavaraks saada, on kogus tema esinemiskohas, maardlas. Tavaliselt määratakse maavara vajalik kogus kasutaja majandustegevuse tõhususest lähtuvalt. Maavaraks tunnistamise vajaliku varu määramine on otseselt mäemajanduse ülesanne.

Vedelate ja gaasiliste maavarade tootmise tõhusus sõltub nende ammutamiseks puuritud aukude tootlusest, s.t maavara voolavusest, kivimi poorsusest, vedelike ja gaaside rõhust maapõues. Mitte niivõrd sellest, kui palju voolavat maavara maa sees leidub, vaid kui palju kätte saab. Tahkete maavarade kättesaadavus on pahatihti tagaplaanile jäänud ja tuleb ette, et maavara on tunduvalt rohkem arvele võetud kui kaevandada võimalik. Maavara kättesaadavuse, toodetavuse küsimus tõuseb üles alles siis, kui taotletakse kaevandamisõigust (2.3.2), projekteeritakse ettevõtet (2.3.3) või, mis veel halvem, alles siis, kui kaevandust või karjääri suletakse (2.3.5).

### 1.1.2. MAAVARADE ESINEMINE

Õpetus maavarade tekkest, levikust, paiknemisest, lasumusest jms kuulub maavarade geoloogia valdkonda. Maavarade esinemise vorm ja koht avaldavad niivõrd olulist mõju mäemajandusele, et võimatu on jätkata, selgitamata selles raamatus kasutatavaid maavarade esinemise majandusgeograafilisi mõisteid.

Ala, kus esineb üks või mitu maavara (maaret), nimetatakse maavara(de) **levilaks** (levialaks). Lähedase mõistena enamasti hõlvatud levila kohta, on vene keelest laenatud sõna bassin. Olulise tähtsusega maavara esinemise koht kas levilal või omaette on **leiukoht** (või siis leiupaik). Kui maare on teada või esineb ainult üksikutes kohtades, ent pole mitte midagi teada tema lasumusest ega kogusest, siis räägitagu (maarde)**ilmingutest**. Kui maavara paiknemine pole veel küllalt täpselt piiritletud, võib rääkida levilast. Kui aga maarde kaevandamise otstarbekus on tõestatud ja ta on maavarana arvele võetud, eriti kui kaevandamine juba käib, siis on tegu **maardlaga**.

**Maardla on geoloogiliste töödega uuritud ja piiritletud ning riigi maavarade registris arvele võetud maavaralasund**

Suured levilad, leiukohad ja maardlad jagatakse **väljadeks**. Need võivad olla **otsinguväljad** ja **uuringuväljad** sõltuvalt sellest, millises järgus on geoloogilised tööd, ning kui juba kaevandatakse, siis **kaevväljad**. Viimased jaotuvad **kaevandus-** ja **karjääriväljadeks** vastavalt mäetööde tehnoloogiale. Väli või välja osa, täpsemalt

**maapõue osa, mille piires mäettevõttele on antud õigus maavara kaevandada, on mäeeraldis**

või **kontsessioon**. Kui kaevandamiseks on vaja maad, siis juhul kui see on riigimaa ja riik selle annab, siis on see maaeraldis. Kõikidel nimetatud aladel peab olema nimi, ainult plokid võivad kanda numbreid.

Siin esitatud mõistete jada koos vastetega eestlastele olulistes võõrkeeltes on järgnevas tabelis.

Kuna vene keele tavapruugis eriti väljaspool mäemajandust kasutatakse nii leiukoha kui ka maardla jaoks ühte ja sama sõna, siis kiputakse ka meil võtma leiukohta ja maardlat samasõnadena. Asjaolu, et leiukoht (ja ka maardla) on geoloogiline objekt, teatavate omadustega kivimi, mineraali, sette jms kiht, keha, soon, pesa, lasund või muu moodustis, mida iseloomustavad ja piiritlevad kindlad geoloogilised tunnused, aga maardla on määratletud majandusest sõltuva maavara koguse ja kvaliteediga, on tekitanud, tekitab praegu ning võib põhjustada ka tulevikus vaidlusi ja arusaamatusi. Maardla mõiste duaalsuse tõttu ei püütagi siinkohal anda kõiki rahuldavat seletust.

Tabel 1.6 MAAVARA (MAARDE) ESINEMISE MÕISTEID

Eesti	Inglise	Saksa	Soome	Vene
Levila	Area	das Mineral-becken	(Malmin) alue	Бассейн, площадь, район
Ilming Leiukoht, -paik	Occurrences	das Vorkommen	Löydös	Появления, месторождение
Maardla	Deposit	die Lagerstätte	Esiintymä	Промышленное месторождение
Väli: otsinguväli uuringuväli uuringuplokk kaevväli kaevandusväli karjääriväli	Field    Mining district	das Feld   das Abbaufeld	Kenttä   Kaivoskenttä	Поле: поисковое разведочное блок поле: шахтное карьерное
Mäeeraldis, kontsessioon	Claim	das Grubenfeld das Abbaurecht	Kaivospiiri	Горный отвод

Sageli kasutatav vorm -eraldis, eriti maaeeraldis, on keeleliselt väär. Eraldis on eraldi olek. Eraldis on eraldatud asi.

Joonisel 1.2 toodud kaart näitab, kuidas paiknevad Eestis tähtsamad maavarad ja järgnev tekst selgitab maavarade esinemist kirjeldavate mõistete kasutamist.



Joonis 1.2 Maavarade ja maarete levik Põhja-Eestis

Maavarad – maardlad:

Tehnoloogiline lubjakivi	Ehituslubjakivi (-paekivi)	Savi	Turvas	Liiv	Kukersiit-põlevkivi
Karinu, Rakke, Vasalemma ja Võhmata tehnoloogilise lubjakivi ning Kunda tsemendilubjakivi maardlad	Harku, Vao (kaks karjääri) ja Maardu maardlad	Kunda tsemendisavi ja Aseri keraamilise savi maardlad	Puhatu ja Ellamaa maardlad	Tallinna-Saku (mitu karjääri) ja Pannjärve maardla	Eesti (mitu kaevandust ja karjääri) ning Oudova (Leningradi) maardla

Maarded – leiukohad, leiualad:

Kukersiitpõlevkivi	Fosforiit	Diktüoneemaargilliid (-põlevkivi)
Tapa avamata leiukoht Veimarni hüljatud leiukoht	Maardu ammendatud maardla Rakvere avamata levila - Toolse ja Kabala maardla Jamburgi (Kingisepa) kaevandatav maardla	Sillamäe hüljatud uraanimaardla Lääne-Eesti uurimata leiuala

Eesti põlevkivitööstus paikneb Balti põlevkivi- ja fosforiidilevila keskosas, kus on Eesti põlevkivimaardla. Sellest läänes on Tapa põlevkivileiukoht. Fosforiit paikneb Rakvere fosforiidilevilal Aseri, Toolse ja Kabala leiukohtades. Rakvere fosforiidilevilal on põhjalikumalt uuritud ainult Kabala uuringuvälja. Piki Virumaa põhjarannikut on jälgitav suhteliselt metallirikka diiktüoneemaargilliidi (tinglikult põlevkivi) levila, kus peale Teist maailmasõda ekspuuteeriti lühikest aega Sillamäe uraanileiukohta. Balti põlevkivi- ja fosforiidilevila lääneosas on teada suur Lääne-Eesti diiktüoneemaargilliidi levila. Tallinna juures oli Maardu fosforiidimaardla. Idas läheb Eesti põlevkivimaardla üle Oudova (Leningradi) maardlaks, millest kaugemal idas on veel Veimarni põlevkivileiukoht. Vahetult Narva jõe tagant algab Jamburgi (Kingissepa) fosforiidimaardla, mille läänepoolse jätkuna on Narva linna juures ja all teada Narva fosforiidileiukoht. Põlevkivimaardlal asuvad töötavate ning suletud kaevanduste ning karjääride väljad, mille piires on neil mäe- ja maaeraldised. Uusi mäeettevõtteid on plaanitud Uus-Kiviõli ja Sonda uuringuväljale. Poliitiliste probleemidega on seotud Narva jõe tagune, Narva ja Pljussa jõgede vaheline uuringuväli. Enne Teist maailmasõda kuulus see ala suures osas Eesti Vabariigile ja sellel oli Knut Malmi kontsessioon. Praegu kuulub see ala Oudova maardla osana Venemaale ja sellel on maha märgitud üks karjääri- ning üks kaevandusväli.

Eesti mäenduse ja mäemajanduse oluliseks omapäraks on asjaolu, et meie maardlad on **lavamaardlad**. Eesti maavaralasuandid on horisontaalsed kihid või nende kogumid ehk kihidid, keskmise kaldega umbes 3:1000, vähemuutliku ja suhteliselt väikese paksusega. Maavarad asuvad aladel, mida Eesti väiksust silmas pidades võib nimetada laialdaseks. Rõhksalt lasuvate maavarade kaevandamine põhjustab teiste majandusharudega, eriti põllumajandusega, tunduvalt rohkem konflikte kui muud tüüpi maardlate ekspuuteerimine.

Maavara on rahvuslik ressurs. Maardlate üle arvepidamine ja nende kasutamise korraldamine kuulub riigivõimu kompetentsi. Eestis on valitsusasutuste ülesanne vaid tähtsamate maardlate haldamine. Ülejäänud kuuluvad kohaliku võimu valdkonda. Vastavalt sellele on maardlad riikliku ja kohaliku tähtsusega. Riikliku tähtsusega maardlate nimekiri kinnitatakse valitsuse määrusega ja iga mäemajandusega tegeleja peab seda tundma.

Maardlaid võib jaotada ka nende suuruse järgi. G. B. Fettweis (1990), viidates saksa autorite Petrascheki ja Pohli töödele, jagab maagimaardlaid

- suurteks, kus maagi varu on üle miljardi tonni
- keskmisteks, kui varu on 300...1000 milj t
- väikesteks varuga 50...300 milj t
- pisimaardlateks, kui varu on väiksem

Uurinud NSVL-i põlevkivileiukohti ja hinnanud nende potentsiaali, tõin evitamist soodustava mõjurina välja varu koguse ja jaotasin leiukohad (sh maardlad) viide klassi: (prognoos)varudega alla 1, 1...2,5, 2,6...6, 7...20 ja üle 20 mlrd t (Reinsalu, 1984, II). Eesti põlevkivimaardla ja Rakvere fosforiidilevila kuulusid selle jaotuse kohaselt suurte hulka.

### 1.1.3. MAAVARAVARU

Maardla, välja või mäeeraldise piiritletud alal olev etteantud nõuetele vastav maavara kogus moodustab selle (maardla, välja, mäeeraldise) maavaravaru või tavapruugis lihtsalt **varu**. Varu suurusel ja kvaliteedil on mäemajanduses oluline osa. Mäeettevõtte ehitamine on kapitalimahukas. Seepärast on oluline, et maavara, mida kaevandama asutakse, tagaks küllaldase tulu. Selleks peab maavaravaru olema piisav, kaevandamine odav, toodangu hind kõrge ja turg püsiv. Mäetööstuse seisukohalt on maavara siis **kaevandamisväärne**. Maavara kaevandamise majandustulemus sõltub mäendustingimustest (1.1.5), maavara kvaliteedist ja varu suurusest. Kui need on määratud küllaldase täpsusega, siis on maavaravaru **usaldatav**.

#### Maavaravaru liigitatakse tema kaevandamisväarsuse ja usaldatavuse järgi

Olgu lisatud, et vene keele mõjul on meie keelepruugis põhjendamatult lauskasutusel eesti keelele võõras mitmuslik vorm - varud.

Varu kaevandamisväarsus ja usaldatavus on mõisted, mis on otseseoses eelmises punktis käsitletud mõistetega leiukoht, maardla ja väli.

- Kui varu kaevandamisväarsus ja usaldatavus on kõrge, on tegemist maardlaga.
- Kui varu kaevandamisväarsus ei ole kõrge, sest on olemas paremaid maardlaid ja välju, siis võib maardlast rääkida vaid juhul, kui maavara on hästi uuritud ja ta on usaldusväärne. Tavaliselt ei raisata raha uuringuteks seal, kus ei ole oodata kõrget kaevandamisväarsust. Seetõttu ei pruugi vähemajandusliku varu usaldatavus olla kõrge. Kui see on nii, siis on õigem rääkida leiukohast.
- Leiukohast, mitte maardlast räägime siis, kui maavara ei ole käesoleval ajal kaevandamisväärne ja selle varu pole hinnatud küllaldase usaldatavusega. See ei tähenda, et kunagi hiljem kas majandussituatsiooni muutudes või parema varu ammendumises antud leiukoha maavara ei või muutuda kaevandamisväärseks. Kui vaja, tehakse usaldatavuse tõstmiseks täiendavaid uuringuid. Siis saab leiukohast maardla.

Eesti Maavarade Komisjoni (EMK) klassifikatsiooni kohaselt nimetatakse maavaravaru kõrge usaldatavuse puhul **tarbevaruks**, keskmise usaldatavuse puhul **reservvaruks** ja madala puhul **prognoosvaruks**. Tarbevaru ja vahetult selle all ning kõrval asuva reservvaru kinnitab riiklikuks ressursiks EMK. Küsimus, kuidas geoloogiliste töödega saavutatakse vajalik usaldatavus, kuulub rakendusgeoloogia valdkonda. Prognoosvaru hinnatakse geoloogilise kaardistamise või otsingu alusel, reservvaru geoloogilise otsingu, hinnangu või uuringu abil ning tarbevaru geoloogilise või eksploatatsioonilise (kaevandamise ajal toimuva) uuringu käigus.

Kaevandamisväarsus on majanduskategooria, mis huvitab mäetöösturit. NSVL-i majanduskorralduses, mida autor peab klassikaliseks ületsentraliseeritud riigikapitalismiks<sup>1</sup>, kuulusid maavara ja mäetööstus ühele omanikule. Siis peeti vajalikuks hinnata maavaravaru kaevandamisväarsust riigimajanduse seisukohalt. Sellest lähtuvalt teostati majandushinnanguid, mille alusel eristati riigi seisukohalt kaevandamisväärset ja mittekaevandamisväärset varu. Kaevandamisväärne varu võeti täisväärtusliku ressursina arvele ehk bilanssi ja nimetati bilansiliseks varuks. Varu, mille kaevandamine ei olnud hindamise tulemusi arvestades (või hindamise ajal) majanduslikult otstarbekas, tehnoloogiliselt võimalik ega ökoloogiliselt lubatav, võeti arvele kui bilansiväline varu. Sama kombe kohaselt jaotab praegu (1998) kehtiv EMK klassifikatsioon maavaravaru **aktiivseks** ja **passiivseks**. Aktiivvaru on sisuliselt endine bilansiline, passiivvaru bilansiväline varu. Eesti maavaravaru klassifikatsioon on maailmas üks lihtsamaid.

Maavaravaru klassifitseerimine usaldatavuse ning kaevandamisväarsuse seisukohalt on maailmas üldlevinud, ainult et arenenud turumajandusega maades on sellel rohkem statistiline kui tööstust korraldav iseloom. Keerukamates süsteemides on geoloogilise uurituse kategooriaid rohkem - kuni kuus ja kaevandamisväarsuse klasse tavaliselt kolm. Keerukate hulka kuulus kahtlemata ka Eestis 1991. aastani kehtinud NSVL-i ja teiste Ida-Euroopa maade klassifikatsioon, kus uurituse kategooriad olid A, B, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, ja kaks kategooriat prognoosvaru P<sub>1</sub> ning P<sub>2</sub>. Kaevandamisväarsuse klasse oli selles süsteemis kaks - maavaravaru jaotati, nagu mainitud, bilansiliseks ja bilansiväliseks.

<sup>1</sup> Olen seisukohal, et see, mis toimus NSVL-is, mitte ainult ei simuleerinud, vaid ka diskrediteeris sotsialismi kui riigikorraldust.

Kaua aega oli maailma üks tuntumaid maavaravaru klassifitseerimise süsteeme USA Mäebüroo nn McKelvey süsteem (McKelvey "kast"), mis jaotas varu usaldatavuse alusel viide ja kaevandamisväärsuse alusel kolme klassi.

#### A. Usaldatavuse alusel

kindlaks tehtud varu, mille alajaotused on  
tõestatud varu, mille alajaotused on omakorda  
mõõdetud ja  
määratud varu ning  
eeldatav varu;  
ilmutatud varu, mille alajaotused on  
loodetav varu,  
oletatav varu.

#### B. Kaevandamisväärsuse alusel

majanduslik,  
piirmajanduslik ja  
ebamajanduslik varu.

Käesolevaks ajaks on McKelvey süsteemi alusel välja töötatud ÜRO klassifikatsioon, mis arvestab võimalikult täpselt maavarade usaldatavuse ja kaevandamisväärsuse hindamise protseduure ja püüab end sobitada juba kasutusel olevate maavara hindamise süsteemidega. Maavarade klassifitseerimise aluseid ja erinevate süsteemide sobivust iseloomustab tabel 1.7.

Geoloogiliste tööde käigus hinnatud maavaravaru suurus on määratud lasundi kuju, mahu, mahumassi (erikaalu), kasuliku aine sisalduse, mäendustingimuste ja muude mäendust huvitavate tunnuste poolest. Mäenduse praktika näitab, et tavaliselt ei ole kogu arvele võetud maavara kaevandatav. Seetõttu on maavaravaru näol tegemist potentsiaalse ressursiga, mille tegelik kasutatav suurus, reaalne ressurss, sõltub tugevalt uurituse tasemest. Reaalse ja potentsiaalse ressursi suhet mõõdab **geoloogiline usaldustegur**, mida tähistame kreeka tähega  $\pi$  ja mille arvvärtus on 0...1. Usaldustegurit on püütud hinnata. Tabel 1.8 on kõrvutatud usaldatavuse klasse ja mõne autori pakutud usaldusteguri arvvärtusi. Kuna tegemist on nõukogude Venemaa geoloogilisi töid käsitlevate ja suhteliselt vanade andmetega, siis on alust arvata, et tänapäeva meetoditega tehtud maavarauringute usaldusväärsus ja usaldustegur on kõrgemad. Tabelis 1.8. toodud andmeid võib soovitada vaid varem tehtud geoloogiliste uuringute alusel teada oleva varu hindamiseks.

Olgu mainitud, et hiljem maavara levila (maardla) tehnoloogilist rajoneerimist käsitledes tuleb arvestada veel tehnoloogilise usaldusteguriga, mis üldjoontes sarnaneb siinkohal tutvustatud geoloogilise usaldusteguriga.

Varu geoloogilist usaldustegurit kasutatakse välja (ploki) garanteeritud (tõenäolise) varu hindamiseks

$$V = G\pi$$

kus  $G$  on maavarasundi mõõtmete alusel määratud geomeetiline ehk geoloogiline varu ja  $\pi$  on geoloogiline usaldustegur.

**Näide.** Põlevkivi uuringuväljal, mille pindala on 3,2 km<sup>2</sup>, lasub horisontaalne kihind keskmise paksusega 2,8 m ja mahumassiga 1,92 t/m<sup>3</sup>. Välja geomeetiline varu on 3,2 x 2,8 x 1,92 = 17,2 milj t. Kui sellest mahust ei ole maha arvatud (kuna neid pole leitud) karstialasid ja kui selle välja uurituse tase vastab NSVL-I C<sub>1</sub> kategooriale (1 puurauk 4 km<sup>2</sup> peale), siis tabeli 1.8 alusel on usaldustegur ligikaudu 0,5 ja tõenäoline varu 17,2 x 0,5 = 8,6 milj t. Tulemus võib tunduda ootamatult väikesena, kuid teades, kuivõrd palju takistab maavara väljamist maardla geoloogiline rikutus näiteks karst, mida hõre puuraukude võrk ei luba avastada, ei saa mittehasartsetes majandusarvutustes tõenäolist varu suuremaks võtta.

Lisaks vt ÜLESANDED JA HARJUTUSED harjutus 6.



Tabel 1.7 MAAVARAVARU KLASSIFITSEERIMISE SÜSTEEMIDE KÕRVUTAMINE

Nr	ÜRO / McKelvey klassifikatsioon	Varu on olemuselt...	Varu on tegelikult...	Eesti klassifikatsioon
1.	Majanduslikkuse ja keskkonnaohutuse seisukohalt ehk kaevandamisväärsuse alusel			
1	Majanduslik (Economic)	kaevandamisväärne, s.t kasulik ja kaevandamine on keskkonnaohutu	ärilise tegevuse huviobjekt	Aktiivne varu
2	Ilmselt majanduslik (Potentially Economic / Marginally Economic)	ilmselt kaevandamisväärne, s.t kasulik ja kaevandada saab minimaalse keskkonnoohtlikkusega	vastavuses maavarale esitatud nõuetega	Passiivne varu
3	Olemuselt majanduslik Intrinsicly Economic / Subeconomic	kaevandamisväärtuseta, s.t kasutu või selle kaevandamine on keskkonnoohtlik	väljaspool mäetööstuse huvi, ei vasta maavaradele esitatud nõuetele, on looduskaitsealal jne	Maa-aines, maare, uuringukõlbulik maapõue osis <sup>1</sup>
2.	Hinnatuse ja hõlvatuse alusel (vt p 3.1.1, Tabel 3.1)			
1	Tasuvusuuringu või kaevanduse aruande (Feasibility Study & Mining Report) alusel	kaevandava ettevõtte käes või selle poolt uuritud	mäeeraldisel või väljal, millele ettevõtte taotleb kaevandamisluba	Tarbevaru, sh kaevandamisele kuuluv varu (vt 1.1.7)
2	Eelhinnangu (Preliminary Study) alusel	(riigi poolt) uuritud ja hinnatud maavaradele esitatud aktsepteeritud tingimuste alusel	uuringuväljadel, riigi valduses	Tarbevaru
3	Geoloogilise hinnangu (Geological Study) alusel	(riigi poolt) uuritud ja vastab maavara kõige üldisematele tingimustele	uuringuväljadel riigi valduses	Reservvaru
3.	Geoloogilise uurituse ehk usaldatavuse alusel			
1	Üksikasjaliku või kaevandamise käigus tehtud uuringu alusel (Detailed Exploration / Measured)	kaevandava ettevõtte uuritud ja hinnatud	märgitud kaevandamisloas või selle taotluses kui kaevandamisele kuuluv	Tarbevaru, sh kaevandamisele kuuluv varu
2	Uuringu alusel (General Exploration / Indicated)	(riigi poolt) uuritud	välja arvatud geoloogilise uuringu alusel	Tarbevaru
3	Hinnangu alusel (Prospecting / Inferred)	(riigi poolt) hinnatud	määratud geoloogilise hinnangu alusel	Reservvaru
4	Otsingu alusel (Reconnaissance / Hypothetical and Speculative)	üldgeoloogiliste tööde käigus leitud	leitud geoloogilise otsingu käigus	Prognoosvaru

Nii nagu mitme teisegi selle raamatu seisukoha suhtes pole ka esitatud klassifikatsioonide kõrvutamisel kõik maavaraspetsialistid ühel meelel.

<sup>1</sup> 2008.a täiendus

Tabel 1.8 MAAVARAVARU USALDUSTEGURID

Maavaravaru usaldatavuse klassid			Maavaravaru usaldusteguri $\pi$ arväärtused		Varu lubatud erinevus %
Eesti	NSVL	McKelvey	Kreiter, 1961	Astahhov, 1981	Smirnov jt 1960
Tarbevaru	A	Mõõdetud	0,8...0,85	0,8...1,0	$\pm 20$
	B		0,7...0,8	0,6...0,8	$\pm 20...40$
	C <sub>1</sub>	Määratud	0,4...0,7	0,4...0,6	$\pm 40...60$
Reservvaru	C <sub>2</sub>	Eeldatav	0,1...0,4	0,2...0,4	$\pm 60...90$
Prognoosvaru	P <sub>1</sub>	Loodetav			
	P <sub>2</sub>	Oletatav			

Autorilt on küsitud, kas tõenäoline varu võib olla ka suurem kui geoloogiline varu. Võib küll ja seda tuleb tihti ette. See ei tähenda, et geoloogilise uuringu käigus oleks määratud nende väljade varu tegelikust väiksemana. Tegelikult on kaevandavad ettevõtted kaubastanud kaevist rohkem, kui neile on antud kaevandatavat varu ja selle varjamiseks on ettevõtte oma varu suuremaks ümber hinnanud. Varasemast (nõukogude) mäenduse praktikast on teada isegi selliseid juhtumeid, kus mõnest karjäärast on toodetud mitu korda rohkem liiva kui seda oli arvele võetud. Eriti tuli seda ette siis, kui liiva vedavatele kallurijuhtidele maksti tonnkilomeetrite eest. Kilomeetreid oli raskem juurde kirjutada kui varu.

Varu geoloogilist usaldatavust arvestavad juhised, mis lubavad mäeettevõtte projekteerida vaid küllaldase uuritusega varule. NSVL-is juhitud fosforiidikaevanduste ja -karjäärade projekteerimisel eeskirjast, mille kohaselt kaeveväljal pidi olema vähemalt 10% A-, 20% B- ja alla 70% C<sub>1</sub>-kategorია varu. Tabelis 1.8 toodud usaldustegureid arvestades annab see kogu kaevevälja varu kaalutud keskmiseks usaldusteguriks umbes 0,6. Põlevkivile kehtis kivisöekaevanduste reegel, mille kohaselt A- ja B-kategorია varu pidi moodustama üle 50% kaevevälja varust. Tabelis 1.8 toodud arve kasutades vastab see reegel kaevevälja kaalutud keskmisele usaldustegurile 0,65 ja enam.

**Eestis sellised reeglid puuduvad ja kaevandamisõiguse võib saada aktiivsele tarbevarule**

#### 1.1.4. KAASNEVAD MAARDED JA KATTUVAD MAARDLAD

On üsna tavaline, et mitu maaret on maapõues koos või lähestikku. Eriti sageli juhtub seda lavamaardlate puhul, mis on Eestis tavaline maavarade esinemise vorm. Nii koosneb põlevkivikiht põlevkivist ja paest. Toolses on vahetult fosforiidi peal diktüoneemaargillit, glaukonitliivakivi ja savi, põlevkivikarjäärade katendis leidub liiva ja viirsavi, mõne liiva- ja kruusamaardla all on ehituspakivi jne. Need on näited koos lasuvatest maaretest. Teine näide on maavara staatuses olev turvas põlevkivikihi lasumis, Kunda piirkonna tsemendilubjakivi maardlate paiknemine Toolse fosforiidimaardla peal, Maardu graniidikeha paiknemine 200 m sügavusel fosforiidikarjääri all ning Eesti põlevkivimaardla lääneosa kaeveväljade kattumine Rakvere fosforiidimaardla kõige tootsama osaga. Need on kattuvad maardlad. Kahe näite oluline vahe on selles, et esimesel juhul kaasneb maardlas põhimaavarale maare, millel iseseisvalt ei ole kaevandamisväärtust kas kvaliteedi, koguse või majandussituatsiooni näiteks turu puudumise tõttu. Teisel juhul on maavarad, mille maardlad kattuvad, tunnistatud kaevandamisväärseks.

Kattuvate maardlate puhul sõltub asjade edasine kulg sellest, kas ühe maavara kaevandamine kahjustab teist (teisi) või mitte ja kas kattuvad maardlad on mõlemad (kõik) majanduslikult kasutamiskõlblikud. Kui ühe maavara näiteks Maardu graniidi kaevandamine ei vähenda teise, antud puhul fosforiidi kaevandamisväärtust, siis konflikti ei teki. Konflikt oleks kindlasti tekkinud, kui kaheksakümnendate aastate alguses käibel olnud kavade kohaselt oleks Toolse fosforiiti asunud kaevandama nii suures mahus, et peal olevat tsemendilubjakivi ei oleks suudetud ära kasutada ja see oleks hävinud.

Vaatleme kirjeldatud probleemi kahte varianti üldisemalt .

**Kaasnevad maarded ei vasta maavarale esitatud nõuetele.** Sel juhul ei ole kaasnev maare maavara ja teda tuleb käsitleda kui maa-ainest, mida võib kasutada vajaduse korral enda tarbeks,

olgu see karjääri või kaevanduse tarve. On loomulik, et seejuures järgitakse maapõue<sup>1</sup> kasutamise seadusandlikke ja normatiivakte. Kui avakaevandamise tehnoloogia näeb ette, siis kasutatakse maa-ainest karjääride rekultiveerimisel. Ühiskonna vähene informeeritus ja maavara nomenklatuurse määratlemise praktika (lubjakivi = maavara, liiv = maavara) on tekitanud väärarusaama, et paljudel juhtudel, kasutatakse maavara ebasihipäraselt, raisatakse. Tegelikult aga puudub sellel kivimil kaevandamisväärsus, seda ei mitte kellelgi vaja ei kohe ega prognoositavas tulevikus<sup>2</sup>.

**Kaasnevad maarded vastavad maavarale esitatud nõuetele**, kuid nad ei ole majandustegevuses kasutatavad. Miks nad kasutatavad ei ole, selleks võib olla mitu põhjust.

- Ei ole turgu, sest lähikonnas on seda maavara külluses ja vedu kaugemale ei tasu end ära.
- Kaasneva maarde töötlemine ei ole tasuv, ent töötlemata kujul seda ei vajata.
- Kaasneva maarde kogus ei ole küllaldane kaevandamiseks ega/või töötlemiseks.
- Kaasneva maarde kaevandamine raskendab põhimaavara kaevandamist.

Need on põhjused, miks kaasnevad maarded ei ole selles kohas saanud maavara staatust ja miks ei ole nende maardlat. Ka sel juhul tuleb kaasnevat maaret käsitleda kui maa-ainest.

**Kaasnevad maarded vastavad maavara kvaliteedile, nad on kasutatavad majandustegevuses, ent piiratud koguses**<sup>3</sup>. Kui see on nii, miks räägitakse kaasnevatest maaretest, mitte kattuvatest maardlatest? Asi on selles, et maare, mis antud juhul kaasneb põhimaavaraga, ei vasta iseseisvalt, omaette võetuna, maavarale esitatud nõuetele. Seepärast ei moodusta ta ka omaette maardlat. Nii on see tavaliselt siis, kui kaasnev maare omaette ei ole kaevandamisväärtuse lasundi vähese paksuse tõttu. Juhul kui põhimaavara kaevandamiseks tehtud kapitaalrahastuste ja kaeveõõnte tõttu tuleb kaasnev maare odavalt kätte, annab tema kaubastamine tulu. Siis on tavaline, et kaasneva maarde turustamisvõimalus on väiksem kui võimalik kaevandamise maht ja nii jääb osa maaret kaevandamata. Ka sel juhul on mäemajanduse seisukohalt õigem käsitleda kaasnevat maaret kui maa-ainest. Levinud on aga teine seisukoht, mille kohaselt majanduslikult tasuv kaasnev maare tuleb maavarana arvele võtta ja see osa, mida ei suudeta realiseerida, lugeda lubatud kaoks.

#### Üldiselt soovitan, et kaasnevad maarded loetakse maa-aineseks

**Kattuvad maardlad on eksploateeritavad eraldi.** Sel juhul ei riku ühe maavara kaevandamine teise varu. Oleks normaalne, kui ühe maardla eksploateerimisel võetakse kasutusele ka teine, sest sel juhul on paljud kulutused näiteks infrastruktuurile ka avamisele väiksemad, kui neid maavarasid eraldi ja eri ajal kaevandades. Tihti ei ole see aga majanduslikult otstarbekas.

**Kattuvad maardlad on eksploateeritavad koos.** Enamasti on see majanduslikult mõttekas kapitali- ja käituskulude kokkuhoiuks. Probleeme tekitab aga eri maavarade ja nende produktide nõudluse erinevus. Otstarbeka korralduse puhul tagab mäeettevõtte polüproduktsus, s.t eri maavarade ja kaeviste tootmine ning nende ja nende produktide müük suurema manööverdusvõime turul, kuid konjunktuurist tulenevad piirangud võivad sundida ettevõtet ajutiselt või isegi lõplikult loobuma mõne kaevandamiseks võetud maavara kasutamisest. Kui kaevandamine on organiseeritud nii, et maavara, mille kaevandamist ahendatakse, hävib (läheb kaduma) teise, tulusalt mineva maavara kasutamise tõttu, siis tekib konflikt, mille lahendamise reeglid ja meetodid kuuluvad mäemajanduse valdkonda.

**Kattuvad maardlad on eksploateeritavad, kui ühe maavara kaevandamisel teine hävib.** Näib, et see on röövkaevandamine, s.t kaevandamine, mille puhul kasu nimel hävitatakse maavaravaru. Enamasti see ongi nii, ent mõnel juhul võib leida sellisele olukorrale rahvamajanduse huvidest tulenevaid põhjendusi. Igatahes on nende olukordade analüüs, lahendamine ja juhtimine mäemajanduse küsimus.

#### Parima lahendi leidmine kattuvate maardlate kaevandamiseks on mäemajanduse oluline probleem

<sup>1</sup> 2008.a täiendus

<sup>2</sup> Mõnigi kord olen sellised vaidlused lõpetanud lausega: „Liiv ei ole Sahara maavara“

<sup>3</sup> Kaasaegse (2008) kontseptsiooni kohaselt on kõik kaubastatavad maapõue osised maavara.

### 1.1.5. MÄENDUSTINGIMUSED

Mäenduse objekt on maapõu ja maavara kui maapõue osa. Maapõues olevad kivimid, mineraalid, setted, vedelikud ja gaasid on maavarana käsitletavat siis, kui nad vastavad seatud nõuetele (Tabel 1.3... Tabel 1.5). Nõuded on enamasti maavara kvaliteeditunnused, mõnikord ka sellised, mis mõjutavad kaevandamise tõhusust, s.o maavara lasumissügavus ja paksus. Pikemata on selge, et lasumissügavus ja lasundi paksus on seepärast maavara staatust määravatesse nõuetesse sisse viidud, et neist sõltub eriti tugevalt maavara kaevandamine tõhusus. Tegelikult mõjutab kaevandamist palju enam asjaolusid kui need kaks. Osa neist raskendavad, teised hõlbustavad kaevandamist.

**Mäendustingimused on maapõue ja maavara omadused, mis otseselt ja/või kaudselt mõjutavad kaevandamist ja selle tõhusust**

Vene keele mõjul kasutatakse eesti keelele võõras termin mäegeoloogilised tingimused iseloomustab halba keelepruuki.

Mäendustingimustest sõltuvad kaevandamise tehnoloogia valik ja tõhusus, kaevurite töötingimused ja ohutus ning kaevandamise mõju keskkonnale. Kõigil neil on väga tugev majandustoime, mistõttu maardla mäendustingimuste selgitamine on maavarade uuringu üks peamisi osi.

Kuna mäendustingimused on üldmõiste, siis tekib loomulikult küsimus, mis on mäendustingimuste olulised ja mõõdetavad tunnused? Mingil määral hõlbustab vastamist asjaolu, et antud raamatus käsitletakse ennekõike kihtmaardlaid. Selliste maardlate jaoks peavad kõik eriteadlased peamiseks kaevandamist mõjutavateks teguriteks lasundi (kihi, kihindi) lasumissügavust, paksust ning kallakust, maapõue vee- ja gaasieritumust, kihi ning kõrvalkivimite (lamami ja lasumi) looduslikku struktuuri (eriti nn geoloogilist, tektoonilist rikutust), neid moodustavate kivimite füüsikalisi, keemilisi ja mehaanilisi omadusi. Kõik loetletud tunnused on mõõdetavad mitmeti. Eristatakse maavaralasundi geoloogilist, tootsat ja väljatavat paksust peamiselt sõltuvalt sellest, kas maardla on uuringu või kaevandamise järgus. Kivimite looduslik struktuur on hinnatav stratigraafiliste, litoloogiliste, tektooniliste ja teiste tunnustega. Füüsikalisi omadusi iseloomustavad peale tiheduse, mahumassi ja muude parameetrite ka kivimite kiirgusomadused. Keemilisi omadusi iseloomustavad kivimite ja neid moodustavate mineraalide toksilisus, kalduvus isesüttimisele, reaktsioonivõime kaevandamisel kasutatavate materjalidega ning ainetega jms. Mehaaniliste omaduste tunnuseid võib loetleda kümnekond. Peamised on tugevustunnused ja abrasiivsus.

Mäendustingimusi kui maapõue omadusi vaadeldes jaotab prof G. B. Fettweis (1990) need maapõue ja kivimi omadusteks. **Maapõue omadused** iseloomustavad keskkonda, milles toimub kaevandamine, **kivimi omadused** kuuluvad kaevandamisele ja kaas kivimitele, millega kaevandamisel tuleb kokku puutuda. Mäendustingimusi võib jaotada ka maavara kättesaadavuse, toodetavuse ja (mäe)tööohutuse tingimusteks. Kuigi mäetöid projekteerides ja teostades on kõik omadused olulised, huvituvad isikud ja instantsid neist tingimustest erineval määral. Nii kuuluvad kättesaadavuse probleemid eelkõige töösturi, kaevandavuse tingimused mäeinseneri ja ohustustingimused mäetöölise huviringi. Nende kahe klassifikatsiooni järgi ongi koostatud järgnev tabel.

Tabel 1.9 MÄENDUSTINGIMUSTE JAOTUS

Tingimused	Maapõue omadused	Kivimi omadused
Kättesaadavus ehk töösturi aspekt	Lasumissügavus Maavaralasundi paksus	Maavara kvaliteet
Kaevandatavus ehk mäeinseneri aspekt	Kihi kallakus Vee-eritumus Geoloogiline rikutus Lasumi (katendi) ehitus	Mehaanilised omadused
Ohutus ehk kaevuri aspekt	Gaasieritumus Maa soojus	Kiirgus Tolmuohtlikkus

Mäendustingimusi käsitledes tuleb tingimata silmas pidada nende muutlikkust. Tunnuste muutlikkusel on kaevandamise tõhususele sedavõrd tugev mõju, et see võib muutuda iseseisvaks tingimuseks. Muutlikkus on maapõue kui loodusliku keskkonna loomulik omadus, kuid hinnates mäendustingimusi maavara uuringu käigus mõõdetud tunnuste alusel, tuleb silmas pidada, et looduslikule muutlikkusele on lisandunud veel mõõtmisvead. Kahjuks on maavarade geoloogilistes uuringutes nii maavara omaduste kui mäendustingimuste hindamisel muutlikkus kui tunnus pahatihti põhjalikumalt uurimata

jäetud, kuigi hiljem sõltub sellest kaevandamise tehnoloogia ja maardla kasutamise tõhusus. Konkreetse näitena olgu toodud Robert Päsoki (1989) uurimus, milles ta Toolse maardla fosforiidilasundi kasuliku aine ( $P_2O_5$ ) ja kahjulike lisandite sisalduse muutlikkust hinnates pani küsimuse alla maavarana arvele võetud fosforiidivaru usaldatavuse, väites, et kuni pool tunnuste keskväärtuste alusel arvele võetud varust hälbib piirnoüete taha (vt Tabel 1.4).

Muutlikkus eriti just kihtmaardlate puhul koosneb kahest osast - **süsteemaatilisest ja juhuslikust muutlikkusest**. Lihtsam on neid seletada näidete varal. Põhja-Eesti maapõue moodustavad kihid, sealhulgas põlevkivi ja fosforiidi kihid, samuti kõik paekihid lasuvad kaldega lõuna suunas, mistõttu nende lasumissügavus kasvab. On ka nii, et kihtmaardlate lasund suidub (mittesoovitava keelepruugi kohaselt kiildub välja) süstemaatiliselt maardla piiride suunas. Tavaliselt kasvab või kahaneb ka kasuliku aine sisaldus maavaras süstemaatiliselt mingis, enamasti maardla ääre suunas. See kõik on süstemaatiline muutlikkus, mille kirjeldamiseks piisab lavamaardlatel ja nende osadel (väljadel) tihti lineaarvõrrandist

$$p = a + bx + cy$$

kus  $p$  on mäendustingimuste tunnus (lasumistunnum, kasuliku või kahjuliku aine sisaldus jne),  $x$  ja  $y$  on geograafilised koordinaadid ning  $a$ ,  $b$  ning  $c$  süstemaatilist muutlikkust mõõtvad parameetrid.

Kui koordinaatide mõõtühikuks on kilomeeter ning  $x$  on suunatud nagu geograafiliste koordinaatide puhul tavaks põhja ja  $y$  ida suunas, siis  $b$  näitab parameetri  $p$  muutumist kilomeetri peale põhjasuunas ja  $c$  sedasama idasuunas. Loomulikult on võimalikud ka teist laadi võrrandid, koordinaatide suunad, mõõtkava jne. Siin on käsitletud kõige lihtsamat muutlikkuse matemaatilist mudelit.

Maavaralasuundi kui geoloogilise objekti parameetrite süstemaatiline muutlikkus ei ole mitte mingil juhul seotud ilmakaarega, me ainult mõõdame seda nendes suundades. Sama hästi võib muutlikkust mõõta mis tahes suunas. Suurim on muutlikkus gradiendi suunas. Gradient avaldub valemiga

$$\Delta F = (b^2 + c^2)^{0,5}$$

ja näitab parameetri muutlikkust telgede mõõtkavaühikule (kilomeetritele) suunas, mille nurk põhjasuuna suhtes (asimuut, direktsiooninurk)

$$\phi = \arctg(b/c).$$

Harjutusi vt ÜLESANDED JA HARJUTUSED harjutus 7.

Peale süstemaatilise muutlikkuse on mäendustingimustele omane juhuslik muutlikkus, hajuvus. Juhuslikul muutlikkusel on palju põhjuseid. Esiteks, mis tahes maapõue parameetril on igas kohas oma väärtus. Parameetrit ei saa täpselt määrata, mõõtmisel tekib viga. Lasundi paksust näiteks määratakse geoloogilise puurimise teel. Maa alt välja toodud puursüdamik ja hilisem puuraugu sondeerimine võimaldavad määrata lasundi paksuse vaid selles punktis. Igaüks, kes on vähegi tuttav kivimite lasumusega maapõues, saab aru, et oleks puurauk teises kohas, oleks lasundi paksus (veidi) teine. Igaüks, kes teab midagi geoloogilisest puurimisest ja puursüdamikust, teab kindlasti, et kivim mureneb puurimisel ja südamiku mõõtmine võimaldab lasundi ning selle osade paksust hinnata vaid teatava täpsusega. Samuti pole võimalik tagada absoluutset täpsust maavara koostisosade määramisel, kui puursüdamikust võetud proovimaterjali uuritakse laboratooriumis. Nii sünnib tunnuste ebatäpsus, kirjapandud omaduste hajuvus, muutlikkus, mida mõõdab matemaatilisest statistikast teada olev dispersioon. Dispersiooni abil saab mõõta

lasumusest tingitud (geoloogilist) muutlikkust  
geoloogilise uuringu viga  
tunnuse juhuslikku muutlikkust  
tegelikku (looduslikku) süstemaatilist muutlikkust  
määratud muutlikkust  
mudeliga kirjeldatavat süstemaatilist muutlikkust ehk trendi  
trendi ja tegeliku süstemaatilise muutlikkuse mittevastavust (vahet)  
jääkdispersiooni süstemaatilise muutlikkuse suhtes

$$\begin{aligned} & D_g \\ & D_u \\ D_j &= D_g + D_u \\ & D_s \\ D &= D_j + D_s \\ & D_m \\ D_x &= D_s - D_m \\ D_o &= D - D_m = D_j + D_x \end{aligned}$$

Asjaomaste isikute vähene tähelepanu muutlikkusele võib olla tingitud Eesti mäenduses tooni andva põlevkivimaardla väga ühtlastest ja rahulikest mäendustingimustest. Kuna põlevkivimaardlas ei mängi praktiliselt mitte mingit osa kihindi kallakus, gaasieritumus, isesüttivus, rääkimata gaasipursetest ja põhja punsumisest, mis näiteks söemaardlates on suure tehnoloogilise mõjuga, siis võib põlevkivi kaevandamise mäendustingimusi iseloomustada vaid mõne järgmises tabelis toodud tunnusega. Eesti fosforiidileukohtade jaoks, kuigi ka need oleksid lavamaardlad, on nii väike tunnuste kogum ebapiisav.

Tabel 1.10 EESTI PÕLEVKIVIMAARDLA MÄENDUSTINGIMUSTE PEAMISED TUNNUSED

Tunnus	Rajad	Süsteemaatiline muutlikkus (trend) kilomeetritele	Juhuslik muutlikkus	Elastus-egur
Kihindi lasumissügavus m	0...100	2...5	2...10	-0,1...-0,3
Kihindi paksus m	1,8...3,2	0,007...0,05	0,05...0,15	0,4...0,7
Kihindi kütteväärtus MJ/ kg	6,7...9,6	0,04...0,23	0,41...0,64	≈ 0,5
Kihindi kallakus m/ km	0...10	3	2	
Vee-eritumus m <sup>3</sup> /t	1,6...3,1			-0,2...-0,1

Tabelis toodud **elastsustegur**, tavapruugis ka elastsus, mõõdab kaevandamise tõhususe peamiste tunnuste, kaevandamis- ja kapitalikulu muutumist mäendustingimuste vastava tunnuse muutuse suhtes. Elastsus näitab, mitu protsenti muutub tõhususe tunnus, kui mäendustingimuste tunnus muutub 1% võrra. Sellist muutuste seost kirjeldav matemaatiline mudel on majandushinnangutes kasutusel Nelsoni (1964) valemi nime all ja majandusmatemaatikutele tuttav kui Cobbi-Duglase (1928) tootmisfunktsioon. Täpsemalt järgmises punktis 1.1.6.

Mäendustingimuste mõju mäemajanduse eri valdkondades näitab järgmine tabel.

Tabel 1.11 MÄENDUSTINGIMUSTE MÕJU SKEEM EESTI KIHTMAARDLATES

Tunnus ↓	Mõju ⇒ Tehnoloogiale	Majandusele	Inimestele	Keskkonnale
Lasumissügavus	Kaevandamise moodus (ava- või allmaakaevandamine), kaevandamisviis, tehnoloogilised parameetrid	Kapitali- ja käituskulud, maavara kadu	Töötingimused	Mõju maapinnale ja maapealsetele objektidele
Lasumi ehitus	Avakaevandamise tehnoloogia, sh rekultiveerimine, allmaakaevandamisel laekäitlus	Kapitali- ja käituskulud	Töö ohutus	Rekultiveerimise kvaliteet ja tõhusus
Lasundi paksus	Kaevandamismasinate tootlus, laekäitlismoodus allmaatöödel	Kapitali- ja käituskulud	Töö mugavus ja ohutus allmaakaevandamisel	Maapinna liikumise ulatus, suurus ja intensiivsus allmaakaevandamisel
Maavara kvaliteet	Rikastamise moodus ja tehnoloogia	Turg ja tulu, rikastamiskulu		Rikastamisjäägid
Maapõue häiritus: a) rikkevõõndid ja mattunud orud b) karst ja lõhelisus	Kaevevälja suurus Kaevandamise tehnoloogilised parameetrid	Maavara kadu, kapitalikulu Maavara kadu, kaevandamise kulukus (käituskulud)	Töö ohutus, füüsiline töö	Kaevandamisest puutumata maa
Vee-eritumus	Tehnoloogilised parameetrid, keskkonkaitselised meetmed	Kaevandamis- ja kapitalikulu	Töötingimused	Vee kadu ja reostus

**Lasumissügavus** ehk kaevandamissügavus, tavapruugis ka lihtsalt sügavus, on mäendustingimuste üks põhitunnuseid. Tema tähiseks on *H*. Igasuguse kaevandamise puhul määrab sügavus avamistööde maksumuse, sest arusaadavatel põhjustel on avamistööde maht seda suurem, mida sügavamal on maavara. Mida suurem on **allmaakaevandamisele** (mitte maa-alusele kaevandamisele!) kuuluva maavara lasumissügavus, seda suurem on šahtide rajamise maht ja aeg ning sellest tingituna ka kapitalikulu. Lasumissügavus on peamine mäerõhku määrav tegur. Mäerõhu põhivalem on  $\gamma H \text{ t/m}^2$ , kus  $\gamma$  on katendi mahumass  $\text{t/m}^3$ . Mäerõhk mõjutab tugevasti tehnoloogiat, toestiku tüüpi ja maksumust, tervikute suurust. Eesti oludes on mäerõhk siiski kaevandamiskulusid<sup>1</sup> vähem mõjutav tegur kui näiteks kaevise tõstmise, vee pumpamise ja kaevanduse tuulutamise maksumus, mis on otseseoses maavara lasumissügavusega. Mäendustingimusi laiemalt käsitledes on oluline teada, et kaevandamissügavusest sõltuvad ka teised kaevandamist raskendavad tingimused näiteks kaevanduse temperatuur, vee-eritumus, gaasieritumus, mäelöökide ja gaasipursete oht jne, mistõttu lasumissügavus on olemuselt liitnusus.

Kui karjääri sügavuse suurenedes kasvab käituskulu enam-vähem võrdeliselt maavara peal oleva lasumi paksusega, siis allmaakaevandamisel nii lihtne sõltuvus ei kehti. Üldjuhul, mida suurem on sügavus, seda vähem mõjutab ta käituskulu. On ka vastupidise mõjuga tegureid. Nende mõjul sügavuse suurenedes osa käituskulust väheneb. Näiteks oleneb lasumissügavusest maapinna olek pärast kaevandamist, eriti langatuste intensiivsus. Mida suurem on kaevandamissügavus, seda väiksem on maapinna deformatsioon ja küllalt suurel sügavusel, mis Eestis on seni saavutamata, puuduvad maapinna kahjustused üldse. Nii sõltub kaevandamissügavusest maapealsete objektide, kõlvikute ja looduskeskkonna hoidemeetmete maksumus. Mida suurem on kaevandamissügavus, seda väiksem on maapealsete ehitiste, kõlvikute ja looduskeskkonna taastamiskulu.

**Maavaralasuandi paksus** on teine mäendustingimuste põhitunnus. See määrab kaevandamise viisi ja tehnoloogia ning kapitali- ja käituskulu. Paksus mõjub ka ühe tehnoloogia piires. Mida suurem on lasundi paksus, seda rohkem on ühes kohas, ühel ruutmeetril maavara. Teisisõnu, mida suurem on lasundi paksus, seda suurem on lasundi (kihindi, kihi) tootlus. Mida suurem on lasundi tootlus, seda vähem tuleb teha ettevalmistustöid, seda väiksem on laekäsitluskulu allmaakaevandamisel, seda võimsamaid laadimis- ja veomasinaid saab kasutada. Seetõttu lasundi paksuse kasvades eriti avakaevandamisel (mitte venemõjulisel lahtistel töödel ega lahtisel kaevandamisel) kaevandamiskulu väheneb. Sama tendents on allmaakaevandamisel kuni teatava piirini. Kui lasundi paksus ületab kriitilise piiri, hakkavad mõned käituskulu liigid, allmaakaevandamisel näiteks lae käitlemise maksumus, kasvama, mistõttu lasundi paksuse kasvades kasvab ka käituskulu. Prof G. B. Fettweis (1990) toob näiteks, et Ruhri kivisöekaevandustes on koristustöö maksumus minimaalne, kui kihi paksus on 0,9...1,8 m. Selline seaduspärusus on selgesti jälgitav ka Venemaa ja Ukraina kivisöekaevandustes, sest nüüdisaegsed seeriviisiliselt valmistatud koristuskompleksid on eriti tõhusad just kivisöekihi keskmise paksuse juures. Paksus kihis tuleb kasutada mõnda muud tehnoloogiat näiteks kihthaaval väljamist. Põlevkivikihi paksus ja kaevandamiskulu on enam-vähem pöördvõrdelises sõltuvuses, kululiike, mis kihindi paksuse kasvades suurenevad, ei täheldata. Rakvere maardla fosforiidi allmaakaevandamisel oleks võinud ilmuda koristustööde maksumuse suurenemine, kui oleks tulnud töötada eriti paksus kihindis.

Kahtlemata on kihtmaardlate optimaalne kaevandamispaksus seotud inimese kasvuga, nii nagu kivisöekaevanduste käikude kõrgus kujunes veohobuse kõrgusest. Ilmne side on ka optimaalse kaevandamispaksuse ja kihtmaardlate paksuse klassifikatsiooni (tabel 1.12) vahel.

Tabel 1.12 KIHTMAARDLATE KIHTIDE JAOTUS PAKSUSE JÄRGI (meetrites)

Kiht	NSVL-is kasutatud jaotus	Hiinas kasutatav jaotus
Väga õhuke	< 0,7	
Õhuke	0,71...1,2	< 1,3
Keskmine	1,21...3,5	1,3...3,5
Paks	> 3,5	> 3,5

Saksamaal kasutatakse 8-positsioonilist söekihi paksuse jaotust sammuga 0,3 m vahemikus <0,7...>2,5 m.

<sup>1</sup> Kaevandamiskulu on selles raamatus kasutusel üldmõistena, mis sisaldab nii käitus- (ekspluatatsiooni-) kui ka kapitalikulu.

Kuna lasumissügavus ja maavaralasuundi paksus moodustavad mäendustingimuste põhitunnuste paari, siis püütakse neid esitada koos, sünteesides uusi tunnuseid. Avakaevandamise puhul on selliseks **katenditegur** ( $k$ ). Kasutatakse suhtarvuna esitatavat **lineaarset katenditegurit**

$$k_l = H / h$$

kus  $h$  - maavaralasuundi (kihi, kihindi) paksus. Majanduse seisukohalt on ilmekam **mahuline katenditegur**

$$k_m = H / p$$

kus  $p$  on maavaralasuundi tootlus  $t/m^2$ . Kui toodanguks läheb kogu lasund, siis avaldub tootlus seosega  $p = h\gamma$ , milles  $\gamma$  on kaevise mahumass  $t/m^3$ . Mahulise katenditeguri mõõtühikuks on  $m^3/t$ , s.t paljandustööga kõrvaldatava katendi maht ühe tonni kaevise kohta. Järelikult, mida suurem on katenditegur, seda suurem on kaevandamiskulu, kusjuures kulu kasvab võrdeliselt lasumissügavusega. Katenditeguri väärtused Eesti suuremates karjäärides on järgmises tabelis. Seejuures tuleb arvestada, et põlevkivikarjäärides pole kihindi paksuseks võetud mitte selle geoloogiline, vaid kasulik paksus, s.t väljatavate (ala)kihtide summaarne paksus.

Tabel 1.13 KATENDITEGUR EESTI KARJÄÄRIDES

Karjäär	Lineaarne katenditegur $k_l$ m/m	Mahuline katenditegur $k_m$ $m^3/t$
Põlevkivikarjäärid <sup>1</sup> :		
Viivikonna	4...5	3
Sirgala	6...8	4,2
Narva	10...12	6,4
Aidu	5...7	5,8
Maardu fosforiidikarjäär (kui töötas)	8...15	4...7
Piusa liivakarjäärid	0,25...0,3	0,1...0,6
Kunda-Aru tsemendilubjakivikarjäär	0,01...0,3	0,01...0,15

Maailma mäenduspraktikas ei ületa lineaarne katenditegur 30 m/m ja eemaldatava katendi paksus 700 m (Fettweis, 1990). Prognooside kohaselt ei saa lähitulevikus põlevkaeviste mahuline katenditegur olema üle 50  $m^3/tce$  ( $t$  coal equivalent, tingtonni). Kui Eesti põlevkivi kihindi tootlus on 3,3  $t/m^2$  ja põlevkivitonna ekvivalent umbes 0,3 tce, on põlevkivikarjääride katendi suurimaks mõeldavaks paksuseks 50 m. Tegelikult loetakse põlevkivikarjääride piirsügavuseks sõltuvalt katendi struktuurist 30...40 m. Täpsemalt on põlevkivi avakaevandamise piirsügavust käsitlenud oma magistriväitekirjas Ingo Valgma<sup>2</sup>. Klassikalises mäemajanduses määratakse mahulise katenditeguri piirväärtus, (avakaevandamise piirsügavus) valemiga

$$K_{m,max} = (C_{allmaa} - C_{ava}) / C_{katend}$$

Kus  $C$  on indeksiga nimetatud tööde maksumused vastavalt ühikutele ( $t$  ja  $m^3$ )

Nii on see kihtmaardlas. Muude maardlate kaevandamisel ei ole maavaralasuundi (maagikeha, -soone jne) paksusel nii olulist tähtsust kui kihtmaardlas kas või juba seepärast, et selline mõiste nagu paksus on keerulise kujuga maagikeha puhul mõttetu. Isegi Eesti kihtmaardlates võib ette tulla, et maavara või selle väärtusliku erimi näiteks Vasalemma puhta lubjakivi lasund ei ole paksuse abil iseloomustatav.

**Maavaralasuundi (kihi, kihindi) kallakus** nii nagu selle paksuski määrab kaevandamisviisi, koristustöö tehnoloogia ja kapitali- ning käituskulu. Kihitide jaotus kaldenurga järgi on järgmises tabelis

Tabel 1.14 MAARDLATE JAOTUS KIHITIDE KALDENURGA (kraadides) JÄRGI

Kiht	NSVL-i jaotus (Burtšakov, 1989)	Hiina jaotus (Burtšakov, 1989)	Saksamaa jaotus (Fettweis, 1990)
Rõhtne	Umbes 0	Umbes 0	Umbes 0
Lauge	< 18	< 25	< 18
Kallak	19...35	25...45	19...36
Järsk	36...55	46...90	37...54
Püstkiht	56...90		55...90

<sup>1</sup> Käesoleva digiväljaande ilmumise ajaks moodustavad Narva, Sirgala ja Viivikonna administratiivselt ühe, Narva karjääri.

<sup>2</sup> Nüüdseks PhD ja mäenduse professor.



Kihi paksus ja kallakus mõjuvad koos allmaatöö tingimustele. Väga õhukesed ja rõhtsad kihid on raskesti kaevandatavad, kuna kaevurite töötingimused neis on väga halvad. Inimesed peavad töötama ja liikuma roomates. Kallakuse suurenedes töötingimused väga õhukestes, õhukestes ja keskmise paksusega kihtides paranevad, sest töötava inimese kehaasend läheneb normaalsele. Kuna Eesti maardlad paiknevad rõhtsal laval, siis siin pole kallakus tugeva toimega majandusmõjur. Kallakus, mis Eesti maardlates moodustab mõned meetrid kilomeetri kohta (kuni 1:100), mõjutab vaid veeärastust ja vedu, peamiselt rööbasvedu.

**Vee-eritumus** on selge majandusmõjuga suhteliselt hästi mõõdetav ( $m^3/h$ ,  $m^3/d$ ), kuid samavõrra raskesti prognoositav mäendustingimuste tunnus. Vee-eritumuse mõju kaevandamiskuludele on negatiivne, sest veerohkus suurendab kulutusi veeärastusele, halvendab kaevurite töötingimusi, vähendab laadimis- ja veomasinate tootlust ning üldjuhul madaldab ka kaevise väärtust (kvaliteeti). Kõrge vee-eritumus tähendab intensiivset põhjaveekihtide kuivenemist ja seoses sellega suuremaid kapitalikuluseid kaevanduspiirkonna veevarustusele. Eesti kaevandusi ja karjääre võib lugeda veerohketeks. Neid iseloomustav **veerohkus**, mida mõõdetakse kuupmeetrites kaevandatud maavara tonni kohta ( $m^3/t$ ), on järgmises tabelis.

Tabel 1.15 VEEROHKUS MÕNINGATES EESTI MÄEETTEVÕTETES

Kaevandus, karjäär	Veerohkus $m^3/t$
Põlevkivikaevandused:	
Estonia	4...5
Kohtla (kui töötas)	9...18
Kiviõli (kui töötas)	30...40
Põlevkivikarjäärid:	
Narva	1,5...2
Viivikonna	3...4
Aidu	9...12
Kunda-Aru tsemendilubjakivikarjäär	Umbes 5

Kui hinnata veeärastuse osatähtsust käituskuludes, siis ei ületa see 4%. Mis puutub kaevandamispiirkonna veevarustuse taastamise kapitalikuludesse, siis seni ei ole seda Eesti mäetööstuses küllaldases mahus tehtud ja praktika andmed ei ole usaldusväärsed. Prognoosid ja projektarvestused, mida tehti fosforiidikampaania käigus 1988...1990 veevarustuse taastamise kohta Rakvere piirkonnas, olid olupoliitilistel kaalutlustel üle pakutud.

**Maapõue häiritus**, mitte just õnnestunud mõiste, tähistab mitmesuguseid maapõue ehituse ühtlust rikkuvaid nähte: lõhesid, nihkeid, kerkeid, langatusi, nende alasid ja vööndeid, samuti kaljusesse maapõue lõikunud ürgorge, mis enamasti on täitunud setetega jm. Põlevkivi- ja fosforiidimaardlates ning leiukohtades on kõige levinumaks maapõue häirituse ilminguks karst, mis avaldub kihindisse lõikunud saviste setetega täitunud aladena, mille vahetus läheduses kihindi ja kaaskivimite omadused on oluliselt muutunud. Põlevkivikaevandustes on kohti, kus silmanähtavad karstiilmingud puuduvad, kuid kaeveõhne lagi ja kihind käituvad karsti lähialale omaselt. Karstis põlevkivi kas puudub või ei ole kaevandamis- ja kasutuskõlblik. Karstialade all on mõni, halvemal juhul kuni 7% põlevkivi kaeveväljade pindalast. Ka Rakvere fosforiidilival on karstinähtusi, kuid nende mõju tehnoloogiale jäi tunnetamata. Ilmne on nende mõju fosforiidi kvaliteedile. Karstide läheduses on suurenenud kahjulike lisandite, magneesiumi- ja rauaühendite sisaldus fosforiidis.

Maapõue häirituse mõju kaevandamisele oli põlevkivi tootmiskogemuse alusel kirjeldatud varem (Tabel 1.11 MÄENDUSTINGIMUSTE MÕJU SKEEM EESTI KIHTMAARDLATES). Suured häirealad, sellised nagu Ahtme ja Aseri rikkevööndid ning Kunda ja teiste jõgede mattunud orud, võetakse tavaliselt arvesse juba maavara otsimise ja uurimise käigus kui tulevaste kaeveväljade looduslikud piirid. Geoloogiliste tööde käigus uuritakse ka selliste alade mõju vee-eritumusele, maavara muutlikkusele ja võimaluse piires ka kivimite tugevusele. Kõike seda tehakse mäekogemusele tuginedes püüdes maavaravaru hulka mitte arvata häiritud alade maaret. Kuigi maapõue häiritus on mäendustingimuste selge ja oluline tunnus, on ta raskesti mõõdetav ja ta majandusmõju pole kvantitatiivselt ennustatav. Selgelt on välja toodud vaid mõne hästi mõõdetava tunnuse mõju tehnoloogilistele parameetritele näiteks lõhelisuse mõju kaeveõhne ja lae püsivusele põlevkivimaardlas. Järgmises tabelis on põlevkivikaevandustes pikaajalisi vaatlusi teostanud Peterburi markšeideriinstituudi (VNIMI) andmed. Kaevandamispraktikas klassifitseeritakse maapõue häiritusest tulenev mäendustingimuste olukord eksperthinnangul sõnadega: väga rasked (või keerulised), rasked ja normaalsed (geoloogilised) tingimused.

Tabel 1.16 LÕHELISUSE MÕJU KAEVEÕÕNE LAE PÜSIVUSELE

Lae püsivuse aste	Lõhede vahekaugus m	Lae lubatav sille m
Kõrge	>15	13...14
Keskmine	5...15	11...12
Madal	< 5	9...11

**Lasumi ehitus**, struktuur ja koostis on mäenduses olulised. Tavaliselt koosneb lasum (ülalt alla) mullast, pudedatest setetest (moreenist, savist, turbast) ja mitmesuguse tugevusega kaljustest kivimitest. Lasumi ehitus võib määrata tehnoloogia. Näiteks põlevkivi allmaakaevandamisel kasutatakse Oudova maardlas nn kamberlaavasid, mis nõuavad väga püsivat lage. Püsiva lae moodustavad ordoviitsiumi karbonaatsed kivimid, mitte devoni merglid. Oudova maardla põhjaosas asenduvad põlevkivikihi lasumis (laes) ordoviitsiumi karbonaatsed kivimid devoni merglitega, mille all kamberlaavat ei saa kasutada. Kuna teist nii odavat ja töökindlat tehnoloogiat kui kamberlaava ei ole Oudova maardla jaoks suudetud välja töötada, siis on oht, et suur osa head põlevkivi jääb väljamata. Ordoviitsiumi karbonaatsete kivimite piirpaksus kamberlaavade lubatavuse nõudena vt Tabel 2.2 TEHNOLOOGILISE RAJONEERIMISE LÄHTEANDMED BALTI PÕLEVKIVILEVILAL. Vaatamata Oudova maardla negatiivsele kogemusele projekteeriti ehitamata jäänud Kuremäe kaevandus täielikult kamberlaavade kasutamisega, kuigi Kuremäe välja kirdeosas esinevad lasumis devoni merglid. Projekteerija (Leningradi projektinstituut Giprošahht) seisukoht oli, et selleks ajaks kui kaevandamine jõuab mergli alla, on kindlasti leiutatud sobiv tehnoloogia. Julguse selliseks väiteks andis projekteerijale asjaolu, et nõukogude tava kohaselt kandis projekteerija vastutust oma töö eest viis aastat.

Lasumi ehitus on mänginud olulist osa ka fosforiidi kaevandamisel ja uute ettevõtete projekteerimisel. Diktüoneemaargilliidi, isesüttiva ja raskeid metalle sisaldava kivimi esinemine fosforiidikihi lasumis on teinud raskeks sobiva kaevandamistehnoloogia leidmise.

Lasumi ehitus on olulise tähtsusega avakaevandamise tehnoloogia valikul ja parameetrite määramisel. Negatiivse näitena võib tuua viirsavi ja kohati ka munakaid sisaldava moreeni esinemise Narva põlevkivikarjääri katendis, kus need lasumi osad raskendavad oluliselt puurimist ja puistangute kujundamist. Oluline on maavara peal lasuva ja ka kaeveväljaga külgneval alal oleva lasumi ehitus näiteks Soome lahe rannal klindi all paiknevates savimaardlates. Nendes, eriti Aseri savimaardlas, tekitab maa pool kõrguv klint lisasurvet plastsele savile ja mere poolt ähvardab vee sissetungi oht.

On selge, et lasumi ehitus on oluline rikutud maade rekultiveerimisel, kuna kaljuste kivimite, pudedate setete ja eriti turba osatähtsus katendi koosseisus määrab rekultiveerimise tehnoloogia. Viimasel ajal, kui rekultiveerimise nõuded muutuvad üha rangemaks, muutub märgatavaks mulla kui katendi olulise osa vähene uuringut varem piiritletud maardlatel.

Lasumi ehitus ei ole üheselt mõõdetav (ühe tunnusega määratav), nii nagu seda on eespool käsitletud meetritega mõõdetav lasumissügavus. Seepärast ei ole mäemajanduses lihtsaid reegleid selle mäendustingimuste tunnuse arvestamiseks majandusarvutustes. See on põhjus, miks maavarade uuringul on tihti ignoreeritud lasumi ehitust kui mäendustingimuse tunnust.

**Gaasieritumus.** Peamiselt metaanist koosneva süttiva maagaasi eritumine on väga oluline kivisöe-, samuti mitme teise näiteks kaalisoolamaardlate mäendustingimuste tunnus. Eesti väikeses sügavuses lasuvate maardlate kaevandamisel tal praktiliselt mõju pole. Teatava tõenäosusega võib põlevkivi- ja fosforiidikaevanduste ummikkaeveõõntesse koguneda peamiselt lämmastikust koosnevat maagaasi, mida eritub vähesel määral Kirde-Eesti maapõuest (Pihlak, 1992). Igatahes üks selline juhtum on Ahtme kaevanduse praktikast teada. Olulisem on radooni kogunemise oht, millega tuleb arvestada võimalikke fosforiidi- ja graniidikaevandusi rajades.

**Maa soojus**, mis väga sügavas kaevanduses põhjustab kõrgeid tuulutus- ja jahutuskulusid, ei mängi Eestis, kus geotermiline gradient (sügavuse muutus, mille puhul maa soojus tõuseb 1 °C võrra) on 33 m, mitte mingit osa. Alles võimalikus Maardu graniidikaevanduses 300...400 m sügavusel mõjuks maa soojus töötingimustele positiivselt, madalatemperatuurilistele hoidlatele aga negatiivselt. Erilist majandusmõju kaevandamisele sellest oodata ei ole, sest näiteks Ruhri kivisöelevilal, kus geotermiline gradient on veidi väiksem kui Eestis (21...32 m), moodustavad jahutuskulud 900 m sügavusel umbes 2% kaevandamiskulust.

**Maavara kvaliteet** on käesolevas raamatus võetud mäendustingimuste hulka seepärast, et sellest sõltuvad kaevandamise ja rikastamise tehnoloogia, kapitali- ja käituskulud. Madala kvaliteediga maavara saab mõnikord väljata ainult selektiivselt lasundi parimaid osi kasutades. See tehnoloogia on tavaliselt kallim kui lausväljamine. Madala kvaliteediga kaevis nõuab põhjalikumalt rikastamist, mis on kallim ja annab väiksema saagise, seega kallima toodangu. Kõrge kvaliteediga maavara võib rahuldada tarbija nõudeid ilma eritötluseta, olla kaevandatav ilma rikastamata. Kirjeldatust johtuvalt on maavara kvaliteedi ja kapitali- ning käituskulude vahel pöörvõrdeline (hüperboolne) seos - kvaliteedi tõustes kulud langevad ja vastupidi.

**Kivimite füüsikalise-mehaanilised omadused** määravad kaevandamise tehnoloogia ja masinate tootluse. Kaevis tugevusest, ka abrasiivsusest oleneb, kas raimamiseks kasutatakse puur- ja lõhketöid või saab seda teha mehaaniliselt (lõigates, murdes, lõhkudes). Kaaskivimite tugevusest oleneb laekäitlemismoodus ja veomasinate valik allmaakaevandamisel ning paljandustööde tehnoloogia avakaevandamisel. Kivimite füüsikalise-mehaaniliste omaduste mõõtmist ja mõju tehnoloogiale käsitletakse kivimimehaanika kursuses. Maavarade uuringu staadiumis üritatakse hinnata kivimite füüsikalise-mehaanilisi omadusi puursüdämike laboratoorse katsetamisega, kuid kahjuks ei ole korrelatsioon katsekeha ja maapõue kivimi omaduste vahel küllalt tugev. Seetõttu ei saa ka kaevandamise tehnoloogiat projekteerida ainult geoloogilise uuringu staadiumis määratud kivimite füüsikalise-mehaaniliste omaduste alusel. Veelgi nõrgem on otseside (s.t side tehnoloogiat arvestamata) laboratoorselt määratud kivimi omaduste ja kaevandamise tõhususe vahel. Põlevkivi kaevandamise majandusuuringud annavad tunnistust seoste olemasolust kivimi füüsikalise-mehaaniliste omaduste ja kaevandamiskulude vahel, kuid need uuringud ei ole suutnud tõestada laboratoorselt määratavate tunnuste sobivust majandushinnangute alusena. Kivimite füüsikalise-mehaaniliste omaduste ja kaevandamise tõhususe majandushinnangute raskesti kirjeldatava seose tõttu kasutatakse mäemajanduse praktikas suhteliselt lihtsalt määratavaid, kuid kaevandamistingimusi komplekselt kirjeldavaid tunnuseid. Vene mäenduse praktikas on selleks *Protodjakonovi* tugevustunnus (ka tugevusnäitaja), mis on 100 korda vähendatud kivimi survetugevus. Läänemaailma mäenduse praktikas on selliseks välitunnuseks RQD (*Rock Quality Designation*), mille sisuks on protsentides väljendatud üle 4" (10 cm) pikkuste puursüdämike saagis puurimisel. See klassifikatsioon on järgmises tabelis.

Tabel 1.17 RQD KIVIMI TUGEVUSE KLASSIFIKATSIOON

Üle 10 cm pikkuste puursüdämike saagis %	Kivimi klass inglise keeles	Klassi eestikeelne vaste
0...25	very poor	väga nõrk
25...50	poor	nõrk
50...75	fair	keskmise tugevusega
75...90	good	tugev
90...100	excellent	väga tugev

### 1.1.6. MÄENDUSTINGIMUSTE ARVESTAMINE MAJANDUSARVUTUSTES

Üks või teine mäendustingimuste tunnus (kaevandamissügavus, lasundi paksus) suurendab või vähendab käituskulusid ja kapitalimahutusi. Tugeva ja ühese mõjuga mäendustingimuste tunnuseid on võimalik rakendada lihtsate matemaatiliste mudelite argumentidena, selleks et projektide eelhinnangu staadiumis (vt 3.1.1) määrata võimalike kulude suurusjärku. Sedalaadi mudelite aluseks on analoogiameetod.

**Kui on teada kulud ühtedes tingimustes ja kuidas nad tingimuste muutudes muutuvad, siis võib hinnata kulusid ka uute tingimuste jaoks**

Levinuim meetod kasutab astmefunktsioone, kirjeldades nende abil kulude muutust argumenti muutudes

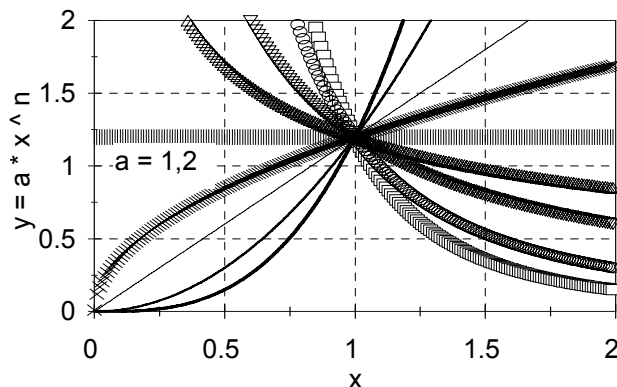
$$C_2 / C_1 = (x_2 / x_1)^n$$

kus  $C_1$  ja  $C_2$  üldiselt  $C_i$  on kulud, kas siis käitus- või kapitalikulud esimesel ja teisel juhul; esimeseks loeme alati analoogi;  $x_1$  ja  $x_2$  ( $x_i$ ) on argumenti, antud juhul mäendustingimuste tunnuse väärtus esimesel ja teisel juhul;  $n$  on funktsiooni astmenäitaja, elastsustegur, millest oli juttu Tabel 1.10 EESTI PÕLEVKIVIMAARDLA MÄENDUSTINGIMUSTE PEAMISED TUNNUSED selgituses. Elastsus näitab, mitu protsenti muutuvad kulud, kui mäendustingimuste tunnus muutub 1% võrra.

Toodud valem on tuntud Nelsoni (1964) valem nime all. Teisendamisega saab valemile anda astmevõrrandi kuju

$$C_2 = C_1 (x_2 / x_1)^n = C_1 / x_1^n \times x_2^n = a x_2^n$$

kus  $a = C_1 / x_1^n$  on konstant, mis sõltub vaid analoogist. Argumendi  $x_1$  suhtes on see sõltumatu suurus. Astmevõrrandit tutvustab joonis 1.3. Praktiliseks kasutamiseks sobivaid elastsustegureid on tabelis 1.18.



Graafikud astendaja erinevatel  $n$  väärtustel:

□ -3   ○ -2   ▽ -1   △ -0.5   | 0  
× 0.5   — 1   — 2   — 3

Joonis 1.3 Astmevõrrandite käitumine erinevatel  $n$  väärtustel

Tabel 1.18 ELASTSUSTEGURI VÄÄRTUSI MÄENDUSTINGIMUSTE MÕJU ARVESTAMISEL MAJANDUSARVESTUSTES

Funktsioon $C_i$	Argument $x_i$	Elastsus $n$
Põlevkivi (kaevise) kaevandamine:		
käituskulu	Kaevandamissügavus	0,1
kapitalikulu	Kaevandamissügavus	0,31
käituskulu	Kihindi väljatav paksus	-0,68
kapitalikulu	Kihindi väljatav paksus	-0,37
Kaubapõlevkivi saagis	Kihindi kütteväärtus	0,81
	Põlevkivikihtide kütteväärtus	0
Kaubapõlevkivi kütteväärtus	Kihindi kütteväärtus	0,17
	Põlevkivikihtide kütteväärtus	0,39

Tabeli elastsustegurid kehtivad puur- ja lõhketöödel.

**Näide.** Eesti maardlas on kihindi väljamispaksus valdavalt 2,8 m, Oudova maardlas 1,7 m, keskmine kaevandamissügavus 50 ja 70 m. Hinnata, kui palju on Oudova maardlas kaevise käituskulu kõrgem, tingituna sealse kihindi suuremast lasumissügavusest ja väiksemast paksusest. Niisiis

$$C_2 / C_1 = (1,7 / 2,8) - 0,68 (70 / 50) 0,1 = 1,40 \times 1,03 = 1,45 \text{ korda}$$

Huvilised võivad iseseisvalt arvutada, kui palju on Oudova maardlas kaubapõlevkivi saagis ja kütteväärtus madalamad, kui kihindi kütteväärtus on Eestis valdavalt 8,8 GJ/t, Oudova maardlas 7,1 GJ/t. Põlevkivikihtide kütteväärtus on vastavalt 12,6 ja 12,3 GJ/t.

Lisaks vt ÜLESANDED JA HARJUTUSED nr 8...10.

### 1.1.7. MAAVARA KADU

Maavara on üldrahvalik vara, mille kasutamiseõigus antakse (renditakse) kaevandajale. Maavara kaevandav riigiettevõtte ei saa maavara enda omaks pidada, sest ta kasutab seda kaevandamisõiguse alusel. Maavara on taastumatu ressurss ja ühiskond ei pea selle pillavat kasutamist õigeks, sest taastumatut ressursi ei saa üldjuhul millegi samaväärsega asendada. Kui omanik on huvitatud ressursi heaperemehelikust kasutamisest, siis tunneb ta huvi kao vastu. Seepärast on maavara kadu laia ühiskondliku kõlapinnaga mõiste. Tegelikult on aga maavara kadu niisama leppeline ja poleemikat tekitav kui maavara isegi. Alustagem maavara kao definitsioonist.

#### Maavara kadu on kasutamiskõlbmatuks muutunud (arvel olnud) maavara

Sellest määrangust võib välja lugeda, et osa maavarast muutub kaevandamise ja ka mittemäendusliku majandustegevuse käigus kasutamiskõlbmatuks. Aga kadu võib olla tingitud ka sellest, et maavara on arvele võetud valesi, liiaga või nõuetele mittevastavalt, teisisõnu maavarana on (eksklikult) arvel kaevandamisväärsuseta kivim. Eriti sagedasti juhtub seda siis, kui maavara on arvele võetud üht kaevandamise ja kasutamise tehnoloogiat arvestades, aga majandustingimuste muutudes hakatakse kasutama hoopis teist.

Maavara kadu mõõdetakse kaduma läinud ja arvel olnud maavaravaru koguse suhtega, suhtarvuna või protsentides

$$\lambda = V_k / V, \text{ või } l = 100 V_k / V \%$$

kus  $\lambda$  on kaotegur,  $l$  protsentides mõõdetud kadu,  $V_k$  tähistab kaduma läinud varu,  $V$  väljatud ja kaduma läinud, seega kasutatud varu kogust. Kaotegurit täiendab väljamistegur

$$\theta = 1 - \lambda = V_v / V$$

kus  $V_v$  on väljatud (kaevandatud) varu kogus.

#### Kasutatud ja kaevandatud varu on erinevad asjad, ka kadu on kasutatud varu

Vene keele mõjul on käibel ka ebasoovitav mõiste (bilansist) kustutatud varu.

Siin esitatud valemeid lahti mõtestades märkab, et kui maavara kadu on 25%, siis iga kaevandatud tonni kohta läheb kaotsi 333 kg ehk kadu on üks tonn kolme tonni väljatud maavara kohta.

Maavara kao küsimus tekitab vaidlusi maavara omaniku ja kasutaja vahel. Seda teades peab iga mäeinsener olema valmis lahendama kadude küsimust mäemajanduse seisukohtadelt.

Vaadeldgem kaevandamisel tekkiva maavara kao alaliike.

A. **Üldkadu** on maavara, mis jääb kapitaalkaevanduste tugitervikutesse, mäeeraldise piiridele jäetud tõkketervikutesse, kaeveväljal olevate teede ja muude rajatiste hoidetervikutesse jne. Üldkadu sõltub vähe kaevandamise tehnoloogiast ja enamikul juhtudel on ta vältimatu, sest mõistlikud tehnoloogilised võtted ei luba seda kadu vältida ega vähendada. Üldkadu, kui selle suhtes on kokku lepitud maavara kasutamiseõiguse andnud asutusega, on lubatav kadu. Sellisel juhul märgitakse kaevandamisloale mäeeraldise varu osana **kaevandamisele kuuluv varu** kui mäeeraldise piires olev maavaravaru miinus üldkadu. See vabastab kaevandamisloa valdaja vastutusest lubatud üldkao eest.

#### B. Kaevandamiskadu jaotub

- B.1 kaoks maapõues, mis tähendab, et osa maavara jääb väljamata. Selle moodustavad
- B.1.1 kaevandustes paneelide-, lankide- ja plokkidevahelised tervikud, mis on vajalikud käikude ülalhoidmiseks;
  - B.1.2 kaevandustes mitmesugused lae käitlemiseks jäetavad langi- ja plokisisesed tervikud, sealhulgas põlevkivikaevanduste kambriplokkide sammastervikud;
  - B.1.3 karjäärides kaevekäikude vahele puistangute püsivuse tagamiseks jäetud tervikud;
  - B.1.4 kaeveõõnte põhja (allmaakaevandamisel ka lakke) mitmesugustel põhjustel jääv maavaralasuundi tootusosa;
  - B.1.5 häiritud alade (karstialade, rikkevõõndite jne lähipiirkonna) kaevandamiseks sobimatuks osutunud maavara;

B.1.6 uppunud, põlenud ja varisenud aladel väljamata jäänud ja nende alade tõkketervikutesse jäetud maavara.

Kihtmaardlate kaevandamisel jagatakse väljamata maavara veel pindala- ja paksuskaoks. **Pindalakadu** avaldub kohtadena, kus kogu kiht (kihind) jääb väljamata. **Paksuskadu** avaldub maavaralalasundi lõikel ja sel juhul jääb osa lasundist tavaliselt laes või põhjas väljamata.

Edasi jaotub kaevandamiskadu

B.2 raimatud kaevise kaoks, seejuures

B.2.1 väljatöötatud alasse mahajäänud kaevis näiteks laadimiseks liiga suured tükid;

B.2.2 karjäärides koos katendiga puistangusse eemaldatud maavaralalasundi osa;

B.2.3 kaevandusest või karjäärist välja antud kaubaks sobimatus, aheraineks kuulutatud kaevises leiduv maavara;

B.2.4 kadu veol kas või tolmu näol;

B.2.5 avariide tõttu maha jäänud alade koristamata kaevis;

B.2.6 maavara osised heitmetes.

C. **Rikastamiskadu** on kaduma läinud maavara

C.1 rikastamisjääkides;

C.2 rikastamistabrikute heitmetes.

Rikastamiskadu on jääkidesse (aherainesse, flotoliiva, hiiba, sõelmetesse) jääv kasuliku aine osa.

Kaevandamis- ja rikastamiskadu sõltub tehnoloogiast ja majandustingimustest ning üldjuhul on kaotsi mineva maavara kogus mäendusvõtetega juhitav. Seepärast on kaevandamis- ja rikastamiskadu mäeettevõtte asi. Turumajanduse reeglite kohaselt tegutsevas majandussüsteemis vastutab (maksab) mäeettevõtte kogu tema kasutusse antud maavara eest, seega ka kao eest. Maavara mäeettevõtte kasutusse andes võib maavara omanik nõuda kao eest kõrgendatud tasu. Põlevkivi kao kohta on andmed tabelis.

Tabel 1.19 PÕLEVKIVI KADU %

Kadu liikide ja kaevandamisviiside kaupa	Kao suurus %
Kaevandamiskaod	22
Avakaevandamine	13
Osaliselt selektiivne väljamine idakarjäärides (paksuskadu)	16
Lausväljamine (peamiselt pinnakadu)	7
Allmaakaevandamine	29
Kamberkaevandamine (pinnakadu)	26
Lankkaevandamine (peamiselt paksuskadu)	44
Käsilaavad	42
Kombainilaavad (osaline väljamine)	45
Rikastamiskadu	≤ 9

Kaevandamise käigus võib selguda, et kohas, kus maavara on arvele võetud, seda tegelikult ei ole, s.t varu ei leia kinnitust. Samuti võib selguda, et geoloogiliste tööde käigus on hinnatud maapõue, kivimite või maavara omadusi valesti või puudulikult ja maavara ei osutu kaevandamisväärseks. Sel juhul võetakse maavara arvelt maha. Maavara omaniku ja majanduse seisukohalt on ka see kadu, sest seni on selle maavaraga arvestatud. Mäemajanduslikus käsitluses on see

D. **ressursikadu**, milleks on

D.1 olematu varu;

D.2 alaväärtuslik varu.

Maavara kadu on mäemajanduse oluline mõiste, mistõttu seda teemat tuleb illustreerida näidetega ja avada selgitustega.

Põlevkivi allmaakaevandamisel on palju poleemikat tekitanud asjaolu, et kamberkaevandamisviisi puhul hoitakse põhilage üleval sammastervikutega, mille moodustab maavara - põlevkivi. Nii kaob tervikutes olenevalt kaevandamissügavusest 25...30% energeetilisest ressursist. Samal ajal on see odavaim allmaakaevandamise moodus. Teiste laekäitlusemoodustega vaevalt tasuks põlevkivi allmaamenetlusel toota. Tegemist on nii praktiliselt kui teoreetiliselt huvitava mäemajandusliku

probleemiga ja kuna eesti põlevkivi (kukersiit) on unikaalne maavara ning Eesti rahvamajanduse jaoks oluline ressurss, siis ilmselt ka igihalja probleemiga.

Autor on teinud arvutusi (Reinsalu, 1982), mis näitavad, et kui põlevkivikaevandustes loobuda kambriagede hoidmisest sammastervikutel ja minna üle laavakaevandamisele, mille puhul lagi hoitakse metalltoestiku abil üleval ainult väljamise ajal, siis rahalises arvestuses on toestikumetalli (mis maagina oli ka maavara) kadu suurem kui põlevkivi kadu. Sellel arvutusel põhineb väide, et põlevkivi on odav toestikumaterjal. See väide on esile kutsunud võõristust.

Asjaolu, et maavara kasutatakse kaevanduskonstruksioonina, võimaldab tõmmata paralleele maavara kao ja põllumajanduskultuuride kao vahel. Maaviljeleja kasutab osa saagist seemneks, aga saagi tarbija seisukohalt on mulda pandud seeme kadu. Nii arvasid ka sõjakommunistlikud viljavarujad Nõukogude Liidus, kui võtsid proletariaadi toitmiseks maaviljelejalt ära seemnevilja.

Maavara kadude arvestust ähmastab **aherdumine**, see tähendab kaevandamisel maavarale lisanduv **aheraine**, kaasnev kivim. Ähmastumine toimub seetõttu, et mäeettevõtte käsutusse antakse mahu, massi ja kasulike ainete sisaldusega mõõdetav maavara kogus, kaevandades läheb osa sellest kaduma, kuid samas lisandub (või lisatakse) kaevisele kaaskivimeid ja vett. See toimub siis, kui maavara esineb kihindina, millest vaid (tootus) osa on maavara staatuses. Koos väljates nii nagu see toimub põlevkivi tootvates ettevõtetes või väheselektiivse toimega kaevandamistehnoloogiat kasutades segunevad kihindi tootus ja aher osa ning maavarana väljatava kaevisse mass kasvab, kuid kasuliku aine sisaldus selles väheneb. Kui näiteks nõukogude majanduses hinnati kaevandaja töö tõhusust ainult toodangu massi või mahuga, mitte majandustulemuste järgi, siis aherdati tahtlikult. Intensiivne aherdumine toimub ka maagikaevandustes, kui nõrkade kaaskivimite puhul kasutatakse varistamise kaevandamist.

Aherdumist mõõdetakse mitmeti. Näiteks aherdumisteguri abil

$$d = A / K, \text{ või } d = (a_0 - a_1) / a_0$$

kus  $A$  on aheraine kogus, mis sisaldub kaevisekoguses  $K$ ,  $a_0$  kasuliku aine sisaldus maavaras,  $a_1$  sama väljatud kaevises. Valemi kehtib siis, kui aherduslisal (aheraine) ei sisalda kasulikke ainet. Enamasti see nii ei ole. Näiteks fosforiiti aherdab detriit, mille  $P_2O_5$  sisaldus on kuni 5 %. Lausväljatav põlevkivikiht sisaldab paekivi, milles on kuni 10 % kasulikke orgaanilisi ainet. Samal ajal varuna arvel olevad põlevkivikihid sisaldavad aherainet (paesuletisi). Seepärast saab ülaltoodud valemit kasutada vaid kõige lihtsamatel juhtudel. Küllaldase täpsuse tagab valem

$$d = (a_0 - a_1) / (a_0 - a_2)$$

kus  $a_2$  on kasuliku aine sisaldus aheraines.

Kui viimast valemit kasutada rikastatud või sorteeritud kaevisse puhul, siis saadakse negatiivne aherdustegur, mis väljendab rikastamisega eemaldatud aheraine kogust, rikastamisjääki. Kuna nii rikastamisjääk, mis kaevisest eemaldatakse, kui ka lisand, mis kaevisest aherdab, sisaldavad kasulikke ainet, siis praktiliselt on võimatu määrata, kui suur on maavara kadu rikastamisel või kui suur osa on rikastamisjäägis aherduslisal ja kui suur osa maavara kasulikke ainet sisaldavatel osistel. Arvutused viimati esitatud valemi abil näitavad ainult, kas aherdumine on suurem kui rikastamiskadu ( $d > 0$ ) või on rikastamiskadu suurem kui aherdumine ( $d < 0$ ).

Harjutusülesandes vt ÜLESANDED JA HARJUTUSED 11...14

### 1.1.8. MÄENDUSLIK MAAKASUTUS

Maavarade uurimine ja kaevandamine tekitab alati maakasutusprobleeme. Maavarade uuringul puuritakse ja kaevatakse auke, rajatakse proovikaevandeid. See rikub maad. Puurseadmeid peab saama toimetada vajalikku kohta, selleks on vaja pääsu kinnistutele (kruntidele). Kaevandamisel vajab maad kõige rohkem avakaevandamine. Eriti suur on karjääride maavajadus lavamaardlates, kus maavara lasub rõhtsalt suurel alal. Enamasti kogu avakaevandamiseks eraldatud maardla osa ehk mäeeraldise kaevatakse läbi. Kaevandused ja karjääridki vajavad maad hoonete, puistangute, settetiikide, teede, elektri-, vee-, sooja-, gaasi- ja sidejuhtmete ning muude vajalike ehitiste alla. See on mäeettevõtte teenindusmaa. Vene-tüüpi riigikapitalismi ajal ei olnud mäenduslik maakasutus probleem, kuna maa kuulus riigile ja selle jaotamine riigiettevõtete vahel toimus töö korras, teiseks oli mäendus rõhutult privilegeeritud ja maaviljelus, vastupidi, tagaplaanile surutud majandusharu ning kolmandaks olid majandusotsuseid langetavad isikud harjunud sellega, et Venemaa avarustel ei tunta

maadefitsiiti.

Sellest ei oleks mõtet kirjutada, kui riigikapitalistlik mõtlemisviis ei mõjutaks mäenduslikku maakasutust Eestis.<sup>1</sup>

Maailma mäemajanduse praktikas on mäenduslik maakasutus lahendatud sel teel, et maa on üldjuhul ostu-müügi objekt. Üldjuhul, sest maakasutusel on kõikjal piirangud. On selge, et looduskaitsealadel ja muudel piirangutega aladel maa vaba ostu-müügi kord ei kehti.

Omandivormi poolest on Eestis olemas riigi-, munitsipaal- ja eramaa.

### Mäenduslik maakasutus on kahelaadne - kaevandamine kasutab ja rikub maad

Kaevandamine kasutab maad avakaevandamiseks ja karjääridele ning kaevandustele vajalike ehitiste jaoks. See maa tuleb mäeettevõttel võõrandada - osta, rentida või taotleda riigilt maaeraldis. Võõrandamine on leppeline (vabatahtlik) või sundvõõrandamine.

- Kui mäeettevõtte vajab riigimaad, siis tuleb taotleda maaeraldis, s.t saavutada, et riik eraldab ettevõttele maa. Riik võib maa ettevõttele müüa või rentida. Kas maa müüakse, renditakse või eraldatakse muul moel ja millistel tingimustel, sh kui kauaks ning kas ja kui palju tuleb maa eest maksta, see on kokkuleppe küsimus. Lepe sõlmitakse riiki esindava asutusega.
- Kui tegemist on munitsipaalmaaga, siis on maa saamise protseduur põhimõtteliselt samalaadne, leping sõlmitakse kohaliku võimu vastava asutusega.
- Kui tegemist on eramaaga, siis tuleb maa kas osta või rentida.

Kaevandamine rikub maad, mis ei ole tema käsutuses, peamiselt allmaakaevandamise puhul. Maad, mille all kaevandamine toimub, ettevõtte tavaliselt ei taotle, seda ei osteta ega rentida ja selle kasutamine toimub kaevandamisest sõltumata. Allmaakaevandamise mõjul vajub maapind suuremal või vähemal määral, muutub pinnase-, pinna- ja põhjavee seisund. Maa kvaliteedile avaldab kaevandamine kaudset mõju (seismilised lained, õhusaaste, ventilaatorite müra jne), mis alandab maa viljakust ja/või väärtust ning vähendab ala elamiskõlblikkust. Mäetööstur peab arvestama kaevandamise mõjul toimuva maa väärtuse (hinna) kompenseerimise vajadusega.

Kuigi maa väärtuse alanemine kaevandamise toimetel on üldmõistetav ja -tunnustatud, peab teadma ka mäetööstuse vastupidist toimet maaviljeluse produktiivsusele. On tõsiasi, et Eesti põlevkivimaardla alal olnud liigniisked põllumajanduslikud maad ja metsakultuurid on paranenud allmaakaevandamise kuivendava mõju toimetel. Samuti on vaieldamatu, et kui tagasihoidliku majandustasemega põllumajanduspiirkonda rajatakse mäetööstus, siis infrastruktuuri paranemine, eriti teede rekonstrueerimine ja arendamine ning maksujõulise ostjaskonna kasv soodustab selle piirkonna majandustegevust. Selle tulemusel võib maa hind kaevanduspiirkonnas isegi tõusta. Seda maaomanikud tavaliselt ei tunnista ja seda tulu mäeettevõtte ei saa.

Nii maa võõrandamise kui rikkumise korral on kasulik teada maa väärtust, tema hinda. Tavaliselt on maa hinna määramine seadusandlike ja normatiivaktidega korraldatud ning igal konkreetsel juhul määravad maa täpse hinna spetsialistid. On olemas ka maa hinna üldvalem, mis lubab orienteeruda hinnatasemes ja vaidlustada spekulatiivseid hinnanoõudmisi. See valem, mis põhimõtteliselt on rakendatav kõikide iga-aastast tulu andvate varade suhtes (mets, kalatiigid, eksploateeritavad maardlad, mäeeraldised jne) näeb välja nii:

$$R = r \sum_{t=1}^T ((1 + \omega)^{t-1} / (1 - \delta)^t) = r\varepsilon; (t = 1 \dots T)$$

kus  $R$  on maaühiku hind,  $r$  sellelt ühikult saadav iga-aastane (aastakeskmise) puhastulu,  $\omega$  arvestab maalt saadava puhastulu muutumise (keskmist) tendentsi, mis võib olla kasvav või kahanev ja millele vastavalt  $\omega$  on positiivne või negatiivne.  $\delta$  arvestab finantstehingutelt või pangahoiustelt saadavat aastatulu. Kui inflatsioon puudub, on  $\delta$  kasvunorm, kui inflatsioon on olemas, siis võib  $\delta$  võtta võrdseks pikaajalise hoiuse kasvunormi ja inflatsioonimäära vahega.  $T$  on aeg, mille vältel võetakse arvesse maalt saadav tulu.  $\varepsilon$  tähistab summaavaldist<sup>2</sup>.

Valem formaliseerib klassikalise majandusmõtte, mille kohaselt maad osta on kasulik, kui temalt saadav aastatulu on suurem kui maa ostmiseks välja pandud summalt saadav finantstulu näiteks

<sup>1</sup> Käesoleva digiversiooni väljumise ajaks on arusaamad oluliselt paremuse poole muutunud

<sup>2</sup> Siin esitatu on meetodika põhimõtete seletus ega ole piisav täpsemateks arvutusteks.



pangahoiuselt saadav kasvik, mille suurus sõltub kasvikunormist. Peale selle arvestab valem veel asjaolu, et maalt saadav tulu võib aasta-aastalt kahaneda või kasvada. Aeg  $T$ , mille vältel saadav puhaskasu arvesse võetakse, on leppeline. Mõningail andmeil on Eesti maahindade arvestamisel aluseks võetud 10 aastat. Majandusarvestuses on levinum  $T = 20$  aastat, kuid metsamaade ja maardlate hindamisel on kasutatud ka 50-aastast arvestusaega. Tabelis 1.20 on valemi summaavaldise väärtused 20-aastase arvestusaja puhul.

Tabel 1.20  $\varepsilon$ VÄÄRTUSED ERNEVATE  $\omega$  JA  $\delta$  JAOKS 20-AASTASE ARVESTUSAJA PUHUL

Kasviku- ja inflatsioonimäärade vahe %	Puhaskasu muutus aastas $\omega$ %						
	-15	-10	-5	0	5	10	15
-15	23,5	42,7	82,5	165,3	337,3	690,3	1404,2
-10	13,6	22,2	39,0	72,2	138,8	271,7	534,5
-8	11,4	17,8	30,0	53,7	100,5	192,5	372,8
-5	8,9	13,2	21,0	35,8	64,0	118,4	223,3
-3	7,7	11,1	17,0	28,0	48,5	87,5	161,7
0	6,4	8,8	12,8	20,0	33,1	57,3	102,4
3	5,4	7,2	10,0	14,9	23,5	38,9	67,2
5	4,9	6,4	8,6	12,5	19,0	30,7	51,7
8	4,3	5,4	7,1	9,8	14,4	22,2	35,9
10	4,0	4,9	6,3	8,5	12,1	18,2	28,7
15	3,3	4,0	4,9	6,3	8,4	11,8	17,4

Valemissse lähivad inflatsiooni- ja kasvikumäärade vahe  $\delta$  ning puhaskasu muutuse tendentsi näitav  $\omega$  osamäärana ( $\% / 100$ ), mitte protsentides.

**Näide.** Kui hektarilt saab 4 tonni teravilja hinnaga 1000 kr/t, siis aastasissetulek maalt on 4000 kr. Võib oletada, et puhaskasumi norm ei ole palju suurem kui 10 %, mis teeb aasta puhaskasumiks  $r = 4000 \times 0,10 = 400$  kr. Kui eeldada, et maaviljeluse tulukus arvestusaja vältel ei kasva ega kahane, siis  $\omega = 0$ . Kui inflatsiooni ei oleks ja kasvik pangalaenult oleks 8% ( $\delta = 0,08$ ), siis vajaliku  $\varepsilon$  leiab tabelis raamistatuna ( $\varepsilon = 9,8$ ) ja maa hinnaks võib võtta  $400 \times 9,8 = 3920$  kr / ha.

Tutvunud näite abil arvutusmehhanismiga, võib asuda uurima tabelit. Selgub, et juhul kui inflatsioon on kõrge (ületab 15% võrra kasvikumäärade) ja maaviljeluse tulukus kasvab (tabeli ülemine parempoolne nurk), siis on maa hind kõrge, tabelis 1404,2-kordne aasta puhaskasum. Ja vastupidi, kui pangahoiuse kasvik on kõrge (näiteks 15% ja inflatsiooni pole) ning maaviljeluse tulukus kahaneb (tabeli alumine vasakpoolne nurk), siis on maa odav. Tabelis vastab sellele 3,3-kordne aasta puhaskasum. Ja loomulikult, kui põllumajanduse tulukus ei kasva ega kahane ning inflatsioon on sama kõrge kui hoiuste kasv, siis 20-aastase arvestusaja puhul vastab maa hind 20 aasta puhaskasule.

Toodud valem ja arvanded annavad ettekujutuse maa ja teiste aastatulu andvate kõlvikute ja objektide hinna määramise mehhanismist. Konkreetseteks arvutusteks on siiski vaja üksikasjalikumaid teavet, sest maa hind sõltub tugevalt asustusest, teedevõrgust, kaugusest linnadele, puhkealadele jne. Peale selle muutub aasta-aastalt nii maa viljelemise tulukus kui ka inflatsiooni- ja kasvikumäär. Lisateabe hankimine on loomulikult iga asjast huvitatu enese asi. Kindlasti on maalt saadava puhaskasu kohta andmed olemas maksuametis.

Maa ostukulu on kapitalikulu. Peale selle tuleb kompenseerida maa rikkumine, mis kuulub käituskulude hulka. Tavaliselt kompenseeritakse maaomaniku kahjud maa hinna alanemise ulatuses. Kuna riiklikult kehtestatud maa hind (maksustamishind) on otseseoses maa hindepalliga, siis on soovitatav projekteerimise ajal, igal juhul aga enne kaevandamiskahjustuste teket hinnata kaevandamise mõju alla sattuva maa väärtus.

### 1.1.9. KESKKONNAKASUTUSE MAKSUSTAMINE

Mäetööstus kasutab tootmisressursina avalikku vara ja keskkonda: maapõue, maad, infrastruktuuri (teid, juhtmeid), mitmesugust loodusvara: maavara, maa-ainest, vett ja õhku. Isegi kui mõnest loodusvarast näiteks õhust mitte midagi ei tehta, kuid seda kasutatakse saasteainete, suitsu- ja plahvatusgaaside ning tolmu hajutamiseks, tuleb seda käsitleda tootmisressursina, sest nii saab läbi odavamalt kui heitmeid puhastades. Sellest lähtuvalt käsitleme keskkonda ja loodusvara (maapõue, maavara, õhku, vett ning põhimõtteliselt ka merekala, kuigi mäendusel pole sellega asja) tootmisressursina. Avaliku vara, s.t maapõue, maavara, vee, õhu, kalavaru ja muu sellise, mida pole inimene teinud ega loonud, kasutamist majandustegevuses korraldab ühiskonda esindav riigivõim käskude ja keeldudega või/ja maksukoormusega (ressursimaksuga). Esimene moodustest oli valdav Nõukogude Liidus, teist eelistab isereguleeruvust taotlev turumajandus. Täiesti arusaadavalt on looduskasutuse maksustamisel veel fiskaalne eesmärk - suurendada riigi- või kohaliku eelarve tulusid.

**Loodusressursside kasutamise maksustamisel on reguleeriv ehk loodusvarade majandamist otstarbekusele suunav ja fiskaalne ehk eelarvet täitev eesmärk**

Kumb eesmärk prevaleerib, sõltub riigijuhtide professionaalsusest. Meil Eestis juhtus nii, et maksusüsteemi tegid ja esitasid valitsusele eriteadlased, kes juhindusid looduskasutuse reguleerimise printsiibist. Valitsus ja seadusandjad nägid ja näevad maksudes ennekõike tuluallikat, seepärast moondus reguleerivana tehtud süsteem fiskaalprobleemidega vaevlevate riigijuhtide käes lihtsaks maksukoormuseks.

Loodusvara kasutamise maksumäär võib olla

- **ühetaoline**, võrdeline ressursi kuluga;
- **progresseeruv**, kasvav ressursi kulu kasvades; näiteks üks maksumäär ressursi kulu mingi leppelise piirmäärani ja teine määr selle ületamisel. Kõrgema määraga maks võib olla kehtestatud ka mingi muu kriteeriumi alusel, näiteks kui ühiskond peab ressursi või selle osa kasutamist mittesihipäraseks ja selle ressursi kasutamist kaoks.

Tüüpilise ühetaolise loodusvaramaksuna kehtestati 1990. aastal põlevkivivaru maks 1,5 rbl igalt kasutatud, s.t toodetud või kaoks jäänud varu tonnilt. Ühetaolise maksu määr ei sõltu väljatud ja kaoks jäänud põlevkivivaru suhtest. Kehtestamise ajal moodustas ressursimaks umbes ühe kolmandiku põlevkivi kaevandamise keskmisest omahinnast ja oli seetõttu tugeva reguleeriva toimega. Maks koormas eriti neid ettevõtteid, kus maavara kadu oli suur. Kuulub ju maksustamisele nii väljatud põlevkivi, millest saab tulu, kui ka kadu, millest otsest tulu ei saa. Suured summad, mis tuli maksta väljamata jäänud põlevkivivaru eest, pidid suunama kaevanduskoondise juhtkonda otsima võimalusi maavarakao vähendamiseks. 1992. aastal kehtestati põlevkivivaru maksumääraks 0,5 kr/t, mis moodustas umbes 2% toleaegsest käituskulust. Seejuures säilitati ühetaolisus. Kuna väikene ressursimaks ei stimuleeri maavara kadu vähendamist, muutus põlevkivivaru maks puhtfiskaalseks, mis ei reguleeri ressursi kulu. Põlevkivi ressursimaksu progresseeruvaks muutmine nõuaks lubatud (normatiivse) kao sätestamist, mis oleks tehnoloogiasse tungimine.

Kasutan siin teadlikult Eesti normatiivdokumentide jaoks võõrast terminit ressursimaks. Kuna Eesti maksusüsteemi kehtestanud raamseadus ei maini ressursimaksu, kasutab meie seadusandlus sõnapaari kaevandusõiguse tasu. Tegelikult on see ressursi- ehk maavaramaks (ingl *royalty*).

Tüüpilised progresseeruvad looduskasutuse maksud on vee kasutamise ja saastamise maksud, mis piirmäärani on ühe ja piirmäärast ületamisel teise maksumääraga. Asjaolu, et piirmäärast ületamine toob kaasa kulude tunduva suurenemise, sunnib ettevõtet püsima etteantud, antud juhul veekasutuslooga määratud piirides. Progresseeruva ressursimaksu majandusmõju tugevdab asjaolu, et loaga seatud veekasutuse või saaste piirmäärast ulatuses läheb maks tulumaksuvabade käituskulude hulka, seevastu maksu, mida piirmäärast ületamisel nõutakse mitmekordsena, käsitletakse trahvina ja see võetakse maha ettevõtte maksustatud kasumist, puhaskasumist.

**Näide.** Ettevõtte müüs kaupa 100 000 kr eest; tootmiskulu oli 50 000 kr. Tootmine tekitas saaste, mille eest tuli maksta progresseeruva maksumäärast järgi. Lubatud piires 100 kr saasteühikult ja üle lubatud piiri viiekordse maksumäärast järgi, s.t 500 kr saasteühikult. Saaste lubatud piirnorm oli 100 saasteühikut. Ettevõtte ületas saaste lubatud piirnormi 10 ühiku võrra. Saastemaks lubatud saastenormi piires oli 10 000 kr ja ülemäärast saaste eest  $10 \times 500 = 5000$  kr. Ettevõtte tulu ja kulu kroonides nägi välja järgmiselt:

Sissetulek	100 000
Otsene tootmiskulu	50 000
Saastemaks lubatud piirmäärani	10 000
Tulu	40 000
Tulumaks 25% <sup>1</sup>	10 000
Puhaskasum	30 000
Saastemaks ülemäärase saaste eest	5 000
Lõplik puhaskasum	25 000

Nii kaotas ettevõtte võimalikust tulust 10 000 kr selle eest, et saastas keskkonda lubatud piires. Piirmäär 10%-lise ületamise eest maksis ettevõtte puhaskasumist trahvi 5000 kr. Kuna trahv võeti tulumaksuga maksustatud tulust, siis oli see summa ekvivalentne  $5000 \times (1 - 25/100) = 6667$  käituskulude krooniga.

### Eesti seadusandlus rakendab piirmäär ületava looduskasutuse eest tulumaksuga koormatud saastemaksu, sisuliselt topeltmaksustamist

Ka maavaramaks võib olla progresseeruv, kui kordne maks on kehtestatud maavara mittesihipärase kasutamise, rikkumise ja kao eest. Progresseeruvus eeldab, et sihipärasuse ja kao mõiste oleksid üheselt mõistetavad, objektiivselt määratavad ja reaalselt mõõdetavad. Kahjuks tuleb tõdeda, et reaalses majanduses on need (saastamise, veekasutuse, maavara sihipärase kasutamise, kao jms) mõisted loa andja ja saaja poolt erinevalt tõlgendatavad, enamasti leppelised ning üldiselt raskesti mõõdetavad.

Aeg-ajalt üles kerkiv mõte, et loodusvarade maksudest laekuvaid summasid peaks ühiskond kasutama ennekõike või isegi ainult sihtsuunitlusega samade loodusvarade seisundi parandamiseks, kasutamiskõlblikkuse suurendamiseks või nende uute ressursside leidmiseks, oli hea siis, kui marksistliku majandusteooriat õigeks pidavas ametnikkonnas oli vaja läbi suruda loodusvarade kasutamise maksustamise ideed. Isereguleerivas majandussüsteemis ei ole laekuvate maksude rangelt sihtotstarbeline kasutamine nii oluline kui looduskasutuse parem korraldamine laekuva raha abil.

#### 1.1.10. MÄENDUSLIK VEEKASUTUS

##### Mäetööstus kasutab ja kulutab vett

**Mäetööstus kasutab** tarbe- ehk tehnoloogilist **vett**

- tootmise ja transpordivahendina - hüdromonitoride tööorganina, vesitranspordil (hüdrotranspordil) kandurina
- tehnoloogilise vahendina tule- ning tolmutõrjel, betooni valmistamisel, vesitopisena puur- ja lõhketöödel jne
- märgrikastamisel: floteerimisel, setitamisel, hüdroklassifitseerimisel, pesemisel jne
- joogi-, pesu- jm olmeveena

Tarbevee liikidele kehtivad erinevad nõuded. Kõige kõrgemad on need joogiveele. Ka mõningates rikastamisprotsessides (eriti floteerimisel) ja betooni valmistamisel kasutatav vesi peab vastama etteantud nõuetele.

Olgu mainitud, et NSVL-i normide kohaselt pidi kaevanduse tuletõrjehustikus olema joogivee kvaliteediga vesi, et kaevur, nõukogude majanduse A ja O, sealt juues kõhulahtisust ei saaks. Kuna vesi oli tasuta loodusressurs, siis kulus seda lekkiva tuletõrjehustiku tõttu palju.

Kuna vesi on avalik vara, siis reguleeritakse selle kasutamist ja kulutamist seadustega. Eesti veeseaduse järgi tuleb veekasutajal saada **veekasutuse eriluba** ja maksta vee **erikasutuse tasu**. Veekasutustasu on progresseeruv. Ettevõttele vajaliku vee kasutusmäär antakse veeloaga, mis näitab, kui palju ja kust võib vett võtta. Kuna eri kohtadest (põhjaveekihtidest ja veekogudest) ja erinevatelt aladelt (Tallinn, Kirde-Eesti) võetud vesi pole ühe hinnaga, siis tuleb igal konkreetset juhul hinnata, millist vett ja kui palju on otstarbekas kasutada. Veekasutustasu sõltub ka kasutamise sihist. Näiteks jahutusveel, mis suhteliselt vähe saastab keskkonda, on madal tasumäär. Kasutada lubatud vee eest maksab mäeettevõtte käituskuludesse kantavat veetasu, mille määrad on kehtestanud valitsus. Üle lubatud või loata tarbitud vee eest tuleb maksta kordset tasu, mis võetakse ettevõtte maksustatud puhaskasumist. Ka kordsustegurid määrab valitsus.

<sup>1</sup> Teadaolevalt on praegu ja tulevikus meil tulumaks määr väiksem.

**Mäetööstus kulutab vett**, kui ta kaevisse kättesaamiseks kuivendab või kui mäetööd kuivendavad põhjaveekihte ja (pinnase)veekogusid. Vee kulutamise hulka kuulub ka tootsate põhjaveekihtide ja majanduslikku tähtsust omavate veekogude saastamine, nende kasutamiskõlblikkuse taseme alandamine. Ka selleks (põhjaveekihtide kuivendamiseks, heitvee laskmiseks) peab mäeettevõttel olema Eestis vee erikasutusluba. Eesti maksukorralduse kohaselt maksab mäeettevõtte vee erikasutuse, s.t kaevandustest ja karjääridest väljapumbatava vee eest tasu. Kuna kaevandusest pumbatava vee puhul on valdavalt tegemist saastatud pinnaseveega, siis tasu selle eest on väiksem kui tasu tarbevee eest.

Ajal, mil Eestis alles kehtestati kaevandamisel väljapumbatava vee tasu, koormati sellega ainult nõukogude keskvalitsusele alluvaid põlevkivi ja fosforiiti kaevandavaid ettevõtteid. Ehitusmaterjalide karjäärid allusid juba siis Tallinnale ja nende maksustamisest hoiduti.

Kui mäetööstus kasutab veekogusid ja -kihte heitvee ning nendes sisalduvate saasteainete paigutamiseks ja/või hajutamiseks, siis on ka see vee kulutamine, mis käib veekasutusloa alla.

Suublasse juhitava heitvee eest tuleb tasuta progresseeruvat saastemaksu, mille suurus sõltub saasteainete sisaldusest heitvees. Eestis maksustatavad saasteained olid 1998. aastal<sup>1</sup>

- BHT (bioloogiline hapnikutarve)
- hõljuvained
- õlisaadused
- üldfenoolid
- üldfosfor
- üldlämmastik
- rasvad

Võimalik on ka teiste saasteainete maksustamine. Saasteainesisaldusest kaevandusvees annab ettekujutuse järgmine tabel.

Tabel 1.21 SAASTEAINESISALDUS EESTI MÄEETTEVÕTETE VEES mg/l (1992)

Saasteaine	Põlevkivi-kaevandused ja -karjäärid	Kiviõli kaevandus (kui töötas)	Kunda-Aru lubjakivikarjäär	Maardu fosforiidikarjäär (kui töötas)
BHT	2...4	14	1,6	
Hõljuvained	20...200	45	15	
Õlisaadused	0,01...0,05	0,5		
Fenoolid (lenduvad)	0,001...0,005	0,4		
Üldfosfor	0,002...0,007	0,003	0,02	
Üldlämmastik	1,1...2,3	2	65	
Sulfaadid	300...500	300	160	400...3300

Sulfaadid ei ole maksustatud saasteained peamiselt seepärast, et nende vähendamiseks mäeettevõtete heitvees puudub reaalne võimalus<sup>2</sup>. Hõljuvainete sisalduse suur erinevus ettevõtete tuleneb erineva setitusastmega puhastusseadmetest ning vee pumpamise ja proovide võtmise ajast. Kiviõli kaevanduse vee silmatorkavalt kõrge saastatus ei sõltunud üldse kaevandamisest, vaid sellest et Kiviõli keemiatehase nõrgvesi ja võib-olla ka osa heitveest sattusid kaevandusse. Pärast kaevanduse sulgemist ja keemiatehase all oleva ala isoleerimist muutus uputatud kaevandusest välja voolav vesi üsna puhtaks. Üldlämmastiku suhteliselt suur sisaldus mäeettevõtte vees nii nagu see on Kunda-Aru karjääris, tekib tõrkunud lõhkelaengute lahustumisest ja põllumajandusmaadelt põhjavette imunud lämmastikväetisest.

Saasteainete koguse määramiseks tuleb omavahel korrutada saasteainete sisaldus vees ja väljapumbatava vee kogus. Pumbatava vee koguse määramisel arvestatakse, et kaeveõõntesse tungib vesi nii pealt (sadevesi) kui ka maapõuest (põhjavesi). Täpsemate arvutuste jaoks kasutatakse

<sup>1</sup> Nii oli 1998. aastal. Milliseid saasteaineid kaasajal maksustatakse ja milliste määradega, vt **keskkonnatasude seadus**, <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=12852070>

<sup>2</sup> Nüüd on ka sulfaadid maksustatud, kuigi mitte mingit reaalselt võimalust nende vähendamiseks kaevandusvees ei ole ega tule. Veidi järele mõeldes selgub ka tagapõhi – just selliseid saasteaineid ja keskkonnakoormaid soovivadki riigiametnikud maksustada, sest siis pole ohtu, et maksudest toituva riigieelarve ja keskkonnainvesteeringute fondi tulu väheneks.

Niina Domanova (1986) poolt põlevkivikaevanduste jaoks koostatud metoodikat<sup>1</sup>.

#### Vee kasutamise maksumus maavarade kaevandamiskuludes väljendub

- vee erikasutuse tasuna tarbevee eest
- vee erikasutuse tasuna kaeveõontest välja pumbatava vee eest
- saastekahju hüvitisena vee saastamise eest lubatud piires
- trahvidena vee lubatud kasutusmäära või saastamise määra ületamise eest
- veeärastuskuludena, peamiselt pumbajaamade ja veejuhtmete ehitus-, laiendus- ja remondikuludena, samuti elektrienergia kuluna

### 1.1.11. MÄENDUSLIK ÕHUKASUTUS

#### Mäetööstus kasutab ja kulutab õhku

##### Mäetööstus kasutab õhku

- kaeveõonte tuulutamiseks, neis tervishoiu nõuetele vastava atmosfääri loomiseks
- energiakandurina - suruõhuna, mis käitab piikvasaraid, suruõhupuure, -mootoreid jne; üldiselt on see varem laialt kasutusel olnud energiakandur mäetööstusest taandumas

Õhu tarbimine ei ole Eestis maksustatud, küll aga saastamine.

**Mäetööstus kulutab õhku** sellega, et kaevandustest ja karjääridest satub atmosfääri mitmesuguseid gaas- ja tolmheitmeid, nende seas mürgiseid plahvatusgaase. Õhkkonnaheitmete jaoks tuleb hankida saasteluba, nende koostisele ja kogusele kehtestatakse piirmäär. Maksustatud on lubatud koguse piires õhku lastavad saasteained (väeveldioksiid, süsinik(mono)oksiid, mittetoksiline tolm, põlevkivituhk, tahm, lämmastikoksiidid arvatuna lämmastikdioksiidiks jm). Trahvitav on piirmäära ületav kogus. Mäetööstuse osa õhu saastamisel on elektrijaamade ja keemiatehaste kõrval väike. Seepärast ei praktiseerita Eestis mäetööstuse gaas- ja tolmheitmete maksustamist. Küll oli see kõne all, kui arutati fosforiidi rikastamisvabriku ehitamise võimalust Rakvere lähedale. Nimelt kuivatatakse flotokontsentraati masuudi põlemisgaasiga, mis saastab suure rikastamisvabriku puhul oluliselt õhku.

### 1.1.12. JÄÄTME TE MAK SUSTAMINE

#### Eesti seadusandlus ei tee fiskaalsetest huvidest lähtuvalt vahet jääkidel ja jäätmetel<sup>2</sup>

Näiteks ei ole mäetööstuse rikastamisjäädid jäätmed, vaid tootmise vaheprodukt, mida vääristamise järel ja/või turu avardu des saab müüa. Alles siis, kui jääke on müüa lootusetu ja jääkide panilad jäetakse maha ning rekultiveeritakse, on jäägid muutunud jäätmeteks. Eelarve täitmisest huvitatud maksuamet seda ei arvesta.

Eespool oli juttu, et mäetööstus vajab maad tootmisjäädide (aheraine, hiib) paigutamiseks ja toodangu (kaevise) ladustamiseks. Tootmisjäädid loetakse jäätmeteks, mis tähendab, et maa hankimiseks tehtud kulule lisaks tuleb jääkide paigutamise ja ladustamise eest maksta jäätmemaksu. Eestis on jäätmete ladustamine koormatud progresseeruva jäätmemaksuga, kusjuures maksumäär sõltub jäätmete ohtlikkuse astmest ehk ohtlikkuse klassist (I...V)<sup>3</sup>:

- I - eriti ohtlikud
- II - ohtlikud
- III - mõõdukalt ohtlikud
- IV - väheohtlikud
- V - inertsed ehk mitteohtlikud

Linnade ja puhkealade lähedal asuvatele ladustusaladele on kehtestatud tegur, mis suurendab jäätmemaksu. Jäätmete ladustamiseks tuleb hankida luba, mis kehtestab ladustavate jäätmete aastase piirmäära.

Eesti maavarade rikastamisjäädid kuuluvad mitteohtlike jäätmete klassi. Fosforiidi rikastamisjäädid võivad sisaldada flotoreagente. Nende klassifitseerimise suhtes puudub selgus peamiselt seepärast,

<sup>1</sup> Veelgi täpsema metoodika leiata minu artiklist *Changes in mine dewatering after the closure of exhausted oil shale mines*, *Oil Shale*, 2005, Vol. 22. No 3. [http://www.kirj.ee/public/oilshale/2\\_reinsalu\\_3\\_05.pdf](http://www.kirj.ee/public/oilshale/2_reinsalu_3_05.pdf)

<sup>2</sup> Nüüdseks on olukord veidi muutunud. Tänu magister Erki Niitlaanele, kes keskkonnaministeeriumis töötamise ajal tegeles maapõueseaduse koostamisega, aktsepteeritakse mäetööstuses jääke. Nende käitlemise kord on minu koostatud ja leitav <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?replstring=33&dyn=12894933&id=891313>

<sup>3</sup> Täna se on jäätmete klassifikatsioon tunduvalt keerukam. Vt <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=12894710>

et nende moodustumine lõppes enne, kui jäätmed maksustati.

### 1.1.13. KAEVANDAMISÕIGUSE TASU

Kui loodusressursside kasutamise eest tuleb maksta, siis loomulikult tuleb seda teha ka maavara kaevandamise eest. Kuna Eesti maksuseaduses ei mainita maavaramaksu, siis Eesti maapõueseaduses nimetakse seda kaevandamisõiguse hinnaks. Maavaramaks on ühetaoline, s.t kehtestatud varule ja seda tasub mäeettevõtte igalt kasutatud maavara tonnilt. Kasutatuks loetakse nii kaevandatud kui ka kaduma läinud maavara. Maavaramaksu kehtestamise ajal 1990. aastal oli vaid põlevkivi kaevandamisõiguse tasu ühetaoline. Teised maavarad olid maksustatud progresseeruvalt. Maavara varu sihipäratu kasutamine, s.t kaevandamiskadu, kadu tervikutes ja varu rikkumine pealeehitamisega, aherdamisega või risustamisega oli maksustatud kordselt. Erinev maksukorraldus tulenes ressursimaksude süsteemi välja töötanud erialainimeste lähtekohtade lahknevusest (põlevkivivaru maksu esialgse variandi tegi autor) ja sellest, et põlevkivikaevanduse tervikutesse jääv varu ei ole mitte niivõrd kadu kui tehnoloogia element. Progresseeruv maksusüsteem ei hakanud tööle peamiselt seepärast, et varu sihipäratu kasutamine ei selgu kaevandamise ajal. Kaevandaja võib alati väita, et maha jäetud varu või kaevis kaubastatakse hiljem. Pealegi on sihipärasuse mõiste mitmeti seletatav. 1995. aastal Eestis kehtestatud korra kohaselt võib valitsus kehtestada maavaradele progresseeruva maksumäära, kuid pole seda seni teinud. Samuti võib kohalik omavalitsus mäetööstuse huvitatuse tõstmiseks langetada kaevandamisõiguse tasu, kuid pole kuulda olnud ühestki sellisest juhtumist.

Kaevandamisõiguse tasu on püütud viia vastavusse kaevis väärtusega. Kõige madalamalt on maksustatud maa-aines<sup>1</sup>. Suhteliselt kõrge on klaasliiva ja -dolomiidi, samuti raskulava savi kaevandamisõiguse tasu. Samas on maksumäärad üsna subjektiivsed. Nii maksustatakse eri määraga Kunda tsemendisavi ja Aseri keraamiline savi, kuigi tegemist on ühe ja sama saviga. Tsemendi- ja keraamilise savi nimetuse annavad kambriumi sinisavile vaid tehased, mis kunagi sinna ehitati, mitte ressursi väärtus. Mineraalsete ehitusmaterjalide kaevandamisõiguse tasu määramisel on püütud arvestada, et allpool põhjaveetasel lasuva varu kaevandamiskulu on kõrgem, seepärast on selle maksumäär madalam kui veetasemest allpool lasuval varul. Madalama kvaliteediga ehituskruusliiva kasutamise stimuleerimiseks on selle rikastamist vajavad erimid maksustatud madalama määraga.

Looduskasutuse maksustamise algaastail vabastati maavaramaksust mäeeraldiste piires olev kaevandamiseks sobimatu varu, ennekõike kaitstavate looduskaitseobjektide, ajaloo-, arhitektuuri-, arheoloogia- ja kultuurimälestiste ning ühiskondlike ehitiste ja rajatiste hoidmiseks jäetud tervikutes. Selline samm oli vajalik, sest tihti oli maavara arvele võetud kaevandamisvõimalusi arvestamata. Hiljem kehtestati kord, mis lubab arvata hoidetervikud kaevandamisele kuuluvast varust välja.

**Maavara kaevandamisõiguse maksustamise korra suurim puudus on, et maksumäärad sõltuvad ainult maavara nimetusest ega sõltu maardlate mäenduslikest, majandusgeograafilistest ja ökoloogilistest tingimustest. Teisisõnu, maksumäärad on vähe diferentseeritud**

Asjaolu, et Eesti maavarade kasutamise maksustamise süsteem on vastuoluline, tuleneb sellest, et

- see loodi ajal, mil Moskvale alluvat kaevandavat tööstust üritati ohjata majandusmeetmetega
- maksusüsteemi tegid erinevate alade inimesed, kelle oskused ja eesmärgid suuresti lahkesid
- hiljem, kui maavaramaks muutus riigi rahaallikaks, hakati sellest eemale hoidma süsteemi autoreid, kuna nende soov maksusüsteemi parandada jäi riigiametnikele arusaamatuks<sup>2</sup>

### 1.1.14. REGULEERIVA LOODUSVARAMAKSU SEADMINE

Seni on autor käsitletud ühte majandustegevuse ressursi, loodusvara ehk loodusressursi. Saaste-, vee- ja maavaramaks on hind, mida mäetööstus maksab loodusvara kasutamise ja kulutamise eest. Teadmata kuludest, mida tööstus teeb teiste ressurside hankimiseks, s.t tööjõu värbamiseks ja masinate ning seadmete soetamiseks, ei saa öelda, kas loodusressurssidele kehtestatud maksud on suured või väikesed. Teada on vaid, et marksistliku teooria kohaselt konstrueeritud riigikapitalismis oli looduskasutus tasuta, seega odav.

Koormates keskkonnakasutust maksudega, sunnime loodusressursse kokku hoidma, kuid tõstame

<sup>1</sup> 2005.a maapõueseaduse alamaktides kui „täitepinna“.

<sup>2</sup> See kestab (2008. a).

tootmiskulu. Tekivad loomulikud küsimused, kus on optimum, milline on otstarbekas, tasakaalustatud loodusvara maksustamise tase ja kuidas seda määrata. Olen (Reinsalu, 1988) avaldanud arvamust, et loodusvarade kasutamiseks tehtavate kulude osa tootmiskuludes võiks olla umbes sama suur kui teiste peamiste tootmisressursside, s.t (rahaliselt väljendatud) töö- ja kapitalikulu. Teoreetiliseks aluseks oli riigikapitalistliku põlevkivi kaevandava tööstuse matemaatilise modelleerimise abil tuletatud tootmisfunktsioon<sup>1</sup>

$$z = c_z L^{c_L} C^{c_C} V^{c_V} \exp c_t$$

kus  $z$  on põlevkivi aastatoodang. Tootmisfunktsiooni argumendid on  $L$  - kaevandustöötajate arv,  $C$  - tootmiskapital,  $V$  - aastas kasutatud põlevkivivaru ja  $t$  - aeg (aastad).  $c_z$  tähistab argumentidest sõltumatut aastast toodangumahtu.  $c_L$ ,  $c_C$  ja  $c_V$  on vastavate argumentide elastsused ja  $c_t$  ajategur.

Tootmisfunktsiooni mõte on lihtne, selleks et põlevkivi kaevandada, on vaja ressursse: kaevureid ( $L$ ), kaevandusi ja karjääre ( $C$ ) ning põlevkivi ( $V$ ). Nende ressursside mõju kaevandamismahule iseloomustavad elastsustegurid  $c$ , mille arväärtused näitavad, mitu protsenti tõstab kaevandamismahtu vastava teguri üheprotsendiline kasv. Peale selle mõjutab protsessi ka aeg ( $t$ ), mille vältel toimib tehnilise progressi positiivne ja inflatsiooni negatiivne mõju. Ajateguris on peidus ka muud mõjurid näiteks mäendustingimuste halvenemine, poliitilised protsessid jne. Mingi tühine osa kaevandamismahust ( $c_z$ ) ei allu ressursside ega aja mõjule. Kaheksakümnendatel aastatel tehtud uuringud andsid tootmisfunktsiooni parameetrite väärtuseks  $c_z = 0,179$ ,  $c_L = 0,29 \pm 0,11$ ,  $c_C = 0,16 \pm 0,05$ ,  $c_V = 0,40 \pm 0,07$ .  $c_t$  väärtuseks osutus negatiivne nullilähedane arv.

Tootmisfunktsiooni parameetrite väärtused võimaldasid teha huvitavaid tuletusi. Esiteks, võrratus

$$c_L + c_C + c_V = 0,85 \pm 0,14 < 1$$

näitab, et kõikide ressursside üheprotsendiline juurdekasv ei taga kaevandamismahu üheprotsendilist kasvu. See tähendab, et põlevkivi kaevandamine on alaneva efektiivsusega tööstusharu. Teiseks, võrratus

$$c_L = 0,29 \pm 0,11 > c_C = 0,16 \pm 0,05$$

näitab, et põlevkivi kaevandamise maht sõltub rohkem kaevurite arvust kui kapitalimahukusest. Arvestades, et tootmisfunktsioon oli loodud majandustingimuses, mil töö ja kapitali suhted olid väärastunud, ei tarvitse nende ressursside elastsuste suhe enam kehtida. Kolmandaks osutus võimalikuks välja tuua ressursside asendatavus. Näiteks maavaravaru ja tootmiskapitali kasutamise efektiivsuse suhe väljendub avaldisega

$$dV/dC = - (c_C V / c_V C) - (c_L V / c_V L)(dL/dC) - (c_t V / c_V)(dt/dC)$$

Kui jätta arvesse võtmata töö ja kapitali asendatavus ( $dL/dC = 0$ ), siis oleks maavara ja tootmiskapitali asendatavuse valem lihtne

$$dV/dC = c_C V / c_V C = 0,16 V / 0,40 C = 0,4 (V/C)$$

Kui ühe lisatoni kaevandamiseks kasutatakse tehnoloogiat, mille puhul suurendatakse ainult maavara ( $V$ ) kasutamist ilma täiendavat kapitali ( $C$ ) kaasamata, siis moodustaks ressursside kulu  $0,4 = 40\%$  sellest, kui lisatonn saadaks ainult täiendava kapitalimahutuse abil. Või teisiti, varu kasutamise suurendamine põlevkivi tootmiseks on  $1 / 0,4 = 2,5$  korda efektiivsem kui kapitalimahutus. Põlevkivi kaevandamise praktikas tähendab varu kasutamise suurendamine kao suurendamist. Kui esitatud valem kehtiks 1998. aastal, kui põlevkivivaru kasutati umbes 15 miljonit tonni ja AS Eesti Põlevkivi põhikapitaliks hinnati 1,5 mlrd kr, oleks varu hind  $0,4 \times 15 / 1500 = 0,004$  t / kr. See tähendaks, et üks põhikapitali kroon oleks võrdne 4 kg põlevkivivaruga ja üks varu tonn võrdne 250 krooniga.

Tootmisressursside erinev efektiivsus tekitab tõhusamini mõjuvate ressursside eelistamise. Põlevkivi kaevandamise tootmisfunktsiooni elastsustegureid võrreldes on selgesti näha, et kõige efektiivsem ressurss on maavaravaru. Uut varu hõlvates on kaevandamismahu kasvu kergem saavutada kui teisi ressursse, kapitali ja tööjõudu rakendades. Efektiivsuse suhe kapitaliga võrreldes on  $1 : 1,8 : 2,5$ . Loomulikult viis selline ressursiintensiivsuse suhe kergema vastupanu teele ja tõi kasutusele

<sup>1</sup> Täiendavaid teadmisi tootmisfunktsioonide mõistmiseks tuleb asjast huvitatul hankida majandusmatemaatika õpikutest.

vähemehhaniseeritud, kuid kõrge maavarakaoga kaevandamistehnoloogia. Kaheksakümne aastate teisel poolel, kui seati sisse kapitalimaks (põhivahendite maks), töstmaks nõukogude majandusele omast madalat masinate ja seadmete hinda, kippus varukasutus minema veelgi intensiivsemaks. Siis tekkis autoril idee, seada asjad nii, et kõik kolm ressursi: kapital, tööjõud ja maavaravaru osaleksid põlevkivi kaevandamisel võrdselt. Selleks peaks nendele ressurssidele tehtud kulutuste suhe olema võrdne efektiivsuse suhtega 1 : 1,8 : 2,5.

Tolleaegse keskkonnaministeeriumi aktiivse sekkumise tõttu majanduse juhtimisse õnnestuski kehtestada sellele suhtele vastav põlevkivi ressursimaks. Tööjõu maksustamine jäi majandusministeeriumi (tol ajal riikliku plaanikomitee) asjaks ja muutus hiljem sotsiaalmaksuks. Tänapäevaks on mõlemad maksud kaotanud seose tootmisfunktsioonide parameetritega. Põhjuseks on reguleeriva majandusmehhanismi olemust mitte mõistev riigiparaat ja selle inertsus.

Teistel teoreetilistel alustel kehtestatavat reguleerivat ressursimaksu on soovitanud mäemajanduse eriteadlane Robert Päsok (1996).

### 1.1.15. KONTROLLKÜSIMUSED

- Mis on maavara ja mis on maare?
- Mis oli maa-aines ja mis on kaevis?
- Millised on maavara määratlemise põhimõtted?
- Millised on maavara klassid?
- Nimetage peamised nõuded lubjakivile kui tsemenditoorme.
- Nimetage peamised nõuded Rakvere maardla fosforiidile.
- Nimetage peamised nõuded eesti põlevkivile kui maavarale.
- Kirjeldage maavarade esinemiskohtade mõisteid.
- Kuidas liigitatakse maavaravaru?
- Kuidas toimida kaasnevate maaretega?
- Kuidas talitada kattuvate maardlate puhul?
- Mis on mäendustingimused?
- Kuidas mäendustingimused jaotuvad?
- Loetlege lavamaardla mäendustingimuste peamised tunnused.
- Mis on mäendustingimuste tunnuste süstemaatiline ja juhuslik muutlikkus?
- Kuidas avaldub lasumissügavuse mõju kaevandamise tõhususele?
- Kuidas mõjutab maavaralasuundi paksus kaevandamise tõhusust?
- Millised on peamised maapõue häirituse ilmingud Eesti maardlates?
- Loetlege kivimite füüsikalise-mehaaniliste omaduste tunnuseid, mis on olulised mäemajanduse seisukohalt.
- Milline on mäendustingimuste tunnuste kasutamise põhimõte mäemajanduses?
- Mis on maavara kadu ja kuidas seda mõõdetakse?
- Loetlege maavara kao liigid.
- Mis on aherdumine?
- Milline on mäenduslik maakasutus?
- Milleks vajab mäeettevõtte maad ja kuidas ta seda hangib?
- Milline on mäenduslik veekasutus?
- Millised on looduskasutuse maksustamise põhimõtted?
- Milliste saastemaksudega peab mäeettevõtte Eestis arvestama?
- Kirjeldage maavarade kasutamise (kaevandamise) eest tasumise korda Eestis.

## 1.2. TÖÖJÕUD

### 1.2.1. MÄETÖÖ TINGIMUSED

Esimeses peatükis tutvuti loodusressursside osaga mäemajanduses. Vastavalt klassikalisele ressursiõpetusele tuleb teiseks vaatlusele võtta tööjõud. Rääkides esimesest, teisest ja tulevikus ka kolmandast ressursist (kapitalist ehk varast), ei järjestata neid tähtsuse, vaid tekke järgi. Oli ju enne loodus, siis tekkis (või loodi, kui soovitakse) inimene ja alles inimene lõi vara. Ent siiski on ürgtootvas, s.t (loodusest) hankivas tööstuses inimese osa veidi tähtsam kui töötlevas tööstuses. Seda põhjustab töö objekti, loodusvara omaduste suhteliselt suur määramatus. On ju maapõue, kivimi ja maavara nii nagu kalaparve, metsapuu ja jahiloomagi olek palju ebamäärasem kui terasel, millest metallitöölaine masinaid teeb, või tellisel, millest ehitaja seinu laob. Sellest tulenevalt on metalli- ja isegi ehitustööd



tunduvalt lihtsam mehhaniseerida ja automatiseerida kui tunneli rajamist või nooda vedamist. Seepärast nõuab mäendus rohkem kui enamik teisi insenerialasid kogemuslikul baasil arenevat mõistvat ja loominguulist suhtumist oma töö objekti: maapõue, kivimisse, maavarasse.

Mäetöö tingimused sõltuvad kaevandamismoodusest ja -viisist, maardla mäendustingimustest, väljamise tehnoloogiast jne, teisisõnu sellest, kas tegemist on ava- või allmaakaevandamisega, pinnalähedase või sügava kaevandusega, rõhtsate, laugete, kallakute, järskude või püstiste lasundite kaevandamisega, puur- ja lõhketöid tehes või mehaaniliselt raimates. Looduslikule objektile on omane suhteliselt suur muutlikkus. Kuna suur osa mäetehnilisi konstruktsioone - tervikud ja kaeveõõnte lagi, karjääriperved jmt on looduslikust materjalist, kivimist, tuleb nende juures arvestada looduslikele materjalidele omast muutlikkust ja sellest tulenevat määramatust.

Teatav omapära on allmaatööl. Maa all on tavalisest erinev keskkond (õhk, niiskus, müra- ja kiirgustase). Erinevus pole aga nii suur, et see objektiivselt mõjutaks töötingimusi ja töö tulemuslikkust. Peamine, mis allmaatööga mitteharjunut mõjutab, on psühholoogiline tõrge, mis on seotud piiratud liikumisvabadusega, paljude mäeerialade puhul ka suhtlemis- ja kontaktivaegusega. On inimesi, kes psüühiliselt ei ole üldse suutelised maa all töötama.

Selleks et vähendada suhtlemisvaegusest tulenevat stressi, samuti ohutushoiu kaalutlustel oli näiteks Soomes Enonkoski kaevanduses kasutusel mäetööliste omavaheline telefonisüsteem. Samas kaevanduses tulid kaevurid lõunasöögiks kokku avarasse ja valgesse maa-alusesse söögikambrisse.

Põhimõtteliselt on töötingimusi võimalik mõõta ja seda on tehtud. Tabelis on näitena toodud katse hinnata töötingimusi elektriülekandeliinidel.

Tabel 1.22 TÖÖTINGIMUSTE HINNANG MÕNE TUNNUSE ALUSEL (Andrievski, 1978)

Töötingimuste tunnused	Töötingimused			
	Eriti mugavad	Mugavad	Ebamugavad	Väljakannatamatud
Õhuniiskus %	> 50	20...50	≤ 20	0 lähedal
Jahedus °C	18...24	< 18	0...10	< 0
Soojus °C	18...24	24...30	> 30	> 43,5
CO sisaldus õhus %	0	< 0,01	0,01...0,03	> 0,03
CO <sub>2</sub> sisaldus õhus %	0 lähedal	0...0,17	0,17...10	> 10
Müra db				> 20
Vibratsioon mm	Puudub	0...0,2	0,2...1,3	> 1,3
Keha kallakus °	0	0...5	5...20	> 20

Hinnates tabelis toodud tunnuste järgi allmaatööde tingimusi põlevkivi kaevandamisel, näeme, et õhuniiskuse alusel võib töötingimusi lugeda eriti mugavaks, jaheduse järgi ebamugavaks. Soojus kui mõjur ei tule nii madala lasumissügavuse puhul arvesse. Ülejäänud mõjurid, vingu- ja süsihappegaasi sisaldus õhus, müra ja vibratsioon sõltuvad otseselt töökohast ja -operatsioonist. Gaasisaldus on suhteliselt kõrge töötavate diiselmootorite läheduses. Korrastamata gaasipuhastite ning puuduliku tuulutuse korral võivad töötingimused olla isegi talumatud. Vibratsioon on kõrge puurimisel, elektrivedurit juhtides, allmaarongis töökohale sõites. Müra on väljakannatamatu allmaarongis, laavas töötava kombaini läheduses.

Üldiselt on mäe-, eriti allmaatöö tingimused rasked. Juba Vana-Egiptuse Ptolemaiosed saatsid poliitilisi vastaseid kaevandustööle Nuubia kõrbe. Ka Rooma riigis karistati kurjategijaid, saates neid kaevandusse sunnitööle (*damnati ad metalla*). Rooma kriminaalseadustiku kohaselt oli 22 kuriteoliiki karistatavad kaevandustööga. Selline karistus tabas paljusid kristlasi, muuseas Rooma piiskoppi Calixtust (Antiigileksikon, 1982). Viimane näide on stalinistlikult Venemaalt, kus Norilski ja Magadani mäetööstuspiirkonnad ning Vorkuta ja Karaganda kivisöebasseinid kujundati ülemaailmse kuulsusega sunnitöölaagriteks, kuhu nii nagu vanas Roomaski saadeti kõik teisitimõtlejad. Vangla oli ka Rummu lubjakivikarjäär Eestis

## 1.2.2. MÄETÖÖLISTE KUTSESOBIVUS

Mäetööstuses nii nagu mis tahes teises tööstusharus on palju erialasid. Iga eriala püütakse kirjeldada, et anda töövõtjale ettekujutus töökohast ja luua tööandjale kriteeriumid hindamiseks töö taotleja kutsesobivust.

Eesti põlevkivi kaevandavas tööstuses avaldab seniajani mõju NSVL-i ajast pärit töötajaskonna jaotus, mille kohaselt kaevandustöötajate kõige kõrgemini ja paremini tasustatava rühma moodustavad raimavad tööliised - mäemasinate juhid ja rajajad. See tuleneb sotsialistlikust ideoloogiast, mille kohaselt tähtsaim ja kõrgeimat tasu väärrib töö, mille tulemus on otseselt mõõdetav (plaanilise) toodangu mahuühikutes, tonnides, meetrites, kuupmeetrites. Mäemasinate hooldajad - mehaanikud ja eriti lukksepad vastupidi näiteks USA mäetööstuse praktikale kuulusid ja kuuluvad praegugi vähem tasustatud tööliste kategooriasse. Sellest tulenevalt kuulub mäemasina juhi töökohustuste hulka ka masina hooldus, remont, täiustamine, varuosade hankimine jne. Nõukoguliku töökorralduse kaanoniks oli, et kõrge ohtlikkusega töid (eriti lõhketöid) tohtisid teha vaid selleks ette nähtud tööliised, kellele see oli ainukene tööülesanne. Omapäraks oli seegi, et tööline praktiliselt ei vastutanud tööohutuse eest.

## 1.2.3. MÄETÖÖ KORRALDAMISE ÜLDMÕISTED

Järgnevalt refereerin kutsealasid klassifitseeriva dokumendi ISCO-88 põhiseisukohti.

**Töö** (amet) on inimese poolt täidetav või täitmisele kuuluv ülesannete ja kohustuste kogum. Tööd, mille põhiülesanded ja -kohustused on olemuselt sarnased, moodustavad elukutse. Töö nõuab vilumust. Vilumus on tööülesannete ja -kohustuste täitmiseks vajalik võimekus. Vilumusel on kaks mõõdet - tase ja spetsialiseerumine. Vilumustase peab vastama tööülesannete ja -kohustuste keerukusele ja mahule. Vilumuse spetsialiseerumine näitab, milline on nõutav oskuste valdkond, töövahendid ja masinad ning materjalid, ka pakutavad kaubad ja teenused. Eristatakse nelja vilumuse taset, mis on seotud haridusega.

- Esimene vilumustase vastab põhiharidusele, mille omandamine algab 5...7-aastaselt ja kestab umbes 5 aastat.
- Teine vilumustase vastab keskhariduse esimesele ja teisele astmele, algab 11...12-aastasena ja kestab umbes kolm aastat. Vilumusastme saavutamiseks võib osutada vajalikuks erialane väljaõpe õpilasena töökohal või tööpraktikal.
- Kolmas vilumustase vastab haridusele, mida omandatakse alates 17...18. eluaastast ja mis kestab umbes neli aastat, kuid ei vasta ülikooliharidusele.
- Neljas vilumustase vastab ülikooliharidusele, teaduskraadile või selle ekvivalendile.

Esimese ja teise vilumustasemega töötajad on (mäe)tööliised ehk kaevurid. Kolmanda vilumustasemega töötajad korraldavad, neljanda vilumustasemega töötajad juhivad ja korraldavad mäetöid. Korraldavate ja juhtivate töötajate üldnimetuseks on juhtkond.

Tabel 1.23 VILUMUSTASEMED MÄETÖÖSTUSES

Vilumustase	Mäetööstuse erialad
Neljas	Mäeinsener, markšeider, (kaevandus)geoloog, tehnoloog
Kolmas	Mäetehnik (mäemeister), lõhkemeister
Teine	Mäemasinate (laaduri, liikurvagoneti, veduri jm) juht, puurija, lõhkaja, lukksepp
Esimene	Kaevur: mäetööline, toestaja, rajaja

Kaeveõõnte rajamist on seni valdavalt nimetatud läbindamiseks, läbimiseks<sup>1</sup>. See sõna on otsetõlge vene keelest. Eesti keeles oleks õigem kaeveõõnte, käikude rajamine. Siit ka mäetööstuse eriala nimetusena **rajaja** seni kasutusel oleva läbindaja asemele.

### **Mäetöötajate kutsekirjeldused**

#### **A. Juhtkond**

**Mäeinsener** juhhib uuringuid, projekteerimist ja tootmist, täiustab kaevandamisviise, lõhketööde meetodeid ja tehnikat, tehnoloogiat, seadmeid ning annab erialast konsultatsiooni. Tema ülesannete

<sup>1</sup> Läbimine (kivimite läbimine) on mäemõisteks siiski jäänud. Sisuliselt on see tööoperatsioonide kogum, mille tulemiks on kaeveõõne „toorik“, mis edasiste operatsioonidega (toestamisega, armeerimisega jm) muudetakse kaeveõõneks.

hulka kuulub uuringute juhtimine ja juhendamine, uute kaevandamisviiside projekteerimine ja evitamine, enim sobivate kaevandamis- ja lõhkamisviiside valik ning hindamine, kaevandamise korraldamine, ohutustehnika tingimuste kehtestamine mäetöodel. Mäeinsener peab tundma mäendust akadeemilise hariduse tasemel.

Mäeinsenerina olen meelde jätanud oma eriala omapäraselt andekaid inimesi. Ühes kolmekümnendatel aastatel ilmunud ajalehes oli väike lugu Tšiili kõrbes töötanud mäeinsenerist, kes oli välja töötanud süsteemi ruletil mängimiseks. Läänud oma tabelitega Monte Carlosse ja mänginud ühe õhtuga kasiino kolm korda rahast lagedaks. Muidugi ei saa kuidagi väita, et just süsteem teda aitas. Ruletil mängijal peab olema küllalt palju raha, et mängida seni, kuni võit kätte tuleb. Enamiku mängijate raha lõpeb enne võitu. Tšiili kõrbes ilmselt kullakaevanduses töötanud mäeinseneril võis raha olla piisavalt. Siiski lõppes lugu kurvvalt. Insener tuli hiljem veel ja veel tagasi, kuid enam ei võitnud. Lõpuks leiti ta surnuna Londoni üüritoas <sup>1</sup>.

Prantsuse mäeinsener Mauricie Allais oleks nagu 1950...1960 pendlikatsetega tõestanud gravitatsioonivälja anomaalia võimalikkust. Kära oli palju, kuid seni pole selge, mis efekti ta mõõtis. Võimalik, et metroo rajamisest tekkinud tunnelit kuskil laboratooriumi lähedal maapõues. Maailmakuulsuse saavutas mees siiski majandusuuringutega, mille eest ta sai 1988. a Nobeli majanduspreemia. Selle ülimalt mitmekülgse inimese elukäiku ja -seiku on eestlastele vahendanud minu kolleeg majandusteadlane Alari Purju Tallinna Tehnikaülikoolist.

1951. a lõpetas Tallinna Polütehnilise Instituudi mäeinsener Henno Kaasikov, kes Sompka kaevanduses üsna madalal ametikohal töötades lõi oma lõbuks käsilaavade tuulutamise kõrgetasemelise matemaatilise mudeli. Soovimata sellega midagi kasulikku teha, kinkis Kaasikov mudeli ühele teisele mäeinsenerile, kes selle eraldi peatükina oma kandidaadiväitekirja lülitas. Kuna selleks ajaks oli käsilaavade aeg läbi, sobis Kuusiku mudel kandidaadiväitekirja nagu sadul sea selga, kuid on nüüd siiski teadusallikates olemas. Loomulikult võõra, kuid eesti mäemeestele hästi tuntud nime all.

**Markšeider** juhhib ja korraldab maardlate, kaeveväljade, mäeeraldiste ja mäetööde mõõdistamist, osaleb maavarade kaevandamise ning mäeettevõtete projekteerimisel, täiustab mõõdistamise meetodeid, annab erialast konsultatsiooni. Markšeideri kohustuste hulka kuulub maavara otstarbeka väljamise tingimuste seadmine ja kontroll, mäetööde kahjuliku mõju minimeerimise korraldamine. Markšeider peab oskama mäenduse hulka kuuluvat markšeideriasjandust akadeemilise hariduse tasemel.

**Geoloog** täpsemalt, **rakendusgeoloog** projekteerib, korraldab ja juhhib maavarade uuringuid, täiustab uuringumeetodeid, juhhib geoloogilist teenindust, prognoosib ja hindab maardlat ja kaeveväljade mäendustingimusi, annab erialakonsultatsiooni. Kaevandusgeoloog korraldab maavara sihipärast kasutamist mäetöodel, samuti mäetööde kahjuliku mõju minimeerimist. Kaevandusgeoloog peab oskama rakendusgeoloogiat akadeemilise hariduse tasemel.

**Tehnoloog** projekteerib ja täiustab kaevandamis- ning rikastamistehnoloogiat, juhhib ja korraldab nende kasutamist mäeettevõttes, uurib, valib ja hindab ratsionaalseid kaevandamis- ning rikastamisviise. Tehnoloogi kohustuste hulka kuulub ohutushoid kaevandustes, karjäärides, rikastamisvabrikutes, veol jne ning erialakonsultatsioon. Tehnoloog peab oskama mäetehnikat akadeemilise hariduse tasemel.

Kõigi loetletud erialainimeste töö hulka kuulub teaduslike artiklite ja ettekannete kirjutamine ning erialaste teadmiste ja oskuste pidev täiendamine.

**Mäetehnik** juhhib ja korraldab mäetööd: rajamist, koristustööd, lõhketöid, rikastamist, koostab mäetöö dokumentatsiooni (projekte, passe). Mäetehnik peab oskama mäendust rakendusliku kõrghariduse tasemel.

Mäetehnikute puudusel valmistatakse praegu Tallinna Tehnikaülikoolis ette abimäetehnikuid, kes läbinud mäeinstituudis mõnekuulise kursuse, teinud kursusetöö ning sooritanud eksami, saavad mäetööde juhtimise piiratud õiguse. Selle õiguse hulka kuulub mäetöö korraldamine ehitusmaterjalikarjäärides tavaliselt ilma õigusega juhtida ja korraldada lõhketöid. Abimäetehnikute kursustele võetakse (mäeettevõtte) suunamisel tehnilise kõrg- ja keskkaridusega soovitavalt vastava töökogemusega inimesi <sup>2</sup>.

**Mäemeister** korraldab mäetööd.

**Lõhkemeister** korraldab ja teostab lõhketöid: kontrollib lõhatava ee (ploki) valmidust lõhkamiseks, tellib ja võtab laost lõhkematerjale, juhendab ja kontrollib lõhkajate tööd ning annab korralduse lõhkamiseks.

---

<sup>1</sup> Minu mentor mäematemaatik dotsent Heino Aruküla andis võtme ruletiefekti selgitamiseks. Kui laud on veidigi kaldu, hakkab kuul eelistama madalamal paiknevaid välju - järgib trendi. Kullaotsinguga tegelev mäeinsener oskab leida pisimaidki trende. Teinud mängusaalis vaatlusi, arvutanud välja trendi suuna ja kasutanud tõenäosustabeleid, hakkas ta tegema panuseid trendikatele ruutudele ja võitis. Kui ta teist korda tuli, oli laud ilmselt rõhtsaks seatud. Muidugi ei saa välistada ka, et esimesel korral oli ta lasknud laua suure raha eest kaldu panna.

<sup>2</sup> Tegemist oli ajutise õppevormiga, millest mäehariduse arendes loobuti.

## B. Kaevurid (mäetöölised)

Mäemasinajuht teeb masina abil mäetöid: rajab, raimab, puurib, laadib, veab jne. Ta töötab mitmekülgeid võimeid ja oskusi nõudvatel mäemasinatel (liikurmasinad, mäekombainid, ekskavaatorid, elektrivedurid jne), milleks tal on erialane ettevalmistus ja juhtimise (töötamise-)õigus.

**Puurija** on mäemasina juht, kes on spetsialiseerunud puurimisele. Vähe mehhaniseeritud töö puhul puurib ta käsipuurmasinaga.

**Lõhkaja** teeb lõhketöid (vt lõhkemeistri töökohustusi) kas lõhkemeistri juhendamisel või väiksemate tööde puhul ka iseseisvalt.

**Lukksepp** hooldab mäemasinaid ja -seadmeid ning teeb neile jooksvat remonti.

**Toestaja** toestab kaeveõõsi puit-, ankur-, metall- või muu toestiku abil. Mehhaniseeritud etes juhhib (nihutab, liigutab) toestaja toestusagregaate, kilpe jne.

**Mäetööline** on lihtsaid töid tegeva töölise üldnimetus. Mäetöölised võivad olla rajajad, laavakaevurid, kivimurdjad jne. Siiski nõuab mäetöö inimeselt selliseid erialaseid oskusi, et mäetööliseks ei saa ilma ettevalmistuseta ning kogemuseta.

Kaevureid õpetavad ettevõtted erialakursustel.

Mäetööl nagu mitmel teiselgi ajalooliste traditsioonidega erialatööl on oma kombed ja tavad. Mõnel neist, mis on seotud kitsama erialaga, on sügav mõte. Näiteks Venemaa söekaevurite komme tööpükste sääri kummisaabaste sisse toppida käib risti vastu maagikaevurite kombele tõmmata püksisääred saabaste peale. Nii ühed kui teised mäetöölised panevad teiste kommet naeruks või märgivad ära. Tegelikult on asi selles, et söekaevandused on veerikkad ja neis tuleb käia mööda pikki ja poriseid rõhtsaid ja laugeid käike. Maagikaevandused on kuivad ja neis on rohkem järske ja püstkaeveõõsi, milles ronides satub saabastesse kivipuru.

### 1.2.4. MÄETÖÖ TASUSTAMISE ALUSED

#### A. Normeeritud tasustuskorraldus

On kaks töö tasustamise põhivormi - ajatöö- ja tükitöötasu. Esimene tähendab, et töö eest tasutakse võrdeliselt töötatud ajaga, teine, et tasu on võrdeline töö tulemiga. See on otsene töötasu. Otsesest töötasu diferentseeritakse töö raskuse, spetsialiseerituse ja tulemuse kvaliteedi alusel. Tulemuse kvaliteeti võidakse hinnata preemiaga, mis lisatakse töötasule. Otsese töötasu määramise aluseks on

A.1 vilumusjärk, mis määrab otsese töötasu. Kuuejärgulise skaala järgi võib kõrgeima ja madalaima järgu kaevuri töötasu erineda kaks korda. Kõige madalam järk on lihtmäetöölisel, keskmine lukksepal, kõrgeim rajajal ja mäemasinajuhil;

A.2 töötingimused, mille kohaselt sama vilumusjärguga allmaakaevurid on tasustatud umbes poolteist korda kõrgemalt kui pealmaakaevurid. Kõrgem on ka rasketes mäendustingimustes töötavate kaevurite palk. Konkreetsete töötingimuste suhtes kaevuri töökohas langetab juhtkond otsuse leppeliste protseduuride alusel;

Märjas käigus töötamise eest maksti põlevkivikaevandustes rajajatele kõrgemat tasu. On teada, et Kohtla kaevanduses ja arvatavasti mujalgi tõkestasid kaevurid vee äravoolu, et käigu põhi oleks märg. Samal põhjusel ei nähtud heal meelel katsetöid, mille eesmärgiks oli käike kuivendada.

A.3 muud asjaolud näiteks kaevuri poolt juhitava masina tootlus, unikaalsus, omapära. Nii on 40-tonnise karjäärrikallurijuht palk kõrgem kui 27-tonnise juhi palk jms. Muude asjaolude hulgas võis sageli leida veelgi vähem põhjendatud tasustamise aluseid.

Ajatöötasu kehtib normaalse töökoormuse puhul, mis pealmaatööl on praegu 40 ja allmaatööl 35 tundi nädalas. Alakoormuse puhul, kui see on kooskõlas töölepinguga, makstakse vastavalt vähem. Kui alakoormus on tekkinud tööandja süül, toimub töö tasustamine seadusega ette nähtud korras. Lubatud on mõõdukas, töölepinguga määratud piires ülekoormus (ületunnitöö), mille eest makstakse kordset tasu.

Tükitöötasu aluseks on **töönorm** (N), mis kaevuril tuleb täita leppelises ajaühikus (vahetuses).

Mäetöö normid antakse tavaliselt tonnides ja kuupmeetrites (koristus- ja tootmistöö), meetrites (rajamisel), ruutmeetrites (soonimisel) vahetuses. Samade ühikutega mõõdetakse kaevuri ja masina jõudlust, mille üldtuntud nimetuseks on tööviljakus ( $T$ ) ja mis näitab, kui palju normeeritud tööd kaevur suudab vahetuses teha. Protsentides väljendatud tööviljakuse ja normi suhe on normi täitmise tase

$$P = T \times 100 / N$$

Teadustöös ja analüüsid kasutatakse sagedasti tööviljakuse pöördväärtust, **töömahukust**

$$\Xi = 1 / T$$

mille ühikuks on inimese töötundide või -vahetuste arv toodangu (kaevise tonni või kuupmeetri, rajatud meetrite jne) kohta.

Rangelt normeeritud nõukogulikus töötasustamiskorralduses oli premeerimise aluseks normi täitmise tase. Kehtinud on mitu premeerimise süsteemi. Tavaliselt liitus preemia esmasele töötasule siis, kui norm oli täidetud 100 ja enam protsenti. Preemia oli 20...60% põhipalgast ja see võis olla ja võis ka mitte olla võrdeline normi ületamisega. Viimasel juhul võis täispreemia saada juba 100- protsendilise normi täitmise puhul.

Nõukogulikus mäetöökorralduses oli valdav premiaaltükitöötasu. Põhjalikumalt järele mõeldes saab aru, kui tähtis on sellise töötasustamissüsteemi juures töönorm, mille täitmisest ja ületamisest töötasu sõltub. Kui töövõtja (kaevuri) palk sõltub normi täitmise tasemest ( $P$ ), siis peaks ta võrdsel moel olema huvitatud kõrgest tööviljakusest ( $T$ ) ja madalast töönormist ( $N$ ). Kuna töö tootluse kasv on tööliste pingutav, siis tegelikult vastab tööliste huvidele võimalikult madal töönorm. Tööandja (-korraldaja), kes on huvitatud madalast tootmiskulust, soovib aga kõrget tööviljakust ja -normi, kusjuures tehnilise progressi tulemusel peaks norm kasvama isegi kiiremini kui viljakus. Seepärast ongi premiaaltükitöösüsteemi puhul sõlmküsimuseks mõlemaid pooli rahuldav töönorm, mille uurimise ja kehtestamisega tegeles hulk ametnikke ning mille metoodika oli nõukogude majandusõpetuse mahukas osa.

Et tegelikkuses oli norm ainult fiktsioon, selle näiteks võib tuua juhtumi, kuidas kuuekümnendate aastate lõpus Ahtme kaevanduse juhtkonnaga tülli läinud lõhkajad hakkasid pedantse täpsusega täitma kõiki normeeritud operatsioone normeeritud aja jooksul. Tulemuseks oli umbes kolmekordne tööviljakuse langus. Juhtkond oli sunnitud kapituleeruma. Selliseid juhtumeid esines sageli ja enamasti lõppesid need nn normistreikide initsiaatorite parteilise karistamise, vallandamise või isegi represseerimisega.

Töö normeerimisele toetuv premiaal-tükitöö sündis soovist suurendada töö tootlust tööliste positiivse huvitatuse abil tingimustes, kus negatiivne huvitatus (vallandamine) oli ideoloogilistel kaalutlustel ebasoovitav.

## B. Liberaalne tasustuskorraldus

Kui seadusandlus ja tööleping võimaldavad vähetootliku töövõtja suhteliselt lihtsalt vallandada, siis enamikul juhtudel on otstarbekas premiaalajatöö. Süsteem on laialt kasutusel turumajandusriikide mäetööstuses. Igal juhul võimaldab selline korraldus vähendada normeerimistööga tegelevaid ametnikke, kes mittenõukogulikus majanduses on kõrgemini tasustatud kui kaevurid. Töö tasustamisel on võimalik kasutada järgmist skeemi.

B.1. Palgavõimaluse määramine. Iga tööandja teab, kui palju tal on võimalik töö eest maksta. Kui võimalused on kõrgemad kui töövõtjate nõudmised, siis tähendab see kokkuhoidu, mis suurendab kasumit.

B.2. Palga diferentseerimine. Näiteks USA kaevurite töö tasustamise süsteem arvestab kaevuri (vajalikku) vilumustaset, kutsealast ettevalmistust, vaimseid ja käelisi võimeid, seda, kuidas vastutab töövõtja materjalide, tööriistade ja seadmete otstarbeka kasutamise ja korrashoiu ning tööoperatsioonide täitmise ja kaastööliste ohutuse tagamise eest. Veel arvestab töö tasustamise süsteem antud töö vaimset ning füüsilist pingelisust, töökeskkonda ja ohtlikkust. USA maagikaevanduses töötavate kaevurite vilumusele esitatud nõudeid kirjeldab põgusalt järgnev tabel.

Tabel 1.24 USA MAAGIKAEVURITE VILUMUSNÕUDED

Töö (elukutse)	Vilumusjärk	Vilumustase	
		tööeelne (Tabel 1.23)	tööine (kuud)
Mäetööline	3	I	2
Skipitööline	8	II	3...6
Allmaa-purustitööline	9	II	3...6
Veokijuht	10	II	7...12
Greiderijuht	10	II	7...12
Uuringutööline	12	II	19...24
Tõstemasinist	12	II	7...12
Laadurijuht	14	II	13...18
Koristustööde puurija	14	II	13...18
Laadimisvintsitööline	14	II	13...18
Veovintsitööline	14	II	7...12
Asenduskaevur	14	II	13...18
Laerookija	15	II	19...24
Mehaanik	16	III	37...48

Esmapilgul võib tunduda imelik, et asenduskaevurilt nõutakse nii kõrget vilumusjärku, nagu tabelist näha. Kui asjaga lähemalt tutvuda, siis selgub, et tegemist on töötajaga, kes suudab teha kõike.

Seni oli käsitluses otsene töötasu, mis üldjuhul koosneb tüki- või ajatöötasust (sh ületunnitöötasust) ja preemiast. Otsesele liitub kaudne töötasu, mis koosneb mitmest töötajale makstavast tasuliigist nagu lähetuste päevaraha, puhkusetasu (juhul kui töötaja puhkuse ajal teeb tema tööd asendustöötaja) jms.

### 1.2.5. TÖÖKULUD

Töökulude all käsitatakse nii tööks vajalikku inimeste arvu kui ka nende töö hüvitamise rahalisi ja muid kulusi. Tegemist on ühe ja sama problemaatikaga, sest kulutused töötasuks määratakse

- töötajate arvu
- nende otsese ja kaudse töötasu ning
- töötasule kaasnevate maksude normatiivi alusel

Mehhaniseeritud töö puhul on töötajate, s.t masinajuhtide ja operaatorite arv üsna täpselt leitav masinate ja mehhanismide tootluse alusel. Vähe mehhaniseeritud töö puhul sõltub töötajate arv peamiselt tööviljakusest ja selle hindamise mugavaks aluseks on juba käsitletud töömahukus. Töömahukus on protsessiti liidetav tunnus. Vaatame järgmist tabelit, mis käsitleb käigu rajamistsükli töömahtu.

Tabel 1.25 TÖÖMAHUKUS KÄIGU RAJAMISEL

Töö	Ühik	Töömaht tsüklis	Tööviljakus (ühikut vahetuses)	Töömahukus (inimvahetust ühikule)	Tsükli töömahukus tööde kaupa
Puurimine	m	50	200	0,005	0,25
Lõhkamine	esi	1	2	0,5	0,50
Kaevise laadimine	m <sup>3</sup>	17	50	0,02	0,34
Toestamine	m <sup>2</sup>	9	100	0,01	0,09
Kokku					1,18

Ühe tsükli tegemiseks on vaja puurida 50 m lõhkeauke. Puurija, tegeldes ainult oma tööga, suudab puurida vahetuses 200 m lõhkeauke. Esi on vaja lõhata. Lõhkaja suudab vahetuses lõhata kaks ett. Lõhkamise järel on vaja ära laadida 17 m<sup>3</sup> lõhatud kaevist (oluline on tähele panna ja alatiseks meelde jätta, et lõhatud kaevist ei mõõdetata mitte raimatud, vaid maapõue kuupmeetrites). Laadimismasinal töötav kaevur, tegeldes ainult laadimisega, suudab vahetuses laadida 50 m<sup>3</sup>. Esi on vaja toestada ankrutega. Seda tööd mõõdetatakse toestatud lae ruutmeetritega ja toestaja ankurdamine 100 m<sup>2</sup> vahetuses. Korrutades tsükli tööoperatsiooni mahu vastava töömahukusega, saame tabeli viimases veerus operatsioonide töömahukuse. Kõikide operatsioonide töömahukused kokku liites selgub, et tsükli tegemiseks kulub 1,18 inimvahetust. Rajajad teevad kõiki neid töid ise, s.t puurivad,

lõhkavad, laadivad ja toestavad kogu ee. Järelikult suudavad kaks rajajat, kui nende tööviljakus oleks just selline nagu ülal tabelis, teha vahetuses  $2 / 1,18 = 1,7$  tsükliit.

Vt ÜLESANDED JA HARJUTUSED nr 15

Niisamuti on liidetav töömahukus nii kaevanduse kui ettevõtte raames. Selle näiteks on järgmises tabelis toodud arvud. Kui tegemist on suhteliselt vähe mehhaniseeritud kaevandamisviisiga, mida põlevkivi kamberkaevandamine kõigest hoolimata on, siis on ka käituskulude jaotus enam-vähem võrdeline töömahukuse jaotumisega. Seda on näha tabelis.

Tabel 1.26 TÖÖMAHUKUSE JA KÄITUSKULU JAOTUS PÕLEVKIVIKAEVANDUSTES

Töö	Töömahukus %	Käituskulu %
Koristus- ja läbindustööd	40...47	46...50
Allmaavedu:		
konveiervedu	12...13	13
rööbasvedu	15...17	Sama
Seadmete hooldus ja remont (v.a koristus- ja läbindusmasinate jooksev remont ning hooldus)	12...15	Umbes 10
Rikastamine ja kvaliteedikontroll rikastamisvabrikutega kaevandustes	Umbes 10	Umbes 10
Muud tööd:	Kuni 20	Kuni 20
sh tõste ja veeärastus	3,5	3,5

Üldhinnangute tarbeks on mugavaks töömahukuse tunnuseks töötajate arv mäeettevõtte aastatoodangu ühe miljoni tonni kohta. Sellekohane näide on järgmises tabelis.

Tabel 1.27 TÖÖMAHUKUSI MÄEETTEVÕTETES

Ettevõtte	Kaevis	Aasta	Aasta - toodang milj t/a	Töömahukus $1/10^{-6}$ t	Juhtkonna osalus %
USA maagikaevandus (rikastamisvabrikuta)	Maak	1990	1,4	80	16
Tytyri lubjakivikaevandus Soomes	Lubjakivi	1985	0,9	100	
Enonkoski polümetallikaevandus Soomes	Maak	1990	0,75	150	11
Tara tsingikaevandus Iirimaa	Maak	1992	2,66	286	
Sirgala põlevkivikarjäär	Põlevkivi	1993	3	330	
Põlevkivikaevandus Estonia	Kaevis	1993	5	400	
Toolse fosforiidikarjääri projekthinnang	Maak	1977	6,56	560	
Rakvere fosforiidikaevandus (projekt)	Maak	1987	12	640	

**Otsene töötasu** on töö eest makstav aja- või tükitöötasu koos preemiaga. Kaudne töötasu on see töötajale makstav hüvitus, mis ei ole otseselt seotud töö mahu või töötamise ajaga näiteks puhkusetasu, mida tööandja on kohustatud maksma puhkusel viibivale töötajale, või progresseeruv aastatasu, mida põlevkivikaevandustes makstakse kauaaegsetele töötajatele. Kui ettevõtte töötab aasta ringi ja puhkusel olevate inimeste töö tegemiseks värvatakse asendustöötajad, siis on selge, et põhitöötajate puhkusetasu ongi kaudne töötasu. Kui näiteks aasta ringi töötava ettevõtte töölise puhkus on üks kuu, siis kaudseks töötasuks lisandub  $1/12$  põhitöötasust. Kaudse töötasu hulka kuulub ka lähetuskulu, mida makstakse töötajatele, kes tööülesannete täitmisel viibivad kodust eemal. Kuna riik majandustegevust kontrollides jälgib hoolsalt maksustatavat rahavoogu, siis on töötajatele makstav rahaliste ja muude hüvituste summa, s.t otsene ja kaudne töötasu, nn ettevõtte töötasufond, rahandusorganite kontrolli all. Töötasufondiit või makstud töötasu kogusumma maksab ettevõtte makse, praegu 20% sotsiaal- ja 13% ravikindlustusmaksu.

Mäeettevõtteid rajades tuleb arvestada, et tihti paikneb maardla vähearenenud infrastruktuuriga tööjõuvaeses piirkonnas. Kui hõlvatakse pikaealist maardlat, tuleb arvestada ka migratsiooni, tööjõu sissevedu tekkivasse mäetööstuspiirkonda. Migratsiooni mahtu aitab hinnata perekonnategur, mis näitab, mitu korda on piirkonda saabuv inimeste hulk suurem mäeettevõtte töötajaskonnast. Seniste kogemuste alusel on perekonnategur ligilähedasel 3.

### 1.2.6. KONTROLLKÜSIMUSED

- Kirjeldage mäetöö tingimusi.
- Kirjeldage erialade ja vilumustasemete vastavust mäetööstuses.
- Millised on mäeinseneri tööülesanded?
- Millised on geoloogi tööülesanded mäetööstuses?
- Millised on markšeideri tööülesanded?
- Millised on mäetehniku tööülesanded?
- Millised on töö tasustamise alused mäetööstuses?
- Kirjeldage USA mäetöölise kutsenõudeid.
- Kuidas peab tööandja hindama kulutusi tööle?

### 1.3. TOOTMISVAHENDID JA ENERGIA

#### 1.3.1. KAEVANDUSEHITISED (KARJÄÄRIEHITISED)

Kaevandusehitised (mõistkem nende all ka karjääriehitisi) on mitmesugused rajatised ja hooned. Töötajaskonna tarbeks elamute, haridus-, kultuuri-, tervishoiuhoonete ehitamine, mis tuleb kõne alla alaarenenud infrastruktuuri ja kõrge töömahukusega kaevandamise puhul, ei kuulu mäemajanduse alla, mis ei tähenda, et vajaduse korral selleks tarvilikku tööjõu ja kapitali ära võib unustada.

#### A. Ühendusrajatised on

- maantee
- raudtee
- elektriülekande- ja sideliinid
- kaevandusvee äravoolujuhtmed (-kraavid) koos settetiikide ja muude puhastusseadmetega, gaasi-, kaugkütte-, vee- ja reovee(toru)juhtmed vajaduse ja võimaluse korral

#### B. Hooned on tavaliselt

- tõstehoone ja selle juurde kuuluvad punkrid, karjääris estakaad
- rikastamisvabriku või sorteerimistsehhi hoone
- töökoda, ladu
- kontorihoone
- pumbajaamad, alajaamad, tuulutus- ja küttehooned (kalorifeerihoone)
- katlamaja
- lõhkematerjalide ladu

Ühendusrajatised ja osa hooneid võivad mitme kaevanduse jaoks olla ühised, eriti teed, juhtmed, lõhkematerjali ladu, töökoda. Suur osa mainitud hoonetest võivad paikneda koos ühes või mitmes hoonekompleksis.

#### C. Mäerajatised (kapitaalkaeveõõned) on

- avavad kaeveõõned nagu šahtid, käigud (stollid, strekid), kaevikud (tranšeed), šurfid jm
- kaevanduse hoov
- koristusjaoskondade lõigustuskaeveõõned
- karjääri esmane paljanduskäik

#### D. Abirajatised on näiteks

- jääkide ja jäätmete panilad, s.t puistangud, settetiigid, utiliseerimispaigad
- parklad jne

Enamik ehitisi rajatakse enne kaevandamise alustamist, s.t võlgu. Seepärast kehtib nende jaoks üldine ja kindel nõue, et

**ehitada tuleb lühima aja ja suurima tootlusega ning ehitamine tuleb projekteerida ja korraldada nii, et maavara kaevandamist ja müüki saaks alustada võimalikult ruttu**

Kaevandusehitised, otstarbekuse puhul ka mäerajatised lastakse teha alltöövõtu korras põhimõttel nii palju kui vaja ja nii vähe kui võimalik. Nende iga ja maht sõltub kaevevälja maavaravaru suurusel, kaevandamise kestusest. Pisikarjääride (kivimurdude, liiva- ja saviaukude) tarbeks ei ehitata tihti peale mitte midagi. Kaevisel purustamiseks ja sorteerimiseks kasutatakse (kui kasutatakse) neis mobiilseid



või poolpaikseid seadmeid ja olmehooneks ehituses tuntud soojakut.

Mäeehitiste maksumus määratakse ehitus-projekteerimisasutuste hinnangute ja eelarvete järgi. Ligikaudsete eelhinnangute aluseks on ühikuhinnad, ühendusrajatiste meetri või kilomeetri, hoone ja allmaarajatise kuupmeetri maksumus. On ka teisi maksumuse määramise aluseid näiteks standardse katlamaja hind on määratud soojusvõimsusega. Ühendusrajatiste ja hoonete maksumuses eristatakse ehitus- ja seadistamistööde (E&S) maksumust ning seadmete ja materjalide (S&M) maksumust. E&S osa moodustab 60...70% kaevandusehitiste (karjääriehtiste) maksumusest ja määrab vajalike ehitustööliste arvu. 1980...1984. aastal arvestati 1 milj rbl E&S tegemiseks 100 ehitustöölise aastat.

Kogemus näitab, et 1980...1984. aasta rubla võrdus ligikaudu USA dollariga. Siit võimalus võrrelda tolleaegse NSVL-i ehitustöölise jõudlust praegusega.

Kaevanduste puhul tuleb kaaluda, kas näiteks pumbajaama, rikastamis-sorteerimisseadmeid, ventilaatoreid, lõhkeaineladu jm poleks otstarbekas paigutada maa alla. Kuna allmaaehitustööd on oluliselt kallimad pealmaatöödest (betoneerimistööd umbes kaks korda), siis tehakse seda vaid mõjuval põhjusel, milleks võib olla maa kõrge hind, ka keskkonnakaitse. Viimase tõttu võivad maa alla olla paigutatud mürarikkad ventilaatorid.

Kabala fosforiidikaevanduse projekteerijad rääkisid ka rikastamisvabriku maa alla paigutamise, kuid selle ettevõtmise tõeliseks põhjuseks ei olnud mitte niivõrd keskkonna kaitsmine, kuivõrd keskkonnaohtliku objekti peitmine keskkonnakaitsjate eest.

### 1.3.2. EHITISTE MAKSUMUS

Kuna kaevanduse ja karjääri tehno kompleksi ehitavad ehitusettevõtjad alltöövõtu korras, siis määrab nende objektide eelarvelise maksumuse ehitaja. Vähempakkumise ja majandusanalüüside jaoks peab aga ka mäetööstur oskama ehitiste ligikaudset maksumust hinnata. Tavaliselt määratakse ehitiste ligikaudsed hinnad ühikuhindade meetodil. Selle meetodi puhul on vaja teada ehitise või rajatise ühiku näiteks maantee, raudtee, elektriliini, kraavi jne pikkusühiku, hoone mahuühiku, tavaliselt kuupmeetri ehitamise maksumust. Ühikuhinna ja ehitise või rajatise pikkuse, mahu või pindala korrutis ongi ligikaudne ehitise kogumaksumus.

**Näide. Teede ühikuhinna määramine.** Kaheksakümnendate aastate algul olid Eestis ehitatava maantee ja raudtee ühikuhinnad enam-vähem võrdsed 1 milj rbl/km. On põhjust pidada NSVL-i viimaseid 1984. aastal kehtestatud ehitiste ühikuhindade rublasid arvuliselt peaaegu võrdseks USA dollariga. Seega võiks olla asfalttee ja raudtee ehitamise maksumuse ühikuhind Eestis kuni 1 miljonit USD/km ehk 12...15 milj kr/km. Üheksakümnendate aastate algul maksis Soomes kiirtee kilomeeter umbes 20 milj marka. Kui arvestada, et Soome valmistab bituumenit suhteliselt odavast vene õlist ja killustikuks oli alati käepärast graniit, siis nende ühikuhinna alusel võiks ka meil võtta maanteekilomeetri maksumuseks 10 milj kr. Ilmselt ei saa üldkasutatavate maanteede ja kiirteede ühikuhindu võtta aluseks kaevanduse- ja karjäärিতে maksumuse arvutamisel. Nõuded on teised ja ka tee-ehitusmasinaid ja -materjalide saab mäeettevõtte teede ehitamiseks odavamalt. Seepärast võtame vaatluse alla ka USA maagikaevanduste ühenduste ehitamise ühikuhinnad (Camm, 1991).

Tabel 1.28 MAANTEE ÜHIKUHINNAD USA MAAGIKAEVANDUSTE EHITAMISEL tuh USD/miil

Kuluelement	Tee laius jalgades		
	40	60	80
Töötasu	13,6	19,9	26,3
Seadmete kulu	10,1	14,8	19,5
Teras	3,4	5,0	6,6
Kütus	14,9	21,9	28,9
Määrdeained	3,8	5,6	7,3
Ehitusmaterjalid	27,7	41,6	55,4
Käibemaks	2,5	3,7	4,9
<b>KOKKU</b>	<b>76,0</b>	<b>112,5</b>	<b>148,9</b>

Miil on 1,6093 km ja jalg 0,3048 m. Otsearvutuse teel saame, et 12 m (40 jala) laiuse kaevanduse- (karjääri-)tee ehitamise ühikuhind võiks olla  $(12...15) \times 76,0 / 1,6093 = 567...614$  tuh kr/km, kusjuures rahakursiks on võetud 12...15 kr/USD. Arvestades Eesti ja USA majanduse erinevust, tuleb kindlasti parandussuhtega korrigeerida töötasu, kütuse maksumust ja käibemaksu. Kui tee ehitab mäeettevõtte, jääb käibemaks ära.

Meetodit võib soovitada ka muudel juhtudel. Järgmises tabelis on samast USA Mäebüroo

teabeallikast (Camm, 1991) pärit üheproduktilise flotovabriku ehitamise maksumus ja rikastamiskulu sõltuvalt vabriku tootlusest.

Tabel 1.29 NELSONI VALEMI KORDAJAD ÜHEPRODUKTILISE FLOTOVABRIKU KAPITALI- JA KÄITUSKULU MÄÄRAMISEKS

Kuluelement	Kapitalikulu tuh USD		Käituskulu USD/t	
	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
Töökulu	10,9	0,688	894	-0,708
Seadmete kulu	26,7	0,684	21,0	-0,323
Teras	9,47	0,622	0,724	0
Määrdeained			2,07	-0,315
Ehitusmaterjalid	42,2	0,653		
Elektrienergia			1,55	-0,028
Reagendid			0,771	0
Käibemaks	4,63	0,664	0,67	-0,158
<b>KOKKU</b>	<b>92,6</b>	<b>0,667</b>	<b>121</b>	<b>-0,335</b>

Maksumus on esitatud Nelsoni valemi (vt 1.1.6)  $C = a x^n$  kordaja *a* ja elastsusteguri *n* abil. Soovides tabeli teavet kasutada, tuleb arvestada Eesti ja USA kulutasemete erinevusega ning kohendada elementide kaupa Eesti oludele vastavaks kordaja *a* väärtus. Elastsusteguri korrigeerimiseks pole alust, selle täpsustamine, kui see peaks olema vajalik, nõuab eriuuringuid.

### 1.3.3. MÄESEADMED

Enne kaevandamise alustamist peab olema paigaldatud ja töokorras töö- ning keskkonnaohutuks tootmiseks vajalik seadmestik. Mainigem tähtsamaid:

- tõsteseadmed, mida võivad alltöövõtu korras paigaldada ja seadistada tõstešahti rajanud ettevõtted
- veeärastusseadmed, s.t pumbad ja torustik
- tuulutusseadmed, s.t ventilaatorid ja õhkküte
- veosüsteem, mille hulka kuuluvad veoalajaamad, kontaktjuhtmestik, rööbasteed, sõiduteed (autoveo puhul), konveierid, punkrid, ümberlaadimissõlmed (-punkrid) jne
- purustus-, sorteerimis- ja/või rikastamisseadmed
- töökoja seadmestik
- kontrolli- ja juhtimisseadmestik jne

Kuna suhteliselt kallis seadmestik tuleb hankida enne kaevandamisele asumist, siis projekteeritakse mäeettevõtte sellise arvestusega, et seadmete paigaldamine ja seadistamine lõpeks kaevandamise alghetkel. Loomulikult paigaldatakse varem see osa seadmeid, mis on vajalik mäeettevõtte rajamiseks, kuid tihti osutub otstarbekaks kasutada selleks hoopis odavamaid ajutisi, vähem tootsaid, poolpaikseid ja/või üüritud seadmeid. Tavaliselt hangitakse seadmed mitmes järgus vastavalt ettevõtte võimsuse ja tulu kasvule.

### 1.3.4. MÄEMASINAD

Mäemasinad valitakse mäetööde tehnoloogia alusel, lähtudes tehnilistest ja tehnoloogilistest arvutustest, arvestades töö mahtu, masinate võimsust ja tootlust. Masinaid ei pea tingimata ostma. Võimalik on, et

- osa mäetöid, nagu paljandus- ja puur- ning lõhketööd karjäärides eriti kui need on hooajalised (tehakse suvel), lastakse teha teistel, spetsialiseeritud ettevõtetel
- teised tööd nagu kaevise vedu ja seadmete remont tellitakse vastavatelt ettevõtetelt
- mäemasinaid üüritakse või hangitakse liisingu korras

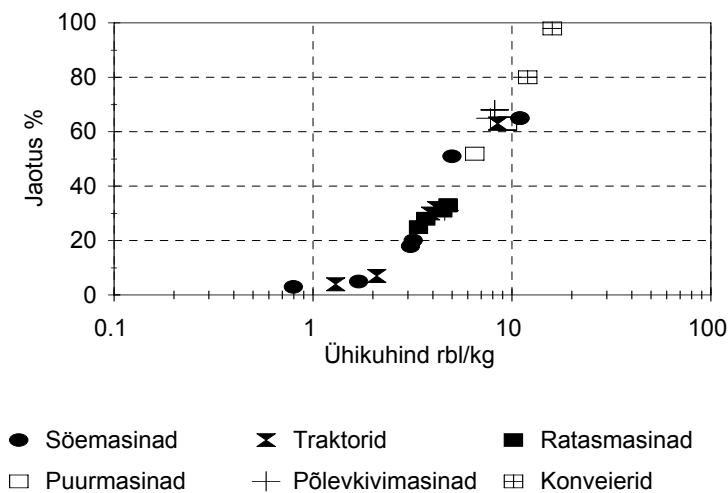
**Liising on laenu vorm, mille puhul pank või rahastamisvõimeline ettevõtte ostab masina ja rendib selle mäeettevõttele. Sel juhul maksab masinat kasutav ettevõtte liisingu andjale regulaarselt renti, mis katab nii kulumi kui kasviku**

Otstarbekaim variant leitakse majandushinnangu alusel, milleks tuleb teada masinakulusid ja nende arvutuse meetodikat.

### 1.3.5. MASINATE JA SEADMETE HIND

Nõukogude riigikapitalism on juurutanud mõtte, et masina hinna võib leida kas hinnakirjast, käsiraamatust, mäeettevõtte hankeosakonnast või kuulda õppejõu käest <sup>1</sup>. Turumajanduses ei ole hind paika pandud, see on ostja ja müüja kokkuleppe asi. Harva, kas siis kindlale ostjale või pruugitud masinaid müües, antakse hind avalikult teada. Ometi tuleb masinate ning seadmete hankimiseks teha kalkulatsioone ja tasuvusuuringuid. Siin võib aidata ühikuhinna meetod, mille abil saab arvutada masina ligikaudse hinna, hinnaklassi. Enamiku masinate ja seadmete ühikuhinnaks on massiühiku, kilogrammi või tonni maksumus, masina hinna ja massi jagatis. Sama liiki masinatel (auto, ekskavaator, traktor jne) on ühikuhind ligikaudu võrdne. Teades, mis liiki on masin ja kui palju ta kaalub, saab hinnataseme ühikuhinna ja massi korrutisena.

Joonisel 1.4 on põlevkivikaevanduste nõukogude päritolu mäemasinate kuni 1990. aastani kehtinud ühikuhinna jaotus. Märkatav on masinaklasside ühikuhinna suur erinevus, mis tulenes sellest, et masina hinda ei määranud tema väärtus ega metallisisaldus, vaid milline hind talle määrati. Seepärast oli kõige madalam ühikuhind Söetööstuse Ministeeriumi masinatehastes valmistatud söetootmise masinatel, mida müüdi omadele. Odavad olid ka põllumajandusele määratud traktorid.

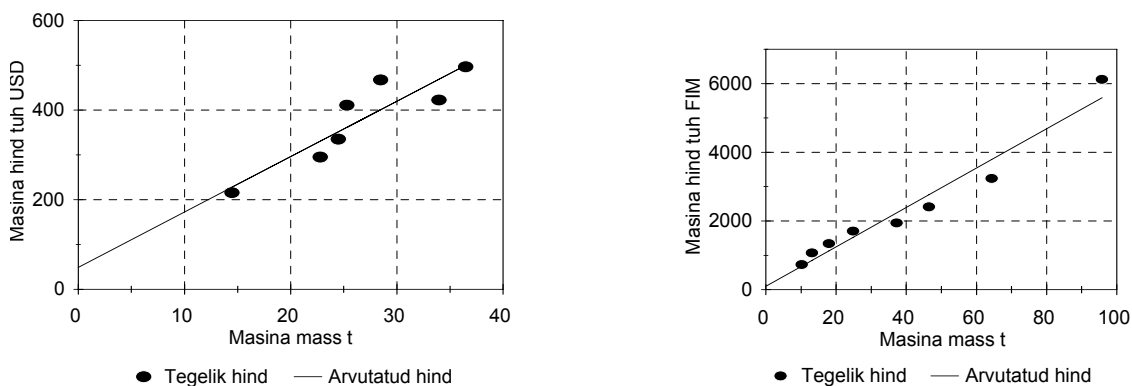


Joonis 1.4 Põlevkivikaevandustes kasutatud nõukogude mäemasinate ühikuhinna jaotus

Üldjuhul on masina hinna ( $C_m$ ) sõltuvus massist ( $M$ ) lineaarne (joonis 1.5)

$$C_m = c + \chi M$$

kus  $c$  on masina massist sõltumatu hinna osa ja  $\chi$  ühikuhind. Paljudel juhtudel  $c = 0$ . Valemi kordajad on tabelis 1.30.



Joonis 1.5 Caterpillari pealmaa-kopplaadurite ja -ekskavaatorite (vasakul) ning Tamrocki (Toro) allamaa-kopplaadurite ja -veokite (paremal) hinna sõltuvus masinate massist

<sup>1</sup> Palun arvestada, et tol ajal, kui seda ainet õpetasin ja raamatut kirjutasin, oli mõtlemisviis veel üsna kõvasti vanas kinni.

Kuna kaevandamine eriti karjäärides on hooajaline ja sõltub tihti ka konjunktuurist, siis on tavaline kasutatud masinate ning seadmete müük. Loomulikult on need madalama töökindluse ning tootluse tõttu odavamad kui uued. Pruugitud masinate jaoks kehtib sõltuvus

$$C_m = c + \chi M - g t$$

kus  $t$  on masina töötundide arv ja  $g$  hinna langus töötunni kohta.

Tabel 1.30 ANDMED MÄEMASINATE HINNATASEME MÄÄRAMISEKS<sup>1</sup>

Firma, masin	Rahaühik	c tuh.	$\chi$ tuh/t	g 1/h	Pakkumise aeg
Caterpillar, uued					
Buldooseriid	FIM	96,5	57,4	-	
Rataskopplaadurid	FIM	-49,5	68,0	-	
Ekskavaatorid	FIM	85,8	42,6	-	
Caterpillar, pruugitud					
Rataskopplaadurid	GBP	96	0,62	9	1986. aasta
Traktorid	GBP	52	2,17	10	- " -
rataskopplaadurid	GBP	26,5	2,48	4,4	1991. aasta
Eri firmad, pruugitud					
Rataskopplaadurid	FIM	268	43,3	18	1994. aasta
Atlas-Copco					
Puurmasinad	SEK	321	174	-	
Toro					
allmaاراتas-kopplaadurid	USD	487	12,4	-	Detsember, 1993
Volvo					
pealmaاراتas-kopplaadurid	FIM	240	41,4	-	November, 1993

Harjutamiseks vt ÜLESANDED JA HARJUTUSED nr 16 ja 18

### 1.3.6. MASINA SOETUSMAKSUMUSE MÄÄRAMINE

Masina või seadme soetusmaksumus koosneb selle hinnast, kohaletoimetamise kulust, käibe-, tolli- jm maksudest ning vajadusel ka seadistamiskulust. Kuna enamikul juhtudel ei osteta masinat mitte sel hetkel, mil oli teada antud või saadud tema (tehase)hind, vaid hiljem, siis tuleb arvesse võtta ka masina tulevast hinda mõjutavat inflatsiooni masinat tootval maal. Hinna ajastamine toimub valemiga

$$P_t = P_0 (1 + i)^t$$

kus  $P_0$  on avaldatud kindlal ajal,  $P_t$  hind ostmise ajal;  $i$  inflatsiooni aastamäär maal, kust masin ostetakse, ja  $t$  ajavahemik hinna avaldamise ja ostuhetke vahel aastates. Kogemus sunnib mind juhtima tähelepanu asjaolule, et inflatsiooni aastamäär ei ole antud protsentides, vaid osades 1% = 0,01. Kui inflatsioon on 20% aastas, siis aastamäär on 0,2 ja 100% vastab inflatsiooni aastamäär 10. Kui on teada, et kahe aasta eest maksis masin X-maal 1 milj tugrikut ja viimase kahe aasta keskmine inflatsioon oli seal 200% aastas, siis praegu võiks see masin maksta

$$P_t = 1 \times (1 + 200/100)^2 = 9 \text{ milj tugrikut}$$

Kui hind on antud mõnes teises vääringus, siis tuleb see viia vääringusse, milles tehakse arvutusi.

Veokulu sõltub masina või seadme massist, kohale toimetamise kaugusest ja viisist. Veotariifid ehk ühe tonnkilomeetri (t.km) maksumuse ja laadimis- ning muud (sadama-) kulud saab teada transpordifirmast, kusjuures ligikaudseks hindamiseks on kasulik teada, et auto-, rongi- ja veetranspordikulu omavaheline suhe on ligikaudu 100 : 10 : 1.

Soetusmaksumuse määramiseks kasutatakse arvutusjuhendit ehk -vormi, mis on toodud järgmises tabelis. Arvutustabel on ka programmeeritud süsteemis QUATTRO PRO FOR WINDOWS<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Andmed on tänaseks vananenud. Kaasajal tuleb hinnad leida internetist.

<sup>2</sup> Kaasajal Excelis

Tabel 1.31 DELIVERED PRICE ESTIMATE <sup>1</sup>

			MACHINE DESTINATION		988B
DATE OF DELIVERY	Year	1999	COUNTRY		SUOMI
	Month	3	DISTANCE, km		100
	Day	1	CURRENCY		FIM
			INFLATION, %		2
PRICE DATE	Year	1994	PRICE	THOUS. USD	2500
	Month	2	MACHINE WEIGHT, t		44,3
	Day	1	RATE OF EXCHANGE	EEK	2,5
PRICE AGE, years		5,08	PRICE OF t.km	FIM	0,015
THE FUTURE VALUE OF PRICE				6911,90	THOUS.EEK
PRICE OF kg				156,00	EEK
PRICE OF TRANSPORT				0,07	THOUS.EEK
TAXES					
SALE TAX %		18		1244,14	THOUS.EEK
CUSTOMS TAX					THOUS.EEK
OTHER TAXES					THOUS.EEK
PRICE AT DAY DELIVERY				8156,11	THOUS.EEK

Märkus. Kuna tegemist on rahvusvahelises äris vajaliku arvutusvormiga, siis on otstarbekas ära õppida selles toodud ingliskeelsed mõisted.

Tegemist on masinarvutustabeliga, milles topeltjoonega ümbritsetud lahtritesse sisestatakse lähteandmed. Kõik teised lahtrid, välja arvatud äärmine vasakpoolne, arvutatakse või täidetakse programselt.

### 1.3.7. MASINAKULUD

Ostnud masina, kannab ettevõtte selle soetusmaksumuse osade kaupa kaevisele, mida masin on kaevandanud või töödeldud. Peale selle kulutab masin ja seade kütust, energiat, vajab varuosi ning hooldust.

**Masinate ja seadmete (ka hoonete ning rajatiste) puhul on tegemist kahesuguse kuluga, kapitalikuluga, mis on seotud soetamisega, ning kasutus- ja hoolduskuluga**

Alustagem **kapitalikulust**, mis tuleb kanda masina poolt kaevandatud või töödeldud kaevisele. Et selgeks saada kapitalikulu arvutamise meetoodika, vaatleme kõigepealt, mis on kasvik.

Masina või seadme soetamiseks või mingiks muuks ostuks (kapitalimahutuseks) võetakse laenu või kasutatakse selleks kogutud raha. Laenu võttes tuleb arvestada selle eest makstava kasvikuga, oma raha eest ostes jääme ilma kasvikust, mida raha pangas teeniks. Nii kasvikute maksmine kui nendest ilmajäämine on kulu, mille masinast saadav tulu peab katma. Selgituseks on järgmises tabelis lihtne näide. Masin maksab 1 miljon. Raha masina ostuks on laenatud viieks aastaks tingimusel, et igal aastal tagastatakse võlast üks viiendik.

Tabel 1.32 VÕLA KUSTUTAMINE JA KASVIKU MAKSMINE

Aasta	Võlg aasta algul	Tagastatud	Võlg aasta lõpul	Makstud kasvik
1	1 000 000	200 000	800 000	100 000
2	800 000	200 000	600 000	80 000
3	600 000	200 000	400 000	60 000
4	400 000	200 000	200 000	40 000
5	200 000	200 000	0	20 000
Kokku	-	1 000 000	-	300 000

Pangalaenu kasvikunorm (intressimäär) on kogu aeg 0,1 (10% aastas). Esimese (laenu)aasta algul on võlg 1 miljon, millelt tuleb maksta 10% kasvikut ehk 100 000. Aasta jooksul tagastatakse 1/5 laenust ehk 200 000 ja järgmise aasta algul on võlg 800 000 millelt tuleb maksta 10% ehk 80 000 jne.

<sup>1</sup> Kaasaegsema arvutusprogrammi Excelis leiata TTÜ mäeinstituudi digikogust.

Seega iga järgmise aastaga võlg, millelt makstakse kasvikut, väheneb ja nii väheneb ka iga-aastane kasvik. Kokku moodustavad viie aasta jooksul makstud kasvikud 300 000. Aastakeskmise kasviku on  $300\,000 / 5 = 60\,000$ .

Lihtsam on arvutada keskmist kasvikut aastakeskmise seotud kapitali kaudu. See avaldub valemiga

$$F = (T + 1) C / 2 T$$

kus  $T$  - laenu vältus (võib olla ka masina tööiga või aeg, mille jooksul masin peab katma ostulaenu),  $C$  - laenu suurus. Toodud näite puhul on seotud kapital  $F = (5 + 1) 1\,000\,000 / 2 \times 5 = 600\,000$  aastas. Sellelt makstakse kasvikut 10% ehk 60 000 aastas.

Nõukogude riigikapitalistlikus majandushinnangus asendas kasvikunormatiivi mõistet efektiivsuse normatiiv  $E$ , mis figureeris taandkulude määramise valemis

$$II = C + E \times K$$

kus  $C$  oli omahind ja  $K$  erikapitalimahutus, mõlemad rublades toodanguühikule.  $E$  suurus oli ette antud, hoonetele ja rajatistele tavaliselt 0,05...0,08, mäemasinatele 0,15...0,25 ja ainult valehäbi takistas seda krediidi intressimääraks tunnistamaks. Kohe näeme, et nii kõrge kasvikunormatiiv vihjab kõrgele inflatsioonile.

**Kasviku normi hindamine** on üks majandusarvutuste alustest. Stabiilse ja juhitava majandusega maades on kasviku norm suhteliselt hõlpsasti hinnatav kas siis majandust suunavate normatiivaktide, ametliku statistika või pankade informatsiooni alusel. Ebastabiilse ja muutuva majanduse tingimustes tuleb lähtuda pankade ja fondide tingimustest või kasutada kaudseid hindamismeetodeid. Reeglina on maailmatasemega rahastajalt saadava kindla garantiiga (näiteks riikliku tagatisega) pikaajalise laenu kasviku norm 0,05...0,1. Lühiajaliste laenude kasviku norm võib olla mitu korda kõrgem. Vaatlused näitavad, et riigis valitseva inflatsiooni ja kasviku normi vahel on olemas suhteliselt hea side, mis on kirjeldatav valemiga<sup>1</sup>

$$k = 0,07 + 0,725 i$$

kus  $k$  on aastakeskmise kasviku norm ja  $i$  aastainflatsiooni määr. Seose kordajad on arvatud EL-i maade statistiliste andmete alusel. Seega kui aastakeskmise inflatsioonimäär on 10% ehk 0,1, siis vastav kasviku norm võiks olla  $0,07 + 0,725 \times 0,1 = 0,14$  ehk 14% aastas. Kui nõukogude majanduses mäemasinate efektiivsusteguri väärtuseks oli määratud 0,25, siis siin toodud seosest tagurpidi arvutades saaksime tolleaegseks aastainflatsiooniks  $i = (0,25 - 0,07) / 0,725 = 0,25$  ehk 25% aastas.

**Kulum.** Kui osta masin võlgu, peab võla aja jooksul kustutama, tagasi maksma. Võib ette kujutada, et võlga kustutatakse kogu masina tööaja jooksul. Ostes masina oma raha eest, peab arvestama, et kui masin on kulunud, tuleb osta uus masin, milleks tuleb raha koguda. On loogiline, et seda tehakse ajal, mil ostetud masin töötab. Ka selle kulu peab masin katma. Tabelis 1.32 oli iga-aastane tagasimakstav summa 200 000 ja seda võibki ette kujutada kulumina. Näites oli masina tööeaks võetud viis aastat ja igal aastal arvestati kulumiks 1/5 ehk 20% ehk 0,2 osa masina maksumusest. 20% ehk 0,2 on kuluminorm. Kuna kulum, mida kogutakse uue masina ostmiseks või masina ostuks tehtud laenu tagastamiseks, on tulumaksuvaba, siis riiklik maksupoliitika piirab kulumu suurust kulumu piirnormati kehtestamisega. Mõned Eestis kehtivad kulumu piirnormid on tabelis 1.33.

Kapitalikulu käsitluse lõpetuseks on otstarbekas juhtida tähelepanu asjaolule, et see kululiik püsib muutumatuna sõltumata sellest, kas masin töötab või seisab. See on **püsikulu**, millest hiljem juttu tuleb.

Masina **kasutus- ja hoolduskulu** on kulu, mida tuleb teha, kui masin töötab. See koosneb kütuse- ja energiakulust, määrdeaine-, hooldus- ja remondikuludest. Paljudel masinatel ja seadmetel kuulub kasutuskulu hulka veel eriosade kulu, mis on kulu kombainide ja soonimismasinade hammaste, puurkroonide, -terade ja -varraste, konveieritel lintide, liikurmasinatel rehvide vahetamiseks või taastamiseks. Üürides masina koos juhiga, lisandub kasutuskulule juhi palk ja vajadusel ka lähetuskulud. Hooldus- ja kasutuskulu hulka kuulub ka kindlustusmaks, kui masin on kindlustatud. Kasutus- ja hoolduskulu määramiseks on suurtel mäemasinade tootvatel firmadel üksikasjalikud juhendid, käsiraamatud, teatmematerjal ning arvutiprogrammid, millele võimaldatakse (piiratud) ligipääs tõsise ostusoovi puhul. Tavaliselt teeb ja esitab tellijale kalkulatsiooni masinade müüv ja hooldav ettevõtte. Kuna üksikasjalik teave masinate kohta on ettevõtete asi, saab anda vaid üldisi juhiseid.

<sup>1</sup> Viimasel ajal, stabiilses majanduses see valem ei kehti. Huvitav oleks, kas majanduskriisid taastavad selle valemi ?

Tabel 1.33 EESTIS KEHTIVAIK KULUMI PIIRNORME <sup>1</sup>

Põhivara rühmad ja liigid	Kulumi piirnормi intervall %
<b>EHITISED</b>	
Tootmis- ja mittetootmishooned, üldiselt	1,5...3
Elamud	1,2...2
<b>RAJATISED</b>	
Raudbetoonist, betoonist ja kivist, teras- jm torudest hüdrotehnilised rajatised	1,2...5
Transpordi- ja siderajatised	1...10
Elektriülekanalid	2,5...10
Torustikud	2...20
<b>MASINAD JA SEADMED</b>	
Traktorid	8...15
Abrasiiv- ja teemanttöötlemise seadmed	10...15
Kompressorid ja kompressorseadmed, pumbad	6...20
Ventilatsiooniseadmed	5...20
Töste- ja transpordiseadmed	12...25
Mulla- ja karjääritööde masinad ning seadmed	5...20
Teedemasinad ja seadmed, üldiselt	5...20
Rikastamismasinad ja -seadmed	10...30
Geoloogilise uuringu seadmed	15...25
Kaevandusmasinad ja -seadmed	10...30
Keemia- ja põlevkivikeemiatööstuse masinad ja seadmed	6...20
Turbatööstuse masinad ja seadmed	6...20
Ehitusmaterjalitööstuse masinad ja seadmed	6...30
Sideseadmed	5...20
Allmaa tootmisprotsesside mõõte- ja reguleerimisriistad ning aparaadid, kaevandusõhu kontrollimise ja kaevandustööde ohutuse tagamise aparaat	25...30
Arvutustehnika	4...20
<b>TRANSPORDIVAHENDID</b>	
Raudtee veerevkoosseis	3...10
Laevad	4...10
Veoautod, haagised, autobussid, sõiduautod	10...20
Magistraalorivedu	2,5...4
<b>TÖÖLOOMAD</b>	10...15
<b>MAAPARANDUSE KAPITAALKULUD</b>	10...15

**Kütusekulu** määratakse masina juhendi alusel sõltuvalt töö ja töökoha iseloomust. Juhendmaterjali puudumisel võib ligikaudsetes arvutustes aluseks võtta, et diiselmootoriga liikurmasinal (kopplaaduril, kalluril) on keskmine kütusekulu (l/h) arvuliselt võrdne masina massiga tonnides. Teisisõnu, kopplaadur, mille mass on 23 t, kulutab töötades keskmiselt 23 l diislikütust tunnis. Loomulikult on see ligikaudne reegel, nn rusikavalem peast arvutamiseks ja kehtib keskmise töökorralduse puhul. Tööes on kütusekulu keskmisest väiksem, kui aga rataskopplaadur sõidab suure kiirusega hea kattega teel, on kütusekulu vastu ootusi tunduvalt suurem kui karjääris töötades. Kulunud ja nõukogude päritolu masin kulutab kütust kuni kaks korda rohkem.

**Elektrienergia kulu** määratakse juhendmaterjali ja töökorralduse alusel.

Ka **määrdeaine kulu** määratakse juhendmaterjali abil. Rusikareegel on, et diiselmasinatel on määrdeainekulu rahas umbes üks kümnendik rahaliselt väljendatud kütusekulust.

Mäemasinate **eriosade**, s.t kombaini ja soonuri hammaste, puuri-, rehvi- jne **kulu** sõltub tugevalt töötingimustest, eriti kaevandatava kivimi kõvadusest ja abrasiivsusest. Peale selle veel masinajuhi kvalifikatsioonist ning suhtumisest, isegi tema iseloomust. Seetõttu on eriosade kulu hindamise üldisi reegleid raske anda. Kõrgeim hinnang, mis on antud liikurmasina rehvide kulu kohta, on 140% kütuse ning määrete kogumaksumusest (Gentri, O'Neill, 1984). Eesti põlevkivikaevanduses ja -karjääris, kus kaevis pole kõva ega abrasiivne, on rehvikulu ilmselt kaks või enam korda väiksem. Korrektne eriosade kulu määramine nõuab eriarvutusi.

<sup>1</sup> Enne 1998. a kehtinud piirnormid. Kaasaegsed leidke ise.

**Hooldus- ja remondikulu ning kulu tagavaraosade hankimiseks** määratakse juhendmaterjali ning kogemuse abil või/ja masinaid pakkuva firma teabe alusel. Ligikaudsetes hinnangutes võetakse nii hooldus- ja remondikuluks kui ka tagavaraosade kuluks 5...10% masina maksumusest aastas. Kuna mõnede firmade andmeil kasvab tagavaraosade maksumus igal masina tööaastal 10%, siis tuleb arvestada, et pruugitult ostetud masina hooldus- ja remondikulud on ligikaudu kaks korda kõrgemad kui uuel ostetud masinatel.

**Töötasu, lähetuskulu** ja masina või seadme **kindlustusmaks** tuleb määrata igal konkreetsel juhul lähtuvalt olukorrast.

Harjutamiseks vt ÜLESANDED JA HARJUTUSED nr 17, 19 ja 20.

### 1.3.8. MASINATUNNI MAKSUMUSE ARVUTUS

Paljudel juhtudel, eriti kui masinat üüritakse, läheb vaja teada, kui palju maksab masina kasutamistund. Seda tehakse tavaliselt nii nagu järgmises tabelis.

Tabel 1.34 CAPITAL AND OPERATING COST QUICK ESTIMATE <sup>1</sup>

Machine Designation:			988B			
Currency:			EEK			
Delivered Price:			THOUS.	EEK		8156,11
Estimated Ownership Period,	years:					5,00
Estimated Usage, hours/year:						3640
Residual Value at Replacement:				10	%	815,61
Interest Rate %:						15
Fixed Capital,		THOUS.	EEK			5219,91
	MACHINE	COSTS,	THOUS.	EEK	per year	per hour
Depreciation:					1468,10	0,403
Interest:					782,99	0,215
Repair Reserve:		0,8	% Delivered	Prices	65,25	0,018
Fuel:	60	l/h	2	EEK	436,80	0,120
Lube oils, Filters:		10	% Fuels		43,68	0,012
Tires (Other):		70	%Fuels+Lube		336,34	0,092
Other (Tires, Undercarriage):					0,00	0,000
Insurance:		0	% Delivered	Prices	0,00	0,000
TOTAL MACHINES COST:					3133,15	0,861
	DIRECT	LABOUR	COSTS	(DLC)		
Wage:		THOUS.	EEK		36,00	0,010
Social and Other Costs:			33	% Wages	11,88	0,003
Other (Training,...):						0,000
TOTAL DIRECT LABOUR COSTS:					47,88	0,013
Other labor costs,		5	% DLC		2,39	0,001
	COSTS	TOTAL			3183,42	0,875
Reserve,		5	%+ COSTS	TOTAL	407,81	0,112
TOTAL OWNING AND OPERATING COST					3591,23	0,987
COSTS DISTRIBUTION:			THOUS.	EEK	%	
OWNING COSTS				0,618	63	
MAINTENANCE				0,242	25	
LABOUR				0,014	1	
OTHER				0,112	11	
	TOTAL:	THOUS.	EEK	0,987	100	%

Tabelis esitatu kohta kehtib märkus Tabel 1.31 all.

### 1.3.9. ENERGIAKANDURID JA NENDE MAKSUMUS

Arvestades, et eesti mäetööstuse valdava osa moodustab põlevkivi kaevandamine ja seda, et põlevkivi on ennekõike energeetiline toore, osutatakse käesolevas energiakanduritele veidi rohkem tähelepanu kui klassikalises mäemajanduses tavaks.

<sup>1</sup> Kaasaegsema arvutusprogrammi Excelis leiate TTÜ mäeinstituudi digikogust õppejõu abil



**Energiakandur** on kütuste, vedeliku (õli, vee) ja mõne teise vahendi näiteks suruõhu üldnimetus, kui seda kasutatakse energia saamiseks, rakendamiseks, siirdamiseks (ülekandeks) ja säilitamiseks. Energiakandur on ka elekter (elektronide voog), energiat võib kanda ka kiirgus, väli. Mäetööstuses laialt kasutatav energiakandur on lõhkeaine, kuid klassikaline energeetika seda energiakandurite sekka ei arva. Ka inimesed ja loomad kannavad endas lihaste energiat, energiakandurite hulka neid siiski ei arvata.

Esimesena mainitud energiakandurid olid kütused, mis võivad olla

- tahked - kivisüsi, pruunsüsi, küttepuid, hakkpuut, turvas, sh turbabrikett ja pressturvas. Eestis ja veel mõnel maal ka põlevkivi. Eristamaks põlevkivi kui energiakandurit kasutatakse ka mõistet **kaubapõlevkivi**, mis ei ole sama mis põlevkivi geoloogilises mõttes
- vedelad - õli ja (maa)gaasikondensaat, kuid viimasel ajal siiski nende produktid, s.t masuudid ja kütteõlid, (kütte)petrool, diislikütus, bensiin, Eestis ka põlevkiviõli, mujal maailmas vähesel määral veel etanool ja metanool
- gaasilised - ennekõike maagaas, samuti kivisöe(koksi)gaas, biogaas, Eestis varemalt ka põlevkivigaas
- tuumkütus - töödeldud ja kütteelementidesse pakitud uraan, milles isotoobi  $U_{235}$  sisaldus on tõstetud 2...4%-ni loodusliku 0,7% asemel.

Eksootiliste kütuste hulka kuulub loomasõnnik metsata aladel. Olen kuulnud, kui nõukogude sõdurid II maailmasõja ajal Ida-Preisimaa pealinna Köningsbergi (nüüd Kaliningrad) jõudsid, kasutasid nad kütusena merevaiku, mida kastide kaupa leidsid. Põhjus oli lihtne - küsimusele: "Mis see on?" vastasid sakslased Bernstein (merevaik), mis kõlab nagu Brenstein (põlevkivi). Ja kuna merevaik põleb hästi, siis seda põletatigi. Võib-olla nii kaduski merevaigutuba?

Kütused koos vee-energiaga moodustavad **primaarsete energiakandurite** klassi.

**Sekundaarsed energiakandurid** on elekter, suruõhk, kaugküttesoojus, mida kannab kuum vesi või aur. Sekundaarsed energiakandurid on ka masinate ning seadmete hüdroüsteemi vedelikud, mille surve siirdab energiat. Nagu näha, on sekundaarsete energiakandurite määrangu aluseks asjaolu, et nad on primaarsetest parema kättesaadavusega ja mugavamad ning tõhusamad kasutada. Järelikult peaks nende hulka arvama ka põlevkiviõli ja -gaasi ning õliproduktid, aga tavaliselt seda ei tehta.

Energiakanduri üheks oluliseks tunnuseks on energeetiline kvaliteet. Kvaliteet ja kvantiteet on postsovetliku ühiskonna jaoks ennekõike marksistliku filosoofia kategooriad. Sellegipoolest ei maksa neid sõnu põlata. Kvantiteet on mingi asja hulk, kogus ja see mõiste ei vaja lahtiseletamist. Seevastu kvaliteet ei pruugi olla alati üheselt mõistetav. Kuna selles raamatus tuleb veel vähemalt kahel korral tegelda kvaliteedi kui määrava majandusmõistega, siis alustagem kvaliteedi kui mõiste määratlemisega siin.

Kvantiteedi ja kvaliteedi oluline erinevus on, et

**kvantiteeti saab mõõta, kvaliteeti ei saa, kvaliteeti hinnatakse**

Mingil määral mõõdab energiakanduri kvaliteeti tema energiasisaldus. Näiteks kivisüsi on parem kui põlevkivi. Ent energiasisaldus ei ole piisav kvaliteedi tunnus. Veendumiseks esitagem küsimus: kumb on parem kütus kas maagaas või kerge kütteõli? Seepärast paremaid hindamiseetodeid otsimata väidan,

**kui energia on kaup, siis parim hindaja on tarbija**

Tarbija mõõdab kauba väärtust, kvaliteeti, rahaga. Järelikult võiks energia kvaliteedi hinnanguks kasutada **energia hinda**, mille all mõistame energiakanduri energiaühiku maksumust (rahaühik/energiaühik näiteks kr/GJ, kr/kWh jne) tarbija juures tingimusel, et hind on määratud nõudmise ja pakkumise tasakaalu juures. Vaba turu puhul on tarbijatel kui hindajatel veel see eelis, et neid on palju - eksperte on suur hulk. Kui järjestada energiakandurid teada olevate energiahindade järgi, siis saab kasvava väärtusega rea, nagu see on järgmises tabelis.

Tabel 1.35 ENERGIA HIND JA KVALITEET<sup>1</sup>

Energiakandur	Ühik	Ühiku hind kr	Energia- mahtuvus GJ	Energia hind kr/GJ
Tuumkütus	kg	4800	67700	0,07
Freesturvas	t	79	8	10
Põlevkivi	t	113	9,2	12
Küttepuud	m <sup>3</sup>	99	6,5	15
Hakkepuut	m <sup>3</sup>	101	5,5	18
Turbabrikett	t	354	17,6	20
Muu kütus	tce	608	29,3	21
Kivisüsi	t	710	30	24
Tükksturvas	t	220	8	28
Raske kütteõli	t	1123	40	28
Põlevkiviõli	t	1170	38	31
Maagaas	1000m <sup>3</sup>	1123	32	35
Petroot	t	2709	43	63
Elekter (kodu)	kWh	0,65	0,0036	181
Bensiin (tankla)	l	6,5	0,03	217
Tööstuslõhkeaine	kg	18	0,01	1800
Sealiha	kg	37	0,01	3700
Etanool 40%	1/2 l	41	0,0055	7455
Inimene	h	11	0,00022	50000

Tuumkütuse hind on tuletatud kaudselt mitmetest allikatest leitud andmete alusel. Laiatarbe energiakandurite hinnad on 1997. aasta, muud hinnad ja inimese sissetulek sama aasta IV kvartali keskmised Eesti Statistikaameti andmeil. Inimese võimsus on 60 W.

#### Harjutamiseks vt ÜLESANDED JA HARJUTUSED nr 22

Üldiselt vastab tabel ootustele, mille kohaselt kõrgema kvaliteediga energial on kõrgem hind. Kõige kõrgema kvaliteediga ja kõige kallim on tabelis 1.35 inimenergia. 40% etanool ehk viin, sealiha ja lõhkeaine on tabelisse võetud piitlikustamise huvides. Tõsiselt võetavatest energiakanduritest on kahtlemata kõige nõutavam, laiema kasutusala ja järelkult ka kõige kõrgema kvaliteediga elektrienergia. See, et elektrienergia oli 1997. aastal odavam kui bensiinienergia, tuleb sellest, et Eesti elektroenergeetika baseerub odaval põlevkivil. Elektrile ja bensiinile järgnevad mugavad gaas- ja vedelkütused, siis vähem mugavad kivisüsi, puit ja turvas. Madal on freesturba ja põlevkivi kui energiakanduri energia kvaliteet. Neid kütuseid saab põletada vaid vastavates kolletes. Tuumkütust kui väga erilaadset energiakandurit ei olnud siia ritta lihtne paigutada, kuid ilmselt on ka selle energia hind tuumkütuse spetsiifilise kasutusvõimaluse tõttu madal.

Energia madal hind ei tähenda, et vastava kanduri kasutamine on odav. Eriti kalliks läheb kõige odavama energiakanduri, tuumkütuse ja põlevkivi kasutamine, kui arvesse võtta saastamist, jäätmekäitlust, elektrijaamade maksumust jne.

Mida madalam on energiakanduri energia kvaliteet, seda odavam on ta osta ja kallim kasutada

Tabel 1.35 esitatud energiakandureid võib energia hinna alusel omakorda järjestada. Näiteks jaotatakse kaubapõlevkivi klassidesse ja kvaliteedigruppidesse, millest igaühel on oma energiahind.

Diferentseeritav on ka inimenergia hind. See sõltub töötaja kvalifikatsioonist, mis omakorda on kvaliteeditunnus. Üldiselt tundub, et mida kõrgem on inimese kvalifikatsioon, seda rohkem negentroopiat ta toodab. Võimalik, et see on pidepunkt energeetika ja informaatika vahel, mis mõlemad kvaliteeti käsitledes kasutavad entroopia mõistet.

Energiakanduri muundamine ühest teiseks (näiteks kütuseenergia muundamine soojusenergiaks ja edasi elektrienergiaks) toimub energia kvaliteedi tõstmise, väärastamise nimel. Põlevkivi utmine õliks, õli töötlemine bensiiniks, petrooleumiks, diislikütuseks jne, tahkete kütuste põletamine elektri- ja kaugküttejaamade kateldes on klassikaline energia väärastamine, väheväärtuslikust kvaliteetsema

<sup>1</sup> Energiakandurite hinnad on uuendamata. Uute hindade puhul saame ligikaudu sama tulemuse. Kontrollige !

energia tootmine. Ka energiakandurite enda vääristamine, s.t kiviõe, uraani ja põlevkivi rikastamine, turba ja pruunsõe briketeerimine, bensiini oktaanarvu tõstmine, toimub nende kasutusomaduste parandamise, sisuliselt energia kvaliteedi tõstmise nimel.

Energia muundamise tõhusust mõõdab vääristamisprotsessi energeetiline kasutegur, mis näitab, kui suur osa primaarse energiakanduri energiast läheb üle sekundaarsesse. Näiteid energiakandurite muundamise ja vääristamise protsesside kasuteguritest on järgmises tabelis.

Tabel 1.36 ENERGIA MUUNDAMISE JA ENERGIKANDURITE VÄÄRISTAMISE KASUTEGUREID

Muundur	Muundamis-seadmed	Primaarne energiakandur	Sekundaarne energiakandur	Umbkaudne Kasutegur
Elektrijaam	Auru-jõuseadmed ja elektri-generaatorid	Põlevkivi	Elekter	0,3
		Kivisüsi	Elekter	0,35...0,4
		Masuut	Elekter	0,4...0,45
		Maagaas	Elekter	0,45...0,5
Elektrialajaam	Transformaator	Kõrgepingevool	Madalpingevool	0,7...0,95
Elektrijamid	Elektrimootorid	Elekter	Mitmesugused	0,75...0,9
Põlevkiviõligeneraator	Kiviter-protsess Galoter-protsess	Põlevkivi	Õli, gaas	0,6
		Põlevkivi	Õli	0,56

Kasutegur määratakse valemiga

$$\eta = E_2 / q E_1$$

kus  $E_2$  on protsessis toodetud energiakanduri erienergia ja  $E_1$  kasutatud energiakanduri erienergia ning  $q$  on primaarenergia erikulu muundamisprotsessis. Arvutusnäited põlevkivi baasil on järgmises tabelis.

Tabel 1.37 PÕLEVKIVIENERGIA MUUNDAMISE PROTSESSIDE KASUTEGUREID

Primaarne energia-kandur	Ühik	Eri-energia ( $E_1$ ) GJ/t	Protsess	Peamine sekundaarne energiakandur	Ühik	Primaar-energia-kanduri erikulu ( $q$ ) t/ühik	Eri-energia ( $E_2$ ) GJ/ühik	Kasutegur $\eta$
Energeetiline põlevkivi	t	8,5	Aur + generaator	Elekter	kWh	0,014	0,0036	0,3
			Galoter-protsess	Õli	t	8	38	0,56
Tehnoloogiline põlevkivi	t	12	Kiviter-protsess	Õli	t	6	40	0,56
			Kamberahjud	Gaas	1000 m <sup>3</sup>	4	20	0,42
Põlevkiviõli	t	40	Aur + generaator	Elekter	kWh	0,00023	0,0036	0,4

Järjestikku muundamisprotsesside (protsesside jada) kasutegurid korrutatakse omavahel

$$\eta_{1...v} = \eta_1 \times \eta_2 \times \dots \times \eta_v$$

Näiteks põlevkivielektrijaama kasuteguri moodustab kolme peamise energiat muundava agregaadid kasuteguri korrutis. Agregaadid on aurugeneraator, kus kütuseenergia muudetakse auruenergia, turbiin, kus auruenergia saab mehaaniline (pöörlemis)energia, ja elektrigeneraator, kus mehaaniline energia muundatakse elektrienergia. Elektriijaama kasutegur on  $0,3 = 0,75 \times 0,42 \times 0,95$ .

### Muundamisprotsesside jada kasutegur on alati väiksem kui jada mis tahes protsessi kasutegur

Mis tahes seadme, välja arvatud igiliikuri, kasutegur on väiksem kui 1.

Sellest hoolimata on aeg-ajalt välja tulnud projektidega utta põlevkivi esmalt õliks ja kasutada õli elektrijaamade kütteks. Seejuures viidatakse õlikütteil töötavate elektrijaamade kõrgemale kasutegurile (tabelid 1.36 ja 1.37). Jäägu igaühe enda asjaks arvutada jada õligeneraator  $\Rightarrow$  katel  $\Rightarrow$  elektrigeneraator kasutegur. Sedalaadi projektide ratsionaalne iva peitub mujal. Elektriülekanal osa energiat kaob ja elektrienergia siirdamise kasutegur on seda väiksem, mida kaugemale elektrit transporditakse. Õli kui energiakanduri kadu veol on tühine, mis tähendab, et õlienergia siirdamise kasutegur läheneb ühele. Kui tarbija on kaugel, võib osutada jada elektrijaam  $\Rightarrow$  elektrisiire  $\Rightarrow$  tarbija kasutegur väiksemaks kui jadal õligeneraator  $\Rightarrow$  õlivedu  $\Rightarrow$  tarbija.

**Lõhkeainete** omaduste, kasutamiseviiside, erikulu ja kulu määramise meetodid on mäenduse eriala

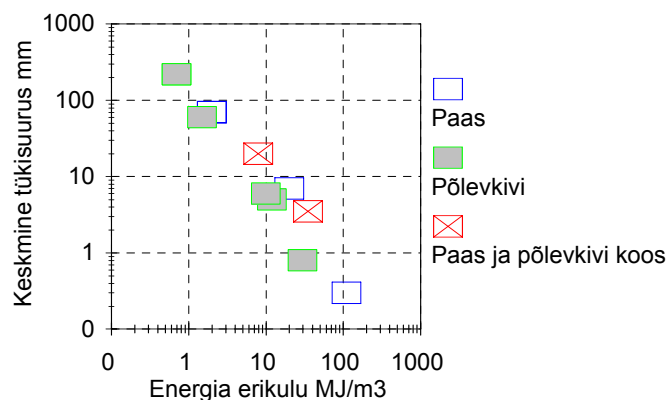
üliõpilased omandanud puur- ja lõhketööde kursusel, mis lubab siinkohal jätta selle energiakandurite klassi lahti mõtestamata.

Oluline tunnus, mida kasutatakse kivimi raimamise ja kaevise purustamise iseloomustamiseks ning hindamiseks, on **energia erikulu**, mida mõõdab protsessis kasutatud brutoenergia hulk käideldud kivimi mahu- või massiühikule. Siinkohal on kasulik meelde tuletada, et raimatud kivimi mahtu arvestatakse alati looduslikus olekus nn maapõue mahus, mitte purustatult. Energia erikulu on liitnunnus, mis iseloomustab

- 1) kivimi tugevust (kõvadust, sitkust)
- 2) purustusprotsessi energeetilist tõhusust
- 3) purustatava materjali peenenemist protsessi käigus

**Mäenduse klassika hulka kuulub nn Rittingeri (1867) hüpotees, mille kohaselt materjali purustamisenergia on võrdeline purustamise käigus tekkinud uue pinnaga. Ka vastupidi**

Hüpoteesi mõte on selles, et kui kivimit või mõnda muud materjali tükeldatakse, siis kulub purustamisenergia materjaliosakeste üksteisest lahutamiseks. Mida rohkem on purustatud materjalis lahtuspinda, s.t tükide välispinda, seda rohkem energiat on kasutatud. Loomulikult tuleb arvesse ainult purustamise käigus tekkinud lahtuspind, need lõhed, mis maapõues enne olid, ainult vähendavad purustamise erikulu. Purustatud materjali peenuse üheks tunnuseks on tekkinud ehk uue pinna suhe mahuühikule, eripindala ( $m^2/m^3$ ). Kui kehtib Rittingeri hüpotees, siis peaksid energia erikulu ja purustatud materjali eripindala olema võrdelises sõltuvuses. Stereomeetriast on teada, et keha, antud juhul purustatud materjalitüki välispindala ja mahu suhe on pöördvõrdeline keha läbimõõduga. Mäenduse keelde panduna tähendab see, et purustatud materjali eripindala on pöördvõrdeline materjali tükisuurusega. Kui kehtib Rittingeri hüpotees, siis purustamiseks vajaliku energia erikulu ja purustatud materjali tükisuurus on omavahel pöördvõrdelises ehk hüperboolses sõltuvuses. Seda illustreerib joonis 1.6.



Joonis 1.6 Stiliseeritud kujul esitatud seos energia erikulu ja purustatud materjali keskmise tükisuuruse vahel kahe meile tuntud kivimi purustamisel

Tegemist on erinevate purustamismeetoditega (alt paremalt üles vasakule): puurimine, soonimine, kombainväljamine, katselõikamine üksiku suure lõiketeraga, väljamine traktorkobestiga. Lisaks vt ÜLESANDED JA HARJUTUSED nr 21.

Asjaolu, et erinevate purustamismeetodite alad paiknevad logaritmilises skaalas enam-vähem ühel sirgel, tõestab mainitud pöördvõrdelise sõltuvuse. Asjatundja näeb siit kohe, et mida suurem on kivimit purustava seadme võimsus, seda väiksem on purustamise energiamahutus.

Isegi ilma selle teoreetilise seletuseta peaks olema selge, et mida peenemaks tahame puid lõhkuda, seda rohkem tuleb kulutada energiat (teha tööd). Klassika hulka kuulub ka nn Kicki (1885) hüpotees, mille kohaselt kivimi purustamiseks kasutatud energia on võrdeline purustatud materjali mahuga, kuid see hüpotees ei ole leidnud üldist kinnitust. Ilmekas näide on mannakreemi või muna vahustamine. Suure töö tulemusel kasvab vahu maht suhteliselt vähe, kuid kui hakata arvutama tekkinud mullikeste välispindala, siis saab selgeks, mille peale töö kulub.

**Elekter** on üks peamisi mäetööstuses kasutatavaid energiakandureid. Nii nagu teiste kandurite puhul

sõltub ka elektri hind kvaliteedist. Pean vajalikuks rõhutada, et käsitan elektri kvaliteeti üsna üldiselt majanduse, mitte ainult elektroenergeetika seisukohtadelt. Elektroenergeetikas hinnatakse elektrienergia kvaliteeti mitmesuguste tunnuste alusel, millest tuntuim on vahelduvvoolu sagedus. Majanduse seisukohalt on elektrienergia kvaliteedi hindajaks tarbija. Tarbija soostub mugavuse ja kauba kättesaadavuse alusel maksma kõige kõrgemat hinda elektri eest, mis talle koduses majapidamises või tööstusettevõttes kõige soodsamaks osutub. Kodumajapidamises on kõige sobivam madalpingeline eluruumi installeeritud elekter. Kodumajapidamised on kõige levinumad tarbijad.

Loomulikult on kõik elektrienergia kvaliteedi tunnused olulised isegi kodumajapidamises, kus lihtne arvnäiduga elektrikell sõltuvalt elektri sagedusest ette või taha käib.

Elektrienergia hind ehk elektritariifide süsteem sõltub elektri kasutamise ajast (päeval, öösel, tippkoormuse ajal), kasutamise mahust (koormusest, kogusest), pingest (kõrge- või madalpinge-elekter), kvaliteedist (elektrienergeetilises mõistes) ja muustki. Selleks et elektrienergia kulutusi majandusarvutustes õigesti hinnata, tuleb aluseks võtta kehtiv elektritariifide süsteem.

Mäetööstuses tehakse valik peamiselt elektri- ja sisepõlemismootorite vahel. Tehnilised küsimused nagu ajamite valik lähtuvalt protsesside iseloomust (sh tööohutuse nõuetest) lahendatakse mujalt, mitte mäemajandusest hangitud teadmiste baasil. Praktika näitab, et erikursused ei arvesta küllaldaselt määralt energia kasutamise majandusküsimusi näiteks energiakanduri hinda ja kättesaadavust, veo ning siirdamise kulusid, energiavarustuse töökindlust jm. Seetõttu on mäetööstuse energiamajanduse nii nagu kogu ettevõttegi projekteerimine sisuliselt iteratiivne protsess, kus pärast majandusküsimuste esmast lahendamist tuleb tehnilised küsimused uuesti läbi vaadata.

### 1.3.10. JAOSKONNA KAEVANDAMIS- JA KAPITALIKULU ARVUTUS

Jaoskonna (mäetsehhi) tasemel arvutatakse nii käituskulu, milles võetakse arvesse kulutused materjalidele, töötasuks ja energiale kui ka kapitalikulu masinate ning seadmete maksumuse kandmiseks toodangule.

**Materjalikulu** määratakse kasutatud ja kulunud materjalide hulga ja hinna (maksumuse) alusel. Seejuures loetakse kasutatuks materjal näiteks lõhkeaine, mis mingi tööühiku (tsükli, vahetuse, kuupmeetri) peale täielikult ära kulub. On ka materjale, mis kuluvad vähehaaval näiteks kaabel, tuulutustoru, puurvarras jms. Sellistest materjalidest kantakse tööühikule ainult kulunud (mõtteline) osa. Materjalikulu arvutus vormistatakse tabelina 1.38.

**Töötasu** määratakse töös osalenud inimeste arvu, nende tööpanuse ja palga alusel pluss vajalikud lisatasud. Normeeritud töö puhul võetakse aluseks ettevõttes kasutusel olev töö arvestamise süsteem. Objektive hinnangu saamiseks tuleb arvestada ka kaudseid kulutusi, seejuures tingimata sotsiaal- ja ravikindlustusmaksu (tabel 1.39).

**Kulutused energiale** määratakse kulutatud elektrienergia ja mootorikütuse hulga ning kütuse hindade ja ettevõtte jaoks kehtivate elektrienergia tariifide alusel (tabel 1.40), lisades vajadusel ka muud energiavarustusega seotud kulud.

**Masinate ja seadmete kapitalikulu** hulgas arvestatakse kulumit ja kasvikuud (tabel 1.41).

#### **Näide. Rajamiskulu lihtsustatud arvutus**

A. Lähteandmed	
Kaevandus	Vana-Viru põlevkivikaevandus
Kaeveõõs	VII lääne veo- ja tuulutuskäik
Tehnoloogia märksõnad	puur- ja lõhketöö, elektriline rataskopplaadur, ankurtoestik, rööbasvedu
Töökorraldus	2 ett korruga, n = 3 vahetust ööpäevas, 5 tööpäeva nädalas
Põiklõige	2 × 2,8 × 6 m
Rajamissamm	l = 1,6 m
Tööpäevi kuus (keskmiselt)	21,7
Tööpäevi aastas	260

## B. Käituskulu

Tabel 1.38 B.1. Materjalikulu arvutus

Materjal	Ühik	Ühiku hind kr	Kulu paaris-tsükliis	Maksumus kr	Materjali erikulu 1/m	Eri-maksumus kr/m	Osalus
Veerg 1	2	3	4	5	6	7	8
Arvutustehe ⇒	-	-	-	(3) × (4)	(4) / 2 × l	(5) / 2 × l	(5) / □(5)
Lõhkeaine	kg	15	60	900	18,75	281,25	0,26
Elektridetonatorid	tk	10	68	680	21,25	212,50	0,19
Puurkroonid	tk	20	1	20	0,31	6,25	0,01
Puurvardad	m	50	0,1	5	0,03	1,56	0,00
Ankrud	tk	20	6	120	1,88	37,50	0,03
Määrdeained	kg	10	0,1	1	0,03	0,31	0,00
Rööpmed	m	400	3,2	1280	1	400,00	0,36
Liiprid	tk	25	6,4	160	2	50,00	0,05
Süütejühe	m	2	20	40	6,25	12,50	0,01
Muud 10%	-	-	-	321	-	100,31	0,09
Kokku (Σ)	-	-	-	3527	-	1102,18	1,00

Arvutustehte rida näitab, milliseid tehteid tehakse arvudega, mis asuvad sulgudes esitatud numbritega olevates veergudes. Et pimesi eeskju ei võetaks, on tabelite sisu ebareaalne: hinnad on meelevaldsed, erikulu ei vasta edukale tehnoloogiale, kuludesse on võetud sisse tühiseid asju jms.

Tabel 1.39 B.2. Töötasu arvutus

Tööline	Arv vahetuses	Arv päevas	Kuupalk kr	Kulu päevas kr
Veerg 1	2	3	4	5
Arvutustehe ⇒	-	n × (2)	-	(3) × (4) / 21,7
Rajaja	2	6	10000	2764,98
Abitööline	1	3	6000	390,60
Kokku	3	9	-	3155,58

Kogu töötasu eeldusel, et lisatasud ei lähe jaoskonna kuludesse ja sotsiaal- ning ravikindlustusmaks moodustavad kokku 33%, on  $1,33 \times 3155,58 = 4196,92$  kr/d.

Tabel 1.40 B.3. Kütuse ja energiakulu (lihtsustatud arvutus)

Nr	Tunnus	Arvutustehe ↓	Ühik	Suurus
1	Seadmete koguvõimsus	-	kW	150
2	Keskmine kasutustegur	-	-	0,5
3	Töö vältus	-	h/d	21
4	Energiakulu	(1) × (2) × (3)	kWh/d	1575
5	Võimsustariif	-	kr kuu/kW	60
6	Energiatariif	-	kr/kWh	0,3
7	Energiakulu päevas	(4) × (6) + (1) × (5) / 21,7	kr/d	887,25

Selles tabelis arvutatakse mitte veergudes, vaid numbritega tähistatud ridades paiknevate suurustega. Arvutusnäide on ülimalt lihtsustatud, mäeekrotehnika erikursuses on palju põhjalikum meetodika.

Tabel 1.41 B.4. Masinate ja seadmete kapitalikulu arvutus

Masin, seade	Soetusmaksumus milj kr	Kuluminorm	Aastakulum milj kr
Veerg 1	2	3	4
Arvutustehe ⇒	-	-	(2) × (3)
Rataskopplaadur TORO 150 E	1,8	0,33	0,600
Puurmasin Minimatic	0,8	0,33	0,264
Kraapkonveier (ümberlaadijana)	0,5	0,20	0,100
Vints	0,1	0,20	0,020
Ventilaator	0,1	0,33	0,033
Abiseadmed 20%	0,3	0,20	0,060
Kokku	3,6	-	1,077

Keskmise kasviku leidmiseks tuleb välja arvutada aastakeskmine seotud kapital

$$F = (T + 1) C / 2 T$$

kus  $T$  on laenu tähtaeg 3 aastat ja seadmete kogumaksumus  $C = 1,077$  milj kr. Seega seotud kapital  $F = (3 + 1) 1,077 / 2 \times 3 = 0,718$  milj kr/a. Sellelt makstakse kasvikut 25% ehk 179 500 kr/a.

Kokku kapitalikulu  $1,077 + 0,1795 = 1,2545$  milj kr/a ehk  $1\,254\,500 / 260 = 4825$  kr/d.

Arvutus on väär, kui kapitalikulu hulka ei arvata kasvikut. Vea tegijate tavaline vastuväide on, et ostetakse oma raha, mitte pangalaenu eest. Arvatakse, et kasvikukulu on seotud vaid laenu võtmisega. See võib olla õige vaid siis, kui oma raha hoitaks sukasääres, kus ta inflatsiooni toimet kulub. Tegelikult hoitakse raha pangas. Pank maksab kasvikut. Kui ostetakse masin, pannakse raha masina alla kinni ja pangakasvikut enam ei saa. Järelikult kulutab masin kasvikut.

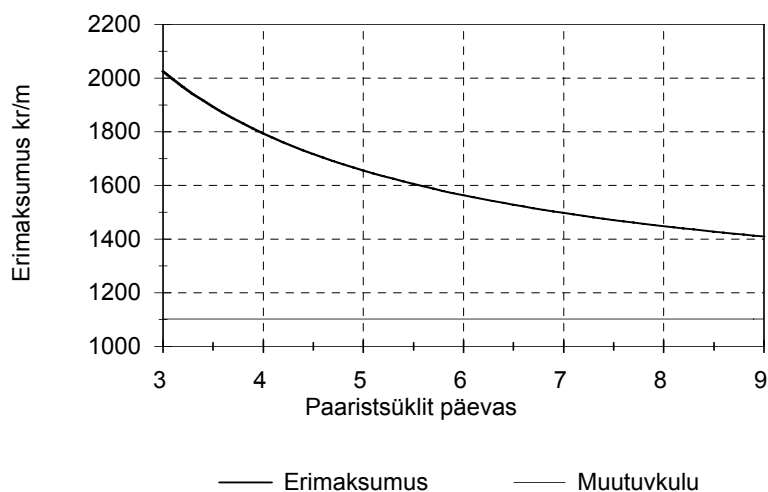
Kui arvutada näites käsitletud paariskäikude meetri maksumust, siis selgub, et maksumus sõltub sellest, mitu meetrit ööpäevas rajatakse, mitu tsüklit tehakse. Viimast me veel ei tea. Ega see praktikas kindel suurus olegi. Rajajate tootlus sõltub töö- ja eriti veokorraldusest, mäendustingimustest jm. Seepärast on soovitatav määrata käigu meetri erimaksumus mitme võimaliku tootlustaseme jaoks nagu järgmises tabelis.

### C. Rajamise maksumus

Tabel 1.42 Lõpptulemused

Töö päevatootlus		Materjali- kulu kr/d	Sõltumatud kulud kr/d	Kulu kokku kr/d	Eri- maksumus kr/m	Osalus erimaksumuses	
tsüklit	meetrit					Materjal	Muud
Veerg 1	2	3	4	5	6	7	8
Arvutustehe $\Rightarrow$	-	1102,18 $\times$ (2)	-	(3) + (4)	(5) / (2)	(3) / (5)	(4) / (5)
3	9,6	10580,92	8867,83	19448,76	2025,91	0,54	0,46
6	19,2	21161,86	8867,83	30029,69	1564,05	0,70	0,30
9	28,8	31742,79	8867,83	40390,18	1402,44	0,78	0,22
12	38,4	42323,71	8867,83	51191,54	1333,11	0,83	0,17

Kui rajajad teevad vahetuse jooksul kaks paaristsüklit, s.t ööpäeva jooksul 6 paaristsüklit, on käigu ühe meetri maksumus 1564 krooni. Kui mingil põhjusel on tootlus väike ja vahetuses tehakse vaid üks paaristsükkel, on erimaksumus üle kahe tuhande krooni. Rajamiskiiruse kasvades käigu erimaksumus väheneb, kuid nagu tähelepanelik lugeja aru saab, ei saa see mitte mingil juhul olla väiksem kui materjali erimaksumus, mis on 1102,18 kr/m. Seda on näha ka jooniselt 1.7, kus on graafiliselt esitatud tabeli 1.42 andmed.



Joonis 1.7 Rajamise erimaksumuse sõltuvus rajamiskiirusest

Näide juhhib tähelepanu asjaolule, et toodangu (rajatud käik on ka toodang) erimaksumuses (omahinnas) on kahesuguse toimega kulud, ühed muutuvad tootluse kasvades, teised mitte.

Näide on kaeveõone rajamise kohta. Arvutuskeem on sama mis tahes tootmisüksuse, s.t koristus-, paljandus-, rekultiveerimis- jm jaoskonna, mäetsehhi ning isegi väikese mäeettevõtte jaoks. Toodangut mõõdetakse muidugi teiste ühikutega: tonnide, kuupmeetrite, hektaritega jne.

### 1.3.11. MUUTUV- JA PÜSIKULUD

Kaevandamis- ja kapitalikulul on kahesuguseid elemente. Materjalikulu ja elektrienergia kulu on võrdeline töö tootlusega: mida rohkem päevas rajatakse, seda suurem on materjali ja elektrienergia päevakulu. Majanduses nimetatakse sellist kululiiki **muutuvkuluks**, kuna see muutub võrdeliselt töö ja tootmise mahuga. Teised kululiigid: toodud näites töötasu, elektrienergia võimsustasu ja kapitalikulu ei sõltu tootlusest või toodangu mahust. Seda kulu tuleb kanda ka siis, kui esi edasi ei liigu. Selliste kulude summat nimetatakse **püsikuluks**. Kuna siin esitatud lihtsustatud arvutusnäites elektrienergia kulu on määratud masinate keskmise kasutusteguri, mitte tegeliku tööaja abil, siis erinevalt reaalsest majandusest ei sõltu elektrienergia kulu tootlusest. Samuti seatakse reaalses töökorralduses töötasu või vähemalt osa sellest sõltuvaks töö tootlusest või siis suurendatakse töötajaskonda suurema tootluse nimel, mistõttu ka töökulu muutub tootluse kasvades või kahanedes. Üldiselt on töökulu toodangu mahust (siin rajamiskiirusest) sõltumatu (püsiv) vaid tootluse väikese varieerumise puhul. Et reaalses majanduses on kulude muutuvateks ja püsivateks jaotamine raske ja mõnikord isegi võimatu, nimetavad täpsust armastavad majandusteadlased neid ka tinglikult muutuvateks ja tinglikult püsivateks kuludeks.

Toodangu (käigu rajamise) maksumuse valem on

$$\Sigma C = VC + FC$$

kus  $\Sigma C$  tähistab summaarset kulu,  $VC$  on muutuv- ning  $FC$  püsikulu ajaühikus (kr/d). Kui tootlust mõõdetakse toodangu kogusega  $P$  (t, m, m<sup>3</sup>) ajaühikus (t/h, m/h, m<sup>3</sup>/h, t/d, m/d, m<sup>3</sup>/d jne), siis on muutuvkulu ajaühikus

$$VC = P \times v$$

kus  $v$  on muutuvate kuluartiklite rahaliselt väljendatud erikulu toodanguühikule (tonnile, meetrile, kuupmeetrile, näites 1102,18 kr/m). Mõlemat kululiiki arvestades on toodangu erimaksumuse (omahinna) valem

$$C = \Sigma C / P = (VC + FC) / P = v + FC / P$$

Seda avaldist vaadates võib teha paradoksaalselt kõlava järelduse.

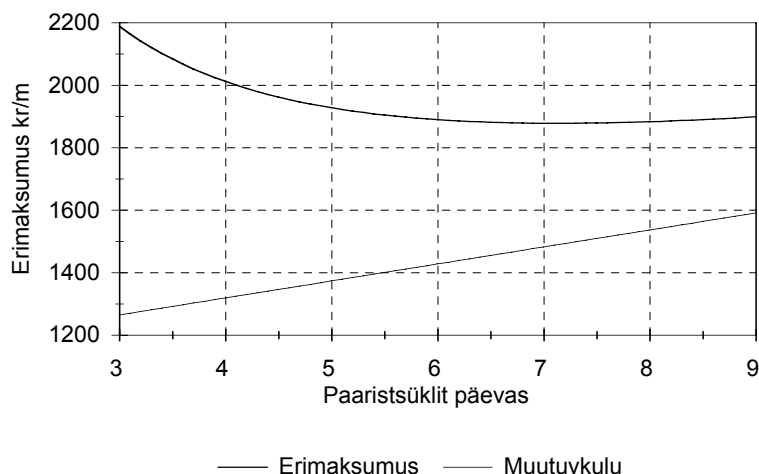
**Tootluse kasvades püsikulu osa erimaksumuses (omahinnas) väheneb, muutuvkulu osa jääb muutumatuks**

On juhtunud, et selle mõistelise paradoksi mittemõistmine ülemuste poolt on alluvatele kalliks maksma läinud.

Muutuv- ja püsikulude osatähtsuse hindamine on majandusanalüüsi tavatöö. Ka tabelile 1.42 on analüüsi tarbeks lisatud veerud 7 ja 8, mis iseloomustavad mainitud kululiikide osatähtsust näitena toodud paariskäigu rajamisel. Vaadeldes kulude osalust, näib, et kui ollakse suutelised tegema 9 tsüklit päevas, siis rajamiskiiruse tõstmine ainult rajamise maksumust arvestades enam erilist kasu ei anna. Kuigi masinate tõhusa kasutamise tõttu tootlus kasvab, ei võimalda kallite materjalide kulu enam täiendavalt kokku hoida. Kõrge tootluse juures tuleb otsida kaevandamiskulu vähendamiseks teisi teid.

Reaalses tootmises pole püsikulu täiesti püsiv ega muutuvkulu osa erikulus muutumatu. Tihti suurendatakse mäemasinate, eriti ekskavaatorite tootluse tõstmiseks lõhkeainekulu, puurimistihedust (siis suureneb ka lõhkevahendite kulu) jms. Kõige selle tulemusel materjalikulu toodanguühikule (näites käigu meetrile) kasvab, nii nagu seda illustreerib joonis 1.8.

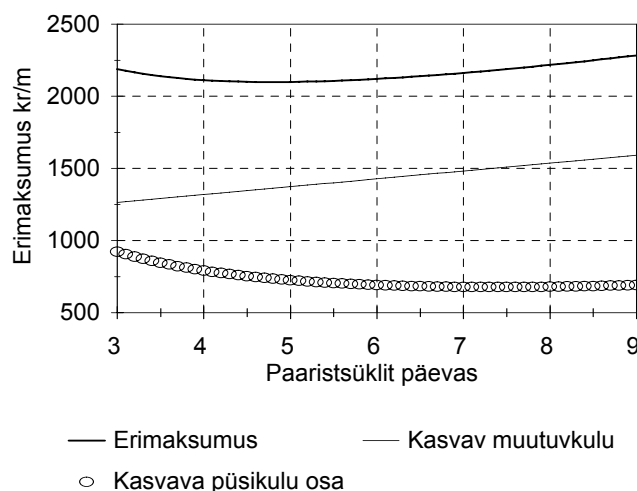




Joonis 1.8 Rajamise erimaksumuse sõltuvus rajamiskiirusest võrdeliselt kasvava muutuvkulu puhul

See graafik kirjeldab olukorda, mille puhul rajamiskiiruse kasvades käigu erimaksumus algul küll väheneb, kuid hiljem hakkab kasvama. Selge, et jaoskonna seisukohalt võetuna on sellise töökorralduse puhul olemas optimaalne rajamiskiirus, mille juures rajamise erimaksumus on vähim. Üldiselt võetuna ei pruugi jaoskonna omahind ega ühe kaeveõõne vähimale erimaksumusele vastav rajamiskiirus ettevõtte seisukohalt sugugi optimaalne olla.

Täiesti samalaadne optimaalne käigu rajamiskiirus eksisteerib siis, kui tootluse suurendamiseks kasutatakse kallimaid masinaid või suuremat töötasu. Seda illustreerib joonisel 1.9 kasvava püsikulu osaluse graafik, mis on konstrueeritud eeldusel, et püsikulu kasvab võrdeliselt omaenese väärtusega - mida kallimad on masinad, seda suuremaid kulutusi tuleb teha, et tootlust veelgi tõsta.



Joonis 1.9 Rajamise erimaksumuse sõltuvus rajamiskiirusest juhul, kui nii tulemile arvatud muutuvkulu kui ka püsikulu tootluse kasvades suurenevad

See on üldiselt eluline olukord ja joonisel graafikutega illustreeritud andmete saamiseks tuleb läbi arvutada mitu tehnoloogiavarianti. See-eest, kui jaoskonnas saavutatakse tootlus, mis vastab vähimale kulutasemele, võib ennast õnnitleda optimaalse variandi puhul.

Näide ja graafikud ei kirjelda küll konkreetset situatsiooni, kuid on piisavalt elulähedased selleks, et nendest juhendada kaevandamisjaoskonna või väikese mäeettevõtte (-tsehhi) kuluanalüüsi tehes. Loomulikult tuleb igal juhtumil käsitleda konkreetset toodanguliiki ja mõõta tootlust selle toodanguliigi ühikutes (t, m<sup>3</sup>, m<sup>2</sup>, m jne) või kui tegemist on mitme ühismõõduga toodanguliigiga, siis rahaühikutes (kr/d). Kuigi tehnoloogilistel erikursustel valitseb determineeritud mõtlemisviis, mille kohaselt mäendustingimuste, masinate tehnilise tootluse ja õige meetodika alusel on võimalik täpselt välja arvutada toodang ajaühikus ja töö tootlus, peaks praktika ja elukogemuste alusel selge olema, et reaalses elus pole miski täpne. Pealegi tuleb turumajanduses arvestada konjunktuurist sõltuvat ala- ja

ülekoormatust. Seepärast tekib iga majandusarvutust kriitiliselt hinnates küsimus, mis saab, kui tootlus erineb tehno- ehk inseneriarvutuste tulemusest? Selle täiesti loomuliku küsimuse jaoks tulebki majandusarvutusi teha ja nende tulemused esitada dünaamiliselt sõltuvana toodangu mahust või tootlusest, mis varieerub tehnoarvutuste tulemi ümber. Kui suur peaks olema varieeruvus, see sõltub tehno- ja majandusarvutuste iseloomust ning täpsusest, kuid soovitatavaks võib pidada -30...-20 kuni +20...+30%. Midagi sellist on tehtud näites, mis kohe järgneb. Näide käsitleb põlevkivikaevanduse jaoskonda, kus kasutatakse sammastervikutega kamberkaevandamisviisi. Võrreldakse kahte masinakooslust kaevise laadimiseks: tavalist, stacionaarset, milles töötavad buldoosid, PNB-laadurid, vahelaadurid ja kraapkonveierid, ning uut, mobiilset kooslust, mille puhul kasutatakse TORO-kopplaadureid ja allmaakallureid (järgmine tabel).

Tabel 1.43 KONKUREERIVAD MASINAKOOSLUSED KAEVISE LAADIMISEKS

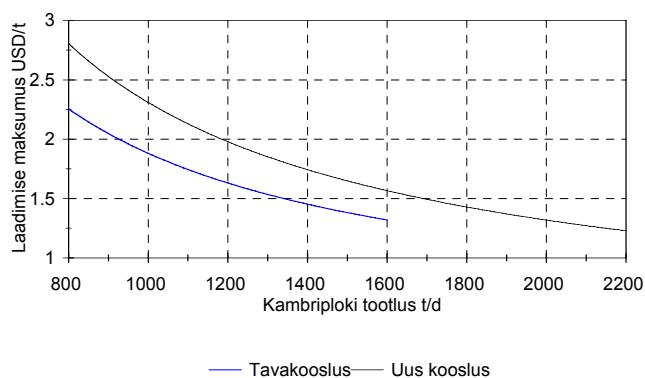
Masin	Mark	Tavakoosluses	Uues koosluses
Laadur	1 PNB 2	5	0
Ümberlaadur		3	0
Buldooser		2	0
Kraapkonveier	SP 202 56	3	0
Lintkonveier	1 L 120	1	0
Kopplaadur	TORO 400D	0	1
Kaevanduskallur	TORO 35 D	0	1,5

Uue koosluse masinad on oluliselt kallimad, mistõttu on kõrgem ka püsikulu. Selleks et laadimine uue masinakooslusega oleks sama odav kui vanade seadmetega, peab ta tagama suurema tootluse. Sellele küsimusele vastamiseks tuleb teha analüüs, milleks (järgmine tabel ja joonis 1.10) on olemas programmi personaalarvutite. Siiski ei tee paha, kui iga mäenduslaseid majandusarvutusi tegema hakkav isik ka siin esitatud arvutuskäigu endale mingis tabelarvutussüsteemis arvutisse programmeeriks.

Tabel 1.44 LOADING AND HAULING COSTS CURRENCY: USD

DESIGNATION	No of UNITS		PER UNITS,		USD / HOUR		ALL	TOTAL	FIXED EXP.	VARIABLE EXP.
	WORKING	RESERVE	CAPITAL	MAINT.	LABOUR	OTHER				
1 PNB 2	0	0	0,92	0,96	4,6	0,17	6,65	0	0	0
RELOADER	0	0	0,7	0,54	0	0,12	1,36	0	0	0
BULLDOZER	0	0	0,68	3,04	4,6	0,13	8,45	0	0	0
SP 202 56	0	0	6,96	3,65	0	0,13	10,74	0	0	0
1 L 120	0	0	13,32	7,41	0	2,41	23,14	0	0	0
TORO 400D	1	0	27,07	9,39	4,6	4,9	45,96	45,96	658,26	169,02
TORO 35 D	1,5	0	37,65	12,81	4,6	6,82	61,88	92,82	1324,89	345,87
VARIANT:	2					PER	HOUR:	152,68		
OIL SHALE	STAND.	1570	t/d	18	h/d	PER	DAY:	2748,24	2178,63	569,61

Märkus. Tabel on analüüside näide, mida mäemasinad pakkuvad firmad tellivad. Kuna rahvusvaheline ärikeeel on inglise keel, on ingliskeelne ka analüüsiprogrammi väljundtabel. Samal põhjusel on ka laadimise maksumust hinnatud USA dollarites.



Joonis 1.10 Kaevise laadimise maksumuse sõltuvus konkureerivate masinakoosluste tootlusest.

Nagu näha, peab selle näite puhul uus, kallim masinakooslus tagama peaaegu kaks korda kõrgema tootluse, et olla konkurentsivõimeline vana ja odavaga. Tegemist on üksikjuhtumiga, seepärast ei tohi tulemusest teha üldisemaid järeldusi. Igal juhtumil tuleb arvutused omal teha.

### 1.3.12. KONTROLLKÜSIMUSED

- Loetlege peamised kaevandusehitised (karjääriehtised).
- Kirjeldage ehitiste maksumuse määramist.
- Loetlege peamised seadmed, mis tuleb mäettevõttesse hankida.
- Kuidas määrata mäemasina hinda, kui see pole teada?
- Kirjeldage mäemasina soetusmaksumuse määramise protseduuri.
- Kuidas hinnata kasvikumäära?
- Millest koosneb kapitalikulu?
- Kulumimäär ja kulumi arvutamine.
- Loetlege masinakulu (masinatunni maksumuse) põhielemendid.
- Mis on energiakandur?
- Mis on energia hind ja kuidas seda määrata?
- Kuidas määrata elektrikulutusi?
- Millised on kaevandamiskulu koostisosad?
- Kirjeldage materjalide maksumuse arvutamist käituskulu (rajamiskulu) määramisel.
- Kirjeldage töökulu arvutamist käituskulu (rajamiskulu) määramisel.
- Kirjeldage kapitalikulu arvutamise protseduuri.
- Mis on püsi- ja mis on muutuvkulu kaevandamiskulus ja kuidas nad käituvad tootluse kasvades?

**Mäemajanduse esimese osa läbi võtnud isik peaks olema suuteline hindama väikese mäettevõtte kaevandamis- ja kapitalikulud ning analüüsima nende muutumise tendentse**

## 2. MÄETÖÖSTUSE KORRALDUS

### 2.1. MÄETÖÖSTUSE JUHTIMINE

#### 2.1.1. MÄESEADUSED<sup>1</sup>

Maavarade otsimisel ja kaevandamisel tungib inimene maapõue, mis enamasti ei ole mitte kellegi omand. Isegi kui maavara leiukoha peal asuval maal on omanik, siis tavaliselt ei ole tal asja nii sügavale, et ta maarde olemasolu teada saaks. Maaomanikul ei pruugi olla ka nii palju oskusi ja raha, et ta maavara kasutama saaks hakata. Kui asjatundjad selgitavad, et maapõues on midagi kasulikku, siis on tavaline, et maaomanik peab seda enda omandiks. Juhtub ka vastupidi - maaomanik ei ole üldse huvitatud maavara kasutuselevõtust. Ta võib olla isegi selle vastu, sest kaevandamine muudaks tema ja tihti ka ta esivanemate väljakujunenud töö- ja elulaadi. Sellisel juhul võib maaomanik maa või selle all asuva maavara kaevandamisõiguse eest nõuda kõrget tasu, halvemal juhul aga kaevandamise hoopis keelata. Ühiskonnale, kellele maavara tulu tootab, ei pruugi see meeldida. See on põhjus, miks arenenud mäetööstusega riikides on mäeseadused.

#### Mäeseadused reguleerivad maavara kasutamisest huvitatud ühiskonna, maaomaniku ja mäetöösturi suhteid

**Mäeseaduste ajaloost.** Esimesed teada olevad mäendusalased õigusnormid kehtestati Muinas-Kreekas, kus maavarade leiukohad ja maavarad kuulutati riigi omandiks (Antiigileksikon, 1982). Maakide levilad jagati Ateenas enamasti kruntideks (nüüdisaegses mäeeraldisteks) ja anti kolmeks (uue kaevanduse rajamise korral kümneks) aastaks rendile. Tavaliselt kuulusid kaevandused Muinas-Kreekas maaomanikele ning mäendus allus maaõiguses sätestatud korrale. Riigikaevandusi oli vähe. Mäenduse vaidlusküsimusi lahendas mäekohus. Kreekas välja kujunenud õigused ja tavad olid aluseks ka Vana-Rooma mäenduse õigusnormidele. Mäendus oli Rooma keisririigis nii tähtis asi, et seda haldas keiserlik prokuraator. Mõnigi kord oli selleks keisri vabakslastu, mida tasub silmas pidada, sest ilmselt ei kõlvanud erilist oskust nõudvat ametit pidama laisad ja kretinismi kalduvad patriitsid. Maakide arvestamise ja katastri pidamisega tegelesid samuti keisri vabakslastud ja orjad, kes peale maksu nõutamise andsid välja ka tehnilisi juhendeid.

#### Juba antiikajal oli mäendus riigi poolt reguleeritud maaomanikest vähe sõltuv tööstusharu

Antiikaja lõppedes kadus tugev keskvoim ja riigi võim maaomanike üle nõrgenes. Keskajal hägustus maavarade kasutamise üldsuse huvidest lähtuv regulatsioon. Uusaja hakul suurriikluse arenedes kasvas vajadus mäenduse seadusliku regulatsiooni järele. Esimese mäeseaduse andis välja maavararikkaid provintse valitsev Hispaania kuningas Carlos III 1783. aastal. Valgustatud absolutismi vaimus tegutsev Carlos III seadustas maaomanikele vastumeelse tava, mille kohaselt mäetöösturil (maagitundjal ehk -otsijal) oli metallide ja vääriskivide otsimisel eesõigus maaomaniku ees. Seadus oli igati arusaadav, sest kuninglik maagitundja, tänapäeva mäeinseneride ja rakendusgeoloogide eelkäija, otsis metalle selleks, et kuningas saaks neist oma (suurema) jao. Loomulikult ei meeldinud see maaomanikele. Seepärast oligi vajalik akt, mis kuulutas kõik seaduses mainitud maavarad kuninga omaks. Et kuningas oma kätte saaks, andis mäeseadus igale soovijale õiguse maavarasid otsida ja kaevandada ükskõik kus. See õigus on tuntud kui igameheõigus (Igaühel on õigus...). Esialgu ei kehtinud igameheõigus mitte iga metalli, mineraali ega kivimi suhtes, mida tänapäeval maardeks võib pidada. Õigus anti kulla, hõbeda, tuntud metallide ja vääriskivide otsimiseks. See oli selge ja arusaadav, sest vana- ja keskajal omistati metallidele ja kalliskividele müstiline (jumalik) alge ja peeti loomulikuks, et need kuuluvad kõrgemale võimukandjale, kuningale. Pealegi teab või arvab igaüks teadvat, mis on kuld, hõbe, kalliskivid ja metall.

Ka nüüdisajal esineb metallide, eriti kulla müstifitseerimist. Veel 1997. aastal kritiseeris riigikontroll Eesti Panka kui krooni kattevara hulka kuuluv muutuva turuväärtusega ja kasvikuta kuld vahetati Saksa markade vastu ning deponeeriti välispankadesse.

Hispaania mäeseadusest läks igameheõigus Napoleon I mäeseadusesse (1810). Ka selle järgi ei olnud maaomanik maavara omanik, kuid tal oli õigus seda kaevandada, kui oli saanud kontsessiooni, (nüüdisaegses eesti keeles on see kaevandamislubas). See tekitas maaomanikus huvi oma maal maavarasid otsida. Napoleon I mäeseadus oli aluseks Preisi mäeseadusele (1865). Preisi mäeseaduse alusel tehti Vene mäeseadus. Preisi mäeseadus oli aluseks ka Rootsi mäeseadusele,

<sup>1</sup> Mäeseaduste ülevaates on kasutatud materjale, mida on kogunud, tõlkinud ja kommenteerinud Eesti 1995. a maapõueseaduse põhiautor mäeinsener Guido Paalme tollase seaduse seletuskirjas

mille järgi tehti Soome seadus.

Teine kaevandamisõiguse tava on Inglismaal, kus põhimõtteliselt ei saadud omaks võtta Hispaania, veel vähem Napoleoni mäeseaduse kaanoneid. Tõenäoliselt avaldas mõju ka suurmaaomanike võim. Enamik Briti koloniaalsüsteemi kuulunud maid, sh ka Ameerika Ühendriigid, ei tunnista seniajani igamehe õigust maavarasid otsida ja kaevandada. Sellise mäeõigussüsteemi kohaselt kuulub maavara maaomanikule. See asjaolu on totaalse keskkonnakaitse kõrval teine põhjus, miks kuni kolmandik USA territooriumist arvatakse olevat mäetööstusele suletud.

Esimese mäendust korraldava seaduse, **Eesti mäeseaduse** võttis Riigikogu vastu 17. märtsil 1927. Seadus hakkas kehtima sama aasta 1. aprillil. Eesti mäeseaduse aluseks oli Venemaa ja Saksamaa kaudu tulnud Preisi mäeseadus. Eesti mäeseadus kehtis 1940. aastani.

Vastavalt mineraaltoorme kasutamise laienemisele pikenesid mäeseadustes maavarade nimistud. Ent ka sellest ei piisanud mäetööstuse riiklikuks juhtimiseks. Klassikalistes mäeseadustes ei käsitletud looduslikke mineraalseid ehitusmaterjale, s.t liiva, kruusa, ehituskivi jms maavarana. Näiteks Eesti mäeseaduses ja sellele toetuvast mäetööstuskorralduses ei vaadeldud kivimurdusid, kust hangiti ehituspaekivi ning tsemendi ja lubja põletamiseks lubjakivi. Loomulikult ei peetud mineraaltoorme võtukohtadeks ka arvukaid liiva- ja kruusaauke. Küll aga oli tulekindel savi Eesti mäeseaduse objekt.

Kuna mineraalse ehitusmaterjali, eriti liiva ja kruusa võtmine ei kuulunud maavarade kasutamist reguleerivate seaduste alla, läks nende kaevandamine tööstusmaades vähehaaval vastuollu ühiskonna huvidega. Kontrollimatu ehitusmaterjali kaevandamine hakkas mõjutama loodust. Näiteks Soomes müüsid talunikud tee-ehituseks maha oma maal asuvad voored. Tekkis vajadus täiustada seadusandlust. Saksamaal jagati maavarad kahte klassi. Ühed on Bergfreie (mäetöösturi jaoks vabalt kasutatavad), nende suhtes kehtib igameheõigus ja kaevandamisloa nõue. Teised kuuluvad maa, kinnistu juurde. Mõlema kaevandamist reguleerib mäeseadus. Sama põhimõtet rakendati mujalgi näiteks 1994. aasta veebruaris kehtestatud Poola geoloogia- ja mäeseaduses. Soomes, Rootsis ja Taanis kehtestati maaomanikule kuuluva mäeseadustes nimetamata kaevise (maa-ainese) kaevandamist reguleerivad iseseisvad seadused. Suhteliselt lihtsalt oli olukord lahendatud nõukogude Venemaal. Kuna nõukogude korra ajal kuulusid tööstus, geoloogiateenistus, maa ja maapõu riigile, siis oli kogu tegevus maapõues võimalik allutada ühele reguleerivale seadusandlikule aktile, mis sai nimeks **maapõuekoodeks**. Kuna nõukogude Venemaal oli majanduse juhtimine voluntaristlik ja eelistati tööstust, siis oli maapõuekoodeksil nõrk reguleeriv toime.

19. novembril 1976 kinnitati ENSV maapõuekoodeks, mis ametlikult tühistamata kehtis 1994. aasta detsembrini. ENSV maapõuekoodeks kopeeris vastavalt nõukogude Venemaal kehtinud korrale NSVL-i maapõuekoodeksit. Kõik eesti mäendusspetsialistide katsed ENSV maapõuekoodeksit täiendada, töökindlamaks ja kohalike olusid arvestama muuta nulliti kesk võimu ja kohalike organite poolt. 1990. aastal alustas Eesti Vabariigi Keskkonnaministeeriumi maavarade osakonnajuhataja Guido Paalme tööd uue Eesti mäeseaduse kallal. Suuremal või vähemal määral osalesid Riigi Tehnilise Järelevalve Ameti, Eesti Geoloogiakeskuse, maakondlike keskkonnatalituste, TTÜ, Eesti Teaduste Akadeemia, Eesti Mäeühingu ja RE Eesti Põlevkivi erialainimesed. Et klassikalisel mäeõigusel tuginev seadus ei suuda reguleerida kõiki maarete ja maa-ainese kaevandamise probleeme, siis töötati välja ja 1994. aasta lõpul ilmus **Eesti Vabariigi maapõueseadus**, mis käsitleb nii eesti klassikalisi maavarasid kui ka maa-ainest, nende geoloogilist uurimist ja kaevandamist. Sama seadus sätestab ka allmaaehtiste rajamise üldise korra. Seadus hakkas kehtima 1. jaanuaril 1995<sup>1</sup>.

**Mäeseadusandluse põhiseisukohad eri maades**, vaatamata põhimõttelisele sarnasusele, erinevad lahenduste poolest.

**Mäeseaduse objekt** on kõikides mäeseadustes maavara, maapõueseadustes - maapõu ja selle loodusvarad.

**Maavara mõiste** on mäeseadustes määratud nomenklatuurselt (vt p 1.1.1). Seevastu NSVL-i ja ENSV maapõuekoodeksis maavara mõistet ei seletatud. Nõukogude maapõuekoodeksites, Saksa Föderaalvabariigi (SFV) mäeseaduses (1980) ja Poola Vabariigi geoloogia- ja mäeseaduses (1994), s.t maades, kus mäetööstust korraldab üks baasseadus, liigitatakse maavarad kaheks: nõukogude koodeksites maavaradeks (mille suhtes pole kahtlust, mis need on) ja üldlevinud maavaradeks (kruus,

<sup>1</sup> **HOIATUS.** Kõik, mis alljärgnevas puudutab Eesti maapõueseadust, käsitleb ainult 1995. a versiooni. Kuigi Eesti maapõueõiguse seisukohad pandi juba toona paika, erineb uus 2005. a seadus eelmisest oluliselt. Vt <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=12894933>

liiv jms); SFV mäeseaduses *Bergfreie* (s.t need, mille suhtes kehtib igameheõigus) ja maaomandi juurde kuuluvateks (s.t maaomaniku omad); Poola geoloogia- ja mäeseaduses baas- ja ühiskondlikeks maavaradeks (mõistete seletamine nõuab dokumendiga tutvumist).

**Geoloogiline uuring**, selleks loa (uuringuõiguse) saamine, uuringu tegemise kord, uurija kohustused ja õigused on mäe- ja maapõueseaduste üks olulisemaid osasid, sest uuringute käigus võib tekkida konflikt maaomanikuga. Põhimõtteliselt saab uuringuõiguse esimene soovija (igameheõigus!) kuid põhjendatud taotluse alusel. Üldiselt antakse uuringuluba isikule või ettevõttele, kelle kompetentsus on tuvastatav või kes tõendab, et ta laseb uuringu teha kompetentsel (liitsentseeritud) isikul või ettevõttel. Nagu võib aru saada, pole uuringuõiguse saamine eriti lihtne ja seepärast on loa taotlemise ja saamise protseduur rangelt reglementeeritud.

Põhjusi korra tagamiseks maavarade geoloogilisel uurimisel on mitu, üheks on pettused. 1997. aasta maikuu läbis ajalehti teade, et 20. sajandi suurimaks kullaleiukohaks peetud Busangi kullamaardla Indoneesias osutus pettuseks (ajaleht *Äripäev*, 6. mai 1997). Enne pettuse avastamist jõudis võltsmaardla börsidel raha teha.

Loa andmine avalikustatakse, esitatud protestid tuleb ära kuulata ja lahendada. Kui geoloogilise uuringu taotlus põrkub maaomaniku või keskkonnakaitseliste huvidega, võib lahendamise tee kujuneda üpris keeruliseks isegi siis, kui vaidlustajatele on teada, et kõik kahjud, mida geoloogiline uuring tekitab, tuleb uuringuloa saanud isikul või ettevõttel korvata.

Kõikide maade mäeseadustes on sätestatud piirkonnad, kus geoloogiline uuring eriti puurimine on keelatud. Enamasti on need surnu- ja kirikuaiad, kaitserajatised (sõjaväe maa-alad), ka viljapuuaiad, tehase hoovid ja muud alad, kus konflikt maaomaniku või üldsusega võib minna teravaks.

**Maavara kaevandamisõigus** antakse tavaliselt siis, kui maavara kogus ja kvaliteet on usaldusväärselt tuvastatud. Kaevandamise õigus vormistatakse kaevandamisloaga. Eesõigus on geoloogilise uuringu õiguse saanud ja uuringu teinud isikul või ettevõttel. Kaevandamisõiguse nagu uuringuloa saamine on rangelt reglementeeritud. Mäeseadusandlus, korraldades maaomaniku ja maavara kaevandaja suhteid, näeb ette kaevandamisloa taotlemise avalikustamise, protestide lahendamise korra jne. Muuseas, kaevandamisõiguse andmine tehti juba vanas Kreekas raidkirjaga avalikult teatavaks (Antiigileksikon, 1982). Peale selle, et mäe- ja maapõueseadused näevad ette keskkonna- ja maaomanike kahjude korvamise, on neis määratud ka

**tasu maavara kaevandamisõiguse eest ehk kaevandamistasu.** See on tasu maavara kui riigi ressursi kasutamise eest, mida makstakse riigile või/ja maaomanikule. Inglise keeles on kasutusel termin *royalty*, mis otseselt vihjab selle sõna algsele tähendusele. Kaevandamistasu, mis vanasti võis olla üsna suur (pool kuningale!), on viimasel ajal minetanud majandusliku tähtsuse. Arenenud riikides on tähtsam tööstuse areng, tööhõive, käive ning tulu, eriti viimati mainitult laekuvad maksud. Seepärast on enamikus maades kaevandamistasu väike või on sellest üldse loobutud. Nõukogude Venemaal lähtuvalt marksistlikust majandusteooriast, mille kohaselt loodusvara jaoks pole tööd tehtud, kaevandamistasu esialgu puudus. Hiljem asendas seda ressursimaks, mis pidi tasuma maavara uurimiseks tehtud tööd. Nõukogulikust ressursimaksust sündis Eesti **loodusvara kasutamise tasu** mida käsitles p 1.1.9

**Mäetöösturi kohustused ja õigused** on mäendusala seadusandluse põhiosi. Eespool oli mainitud kaevandamisõiguse saanud isiku või ettevõtte kohustust korvata kõik kaevandamisest tulenevad kahjud maa ja teiste mäetööstuse mõju alla sattunud objektide omanikele. Koos kaevandamisõigusega saab tööstur tavaliselt ka kohustuse ja ettekirjutuse kaevandamisega rikutud maa korrastamiseks, kaevandusrajatiste lammutamiseks, kaevandite sulgemiseks kohe peale mäetööde lõpetamist. Mäetööstur on seadusandlikult kohustatud tellima keskkonnaekspertiise oma tegevuse mõju kohta, korrastama jääkide panilad, puhastama heitmed jne. Sedalaadi sätteid lisandub arenenud maade mäendusala seadusandlusesse pidevalt, mistõttu mäetööstus siirdub vähehaaval vähearenenud majanduse ja seadusandlusega maadesse. Mäetöösturil on õigus taotleda maavara kaevandamiseks vajaliku maa sundvõõrandamist (-müüki). Paljudes maades ei laiene sundvõõrandamise õigus hoonetele (kinnisvarale). Ka Eestis on see raskendatud, sest nagu sundvõõrandamise seadus sätestab "sundvõõrandamist ei rakendata, kui taotletav eesmärk on saavutatav mõnel muul moel."

**Maaomaniku õigused** ja kohustused moodustavad mainitule vastukaalu. Maaomanikul on kaevandamisõiguse vaidlustamise õigus, ta võib nõuda ligipääsu oma maale jne. Maaomanikul on õigus nõuda ka oma maa ja kinnistu sundvõõrandamist (-ostu), s.t nõuda, et mäetööstur ta maa ära ostaks. Maaomaniku kohustuste hulka kuulub kaevandamiseks vajaliku maa võõrandamine

(müümine, rentimine) ja inimeste ning kaevandamiseseadmete, veoste jne läbipääsu (servituudi) tagamine, tingimused, et temale otseselt või kaudselt tekitatud kahju korvatakse.

**Mäetööde tegemise kord**<sup>1</sup> on tavaliselt mäendusalasest seadusandluses sätestatud vaid üldiselt. Paika on pandud vastutus ja kohustused mäetöö ohutuse tagamisel, juhtimise kord ning muud üldnõuded. Tavaliselt korraldavad mäetöid mäeseadusele toetuvad normatiivdokumendid, mida võib olla üsna palju. Mäendusala seadusandlus määrab ka ameti(d), kes kontrollib mäetööde vastavust seadustele ja normatiivdokumentidele.

**Mõndagi mäendusalasest seadusandluses** sõltub maa traditsioonidest ja kommetest. Näiteks ei tohtinud 1965. aasta Soome mäeseaduse paragrahvi 58 kohaselt naised töötada maa all. 1991 tõenäoliselt naisõiguslaste initsiatiivil see paragrahv tühistati. Eesti mäeseaduse paragrahvi 78 kohaselt pidid mäetööde eest vastutavad isikud olema Eesti Vabariigi kodanikud, Eesti maapõueseaduses sellist sätet ei ole.

Enamikus maades (Rootsi, Soome) kehtis igameheõigus algselt ainult oma riigi kodanikele ja ettevõtetele. Teised pidid taotlema valitsuselt eriluba. Maades, mis valmistusid astuma Euroopa Liitu, laiendati varakult seda õigust kõigi EL maade kodanikele ja nendes maades registreeritud ettevõtetele (Soomes 1992.).

Eesti mäeseaduse kohaselt ei tohtinud mäettevõtte omanikuks, osanikuks ja juhatajaks olla Kaubandus-Tööstusministeeriumi mäeosakonna ametnikud ega sama ministeeriumi need ametnikud, kellele mäeosakond allus. Nimetatud isikud ei saanud ka maavarade uurimisluba.

## 2.1.2. ESTI VABARIIGI MAAPÕUESEADUS<sup>2</sup>

võeti Riigikogus vastu 1994. aasta novembris ja hakkas kehtima 1. jaanuaril 1995. Seadust täpsustavad normatiivdokumendid (tabel 2.1) koostati ja kehtestati 1995. aasta jooksul.

**Maapõueseaduse põhiseisukohad.** Eesti Vabariigis kuulub maavara üldrahvaliku vara hulka. Eesti Vabariigi Põhiseaduse paragrahvis 5 on sätestatud, et

**Eesti loodusvarad ja loodusressursid on rahvuslik rikkus, mida tuleb kasutada säästlikult**

Saagem sellest nii aru, et loodusvarad on üldmõiste, mille alla kuuluvad õhk, vesi ja kaunid kohad, loodusressursid on aga maavarad, põhjavesi, mets, kalavarud ja muu, mille üle riik arvet peab. Peamine, mis põhiseaduse paragrahvist 5-st järeldub, on maavara kui maapõue loodusvara kuulumine riigi, s.t rahva esindaja pädevusse. Muude varade, sealhulgas maa omanik Eesti riik ei ole. Maa nii nagu muugi vara, sealhulgas tööstus (ka kaevandus), võib olla riigi, munitsipaal- või eraomand. Kui maapõue ja maavarade kui üldrahvaliku vara kasutamine võib tekitada piiranguid maa ja muu omandi kasutamisel ja vastupidi, siis tekib ilmne vajadus vastava seaduse järele, sest kitsendusi omandi kasutamisel võib teha vaid seadus (Eesti Vabariigi Põhiseadus, 32). Sellekohased kitsendused seabki Eesti maapõueseadus (EMPS), mis sätestab riigi kui valdaja õiguse vallata, kasutada ja käsutada maavara kui üldrahvaliku omandit. EMPS sätestab ka teiste omanike kohustused ning piirangud, kaitsmaks maapõue loodusvara kui rahvuslikku rikkust piirides, mis on määratud põhiseadusega. Selline õigus tuleneb põhiseaduse paragrahvist 32, milles on öeldud: "Seadus võib üldistes huvides sätestada vara liigid, mida tohivad Eestis omandada ainult Eesti kodanikud, mõnda liiki juriidilised isikud, kohalikud omavalitsused või Eesti riik." Maapõueseadus sätestab riigi looduslikus olekus maavarade ainuomanikuks, tehes seda kooskõlas asjaõiguseadusega ja teiste Eesti seadustega.

Olles tugevalt mõjutatud traditsioonilistest mäeseadustest ja allutatud varem välja tulnud Eesti Vabariigi asjaõiguseadusele, milles on vihjatud maapõueseaduse maavarade nimekirjale (p 130 (1)), lähtuti EMPS-i koostamisel maavara kui üldrahvaliku vara nomenklatuursest määratlusest. Selles raamatus olen korduvalt selgitanud ja EMPS-i koostamise ajal ka väitnud, et ajalooliselt välja kujunenud, kuid Eestis asjatu tava maavara nomenklatuursest määratlusest, tekitab vääriti mõistmist. Kuna asjaõiguseadus sätestas maavarade loetelu enne, kui EMPS välja tuli, siis suutsid EMPS-i põhikoostajad minna vaid kompromissile ja lisada maapõueseadusesse sätteid, mille kohaselt

<sup>1</sup> Eestis reguleerib mäetööd 2004. aastast kehtiv **kaevandamiseseadus**, vt. <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=12894801>

<sup>2</sup> **HOIATUS.** Kõik, mis alljärgnevas puudutab Eesti maapõueseadust, käsitleb ainult 1995. a versiooni. Kuigi Eesti maapõueõiguse seisukohad pandi juba toona paika, erineb uus 2005. a seadus eelmisest oluliselt. Vt <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=12894933>

maavara on määratud lasundina, maardlana ja arvele võetuna. Nii sätestabki EMPS maavara kaheselt: tingimuslikult ja nomenklatuurselt.

**p 4 (1): Maavara on oma majandusliku tähtsuse tõttu riigi poolt arvele ja kaitse alla võetud kivimi, setendi, vedeliku või gaasi looduslik lasund.**

**p 4 (2): Maavara on käesoleva seaduse järgi dolomiidi... jne (vt p 1.1.1)...lasund, mis on arvele võetud riigi registris**

Kui kaevandamisel midagi maast irrutatakse, siis on selle materjali üldnimetuseks **kaevis**. Seda sõna ei ole EMPS määratlenud. Kaevis võib olla maavara, kuid selle mõiste alla kuulub ka aheraine, katend, pinnas jne, samuti maavara ja kõrvalkivimite segu (mäemass), millest kasulik osa hiljem eraldatakse. Kuna mäetöösturi huvist lähtuvalt tuleb igal juhul defineerida ka see kaevis, mida on kasulik kaevandada, kuid mida riik ei ole arvele võtnud kui maavara, siis mäeinsener Guido Paalme võttis sellise kaevisena jaoks kasutusele soome laenu **maa-aines**, mis on varem (p 1.1.1) lahti mõtestatud. EMPS-i paragrahv 4 (3) sätestab, et

**maa-aines on (käesoleva seaduse järgi) kivim või setend, mis ei ole maavarana arvele võetud**

Selline lähenemine ei ole kõige õnnestunud, sest seaduses on jäänud rõhutamata, et maa-ainest tuleb defineerida vaid siis, kui tekib vajadus seda kaevandada. Muidu koosneks kogu maapõu kahest asjast: maavarast ja maa-ainesest. Nende Eesti Vabariigi normatiivdokumentide alusel, mis korraldavad loodusvara tasulist kasutamist, on maa-ainese kaevandamine maksustatav. Seepärast pidagem silmas, et kui avakaevandamisel ekskaveeritakse katendit, siis tähendab see, et maa-ainest käideldakse. Käitlemine ei ole kaevandamine.

#### **Kaevandamine on maavara ja maa-ainese kaubastamine**

Sellest hoolimata võib kergesti tekkida soov karistada raiskamise eest mäeettevõtet, kes irrutab ja siirdab kaevandamise käigus maa-ainest. Eriti kui karistuseks on trahvid, mis laekuvad kellegi eelarvesse või fondi. EMPS reguleerib asja nii, et maksustamisele kuulub vaid see mäeettevõtte poolt käideldav maa-aines, mida või millest tehtud toodangut võõrandatakse (müüakse, vahetatakse).

EMPS-i kohaselt vormistatakse maavara valdamisõigus kaevandamisloaga, mis annab mäetöösturile (sh riigiettevõttele) õiguse vallata ja kasutada kindlat maavarakogust (varu). Teisisõnu, töösturile antakse õigus kasutada üldrahvalikku loodusvara. Sisuliselt peaks tegemist olema maavara rentimisega, kuid ilmselt jääb rentimise seadustamine hilisemale ajale, pärast pretsedentide teket. EMPS-i kohaselt annab maavara valdamisõiguse riigiasutus, kelle pädevusalas on maavara kui riigi ressurss. Üleriigilise tähtsusega maardlate puhul on see õigus keskkonnaministeeriumil, teiste maardlate puhul maakonnal ja kohalikul omavalitsusel<sup>1</sup>. Maavara ja maa-ainese kaevandamiseks on vaja saada **mäeeraldis**, mis on maapõue kui avaliku asja see osa, mis on antud mäetöösturi valdusesse selleks, et ta saaks maavara või maa-ainest kaevandada. EMPS-i paragrahv 25 (1) ütleb, et

**mäeeraldis on maavara kaevandamiseks eraldatud maapõue osa**

#### **Eesti maapõueseaduse osad (peatükid)**

I. Üldsätted, milles on määratletud seaduse ülesanne, objekt ja peamised mõisted nagu maapõu, maavara ja maa-aines, maardla, maavarade register ja maavarade komisjon.

II. Maavarade geoloogilised uuringud ning üldgeoloogilised uurimistööd. Selles osas käsitletakse uuringuloa väljaandmist, uuringu teostamise ja geoloogilise informatsiooni esitamise, säilitamise ning avalikustamise üldnõudeid. Oluline on teada, et geoloogilisi uuringuid ja üldgeoloogilisi uurimistöid tohib teha vaid vastava litsentsi valdaja.

III. Maavarade kaevandamise õigus. Selles osas sätestatakse maavara kaevandamisloa väljaandmine ja erandid, millal võib maavara võtta või kaevandada ilma kaevandamisloata, sätestatakse ka kaevandamisõiguse hind, rekultiveerimine, maavarade kaitse jt maavara kaevandamisõiguse saamise üksikasjad.

<sup>1</sup> Kogemus sunnib meenutama, et kohalik omavalitsus on volikogu.



IV. Kinnisasja omaniku ja uuringuloa ning kaevandamisloa valdaja vahelised suhted. Sätestatakse osapoolte õigused ja varalised ning muud kohustused teineteise ja kolmandate isikute, peamiselt keskkonnaministeeriumi, maakondade keskkonnatalituste ja kohalike omavalitsuste suhtes. Sätestatakse ka kinnisasja omaniku õigused sõltuvalt sellest, kas maavara kuulub tema kinnisasja sisse või ei.

V. Maa-ainese kaevandamise õigus. Kui varem esitatu puudutas maavarade kaevandamist, siis see peatükk sätestab maa-ainese kaevandamisloa saamise, suhted kinnisasja omanikuga, kaevandaja ja maaomaniku õigused ning kohustused.

VI. Allmaaehtiste rajamine<sup>1</sup>. Käsitletakse allmaaehtisi, mida rajatakse allmaakaevandite abil ja mille rajamine pole seotud maavara või maa-ainese kaevandamisega. Sätestatakse vastava geoloogilise uuringu ja rajamise üldised nõuded. Muuseas paragrahv 70 (2) sätestab, et

**allmaakaevand on maapõues asuv loodusliku kattega tehistühemik**

Kahjuks tuleb praktikas ignoreerida asjaolu, et selle sätte kohaselt ei kuulu allmaakaevandite hulka maa pealt ülalt alla rajatavad püstkaevõõned.

VII. Mäetööd. Sätestatakse mäetööde üldised nõuded ja tingimused, sh mäetööde lõpetamine ja peatamine, ohutus.

VIII. Järelevalve ja vastutus. Peatükis sätestatakse seaduse tagamise ja jälgimise üldnõuded, sh mäejärelevalve ülesanded, juriidiliste ja füüsiliste isikute trahvid ja kohustused seaduserikkumise korral jne.

Kõikide mäe- ja maapõueseaduste oluline säte on, et maavara valdamise õigus ei anna mäetöösturile õigust keelduda korvamast teistele omanikele kaevandamisega tekitatud kahjusid, kulusid ja piiranguid. Varalisi vaidlusi lahendab kohus, kuid kuna iga pisiasjaga kohtusse ei minda, siis oleks loomulik, et mingil riigiinstantsil oleks mäepolitseiniku õigus. EMPS annab mäepolitseiniku osa Riigi Tehnilise Järelevalve Inspeksioonile (RTJI).

IX. Lõppsätted korraldavad seaduse kehtestamise, teiste seaduste mõningate sätete muutmise jne.

EMPS-i koostamisel võimaldas teiste riikide mäeseaduste aluseks võtmine vältida isetegevusest tulenevaid vigu, kuid tundub, et läände ja tagasi vaadates unustati ära Eestimaa oluline geoloogiline erinevus.

**Eesti on lavamaardlate maa**

Neis maades, kust mäeseadused pärit, on valdavalt teist tüüpi maardlad. On suur vahe, kas maavara otsitakse ja kaevandatakse mägedes (esialgu see nii oli ja sellest ka mõisted mäendus, mäemees jne) või levinud maaviljelusega lauskmaal. Mäenduse jaoks on see Eesti eripära oluline. Paljude meie maarete leiukohad paiknevad lausa maapinnal, maaviljelusaladel. Kas sellistel tingimustel on vajalik kõikide maarete (maa-ainese) ja maavarade kasutamise sedavõrd tugevalt tsentraliseeritud süsteem, nagu sätestab EMPS? Maades, kus on kaevandatud ja kaevandatakse metalle, kehtib nende jaoks mäeseadus, muude maavarade ja ennekõike mineraalsete ehitusmaterjalide kasutamist korraldavad teised seadused. Meil ei olegi klassikalist mäeseadust väärivat maavara, kuid tahame oma mäetööstust juhtida ühe seadusega. Aeg näitab, kuidas see end õigustab.

Peale selle mõjutas EMPS-i kujundamist tugevalt Eesti ühiskonna nõukogude ajal süvenenud pseudoagraarne mõtlemisviis, mille kohaselt maaviljelus on ürgne ja püha, mäendus uustulnuk ja rüvetav, kuigi tegelikult nüüdismõtte kohaselt on mõlemad tööstusharud, üks viljelev, teine hankiv.

Olen näinud tülgaastust mahepõllundust propageeriva teadlase näol, kui kasutasin põllumajanduse kohta mõistet viljelev tööstusharu.

Üks põhjusi, miks EMPS-i koostamine venis neli aastat (1990...1994), oli maapõue uurimise, kasutamise ja kontrollimisega tegelevate ametkondade vastuolud. Pahatihti oli tegemist sooviga hoida oma ametit ja kaitsta mundriau. Süüdi oli ka nõukogulik majandusmõtlemine, mis aeglustas asjaosalistel uue seadusandluse mõtte omandamist ja ametkondade erinev mõtlemisviis.

<sup>1</sup> Peatükkide VI ja VII reguleerimisala ei kuulunud maapõueseadust kureeriva keskkonnaministeeriumi valdkonda ja jäid seetõttu puudulikeks. Kaasajal on see valdkond kaetud kaevandamiseseadusega.

Viimati mainitus pole mitte midagi uut. Geoloogide maailmakongressil 1980. aastal lausub Kanada aseenergeetikaminister J. P. Drolet: "Kuna nii geoloogid, mäeinsenerid kui ka ökonomistid peavad andma mineraaltoorme varudele hästi läbikaalutud hinnanguid, tekivad mõningad ebakohad, sest olles erinevate alade spetsialistid, ei räägi nad ühes keeles, aga kui räägivad, siis kõik korraga. Kui nad kokku viia ja teha ülesandeks hinnata toormevaru, siis hakkavad nad rääkima just nii, nagu kõnelevad kristlased, muhameedlased ja budistid teoloogiakonverentsil."

**Siin tehtud Eesti maapõueseaduse refereering ei ole mäenduse eriala üliõpilasele küllaldane. Tingimata tuleb endal seadust ja selle normatiivakte uurida**

### 2.1.3. EESTI MÄETÖÖSTUST KORRALDAVAD AKTID

Mäetööstust piiravad ja korraldavad peale maapõueseaduse veel teisedki seadused, millest olulisemad on <sup>1</sup>

- Asjaõigusseadus (RT 1993,39,590)<sup>2</sup>
- Plaanimis- ja ehitusseadus (RT 1993,59,1006)
- Kaitstavate loodusobjektide seadus (RT 1994,49,773)
- Eesti Vabariigi veeseadus (RT I 1994,40,665)
- Säätva arengu seadus (RT 1995,31,384)
- Kinnisasja sundvõõrandamise seadus (RT 1995,30,380)

Mainitud seaduste mäendusse puutuvaid sätteid peab tundma igaüks, kes kavatses tegelda mäeettevõtte projekteerimise ja/või juhtimisega. Peale selle peab mäeinsener tundma ja soovitatavalt ka omama Eesti Vabariigi mäetööstust otseselt korraldavaid akte, mille nimekiri on tabelis 2.1. Tabelis loetletud dokumendid on sätestatud EMPS-iga, s.t, neil on seaduse tugi. Seaduse tugi on ka hädusail EMPS-i paragrahvides 39 (2) ja 60 (3) sätestatud rekultiveerimise tagatissumma ja maa-ainese kaevandamise loa väljaandmise korral, mille peaksid tegema nende valdade ja maakondade organid, kus mäeettevõtte kaevandab. Peamised praktika alusel koostatud dokumendid on siiski konkreetsed ja selgitavad üksikasjalikult, mida tuleb teha, et saada maavarade geoloogilise uurimise õigust, maavara kaevandamise õigust, koostada rekultiveerimise projekti jne. Neist eriti oluline mäeinsenerile on EMPS-i paragrahvis 25 (2) sätestatud **Maavara kaevandamise loa taotlemise ja väljaandmise kord**. Maavara kaevandamisloa taotlusblanketi vormikohane täitmine koos vajalike arvutustega kuulub mäemajanduse kursuse praktiliste tööde hulka.

Mäetöösturile on eriti olulised kõik dokumendid, mis on sätestatud alates paragrahvist 76. On kasulik teada, et vastavalt **Mäetööde riikliku tegevuslitsentsi väljaandmise korrale** saab ettevõtte riikliku tegevuslitsentsi vaid tingimusel, kui selles töötab mäetöötades pädev tegevusõigusega mäeinsener või -tehnik.

On ettevõtteid, kes tegevuslitsentsi hankimiseks on palganud nn lipukapteni. Kes oli lipukapten? See mõiste tekkis eesti keelde, kui rannamehed ehitasid laevu ja hakkasid nendega seilama Läänemerel ning kaugemalgi (Juhan Smuul. Kihnu Jõnn ehk metskapten. Esimene pilt). Meresõidueeskirjad nõudsid laevajuhilt kaptenipabereid, meest, kellel oleks nn lipuõigus. Eesti rannamees, kes oskas küll laeva juhtida, ei suutnud enamasti kaptenieksamit ära teha. Niisiis leiti lihtsam lahendus põhjajoonud kuid paberitega kapteni näol, kes laevajuhiks vormistatuna kubrikus magas. Võlgnen võrdluse eest tänu varalahkunud koloriitsele mäeinsenerile, Ülo Ulutsale, kes seda rahvapärast nimetust kasutas nende eesti soost tootmisjuhtide kohta, keda kompartei ustavuse eest edutas ettevõtte tippjuhi kohale, vaatamata ametialasele võimetusele.

<sup>1</sup> **HOIATUS** Kõiki mainitud seadusi on aja jooksul reformitud.

<sup>2</sup> Siin ja edaspidi tähendab sulgudes olev: Riigi Teataja, 1993.a, nr 39, artikkel 590. Kaasajal on kõiki seadusi võimalik leida internetis <https://www.riigiteataja.ee/ert/ert.jsp?link=search-form>

Tabel 2.1 PEAMISED EESTI MÄETÖÖSTUST KORRALDAVAD ÕIGUSAKTID

1995. a EMPS paragrahv	Dokumendi nimetus (Hoiatus - 2008. aastaks on kõik muutunud)
5 (4)	Ravimudale ja tehnoloogilisele liivale esitatavad nõuded
6 (3)	Üleriigilise tähtsusega maardlate nimekiri
8 (1)	Eesti Maavarade Komisjoni põhimäärus. Eesti Maavarade Komisjoni koosseis
8 (2)	Riigi maavarade katastri põhimäärus. Riigi maavarade katastri pidamise kord
9 (2)	Geoloogilise uuringu loa taotlemise ja väljaandmise kord
14 (2)	Geoloogilise uuringu kehtivate lubade avaldamise kord
18 (1)	Geoloogilise informatsiooni esitamise ja säilitamise kord
19	Maavara geoloogilise uuringu läbiviimise ja maavaravarude kinnitamise kord (sh 9 lisa)
23 (3)	Üldgeoloogiliste uurimistööde läbiviimise kord
24 (1)	Geoloogiliste tööde litsentsi väljaandmise kord
25 (2)	Kaevandamisloa taotlemise ja väljaandmise kord
28 (2)	Riigimaal paikneva ja riigi poolt uuritud maavara kaevandamise loa enampakkumise teel müügi kord
33 (2)	Maavarade kaevandamise kehtivate lubade avaldamise kord
35 (1)	Riigi omandisse kuuluva maavara kaevandamiseõiguse hindade määramine (lisadega)
39 (1)	Pealmaakaevandamisega rikutud maa rekultiveerimise kord
39 (1)	Turba tootmisalade rekultiveerimise kord
39 (2)	Rekultiveerimise tagatissumma suuruse kehtestamise ja tasumise kord
41 (2)	Riigi omandisse kuuluvat maavara sisaldavale maatükile ehitise rajamise kord
41 (4)	Järve- ja meremuda kaitse kord
59 (1)	Riigile kuuluva kinnisasja maavara ja maa-ainese kaevandamiseks loovutamise ning sellega seotud tasu määramise kord
60 (3)	Maa-ainese kaevandamise loa väljaandmise kord
71 (2)	Allmaaehtise rajamiseks tehtavale uuringule loa taotlemise ja väljaandmise kord
76 (2, 3, 4)	Mäetööde tegemise, mäetööde riikliku tegevuslitsentsi väljaandmise jne korrad. Markseideri-tööde läbiviimise nõuded
77 (3)	Mäetööde lõpetamise ja peatamise kord
85 (3)	Mäeettevõtte mäeeraldise piirides tööks vajalike ehitiste (rajatiste) nimekiri

#### 2.1.4. MÄETÖÖSTUST KORRALDAVAD ASUTUSED

##### Mäetööstuse riiklik juhtimine tähendab

- maapõue ja maavara kui riigi ressursi uurimise, arvestamise ja kasutamise korraldamist
- mäetööde ohutuse tagamist

Maapõue uurimist ja kasutamist korraldavad asutused. Maavara kui riigi vara üle arvepidamise vajadus on iseenesest mõistetav. Selle funktsiooni täitmine on riigiti erinevalt korraldatud, kuid üldiselt on mingi keskne geoloogiaorganisatsioon või -ettevõtte, kes otsustab geoloogiliste tööde vajaduse ja suundade üle, annab geoloogiliste tööde ja maavarade uurimise lubasid ning litsentse, võtab arvele maavara uuritud varu, korraldab varu andmist kaevandamiseks, kontrollib varu sihipärast kasutamist ja võtab kaevandatud varu riigi arvelt (registrist) maha. Eesti mäetööstuse juhtimiskorraldust on mõjutanud nõukogude Venemaa pärand. Eespool loetletud funktsioonid olid antud liidulisele geoloogiaministeeriumile, millele allusid liiduvabariikide geoloogiaasutused, Eesti NSV-s Geoloogiavalitsus, hiljem riigiettevõtte Eesti Geoloogia, millest kasvas välja Eesti Geoloogiakeskus. Nõukogude geoloogiasüsteem korraldas ja tegi oma allasutuste abil kõiki geoloogilisi töid, välja arvatud ehk mõningate kohalike maavarade uuringuid. Geoloogilisi töid tegevate ettevõtete süsteemi kuulusid piirkondlikud töökonnad, millest Eestis olid tuntumad Ida-Virumaal Sompal lähedal Rutiku külas paiknev põlevkivi-uuringutega tegelnud Kohtla-Järve töökond, fosforiidiuuringuid teinud Keila töökond ja peamiselt mineraalseid ehitusmaterjale uurinud Tartu töökond.

Eesti Vabariigis kuulub maapõue loodusvarade uurimine, arvepidamine ja kasutamise lubade andmine Keskkonnaministeeriumi pädevusse. Geoloogilisi töid (otsinguid ja uuringuid) teeb Keskkonnaministeeriumi pädevusalas töötav **Eesti Geoloogiakeskus**, sisuliselt rakendusgeoloogia

instituut. Endistest piirkondlikest töökondadest on kujunenud iseseisvad geoloogilisi sh puurimistöid, tegevad ettevõtted.

Nõukogude Venemaal, vältimaks tsentraliseeritusest tulenevat tendentslikkust ja tagamaks mäeettevõtetele üleantava maavaravaru korraliku uurituse, tegutses geoloogiaministeeriumi ja mäetööstusministeeriumide vahendajana tööstusest sõltumatu Riiklik mineraaltoorme varude komisjon. Eesti Vabariigis täidab sama ülesannet **Eesti Maavarade Komisjon**, mille koostab Vabariigi Valitsus erinevate ametkondade ja instituutide esindajatest. Maavarade komisjon kontrollib ja võtab vastu geoloogide poolt uuritud ja hinnatud maavaravaru kohta koostatud aruanded, vaatab läbi kaevandamislubade taotlusi üleriigilise tähtsusega maavarade kaevandamiseks ja annab keskkonnaministrile ning vajadusel ka maakondade keskkonnatalitustele soovitusi.

Endine **Eesti Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituut**, nüüd **Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia instituut** on geoloogiliste süvauuringutega tegelev teaduslik uurimisasutus, kellel ei ole maavarade kasutamise alal korraldavat osa. **Tartu Ülikooli geoloogia instituut**, kelle asutamisaastaks loetakse 1820, on geolooge ettevalmistav õppeasutus. Enne II maailmasõda 1937...1940 korraldas Eesti maapõue süstemaatilist uurimist **Geoloogiline Komitee**, kuhu kuulusid eesti juhtivad geoloogid ja mäeinsenerid ning pädevad riigiametnikud.

**Mäetööstust korraldavad asutused** kuuluvad majandustegevust juhtivate riigiasutuste süsteemi. Nõukogude Venemaal allus, õigemini kuulus mäeettevõtte vastavat tooret kasutava tööstusharu liidulisele ministeeriumile. Eesti mäetööstusest kuulus põlevkivi kaevandav tootmiskoondis Eesti Põlevkivi kõigi oma kaevanduste ja karjääridega NSVL Söetööstusministeeriumile, Maardu fosforiidkarjäär NSVL Mineraalväetiste Tööstuse ministeeriumile kuuluvale fosforiiti töötlevale kombinatsioonile Eesti Fosforiit, Kunda tsemenditehase lubjakivi- ja savikarjäär, Pannjärve liivakarjäär Ida-Virumaal, Kaarma dolomiidimurd ja teised suuremad mineraalseid ehitusmaterjale kaevandavad ettevõtted allusid oma põhiettevõtetele, mis ENSV Ehitusmaterjalidetööstuse ministeeriumi kaudu kuulusid vastavale liidulisele ministeeriumile Moskvast. Nii ei olnud nõukogude Venemaal mäetööstuse ühtset juhtimist.

Turumajandusriikides korraldavad mäetööstust riigiasutused, mis tegelevad riigis üldise majanduskorraldusega. Arenenud mäetööstusega riikides on tööstust korraldavates ministeeriumides mäe(tööstus)osakonnad. Eesti Vabariigis kuulus mäetööstus enne II maailmasõda kaubandus-tööstusministri võimkonda (EMS, paragrahv 4). Ministeeriumis oli selleks mäeosakond. Tänapäeval Eesti majandusministeeriumis vastav osakond puudub, varemalt on põlevkivi kaevandamist jõudumööda korraldanud majandusministri pädevusalasse kuulunud portfelli energiaetnikaminister, (ase)kantsler, Energia Amet. Teised mäeettevõtted, nii iseseisvad kui ka emettevõtetele kuuluvad mäetsehhid, korraldavad oma tööd ise vastavalt üldistele majandust korraldavatele seadustele ja normatiivdokumentidele. Seega puudub kaasaegses Eestis mäetööstuse ühtne juhtimine, mille juured on ilmselt nõukogudeaegses juhtimiskorralduses. Kuna nõukogude Eesti haldusorganid ei tegelnud liidulise mäetööstuse korraldamisega, ei pidanud ka taasiseseisvunud Eesti valitsussüsteemi loonud isikud seda vajalikuks.

**Mäetööstuse järelevalveasutused** tegelevad ohutusega ja kontrollivad maavarade sihipäraselt kasutamist. Nõukogude Venemaal oli keskasutuseks tööstusministeeriumidest sõltumatu NSVL-i Riiklik Mäejärelevalve Komitee, sisuliselt ministeerium. Peale mäeohutuse tegeles see komitee ka katelde, tösteseadmete ja muude ohtlike asjadega, välja arvatud tuumatööstus, mille kontrollimiseks oli oma komitee. Mäejärelevalve komiteele allusid territoriaalsed komiteed suurtes mäetööstuspiirkondades ja mäetööstust omavates liiduvabariikides, seega ka ENSV-s. Kohapealset kontrolli teostasid Eestis kohalikud inspektorid Kohtla-Järvel (Kukrusel), Tallinnas, Tartus ja Pärnus. Sama põhimõtteline struktuur ja isikkoosseis säilis taasiseseisvunud Eestis. Järelevalve keskasutus, esialgu ameti staatuses, reorganiseeriti 1996. aasta jaanuaris majandusministri võimkonnas tegutsevaks **Riigi Tehnilise Järelevalve Inspektoriks**. Nii nagu varemgi tegeleb see amet peale mäenduse ka katelde ja tösteseadmete ohutusega ega tegele kiirgusohu küsimustega.

## 2.1.5. KONTROLLKÜSIMUSED

- Milliseid suhteid ja alasid reguleerib mäeseadus?
- Kas kristalsest kivimist rändrahn on maavara?
- Kas muld on maavara või maa-aines?
- Kas aherainemägi on maavara?
- Kas maagaas on maa-aines?
- Milleks oli vaja ravimudale ja tehnoloogilisele liivale kehtestada Vabariigi Valitsuse määrusega eritingimused?
- Kas kinnistu omanik võib pantida maavara, mis jääb tema kinnistu piiridesse?
- Kas riik võib müüa maad, kus on tema poolt arvele võetud turvas?
- Kas kinnisasja omanik vajab oma maavara kaevandamiseks mäetööde litsentsi?
- Kes määrab kinnistul asuva maavara kaevandamisõiguse hinna?
- Kes määrab kaaskaevise kui maa-ainese kaevandamisõiguse hinna selle müümisel?
- Millised on peamised mäetööstust korraldavad aktid Eestis?
- Millised asutused ja organid korraldavad eesti mäetööstust ja milline on nende osa?

Kui te nendele küsimustele ei leia maapõueseadusest alati ühest vastust, siis ei näita see tingimata teie oskamatus. Siin toodud küsimused ongi maapõueseaduse kõige hädusematesse kohtadesse sihitud.

## 2.2. MAARDLATE RAJONEERIMINE

### 2.2.1. RAJONEERIMISE ALUSED

Maavara laialdase leviku puhul nii nagu see on omane suurele levilale ja lavamaardlale, mahub maardlale mitmeid kaevevälju (kaeveväljad võivad teatavasti olla nii karjääri- kui kaevandusväljad). Looduslike tingimuste erinevuse tõttu ei ole kaeveväljade majanduslik potentsiaal tavaliselt võrdne. Nende seas on soodsate ja vähem soodsate mäendustingimustega välju. Seetõttu on otstarbekas koostada levila või maardla hõlvamise ja kasutamise kava. Maa, maavara ja tööstuse riigiomandi puhul, s.t nõukogude majanduses ei olnud kahtlust, et levila või maardla arengukava koostamine oli maavara kaevandava liidulise ministeeriumi juhtiva projektorganisatsiooni töö. Turumajanduses, kus maavara on riigi ressurss, kuid maa ja tööstus võivad kuuluda mitmele omanikule, peaks riik kui põhiressursi omanik olema veelgi huvitatum arengukava koostamisest, eriti kui soovitakse kehtestada mäemajanduslikest tingimustest sõltuv diferentseeritud mäerent või maavara kasutamise hind. Selle raamatu ilmumise ajaks pole Eestis veel nii kaugele jõutud.

**Iga suure levila ja maardla arengukava koostamise esimeseks sammuks peaks olema levila või maardla tehnoloogiline ja mäemajanduslik rajoneerimine**

Mis on mis?

**Tehnoloogilisel rajoneerimisel määratakse kindlaks alad, kus üht või teist kaevandamismoodust ja kaevandamisviisi saab või on otstarbekas kasutada**

Tehnoloogilisel rajoneerimisel on määrav tehnoloogiline aspekt, tehnoloogia võimalused. Seevastu mäemajanduslikul rajoneerimisel on määrav majanduslik aspekt, kaevandamise tõhusus eri väljadel.

**Mäemajanduslikul rajoneerimisel hinnatakse maardla erinevate osade majanduslikku potentsiaali, kaevandamise tõhusust**

Kuna tehnoloogia ja majandus on tihedalt seotud, siis tehakse nii tehnoloogiline kui mäemajanduslik rajoneerimine tavaliselt koos või ühel ajal.

## 2.2.2. TEHNOLOOGILINE RAJONEERIMINE

Tehnoloogilise rajoneerimise mõjurid on geoloogilised ja geograafilised.

### A. Geoloogilised

A.1. Lasumus: lasumi (katend) ja lasundi paksus, nende ja lamami kooslus, mis määravad avamis- ja kaevandamisviisi ning -seadmed, rikastamisviisi.

A.2. Maardla liigendatus ja häiritus lasumisriketega ja karstivõõnditega, mis määrab maardla jaotamise kaeväljadeks, väljade avamis-, tihti ka kaevandamisviisi.

A.3. Maavara omadused, millest tingituna võib maardla jaotada erineva kasutusala maavara väljadeks näiteks ehituspae- ja põletuslubjakiviväljaks, klaasi- ja vormiliivaväljaks.

A.4. Veerohkus.

### B. Geograafilised

B.1. Kaugus veeteedest, s.t raud- ja maanteest, jõgedest ja järvedest, mis määrab kaevandusveo ja suurel määral ka kaevandamismasinade valiku, rikastamisviisi ja rikastamise koha.

B.2. Asustus, mis mõjutab tugevalt kaevandamismooduse (ava- või allmaakaevandamine) ja kaevandamisviisi (maa varistamise või säilitamisega, lõhketöödega või ilma), rekultiveerimise suuna jms valikut.

B.3. Hüdroloogiline olukord, mis nõuab kaevandamisel erinevat veevarustust ja -ärastust, samuti kaevandusvee puhastamist.

Tehnoloogiline rajoneerimine lähtub kaevandamise tehnoloogia võimalustest, selle vastavusest mäendustingimustele. Iga kaevandamise tehnoloogia on parim mingi kindla mäendustingimuste kogumi puhul. Näiteks avakaevandamine on otstarbekas kuni maavaralasuundi ja katendi piirsuhteni, põlevkivi kamberkaevandamine (kaevandustes) on kasutatav põhilae ja kihindi küllaldase paksuse puhul, lae langetamisega kaevandamine on võimalik vaid maavara piisava lasumissügavuse korral (sel juhul on maapinna muutused talutavad) jne. Selliste tingimuste näitena on tabelis 2.2 toodud Balti põlevkivileivil kasutatavate kaevandamismooduste, -viiside ja -tehnoloogiate kasutamisel iseloomustavate mäendustingimuste tunnuste rajad.

Näiteks jaotades Balti põlevkivilevila või Eesti maardla tabelis 2.2 esitatud piirväärtuste alusel eri tehnoloogiate kasutamise aladeks, ongi tehtud esimene samm tehnoloogilise rajoneerimise teel.

Tabel 2.2 TEHNOLOOGILISE RAJONEERIMISE LÄHTEANDMED BALTI PÕLEVKIVILEVILAL

Kaevandamismoodus, -viis või -tehnoloogia	Mäendustingimuste rajad		
	Lasumis-sügavus m	Kihindi paksus m	Paelae vähim paksus m
<b>A. Allmaakaevandamine</b>			
Kamberkaevandamine:			
lae hoidmisega	10...80	2,5...3,4	> 10
lae langetamisega*	31...70	2,5...3,3	>10
Kamberlaava**	> 50	1,65...2,5	> 25
Lankkaevandamine:			
A-C kihtide kombainväljamine	> 5	1,4...1,65	> 5
kogu kihindi lõhkeraimamine***	> 50	1,6...1,9	> 25
<b>B. Avakaevandamine</b>			
Vaalkaevandamine, draglainid:			
EŠ 10.60 või EŠ 10.70	< 12	Piiravad, kuid piirangud pole määratletud	
EŠ 15.90, EŠ 20.75 või EŠ 20.90	< 19		
EŠ 20.100 ja EKG 4u****	< 35...45		
EŠ 40.85 ja EKG 4u****	< 26...34		
EŠ 75.85 ja EKG 4u****	< 26...34		

\* On kasutatud Ahtme kaevanduses ja katsetatud Viru kaevanduses; praegu ei kasutata.

\*\* Kasutatakse Oudova maardlas, Eestis pole katsetatud.

\*\*\* On katsetatud Oudova maardlas, Eestis mitte.

\*\*\*\* Eestis pole katsetatud, kuid on kasutusel analoogilistes lavamaardlates.

Teise sammuna oleks soovitatav ühildada moodustunud alade piirid suuremate tektooniliste rikkevöönditega selleks, et rajoneerimisel kujunevad kaeväljad oleksid ekspluateeritavad võimalikult ühe tehnoloogiaga. Kolmandaks suhteliselt hõlpsasti teostatavaks sammuks oleks maaviljelusalade tähistamine ja asustustiheduse hindamine, et selle teabe alusel võtta vastu otsus maardla jaotamisest kaevandus- ja karjääriväljadeks. Selline tegevus on suhteliselt lihtne, kui on olemas küllaldane geoloogiline teave nagu näiteks Eesti põlevkivimaardla puhul. Maardla vähese geoloogilise uurituse korral tuleb osata tõsta geoloogilist informatiivsust, mille võtete kohta saab teavet erialakirjandusest. Eesti põlevkivi- ja fosforiidilevila tingimustega tutvumiseks on soovitatav lugeda käesoleva raamatu lõpus kirjanduse nimistus toodud raamatuid (Reinsalu, 1983, 1984 I).

Juhul kui maardlas on selliste mäendustingimustega alasid, mille jaoks puudub reaalne kaevandamistehnoloogia, tekib kahtlus selle ala maavara tehnoloogilise tootmisväärsuse suhtes. Kerkib küsimus, kui kõrge on maardla selle osa maavara tehnoloogiline usaldatavus. Tehnoloogilist usaldatavust mõõdab tegur, mis näitab tõenäosust, et projekteeritavat kaevandamistehnoloogiat kasutades maavara üldse kätte saab. Kuna autor ei ole erialakirjanduses kohanud tehnoloogilise usaldatavuse sellist käsitlust, siis võib järgmises tabelis toodud tegureid võtta kui soovituslikke.

Tabel 2.3 MAAVARAVARU TEHNOLOOGILINE USALDATAVUS

Kaevandamistehnoloogia evitatus	Usaldustegur
Tehnoloogia	
on evitatud analoogilistes tingimustes	0,8...1,0
on tööstuskatsetusel samas ettevõttes või analoogilistes tingimustes	0,5...0,8
on projekteerimis- või katsetusjärgus	0,3...0,5
puudub	0...0,3

Harjutamiseks vt 5.2 MÄETÖÖSTUSE KORRALDUS nr 24

Kui tabelis toodud projekteerimis- või katsetamisjärgus oleva või üldse puuduva tehnoloogia puhul soovitatav usaldustegur tundub olevat liiga väike, siis pidagem silmas, et kaevandamise tehnoloogia ei ole ainult väljamine, mis mõnel juhul võib-olla tõesti ei tekita probleeme. Kaevandamise tehnoloogia hulka kuulub ka kaevandatud ala rekultiveerimine ja tekitatud kahju heastamine, jääkide ohutustamine jms, mis uutes mäendustingimustes võivad katsetamata kaevandamistehnoloogia kasutamist oluliselt raskendada. Kui mõnel väljal on võimalik kasutada mitut kaevandamistehnoloogiat, siis selle välja usaldatavus on kõrgem.

**Tehnoloogilist usaldustegurit tuleb kasutada hõlvamata levila või maardla või selle osa maavaravaru tõenäolise mahu hindamiseks analoogiliselt, koos või eraldi maavara geoloogilise usaldusteguriga**

**Näide.** Toolse fosforiidileiukohas võiks kasutada nii ava- kui allmaakaevandamist. Projekti tasemel olev avakaevandamine, mis näeks ette fosforiidi ja diktüoneemaargilliidi selektiivse väljamise ja utiliseerimise, on sedavõrd lihtne, et selle rakendusala on fosforiidivaru tehnoloogiline usaldustegur 0,5. Allmaakaevandamine, mis näeb ette kaevandite täitmise, et diktüoneemaargilliit laest ei variseks, on mõnevõrra problemaatilisem ja seoses sellega on ekspertmenetlusel hinnatav tehnoloogiline usaldustegur Toolse fosforiidivaru jaoks mitte rohkem kui 0,3. Siiski saaks Toolses kasutada kaht tehnoloogiat ja seoses sellega on sealse fosforiidivaru tehnoloogiline usaldustegur määratav tõenäosusteoorias tuntud valemiga

$$1 - (1 - 0,5)(1 - 0,3) = 0,65$$

Seevastu Rakvere fosforiidilevila Kabala uuringuväljal on praeguste teadmiste kohaselt rakendatav vaid täitmisega allmaakaevandamine, mis ei luba selle välja fosforiidivaru tehnoloogilist usaldustegurit hinnata kõrgemaks kui 0,1...0,3.

### 2.2.3. MÄEMAJANDUSLIK RAJONEERIMINE

Mäemajanduslik rajoneerimine lähtub maavara kaevandamisväärsusest levila või maardla erinevatel osadel. Kõige lihtsam mäemajanduslik rajoneerimine on maardla jaotamine aktiiv- ja passiivvaru aladeks. Tegelikult pole asi siiski nii lihtne. Põhjuseid on mitu. Esiteks on suurtel levilatel aktiiv- ja passiivvaru (nõukogude süsteemis bilansiline ja bilansiväline varu) hinnatud eri aegadel erinevate meetodite ja kriteeriumide, tihti ka erineva tasemega tööde alusel. Teiseks jaotatakse maavaravaru aktiivseks ja passiivseks (kui seda üldse tehakse) tihti vaid ühe kaevandamistehnoloogia

majandustunnuste alusel ja puudub side tehnoloogilise rajoneerimise tulemustega. Kolmandaks on mäetööstuse projekteerimisel oluline teada mitte ainult seda, kus on kaevandamisväärne maavara, vaid ka seda, kus kaevandamisväärsus on suurim.

Levila ja maardla mäemajanduslikuks rajoneerimiseks on soovitada kaks meetodit.

- Ala rajoneeritakse tehnoloogiliselt, määrates iga kaevälja jaoks võimalikud kaevandamistehnoloogiad ja leitakse nende seast parim. Edasi eeldatakse, et kaevandama hakatakse just nende tehnoloogiate abil ja järjestatakse väljad kaevandamise tulukuse alusel. Nii selguvad maardla tulusamad ja vähem tulusad osad ning kujuneb pilt eri osade suhtelisest tulukusest. Meetodi eeliseks on konkreetsus ja mõistetavus, puuduseks suur töömaht. Praktiliselt tehakse tasuvusuuring (p 3.1.1) maardla kõikidele osadele.
- Koostatakse ala maavara(de) kaevandamise majandusmatemaatiline mudel, mille sisendiks on mäendustingimuste (lasumissügavus, lasundi paksus, kaevälise tugevus, kvaliteet, vee-eritumus, katendi kooslus jne) tunnused ning võimalikke kaevandamistehnoloogiad määravad tegurid (töö-, materjali-, kapitalimahukus jms). Tehnoloogiad ja mäendustingimused on omavahel seotud piirangute süsteemi kaudu. Mudeli väljundiks on kauba kogused, kvaliteet ja maksumus liigiti. Sellise meetodi eeliseks on suur arvutusjõudlus ja käsitlust leidvate variantide rohkus, puuduseks suur ettevalmistustöö maht ja usaldamatus nende poolt, kes mudeli tööprintsipi ei mõista. Majandusmatemaatilise mudeli kasutamist Balti põlevkivilevila rajoneerimisel on kirjeldatud monograafiates (Reinsalu, 1983, 1984 I).

Maardlate mäemajanduslik rajoneerimine on vajalik maa-alade planeeringuks, mida tehakse planeerimis- ja ehitusseaduse kohaselt.

#### 2.2.4. KONTROLLKÜSIMUSED

- Milliste printsiipide alusel rajoneeritakse maardlaid?
- Kuidas toimub maardla tehnoloogiline rajoneerimine?
- Kuidas toimub maardla mäemajanduslik rajoneerimine?
- Mis on tehnoloogiline usaldustegur?
- Nimetage kamberkaevandamise kasutamisala mäendustingimuste rajad põlevkivi kaevandamisel.
- Nimetage lankkaevandamise kasutamisala mäendustingimuste rajad põlevkivi kaevandamisel.

### 2.3. ETTEVÕTTE ASUTAMINE

#### 2.3.1. ETTEVÕTTE ASUTAMISE RESSURSSOLOOGILISED EELDUSED

Mäeettevõtte asutaja nii nagu mis tahes ettevõtja tahab olla kindel, et tema üritus on tulemuslik ja püsiv. Kuna ettevõtte rajamiseks vajatakse raha, huvitab ettevõtmise kindlus ka rahastajaid. Loomulikult huvitab ettevõtmise tõsidus ka maavara omanikku, s.t riiki, samuti maaomanikke ja nende esindajat, kohalikku omavalitsust. Ettevõtte usaldatavuse aluseks on küllaldased (tootmis)ressursid, mille all mõistetakse üldiselt kõiki vahendeid ja võimalusi, mida vajatakse tootmiseks (mäenduses - kaevandamiseks). Klassikalise, kõige üldisema jaotuse kohaselt on tootmisressurssideks loodusvarad, inimesed ja kapital. Kuna ressursid on olulised, siis on loomulik, et ettevõtte asutamisele eelneb põhjalik ressursside hinnang, ressurssoloogiline analüüs. Mäeettevõtte asutamise tasuvusuuringu (3.1.1) ja projekti üheks esimeseks osaks olev ressurssoloogiline analüüs võiks olla tehtud järgmise kava kohaselt.

#### A. Mäendusressursid

##### A.1. Maavaravaru

A.1.1. Maavara uuritus: uurimise aeg, seda teinud ettevõtte, organisatsioon, asutus, uuringu meetodid, varude liigitus (aktiiv- ja passiivvaru, tarbe- ja reservvaru).

A.1.2. Maavara kogus ja paiknemine: väljad, plokid, lasundid (kehad, kihid, kihindid), ettevõttele vajalik kogus sõltuvalt tema plaanitavast east, varu reserv, kaasnevad maavarad ja maarded.

A.1.3. Maavara kvaliteet geoloogiliste uuringute alusel, täiendavate uuringute alusel, vastavus rahvusvahelistele kvaliteedinõuetele, keskkonnakaitsele, sanitaarhügieenilistele ja teistele tingimustele, kvaliteedi muutlikkus (püsivus), kvaliteedi parandamise võimalused rikastamisega jne.

A.1.4. Maavara kaevandatavus: ava- või allmaakaevandamine, allveekaevandamine ehk ammutamine, energiamahukus, keskkonnakahjulikkus jt üldküsimused lähtuvalt paikkonna majandusgeograafilistest, klimatoloogilistest, sotsiaal- ja üldpoliitilistest



oludest.

#### A.2. Mäendustingimused

A.2.1. Lasumus: lihtne või keeruline lähtuvalt mäendustingimuste klassifikatsioonist, nende mõju tehnoloogiale, kaevisse ja kauba kvaliteedile, väljamistegurile jne.

A.2.2. Kõrvalnähud: kaasnevad maarded ja kaevised, vesi, gaasid, temperatuur ja nende mõju kõrvaldamise, leevendamise või kasutamise võimalused.

#### B. Tehnoloogilised eeldused

##### B.1. Kaevandamise tehnoloogia

B.1.1. Olemasolev tehnoloogia hõlvatud maardla osal, naaberväljadel või analoogilistes tingimustes, selle kasutatavus, head ja halvad küljed.

B.1.2. Võimalikud uued tehnoloogiad, nende tõhusus ja kasutamisrisk.

##### B.2. Töötlemise tehnoloogia

B.2.1. Oma ettevõttes: rikastamine, esmane töötlemine jne kuni turu nõueteni, selle vajadus ja võimalused.

B.2.2. Tarbijate juures, arvestades nende tehnoloogiat ja selle uuendamise võimalusi, samuti võimalike uute tarbijate juures.

##### B.3. Tehnoloogiline varustus

B.3.1. Energiavarustus: elekter, kütused jm.

B.3.2. Veevarustus, eriti rikastamiseks, omaressurss, veebilanss.

B.3.3. Erivarustus: lõhkematerjalid, puit, metall jm, nende tarnijad, vedu, hoidmine jne.

#### C. Majanduslikud eeldused

##### C.1. Turg

C.1.1. Hetkenõudlus: kogused, ostjad, pakkujad, hooajalisus, hinnad ja nende kõikumine, hinnatrend, kõik kavandataivate tooteliikide kaupa.

C.1.2. Nõudluse prognoos lähiaastaks eelmise punkti struktuuri kohaselt ja üldisemalt ka pikema aja (5...10 aasta) peale trendide alusel.

C.1.3. Toodangu turupüsivus: võimalikud konkurendid uute toodete näol, tarbimise võimalik muutus, ökoloogilised, poliitilised jm mõjurid kavandatud tooteliikide turul.

C.1.4. Nõudluse areaal: sisemaine, välismaine, vedu jne.

##### C.2. Kapital

C.2.1. Vajalik kapital: maavarakapital, tootmiskapital (põhivahendid), maakapital, käibekapital, kõik ehitus- ja tootmisaastate kaupa.

C.2.2. Kapitalituru hinnang: riigi seisukoht (olla osanik, rahastaja, garanteerija), kapitali käibemaht, kapitalituru (võimalike rahastajate) suhtumine mäetööstusesse. Vajalikud kapitalimahutused ehitusaastate kaupa.

C.2.3. Kapitali hind: kasvikunormid, inflatsiooniprognos, võimalikud soodustused jne.

##### C.3. Tasuvus

C.3.1. Kasumimass siserahas ja konverteeritavas rahas välisturgude arvelt.

C.3.2. Kasumi kestus, tulusa toodangu kasvu ja languse aeg, tasuvusaeg.

#### D. Sotsiaalsed eeldused

##### D.1. Tööjõud

D.1.1. Tööjõu pakkumine (olukord tööturul) üldiselt ja kavandatava ettevõtte piirkonnas, värbamise ja migratsiooni tingimused.

D.1.2. Tööjõu kvaliteet (mäetöölised, ehitustöölised, meestööjõud).

D.1.3. Tööjõu ettevalmistus ja õpe: kodumaised võimalused, välisõppe vajadus, õppe korraldus ja aeg.

##### D.2. Infrastruktuur

D.2.1. Sotsiaalne infrastruktuur : asulad, puhkemajandus.

D.2.2. Mäetööstuse mõju infrastruktuurile, ettevõtte osalus selle arendamisel.

##### D.3. Ühiskonna suhtumine ettevõttesse

D.3.1. Ühiskondlik hoiak: tööstusevastane või pooldav.

D.3.2. Hoiaku kujundamise võimalused ja maksumus: kulutused uuringutele, kultuurile, haridusele jne.

#### E. Keskkonnakaitse eeldused

##### E.1. Keskkonna taluvus

E.1.1. Keskkonna tüüp: puutumata, kultuurmaastik, jäätmaa.

E.1.2. Taluvus ja taastatavus: mõju suurus ja ulatus mäetööde ajal, nende tasandatavus, rekultiveerimise suunad ja maht, mõju hääbumine pärast mäetöid, võimalikud posttehnoloogilised nähud.

##### E.2. Keskkonna väärtus

E.2.1. Looduslik väärtus: biogeotsünoosi unikaalsus, kaitsealade ja -objektide olemasolu kaeveväljal ja lähikonnas.

E.2.2. Kultuuriväärtus: ajalooliste ja kultuurilooliste objektide olemasolu kaeveväljal ja

lähikonnas.

E.2.3. Puhkemajanduslik väärtus: metsade, veekogude ja maastike väärtus puhkealana.

E.2.4. Majanduslik väärtus: põllu ja metsa ning veeressursside hind.

### E.3. Keskkonnakaitse reaktsioon

E.3.1. Reaktsiooni prognoos: võimalikud vastumeetmed ühiskondlikul ja seadusandlikul tasandil nii sise- kui välismaal, riigi reaktsioon.

E.3.2. Reaktsiooni hind: kulutused uuringutele, keskkonnakaitseks, kultuuri- jt fondidesse, ühiskondliku arvamuse mõjutamiseks jne.

Ressursside analüüs ja selle vormistamine siin esitatud ja märksõnade tasemel avatud kava järgi eeldab mahukat andmebaasi, süsteemse lähenemise oskusi ja erinevate alade ekspertide koostööd ning on seetõttu jõukohane vaid vastavatele büroodele.

## Mäehariduse taotleja peab lõpuprojektis (-töös) järgima võimalikult täpselt esitatud kava

### 2.3.2. MAAVARA KASUTUSÕIGUSE HANKIMINE

Maavara uurimis- ja kaevandamislubade hankimine on mäetööstusmaades keerukas. Hankimisreeglite hea tundmine on oluline igale mäeinsenerile. Peaaegu kõikjal raskendavad kaevandamisõiguse saamist maaomanikud, keskkonnakaitsjad ja konkurendid.

**Maaomanike vastuseis** on tingitud soovist loovutada omand võimalikult kallilt või siis soovimatusest loobuda loomupärasest tegevusest. Kõige lihtsam on omanikuga, kes tahab müüa maad võimalikult kallilt. Tavaliselt on seadustega reguleeritud nii maa sundvõõrandamise kord kui ka maa hind ja võõrandamistasu. Kuna mäetööstus on suurema kasulikkusega kui maaviljelus, siis maa ja isegi kinnisvara ostmine ei ole mäetööstusele oluline kulu. Maailmas, eriti nn Uues Maailmas, Ameerikas, on tavaline, et maaomanik soovib maad müüa, sest mäetööstusele võõrandatud maa eest saab rohkem, kui on vaja uue maatüki ostmiseks või rentimiseks. Raskem on võitu saada maaomanike soovist jätkata loomupärasest tegevusest nn Vanas Maailmas, ka Eestis, eriti kui tegemist on põlistaludega. Siiski on näiteid Saksamaalt, kus pikaajalise parlamenti ulatava tegevuse tulemusel on pruunsõemaardlalt ümber asustatud terved külad, mis asustustiheduse ja hoonestuse poolest ei erine oluliselt Eesti vanade väikelinnade südakvartalitest. Selline protsess on pikaajaline ja laheneb mäetööstuse kasuks enamasti alles maaomanike põlvkonna vahetumisega.

**Keskkonnakaitsjate vastuseis** on loomulik, kuna mäetööstus rikub looduskooslust. Keskkonnakaitsjate arukam osa on võidetav, kui kaevandamisõiguse taotleja suudab tõestada, et mäeettevõtte töötab loodussõbralikult ja mäetööstusest saadav kasu ületab keskkonna muutustest tuleneva kahju. Korralikku tehnoloogiat ja piisavalt raha kasutades võib uus kujundatud maastik olla isegi väärtuslikum kui kaevandamiseelne, aga isegi see ei veena nn põhimõttelisi keskkonnakaitsjaid. Neid tuleb võtta kui loomulikku nähtust.

Ameerika kirjanik John Steinbeck on küllap piisava kogemuse alusel öelnud, et ka pohmell on loomulik nähtus, mitte karistus.

**Konkurentide tegevus** peaks olema mõistetav ja sellega tuleb arvestada. Näiteks üheksakümnendate aastate algul, kui Põhjamaade kapital tundis huvi Kunda tsemenditööstuse vastu, tuli arvestada ka võimalusega, kas mitte nii ei soovita konkurentsist välja lülitada väga suure ressursiga Virumaa tsemendilubjakivi ja -savimaardlad. See kartus osutus alusetuks.

Selleks et maavarade uurimis- ja kaevandamisõigust taotleda kiiresti ja kehtivate seaduste ning juhendmaterjalide alusel, tuleb taotlemist õppida. Eriti oluline dokument on **Maavara kaevandamise loa taotlemise ja väljaandmise kord**, mis on antud juhul kohustuslik õppevahend.

Kaevandamisõiguse saamise kord võib riigiti erineda. Teada olevatest kõige kentsakam oli kahekümnenda sajandi kahekümnendatel aastatel Lõuna-Aafrikas korraldatud teemandijooks. Teemantide kaevandamine puistemaardlates toimus käsitsi. Kaevandamisõigust uuel maardlal tuli taotleda umbes kümme tuhat diggerit, üksikkaevurit, kellest igapähe oli õigus saada 225 m<sup>2</sup> suurune mäeeraldis, *claim*. Igale *claimile* tuli vähemalt viiskümmend taotlejat. Kuna teemantide käsitsi kaevandamisel on peale õnne oluline ka kaevuri füüsiline vastupidavus, siis otsustas pädev ametnik (*prospektor*) korraldada võidujoosu. Taotlejad rivistati üles paari kilomeetri kaugusel maardlast ja lasti korraga paremate *claimide* poole jooksu. Neegrid, kellele maa tegelikult kuulus ja kelle maa peal valged mehed, habe lehvimas, jooksid, hoiti eemale.

### 2.3.3. ETTEVÕTTE PROJEKTEERIMISE KORRALDAMINE

Käsitleme mäeettevõtte projekteerimist eeldades, et vajalikud eeltööd, sealhulgas tasuvusuuring, on tehtud ja kaevandamisloa olemas. Kaevandamisloa taotlemise ja saamise korda käsitleti eelmises punktis, tasuvusuuringute metoodikat tutvustatakse kolmandas osas. Kui mainitud tööd on tehtud, siis on projekt põhimõtteliselt visandatud: on teada kaevandamise moodus (ava- või allmaakaevandamine), avamise skeem ja kaevandamisviis.

Projekteerimise kord on üldjoontes kindlaks määratud. Eriti karm kord kehtis nõukogude majanduses, kus praktiliselt kõik projekteerimise järgud, tegijad jne olid rangelt ette kirjutatud. Kuigi turumajandus lubab ettevõtte projekteerimisel suuremat vabadust kas või projekteerija valikul, kehtivad ikkagi seadused, juhised ja reeglid, mille järgimine tagab tehniliselt ja majanduslikult kindla lahenduse ning parema kvaliteedi ja projekti kiirema heakskiitmise.

Projekteerimise korraldamise seisukohalt on oluline projekteerija ja ettevõtte asukoha valik.

**Projekteerija valik.** Ressursside hindamise metoodika juures oli mainitud, et mäeettevõtte rajamisega, loomulikult ka projekteerimisega seotud tööd nõuavad sügavaid erialaseid oskusi. Projekteerija peaks olema spetsialiseerunud just sellistele töödele. Nõukogude ajal oli kord sedavõrd range, et teatavat liiki kaevanduste ja karjääride projekteerimise õigus oli antud kindlatele projektinstitiutidele. Nii tohtis põlevkivikaevandusi ja -karjääre projekteerida vaid Peterburi *Giprošah*t, fosforiiditootmisettevõtteid Moskva *Gosgorhimprojekt* jne. Vähem reglementeeritud majandussüsteemis niisiis ka praegu Eestis piisab, kui projekteerijaks valitud ettevõttel (ettevõtjal) on riiklik mäetööde tegevuslitsents ja selles lubatava tegevusena projekteerimine. Põhimõtteliselt tohib ettevõtte, kui tal on litsents, ise projekteerida oma ettevõtte. Üldiselt korraldavad Eestis rajatiste ja hoonete projekteerimist ning ehitamist ning lubade taotlemist planeerimis- ja ehitusseadus ja sellel baseeruvad normdokumendid.

Ettevõtte või organisatsioon, kes asub mäeettevõtet projekteerima, teeb tavaliselt peaprojekteerija tööd. Peale oma osa tellib ta spetsialiseerunud projekteerijatelt alaprojektid näiteks

- maa-ala territoriaalplaneeringut arvestava ettevõtte asukohavaliku
- kommunikatsioonide (raudtee, maantee, elektriliinid, veevarustus ja kanalisatsioon jms) projektid
- hoonete projektid
- rekultiveerimisprojekti või -kava jt

On mõeldav <sup>1</sup>, et mäeettevõtte, kui ta on peaprojekteerija, tellib ka mäetööde projekti teistelt ja täidab vaid allprojektide tellija ning projekteerimise koordineerija osa.

**Mäeettevõtte asukoha valik** (kaevanduse tehnokompleksi asukoha valik). Mäeettevõtte paigutamine majanduslikult, ajalooliselt ja kultuuriliselt kujunenud keskkonda on komplitseeritud ülesanne, mille lahendamine nõuab palju kooskõlastamisi ja kahjude hüvitamist. Seetõttu tuleb suure majandusgeograafilise mõjuga mäeettevõtte projekteerimisel teha mahukas eeltöö ettevõtte asukohaprojekti (sobitusprojekti) näol. Seda tehes arvestatakse ettevõtte huvisid, mille kohaselt asukoht valitakse kaevandamiskulude minimeerimise seisukohalt, kuid jälgitakse ka teiste omanike ning ühiskonna huvisid, mille kahjustamine võib oluliselt mõjutada mäeettevõtte tegevuse tõhusust. Ülesanne lihtsustub, kui ala kohta, kuhu ettevõtte on kavas rajada, on tehtud maavara arvestav territoriaalplaneering. Kahjuks on üheksakümnendate aastate Eesti majandussituatsioon, eriti maareform ja majandusnihilistlik tegevus muutnud varem tehtud territoriaalplaneerimiskavad kasutamiskõlbmatuks.

### 2.3.4. ETTEVÕTTE EHITAMISE KORRALDAMINE

Nii nagu projekteerimiselgi on mäeettevõtte ehitamisel tavaliselt üks peaettevõtja ja mitu allettevõtjat. Kõige loomulikum on, et peaettevõtja on ehitatav mäeettevõtte ise. Nõukogude ajal see tavaliselt nii ei olnud, sest mäeettevõtte õigustatud tegevuseks loeti ainult tootmist. Kaevandusi ja karjääre ehitas mäeettevõtete rajamisele spetsialiseerunud ehitusministeeriumile alluv ettevõtte. Huvide kaitseks ja töö vastuvõtuks organiseeris mäeettevõtte (-koondis, -trust) ehituse juurde töörühma, millest ettevõtte valmimise käigus formeerus uue ettevõtte juhtkond. Tihti tegi ehituse tellija või tulevane ettevõtte ise

<sup>1</sup> 2008. a juba täiesti loomulik.

alltöövõtu korras ära suure osa ehitustööst, eriti allmaatööst, mis oli tingitud peamiselt sellest, et ehitusministeeriumile alluv organisatsioon ei tohtinud oma töölistele allmaatöö eest maksta nii kõrget palka, kui seda võis kaevandus. Tööjõuavaes kaevanduspiirkonnas ehitusettevõtte lihtsalt ei saanud värvata nii palju tööjõudu kui ehitamiseks tarvis. Kaevanduskoondisel oli seda teha lihtsam ja pealegi oli just temal kiiresti kaevandust vaja. Selline riiklikule majandusjuhtimisele omane töökorraldus oli ebaratsionaalne. Töökorralduses oli palju paralleelismi ja liigset kooskõlastamist.

Loomuliku töökorralduse juures peaks peatevõtjaks olema mäeettevõtte ise, kes tellib eritööd näiteks kommunikatsioonide, hoonete, hüdrotehniliste rajatiste jms ehitamise spetsialiseerunud ehitusettevõtetele ja teeb ise peamiselt mäetööd - avamise, kapitaalkaevanduste rajamise, lõigustamise ning paigaldab seadmed. Sellise töökorralduse eeliseks on ettevõtte töötajaskonna kujundamine ja harjutamine veel enne kaevandamisele asumist. Kuid isegi sellise töökorralduse puhul võib osutada otstarbekaks tellida teistelt ettevõtetele osa mäetööd näiteks šahtide rajamise, kapitaalkaevandite toetamise (betoneerimise), seadmete paigaldamise jms.

### 2.3.5. ETTEVÕTTE SULGEMINE

Mäeehitised rajatakse maapõue, nad on seotud keskkonnaga. Mäenduse hea tava nõuab, et juba ettevõtte asutamisel ja projekteerimisel nähtaks ette kaevanduse ja karjääri töö keskkonnaohutu lõpetamine, mäeettevõtte sulgemine. Eriti oluline on see lavamaardlates, kus mäeehitised paiknevad suurel alal.

Eestis on mäeettevõtte sulgemise seaduslik alus sätestatud maapõueseadusega ja sellel tuginevate aktidega (p 2.1.1....2.1.3, tabel 2.1) <sup>1</sup>. Olulisemad neist on kaks: "Mäetööde lõpetamise ja peatamise kord", ning "Pealmaakaevandamisega rikutud maa rekultiveerimise kord". Kolmas oluline dokument, "Turba tootmisalade rekultiveerimise kord" ainult täpsustab eelmist <sup>2</sup>.

Mäetööde lõpetamise ja peatamise kord käsitleb nii maavara kaevandamist kui ka muid maapõues tehtavaid töid. Normaalselt lõpetatakse mäetööd, kui eesmärk on saavutatud, maavara ammendatud või allmaaehtis rajatud. Kuid lõpetamisprotseduur tuleb läbi teha ka siis, kui mingil põhjusel ei saa mäetööd jätkata. Põhjuseks võib olla ränk avarii, mis teeb edasise töö ohtlikuks või võimatuks. Teisi lõpetamise põhjuseid näiteks mäeettevõtte pankrotistumist kord ette ei näe. Kui see juhtub, läheb lõpetamise korraldamine Tehnilise Järelevalve Inspeksiooni pädevusse.

Peatamise all mõistetakse tavapärase mäetöö seiskamist majanduslikel või tehnilistel põhjustel, sh avarii tagajärjel.

Mäetööde lõpetamine ja peatamine toimub kaevandamisloa või allmaaehtise rajamisloa valdaja initsiatiivil. Korra kohaselt tuleb sellest riigi- või omavalitsusasutustele varakult (avarii puhul otsekohe) teatada, rakendada vajalikke meetmeid, koostada projekt. Kõik see on sätestatud normdokumentidega mille järgimist kontrollib Tehnilise Järelevalve Inspeksioon.

Mäetööde lõpetamise ja peatamise range kord on kehtestatud selleks, et tagada maavaravaru võimalikult täielik kasutamine, välistada kaeveõnne varingud ja põlengud ning neisse kukkumine. Kahjuks ei ole mäeettevõtte sulgemise kord Eestis tagatud majandusmeetmetega. Ei ole sätestatud ega olegi võimalik ette näha, kust võtta raha siis, kui kümneid või sadu aastaid tagasi suletud mäeettevõtete aladel ilmnevad kunagise kaevandamise ebasoovitavad järelnähud.

See, mis toimub kaevandatud aladel hiljem, kui mäeettevõtte on lõpetanud oma tegevuse, kannab üldnimetust **posttehnilised protsessid** (Wallwork, 1979, Naumov, Reinsalu, 1990). Posttehnilised protsessid võivad avalduda ja mõjutada keskkonda ning inimtegevust ka sadu aastaid pärast mäetööd. Kahjulikud ilmingud võivad leida aset ka juhul, kui mäeettevõtte on korralikult suletud. Ammu suletud kaeveõnne varingud, näiteks Tallinna-Narva maanteealustal Kukuruse kaevanduse stollide vajumine ja allmaapõlengud Kukuruse ning Küttejõu põlevkivikaevandustes on tüüpilised posttehnilised protsessid. Seda oli ka 1997. aasta augusti teisel nädalal Eesti sõltumatus televisioonis näidatud suletud kaevandusest väljuva gaasi süttimine ühes Austraalia jões.

<sup>1</sup> Kaevanduse sulgemisprotsess koosneb kahest tegevusest. Üks on kaevandamiseks antud maavara ammendamiseks kuulutamise ja kaevandamiskoha korrastamine. See kuulub maapõueseaduse alla <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=12894933>. Teine on kaevandite ohutuks või taaskasutamiskõlblikuks muutmine. See on kaevandamiseseaduse osa vt. <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=12894801> ja vastav kord <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?replstring=33&dyn=12894801&id=672988>

<sup>2</sup> 2005. a maapõueseadus ühendas mõlemas rekultiveerimise korrad ühiseks korrastamisjuhendiks <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?replstring=33&dyn=12894933&id=905828>

Mäeettevõtete sulgemise majanduslikud ja õiguslikud aspektid ei ole piisavalt korras. Olulisemad probleemid.

- Enamik Eesti mäeettevõtteid, kus maavara on ammendatud, ei ole suletud, korrastatud ega rekultiveeritud praeguse korra kohaselt. Hulk mäeettevõtteid on hüljatud, paljud sisuliselt, mõni juriidiliselt pankrotistunud. Selline oht tekib ka põlevkivitööstuses pärast AS Eesti Põlevkivi tütarettevõtete erastamist. AS Eesti Fosforiidi karjäär on hüljatud just nii.
- Kõik kaevandamismõju vastased meetmed lähtuvad eeldusest, et maapõue rahunemine on pidev protsess ja tehnoloogiliselt saavutatud rahunemine on lõplik. Tegelikult on Kirde-Eestis sadu ruutkilomeetreid maad, mis seisab tervikutel, mille arvestuslik eluiga on ebamääraselt "üle kahe aasta". Neid alasid nimetatakse kvaasistabiilseteks, ebakindlateks.
- Ettevõtte sulgemine tähendab kaevandamise lõpetamist mäeeraldisel. Tavaliselt jääb mäeeraldisele alati kaevandamata maavara, mis tuleb kaevandamise käigus maha kanda. Ettevõtete sulgemisel on aga selgunud, et aastaid on maavarakadu varjatud, see on kuhjunud ja sulgemisel ei ole jääkvaru väljamiseks enam tehnilisi ega majanduslikke võimalusi.
- Ettevõtte sulgemisel tuleb kogu mäeeraldis ja selle teenindusmaa korrastada. Kuigi Eesti maapõueseadus nõuab kaevandamisega rikutud maa rekultiveerimist, on täpsem juhendmaterjal vaid avakaevandamisega rikutud maa kohta. Allmaakaevandamisega rikutud maa rekultiveerimise kord puudub, sest vaikumisi on eeldatud, et sel juhul pole maastiku ja looduskoosluse muutumine nii suur ega mõju nii laialdane kui avakaevandamisel. Allmaakaevandamisest tekkinud langatusalade korrastamisel juhindub vastav normdokument (Maa, ehitiste ning loodusobjektide hoidmise kord allmaakaevandamisel) avakaevandamisega rikutud maa rekultiveerimise nõuetest.

### Mäeettevõtte sulgemine on probleem, millega tuleb tegelda alates ettevõtte asutamisest

#### 2.3.6. KONTROLLKÜSIMUSED

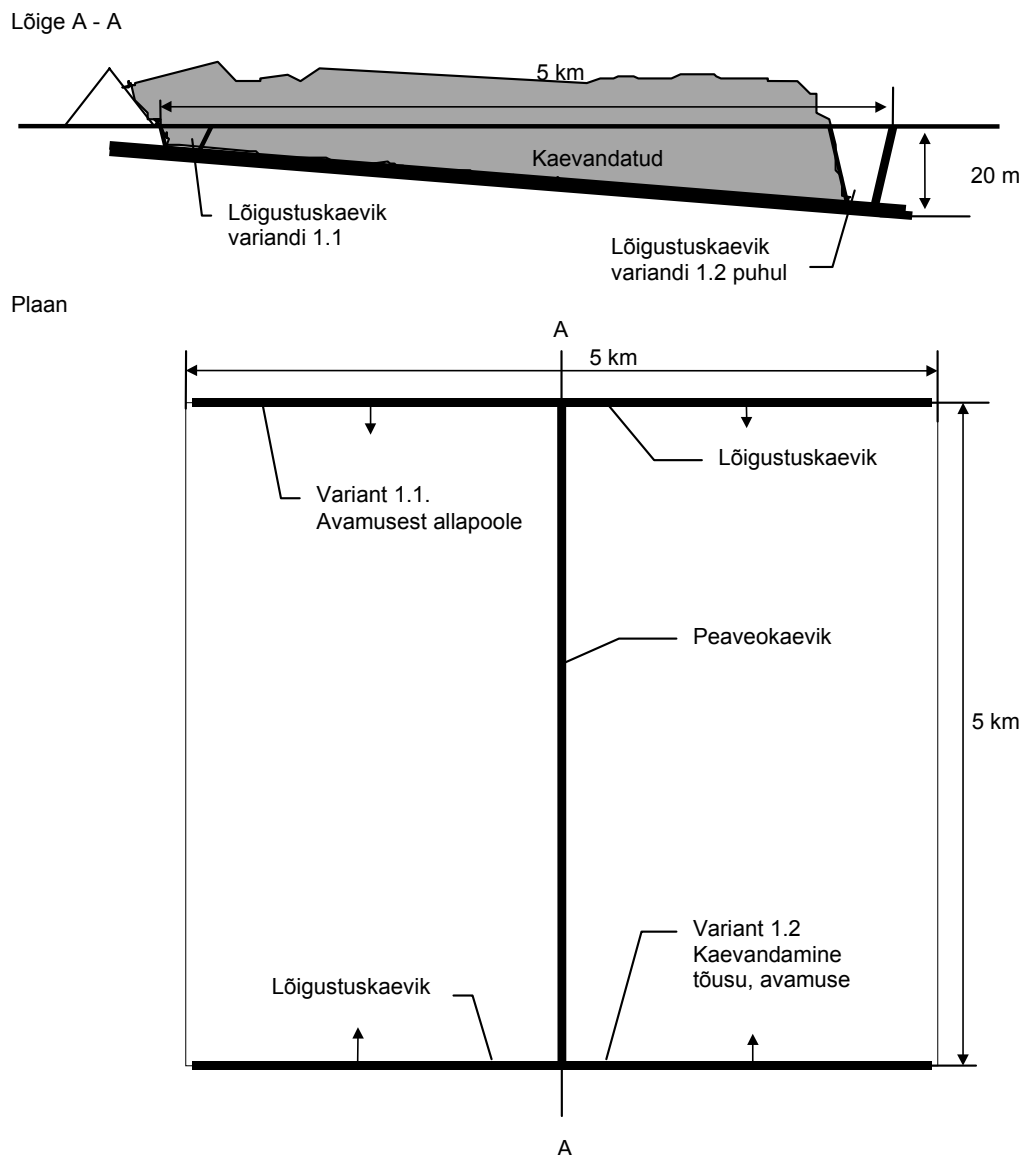
- Loetlege ja kirjeldage mäeettevõtte rajamise mäendusressursse.
- Loetlege ja kirjeldage mäeettevõtte rajamise tehnoloogilisi eeldusi.
- Loetlege ja kirjeldage mäeettevõtte rajamise majanduslikke eeldusi.
- Loetlege ja kirjeldage mäeettevõtte rajamise sotsiaalseid eeldusi.
- Loetlege ja kirjeldage mäeettevõtte rajamise keskkonnakaitselisi eeldusi.
- Kuidas korraldada mäeettevõtte projekteerimist?
- Kuidas korraldada mäeettevõtte ehitamist?
- Kuidas korraldada mäeettevõtte sulgemist?
- Millistel juhtudel tuleb mäetööd lõpetada ja millal peatada?
- Millised on peamised probleemid suletud mäeettevõtetega Eestis?

#### 2.4. KAEVANDAMISE KORRALDAMINE

##### 2.4.1. KAEVEVÄLJA AVAMISKORRA VALIK

On tavaline, et karjäär või kaevandus avatakse kohas, kus maavara on kõige paremini kättesaadav ja kõrgeima kvaliteediga. Sellist avamiskorda on kritiseeritud, sest nii kasutatakse ära kõige parem varu ja hiljem võib osa mäeeraldisest varu jääda kaevandamata. Samuti loetakse puuduseks, et nii luuakse pidevalt halveneva majandusega ettevõtte. Tegelikult tuleneb parimast kohast algav avamiskord majandustingimustest, algkapitali kiire tagastamise vajadusest. Vaadelgem praktilähedasi näiteid töö alustamisest karjääri- ja kaevandusväljal avamise poolt ja kaugemalt. Näited on ülimalt lihtsustatud ja sellisel kujul ei tohi neid kasutada isegi mitte üliõpilastööl.

**Näide 1.** Karjääri rajamine kihtmaardla avamise juurde. Avamise skeem on lihtsustatud kujul toodud järgmisel.



Joonis 2.1 Karjääri avamise skeem

Lähteandmed:

Kihi kalle	4 / 1000
Kihi keskmine tootlus	3,3 t/m <sup>2</sup>
Karjääri kaevandamisvõime	2 miljonit t/a
Kevandamise kestus	40 aastat

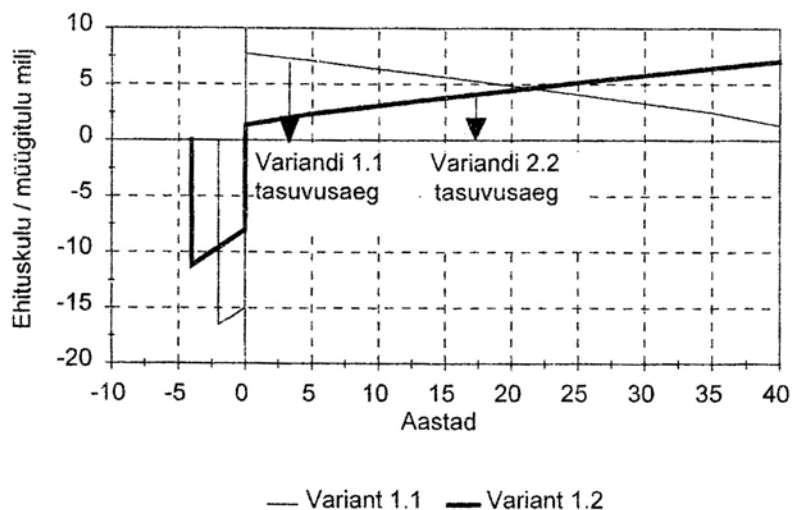
Vajaliku toodangu tagamiseks peab karjääriväli olema  $2 \times 40 / 3,3 = 24,2 \text{ km}^2$ . Võtkem  $5 \times 5 \text{ km}$  (joon. 2.1), mille puhul avamusest eemaldudes kasvab katend  $5000 \times 4 / 1000 = 20$  meetrini.

Sellise karjäärivälja avamiseks on kaks võimalust: kas alustada kaevandamisega avamuse juures ja töötada languse suunas (variant 1.1) või minna peaveokaevikuga välja sügavaima osani, avada seal ja tulla kaevandamisega tõusu suunas (variant 1.2). Esimesel juhul kasvavad katenditegur ja veotee pidevalt. Põlevkivikarjäärides, mida siin silmas on peetud, kahaneb avamuse poolt alla minnes ka kihindi paksus, kuid antud näite puhul pole see eriti oluline. Majanduskriteeriumiks on võetud kaevandamiskasum - müügitulu ja käituskulu vahe, mida suurima katendi paksuse ja veotee pikkuse juures pole. Esimesel juhul kahaneb kaevandamiskasum suurimalt väärtuselt kaevandamise alguses nullini kaevandamise lõppedes, teisel juhul vastupidi kasvab vähimast suurimani.

**Variant 1.1.** Avamusest allapoole töötav karjäär hakkab kiiresti toodangut andma, sest vaja on rajada vaid 5 km madalat kaevikut. Rajamistö vältus on 2 aastat. Tööde käiku ja ehituskulu ning müügitulu illustreerivad põhimõttelist laadi tabel 2.4. ja diagramm joonisel 2.2 .

Tabel 2.4 LIHTKAEVANDAMISEGA KARJÄÄR LAUGE KIHINDI AVAMUSE JUURES

Kaevandamise aeg	Keskmine aasta	Katendi Paksus m	Kihindi Paksus m	Katendi-Tegur t/m	Veotee km	Kaevandamiskulud kaevise ühikule 1/t				Sisse-Tulek 1/t	Müügi-Tulu 1/t	Aasta-Tulu milij
						Paljandus	Väljamine	Vedu	Kokku			
Variant 1.1. Kaevandamine avamusest allapoole												
Algus	0	1,0	3,0	0,20	0,2	0,10	1,00	0,02	1,12	5,00	3,88	7,76
1	5	2,5	3,0	0,49	1,9	0,25	1,00	0,19	1,44	5,00	3,56	7,13
2	15	7,5	2,9	1,52	3,1	0,76	1,10	0,31	2,17	5,00	2,83	5,66
3	25	12,5	2,8	2,63	4,4	1,31	1,20	0,44	2,95	5,00	2,05	4,09
4	35	17,5	2,7	3,81	5,6	1,91	1,30	0,56	3,77	5,00	1,23	2,47
Lõpp	40	20,0	2,65	4,44	7,5	2,22	1,35	0,75	4,32	5,00	0,68	1,36
Variant 1.2. Kaevandamine karjäärivälja lõpust avamuse poole												
Algus	0	20,0	2,65	4,44	7,5	2,22	1,35	0,75	4,32	5,00	0,68	1,36
1	5	17,5	2,7	3,81	5,6	1,91	1,35	0,56	3,82	5,00	1,18	2,37
2	15	12,5	2,8	2,63	4,4	1,31	1,35	0,44	3,10	5,00	1,90	3,79
3	25	7,5	2,9	1,52	3,1	0,76	1,35	0,31	2,42	5,00	2,58	5,16
4	35	2,5	3,0	0,49	1,9	0,25	1,35	0,19	1,79	5,00	3,21	6,43
Lõpp	40	1,0	3,0	0,20	0,2	0,10	1,35	0,02	1,47	5,00	3,53	7,06



Joonis 2.2 Karjääri ehituskulu ja müügitulu muutumise diagramm

Diagrammi ajatelje negatiivsel poolel on ehituskulu 30 milij (tinglikku raha)ühikut, mis jaotub võrdselt kahe ehitusaasta peale. Ehituskulule on lisatud lineaarsena laenukasvik 10% aastas. Ajatelje positiivsel poolel on kahanev aastatulu. Eelolevate aastate tulu langus on võetud 10% intensiivsem võrreldes sellega, mida põhjustaks mäendustingimuste mõju. See imiteerib mõnevõrra tulevikutulu vähemat tähtsust, mille täpsema arvestamise meetoodika esitatakse hiljem kolmandas osas.

Diagrammi 2.2 abil saab ligikaudselt hinnata aega, mille jooksul karjääri müügitulu annab kokku summa, mis kulutati karjääri ehitamiseks. Kujutab ju vasakul pool olev graafiku ja horisontaaltelje vaheline pindala raha, mis kulutati karjääri ehitamiseks. Parem pool olev graafikalune pindala kujutab raha, mis saadakse toodangu müügist kasumina. Iga rahastaja tahab võimalikult kiiresti tagasi saada ärisse paigutatud raha. Mida lühem on see aeg, seda rutem võib alustada uut äri, mis jällegi sisse tooks. Aeg, mille jooksul saab tagasi ettevõttesse paigutatud raha, kannab nime **tasuvusaeg**. Toodud näite puhul tuleb hinnata, millal paremal pool vertikaaltelge müügitulu graafiku all olev aja jooksul kasvav pindala saab võrdseks vasakul pool vertikaaltelge oleva summaarset ehituskulu kirjeldava pindalaga. Aeg, mille lõpul pindalad võrdsustuvad, ongi tasuvusaeg. Diagrammi ja selle aluseks olevat tabelit uurides on näha, et karjääri ehitamiskulu koos kasvikutega 33 milij ühikut koguneb variandi 1.1 puhul 4...5 aasta müügitulust.

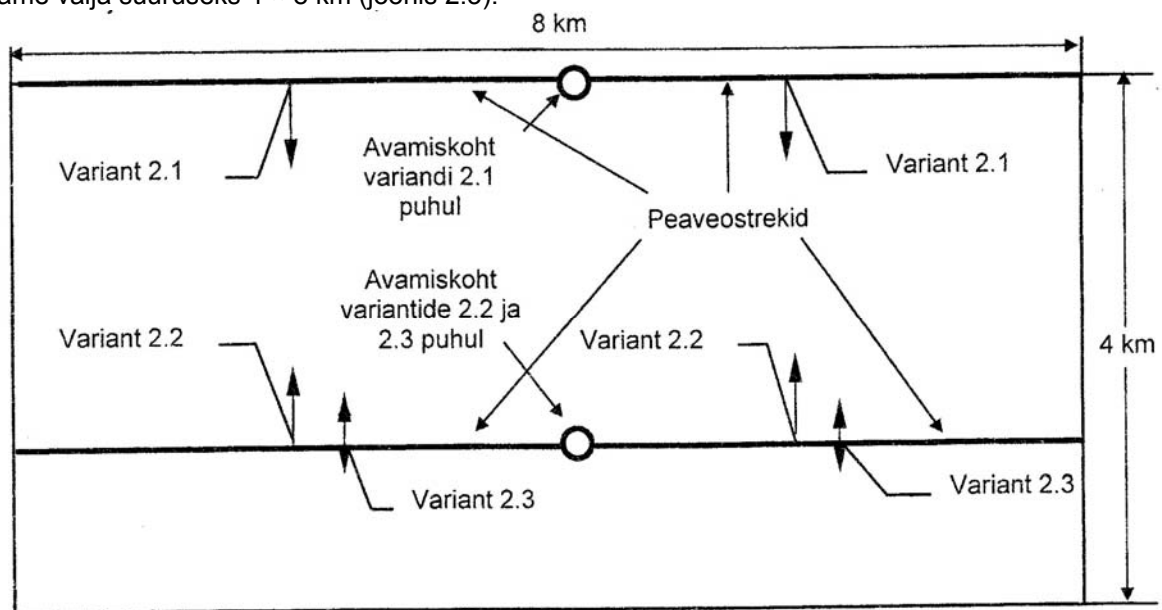
**Variant 1.2.** Avamistöe maht on suur - rajatakse 5 km pikkune veokaevik karjäärivälja sügavuspiirini ja sellel piiril veel 5 km sügavat (kuni 20 m) avakaevikud 2,5 km kummalegi poole. Selle tulemusel on karjääri rajamisaeg 4 aastat. Ehitustöö kallineb kaevikute rajamise tõttu 2 milj võrra. Pikema laenuaja tõttu on suurem ka kasvuk. Tootmise alguses müügitulu puudub, kuid see tekib peatselt ja hakkab kasvama. Ka variandi 1.2 eelmisega analoogiline ehituskulu-müügitulu diagramm on joonisel 2.2. Selle variandi puhul on tasuvusaeg 16...17 aastat, seega 4 korda pikem kui variandil 1.1.

**Kuna rahastajad on huvitatud lühimast tasuvusajast, siis plaanitakse mäettevõtteid kahaneva kasumiga**

**Näide 2. Kaevandus lauges kihtmaardlas.** Lähteandmed on samad mis eelmise näite puhul: kalle 4/1000; 3,3 t/m<sup>2</sup>; 2 milj t/a ja iga 40 aastat. Kuna allmaakaevandamisel (pidades silmas põlevkivikaevandust) on maavara kadu kuni 25% (väljamistegur 0,75), peab kaevandusväli olema mõnevõrra suurem

$$2 \times 40 / 3,3 \times 0,75 = 32,3 \text{ km}^2$$

Võtame välja suuruseks 4 × 8 km (joonis 2.3).



Joonis 2.3 Kaevandusvälja avamise skeem

Ka antud juhul huvitab meid kaevevälja avamise kord. Võtame mitte just päris juhuslikult vaatluse alla kolm varianti. Eeldame, et kaevanduse ehitamise maksumus on kõikidel variantidel peaaegu ühesugune.

**Variant 2.1.** Kaevandusvälja avamine toimub kihi lasumuse kõrgeimas, s.t parimas kohas. Kaevandatakse ülalt alla, s.t mäendustingimuste halvenemise suunas. Veoteede pikenemise, halveneva veeärastuse (vesi voolab ülalt alla) ja kihi tootluse vähenemise tõttu kasvab pidevalt käituskulu ja kahaneb müügitulu.

**Variant 2.2.** Kaevandusväli avatakse nii, et kaks kolmandikku välja varust jääb avamiskohast ülespoole ja üks kolmandik allapoole. Kaevandama hakatakse alt üles. Seega on tootmise alustamisel kasutada suhteliselt halb, kuid mitte halvim varu. Välja alumise kolmandiku varu kaevandatakse hiljem, kui ülemise kolmandiku varu on ammendatud.

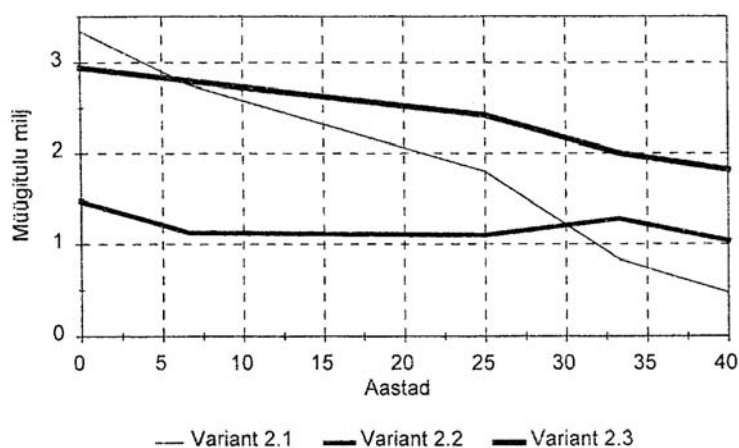
**Variant 2.3.** Avamine toimub eelmise variandi kohaselt, kuid välja ülemise kahe kolmandiku ja alumise ühe kolmandiku varu kaevandatakse samal ajal.

Variantide hindamise meetoodika on samasugune kui karjäärinäite puhul. Arvandmestik on tabelis 2.5 ja diagramm joonisel 2.4.



Tabel 2.5 KAEVANDUSVÄLJA AVAMINE LAUGE KIHHI KAEVANDAMISEL

Kaevandamise aeg	Keskmine aasta	Kihindi paksus m	Veotee km	Väljamis- kulu 1/t	Veokulu 1/t	Kulud kokku 1/t	Sissetulek 1/t	Müügitulu 1/t	Aastatulu milij
Variant 2.1. Kaevandamine ülalt alla									
Algus	0	2,90	1,64	4,00	0,33	4,33	6,00	1,67	3,34
1	6,6	2,85	2,60	4,10	0,52	4,62	6,00	1,38	2,76
2	25,0	2,75	4,50	4,20	0,90	5,10	6,00	0,90	1,80
3	33,3	2,70	6,40	4,30	1,28	5,58	6,00	0,42	0,84
Lõpp	40,0	2,70	7,32	4,30	1,46	5,76	6,00	0,24	0,47
Variant 2.2. Kaevandamine algul alt üles, siis ülalt alla									
Algus	0	2,75	1,64	4,20	0,33	4,53	6,00	1,47	2,94
1	6,6	2,80	3,60	4,15	0,72	4,87	6,00	1,13	2,26
2	25,0	2,90	4,50	4,00	0,90	4,90	6,00	1,10	2,20
3	33,3	2,75	2,60	4,20	0,52	4,72	6,00	1,28	2,56
Lõpp	40,0	2,70	3,30	4,30	0,66	4,96	6,00	1,04	2,08
Variant 2.3. Kaevandusvälja mõlemad osi kaevandatakse samal ajal									
Algus	0	2,75	1,64	4,20	0,33	4,53	6,00	1,47	2,94
1	6,6	2,77	2,10	4,18	0,42	4,60	6,00	1,40	2,80
2	25,0	2,78	3,10	4,17	0,62	4,79	6,00	1,21	2,42
3	33,3	2,79	4,20	4,16	0,84	5,00	6,00	1,00	2,00
Lõpp	40,0	2,80	4,70	4,15	0,94	5,09	6,00	0,91	1,82



Joonis 2.4 Kaevanduse müügitulu kahanemine erinevate avamisvariantide puhul

Ka sellelt diagrammilt võib välja lugeda, et rahastaja meelest on parim variant 2.1, parema varu poolt halvema poole. See avamisskeem tagab laenu kiireima tasumise. Halvim on rahastaja seisukohalt variant 2.2, kuid samas on see kõige stabiilsema käituskulu tagav avamismoodus. Variant 2.3 on kahe esimese vahepealne.

Nende näidete juures on silmas peetud tüüpilise lavamaardla kaevise, põlevkivi kaevandamist. Kaevanduse avamisskeeme võrreldes võib märgata analoogiat Estonia kaevandusega. Asjaolu, et see põlevkivikaevandus on avatud just variandi 2.2 kohaselt, on omaaegse põlevkivitrusti juhtkonna püüdluste viili. Nad suutsid projekteerijat veenda just sellise keskvalitsuse kui rahastaja huvidele mittevastava avamisskeemi kasulikkuses. Analoogiliselt on avatud ka Viru põlevkivikaevandus.

#### 2.4.2. MAAVARAVARU BILANSS

Kaevandav ettevõtte saab maavara kasutuslooga oma käsutusse kindla koguse maavara. Varu võib olla üldjuhul mitmesuguse staatusega: tarbe- või reservvaru, aktiivne või passiivne varu. Tavaliselt on kaevandatav varu siiski aktiivne tarbevaru. Teisalt võib mäeeraldisele sattuda mitmesuguse kvaliteediga maavara, mis tavaliselt on jaotatud ühesuguse kvaliteediga plokkidesse. Riiklikus registris on maavara arvel plokkide kaup. Kaevandades ei pruugi mäeettevõtte järgida geoloogilise uuringu käigus tekitatud plokkide, vaid töötab lähtuvalt tehnoloogilistest ja majanduslikest võimalustest, mis tähendab, et mingi aja, tavaliselt aasta jooksul ammendatakse, s.o väljatakse ja läheb kaduma erinevate plokkide varu. Selleks et aru anda kaevandamiseks antud maavara kasutamise ja ammendamise kohta, peab mäeettevõtte maavaravaru bilanssi. Tabelis 2.6 on esitatud bilansitabeli

tinglik vorm. Täpse vormi ja juhised annab riigi statistikateenistus.

Tabel 2.6 MÄEETTEVÖTTE MAAVARABILANSI NÄIDE  
(varu kogus tuhandetes tonnides)

Varu ploki indeks	Varu aasta algul	Kaevandatud	Kadu	Mahakantud	Äraantud	Juurdesaadud	Ammendatud	Varu aasta lõpul
A-1	1000	100	10	0	100	10	100	800
C-5 jne	10000	0	0	5000	0	2000	3000	7000

Kaevandatud varu on väljatud maavara kogus. See ei pruugi kokku langeda toodetud veel vähem müüdnud maavara kogusega. Põhjuseid on mitmeid. Näiteks ehituskivivaru arvestatakse maapõue kuupmeetrites, mille tähis on m<sup>3</sup>, kaupa, eriti killustikku, mõõdetakse puistekuupmeetrites, mida on soovitatav nimetada kantmeetriteks tähisega (m)<sup>3</sup>. Kui kaubaks on rikastatud maavara, siis selle kogus on rikastamisjääkide võrra väiksem kui kaevandatud maavara hulk. Tegelikult toimub ahelas väljamine ⇒ müük väga keerulisi asendusi: kaevandamisel maavara aherdub ja rikastamisel läheb osa maavarast rikastamisjääki. See on koht, kus osav kaevandaja võib soovi korral petta maavara omanikku (valdajat).

Põlevkivikaevandustes oli ja kohati on praegugi kasutusel vene keele struktuuriga mõisted: toodang markšeiderimõõdistamise alusel, operatiivtoodang, mida mõõdetakse laaditud vagonettide arvu ja nende keskmise kaalu alusel, ning kaubapõlevkivi, mis formeerub müüdnud, ladustatud ja laost müüdnud toodangust. Toodang markšeiderimõõdistamise alusel on kaevandatud varu maavarabilansi alusel. Operatiivtoodangu järgi maksti kaevuritele. Seepärast püüdsid kaevurid vagonette mitte täis laadida, et nende arv oleks suurem. Vastuabinõuna alalaetud vagonetid prakeeriti. Teisalt püüdis kaevanduse juhtkond kontrollkaalumisele saata vagonette, mis olid poolenisti täis kleepunud pori. Sellisest vagonetist kaalumiseks välja kallatud kaevisekogus kaalus vähem. Olin tunnistajaks juhtumile, kui Ahtme kaevanduse ükski jaoskond ei täitnud plaani, kaevandus tervikuna aga küll. Põhjus oli lihtne - summat (kaevanduse toodang) kaaluti teise kaaluga kui liidetavaid (jaoskondade toodang).

**Kadu** on väljamata või väljamiskõlbmatuks muudetud varu.

**Mahakantud varu** võib olla

- maavara, mida ohutustehnilisel, tehnoloogilisel või majanduslikul põhjusel ei saa kaevandada
- geoloogilise uuringuga arvele võetud varu, mida tegelikult ei ole

Varu mahakandmine kooskõlastatakse kaevandamisloa väljaandjaga.

**Äraantud varu** on kaevandamisloa väljaandja loal teisele ettevõttele antud varu. Seda tehakse mäeettevõtete koondise (kontserni) tütarettevõtete vahel tehnoloogilistel ja majanduslikel kaalutlustel.

**Juurdesaadud varu** võib olla

- mäeeraldise laiendamise teel teiselt ettevõtelt või vabalt uuringuväljadelt kaevandusloa väljaandja loal saadud varu (vt eelmine lõik)
- kaevandamise käigus tehtud geoloogilise hinnangu alusel suuremaks osutunud varu

On põhjust arvata, et mainitu leiab praktikas aset siis, kui aherduslisa tundub kaevandajale ülemäära suurena.

**Ammendatud varu** on kaevandatud ja ära antud varu ning kao summa miinus juurdesaadud varu. Ammendatud varu võrra väheneb maavara kaevandamisõiguse saanud ettevõttel arvel oleva maavara kogus. Maavara bilanss on aluseks kaevandamisõiguse hinna sissenõudmisel, maavara kasutuskvootidest kinnipidamise kontrollil jne.

### 2.4.3. TOODANGU BILANSS

Mäeettevõtte kasutada olev maavara muutub kaevandamise käigus kaubaks. Kaup moodustub mitme skeemi kohaselt. Lihtsaim on **maavara lihtkaubastamine** (ainukaubaline ehk monoproduktne kaevandamine). Mõistkem selle all tehnoloogiat või äri, mille puhul müüakse tihti isegi rikastamata vaid seda, millele on kaevandamisõigus. Näiteks liivakarjäärist müüakse liiva, tsemendilubjakivi karjäärist tsemendilubjakivi, põlevkivikarjäärist ainult ühte liiki põlevkivi. Nõukogude ajal oli see tavaline, sest plaaniorganid rajasid tootmis- ja müügiplaani sellele maavarale, millele oli antud kaevandamisõigus. Tegelikult muidugi nii lihtsalt läbi ei saadud. Kui mäeettevõttele oli kasulik, siis toodeti ja müüdi ühe ja sama maavara sorte. Näiteks põlevkivi kaevandavad ettevõtted müüsid ja müüvad praegugi küttekivi ja õlikivi (energeetilist ja tehnoloogilist põlevkivi), ehituspaekarjäärid ehituskivi ja ehituskillustikku. Riigikapitalistliku plaanimajanduse seisukohalt oli oluline, et kõik mäeettevõtte kaubaliigid oleksid olnud valmistatud ühest ja samast maavarast. Nimetagem seda **maavara mitmikkaubastamiseks** (mitmekaubaline ehk polüproduktne kaevandamine).

Elu oli keerulisem kui riigikapitalistlik plaanimajandus soovis. Kui mäeettevõttele oli kasulik, hakati kaubastama kaasnevaid kaeviseid. Näiteks Maardu fosforiidikarjääri katendi paest tehti ehituskillustikku, tsemendilubjakivi karjäärist müüdi tsemendi valmistamiseks sobimatut magneesiumirikast lubjakivi ehituspaeks ja -killustikuks. Oudova maardla põlevkivikaevandused töötlesid rikastamisjääki ehituskillustikuks ja otsisid võimalusi kaubastada seda ka tsemendilubjakivina. Nimetagem sellist äri **maapõue kaubastamiseks**. Selle mõiste alla mahuvad ka teiste kaevandamisel tekkivate asjade, ennekõike kaevandusvee, rekultiveeritud maa ja kaevandite müük ning rentimine.

Plaanimajandus ei tunnistanud ärivabadust. Maavara kaevandamisõigust omav ettevõtte pidi kaubastama maavara. Et saada kaevise või sellest tehtava toodangu müügiõigust, tuli see tunnistada maavaraks. Mäeettevõtted olid sunnitud taotlema kaubastatava kaaskaevise kuulutamist kaasneva maavaraks. Selle protseduuri, mis mõnigi kord piirdus rituaaliga, tegi geoloogiateenistus ära riigi kulul. Seepärast ei olnud kaasneva kaevise tunnistamine maavaraks mäeettevõttele koormav, mis turumajanduse puhul ei pruugi nii olla. Esimesena hakkasid kaasnevate kaeviste kaubastamise õigust taotlema halbades majandus- või mäendustingimustes töötavad ettevõtted näiteks Eesti Fosforiit ja Oudova maardlas tegutsev Lenslanets. Eesti Põlevkivi, kes töötas heades tingimustes ega vaevelnud majandusraskustes, hoidus sellest.

Kui trusti Eesti Põlevkivi tehnika- ja tehnoloogiaosakonna juhataja kuulis, et trusti *Lenslanets* peageoloog erialalt paespetsialist, geoloogia- ja mineraloogiakandidaat (nüüd doktor) Anatoli Levin tuleb tagasi Eestisse teadustööl, kuulutas ta, et kui Levin hakkab taotlema rikastamisjääkide kasutamist ja põlevkivikihindisese pae maavaraks tunnistamist, ei saa teadusemees Eesti Põlevkivil enam (tellimus)tööd.

Selline range süsteem loodi, et teostada sotsialismi põhiideed - edukuse ühtlustamist. Mäetööstuse ja majanduse arengule seadis see olulisi piiranguid (vt 1.1.4 KAASNEVAD MAARDED JA KATTUVAD MAARDLAD). Tagasivaade nõukogude riigikapitalismi oli vajalik selleks, et paremini mõista, kust pärinevad need bürokraatlikud ilmingud, mis aeglustavad Eesti mäetööstuse liikumist turumajanduse suunas.

Kuidas muutub väljatud maavara, õigemini kaevise, kaubaks? Kasutagem koos mõistega maavara sõna kaevise, märkimaks seda, et tavaliselt

**kaevandusest ja karjäärist väljatud materjal ei ole puhas maavara, vaid maavara ja aheraine segu, aherdunud või aherdatud maavara**

Eristada tuleb ka mõisteid jäägid ja jäätmed. Jäägid tekivad töötlemisel ja võimalusel on nad kaubastatavad, tavaliselt peale täiendavat töötlemist, harvem ilma. Jäätmed on tootmise lõpp-produktid, kasutatud jäägid, mille laagerdamine, matmine ja/või kahjutustamine on omaette probleem.

**Mäeettevõtte toodangubilanss seob kaevandamise alg- ja lõpp-produktide massi ja kvaliteeti**

Bilansi põhivõrrandid on massijaotuse

$$\sum m_i = 1$$

ja kasuliku aine jaotuse

$$\sum c_i m_i = C$$

võrrandid, kus  $m_i$  on kaevise massiosa ja  $c_i$  kasuliku aine produktides.  $C$  on kasuliku aine koguhulk

kaevises. Selgitame seda järgmise tabeli abil

Tabel 2.7 MASSI JA KASULIKU AINE JAOTUS PÕLEVKIVI RIKASTAMISBILANSIS<sup>1</sup>

Nr	Produkt	Massiosa $m_i$	Kütteväärtus $GJ/t$	Energia GJ $c_i m_i$
1	Küttekivi	0,4	9,0	3,60
2	Õlikivi	0,2	12,0	2,40
3	Rikastamisjääk	0,4	3,3	1,32
4	Kaevis	$\Sigma m_i = 1,0$	$C / \Sigma m_i = 7,32$	$C = \Sigma c_i m_i = 7,32$

Tabelis toodud bilanss iseloomustab kaevandust, millel on kolm lõpp-produkti: **küttekivi** ehk elektrijaamadele müüdav energeetiline põlevkivi, **õlikivi** ehk rikastatud põlevkivi ja **rikastamisjääk** ehk lihtsalt jääk. Küttekivi on rikastamata peenpõlevkivi (peenese) ja rikastatud põlevkivist välja sõelutud peentükise klassi segu. Õlikivi on rikastatud kaevise kesktükine klass ja jääk on kaevises olnud paekivi, mis koosneb väljatud paevahekihtide materjalist, põlevkivikihtides olnud paesuletistest ja pae- ning põlevkivi liitunud tükkidest ehk liidetest. Küttekivi ja õlikivi on kaup ning nende ühine nimi on **kaubapõlevkivi**. Küttekivi osa kaevises on massi järgi 0,4 ehk 40%, õlikivi osa vastavalt 0,2 ehk 20% ja jäägi osa 0,4 ehk 40%. Osade summa on 1 ehk 100%. Produktide erineva kütteväärtuse tõttu jaotub aga põlevkivi energia teisiti kui mass. Küttekivis on  $3,6 / 7,32 = 0,49$  ehk 49 %, õlikivis  $2,4 / 7,32 = 0,33$  ehk 33 % ja jäägis  $1,32 / 7,32 = 0,18$  ehk 18 % kaevise energiast. Kokku siis 100% ehk 7,32 GJ. Kui käsitleda ühte tonni, siis 7,32 GJ/t.

Arvuliselt näevad bilansivõrrandid välja nii

$$\begin{array}{rclclcl} 0,4 & + & 0,2 & + & 0,4 & = & 1,00 \\ 0,4 \times 9,0 & + & 0,2 \times 12,0 & + & 0,4 \times 3,3 & = & 7,32 \end{array}$$

Bilanssi on kasulik koostada, kui püütakse hinnata uue tehnoloogia mõju majandustulemusele. Lähtume sellest, et toodud näide iseloomustab juba kasutatavat kaevandamise tehnoloogiat. Oletame, et tahame juurutada uue tehnoloogia, mille puhul peenpõlevkivi osa kaevises on suurem, näiteks kombainkaevandamise. Oletame, et peenpõlevkivi osa on 0,6 senise 0,4 asemel ja et peenpõlevkivi kütteväärtus on 10 GJ/t. Ülejäänud 0,4 osa, kesktükine kaevis - suunatakse rikastamisele. Kuna rikastamise tehnoloogiat ei muudeta, siis võib oletada, et rikastamisproduktide kütteväärtused jäävad samaks: õlikivil 12 GJ/t ja rikastamisjäägil 3,3 GJ/t. Selline oletus on lubatud vaid siin esitatud näite lihtsustamiseks, mitte tegelikkuses. Meid huvitab, kui palju saab pärast kombainkaevandamisele siirdumist õlikivi. Selleks kirjutame bilansivõrranditesse kõik, mida teame. Mida ei tea, tähistame sümbolitega

$$\begin{array}{rclclcl} 0,6 & + & m_{\delta} & + & m_j & = & 1,00 \\ 0,4 \times 10,0 & + & m_{\delta} \times 12,0 & + & m_j \times 3,3 & = & 7,32 \end{array}$$

Nii saime kahest võrrandist koosneva kahe tundmatuga võrrandisüsteemi, kus  $m_{\delta}$  on otsitav õlikivi saagis ja  $m_j$  jäägi kogus. Sellise võrrandisüsteemi lahendamine ei tohiks kellelegi raskusi tekitada.

#### 2.4.4. KONTROLLKÜSIMUSED

- Millest tuleb, et mäeettevõtted plaanitakse kahaneva kasumiga?
- Mis on kaevandatud ja mis on ammendatud varu?
- Mis on mahakantud varu ja mis on kadu?
- Mis on äraantud ja mis on juurdesaadud varu?
- Nimetage maavara kaubastamise vorme.
- Mis on maapõue kaubastamine?
- Mis vahe on jääkidel ja jäätmetel?
- Mida kajastab maavara bilanss?

<sup>1</sup> 1998. a trükiversioonis oli selles tabelis ja järgnevas arvutusnäites silmnähtav arvutusviga, millest mitte keegi mind ei teavitanud. Huvitav, miks?

## 2.5. MÄEETTEVÖTTE TOODANGU KVALITEEDIJUHTIMINE

### 2.5.1. KVALITEEDI MÕISTE JA TUNNUSED MÄENDUSES

Mäeettevõtte toodangu ehk kauba kvaliteeti kujundavad looduslikud ja tehnoloogilised mõjurid. Tehkem esmalt selgeks kvaliteedi mõiste ja hindamiseks kasutatavad tunnused. Kahjuks on kvaliteet raskesti määratletav pigem tunnetuslik mõiste. Eesti entsüklopeedia, 1990, 5. lk 266 kohaselt on kvaliteet "omadus, laad; väärtus, headus; majanduses toote tarbimisomaduste (kasutamise hõlpsuse, säilivuse, värvi- ja kulumiskindluse, viimistluse, maitseomaduste) otstarbele vastavuse suhtemäär võrrelduna teiste samaotstarbeliste toodetega". Kvaliteediprobleemidega rinnutsi olles võib isegi väita, et kvaliteet erinevalt kvantiteedist (hulgast, kogusest) pole mõõdetav ega üheselt hinnatav. Sellest hoolimata määrab kauba kvaliteet majandustegevuse edukuse ja kvaliteeti tuleb kujundada. Oluline on, et tootja ja tarbija vahelise leppe alusel oleks võimalik leida tunnuseid, mille alusel saab hinnata kauba kvaliteeti ja mis nii üksikult kui kogumina oleks kvaliteedi kujundamise objektiks.

Mäeettevõttes tuleb kvaliteeti juhtides jälgida kvaliteeditunnuste kujunemist terves tehnoloogilises tsüklis, mis algab maavara väljamisega ja lõpeb kauba ettevalmistamisega müügiks. Seepärast tuleb mäemajanduse raames käsitleda vähemalt kolme objekti: maavara, kaevis ja kauba kvaliteeditunnuseid.

**Maavara kvaliteedi** hindamisel on kasutusel järgmised tunnused.

- A. Kasuliku aine sisaldus tavaliselt protsentides, mõnikord, eriti lahjadel kaevistel, ka massiühikute suhtena (g/t, oz/t jm). Mõõdetavaks kasulikuks aineks on
  - maakidel metall või selle oksiidid,
  - keemiatoomel mingi tinglik ühend näiteks fosfaattoormel  $P_2O_5$ , lubja- ja tsemenditoormel CaO või  $CaCO_3$ , (klaasi)dolomiidil MgO jne,
  - kütusel põlev osa,
  - põlevkivil ja järvemudal orgaaniline aine.
- B. Otsese ja mõnikord üsna kompleksse tarbimisväärtuse tunnus näiteks
  - kütusel, seejuures põlevkivil ja turbal, erienergia(sisaldus) ehk (eri)kütteväärtus (Q),
  - põlevkivil õli- ehk tõrvasaagis (T).
- C. Kasutu aine sisaldus näiteks
  - niiskusesisaldus (W) eriti kütuses,
  - tuhasus, s.t tuha ehk tahke mittepõleva osa (A) sisaldus kütuses,
  - karbonaatse süsinikdioksiidi ( $CO_2$ ) sisaldus kütuses.
- D. Kahjuliku aine sisaldus tavaliselt protsentides, milleks on
  - kütusel, eriti kivisöel ja õlil, väävel (S),
  - keemiatoomel töötlemist segavad või kauba kvaliteeti halvendavad lisandid näiteks fosfaattoormel MgO,  $Fe_2O_3$ , klaasitoormel samuti  $Fe_2O_3$ , metallurgilisel lubjakivil väävel jne,
  - ehitusmaterjalidel tugevust ja tehnoloogilisust vähendav lisand näiteks liival ja kruusal savi,
  - ökoloogiliselt või tervisele kahjulike elementide (radioaktiivsed ja raskmetallid, väävlühendid jne) sisaldus.
- E. Mehaanilisi omadusi väljendavad tunnused nagu
  - õlil viskoossus,
  - ehituskivil tugevus, külmakindlus,
  - viimistluskivil poleeritavus,
  - koksisöel murenematus.
- F. Puistemaavaradel näiteks liival
  - terasuurus (keskmise, suurim),
  - terasuse jaotumine (jäme- või/ ja peenteriste klasside mass),
  - klasside osalus, mis taandatakse liival mõnikord üheks tunnuseks - peensusmooduliks, gaasiläbilaskvus (vormiliival) jms.
- F. Üldisi ja seda raskemini määratavaid omadusi väljendavad tunnused nagu
  - vääriskividel värv, selgus, rikutus<sup>1</sup>,
  - viimistluskivil dekoratiivsus, mida hinnatakse värvide kooskõla ja mustri alusel.

Üks eksootilisemaid maavara kvaliteeditunnuseid on putukas merevaigutükis.

**Kaevis kvaliteeti** hinnatakse enamasti samade tunnuste järgi mis maavaragi. Kaevis kvaliteeti

<sup>1</sup> Teemantidel teavad erialainimesed umbes 5000 kvaliteeditunnust (Caers, Vervoort, 1996).

maavara kvaliteedi tunnustega hinnates tuleb silmas pidada, et kaevandamise käigus kvaliteet muutub. Tihtipeale avaldub kvaliteedi muutus niiskuse ja kasutu aine lisandumises (aherdumises), s.t kvaliteedi languses. Maavara selektiivsel või osalisel väljamisel võib kaevise kvaliteet olla kasulike või kahjulike ainete sisalduse poolest kõrgem kui maavaral.

Kuna kaevandamise käigus maavara loodusliku lasundi ehitus muutub ja tekkinud kaevis kujutab endast puistematerjali, siis lisanduvad kaevise kvaliteedi iseloomustamiseks varem käsitletud tunnustele veel **tükisuse** tunnused ja paljudel juhtudel ka kvaliteeditunnuste jaotumine kaevise klasside (eri tükisuurusega osade) vahel. Mõiste tükisus tähistab puiste-, purd- ja purustatud materjali (määnduses kivimi) olekut, mida praktikas iseloomustavad keskmine tüki- ehk terasuurus ja äärmiste (peene ja jämeda) klassi osamass (järgnev tabel). Teoorias iseloomustatakse tükisust jaotusparameetritega, mis tavaliselt on jaotusvõrrandi konstandid.

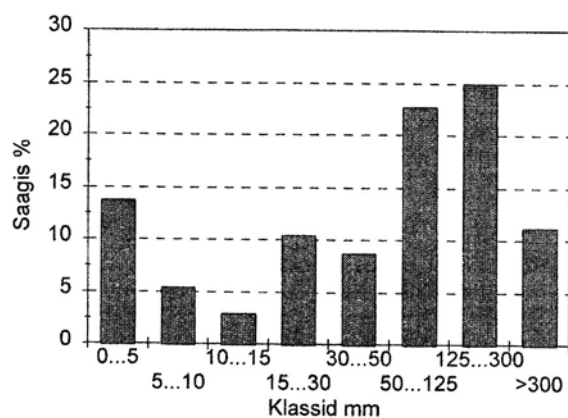
Tabel 2.8 SÕELUMISE TEEL MÄÄRATUD KAEVISE TÜKISUS

Sõelaava diameeter* mm	Klassid mm	Klassi saagis kg	Klassi saagis %	Sõelaalune saagis %/100
5	0...5	205,5	13,7	0,137
10	5...10	81,0	5,4	0,191
15	10...15	53,5	2,9	0,220
30	15...30	156,0	10,4	0,324
50	30...50	130,5	8,7	0,411
125	50...125	340,5	22,7	0,638
300	125...300	375,0	25,0	0,880
	üle 300	168,0	11,2	1,000
	Kokku:	1500,0	100,0	

\* Juhul kui mõne sõela ava ei ole ümmargune, näiteks kasutatakse neljakandiliste (ruudukujuliste) silmadega sõela, arvutatakse selle sõela jaoks ekvivalentse ümmarguse ava diameeter lähtuvalt avade pindalade võrdsusest. On ka teisi ekvivalentse ava määramise juhiseid.

Tabelis on tavaline lõhatud kivimi tükkide jaotus. Võib tekkida küsimus, miks just selliseid sõelu kasutati. Küsimus on õigustatud, sest kui kasutatud oleks teisi sõelu näiteks 8, 16, 32, 64, 124 ja 258 mm, oleksid sama kaevise klasside saagised hoopis teistsugused. Siit järeldus, et klasside saagised, kui sõelte avadest sõltuvad suurused, ei iseloomusta tükisust küllalt hästi ega mõõda kvaliteeti. Tabeli järgi on raske teada saada näiteks rikastamise projekteerimiseks, kui palju on kaevises klassi 20...100 mm.

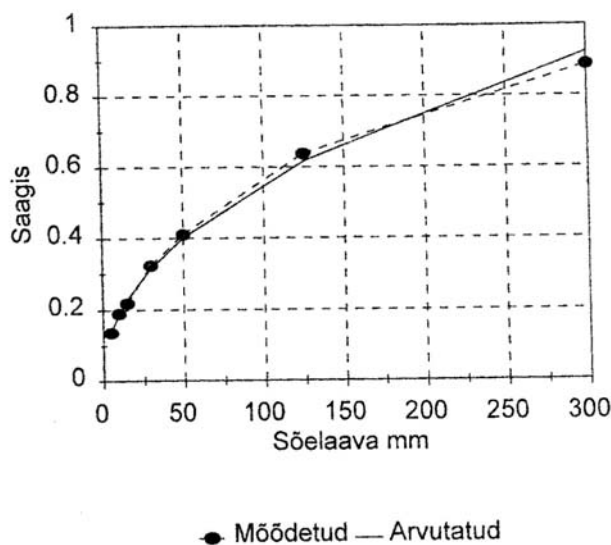
Kasu pole ka tavalisest jaotusdiagrammist, millel saagised on kujutatud tulpadena (joonis 2.5). Vaevalt saab tulpdiagrammi abil anda täpset vastust küsimusele, kui palju on selles kaevises tükke vahemikus 0...7,5 mm. Kui liita klassi 0...5 mm saagisele pool järgmise klassi (5...10 mm) kogusest, siis on tulemus väär. Graafikult on näha, et vahemikus 0...15 mm on peenemat materjali rohkem kui jämedamat, järelikult ka vahemikus 5... 7,5 mm on kaevist rohkem kui vahemikus 7,5...10 mm.



Joonis 2.5 Kaevise klasside jaotusdiagramm

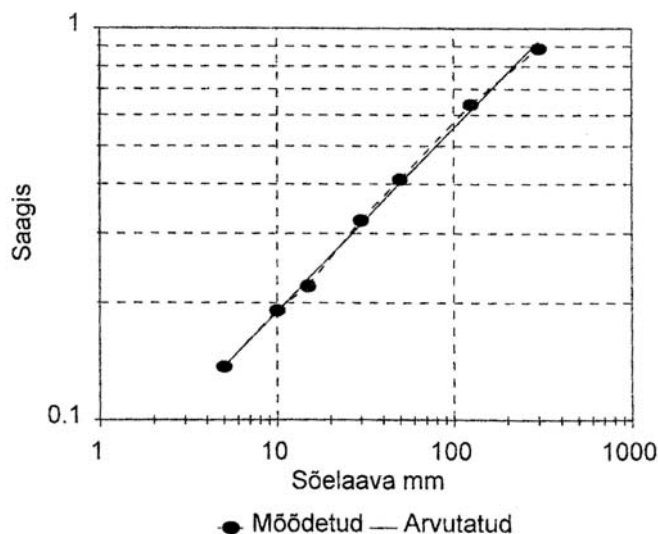
Rohkem on abi sõelaaluse materjali saagise ( $y$ ) jaotuse graafikust (joonis 2.6). Selleks oligi Tabel 2.8 sõelaaluse materjali saagis. Mõnikord kasutatakse ka sõelapealse materjali saagist, mis pole midagi

muud kui 1 -. Kui näiteks joonisel 2.6 olevalt graafikult välja lugeda, et 200 mm avaga sõela läbib 0,75 osa kaevisest ja ava 100 mm läbib 0,55 osa kaevisest, siis on klassi 100...200 mm saagis ilmselt  $0,75 - 0,55 = 0,2$  ehk 20%.



Joonis 2.6 Kaevise sõelaaluse materjali jaotus

Peenema materjali osas, antud näite puhul vahemikus 0...15 mm, on täpset vastust raske anda, sest graafiku kõverus on peenema materjali osas suurem. Seepärast esitatakse sõelaaluse materjali graafikud tihti logaritmilises skaalas (joonis 2.7)



Joonis 2.7 Kaevise sõelaaluse materjali jaotus logaritmilises skaalas

On tähele pandud, et logaritmilises skaalas on purustatud kivimi sõelaaluse materjali graafikud peaaegu sirged, mis lubab saagiseid leida joonlaua abil. Asjaolu, et sõelaaluse materjali graafik sirgestub logaritmilises skaalas, lubab oletada, et seda graafikut kirjeldab astmefunktsioon. Nii ongi. Käsitletavat näidet kirjeldab valem

$$y = A x^n = 0,06489 x^{0,466}$$

kus  $A$  on peamiselt materjali jämedust iseloomustav parameeter 1-millimeetrilise avaga sõela läbiva materjali osa;  $n$  iseloomustab peente ja jämedate klasside omavahelist suhet ja sõltub purustamise viisist ning kivimist<sup>1</sup>.

Sellist tükisuse jaotust nimetatakse astmejaotuseks, mäenduses *Gaudini* (Gaudin, 1926) ja vene

<sup>1</sup> Digiversiooni tegemise ajaks olen  $A$  nimetanud tolmususeks ja  $n$  sõreduseks.

mäenduses *Andrejevi-Gaudini* jaotuseks<sup>1</sup>. Kasutatakse ka jaotusseadust, mida matemaatiline statistika ja töökindlusteooria tunneb *Weibulli* (Weibull, 1939, 1951), mäemehed aga ammu *Rosini-Rammleri* (Rosin, Rammler, 1933) jaotuse nime all. Nende seaduste käsitlemine kuulub kivimite purustamise õpetusse.

**Kaevisse kvaliteedi oluliseks tunnuseks on keskmine tükisuurus, mis võrdub sellise ümmarguse ava diameetriga, mida läbib pool kaevisse kogusest**

Nii määratud keskmine on mahukeskmine ehk mediaan ( $Me$ ). Teades kaevisse jaotuse valemit, võib arvutada keskmise tükisuuruse

$$Me = \exp((\ln 0,5 - \ln A) / n) = \exp((-0,693 - \ln A) / n)$$

ehk antud juhul  $Me = \exp((-0,693 - \ln 0,06489) / 0,466) = 80,0$  mm.

Peale selle võib kaevisse kvaliteeditunnuseks olla peene materjali (peenese, tolmu, savi) sisaldus, suurte (ülegabariitsete) tükide sisaldus jms.

**Kauba kvaliteet** on hinnatav kõigi eelpool tutvustatud tunnustega. Millistega ja kuidas, selles tuleb tarbijaga kokku leppida.

### 2.5.2. KAEVISE KVALITEEDIJUHTIMINE

Kaevisse kvaliteedijuhtimine algab maavara raimamisel ja kestab kogu kaevandamise vältel, ka veol, tõstel, ladustamisel jne. Kaevisse kvaliteedijuhtimise tuntuimad meetodid on maavara osaline või/ja selektiivne väljamine, valikpurustamine, aherdumise vältimine või vähendamine, tükisuse juhtimine, kaevissevoogu ühtlustamine.

**Osaline väljamine** tähendab, et ei väljata kogu kaevandamisele kuuluvat maavara, vaid ainult selle kvaliteetsem osa. Väljamata osa on kadu. Osaline väljamine on levinud kvaliteetse kaevisse saamise moodus. Seejuures tuleb eristada kaheksa osalist väljamist.

Osalise väljamise tehnoloogia musternäide on Eesti põlevkivikaevandustes kasutatav kombainkaevandamine, kui kihindist raimatakse vaid A...C kihid ja D...F kihid jäävad kaoks. Kiviõli kaevanduses väljati omal ajal vaid kihid B...E, ülejäänud jäid kaoks. Eesti idapoolsetes põlevkivikarjäärides väljatakse põlevkivikihtide pakke B...C ja E...F, A ja D kihid jäävad kaoks. Seda kõike selleks, et tagada kaevisse ja kauba kõrgem kvaliteet. Kui kamberkaevandamisel jäetakse sammastervikutesse kuni 25% maavarast, siis ka see on osaline väljamine, kuid mitte siin käsitletud mõttes, mitte kvaliteedi tõstmiseks.

Osaline varu kasutus kvaliteedi tõstmiseks on, kui kaoks jäetakse kaevandamiseks antud maavara vähem kvaliteetne osa. Enamasti on see lasundi, välja või plokki ääreosa. Tavaline on ka hõlbeliselt madalama kvaliteediga lasundiosade kaevandamata jätmine. Eesti põlevkivi- ja paemaardlates jäetakse tihti väljamata see osa maavaravarust, mida karst on rikkunud.

Kui osaline väljamine toimub väga suure maavarakaoga, on see **valikuline väljamine**, kusjuures mõiste "väga suur kadu" on subjektiivne. Tüüpiline valikuline väljamine on puhta klaasiliiva kaevandamine Piusas. Samuti saab Vasalemma puhast lubjakivi puhtana kätte vaid valikuliselt väljates. Mõlemal juhul ei ole väljamata jääv või väljatatav, kuid muuks otstarbeks kasutatav varu (sisuliselt kaasnev kivim või kaaskaevis) maavarakadu klassikalises mõistes. Pigem on tegemist maainese arvelevõtmisega maavarana.

**Selektiivne väljamine** on otstarbekas siis, kui maavaralasuund on ebaühtlase kvaliteediga. Erinevus osalisest väljamisest seisneb selles, et maavarast väljatakse nii madalama kui kõrgema kvaliteediga osad, ent neid käideldakse lahus. Näiteks kõrgema kvaliteediga lasundi osa suunatakse otse kaubaks, madalama kvaliteediga kaevis rikastatakse või sorteeritakse. Võib teha ka nii, et tarbijad saavad erineva kvaliteediga kaevis. Nii toimub see näiteks Kunda tsemendilubjakivi karjääris, sest Lasnamäe lademe kõrge magneesiumisisaldusega alaosa ei sobi tsemendi, küll aga ehituskilustiku tootmiseks. Klassikaline näide selektiivsest väljamisest oli pae murdmine Lasnamäe murdudes, kus lademe igal kihil oli oma kasutusala: raid-, sein- või korstnakiviks, tee- ja põrandaplaadiks jne.

<sup>1</sup> Digiversiooni tegemise ajaks on ilmsiks tulnud veel teisigi selle seaduse esmakasutajaid, nii et läänemaailmas on see juba *Gates-Gaudin-Schuhmanni* jaotus



Selektiivset väljamist kasutatakse kvaliteedijuhtimiseks ka siis, kui maavaralasundis on aheraine vahekihte. Sel juhul väljatakse maavara ja aheraine lahus. Vaheldumisi põlevkivi- ja paekihtidest koosnev põlevkivikiht on väga soodus koht selektiivse väljamise kasutamiseks nii ava- kui allmaakaevandamisel. Seni kasutatakse selektiivse väljamise elementi idakarjäärides, kus väljatavate B...C ja E...F kihipakkide vahel olev suures osas paest koosnev D/C...E/D pakk kõrvaldatakse kui aheraine. Kuna idakarjäärides kasutatav tehnoloogia rakendab nii osalist kui selektiivset väljamist, nimetatakse seda osaliselt selektiivseks väljamiseks.

Selektiivne väljamine oli tavaline käsitöö aegadel. Puur- ja lõhketööde arenedes osutus tulusamaks maavara lausväljamine ja sellest kõrgema kvaliteediga osa eraldamine rikastamise või sorteerimise abil. Mäetehnika arenedes eriti raimamismasinade võimsuse kasvu tõttu hakkas selektiivne väljamine tagasi tulema. Viimasel ajal on tehtud mäemasinaid, mis suure võimsuse juures suudavad täpselt jälgida kivimite lasumust. Sellest on tekkinud uus mõiste **kõrgselektiivne väljamine**, mis tähistab eriti täpset selektiivset raimamist.

**Valikpurustamine** on meetod, milles kasutatakse ära kivimite erinevaid purunemisomadusi. Valikpurustamist võib rakendada nii raimamisel kui ka selle järel. Klassikaline valikraim toimub põlevkivikihtide purustamisega lõhkamisega. Lõhkeaugud puuritakse ja laengud paigutatakse pehmetesse põlevkivikihtidesse. Lõhkamise tulemusel puruneb laengutelähedane põlevkivi palju peenemaks kui paekivi, nii peeneks, et väikse tükisusega kaevises osas on piisavalt kõrge kütteväärtus kaubastamiseks ilma rikastamata. Kahekäigulise kombainkaevandamisega on võimalik raimata paekivi jämetükiselt nii, et see on eraldatav sõelumisega. Pae jaoks saab valida purusteid, mis valikuliselt peenendavad kaevises sisalduva savika pae tükke nii, et neid saab killustikust välja sõeluda või pesta.

**Aherdumise vähendamine ja vältimine** saavutatakse selektiivse väljamisega. Ent on olemas ka muid mäetehnilisi võtteid. Puur- ja lõhketööde kasutamisel saab aherdusliku vähendada kontuurlõhkamise, täpse puurimise, laengute hajutamise, lõhkeaine kokkuhoiu jne abil. Kui lasundi ääres osades on kasulikku ainet vähem, jäetakse lasundi vaesem osa väljamata, et see tõkestaks aheraine sattumist kaevisse. Nii jäetakse osa söekihist lakke, vältimaks laest pudenevat kivisütt aherdavat ainet.

Kõigile kolmele põgusalt kirjeldatud kaevis kvaliteedijuhtimise mäetehnilisele võttele on ühine, et kvaliteeti tõstes väheneb kaevis kogus enamasti maavara kao suurenemise näol. See tekitab mäetöösturil konflikti maavara valdajaga, kes peab sellist tegevust maavara kui riikliku ressursi ebaperemehelikuks kasutamiseks. Sedalaadi vaidluste lahendamine ja ekspertiis on mäemajanduse tavaülesanne, mille peamised küsimused on

- kas arvele võetud maavara kogus vastab kõigjal ja ühtlaselt temale seatud kvaliteeditunnustele või on tegemist geoloogilise andmestiku või uuringu puudulikkusega
- kas arvele võetud maavara kvaliteet vastab muutunud majandustingimustele või on arvele võtmise alused vananenud
- kas mäetehnilised võtted võimaldavad väiksema maavara kaoga hoida kaevis kvaliteeti lubatud piires ja mis see maksma läheks
- kas maavara kui riikliku ressursi kasutamise seisukohalt on otstarbekam tõsta kaevis kvaliteeti või suurendada müügi mahtu

Suurimat huvi mäemajanduse seisukohalt pakub viimase küsimuse lahtimõtestamine. Kui väljamisega tegelevale ettevõtjale või allettevõtjale (kaevurile, brigaadile, mäetsehile) makstakse kaevis koguse, mitte kvaliteedi eest, on üsna raske ilma range kvaliteediarvestuse või prakeerimissüsteemita saavutada soovitud kvaliteeti. Võiks soovitada süsteemi, mille alusel makstakse kvaliteedi, mitte koguse eest, aga sel juhul suureneb valikulise väljamise oht. Kuna samalaadi küsimused tekivad kauba kvaliteedijuhtimisel ja on otseselt seotud müügi ning hinnaga, siis käsitletakse neid süvendatult järgmises osas.

Kui kaevandajale on primaarne maht, mitte kvaliteet, pole ta üldse huvitatud kaevis kvaliteedi tõstmisest. Nii oli see plaanimajanduses, kus peamiseks preemiaks ja muid soodustusi andvaks tunnuseks oli tonnides mõõdetav toodangu kogus. Mahu tõstmiseks kasutati kvaliteedijuhtimise meetodeid vastupidises suunas: lausväljamist ja aherdamist, eriti viimast.

**Tükisuse juhtimine** tähendab püüdu saavutada või hoida kaevises osakeste sellist jaotust, mis parimal moel vastaks kvaliteedi nõuetele. Seejuures on oluline nii kaevis klasside jaotus kui ka kasuliku ja kahjuliku aine jaotumine klasside vahel. Kui kasulik või kahjulik aine koondub mingisse klassi, on seda lihtne eraldada sõelumise või pesemise teel. Kui rikastamiseks, sorteerimiseks või müügiks on kasulik

suuretükine kaevis (eriti söe, aga ka põlevkivi puhul), siis tuleb vältida selle liigpurustamist raimamise, veo, tõstmise ja ladustamise käigus. Selleks vähendatakse raimamise energiamahukust (vt 1.3.9), ümberlaadimiste arvu ja kaevise langemiskõrgust veol. Kui on kasulik suurendada kaevise peensusastet, kasutatakse vastupidiseid meetmeid, eriti valikpurustamise võtteid, nii väljamisel kui sellele järgnevatel protsessides

**Ühtlustamine** on erineva kvaliteediga kaevisekoguste või -voogude segamine selleks, et lõpp-produkt vastaks kvaliteedi nõuetele. Kaevise ühtlustamise võtmed on mäetehnika ala, mille üksikasjalik käsitlemine väljub mäemajanduse raamest. See muutub majandusküsimuseks, kui on vaja hinnata, mil määral on ühtlustamise võtmed kasulikud maavara otstarbeka kasutamise ja eduka majandustegevuse huvides. Ühtlustamist kasutatakse ennekõike siis, kui madalama kvaliteediga kaevis ei vasta nõuetele, kuid segus kvaliteetse kaevisega muutub kasutatavaks. Ühtlustamise vajadus tekib ka siis, kui tarbija nõuab ühtlase kvaliteediga kaevist või kaupa, sest muutuva, ebaühtlase kvaliteediga toore või kütus tekitab töötlemishäireid.

Kui kaevis tuleb mitmest kaevandamiskohast, ei ole alati võimalik või otstarbekas seda ühtlustamiseks segada. Sel juhul tuleb juba kaevandamiskohast anda keskmise või püsiva kvaliteediga kaevist. Juhul kui ühes kaevandamiskohas on maavara kvaliteet kõrgem kui teistes, on tema aherdamine õigustatud.

**Kaevise kvaliteedijuhtimine toimub maavara otstarbeka kasutamise ja majandustegevuse huvides ega piirdu ainult kvaliteedi tõstmisega**

### 2.5.3. KAUBA KVALITEEDIJUHTIMINE

**Rikastamine on mäetehniline protsess mäetevõtte kauba kvaliteedi tõstmiseks, kui kaevise kvaliteet ei vasta tarbija vajadusele ja kui teiste mäetehniliste meetoditega pole võimalik seda saavutada**

Rikastamise meetodite käsitlemine pole selle raamatu ülesanne. Kuna aga kauba kvaliteedi viimine vastavusse tarbija nõudmistega ja selle kulukus on majandusküsimus, siis on mõõdapääsematu mõningaid üldisi mäemajandusega otseseoses olevaid mõisteid, mudeleid ja reegleid tutvustada. Peamised parameetrid ja valemid, mis matemaatiliselt kirjeldavad rikastamist kui kasuliku aine sisalduse tõstmist kaevises, on koondatud järgmisesse tabelisse. See rikastamise suund, milles kasutatakse kahjulike ainete sisalduse vähendamist kaubas, ei leia matemaatilises mudelis ilmutatud käsitlemist, kuigi sellele saab läheneda sama metodikaga.

Tabel 2.9 KAEVISE RIKASTAMISE PARAMEETRID JA VALEMID

Tunnus	Lähtematerjal	Rikastatud materjal	Rikastamisjäägis	Tuumaines	Teoreetilises jäägis
Kasuliku aine sisaldus	$a$	$k$	$(a - ks) / (1 - s)$	$\kappa$	$(\alpha - \kappa\sigma) / (1 - \sigma)$
Teoreetiline saagis	1	$s_t = a / k$	$1 - s_t$	$\sigma_t = \alpha / \kappa$	$1 - \sigma_t$
Tegelik saagis	1	$s$	$1 - s$	$\sigma$	$1 - \sigma$
Rikastamise kasutegur	1	$\eta = s / s_t$	-	$\sigma / \sigma_t$	-
Kasuliku aine massiosa	$a$	$ks$	$a - ks$	$\kappa\sigma$	$\alpha - \kappa\sigma$
Kasutu aine massiosa	$b = 1 - a$	$s - ks = s(1 - k)$	$1 - a - s(1 - k)$	$\sigma(1 - \kappa)$	$1 - \alpha - \sigma(1 - \kappa)$

**Kasulik aine** on see, mille pärast maavara kaevandatakse. Maagi kasulik aine on metall, põlevkivil kerogeen, mille kogust väljendab ja mõõdab energia, kütteväärtus, turbal põlev osa, fosforiidil tinglik ühend  $P_2O_5$ , lubjakivil tinglik  $CaO$  või mineraal  $CaCO_3$ , klaasidolomiidil tinglik  $MgO$  jms Tavaliselt iseloomustatakse kasuliku aine sisaldust maavaras, kaevises, lähtematerjal, rikastatud materjal, rikastamisjäägis jne protsentides. Siin on valemite lihtsustamise huvides kasuliku aine sisaldust mõõdetud osades (1 osa = 100%, 10% = 0,10).

Lähtematerjal on materjal, mida rikastatakse. Tihti pole see kaevis, vaid ainult osa kaevisest. Näiteks põlevkivikaevanduste kaevisest rikastatakse raskes vedelikus või setitamismasinas ainult suuretükist

osa, klassi 25...125 mm. Floteerimisega võib rikastada isegi põlevkivi hiiba (klassi 0...2 mm).

**Tuumaine** on selles raamatus ja üldse eestikeelses mäeterminoloogias esmakordselt kasutusele võetud mõiste. Vajadus uue mõiste järele tekkis seepärast, et enamik rikastamise tehnoloogiatest on suunatud sellele, et eraldada lähtematerjalist mingi kasuliku aine poolest rikas osa.

**Rikastamisel eraldatav kasulik osa on (minu käsitluses) tuumaine.  
Tuumaine ei ole kasulik aine!**

Fosforiidis on tuumaineks ooboluskarbid, mis sisaldavad kasulikku ainet ( $P_2O_5$ ) umbes 35%. Rauamaagis on tuumaineks oksiidid, vasemaagis sulfiidid jne, mille metallisisaldus on kaugelt alla 100%. Põlevkivi rikastamisel on tuumaineks põlevkivi, mille orgaanikasisaldus (kerogeenisaldus) on umbes 45%.

**Kasutu aine** on maavara, kaevis ja rikastamise lähtematerjali osa, mida kaubas ei vajata. Kasutatakse ka mõistet ballast, ballastaine. Kasutu aine ei ole sama mis aheraine. Aheraines on ka kasulikku ainet, aga selle sisaldus on madalam kui maavarale ette nähtud. Põlevkivi kaevandamisel ja rikastamisel on kasutu aine pækivi ja savirikas põlevkivi, fosforiidis liiv ja liivakivi, maakides metalli mittesisaldavad mineraalid, turbas vesi jms.

Rikastamise eesmärgiks on kasuliku ja kasutu aine eraldamine (separeerimine). Tavaliselt ei saavutata rikastamisel nende ainete täielikku eraldamist. Enamiku rikastamismeetodite puhul, kui toimub ainult tuumaine eraldamine, pole see isegi võimalik. Sellisel juhul toimub kasuliku aine koondamine (kontsentreerimine) rikastatud materjalis. Kasuliku aine koondamise vormid on ka briketeerimine, aglomeerimine, pelleteerimine jms.

Rikastatud materjal on rikastamise tulem, mida sõltuvalt rikastamismeetodist võidakse nimetada kontsentradiiks, separadiiks, briketiks, aglomeraadiiks jne. Kui rikastamisel eraldatakse tuumainet, siis on selge, et rikastatud materjal ei saagi koosneda ainult kasulikust aineist. Parimal juhul saab kasulikku ainet olla rikastatud materjalis vaid nii palju, kui seda on tuumaines. Tegelikult ei koosne rikastatud materjal iialgi ainult tuumainest. Üldiselt võttes on rikastatud materjalis kasuliku aine osa suurem kui lähtematerjalis. Järelikult on rikastatud materjalis ka kasutat ainet.

**Rikastamisjääk** on suures osas kasutat aineist koosnev rikastamise produkt. Üldjuhul koosneb lähtematerjal maavarast ja aherainest, seepärast läheb rikastusjääki nii maavaras olev kasutu aine kui aheraine. Tavaliselt ei saavutata nii täiuslikku rikastamist, et rikastamisjääki ei jääks tuumainet, s.t ka kasulikku ainet. See osa mis jääb, on rikastamiskadu.

**Teoreetiline jääk** tekiks sellel saavutamatu juhul, kui rikastatud materjal koosneks ainult tuumainest. Seega pole sel mõistel praktilist tagamaad.

**Saagis** on millegi osa milleski. Lähtematerjali osa lähtematerjalis on 100% ehk 1. Rikastatud materjali saagis lähtematerjalist on  $s$ , järelikult on rikastamisjäägi saagis  $1 - s$ .

Saagise puhul ei soovita ma kasutada vene keelest otse tõlgitud sõna väljatulek.

Teoreetiline saagis iseloomustab ideaalset rikastamist. See oleks rikastatud materjali osa lähtematerjalist, kui kogu kasulik aine läheks rikastatud materjali.

**Rikastamise kasutegur** (ka eraldusaste) on tegeliku saagise ja teoreetilise saagise suhe, näitab, kui palju rikastamisel kasulikust aineist kätte saadakse.

Esitatu paremaks mõistmiseks vaadeldagem mõistetele vastavaid arväärtusi mõne meie kaevis puhul.

**Näide 1.** Maardus töötanud fosforiidi rikastamisvabrik.

Tabel 2.10 FOSFORIIDI RIKASTAMISE PARAMEETRID

Tunnus	Lähte- materjal	Rikastatud materjal	Rikasta- misjäägis	Tuum- aines	Teoreetilises jäägis
Kasuliku aine sisaldus	<b>0,101</b>	<b>0,278</b>	0,034	<b>0,35</b>	0,101
Teoreetiline saagis	1	0,363	0,637	0,289	0,711
Tegelik saagis	1	<b>0,274</b>	0,726	0	1
Rikastamise kasutegur	1	0,754	-	0	-
Kasuliku aine massiosa	0,101	0,076	0,025	0	0,101
Kasutu aine massiosa	0,899	0,198	0,701	0	0,899

Tabeli seletus. Teada olevad lähteandmed on poolpaksus kirjas. Fosforiidi rikastamise lähtematerjal, mõõdukalt aherdunud maavara, sisaldas keskmiselt 10,1% ( $a = 0,101$ ) kasulikku ainet  $P_2O_5$ . Rikastatud materjal ehk kontsentraadis, mille tegelik saagis oli 27,4% ( $s = 0,274$ ), oli  $P_2O_5$  sisaldus keskmiselt 27,8% ( $k = 0,278$ ). Nende andmete alusel tehtud arvutuste kohaselt jäi rikastamisjääki  $(a-ks)/(1-s) = 0,034$  osa ehk 3,4% kasulikku ainet ja teoreetiline saagis oli  $s_t = a / k = 0,363$  ehk 36,3%. Tegelik ja teoreetiline saagise suhe ehk rikastamise kasutegur oli 75,4%. Ühes lähtematerjali tonnis sisalduvast 101 kg kasulikust aineist läks rikastatud materjali 76 kg ja ühes lähtematerjali tonnis olnud 899 kg kasutust aineist, antud juhul liivast, läks rikastatud materjali 198 kg.

Ent millest räägivad tabeli kaks viimast teoreetilist veergu? On teada, et tuumaines ehk ooboluskarpides on  $P_2O_5$  sisaldus umbes 35% ( $\kappa = 0,35$ ). Tuumaine teoreetiline saagis oleks  $a / \kappa = 0,289$  ehk 28,9%. Vaadeldud rikastamistehnoloogiaga aga ei saada puhast tuumainet, sest püüdes tõsta kasuliku aine osa rikastatud materjalis, väheneb rikastamise kasutegur, kui  $k \rightarrow \kappa$ , siis  $\eta \rightarrow 0$ . Kui  $\eta = 0$ , siis rikastatud materjali tegelik saagis on samuti 0 ja kogu lähtematerjal ongi jääk, milles on kogu kasulik aine.

**Näide 2.** Eesti põlevkivi rikastamine.

Tabel 2.11 PÕLEVKIVI RIKASTAMISE PARAMEETRID

Tunnus	Lähte- materjal	Rikastatud materjal	Rikasta- misjäägis	Tuum- aines	Teoreetilises jäägis
Kasuliku aine sisaldus (kütteväärtus kcal/kg)	<b>0,20</b> <b>(1800)</b>	<b>0,40</b> <b>(3600)</b>	0,1 (900)	<b>1</b> <b>(9000)</b>	0,2 (1800)
Teoreetiline saagis	1	0,5	0,5	0,2	0,8
Tegelik saagis	1	<b>0,4</b>	0,6	0	1
Rikastamise kasutegur	1	0,8	-	0	-
Kasuliku aine massiosa	0,20	0,16	0,04	0	0,2
Kasutu aine massiosa	0,8	0,24	0,56	0	0,8

Tabeli seletus. Tuumaineks on kerogeen, mille sisaldus iseendas on 100% ehk 1 osa. Lähtematerjal on kerogeeni 20% ja rikastatud materjal 40%. Rikastatud materjali saagis on 40% lähtematerjalist. Need on lähteandmed. Ülejäänud on analoogiline eelmise tabeliga. Põlevkivi rikastamise praktikas ei opereerita kerogeenisisaldusega, kuna selle mõõtmist ei peeta piisavalt täpseks. Tavaliselt mõõdetakse rikastamise kvaliteeti kütteväärtusega. Teades, et kerogeeni kütteväärtus on harjumuspärastes ühikutes umbes 9000 kcal/kg, võime kasuliku aine sisaldust sellega korrutades, viia osa tabelis toodud arvudest üle harjumuspärasteks kilokaloriteks kilogrammi kohta (sulgudes).

**Näide 3.** Tara tsingikaevandus Iirimaal tootis 1992. aastal 2,66 miljonit tonni maaki, mis sisaldas 8,19% Zn ja 2,1% Pb. Müüdi kontsentraati, mis sisaldas 194 tuh t Zn ja 43 tuh t Pb. Muuhulgas olgu märgitud, et 93% müügitulust andis tsingimaak. Kui oletada, et metallisisaldus tsingikontsentraadis oli 55% ja plii kontsentraadis 50%, milline oli rikastamise kasutegur müüdavate metallide kaupa.

## Vastused

- tsink:  $a = 0,0819$ ,  $k = 0,55$ ,  $194 \times 0,55 / 2660 \times 0,0819 = 0,49$  ehk 49%
- plii:  $a = 0,021$ ,  $k = 0,50$ ,  $\eta = s / st = 43 \times 0,50 / 2660 \times 0,021 = 0,39$  ehk 39%

**Näide 4.** Taluniku laudapiima rasvasus on 4%. Piima separeerides saab talunik koore, mille rasvasus on 30% ja lõssi, mille rasvasus on 0,5%. Kui suur on koore saagis ja separeerimise kasutegur?

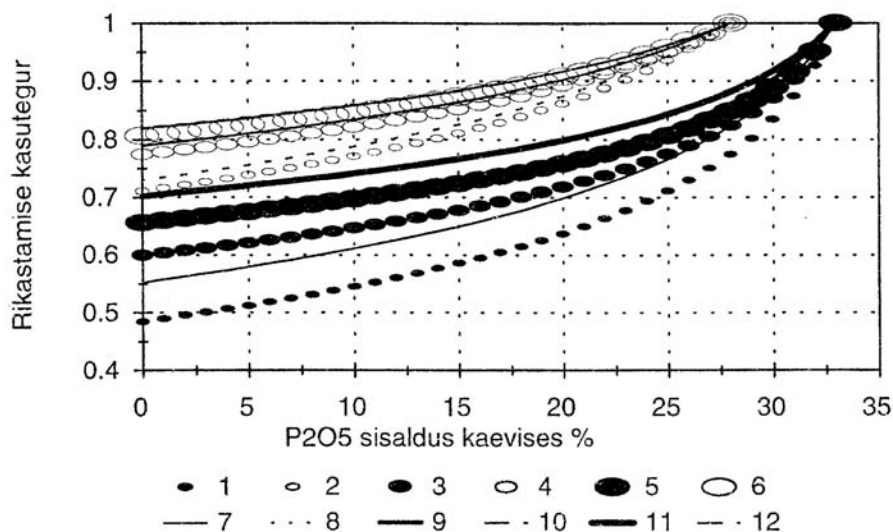
Vastused

- Tabel 2.9 toodud valemi abil saab seostada teada oleva kasuliku aine (rasva) sisalduse lähteaines (laudapiimas) ja rikastamise ehk separeerimise produktides: kontsentratsioon (koos) ( $k$ ) ning jäägis (lõssis) ( $0,5$ ) saagisega ( $s$ ):  $0,5 = (a - ks) / (1 - s) = (4 - 30s) / (1 - s)$ . Selle seose abil saab välja arvutada koore saagise  $s = 11,9\%$ .
- Selleks et hinnata separeerimise kasutegurit, määrame esmalt koore teoreetilise saagise  $s_t = a/k = 4/30 = 0,133$  ehk 13,3%. Separeerimise kasutegur on tegeliku ja teoreetilise saagise suhe  $\eta = s/s_t = 11,9/13,3 = 0,89$  (Tabel 2.9).

Toodud arvutusnäited tuginesid rikastamispraktikale, kusjuures teada oli kolm põhisuurust: kasuliku aine sisaldus lähtematerjalis (kaevise kvaliteet), kasuliku aine sisaldus rikastatud materjalis (kauba kvaliteet) ja veel, kas rikastatud materjali saagis (kauba kogus), kasuliku aine sisaldus jäägis või kasuliku aine sisaldus tuumaines. Äris tuleb aga lahendada veidi teist laadi ülesanne. On teada kasuliku aine sisaldus lähtematerjalis, kuid vastavalt müügingimustele tuleb varieerida kas kauba kogusega (rikastatud materjali saagisega) või kauba kvaliteediga (kasuliku aine sisaldusega rikastatud materjalis). Need on omavahel otseses pöörvõrdelises seoses, kusjuures seose kuju sõltub rikastamise tehnoloogiast. Rikastamise produktide koguse ja kvaliteedi vaheliste seose otsimine on kauba kujundamise üks huvitavam ülesanne, sest äri tulukus oleneb nii kauba hulgast kui kvaliteedist. Eesti fosforiidi jaoks olen kasutanud sellist seost

$$\eta = 1 + \beta \lambda \nu ((\kappa - \kappa) / (\kappa - \alpha))$$

kus  $\beta$  on rikastamisprotsessi elastsuse näitaja. Mida väiksem see on, seda suurem on kasutegur. Eesti Fosforiidiil Maardus oli elastsusnäitaja 0,18. Nüüdisaegsete rikastusprotsesside puhul on see väiksem. Valemiga väljendatud seoseid kirjeldab joonis 2.8.



Joonis 2.8 Fosforiidi rikastamise kasuteguri sõltuvus kaevise ja kontsentratsiooni kasuliku aine sisaldusest ning rikastamise efektiivsusest.

Graafikud: 1...6  $\kappa = 35\%$ ; 6...12  $\kappa = 36\%$ ; 1, 2, 7 ja 8  $\eta = 0,18$ ; 3, 4, 9 ja 10  $\eta = 0,14$ ; 5, 6, 11 ja 12  $\eta = 0,12$ ; 1, 3, 5, 7, 9 ja 11  $k = 33\%$ ; 2, 4, 6, 8, 10, ja 12  $k = 28\%$ .

Kaubapõlevkivi kvaliteedi ja koguse vahelisi seoseid ja nende kujunemist kaevandamisel, alates raimamisest ja lõpetades müügiga, on aastatel 1960...1985 uuritud palju ja põhjalikult. On tehtud mahukaid katseid, vaatlusi ja mõõtmisi, koostatud mitme keerukusastmega matemaatilisi mudeleid, et prognoosida kütte- ja õlikivi saagist ning kütteväärtust erinevate kaevandamistehnoloogiate kasutamisel Eesti ja Oudova maardla kaevandajatel. Vastava ala uuringutes valitses üleproduktioon. Vajadusel võib huviline uurimistulemustega tutvuda Heino Aruküla, Ninel Barabaneri, Heino Sitsi ja ka autori avaldatud artiklite ja käsikirjaliste teadusaruannete kaudu.

Harjutamiseks vt veel 5.2 MÄETÖÖSTUSE KORRALDUS nr 25 ja 26.

#### 2.5.4. KONTROLLKÜSIMUSED

- Milline oluline vahe on kvaliteedil ja kvantiteedil (hulgal, kogusel)?
- Kuidas jaotuvad maavara kvaliteedi peamised tunnused?
- Millised on peamised põlevate maavarade kvaliteeditunnused?
- Kuidas klassifitseeritakse kaevist?
- Nimetage peamised puistematerjali jaotusseadused?
- Mida mõeldakse kaevise keskmise tükisuuruse all?
- Millised on peamised kaevise kvaliteedijuhtimise meetodid?
- Mis on selektiivne väljamine? Tuua näiteid.
- Mis on valikpurustamine? Tuua näiteid.
- Milliste mäetehniliste vahenditega juhitakse tükisust?
- Mis on rikastamine mäemajanduse seisukohalt?
- Mis on tuumaine?
- Millised on tuntumad rikastamismeetodid?

### 3. MÄETÖÖSTUSE TÖHUSUSE HINDAMINE

#### 3.1. MÄEPROJEKTIDE HINDAMINE

##### 3.1.1. TASUVUSUURING

Ettevõtte asutamine algab tasuvusuuringuga, mille eesmärgiks on teada saada ja teada anda, milline on rahastaja risk laenu andmisel ja/või tagamisel, millist kasu tootab projekt rahastajale, kuidas sobitub rahvamajandusse, kui palju ta tagab töökohti, milline on tema ekspordipotentsiaal, mõju keskkonnale jne. Tasuvusuuring peab kuuluma iga ettevõtmise koosseisu, mida on võimalik kirjeldada projektina. See on mikromajanduse tavatöö, mille tegemise meetodid ja võtted on välja kujunenud ettevõtjate, projekteerijate ja rahandusringkondade tööpraktikas. Seepärast leiab huviline tasuvusuuringute üldküsimumuste kohta küllalt teavet mujalt ja mäemajanduse kursuses võib piirduda vaid mäenduses ette tulevate erialaste üksikasjadega, mis suurel määral tulenevad sellest, et mäeettevõtte rajamine on kapitalimahukas, kusjuures tasuvus ei pruugi olla kõrge ega edukus kindel.

Nõukogude majanduspraktikas nimetati tasuvusuuringuga sarnast tööd tehnilis-majanduslikuks põhjenduseks (tavapruugis ka TEO vene keeles *технико-экономическое обоснование*). Tehnilis-majandusliku põhjendamise metoodika erines oluliselt turumajanduse tasuvusuuringute metoodikast – kriteeriumiks oli kulu, mitte tulu.

Mäetööstuses on tavaline, et sõltuvalt ettevõtmise mahust, riskist ja ressursside uuritusest tehakse tasuvusuuringuid mitmes järgus järjest suureneva detailsuse ja täpsusega. Neist annab ülevaate D. W. Gentry (1979, 1984) andmeid esitav tabel.

Tabel 3.1 TASUVUSUURINGU JÄRGUD

Järk	Täpsus %	Vajalik aeg	Ette-nägemata kulude vajadus %	Tootmis-eelsete tööde lõpetamise tase %	Tootmis-eelsetele töödele plaanitud summade kulutamise tase %
Võimaluste hinnang	-30...+50	1...7 päeva	20...30	5	≤ 0,5
Eelhinnang	-15...+30	7...60 päeva	15...25	15...25	2...5
Otsustav hinnang	-5...+15	3...12 kuud	5...15	50...60	10...20
Üksikasjalik hinnang	-2...+10	2...9 kuud	4...8	90...100	50...60

**Võimaluste hinnang** on rahastamisettepanek. See tehakse paaril leheküljel, millel avatakse äriplaani võimalikud variandid ja riski peamised elemendid. Võimaluste hinnangu positiivseks tulemiks on rahastajate huvi tasuvusuuringute jätkamiseks.

**Eelhinnangu** järgus uuritakse projekti variante, alternatiive, võrreldakse nende võimalikku tulukust, kulusid ja riski. Eelhinnang peab andma selguse peamiste lahendusvariantide suhtes.

**Otsustav hinnang** on tasuvusuuringu peamine osa, selles vaadeldakse eelhinnanguga sobivaks peetud äriplaani variante. Eesmärgiks on välja tuua kõik rahastamisotsuste langetamiseks vajalikud andmed. Kuni otsustava hinnanguni on normaalne, et töid ei jätkata, kui uuringu tulemus on negatiivne. Otsustava hinnangu positiivse tulemuse alusel avatakse projekti finantseerimine, algab ettevõtte projekteerimine ja ehitamine.

**Üksikasjalik hinnang** on tegelikult ettevõtte ehitamise eelarve koostamine, mille käigus ja tulemusel langetatakse otsuseid tehniliste üksikasjade näiteks masinate, seadmete ja materjalide ostu, töötajaskonna õppe jne suhtes.

Tasuvusuuringu mis tahes järgus tuleb anda uurituse tasemele vastav pilt ettevõtmise ressurssidest vt p 2.3.1 ETTEVÕTTE ASUTAMISE RESSURSSOLOOGILISED EELDUSED järgi. Loomulikult võib tasuvusuuring sisaldada ka muid osi, ent siin loetletu peab oma olulisuse tõttu kajastuma kõikides järkudes.

Tasuvusuuringu põhiosaks on plaanitava ettevõtte majandustegevuse bilanss. Bilansi esimene osa võrdleb ettevõtte müügi- ja muid tulusid kuludega, kuhu kuuluvad kulum (amortisatsioonieraldised), makstud kasvikud (intressid), maksud, kindlustus jne. Teine osa käsitleb kassaseisu: laekumisi puhaskasu, kulumi, laenu jne näol ning väljaminekuid ostudeks, võla kustutamiseks jne. Kolmas osa

näitab vara (kapitali) seisu (kulumist, jääkväärtust, käibevahendeid, aktsiaid jne) vastavalt klassikalisele aktiva-passiva struktuurile. Bilansi esimese osa struktuur vastab ettevõtte kasumiaruandele, teine osa iseloomustab käivet ja kolmas kajastab kapitali struktuuri, aktivat ja passivat. Kui detailselt bilanss koostatakse, sõltub tasuvusuuringu järgust ja objektist. Kaevanduste ja karjääride majandustegevuse bilanss koostatakse tavaliselt tegevusaastate kaupa. Väiksemate ettevõtete või mäetsehhide, üksikute seadmete või nende komplektide ostmise tasuvusuuring võib olla tehtud kvartalite või isegi kuude kaupa, mis on eriti mõttekas sesoonse tööga karjääride ja lühikese tasuvusajaga ettevõtmiste puhul. Kui pika aja peale see tehakse, sõltub äri kestusest, ettevõtte plaanitavast east jms. Ideaalne oleks, kui bilanss koostataks ettevõtte terveks tööajaks, kuid pikaealiste kaevanduste puhul kaotab see majanduse muutlikkuse tõttu mõtte. Igal juhul peab bilanss haarama ehitamiseks võetud laenu kustutamise aja. Suuremate ettevõtete puhul koostatakse bilanss tavaliselt 5...10 aasta peale.

### 3.1.2. KESKKONNAEKSPERTIIS <sup>1</sup>

Kuna mäetööstus mõjutab ja isegi muudab keskkonda, peavad mäeprojektid läbi tegema keskkonnaekspertiisi, millega hinnatakse kavandatava või projekteeritava objekti sobivust antud kohta, mõju keskkonnale, kaitsemeetmete vastavust nõuetele jms. Keskkonnaekspertiisi peab tegema litsentseeritud isik, asutus või ettevõtte. Vastavalt Eestis kehtivale korrale võib keskkonnaekspertiis olla tavaline või riiklik. Keskkonnaekspertiisi objektiks on maavarade kaevandamine ja töötlemine, maastikku muutvad tööd ja rekultiveerimine, maakasutuse sihtotstarbeline muutmine, loodusressurssi kasutatav tootmine, sh tsemendi- ja klaasitööstus, ohtlike ainete (lõhkeained!) säilitamine, vedu ja käitlemine, jäätmete käitlemine, müra, vibratsiooni ja elektromagnetilist välja tekitav tegevus, energia- ja tehnovõrgud, looduslike veekogude äravoolu reguleerimine ning rida muid töid ja tegevusi, mis kõik otseselt või kaudselt puudutavad mäendust. Seejuures on üleriigilise tähtsusega maardlates riikliku keskkonnaekspertiisi objektid kaevandamise projektid ja looduskasutuse riiklikud ning maakondlikud kontseptsioonid, programmid, üldplaanid, planeeringud, looduskasutusega seotud kommunikatsioonide ja tootmisobjektide rajamine ning asumite kavandamine, maakasutuse sihtotstarbe muutmine.

#### **Kõik maavarade kaevandamise kavad, projektid ja ettevõtmised peavad läbima keskkonnamõju hindamise protsessi**

Kõik keskkonnaekspertiisid on kulukad ja sellega tuleb arvestada mistahes kava või projekti tellijal ning igal mäetöösturil <sup>2</sup>.

### 3.1.3. MÜÜGI HINDAMINE

Tasuvusuuring algab sissetuleku hinnanguga. See on müüdava kauba koguse ja hinna korrutis. Et neid teada saada, tuleks korraldada turu-uuring, vähemalt müügi võimaluste hinnang.

#### **Turu-uuringu peamiseks ülesandeks on rajatava ettevõtte toodangu ja müügi mahu hinnang ning kaupade hinna prognoos**

Nõukogude plaanimajanduses piirduti üldjuhul toodangu koguse hindamisega, sest hind määrati tavaliselt käituskulude alusel. Ettevõtmist ei peetud tulusaks, kui käituskulud koos **normatiivse kasumiga** ületasid nn **sulgkulusid**, turumajanduse mõistes **piirhinda**. Kuna kasuminormatiiv ja sulgkulud anti ette, siis piirdusid majandusarvestused enamasti kuluarvestusega, mida käsitleti käesoleva raamatu esimeses ja teises osas. Toodangu maht saadi plaaniorganite juhiste alusel või määrati tarbijaid küsitledes. Kuna tarbijate vastused tuginesid samuti plaaniorganite juhistele, siis tegelikult mingit uuringut ei toimunud. Selline turu-uuringut välistav või minimeeriv lähenemine saab tulla kõne alla vaid monopolse riigikapitalismi tingimustes. Normaalne tasuvusuuring peab sisaldama nii kauba koguse kui ka hinna prognoosi.

Kõige lihtsam turu-uuring on plaanitava ettevõtte toodanguga konkureeriva kauba hinna ja veokulude hindamine. Kuna Eesti mäetööstuse toodang on valdavalt odav kaup, siis osutub enamasti määravaks veokulu. Kõrge veokulu ja madala kvaliteedi tõttu on turg geograafilises mõttes piiratud. Peaaegu alati

<sup>1</sup> Digiversiooni koostamise ajaks on keskkonnaekspertiis asendanud keskkonnamõju hindamisega, mille protseduuride tundmaõppimiseks käesolevast ei piisa

<sup>2</sup> Elu on näidanud, et keskkonnamõju hindamisest hoidumine läheb veelgi kulukamaks.



on eesti mäeettevõtte suurimaks äriprobleemiks turu piiratus ja sellest tulenev ettevõtte sõltuvus tarbija hinnadiktaadist. Hinnadiktaat on eriti tugev monoproduktsele mäeettevõttele. Kui ei suudeta arendada polüproduktset tootmist, on tarbijast sõltumatu kaevanduse või karjääri rajamise otstarbekus küsitav. Polüproduktse mäeettevõtte rajamisel tuleb alati teha täielik turu-uuring ning igal juhul hinnata kõigi võimalike kaubaliikide mahtu, hinda ja **müügiriski** (realiseerimise tõenäosust).

Käsitlemata üldisemasse majandusõpetusse kuuluvaid turu-uuringu võtteid, piirdugem siin vaid paari algtõega, mida tuleb arvestada nii projekte (äriplaan) koostades kui neid hinnates.

Esiteks, toodete hinna määramisel on kõige elementaarsem ja primitiivsem soov saada tooteühikult suurimat kasumit. Kuigi eduka ettevõtluse peamine eesmärk on kasumi maksimeerimine, ei tähenda see sugugi toote hinna maksimeerimist. Suurimat kasumit on võimalik saada nii hinna kui müüginahku abil, kusjuures viimane on enamikul juhtudel pöördvardelises sõltuvuses hinnast. Müüginahku hindamiseks tuleb osata hinnata tarbijate reaktsiooni hinnale.

Teiseks, tulles kaubaga turule, ei saa kohe plaanida kõrget hinda, mõnikord isegi mitte hinda, mis kataks tootmise alustamiseks tehtud kulud. Vastupidi, kui müügile toodaval kaubal on turul analooge, võib taktikalistel kaalutlustel osutada kasulikuks kulutustest madalam nn läbilöögihind, selleks et konkurentidelt tarbijaid üle lüüa.

Kui John D. Rockefeller seenior oma Standard Oili toodangule turgu otsis, jäi temale silma Hiina. Ta lasi teha suure koguse petrooleumilampe ja korraldas Hiinas nende müügi sümboolse hinna eest. Pärast seda hakkas ta sinna petrooleumi müüma.

**Piirhind** on kõrgeim hind, millega tulukuse hindamisel võib arvestada. Piirhinna võib kehtestada ettevõtte omanik, seda võib teha ettevõtte kõrgemalseisev organ (juhatas, korporatsioon), riik, rahvusvahelised organisatsioonid või mõni muu pädev instants. Sel juhul on see **seatud piirhind**. Kuid piirhinda võib defineerida ka kui hinnataset, **suurimat võimalikku hinda**, mida tarbija on nõus või suuteline maksma. Seda hinnataset saab määrata tarbija majandustegevust uurides. Tavaliselt lähtutakse tõsiasjast, et tarbijal on võimalik kasutada tooret vaid siis, kui see on küllalt odav. Kui toore muutub liiga kalliks, siis pole seda kasulik osta. Selle piiri saavutanud hind ongi piirhind suurima võimaliku hinna mõistes. Piirhinna prognoosimiseks on palju meetodeid, millest vaatleme vaid ürgtootvale tööstusele sobivamaid. Olgu kohe mainitud, et prognoosimeetoditega määratud piirhinda ei saa müüja küsida, sest üldjuhul ei sisalda piirhind tarbija kasumit.

**10% reegel.** Selle väga jämeda ainult võimaluste hinnangusse kõlbava reegli kohaselt moodustab lahja toorme, mida mineraaltoore üldjuhul on, hind mitte üle 10% temast valmistatava produkti hinnast. Seda reeglit võib rakendada mineraalsete ehitusmaterjalide tööstuses näiteks tsemendi ja lubja tootmiseks kasutatava lubjakivi, samuti plokk-kivi hinna esialgseks määramiseks. Selline on olnud Eestis põlevkivi ja põlevkiviõli hinnasuhe neil aegadel, kui majandus allus regulatsioonile (enne II maailmasõda ja rahvamajandusnõukogu ajal), s.t põlevkiviõli hind on ikka olnud 10 korda kõrgem kui utmiseks kasutatava põlevkivi hind. Kuigi põlevkivi kui õlitoorme hind allub 10% reeglile, lähtub see siiski kulude suhtest.

**Kulusuhtemeetod** on rakendatav siis, kui toodet vääristatakse, s.t temast valmistatakse uus toode ja vääristamisprotsessis ei osale teisi tooraineid, mis muudaksid kulusuhted ebamääraseks. See meetod sobib ka mäeettevõtte rikastamisvabriku toodangu maksumuse määramiseks. Kulusuhtemeetodi aluseks on lihtne kulustruktuur, mille kohaselt (vääristatud) toote maksumus  $C$  koosneb toorme maksumusest  $C_t$  ja vääristamise maksumusest (käituskulust)  $C_k$

$$C = C_t + C_k$$

Toodanguühiku (tonni) valmistamiseks kuluva toorme maksumus koosneb toorme erikulust ja selle hinnast

$$C_t = q Z$$

kus  $q$  on toorme erikulu (tonni tonnile) ja  $Z$  selle ühiku (tonni) hind. Käituskulu osa toodangu maksumuses sõltub tehnoloogiast ja on tavaliselt üsna stabiilne. Kui see on nii, siis võib käituskulu väljendada toote maksumuse osana:

$$C_k = g C$$

kus  $g$  on käituskulu osa toodanguühiku maksumuses. Kui nüüd oleks teada lõpp-produkti hind, siis toorme müüja ei saa kauba eest rohkem kui

$$Z \leq C (1 - g) / q$$

Näiteks kui põlevkiviõli kui vääristatud lõpp-produkti hind on 100 USD/ t, utmise käituskulu osa 0,4 (40%) ja põlevkivi erikulu õli tootmisel 6 t/t (saagis 16%), siis on utmiseks sobiva (tehnoloogilise, tükk-) põlevkivi piirhind

$$Z \leq 100 (1 - 0,4) / 6 = 10 \text{ USD/t}$$

Näitena toodud arvud on elulähedased ja näitavad, miks põlevkiviõli maksumus on umbes 10 korda kõrgem kui utmiseks kasutatava põlevkivi hind (maksumus) <sup>1</sup>.

**Tarbijatulu meetod** põhineb sellel, et tarbija, kasutades müüja poolt pakutavat toodet, saab lisatulu ja ostab toodet vaid siis, kui lisatulu on tagatud. Seda meetodit kasutatakse näiteks mineraalväetiste piirhinna määramisel, kuid see on kasutatav ka mineraaltoormetööstuses kauba hinna prognoosimisel. Arvutusi tehakse analoogiliselt kulusuhtemeetodiga. Näiteks kui talunik saab happelist mulda paejahu või põlevkivituhaga töödeldes lisasaagiks 0,6 t teravilja ühe tonni paejahu (põlevkivituha) kohta (erikulu  $q = 1/0,6 = 1,67$  t/t), kui ta saab teravilja müügist  $C = 1000$  kr/t ja kui tema (talundi)kulude osa maad paejahuga töödeldes on  $g = 0,3$  (30%), siis on talunikule saadav lisatulu ning sellele vastav paejahu või põlevkivituha piirhind

$$Z \leq 1000 (1 - 0,3) / 1,67 = 419 \text{ kr/t}$$

Ka see tulemus on elulähedane, kuid tuleb teadvustada, et see piirhind kehtib talus, s.t müüja peab maha arvestama veo- ja müügikulud <sup>2</sup>. Teiseks, teades teravilja müügivõimaluste ebakindlust ja maaviljelejate konservatiivsust, ei saa loota, et paejahu või põlevkivituhka piirhinnalähedase hinnaga ostetak. See tähendab, et kaubal on kõrge müügirisk. Kolmandaks pole näide korrektne selle poolest, et antud juhul avaldub tarbijatulu mitme aasta jooksul, nii kaua kuni toimaine mõjub. Põlevkivituhka kasutatakse tavaliselt kord viie aasta jooksul. See tähendab, et tuha ostukulu peab korvama viie järgmise suve saak. Oodatav tulu on aga, nagu teada, tänase päeva seisukohalt seda väiksem, mida kaugemas tulevikus tulu saadakse. Pealegi väheneb tulu aasta-aastalt sedavõrd, kui võrd taimed toimeaine mullast ära kasutavad. Seepärast peab pikema aja vältel saadava tulu suhtes rakendama p 1.1.8 tutvustatud maa hinna määramise meetodikat ja tooma välja taandatud tarbijatulu ( $R$ ), mis summeerub iga-aastasest (aastakeskmisest) tarbijatulust ( $r$ ), arvestades maalt saadava tulu muutumise (keskmist) tendentsi ( $\omega$ ) ja taluniku iga-aastasest finantstulu ( $\delta$ ). Kui inflatsioon puudub, võrdub  $\delta$  kasvikuinormiga, kui inflatsioon on olemas, siis on  $\delta$  pikaajalise hoiuse kasvikuinormi ja inflatsioonimäära vahe. Antud juhul tulevast tarbijatulu hinnates tähendab see, et kui talunik oleks jätnud paejahu või põlevkivituha ostmata ja pannud vastava summa pankka, siis oleks talle makstud sellelt igal aastal kasvikuinorm. Samal ajal oleks raha ostujõud inflatsiooni tõttu vähenenud. Kasvikuinormi ja inflatsioonimäära vahe ongi  $\delta$ .  $T$  on valemis aeg, mille vältel tarbijatulu arvesse võetakse.  $\varepsilon$  tähistab summaavaldist, mis Tabel 1.20 oli toodud kahekümne aasta ( $T = 20$ ) jaoks. Antud juhul on ajavahemik lühem, 5 aastat, seepärast on suhteliselt lihtne teha vastav arvutus tabeli kujul.

Tabel 3.2 AJASTATUD TARBIJATULU MEETODI ARVUTUSNÄIDE<sup>3</sup>

Tulu vähenemise tegur	$\omega = 0,3$		
Finantskulu tegur	$\delta = -0,1$		
Aasta	Aastatulu paejahu või põlevkivituhaga kasutamisel kr/t	Sama, esimese aasta algusele taandatuna	
1	151	136	
2	106	86	
3	74	54	
4	52	34	
5	36	21	
5 aasta kogutulu	419	331	
Aastakeskmine tulu	84	66	

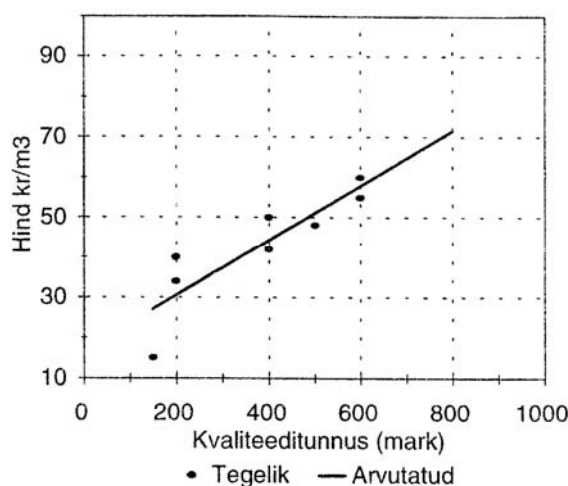
<sup>1</sup> Kaasajal ei saa aluseks võtta siiski mitte ainult käituskulu, vaid ka äri-, juhtimis-, müügi- ja finantskulud, mis kõik kokku moodustavad palju suurema osa kui siin näites kasutatud 40 %.

<sup>2</sup> Nüüd, kus teravilja hind on juba kolm korda kõrgem, võiks talunikult küsida ka kolm korda kõrgemat põlevkivituhaga hinda. Ent kuna seejuures tuleb arvestada ka tunduvalt kasvanud veokulu, siis kokku võttes ei saa sellelt äri- suurt tulu oodata.

<sup>3</sup> *Exceli* vahendeid kasutades saab tabelis näitlikustatud protseduuri teostada ühe valemiga.

Kui esialgu sai antud näites arvatud, et tarbijatulu on 419 kr/t, siis ei arvestatud, et see on viie aasta summaarne tulu ( $T = 5$ ). Aastakeskmine tulu oleks  $419 / 5 = 84$  kr/t. Kui võtta arvesse, et iga-aastane saagikuse vähenemine on keskmiselt 30% ( $\omega = 0,3$ ), siis tulu väheneb, nii nagu näha Tabel 3.2 keskmises veerus. Toodud andmed näitavad, miks ei saa arvesse võtta esimese aasta tulu. Teine oluline asi on hilisema aja tulu taandamine tänasele. Võttes aluseks olukorra, kus inflatsioon ületab keskmiselt 10% võrra pikaajaliste hoiuste kasvukunormi ( $\delta = -0,1$ ), on tulemus selline, nagu näha sama tabeli parempoolses veerus<sup>1</sup>. Nii selgubki, et summaarne taandatud, inflatsiooni ja pangalaenu kasvikut arvestav tulu 331 kr/ha, on väiksem kui varem saadud finantsmõjudeid mittearvestav summa 419 kr/ha.

**Analoogiameetod** on kasutatav, kui tullakse turule uue tootega, mis asendab tarbimises olevat kaupa, kuid mille kvaliteet erineb tavakaubast. Muidugi oleks sel juhul rakendatav nii kulusuhte kui tarbijatulu meetod, kuid kuna tarbija majandustunnused on tavaliselt kauba pakkuja eest varjatud, siis võib nende meetodite kasutamine olla raskendatud või ebatäpne. Analoogiameetodiga kujundatakse sõltuvus(ed) hinnaotsingu all olevat toodet ja analoogilisi tooteid iseloomustava kvaliteeditunnus(t)e ja hinna vahel ning hinnatakse, kui palju plaanitav toode on parem (halvem) juba müügil olevast. Selle alusel hinnatakse, kui palju kõrgem (madalam) võiks olla plaanitava toote hind. Joonisel 3.1 on sõltuvus ehituskillustiku peamise kvaliteeditunnuse, nn margi ja tema hinna vahel.



Joonis 3.1 Ehituskillustiku hinna sõltuvus killustiku kvaliteedist<sup>2</sup>

Graafikul on kõige madalama kvaliteediga ehituskillustikuna kasutatav põlevkivikaevanduste aheraine (mark 200), paekillustik margiga 400...600 ja pestud ning sorteeritud killustik margiga 800, millele kavatses turule tulla ja millele otsime hinda. Sõltuvus alal 200...600 on lähedane lineaarsele. Ekstrapoleerides saadud sõltuvust kuni margini 800, saame võimaliku hinna umbes 70 kr/t.

Kuna kõik siin põgusalt kirjeldatud hinna prognoosimise meetodid on ligikaudsed, siis on neist tulu tasuvusuuringu esimestes järkudes. Seejuures võib täpsuse huvides kasutada eri meetodeid. Otsustava hinnangu ja eelarvestamise järgus, samuti väljakujunenud tööstuse ja turu korral tuleb toodete hinna plaanimisel kasutada täpsemaid majandusõpetusest teada olevaid meetodeid.

Hinna määramise harjutamiseks vt MÄETÖÖSTUSE TÕHUSUSE HINDAMINE nr 27...32

### 3.1.4. MÄEETTEVÕTTE TOODANGU HIND JA KVALITEET

2. osas (2.5.2 ja 2.5.3) oli näidatud, et kaevise kui mäeettevõtte toodangu kvaliteeti tõstes väheneb kauba (toorme, maagi, kütuse) kogus. Tekib küsimus, kas ja mil määral kõrgema kvaliteediga kauba kõrgem hind korvab tootjale kauba koguse vähenemise. Tootjal on lihtne kõrgemale kvaliteedile

<sup>1</sup> Tabeli 3.2 kõige parempoolsemat veergu poleks vaja olnudki arvutada, sama tulemuse oleks saanud, kui hektariilt saadava aastatulu (keskmise veeru) suhtes rakendada Exceli protseduuri NPV (*Net Present Value*), mis annab tulemuse 338 kr/ha. Vahe tuleneb arvutuste täpsusest.

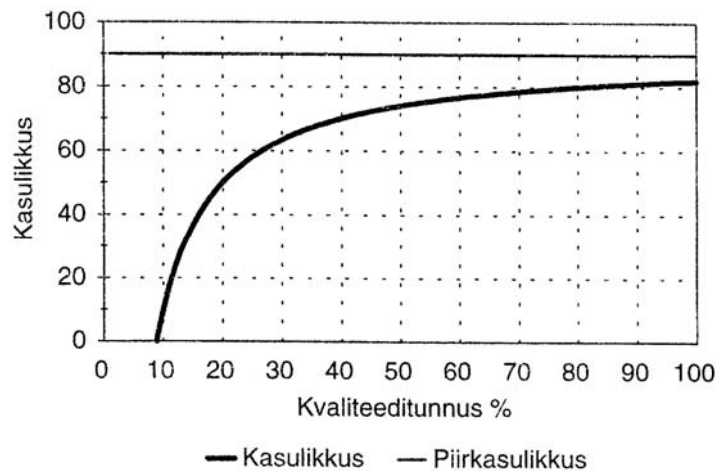
<sup>2</sup> 1998. a killustiku hinnad ja „mark“ kui toona kehtinud killustiku kvaliteeditunnus. Täna on hinnad inflatsiooni mõjul kasvanud ja kvaliteeditunnusedki teised, kuid põhimõte – toote kvaliteedi ja hinna vastavus on igavene. Et seos ei ole kaugeltki lineaarne, sellest hiljem.

vastavat hinda määrata - hind peab katma nii kvaliteedi tõstmiseks tehtud kui ka selles protsessis kaduma läinud kaubaosa tootmiseks tehtud kulud ja andma kasumitki. Kuna hind on ostja, mitte müüja teha, siis peab teadma, kui palju võidab ostja kvaliteetsemat kaupa kasutades ja mil määral tarbija kulud suurenevad ostutoorme hinna tõustes.

Peamised asjaolud, millega tuleb arvestada ürgtootva, sh mäetööstuse kauba kui töötleva tööstuse toorme (ka kütuse) kvaliteeti tõstes on

- veokulude vähenemine
- toorme erikulu vähenemine töötlemisel
- töötlemiskulu vähenemine nii käitus-, kapitali- kui ka keskkonnakaitse kulude osas
- töötlemise produktide kõrgem kvaliteet

Sellest lähtuvalt on töötleva tööstusel tulusam kasutada (töödelda, põletada) kõrgema kvaliteediga tooret. Kui püüda iseloomustada kasulikkust kui mingit tunnust, mida me esialgu ei püüa mõõta, siis selle kasvu sõltuvalt toorme kvaliteedist iseloomustab graafik järgmisel joonisel.



Joonis 3.2 Kasulikkuse kasvu sõltuvus kvaliteedist.

Graafik on konstrueeritud nii, et (ülemine) piirkasulikkus on 90 ühikut ja kvaliteedi alampiir 9%. Graafiku kohaselt ei ole tarbijal üldse kasulik osta kaupa, mille kvaliteet on küll üle nulli, kuid mis on tarbija jaoks mõttetult madal. Sellise kauba näiteks sobib auto, mis ei sõida, toit, mis ei ole söödav, või rõivaese, mis ei lähe selga.

Asja sidumiseks Eesti mäemajandusega olgu mainitud, et põlevkivile on selliseks kvaliteedipiiriks elektrijaamades umbes 1 GJ/t ja kiviter-generaatorites 2,8 GJ/t. Betoonitehas on killustikule piiriks mark 200, fosfaatse toorme tarbijatele arvatavasti 26...28 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ja tsemenditehasel lubjakivile 42...43 % CaO. (Veidi hiljem tuleb selle piiri tähisena sisse sümbol Q1'.) Kui toorme kvaliteet on üle alampiiri, siis on seda mõtet kasutada ja mida kõrgem on toorme kvaliteet, seda suurem on kasulikkus. Kuid kasulikkus on lõplik, igal toormel ja protsessil on ka piirkasulikkus. Toorme kvaliteedi kasvades hakkab kasulikkuse juurdekasv vähenema ja piirkasulikkusele lähenedes ei olegi see enam tarbija jaoks oluline. Ka toodud eluliste näidete (auto, toit, rõivas) kvaliteedil on piir, millest edasi pole märgata kasulikkuse kasvu. Eesti oludes on ükskõik, kas auto suudab sõita 200 või 300 km tunnis, kas kasvuhormooni sisaldus lihas on üle või alla Saksamaal kehtiva normi või kas rõivakangas on tehtud šoti või austraalia villast. Mäendusala näidet ei saa tuua seni, kuni pole kokku lepitud, millega mõõta kasulikkust.

Edaspidi jääb veokulu käsitlusest välja. Asjaolu, et kõrgema kvaliteediga toore on enamasti väiksema aheraine (kasutu aine) sisaldusega, lubab mõista, et kui veose mass on sama kasuliku aine sisalduse juures väiksem, on vedu odavam.

Oluline on toorme erikulu vähenemine töötlemise (lõpp-)produkti ühikule. Selle mõiste käsitlus on lihtne, kui toorme kvaliteet on mõõdetav töötlemisel saadava produkti kogusega (osaga, protsendiga) toormes. Olgu näiteks vasemaagi kvaliteeditunnuseks vase hulk (protsent) maagis või põlevkivil massiühikus sisalduv energia (MJ/kg, GJ/t, kcal/kg). Teine lihtne juhtum on, kui nii tooret kui produkti iseloomustab üks ja sama tunnus näiteks P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O jm sisaldus kontsentraadis ja väetises, CaO

sisaldus lubjakivis ja lubjas. Juhtumeid, mil toorme ja toote kvaliteeditunnused pole ühismõõdulised näiteks klaasiliiva või klaasidolomiidi rauasisaldus ja sellest sõltuvad klaasi värvus ning läbipaistvus, ei ole võimalik allpool toodavasse skeemi paigutada. Järgneva arvutusmeetodika aluseks on kvaliteedi lihtsustatud käsitlus. Mis tahes kauba headust mõõdetakse paljude tunnustega (kahjulike ja kasulike lisandite hulk, mineraaltoormel ka tükisus või terasus ning selle jaotus jne). Mõned tunnused võivad olla üpris tülikalt formaliseeritavad näiteks värvus ja lõhn. Teisisõnu, kvaliteedi määrab n-mõõtmeline tunnuste vektor.

Kui toorme ja produkti kvaliteeti mõõdab üks ja sama tunnus, siis on töötlemisprotsessi heaks tunnuseks kasutegur, millest oli juttu energiakandurite muundamise juures (p 1.3.9)<sup>1</sup>

$$\eta = Q2 / q Q1$$

kus  $q$  on toormekulu produktiühikule ehk erikulu;  $Q$  on kasuliku aine sisaldus toormes ja produktis, nende kvaliteeti iseloomustav tunnus  $Q1$  toormes ja  $Q2$  produktis. Valem sobib, kui toorme ja produkti kvaliteeti mõõdetakse ühe ja sama aine (ka energia) erinevate mõõtühikutega. Nii on see põlevkivi puhul, mille kvaliteedi mõõtühikuks on kaubastamisel MJ/kg, majandusarvestustes GJ/t ja vanemates teadustöodes, eriti geoloogilistes aruannetes kcal/kg. Põlevkivi töötlemisel (põletamisel, utmisel) tekkinud lõpp-produkti (energiakanduri) mõõtühik on aga kWh, õli tonn, õlitonni GJ, ka soojuste MWh või GJ.

#### Näited

- Põlevkivi põletamisel elektriijaamade kolletes on põlevkivi erikulu  $q$  1,5 kg/kWh. Põlevkivi kvaliteedi tunnuseks on massiühiku energiasisaldus ehk kütteväärtus  $Q1 = 8$  MJ/kg. Põlevkivist saadavat elektrienergia kogust mõõdetakse kilovatt-tundides (kWh).  $Q2$ , s.t toorme energiaühikutega mõõdetava kasuliku aine sisaldus toodanguühikule on 3,6 MJ/kWh. Seega on kasutegur  $3,6 / 1,5 \times 8 = 0,3$ .

- Põlevkivi utmisel kasutatakse nn tehnoloogilist kivi, mille kütteväärtus on 12,3 GJ/t. Saadakse õli, mille kütteväärtus on 39 GJ/t. Põlevkivi erikulu utmisel on 5,4 t/t (Barabaner, 1976). Protsessi energeetiline (ainult õli arvestav, sest energeetilise produktina peaks arvesse võtma ka uttegaasi) kasutegur  $\eta = 39 / 5,4 \times 12,3 = 0,59$ . Mis saab, kui tehnoloogilise põlevkivi kvaliteeti hinnata näiliselt lõpp-produkti mõõtvast Fischeri retordi abil määratud õli saagise ( $T$ ) abil? Toodud kvaliteediga tehnoloogilisel põlevkivil  $T = Q1 = 21,7\%$ . Utmisel saadava õli õlisisalduseks  $Q2$  võib mõningate mõõndustega võtta 100%. Utmise kasutegur on nende arvude alusel  $\eta = 100 / 5,4 \times 21,7 = 0,85$ . Antud juhul näitab kasutegur, kui palju kiviter-protsessi abil põlevkivi õlipotentsiaalid saab.

- Maardus toodetud fosforiidikontsentraadi kasuliku aine  $P_2O_5$  sisaldus oli 28%. Kui sellest oleks tehtud superfosfaati (tegelikult tehti Maardus superfosfaati Koolast toodud apatiidikontsentraadist), siis selle toimeaine  $P_2O_5$  sisaldus oleks olnud 15%. Võib tekkida küsimus, miks kõrge  $P_2O_5$  sisaldusega kontsentraadist teha superfosfaati, mille toimeainesisaldus on hoopis madalam. Asi on selles, et  $P_2O_5$  on fosforiidikontsentraadis ühendina, mida taimed ei omasta, superfosfaadis aga taimedele omastataval kujul. Sellest hoolimata on  $P_2O_5$  näol tegemist ühismõõtmeliste kvaliteeditunnustega, mis võimaldavad hinnata protsessi kasutegurit. Kontsentraadi erikulu superfosfaadi tootmiseks oli 0,6 tonni. Nende andmete alusel arvutatud protsessi kasutegur  $\eta = 15 / 0,6 \times 28 = 0,9$ .

Toorme erikulu, mida tavaliselt mõõdetakse toorme massi või mahu kuluühikutes lõpp-produkti ühikule (kg/kWh, t/t.P2O5 jne), võib väljendada ka toorme kasuliku aine erikuluna  $q'$ . Sel juhul muutub kasuteguri ja erikulu vaheline seos üpris lihtsaks

$$\eta = 1 / q'$$

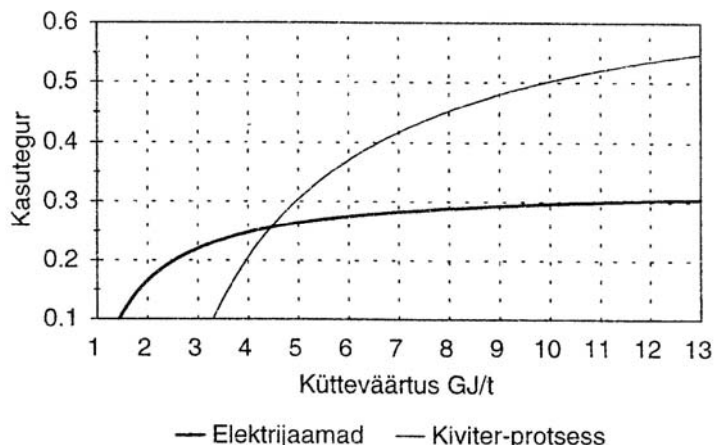
Siin on toorme kasuliku aine erikulu  $q'$  ühikuta suurus. Näiteks kui energeetilise põlevkivi erikulu ühe kilovatt-tunni elektrienergia tootmiseks on 1,5 kg/kWh ja ühe kilogrammi põlevkivi energiasisaldus 8 MJ ehk  $8 / 3,6 = 2,22$  kWh/kg, siis põlevkivi energia erikulu  $q'$  on  $1,5 \times 2,22 = 3,33$  kWh/kWh ja muundamise kasutegur  $\eta = 1 / 3,33 = 0,3$ . Kui tehnoloogilise põlevkivi erikulu ühe tonni õli tootmiseks on 6 t/t ja ühe tonni tehnoloogilise põlevkivi teoreetiline õlisisaldus on 24 % = 0,24 t/t, siis teoreetilise põlevkiviõli erikulu tegelikult toodetud õlile on  $6 \times 0,24 = 1,2$  t/t ja protsessi kasutegur  $\eta = 1 / 1,2 = 0,7$ .

<sup>1</sup> Edasises on paberversiooni kvaliteeditunnuse sümbol  $F$  kõikjal asendatud sümboliga  $Q$ .

Enamiku töötlemisprotsesside puhul on tõestatud, et protsessi kasutegur sõltub toorme kvaliteedist analoogiliselt ülalkirjeldatud kasulikkusega ja seda sõltuvust kirjeldab seos

$$\eta = k - l / Q1$$

kus  $k$  on kasuteguri ülemine piir, mis oleks saavutatav ideaalse toorme kasutamisel,  $l$  on võrrandi parameeter ning  $Q1$  on kvaliteeditunnus.



Joonis 3.3 Elektri ja põlevkiviõli genereerimise energeetilise kasuteguri sõltuvus kaubapõlevkivi kütteväärtusest

Oluline on märkida, et  $l$  ja  $Q1$  on ühismõõdulised. Parameetri  $l$  ja varem mainitud kvaliteedi alampiiri  $Q1'$  vahel on seos

$$l = k Q1'$$

Arvestades kasuteguri ja erikulu vahelist seost, avaldub viimane valemiga

$$q = Q1 / \eta \quad Q1 = Q2 / (k - l / Q2) \quad Q1 = Q2 / (k Q1 - l)$$

ja juhul kui tooret iseloomustab lõpp-produkti sisaldus temas, s.t kehtib seos  $\eta = 1 / q'$  ehk  $q' = 1 / \eta$ , siis

$$q' = 1 / (k - l / Q1) = Q1 / (k Q1 - l)$$

Toodanguühiku (tonni) valmistamiseks kuluva toorme maksumus koosneb toorme erikulust ja toorme hinnast

$$C_t = q z$$

kus  $C_t$  on juba varem esinenud toorme hind (vt kulusuhtem meetod),  $q$  on toorme erikulu, mis, nagu nüüd näha, sõltub toorme kvaliteedist, ja  $z$  toorme erihind, mis pole tonni ega kuupmeetri, vaid tema kvaliteeditunnuse ühiku (kWh, GJ, MJ,  $P_2O_5$  jne) hind. See avaldub

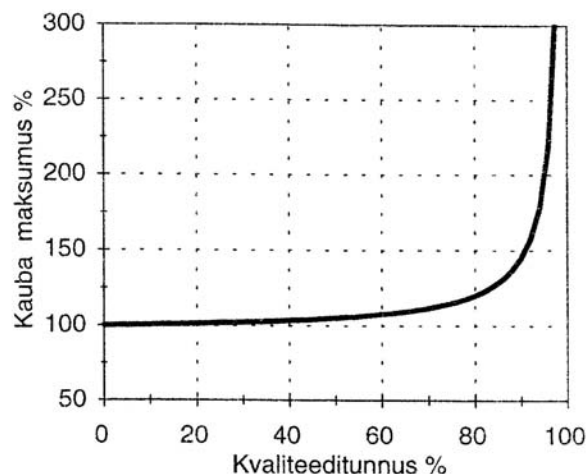
$$z = Z / Q1$$

Näiteks kui põlevkivi energeetiline erikulu  $q$  on 3,33 kWh/kWh, hind  $Z$  on 64 kr/t ja erihind  $z = 64 \text{ kr} / 8 = 8 \text{ kr/GJ}$  ehk  $8 \times 0,0036 = 0,0288 \text{ kr/kWh}$ , siis kütuse maksumus elektrijaama toodanguühikus  $C_t$  on  $3,33 \times 0,0288 = 0,096 \text{ kr/kWh}$  ehk 9,6 senti/kWh.

Kõrgema kvaliteediga tooret kasutades paraneb protsessi kasutegur ja väheneb toorme maksumuse osa toodangu maksumuses. Järelikult on tarbijal võimalik korvata toorme tarnijale kulu, mida too teeb kvaliteedi tõstmiseks, makstes kõrgema kvaliteedi eest kõrgemat hinda.

Raamatu teises osas (2.5.2 ja 2.5.3) oli näidatud, kuidas kasvab kaevise väärastamise kulu sõltuvalt

kvaliteeditunnustest. Üldjuhul tõuseb mäeettevõtte vääristatud toodangu hind järgneval joonisel esitatud graafiku kohaselt.



Joonis 3.4 Kauba tootmise kulukuse sõltuvus kauba kvaliteedist

Näiteks eesti fosforiidi puhul kirjeldab kvaliteedist sõltuvat tootmiskulu tõusu seos

$$Z = C Q1 / a_{P_2O_5} (1 + \beta \ln ((\kappa - k)/(\kappa - a)))$$

kus  $C$  on kaevise tootmiskulu (omahind),  $a_{P_2O_5}$  kasuliku aine  $P_2O_5$  sisaldus kaevises,  $\beta$  on rikastamisprotsessi, antud juhul floteerimise elastsus ja  $\kappa$  on kasuliku aine sisaldus tuumaines ehk suurim võimalik  $P_2O_5$  sisaldus kontsentratis. Selline pilt on iseloomulik, kui vajalik kvaliteet ( $Q1$ ) on võimalikule ülempiirile väga lähedal. Kui ei ole, nii nagu see on iseloomulik põlevkivile või ehituskillustikule, võib kulu ja ka hinna sõltuvus kvaliteeditunnusest olla ka lineaarne ehk rikastatud toodangu hind võrdeline kvaliteeditunnusega

$$Z = a Q1$$

Siin kasutusele võetud tähis  $a$  on võrdetegur ehk kvaliteeditunnuse hind. Kuigi eesti fosforiidi maksumus (omahind) sõltub kvaliteedist toodud keeruka võrrandi kohaselt, ei arvesta maailmaturul sellega mitte keegi ja keskmise fosforiidikontsentratis kvaliteeditunnuse ( $P_2O_5$ ) hinnaks on 100 USD/t  $P_2O_5$ . Sel juhul kontsentratis, mille  $P_2O_5$  sisaldus on 33%, maksab  $100 \times 33 / 100 = 33$  USD/t. Kui põlevkivienergia hinnaks on 8 kr/GJ, siis energeetiline kivi, mille kütteväärtus on 8 GJ/t, maksab  $8 \times 8 = 64$  kr/t. Niisiis kui tegemist on hinnaga, mis on võrdeline kvaliteeditunnusega, siis kvaliteeditunnuse hind ongi erihind, sest

$$z = Z / Q1 = a Q1 / Q1 = a$$

Kui kvaliteeditunnuse hind võrdub erihinnaga, siis on hind ka väga madala, nullilähedase kvaliteeditunnusega toormel. Mäeettevõttele see muidugi sobib, aga kuna hind on ostja teha ja nullilähedase kvaliteediga kaupa tarbija ei soovi, siis esineb praktikas sagedamini hinnaskaala, mida kirjeldab **hinnavalem**

$$Z = a Q1 - b$$

Siin on  $b$  parameeter, mida võiks nimetada aheraine ( $Q1 = 0$ ), kasutu toorme müümise eest makstavaks trahviks.

Alates 1990. aastast <sup>1</sup> kehtib põlevkivile hinnavalem  $Z = a Q1 + b$ , mis tähendab, et ka aheraine müümise eest saab AS Eesti Põlevkivi raha (trahv oli negatiivne). Sellise hinnaskaala kooskõlastamine tarbijatega annab tunnistust omaaegsete Eesti Põlevkivi erialainimeste erilistest oskustest või siis vastavate teadmiste puudumisest tarbijate, ennekõike Eesti Energia majandusekspertide juures.

Viimati toodud sõltuvusega hinnaskaala puhul avaldub toorme erihind veidi keerulisemalt

<sup>1</sup> Kuigi 21. saj alguses muutus hind lepingupõhiseks, kehtib valemige kirjeldatav seaduspärasus edasi.

$$z = Z Q1 = (a Q1 - b) / Q1$$

Tuletatud sõltuvused võimaldavad lõpuks kokku panna hinnakujunduse jaoks väga olulise **hinnavõrrandi**

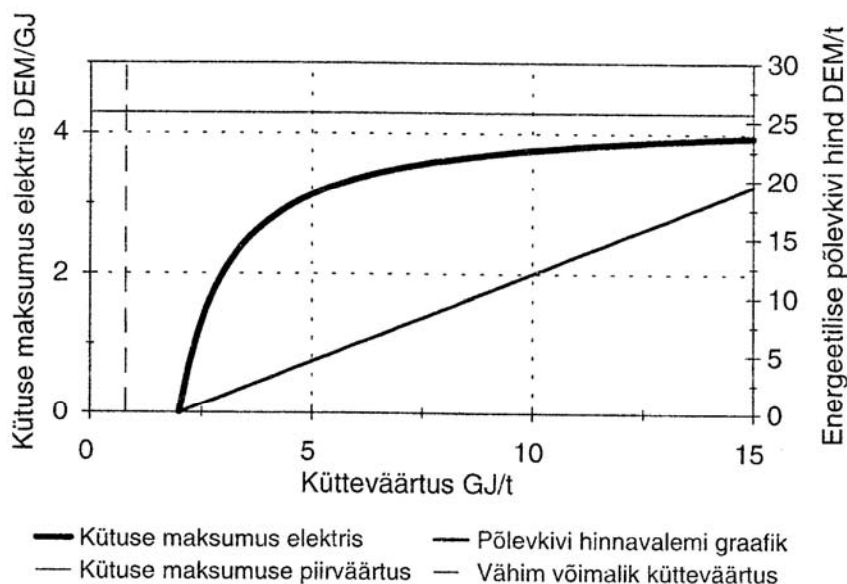
$$C_t = z q = ((a Q1 - b) / Q1) (Q2 / (k Q1 - l)) = ((a Q1 - b) / (k Q1 - l)) (Q2 / Q1)$$

või teisel kujul

$$C_t = z q = ((a Q1 - b) / Q1) (Q1 / (k Q1 - l)) = (a Q1 - b) / (k Q1 - l)$$

mis kirjeldab toorme kasutaja poolt tehtud produkti toormemaksumuse sõltuvust mäeettevõttelt ostetud toorme kvaliteedist. Nagu näha, määravad selle võrrandi iseloomu neli parameetrit, millest  $k$  ja  $l$  sõltuvad töötlemisprotsessist ning  $a$  ja  $b$  lepitakse toorme müüja ja ostja vahel kokku kui hinnaskaala (hinnavalemi) parameetrid. Hinnavõrrandit kirjeldab hüperbool, mis läheneb asümptootiliselt mingile toormemaksumuse piirväärtusele  $C_t' = a / k$ . Kui toorme kvaliteeditunnus saab võrdseks kvaliteeditunnuse alammääraga  $Q1' = l / k$ , siis  $C_t$  pole määratav, ta on kas lõpmata suur või lõpmata väike.

Ettekujutuse hinnavõrrandit kirjeldava hüperbooli käitumisest annab järgmine joonis, kus parempoolsel vertikaalteljel on energeetilise põlevkivi hind ja vasakpoolsel toorme maksumus, mis on põlevkivienergia hind elektrienergia ühikus.



Joonis 3.5 Üks võimalikke põlevkivi hinnavõrrandeid.

Nagu näha, ei ole selle näite (sellise hinnaskaala) puhul elektri jaam huvitatud kütuse kvaliteedi tõusust, sest kvaliteedi tõustes kasvab kütusekulu osalus elektrienergiast

Toorme maksumus käitub erinevalt. Kui  $a / b < k / l$ , siis reaalses kvaliteedipiirkonnas toorme kvaliteedi kasvades toorme maksumus kasvab nagu näites. Reaalne on kvaliteedipiirkond  $Q1 > Q1'$ , ebareaalset kvaliteedipiirkonda  $Q1 < Q1'$  pole mõtet käsitleda, sest sellise kvaliteeditunnusega toore tarbijale ei sobi. Teisel juhul kui  $a / b > k / l$ , siis reaalses kvaliteedipiirkonnas toorme kvaliteedi kasvades toorme maksumus kahaneb. Milline hinnaskaala tarbijale sobib, sõltub tehnoloogiast ja majanduslikest võimalustest. Kuna mäeettevõtte on üldjuhul huvitatud madalama kvaliteediga toodangu müümisest, siis on ootuspärane, et kui toorme kvaliteedi alanedes tarbijale toorme maksumus ananeb, tingib müüja ja ostja huvide kokkulangemine kauba kvaliteedi alanemise. Parim, mida hinnavalem võimaldab, on sellise hinna konstrueerimine, mille puhul tarbija majandustunnused ei sõltu üldse toorme kvaliteedist. See oleks variantidest sõltumatu **invariantne hind**. Invariantse hinnaskaala puhul reguleerib toorme kvaliteeti mäeettevõtte oma majandustegevuse tõhususest lähtuvalt ja nii saavutatakse optimum. Invariantse hinnavalemi parameetrid on

$$a = b k / l \text{ ja } b = a l / k$$



ehk

$$a = b / Q1' \text{ ja } b = a Q1'$$

Küsimus on selles, kuidas neid määrata. Juhul kui toorme töötlemisprotsessi iseloomustavad parameetrid  $k$  ja  $Q1' = 1/k$  on teada ning hinnavaidluses lepitakse kokku toorme keskmine hind  $\langle Z \rangle$ , mis vastab toorme keskmisele kvaliteedile, mida iseloomustab tunnus  $\langle Q1 \rangle$ , siis

$$a = \langle Z \rangle / (\langle Q1 \rangle - Q1')$$

ja invariantse hinnaskaala parameetrid on hõlpsasti arvutatavad.

**Näide.** Elektriijaamale müüdava energeetilise põlevkivi keskmine kvaliteet  $\langle Q1 \rangle$  on 8 GJ/t ja kokku on lepitud, et sellise kvaliteedi puhul keskmine hind  $\langle Z \rangle = 100$  kr/t. Põlevkivielektriijaama jaoks on kvaliteedi alampiir  $Q1' = 1$  GJ/t. Hinnaparameter  $a = 100 / (8 - 1) = 11,5$  kr/GJ ja  $b = a Q1 = 11,5 \times 1 = 11,5$  kr/t. Järelikult on invariantse hinna valem

$$Z = 11,5 Q1 - 11,5 \text{ kr/t}$$

Asjaolu, et näites  $a$  ja  $b$  on arvuliselt võrdsed, tuleneb sellest, et parameeter  $Q1'$  on juhuslikult 1 GJ/t.

Invariantse hinna valem on määrav hinna ja hinnaskaala kujundamisel. Selle teadmine võimaldab hinnata ka umbkaudset määra, mille võrra hinda võib tõsta või tuleb langetada, kui pakkuja oma kauba kvaliteeti tõstab või langetab.

Hinna uurimise harjutamiseks vt MÄETÖÖSTUSE TÕHUSUSE HINDAMINE, harjutused nr 33...39

### 3.1.5. MAJANDUSTEGEVUSE BILANSS

Ettevõtte projekti või äri tõhususe hindamiseks vajalik materjal esitatakse majandustegevuse bilansi kujul. Bilanss koostatakse ettevõtte tegevuse kohta aastate, kvartalite või kuude kaupa. Üldjuhul võib soovitada, et rahastamisajale (ehitamisele, rekonstrueerimisele, laiendamisele, moderniseerimisele) järgnev tööaeg vältaks 2...3 korda kauem kui rahastamine. Kui rahastamise aluseks on lühiajalised laenud, võib bilanss lõppeda ka laenu täieliku tagastamisega.

#### **Bilansi lihtsustatud skeem**

##### **I osa. Kasumi hinnang**

**1. Realiseerimise brutokäive** arvestab ettevõtte tulemit, mis avaldub müügi, teenuste ja teiste tulutoovate tegevuste mahu ning nende (müügi, teenuste jne) ühikuhinna kaudu. On loomulik, et tuleviku jaoks tehtud bilansis arvestatakse müügi mahu võimalikke muutusi turu hõlvamise ja küllastumise tulemusel ja ka hinnapoliitikast tulenevaid muutusi.

**2. Mahaarvamised brutokäibest**, sh käibe- ja aktsiisimaks tulevad mäeprojektide hindamisel arvesse tavaliselt alles üksikasjaliku hinnangu staadiumis.

**3. Realiseerimise netokäive** on kahe eelmise vahe. Kasutades siin ja edaspidi loendi numbreid valemina, oleks avaldise kuju **(3) = (1) - (2)**.

**4. Kulud** on

- 4.1 ostetud kaubad ja materjalid,
- 4.2 kütus ja energia,
- 4.3 palgad koos sotsiaal- ja ravikindlustusmaksuga,
- 4.4 muud maksud, millest mäetööstuses tulevad eriti arvesse maavara-, vee-, maa- ja saastemaks (piirmäära mahus),
- 4.5 kulum (amortisatsioonieraldised),
- 4.6 muud käituskulud (rajamis-, läbindus-, väljamis- jne kulud).

Ka siin püütakse hinnata võimalikult täpselt kaupade, materjalide, kütuse ja energia hinna võimalikke muutusi eeloleval tegevusajal, samuti palga ja tööviljakuse tõusu, paremat ressursikasutust maksude vähendamiseks jne. Loomulikult tuleb arvestada mäendustingimuste muutusest tulenevat materjalide, energiakandurite kulu ja töömahukuse muutusi. Erilist

tähelepanu vajab iga-aastase kulumi määramine võla kustutamise ja uute seadmete ostmiseks vajaliku raha kogumise tasakaalu saavutamisel.

5. **Tegevuskasum** on netokäibe ja kulude vahe, seega  $(5) = (3) - (4)$ .

Kolm järgmist kasumiaruande elementi

6. **Muud äritulud.**

7. **Muud ärikulud.**

8. **Finantstulud** ei leia tavaliselt tasuvusuuringutes ega projekti staadiumis tehtavates äriplaanides kajastamist.

9. **Finantskulude** all näidatakse ära makstud kasvikuud (intressid).

10. **Kasum majandustegevusest avaldub**  $(10) = (5) + (6) - (7) + (8) - (9)$ .

Kui

11. **Erakorralised tulud** ja

12. **Erakorralised kulud** ei leia tasuvusuuringus kajastamist, siis on

13. **Kasum enne tulu maksustamist** võrdne kasumiga majandustegevusest, muidu avaldub see  $(13) = (10) - (11) - (12)$ .

14. **Ettevõtte tulumaks** on  $n \times (13)$ , kus  $n$  on tulumaksunorm.

15. **Muud maksud** kajastavad piirmäära ületavat maavara-, saaste- ja veemaksu.

16. **Puhaskasum**  $(16) = (13) - (14) - (15)$  on majandustegevuse bilansi I osa, kasumihinnangu peamine, äriplaani tõhusust iseloomustav tulem.

### **II osa. Kassakäibe hinnang (kassakonto)**

Käibe hinnang võrdleb ettevõtte sisse- ja väljamakseid.

17. **Sissemaksed (deebet)** koosnevad

17.1 puhaskasumist **(16)**,

17.2 kulumist (4.5),

17.3 laenust (krediidist, võlakonto kasvust) ja

17.4 muudest laekumistest.

18. **Väljamaksed (kreedid)** on

18.1 kulutused kinnisvara ostuks, uurimis- ja projekteerimistööks, õppeks jne, juhul kui neid ei ole arvestatud (ei saa arvestada) kulude **(4)** koosseisus,

18.2 laenu kustutamine (võlakonto vähenemine),

18.3 muud väljaminekud, mis ei ole kuludes **(4)**, näiteks väärtpaberite ost (vaba raha paigutamine muusse ettevõtlusesse, fondidesse). Mäendusosalases tasuvusuuringus seda tavaliselt ei plaanita, kogu vaba raha näidatakse tinglikult kassajäägina (vt järgmine punkt).

19. **Kassajääk** on sisse- ja väljamaksete vahe  $(19) = (17) - (18)$ .

Kassajääk on majandustegevuse bilansi II osa ja projekti hindamise oluline tulem, peamine, mis näitab ettevõtte tõhusust, käivet, äri mahtu.

### **III osa. Vara hinnang**

Vara ehk kapitali hinnang tehakse ettevõtte bilansi (finantsaruande) põhimõttel.

20. **Aktiva** (varade) koostisosadeks on

20.1 **põhivara** (püsivate aktive) nagu maa, masinate ja seadmete, ehitiste ja rajatiste, sh kaeevõõnte koguväärtus vastavalt nende soetamisele. Ettevõtte ehitamise jooksul kinnisvara

kasvab;

20.2 põhivara (eelnevas punktis mainitu) **kulumine**, mis ettevõtte töötades igal aastal suureneb kulumi (4.5) võrra;

20.3 põhivara **jääkväärtus** kui kahe eelmise vahe  $(20.3) = (20.1) - (20.2)$ ;

20.4 **käibevara** (kassa), mis tasuvusuuringu tavade kohaselt kasvab igal aastal kassajäägi võrra. Tegelikult ei kasutata äris muidugi kogu teenitud raha käibeks selle sõna igapäevases mõttes vaid suunatakse muusse äritegevusse (vt järgmine punkt);

20.5 **likviidsed (müügikõlbulikumid) väärtpaberid** (18.3). Projekti staadiumis tehtavas hinnangus jäetakse need tinglikult käibekapitali koosseisu.

## 21. Passiva (kohustuste) koostisosad on

21.1 **jooksvad kohustused**, mis tasuvusuuringutes arvatakse kulude hulka ja siin ei näidata;

21.2 **pikaajalised kohustused** (võlg), mis koguneb laenu võtmise (17.3) ja kustutamise (18.2) vahest. Arusaadavalt kasvab võlg ettevõtte rajamise jooksul aasta-aastalt, hiljem võlg kahaneb ja äriplaanis võib koguni kaduda. Võla alusel määratakse kasvivate suurus  $(9) = i \times (21.1)$ , kus  $i$  on keskmine kasvukunorm, intressimäär;

21.3 **omakapital ehk aktsionäride** või/ja omanike vara, mis kasvab sedavõrd, kui võrd vähenevad kohustused (21.1 ja 21.2). Kuna aktiva ja passiva peavad olema võrdsed, siis tasuvusuuringutes leitakse see valemi  $(21.3) = (20) - (21.1) - (21.2)$  abil.

Kirjeldatud protseduur on programmeeritav tarkvarapakettide (*EXCEL*) abil. Tarkvara võimaldab joonistada graafikuid ja diagramme, mis iseloomustavad tähtsamate majandustegevuse tõhusustunnuste ajalisi muutusi.

### 3.1.6. TULUKUSE SISENORMI HINDAMINE

Ettevõtte ehitamine, rekonstrueerimine, moderniseerimine jne, mille tõhusust eelnenud punktis kirjeldatud protseduuride abil hinnatakse, tagab sissetuleku tulevikus. Ent kauges tulevikus saadav tulu ei ole sugugi sama ihaldusväärne kui tänane.

**Näide.** Põlevkivikarjääri ehitamiseks ja seadmestamiseks tehtud kapitalikulu on 165,76 milj kr. Karjääri tegevusest saadav kassajääk on aastate kaupa järgmise tabeli teises veerus. Nagu näha, ei jää esimestel aastatel kassasse mitte midagi, sest kogu saadav raha kulub ehitamiseks ja esialgsete kõrgete kulude katmiseks jne. Alates neljandast aastast hakkab äritegevus tõhusamaks muutuma, kusjuures parim aasta on kuues. Edasi hakkab paksenev katend majandustegevuse tõhusust vähendama ja üheksandal aastal, kui tuleb uuendada kogu masinapark, osutub kassaseis negatiivseks, s.t kulud ületavad jooksvaid tulusid. (Elus muidugi ei uuendata kogu masinaparki korraga nii nagu arvutusnäites.) Kuna 4...8 tegevusaasta jooksul on kogunenud 300,82 milj likviidset kapitali, siis kaetakse üheksanda aasta kulu sellega ja alles jääb ikkagi 170,14 milj kr.

Tabel 3.3 PROJEKTEERITAVA PÕLEVKIVIKARJÄÄRI KASSAJÄÄGI ANALÜÜS<sup>1</sup>

Ehitus- ja tegevus-aastad	Kassajääk aastati milj kr	Summaarne kassajääk (käibekapital) milj kr	Diskonteerimis-tegur, kui $i = 0,1$	Summaarne diskonteeritud kassajääk milj kr
1	0,000	0,000	0,909	0,000
2	0,000	0,000	0,826	0,000
3	0,000	0,000	0,751	0,000
4	7,500	7,500	0,683	5,120
5	70,290	77,790	0,621	48,770
6	77,550	155,340	0,564	92,540
7	74,940	230,280	0,513	130,000
8	70,540	300,820	0,467	163,900
9	-130,680	170,140	0,424	108,480
10			0,385	

Nii viisi on kaheksa aastaga, mille jooksul kasutati ära kogu ostetud seadmestiku ressurss, teenitud  $300,82 - 165,76 = 135,06$  milj kr. Kas see summa on küllaldane, meelitamaks karjääri

<sup>1</sup> Näide pärineb üheksakümnendate aastate keskel käsitletud väikekarjääri projektist.

rajama? Isegi kui üheksandal aastal osteti ilma kõrvalise rahastamiseta kogu uus seadmestik, jäi 170,14 - 165,76 = 4,38 milj kr üle. Kas on õige öelda, et ollakse plussis? Selleks et hinnata tulevast tulu, tuleb see taandada tänasele väärtusele, korrutades tulevikus saadavat summat diskonteerimisteguriga

$$d = 1 / (1 + i)^t$$

kus  $i$  on diskontomäär ja  $t$  selle tegevusaasta järjekorranumber, mille tulu tänasele väärtushinnangule taandatakse. Varem käsitsi arvutamise ajal, toodi diskonteerimisteguri tabelid ära käsiraamatute ja majandusõpikute lisades. Nüüd on selleks tarkvaraprotseduurid. Niisiis on diskonteerimisteguri näol tegemist tulevase tulu hinnaga, mis loomulikult on madalam kui tänane. Kui näiteks  $i = 0,1$ , siis maksab kümne aasta pärast saadav 10 miljonit täna  $10 \times 1 / (1 + 0,1)^{10} = 10 \times 0,385 = 3,85$  milj. Kui  $i = 0,15$ , siis  $10 \times 1 / (1 + 0,15)^{10} = 10 \times 0,247 = 2,47$  milj. Mida suurem on diskontomäär, seda vähem huvitab meid tulevane tulu. Diskontomääradele  $i = 0,1$  vastavad diskonteerimistegurid on välja arvutatud ja toodud näitetabeli neljandas veerus. Kui kassajääk aastati korrutada diskontomääraga ja siis kokku liita, selgub, et aastatega kogutav ja tänasele taandatud tulu on väiksem kui kogu kapitalikulu, isegi siis kui ei arvestata üheksandal aastal tehtavat seadmestiku kulukat uuendamist. Leplikkust üles näidates võib teha selle arvutuse alusel järelduse, et kui diskontomäär on 0,1 ehk 10% aastas ja arvestame kaheksa aasta tulu, siis on analüüsitava äriplaani peaaegu tulus. Miks just kaheksa aastat, st kuni seadmestiku uuendamiseni, seda võib äriplaani kaitsja selgitada enda motiivide alusel, aga miks on diskontomääraks 10% aastas, see on eriküsimus. Eriti määratu on diskontomäärade valik just ebastabiilse majandusega maades ja aegadel. Seepärast on soovitatav teha vastupidine protseduur, leida nn tulukuse sisenorm ehk selline diskontomäär, mille puhul analüütiku poolt sobivaks peetava aja jooksul diskonteeritud tulu, antud juhul siis diskonteeritud käibekapital, on suurem kui kapitalikulu. Sellise protseduuri tulemused on järgmises tabelis, kus summad, peale nende, mis asuvad topeltraamiga lahtreis, on väiksemad kui kapitalikulu (165,76 milj kr). Analüüsitava näite tulukuse sisenorm on seega kaheksa-aastases arvestuses veidi väiksem kui 0,1 ehk 10% aastas. Kui rahastaja leiab, et ta võib eeloleva kaheksa aasta jooksul oma rahaga (165,76 milj kr) teenida rohkem kui 10% aastas, siis see põlevkivikarjääri projekt teda ei huvita. Praegu on see Eestis igatahes nii.

Diskonteeritud tulu arvutatakse programmeeritud protseduuride abil, näiteks Excelis on selleks käsk NPV (Net Present Value).

Tabel 3.4 DISKONTEERITUD KASSAJÄÄGI SUMMA ERINEVA AJAVAHEMIKU JA DISKONTOMÄÄRA PUHUL

Arvesse võetud aastate arv	Diskontomäär				
	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14
9	129,883	118,685	108,485	99,205	90,770
8	207,232	184,058	163,906	146,329	130,955
7			130,998		
6			92,542		
5			48,767		
4			5,123		
3			0,000		

Harjutamiseks vt MÄETÖÖSTUSE TÕHUSUSE HINDAMINE harjutus nr 40.

### 3.1.7. KONTROLLKÜSIMUSED

- Kuidas muutuvad kaevandamis- ja kapitalikulu mäeettevõtte toodangu kvaliteedi tõstmisel?
- Millised on tasuvusuuringu järgud?
- Kirjeldage keskkonnamõju hindamise protseduure
- Mida arvestatakse müüginimise hindamisel?
- Loetlege piirhinna määramise meetodeid.
- Mida annab tarbijale kõrgema kvaliteediga toorme kasutamine?
- Mida kirjeldab hinnavalem?
- Mida kirjeldab hinnavõrrand?
- Mis on mäeettevõtte toodangu invariantne hind?
- Kuidas teostatakse ettevõtte bilansis kasumi hinnang?
- Kuidas teostatakse ettevõtte bilansis kassakäibe hinnang?
- Kuidas teostatakse ettevõtte bilansis vara hinnang?
- Milles on tulukuse sisenormi hindamise mõte ja kuidas seda teha?

## 3.2. OPTIMEERIMINE

### 3.2.1. LIHTSAD OPTIMEERIMISÜLESANDED MÄENDUSES

Mäenduses nii nagu eluski soovitakse parimat. On tavaline, et tehnoloogiat täiustades püütakse saavutada tehnoloogia mõne olulise tunnuse suurimat või vähimat (ekstreemaalset) väärtust, suurimat tootlust või kasumit, kõrgeimat kvaliteeti või ohutust, vähimat kulu või keskkonnakahjustust jne. Parimat taotledes märgatakse, et peagi hakkab tulemuse saavutamine muutuma üha raskemaks ja keerukamaks. Tootlust tõsta on üha kulukam või/ja ohtlikum, keskkonnakahjustuste vältimine on üha kallim ja töömahukam, käituskulu vähendamine ja müügitulu suurendamine on kapitalimahukam ning keskkonnakahjulikum jne. Peagi tõdetakse, et asja mitmeselt hinnates ei olegi kasulik taotleda üksiktulemuse (tootluse, kvaliteedi, ohutuse jne) suurimat või vähimat määra, kasulikum on kompromiss, mis kõiki mõjureid arvestades igati parimaks osutub.

**Tegevust, mille sihiks on parima lahenduse saamine, nimetatakse optimeerimiseks ja parimat lahendit ennast optimaalseks**

Et hinnata või mõõta lahendi headust ja lõpuks öelda, et saavutatu on parim, tuleb leida mõõdupuu, leppida kokku, mis mõttes peab lahend parim olema. Näiteks võib tehnoloogia headust mõõta tulemi maksumusega - mida odavam toodang, seda parem. Aga võib mõõta ka mõne kvaliteeditunnusega - mida kvaliteetsem toodang, seda parem. Hiljem tuleb näiteid, kus lahendi headust üritatakse mõõta üheaegselt mitme tunnusega.

**Tunnust, mille abil mõõdetakse lahenduse headust, nimetatakse kriteeriumiks**

On tähele pandud, et parima lahendi leidmiseks on olemas häid kriteeriume, kuid ei ole mitte mingeid juhiseid hea kriteeriumi valimiseks.

Tehnikateadustes on tavalised otsingud, mille sihiks on ühe tunnuse optimaalse väärtuse leidmine ühe kriteeriumi abil. Siis on tegemist ühese kriteeriumi ja lihtsa optimeerimisülesandega.

**Näide.** Kaevisse mahuühiku raimamise ja laadimise summaarne maksumus sõltub kahest omavahel seotud asjast: kivimi purustamiseks kasutatud lõhkeaine erikulust ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) ja purustatud kivimi laadimistootlusest. Mida rohkem lõhkeainet ühe kuupmeetri kivimi purustamiseks kasutatakse, seda kallim on lõhketöö. Samal ajal, mida rohkem lõhkeainet kulutati, seda paremini on kivim laadimiseks ette valmistatud, seda suurem on laaduri tootlus ja odavam laadimine. Üsna hästi kirjeldab lõhkeaine maksumust lineaarne seos

$$C1 = aq + b$$

ja laadimise maksumust hüperboolne seos

$$C2 = f / (q - c) + d$$

mis liidetuna annavad raimamise ja laadimise maksumuse võrrandi

$$C = C1 + C2 = aq + f / (q - c) + b + d$$

kus  $C$  on raimamise ja laadimise erimaksumus  $\text{kr}/\text{m}^3$  ja  $q$  lõhkeaine erikulu  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $f$  ja  $d$  on empiirilised parameetrid, millel on füüsiline sisu:  $a$  on lõhkeaine maksumus,  $b$  lõhkeaine kogusest sõltumatu lõhketöö maksumus,  $c$  lõhkeaine erikulu, mille juures kivim ei irdu ja laadimine on võimatu,  $d$  ühtlase peentükise materjali laadimise maksumus laaduriga,  $f$  on võrdetegur, mis seob laaduri tunnimaksumust, tootlust ja kivimi purustamiseks kasutatud lõhkeaine erikulu.

Kuna sihiks on vähendada raimamise ja laadimise summaarset maksumust, siis selle võrrand on antud lihtsa optimeerimisülesande sihifunktsioon.

**Sihifunktsioon on see, mille vähimat või suurimat väärtust otsitakse**

Lihtsa optimeerimisülesande sihifunktsioon on ühe muutuja funktsioon.

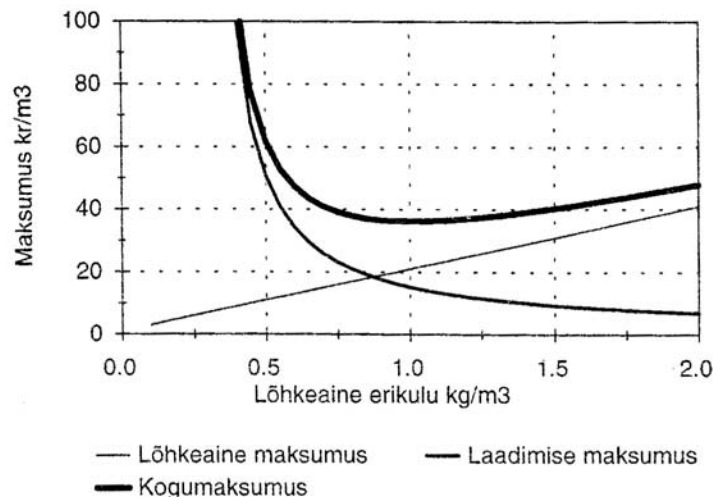
Siin toodud mudel on pealiskaudne. Näiteks lõhkeainet üha suuremas koguses kasutades hakkab purustatud materjal üha kaugemale paiskuma ja laadimise tootlikus alanema. Seoses sellega hakkab lõhkeaine suure erikulu juures laadimise maksumus kasvama. Kuid on ka teisi näiteid. Karjäärikatendi lõhkamisel paiskub suure lõhkeainekulu puhul osa kaevisest puistangusse ilma ekskaveerimata. Sellega väheneb ekskaveerimise maht ja maksumus. Selliseid erijuhtumeid võib uurida ja matemaatiliselt kirjeldada ning kujundada keerulise sihifunktsiooni, kuid kõigest hoolimata on ikkagi tegemist lihtsa optimeerimisülesandega, mida kirjeldab üks sihifunktsioon.

Nõukogude mäemajanduses mõõdeti ekskavaatori tootlust katendi mahu, mitte ammutuste loenduri ega kopatäie kaalu abil. Mida rohkem lõhatud materjali puistangusse paiskus, seda kõrgem oli plaanimajandusele väga oluline ekskavaatori (võlts)tootlus. Teadlaste poolt tehtud puurilõhketööde optimeerimine, mille sihiks oli, et võimalikult palju katendikivimit paiskuks puistangusse ekskaveerimata, võeti tootmisjuhtide poolt küll vastu, kuid tulemust ei tunnustatud, sest see oleks paljastanud ekskavaatorite suure tootluse ja selle eest saadud punalippude ning ordenite tegeliku tagapõhja.

Kui sihifunktsioon on matemaatiliselt kirjeldatav nagu siin näites, siis lihtsa optimeerimisülesande klassikaline lahend leitakse, kui sihifunktsiooni esimene tuletis võrrutatakse nulliga

$$dC / dq = a - f / (q - c)^2 = 0$$

millest tuleb hõlpsasti lahendatav ruutvõrrand. Lahend on optimaalne ( $q_{opt}$ ). Iga soovija võib selle võrrandi optimaalse lahendi leidmist abil harjutada joonise 3.6 kujundamisel kasutatud parameetrite abil.



Joonis 3.6 Lõhkeaine erikulu optimaalse väärtuse leidmine graafiliselt

Graafikud on konstrueeritud järgmiste parameetritega:  $a = 20$  kr/kg;  $b = 1$  kr/m<sup>3</sup>;  $c = 0,3$  kg/m<sup>3</sup>;  $d = 1$  kr/m<sup>3</sup> ja  $f = 10$  kr kg/(m<sup>3</sup>)<sup>2</sup>. Nagu jooniselt näha, on nende parameetrite puhul optimaalne lõhkeaine erikulu umbes 1 kg/m<sup>3</sup>.

Elus on tavaline, et mõnda tunnist pole mitte kuidagi võimalik üle etteantud piiri suurendada või vähendada. See tähendab, et tal on piirang. Ka antud juhtumil võib seada tingimuseks, et lõhkeainet ei ole rohkemaks kui selleks, et lõhata erikuluga  $q'$ . See tähendab, et kuigi sihifunktsioon väheneks erikulu suurenedes üle  $q'$  väärtuse, ei saa seda teha, kuna  $q'$  on (ületamatu) piirang. Sel juhul on lõhkeaine erikulu optimaalne väärtus ( $q' = q_{opt}$ ). Enamasti ongi nii, et palju huvitavam, kui optimaalset lahendit otsida, on teada saada, kui palju kaotatakse seeläbi, et lahendile on seadud piirang. Teisisõnu, uurida, kui suur on piirangu hind. Piirangu hind avaldub sihifunktsiooni ühikutes optimeeritava tunnuse ühiku kohta, antud juhul

$$dC / dq = a - f / (q' - c)$$

Siin oli näiteks juhtum, kus sihifunktsioon oli matemaatiliselt kirjeldatav. Elus ei pruugi see nii olla. Varemalt, kui tunnistatud lahendusmeetodiks oli klassikaline, diferentsiaalarvutusel baseeruv analüütiline meetod, tuli sihifunktsiooni matemaatiliselt kirjeldada või aproksimeerida. Nüüd, mil tehnika on arvutustöö võimalusi oluliselt avardanud, on loomulik, et empiirilisel andmestikul baseeruvad optimeerimisülesanded lahendatakse käepäraste arvutiprogrammide abil kas või tabelgraafiliselt. Tabelgraafilise meetod näeb ette sihifunktsiooni tabuleerimise (lähteandmete ja tulemuse esitamise tabeli kujul) ja tulemuste graafikute joonestamise. Miinimum leitakse graafikult.

Peale siin näitena toodud optimeerimisülesande kohtab mäenduse praktikas selliseid lihtsaid ülesandeid tihti. Põlevkivi kaevandamisel on püstitatud ja lahendatudki selliseid lihtsaid optimeerimisülesandeid nagu näiteks

- tuulutusšurfide optimaalne vahekaugus, kriteerium - tuulutuse maksumus
- optimaalne puuraugu diameeter, kriteerium - puur- ja lõhketööde maksumus
- sammastervikute optimaalsed mõõtmed põlevkivi kamberkaevandamisel, kriteerium - lõhatud kivimi laadimise tootlus
- kambrite ploki optimaalne laius, kriteerium - taandkulu
- rajamise kiirus, kriteerium - kas rajamise maksumus või kaevanduse tootmiskulu
- põlevkivi optimaalne kvaliteet; kriteerium - müügimaht rahas
- kaevanduse nr 9, nüüd Estonia, optimaalne tootmisvõimsus, kriteerium - taandkulu

Neist kõige mahukam oli viimane kuuekümnendail aastail Leningradi projektinstituudis Giprošaht lahendatud ülesanne. Ülesande püstitus, andmestik, algoritm, programm ja lahendi trakteering võtsid enda alla mitu mahukat köidet ja lahendamisel kasutati tolle aja võimsamat arvutit. Siiski oli tegemist lihtsa optimeerimisega, sest sihifunktsioon käsitles vaid kaevanduse tootmisvõimsust. Tabelgraafiliselt leitud lahend andis tulemuseks 9 milj t kaevist aastas ja see tulemus kanoniseeriti Giprošahti Eestis tegutsemise lõpuni.

Lihtsa optimeerimise harjutamiseks vt MÄETÖÖSTUSE TÕHUSUSE HINDAMINE nr 41...43

### 3.2.2. KRITEERIUMID

Eelmises punktis oli toodud kriteeriumi määrang ja ühe kriteeriumi abil teostatud optimeerimise näide. Tegelikus elus toimuva optimeerimine nii lihtne ei ole. Näiteks võib turult liha ostes seada kriteeriumiks küll liha hinna, kuid enamasti ei minda turule selleks, et osta kõige odavamast liha. Tavaliselt soovetakse osta mingit kindlat (sea-, lamba-, vasika-, linnuliha) teatava kondisuse ja rasvasusega värsket (inimese või koera haistmismeelele vastavat) liha. See tähendab, et valiku aluseks on viis tunnust: hind, liik, kondisus, rasvasus ja värskus. Tegemist on 5-komponendilise mitmese kriteeriumiga. Pikemalt mõtlemata peaks olema selge, et kõige odavam liha ei saa olla kõige värskem ja sealihaga ei saa olla nii madala rasvasusega kui vasikalihaga.

Mäenduses oleksid parima tehnoloogia valiku kriteeriumid kapitalikulu, käituskulu, töömahukus, tööohutus, mõju keskkonnale, maavara kadu, toodangu kvaliteet jne. Kui kõiki arvestada, oleks tegemist 7-komponendilise kriteeriumiga. Ka selle näite puhul peaks olema selge, et pole võimalik konstrueerida või valida sellist tehnoloogiat, mida iseloomustaksid vähim kapitalikulu, käituskulu, töömahukus, mõju keskkonnale ja maavara kadu ning võimalikult kõrge tööohutus ja toodangu kvaliteet.

**Mitmese kriteeriumi kõikide komponentide ekstreemalseid väärtusi ei ole võimalik saavutada ühe korraga**

Ka pätt Janise optimeerimisülesandel pole lahendit. (Pätt Janis tellis Vallini kõrtsis Riia linnas kopikate eest viina: odavat, palju ja kanget. Juhan Smuul. Kihnu Jõnn ehk metskapten. Teine pilt).

Ometi kõik olukorrad lahendatakse. Selleks on palju võimalusi. Vaadeldgem mõnda.

- Tavaline on, et valitakse välja mitmese kriteeriumi üks komponent, võetakse see aluseks ja optimeeritakse (minimeeritakse või maksimeeritakse) selle järgi. Mitmese kriteeriumi teistele komponentidele seatakse piirangud, mille sees loetakse lahend optimaalseks. Lihaostu näites seatakse peale lettide esialgset ülevaatus liha liigile, rasvasusele ja värskusele piirangud umbes sellisel moel: kuna vasikalihaga on väga kallis, lambaliha rasvane ja linnukered kondised, siis vaatan eile tapetud sea lihatükke, millel pole pekki ega konti ja ostan neist kõige odavama.
- Mitmene kriteerium taandatakse üheseks. Tavaliselt toimub see nii, et igale komponendile omistatakse mingi tähtsus, kaal, millega ta osaleb optimeerimisel, ja kogu protseduur taandub optimeerimisele ühese kriteeriumi järgi. Protseduuri selgitab järgnev tabel, kus toodud tehnoloogilise näite mitmese kriteeriumi komponente on hinnatud sajapallise (%) skaala abil. Nagu näha, on kaalumise tehtud üsna meelevaldselt, maavarakao tähtsust on hinnatud vaid 1%-ga ja keskkonnakaitse kulu tähtsust 20%-ga, samal ajal kui peamisi kulu- ja tuluallikaid (vastavalt kaevandamiskulu ja toodangu kvaliteeti) on hinnatud täie ette. Kaalude määramise

meelevaldsus ongi kriteeriumi komponentide kaalumise meetodi suurim puudus. Kuigi sellise meelevaalsuse vähendamiseks kasutatakse nn ekspertmeetodit, mille käigus lastakse hinded panna mitmel isikul ja mis siis keskmistatakse, ei ole kaalutud komponentidega kriteeriumil veatut majandusteaduslikku alust. Veidi põhjendatum taandatud kriteerium saadakse, kui kõik komponendid tehakse ühismõõduliseks. Antud näite puhul tähendaks see, et kõik komponendid väljendatakse rahas toodangu tonnile. Tehniliselt käib see nii, et töömahukust korrutatakse töötunni keskmise maksumusega, tööohutuse tunnust ühe tööõnnetuse keskmise maksumusega, maavara kadu korrutatakse kao eest makstava ressursimaksu määraga ja toodangu kvaliteeti ühe GJ hinnaga. Viimane tehe sooritatakse vastasmärgiga, sest saadav tulu on negatiivne kulu. Siis liidetakse kõik kokku ja saadakse toodangutoni taandatud maksumus, taandkulu.

Tabel 3.5 MITMESE KRITERIUMI ÜHESEKS TAANDAMINE

Komponent	Ühik	Hinne %	Kaal
Kapitali erikulu	kr/t	10	0,03
Käituskulu	kr/t	100	0,32
Töömahukus	h/t	50	0,16
Tööohutus	1/t	30	0,11
Keskkonnakaitse kulu	kr/t	20	0,06
Maavara kadu	t/t	1	0,00
Toodangu kvaliteet	GJ/t	100	0,32
KOKKU		311	1,00

Tehakse ka keerulisemaid optimeerimisprotseduure. Näiteks on autor kasutanud põlevkivi kaevandamise optimaalse tehnoloogilise struktuuri leidmisel nn iteratiivset optimeerimist vektorkriteeriumi abil.

### 3.2.3. LINEARPLAANIMISE ÜLESANDED MÄENDUSES

Lineaarplaanimine ehk lineaarsete optimeerimisülesannete seadmine ja lahendamine on mäenduses tavaline. Selle meetodi abil koostatakse optimaalseid tootmis- ja jaotusplaanid, jagatakse koormusi üksikute tootmisjaoskondade ja ettevõtete vahel jms. Kui varem käsitletud lihtsates optimeerimisülesannetes oli üks muutuja, mille optimaalset väärtust otsiti, siis lineaarplaanimise sihiks on mitme tulemust mõjutava muutuja (eri jaoskonna või kaevanduse toodang, eri tarbija vajadus jne) funktsiooni ekstreemse väärtuse leidmine. Meetodi nimetus vihjab asjaolule, et nii sihifunktsioon kui ka piirangud on muutujatest lineaarses sõltuvuses ja et on olemas ka mittelineaarsed optimeerimisülesanded.

Lakoonilises matemaatilises keeles koosneb lineaarplaanimise matemaatiline mudel võrratuste süsteemist

$$[A] \{X\} \Leftrightarrow \{B\}$$

mille sees on eraldi määratletav kriteeriumi alamsüsteem

$$[C] \{X\} \Leftrightarrow \{B\}$$

Siin on  $[A]$  parameetrite maatriks,  $\{X\}$  on  $n$ -mõõtmeline tehnoloogiliste parameetrite vektor,  $\{B\}$  on  $m$ -mõõtmeline piirangute vektor,  $[C]$  on kriteeriumi alamsüsteemi parameetrite maatriks ja  $\{B\}$  on  $k$ -mõõtmeline vektor, mis sõltub optimeerimise taktikast. Sümbol  $\Leftrightarrow$  tähistab ühte kahest sümbolist  $\geq$  või  $\leq$ . Ühese kriteeriumi puhul kõdub vastav alamsüsteem klassikaliseks sihifunktsiooniks

$$C_{kn} \rightarrow \text{ekstreemum}$$

kus  $C_{kn}$  on  $k$ -nda parameetri, sageli tootmiskulu varemalt ka nn taandkulu  $n$ -mõõtmeline vektor.

Kindlasti on seda kergem mõista näite toel.

**Näide.** Ühes põlevkivi kaevandavas ettevõttes (nagu Kohtla kaevandus kahekümnenda sajandi viimasel kümnendil) on võimalik kasutada kolme kaevandamistehnoloogiat (-viisi): puurlõhketöödega lausväljamist kambrites ja rajamisel, kihtide A...C osalist kombainväljamist ja kihtide A...C + E...F selektiivset avakaevandamist. Kaevist ei rikastata. Ettevõtte aastane tootmismahut on kokku lepitud  $0,6 \pm 0,05$  milj t. Põhimõtteliselt võiks toota ka ainult ühe tehnoloogiaga, kuid igaühel neist on peale



heade omaduste ka halvad küljed, mis ei sobi mitme piiranguga.

- Esimeseks piiranguks on lepe, et ettevõtte massitoodang ei tohi olla suurem kui 0,65 milj t/a. Samas ei tohi see olla väiksem kui 0,55 milj t/a, mis oleks teine piirang.
- Toodangu kütteväärtus on kihindi lausväljamisel 9,2 GJ/t, kombinväljamisel 10,9 GJ/t ja avakaevandamisel 9,6 GJ/t. Kauba keskmine kütteväärtus peab olema vähemalt 10 GJ/t, mis tähendab, et nii lausväljamise kui ka avakaevandamise maht on piiratud, sest need annavad toodangut, mis ei vasta kauba keskmise kvaliteedi nõudele. Eri etest tulevat toodangut segades võib saada kauba, mis vastab 10 GJ/t nõudele. See taandub piiranguks, et ettevõtte energiatoodang ei tohi olla väiksem kui  $0,6 \times 10 = 6$  PJ/a. Tuleb kohe märkida, et energiatoodangu piiramine lubab suurema massitoodangu (kuni mahuni 0,65 milj t/a) arvel ka madalamat kauba kütteväärtust.
- Ka töömahukus on eri kaevandamisviiside puhul erinev vastavalt 200, 180 ja 120 tootmistöölist miljoni tonni peale aastas. Kehtib nõue ehk piirang, et kaevanduses ei tohi olla üle 100 tootmistöölise. Siinkohal tuleb juhtida tähelepanu asjaolule, et kaevandus peab tootma aastas 0,6, mitte 1 milj t.
- Kaevandamisviisidel on erinev maavara kadu: kaategur k on vastavalt 0,25, 0,45 ja 0,15. Olgu meelde tuletatud, et kaategurit arvestatakse varu suhtes, toodud võrratustes on muutujaks toodang = (kasutatud varu) - (kadu). Toodangu suhtes väljendatud kaategur arvutatakse valemiga  $k / (1 - k)$ . On kehtestatud piirang, et kaevanduse keskmine toodangu suhtes arvutatud kaategur ei tohi olla suurem kui 0,5 (varu suhtes  $k = 0,33$ ).
- Kaevandamisviisidel on erinev kapitalimahukus vastavalt 15, 30 ja 25 kr/t aastas. Piiranguks on, et kapitalikulu ei tohi ületada 15 milj kr/a.
- Eri kaevandamisviisidega saadud kaevisel on tükk-kivi saagis vastavalt 0, 10 ja 30%. Kaevandus soovib tükk-kivi müüa vähemalt 80 tuh. t aastas. Ka see on piirang.
- Kõige selle juures on peamine, et tehnoloogiate käituskulu on vastavalt 35, 30 ja 20 kr/t.

Ja nüüd ülesanne: leida kõige odavam tehnoloogiate suhe kaevanduses. Selleks tähistagem eri kaevandamisviiside toodangumahud vektori  $\{X\}$  komponentidena: kambritest ja rajamiselt  $x_1$ , kombinilaavast  $x_2$  ja karjäärast  $x_3$  (milj t aastas) ning koostagem võrratuste süsteem:

Vähim massitoodang	$1 x_1 +$	$1 x_2 +$	$1 x_3 \geq$	0,55	milj t/a
Suurim massitoodang	$1 x_1 +$	$1 x_2 +$	$1 x_3 \leq$	0,65	milj t/a
Energiatoodang	$9,2 x_1 +$	$10,9 x_2 +$	$9,6 x_3 \geq$	$10 \times 0,6$	PJ/a
Kaevurite arv	$200 x_1 +$	$180 x_2 +$	$120 x_3 \leq$	100	Inimest
Kadu	$0,33 x_1 +$	$0,8 x_2 +$	$0,18 x_3 \leq$	$0,5 \times 0,6$	milj t/a
Kapitalimahukus	$15 x_1 +$	$30 x_2 +$	$25 x_3 \leq$	15	milj kr/a
Tükk-kivi		$0,1 x_2 +$	$0,3 x_3 \geq$	0,08	milj t/a
Käituskulu	$35 x_1 +$	$30 x_2 +$	$20 x_3 \rightarrow$	min	milj kr/a
Toodangu piirangud					
vähim (alumine raja)	0,1	0	0		milj t/a
suurim (ülemine raja)	0,6	0,6	0,2		milj t/a

Kahe viimase rea (toodangu piirangute) mõte on selles, et igal juhul mingisugune maht rajamisest tuleb, null see olla ei saa. Tavaliselt on rajamisest saadava toodangu maht umbes 10...15% kaevanduse kogutoodangust. Avakaevandamise maht on piiratud keskkonnakaitselistel motiividel. Kui seda piirangut ei oleks, püütaks odava ja vähese töömahukusega karjääritoodanguga katta kogu toodangumaht.

Ülesande lahendamiseks sobib näiteks *Excel* 'i protseduur *Solver*. Lähteandmetena viiakse arvutisse võrratuste süsteemi kordajad ja piirangute väärtused (rajad) ning reserveeritakse kohad duaalhinnangute ja lahendi jaoks. Arvutust tutvustab järgmine tabel, millele on juurde lisatud lahendist arvutuse teel saadud tulemused.

Tabeli ülemine osa kujutab endast optimeerimisülesande seadet, kus kaldkirjas on maatriks  $[A]$ , poolpaksus kaldkirjas veeruna vektor  $\{B\}$ , kriipsjoontest moodustatud raamis on poolpaksus püstkirjas ühesele kriteeriumile (käituskulu  $\rightarrow$  min) vastav sihifunktsiooni vektor  $C_n$ . Raamides on ka lahendamistulemused ja duaalhinnangud: rasvase topeltjoonega raamis on lahend ehk optimaalne toodangumaht kaevandamisviiside kaupa ja summana. Peene topeltjoonega raamis on duaalhinnangud ehk piirangute hinnad. Tabeli alumises osas on teisesed arvutustulemused tehnoloogiate kaupa, kaevanduses kokku ja miljoni tonni kohta (kui miljonitele mitte tähelepanu pöörata, siis ka tonni kohta). Nagu mainitud, on optimeerimise eriti hinnatavad tulemused

duaalhinnangud, piirangute hinnad. Need on siin küll erineva märgiga, mis tuleneb sellest, millise piirangu, kas alam- või ülempiiri taga lahend on takerdunud kuid tähistavad ühte ja sama, et

**kui piirangut lõdvendada ühe ühiku võrra, muutub tulemus paremaks duaalhinnangu võrra**

Tabel 3.6 KAEVANDUSE OPTIMAALNE TOOTMISMAHT

PARAMEETER	ÜHIK	KAMBRID	KOMBAIN	KARJÄÄR	RAJAD	DUAALHINNANG kr/t
TOODANG min	t/t	1	1	1	> <b>0,55</b>	0,0
TOODANG maks	t/t	1	1	1	< <b>0,65</b>	0,0
ENERGIA	GJ/t	9,2	10,9	9,6	> <b>6</b>	5,3
TÖÖMAHUKUS	1/milj.t	200	180	120	< <b>100</b>	-0,0
KADU	t/t	0,33	0,8	0,18	< <b>0,3</b>	0,0
KAPITALIKULU	kr/t	15	30	25	< <b>15</b>	-0,9
TÜKK-KIVI SAAGIS	t/t	0	0,1	0,3	> <b>0,08</b>	0,0
KÄITUSKULU	kr/t	<b>35</b>	<b>30</b>	<b>20</b>		
TOODANGU PIIRANGUD	milj t					
alumine raja		0,1	0	0		
ülemine raja		0,6	0,6	0,2		
TOODANG (lahend)	milj t	<b>0,12</b>	<b>0,27</b>	<b>0,20</b>	Kokku	<b>0,59</b>
DUAALHINNANG	kr/t	0	0	-7,75		
TULEMUSED:		KAMBRID	KOMBAIN	KARJÄÄR	KOKKU	MILJONI TONNI KOHTA
KÜTTEVÄÄRTUS	PJ	1,10	2,98	1,92	6,00	10,12
INIMESI		24	50	24	98	164
KADU	milj t	0,04	0,22	0,04	0,29	0,50
KAPITAL	milj kr	1,79	8,21	5,00	15,00	25,30
TÜKK-KIVI	milj t	0,00	0,03	0,06	0,09	0,15
KÄITUSKULU	milj kr	4,17	8,21	4,00	16,38	27,63

Niisiis, kui kütteväärtuspiirangu hinnaks on siinses lahendis 5,3 kr/GJ, siis tähendab see seda, et kui ettevõtte saaks müüa toodangut 1 GJ/t võrra madalama kvaliteediga, saaks ta seda teha 5,3 kr/t võrra odavamalt. Siit saaks aluse põlevkivi hinnaskaala koostamiseks. Kui ettevõtte saaks tarbijalt loa alandada kvaliteeti, teeks ta seda kamberkaevandamisviisi laiema kasutamise arvel, sest see on vähima kapitalimahukusega moodus. On ju kapitalimahukus ka piiri peal ja selle piirangu hind on 0,9 kr/kr. Kapitalipiirangu hind tähendab, et lubades tõsta toodangut tonni kapitalimahukust 1 krooni võrra, väheneks käituskulu 0,9 krooni võrra. See tunnistab, et antud näites on kapitalimahutuse kroon kallim kui käituskulu kroon ja täiendav kapitalimahutus ei ole põhjendatud. Duaalhinnang on ka piirangul, mis on pandud karjääri toodangumahule, antud näites 7,75 kr/t. See näitab, et iga karjääris toodetud tonn lubaks alandada kaevanduse tootmiskulu 7,75 krooni võrra. Siinkohal küsib tähelepanelik lugeja, miks 7,75 krooni, kui karjääritoodangu tonn on 10 krooni odavam kombainitoodangu tonnist ja 15 krooni odavam lausväljatud tonnist. Asi on selles, et karjääritoodangu osatähtsust tõstes langeb toodangu kütteväärtus, mis on juba piiril. Kütteväärtust saab langetada vaid ettevõtte massitoodangut tõstes tingimusel, et kütteväärtustoodang vastab piirangule. Toodangumassi tõstmine suurendab käituskulu ja selle võrra väheneb odavast tehnoloogiast saadud efekt. Tegemist on olulise majandustõega, mille kohaselt

**paljude piirangutega süsteemis ei kehti lihtsad asendused**

Lugeja ei pea sattuma paanikasse, kui toodu tundus arusaamatu. Autor on kogenud, et kirjeldatud majandusmehhanismi ei mõista isegi iga majandusdoktori kraadiga teadlane, rääkimata otsuseid langetavatest isikutest.

Piirangute panemise harjutus on nr 44 kohas MÄETÖÖSTUSE TÕHUSUSE HINDAMINE.

Näide käsitleb juhtumit, kui minimeeritakse käituskulu. Kuid sama protseduuri abil võib optimeerida, minimeerides ettevõtte töömahukust (inimeste arvu), kapitalikulu või maavara kadu, maksimeerides toodangu kvaliteeti või tükk-kivi saagist. Nendel juhtudel võib käituskulule seada piiranguid. Kui näites minimeeriti käituskulu, siis oli see ühene kriteerium. Kui soovitakse optimeerida kõikide loetletud kriteeriumide abil, on tegemist mitmese,  $n$ -komponendilise kriteeriumiga. Huvitav oleks seda teha iteratiivselt vektorkriteeriumi abil. Sellekohase protseduuri esimeses nn **piiramatu optimeerimise** staadiumis leitakse  $n$  korda parim lahend iga kriteeriumi komponendi järgi eraldi, kusjuures teistele komponentidele piiranguid ei seata. Loomulikult on sel teel saadud kriteeriumiks olnud komponendi ekstremaalne väärtus ideaalne ja tegelikkuses, mis pole midagi muud kui piirangute süsteem, saavutamatu. Kuna piiramatu optimeerimist teostatakse  $n$  korda, kusjuures iga kord saadakse vastava komponendi ideaalne väärtus, siis on tulemuseks  $n$ -komponendiline **ideaalvektor**. Töö teises, piirangutega optimeerimise staadiumis valitakse mitmese kriteeriumi mingi komponent peamiseks, üheseks kriteeriumiks ja teiste komponentide suhtes rakendatakse piiranguid. Seejärel teostatakse tavaline optimeerimisprotseduur ja saadakse lahend, mida iseloomustavad kriteeriumi kõikide komponentide (antud tingimustele vastavad) optimaalsed väärtused. Tulemiks on **optimaalne lahend**,  $n$ -mõõtmeline optimaalne vektor. Loomulikult ei lange see kokku ideaalvektoriga. Vektorite vahe, s.t antud lahendi optimaalse ja piiramatu optimeerimise staadiumis saadud ideaalse vektori vaheline kaugus näitabki saadud tulemi headust. Kuna sellel meetodil on raskesti mõistetav majanduslik sisu, siis on üsna informatiivne ka optimeerimisprotseduure korrata kriteeriumi mittepeamistele komponentidele seatavate piirangute mitmesugustel väärtusel selleks, et hinnata piirangute hinda ja uurida erinevate optimaalsete lahendite peamiste tunnuste omavahelisi seoseid.

Kõike siin esitatut ja oma kogemusi kokku võttes sõandab autor kinnitada, et

**optimeerimise oluline tulemus ei ole mitte optimaalne lahend, vaid töö käigus ja tulemusel saadud ettekujutus objektist ning tema käitumisest**

#### 3.2.4. KONTROLLKÜSIMUSED

- Mis on optimeerimine, kriteerium ja sihifunktsioon?
- Mis on piirang?
- Kuidas määratakse piirangu hind ja mida see näitab?
- Mida näitab lineaarplaanimise duaalhinnang?
- Tooge näiteid optimeerimise kasutamisest Eesti põlevkivitööstusest ja püüdke arvata, milliseid piiranguid tuli nende puhul kasutada
- Kuidas võiks mitmest kriteeriumi teisendada üheseks?

## 4. EESTI MÄETÖÖSTUS<sup>1</sup>

### 4.1. MAAVARAD JA MAARDLAD

Tabel 4.1 Eesti maavarad vastavalt 2005. a maapõueseadusele ja selle normatiivdokumentidele (Enno Reinsalu. Eesti mäendus II. Maavara uuring // Elektrooniline teavik. Tallinn, TTÜ mäeinstituut. Tabel 2.3.1)

Maavara	Kivimi või sette tüüp	Määraavad omadused
<b>Kivimid</b>		
Dolokivi	Karbonaatkivim (karbonaatne settekivim), karbonaatkivim	Dolomiidi sisaldus karbonaatsest osas > 50% MgO kivimis ≥14% Lahustumatu jääk kivimis < 25%
Lubjakivi		Kaltsiidi sisaldus karbonaatsest osas > 50% MgO kivimis < 14% Lahustumatu jäägi sisaldus < 25%;
Fosforiit	(Biokeemiline settekivim, liivkivim)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> keskmine sisaldus ≥ 6 %;
Kristalliinne ehituskivi	Aluskorrakivimid (tard- ja moondekivimid)	Survetugevus kuivalt ≥ 120 MPa*
Põlevkivi ehk kukersiit	Rohkem kui 10% süngeneetilist orgaanilist ainet sisaldav terrigeen-karbonaatse koostisega kivim (orgaaniline settekivim)	Tootuskihindi (põlevkivikihtide A...F <sub>1</sub> koos nendevaheliste lubjakivikihtidega) kütteväärtus ≥ 6,1 MJ/kg
<b>Setted</b>		
Järvelubi	Magevee karbonaatne sete	CaO sisaldus kuivaines ≥ 40%
Järvemuda	Klastilisest, karbonaatsest või orgaanilisest ainest koosnev magevee sete**	Orgaanilise aine sisaldus kuivaines ≥ 35%
Kruus	Mitmekomponendiline purdsete	Üle 5 mm läbimõõduga osakesi > 35%
Liiv		Üle 5 mm läbimõõduga osakesi < 35%
Meremuda	Mineraalmaterjalist koosnev meretekkeline sete	Orgaanilise aine sisaldus kuivaines > 5%
Savi	Valdavalt savimineraalidest koosnev sete	Plastsusarv*** ≥ 7
Turvas	Ebatäielikult lagunenuid taimejäänustest koosnev sete	Mineraalainete sisaldus kuivaines ≤ 35%

\* Normatiivdokumendis vananenud ühikutes 1200 kg/cm<sup>2</sup>

\*\* Normatiivdokumendis esineb kõikjal mittesüsteemne mõiste „setend“

\*\*\* Plastsusarv on tegelikult pinnase geotehniliste omaduste tunnus, mis ei korreleeru savi keraamiliste omadustega

Tabel 4.2 EESTI MAAVARADE PEAMISED KVALITEEDITUNNUSED

Maavara	Liik	Omadus	Ühik	Rajad
Põlevkivi	Looduslik	Kütteväärtus*	MJ/kg**	7...16
	Energeetiline	Kütteväärtus***	MJ/kg	8...10
	Tehnoloogiline	- " -	MJ/kg	10...12
		Tükisus	mm	25...125
Fosforiit	Looduslik	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> sisaldus	%	6...18
	Kontsentraat	- " -	%	>28
Paekivi	Tsemendilubjakivi	CaO sisaldus	%	>44
	Tehnoloogiline lubjakivi	CaCO <sub>3</sub>	%	>95
	Ehituspaekivi	Tugevus	Mark	200...600
Liiv	Ehitusliiv			
	Klaasiliiv			
Savi	Keraamikatoore	Plastsus		>7
		Tulekindlus	Kraad	>1180

\* Kuiva massi kütteväärtus (kütvus), määratuna kalorimeetrilises pommis.

\*\* Geoloogiline andmestik on vanades ühikutes kcal/kg, MJ=239 kcal.

\*\*\* Tööniiskuse juures.

<sup>1</sup> See peatükk on informatiivne, sobiv mäe- ja geoloogia üliõpilaste algtasemele

Tabel 4.3 EESTI MAAVARADE KAEVANDAMISE PEAMISED TUNUSED

Tunnus	Tähis	Ühik	Põlevkivi- maardla	Paemaardlad	Toolse fosforiidi- maardla
Lasumi paksus	<i>H</i>	m	10...60	0,5...15	10...30
Lasumi mahumass	<i>g</i>	t/m <sup>3</sup>	2,5	2...2,5	2,5
Lasundi väljatav paksus	<i>h</i>	m	2,6...2,8	4...12	1,5...3
Lasundi tootlus	<i>p</i>	t/m <sup>2</sup>	3...3,5	10...25	0,3...0,4
Katenditegur	<i>k</i>	m <sup>3</sup> /t	3...7	~ 0,1	40...50

Tabel 4.4 EESTI MAAVARADE JA MAARETE NING NENDE KAASKIVIMITE PEAMISTE OMADUSTE KESKVÄÄRTUSED

Kivim	Maardla	Mahu- mass	Tihe- dus	Poor- sus- tegur	Surve- tuge- vus	Tõm- be- tugevus	Elast- sus- moodul	Vari- kalde- nurk
		kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	%	MPa	MPa	MPa	kraadi
Paekivi:	Kunda							
tsemendilubjakivi		2,61	2,72	4,1	85			
ehituspaekivi		2,62	2,75	3,5	85			
katendipaekivi		2,60	2,7	3,5	60			
Glaukoniitliivakivi	Toolse	2,20	2,8	22	3,0	0,2	240	30
Savi	Toolse	2,10	2,7	23	3,6	0,4	210	37
Diktüoneemaargilliit	Toolse	1,80	2,4	26	21	1,4	610	
Fosforiidikihind:	Toolse							
liivakivi		1,60	2,6	32	2,2	0,1		34
detriit		1,70	2,7	33	3,4	0,2		35
konglomeraat		1,75	2,7	34	5,1	0,6		38
Aleuoliit	Toolse	1,90	2,6	30	5,5			
Põlevkivikihind:	Eesti							
puhas põlevkivi		1,53			30			
savikas põlevkivi		1,77			20			
kerogeenne paas		2,21						
savikas paekivi		2,36			54			
puhas paekivi	2,52			87				
Graniit	Maardu	2,65	2,68		196			
Kruus-liiv:								25...26
Peenterine liiv								30
Keskterine liiv								32
Jämeterine liiv								35
Kruus								

Tabeli andmed sette kivimite mehaaniliste omaduste kohta (surve- ja tõmbetugevus, elastsusmoodul, varikaldenurk) iseloomustavad kuivade kivimite omadusi risti kihilisust. Märja kivimi survetugevus on keskmiselt 25% madalam. Survetugevus piki kihilisust on 1,5...3 ja mõningatel kivimitel enamgi korda väiksem kui risti kihilisust. Kivimite omadused varieeruvad -60% ja +75% vahel. Tabelis toodud andmed iseloomustavad mikrotingimusi (katsekehi), maapõues mõjutavad kivimite mehaanilisi omadusi suurenemise või vähenemise suunas lõhesus, moone jm.

Tabel 4.5 RAIMAMISE ISELOOMULIKUD SUURUSED

Mehaaniline raimamine			Lõhkeraimamine		
Moodus	Energia erikulu MJ/m <sup>3</sup>	Keskmine tükisuurus mm	Kivim	Tingimused	Lõhkeaine erikulu kg/m <sup>3</sup>
Puurimine: paekivi põlevkivi	80...200 20.....30	0,1...2 0,2...2	Paekivi avakaevandamisel	Tükk-kiviks Ehituskiviks Katend	Umbes 0,2 0,5...0,7 0,7...0,9
Soonimine: paekivi põlevkivi	20 10	8 7	Paekivi	Kraav Surf Veekäik	2...3 2...3 2,8...3,9
Kombainraim: paekivi põlevkivi	0,9.....9 0,9.....2	30...90 20...80	Põlevkivi	Pikkesi Lühiesi	0,4...0,65 0,5+5/S, kus S on ee põiklõike pindala m2
Traktorkobesti põlevkivi	0,3.....1,1	150...700	Fosforiit	Ava- kaevandamine	0,3

Erikulu antakse purustamata kivimi mahuühiku kohta.

#### 4.2. MÄENDUSE ALGUSEST MAAILMAS JA EESTIS<sup>1</sup>

**Maavarade kasutamise ajalugu algab** inimkonna ajalooga, sest mineraaltooret on inimesed kogu aeg vajanud. Esimesed maa seest võetud ained olid savi, sool ja tulekivi (ränikivi). Savi on sedavõrd levinud ja kättesaadav mineraaltoore, et isegi praegu on selle puhul imelik kaevandamisest rääkida, seda vähem sobib seda teha ürgajal toimunud savivõtmise kohta. Märksa suurem kunst oli leida õige savi ja seda töödelda vastupidavaks ning ilusaks savinõuks. Soola hangiti enamasti kuivanud soolajärvedest. Tulekivi järele pidid juba kiviaja inimesed maa sisse minema ja selliste kaevandite jälgi on leitud Vahemere maades ning Poolas. Ajaloolased arvavad, et tihti tekkisid vanema kiviaja asulad sinna, kus leidis kohalikku tulekivi. Eestis on selline koht Hiiumaal Kõpu poolsaarel. Ehitustegevuse arenedes algas kivi murdmine. Üle maailma on säilinud ajalooliste kultuuride rajatiste varemeid. Need hooned, püramiidid, kindlused ja templid, teed, veejuhtmed jne on teatud kivimurdudes murtud ning töödeldud kivimitest. Vanadest kirjalikest allikatest võib leida huvitavaid andmeid kivi murdmise ja töötlemise kohta. Sellest sai alguse **mineraaltoormetööstuse esimene haru**, ehitusmaterjalide ja mittemetalse toorme kaevandamine.

**Mineraaltoormetööstuse teine haru** kasvas välja maakide otsimisest ja kaevandamisest ning metallide tootmisest. Maakide töötlemise oskus pani inimkonna ajaloos aluse tänaseni kestvale metalliajastule, mille esimeseks staadiumiks oli pronksiaeg. Kogu klassikaline mäendus ongi alguse saanud metallide otsimisest ja maagi kaevandamisest. Ladina keeles ei ole Kesk-, Põhja- ja Ida-Euroopas levinud ja ka eesti keelde võetud idiomaatilist mõistet mäe(-tööstus, -asjandus, -mees, -ettevõtte). Ladina keeles kuulus mäendus selle kunsti alla, mis kannab nime *metalurgica*. Mäe-, vene *горное (-ая. -ый)*, rootsi *bergs-* soome *vuori-* jne on pärit ülemlaks keelealalt, kus maake otsiti mägedest.

*Metalurgica* oli kunst, mida osati juba enne rooma aega. Vase- ja tinamaagi taandamine ning metalli sulatamine põhjustas isegi esimese teada oleva energiakriisi. Nimelt häabus Egiptuses teisel aastatuhandel e.m.a vasemetallurgia seetõttu, et kütus sai otsa. Niiluse kaldal kasvanud palmid ja valged akaatsiad olid maha raiatud ning ära põletatud. Antiikajal kaevandati kulda ja hõbedat, vase-, raua-, seatina-, tina- ja elavhõbedamaaki, mõne metalli (tsingi, mangaani) oksiide ja sooli (näiteks vitriole, keedusoola ning soodat) (Antiigileksikon, 1982). Juba foiniiklastel olid oma aja kohta suured kaevandused Küprosel. Muinas-Kreekas anti välja esimesed mäendusosalased õigusnormid. Antiikajal kaevandati peamiselt koobastes, nagu Eestis on säilinud Piusas. Vanas Kreekas rajati ka šahtidega avatud kuni 120 m sügavusi kaevandusi, mille tuulutamiseks kasutati surfe ja kuivendamiseks keerukaid veetõsterataste või Archimedese kruvide süsteeme. Tegutsesid tõsteseadmed. Toestati puiduga, mistõttu kaevandusaladel hävitati mets.

Varajane keskaeg ei rikastanud mäendust mitte millegi erilisega. Maavarade otsimine, kaevandamine ja töötlemine jäi kunstiks, mida õpetati ning anti edasi põlvest põlve tsunfii saladusi hoides. Käesoleval ajal on niisugune õpetamise ja kogemuste omandamise viis säilinud vaid kalliskivide töötlemisel. Kui nõudlus kulla ja hõbeda järele läks suuremaks, kui mäetööstus pakkuda suutis, püüdsid alkeemikud

<sup>1</sup>Selles mäenduse ajaloo lühiväljaandes on kasutatud mäeinsener Lembit Uibopuu kogutud andmeid ja fakte.

saada väärismetalle odavamatest metallidest ja teistest ainetest. Nende ponnistused ei andnud tulemusi, kuid avastati rida uusi aineid ja elemente, mida hakati kasutama. Nii andis metallurgica tõuke keemia ja keemiatehnika arengule.

Allmaatööde arenedes tekkis vajadus uute tehnolahenduste järele kaeveõõnte toestamisel ja tuulutamisel, kaevisel töstmisel ning vee kõrvaldamisel. Peamiseks energiaallikaks oli vee- ja tuuleenergia ning inimeste ja veoloomade jõud. Jõu ülekannet käis puidust hammasrataste ja völli abil. Niisugustes oludes kirjutas Georg Agricola, kes elas aastail 1494...1555 ja oli saanud humanitaarhariduse, õppinud arstiks ja täiendanud end Itaalia ülikoolides, esimese süstemaatilise raamatu mäetöödest ja metallurgiast. Raamat oli kirjutatud ladina keeles, illustreeritud 273 puulõikega ning andis ülevaate tehtust, kirjeldas mäetöid ja metallurgiat oma aja tasemel. Raamat ilmus trüki pärast G. Agricola surma 1556. aastal, on tõlgitud paljudesse keeltesse ning tal on mäenduse ja tehnika ajaloos tähelepanuväärne koht. Käesoleva raamatu kirjanduse loetelus on viide uusväljaandele, mis ilmus 1977. aastal.

Tehnika arenguga kasvas vajadus metallide ja mineraalkütuste järele. Terav energiakriis tekkis Briti saartel 400 aastat tagasi, kui vajadus ehitus- ja küttepuidu järele ületas metsa juurdekasvu. Eriti suurtesse raskustesse sattus puidusütt kasutatav metallurgia. Tuli üle minna kivisöeküttele, vaatamata selle vastikule suitsule ja juurdunud eelarvamustele (Rebane, 1980). Sama toimus ka Mandri-Euroopas, kõigepealt Prantsusmaal ja Saksamaal. Tekkis mineraaltoormetööstuse kolmas haru - kütuste, peamiselt kivisöe kaevandamine. Kivisöe ja põlvkivi tootmine erineb maagi kaevandamisest, tegemist on kihtmaardlatega. Sellistes maardlates, kus kaevandamise tehnoloogia on olulisem kui maavara tundmine ja otsimine, kujunes välja omaette mäemeeste tüüp, söekaevurid. Nende alla kuuluvad ka põlvkivikaevurid.

Nõukogude Venemaal kehtestatud praeguseni augusti viimasel pühapäeval pühitsetav kaevurite päev on söekaevurite päev<sup>1</sup>. Maagikaevurid seda ei pea.

Tänaseks on Euroopa, mäenduse häll, ammendanud maavara parimad varud ja sinne mäetööstus on taandunud Ameerika, Austraalia ja ka Aafrika riikide mäetööstuse ees. Siiski on Euroopa maad säilitanud oma koha mäenduses teaduse ja hariduse alal.

Mäenduse sõsarala on allmaaehitiste rajamine. Muinas-Kreeka pikim, kilomeetri pikkune Eupalinose tunnel Samosel rajati umbes 540 a e.m.a. Roomlastel oli nii vee- kui maanteetunneleid. Keskajal kujunes omamoodi tähtsaks tööks miinikäikude rajamine piiritava linna seinte õhkimiseks. Neid käike rajanud allmaatöölised olid minöörid (prants *mineur*, ingl *miner*), seega kaevurid. Sellest sõnatüvest on kasvanud välja inglise *mining industry*, eesti kaevandav tööstus, soome *kaivosteollisuus*, rootsi *gruvindustri*. Tunnelite ehitamine seevastu on nüüdisaegses inglise-ameerika keeles tunneling. Praeguseks on allmaarajatiste tehnoloogia, vaatamata paljule ühisele, lõonud lahku mäendusest.

**Muinas-Eestis** oli üsna laialt levinud raua tootmine soomaagist. Soomaak ehk limoniit oli Muinas-Eesti tähtsaim maavara, mille seni tuntud suurim võtu- ja sulatuskoht oli Saaremaal. Ainuüksi Rauasaatme maardla maagist Saaremaal toodeti 200...500 aasta jooksul mitu tuhat tonni rauda (Peets, 1992, 1995). Hiljem, sisseveetava raua parema kvaliteedi tõttu rauatööstus Eestimaal häabus. Et sepad ei saaks teha relvi, keelati pärast Jüriöö ülestõusu maarahval raudsulatamine kõige rangemal moel.

Just seepärast, välismaise raua parema kvaliteedi ja kodumaise keelu tõttu saatis rahvasuu Kalevipoja soome sepalt mõõka tooma.

Ka seatinamaak on Eestimaal kasutusel juba pronksiajast alates. Maarahvas oskas töödelda värvilisi metalle, kuid maakide hankimise kohta andmed puuduvad. Teadaolevalt on siiski Eesti galeniidi leiukohtades eriti Lõhaveres ja Võhma piirkonnas seatina sulatatud ja kasutatud.

Linnuste ja majaaluste rajamiseks murti paekivi, kuid see laoti kuivalt, mõrdita, sest lubjapõletamist siinmaal ei tuntud. Pärast Muinas-Eesti vallutamist hakati ehitama kirikuid, kindlusi ja losse, milleks Põhja-Eestis kasutati kohalikku ehitusmaterjali, paekivi, Lõuna-Eestis raudkivi ja savitellist. Suuremate ehituste lähedal tekkisid paemurrud, paekivi kasutati nii ehitustel, raidkivide valmistamiseks kui ka lubja põletamiseks. Meistrid toodi kohale Ojamaalt ja Saksamaalt. Keskajal veeti Eestist pärit suuri paest hauaplaate Lääne-Euroopasse. Ehitustegevuse laienemisega suurenes nõudmine ehitusmaterjali järele ja arenes ka tulekindla mineraalse ehitusmaterjali kaevandamine kohalikest

<sup>1</sup> Nüüd tähistavad seda päeva ka Eesti põlvkivikaevurid.

maapõuest. Tootjateks olid kivimurdudes töötavad meistrid, kes tundsid põhjalikult iga kihi omadusi, võisid ütelda, milleks üht või teist kihti kasutada, kuidas töödelda jne. Neid praktilisi oskusi ja kogemusi anti edasi põlvest põlve ja seda kuni ajani, mil paekivi kasutati veel ehituskivina. Nüüd, kus paekivi kui ehitus- ja dekoratiivkivi tõuseb jälle ausse, püütakse geoloogide ja kivimurdjate poolt välja selgitada selle parema kasutamise võimalusi, taastades selleks ka juba unustuse hõlma vajunud oskusi.

**Eesti maapõue ja maavarade süstemaatilist uurimist** alustati 18. sajandi lõpul. Uuriti kivimeid, paleontoloogiat, stratigraafiat, mõningal määral ka maavarasid (lubjakivi, põlevkivi). Sellega tegelesid peamiselt Tartu Ülikooli professorid, Baltimaadelt pärinevad Peterburi akadeemikud ja professorid, tihti ka asjast huvitatud muu ala inimesed. Viimaste hulka kuulub arst ja literaat Friedrich Reinhold Kreutzwald, kes 1849. aastal avaldas ajakirjas *Das Inland* artikli seatinamaagi leiust Eestis. Tolleaegsed geoloogia-alased tööd olid akadeemiliselt heal tasemel, kuid ei pakkunud midagi maavara kaevandamise seisukohalt, sest Venemaal, kuhu Eesti provintsina kuulus, olid rikkalikud maagileiukohad Uuralis ja söemaardlad Ukrainas. Eestimaa põlevkive teati ja seda kirjeldas juba 1791. aastal akadeemik Johann Gottlieb Georgi (1729...1802). Mõlemat põlevkiviliki, kukersiiti ja diktüoneemaargilliiti on uurinud akadeemik Gregor Helmersen ja mitmed geoloogid hiljemgi, kuid kaevandamise vajadus tekkis alles I maailmasõja ajal. Põlevkivide kaevandamisväärsuse hindamine anti geoloog Nikolai Pogrebovile. Teravas kütusekriisis otsustati hakata kaevandama kukersiiti, kivimit, mida praegu tunneme põlevkivi nime all. Põlevkivi kaevandamist ja kasutamist hakkas 1917. aastal korraldama mäeinsener K. Sokolovski. Revolutsioon ja sõjad ei võimaldanud kavandatud plaane ellu viia, kuid vähesel hulgal põlevkivi siiski kaevandati. Alles pärast Vabadussõda õnnestus Märt Raul, kes oli N. Pogrebovi õhutusel Peterburis läbi töötanud ja ümber kirjutanud kõik Peterburi avalikus raamatukogus asuvad põlevkivi käsitletud teaduslikud materjalid, põlevkivitööstus käima panna.

Geoloogia ja maavaradega tegelevate spetsialistide hulgas tsaariaegses Eestis eestlasi ei olnud. Võidakse arvata, et eestlased selles valdkonnas üldse ei tegutsenud. Tegelikult see nii ei olnud. Juba möödunud sajandi lõpul (1893...1900) töötas mäeinsener O. Avesson Lõuna-Aafrikas Witwatersrandi kullakavandustes, hiljem oli ta Eestis Ülgase fosforiidikaevanduse juhataja. Insener Ambrosimoff juhatas Mehhikos hõbedakaevandust. Mäeinsenerid Oskar Vuht (1880...1967) ja Jaan Aarmann (1885...1978) olid Donbassis söekaevanduste juhatajad, Jaan Kark (1876...1953) täitis Geoloogia Departemangu ülesandeid mitmel pool Venemaal jne. Mitu eestlast tegid teadus- ja õppetööd, näiteks geoloog Elmar Pärna (1878...1916), kes oli lõpetanud Peterburi Ülikooli ja Mäeinstituudi, oli assistendiks paleontoloogia kateedri juures Peterburi Mäeinstituudis ja valiti 1916 adjunktprofessoriks. Kahjuks suri ta noorelt. Teiseks oli mäeinsener Aleksander Kink<sup>1</sup> (1882...1937), kes lõpetas Peterburi Mäeinstituudi, täiendas end Berliinis, oli algul Peterburi Mäeinstituudi assistent, hiljem Jekaterinburgis õppejõud. Eestis oli ta algul kaubandus-tööstusministri abi hiljem tegeles turbatööstusega ning ettevõtlusega. Mäeinseneriks õppinud Nikolai Kell oli Peterburi Mäeinstituudi professor, kellele omistati Venemaal akadeemiku tiitel.

Peale Vabadussõda hakkas põlevkivitööstusega energiliselt tegelema Kaubandus-Tööstusministeeriumi põlevkiviosakonna juhataja M. Raud, kelle initsiatiivil kutsuti 1920. aastal Venemaalt Kukruse kaevanduse juhatajaks kogemustega J. Aarmann. Venemaalt tagasi pöördunud O. Vuht sai Riigi Põlevkivitööstuse tehniliseks juhatajaks ja J. Kark asus tööle Kaubandus-Tööstusministeeriumi. Kõigepealt hakati O. Vuhti juhtimisel välja töötama Kukruse kaevanduse projekti. Projekteerimistööle võeti veel mäeinsener Kirschbaum. 1923. aastal moodustati O. Vuhti juhtimisel kaevanduste projekteerimise büroo. Büroo oli esimene spetsialistidest moodustatud organisatsioon, mille ülesannete hulka kuulusid peale mäetööde projekteerimise veel põlevkivivaru hindamine ja teised jooksvad mäenduse küsimused, mistõttu 1923. aastat loetakse eesti mäeteaduse algusaastaks. Projekteerimistööde kiirendamiseks võeti mäebüroosse tööle mäeinsener Erich Differt. Projekteeriti kaks allmaakaevandust, üks Kukrusele ja teine Kohtla-Järvele, mida varemalt nimetati Kohtla kaevanduseks. Hiljem läks Kohtla nimi Kohtla-Nõmmel paiknevale kaevandusele.

Eesti mäetööstuse juhtimiseks moodustati 1920. aastal Kaubandus-Tööstusministeeriumi haldusalas mäeosakond ja hiljem mäeamet eesotsas J. Karguga. Selle ametkonna ülesandeks oli riigi mäenduspoliitika korraldamine ja juhtimine. Mäeamet tegeles geoloogiliste uuringute suunamise ja finantseerimisega, maavarade uurimislitsentside ja mäetööde lubade vormistamisega, korraldas mäetööde ja kontsessioonilepingute täitmise järelevalvet, töötas välja mäendus puudutavaid seadusi, määrusi ja konstruktsioone, kogus statistilisi andmeid mäetööstuse kohta jne. Praktilise uurimisega tegelesid Tartu Ülikooli professorid Hendrik Bekker (1891...1925) ja Armin Öpik<sup>2</sup> (1898...1983) ning

<sup>1</sup>Geoloogiateadlane on ka Kingu tütar Hella Kink.

<sup>2</sup>Eesti akadeemiku Ilmar Öpiku lell.



magister (hiljem ENSV TA akadeemik) Karl Orviku (1903...1981) ja mäeameeti töötajad dr Artur Luha (1892...1953), mäeinsener Jaan Reinvald<sup>1</sup> (1878...1941), J. Aarmann, O. Vuht, mõningal juhul ka palgatud välismaa eriteadlased. Väga mitmekülgne oli järgmise põlvkonna mäeinsener Karl August Feldweber (1897-1983), kellele on pühendatud käesolev raamat ja kes tegeles kaevetööde juhtimise, kaevanduste projekteerimise, geoloogiliste uuringutega, mäeameeti markšeiderina, peainspektorina ja ka õppejõuna Tallinna Tehnikaülikoolis, kus luges mäemajanduse kursust. Geoloogilisel kaardistamisel kasutati geoloogiaüliõpilasi ja kooliõpetajaid, kellele korraldati vastavaid kursusi. Eesti esimese põlve mäenduse spetsialistid, nii insenerid kui tehnikud, olid omandanud hariduse Venemaal, Saksamaal ja Inglismaal ja esialgu neid jätkus. Seoses mäetööstuse kiire arenguga ja vanema põlvkonna spetsialistide pensionile siirdumisega tekkis vajadus uute eriteadlaste järele. Selleks avati 1932. aastal Jõhvis Virumaa Kaevanduskool, kus valmistati ette nii oskustöölisi kui ka mäemeistreid. 1938. aastal avati Tallinna Tehnikaülikooli juures mäeosakond mäeinseneride koolitamiseks. Teine maailmasõda ei võimaldanud üliõpilastel kursust normaalse ajaga lõpetada. Paljud mobiliseeriti nii ühe kui teise poole sõjaväkke. Sõja ajal suutsid kursuse inseneridena lõpetada vaid viis mäemeest ja needki lahkusid Eestist Läände. Õppejõududest jäi Eestisse vaid prof J. Kark. Sõjast jõudis tagasi väike osa üliõpilasi, kes jätkasid õpinguid. Nad suutsid säilitada eesti mäeinseneride traditsioone ja panna aluse uuele mäeinseneride põlvkonnale.

1938. aastaks oli Eestis välja kujunenud ulatuslik põlevkivitööstus ja alustatud töid ka teiste mineraaltoormemaardlate leidmiseks. Uuriti fosforiidi ja tulekindla savi maardlaid ning Jõhvi lähedal puuriti kaks süvapuuraugu rauamaagi hindamiseks. Et mäeamet üksi ei suutnud enam nende ülesannetega toime tulla, moodustati 1937. aastal valitsuse dekreediga Eesti Geoloogiline Komitee mäeameeti, Tartu Ülikooli ja Tallinna Tehnikaülikooli eriteadlastest, lisaks nendele nimetas Vabariigi President kaks liiget mäeinseneride, geoloogide ja keemikute hulgast. Komitee esimeheks sai majandusministri abi, asetäitjaks mäeameeti juhataja. Komitee liikmed olid J. Reinvald, mäeinsener Artur Alexander Linholm (Linari) (1903...1983), A. Öpik, K. Orviku, Paul Kents, keemik prof Erich Jaakson (1891...1950) ja turbaeriteadlane dr Paul William Thomson. 1938. aastal asus komitee geoloogi ametikohale A. Luha, kelle otsesel juhtimisel viidi ellu vastuvõetud otsuseid. Komitee kulud kaeti riigieelarvest, tal oli õigus kasutada ülikoolide ja teiste riiklike asutuste laboratooriume, ülesandeks oli rakendusgeoloogiline uurimine, mineraaltoorme ja maakide leidmine, savi-, liiva-, kruusa- ja turbavarude väljaselgitamine. Samal ajal moodustati ka Loodusvarade Instituut, mis täitis peamiselt firmade tellimusi.

1940. aastaks oli Eestis välja arendatud tegus rakendusgeoloogiliste uuringute töökorraldus, millest oli abi ka alusteaduse arendamisel nii paleontoloogia kui ka stratigraafia vallas. Mäeinsener J. Reinvaldi Kaali meteoriidikraatri uurimise tulemused võib kanda alusteaduste valdkonda. Peamised uurimistulemused on leidnud tunnustust ka välismaal. Eesti teadlaste kõrgest tasemest annab tunnistust fakt, et kui 1944. aastal prof A. Öpik emigreerus Austraaliasse, sai temast geoloogiliste uuringute tunnustatud juht. Ka P. Kents ja A. A. Linari-Linholm olid läänemaailmas kõrgelt hinnatud eriteadlased.

1940. aastal alanud nõukogude korra tingimustes jätkus töö vaid esialgu vanas vaimus. Ülal tulnud lubadusi uskudes koostati suurejoonelisi plaane teaduslikuks uurimistööks ja telliti kalleid seadmeid. Samal ajal nõuti tööstuselt põlevkivitoodangu olulist suurendamist. Kui plaane ei suudetud viletsa varustuse tõttu täita, hakati nii teadlasi kui ka tööstusinseneri arreteerima ja Siberisse saatma. Kui sakslased II maailmasõja käigus Eestisse tulid, pöörasid nad suurt tähelepanu põlevkivile kui strateegilisele toormele. Põlevkivitööstuse juhtkond asus Berliinis ja kontor Tallinnas. Juhtivatel kohtadel töötasid ainult sakslased, kellest küll mäeinsener Kurt von Middendorff oli enne sõda töötanud Kiviõli kaevanduses. Allastme juhatajatena töötasid kaevandustes ja õlitööstuses vaid mõned eestlased ja ukrainlased. Töölised olid endised kaevandustöölised ja sõjavangid. Tootmist püüti forsseerida vanades kaevandustes. Alustati uute ehitamisega, mis jäid pooleli. Kaevandused töötasid kuni sakslaste lahkumiseni. Koos sakslastega läksid peaaegu kõik eesti mäendusspetsialistid ja palju oskustöölisi, kartes 1941. aasta küüditamiste kordumist. Jäid vaid mõned vanemad tsariaegse kooliga mehed nagu prof J. Kark, J. Aarmann, O. Vuht. Need, kes siirdusid Läände, leidsid seal tööd ja tunnustust. Lõppenud oli üks etapp Eesti mäenduse ajaloos, aeg, mil pandi alus eesti mäendusele.

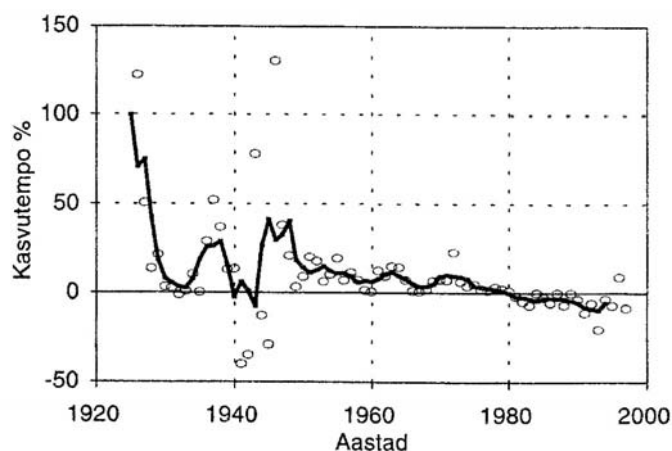
<sup>1</sup>Ei ole käesoleva raamatu Reinwaldidest põlvneva autori sugulane.

### 4.3. PÕLEVKIVITÖÖSTUS<sup>1</sup>

Kukersiit, kukersiitpõlevkivi ehk lihtsalt põlevkivi on Balti riikide tähtsaim maavara ja selle kaevandamine Eesti mäetööstuse mahukaim haru. Kuigi Peterburi arhiividest on leitud (Mägi, 1985, Pärtel 1991), nagu oleks parun Tollil juba 1870. aastail olnud Kukruse mõisas registreeritud kaevandus, mille aastane põlevkivitoodang oli 3000 puuda (umbes 50 tonni aastas ehk 150 kg päevas), algas eesti põlevkivi tööstuslik kaevandamine 1916...1918 aastail I maailmasõjast tingitud kütusekriisi ajal.

Dotterhauseri (Saksamaa) kohaliku põlevkivi kasutava tsemenditööstuse eesti juurtega asutaja R. Rohrbach on fantaseerinud, et kui Herakles oli kuldsarvede ja terrassõrgadega Kerünea emahirve terve aasta jälitanud ning jõudnud hüperborealaste maale, kus oli nii külm, et ta pidi end põlevate kivide paistel soojendama, siis puutus ta kokku põlevkiviga (Aili Kogerman, 1997).

Põlevkivi kaevandamise alguseks Eestimaal loetakse 1916. aastat, millal saadeti Petrogradi (Peterburi I maailmasõja-aegne nimi) katsetamiseks esimene partii põlevkivi. Eesti põlevkivitööstus sai alguse 25. novembril 1918. aastal, kui vaske vabariigi valitsus võttis Saksa okupatsioonivõimudelt oma valdusesse kolm vene kapitaliga ehitatud väikest põlevkivikarjääri Kohtla-Järve lähistel.



Joonis 4.1 Eesti põlevkivi kaevandamise ja kasutamise arengu kasvu/kahanemise tempo. Üksikud punktid iseloomustavad kasvu või kahanemist konkreetsel aastal. Pidev joon kirjeldab viie, s.t. lisaks konkreetsele aastale veel kahe eelmise ja kahe järgmise aasta keskmist kasvutempot

Analüüsidest Eesti põlevkivitööstuse arengutempot ja vaadates selle muutumise graafikut joonisel 4.1, võib selgesti eristada kaheksat ajavahemikku (Reinsalu, 1991).

- **Tööstuse loomine vältas 1930. aastani.** Sel ajal oli peamine rahastaja Eesti valitsus, kelle **Esimene Eesti Põlevkivitööstus** oli tööstusharu suurim ettevõtte. 1929. aastal kaevandati riigitööstuse kahes kaevanduses ja ühes karjääris kokku 356 tuh t põlevkivi. Mitme päritoluga erakapitalile kuuluvas neljas karjääris kaevandati vaid 162 tuh t. Erakapitali mahajäämine stardis oli tõenäoliselt tingitud Eesti Vabariigi algusaastate prosotsialistliku valitsuse monopolistlikust tööstuspoliitikast ja täiesti uue tehnoloogiaga tööstusele omasest kõrge riskitegurist. Algusest peale võeti kurss polüproduktele tootmisele ja täiesti loomulikult kuulus ühele ettevõttele kogu tootmisliin kaevandamisest kuni turustamiseni. Turustati nii tükk-kivi kütteks (peamiselt raudteele, mis oli riigi põlevkivitööstuse küttekivi peamine tarbija) kui ka õli ja õliprodukte. Generaatorigaas kasutati ära oma elektri jaamas. Õli tootmine oli esialgu hea tehnoloogia ja laia turu puudumise tõttu siiski tagaplaanil. Riigi põlevkivitööstus kasutas (1929. a) oma õlivabrikus ära 9% oma kaevandatud kivist ja 5,7% müüs Sillamäe õlivabrikule (**Estländska Oljeskifferkonsortiet**, Rootsi kapital, kes avas oma kaevanduse Viivikonnas alles 1936. aastal). Kaks kaevandust, üks Küttejõus teine Ubjas, andsid ainult küttekivi ematöötete **Tallinna Tselluloosi- ja Paberivabriku** ning **Kunda Tsemenditehase** tarbeks.

- **Suur majanduskriis** aastatel 1930...1933 mõjutas kogu Eesti majandust ja loomulikult ka põlevkivitööstust. Põlevkivi kaevandamise maht ei kasvanud, ka kapitali struktuuris ei toimunud olulisi

<sup>1</sup> Kogu järgnev Eesti maavaratööstuse kirjeldus on üsna pealiskaudne. Täpsemalt ja süstematiseeritumalt leiab Eesti maavaratööstuse kirjelduse minu õpikus Eesti mäendus I. 3. osa. Maavaratööstus, mis käesoleval hetkel (jaanuar.2006) ei ole veel laiemale lugejaskonnale kättesaadav ei paber- ega digitaalkujul. Põlevkivi kaevandamisest saab maksimaalse ülevaate, lugedes kogumikku 90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis, Tehnoloogia ja inimesed. //Eesti Mäeselts, TTÜ mäeinstituut, Eesti Põlevkivi, 2008, 762 lk.

muudatusi, valdavaks jäi riigikapital. Kaks kaevandust, riigikapitalile kuuluv Käva ja **Vanamõisa Oil-fields Ltd** kaevandus (Kunda lähistel) pandi kinni. Märkimisväärne on asjaolu, et põlevkiviõli toodang kasvas neil aastail 3,7 korda.

- **Eesti põlevkivitööstuse õitseage** oli 1934...1940. Kui jätta vaatluse alt kõrvale tööstuse loomise aeg ning II maailmasõja järgsed taastamisaastad, siis just kolmekümnendail oli Eesti põlevkivitööstuse kasv kõige kiirem. Keskmine kasvutempo oli siis 23% aastas. 1934. avas riiklik tööstus taas Käva kaevanduse. Alates 1933. aastast prevaleeris erakapital, sh välismaine. Suurimaks mitteriiklikuks ettevõtteks kujunes peamiselt Saksamaa kapitalile toetuv **AÜ Kiviõli**. 1936. aastal muudeti riigitööstuse omandivormi ja seni puhtriiklik põlevkivitööstusettevõtte reorganiseeriti segaettevõtteks, riiklikuks aktsiaseltsiks **A/S Esimene Eesti Põlevkivitööstus**. Samal aastal alustas Viivikonnas kaevandamist mainitud rootsi kapitaliga tegutsev ettevõtte ja 1937. Kohtlas inglise kapitaliga **The New Consolidated Cold-Fields**. 1939. aastal moodustas kõigi viie erakaevanduse toodang 59% Eesti põlevkivitoodangust. Eesti põlevkivitööstuse edu tagas sellal põlevkiviõli, millest 45% (1938) läks ekspordile. Õliks aeti kogu tükk-kivi, mille suurim saagis kaevandatud kivist oli käsitsi kaevandamise ajal 60%. Kuna tükk-kivist tuli puudus, hakati Sillamäel peenpõlevkivi brikettima. Tehti ka põlevkivibensiini, kuid selle osa väliskaubanduses polnud kuigi suur, ekspordile läks ainult 6,4% (1938) ja see moodustas maa üld ekspordist 1,6% (1939). Põlevkiviõli peamine ostja oli sõjaks valmistuv Saksamaa, kes oli Eesti põlevkivitööstuse suurim rahastaja. (On raskesti kontrollitavaid suulisi andmeid, et õli ekspord Sillamäelt Saksamaale toimus kuni 1941. aasta juunikuuni.) Tänu põlevkivitööstusele vabanes Eesti kütuse sõltuvusest. Kivisõe ja petrooleumi import vähenes eriti aastail 1937...1938, kusjuures alates 1938. aastast ületas bensiini ekspord petrooleumi impordi. 1937. aastast peale ületas põlevkiviõli ekspord (rahalisel väljendusel) kõikide kütuste impordi. Asjaolu, et sõjaeelne Eesti saavutas energeetilise sõltumatuse oli suurel määral riigi majanduspoliitika tulemus. Peamised valitsusepoolsed meetmed põlevkivitööstuse jaoks olid kõrge kuluminormatiiv (20%), sisseseade vabastamine imporditollist, ekspordisoodustused (Luts, 1939, Valge 1995). 1940. aastal natsionaliseeris uus võim kogu põlevkivitööstuse. Sel aastal saavutas põlevkivi kaevandamise maht sõjaeelse maksimumi 1,89 milj t. Siiski oli 1940. aasta kasvutempo madalam kui vaadeldava ajavahemiku keskmine nimelt 13%.

- **II maailmasõda** määras 1941...1945 aastate arengu. Eesti põlevkivitööstuse peremeheks oli Saksa okupatsioonivõimu **Baltische Ölgesellschaft in Estland**, kes vangitööd kasutades suutis põlevkivi aastatoodangu viia 1,32 milj t. Sakslased tulid Eesti õlitööstusesse nagu oma koju, seda võimaldas nende sõjaeelne kogemus Kiviõlis ja tehnoloogiline dokumentatsioon, mille põlevkivitööstuses töötanud saksa insenerid Hitleri-Stalini leppe kehtivuse ajaks olid Saksamaale viinud. On räägitud, et 1941. aasta suvel "leidsid" Eestisse tunginud saksa motoriseeritud väeüksused siin-seal maasse kaevatud põlevkivibensiini vaate. Sakslased alustasid uue põlevkivikombinaadi (kaevandus, töötlemistehas ja jõujaam) rajamist Ahtmes ja kaevanduse ehitamist Eredal (Sompas). Peale sõja järgmist ülekäiku oli 1945. aastal kaevanduste toodangu maht vaid 830 tuh t. Toodangu langustempo sõja ajal oli keskmisel 7,6% aastas.

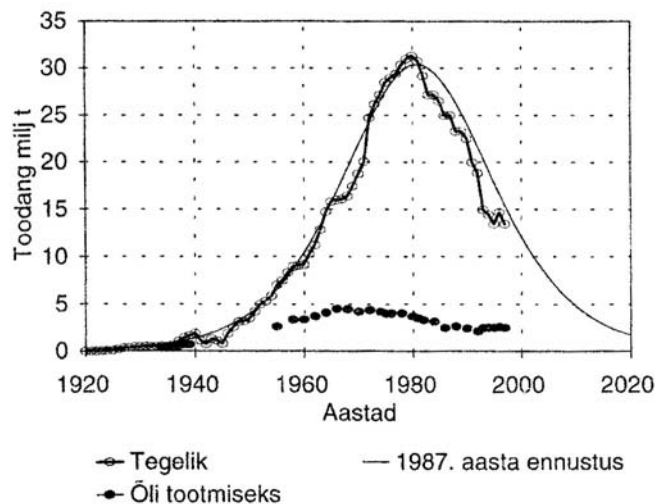
- **Sõjajärgne taastamisaeg** 1946...1956. Põlevkivi kaevandavad ettevõtted jaotati eri ametkondade vahel. NSVL Sõetööstuse Ministeerium (rahvakomissariaat) võttis endale endised riiklikud kaevandused. ENSV Kohaliku, Põlevkivi ja Keemiatööstuse Ministeeriumile jäid Kiviõli, Kohtla ja Ubja kaevandus kui kohaliku tööstuse mäetsehhid. Sillamäe tehas, kus hakati tootma uraani, algul kohalikust diktüoneemaargilliidist, hiljem sisseveetavast maagist isoleeriti vastavalt NSVL-i tavadele põlevkivitööstusest ja tervest Eesti majandusest. Isegi Sillamäe tehase küttepõlevkivi kogus kuulutati salajaseks. Kohaliku tööstuse ettevõtete osa põlevkivi kaevandamisel moodustas 1946. aastal veel 55%, kuid järgmisel aastal läks ette NSVL-i keskvõim poolt jõuliselt rahastatud liiduline tööstus. Põlevkivitööstust arendas keskvõim selleks, et toota Leningradile ja hiljem ka Tallinnale majapidamisgaasi ning Balti mere sõjalaevastikule kütteõli. Ehitati viis uut kaevandust ja avati taas Viivikonna karjäär. Kohtla-Järvel kunagises riikliku põlevkivitööstuse keemiatehases ehitati põlevkivigaasitehas (kamberahjude tsehh). Põlevkivi kaevandamise keskmine kasvutempo oli taastamisperioodi vältel liidulises tööstuses 20%, kohalikus tööstuses 4% ja kokku võetuna 15%. Seega ei saavutatud, vaatamata jõupingutustele, põlevkivi kaevandamise ennesõjaaegset arengutempot.

- **Rahvamajandusnõukogu aeg** 1957...1965. Siis allus põlevkivitööstus kohalikule ENSV Rahvamajandusnõukogule. Põlevkivi toodang kasvas neil aastail 8,35 milj tonnilt 15,83 milj tonnini keskmise kasvutempoga 8,3% aastas. Põlevkivile ilmus uus suur tarbija, Balti Soojuselektrijaam, mis evitas täisvõimsuse 1960...1965.

- **Küllastumise aeg** algas 1965. aastal, mil NSVL-is likvideeriti rahvamajandusnõukogud ja

põlevkivitööstus jaotati lõplikult kolme liidulise ministereeriumi vahel. Need olid söetööstuse, õlikeemia ja energeetika ministereerium. Esimesele jäid kaevandused, teisele töötlemistehased ning kolmandale elektrijaamad. Selline ametkondlik jaotamine lõhkus põlevkivitööstuse sisemisi seoseid ja paljusid lihtsaid asju hakati ajama läbi Moskva. Selle ajavahemiku alguses põlevkivitoodang praktiliselt ei kasvanud, sest suurtarbija - Balti Soojuselektrijaam oli valmis saanud ja tarbimine stabiliseerus. Et nõukogude plaanimajanduse tingimustes peeti edukuse tunnuseks toodangumahu kasvu, siis selle saavutamiseks hakkas kaevandav tööstus alandama põlevkivi kütteväärtust. Nii kasvas aastail 1965...1967 kaevandatud põlevkivi mass 15,83 milj tonnilt 16,12 milj tonnini, kuid tingkütusele arvestatuna oli see kõik need aastad 5,76 milj tonni. Ajavahemiku kesksaiku 1969...1973 läks käiku viimane suurtarbija - Eesti Soojuselektrijaam, mistõttu põlevkivitoodangu mass kasvas 1971. aasta jooksul 14%. Kuna kasv saavutati peamiselt madalakvaliteedilise karjääriloodangu arvel, siis kasuliku toodangu (tingkütus) kogus kasvas sel aastal vaid 10%. Küllastumise ajal oli toodangu aastakeskmine juurdekasv 4,9%.

- **Langus** algas 1980. aastal, mil põlevkivi kaevandamise intensiivsus saavutas maksimumi 31,33 milj t aastas. Seda oli 3 milj t rohkem, kui tarbijad sel aastal vajasisid. Juba varem oli kaevanduste ja karjääriladudes kogunenud mitu miljonit tonni põlevkivi, nii et 1982. aastal, kui algas kaevandamise taseme langus, oli laos juba 9 milj t kivi. Toodangu langus ei vastanud nõukogude majanduse tõekspidamistele ja seda peeti ajutiseks. Põlevkivi kaevandamise ja kasutamise mahu tõstmiseks plaaniti kolmanda elektrijaama ehitamist. Põlevkivi kui ressursi teaduslik analüüs ei kinnitanud kaevandamise suurendamise otstarbekust, kuid vastavaid uurimistulemusi ei pandud tähele. 1983. aastal tehti ühes Leningradi energeetikainstituudis optimeerimisarvutus, mis näitas, et uute kaevanduste põlevkivi ei ole elektrijaamade kütusena konkurentsivõimeline ja et 2000. aastal on optimaalne kasutamismaht umbes 13 milj tonni (šarõgin, 1983). Neid tulemusi ei tohtinud avalikustada. Võimalik oli avaldada ennustusi, mis näitasid põlevkivi energeetilise potentsiaali kestvust 100...150 aastaks (Õpik jt, 1983), kuigi ka neist võis piisavate teadmiste olemasolul välja lugeda põlevkivitööstuse tunduvalt varasemat hääbumist. Esimene prognoos, mis ennustas languse pöördumatust, avalikustati alles 1988. aastal (Reinsalu, 1988). Seni on langusprognooside arväärtused paika pidanud (joonis 4.2). Languse ajal oli põlevkivi kaevandamise langustempo keskmiselt 5,8% aastas. Kiirem oli langus vaid otsese sõjategevuse aastail 1941...1942 ja 1944...1945. Nõukogude Venemaa põlevkivitööstuse lõpp Eestis langes kokku 75-aastapäeva suurejooneliste juubelipidustustega 1991. aasta augustikuus. Sünniaastaks loeti ju 1916. aastat. Eesti põlevkivitööstuse 75-aastapäeva 1993. aastal ei tähistatud.

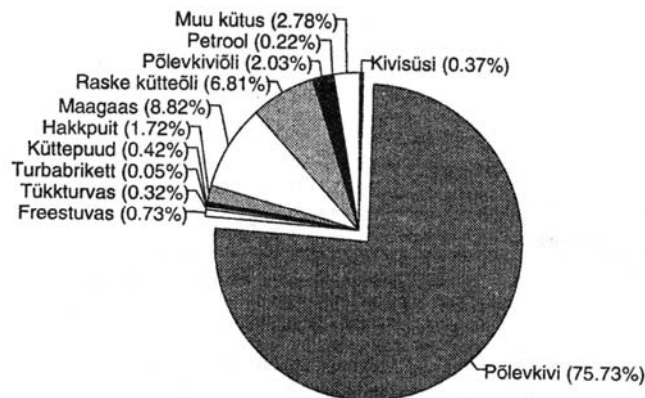


Joonis 4.2 Eesti põlevkivi kaevandamise maht

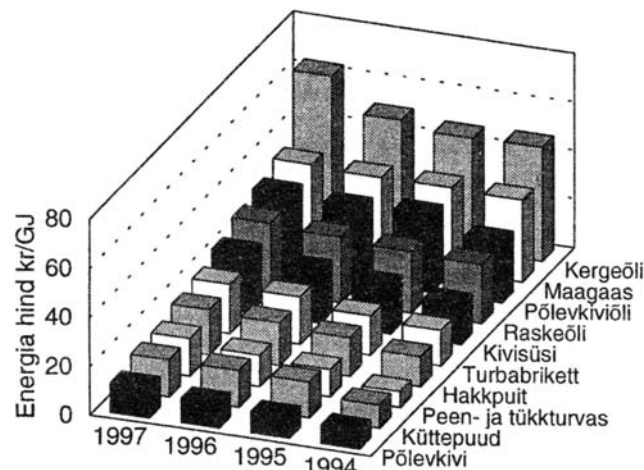
**Taassünd**<sup>1</sup> Kaevandamise langus jätkus ka peale Eesti taasiseseisvumist. Aegade madalaim kaevandamistase 13,5 milj t oli 1994...1995. Alates 1995. aasta lõpust algas aeglane elektrenergia tarbimise ja põlevkivi kaevandamise mahu kasv. Õli tootmine hakkas vähehaaval kasvama juba 1993. aastal. Eesti 1997. aasta kütustebilansis (ilma mootorikütusteta) moodustas põlevkivienergia 76 % (joonis 4.3). Põlevkivi oluline osa Eesti nüüdisenergeetikas tuleneb sellest, et põlevkivi energia on seni tunduvalt odavam kui teistel kütustel (joonis 4.4). 1997. aastal maksis põlevkivienergia franko tarbija keskmiselt 12,16 kr/GJ, samal ajal kui kivisöeenergia maksis 23,41 kr/GJ. Turbaenergia maksis

<sup>1</sup> Paberversioonis seisis taassünni järel küsimärk. Taassünd sai teoks, kuid selle kirjeldamine nõuab omaette peatükki, mis käesolevasse digiväljaandes ei mahu.

14,80 kr/GJ ja oli seega põlevkivist kallim. Odavusest tulenevalt oli põlevkivi osa Eesti rahaliselt väljendatud energiabilansis 1997. aastal vaid 57%. Elektrienergeetika kasutas 1997. aastal 81% põlevkivimassist ja 77% põlevkivienergiast; ülejäänud kasutas peamiselt põlevkivi töötlev tööstus (massist 16% ja energiast 21%). Tsemenditööstuse ja muude tarbijate turuosa oli 2,3%. Kuni 1998. aastani hoidis Eesti Valitsus põlevkivi, eriti tükk-kivi hinna kasvu tagasi kaevanduste tootmisvõimsuse kõdumise arvel. Rikastatud tükk-kivi energia oli 1997. aastal tänu riikliku hinnapoliitika tõttu umbes kaks korda odavam kui energeetilise põlevkivi energia. Sisuliselt tähendas see ekspordipotentsiaalse õli- ja tsemenditööstuse doteerimist odava elektrienergia arvelt. Kuni riik oli kõigi põlevkivitööstuse ettevõtete, s.t kaevanduste, elektrijaamade ja õlivabrikute omanik, võis soostuda, et õlitööstuse doteerimine on omaniku asi. 1998. aastal lõppes põlevkivivarude revideerimine. Aluseks oli võetud Eesti reaalselt prognoositav energiatarve. Varu arvestamise uueks kriteeriumiks sai kihindi energiatootlus: aktiivsele varule 35 ja passiivsele 25 GJ/m<sup>2</sup>. Uue kriteeriumi kohaselt on põlevkivi reservväljade aktiivne varu 2 mlrd t kaevist ehk 17 EJ energiat (EJ = 10<sup>18</sup> J) ja passiivne varu 4 mlrd t kaevist ehk 30 EJ. Koos töötavate mäeetevõtete käes oleva varuga (600 milj t põlevkivi) on seda üle kahe korra rohkem, kui alates 1918. aastast on ära kasutatud.



Joonis 4.3 Eesti kütustebilanss 1997. aastal <sup>1</sup>



Joonis 4.4 Kütuste energia hinnad Eestis 1997. aastal

Ka diktüoneemaargillit ehk lihtsalt diktüoneema on põlevkivi. Selle kivimi orgaanilise, s.t põleva osa sisaldus on umbes kolm korda madalam kui kukersiidiil. Esimese teadaoleva katse diktüoneemat kütusena kasutada tegid vene insenerid Peeter Suure merekindluse ehitamisel Harkus. Kõik katsed näitasid selle põlevkivi sobimatust tolleaegsete kollete jaoks (Pärtel, 1991). Praegused kolded lubaksid diktüoneemast soojust saada, kuid selle teeb raskeks kui mitte võimatuks asjaolu, et diktüoneemas peaaegu ei ole lubimineraale, mis põlemisel seoks väävli. Viimased katsed diktüoneemast kasu saada tehti 1993. aastal Eesti TA Keemia Instituudis seoses TTÜ mäeinstituudi otsingutega leida fosforiidile sobiv kaevandamistehnoloogia. Leiti kõige odavam moodus diktüoneema lahutamiseks põlevaks ja mittepõlevaks osaks nii, et vanaadium, molübdeen ja uraan jääksid

<sup>1</sup> Käesolevaks ajaks (2008. a) on nii kütusebilansi suhtarvud kui ka järgmisel joonisel toodud energia hinnad saanud uued väärtused, kuid üldpilt ei ole oluliselt muutunud.

põlevasse ossa. Pärast põletamist jäävad metallid tuhka, mida võiks müüa metallurgiaettevõtetele (Palvadre, 1992). Majandusanalüüs näitas, et tuha müük ei korvaks rikastamis- ja põletamiskulusid. Kõikide seniste uuringute järeldus on, et diktüoneemaargillit ei saa olla maavara.

#### 4.4. FOSFORIIDITÖÖSTUS<sup>1</sup>

Esimene kirjutus, milles käsitleti eesti fosforiiti ja selle kasutamise võimalust, ilmus 1861. aastal. 1886. kirjutati juba detailsemalt Ülgase fosforiidi kõlblikkusest superfosfaadi tootmiseks. 11 aastat hiljem räägiti fosforiidi tootmisest ja selle kasutamisest põllumajanduses. 1908. aastal alustati Venemaal fosforiidide süstemaatilist uurimist. Uurimisprogrammis märgitakse ka eesti fosforiidi tähtsust.

Fosforiidi kasutamisevõimaluste põhjalikum ja sihipärasem käsitlus saab alguse Eesti Vabariigi sünni ja loomise ajal. 25. juunil 1920 andis Eesti Vabariigi valitsus loa fosforiidi tootmiseks. Selleks eraldati 110 ha maad Iru vallas soome insenerile Jalo Vuorinenile, kes kasutas kaevandamise alustamiseks I maailmasõjaaegseid kindlustusrajatisi Ülgasel. Fosforiidiproovi põllumajanduslikke katseid tehti Soomes. Robert Päsoki (1993) andmeil ei olnud katsed edukad ja kapitali fosforiidi kaevandamiseks ei õnnestunud saada. 1922. aastal loobusid soomlased kontsessioonist. 1920. asutati osaühistu **Eesti Wosworiit**. Organiseerijaks oli rühm eesti agronome ja põllumajandustegelasi. Osaühistu põhikirjas oli märgitud, et "Eesti Wosworiit asutatakse Eesti põllumajanduse tõstmiseks ja tööstuse ning kaubanduse edendamiseks, wosworiidi ja teiste maapõue varanduste väljakaevamiseks ja ümbertöötamiseks kunstväetisteks ja muudeks tehnilisteks ning keemilisteks aineteks, nende kui ka teiste sellesse tööstusse kuuluvate produktidega kauplemiseks Eestis kui ka välismaal ..."

2. novembril 1920. aastal otsustas Tallinna-Haapsalu rahukogu avalikul kohtuistungil osaühisuse Eesti Wosworiit registreeritud seltside ja ühingute registrisse kanda ja osaühisus võis oma tegevust alustada. Seega võib nimetatud kuupäeva lugeda Eesti fosforiiditööstuse rajamise alguseks.

1921. aastal alustati fosforiidi kaevandamise ettevalmistustöödega. Kaevandamisskeem oli lihtne. Insenerlikult läbimõeldud, mäetehniliselt hästi paika pandud projekt arvestas täiel määral kohalikke mäendustingimusi ja selle aja tehnika taset. Valitud kaevandusviis, veeärastus ja transpordiskeem oli oma lihtsuse ja ratsionaalsusega suurepärase näide insenerlikust mõtlemisest.

1923. aastal reorganiseeriti osaühistu aktsionäride seltsiks **A/S Eesti Fosforiit**. Eesti teadlased tegelesid juba sel ajal fosforiidi rikastamise ja kasutamise perspektiivprobleemidega. Näiteks tõstatati 1924. aastal küsimus fosforiidi rikastamisest flotatsiooni ja elektrostaatilise separatsiooni meetodil. Tartu Ülikooli magister A. Kuusk tegi 1927. aastal ettepaneku toota eesti fosforiidist söödafosfaate. Viidi läbi rida katseid ja tehti ettepanekuid tolle aja jaoks efektiivsete fosforväetiste tootmiseks. Suurt huvi eesti fosforiidi vastu näitab kas või seegi, et 1922. aastal külastas Eestit ja viibis Ülgasel ülemaailmselt tuntud vene teadlane akadeemik Samoilov. Tol ajal oli Ülgase ainus Euroopas teada olev fosforiidimaardla.

Töötingimused Ülgase kaevanduses olid rasked, kaeveõõnte kõrgus oli 1,3...1,6 m. Kasutati käsitsitööd, mäetehnikat oli vähe. 1938. aasta märtsis võttis aktsionäride ühing vastu otsuse laiendada tootmist Ülgasel kuni 340 tuh t aastas, jätkata Iru maardla uurimist, minna üle flotorikastamisele, organiseerida superfosfaaditsehhi ja väävelhappetsehhi ehitus Kopli poolsaarele, kusjuures väävelhappe tootmiseks kavatseti kasutada kohalikku püriidimaaki. Antud otsuse alusel sõlmiti Eesti ja Saksamaa vahel leping, mille järgi sakslased pidid ehitama rikastamisvabriku, Eesti Vabariik aga kohustus müüma 10 aasta jooksul Saksamaale fosforiidikontsentraati. Fosforiidikontsentraat oli sakslastele vajalik kui toore.

Üheks määravaks sündmuseks ja pöördepunktiks fosforiiditööstuse arengus oli Ülgase kaevandushoone ja rikastamisvabriku põleng 5. detsembril 1938. Nagu teame kaevanduse juhataja ettekandest, sai tuli alguse rikastamisvabrikust. Puust vabrikahoone põles maatasa, püsti jäid vaid katlamaja ja kuivatushoone kiviseinad. Seadmed muutusid kasutuskõlbmatuks.

1939. aastal võttis Eesti Fosforiidi aktsionäride esindajate koosolek vastu otsuse rajada Maardusse fosforiidikaevandus aastatoodanguga 370 tuh t kaevist ja ehitada flotovabrik umbes 100 tuh t kontsentraadi tootmiseks (kasuliku aine P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sisaldus 33%). Kõige selle realiseerimiseks koostati 6,2 milj krooni suurune eelarve.

<sup>1</sup> Ülevaate fosforiiditööstuse algusaastatest on koostanud mäeinsener Ants Vinkman

1940. aasta sündmused pidurdasid fosforiiditööstuse arengut, katkesid suhted seadmete tarnijatega, halvati tõhus töö. Juulis 1940 allutati ettevõtte nimetusega riigiettevõtte Eesti Fosforiit Kergetööstuse Rahvakomissariaadile. Sama aasta novembris otsustati rajada Maardu tehisiärv, et varustada veega tööstust, esmajoones flotovabrikut. Jätkus rikastusvabriku ja raudtee ehitamine, lõpetati raudteedepoo. Ehitajatele rajati 4 kuuga 10 elumaja, mis oma arhitektuuriga veel praegu tähelepanu äratavad. Aasta lõpuks taheti fosforiidikontsentraadi tootmine käima panna. Sõja puhkedes tööd ehitusel katkesid. Sakslaste tülles 1941. aastal käivitas uus võim tegevuse, kusjuures A/S Eesti Fosforiit haldas *IG Farbenkonzern*. Saksa okupatsioonivõim plaanis 1943. aastal toota 120 tuh t fosforiidikontsentraati ja 50 tuh t superfosfaati. Tegelikult toodeti vaid 24 tuh t fosforiidikontsentraati, mis veeti Saksamaale. Eestist lahkudes ei õnnestunud saksa väel hävitada fosforiidi tootmiseks rajatud objekte, kuigi nad kõik olid mineeritud. Soomest tagasi tulnud eesti vabatahtlikud jõudsid ettevõtte demineerida. Siiski teatas idaalade minister A. Rosenberg ettekandes füürerile "...Eesti fosforiiditööstus on nagu Eesti põlevkivitööstuski maatas teatud ning tema ülesehitamine ei saa enam kunagi kõne alla tulla ..."

Peale sõda asuti fosforiiditööstust aktiivselt taastama. Ehitati juurde kaks kuivrikastamisvabrikut. Kaevandamine toimus maa all. Põhilise toodangu moodustas 19-20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sisaldusega fosforiidijahu, sest vaatamata pingutustele ei suudetud flotovabrikut käiku lasta. Mitu korda projekteeriti kogu tehnoloogia uuesti. Lõpuks jäädi pidama katioontehnoloogia juurde. See ei olnud mõistlik, sest katioontehnoloogia puhul floteeritakse liiva, s.t kaevisest eraldatakse 85...90% aherainet, mitte 10...15% kasulikku ainet, mida oleks võimaldanud anioontehnoloogia. Flotatsiooni käikulaskmist takistas küll vee-, küll reagentide, küll kaadripuudus. Alles 1963. aastal läks vabrik tööle, kuid andis toodangut tunduvalt vähem kui projektis oli ette nähtud (projekti järgi 140, faktiliselt 90 tuh aastas, kusjuures P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sisaldus oli 24...25%). 1970. aastani töötanud kolm kuivrikastamisvabrikut andsid fosforiidikontsentraati, mille sisaldus kõikus 19...20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> piires. Kuivrikastamisvabrikud olid peamiseks tolmuallikaks, nende poolt atmosfääri heidetud tolmu kogus oli 12 t ööpäevas. Hiljem võimaldas flotovabriku rekonstrueerimine siiski tõsta kontsentraadi kvaliteeti ja kogust. 1981. aastal oli flotatsiooni võimsus umbes 320 tuh t aastas (tingühikutes) kontsentraadi kvaliteet oli 28% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Suur tähtsus kontsentraadi kvaliteedi tõusul oli rootsi flotoreagentide kasutusele võtmisel 1980. a.

1965. aastal lõpetati allmaakaevandamine ja mindi täielikult üle avakaevandamisele. Sellega likvideeriti äärmiselt raske tööloik. Näiteks oli 200 töötajaga kaevanduses sama palju õnnetusjuhtumeid kui 1800 töötajaga kombinadi teistes tsehhides kokku. Hiljem jõudis kaevandamistase 850 tuh tonnini aastas, mis karjääri töö viimastel aastatel langes 700 tuh tonni tasemele. 1991. aasta I kvartalis lõpetati fosforiidi kaevandamine, millega lõppes fosforiidi tootmine Maardus.

Seitsmekümnendate aastate kaskpaigaks oli Maardu fosforiidimaardla parim varu ammendatud. Kuna oli ette näha, et ida pool Narva jõge otsapidi Eestisse ulatuvas Jamburgi (Kingissepa) maardlas, kus töötab Kingissepa fosforiidikombinaat, varu üle paarikümne aasta ei jätku, siis hakati otsima hõlvamiseks uut maardlat Eestis. Edasisele pani pitseri **fosforiidisõda**, mis algas 1987. aasta veebruaris, kui populaarse keskkonnakaitsele telesaate Panda juht Juhan Aare avas suurele auditoriumile nõukogude keskvõimu eesti fosforiidi kaevandamise kava. Kaheksakümnendate teine pool oli aeg, mil allakäivast nõukogude majandusest ja poliitikast kurnatud rahvas ihkas võidelda võimu vastu ja fosforiidi kaevandamise keskkonnaaenulik plaan andis selleks aktsepteeritava võimaluse. Tegelikult ei olnud fosforiiditööstuse keskkonnaaenulikkus mingi uudis. Selle eest olid Eesti juhtivad teadustegelased lubatud moel hoiatanud rahvast ja valitsust juba ammu. Üldine poliitiline loodus ja lootusetus ei lubanud rahval varem ohtu teadvustada. Fosforiidisõja stardipaiguks oli 1987. aasta 26. veebruari fosforiidivastaste pressikonverents Eesti Raadio valges saalis. Kohe tõusis üle Eesti äge kampaania, mille spontaanne osa kulmineerus 1987. aasta aprillis-mais. Kuna Eesti suurimad fosforiidileiukohad asuvad Rakvere ümbruskonnas, siis kujunes võitluse keskuseks ja sümboliks Virumaa. Samal ajal üritas kompartei juhtkond kruvisid kinni keerata, mis kuulekamate pressiülemuste suhtes ka õnnestus. 1987. aasta kevadel ja suvel muutus äge poleemika teaduslikumaks ja seda oli raskem keelata. Oktoobri lõpus teatas nõukogude keskvõim eesti fosforiidi kiireloomulise hõlvamiskava peatamisest ja seda tähistati Eestis kui võitu. Tegelikult ta seda oligi. Kõik, mis toimus hiljem, oli juba järellainetus, mis lõpeb vist koos fosforiidivastases võitluses tuntuks saanud inimestega.

Fosforiidi kaevandamise peamiseks ohuteguriks on peetud põhjaveekihtide kuivenemist ja nende mürgitumist diktüoneema lagunemisproduktidega. See oht oli täiesti olemas, kuna nõukogude kaevandamistehnoloogia ei näinud ette tegelikke keskkonnakaitse meetmeid ja kui olekski näinud, siis, nagu praktika kinnitas, ei oleks neist kinni peetud. Realistlikud hinnangud on tõestanud, et oht veele puhuti kampaania käigus teadlikult ja eba- ning alateadlikult suureks. Teiseks argumendiks

fosforiidi kaevandamise vastu toodi arvutused, et ettevõtmine ei ole majanduslikult tasuv. Kuna nõukogude majanduses kasutati väärastunud tõhususkriteeriume, siis see argument ei töötanud. Kolmandaks ja ainsaks tõeliseks ohuteguriks oli tööjõu migratsioon. Sellest sai rahvas hästi aru, kuid sellest ei lastud kirjutada. Maksimumprogramm, mis nägi ette 18 miljoni tonni kaevist aastas, oleks kaasa toonud 40...45 tuhande inimese migreerimise Rakverre. Selline inimhulk iseloomustab algelist kaevandamistehnoloogiat (Tabel 1.27 TÖÖMAHUKUSI MÄEETTEVÕTETES). Igatahes sobis see nõukogude Venemaa rahvuspoliitikaga.

Mis puutub fosforiidiga kaasnevasse diktüoneemasse, selle kalduvusse süttida ja temas sisalduvatesse rasketesse ning radioaktiivsetesse metallidesse, siis see probleem on seni lahenduseta. Tehnilised küsimused, need on lahendatavad, kuid asi on kulukuses. Fosforiidisõjas kasutati diktüoneemat ja tema radioaktiivsete metallide sisaldust tondina, mis Virumaal ilmselt jääbki kummitama.

Eesti taasiseseisvumine ei lahendanud fosforiidiprobleemi. Lõpliku selguse huvides tegi TTÜ mäeinstituut 1993...1994. aastail uuringu, kui palju läheks maksma tehnoloogiliselt tõhus ja keskkonnale ohutu fosforiidi kaevandamine. Peamine käsitlusel olnud variant nägi ette kaevandamise Kunda lähedal Aru tsemendilubjakivikarjääri põhjas, kust jääb fosforiidini 15...18 m. Et fosforiidi peal olev diktüoneema ei kuumeneks ega süttiks, peeti vajalikuks kivimid eemaldada kihthaaval ja moodustada diktüoneema jaoks midagi vannitaolist. Vanni põhi ja küljed vooderdatakse saviga. Lahti murtud diktüoneema paigutatakse kihthaaval vanni ja kaetakse saviga. Selle piruka pressiks kokku peale laotav paekivi. Nii oleks välditud diktüoneema süttimine ja leostumine. Fosforiidi kaevandamise keskkonnohutuks mahuks hinnati 0,8..1,1 milj t aastas, millest saaks 52...71,5 tuh t kontsentraati toimaine sisaldusega 33%. Majandushinnang näitas, et kaevandamine oleks tulus, kui toimaine hind oleks maailmaturul vähemalt 250 USD/t. Tegelikult on aga 80...100 USD/t, seega kolm korda vähem kui oleks vaja kulude katmiseks. On vähe tõenäoline, et fosfaattoorme hind tõuseb Eesti jaoks sobivale tasemele. Ja kui tõuseks, jõutaks kogu maailmas enne meid avada rikkalikke, kuid praegusest vähem tulusaid maardlaid, mis säilitaks turu küllastatuse. Siit töö põhijäreldus - eesti fosforiidi kaevandamine ei oma praegu ega ka prognoositavas tulevikus mõtet.

#### 4.5. PAE MURDMINE JA KAEVANDAMINE

Paekivi, s.t lubjakivi ja dolomiit, on eesti rahvuskivi. Rahvuskivi au on paekivi pälvinud seetõttu, et ta on peamine kohalik kivim, millega maarahval on tulnud kokku puutuda nii maad harides kui maja ehitades.

Ehitusmaterjalina võttis maarahvas pae kasutusele juba I aastatuhandel, kui paest laoti kindlustatud asulate ja maalinnuste kaitsevalle. Juba siis murti paekivi kivimurdudest, mida võiks lugeda kaevandamise alguseks Eesti alal. Maarahvas ei tundnud lubja põletamist, seepärast laoti müürid kuivalt ilma mõrdita. Lubja põletamise ja mõrdiga laotud paemüürid võtsid 13. sajandil kasutusele Eesti alale tunginud vallutajad. Kuna ehitusmaterjale ei veetud kaugelt ega kaugele, murti kivi ja põletati lubja kohapeal linnade ja suurte ehituste lähedal.

Paekivi oli Põhja- ja Lääne-Eestis peamine ehituskivi. Kivi murti kohalikes kivimurdudes käsitsi nii palju kui vaja ja sellist, mida andis kasutada. Paekivi tarbiti nii vundamendi, seinade, põranda, korstna kui ka ahju ladumiseks. Vastavalt otstarbele valiti külma- või kuumakindel paekiht. Olen näinud reheahju laena vähem kui 10 cm paksust peaaegu ruutmeetrilist paeplaati. Kahekümnenda sajandi algupoolel hakkas pae murdmine hääbuma, sest seinamaterjalina tulid kasutusele tellised. Paekivi jäi ainult esinduslike hoonete seinamaterjaliks ja seda hea ehituspae murdude lähedal. Esimeses Eesti vabariigis ei kuulunud ehituspae murrud mäeettevõtete hulka. Nõukogude Eestis arenes peamiselt pae killustamine betooni tarbeks, teekatteks ja täitematerjaliks kokku üle 3,5 milj m<sup>3</sup> aastas (1988). Suurel määral murti ja töödeldi Kaarma (Saaremaa) dolomiiti, mida kasutati nii Leningradi metroos kui Uljanovski memoriaalis. Suurimaks killustikutootjaks olid Väo, Harku ja Maardu karjäär Tallinna lähistel, Vasalemma ja Padise Harjumaal, Anelema Pärnumaal ning Kunda tsemenditehase Aru karjäär Virumaal. Põlevkivi rikastamisjäätisena tekkiva pae (kuni 4 milj t/a) kasutamine ei sujunud, kuna see ei kuulunud söetööstuse nomenklatuurse toodangu hulka. Massilise raudbetoonehituse soikumine üheksakümnendate aastate alguses ja veokulude kasv aendas tublisti killustikuturgu. Teisalt on pae purustamiseks vajaliku lõhkeaine ja seadmestiku kallinemine tõstnud killustiku hinna loomulikule tasemele. Sellest tulenevalt kasutatakse killustikku tunduvalt sihipärasemalt kui varem. Põhja-Eesti ja Saaremaa paerikkused ning kiviehitised on ärgitanud ärimehi otsima Eesti paele uusi kasutusvorme loomuliku ehituskivina klombitud, lõigatud, lihvitud ja poleeritud kujul. Kõige paremini on Lasnamäe



lademe pae viimistlusmaterjaliks lihvimise ja poleerimisega hakkama saanud **AS Väokivi**<sup>1</sup>.

Lubjakivi on nime saanud sellest, et temast saab sideainet lupja. Enne I maailmasõda oli Eestis registreeritud paarsada lubjapõletusahju, kus põletati kohalike kivimurdude, samuti maast nopitud kivi. Lubjakivi ja lubjatööstus on laialt levinud Põhja-Eestis, kuid lubjakivimurde ja lubjapõletuskohti leidub ka Setumaal devoni lubjakivide avamusalal. Tallinna paemurrud asusid Lasnamäel, kunagisele lubja põletamise kohale vihjab Lubja tänava nimi. Kuna lubjakivi ei olnud Eesti Vabariigi mäeseaduses maavarade nimistus (p 1.1.1), s.t ta ei olnud maavara, siis ei kuulunud arvukad kivimurrud, kust põletuslupja hangiti, mäeettevõtete hulka. Aegamööda transpordi arenedes vähenes lubjatööstusettevõtete arv, kusjuures peamisteks kujunesid Tamsalu-Rakke piirkonna vabrikud, mis enne Eesti rajoneerimist nõukogude võimu poolt käisid Järvamaa alla. Teine lubja põletamise koht on Tallinnas Männikul, kuhu kivi põletamiseks osteti. Veel praegu põeb eesti lubjatööstus majanduskriisi, mille tekitas vene turu ära langemine. Vananenud seadmetiku ja tehnoloogiaga on raske uut turgu leida. Kuna on teada, et Skandinaavia maades ja Soomes on lubjakivivaru väike, aga nende maade keskkonnakaitse nõuab väävligaaside tõrjeks katlamajades lubja kasutamist, siis võib loota selle Eestile ürgomase tööstuse elavnemisele.

Eesti lubjakivi parim väljund on tsement. Tsemendi tootmiseks on vaja lubjakivi või merglit või siis lubjakivi ja savi. Peale selle on vaja kütust. Kui kütta kivisõega, siis on hea, kui tehase lähedal on sadam, mis võtaks vastu söelaevu. Sadam on vajalik ka toodangu turule veoks. See kõik tingis, et tsementi hakati Eestis valmistama juba 1870. aastal, mil Kundas valmis Venemaa arvult neljas tsemenditehas (Eesti iseseisvusaegne täielik nimetus **A.-S. Tsemendivabrik Port-Kunda**). Hiljem asutati tsemenditehas ka Aseris (enne II maailmasõda **A.-S. Asserin**), kus toorme- ja veotingimused on pea samasugused kui Kundas. Eesti tsemenditööstuse arengu võimsaks edendajaks oli Tsaari-Venemaa poolt Soome lahe suudmesse rajatav Peeter Suure Merekindlus. Port-Kunda ja Aseri tsemenditehased valmistasid enne I maailmasõda umbes 700 tuhat tünni (143 tuh t) portlandtsementi aastas (Eesti..., 1934). 1916. aastal pidi Port-Kunda tsemenditehas tarnima Peeter Suure merekindluse ehitamiseks 673 tuhat tünni (üle 110 tuh t) tsementi (Pärtel, 1991). Suure majanduskriisi ajal, kui Aseri tehas seiskus, kahanes tsemendi aastatoodang 263 (1930. a.) kuni 168 (1933. a.) tuhande tünnini (44 ⇒ 28 tuhande tonnini) (Eesti..., 1934). I maailmasõjaaegne kütusekriis sünnitas põlevkivitööstuse. Seesama kütusekriis sundis tsemenditehaseid kivisõe asendada põlevkiviga ja siis selgus, et põlevkivis leiduvad mineraalid mõnevõrra isegi toetavad tsemendimineraalide teket. Põlevkivi kaevandas **A.-S. Port-Kunda** oma kaevandusest Ubjas Kunda vahetus läheduses. Pärast I maailmasõda ahenes tsemenditurg sedavõrd, et Aseri tsemenditehas ei pidanud konkurentsile vastu ja Eestisse jäi vaid Kunda tehas. Kunda on tsemendi tootmiseks nii hea koht, et sinna on ühtejärke ehitatud neli tehas vanu uue valmides maha jättes. Praegu toodab tsementi ja klinkrit väliskapitali osalusega **AS Kunda Nordic Tsement**. Tsemenditooret kaevandatakse oma lähedal asuvatest karjääridest: lubjakivi Aru ja savi mereäärse karjääris. Kipsi ostetakse Lätist, põlevkivi AS Eesti Põlevkiviilt. Põlevkivi veokulu vähendamise eesmärgil uurib tsemenditööstus Ubja kaevanduse taasavamise otstarbekust. 1997. aastal toodeti 651 tuh t klinkrit, millest 370 tuh t kasutati 422 tuh t tsemendi valmistamiseks. 280 tuh t klinkrit läks müüki. 1998. aasta suveni töötas tsemenditehases kolm tsemendiahju - kaks renoveeritud ja üks vana. On tõenäoline, et ebasoodsa tsemendi- ja klinkrituru tõttu kolmandat ahju ei renoveerita. Kahe ahjuga toodetust kasutab eesti ehitustööstus poole, ülejäänule tuleb otsida müügi võimalusi pingsal välisurul. Tsemendi ja klinkri ekspordiks taastas tsemenditööstus Kunda sadama, mis seni on Virumaa ainus kaubasadam.

**Puhas lubjakivi** CaCO<sub>3</sub> sisaldusega üle 96...98% on mitmesuguste tehnoloogiliste protsesside toore. Seda kasutatakse töötlemata kujul metallurgias, paberi- ja toiduainetööstuses ning mujalgi. Tehnoloogilise toormena hakati Eestis lubjakivi kasutama paberi- ja telluloositööstuses. Kahe maailmasõja vahel 1920...1940 oli tähtsaks väljaveoartikliks (kuni 20 tuh t 1933. aastal) Saaremaa Jaagarahu lubjakivi (mäeettevõtte **Calcit**), mille kaevandamise tegi tulusaks väljaveosadama lähedus. Kivi läks peamiselt Rootsi, Saksamaale, Lätisse. Praegu on perspektiivne Vasalemma puhas lubjakivi, mis ei paikne just eriti kaugel Paldiski sadamast. Esimese Eesti vabariigi ajal kas teadmatusest või reklaami huvides nimetati puhast lubjakivi, eriti Vasalemma lubjakivi marmoriks ja kuna marmor, mida Eestis ei esine, oli mäeseaduse maavarade nimistus, siis nende paerimite kaevandamine käis mäeseaduse alla, nad olid maavarad.

Pae hulka kuulub klaasidolomiit, mis peab sisaldama palju magneesiumi ja vähe rauda. Järvakandi tehas on kasutanud Anelema ja Muhu saare maardlate dolomiiti, mis napilt vastab klaasitööstuse nõuetele. Paremat pole leitud.

<sup>1</sup> Hilisema nimega Paekivitoodete Tehas OÜ

#### 4.6. SAVI KAEVANDAMINE

Kuigi Eestis puudub kõrgekvaliteetne savi, võttis maarahvas selle maarde esimesena tarvitusele. On ju leiukeraamika esialooliste asulakohtade tunnuseks. Peale savipottide valmistamise kasutas maarahvas savi ka sideainena, nii et praegugi võib leida vanu talulautasid, kus müüri sees (s.t mitte välispinnal) kasutatud mört on kokkuhoiu pärast tehtud saviga. Eesti alade vallutajad tõid 13. sajandil siia ka savitelliste põletamise oskuse. Lõuna-Eestis, kus puudub paekivi kui ehituskivi, kujunes savitellis peamiseks ehituskiviks. Ka Põhja-Eestis on suuri hoonetekomplekse näiteks Narva Kreenholm, mis on laotud savitellistest ja mis vihjavad tellisesavi leiukohtade lähedusele. Kuna madalakvaliteetsete telliste põletamiseks sobivat savi leidub Eestis laialdaselt, oli veel hiljaaegu üle kogu maa tegevuses väikeseid kohalikku ehitustegevust rahuldavaid telliselõve. Tallinna saviaugud olid Kelmiküla all Kristiine heinamaa äärel. Suuremaks savitööstuse alaks kujunes Kagu-Eesti, eriti Petserimaa, kus leidis suhteliselt head tulekindlat savi. Kuna see savierim oli Eesti Vabariigi mäeseaduses maavarana arvel, siis seda kaevandavad ettevõtted Kagu-Eestis kuulusid ka mäeettevõtete hulka. Seitsmekümnendatel aastatel kohalik savitööstus hääbus ning nõukogude aja lõpuks jäid peamiseks savitööstusettevõteteks Aseri ja Tallinna Keraamikatehas, mis kasutasid toormeks Eesti põhjarannikul lasuvat kambriumi sinisavi. Suur savikarjäär on ka Kunda tsemenditehasel, kes sellest tsemendi tootmiseks tooret ammutab. Eesti savitööstus elavneb aeglaselt peamiselt välismaise kapitali toel.

#### 4.7. LIIVA KAEVANDAMINE

Liiv on sedavõrd üldkasutatav maare, et sellest polekski midagi rääkida, kui Eestis poleks klaasitööstust. Ajal, mil see tööstus tekkis, ei esitatud klaasi kvaliteedile eriti läbipaistvusele nii suuri nõudmisi kui praegu, seepärast sobis tööstusele siin-seal leiduv puhas liiv. Mitmesuguste klaasisortide valmistamiseks veeti liiva ja lisandeid sisse kaugemalt, nagu Hiiumaal Hüti klaasivabriku varemeis tehtud väljakaevamised oletada lubavad. Tööstuse rajamiseks oli peamine kütuse, metsa küllus. Hiljem, kui klaasitööstus säilis vaid mõnes kohas - Järvakandis, Meleskis ja Tallinnas, jäi peamiseks toormeks Piusa klaasiliiv. Metallurgiatööstuse vormiliivana on Piusa liival isegi suurem ekspordiväärtus kui klaasiliivana. Liiva kaevandamine toimus Piusal veel kuuekümnendatel aastatel allmaakaevanduses, õigemini öelda koobastes, mille kaevurid õonestasid nõrgalt tsemenditeerunud devoni liivakivisse<sup>1</sup>. Piusa klaasiliivakaevanduse säilinud kaeveõõned on eesti mäenduse huviväärsus. Liiv, isegi mitte klaasiliiv, ei olnud Eesti Vabariigi mäeseaduse kohaselt maavara, seepärast ei loetud Piusa koopaid kaevandusteks.

Üks paremaid ehitusliiva maardlaid Eestis on Virumaal Jõhvi linnast lõunas asuv Pannjärve maardla. Lasund asub looduskaunis Kurtna järvestikus ja selle maavara arutu kasutamine Muuga sadama täiteks on viinud varu ammendumise piirile. Põhjus, miks Pannjärve liiva veeti Tallinna alla, on niivõrd iseloomulik nõukogude majandusele, et seda peaks teadma ja ei tohiks unustada. Pannjärve liiva kaevandamine (hüdrotootmine) ja vedu (üle 200 km) oli kallis. Just kallist materjali oligi sadamaehitajatel vaja, sest nii oli kõige hõlpsam rahaliselt mõõdetavat ehitusplaani täita.

#### 4.8. MUUDE MAAVARADE KAEVANDAMINE

On üldtunnustatud tõsiasi, et Eesti tähtsaim maavara on põlevkivi. Kaheksakümnendate aastate fosforiidisõda ja asjaolu, et fosforiidi kaevandamine Ülgasel ja Maardus toimus kõigi mäenduskaanonite kohaselt, on tekitanud tava lugeda fosforiiti Eesti tähtsuselt teiseks maavaraks. On see nii või on teisel-kolmandal kohal praegu hoopis paekivi või turvas, jäägu polemiseerimist armastavate inimeste hooleks. Maailma mastaabis on hoopis laiemalt kui meil Eestis teada, et Sillamäel on kaevandatud, rikastatud ning töödeldud **uraani**. Tõepoolest, 1949. aastal rajati ja kuni 1952. aastani töötas Sillamäel endise õlivabriku territooriumi vahetus läheduses diktüoneemakaevandus. Kaevanduse ja uraanirikastuskombinaadi ehitusel töötas umbes 20 tuhat sõjavangi, peaaegu pool Eesti territooriumil kinnipeetavatest (Vsevilov, 1995). On oletatud, et kuna eesti diktüoneemaargilliid on Rootsist Ranstadi maardlas leiduva argilliidi (alum shale) analoog, siis proovikaevandamist võis Rootsi kapitalile teha juba Sillamäe õlivabrik, kuid see oletus pole leidnud kinnitust. Ajavahemikul 1953...1969 oli venelaste rajatud ja mehitatud kaevandus konserveeritud ja seejärel ta suleti. Kaevandamine toimus umbes 15 m sügavusel maa all. Diktüoneemakihindi paksus on kaeveväljal umbes 1 m. Kontrollimata andmeil olevat ühtekokku väljatud 240 tuhat t diktüoneemat, millest uraanirikastamistavabrikuks ümber ehitatud Sillamäe õlivabrikus olevat toodetud 66 t uraani (Sikk, 1993). Teadmata, kuivõrd tõesed need andmed on, võib oletada, et uraani netosaagis oli 275

<sup>1</sup> Kolleegidelt Tartu Ülikooli geoloogia instituudist olen kuulnud ülimalt huvitavat arvamust, et paleontoloogide meelispaik Aruküla koopad Tartus võivad olla kunagine klaasiliiva kaevandus.

g/t. Nagu teada, ei osutunud kohalikust kaeviseist uraani tootmine tõhusaks ja Sillamäe tehas hakkas töötleva imporditud uraanimaaki (kontsentraati?).

**Turvas** on üks enam levinud maavaradest meie kliimavöötmes. Eesti maavarana on arvel kaks turbaliiki: lagunenenud ehk kütte- ja väetisturvas ning vähelagunenud ehk alus- ja aiandusturvas. Sõjaeelse Eesti mäeseaduse kohaselt turvas, mis ei ole mineraal, ei olnud maavara. Lagunenud turvas sai arvestatavaks kütuseks Eestis peale I maailmasõda, kuigi jäi põlevkivile kümnekordselt alla. Esimesed suuremad elektrijaamad Ellamaal ja Ulilas kasutasid turvast. 1938. a algas Tootsis turba brikettimine. Pärast II maailmasõda tõrjus põlevkivi turba kui väiksema energiamahukusega kütuse elektritööstusest välja. Tänu energiakandurite madalale hinnale osutus nõukogude majanduse tingimustes kasulikuks arendada turba brikettimist. Kaheksakümne date lõpul kaevandati kütteturvast üle 1 milj t aastas. Praegu ei ole kütuseturba tootmine veel väljunud madalseisust. Vähelagunenud turvas oli esimese Eesti Vabariigi eksporditavaks. Väljaveoks üritatakse seda kaevandada ka praegu. Eriti suuremahuliselt, üle pooleteise miljoni tonni aastas, toodeti vähelagunenud turvast alusturbaks üledoteeritud nõukogude põllumajanduse tarbeks. Suur osa põllumajanduslikest turbatootmisettevõtetest praegu seisab. Turba kaevandamise tulevik sõltub sellest, kuivõrd lagunenenud turvas kui kütus osutub elektri- ja soojatootmise hajutamisel tõhusaks. Peamiselt turba juurdekasvust lähtuvalt on lubatavaks kaevandamiseks hinnatud 2 milj t aastas, mis asendab umbes sama koguse lahjat energeetilist põlevkivi.

**Järvelubi ehk -kriit** on laiemale üldsusele vähe tuntud, ent Lääne-Virumaale väga omane maavara. Valgejõgi ongi nime saanud oma valgest põhjast, sest ta on loonud süngi kriidilasundisse. Järvelupja kaevandati Varangu maardlas Väike-Maarja vallas. Maavaralasund on siin umbes 2 m paksune, millest ülemine pool väljati Kiltsis asuva söödkriiditsehhi toormeks. Praegu kaevandamine seisab.

**Mudad**, mere- ja järvemuda, ei olnud esimese Eesti vabariigi ajal maavarad. Ravimuda oli siiski üldtuntud, kusjuures teadmatuses peeti vajalikuks kiita ravimuda eriti kõrget radioaktiivsust (Eesti..., 1934). Nüüd rõhutame vastupidist - radioaktiivsete ja raskmetallide vähesust eesti mudades. Ammutatakse ravimuda Saaremaal Mullutu-Suurlahe maardlast, Haapsalu lahest jm.

**Nafta** oli sõjaeelse Eesti mäeseaduse kohaselt maavara. Kuna seda, vaatamata korduvatele otsingutele, pole leitud, siis praegu naftat eesti maavaraks ei loeta. Geoloogid (Kattai jt 1995) on tõestanud, et teisiti see ei saagi olla. Hiiumaal 1905. aastal tehtud puurimiste suhtes on arvatud, et nii nagu mujalgi maailmas on ette tulnud, valasid puurijad ise naftat auku, et tööd oleks.

**Liivakivi** ei ole Eestimaal olnud arvestatav ehituskivi, aga luisuks ja tahukiviks on seda murtud ja kasutatud näiteks Virumaal Rannus. Tsiteerin Veedi Penekit (1994): "Tahukivi on peene struktuuriga heade töötlemisomadustega kivim. Maa seest välja tuues on kivi pehme ja annab töödelda. Seistes ta pikkamööda kõveneb ja saab heaks terariistade teritamise vahendiks. Kõrtsialuse külas ja Aseri ümbruses leidub tahukivi leiukohti. Paiguti kerkib kivilade maapinnale, peale on kogunenud väga õhuke mullakiht, kus taimestik hästi ei kasva. Külarahvas nimetas niisugust taimedest poolpaljast ja suvel kõrbenud maanukka tahukivinõmmeks.... Luisukivi tuli maa seest lahti murda. Õhukese lasundi tõttu, peaaegu maapinnal ei olnud see töö raske. Lagedalevõetud sobivast kivitükist tuli kohe terava vasaraga tahuda ka soovitud kujuga luisutoorik. Toorik läks lihvimisoperatsiooniks luisuveskisse." Luisuveski oli kohaliku meistri mehe poolt Rannu oja ehitatud veejõul töötav seadeldis.

Enne fosforiidi kaevandamise ja töötlemise suurejoonelist ümberkorraldamist kolmekümne date aastate lõpul oli Eesti tähtsuselt teiseks maavaraks **kips**, mida kaevandati Petserimaal peamiselt Irboska maardlas, mille varu hinnati 15 milj tonnile. Kaevandatud kipsi töödeldi ja turustati ehitusmaterjaliks, põlluväetiseks, samuti meditsiini ja kunsti (skulptorikips) tarbeks. Ka tsemenditehas Port-Kunda kaevandas oma kipsi Irboska maardlast. Pärast Petserimaa haaramist Venemaa koosseisu kadus kips kui maavara Eesti mäenduse silmapiirilt ja unustati. Tähtsuse on kaotanud ka esimese Eesti vabariigi ajal kaevandatud maavarad **värvimuld** (ooker) ja **diatomiit**. Ookri suurim kaevandaja oli keemiatehas Orto, kelle 150-tonnise aastatoodanguga ja 12 töötajaga karjäär asus Petserimaal. Põltsamaa lähedal olevast **E. Peep & Ko** ookriaugust (ühemehekarjäärist) võeti 1940. aastal 1,7 tonni värvimulda. Kuna peamised ookri- ja diatomiidimaardlad on Petseri- ja Ingerimaal, puudub usaldusväärne teave nende seisundi (ammendatuse, risustatuse) kohta. Asjaolu, et nad ei asu Eesti territooriumil, ei tähenda veel, et majandussuhete normaliseerudes eesti mäetööstus ja kapital neid ekspuuteerima ei võiks hakata. **Maagaas**, täpsemini põlev maagaas, oli eesti maavara aastail 1905...1912, kui seda ammutati Keri saare tuletorni valgustamiseks. Maardla ammendus, andnud umbes 1,4 milj m<sup>3</sup> gaasi. Uute maardlate otsingud tulemusi ei andnud.

**Jälgides eesti maavarade kasutamist läbi aegade, võime täheldada, et enamiku meie maavarade ja maarete, eriti aga põlevkivi, fosforiidi, tsemendilubjakivi ja diktüoneema kaevandamist on soosinud suurriikide militaarhuvi**

Ülevaate lõpetuseks ja viimase lõigu mõningaks selgituseks olgu toodud 1940. aastal Eesti Mäeameti poolt koostatud Eesti mäeettevõtete nimistu ja peamised andmed.

Tabel 4.6 EESTIS 1940. AASTAL REGISTREERITUD MÄEETTEVÕTTED

Maavara, ettevõtte või omanik	Asukoht	Kontsessioon ha	1940. aasta toodang t	Töötajaid 1940. aastal
<b>Põlevkivi</b>				
Tsemenditehas Port Kunda Ubja kaevandus*	Ubja	2400	57836	279
Vanamõisa Oil Field Ltd (ei töötanud)	Virumaa	?		
Eesti Kiviõli kaevandus	Kiviõli	24370	535129	1044**
Kütte-Jõud	Küttejõud	699	137814	241
Eesti Esimese Põlevkivitööstuse kaevandus	Kohtla-Järve	6800	859900	2750**
New Consolidated Gold Field Ltd kaevandus	Kohtla	5000	77154	264**
Eestimaa Õljekontsorsium kaevandus	Viivikonna	10000	226410	8520**
Kokku		49269	1894243	5428
<b>Tulekindel savi</b>				
Peeter Matz	Põlva	100		
Jaan Piir	Petseri	11	282	1
Estosamott, I. Clausen	Piusa	16	339	52
A. Simon & I. Sester	Petseri		168	1
Artell Samott	Petseri	4	259	6
Kokku		131	1048	60
<b>Fosforiit</b>				
AS Eesti Fosforiit kaevandus	Maardu	6819	19279	102
<b>Diatomiit</b>				
Eesti Diatomiit	Tõrvala	8009	109	20
<b>Kips</b>				
AS Kips	Dubniki	8		
Eesti Kips	Vana-Irboska	7	7697	169
Tsemenditehas Port Kunda kipsikarjäär	Vana-Irboska	19		
Kokku		34	7697	169
<b>Lubjakivi ja dolomiit ***</b>				
Calcit	Jaagarahu	155	4838	40
Järvakandi klaasitehase karjäärid	Pärnumaa	550	450	8
	Muhu	20		
Kokku		7254	5288	48
<b>Värvimuld</b>				
E. Peep & Ko	Põltsamaa	1	2	1
Orto keemiatehase karjäär	Petserimaa	2	150	12
Kokku		3	152	13
<b>Kõik kokku</b>		<b>64990</b>	<b>1927814</b>	<b>5840</b>

\* Sõjaeelses eesti keeles oli kaevandus laiem mõiste kui tänapäeval, see võis olla ka karjäär.

\*\* Koos õlivabriku töölistega.

\*\*\* Kuna sõjaeelses Eestis põletus- ja ehituslubjakivi murrud ei kuulunud kaevanduste alla, siis kõik nad puuduvad nad ka selles loetelus.

## 5. ÜLESANDED JA HARJUTUSED

### 5.1. MÄENDUSRESSURSID JA KAEVANDAMISKULU

#### 1. Harjutus

Tabelis on kaevisse ning põlevkivi tuhkjäägi keemiline koostis Sirgala ja Narva karjäärides. Hinnata nende vastavust karbonaatsele toormele esitatud nõuetele (Tabel 1.3 TEHNOLOOGILISELE PAELE ESITATAVAID NÕUDEID).

Andmed otsustamiseks

Karjäär ⇒ Ühend ↓	Sirgala		Narva	
	Kaevis	Tuhkjääk	Kaevis	Tuhkjääk
SiO <sub>2</sub>	8,8	24,3	7,4	23,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,5	6,4	2,1	6,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,84	4,5	0,81	4,0
MnO		0,05		0,04
TiO <sub>2</sub>	0,16	0,3	0,18	0,3
MgCO <sub>3</sub>	7,2		5,2	
CaCO <sub>3</sub>	74,1		79,5	
CaO	41,5	46,4	44,5	46,9
MgO	3,4	4,3	2,5	4,0
SO <sub>3</sub>	1,25		1,2	
S, üldine		2,3		2,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,16		0,19
Na <sub>2</sub> O	0,12	0,27	0,1	0,08
K <sub>2</sub> O	1,1	3,1	0,9	2,9
Jääk	12,6	3,4	9,4	7,5

#### 2. Harjutus

Toolse fosforiidileiukoha puuraugus nr 591 mõõdetud selline fosforiidikihi struktuur. Määrata, kas mingi kihindi osa vastas nõuetele (Tabel 1.4 NÄITED NÕUETEST FOSFORIIDILE RAKVERE LEVILAL).

Lähteandmed arvutusteks

Kihi nr	Paksus m	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %
1	1,3	0,78	0,10	3,03
2	1,2	1,20	0,04	1,68
3	0,3	3,46	0,07	1,40
4	1,2	3,44	0,04	0,74
5	1,5	3,89	0,26	1,02
6	0,3	11,98	0,20	1,25
7	0,5	5,93	0,06	0,86
8	0,9	6,01	1,96	2,03
Summa või kaalutud keskmine	7,2	3,53	0,35	1,59

Mis tahes aine kaalutud keskmine määratakse valemiga  $p = \sum p_i m_i / \sum m_i$ , kus  $p_i$  on vastava aine (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MgO jt) sisaldus kihis ja  $m_i$  kihi paksus. Arvutused teha tabeli kujul.

Arvutustabel

Kihi number	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MgO	...	m	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> x m	MgO x m	...
1	0,78	0,10	...	1,3	1,014	0,130	...
2	1,20	0,04	...	1,2	1,440	0,048	...
3	3,46	0,07	...	0,3	1,038	0,021	...
...	...	...	...	...	...	...	...
1. summa	3,53	0,35	...	7,2	25,423	2,491	...
2. summa	...	...	...	...	...	...	...

Kaalutud keskmine kasuliku aine sisaldus esimesel sammul kogu kihindis  $25,423 / 7,2 = 3,53\%$  ei vasta tingimustele, seepärast tuleb maavaraks sobivast kihindist välja jätta selle ülemine vaesem osa. Seejärel leitakse teine summa jne, kuni valitud kihindi osa vastab või kihindi mitte mingi osa ei vasta

tingimustele.

### 3. Harjutus

Fosforiidileiukohta uurides on puuritud ruutsilmse võrguna 20 auku, mis paiknevad põhja-lõunasuunalistes ridades I...IV ja ida-läänesuunalistes ridades A...E.

Puuraukude paiknemine väljal

Lõuna ↓	Ida ⇒	A	B	C	D	E
I		1	2	3	4	17
II		5	6	7	8	18
III		9	10	11	12	19
IV		13	14	15	16	20

Kontuurida maardlal varu plokk vastavalt Toolse karjäärivälja tingimustele (Tabel 1.4 NÄITED NÕUETEST FOSFORIIDILE RAKVERE LEVILAL).

Kihindi ja selle tootsa osa (tootsa kihindi) andmed on puuraukude kaupa järgnevas tabelis. Ülesande individualiseerimiseks võib eelmisest tabelist kustutada nii ridasid kui veerge, mille juures alles jäänud puuraukud moodustavad puuraukude komplekti individuaalse ülesande lahendamiseks.

Lähteandmed

Puuraugu nr tabelist A	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> sisaldus kihindis %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> tootsas kihindis %	MgO tootsas kihindis %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> tootsas kihindis %	Tootsa kihindi paksus m
1	3,5	5,8	0,9	1,6	0,4
2	4	7	0,8	1,5	0,4
3	5	8	0,7	1,5	0,8
4	2,8	9	1	1,6	0,4
5	5	16,5	0,9	1,6	1,2
6	9	9,9	0,8	1,6	1,8
7	11	12	0,9	1,5	2
8	5	5,8	1,4	1	1,6
9	5	12	0,7	1,4	1,9
10	3	15	0,7	1,5	2,7
11	5	12	0,8	0,8	1,8
12	5	7	0,8	0,8	2,8
13	2	10	1	1,6	2
14	4	12	0,8	1,5	2
15	4	10,1	0,9	1,5	2,1
16	3,1	6,1	1	1,5	1,6
17	1,5	10,2	0,9	1,4	0,9
18	3	5,8	1,4	0,8	1,4
19	2,5	6,5	1,2	0,9	1,6
20	2,1	5,5	1,1	0,5	1,9

Kõigepealt määratakse kindlaks puuraukud, mis tingimuste kohaselt võivad kuuluda plokki. Seejärel arvutatakse ainete kaalutud keskmine sisaldus plokkis  $p = \frac{\sum p_i m_i}{\sum m_i}$ , kus  $p_i$  on vastava aine (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MgO jt) sisaldus plokki kuuluvas puuraugus ja  $m_i$  tootsa kihindi paksus samas puuraugus. Arvutused on otstarbekas teha sellise tabeli kujul

Arvutustabel

Puuraugu number	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MgO	...	m	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> x m	MgO x m	...
2	7	0,8	...	0,4	2,80	0,32	...
5	16,5	0,9	...	1,2	19,80	14,85	...
6	9,9	0,8	...	1,8	17,82	1,44	...
...	...	...	...	...	...	...	...
1. summa	-	-	-	105,7	1162,70	116,27	...
2. summa	-	-	-	...	...	...	...

Kaalutud keskmine kasuliku aine sisaldus esimesel sammul  $1162,70 / 105,7 = 11,0\%$  vastab tingimustele, kuid magneesiumoksiidi sisaldus  $116,27 / 105,7 = 1,1\%$  ületab lubatu, mistõttu valitud plokist tuleb välja jätta mõni kõrge magneesiumisisaldusega puurauk ja sellele vastav maardla osa. Peale seda leitakse teine summa jne, kuni plokk vastab tingimustele.

#### 4. Harjutus

Tabelis on Tapa põlevkivileiukohas mõõdetud III kihi paksus ja kütteväärtus. Märkida tabelisse, millistes puuraukudes vastab kiht kunagistele tingimustele (Tabel 1.5 PÕLEVKIVILE KUI MAAVARALE KEHTINUD NÕUDED) ja millistele?

Lähteandmed ja tabel märkimiseks

Nr	Paksus m	Kütteväärtus kcal/kg	Märkus	Nr	Paksus m	Kütteväärtus kcal/kg	Märkus
7001	2,03	1603		26	1,28	1190	
2	2,20	1430		27	1,47	1392	
3	1,92	1388		28	1,70	1913	
4	0,97	1323		29	1,39	1469	
5	1,65	1535		30	1,40	1551	
6	2,18	1673		32	1,02	1528	
7	1,35	1371		33	0,72	1289	
8	2,12	1568		34	1,16	1479	
9	2,01	1689		35	0,98	1297	
10	1,15	1235		36	1,70	1431	
12	2,10	1627		37	1,02	1209	
16	1,10	1416		38	1,58	1324	
17	1,26	1537		39	1,50	1684	
18	1,59	1237		40	1,85	1811	
19	1,74	1511		45	2,15	1640	
20	1,09	1318		46	1,65	1534	
21	0,45	419		47	1,45	1508	
23	1,00	789		48	1,20	925	
24	1,14	1041		7049	1,55	1795	
25	1,36	1169					

#### 5. Harjutus

Järgmine tabel on tavaline vorm Eesti maardla põlevkivikihi parameetrite arvutamiseks. Tabeli kolmandas veerus tähistab  $m_j$  kihi (põlevkivialakihi või paevahekihi) paksust ja neljandas veerus  $Q_j$  selle kütteväärtust. Need saadakse maardlas mis tahes kohas kas puurimise või kihindi mõõtmise-proovimise tulemusel. Antud ülesande lahendamiseks võib need leida mõnest maardla kohta koostatud andmebaasist. Määrata valitud andmestiku jaoks, kas kihind selles kohas vastas 1965. aasta nõuetele (Tabel 1.5 PÕLEVKIVILE KUI MAAVARALE KEHTINUD NÕUDED) ja kui ei, siis milliste kihtide väljaarvamise teel on vastavus saavutatav. Selleks tuleb arvutada kihindi või selle tootsa osa kaalutud keskmine kütteväärtus mahumassi abil. Mahumassi tähistab tabelis  $d$ , see on leitav Heino Sitsi (1977) valemiga  $d_j = b_j (a_j \times Q_j \times 10^{-3} + 1)$ , kus  $a_j$  ja  $b_j$  on vastavatele kihtidele iseloomulikud parameetrid. Valemil on soovitatav kasutada kõigil juhtudel, kui arvutustes on tarvis põlevkivi mahumassi. Kütteväärtuse abil leitav mahumass on täpsem kui laboratoorselt määratud. Ligilähedase tulemuse annab ka valem (Reinsalu, 1998)  $d_j = 1,3831 \exp(-0,0003 Q_j) + 0,98$ .

## Arvutustabel

Kiht	$m_i$ m	$Q_i$ kcal/kg	$a_i$	$b_i$	$d_i$	$m_i \times d_i$	$m_i \times d_i \times Q_i$
F <sub>ülemine</sub>			0,304	2,545			
F <sub>alumine</sub>			0,223	2,427			
E			0,209	2,405			
D/E			0,191	2,380			
D			0,163	2,160			
C/D			0,211	2,530			
C			0,219	2,420			
B/C			0,191	2,380			
B			0,206	2,401			
A/B			0,191	2,380			
A <sub>ülemine</sub>			0,105	1,700			
A/A			0,191	2,380			
A <sub>alumine</sub>			0,163	2,160			
-			-	-	-		

Kaalutud keskmine kütteväärtus on tabeli andmete alusel määratav valemiga  $Q = \frac{\sum Q_i m_i d_i}{\sum m_i d_i}$ , milles jagatakse omavahel tabeli viimase ja eelviimase tulba summad.

## 6. Harjutus

Moodustada kümnest järgmises tabelis toodud eri kategooriaga varuplokist kaeveväli ja leida välja tõenäoline varu ning selle keskmine geoloogiline usaldatavus. Geoloogilise usaldusteguri väärtused valida ühest süsteemist (Tabel 1.8 MAAVARAVARU USALDUSTEGURID).

## Lähteandmed

Varu kategooria ⇒ Ploki number ↓	A	B	C1	C2
1	1234	1558	3345	44566
2	3421	987	32234	667543
3	2335	678	4566	456
4	657	694	55677	445677
5	345	5567	7896	556

## Arvutusnäide

Plokk	Varu G tuh t	Usaldustegur $\pi$	$V = G\pi$
A2	3421	0,8	2736,8
B5	5567	0,7	3896,9
C1 + C2	32234	0,4	12893,6
Summad ja keskmine	41222	0,47	19527,3

Keskmine usaldustegur  $\pi = V/G = 19527,3 / 41222 = 0,4737$ .

## 7. Harjutus

Lasundi paksuse ( $h$ ) süstemaatilist muutlikkust kirjeldab lineaarvõrrand  $h = a + bx + cy$ , kus  $x$ , km on suunatud põhja ja  $y$ , km ida suunas. Võrrandi parameetrid  $a = 2$  m,  $b = 0,01$  m/km ja  $c = -0,02$  m/km. Millise ilmakaare suunas on lasundi paksuse kasv suurim ja mitu sentimeetrit kilomeetri kohta see on?

## 8. Harjutus

Põlevkivikihindit on võimalik väljata mitmes paksuses. Väiksema väljamispaksuse puhul on käituskulud ja kaevise kvaliteet kõrgemad kui lausväljamisel. Hinnata (kapitalikulud arvestamata) tabelis toodud andmete alusel, kus milline variant on kasulikum.



Kaeveväli	Väljatav kihtide kompleks	Väljatav paksus m	Kihindi kütteväärtus GJ/t	Põlevkivikihtide kütteväärtus GJ/t
Uus-Kiviõli	A-F <sub>Ü</sub>	2,61	7,53	9,90
	A-F <sub>A</sub>	2,35	8,02	11,00
	A-E	1,97	7,93	11,75
	B-F <sub>A</sub>	1,97	8,28	10,89
	B-E	1,59	8,22	11,72
Ubja	A-F <sub>A</sub>	2,02	6,95	10,15
	B-F <sub>A</sub>	1,81	7,30	10,37
Lõuna-Estonia	A-F <sub>A</sub>	2,70	7,89	11,31
	B-F <sub>A</sub>	2,28	8,54	11,43
	B-E	1,94	8,54	12,16
Kuremäe	A-F <sub>A</sub>	2,72	7,94	11,80
	B-F <sub>A</sub>	2,28	8,63	11,97
	B-C	1,95	8,69	12,93

### 9. Harjutus

1- miljonilise aastatoodanguga kaevanduse ehitamine maksab 70 milj USD. Kui palju võiks maksta 2-miljonilise aastatoodanguga kaevandus, kui maksumuse elastsus aastatoodangu suhtes on 0,6?

### 10. Harjutus

Kirjanduse (Maxwell, Simpson, 1984) andmeil on uraani kaevandamise, rikastamise ja esmase töötlemise maksumus ligikaudselt hinnatav valemiga  $C = 132 / P^n a_0$ , USD/kgU<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, kus P - uraanimaagi, antud juhul diktüoneemaargilliidi töötlemismaht t/d; a<sub>0</sub> - uraanisisaldus maagis %; n - elastsustegur 0,4. Võrrelda, kui palju läheks maksuma uraan, kui seda toota diktüoneemaargilliidist:

a) Toolses, kus uraanisisaldus on 150 g/t, või Maardus, kus uraani on 30 g/t, kui töötlemismaht oleks 1000 t/d;

b) Toolses kihindit lausväljates ( $h = 1,4$  m, uraani 150 g/t) või osaliselt väljates ( $h = 1,2$  m, uraani 225 g/t), kui käituskulu sõltuvus kihindi paksusest võtta kukersiidi alusel (kihindi paksuse elastsustegur on -0,68).

### 11. Harjutus

Liiva-kruusakarjääri mäeeraldis langeb piiripunktide C ja D vahelisel sirglõigul kokku karjääri omaniku maavalduse piiriga. Vastavalt rekultiveerimise nõuetele peab karjääriomanik kujundama karjääri külje laugeks, kusjuures nõlva kallakus vastaku kaevise püsikallakusele. Kaevandamisloa valdaja otsustas selleks jätta küljepunktide C ja D vahele küljeterviku, mille ta hiljem lükkab laugeks nii, et ta ei välju oma maavaldusest. Leida tabelis toodud lähteandmete järgi liiva kadu küljetervikus.

Nr	Maavara	Püsinurk	Külje kõrgus punktis C	Külje kõrgus punktis D	Külje C-D pikkus m
1	Peenterine liiv	25	5	3	20
2	Peenterine liiv	26	7	6	43
3	Keskterine liiv	30	9	9	57
4	Jämeterine liiv	32	10	2	12
5	Kruus	35	12	4	57

### 12. Harjutus

Karjäär kasutas aasta jooksul 27 tuh t klaasiliivavaru. Sellest jäi karjääri põhjale 3 tuh t, veol läks kaotsi 1 tuh t ja hoidetervikusse jäeti 5 tuh t. Arvutada:

a) kui suur oli

1) kaotegur

2) väljamistegur

3) kadu protsentides

b) mitu tonni klaasiliivavaru läks kaduma ühe toodetud tonni kohta?

**13. Harjutus**

Arvutada aherdustegur tabelis toodud andmete alusel.

Ettevõtte	Kvaliteeditunnus	Maavara kvaliteet	Kauba kvaliteet	Jäägi kvaliteet
Fosforiidikarjäärid:				
Maardu	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	12,6	28	5
Toolse		10,4	28	3
Toolse		10,4	32	3
Põlevkivikaevandused:				
Viru	kcal/kg	3005	3140	700
Tammiku		3169	3170	700
Ahtme		3148	3030	700
Estonia		2966	2900	700
Põlevkivikarjäärid:				
Viivikonna	kcal/kg	3018	2690	700
Narva		3023	2610	700
Sirgala		3081	2660	700
Aidu		2881	2870	700

**14. Harjutus**

Aherdusteguri valemiga võib lahendada ka teisi ülesandeid. Näiteks talupiima rasvasus on 5%, poeipiima rasvasus on 2% ja lõssi rasvasus 0,2%. Leida: a) mitu protsenti on poeipiimas lõssi; b) kui talupiimast eraldatakse koor, mille rasvasus on 20%, siis milline on koore aherdustegur ja mida see tähendab?

**15. Harjutus**

Rajaja tööviljakus on protsesside kaupa erinev: puurimisel 4 ett vahetuses, kaevise laadimisel 3 ett vahetuses ja toestamisel 10 ett vahetuses. Kui suur on rajaja tööviljakus (mitu ett vahetuses?), kui ta teostab neid protsesse järjestikku, s.t puurib, laadib ja toestab, eeldusel, et lõhketöö teeb lõhkaja ja tuulutamine ei katkesta rajaja tööd?

**16. Harjutus**

Hinnata tabelis loetletud masinate soetushind Eesti kroonides järgmise aasta 1. märtsiks.

Masin	Firma, masina tüüp	Maa, linn	Hind tuh	Rahaühik	Hinna esitamise aeg
Rataskopplaadur	Volvo BM L120B	Soome, Masala	780	FIM	29.11.93
	Volvo L150	Soome, Masala	1143	FIM	3.12.93
	Volvo L180	Soome, Masala	1487	FIM	3.12.93
	Caterpillar, 966 F	Eesti, Tallinn	1346	FIM	okt 93
	Caterpillar, 970 F	Eesti, Tallinn	1496	FIM	okt 93
	Caterpillar, 980 F	Eesti, Tallinn	1700	FIM	okt 93
	Caterpillar, 988 F	Eesti, Tallinn	2924	FIM	okt 93
	Caterpillar, 992 F	Eesti, Tallinn	6117	FIM	okt 93
	Kirovets K 701	Vene, Leningrad	40 000	rbl	1.01.94
Allmaakopplaadur	TORO 300D	Soome, Turu	216	USD	3.12.93
	TORO 400D	Soome, Turu	295	USD	3.12.93
	TORO 400 E	Soome, Turu	335	USD	3.12.93
	TORO 500 D	Soome, Turu	423	USD	3.12.93
	PD-8	Vene, Kopeisk	5600	rbl	jaan 92
	TORO 501 E	Soome, Turu	497	USD	3.12.93
Allmaa-kallur	TORO 35 D	Soome, Turu	411	USD	3.12.93
	TORO 40 D	Soome, Turu	467	USD	3.12.93
Karjäärikallur	Euclid R 50	Soome, Masala	2290	FIM	veebr 92
	Euclid R 85	Soome, Masala	3400	FIM	veebr 92
Ekskavaatorid	Caterpillar 325 L	Eesti, Tallinn	1283	FIM	okt 93
	Caterpillar 330 L	Eesti, Tallinn	1502	FIM	okt 93
	Caterpillar 235 L	Eesti, Tallinn	2013	FIM	okt 93
	Caterpillar 245 L	Eesti, Tallinn	3017	FIM	okt.93

Masin	Firma, masina tüüp	Maa, linn	Hind tuh	Raha- ühik	Hinna esitamise aeg
Puurmasinad	Minimatic HS 205 D	Soome, Tampere	1200	FIM	märts 92
	Monomatic HS 105 D	Soome, Tampere	1800	FIM	märts 92
	Atlas-Copco H 115-32	Rootsi	99	SEK	mai 91
	Atlas-Copco H 127-32	Rootsi	199	SEK	mai 91
	Atlas-Copco H 135-38	Rootsi	249	SEK	mai 91
	Atlas-Copco 252	Rootsi	2435	SEK	mai 91
	Atlas-Copco H 104	Rootsi	1359	SEK	mai 91
Avakaevanduse freeskombain	Wirtgen SM 3500	Saksamaa	5460	DEM	dets 91

### 17. Harjutus

Arvutada:

- eelmise ülesande tabelis toodud masinate tunnimaksumus
- mingi sõiduauto, hobuse või arvuti tunnimaksumus.

### 18. Harjutus

Pakutakse müüa avakaevandamiseks sobivat pruugitud rataskopplaadurit massiga 23 t. Mitme aasta pärast on sellise masina ressurss täielikult ammendunud (hind null), kui eeldada, et ta töötab 3000 tundi aastas?

### 19. Harjutus.

Kui 1997. aasta inflatsioonimäär oli 0,12 (12% aastas) ja võib loota, et inflatsioonimäär kahaneb 20% aastas, kui suur on siis 2000 aasta oodatav kasvukinorm? <sup>1</sup>

### 20. Harjutus

Kui suure kapitali seome, ostes masina, mille soetusmaksumus on 2 milj kr ja kuluminorm 0,3?

### 21. Harjutus

Hinnata lõhatud põlevkivi keskmine tükisuurus, kui lõhkeaine erikulu on 1 kg/m<sup>3</sup> ja kasutatakse ühte järgmist lõhkeainet: PŽV-20, AP-5ŽV, T-19, 6ŽV. Abiks olgu Joonis 1.6

### 22. Harjutus

Hinnata, kuhu Tabel 1.35 ENERGIA HIND JA KVALITEET toodud energiakvaliteedi pingereas paigutub hobuenergia, kui enne II maailmasõda moodustas hobuse töötund umbes 60% inimitundi maksumusest.

## 5.2. MÄETÖÖSTUSE KORRALDUS

### 23. Harjutus

Koostada Eestis kehtestatud korrale vastav maavara kasutusloa taotlus reaalse geoloogilise andmestiku alusel.

### 24. Harjutus

Hinnata põlevkivivaru usaldusteguri suurust, kui kaevevälja (varuplokki) iseloomustavad järgmised mäendustingimuste tunnused. Lahendamise aluseks võtta Tabel 2.2 TEHNOLOOGILISE RAJONEERIMISE LÄHTEANDMED BALTI PÕLEVKIVILEVILAL.

Variandid:	1	2	3	4	5
Katendi kogupaksus m	40	60	60	60	20
Paelae paksus m	35	15	9	30	4
Kihindi paksus m	2,4	2,6	2,5	1,6	2,8

<sup>1</sup> Ülesanne oli aktuaalne 1998. a. Praegu ei jää muud, kui kontrollida, kuivõrd see valem, milles ma ise olen kahtlema hakanud, paika pidas

**25. Harjutus**

Fosforiidikarjäärast tuleb kaevis, milles kasuliku aine ( $P_2O_5$ ) sisaldus on 11%. Mitu korda (protsenti) vähem saab fosforiidikontsentraati, kui rikastatud materjali kasuliku aine sisaldus pole mitte 28% vaid 33%? Tuumaine kasuliku aine sisalduseks võib võtta 35%, rikastamise tõhususteguriks 0,15.

**26. Harjutus**

Oletame, et uuringu tulemusel avastati, et fosforiidimaardla ühes osas on tuumaine (ooboluskarpide) kasuliku aine sisaldus mitte 35% nagu tavaliselt, vaid ekstremaalselt 37%. Kasuliku aine sisaldus on maardla kõikides osades ühesugune 11%. Kui palju saaks ekstremaalsest kaevisest 33%-list kontsentraati rohkem kui tavalisest kaevisest? Rikastamisprotsessi ei muudeta, seega on rikastamise tõhusustegur (elastsus) mõlemal juhul 0,15.

**5.3. MÄETÖÖSTUSE TÕHUSUSE HINDAMINE****27. Harjutus**

Üks võimalik hinna leidmise meetod oli nn 10% reegel, mis sobib vaid väga jämedaks hinnanguks odava toorme kasutamisel. Millisel järgmises tabelis toodud juhul on tegemist odava toormega? Vastavaid hindu peaks iga nuputaja ise teadma.

Toore	Toorme erikulu tootele	Toode
Rukkijahu	0,7 kg/kg	Leib
Lubjakivi	2,1 t/t	Tsement
Ülikonnariie	3,2 m	Ülikond
Põlevkivi	6 t/t	Põlevkiviõli
Põlevkivi	1,5 kg/kWh	Elektrienergia

**28. Harjutus**

Kivimurrus toodetakse kiviplukke, millest tarbija teeb poleeritud plaate, müües neid 1000 kr/m<sup>2</sup>. Plaatide paksus on 10 mm, saelõike paksus 5 mm, plaatide saagis saetud toorikutest on 50%. Kui suur võiks olla kiviploki kuupmeetri hind ?

**29. Harjutus**

Tallinna Tehnikaülikool korraldab mäendus kursusi. Kui suur võiks olla tarbijatulu meetodil hinnatud kõrgeim kursusetasu, kui teenuse tarbijaks on ettevõtte, kellele kursuse läbinud inimene on vajalik selleks, et saaks õiguse teha mäetöid. Nii hoiab ettevõtte kokku, sest magistrikraadiga mäeinseneri palk oleks 1,5 korda kõrgem kui kursandil. Ettevõtte kasutab mäetööde juhti osalise tööajaga (koormusega 0,5) kolm aastat. Lisakulu seoses mäeeriala spetsialisti palkamisega ettevõttel ei ole. Korrektnel lahend eeldab inflatsiooni ja eeldatava palgatõusu arvestamist.

**30. Harjutus**

Väiketarbija põletab keevkihtkoldes turvast või puiduhaket, mida parajasti saab. Ta on nõus kasutama ka rikastatud peenpõlevkivi, millest on eemaldatud klass <1 mm. Hinnata ligikaudselt, milline on sellise põlevkivi hind franko tarbijale, kui põlevkivi kütteväärtus on 15 MJ/kg ja teiste kütuste hinnaparametrid on järgmised.

Kütus	Kütteväärtus MJ/kg	Hind kr/t
Freesturvas	8	50
Tükksturvas	12	100
Puiduhake	9,3	110
Kivisüsi	30	600

Kirjeldada lahenduskäiku.

**31. Harjutus**

Mäeettevõtte kavatses hakata tootma klassifitseeritud ehituskillustikku mark 800. Teada olevad madalama tugevusega ehituskillustiku turuhinnad on tabelis. Leida analoogiameetodil plaanitava toodangu võimalik hind, kasutades regressioonanalüüsi. Korrektnel lahend eeldab ka graafiku esitamist. Näide vt Joonis 3.1 Ehituskillustiku hinna sõltuvus killustiku kvaliteedist

Killustiku mark	Hind kr/m <sup>3</sup>	Killustiku mark	Hind kr/m <sup>3</sup>
200	34	500	48
200	40	150	15
400	42	600	60
400	50	600	55

**32. Harjutus**

Munitsipaalettevõtte kasutab talvel kõnniteede karestamiseks Soomest toodud graniidipeenest, makstes selle eest 50 EUR/t. Kasutades paepeenest, millest on eemaldatud klass <1mm, oleks karestaja kulu 1,5 korda suurem (paas on pehmem). Missugune on paest valmistatava karestaja piirhind kroonides? <sup>1</sup>

**33. Harjutus**

Leida galoter-protsessi energeetiline kasutegur, kui toormeks kasutatakse energeetilist põlevkivi, mille erikulu on 9 t/t.

**34. Harjutus**

Põlevkivi tarbiv firma üritab kasutusele võtta põlevkivi töötlemise uut meetodit, mille puhul toorõli saagis on 12% (0,12 t/t) ja töötlemistsehhi käituskulu (töötlemiskulu) moodustaks õli tootmiskulust 30%. Millist hinda võiks neilt põlevkivi eest küsida, kui on teada, et toorõli loodetakse müüa hinnaga 100 USD/t? <sup>2</sup>

**35. Harjutus**

Tuletada kiviplokkide invariantse hinna valem, kui neist saetavate plaatide saagis töötlemisel sõltub looduslike lõhede vahekaugusest kivimurrus. Keskmise lõhede vahekaugus <Q1> on 10 m ja selle jaoks kehtib keskmine hind <Z>, mis on määratud harjutuses 28. Lõhede vahekauguse kui kvaliteeditunnuse vähim väärtus Q'1 = 2 m. Kui palju võiks hinda tõsta, kui minna üle kivimurdu, kus lõhede vahekaugus on 15 m?

**36. Harjutus**

Kiviplokkide tootja ja tarbija leppisid eelmises ülesandes toodud kaevandamis- ja töötlemistingimustel omavahel kokku, et plokkide hinnaskaala on selline nagu siin tabelis. Kas tarbija on sel juhul huvitatud kvaliteedi tõstmisest?

Lõhede vahe m	Hind kr/m <sup>3</sup>
10	3000
12	4000
14	5000

**37. Harjutus**

On kokku lepitud, et elektriijaamale müüakse põlevkivi keskmise kvaliteediga <Q1> ja hinnaga <Z>. On teada, et elektriijaamale on kvaliteedi alampiir Q'1. Milline oleks invariantne hind, kui kvaliteet oleks keskmisest a) 10% madalam, b) 10% kõrgem? Lähteandmed on tabelis.

<sup>1</sup> Tegu on afääriga, sest paekillustikku pole lubatud kasutada, sest see puruneb tolmuks

<sup>2</sup> Kindlasti tuleks kasutada kaasaegset õli hinda

Nr	<Q1>	<Z>	Q'1
1	7 GJ/t	100 kr/t	0,8
2	8 MJ/kg	10 USD/t	0,9
3	2000 kcal/kg	5 EUR/t	263
4	2,5 kWh/kg	8 kr/GJ	0,305
5	7 GJ/t	1 USD/GJ	0,9
6	8 MJ/kg	10 EUR/t	0,9
7	2000 kcal/kg	10 USD/t	191
8	2,5 kWh/kg	100 kr/t	1,2
9	9 GJ/t	64 kr/t	1
10	8,5 MJ/kg	77 kr/t	1,05

### 38. Harjutus

Kirjanduses (Alas, 1994) toodud võimalik turba hinnaskaala on tabelis topeltraamiga ümbritsetud osas. Leida, kas sellise hinnaskaala puhul on tarbijad huvitatud turba kütteväärtuse tõusust.

Kütteväärtus				Hinna alanemine kr			Tükkturba hind kr/t	Invariantne hind kr/t
MWh/t		GJ/t		%	MWh kohta	t kohta		
Vähim	Suurim	Keskmine	Keskmine					
		4,00	14,4				120	128
		3,50	12,6				105	109
3,00		3,00	10,8				90	90
2,90	2,99	2,95	10,6	3,33	1	2,00	87	88
2,80	2,89	2,85	10,3	6,67	2	5,78	84	84
2,70	2,79	2,75	9,9	13,33	4	11,16	79	80
2,60	2,69	2,65	9,5	26,67	8	21,15	69	77
2,50	2,59	2,55	9,2	53,33	16	41,44	49	73
	2,50						leppeline	

### 39. Harjutus

1997. aasta suvel kehtestatud põlevkivi hinnaskaala on tabelis. Hinnata, kas sellise hinnaskaala puhul on tarbijad huvitatud kvaliteedi tõusust või mitte. Seejuures võtkem ebaühtlasteks tarbijateks elektriijaamad ja ühtlasteks õlivabrikud.

Kvaliteedigrupp	Kütteväärtus				Hind	
	MJ/kg vähim	MJ/kg suurim	kcal/kg vähim	kcal/kg suurim	ühtlasele tarbijale	ebaühtlasele tarbijale
Tehnoloogiline						
PK	11,51		2750		71,65	127,27
1PK	10,97		2621		70,73	125,70
2PK	10,26	10,97	2451	2621	69,75	123,95
3PK	9,59	10,25	2291	2449	68,86	122,39
4PK	8,54	9,58	2040	2289	67,89	120,29
Energeetiline						
P	9,21		2200		66,92	118,96
1P	8,79		2100		66,04	117,38
2P	7,79	8,97	1861	2143	65,13	115,79
3P	7,29	7,79	1742	1861	64,16	114,09
4P	6,28	7,28	1500	1739	63,26	112,50
5P	6,07	6,27	1450	1498	62,31	110,78

**40. Harjutus**

Karjääri ehitamiseks ja seadistamiseks vajalik kapitalimahutus on 10 milj kr. Esimesel viiel aastal saadav summaarne tulu (kassajääk) on 15 milj kr, mis jaotub varianditi erinevalt. Millised on variantide tulukuse sisenormid ja milline variant oleks sellele vastavalt kõige tulusam? Andmed on tabelis.

Variandid	Kassajääk aastati milj kr				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	5	4	3	2	1
3	1	4	6	3	1
4	2	3	5	3	2
5	3	3	3	3	3
6	3	4	3	3	3
7	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
8	2	2,5	4	3	2
9	3	3	4	3	3
10	4	2	1	2	4
11	1	5	2	3	4
12	1	4	3	2	5
13	2	3	3	4	1
14	1	1	5	4	4
15	0	0	5	5	5
16	5	5	4	0	0
17	7	5	0	0	0
18	6	5	2	0	0
19	6	6	0	0	0
20	8	4	0	0	0

**41. Harjutus**

Veo ja tuulutuse puuduliku korralduse tõttu suudab brigaad ööpäevas rajada kuni 20 m käiku. Käigu rajamise erimaksumus  $C_s$  kr/m määratakse valemiga  $C_s = 1100 + 11000/L_p$ , kus  $L_p$  on rajamise kiirus m/d. Milline on optimaalne käigu rajamise kiirus, kui sihiks võtta erimaksumuse minimeerimine? Kui palju alaneks käigu rajamise erimaksumus, kui töö parema korraldamise puhul suudetaks rajada 21 m ööpäevas?

**42. Harjutus**

Lahendada eelmine ülesanne tingimusel, et veo ja tuulutuse paremaks korraldamiseks tehakse rajamiskiirusega võrdelisi lisakulutusi ja erimaksumus  $C_s = 1100 + 11000/L_p + 50 L_p$ .

**43. Harjutus**

Rataskopplaaduri tootluse ja laaditava materjali keskmise tükisuuruse vahel kehtib seos, mida mööndustega kirjeldab valem  $T = T_{max} \exp(r \times Me)$ , kus  $T_{max}$  on ideaalse peenterise materjali laadimise suurim tootlus,  $T$  on tootlus, mis saavutatakse laadides materjali, mille keskmine tükisuurus (mediaan) on  $Me$  (mm) ja  $r$  on parameeter, mis iseloomustab laaduri tootluse langust seoses materjali jämeduse kasvuga. Võtkem käesolevas ülesandes  $r = 2,3 \cdot 10^{-3}$  1/mm. Keskmine tükisuurus sõltub lõhkeaine erikulust ja seda seost kirjeldab valem, mis on toodud H. Aruküla jt raamatus "Puur- ja lõhketööd", 1980., tolle raamatu 220. lehekülje esimesel veerul ja joonisel 13.2. Võttes aluseks mingi konkreetse ratas-kopplaaduri hinna ja tootluse ning lõhkeaine hinna, määrata optimaalne lõhkeaine erikulu.

**44. Harjutus**

Leida optimaalne kihindi väljamise variant tekstinäite (Tabel 3.6 KAEVANDUSE OPTIMAALNE TOOTMISMAHT) jaoks, kui kaevandatakse kombainiga ning kaevis turustatakse elektrijaamadele ilma sorteerimata ja rikastamata. Käituskulu muutumist võib hinnata Nelsoni valemiga.

## 6. KASUTATUD JA SOOVITATAV KIRJANDUS<sup>1</sup>

- Georg Agricola. Vom Berg- und Hüttenwesen. München, Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co KG, 1977.
- V. N. Andrievski. Управление предприятием электрических сетей. Москва, Энергия, 1979.
- Antiigileksikon 1. ja 2. Tallinn, Valgus, 1983. 351 ja 343 lk.
- Ninel Barabaner. Оптимальное качество технологического сланца. Tallinn, Valgus, 1976.
- Anatoli S. Burtšakov, Juri A. Žeževskii, Sergei A. Jarunin. Технология и механизация подземной разработки пластовых месторождений. Москва, Недра, 1989.
- J. Caers, A.. Vervoort. Assessing The Quality of Diamonds. Mineral Resources Engineering. Vol 5 No. 3, 1996. p.155...177.
- Thomas W. Camm. Simplified Cost Models For Prefeasibility Mineral Evaluations. Bureau of Mines USA. Information Circular 9298. 1991.
- C. W. Cobb, P. H. Douglas. A Theory of Production. The American Economic Review (Supplement), vol.18, 1928. p. 139...165.
- Nina I. Domanova. Временные методические рекомендации по прогнозированию условий формирования водопритоков в сланцевые шахты и разрезы Эстонского месторождения A. Skotsinski nim Mäendusinstituudi Eesti Filiaal. Moskva, 1986.
- J. P. Drolet. Future Prospects for Resources in the Face of Demand. Preprints of the 26-th International Geological Congress, Colloquium C.1.4. Paris, 1980.
- Eesti arvudes. Eesti 1934.a rahvaloenduse mälestuseks. Riigi statistika keskbüroo. Tallinn, 1934.
- Günter B. Fettweis, Heintz Gentz, Rudolf von der Gathen. Bergwirtschaft. Band I. Die elementaren Produktionsfaktoren des Bergbaubetriebs. Essen, Herausgegeben von Siegfried von Wahl. Verlag Glückauf GmbH. 1990.
- G. Höfer. Справочная книга по горному делу (Tõlge saksa keelest). S.-Peterburg, E. K. Sablinski. 1913.
- D. W. Gentry. Mine Valuation: Technical Overview, Computer methods for the 80's in the Mineral Industry. AIME, New York, 1979. p.520...535.
- D. W. Gentry, O'Neill. Mine Investment Analysis, AIME, 6. Capital and Operating Cost Estimation, 1984. p. 103...150.
- Vello Kattai, Kaisa Mens, Heldur Nestor. Liivimaa naftaperspektiivsusest Baltikumi seniste naftaleidude taustal. Liivimaa geoloogia, TÜ ja EGS väljaanne. Tartu, 1995, lk 66...71.
- F. Kick. Das Gesetz der proportionalen Widerstände und seine Anwendungen. Leipzig, Verlag Arthur Felix, 1885.
- Martin Kirk. Coastal Quarry or Superquarry? A review of strategy for hard-rock coastal quarries. Quarry Management. August 1993. P. 19...23.
- Aili Kogerman. Põlevkivist lüüriliselt. Eesti Kaevur, 4, 1997.
- Friedrich Reinhold Kreutzwald. Wo findet man Bleierz in Estland (Wesenberg). Das Inland, 14. Tartu, 1849.
- Karl Luts. Põlevkivi, meie rahvuslik suurvara. Elav teadus 91. Eesti Kirjanduse Selts, Tartu, 1939.
- Maapõueseadus (Maapõueseadus RT I 1994, 86/87, 1488) ja selle rakendamise õigusaktid I. Eesti Vabariigi Keskkonnaministeerium, Tallinn, 1996. Uus, 2005. a seadus <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=12894933>
- Vahur Mägi. Põlevkivi tulek Eesti energiamajandusse. Tehnilise mõtte ja tehnikahariduse ajaloo probleeme Eestis I. Tehniline mõte. TPI, TA, Tallinn, 1985, lk 106...121.
- Boris Naumov, Enno Reinsalu, Посттехнологические процессы на закрытых горных предприятиях. TTÜ Toimetised 718, Tallinn, 1990, lk 47...60.
- W. L. Nelson. How to scale plant costs to other sizes. The Oil and Gas Journal. Sept. 28. 1964. p 84...85.
- Rein Palvadre, V. Ahelik. Possibilities of enhancing of efficiency of using organic-poor oil shales, Oil Shale 1992. 9/ 2, p. 148.
- Rein Palvadre, V. Ahelik. On the possibilities of utilizing organic-poor oil shales, 2. Горючие сланцы / Oil Shale 1992 9/4 p.325...329.
- Veedi Penek. Kui töötas luisuveski. Padaorust Viru mereni. Viru-Nigula kihelkonna kirjanduslik-kodulooline antoloogia. Viru-Nigula ja Tallinn, 1994, lk 104...106.
- Arnold Pihlak. Põlev gaas Keri (Kokskäri) saarel. Eesti Loodus, 5, 1992, lk 305...310.
- Aksel Pärtel. "Eesti Põlevkivi" ajaloolehekülgi aastaist 1916-1918. Eesti Põlevkivi väljaanne,

<sup>1</sup> Digiversiooni ilmutamise ajaks on ilmunud palju uusi, siin mainimata kirjandusallikaid.



- Kohtla-Järve, 1991.
- Robert Päsok. Оценка перспектив фосфоритной промышленности Эстонии (käsikiri) Eesti Majanduse Instituut, Tallinn, 1993.
  - Robert Päsok. Maavara varude kasutamise rendimaksustamise süsteemi teoreetilismetoodilised alused. Eesti Majanduse Instituut, Preprint 45, Tallinn, 1996.
  - Rein Raudsep jt. Eesti maapõuerikkusi. Eesti Geoloogiakeskus. Tallinn, 1993.
  - Karl Rebane. Energia, entroopia, elukeskkond. Tallinn, Valgus, 1980.
  - Enno Reinsalu. Sünnib uus tehnoloogia. Horisont 10, 1972, lk 15...19.
  - Enno Reinsalu. Техничко-экономические аспекты снижения потерь сланца при добыче. Eesti Informatsiooniinstituut, Tallinn, 1982, lk 10...15.
  - Enno Reinsalu, Margarita Peterson, Ninel Barabaner. Управление качеством в сланцевой промышленности, ЦНИЭИуголь Москва, 1982.
  - Enno Reinsalu, Erik Kaljuvee ja Jakov Fraiman. Экономико-математические модели прогнозирования развития добычи горючих сланцев. Москва, Наука. 1983.
  - Enno Reinsalu. Оптимальное развитие добычи горючих сланцев. Tallinn, Valgus. 1984.
  - Enno Reinsalu. Методические указания по прогнозированию сланцедобывающей промышленности. А. Скотшинский институт, Москва, 1884.
  - Enno Reinsalu. Некоторые элементарные математические модели для прогнозирования добычи горючего сланца. Горючие сланцы / Oil Shale, 1988, 5/2, lk. 122...128.
  - Enno Reinsalu. Потери горючего сланца при добыче и экономические методы их снижения. Горючие сланцы / Oil Shale, 1988, 5/3. lk 261...265.
  - Enno Reinsalu. Economical Development of Estonian Oil Shale Industry. Oil Shale, 1991, 8/3 lk 275...280.
  - Enno Reinsalu. Criteria and Size of Estonian Oil Shale Reserves. Oil Shale 1998, 15/2, lk. 111...132.
  - P. Rittinger, V. Ritter. Lehrbuch der Aufbereitungskunde. Berlin, Verlag Ernst und Korn. 1867.
  - Paul Otto Rosin, Erich Rammner J. Inst. Fuel 7,29, 1937.
  - Rein Sikk. Sillamäe salajane kaevandus oli tõesti olemas. Rahva Hääl, nr 230 (15426), 07.10.1993, lk.4.
  - Heino Sits. О закономерностях изменения мощности, кажущейся плотности и теплоты сгорания пород пласта сланца-кукерсита. Сб. Вопросы маркшейдерий и геологии сланцевых месторождений. Tallinn, Valgus, 1977. lk 52...57.
  - V. Smirnov jt. Подсчет запасов месторождений полезных ископаемых. Москва, Недра, 1960.
  - V. S. Šarõgin. Определение замыкающих затрат на энергетический сланец на период до 2000 г, (käsikiri) Leningrad, detsember 1983.
  - Jaak Valge. Riikliku põlevkivitööstuse majandustingimused ja -tulemused 1920. ja 1930. aastatel. Akadeemia nr 8 ja 9, 1995, lk 1712...1740; 1929...1949.
  - David Vseviov. Sillamäe, 1944 - 80-date keskpaik. Ida- Virumaa, inimene, majandus, loodus, Ida-Virumaa Säästva Arengu komisjoni väljaanne, Tallinn, 1995, lk 19...30.
  - Kenneth L. Wallwork. Derelict Land Problems in Modern Geography. Origins and Prospects of a Land-use Problems. Newton Abbot. London, DAVID&CHARLES. 1974. (Tõlge vene keelde, Moskva, 1979).
  - W. Weibull. A statistical distribution function of wide applicability. J. Appl. Mech. 18, 3 1951, p. 293...297.
  - Jr. Wm. Williams. Six Tenths Factor Aids in Approximating Costs. Chem. Eng. Dec. 1947., p.124.
  - Herb Wilson. The Bulk Transportation of the Aggregates. A review of the internationalization of the aggregates industry. Quarry Management. August 1993. p. 25...27.
  - Ilmar Öpik, Leo Öispuu, Enno Reinsalu. Изменение запасов твердых топлив и варианты законченных циклов выработки запасов сланца. Сб. Исследование работы парогенераторов электростанций. ТПИ Тоimetised, 546, 1983, lk 25...43.

7. MÕISTETE REGISTER<sup>1</sup>

<b>Eesti keel</b>	<b>Inglise keel</b>	<b>Saksa keel</b>	<b>Osa</b>
abimäetehnik	<i>assistant overman</i>	<i>Untersteiger, m</i>	1.2.3
abirajatised	<i>service constructions</i>	<i>Wartungsanlagen, pl</i>	1.3.1
aheraine	<i>barren rock, deads, dirt</i>	<i>Berge, f, Abraum, m.</i>	1.1.7
aherdumine	<i>dilution</i>	<i>Verdünnung, f</i>	1.1.7
ajatöötasu	<i>time wages</i>	<i>Zeitlohn, m</i>	1.2.4
aktiivne varu	<i>probable mineral reserve</i>	<i>nutzbar Vorrat, f</i>	1.1.3
allmaakaevand	<i>underground cavity</i>	<i>Abbauhohlraum, m</i>	2.1.2
allmaakaevandamine	<i>underground mining</i>	<i>Untertagebau, m</i>	1.1.5
ammendatud varu	<i>depleted reserve</i>	<i>erschöpfte Vorrat, m</i>	2.4.2
analoogiameetod	<i>analogue method</i>	<i>Analogmethode, f</i>	3.1.3
duaalhinnang	<i>dual value</i>	<i>Dualwert, m</i>	3.2.3
eelhinnang	<i>preliminary study,</i>	<i>vorläufige Bewertung, f</i>	3.1.1
Eesti Geoloogiakeskus	<i>Estonian Geological Survey</i>	<i>Estnische Geologiezentrum, n</i>	2.1.4
eesti maavarad	<i>Estonian mineral resources</i>	<i>mineralische Rohstoffe Estlands, pl</i>	1.1.1; 4.1
Eesti Maavarade Komisjon	<i>Commission of Estonian Mineral Resources</i>	<i>Estnische Kommission der Mineralisches Rohstoffes, f</i>	2.1.4
Eesti mäeseadus	<i>Mining Law of Estonia</i>	<i>Estnisches Berggesetz, n</i>	2.1.1
Eesti Vabariigi maapõueseadus	<i>Earth's Crust Act of Estonia</i>	<i>Estnisches Erdkruste Gesetz, n</i>	2.1.1
elastsustegur	<i>elasticity</i>	<i>Elastizität, f</i>	1.1.5
energia erikulu	<i>specific consumption of energy</i>	<i>spezifischer Energieverbrauch, m</i>	1.3.9
energia hind	<i>energy cost</i>	<i>Energiepreis, m</i>	1.3.9
energiakandur	<i>energy agent</i>	<i>Energieträger, m</i>	1.3.9
ENSV maapõuekoodeks	<i>Earth's Crust Code of the Estonian SSR</i>	<i>Kodex des Erdinnere der Estnischen SSR, m</i>	2.1.1
erihind	<i>specific price</i>	<i>spezifischer Preis, m</i>	3.1.4
fosforiidisõda	<i>phosphorite war</i>	<i>Phosphoritkrieg, m</i>	4.4
gaasieritumus	<i>gas seepage</i>	<i>Erdgasausbiss, m</i>	1.1.5
Geoloogia Instituut	<i>Institute of Geology</i>	<i>Geologisches Institut, n</i>	2.1.4
Geoloogiline Komitee	<i>Committee of Geology</i>	<i>Geologisches Komitee, n</i>	2.1.4
geoloogiline usaldustegur	<i>geological reliability factor</i>	<i>geologischer Zuverlässigkeitsfaktor, m</i>	1.1.3
gradient	<i>gradient</i>	<i>Gradient, m</i>	1.1.5
hinnavalem	<i>price formula</i>	<i>Preisformel, f</i>	3.1.4
hinnavõrrand	<i>price equation</i>	<i>Preisgleichung, f</i>	3.1.4
ideaalvektor	<i>ideal vector</i>	<i>Idealvektor, m</i>	3.2.3
igameheõigus	<i>everybody right</i>	<i>jedermanns Recht, n</i>	2.1.1
invariantne hind	<i>invariant price</i>	<i>Invariante preis, m</i>	3.1.4
juhuslik muutlikkus	<i>random variability</i>	<i>gelegentliche Veränderung, f</i>	1.1.5
juurde saadud varu	<i>additional reserve</i>	<i>hinzukommende Vorrats</i>	2.4.2
jääk	<i>residuum</i>	<i>Rest, m</i>	1.1.12
jäätmed	<i>waste, tailings</i>	<i>Abfälle, pl; Rückstände, pl</i>	1.1.12
kaasnev maavara	<i>joint mineral resources</i>	<i>nebele mineralische Rohstoffe, pl</i>	1.1.4
kaevandamiskadu	<i>mining loss</i>	<i>Abbauverlust, m</i>	1.1.7
kaevandamisõiguse hind	<i>tax of mining, royalty</i>	<i>Tonnenzins, m</i>	1.1.13
kaevandamisväärne varu	<i>mineable mineral reserve</i>	<i>abbauwürdiger Vorrat, m</i>	1.1.3
kaevandatav varu	<i>proved mineral reserve</i>	<i>sicherer Vorrat, m</i>	1.1.3,
kaevandatud varu	<i>mined out mineral reserve</i>	<i>abgebaut Vorrat, m</i>	2.4.2
kaevandusväli	<i>underground mine field</i>	<i>Schachtfeld, n</i>	1.1.2
kaeveväli	<i>mining field, mining district</i>	<i>Bergwerksfeld, n</i>	1.1.2

<sup>1</sup> Register näitab kohta (punkti) kus mõistet esmakordselt mainiti. Digiversiooni puhul pole see enam parim lahendus, sest otsingumootoriga leiab mõisteid hõlpsamini. Aeg on näidanud, et ka mitmed mõistete inglise- ja saksakeelsed vasted ei ole täpsed.

kaevis (mäemass)	<i>broken rock</i>	<i>Haufwerk, n</i>	1.1.1; 2.1.2
kaevur	<i>miner</i>	<i>Hauer, m</i>	1.2.3
kapitalikulu	<i>capital cost</i>	<i>Kapitalaufwand, m</i>	1.3.7
karjääriväli	<i>surface mine field</i>	<i>Tagebaufeld, n</i>	1.1.2
kasulik aine	<i>useful component</i>	<i>nutzbare Komponente, f</i>	2.5.3
kasutatud varu	<i>worn out mineral reserve</i>	<i>abgenutzt Vorrat, m</i>	1.1.7
kasutu aine	<i>useless component</i>	<i>nutzlose Komponente, f</i>	2.5.3
kasutus- ja hoolduskulu	<i>maintenance costs</i>	<i>Wartungskosten, pl</i>	1.3.7
kasvik	<i>interest</i>	<i>Zins, m</i>	1.3.7
katenditegur	<i>stripping ratio</i>	<i>Abraumverhältnis, n</i>	1.1.5
kaubapõlevkivi	<i>trade oil shale</i>	<i>verwertbare Brennschiefer, m</i>	1.3.9
kihindi tootlus	<i>productivity of seams</i>	<i>Flötzproduktivität, f</i>	1.1.5
kivimi füüsikalise-mehaanilised omadused	<i>mechanical-physical characteristics of rock</i>	<i>mechanisch-physische Gesteine eigenschaften, pl</i>	1.1.5
kivimi omadused	<i>characteristics of rock</i>	<i>Gesteinseigenschaften, pl</i>	1.1.5.
kontsessioon	<i>concession</i>	<i>Konzession, f</i>	1.1.2
kõrgselektiivne väljamine	<i>highly selective winning</i>	<i>hochselektive Abbau, m</i>	2.5.2
kriteerium	<i>criterion</i>	<i>Kriterium, n</i>	3.2.1
kulum	<i>depreciation cost</i>	<i>Abschreibungskosten, pl</i>	1.3.7
kuluminorm	<i>depreciation rate</i>	<i>Abschreibungsnorm, f</i>	1.3.7
kulusuhtemeetod	<i>cost ratio method</i>	<i>Kostenstrukturmethode, f</i>	3.1.3
kulutused energiale	<i>power costs</i>	<i>Energiekosten, pl</i>	1.3.10
lasumi ehitus	<i>structure of overburden</i>	<i>Deckgebirgesbildung, f</i>	1.1.5
lasumissügavus	<i>depth of mining</i>	<i>Abbauteufe, f</i>	1.1.5
lavamaardla	<i>blanket deposit</i>	<i>flachliegende Lagerstätte, f</i>	sissej.; 1.1.2
leiukoht	<i>occurrence</i>	<i>Vorkommen, n</i>	1.1.2
levila	<i>area of mineral occurrences,</i>	<i>Vorkommenrevier, n</i>	1.1.2
liising	<i>leasing</i>	<i>Leasing, n</i>	1.3.4
lineaarne katenditegur	<i>stripping ratio per seam thickness</i>	<i>linearer Abraumwert, m</i>	1.1.5
loodusvara	<i>natural wealth</i>	<i>Naturreichtum, m</i>	1.1.1
loodusvara kasutamise hind	<i>taxes for natural wealth use</i>	<i>Preise für Ausnützung der Naturschätze, pl</i>	2.1.1
lukksepp	<i>mechanic</i>	<i>Schlosser, m</i>	1.2.3
lõhkaja	<i>blaster</i>	<i>Sprengbauer, m</i>	1.2.3
lõhkemeister	<i>fireman, shot firer</i>	<i>Sprengmeister, m</i>	1.2.3
maa soojus	<i>earth heat</i>	<i>Erdwärme, f</i>	1.1.5
maa-aines	<i>earth material</i>	<i>Erdmaterie, f</i>	1.1.1; 2.1.2
maaeraldis	<i>allotment</i>	<i>Grubenterrain, n</i>	1.1.2;
maapõu	<i>earth's crust</i>	<i>Erdkruste, f; Erdinnere, n</i>	1.1.1
maapõue häiritus	<i>troubling of earth's crust</i>	<i>Erdkrustestörung, f</i>	1.1.5
maapõue kaubastamine	<i>trading of earth's crust</i>	<i>Erdkrustevertrieb, m</i>	2.4.3
maapõue omadused	<i>characteristics of earth's crust</i>	<i>Gebirgseigenschaften, pl</i>	1.1.5
maardeilming	<i>mineral occurrence</i>	<i>Mineralsymptom, n</i>	1.1.2
maardla	<i>deposit</i>	<i>Lagerstätte, f</i>	1.1.2
maare	<i>useful mineral</i>	<i>Bodenschatz, m</i>	1.1.1
maavara	<i>mineral resource</i>	<i>mineralische Rohstoff, m</i>	1.1.1
maavara kadu	<i>loss of mineral resources</i>	<i>Mineralrohstoffverlust, m</i>	1.1.7
maavara kaevandamine	<i>mining of mineral resource, mineral extraction</i>	<i>Gewinnung des mineralisches Rohstoffes, m</i>	sissej.
maavara kvaliteet	<i>quality of mineral resources</i>	<i>Qualität des Mineralisches Rohstoffe, m</i>	1.1.5
maavara lihtkaubastamine	<i>simple trading of mineral resources</i>	<i>Einfachvertrieb des Mineralisches Rohstoffes, m</i>	2.4.3
maavara mitmikkaubastamine	<i>multiple trading of mineral resources</i>	<i>Multivertrieb des mineralisches Rohstoffes, m</i>	2.4.3

maavaralasuundi kallakus	<i>inclination of beds, rake</i>	<i>Gefälle, n</i>	1.1.5
maavaralasuundi paksus	<i>thickness of beds</i>	<i>Flözmächtigkeit, Schichtenmächtigkeit, f</i>	1.1.5
mahakantud varu	<i>written off mineral reserve</i>	<i>abgeschrieben Vorrat m</i>	2.4.2
mahuline katenditegur	<i>stripping ratio per output</i>	<i>Abraum-Gewinnungs-Verhältnis, n</i>	1.1.5
suurim võimalik hind	<i>maximum feasible price</i>	<i>Maximalpreis m</i>	3.1.3
markšeider	<i>mining surveyor</i>	<i>Markscheider, m</i>	1.2.3
masinate ja seadmete kapitalikulu	<i>capital cost of machinery and equipment</i>	<i>Kapitalaufwand der Maschinen und Einrichtungen</i>	1.3.10
materjalikulu	<i>material costs</i>	<i>Materialaufwand, m</i>	1.3.10
muutuvkulu	<i>variable expenses</i>	<i>veränderlichen Kosten, pl</i>	1.3.11
müügirisk	<i>trading risk</i>	<i>Verkaufensrisiko, n</i>	3.1.3
mäeeraldis	<i>claim</i>	<i>Bergwerksanteil, m</i>	2.1.2
mäeinsener	<i>mining engineer</i>	<i>Bergbauingenieur, m</i>	1.2.3
mäemajandus	<i>mining economy</i>	<i>Bergwirtschaft, f</i>	sissej.
mäemajanduslik rajoneerimine	<i>economic distribution of deposits</i>	<i>bergwirtschaftliche Rayonierung, f</i>	2.2.1
mäemasinajuht	<i>mining machinery operator</i>	<i>Grubenmaschinewärter, m</i>	1.2.3
mäemeister	<i>foreman</i>	<i>Aufseher, m</i>	1.2.3
mäendus	<i>science of mining</i>	<i>Bergbaukunde, f;</i>	sissej.
mäendustingimused	<i>mining conditions</i>	<i>Abbaubedingungs, pl</i>	1.1.5
mäerajatised	<i>mining constructions</i>	<i>Bergwerksanlagen, pl</i>	1.3.1
mäeseadus	<i>mining law</i>	<i>Berggesetz, n</i>	2.1.1
mäetehnik	<i>mining technician</i>	<i>Bergbautechniker, m</i>	1.2.3
mäetehnika	<i>mining engineering</i>	<i>Bergwesen, n</i>	sissej.
mäetöö	<i>mining</i>	<i>Bergbetrieb, m</i>	sissej.
mäetöölaine	<i>mine worker, collier</i>	<i>Bergarbeiter, m</i>	1.2.3
normatiivne kasum	<i>normative profit</i>	<i>normativ Gewinn, m</i>	3.1.3
optimaalne vektor	<i>optimal vector</i>	<i>optimal Vektor, m</i>	3.2.3
osaline väljamine	<i>partial winning</i>	<i>unvollständiger Abbau, m</i>	2.5.2
otsene töötasu	<i>direct wages</i>	<i>Direktlohn, m</i>	1.2.4
otsinguväli	<i>prospecting field</i>	<i>Schürfungensfeld, n</i>	1.1.2
otsustav hinnang	<i>definitive study</i>	<i>entscheidende Bewertung, f</i>	3.1.1
paksuskadu	<i>loss in thickness</i>	<i>Mächtigkeitsverlust, m</i>	1.1.7
passiivne varu	<i>passive (sub economic) mineral resource</i>	<i>passiv (bedingt bauwürdig) Vorrat m</i>	1.1.3
piirangud	<i>constraints</i>	<i>Beschränkungen, pl</i>	3.2.1
piirhind	<i>marginal cost</i>	<i>marginal Preis, m</i>	3.1.3
pindalakadu	<i>loss in square</i>	<i>Flächverlust, m</i>	1.1.7
posttehniloogiline protsess	<i>post-mining process</i>	<i>Spätbergschäden, pl</i>	2.3.5
primaarne energiakandur	<i>primary energy agent</i>	<i>Primärenergieträger, m</i>	1.3.9
prognoosvaru	<i>reconnaissance mineral resource</i>	<i>prognostisch Vorrat, m</i>	1.1.3
progresseeruv loodusvara kasutamise tasu	<i>progressive tax rate for natural wealth use</i>	<i>progressiv Steuersatz für Bodensätze, m</i>	1.1.9
Protodjakonovi tugevustunnus	<i>rock hardness by Protodyakonov</i>	<i>Protodjakonow Gesteinsfestigkeit</i>	1.1.5
puurija	<i>borer</i>	<i>Bohrer, m</i>	1.2.3
püsikulu	<i>fixed expenses</i>	<i>Konstantaufwand, m</i>	1.3.7
rajaja	<i>developer</i>	<i>Gesteinshauer, m</i>	1.2.3
rakendusgeoloog	<i>applied geologist</i>	<i>Ingenieurgeologe, m</i>	1.2.3
rakendusgeoloogia	<i>applied geology</i>	<i>Ingenieurgeologie, f</i>	sissej.
reservvaru	<i>additional mineral resource</i>	<i>Reservvorrat, m</i>	1.1.3
ressursikadu	<i>loss of mineral resource</i>	<i>Vorkommenverlust, m</i>	1.1.7
Riigi Tehnilise Järelevalve Inspektuur	<i>Technical Inspectorate</i>	<i>Technische Inspektion, f</i>	2.1.4
rikastamise kasutegur	<i>enrichment efficiency</i>	<i>Anreicherungs-wirkungsgrad, m</i>	2.5.3
rikastamisjääk	<i>waste</i>	<i>Abfall, m</i>	2.5.3

rikastamiskadu	<i>loss by enrichment</i>	<i>Anreicherungsverlust, m</i>	1.1.7
röövkaevandamine	<i>destructive exploitation</i>	<i>Raubbau, m</i>	1.1.4
saagis	<i>yield</i>	<i>Ausbeute, f</i>	2.5.3
seatud piirhind	<i>established marginal price</i>	<i>bestimmt marginal Preis, m</i>	3.1.3
sekundaarne energiakandur	<i>secondary energy agent</i>	<i>sekundär Energieträger, m</i>	1.3.9
selektiivne väljamine	<i>selective winning</i>	<i>selektiv Abbau, m;</i> <i>Trennabbau, m</i>	2.5.2
seotud kapital	<i>fixed capital</i>	<i>investierte Kapital, n</i>	1.3.7
sihifunktsioon	<i>objective function</i>	<i>objektive Funktion, f</i>	3.2.1
soetusmaksumus	<i>purchase price</i>	<i>Anschaffungspreis, m</i>	1.3.6
sulgkulu	<i>marginal cost</i>	<i>marginal Preis, m</i>	3.1.3
süsteemiline muutlikkus	<i>systematic variability</i>	<i>systematische Veränderung, f</i>	1.1.5
taandkulu	<i>congruent price</i>	<i>kongruent Preis, m</i>	1.3.7
Tartu Ülikooli geoloogia instituut	<i>Institute of Geology, University of Tartu</i>	<i>Geologisches Institut der Tartues Universität</i>	2.1.4
tarbevaru	<i>probable mineral reserve</i>	<i>wahrscheinlich Vorrat, m</i>	1.1.3
tarbijatulu meetod	<i>user's profit method</i>	<i>Konsumsprofitmethode, f</i>	3.1.3
tasuvusaeg	<i>payback time</i>	<i>Wiedergewinnungszeit, f</i>	2.4.1
tasuvusuuring	<i>feasibility study</i>	<i>Untersuchung der Rentabilität</i>	3.1.1
teenindusmaa	<i>mine service plot</i>	<i>Bedienungsgrundstück, n</i>	1.1.8
tehnoloog	<i>technologist</i>	<i>Technologe, m</i>	1.2.3
tehnoloogiline rajoneerimine	<i>technological distribution deposits</i>	<i>technologische Rayonierung, f</i>	2.2.1
tehnoloogiline usaldatavus (varul)	<i>technological reliability (reserves)</i>	<i>technologische Verlässlichkeit (Vorrats), f</i>	2.2.2
tootmisressursid	<i>production resources</i>	<i>Produktionsressourcen, pl</i>	2.3.1
tulu sisenorm	<i>internal rate of return</i>	<i>interne Zinsfuß, m</i>	3.1.6
tuumaine	<i>basic matter</i>	<i>Basismaterial, n</i>	2.5.3
tükisus	<i>rock size distribution</i>	<i>Korngrößenverhältnis, n</i>	2.5.1
tükitöötasu	<i>wages</i>	<i>Akkordlohn, m</i>	1.2.4
töömahukus	<i>labor consumption ratio</i>	<i>spezifischer Arbeit-Aufwand, m</i>	1.2.4
töönorm	<i>output standard,</i>	<i>Arbeitsnorm, f</i>	1.2.4
töönormi täitmise tase	<i>rate of output</i>	<i>Arbeitsproduktivitätshöhe, f</i>	1.2.4
töötasu	<i>wages</i>	<i>Arbeitslohn, m</i>	1.3.10
töövõime	<i>working efficiency</i>	<i>Arbeitsproduktivität, f</i>	1.2.4
usaldatav varu	<i>measured mineral reserve</i>	<i>sicherer Vorrat, m</i>	1.1.3
uuruväli	<i>exploration field</i>	<i>Untersuchungsfeld, n</i>	1.1.2
valikpurustamine	<i>selection crushing</i>	<i>trennbare Zerkleinerung, f</i>	2.5.2
valikuline väljamine	<i>utility winning</i>	<i>Ausleseabbau, m</i>	2.5.2
varu	<i>mineral reserve</i>	<i>Vorrat, m</i>	1.1.3
vee-eritumus	<i>water inflow</i>	<i>Wasserandrang, m</i>	1.1.5
veekasutuse eriluba	<i>special license for water use</i>	<i>Sondergenehmigung für Wasserverbrauch, m</i>	1.1.9
veerohkus	<i>water per output</i>	<i>spezifische Wassermenge, f</i>	1.1.5
võimaluste hinnang	<i>order of magnitude</i>	<i>Vorprojekt, n</i>	3.1.1
väli	<i>field</i>	<i>Feld, n</i>	1.1.2
vääristamine	<i>benefication</i>	<i>Verarbeitung, f</i>	3.1.3
ühendusrajatised	<i>communication constructions</i>	<i>Verbindungsanlagen, pl</i>	1.3.1
ühetaoline loodusvara kasutamise maksumäär	<i>linear tax rate for natural wealth use</i>	<i>gleichmäßiger Steuersatz, m</i>	1.1.9
ühikuhinna meetod	<i>cost ratio method</i>	<i>Methode der spezifischer Kosten, f</i>	1.3.2
ühtlustamine (kvaliteedi)	<i>leveling of quality</i>	<i>Qualitätsgleichsetzung, f</i>	2.5.2
üksikasjalik hinnang	<i>detailed estimate</i>	<i>Kostenanschlag, m</i>	3.1.1
üldkadu	<i>general loss</i>	<i>Totalverlust, m</i>	1.1.7
äraantud varu	<i>transferred mineral reserve</i>	<i>enteignender Vorrat, m</i>	2.4.2