



## Kambri kõrguse mõju toodangu omahinnale tulptervikutega kaevandamisel

Geotehnoloogia

Bakalaureuse lõputöö

Juhendaja: Erik Väli

Konsultant: Margus Loko

Üliõpilane: Meelis Lust

950367 AAGB

Bakalaureuse töö: 1711B

Tallinn 2017

## Sisukord

1	Lühikokkuvõte .....	3
2	Abstract .....	4
3	Eessõna .....	5
4	Mäendustingimuste tutvustus .....	6
5	Mäetööde kirjeldus .....	9
5.1	Tehnoloogiline kirjeldus .....	9
5.1.1	Puurimistööd .....	10
5.1.2	Mäemassi laadimine ja transport .....	12
5.1.3	Konveieri teisaldamine .....	15
5.1.4	Veekõrvaldussoonte soonimine .....	16
5.2	Lõhketööde passid .....	16
5.2.1	Lõhketööde skeemid .....	16
5.2.2	Lõhketööde põhilised näitajad .....	20
5.2.3	Üldised ohutusnõuded .....	21
5.2.4	Lõhketööde operatsioonide järjekord .....	21
5.3	Toestuspassid .....	23
5.3.1	Ankrute paigaldamine .....	23
5.3.2	Ankrute välja võtmine .....	26
6	Rikastamine .....	28
6.2	Purustus-sorteerimismoodul .....	28
6.3	Rikastusmoodul .....	28
7	Majanduslikud arvutused .....	28
7.1	Arvutuskäik .....	28
7.1.1	Saagise arvutus .....	28
7.1.2	Kaevise omahinna arvutus .....	30
7.1.3	Kaubapõlevkivi arvutus .....	34
7.1.4	Algmurre CD kihti .....	34
7.2	Arvutuste tulemused .....	36
8	Tulemuste analüüs .....	36
9	Kasutatud kirjandus .....	37
10	Tabelid .....	38
11	Joonised .....	39
10	Lisad .....	40
11	Lihtlitsents lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ja reprodutseerimiseks .....	41

## 1 Lühikokkuvõte

Kaevandatava Eesti põlevkivi kihindi moodustavad, savikate lubjakivikihtidega vahelduvad, põlevkivikihid A- F<sub>2</sub>. Kihid on erinevate kütteväärtustega, varieerudes kihi B 19 GJ tonni kohta B/A kihi 1,6 GJ tonni kohta. Ent üldine trend on – mida kõrgem kiht seda väiksem kütteväärtus. Mida väiksem on kütteväärtus, seda vähem energiat või keemiatööstuse toodangut sest kivist saab, kasvavad rikastamise kulud, tuhasisaldus, aheraine osakaal ja mingist piirist muutub selle kaevandamine, majanduslikult ebamõistlikuks.

Käesolevas töös võtsin aluseks VKG Ojamaa kaevanduse 15. kambriploki ja selles kasutatava tehnoloogia ning geoloogilised tingimused, mida kirjeldan pikemalt allpool, vastavates peatükkides. Tegemist on kamberkaevandamisega, puur-lõhketööde meetodil, algmurre toimub pikkade puuraukudega.

Arvutuste aluseks on masinate tunnihinnad, kehtivad asutusesisesed normid ja neist tuletatud kaevise ühikuhinnad, kehtivad lõhketööde- ja toestuspässid. Samuti on olnud võimalus kasutada reaalselt kehtivaid ühikuhindasid, mis peegeldavad erinevate protsesside energiakulu. Kõiki neid andmeid kokku liites olen saanud kaevise omahinna ja lõpuks jagan selle ülemisest ja alumisest kütteväärtustest välja arvutatud põlevkivi saagisega ja saan tulemuse, mis kinnitab lähteülesandes püstitatud hüpoteesi, et madalama kambris kaevandatud põlevkivi omahind on madalam, kui kõrges kambris kaevandatud. Toodangu omahind koos rikastamise ja transpordiga tuleb 3,27 meetrise lae puhul 6,14 EUR/tonn ja 2,98 meetrise lae puhul 5,48 EUR/tonn, mis teeb vaheks 0,66 senti ja 10,8 protsenti. Koos ressursitasu ja ladestustasuga on toodangu omahind 3,27 meetrise lae puhul 7,04 EUR/tonn ja 2,98 meetrise lae puhul 6,28 EUR/tonn, mis teeb vaheks 0,76 senti ja samuti 10,8 protsenti. Algmurre vahekihti C/D teeks, teoreetiliselt, toodangu omahinda veel 18 senti odavamaks 3,27 meetrise lae puhul ja 17 sent 2,98 meetrise lae puhul, mis teeb 2,4 protsenti. Praktiliselt, aga ei pruugi sedagi kokkuhoidu tulla, kuna lubjakivi puurimine, võrreldes põlevkiviga, koormab rohkem tehnikat, pikenevad tsükliajad ja suureneb energiakulu.

## 2 Abstract

The goal of this paper was to compare costs of the production in the room and pillar mine, with the different chamber heights. Specifically Ojamaa mine which is the newest of Estonian oil shale mines. It is situated in the centre part of Estonian oil shale basin, bordered by abandoned Kohtla mine and Aidu open pit mine from the north, and also abandoned Sompa and Viru mines from the east.

Since Estonian oil shale bed consists of several layers of oil shale and limestone in between each other, and the calorific value of oil shale layers tends to decrease the higher it goes, the question, at what height the cost of the production will be the lowest, was raised.

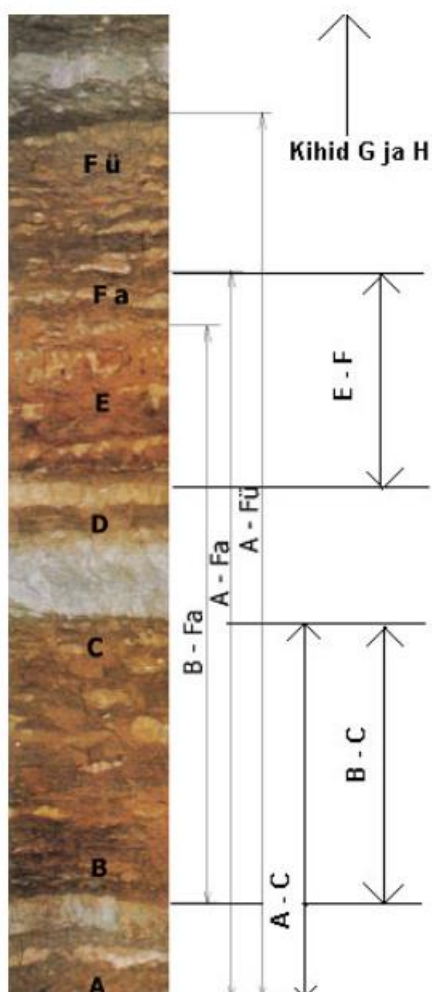
I chose two heights to compare – 3,27 meters is the height currently in use in the Ojamaa mine and 2,98 meters which is a height in case there is still enough space to operate and the geology makes it possible to secure the ceilings with wedge anchors and they will hold.

In the case of 3,27 meters the volume of production is higher but the quality is lower and in the case of 2,98 meters the volume is lower but the quality is higher. My aim was to try to find out which height was more cost effective. Calculations I made show that when mining at the height of 2,98 meters the cost of the production is lower by 10,8 per cent compared to the height of 3,27 meters.

Additionally I was given a task of finding out the effect of changing the location of long bore holes, bored to the face of the rock in order to increase the free surface area for blasting. At the moment these holes are bored in to the layer of oil shale, but what if these will be bored into the thick layer of limestone, situated in between the oil shale layers and is approximately the same thickness as the long bore hole drill is in diameter. Since the limestone is unwanted byproduct of the production of oil shale, it would, presumably, further decrease the cost of the production. Unfortunately my calculations show that the effect of this is only 2,4 per cent.

### 3 Eessõna

Antud töö ülesanne on võrrelda omavahel kaevandamist erinevatel kõrgustel. Võrdluseks on valitud kõrgused 3,27 meetrit ja 2,98 meetrit, kuna Ojamaa kaevanduse, 15. kambriploki geoloogiliste tingimuste puhul on tegemist looduslike piirväärtustega, mille puhul on lage võimalik ankurtoestikuga, turvaliselt püsima panna. Ehk siis kambri kõrguse 3,27 meetrit puhul toimub väljamine kihini F1-2, kaasa arvatud, ja kõrgusel 2,98 meetrit toimuks väljamine kihini F1, kaasa arvatud.



Joonis 1. Põlevkivi kihindi läbilõige [3]

Kuigi Ojamaa kaevevälja lõunaosas C/D vahekiht enamasti puudub, on see 15. plokis siiski üsna reljeefselt esindatud, mistõttu viin töö lõpus läbi lisa optimeerimisharjutuse, paigutades algmurde augud sellesse vahekihti, mis peaks kihindi tootlust tõstma veelgi. Samas jääb mul arvesse võtmata, põlevkivist kõvemasse materjali, lubjakivisse puurimise tõttu pikenevad tsükliajad, tänu kõvemale materjalile suurenev energiakulu ja masina ning puuride suurem kulumine. Seda põhjusel, et ma ei oska neid parameetreid arvestusse panna, aga vähemalt minu, ideaaljuhu, arvestustest kolossaalset kokkuhoidu ei terenda ja ilmselt pole seda teed mõistlik minna. Läbi on arvatud kõik muutuvkulud, kaasa arvatud ressursitasu ja aheraine ladustustasu. Kuigi antud hetkel ladustustasu Ojamaa kaevandus maksma ei pea, kuna kogu aheraine veetakse, kõrvalolevale, endise Aidu Karjääri avakaevandatud alale, kuhu rajatakse tuuleparki ja kogu materjal kulub tuuliku aluste, juurdepääsu teede, ülekandeliinide jne. rajamiseks ära.

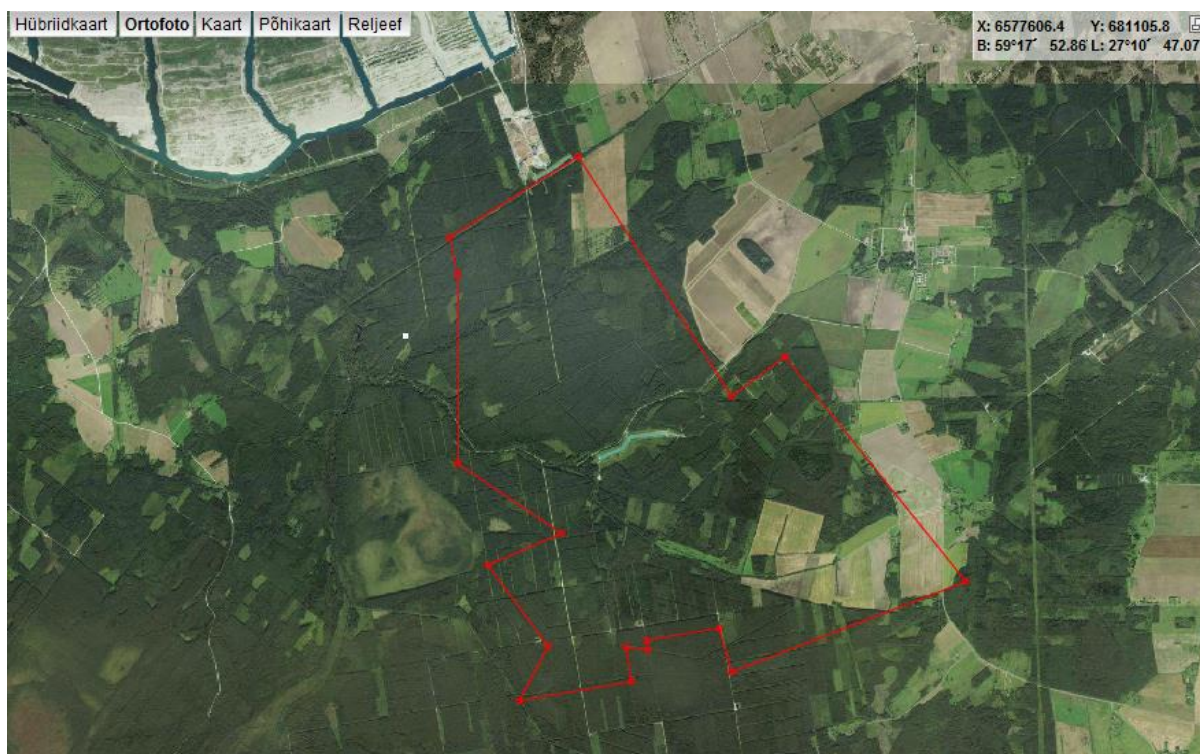
Arvutustest on puudu püsikulud, kuna need võrdluse tulemust ei muuda

Ühtlasi kasutan ära võimaluse avaldada tänu oma konsultandile, Ojamaa kaevanduse tehnika- ja

arendusdirektor Margus Lokole, kes varustas mind lähteülesande ja suure osa töö tegemiseks vajalike lähteandmetega ning minu juhendaja Erik Välile, kes ei kaotanud minusse usku ja osutas hindamatut abi mu laiali valguma kippuva mõtte vajalikus suunas koondamisel.

## 4 Mäendustingimuste tutvustus

Ojamaa kaevandus asub Eesti põlevkivimaardla keskosas, sellest põhja suunda jääb suletud Aidu karjäär ja Kohtla kaevandus. Ida- ja kagupool asetsevad suletud Sompaja ja Viru kaevandused.

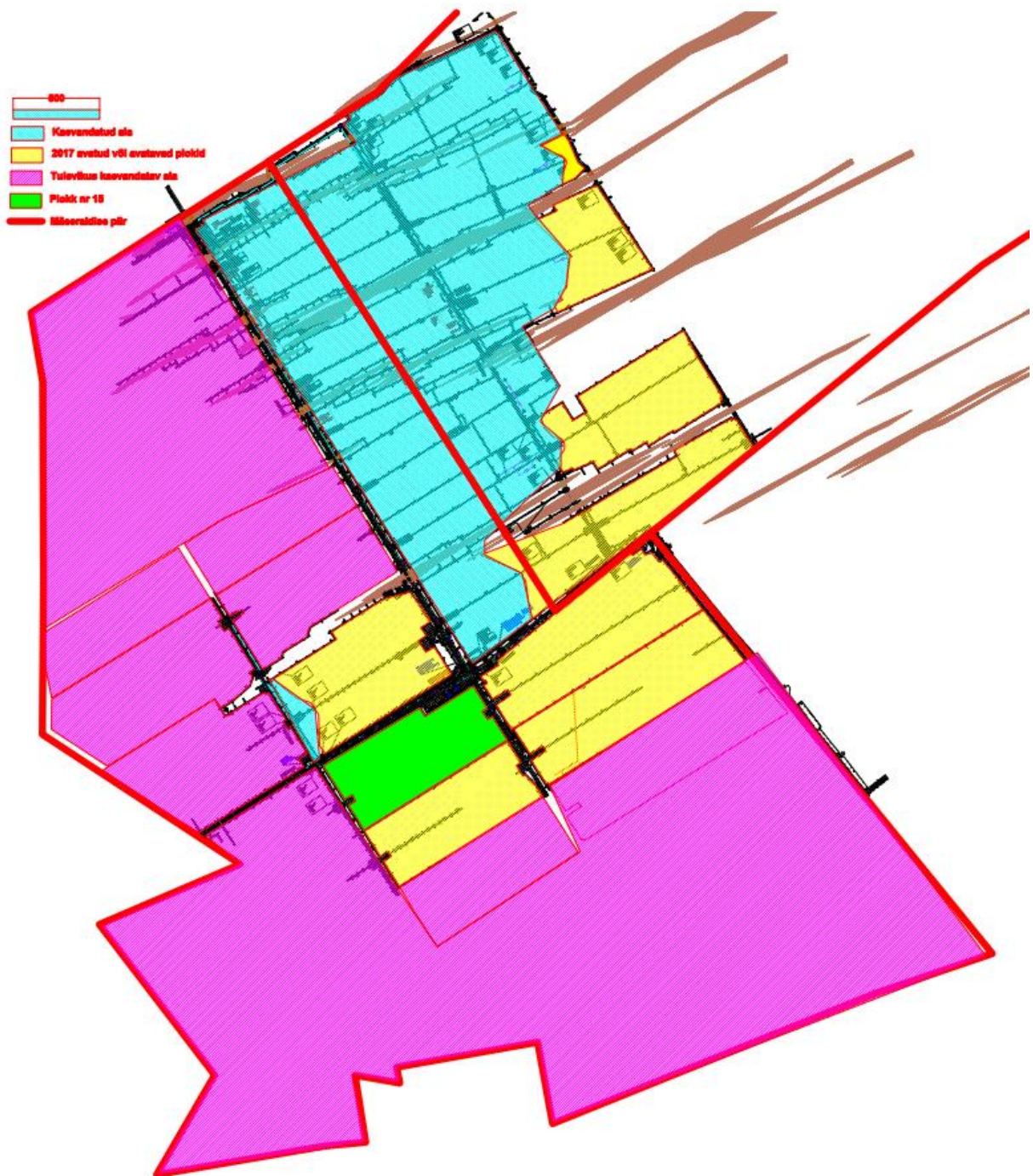


Joonis 2. Ojamaa kaevanduse asukoha plaan [5]

Põlevkivikiht koosneb kihtidest. Geoloogiliselt on antud igale kihile täht või tähtede ja numברי kombinatsioon vahemikus A – H. Mäenduses on kasutusel tootuskihi termin, kiht mida on võimalik ja kasulik kaevandada. Ojamaa tootuskiht on teatud mõttes anomaalne, sest kohati puudub C/D vahekiht ehk lubjakivikiht. Kuna Ojamaa kaevandus on kõige kaasaegsem, siin lahendab peaaegu kogu transpordi elektril töötav konveiertransport. Põlevkivi transportiv konveier pole küll maailma pikim konveier, kuid oma pöörangute rohkuse tõttu on see Baltikumis üks omapärasemaid. Lintkonveier suudab transportida 700 tonni kaevist tunnis. Tooraine teekond õlivabrikusse suundub kaevanduse tehnoloogilalt ligi 13 km pikkusel lõigul Kohtla- Järve õlivabrikusse [2]



Kambriplokk number 15(Joonis 3., roheline ala), asub omakorda, Ojamaa kaevevälja keskosas ümbritsetuna plokkidest 1. põhjast, 17. lõunast ja 16 idast.



Joonis 3 Ojamaa kaevanduse plaan [1]

Kambriploki number 15 varud on uuritud läbindustöödega: põhjast 15. külgtreki; idast peastreki; läänest I lääne transpordi- ja ventilatsioonistrekkidega; lõunast 15/16 külgstreki[\[1\]](#).

Tabel 1 Geoloogilised tingimused [\[1\]](#)

<b>N<sup>o</sup></b>	<b>Näitajad</b>	<b>Näitajate väärtused</b>
1.	Kihi nimetus	Põlevkivi
2.	Kihindite nimetused: - põhilagi - vahetu lagi - põhi	- lubjakivi - vaheldusvad põlevkivi ja lubjakivi kihid - savised lubjakivid
3.	Püsivus: - põhilagi - vahetu lagi - põhi	- püsiv - kihtide kaupa irduv - püsiv
4.	Geoloogiliste rikete olemasolu	- ei
5.	Kihi ohud	Kaevandus on tolmuplahvatusohtlik, tolmu niiskusel alla 15% ja selle kontsentratsioonil õhus 100-300 g/m <sup>3</sup> .
6.	Kihi kaldenurk, kraadi	0
7.	Kihindite paksus, m : - üldine, - väljatav; kaasa arvatud: - lubjakivi vahekihindid - põlevkivi	2,80 3,22 1.05 2.17
8.	Kihtide tugevus Protodjakonovi skaala järgi: - põlevkivi kihindid - lubjakivi kihindid	5 6
9.	Absoluutkõrgused: - maapind - põhi <u>Kihiproov Nr.</u>	48,59 15,00 <u>20</u>
10.	Kaevanduse sügavus kihi põhjani, m	33,59
11.	Põlevkivikihi pikaajaline tugevus, kg/cm <sup>2</sup>	660
12.	Põlevkivikihi kütteväärtus lae kõrgusel 2,8 m, (GJ/t)	7,70
13.	Põlevkivi kihindi kütteväärtus lae kõrgusel 3,27 m (GJ/t)	7,10
14.	Mahumass (kuiv/niiske), t/m <sup>3</sup>	1,73/1,89



## 5 Mäetööde kirjeldus

### 5.1 Tehnoloogiline kirjeldus

Kambriplokk koosneb kahest poolplokist, mida eraldab kogumisstrekk ja piirnevad külgstrekkidega(mööda külgstrekki liigub plokist ära heitõhk).

Kaevandamismeetod kamberkaevandamine, tulptervikute jätmisega.

Massiivi juhtimine toimub põhilae hoidmisega tulptervikutel , mis on arvutatud igavesti kestma.

Tabel 2. Koristusjaoskonna tehnika loetelu [1]

Nr.	Nimetus, tüüp	Mõõt-ühik	Hulk	Ülesanne
1.	Mehhaniseeritud toetusseade	tk.	2	Lakke puurimine ja kiilankrute paigaldus
2.	Algmurde puurimise seade	tk.	2	Lisa vabapinna loomine
3.	Laenguaukude puurimisseade	tk.	2	Ee puuraukude puurimine
4.	Laadurveok kopasuurusega 6,0 – 9,0 m <sup>3</sup>	tk.	2	Kaevise toimetamine kraapkonveierile
5.	Kraapkonveier koos purustiga	tk.	1	Kaevise doseeritud laadimine eelneva purustamisega kuni 400 mm
6.	Kogumisstreki lintkonveier	tk.	1	Kaevise transport eest peamagistraalkonveierini
7.	Abilaadurveok	tk.	1	Põhja puhastus, abtööd

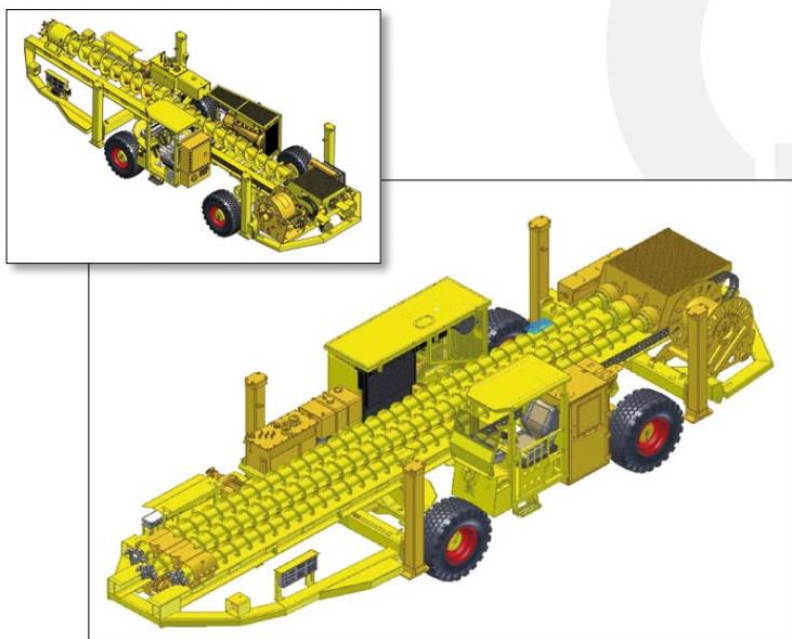
### Koristustööde järjekord

- 1) Lae toestamine
- 2) Algmurde aukude puurimine koos põhja puhastamisega
- 3) Laenguaukude puurimine.
- 4) Laadimine ja lõhkamine
- 5) Tuulutus
- 6) Kaevise ümberlaadimine
- 7) Konveieri nihutamine
- 8) Vee eemaldussoonte lõikamine [1]

### 5.1.1 Puurimistööd.

#### Algmurde puuraukude puurimine:

Algmurde puuraukude puurimiseks kasutatakse puurseadet GB 280/4,7, mille abil on võimalik puurida, üheaegselt, kolm ava  $\varnothing$  280 mm ja sügavusega kuni 4,7 m.



#### **SMAG GB 280** – algmurre

Mõõtmed (mm):

Laius – max. 3000

Kabiini kõrgus – 2200

Kliirens – 300-600

Kaal (kg):

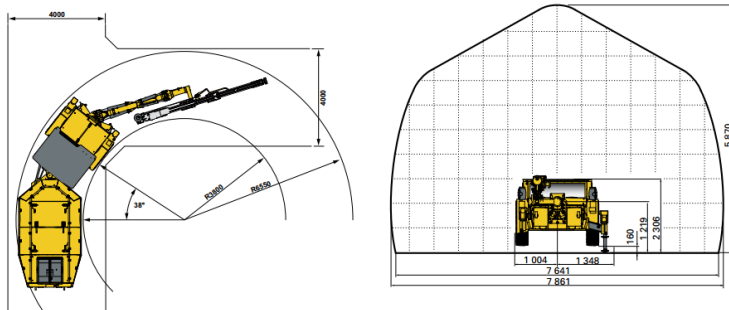
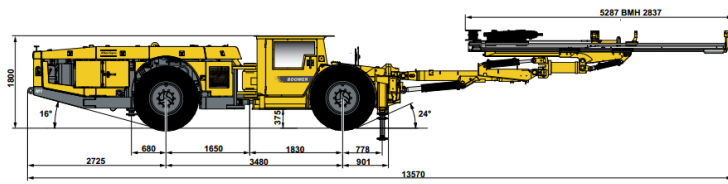
14500

Joonis 4 SMAG GB 280 [6]

- Avad puuritakse vastavalt lõhketööde passile
- Tähtis on hoida algmurde avade suund rangelt piki edasiliikumise suunda, kontrollida avade grupi paralleelsust (faktor, mis määrab järgnevate eel puuraukude puurimise kvaliteedi)
- Puurimisprotsess viiakse läbi vastavalt puurseadme GB 280/4,7 eksploatatsioonijuhendile
- Puurimise käigus tekkinud puru puhastatakse kopplaaduriga ja toimetatakse kraapkonveierile

#### Laenguaukude puurimine:

- 4 ja 2 meetriste puuraukude puurimiseks kasutatakse puurseadmeid AC Boomer M1L, AC Boomer 281 ja SMAG BW 52 (Joonised 5; 6; 7.)
- Kasutatakse puurvarrast  $\varnothing$  35-37 mm, puurotsikuga
- Puuraukude asetus ja sügavus on määratud puurlõhketööde passis
- Puuraukude puurimise protsess viiakse läbi vastavuses vastava puurseadme eksploatatsioonijuhendile [1]



Joonis 5. Boomer M1L [7]

**AC Boomer M1L** –  
laenguaugud

Mõõtmed (mm):

Laius – 2400

Kabiini kõrgus – 1800

Pikkus BMH 2837 etteandega –  
13570

Kliirens – 375

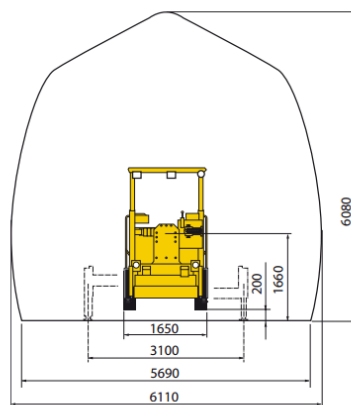
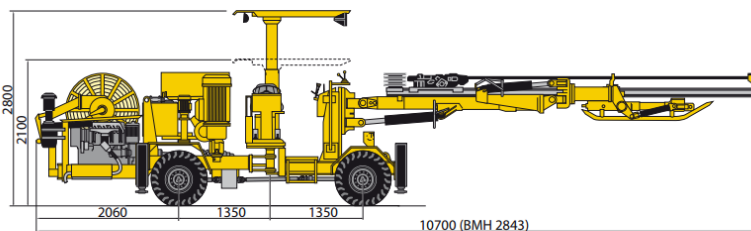
Pöörderaadius  
sisemine/välimine – 6550/3800

Kaal (kg):

Kogu kaal – 1520

Mootori osa – 6200

Agregaatososa – 9000



Joonis 6. Boomer 281 [8]

**AC Boomer 281** – laenguaugud

Mõõtmed (mm):

Laius – 1650

Kabiini kõrgus – 2800

Pikkus BMH 2843 etteandega  
– 10700

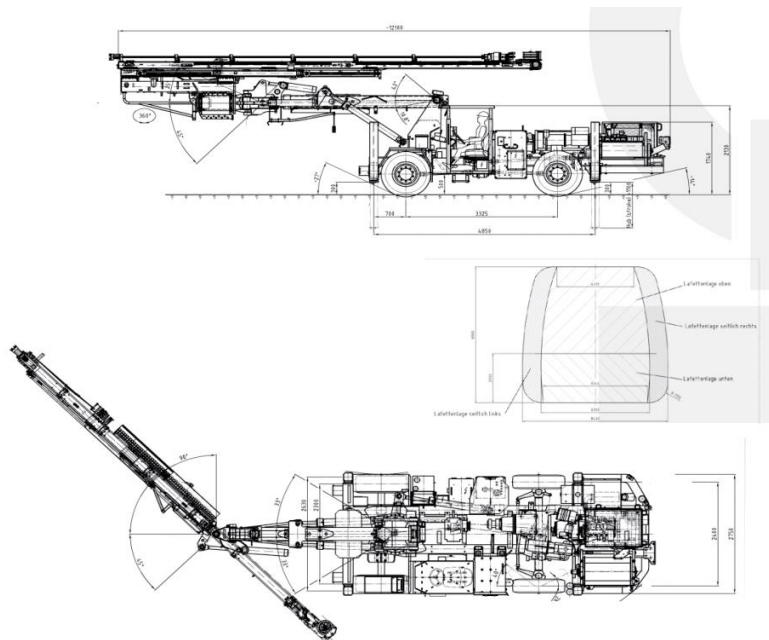
Kliirens – 280

Kaal (kg):

Kogu kaal – 10000

Mootori osa – 3300

Agregaadiosa – 6700



### SMAG BW 52 – laenguaugud

Mõõtmed (mm):

Laius - 2890

Kabiini kõrgus – 1700

Transport pikkus – 12100

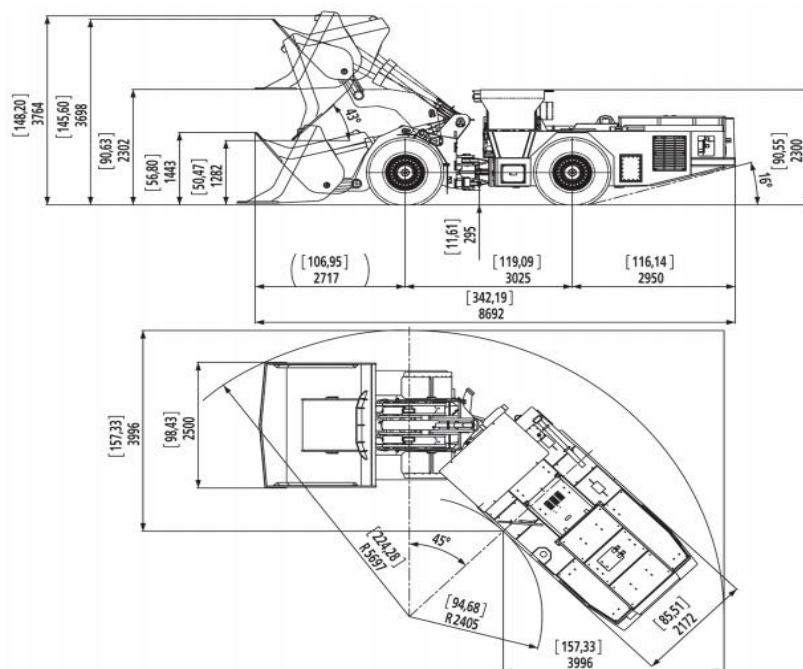
Maksimum pikkus – 19800

Joonis 7. SMAG BW 52 [6]

### 5.1.2 Mäemassi laadimine ja transport

#### Tehnoloogia:

Kaevise teisdamiseks kasutatakse laadurveokeid Schopf SFL 65, Schopf SFL 100, AC Scooptram ST7, AC Scooptram ST1030, AC Scooptram ST1530.



### Schopf SFL 65

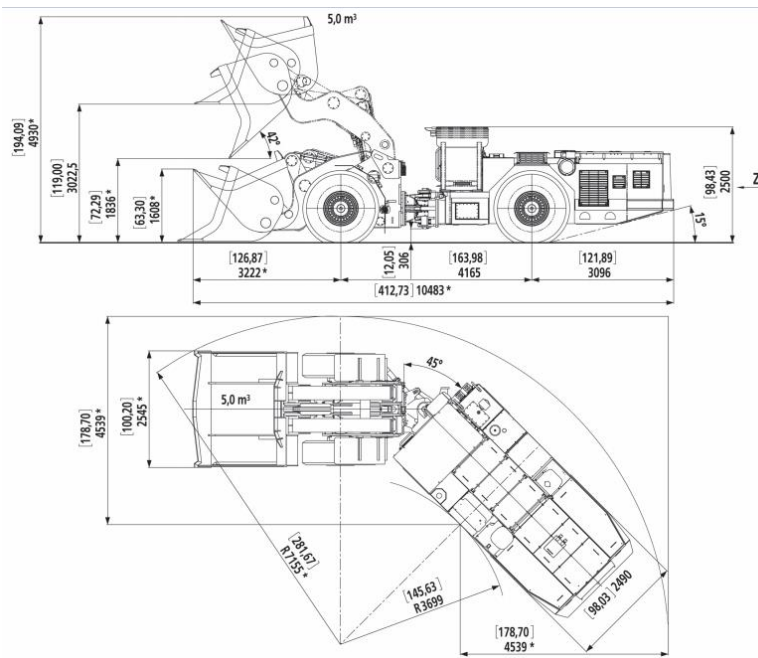
Lahtimurdejõud – 13 000 kg

Kandevõime – 6500 kg

Kopp – 3,5 m<sup>3</sup>

Kaal – 20000 kg

Joonis 8. Schopf SFL 65 [9]



### Schopf SFL 100

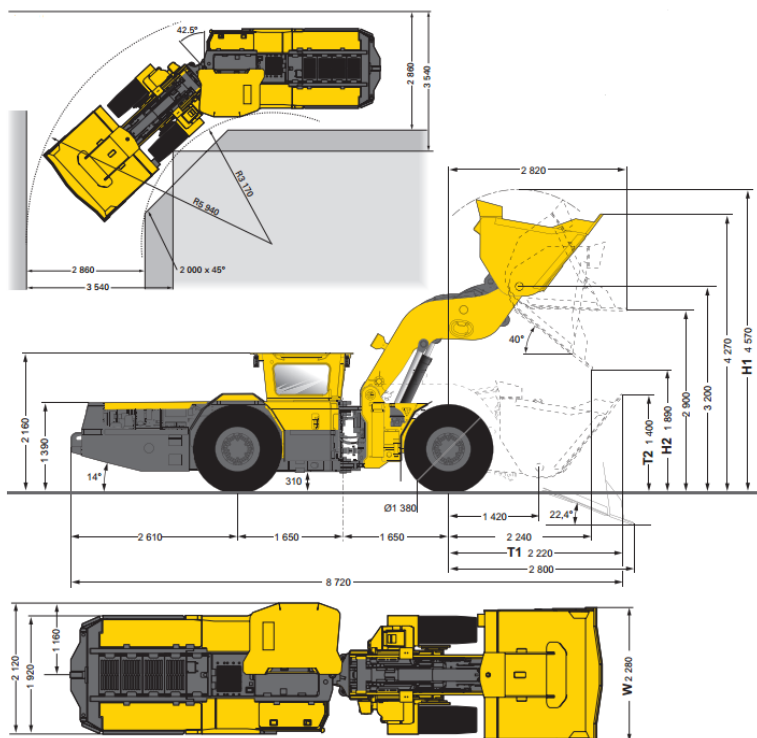
Lahtimurdejõud – 19 500 kg

Kandevõime – 10000 kg

Kopp – 5,0 m<sup>3</sup>

Kaal – 34300 kg

Joonis 9. Schopf SFL 100 [10]



### AC Scooptram ST7

Mõõtmed (mm)

Laius – 2120

Kõrgus – 2160

Kliirens – 310

Kaal (kg)

Kogukaal – 19300

Esimene telg – 8600

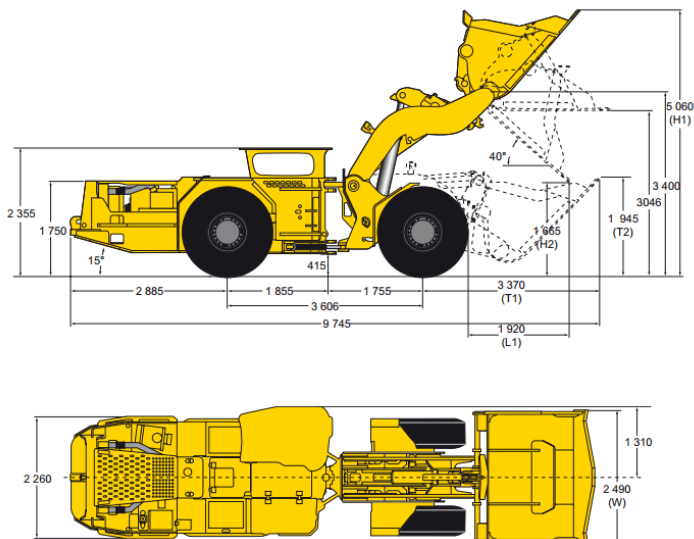
Tagumine telg – 10700

Lahtimurdejõud – 13350 kg

Kopp 3,1 m<sup>3</sup>

Joonis 10. AC Scooptram ST7 [11]





### AC Scooptram ST1030

Mõõtmed (mm)

Laius – 2260

Kõrgus – 2355

Kliirens – 415

Kaal (kg):

Kogukaal – 26300

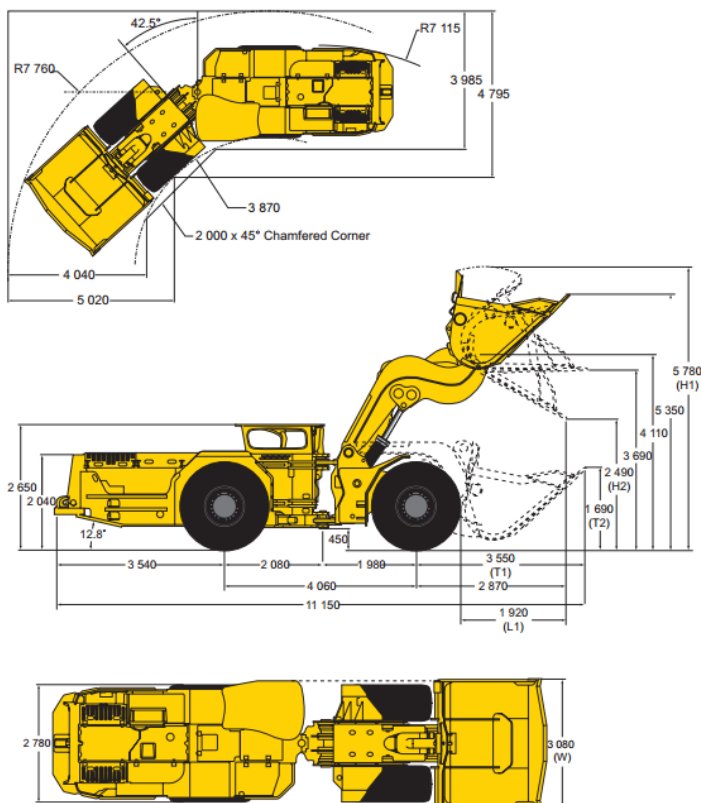
Esimene telg – 10000

Tagumine telg – 16300

Lahtimurdejõud – 15200 (kg)

Kopp – 6,0 m<sup>3</sup>

Joonis 11. AC Scooptram ST 1030 [12]



### AC Scooptram ST1530

Mõõtmed (mm):

Laius – 3080

Kõrgus – 2650

Kliirens – 450

Kaal (kg):

Kogukaal – 44000

Esimene telg – 20800

Tagumine telg 23200

Lahtimurdejõud - 25500 (kg)

Kopp – 9,0 m<sup>3</sup>

Joonis 12. AC Scooptram ST1530 [13]

Laadurveokid töötavad selle poolplokis, milles on ettenähtud mäemassi teisaldamine vastavalt tööde organiseerimise graafikule.

- Laadur sõidab kopp ees, kaevisse kuhja ette, langetab kopa vastu põhja ja viib edasi liikudes läbi raimatud kaevisse ammutamise, liikudes tagurpidi käigul, transpordib selle kraapkonveieri juurde, kus pöörab ümber ja sõidab, kopp ees, kraapkonveierile laadimise kohani, kallab kaevisse konveieri liikuvale ketile. Kraapkonveieril on universaalne konveierpurusti, mis on ettenähtud mittegabariitsete tükide purustamiseks. Peale purustamist satub kaevis, mööda kraapkonveierit, lintkonveierile, mis omakorda toimetab selle magistraallintkonveierile. [\[1\]](#)

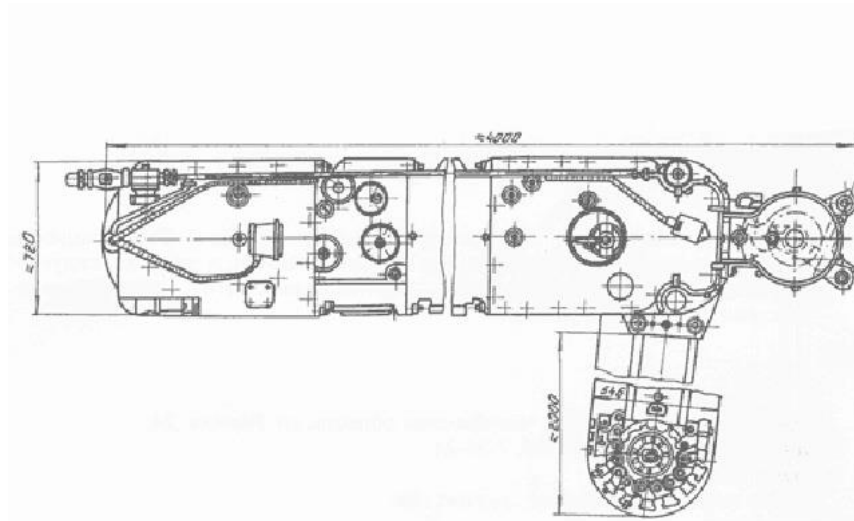
### 5.1.3 Konveieri teisaldamine

#### *Tehnoloogia:*

- Kambriploki kaevandamise käigus, kerkib perioodiliselt üles vajadus, kraapkonveierit, mis asub kogumisstrekkis, pikendada või lühendada. Samuti seda, koos purustiga, ümber tõsta.
- Kraapkonveieri, koos purustiga, teisaldamiseks kasutatakse laadurveokit
- Operatsiooni lihtsustamiseks demonteeritakse kraapkonveier mitmeks osaks. Iga osa viiakse eraldi uude kohta ja konveier pannakse uuesti kokku (ühendatakse liugtee ja kett, kinnitatakse vedav- ja pingutuspea)
- Montaaž/demontaaž viiakse läbi vastavalt antud seadme eksploatatsiooni juhendile
- Koos kraapkonveieri teisaldamisega, viiakse läbi lintkonveieri pingutuspea teisaldamine (ühendatakse lahti konveieri lint, demonteeritakse pingutuspea ja viiakse laadurveoki abil uude kohta, pikendatakse või lühendatakse trossid, lisatakse või eemaldatakse rullikutoed ja rullikud, pikendatakse või lühendatakse konveieri linti)
- Montaaž/demontaaž viiakse läbi vastavuses lintkonveieri eksploatatsiooni juhendile
- Kraapkonveieri, purusti ja lintkonveieri pingutuspea teisaldamise viib läbi tööliste spetsiaalbrigaad. [\[1\]](#)

#### 5.1.4 Veekõrvaldussoonte soonimine

Veekõrvaldussoonte soonimine toimub «Урал-33» tüüpi soonuri abil, kambrites, kus on vaja vett ära juhtida.



Ural 33

Mass – 4400 kg

Pikkus – 4300 mm

Laius – 720 mm

Kõrgus – 400 mm

Võimsus - 75 kW

Pinge – 380/660

Lõikeosa pikkus – 1,6; 1,8;  
2,0; 2,2 m

Edasinihe – 0,047 m/s

Joonis 13. Ural 33M [14]

Enne soonimise alustamist puhastatakse põrand kaevisest, paigaldatakse lõikehambad või vahetatakse kulunud, seadme ülevaatus ja määrimine.

Soonte lõikamise protsess kätkeb endas järgmisi tegevusi:

- Veoköie lahtikerimine mehhanismi veotrumlilt tema tööpikkusele
- Veoköie otsa kinnitamine tugitala abil
- Lõikeosa sisselülitamine ja lati põrandasse lõikamine
- Lati fikseerimine tööasendis, kasutades lukustusseadet
- Soone lõikamine masina edasiliikudes veotrumli abil
- Masina kinnipidamine mitte lähemal, kui 3m tugitalast
- Veoköie lõdvestamine, tugitala vabastamine

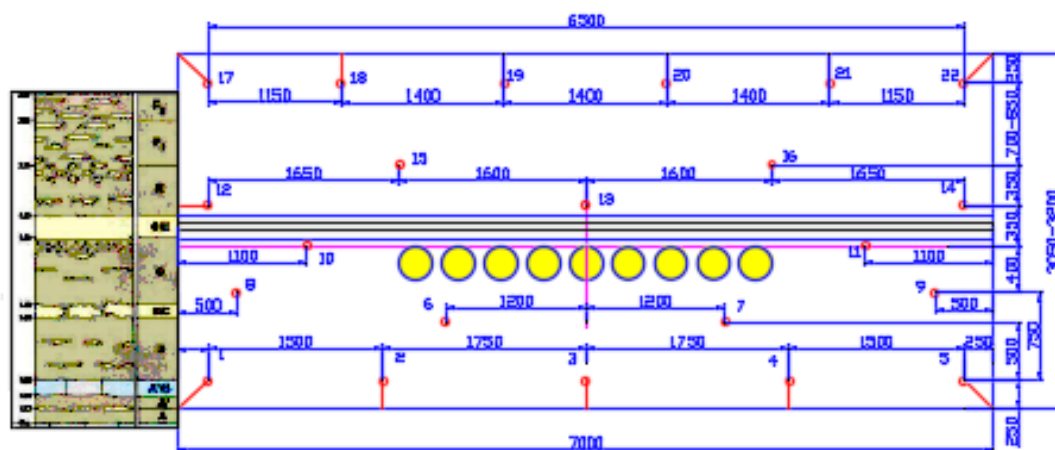
Edasi korduvad operatsioonid samas järjekorras. [1]

## 5.2.Lõhketööde passid

### 5.2.1 Lõhketööde skeemid

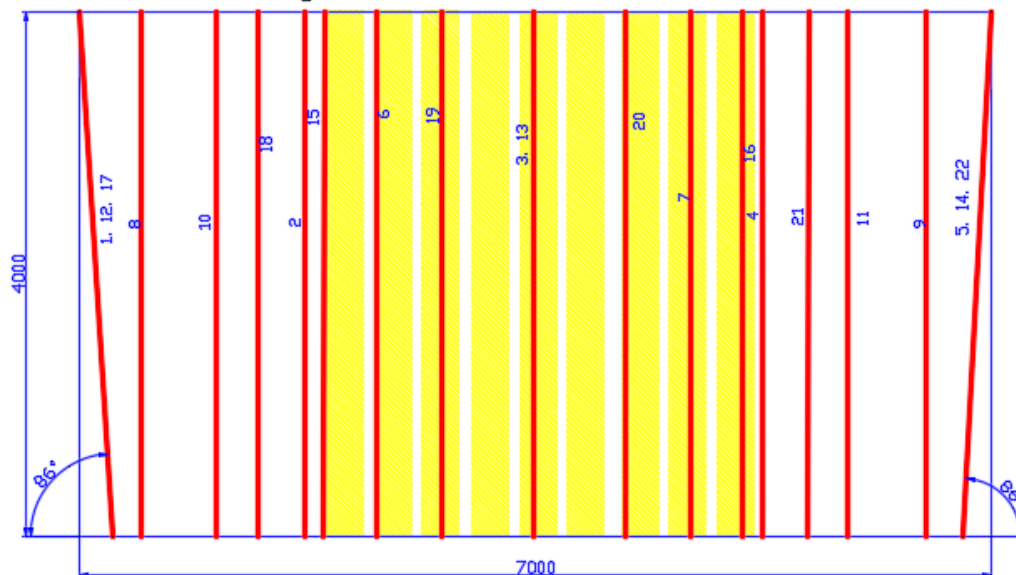
Kõrgusel 2,98 meetrit on kasutusel joonistel 14-16 kujutatud lõhketööde skeem. 9 nelja meetri pikkust ja 280 mm diameetriga ava moodustavad algmurde ning 22 tk. d - 40 mm ava on laengute paigutamiseks.

### Lõhkeaukude asetuse skeem

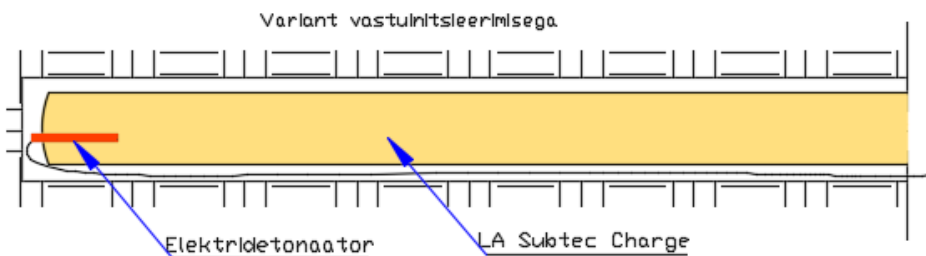


Joonis 14. Laenguaukude asetuse skeem ee kõrgusel 2,98 meetrit (eestvaade) [1]

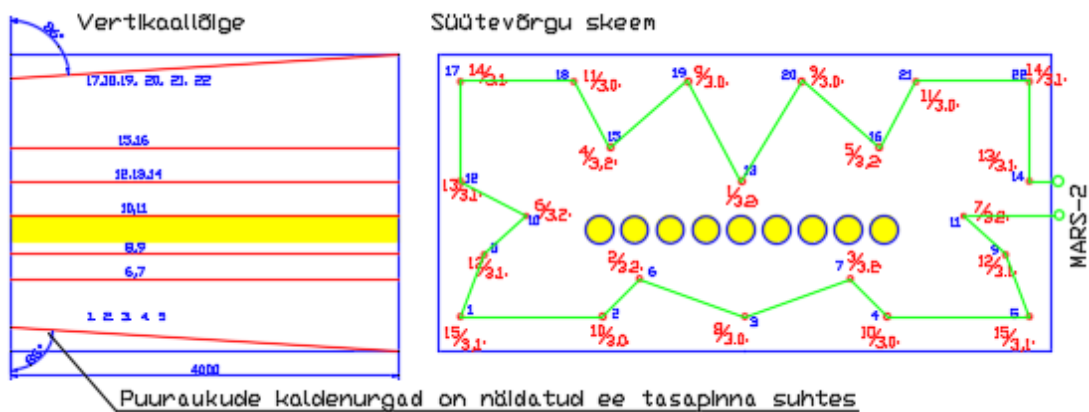
### Horisontaallõige



### Laengu konstruktsioon



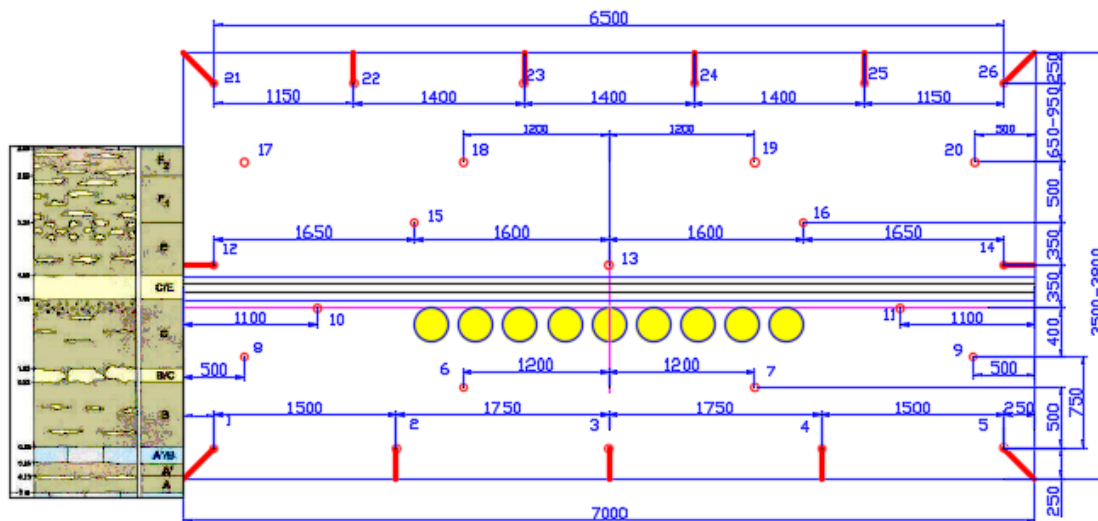
Joonis 15. Laenguaukude asetuse skeem ee kõrgusel 2,98 meetrit (pealtvaade) ja laengu konstruktsioon [1]



Joonis 16. Languaukude asetuse skeem ee kõrgusel 2,98 meetrit (külgvaade) ja süütevõrgu skeem [1]

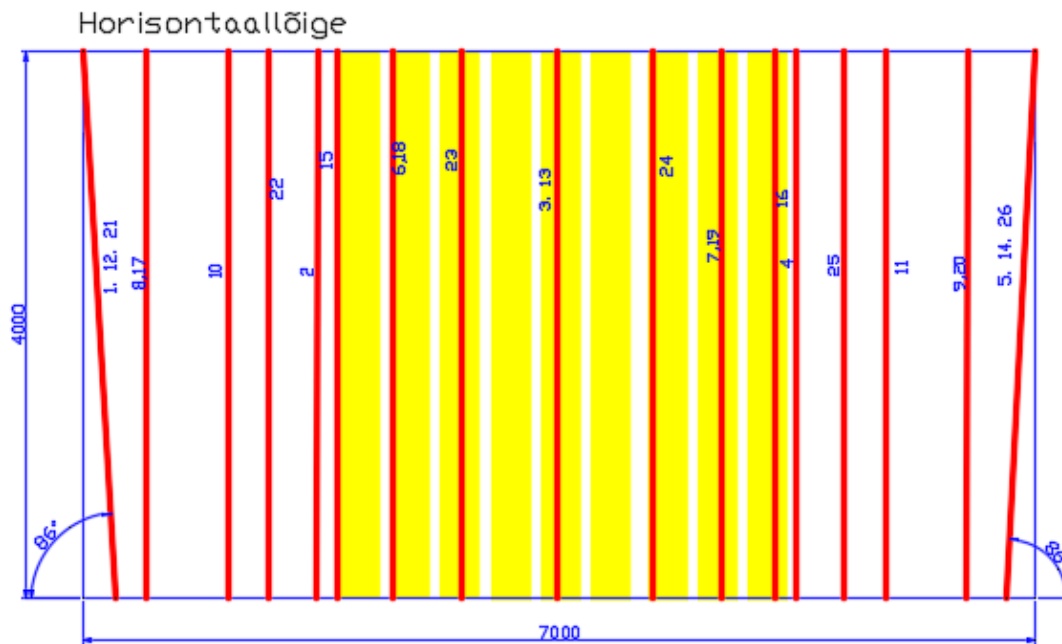
Kõrgusel 3,27 meetrit on kasutusel joonistel 17-19 kujutatud lõhkamise skeem. Algmurde puhul on kõik sama, aga laenuauke on 22 asemel 26 tk.

Lõhkeaukude asetuse skeem

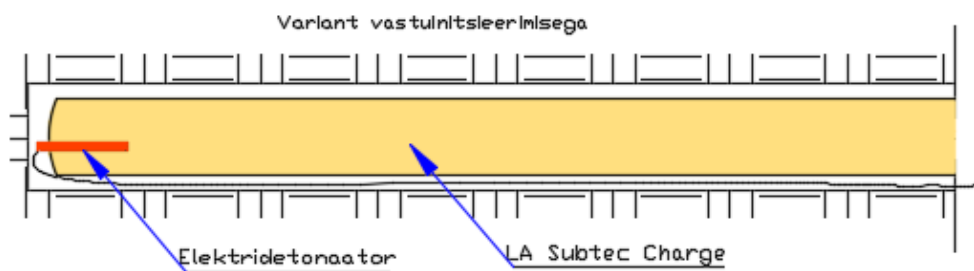


Joonis 17. Languaukude asetuse skeem ee kõrgusel 3,27 meetrit (eestvaade) [1]

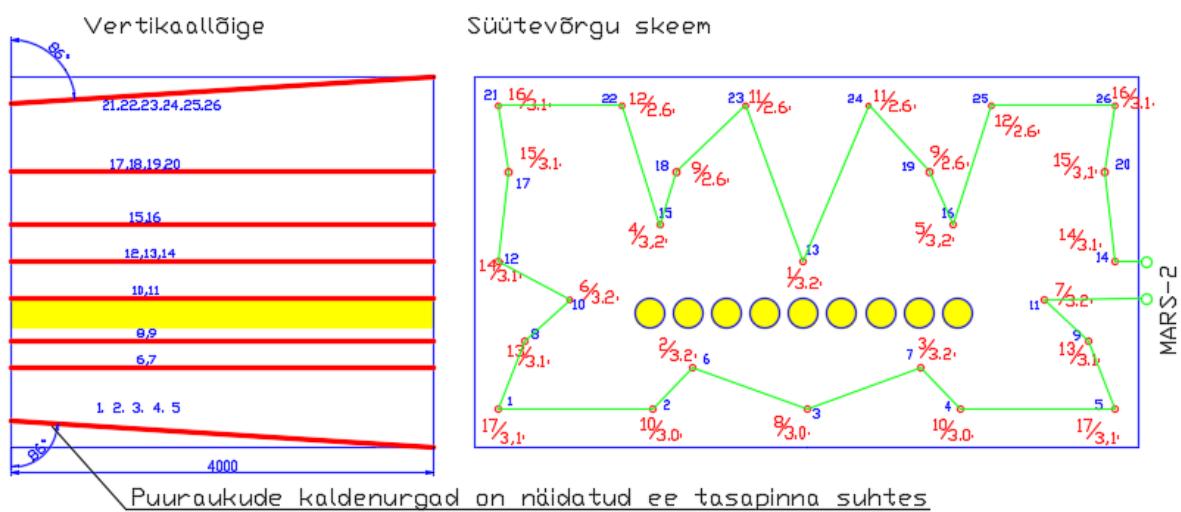




Laengu konstruktioon



Joonis 18. Laenguaukude asetuse skeem ee kõrgusel 3,27 meetrit (pealtvaade) ja laengu konstruktioon [1]



Joonis 19. Laenguaukude asetuse skeem ee kõrgusel 3,27 meetrit (külgsuurt) ja süütevõrgu skeem [1]

## 5.2.2 Lõhketööde põhilised näitajad

Tabel 3. Lõhketööde põhilised parameetrid [1]

Näitajad		Mõõtühik		Väärtus
Kihi omadused	Kaevanduse kategooria	Gaasiohtlik Tolmuohtlik		Ei ole ohtlik spetsrežiim
	Väljatav paksus	m		2,8 – 3,83
Puurimisvahendid	Mehhanismide tüübid	1.SMAG-GB280/4.7S 2.Boomer M1L või analoogid		
	Puuri tüüp ja diameeter	Puurid – RS-44 (RD-36) Eelmurre - avad D=280 mm		
Lõhkeained ja lõhkamisvahendid	Lõhkeaine tüüp	Subtec Charge CS		
	Elektrodetonaatorite tüüp	ED-ZN, ED-8	Timestar	
	Ühendusjuhtmete pikkus	ED-ZN =2,5 m	Timestar = 5.0 m	
	Elektrodetonaatorite takistus	ED-ZN =2,05 Ω, Timestar = 2,8 Ω		
Lõhkemagistraal	Lõhkemagistraali pikkus.	m		≥ 200
	Juhtme ristlõike pindala	mm <sup>2</sup>		0,385
	Juhtme eritakistus	Ω x mm <sup>2</sup> /m		0,0175-cupr
	Juhtme nimetus			БП-0,7
Topis	Savi-liiva segu	savi : liiv		3 : 1
	Topise pikkus puuraugus	300 mm		
Kontrolli-mõõteseade	Võrgu terviklikuse kontroll	OOM-3		
	Takistuse kontroll			
Lõhkamisseade		MARS-2		
Lõhkamisjärgne tuulutamise aeg		min		60

### 5.2.3 Üldised ohutusnõuded

1. Magistraaljuhtme pikkus mitte alla 200 m.
2. Detonaatorite ühendamisskeem võrgus - jadamisi
3. Puuraukude pikkus ja nurgad on määratud puuraukude skeemil, lubatud puuraukude kõrvalekalded passist pikkusest 5% ja kaldenurgast 5°
4. Kui lõhkamiskohas ladestunud tolmu niiskus on väiksem, kui 15%, kasutatakse selle niisutamist veega
5. Lõhketööde ohutsoonis on keelatud kasutada mobiilseid sideseadmeid

#### Selgitused detonatsioonivõrgu arvutustele

$$R_{\text{üld}} = R_{\text{mag}} + r \times n + 5 \times S \times \sqrt{n}; \quad R_{\text{mag}} = p \times l/s$$

kus:

Tabel 4. Seletused detonatsioonivõrgu arvutusele [1]

l	-	Magistraaljuhtme pikkus (arvutuse aluseks 200 m)
p	-	Magistraaljuhtme eritaksitus ( $c_u = 0.0175 \Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$ )
s	-	Magistraaljuhtme ristlõige ( $0,385 \text{ mm}^2$ )
n	-	Elektrodetonaatorite hulk
r	-	Ühe detonaatori takistuse keskmine väärtus ( $2,8 \Omega$ – Timestar, 5 m)
S	-	Detonaatori takistuse keskmine kõrvalekalle ( $S=0,11$ )

### 5.2.4 Lõhketööde operatsioonide järjekord.

#### Laadimine

- Ete ülevaatus
- Laadimistsooni piiramine plakatitega (suletakse ligipääsud laetud eteni vähemalt 20 m kaugusel neist)
- Kõrvaliste inimeste väljajuhatamine laadimistsoonist
- Lõhkeaine toimetamine laadimiskohta
- Laadimine ja detonatsioonivõrgu ühendamine, ilma magistraali ühendamata

## Lõhkamine

- Hoiatusmärguande andmine – üks pikk, vähemalt 3 sekundit
- Laadimistsooni piirangute mahavõtmine
- Inimeste väljajuhatamine ohutsoonist (50 m koristusees, 75 m läbindusees, 100 m ülegabariitide purustamisel)
- Tõkete, hoiatavate signaallampide või vahipostide väljapanek ohutsooni piirile
- Magistraaljuhtme väljakerimine ja meistri – lõhkaja kes lõhkamist läbi viib ohutusse kohta, värske õhu voolu
- Lõhkamismärguande andmine – kaks pikka, vähemalt 3 sekundit kumbki, antakse enne detonatsioonivõrguga ühendatud magistraaljuhtme ühendamist lõhkamisseadme külge. Sarilõhkamise puhul, antakse lõhkamismärguande enne igat lõhkamist
- Magistraaljuhtme ühendamine võrguga ja lõhkamisseadmega
- Detonatsioonivõrgu takistuse kontroll ja lõhkamine

## Lõhatud ete ülevaatus ja inimeste lubamine

- Lõhatud ete ülevaatus, leidmaks tõrkeid, viiakse läbi peale ete tuulutamist, aga mitte varem, kui 5 minutit peale lõhkamist
- Ohutusmärguande andmine – 3 lühikest, pikkusega 2 sekundit

Tõkete ja postide mahavõtt. [\[1\]](#)

## 5.3 Toestuspässid

### 5.3.1 Ankrute paigaldamine

Vahetu lagi toestatakse ankurtoestusega, mille paigaldamiseks puuritakse lakke puuraugud, vastavalt toestuspässile. Kasutades seadet SMAG FA-523VED (Joonis 20) on toestusprotsess täielikult mehhaniseeritud.



SMAG FA 523VED – lae toestamine

Mõõtmed (mm):

Laius – 2800

Kõrgus – 2050

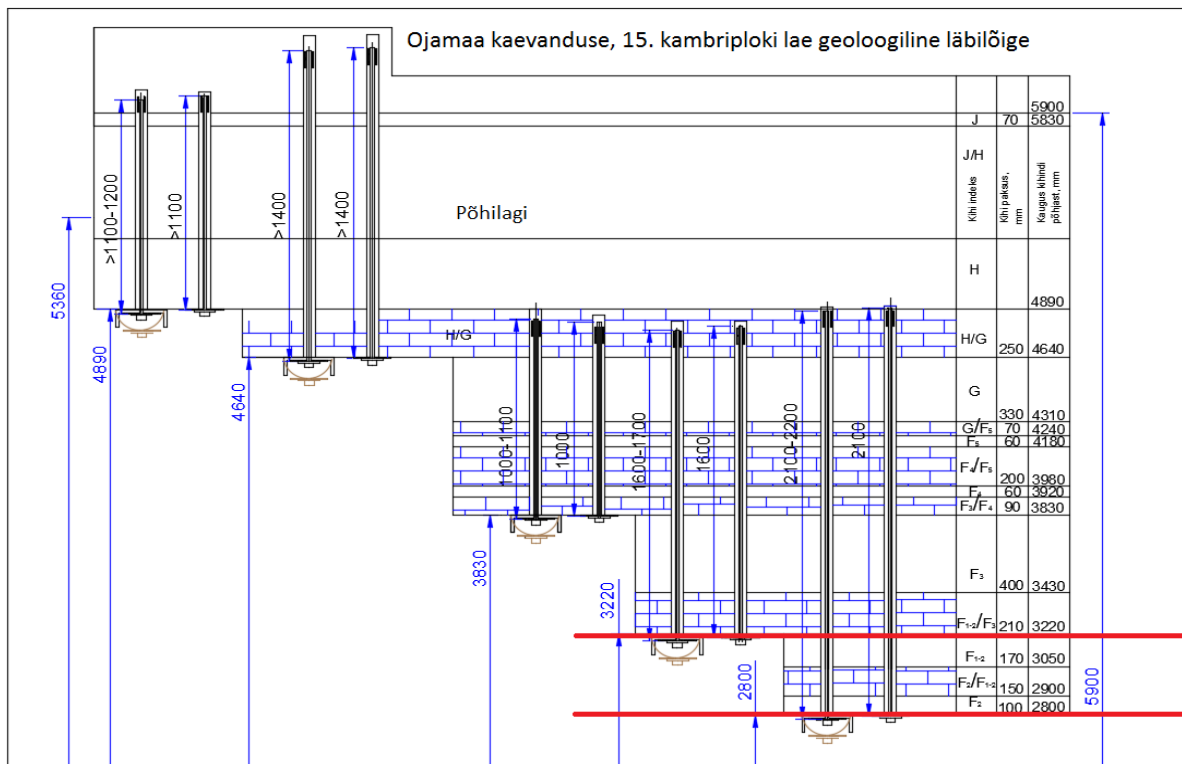
Pikkus – 11500

Pöörderaadius väline/sisemine –  
8250/3560

Kogumass – 18500 kg.

Joonis 20. SMAG FA 523VED [6]

Ankrud kinnitatakse, üldjuhul (kuni lae kõrguseni 3,83 m) H/G kihti, mis asub põrandast 4,64 m kõrgusel ja on 0,25 m paks. See teeb minu töös vaadeldavatel kõrgustel ankrute pikkusteks **2,1** ja **1,7** m (vt. Joonis 21). Arvutustes olen kajastanud, ka ankurtoestuse kõrgemat maksumust ja suuremat ajamahukust paigaldamisel.



Joonis 21. Ojamaa kaevanduse 15. kambriploki lae geoloogiline läbilõige [1]



Ankurtoestik on korduvkasutatav (vähemalt 10 korda) ja võimaldab mehaanilist ja käsitsi paigaldust. Toestiku elementide mehaaniline tugevus on vähemalt 90 kN ning peab olema tagatud ankruluku kinnitumine kivimites survetugevusega 60 – 90 MPa. [\[1\]](#)

#### **Ankrulukkude tehnilised nõuded**

Ankurtoestiku komplekti kuuluva ankruluku konstruktsioon peab tagama paigalduse ja kinnituse puuraugus läbimõõduga 40 – 44 mm.

Nõuded ankruluku konstruktsiooni elementidele:

- komplekteeritud (kasutusvalmis) luku läbimõõt, mm 38 (38,5)
- pikkus, mm 100 – 130
- ribiline muhvi välispind pikkusega, mm  $\geq 75$
- lukk peab võimaldama poldile peale keeramist kogu poldi pikkuse ulatuses.

Nõuded ankruluku konstruktsioonile ankurtoestiku koosseisus:

- tagatud korduv kasutatavus
- tagatud mehhaniseeritud paigaldus
- tagatud lukuelementide mehaaniline tugevus, kN  $\geq 90$
- tagatud algne pingutusjõud, kN  $\geq 65$
- pöördemoment ankurtoestiku pingutamisel, Nm kuni 340
  - kiilmutri sisekeerme vorm peab vastama skeemile (joonis 1).

#### **Tugiseibi konstruktsioon ja erinõuded:**

Valmistatud ruudukujulisest teraslehest (küljepikkus  $100 \pm 5$  mm, paksus  $\geq 5$  mm), mis keskelt on valtsitud kooniliseks.

Seibi ava läbimõõt mitte vähem kui  $20 \pm 5$  mm,

Seibi ühes painutatud ( $\sim 45^\circ$ ) nurgas on täiendav ava (läbimõõt  $15 \pm 5$  mm) tõsteseadmete (tõstejõud kuni 10 kN) riputamiseks lakke.

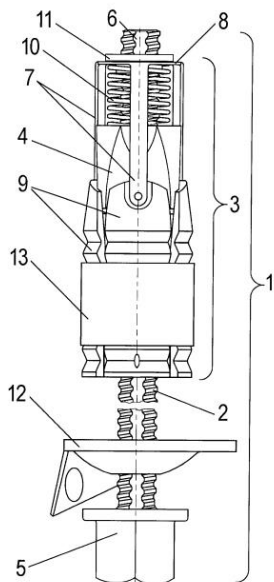
Toestiku paigaldusel seibi kõrvalekalle ankurpoldi teljest kuni  $8^\circ$

Seibil peab olema:

- tagatud korduv kasutatavus (vähemalt 10 korda)
- - tagatud algne pingutusjõud, kN  $\geq 65$

[\[1\]](#)

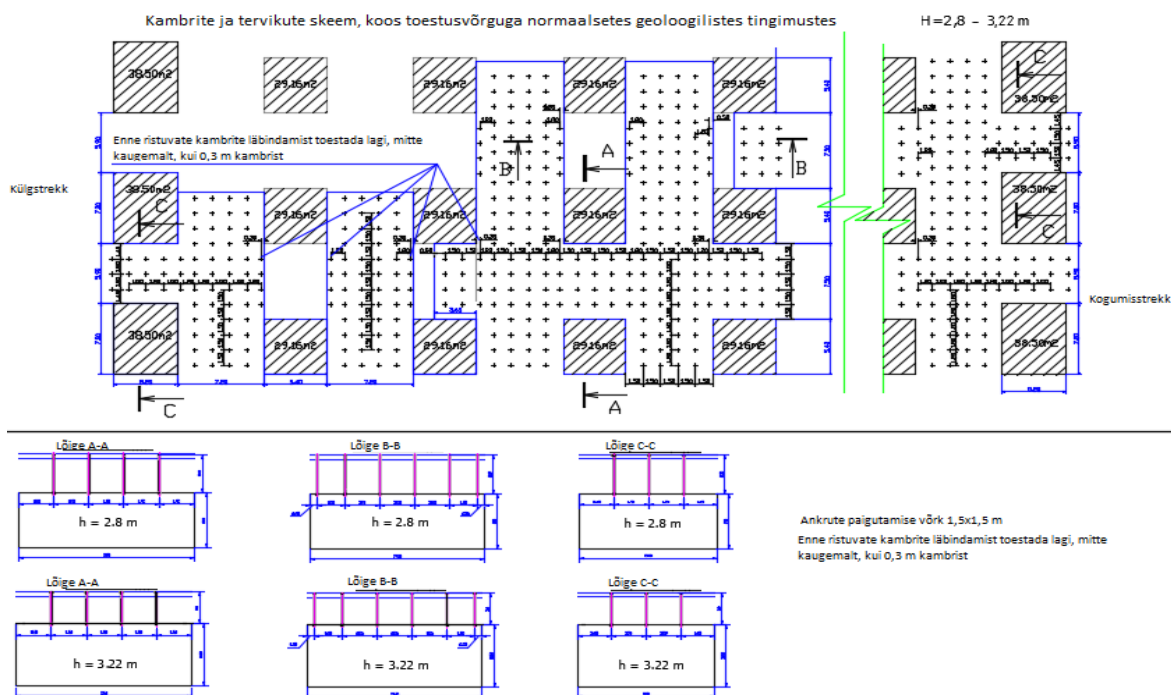
Kasutusel on spetsiaalse, GEWI keermega, mehhaanilise kinnitusega ankrud(Registreeritud kasulik mudel Nr. 00997)



Kus numbrite tähised joonisel 18 on järgmised:

1. ankur
2. ankrupolt
3. lukustussõlm
4. kiilmuhv
5. ankrupoldi pea
6. ankrupoldi ots
7. segmentide hoideosa haar
8. segmentide hoideosa
9. segment
10. vedrulement
11. tõkkeelement
12. tugiplaat
13. hoideelement

Joonis 22. Ankurtoe joonis [15]



Joonis 23. Kambriplokk nr. 15 toetuse skeem [1]

Joonisel 23 on kujutatud 15 kambriplokki toetuse skeem.

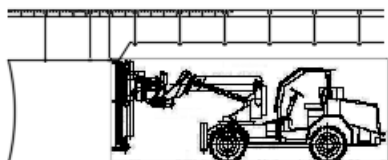
Ankru kinnitamiseks puuravasse keeratakse ankrupolti nii, et kiilmuhvi nihutatakse ankrupoldi keermel puuravast väljapoole, mille tulemusena liigub kiilmuhv segmentide vahele. Kuna nii segmendid, kui ka kiilmuhv on vastupidises suunas laienevad, kiilub kiilmuhv end, ankrupoldi edasisel pööramisel segmentide vahele ja surub need laiali vastu puurava seina.

Tehnilised piirangud

Mäetehnilised, sõltuvalt lae geoloogilistest tingimustest.

### 5.3.2 Ankrute välja võtmine

Peale kambrite ammendumist, võetakse ankrud välja. Ankurtoetuse välja võtmise eesmärk on selle taaskasutamine. Ankrute välja võtmine toimub RM-2,4S tüüpi masintoetuse katte all.



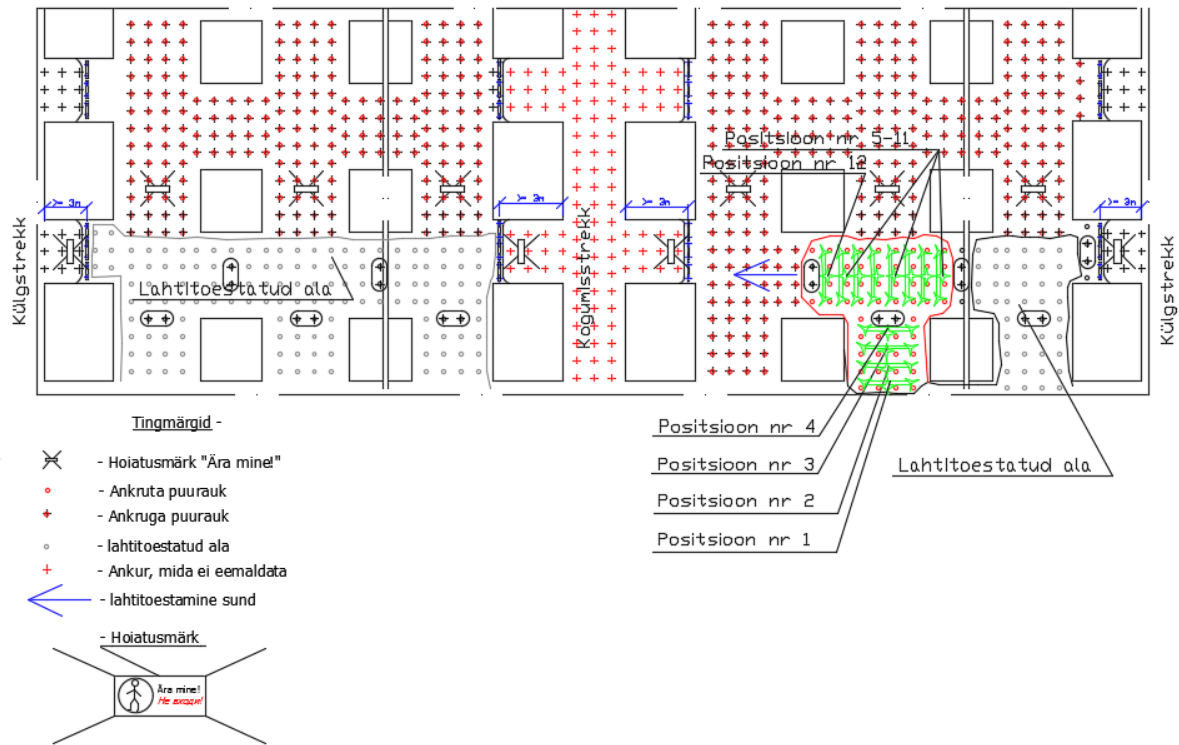
Skeem, mis selgitab puurseadme etteandeseadme kasutamist ajutise toena

Joonis 24. Puurseadme etteandeseadme kasutamine ajutise toena [\[1\]](#)

Täiustatud ankurtoetuse GEWI väljavõtmiseks, keeratakse ankrupolti paigaldamisele vastupidises suunas nii, et kiilmuhvi oleks võimalik suruda segmentide vahelt välja. Kuna kiilmuhvi ja hoideosa vahel on vedruelement, surutakse hoideosa kiilmuhvist eemale. Kuna hoideosa haarade otsas on segmendid, surutakse koos hoideosaga ka neid segmente samas suunas, hoides neid kiilmuhviga kontaktis. Sellega takistatakse kiilmuhvi ankrupoldiga kaasa pöörlemast, et nihutada kiilmuhv ankrupoldi pööramisega segmentide vahelt välja ning vabastada lukustussõlm puuravast. Kui hoideosa nihkub vastu tõkkeelementi, jäävad segmendid ja hoideosa ankrupoldi pikisihis paigale, ent kiilmuhv liigub ankrupoldi edasisel keeramisel tõkkeelementi sihis segmentide vahelt ära. Selle tulemusena ei ole segmendid enam surutud vastu puurava seina ning ankru saab enamikel juhtudel tervikuna, st. koos ankrupoldi ja lukustussõlmega eemaldada puuravast. [\[15\]](#)

Ankrute välja võtmise suund – külgstrekist kogumistreki poole või kogumistreki külgstreki poole. Külg- ja kogumistreki äärsetesse kitsustesse jäetakse vähemalt 2 rida ankruid külg- või kogumistreki poole. [\[1\]](#)

Kaevetööde lahtitoestamine kambriplokis suunaga külgstrekist kogumistrekini.



Joonis 25. Kambriploki nr. 15 lahtitoestamise skeem [1]

Ankrute välja võtmine, ammendatud tsoonides, toimub nagu näidatud Joonisel 25

- ankurtoestuse välja võtmise tehnoloogiline tsükkel sarnaneb kaevise väljamise tehnoloogilise tsükliga (üks ristkamber ja tervik);
- Ühe ajutise toestuse paigaldamisega võetakse välja: positsioonides Nr. 1, 2, 3 ja positsioonides Nr. 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 – igasühes üks rida ankruid, positsioonides Nr. 4, 12, poolteist rida ankruid (kaks ankrut võetakse välja masina poolt).
- ankruid ei võeta välja kogumistreki ääres esimestes risti ja piki kambrites (nende strekkide edasise kasutamise puhul), samuti ärestrekis, mis on ühine külgneva ammendamata kambriploki. Kambrites, mis piirnevad lahti toestamisele mittekuuluvate aladega, jäetakse lahtitoestamata tsoon 3m.
- enne ankrute välja võtmist peavad masinad olema välja viidud ja kambri põhi puhastatud
- ankrute välja võtmine kambri, mis piirneb töötava kambri, on keelatud
- mehhaniseeritud toetus on varustatud kolme, põhja peale toetuva, hüdrotoega, kõrgusega kuni 4,0 m
- Toestuse paigaldamine ja edasiliikumine on näidatud positsioonidega skeemidel. Toed asuvad suunaga lahti toestatud ala poole, masin ise toestatud ala suunas. Ankrute välja võtmine toimub vastavalt skeemile, positsioonide numbrite kasvamise järjekorras
- Lahti toestatud tsoon tuleb tähistada vastavate hoiatusmärkidega [1]

## 6 Rikastamine

Ojamaa kaevanduse rikastuskompleks on ehitatud moodul põhimõttel. Kompleksi kuuluvad järgmised moodulid:

- Punkrimoodul
- Purustus-sorteerimismoodul
- Rikastusmoodul
- Suspensiooni ettevalmistusmoodul
- Hiiva veekõrvaldusmoodul
- Mäemassi puhverladu

Käsitlen siin mõne sõnaga vaid purustus-sorteerimismoodulit ja rikastusmoodulit.

### 6.2 Purustus-sorteerimismoodul

Kaevis jõuab lintkonveierit pidi, tükisuurusega 0-400, puhverlattu, kust edasi läbib sorteerimise, 0...25 läheb otse toodangusse, 125-400 mm tükid läbivad järelpurustamise ja sealt edasi uue sõelumise ja liigub edasi rikastusmoodulisse

### 6.3 Rikastusmoodul

Rikastusmoodulis läbib mäemass hiiva kõrvaldamise, kus veega pestakse mäemassilt hiib maha ja mäemass liigub edasi rikastamisse.

Rikastusvabrikus on kaks rikastamise liini. Rikastamine toimub trummel separaatorites raskes vedelikus. Raske vedeliku moodustab vee ja magnetiidipulbri suspensioon.

Mõlemal rikastamise liinil toimub rikastamine raskes vedelikus, mille tihedus on 2,1-2,2 kg/cm<sup>3</sup>. Kuna põlevkivi tihedus on väiksem, kui raske keskkonna oma, kerkib see pinnale ja suunatakse koos suspensiooniga kahetasandilisele sõelale, kus see pestakse suspensioonist puhtaks ja valmis toodang liigub konveieriga tarbijale.

Kuna lubjakivi on tihedam, kui suspensioon ja vajub põhja ning liigub peale separaatorit samuti sõeltele, kus see pestakse suspensioonist puhtaks ja nõrutatakse. Peale mida liigub lintkonveierit pidi aheraine punkrisse, kust viiakse autotranspordiga minema [\[1\]](#)

## 7 Majanduslikud arvutused

### Kasutatud andmed

Andmetest olid minu käsutuses Ojamaa kaevanduse 15. kambriploki tehniline dokumentatsioon ja kaevanduse töönormid.

### 7.1 Arvutuskäik

#### 7.1.1 Saagise arvutus

Põlevkivivaruna on arvel kihid A-F<sub>1</sub>, kuid põlevkivikihid on ka ülevalpool F<sub>1</sub>-te, mis tõstavad ruutmeetrit saadavat põlevkivi kogust. Samas on Eesti põlevkivikihi ülemiste kihtide kütteväärtus üsna väike, mis toob endaga kaasa ka kogu väljatava massi keskmise kütteväärtuse languse nagu



võib näha tabelis 5 mis kajastab kõrgust 3,27 meetrit ja tabelis 6, mis kajastab kõrgust 2,98 meetrit. See mõjutab kaubapõlevkivi hinda. Edasise tasuvusarvutuse aluseks on lisanduva laekõrguse arvel muutuv kaubapõlevkivi saagis.

Tabel 5. Kihindi läbilõige kõrgusel 3,27 meetrit [1]

Kihindi KÜTTEVÄÄRTUS											
21.03.2013											
Kihiproov № 20											
32 транспортный т.3242 (пик.91)											
Kiht	Osalustegur	Paksus			Erikütteväärtus		Mahumass (kuiv) t/m <sup>3</sup>	Massi- tootlus (kuiv), t/m <sup>2</sup>	Energia- tootlus, GJ/m <sup>2</sup>		
		geoloogiline m	kasvavalt kihi laeni m	väljatav m	kcal/kg	GJ/t					
Muld	0			0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,000		
Moreen jm	0			0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,000		
Kaljune katend	0			0,00	0	0,00	2,36	0,00	0,000		
G/H	H	0		0,00	0		2,36	0,00	0,000		
komp- leks	H/G	0		0,00	0		2,36	0,00	0,000		
	G	0		0,00	0		2,36	0,00	0,000		
Kompleks	G/F3	0		0,00	0		2,36	0,00	0,000		
	F3	0		0,00	0		2,36	0,00	0,000		
	F3/F1-2	0		0,00	0		2,36	0,00	0,000		
	F1-2	1	0,17	3,27	0,17	687	2,878	2,11	0,36	1,030	
	Ebalagi	1	0,12	3,10	0,12	244	1,022	2,27	0,27	0,278	
	F2	1		2,98	0,00	0		2,36	0,00	0,000	
	F1	1	0,40	2,98	0,40	1021	4,275	2,00	0,80	3,417	
	F/E	1	0,39	2,58	0,39	2098	8,783	1,72	0,67	5,882	
	E	1	0,36	2,19	0,36	2471	10,345	1,64	0,59	6,105	
	E/D	1	0,17	1,83	0,17	1187	4,969	1,95	0,32	1,598	
	D	1		1,83	0,00	0		2,36	0,00	0,000	
	D/C	1	0,27	1,66	0,27	61	0,255	2,34	0,63	0,161	
	C	1	0,35	1,39	0,35	2331	9,760	1,67	0,58	5,696	
	C/B	1	0,11	1,04	0,11	726	3,041	2,09	0,23	0,700	
	B	1	0,50	0,93	0,50	4738	19,836	1,31	0,66	13,032	
	B/A	1	0,21	0,43	0,21	391	1,639	2,21	0,46	0,761	
	A'	1		0,22	0,00	0		2,36	0,00	0,000	
	A'/A	1		0,22	0,00	0		2,36	0,00	0,000	
	A	1	0,22	0,22	0,22	2319	9,709	1,67	0,37	3,567	
Tinglik põhi	0	0,00		0,00	0	0,00	2,36	0,00	0,000		
Kokku / keskmine	1,00	3,27		3,27	1697	7,10	1,82	5,94	42,22		
				m	kcal/kg	GJ/t	t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>2</sup>	GJ/m <sup>2</sup>		

Tabel 6. Kihindi läbilõige kõrgusel 2,98 meetrit [1]

Kihindi KÜTTEVÄÄRTUS											
21.03.2013											
Kihiproov № 20											
32 транспортный т.3242 (пик.91)											
Kiht	Osalustegur	Paksus			Erikütteväärtus		Mahumass (kuiv) t/m <sup>3</sup>	Massi- tootlus (kuiv), t/m <sup>2</sup>	Energia- tootlus, GJ/m <sup>2</sup>		
		geoloogiline m	kasvavalt kihi laeni m	väljatav m	kcal/kg	GJ/t					
Muld	0			0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,000		
Moreen jm	0			0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,000		
Kaljune katend	0			0,00	0	0,00	2,36	0,00	0,000		
G/H	H	0		0,00	0		2,36	0,00	0,000		
komp- leks	H/G	0		0,00	0		2,36	0,00	0,000		
	G	0		0,00	0		2,36	0,00	0,000		
Kompleks	G/F3	0		0,00	0		2,36	0,00	0,000		
	F3	0		0,00	0		2,36	0,00	0,000		
	F3/F1-2	0		0,00	0		2,36	0,00	0,000		
	F1-2	0	0,17	3,27	0,00	687	2,878	2,11	0,00	0,000	
	Ebalagi	0	0,12	3,10	0,00	244	1,022	2,27	0,00	0,000	
	F2	0		2,98	0,00	0		2,36	0,00	0,000	
	F1	1	0,40	2,98	0,40	1021	4,275	2,00	0,80	3,417	
	F/E	1	0,39	2,58	0,39	2098	8,783	1,72	0,67	5,882	
	E	1	0,36	2,19	0,36	2471	10,345	1,64	0,59	6,105	
	E/D	1	0,17	1,83	0,17	1187	4,969	1,95	0,32	1,598	
	D	1		1,83	0,00	0		2,36	0,00	0,000	
	D/C	1	0,27	1,66	0,27	61	0,255	2,34	0,63	0,161	
	C	1	0,35	1,39	0,35	2331	9,760	1,67	0,58	5,696	
	C/B	1	0,11	1,04	0,11	726	3,041	2,09	0,23	0,700	
	B	1	0,50	0,93	0,50	4738	19,836	1,31	0,66	13,032	
	B/A	1	0,21	0,43	0,21	391	1,639	2,21	0,46	0,761	
	A'	1		0,22	0,00	0		2,36	0,00	0,000	
	A'/A	1		0,22	0,00	0		2,36	0,00	0,000	
	A	1	0,22	0,22	0,22	2319	9,709	1,67	0,37	3,567	
Tinglik põhi	0	0,00		0,00	0	0,00	2,36	0,00	0,000		
Kokku / keskmine	0,91	3,27		2,98	1839	7,70	1,79	5,31	40,92		
				m	kcal/kg	GJ/t	t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>2</sup>	GJ/m <sup>2</sup>		

Erikütteväärtuste vahe tuleb 0,6 GJ/t.

Antud tabelites on alumise kütteväärtuse näitajad. Kaubapõlevkivi kvaliteedi hindamisel kasutatakse alumist kütteväärtust. Kaevises keskmine niiskusesisaldus on 8,3 %, mille alusel on kaevises alumine kütteväärtus:

- 3,27 m lae puhul 5,75 GJ/t ja 2,98 m puhul 6,71 GJ/t [4]

Saagise arvutamise eelduseks on, et kaubapõlevkivi ja aheraine kütteväärtus on olenemata kaevises kütteväärtusest muutumatu, muutub ainult nende omavaheline bilanss, ehk kaubapõlevkivi saagis kaevisest.

- kaubapõlevkivi keskmine alumine kütteväärtus Ojamaa kaevanduses 8,64 GJ/t
- aheraine alumine kütteväärtus 1,8 GJ/t

Kasutades valemit

$$Saagis = \frac{Q_{ka} - Q_{aa}}{Q_{pka} - Q_{aa}}$$

, kus  $Q_{ka}$  – kaevises alumine kütteväärtus, GJ/t

$Q_{aa}$  - aheraine alumine kütteväärtus, GJ/t

$Q_{pka}$  – kaubapõlevkivi alumine kütteväärtus, GJ/t,

saan saagiseks:

- 3,27 m laekõrguse puhul 0,58
- 2,98 m puhul 0,65.

### 7.1.2 Kaevises omahinna arvutus

Kaevises omahinna peamised komponendid on

1. mäetööde kulud plokis
  - a. tööjõud;
  - b. amortisatsioon;
  - c. remondi jm materjalid;
  - d. kütus;
  - e. elektrienergia;
2. kaevises transport lintkonveieriga rikastusvabrikuni;
3. rikastamise kulud;
4. aheraine vedu;
5. ressursitasu.

Nende arvutamiseks kasutan kaevanduse norme, lõhketööde ja toetuse passe.

Normid

Kuus kaevandatakse kambriplokist ca 300 tuhat tonni kaevist.

Vahetuse töönormid:

- 150 ankrut;
- 12 kambrit algmurde puurauke;

- puurida 12 kambrit laenguauke (22 puurauguga pass);
- kaevisest tühjendada 10 kambrit;
- lõhata 576 detonaatorit.

Võttes kambri keskmiseks edasinihkeks 3,5 m ja laiuks 7 m, saan kaevise ruumala, millest omakorda kaevise massi. Kasutades vahetuse norme ja kaevise massi arvutan inimvahetuste kulu tonni kaevise kohta. Arvutuskäiku saab jälgida tabelites 7 ja 8.

Tabel 7. Inimvahetust kaevise tonni kohta kõrgusel 2,98 meetrit

		2,98
<b>kambri parameetrid</b>		
	edasinihe	3,50 m
	laius	7,00 m
	kaevise ruumala	72,89 m <sup>3</sup>
	kaevise mass niiskusega	135,00 t
	põlevkivi saagis	0,65
	põlevkivi mass kambrit	88,13 t
	kambri pindala	24,50 m <sup>2</sup>
	ankru samm	1,50 m
	ankru ülalhoitav pindala	2,25 m <sup>2</sup>
	ankruid kambri	10,89 tk
	ankrute taaskasutus	0,90
	ankrute kulu t kaevise kohta	0,008
<b>toetus</b>	toestamise tööjõukulu	0,095
	inimvahetust tonni kaevise kohta	<b>0,0007</b>
<b>algmurre</b>	kaevist niiskusega	1889,95 t
	põlevkivi mass vahetuses	1233,81 t
	inimvahetust tonni kaevise kohta	<b>0,0005</b>
<b>laenguaugu</b>	kaevist niiskusega	1889,95 t
	põlevkivi mass vahetuses	1233,81 t
	inimvahetust tonni kaevise kohta	<b>0,0005</b>
<b>ee transport</b>	kaevist niiskusega	1349,97 t
	põlevkivi mass vahetuses	881,29 t
	inimvahetust tonni kaevise kohta	<b>0,0007</b>
<b>LT</b>	kaevist niiskusega	3534,45 t
	põlevkivi mass vahetuses	2307,38 t
	inimvahetust tonni kaevise kohta	<b>0,0004</b>

Tabel 8. Inimvahetust kaevise tonni kohta kõrgusel 3,27 meetrit

		3,27
<b>kambri parameetrid</b>		
	edasinihe	3,50 m
	laius	7,00 m
	kaevise ruumala	79,99 m <sup>3</sup>
	kaevise mass niiskusega	150,75 t
	põlevkivi saagis	0,58
	põlevkivi mass kambrit	87,09 t
	kambri pindala	24,50 m <sup>2</sup>
	ankru samm	1,50 m
	ankru ülalhoitav pindala	2,25 m <sup>2</sup>
	ankruid kambri	10,89 tk
	ankrute taaskasutus	0,90
	ankrute kulu t kaevise kohta	0,007
<b>toetus</b>	toestamise tööjõukulu	0,07
	inimvahetust tonni kaevise kohta	<b>0,0005</b>
<b>algmurre</b>	kaevist niiskusega	2110,56 t
	põlevkivi mass vahetuses	1219,23 t
	inimvahetust tonni kaevise kohta	<b>0,0005</b>
<b>laenguaugu</b>	kaevist niiskusega	1785,85 t
	põlevkivi mass vahetuses	1031,66 t
	inimvahetust tonni kaevise kohta	<b>0,0006</b>
<b>ee transport</b>	kaevist niiskusega	1507,54 t
	põlevkivi mass vahetuses	870,88 t
	inimvahetust tonni kaevise kohta	<b>0,0007</b>
<b>LT</b>	kaevist niiskusega	3339,78 t
	põlevkivi mass vahetuses	1929,33 t
	inimvahetust tonni kaevise kohta	<b>0,0005</b>

## Edasi arvutan tööjõu kulu tonni kaevise kohta

Tabel 9. Tööjõukulu tonni kaevise kohta kõrgusel 2,98 meetrit

2,98							
Amet	inimvahetus/tonn kaevist	Tariif	Tööpäevi	Sotsmaks	Koormuskoeffitsent		Kaevis
		eur/inimvahetus					EUR/t
Toestaja	0,0007	74,16	21	1,335	1,000		0,070
Algmurde puurimine	0,0005	74,16	21	1,335	1,000		0,052
Laenguaukude puurimine	0,0005	74,16	21	1,335	1,000		0,052
Lõhkajad	0,0004	74,16	21	1,335	1,000		0,043
Laadurite juhid	0,0007	74,16	21	1,335	1,000		0,073
Lahti toestamine	0,0005	74,16	21	1,335	1,000		0,047
Elektriluksepp	0,0002	64,40	21	1,335	1,000		0,020
Kokku	0,0036						<b>0,358</b>

Tabel 10. Tööjõukulu tonni kaevise kohta kõrgusel 3,27 meetrit

3,27							
Amet	inimvahetus/tonn kaevist	Tariif	Tööpäevi	Sotsmaks	Koormuskoeffitsent		Kaevis
		eur/inimvahetus					EUR/t
Toestaja	0,00048	74,16	21	1,335	1,000		0,048
Algmurde puurimine	0,00047	74,16	21	1,335	1,000		0,047
Laenguaukude puurimine	0,00056	74,16	21	1,335	1,000		0,055
Lõhkajad	0,00052	74,16	21	1,335	1,000		0,051
Laadurite juhid	0,00066	74,16	21	1,335	1,000		0,066
Lahti toestamine	0,00032	74,16	21	1,335	1,000		0,032
Elektriluksepp	0,00016	64,40	21	1,335	1,000		0,014
Kokku	0,00318						<b>0,313</b>

## Amortisatsiooni arvutus

Tabel 11. Amortisatsiooni arvutus tonni kaevise kohta kõrgusel 2,98 meetrit

2,98							
Seadmete nimekiri	Maksumus	Kogus	Eluiga	Osalus	Kuu amortisatsioon	Põlevkivi	Kaevis
	EUR	tk.	aastat		EUR/kuu	EUR/t	EUR/t
Toestamine FA523	435000	4	5	1	29000		0,10
Algmurre SMAG	420000	3	5	1	21000		0,07
Laenguaukud M1L	420000	4	5	1	28000		0,09
Lõhkamisseadmed	0	2	5	1	0		0,00
Kopplaadur	550000	8	5	1	73333		0,24
Lahti toestaja Roof Master	280000	2	5	1	9333		0,03
Konveier-purustid	430000	6	5	1	43000		0,14
Ventilatsioon	5200	12	5	1	1040		0,00
Kokku					<b>204707</b>		<b>0,68</b>

Tabel 12. Amortisatsiooni arvutus kaevise tonni kogu kõrgusel 3,27 meetrit

3,27							
Seadmete nimekiri	Maksumus	Kogus	Eluiga	Osalus	Kuu amortisatsioon		Kaevis
	EUR	tk.	aastat		EUR/kuu		EUR/t
Toestamine FA523	435000	4	5	1	29000		0,10
Algmurre SMAG	420000	3	5	1	21000		0,07
Laenguaukud M1L	420000	4	5	1	28000		0,09
Lõhkamisseadmed	0	2	5	1	0		0,00
Kopplaadur	550000	8	5	1	73333		0,24
Lahti toestaja Roof Master	280000	2	5	1	9333		0,03
Konveier-purustid	430000	6	5	1	43000		0,14
Ventilatsioon	5200	12	5	1	1040		0,00
Kokku					<b>204707</b>		<b>0,68</b>

## Materjalide arvutus

Tabel 13. Materjalide arvutus tonni kaevise kohta kõrgusel 2,98 meetrit

2,98								
Materjali nimetus		Erikulu	Kaev. Kog	Kulu	Ühiku hin	Kulutused	Põlevkivi	Kaevis
			t/kuu (kaevis)		EUR	EUR	EUR/t	EUR/t
Ankurtoestus	tükki/t	0,008	300000	2420	4,39	10612		0,04
Diiselmootor	liitrit/t (kaevis)	0,49	300000	147000	1	147000		0,49
Lõhkematerjalid	kg/t	0,51	300000	151800	1,5	227700		0,76
								0,00
Teiste seadmete varuosad jm		0,2				14872		0,05
Kokku								1,33

Tabel 14. Materjalide arvutus tonni kaevise kohta kõrgusel 3,27 meetrit

3,27								
Materjali nimetus		Erikulu	Kaev. Kog	Kulu	Ühiku hin	Kulutused		Kaevis
			t/kuu (kaevis)		EUR	EUR		EUR/t
Ankurtoestus	tükki/t	0,008	300000	2420	3,55	8590		0,03
Diiselmootor	liitrit/t (kaevis)	0,49	300000	147000	1	147000		0,49
Lõhkematerjalid	kg/t	0,51	300000	151875	1,5	227813		0,76
								0,00
Teiste seadmete varuosad jm		0,2				14872		0,05
Kokku								1,33

## Elektrienergia

Tabel 15. Elektrienergia arvutus tonni kaevise kohta kõrgusel 2,98 meetrit

2,98								
Seadme liik	Ühiku võimsus	Koormusteg	tundi vah	Vahetusi ku	Kulu	Kulutused	Põlevkivi	Kaevis
	kW				kWh/kuus	EUR	EUR/t	EUR/t
Ettevalmistav tehnika	500	0,5	6,5	63	102375	6142,5		0,02
Konveier-purusti	1200	0,5	6,5	63	245700	14742		0,05
Toestusmasin FA523	120	1	6	63	45360	2721,6		0,01
Ventilaatorid	330	0,75	8	63	124740	7484,4		0,02
Lahtitoestamine	120	1	6	63	45360	2721,6		0,01
								0,00
Kokku								0,11

Tabel 16. Elektrienergia arvutus tonni kaevise kohta kõrgusel 3,27 meetrit

3,27								
Seadme liik	Ühiku võimsus	Koormusteg	tundi vah	Vahetusi ku	Kulu	Kulutused		Kaevis
	kW				kWh/kuus	EUR		EUR/t
Ettevalmistav tehnika	500	0,5	6,5	63	102375	6142,5		0,02
Konveier-purusti	1200	0,5	6,5	63	245700	14742		0,05
Toestusmasin FA523	120	1	6	63	45360	2721,6		0,01
Ventilaatorid	330	0,75	8	63	124740	7484,4		0,02
Lahtitoestamine	120	1	6	63	45360	2721,6		0,01
								0,00
Kokku								0,11

Tabelite all, paremates nurkades leitavate numbrite kokku liitmisel saan, et kõrguse 2,98 meetrit puhul, tuleb 1 tonni kaevise omahinnaks **2,49 EUR** ja 3,27 meetrit puhul **2,44 EUR**.

### 7.1.3 Kaubapõlevkivi arvutus

Eelmises lõigus saadud tulemused kehtivad kaevisse kohta kambriplokis. Edasi liigub kaevis rikastusvabrikusse.

Nii liikumist, kui rikastamist kajastan Ojamaa kaevandusest saadud ühikhindadega:

- rikastamine 0,77 EUR/tonn kaevist, rikastamise puhul [\[1\]](#)
- 0,15 kWh/(t\*km) konveiertranspordil [\[1\]](#)

Kuna rikastusvabrik asub 15 plokist ca 4 kilomeetri kaugusel ja suurkliendi hind võib ca 0,06 EUR/kWh kandis olla, saan kaevisse tonni hinna koos rikastamise ja transpordiga 2,98 meetri puhul **3,29 EUR** ja 3,27 meetri puhul **3,24 EUR**.

Leidmaks kaubapõlevkivi omahinda, jagan saadud tulemuse, eelnevalt välja arvatud, saagisega ning liidan juurde aheraine äraveo kulu. Tuletan meelde, et aheraine ladestustasu Ojamaa kaevandus maksma ei pea, kuna see kasutatakse ära Aidu tuulepargi ehitusel. Ja saan tulemuseks 2,98 meetri kõrguse lae puhul **5,48 EUR tonn** ja 3,27 meetri kõrguse laega **6,14 EUR tonn**.

Läheneb küsimusele üldisemalt arvutan välja kaubapõlevkivi omahinna koos ressursi- ja ladestustasuga.

Põlevkivi ressursitasu on muutuv, sõltudes toornafta hinnast. Arvutustes kasutan viimase kvartali ressursitasu, mis oli 0,415 EUR põlevkivi geoloogilise varu tonnist. Ressursitasu arvestamiseks kaubapõlevkivi hinnas, leian geoloogilise põlevkivi varu osakaalu kaevises ja kaubapõlevkivis:

- 2,98 puhul vastavalt 0,54 t/t 0,83 t/t
- 3,27 puhul vastavalt 0,49 t/t 0,84 t/t

Kulu kaubapõlevkivi omahinnas on mõlemal juhul 0,35 EUR/t.

Lisaks tuleb aheraine ladestustasu ja selle transport, mis kokku teeb 2,56 EUR/t, ent tuleb läbi korrutada aheraine osakaaluga kaevises.

Kaubapõlevkivi tonni omahinnaks koos ressursi- ja ladestustasudega tuleb 2,98 meetri kõrguse lae puhul **6,28 EUR** ja 3,27 meetri kõrguse lae puhul **7,04 EUR**.

### 7.1.4 Algmurre CD kihti

Lisaks kõigele eelnevale, tundis Ojamaa kaevandus huvi, kuidas mõjutaks kaubapõlevkivi omahinda algmurre CD kihti. Nagu eessõnas mainitud, Ojamaa kaevevälja põhjapoolses osas see, sisuliselt, puudub, ent 15. plokis on esindatud ja seda praktiliselt sama paksusega, mis algmurde puuraugu diameeter. Mõte on, et aheraine, mis algmurdel välja puuritakse jääb maa alla ja selle arvel väheneb kaevisse veokulu ja rikastamise kulu. Praktiliselt suureneb lubjakivi kihti puurimisega algmurde tegemise kulu puurimise tootlikkuse, materjalide ja elektrienergia arvel, kuid selle hindamine ei ole käesoleva töö osa.

Algmurde tegemise mõju CD kihti analüüsiks, leidsin väljapuuritava mäemassi osakaalu kogu kambri mäemassist.

Tabel 17. Algmurde tegemine CD kihti arvutus kõrgusel 2,98 meetrit

<b>algmurre CD kihis 2,98</b>	
algmurde auke	9,00 tk
aukude diameeter	0,28 m
aukude pikkus	3,50 m
aukude pindala	1,11
algmurdega kihist väljapuuritav	0,59
aukude ruumala	3,88 m <sup>3</sup>
aukude kaal	9,16 t
aukude osakaal	<b>0,07</b>

Tabel 18. Algmurde tegemine CD kihti arvutus kõrgusel 3,27 meetrit

<b>algmurre CD kihis 3,27</b>	
algmurde auke	9,00 tk
aukude diameeter	0,28 m
aukude pikkus	3,50 m
aukude pindala	1,11
algmurdega kihist väljapuuritav	0,59
aukude ruumala	3,88 m <sup>3</sup>
aukude kaal	9,16 t
aukude osakaal	<b>0,06</b>

Saadud tulemused kasutan transpordi ja rikastamise, ning ladestustasude arvutusel ja saan kaubapõlevkivi tonni omahinnaks 2,98 meetri kõrguste lagede korral **6,11 EUR** ja 3,27 meetri puhul **6,86 EUR**.

Kuna ma ei võtnud arvesse seadme suuremat koormust, kulumist ja puurimise ajakulu siis on kahtlane, kas kõnealune ratsionaliseerimine endaga kasu kaasa toob.



## 7.2 Arvutuste tulemused

Tabel 19 Koondtabel

1. Tööjõu kulu	2,98		3,27	
	EUR/t kaevis	EUR/t pk	EUR/t kaevis	EUR/t pk
Amet				
toestaja	0,07	0,11	0,05	0,08
algmurde puurija	0,05	0,08	0,05	0,08
laenguaukude puurija	0,05	0,08	0,06	0,10
lõhkajad	0,04	0,07	0,05	0,09
laadurijuhid	0,07	0,11	0,07	0,11
lahtitoestajad	0,05	0,07	0,03	0,06
elektriluksepp	0,02	0,03	0,01	0,02
kokku	0,36	0,55	0,31	0,54
2. Amortisatsiooni arvutus				
masinate loetelu	Kaevis EUR/t		Kaevis EUR/t	
Toetus FA523	0,10	0,15	0,10	0,17
Algmurre SMAG	0,07	0,11	0,07	0,12
Laenguugud M1L	0,09	0,14	0,09	0,16
lõhkamisseadmed	0,00	0,00	0,00	0,00
laadurid	0,24	0,37	0,24	0,42
lahtitoestaja RoofMaster	0,03	0,05	0,03	0,05
konveier-purusti	0,14	0,22	0,14	0,25
tuulutus	0,00	0,01	0,00	0,01
kokku	0,68	1,05	0,68	1,18
3. Kulutused põhilistele materjalidele:				
materjalid	Kaevis EUR/t		Kaevis EUR/t	
ankurtoetus	0,04	0,05	0,03	0,05
diiselkütus	0,49	0,75	0,49	0,85
lõhkematerjalid	0,76	1,16	0,76	1,31
	0,00	0,00	0,00	0,00
Teiste seadmete varuosad jm	0,05	0,08	0,05	0,09
kokku	1,33	2,04	1,33	2,30
4. elektrienergia kulu (installeeritud võimsuse järgi)				
ettevalmistav tehnika	0,02	0,03	0,02	0,04
konveier-purusti	0,05	0,08	0,05	0,09
Toetusmasin FA523	0,01	0,01	0,01	0,02
tuulutus	0,02	0,04	0,02	0,04
Lahtitoestamine	0,01	0,01	0,01	0,02
kokku	0,11	0,17	0,11	0,20
6. omahind kambriplokis	2,49	3,81	2,44	4,22
omahind koos rikastus ja transport	3,29	5,48	3,24	6,14
vahe		0,66		
omahiind koos ressursimaks ja ladestustasuga		6,28		7,04
vahe		0,76		
omahind koos maksude ja algmurdega CD kihti		6,11		6,86
vahe		0,75		
vahe tavaviisiga		0,17		0,18

## 8 Tulemuste analüüs

Minu arvutustest tulemustest (Tabel 19) paistab, et kõrgusel 2,98 meetrit on kasulikum kaevandada, kui kõrgusel 3,27 meetrit. Koos ressursimaksu ja aheraine ladestustasuga on vahe 0,76 EUR tonni põlevkivi kohta. Ilma nendeta 0,66 EUR põlevkivi tonni kohta. Kui veel, lisaks madalamale kambriale, kasutada ka algmurret CD kihti saame omahinna vaheks 0,93 EUR tonni põlevkivi kohta. Protsentides väljendatuna on 2,98 meetri kõrguse kambri kaevandades põlevkivi tonni omahind 10,8 % väiksem, omahind koos ressursitasu ja ladestustasuga erineb 10,8 %. Kui, lisaks madalamale laele, võtta kasutusele ka algmurre CD vahekihti, erineb omahind 13,2 %.

## 9 Kasutatud kirjandus

1. Kambriplokk 15 tehniline dokumentatsioon. Ojamaa kaevandus.
2. Saarnak, M. Rusanov F. 2014. Ojamaa kaevandus – Eesti kõige uuema kaevanduse toodang õlitehasele. Tallinna Tehnikaülikool, Mäeinstituut, Tallinn. 163
3. Reinsalu E. 2016. Eesti Mäendus III. Tallinna Tehnikaülikool, Energeetikateaduskond. Tallinn.
4. Kaubapõlevkivi. EVS 670:1998. Eesti Standardiamet. 1998
5. Maaameti geoportaal
6. „Drilling Technology“ Nordmeyer-SMAG, [http://nordmeyer-smag.de/fileadmin/template/assets/images/Produkte\\_Untertage/NM\\_www\\_pros\\_bohrtechnik\\_e-d\\_16.11.16.pdf](http://nordmeyer-smag.de/fileadmin/template/assets/images/Produkte_Untertage/NM_www_pros_bohrtechnik_e-d_16.11.16.pdf)
7. Boomer M1L, Atlas Copco, <http://www.atlascopco.co.uk/en-uk/mrba/products/drill-rigs/face-drill-rigs/face-drill-rigs/boomer-m1l>
8. Boomer 281, Atlas Copco, [http://www.atlascopcoustores.com/new\\_vehicle\\_detail.asp?veh=465110&CatDesc=&=](http://www.atlascopcoustores.com/new_vehicle_detail.asp?veh=465110&CatDesc=&=)
9. Technical data Schopf SFL65, [www.infomine.com/suppliers/.../SCHOPF\\_Prospekt\\_SFL65\\_eng.pdf](http://www.infomine.com/suppliers/.../SCHOPF_Prospekt_SFL65_eng.pdf)
10. Technical data Schopf SFL100, [www.infomine.com/suppliers/.../SCHOPF\\_Prospekt\\_SFL100\\_eng.pdf](http://www.infomine.com/suppliers/.../SCHOPF_Prospekt_SFL100_eng.pdf)
11. Technical data Scooptram ST7, [www.corporacionfont.com/wp-content/uploads/.../Scooptram-ST7.pdf](http://www.corporacionfont.com/wp-content/uploads/.../Scooptram-ST7.pdf)
12. Technical data Scooptram ST1030, <http://www.atlascopco.co.uk/en-uk/mrba/products/loaders-and-trucks/diesel-loaders/scooptram-st1030>
13. Technical data Scooptram ST 1530, <https://mining.tcg.ru/assets/files/PDM/ST1530.pdf>
14. „Ural 33M“ Coal cutter, <http://www.kopemash.ru/en/products/67/350.html>
15. Kasuliku mudeli kirjeldus EE00997U1, Patendiamet

## 10 Tabelid

TABEL 1. GEOLOOGILISED TINGIMUSED [1] .....	8
TABEL 2. KORISTUSJAOSKONNA TEHNIKA LOETELU [1] .....	9
TABEL 3. LÖHKETÖÖDE PÕHILISED PARAMEETRID [1] .....	20
TABEL 4. SELETUSED DETONATSIOONIVÕRGU ARVUTUSELE [1] .....	21
TABEL 5. KIHINDI LÄBILÕIGE KÕRGUSEL 3,27 MEETRIT [1] .....	29
TABEL 6. KIHINDI LÄBILÕIGE KÕRGUSEL 2,98 MEETRIT [1] .....	29
TABEL 7. INIMVAHETUST KAEVISE TONNI KOHTA KÕRGUSEL 2,98 MEETRIT .....	31
TABEL 8. INIMVAHETUST KAEVISE TONNI KOHTA KÕRGUSEL 3,27 MEETRIT .....	31
TABEL 9. TÖÖJÕUKULU TONNI KAEVISE KOHTA KÕRGUSEL 2,98 MEETRIT .....	32
TABEL 10. TÖÖJÕUKULU TONNI KAEVISE KOHTA KÕRGUSEL 3,27 MEETRIT .....	32
TABEL 11. AMORTISATSIOONI ARVUTUS TONNI KAEVISE KOHTA KÕRGUSEL 2,98 MEETRIT .....	32
TABEL 12. AMORTISATSIOONI ARVUTUS KAEVISE TONNI KOTA KÕRGUSEL 3,27 MEETRIT .....	32
TABEL 13. MATERJALIDE ARVUTUS TONNI KAEVISE KOHTA KÕRGUSEL 2,98 MEETRIT .....	33
TABEL 14. MATERJALIDE ARVUTUS TONNI KAEVISE KOHTA KÕRGUSEL 3,27 MEETRIT .....	33
TABEL 15. ELEKTRIENERGIA ARVUTUS TONNI KAEVISE KOHTA KÕRGUSEL 2,98 MEETRIT .....	33
TABEL 16. ELKTRIENERGIA ARVUTUS TONNI KAEVISE KOHTA KÕRGUSEL 3,27 MEETRIT .....	33
TABEL 17. ALGMURDE TEGEMINE CD KIHTI ARVUTUS KÕRGUSEL 2,98 MEETRIT .....	35
TABEL 18. ALGMURDE TEGEMINE CD KIHTI ARVUTUS KÕRGUSEL 3,27 MEETRIT .....	35
TABEL 19. KOONDTABEL .....	36

## 11 Joonised

JOONIS 1. PÕLEVKIVI KIHINDI LÄBILÕIGE [3].....	5
JOONIS 2. OJAMAA KAEVANDUSE ASUKOHA PLAAN [5].....	6
JOONIS 3 OJAMAA KAEVANDUSE PLAAN [1].....	7
JOONIS 4 SMAG GB 280 [6].....	10
JOONIS 5. BOOMER M1L [7].....	11
JOONIS 6. BOOMER 281 [8].....	11
JOONIS 7. SMAG BW 52 [6].....	12
JOONIS 8. SCHOPF SFL 65 [9].....	12
JOONIS 9. SCHOPF SFL 100 [10].....	13
JOONIS 10. AC SCOOPTRAM ST7 [11].....	13
JOONIS 11. AC SCOOPTRAM ST 1030 [12].....	14
JOONIS 12. AC SCOOPTRAM ST1530 [13].....	14
JOONIS 13. URAL 33M [14].....	16
JOONIS 14. LAENGUAUKUDE ASETUSE SKEEM EE KÕRGUSEL 2,98 MEETRIT (EESTVAADE) [1].....	17
JOONIS 15. LAENGUAUKUDE ASETUSE SKEEM EE KÕRGUSEL 2,98 MEETRIT (PEALTVAADE) JA LAENGU KONSTRUKTSIOON [1].....	17
JOONIS 16. LANGUAUKUDE ASETUSE SKEEM EE KÕRGUSEL 2,98 MEETRIT (KÜLGVAADE) JA SÜÜTEVÕRGU SKEEM [1].....	18
JOONIS 17. LAENGUAUKUDE ASETUSE SKEEM EE KÕRGUSEL 3,27 MEETRIT (EESTVAADE) [1].....	18
JOONIS 18. LAENGUAUKUDE ASETUSE SKEEM EE KÕRGUSEL 3,27 MEETRIT (PEALTVAADE) JA LAENGU KONSTRUKTSIOON [1].....	19
JOONIS 19. LAENGUAUKUDE ASETUSE SKEEM EE KÕRGUSEL 3,27 MEETRIT (KÜLGVAADE) JA SÜÜTEVÕRGU SKEEM [1].....	19
JOONIS 20. SMAG FA 523VED [6].....	23
JOONIS 21. OJAMAA KAEVANDUSE 15. KAMBRIPLOKI LAE GEOLOOGILINE LÄBILÕIGE [1].....	23
JOONIS 22. ANKURTOE JOONIIS[15].....	25
JOONIS 23. KAMBRIPOKK NR. 15 TOESTUSE SKEEM [1].....	25
JOONIS 24. PUURSEADME ETTEANDESEADME KASUATMINE AJUTISE TOENA [1].....	26
JOONIS 25. KAMBRIPLOKI NR. 15 LAHTITOESTAMISE SKEEM [1].....	27

## 10 Lisad

„Arvutused“ Microsoft Excel

## 11 Lihtlitsents lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ja reprodutseerimiseks

Mina: Meelis Lust

(*autori nimi*) (sünnikuupäev: 07.09.1977. )

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Kambri kõrguse mõju toodangu omahinnale tulptervikutega kaevandamisel“

(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja on Erik Väli ,

(*juhendaja nimi*)

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;  
1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

\_\_\_\_\_ (*allkiri*)

28.05.2017. (*kuupäev*)