



Soonuri kasutamisevõimaluste analüüs Ojamaa põlevkivikaevanduse näitel

Magistritöö

Juhendaja: Tõnu Tomberg, MSC

Kaasjuhendaja: Vladimir Mazin, VKG
Kaevandus OÜ,
Peatehnoloog

Üliõpilane: Roman Malõšev
176442YAEM

Õppekava nimetus: YAEM 14/15

Tallinn 2020

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

Autor: Roman Malõšev

[allkiri ja kuupäev]

Töö vastab bakalaureusetööle/magistritööle esitatavatele nõuetele.

Juhendaja: Tõnu Tomberg

[allkiri ja kuupäev]

Töö on lubatud kaitsmisele.

Kaitsmiskomisjoni esimees: [nimi]

[allkiri ja kuupäev]

Lihtlitsents lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ja reprodutseerimiseks

Mina, Roman Malõšev, s. 22.08.1995

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose,

Soonuri kasutamisevõimaluste analüüs Ojamaa põlevkivikaevanduse näitel

mille juhendaja on Tõnu Tomberg,

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)

11.06.2020 (kuupäev)

Lõputöö ülesanne

Töö ID	2046M	Õppekava kood	YAEM14/15
Üliõpilane	Roman Malõšev	Matrikli nr	176442YAEM
Töö liik	Magistritöö	Õppeaine kood	
Juhendaja	Tõnu Tomberg Vladimir Mazin	Ülesanne kehtib kuni	31.08.2020
Töö pealkiri	Soonuri kasutamisevõimaluste analüüs Ojamaa põlevkivikaevanduse näitel		
Pealkiri ingl k	Analysis of possibilities for using chain cutter mining machines in the Ojamaa oil shale mine		
Töö sisu põhipunktid	<ol style="list-style-type: none">1. Probleemi sisu2. Mäenduslikud tingimused3. Käesoleval ajal kasutatav tehnoloogia4. Puur-lõhketööd käesoleval ajal kasutatavat tehnoloogiat kasutades5. Soonuri valik ja iseloomustus6. Puur-lõhketööd soonuri kasutamisel7. Kambrate ja tervikute arvutus8. Tehnoloogiate võrdlev analüüs9. Kokkuvõtte		
Seotud teadusprojekt ja/või asutus	VKG Kaevandused OÜ		
Lisamärkused			
Esitamise kuupäev	4. juuni 2020	Kaitsmise kuupäev	11. juuni 2020

Üliõpilane

Juhendaja

Konsultant

nimi

alkiri

kuupäev

Soonuri kasutamisevõimaluste analüüs Ojamaa põlevkivikaevanduse näitel

Sisukokkuvõte

Töö ülesandeks oli töötada välja alternatiivne puur-lõhketööde tehnoloogia põlevkivi kamberkaevandamiseks Ojamaa põlevkivikaevanduse tingimustes.

Hetkel näeb pass ette üheksa 280 mm läbimõõduga almurde puuraugu puurimist D/C kihti.

Töö käigus töötati välja põlevkivi kamberkaevandamise uus tehnoloogiline variant iseliikuva soonuri Fantini kasutamisega. Väljatöötatud tehnoloogia kasutamisel soositakse põlevkivi kihindisse 1 horisontaalne (lakke) ja 2 vertikaalset soont (kambri külgedel).

Peamised uue tehnoloogia kasutuselevõtu eesmärgid on järgmised:

- vähendada lõhkeaine eri- ja üldkulu kamberkaevandamisel, suurendades sellega tükikivi saagist kaubas;
- vähendada mittetootsast kihindist (laekihtidest) lisanduva kaevise kogust;
- vähendada põlevkivi kadusid tervikutes.

Käesoleval ajal kasutatava ning uue välja töötatud tehnoloogiat võrdlus näitab, et:

- Väheneb lõhkeaine erikulu
 - Kasutatav tehnoloogia 0,96 kg/m³
 - Uus tehnoloogia 0,92 - 0,47 kg/m³
- Põlevkivi kaod kambriploki tervikutes
 - Kasutatav tehnoloogia 16%
 - Uus tehnoloogia 12%
- Suure tõenäosusega suureneb tükikivi osa kaubapõlevkivis.

Välja töötatud tehnoloogilise lahenduse parameetrite täpsustamiseks on vaja tulevikus teha täiendavaid teoreetilised ja empiirilisi uuringuid.

Analysis of possibilities for using chain cutter mining machines in the Ojamaa oil shale mine

Abstract

The task of the work was to develop an alternative drill-and-blast technology for oil shale room-and-pillar mining in the Ojamaa oil shale mine.

Current drill-and-blast plan requires drilling of nine 280 mm first cut drillholes into D/C layer.

A new drill-and-blast plan for oil shale room-and-pillar mining with use of chainsaw machine Fantini was developed. Developed technology foresees 1 horizontal (roof) and 2 vertical slots (on the sides of the room) are cut in the oil shale layers.

The main goals of the introduction of new technology are:

- To reduce the specific and overall consumption of explosives during mining, thus increasing the share of coarse oil shale in product;
- To reduce dilution of run-of-mine from non-industrial layers (roof layers);
- To reduce oil shale losses in pillars.

Comparison of the two technological options shows that:

- The specific and overall consumption of explosives is reduced
 - Current technology 0,96 kg/m³
 - New technology 0,92 - 0,47 kg/m³
- Oil shale losses in the pillars:
 - Current technology 16%
 - New technology 12%
- The share of coarse oil shale in product will probably increase.

Further theoretical and empirical research is needed in the future to specify the parameters of the developed technological solution.

Sisukord

1. Sissejuhatus	9
1.1 Probleemi käsitus	10
2. Kaevandusvälja mäenduslikud tingimused.	11
2.1 Ojamaa kaevanduse geoloogiline ehitus ja maavara varud	12
2.2 Põlevkivikihi ehitus ja kvaliteet	13
2.3 Kaevevälja hüdrogeoloogiline iseloomustus	15
3. Käesoleval ajal kasutatav tehnoloogia.	16
4. Soonurite iseloomustus	17
4.1 Fantini soonur	19
5. Kambrite ja tervikute arvutuste juhend.....	20
5.1 Lae piirava ja kambrite mõõtmete hindamine baasvariandis.....	22
5.2 Lae piirava ja kambrite mõõtmete hindamine soonitud algmurde kasutamisel.....	23
5.3 Tervikute arvutus	24
5.4 Tervikute arvutus puuritud algmurde kasutamisel	25
5.5 Tervikute arvutus soonitud algmurde kasutamisel.....	26
6. Puur-lõhke tööd	27
6.1 Puur-lõhketööde parameetrite arvutus.....	28
6.2 Näitajad ja valemid.....	29
6.3 Tüüppass (puuritud algmurdega)	31
6.4 Katsepass (soonitud algmurdega)	32
7. Ee ettevalmistamise tehnoloogia kirjeldus erinevatel variantidel	33
7.1 Tüüppass (SMAG)	33
7.2 Katsepass (Soonur).....	34
7.3 Tööde järjekord lõhkamise ajal.....	39
8. Tehnoloogiate võrdlus.....	40
9. Kokkuvõte	42
Kasutatud kirjandus	43

Joonised

Joonis 1. Ojamaa põlevkivikaevandus asukoht.....	11
Joonis 2. Ojamaa põlevkivikaevanduse mäeeraldise piir.....	12
Joonis 3. Põlevkivikihi ehitus.....	14
Joonis 4. Allmaa kaevandamise protsessid.	17
Joonis 5. Itaalia ettevõtte „Fantini“ soonur.....	19
Joonis 6. SMAG GB 280.....	34
Joonis 7. Horisontaal soonimine - 1. samm.....	35
Joonis 8. Horisontaal soonimine - 2. samm.....	35
Joonis 9. Horisontaal soonimine - 3. samm.....	35
Joonis 10. Horisontaal soonimine - 4. samm.....	36
Joonis 11. Horisontaal soonimine - 5. samm.....	36
Joonis 12. Vertikaal soonimine - 1. samm.....	37
Joonis 13. Vertikaal soonimine - 1. samm.....	37
Joonis 14. Vertikaal soonimine - 1. samm.....	37
Joonis 15. Lõhkeaukude asutuse skeem.....	38
Joonis 16. Lõhkeaukude viiteseeriade skeem.....	38
Joonis 17. Fantini soonurid kaevanduses (mitte Ojamaa).....	38
Joonis 18. Teoreetilise kamberploki parameetrid.....	39

Tabelid

Tabel 1. Põlevkivikihtide omadused.....	15
Tabel 2. Laepüsivuskoeffitsient.....	20
Tabel 3. Lõhkamistöõde andmed.....	28
Tabel 4. Lõhkeaine normatiivne erikulu.....	30
Tabel 5. Struktuuritegur.....	30
Tabel 6. Lõhkeaine erikulu parandustegur.....	31
Tabel 7. Kasutatud masinapark.....	33
Tabel 8. Mõõtmete võrdlus.....	40

Lisad

- Lisa 1. Soonuri paiknemine ees.
- Lisa 2. Võimalik Fantini soonuri mudel.
- Lisa 3. Üks kehtivatest passidest Ojamaa kaevanduses. Näide.
- Lisa 4. Võimalik katsepass soonuri kasutamisega. Näide.

1. Sissejuhatus

Viru Keemia Grupp on erakapitalil põhinev Eesti suurtööstusettevõtte, mille peamised tegevusalad on põlevkivi kaevandamine, põlevkiviõli, soojus- ja elektrienergia koostootmine ning peenkeemia toodete valmistamine ja turustamine.[1]

VKG Kaevandused OÜ on Viru Keemia Grupp AS-i tütarettevõtte. VKG Kaevandused OÜ kaevise aastatoodanguks on 3,2...4,3 Mt. Põlevkivi tootuskihi väljamiseks paksusega 2,6...3,2 m kasutatakse sammastervikutega ja puur-lõhketöödega kamberkaevandamise tehnoloogiat. Kaevise töödeldakse rikastusvabrikus, kus saadakse tüki- ja peenkivi ning rikastusjääk (lubjakivi). Tüki- ja peenkivi läheb õli tootmiseks.

Õli tootmiseks on kasutusel kahte tüüpi õlivabrikud („Kiviter“ ja „Petroter“), mis tarbivad erineva kvaliteedi ja kvantiteediga põlevkivi. Praegune tükkikivi vajadus õlitehases ületab peenkivi vajaduse ja on tekkinud kaevanduse toodangus peenkivi ülejääk.

Lõpptoodangu kvaliteedi võtmeküsimuseks on puur-lõhketööd, millest sõltub kogu ettevõtte töö efektiivsus. Puur-lõhketööde passide moderniseerimine, lähtudes mäenduslikest ja geoloogilistest tingimustest, aitab kaasa ettevõtte töö parandamiseks.

1.1 Probleemi käsitus

Ojamaa kaevanduse põhiliseks suunaks on saada võimalikult hea tükisuurusega kaubapõlevkivi. Puur-lõhketööde arengul on alati ruum parandamiseks, mis tähendab lõhkeaine muutmise, koguse muutmise, puuraukude arvu ja asetuse muutmise jne. Käesoleval ajal Ojamaa kaevanduses kambriplokis ees puuritakse 9 algmurde auku ja kontuuripuuraku perimeetrit. Selle skeemi puuduseks on lõhkelaengute hävitav mõju kogu kambri perimeetrit, mille tulemusena ei saa kambri kõrgust säilitada kasuliku kihi 3,05 m ulatuses; kivimikihid varisevad 3,20 meetrile ja kõrgemale. See tähendab et väljätavale kaevisele lisandub mittetootne põlevkivi laekihindist, mis ei ole päris otstarbekalt rikastusvabrikule arä vedada.

Samuti negatiivse plahvatuse mõju võetakse kambritevaheliste tervikute suuruse määramisel arvesse, sest tervikutel on parameeter nagu seinte nõrgestustsoonide summaarne laius. Muutused puur-lõhketöödel nagu lõhkeaine erikulu vähendamine võib parandada tervikute stabiilsust, mis samuti tõstab turvalisust kaevurite jaoks.

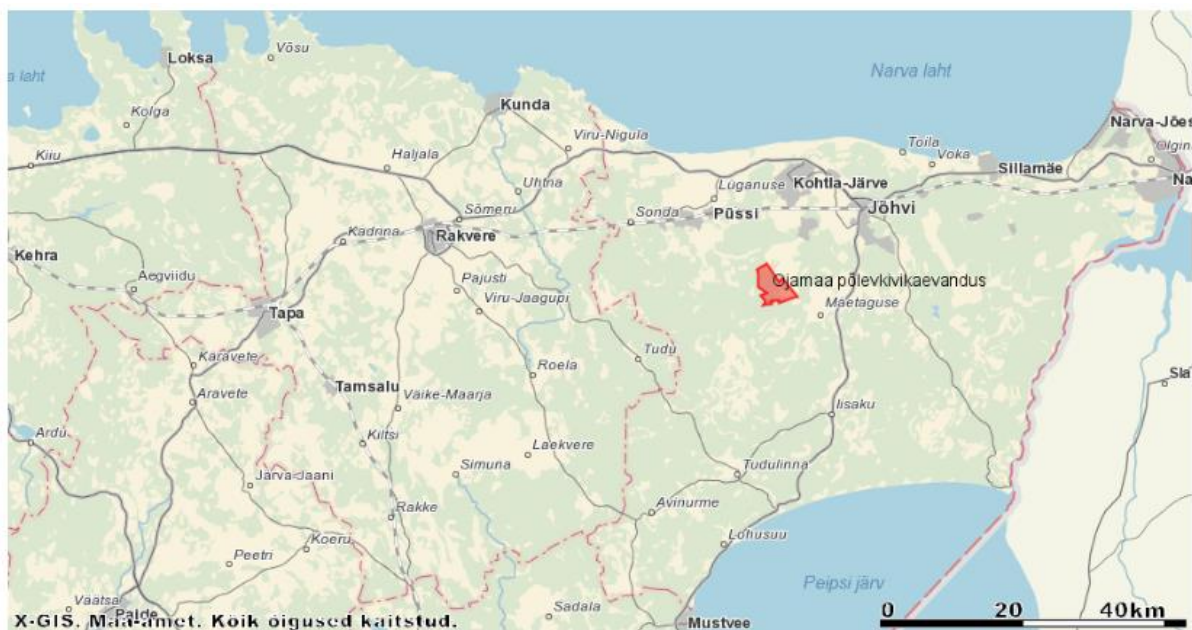
Selles töös analüüsin puur-lõhketööde tehnoloogia soonuri kasutamist. On põhjust arvata, et laengute asjakohase asukoha ja perimeetri sisselõigete olemasolu korral pole tsentraalsete aalmurrete puurimine vajalik. See tähendab, et tehnoloogilises protsessis võib soonur asendada SMAG GB280.

2. Kaevandusvälja mäenduslikud tingimused.

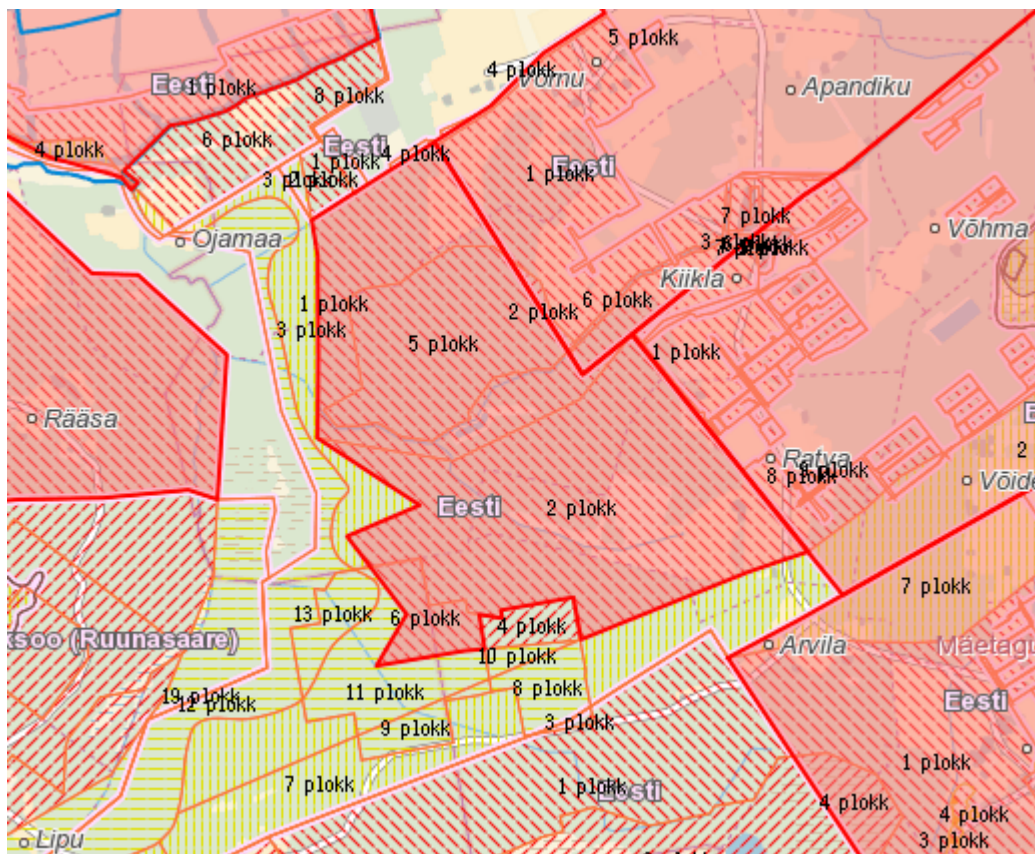
Ojamaa kaeveväli asub Eesti põlevkivimaardla keskosas ja administratiivselt paikneb Ida-Virumaa Mäetaguse ja Maidla vallas. Kaevandamisluba nimetatud kaeveväljal kinnitati Keskkonnaministeeriumi poolt 27.09.2004 ja selle number on KMIN-055. Kaevandamist alustati aastal 2009. [2]

Kaevevälja piirid on järgmised: põhjas – Kohtla kaevandus, Idas – Sompa ja Viru kaevandus, kus on varu ammendatud ja kaevandused täitunud veega. Lõunas - Ahtme tektooniline rike ning Muraka LKA. Läänes on kaevevälja piiriks Purtse ürgorg. [3]

Ojamaa kaevandusel on rikastusvabrik, ka purustus- ja sõelumiskompleks. Sõelumiskompleksist väljub 2 erinevat põlevkivi fraktsiooni 0...25 mm ja 25...125 mm, millest esimene suunati otse 12 km pikkusele konveierile Kohtla-Järve suunas, ning suurem fraktsioon kuulus rikastamisele ehk põlevkivi ja paekivi (aheraine) eraldamisele. [4]



Joonis 1. Ojamaa põlevkivikaevandus asukoht. Joonis Maa-amet kaardirakendusest.



Joonis 2. Ojamaa põlevkivikaevanduse mäeeraldise piir. Joonis Maa- ameti kaardiserveri maardlate rakendusest.

2.1 Ojamaa kaevanduse geoloogiline ehitus ja maavara varud

Maapind vaadeldava kaevevälja kohal on peamiselt tasane, kuid esineb ka ebatasasusi. Kõige kõrgem on idapoolne osa. Maapinna pidev langus toimub läänesuunas. Ligi 70% pindalast on kaetud metsaga, soostunud alad hõlmavad kuni 20%. Hüdrograafilise võrgu moodustavad kuivenduskraavid. [3]

Ojamaa kaeveväljal on suhteliselt lihtne geoloogiline ehitus. Katendi paksus kogu põlevkivikihi ulatuses jääb enamasti 28-31 m piiridesse. Kattekivimid koosnevad peamiselt karbonaatsetest kivimitest, neid katavad erineva paksusega kvaternaarsed setted. Karbonaatsed kivimid koosnevad peamiselt peenekristallilistest õhukesekihielistest kergelt savikatest paekihtidest üksikute mergli ja põlevkivi vahekihtidega. [3]

Kaevandatava põlevkivi kihindi põhja lasumissügavus maapinnast on põhjapiiril 30 meetrit, kasvades lõuna suunas 40 meetrini. Kaevandusvälja keskosas sügavus kõigub 35 ja 42 meetri vahel.

Põlevkivi ja teda katvad lubjakivid kuuluvad Keskordoviitsiumi ladestusse. Põlevkivi põhilise katendi (aluskiivid) moodustavad lubjakivid, mis sisaldavad alumises osas õhukesi kerogeeni

sisaldavaid vahekihte ja ka savikaid vahekihte. Lubjakivikompleksi kogupaksus on 25–36 meetrit, kivimeid läbivad vertikaalsuunalised tektoonilised lõhed. [2]

Kaevandamisloa kehtivus on alates 28.10.2004 kuni 27.09.2029. Kaevandamisel maksimaalse lubatud aastamäär on 3500 tuhat t aastas. Maavara kasutusala on energia ja põlevkiviõli tootmine. [5]

2.2 Põlevkivikihi ehitus ja kvaliteet

Põlevkivikihi keskmine paksus kaevevälja põhjapoolses osas on 2,62 m, s.h. põlevkivikihtide paksus - 2,17 m.

Terve põlevkivikihi iseloomustamiseks vaatleme lühidalt üksikuid kihte.

Kiht A lasub põlevkivikihi allosas ja kujutab endast nõrgalt savikat pruuni või tumepruuni põlevkivi. Kihi paksus on 0,12...0,15 m, keskmiselt 0,13 m.

Kiht B – pruun põlevkivi, kergelt savikas, löögi puhul puruneb õhukesteks kihtideks. Kihi B põlevkivi on kõige kõrgema kütteväärtusega ja kõige puhtam. Paksus on vahemikus 0,5...0,6 m, keskmiselt 0,53 m.

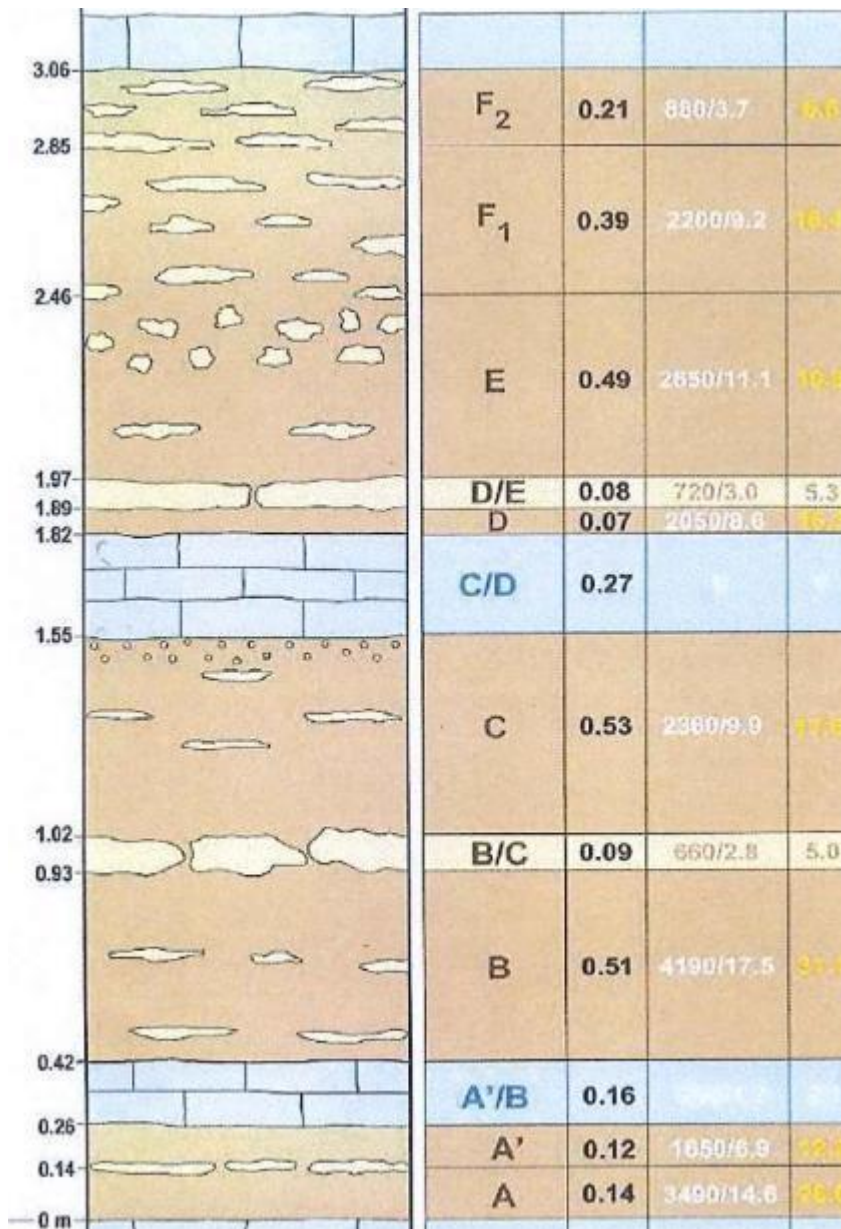
Kiht C – põlevkivi on pruun või tumepruun koos lubjakivimugulatega ja lubjakivi vahekihtidega (paksusega 0,04...0,05 m). Kihi alumises osas on põlevkivi puhas ja kerge. Kihi paksus suureneb 0,04...0,05 m lõunaosas kuni 0,2...0,3 m põhjaosas.

Kiht C/D nn. „kaksikpaas” – tihe paas, värvus helehallist tumehallini. Tavaliselt kihi C/D kontaktid põlevkivikihtidega on selged, teravad ja sirged. C/D praktiliselt ei sisalda kerogeeni. „Kaksikpaas” on tootsas kihindis kõige paksem ja hästi markeeriv oma ühtlase paksuse, suure kõvaduse ja halli värvuse poolest Kihi keskmine paksus on 0,25 m.

Kiht D – hästi savikas põlevkivi (vahest ka kerogeenisaldav mergel) pruunikas-hall roheka varjundiga, raske, löögi puhul puruneb plaatideks. Paksus on 0,03...0,1 m, keskmiselt 0,08 m.

Kiht E – põlevkivi, värvus helepruunist tumepruunini, sisaldab kerogeenseid lubjakivi konkretsioone mõõtmetega kuni 0,06...0,07 m. Kihi paksus on 0,40...0,60 m, keskmiselt 0,47 m.

Kihindi ehitus koos keskmiste näitajatega plokis I on antud joonisel 3.



Joonis 3. Põlevkivikihi ehitus

Arvestades töös kasutatavaid iseliikuv soonura tehnilisi parameetreid on tabelis välja toodud erinevate põlevkivi kihtide füüsikalisi-mehaanilisi omadusi. Tabelist võib järeldada, et kõige rohkem kulutab tööorgan oma löiketerasid lubjakivi vahekihtides. Märkimist väärib F2-3 vahekiht, millel on maksimaalne survetugevus ja Protodjakonovi tugevusarv. Suure survetugevuse ja Protodjakonovi tugevusarvuga on ka C/D kiht ehk kaksikpaas paksusega 30 cm

Põlevkivikihi A–F1 kütteväärtus on kõrge, võrreldes maardla ülejäänud hõlvamata osaga. Kihindi ülapaksus on 2,6–2,9 m, mäemassi kütteväärtus 8,7–10,5 MJ/kg ja energiatootlus 41–46 GJ/m². [3]

Tabel 1. Põlevkivikihtide omadused.

Kiht	Paksus, m	Kütteväärtus		Protodjakonovi tugevus	Survetugevus, Mpa	
		kcal/kg	MJ/kg		min	max
F ₁	0,38	2340	9,8	3 – 4	23,5	39,2
E	0,44	2896	12,1	2 – 3	19,6	29,4
E/D	0,08	718	3,01	3 – 5	29,4	54,0
D	0,07	2056	8,61	2 – 3	14,7	29,4
D/C	0,20	596	2,5	6 – 7	58,8	85,0
C	0,57	2926	12,2	2 – 3	17,2	25,5
C/B	0,11	778	3,3	6 – 7	56,8	71,5
B	0,54	4340	18,2	2 – 3	14,7	29,4
B/A'	0,14	365	1,5	4 – 7	41,2	67,6
A'	0,09	1927	8,1	2	15,7	18,4
A'/A	0,02	602	2,5	2 – 3	14,7	29,4
A	0,13	3610	15,1	1 – 2	15,7	18,4

2.3 Kaevevälja hüdrogeoloogiline iseloomustus

Arvestades mäemassiivi ehitust kaevevälja piirides, on vee juurdevool kaeveõntesse suurim ordoviitsiumi veekompleksist, kuhu kuuluvad Nabala-Rakvere ja Keila-Kukruse veekihid.

I. Nabala-Rakvere veekiht levib vaadeldava ala kaguosas ja võtab enda alla Rakvere ja Nabala lademetel lõhelist lubjakivid ja dolomiidid kogupaksusega 7 m.

II Keila-Kukruse veekiht levib Kukrusse, Idavere, Jõhvi Keila veekihi alumises osas ja võtab enda alla peaaegu kogu Ojamaa kaevevälja. Lamamis lasub põlevkivikiht. [2]

Kaevandusvesi on suurema mineraalisaldusega, põhiliselt sulfaatide arvel.

Põlevkivi kaevandamisel kaevandusvee tase langeb kuni kaevevälja põrandani. Sõltuvalt meteoroloogilistest faktoritest iseloomustavad vee juurdevoolu suured sesoonsed kõikumised.

Tektooniliste rikete vööndeid ja karsti iseloomustavad suurenenud vee juurdevool (vee juurdevool kaevandusse võib küündida kuni 200 m³/tunnis), laekivimite ebapüsivus ja tühikute moodustumine nendes. Tektooniliste rikete keskosa on täidetud savika vett halvasti läbilaskva materjaliga. Rikketsoonide äärealade avamisel kaeveõntega suureneb vee juurdevool.

3. Käesoleval ajal kasutatav tehnoloogia.

Praegu on kasutatud sammastervikutega kamberkaevandamine, kus on arenenud puur-lõhke tööde tehnoloogia. Mäerõhu kontroll on tagatud hoidetervikutega mõeldud pikemale elueale, mis hoiavad kivimit mäemassiivis. Nende vahele moodustatakse kambrid, kus saavad mäemasinad liikuda ning manööverdada. Kambrite toestamiseks on kasutusel ankurtoestik. Ankurid on korduvkasutatav, mis teeb selle kasutamise mugavamaks. Jagamine kasuliku tootele ja lubjakivile toimub rikastusvabrikus rikastumise protsessi ajal. [6]

Kaevanduse põhiprotsessideks on läbindus- ehk ettevalmistustööd ning koristustööd. Neid toetavad protsessid on tuulutus, veekõrvaldus, energiavarustus, seadmete montaaž/demontaaž ja allmaatransport.

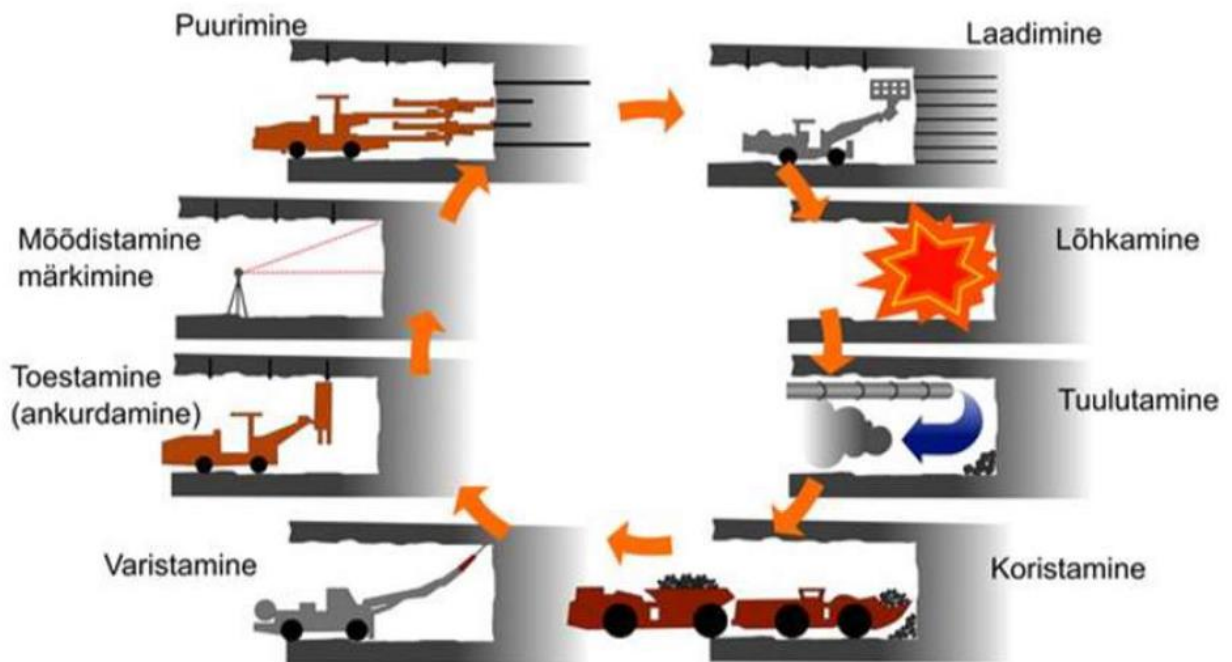
Tuulutuse eesmärgiks on tagada kasutusel olevates kaeveõontes pidev õhuvahetus, et töölistel oleks võimalik töötada. Kaevanduse allmaaosas tuulutamiseks kasutatakse suuri ventilaatoreid, mis annavad läbi tuulutussurfide kaevandusse värsket õhku. Kaevanduses juhitakse värsket õhku mööda transpordi- ja konveierstrekke kamberplokkidesse ja läbinduskaeveõontesse.

Veekõrvalduse eesmärgiks on kaevandusvee ärajuhtimine mööda veekraave allmaa veekoguritesse ja nendest vee väljapumpamine maapinnale. Allmaapumplates asuvate pumpade abil pumbatakse kaevandusvesi maapinnal asuvasse settebasseinidesse.

Allmaatranspordi abil toimub kaevisse vedu kaeveõontes ja kaevandusest maapinnale ning inimeste ja materjalide vedu kaevanduses. Kaevanduses esineb kaks liiki transporti: konveier- ja autotransport. Konveiertranspordi korral toimub kaevandatava kaevisse vedu rikastusvabrikule. Kamberploki kaeveõontest veetakse kaevandatud kaevis laadurveokitega kraapkonveieritele.

Läbindustsükkel - rajatakse juurdepääs kaevandatavasse alasse. Läbindustööde eesmärgiks on lõigustada kaeveväli kamberplokkideks ning tagada kaevanduse tuulutus ja inimeste liikumisvõimalus. Lisaks paigaldatakse vajalikud transpordiseadmed ning kommunikatsioonid. [7]

Täielik puhastamisükkel koosneb mitmest eraldatud toimingust, mis on venitatud ajalt ja kaeveväljal aladel.



Joonis 4. Allmaa kaevandamise protsessid.

Mäetööde protsesside paljusus tingib seda, et mäemassi laaditakse ühes ees ainult ühes vahetuses ööpäevas. Ojamaa kaevanduse plaaniliste ülesannete täitmiseks tuleb töös hoida 7 kuni 8 monteeritud kamberplokki. [2]

Lõhatud kivimi mass oma koostiselt sisaldab mittegabariite. See põhjustab avariilisust konveiertranspordil. Seetõttu mittegabariitne materjal purustatakse gabariitseks purustitel, mis on paigaldatud laadimiskohtadesse igas kamberplokkis.

4. Soonurite iseloomustus

Kettsaag on elektrimootori, suruõhu, hüdraulilise süütevõimendi või bensiinimootori jõul töötav mehaaniline sae, mille tööosaks on kettsaag, mis koosneb ketist, mis on suletud ringis, mis liigub piki juhtrööpa.

Spetsiaalsete kettsaagidega saab lõigata betooni, tellist ja looduslikku kivi. Nad võivad kasutada bensiini või hüdraulilist jõudu ning kett on suure hõõrdumise tõttu kivitolmu eemaldamiseks veega määritud. Masinat kasutatakse ehituses, näiteks seinte või põrandate sügavate ruudukujuliste aukude lõikamiseks, kiviskulptuurideks suurte kivitükkide eemaldamiseks, tuletõrjeosakondadele hoonetele juurdepääsu saamiseks ning hoonete ja monumentide taastamiseks osade eemaldamine ümbritseva konstruktsiooni minimaalse kahjustusega. Hiljuti hakatakse neid kasutada ka kaevandusel. [8]

Selle idee realiseerimiseks, et kasutada soonurid Ojamaa kaevanduses, olime võtnud ühendust kahe Itaalia ettevõttega, kes valmistavad soonureid. Need ettevõtted on „Benetti Machine“ ja „Fantini“. Kuid Benetti keeldus koostööst, kuna nende masinate gabariidid on suurem kui meil on vaja. Seega me jätkasime vestlust firmaga Fantini, kes oli huvitatud meid aidata. Tehniline ülesanne nende jaoks oli järgmine: [7]

Tehnilised andmed

1. Rakendused ja piirangud

Kasutamine	Iga kivimi tüüp, välja arvatud graniidi, lõikamine
Kasutuskeskkond	- Kaevandus
Keskkonna töötemperatuur	$\geq 8^{\circ}\text{C}$
Maksimaalne kalle	12% (6,5°)
Pea pöörlemine	360°
Manipulaatori pöörlemine	360°
Lõikamise sügavus	3,0 m
Põlevkivikihtide kõvadus	20 ÷ 40 MPa (94%)
Lubjakivi kihtide kõvadus	80 MPa (6%)

2. Tootlikus

- Ketil pöörlemiskiirus	Max 3,0 m/sec
- Lõikamise kiirus	≥ 50 cm/min
- Liikumise kiirus roomikutel	Max 2,0 km/h

3. Ee andmed:

- Kambri kõrgus	3050 mm
- Kambri laius	Min 7500mm Max 8750 mm
- Masina kõrgus transpordiasendis	2700 mm

Kavandatud lõikekohtade asukoht on näidatud lõhkepassil punaste joonte kujul (4. lisa). On vaja teostada mittetäieliku ümbermõõdu soon (vertikaalsed sooned läbivad kõik kihid, ülemine soon läheb mööda kihi F kambri täislaiuseni 8,5 m).

Seadsime masina transpordikõrguse 2700 mm, lähtudes kaeveõõse mõõtmetest, mille järgi see töökohta toimetatakse. Erandina on võimalik auto kohale toimetada monteerimata.

Masina kasutamise eesmärk:

- ee kontuuri moodustamine, mille tõttu eeldatakse, et see suurendab lae ja tervikute stabiilsust;
- täiendavate vaba pindade loomine enne lõhkamist;

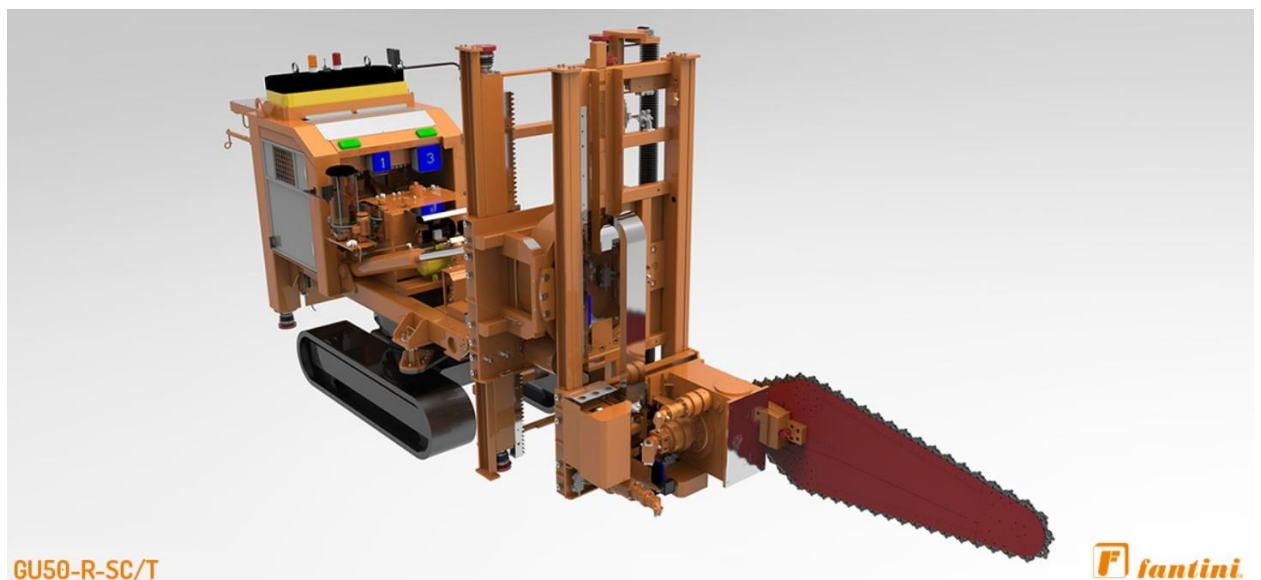
Masina tootlikkuse parameetrid:

Ahela lõikekiirus võetakse vastu analoogselt olemasolevate seadmetega, mida praegu kasutatakse kaevanduste vertikaalsete soonte tekkimiseks vee ärajuhtimiseks.

Eeldatavad lõikamiskiiruse parameetrid määrati pehmete kivimite tingimuste jaoks tugevusega 20–40 MPa ja võimega töödelda kuni 12 kambrit vahetuse kohta. [7]

4.1 Fantini soonur

Fantini Groupi kataloog sisaldab kettsaagi iga tingimuse jaoks ja kohandatud lahendusi iga nõude jaoks.



Joonis 5. Itaalia ettevõtte Fantini soonur

Fantini soonuri tehnilised andmed: [9]

- Koguvõimsus: 45 KW
- Kogumass: 14,000 Kg
- Hüdraulise vedeliku paagi maht: 300 litres
- Ketipöörlemiskiirus: 0.1 kuni 1.7 m/sec.
- Soonimiskiirus normaal tingimustes: 20 cm/min.
- Soonimissügavus: 1.7 metres
- Müratase: 75 decibels
- Kaeveõõne min kõrgus: 3,100 mm
- Kaeveõõne max kõrgus: 3,500 mm
- Tööorgani laius: 40 mm

5. Kambrite ja tervikute arvutuste juhend

Peamised elemendid kamberkaevandamise tehnoloogia kasutamisel on tervikute ja nende vaheliste kambrite geomeetrilised parameetrid, mis sõltuvad kivimite reoloogilisest käitumisest. Nad määravad maavara kaod ja mäetööde tehnilis-majanduslikud näitajad.

Kamberkaevandamisel määratakse kambrite laius lubatud ava suuruse järgi, kus on arvesse võetud ka ankurtoestiku mõju lae püsivusele. [10]

Lähislae lubatud ava suurus arvutatakse järgmise valemi abil:

$$l_{\text{oh}} = K_H K_p K_o K_a \sqrt{\frac{K_t}{n_t}} (K + M H_k)$$

Kus:

K_H - hoitava objekti tähtsust arvestav tegur; taluhoonete, metsade, põllumajandusliku maa jm. puhul $K_H = 1,0$; II klassi objektide puhul $K_H = 0,75$;

K_p – tegur, mis arvestab lae püsivust sõltuvalt kaevandamise mäegeoloogilistest tingimustest (määratakse tabeli 1.2. järgi);

K_o – tegur, mis arvestab lae nõrgenemist karsti mõjul; kui mäetööde kaugus karstisoonist on kuni 60 m, siis $K_o = 0,8$, kui üle 60 m, siis $K_o = 1$;

K_a – tegur, mis võtab arvesse ankurtoestiku mõju lae püsivusele ja mille väärtus arvutatakse järgmise valemi abil:

$$K_a = 0,5(1 + \sqrt{h_a})$$

kus h_a - ankrutega toetatava kihistiku paksus, m;

H_a , m	1,0	1,5	2,0	2,5
K_a	1	1,1	1,2	1,3

n_t – laekivimite tugevuse varutegur (kui kambrite iga ei ületa 2 kuud, siis $n_t = 1,8$);

K, M – parameetrid, mis sõltuvad kivimite omadustest (K – meetrites; M – dimensioonita suurus); lähislae alumise, ühemeetrise kihistiku jaoks $K = 7$ m ja $M = 0,54$ (kui $5 \leq H_k \leq 26$ m; kui $H_k > 26$ m, siis lähislae lubatud ava on sama suur kui $H_k = 26$ m puhul);

H_k – karbonaatsete kivimite paksus, m;

Tabel 2. Laepüsivuskoeffitsient.

Lae tüüp	Lae püsivus	Tektooniliste lõhede vahemaa laes, m	K_p
1	Kõrge	20	1,0
2	Keskmine	10 – 20	0,85
3	Madal	10	0,7
4	Ebapüsiv	3 - 5	0,55

Kamberkaevandamisel sammastervikute kasutamisega määratakse tervikute mõõtmed järgmiste valemite abil:

a) tervikud asuvad täisnurkselt lõikuvates ridades (kaeveõõned ristuvad):

$$A = \sqrt{l_{e.e.}^2 - (b+q)^2} - q,$$

kus A – põikikambri laius, m;

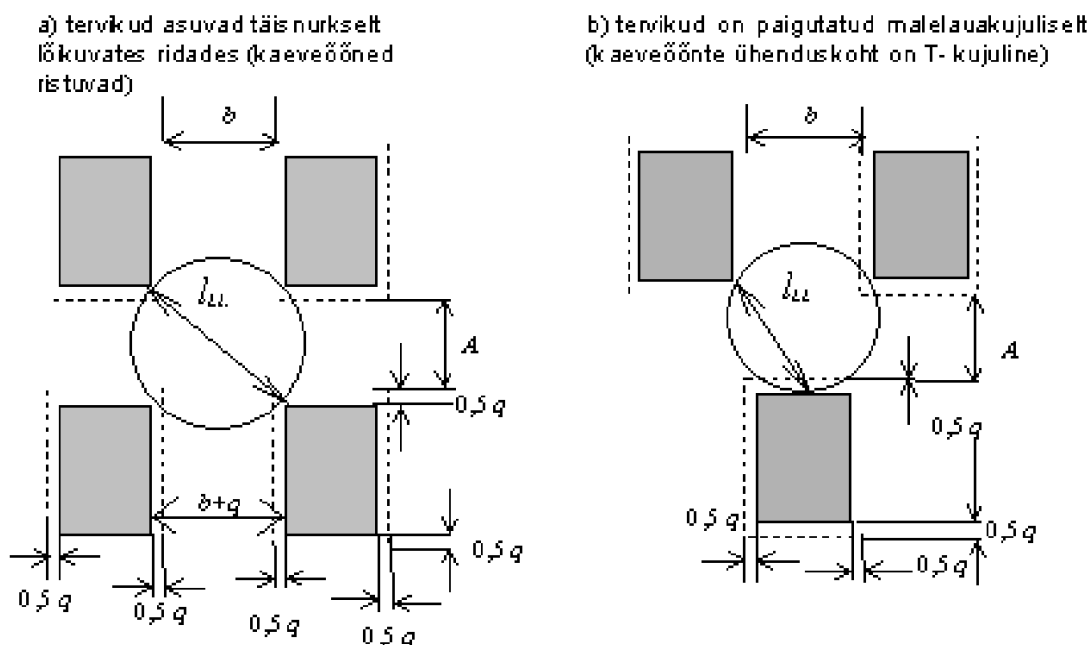
b – pikikambri laius, m;

b) tervikud on paigutatud malelauakujuliselt (kaeveõõnte ühenduskoht on T- kujuline):

$$A = \frac{l_{e.e.} + \sqrt{l_{e.e.}^2 - (b+q)^2}}{2} - q$$

Tavaliselt ühe kaeveõõne laius antakse ette. See valitakse lubatud ava piirides, lähtudes tehnilistest kaalutlustest (antud juhul on ette antud pikikambri laius), teise kaeveõõne laius arvutatakse. Selles töös kasutan esimene valem.

Skeem kambrite laiuse arvutamiseks: [10]



Optimaalsed tervikute ja kambrite mõõtmed Ojamaa kaevandusel on mitu aasta jooksul empiirilisel tuletatud arvestades erinevaid tegureid ja lõhkamise mõju. Tervikute suurused tänapäeval on 5,4 x 5,4 meetrit ja tavaline kamber kambriplokis on 7,5 meetrit lai ning kõrgus on 3,2 meetrit. Kuna selle töö eesmärgiks on uurida soonuri kasutamise mõju, siis tekib võimalus muuta need parameetrid, kuna väheneb kaevanduse seinte nõrgestustsoon. Tavaliselt see näitaja on 0,6 m, ehk 0,3 meetrit mõlema terviku küljest. Täiesti seda tegurit ma ei võta ära, vaid vähendan kuni 0,2.

5.1 Lae piirava ja kambrite mõõtmete hindamine baasvariandis

Lae piirava = **13.75** m
vastavalt valemile:

$$l_{\partial H} = K_H K_p K_o K_a \sqrt{\frac{K_t}{n_t} (K + M H_k)}$$

L _{∂H} =	13.75	- lae piirava, m
K _H =	1.00	- objekti tähtsus
K _p =	0.85	- lae keskmisel püsivusel
K _o =	1.00	- karsti mõju (>60 m karstist)
K_a=	1.21	- lae 2,95 m puhul La =2,0 m, Ka=1,21
K _t =	0.73	- kambri tööiga, 2 kuud
n _t =	1.8	- varutegur kambri tööigast
K=	7.0	- tegur
M=	0.54	- tegur
H _k =	26.0	- sugavusael rohkem kui 26 m

Kambri lubatud suurused:

$$A = \sqrt{l_{\partial H}^2 - (b + q)_{\partial H}^2} - q$$

A =	10.51	- põikkambri arvutuslik laius, m
b =	7.50	- eelseadistatud kambri pikisuunaline laius, m
q =	0.60	- terviku seinte nõrgestustsoonide summaarne laius (võimalik kontuurimishälve), m
L _{∂H} =	13.75	- lae maksimaalne piirava, m

5.2 Lae piirava ja kambrite mõõtmete hindamine soonitud algmurde kasutamisel

Lubatav laeulatus = **13.75** m
vastavalt valemile:

$$l_{\partial H} = K_H K_p K_o K_a \sqrt{\frac{K_t}{n_t}} (K + M H_k)$$

L _{дн} =	13.75	- lae piirava, m
K _H =	1.00	- objekti tähtsus
K _p =	0.85	- lae keskmisel püsivusel
K _o =	1.00	- karsti mõju (>60 m karstist)
K_a =	1.21	- lae 2,95 m puhul La =2,0 m, Ka=1,21
K _t =	0.73	- kambri tööiga, 2 kuud
n _t =	1.8	- varutegur kambri tööigast
K=	7.0	- tegur
M=	0.54	- tegur
H _k =	26.0	- sugavusael rohkem kui 26 m

Kambri lubatud suurused:

$$A = \sqrt{l_{\partial H}^2 - (b + q)_{\partial H}^2} - q$$

A =	10.44	- põikkambri arvutuslik laius, m
b =	8.50	- eelseadistatud kambri pikisuunaline laius, m
q =	0.20	- terviku seinte nõrgestustsoonide summaarne laius (võimalik kontuurimishälve), m
L _{дн} =	13.75	- lae maksimaalne piirava, m

5.3 Tervikute arvutus

Tervik – allmaakaevandamisel maa alla jääv väljamata maapõue osa, mida ümbritsevad kaeveõõned.

Kamberkaevandamisel määratakse kambrite laius lubatud ava suuruse järgi, kus on arvesse võetud ka ankurtoestiku mõju lae püsivusele. Lähislae lubatud ava suurus arvutatakse järgmise valemiga:

Tervikute arvutuslik laius määratakse valemi järgi: [10]

$$Y = \frac{n_{\text{H}} * A * \gamma * H * (b + x) + q * R_t * \left(0.7 + \left(0.3 * \frac{x - q}{h}\right)\right) * (x - q)}{R_t * \left(0.7 + \left(0.3 * \frac{x - q}{h}\right)\right) * (x - q) - n_{\text{H}} * \gamma * H * (b + x)} \quad (\text{valem 3})$$

Kus :

x	m	- terviku etteantud laius, m
Y	m	- terviku arvutuslik pikkus, m
b	m	- pikikambri laius, m
A	m	- põikkambri laius, m
q	m	- tervikute summaarne varisemisala laius, m
h	m	- terviku kõrgus, m
R _t	MPa	- terviku pikaajaline (üle 5 aasta) tugevus, MPa
n _H		- tugevuse varutegur
H _p	m	- kaevandamissügavus, m
γ	MN/m ³	- kattedivimite keskmine mahukaal, MN/m ³

5.4 Tervikute arvutus puuritud algmurde kasutamisel

Tervikute arvutuslik laius määratakse valemi järgi:

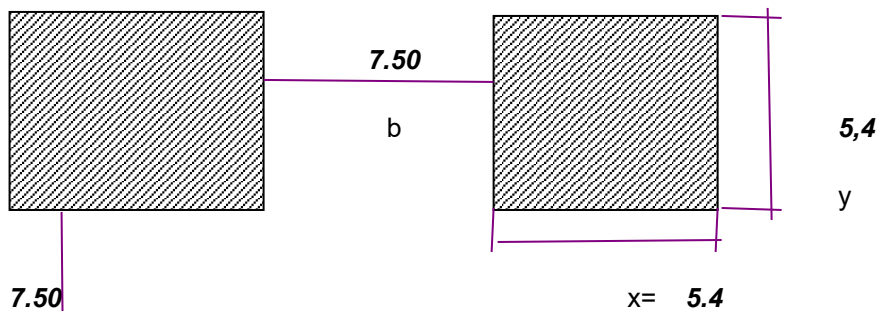
$$Y = \frac{n_{II} \times A \times \gamma \times H \times (b+x) + q \times R_t \times (0,7 + (0,3 \times (x-q)/h)) \times (x-q)}{R_t \times (0,7 + (0,3 \times (x-q)/h)) \times (x-q) - n_{II} \times \gamma \times H \times (b+x)} = 5.49 \text{ m};$$

kus:

x	=	5.40	m	- antud terviku laius, m
Y	=	5.05	m	- arvutuslik terviku pikkus, m
b	=	7.50	m	- pikikambri laius, m
A	=	7.50	m	- ristkambri laius, m
q	=	0.6	m	- mehaanilise hävimise tsooni kogulaius, m
h	=	3.20	m	- terviku kõrgus kihi lamamist, m
R _t	=	6.6	MPa	- pikaajaline terviku,0 kivimite tugevus, MPa (5 aasta)
n _{II}	=	1.4		- tugevusvaru tegur
H _p	=	30.95	m	- kogumis maardla kaevandamissügavus, m
γ	=	0.025	MN/m ³	- keskmine kattekivimite mahukaal, MN/m ³

Aktsepteeritud tervikute ja kambrite suurused:

$$S = 5.40 \times 5.40 = 29.16 \text{ m}^2;$$



Maapinna altõõnestatuse tegur :

$$K = \frac{X \times Y}{(b+X) \times (A+y)} = 0.188 ;$$

5.5 Tervikute arvutus soonitud algmurde kasutamisel

Tervikute arvutuslik laius määratakse valemi järgi:

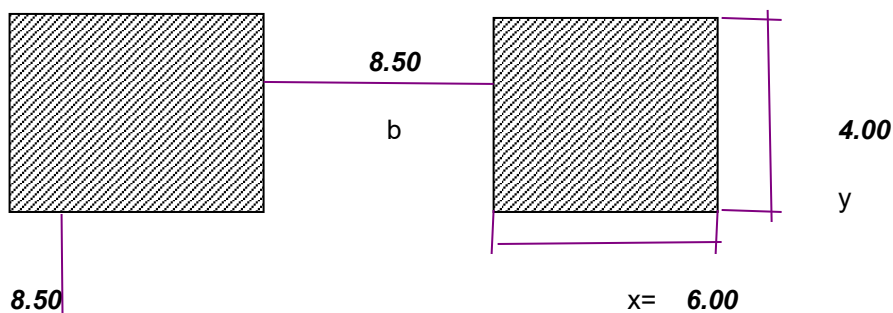
$$Y = \frac{n_{II} \times A \times \gamma \times H \times (b+x) + q \times R_t \times (0,7 + (0,3 \times (x-q)/h)) \times (x-q)}{R_t \times (0,7 + (0,3 \times (x-q)/h)) \times (x-q) - n_{II} \times \gamma \times H \times (b+x)} = 3.93 \text{ m};$$

kus:

x	=	6.00	m	- antud terviku laius, m
Y	=	3.93	m	- arvutuslik terviku pikkus, m
b	=	8.50	m	- pikikambri laius, m
A	=	8.50	m	- ristkambri laius, m
q	=	0.2	m	- mehaanilise hävimise tsooni kogulaius, m
h	=	3.05	m	- terviku kõrgus kihi lamamist, m
R _t	=	6.6	MPa	- pikaajaline terviku kivimite tugevus, MPa (5 aasta)
n _{II}	=	1.3		- tugevusvaru tegur
H _p	=	30.95	m	- kogumis maardla kaevandamissügavus, m
γ	=	0.025	MN/m ³	- keskmine kattekivimite mahukaal, MN/m ³

Aktsepteeritud tervikute ja kambrite suurused:

$$S = 6.00 \times 4.00 = 24.00 \text{ m}^2;$$



Maapinna altõõnestatuse tegur :

$$K = \frac{X \times Y}{(b+X) \times (A+y)} = 0.132 ;$$

6. Puur-lõhke tööd

Lõhketööde projekteerimine erinevate omadustega kihilises maardlas nagu seda on eesti põlevkivimaardla on eriti komplitseeritud. Probleemi teevad keerulisemaks lõhketöödele esitatavad erinevad nõuded: lõhkeaine erikulu vähendamine, müra ja seismilise mõju piiramine, lõhatud materjali sobiv tükisuurus laadimiseks jne.

Puurimise ja lõhkamise parameetrite valik sõltub järgmistest kaevandamis- ja geoloogilistest teguritest: kivimite füüsikalised ja mehaanilised omadused, nende veelõiked; kaevanduse tüüp, suurus ja kuju; kasutatud plahvatusohtlikud materjalid ja puurimisseadmed.

Puur-lõhketööde tõhusus on suures osas määratud optimaalse puuraugu komplektiga, mille karakteristikud on suurused (läbimõõt ja sügavus), aukude arv, asukoht ees ja nende kasutuskoeffitsient. [11]

Aukude läbimõõdu valimisel tuleb arvestada ka kasutatud lõhkeainete padrunite läbimõõduga; augu läbimõõt peaks olema vähemalt 4-6 mm suurem kui padruni läbimõõt. Vajumispindade aukude normaalset läbimõõtu tuleks arvestada 36–45 mm. Mõnedes kaevandamis- ja geoloogilistes tingimustes on tööde tegemisel (eriti suurema ristlõikepinnaga) soovitatav puurida suurenenud läbimõõduga auke; vähendatud läbimõõduga aukude puurimine võimsa lõhkeaine jaoks annab häid tulemusi väikese ristlõikega tööde tegemisel kõvas kivimis. Lõhkamise ajal eraldub kivim suhteliselt harva aukude kogu sügavusest; tavaliselt jäävad aukude otsad süvendite kujul pinnale, mis pärast plahvatust uuesti moodustub. [12]

Aukude sügavus määrab kaevanduse eelabindamise kaugust ühe läbindamistsükli kohta. Aukude sügavus valitakse sõltuvalt kivimite füüsikalistest ja mehaanilistest omadustest, pindalast, kasutatavatest puurimisseadmetest ja läbindamise korraldusest. Tavaliselt valitakse aukude sügavus, võttes arvesse läbindamistsükli tööd antud ajahetkel. Aukude sügavuse suurenemisega suureneb puurimisaeg, maht ja sellest tulenevalt ka lõhkatud kivi puhastamise aeg ning mõnele abistamisele kuluv aeg. [13]

6.1 Puur-lõhketööde parameetrite arvutus.

Puurimis- ja lõhketööde pass on kohustuslik tehniline dokument, mis määratleb plahvatuse korralduse ning puurimis- ja lõhkamiskompleksi tehnilised ja majanduslikud näitajad tervikuna. Passis on aukude asukoha skeem (kolmes projektsioonis), mis näitab aukude nummerdamist, nende sügavust, läbimõõtu ja lõhkamise järjekorda; lõhkeainete konkreetne tarbimine; laengu kogumass ees; üksikute aukude laadimismass; lõhkeaine tüüp; lõhkamismeetod; lõhkamisseadmete tarbimine; aeglustusintervall (lühikese plahvatusega); puurimistarve; ee liikumine ühes lööklaines; kivimi väljund ühes vajumistsükliks. [14]

Puurimis- ja lõhketööde selge korraldus (LPT) sisaldab vajalikke ohutusmeetmeid lõhketööde ajal ja LPT-tsüklogrammi koostamist, mis määratleb individuaalsetele tehnoloogilistele protsessidele kulutatud aja.

Katsetusteks pakutud puurlõhketööde passides on enamikus võetud lõhkeaine erikulu veidi suuremana, et vältida lõhkamise ebaõnnestumist. Katsetööde käigus tuleks järkjärgult vähendada laengute suurusi kuni mõistliku piirini, see tähendab nii palju, kus normaalne töö ei oleks ülegabariidiliste tükide poolt häiritud. Lõhkeaine erikulu vähendab igal juhul peenese saagi tekkimist. Katsetatavate puur-lõhketööde passide puhul on mõistlik hinnata iga lõhkamise kvaliteeti ja kui ilmnevad mingid süstemaatilised häired korrigeerida passi: suurendades või vähendades üksikuid laenguid, paigutada ümber lõhkeaukuid jne. Tabelis 3 on toodud lõhkamisel kasutatud vahendid.

Tabel 3. Lõhkamistöde andmed.

Näitaja		Väärtus
Lõhkematerjalid	Lõhkeaine tüüp	Subtec Charge CS, Senatel Powerfrag
	Elektri detonaatorite tüüp	ED-ZN, ED-8
Lõhkemagistraal	Pikkus	Kuni 200 m
	Juhtme läbilõike	0,385 m ²
Sisene topis	Savi ja liiva segu	Savi : Liiv 3 : 1
	Pikkus	300 mm

Lõhketööde meetodi valikult lähtutakse purustava kivimi mehhaanilistest omadustest, geoloogilistest tingimustest ja lõhketööde eesmärgist. Antud magistritöös kasutatakse lõhkeaugumeetodit, mis seisneb kivimisse puuritud lõhkeaukudesse paigutatud laengute

lõhkamises. Lõhkeaugumeetodi kasutamise tõhusus sõltub oluliselt laengu ehitusest, lõhkeaukude paigutusest, vabade pindade arvust ning laengute lõhkamise järjekorrast. Sõltuvalt vabade pindade arvust liigitatakse lõhkeaugumeetod kaheks: a) lõhkeaugumeetod ühe vaba pinna puhul; b) lõhkeaugumeetod kahe ja enama vaba pinnaga. Kuna allmaakaevandamisel on reeglina etes üks vaba pind, siis on järgnevalt kirjeldatud lõhketööde meetodit ühe vaba pinna puhul. Ühe vaba pinnaga lõhkamise korral sõltub lõhkeaukude asetus ees purustava kivimi kõvadusest ja struktuurist, aga ka rajatava kaeveõõne kujust ja mõõtmetest. Kuid ee soonimisel peab tekkima uued vabad pinnad, sellepärast uue tehnoloogia jaoks arvutan erikulu kahe valemiga, et võrrelda tulemused.

6.2 Näitajad ja valemid

Korraga lõhatava kivimi maht [11]

$$V = S * l \text{ (m}^3\text{)} \quad \text{(valem 1)}$$

S – kaeveõõne ristlõike pindala (m²)

l – ee edasinihke samm (m)

$$S = h * a \text{ (m}^2\text{)} \quad \text{(valem 2)}$$

h – ee kõrgus (m);

a – ee laius (m).

Põlevkivikihindis lõhkeaine erikulu kahe või enama vaba pinnaga [11]

$$q = q_6 * C_s \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{(valem 3)}$$

q_6 – 0,27 kg/m³ ning tähistab lõhkeaine erikulu massiivist eraldatud kivimitüki lõhkamist. See toimib kuue vaba pinna tingimustes;

C_s – suletustegur. Lõhatava massiivi täispindala ja vaba pinna pindala suhe.

$$C_s = \frac{2 * (ah + hl + al)}{Z} \quad \text{(valem 4)}$$

a – ee laius (m);

h – ee kõrgus (m);

l – ee edasinihke (m);

Z – vaba pinna pindala (m²).

Ma ei ole kindel, kas see valem sobib antud juhul, sest lõigatud küljed on raske nimetada vabadeks pindadeks, kuna vahemaa lõhatavast kivimimassist kuni kambri seinani on ainult 40 mm, mis on väga lühike. Seega kasutan ka valemit ühe vaba pinna jaoks ja võtan pärast aritmeetiline keskmine.

Lõhkeaine erikulu ühe vaba pinnaga

$$q = q_1 * k_1 * k_s * K_p \left(\frac{kg}{m^3} \right)$$

(valem 5)

q_1 – lõhkeaine normaalne erikulu (tabel 1) (kg/m^3). Kuna tegemist on põlevkiviga, siis lõhkeaine normaalne erikulu on $0,2...0,3 kg/m^3$;

Tabel 4. Lõhkeaine normatiivne erikulu.

Lõhatava kivimi nimetus	kivimi tugevustegur prof. M. Protodjakonovi järgi	lõhkeaine normatiivne erikulu q_1 (kg/m^3)
Kvartsiid, ülitugevad graniidid ja gneisid, basalt, ülitugev lubjakivi	15...20	1,2...1,5
Tihe graniit, dioriit, peeneteraline tugev paas, gneiss	10...15	1,0...1,1
Nõrk graniit, tihe paas, tihe liivakivi, tugev marmor	8	0,7...0,8
Tugevd kildad, pehme paas ja liivakivi	4...6	0,4...0,6
Keskmise tugevusega kildad, tihe mergel, põlevkivi	2...3	0,2...0,3
Nõrgad kildad, kivisüsi	2	0,15

k_1 – kivimi struktuurist sõltuv parandustegur (Tabel 2). Kuna Eesti põlevkivi asub lubjakivi vahekihtidega, siis valisin kivimi struktuuri teguriks 1,4;

Tabel 5. Struktuuritegur.

Kivimi iseloomustus	Kivimi struktuuritegur
Sitked, elastsed, poorsed kivimid	2
Kihilised ja lõhelised kivimid	1,4
Kildastunud, tugevalt lõhenenud kivimid	1,3

k_s – lõhatava kivimi suletustegur;

$$k_s = \frac{3 * l_d}{\sqrt{S}} \quad \text{(valem 6)}$$

l_d – lõhkeaugu sügavus (m).

K_p – lõhkeaine erikulu parandustegur. Kuna Estona kaevanduses kasutatakse lõhkamiseks padrundatud kujul lõhkeainet Subtek Charge CS. Antud lõhkeaine erikulu parandustegur on 1,4

Tabel 6. Lõhkeaine erikulu parandustegur.

Lõhkeaine	Parandustegur Kp	Lõhkeaine	Parandustegur Kp
Ammoniid 6 ŽV	1,0	ANFO	1,2
TNT	1,0	Senatel Powerfrag	1,05
Fortis Advantage 70	1,2	Subtek Charge CS	1,4
Dünamiidid	0,7 - 0,8	Nobelit 216 EP	1,24

Laenguaukude arvu leidmine

$$n = q_1 * S * l \text{ (tk)} \quad \text{(valem 7)}$$

q_1 – laengute erikulu;

$$q_1 = \frac{2,3 * q}{l_o} \quad \text{(valem 8)}$$

q – lõhkeaine erikulu (kg/m^3);

l_o – lõhkeaukude puurimissügavus (m).

$$l_o = \frac{l}{\eta} \quad \text{(valem 9)}$$

l – ee edasinihe (m);

η – laenguaukude kasutegur.

6.3 Tüüpass (puuritud algmurdega)

Selline pass on tavaliselt kasutatud plokkides, sellepärast võtan nend mõõtmed, et pärast võrrelda uue tehnoloogiaga.

Mõõtmed:

Ee laius (a):	7,5 m
Ee kõrgus (h):	3,20 m
Ee edasinihe (l):	4,00 m
Läbilõike pindala (S):	24 m ²

Arvutamise tulemused:

Väljatav maht (V):	96,00 m ³
Lõhkeaine erikulu (q):	0,96 kg/m ³
Lõhkeaine kogus (Q):	92,2 kg
Lõhkeaukude arv (n):	20 – 23 tk

6.4 Katsepass (soonitud algmurdega)**.Mõõtmed:**

Ee laius (a): 8,50 m

Ee kõrgus (h): 3,05 m

Ee edasinihe (l): 4,00 m

Läbilõike pindala (S): 25,93 m²

Arvutamise tulemused:

Väljatav maht (V):	103,77 m ³
Lõhkeaine erikulu (q):	0,47 kg/m ³ (valem 3)
	0,92 kg/m ³ (valem 5)
Lõhkeaine kogus (Q):	~ 71,9 kg
Lõhkeaukude arv (n):	18 – 20 tk

Tulemuste analüüs on toodud teemas 8 – tehnoloogiate võrdlus.

7. Ee ettevalmistamise tehnoloogia kirjeldus erinevatel variantidel

Kogu kasutatud tehnika loetelu koristustöödel on toodud tabelis 7. Plaanis on vahetada puurvanker SMAG soonuriga. [14]

Tabel 7. Kasutatud masinapark.

N ^o	Nimetus	Eesmärk
1	Laetoestaja FA-523V	Lae puurimine ja ankrude paigaldamine
2	Puurvanker SMAG – GB280/4,7S Soonur Fantini	Algmurde puurimine Algmurde soonimine
3	Puurpink Boomer S1D Atlas Copco	Lõhkeaukude puurimine ees
4	Laadurveok Scooptram ST 1530 või analoog	Kivimimassi laadimine ja vedamine konveierile
5	Kraapkonveier SP301	Kivimimassi ümberlaadimine peakonveierile
6	Konveieri purusti DU-2	Mittegabariidiliste tükide purustamine

7.1 Tüüppass (SMAG)

Lae tostamine

Kaeveõõne lagi toestatakse ankurtoestikuga. Ankrute paigaldamiseks puuritakse ankurdamispingiga või puurseadmega kaeveõõse lakke puuraugud. Ankurdamispingiga ankrute paigaldamisel juhitakse toestamise protsessi (puuraukude puurimine, ankrute paigaldamine) ankurdamispingi kabiinist või distantsjuhtimise puldiga väljaspool kabiini. Puurseadmega puurimisel, pärast ankrupoldi kinnitamist puurauku, keeratakse ankrumutter mehaanilise võtmega kinni ja seejärel pingutatakse. [14]

Algmurde puurimine

Kambris puuritakse kuus kuni üheksa algmurde puurauku kihis C/D. Puurimisinstrumentina kasutatakse puurvankrit SMAG GB280, millel on kolm puuri diameetriga 280 mm ning max pikkusega 4,7 m. [14]

Peene fraktsiooni maht, mis väljub puurimisega:

Puuraugu läbimõõt – 0,28 m

Puurimissügavus – 4 m

Puuraukude arv – 9 tk

Seega:

$$V = 9 \times (4 \times \pi \times 0,14^2) = 2,21 \text{ m}^3$$



Joonis 6. SMAG GB 280

Puuraukude puurimine

Lõhkeaugud puuritakse 4,0 m sügavusele, milleks kasutatakse läbimõõduga 35-38 mm puuripeaga puurvarrast Atlas Copco.

7.2 Katsepass (Soonur)

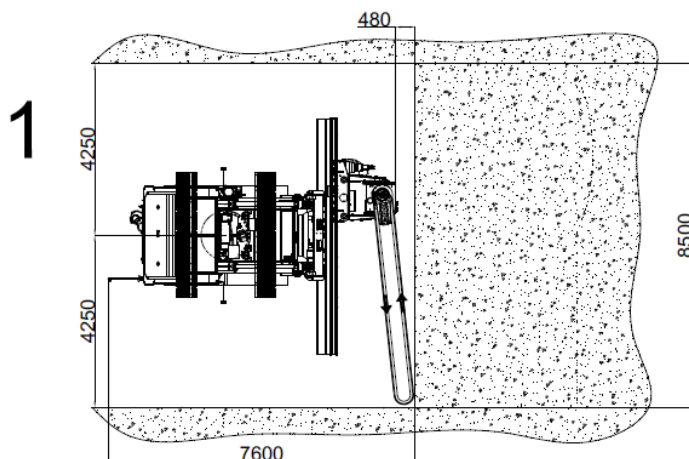
Lae toestamine

Toimub sama moodi nagu oli kirjeldatud tüüppassis.

Soonimine

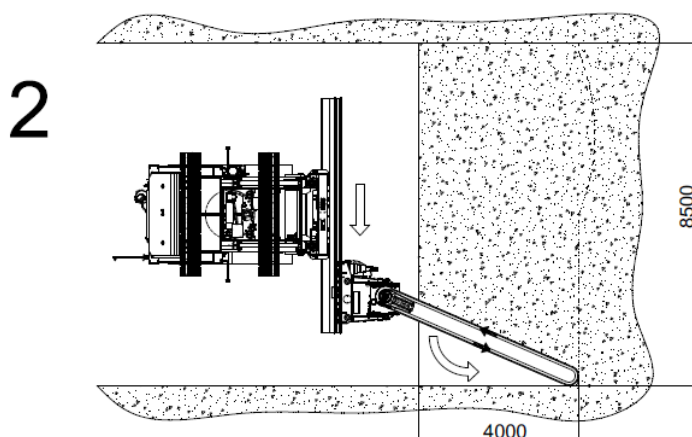
Algmurde puurimist asendab soonimine. Soonur sõidab kaeveõõse sisse kasutades oma diiselmootorit, kuid tööd teeb kasutades elektrit. Soonurit on vaja niimodi modifitseerida, et seistes ee keskel, ta suutis soonida terve esi (laius 8,5 m). See peab kiirendama soonimise protsessi. Lisal 1 on toodud näide. Selline variant sisaldab kahte vertikaalset soont kambri külgedel ja üks horisontaalne soon lakke. Iseliikuva soonuriga soonitakse kõik sooned maksimaalse sügavusega (4 meetrit). Järgmistel piltidel on samm-sammult näidatud soonimise protsess ees.

Horisontaalse soone tekkimine:



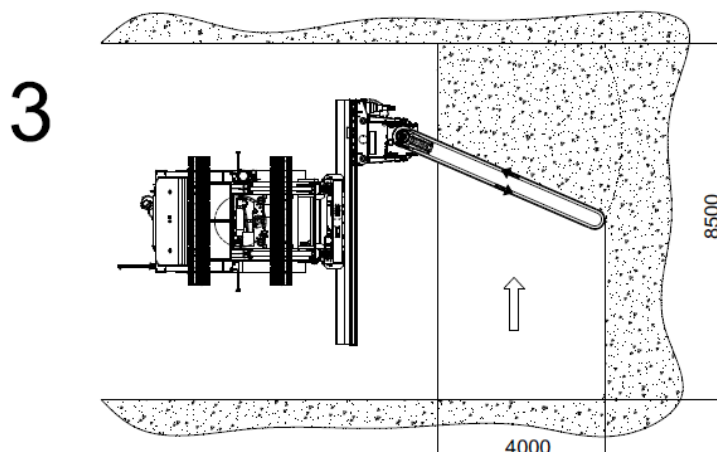
Joonis 7. Horisontaal soonimine - 1. samm

Soonuri lõikesuund paremalt vasakule. Soonur pannakse ee keskele lähteasendiga selliselt, et lõikeorgani ots on ee paremal ääres ja selleks sobivas asendis juhtplaadil.



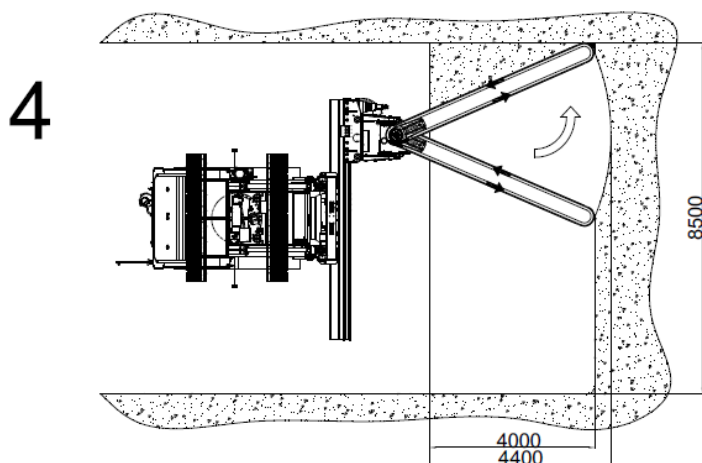
Joonis 8. Horisontaal soonimine - 2. samm

Lõikeorgani üheaegselt pöörates ja juhtplaadil libistades soonitakse kaevandamise pikisuunas, jälgides kaeveõõne tulevase seina kontuuri, 3 meetri sügavusele soon.



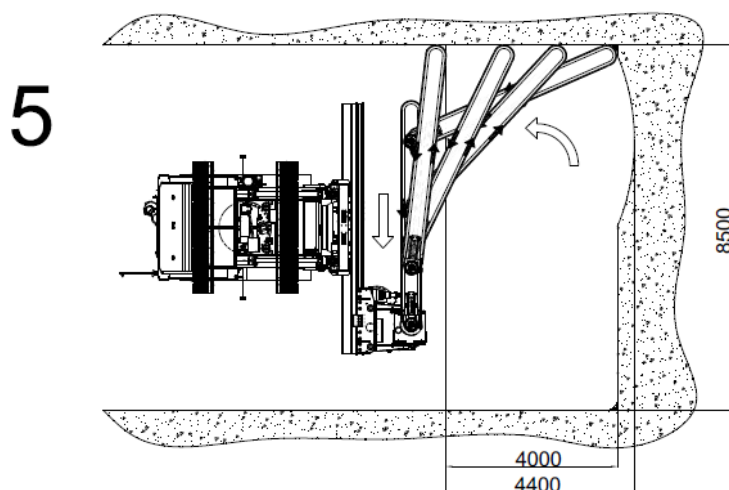
Joonis 9. Horisontaal soonimine - 3. samm

Siis liigub lõikeorgan mööda juhtplaati paremalt vasakule, säilitades vajalikku 3 meetrist lõikesügavust.



Joonis 10. Horisontaal soonimine - 4. samm

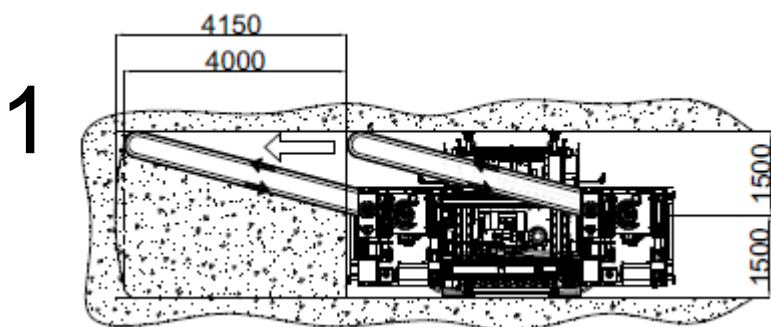
Vasakpoolse seina kontuuri saavutamiseks vajalikul kaugusel lõikeorgan peatub juhtplaadil ja pöörab tööorgani otsa seina poole kaeveõõne kontuuri piirini.



Joonis 11. Horisontaal soonimine - 5. samm

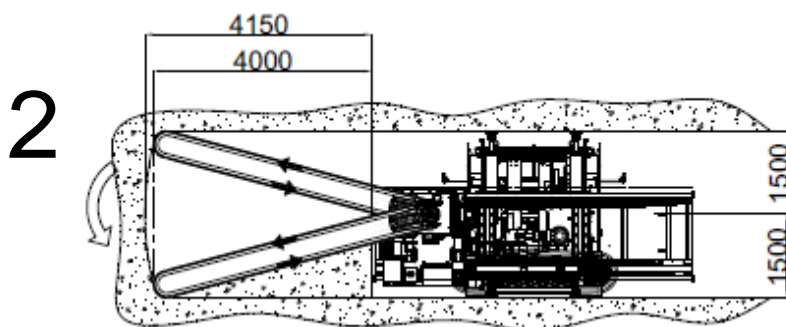
Lõpetamiseks liigub lõikeorgan mööda juhtplaati vasakult paremale ja samaaegselt pöörab suunaga massiivist vaba pinna poole.

Vertikaalse soone tekkimine:



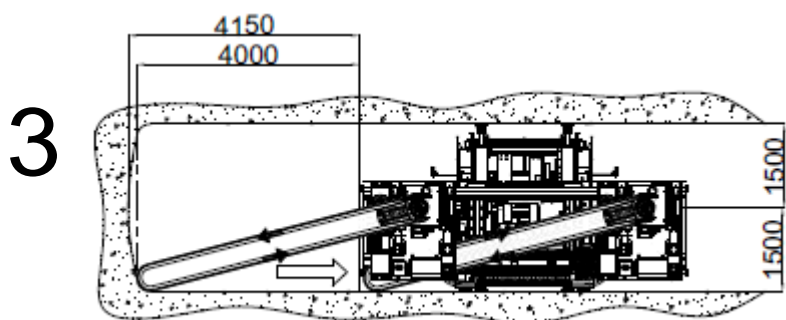
Joonis 12. Vertikaal soonimine - 1. samm

Lõikeorgan ja juhtplaat seatakse asendisse piki kaevandamise suunda. Lõikeorgani ots on lae ja seinaga lõikepunktis. Libistades mööda juhtplaati, tehakse lõige 3 meetri sügavusele.



Joonis 13. Vertikaal soonimine - 2. samm

Jätkatakse lõiget suunaga ülevalt alla, pöörates lõikeorganit. Lõikeorganit juhtplaadil ei libistata.



Joonis 14. Vertikaal soonimine - 3. samm

Lõpetamiseks libistatakse lõikeorganit mööda juhtplaati tagasi vaba pinna suunas.

Peenfraktsiooni maht, mis väljub soonimisega:

soone laius – 0,04 m

Kambri laius – 8,5 m

Kambri kõrgus – 3,05 m

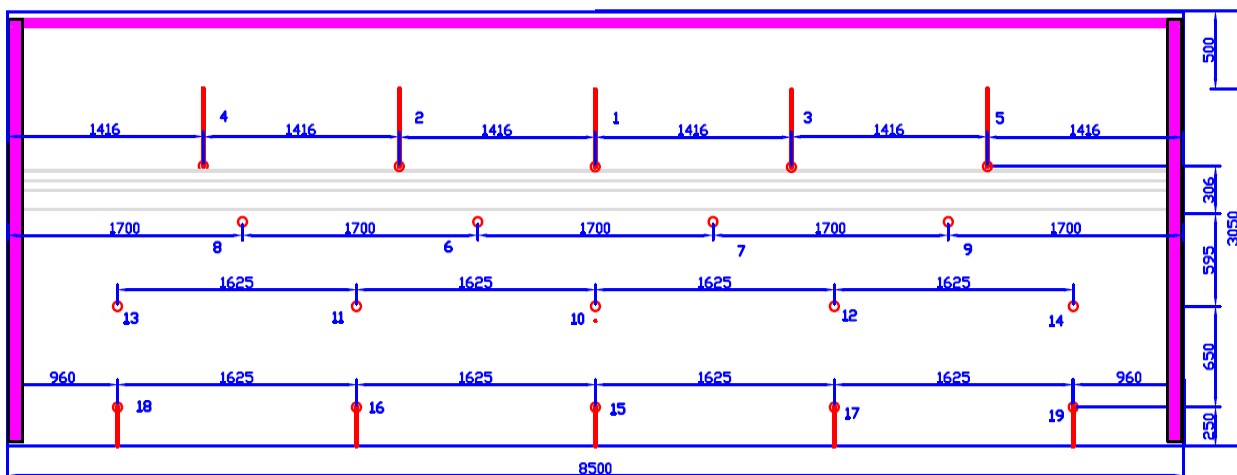
Kontuuri pindala – 0,58 m²

Ee edasinihe – 4 m

Seega: $V = 0,58 * 3 = 2,32 \text{ m}^3$

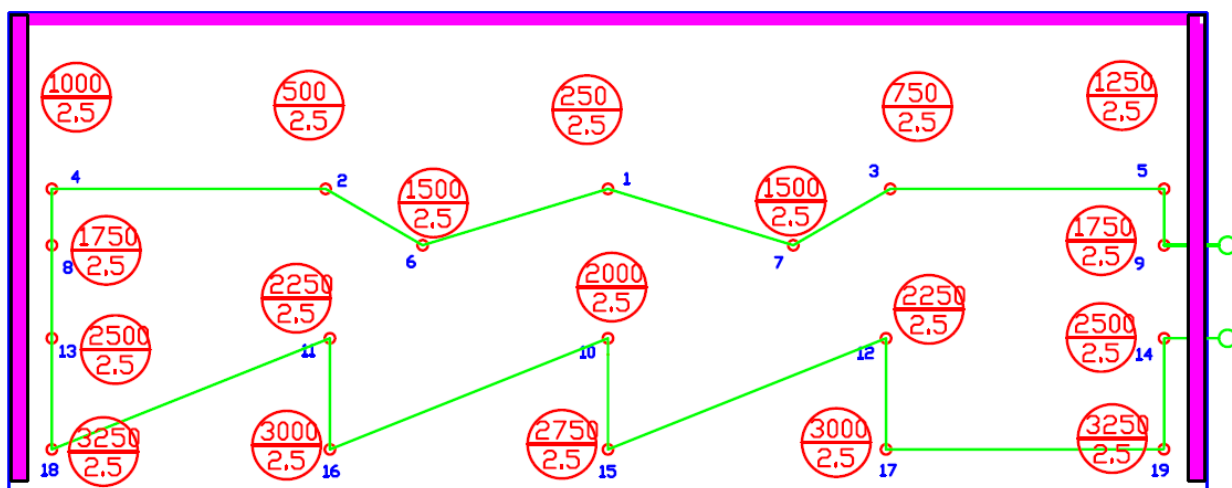
Puuraukude puurimine ja lõhkamine

Esimeseks katselõhkamiseks võiks lõhkeaukude arvuks võtta 19, mis puuritakse põlevkivikihtidesse A, B, C ja D viie kaupa. Soone kõrval asetsevate lõhkeaukude kaugus lae soonest on 1,25 m ning külsoonest miinimum 0,96 m, lõhkeaukude omavahelised kaugused ühes kihis on 1,4...1,7 m.



Joonis 15. Lõhkeaukude asutuse skeem.

Viiteseeriaid on kokku 13. Esimesed viis laengud, mis asuvad kihis D, lõhatakse üksteise järel (1, 2, 3, 4, 5). Teisena lõhatakse paaridena laengud kihis C. Esialgu keskel (6, 7) ja siis külgedel (8, 9). Pärast seda lõhatakse kihis B keskel asuv laeng (10) ja siis lõhatakse paaridena samas kihis laengud (11, 12 ja 13, 14). Viimasena lõhatakse kiht A sama skeemiga nagu kiht B, ehk alustades keskelt. [7]



Joonis 16. Lõhkeaukude viiteseeriade skeem.

7.3 Tööde järjekord lõhkamise ajal

Laadimine.

- Kaeveõõnte ülevaatus
- Laadimistsooni piiritlemine postidega.
- Väljaspool laadimistsooni laadimisega mitte seotud inimeste väljaastumine
- Lõhkeaine kohaletoimetamine
- Lõhkevõrgu laadimine ja paigaldamine ilma magistraali ühendamata

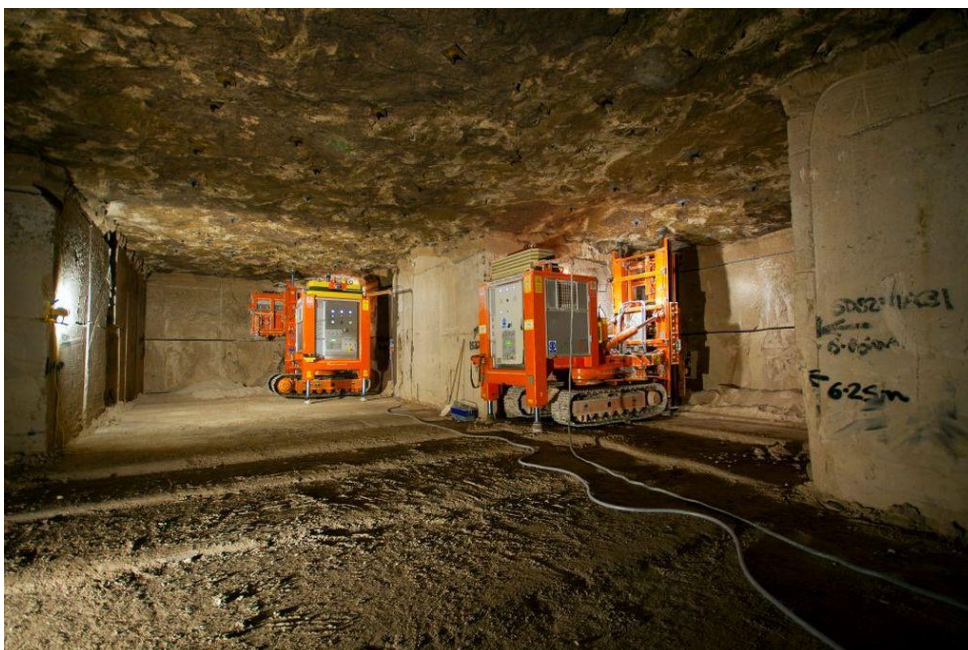
Lõhkamine.

- Häiresignaali andmine - üks pikk, vähemalt 3 sekundit
- Inimeste väljaviimine ohualast (50 meetrit eest)
- Tõkete, hoiatustulede või postide seadmine ohutsooni piiridele.
- Magistraltraadi installeerimine ja lõhkaja-meistri väljaviimine ohutu alasse
- Lahingusignaali andmine - kaks pikka, igaüks vähemalt 3 sekundit.
- Plahvatuste seerias antakse enne iga plahvatust lahingusignaali.
- Magistraaluhtme ühendamine võrgu ja lõhkeseadeldisega.
- Lõhkevõrgu vastupidavuse testimine ja lõhkamine.

Lõhatud ete ülevaade.

- Lõhatud ee kontrollitakse tõrke tuvastamiseks pärast ee tuulutamist, kuid mitte varem kui 5 minutit pärast plahvatust.
- Signaal "kõik" - kolm lühiket signaali.

Postide ja tõkete eemaldamine. [14]

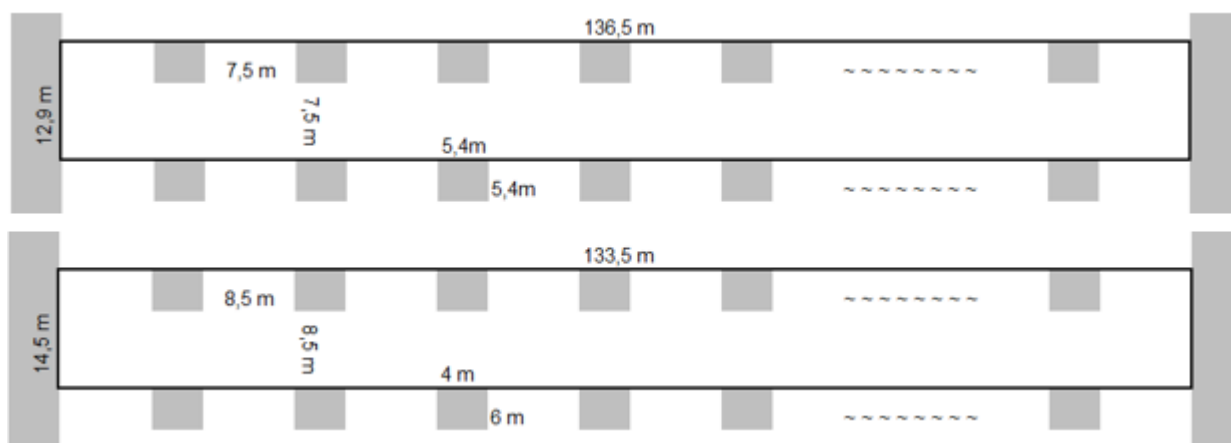


Joonis 17. Fantini soonurid kaevanduses (mitte Ojamaa)

8. Tehnoloogiate võrdlus

Kambrite ja tervikute mõõtmed, kaod.

Käesoleval tehnoloogial kambrivahelised tervikud on ruudukujulised küljega 5,4 meetrit. Uue tehnoloogia kasutusel kambri seinte nõrgestustsoon peab olema väiksem, sest plahvatuse mõju on väiksem soonte tõttu. Seega muutusid kambrite ja tervikute mõõtmed. Selle info järgi saab ka arvutada liigikaudu põlevkivi kaod tervikutes ühe kambriploki kohta näiteks. Selle jaoks võiks kujutada ette teoreetiline kamberplokki (joonis 18) ja lähtudes tervikute pindalate summast ja ploki pindalast arvutada põlevkivi kadude protsent. Eeldame, et meil on 10 tervikuid ja 11 kambreid ning me arvestame ainult kambrivahelised tervikud. Arvutuste tulemused on toodud tabelis 8.



Joonis 18. Teoreetilise kamberploki parameetrid.

Tabel 8. Mõõtmete võrdlus.

Baasvariant	Nimetus	Katsevariant
5,4 x 5,4	Tervikute mõõtmed, m	6 x 4
7,5	Kambri laius, m	8,5
3,20	Kambri kõrgus, m	3,05
12,9	Läbindamise samm, m	14,5
29,16	Terviku pindala, m ²	24
93,3	Terviku maht, m ³	73,2
4,17	Põlevkivi kihendi tootlikus, t/m ²	4,1
121,6	Terviku suurus, t	98,4
16,6	Põlevkivi kaod tervikutes, %	12,4

Tulemus näitab, et muutus ee läbilõike. Esi on laiem, aga madalam, mis tähendab, et laes jääb ära mittetootne põlevkivi (kihid F2/3). Katsevariandis tervikud on väiksemad, seega põlevkivi kaod vähenevad. Erinevus on 4%.

Puur-lõhketööde parameetrite erinevus.

Kambri mõõtmete muutuste tulemusena ja säilitades läbindamise sügavust väljatav maht on suurem umbes 5 m³ kohta (96,00 m³ → 103,77 m³). Veel üks parandus mis saab realiseerida on lõhkeaine eri- ja üldkulu vähendamine tekkinud vabapindade tõttu. Käesoleval tehnoloogial puuritakse kontuurpuuraugud, mis asuvad ühtlaselt mööda ee perimeetrit 15 – 20 cm kaugusel projektkontuurist. Uues variandis kontuurpuurauke rohkem ei puurita. Selle asemel soonitakse sooned, mis täidavad sama rolli. Arvutatud tulemustele tuleb suhtuda skeptiliselt. Võib väita, et need andmed tagavad esimese eduka lõhkamise. Kuid täpsemad tulemused saab saada ainult pärast katselõhkamisest.

Baasvariant:

Lõhkeaine erikulu (q) 0,96 kg/m³

Lõhkeaine kogus (Q) 92,2 kg

Uus tehnoloogia (keskmine väärtus):

Lõhkeaine erikulu (q): 0,69 kg/m³

Lõhkeaine kogus (Q): 60,8 kg

Lisaks eelnevalt mainitud tehnoloogia muutustele võimaldab see teema spekuloida muude põlevkivi kaevandamise üldkontseptsiooni muudatuste üle.

Esiteks uus tehnoloogia peab tagama suurenenud turvalisust. Soonuri tööorganiga töödeldud siledad seinad ja lagi tagavad tervikute ja kambrite suurema stabiilsuse ja vähem kivimeid kukkub aja jooksul. Samuti ei ole vaja laadurveokeid kasutada seina puhastamiseks. Kuna praegu töötavad laadurveokid paarikaupa (6 ja 9 m³ koppaga) ja väiksem kulutab oma tööaega seinte puhastamisele, mis ei ole tema põhiülesanne ja samuti see tegevus rikub tema kopp vastu seina.

Samuti peaks see tehnoloogia võimaldama kaevandama põlevkivit madala laekõrgusega, mis tähendab, et kaevandusse jääb rohkem lubjakivi. Sellest punktis saab luua järgmised sided. Kuna laaditakse rohkem põlevkivi ja vähem lubjakivi, siis vähenevad kulud kivimimassi transportimisele, konveieri hooldusele, rikastamisele, lubjakivi ladustamise maksud on väiksemad. Soonur võib tuua veel mingid parandused, mida me praegu ei tea, kuid seda võiks uurida välja on pärast katset. [7]

9. Kokkuvõte

Käesolevas magistritöös võrreldi kaks erinevat puur-lõhketööde tehnoloogilist varianti. Üks nendest kasutatakse praegu Ojamaa kaevanduses, kus ees puuritakse 9 algmurde puurauku ja mitu kontuurpuurauku ee perimeetril. Alternatiivina oli pakutud asendada puurimise protsess soonimisega, ehk soonida üks horisontaalne soon kihis F1 ja kaks vertikaalset soont F kihist kihini A ee külgedel. Tehnoloogiliste analüüside tulemusena selgus, et lõhkeaine erikulu võib väheneda.

Olid antud töö raames analüüsimiseks Ojamaa kaevanduses kehtivad lõhketööde passid koos joonistega. Tuleb rõhutada, et tegemist on teadusuuringutel, teoreetilistel teadmistel ning käsiraamatutel põhineva tööga, mistõttu tuleb kuni reaalsete katseteni antud tulemustesse suhtuda teatud ettevaatusega. Selgusid järgmised parandused:

1. F2/3 kihi välja jätmise tootsast kihindist, millega tõusis kaevisse kütvus .
2. Ee kontuuri soonimine, mille tulemusena langes lõhkeaine erikulu.
3. Lõhatud kaevisse kvaliteedi reguleerimine laengute paigutamise sobivatesse kihtidesse.
4. Kambrite ja tervikute stabiilsuse suurendamine.
5. Põlevkivi kadu vähendamine kambrivahelistes tervikutes.

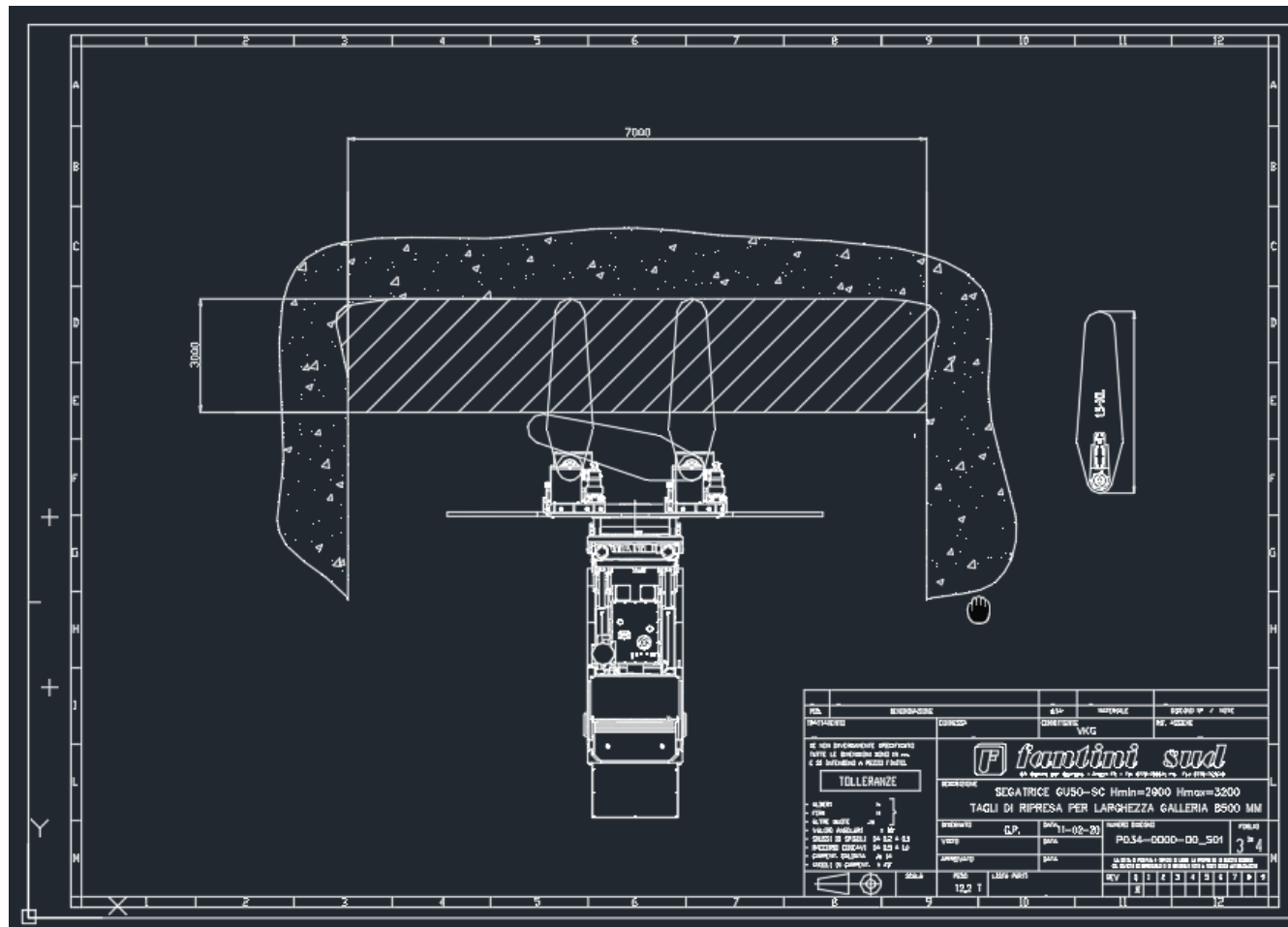
Magistritöös saadud arvutuslikud parameetrid (tervikute mõõtmed, lõhkeaine kulud, laenguaukude paigutus, jms) tuleb kontrollida katselõhkamistega ning neid parameetreid vajaduse korral vajalikus suunas korrigeerida.

Kasutatud kirjandus

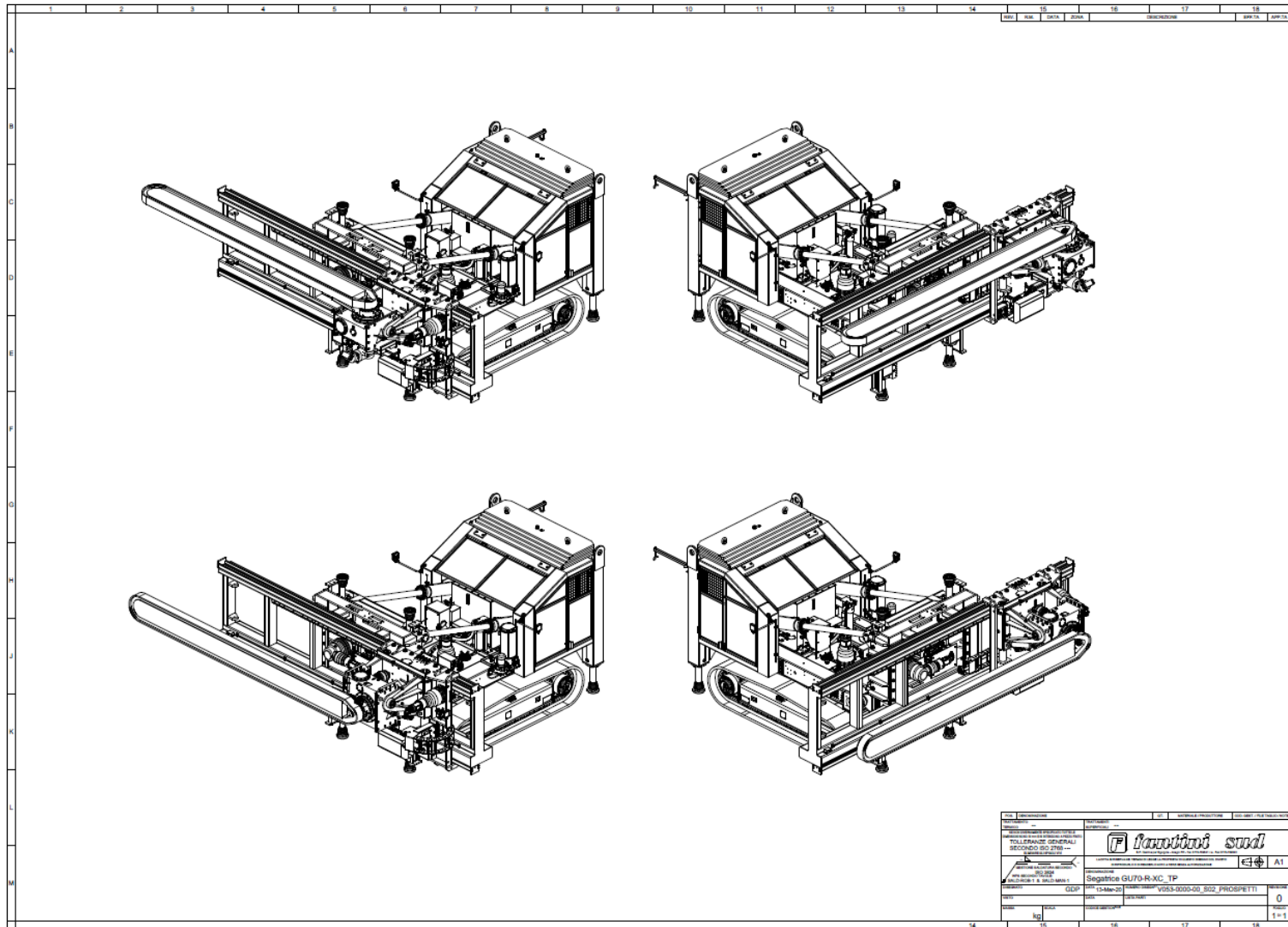
1. Viru Keemia Gruppi veebileht. [WWW] <https://www.vkg.ee/ettevottest/>
2. Žalinov S., Mazin V., Undusk V. (2009). Ojamaa kaevevälja ja Sompa kaevevälja lõunaosa kaevandamise korrigeeritud projekt. Seletuskiri, Kohtla – Järve, 111 lk. (25.02.17)
3. Rätsep, A., Toomik, A., Liblik, V. 2003. OÜ VKG Aidu Oil poolt kavandatava Ojamaa põlevkivikaevanduse Rajamise ja põlevkivi kaevandamisega kaasneva keskkonnamõju hindamine. KMH aruanne, Tallinna Pedagoogiline Ülikool, Ökoloogia instituut, Kirde-Eesti osakond, Jõhvi, 77 lk. [WWW] <http://www.vkg.ee/cms-data/upload/keskkonnakaitse/kmharuanne-ojamaa-kmh-geoloogia-txt.pdf>
4. Saarnak, M., Rusanov, F. 2014. Ojamaa kaevandus- Eesti kõige uuema kaevanduse toodang õlitechasele. Tallinna Tehnikaülikool, mäeinstituut, Tallinn, 6 lk. [WWW] <http://digi.lib.ttu.ee/i/?1848>
5. Keskkonnaamet, VKG Kaevanduse OÜ kaevandamise luba. https://eteenus.keskkonnaamet.ee/?page=eklis_view&pid=683815&desktop=0&u=20150825084204
6. Valgma I., Väizene V., Kolats M., Karu V. (2014). Mäendus. TTÜ Mäeinstituut. [WWW] http://www.ene.ttu.ee/maeinstituut/kogumik/2014/Maendus_2014_Maeinstituut.pdf
7. Konsultatsioonid kaasjuhendaja Vladimir Maziniga.
8. Chainsaw wikipedia page. [WWW] <https://en.wikipedia.org/wiki/Chainsaw>
9. Fantini Sud S.p.A., GU50-SC Sawmill Machine for Tunnels. [WWW] <https://www.fantinispa.it/en/gu50sc-tunnel-chain-saw-machine/>
10. Enn Loko. (2004). Allmaakaevandamisel maapinna ja ehitiste hoidmise juhend.
11. Tomberg, T. (1998). Lõhketööd. Tallinn.
12. Информационный некоммерческий ресурс fccland.ru. (2016). Параметры буровзрывных работ. [WWW] <http://fccland.ru/gornoe-delo/1220-parametry-burovzryvnyh-rabot.html>
13. ООО «Сибтехмаш», (2017). Типы шпуров, расчет количества шпуров, размещение шпуров на забое. [WWW] <https://www.po-stm.ru/o-nas/stati/tipyi-shpurov-raschet-kolichestva-shpurov-razmeshhenie-shpurov-na-zaboe.html>
14. Loko M., Mazin V., Orkhov S., Proode A., Malõšev N., Tšupik V., 2012, Паспорт камерного блока №8. Тöö Nr 022_8.
15. Jüri-Rivaldo Pastarus. (2013). OJAMAA KAEVANDUSE KAUBAPÕLEVKIVI KVALITEEDIJUHTIMISE AUDITI KOOSTAMINE

Lisad

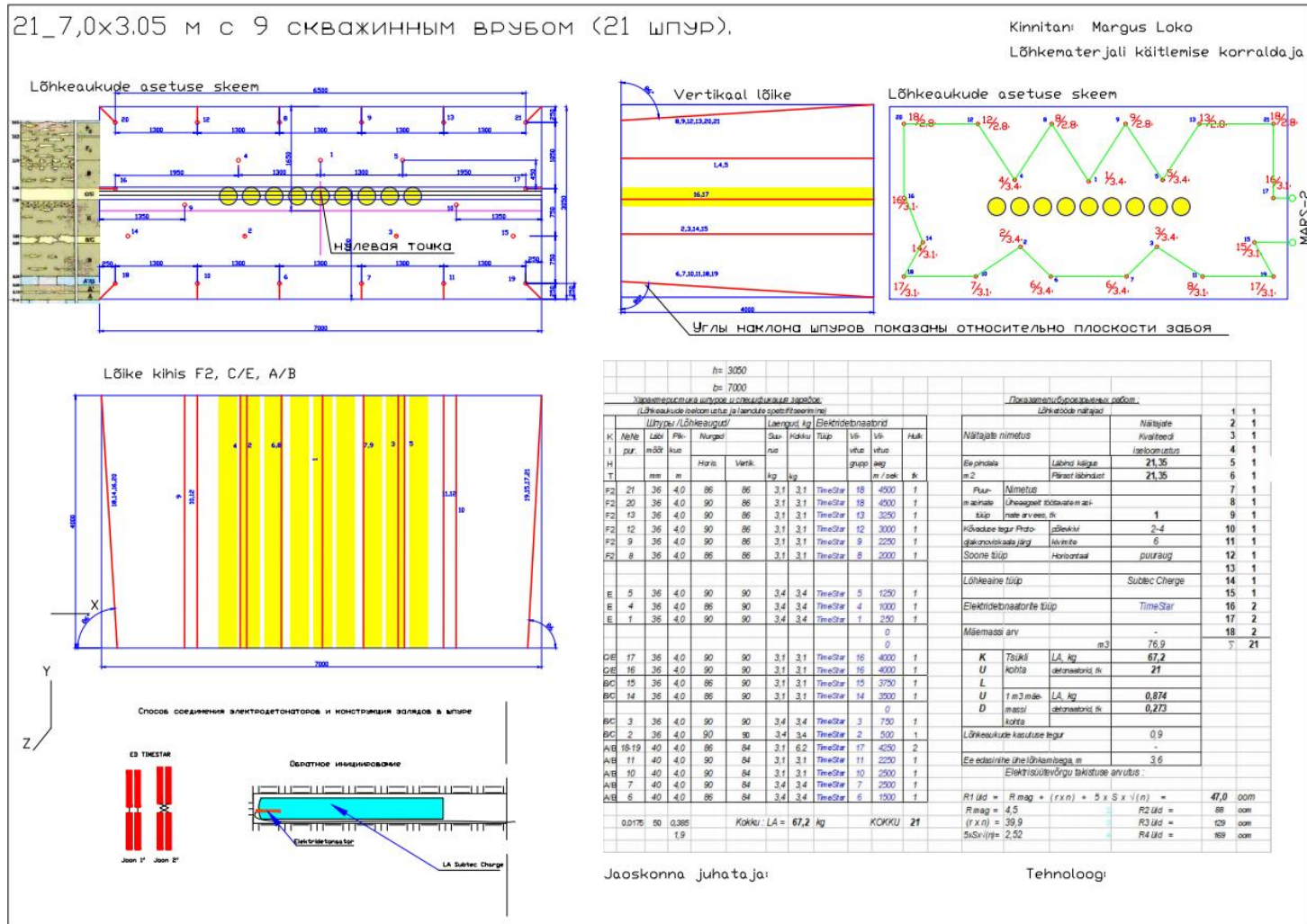
Lisa 1. Soonuri paiknemine kambris.



Lisa 2. Võimalik Fantini soonuri mudel.



Lisa 3. Üks kehtivatest passidest Ojamaa kaevanduses. Näide.

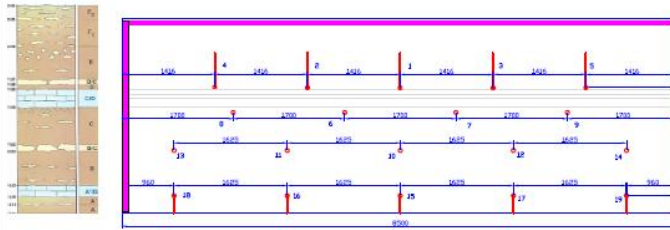


Lisa 4. Võimalik katsepass soonuri kasutamisega. Näide.

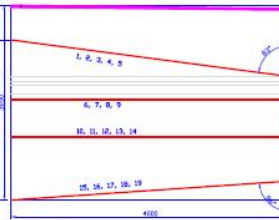
Камера_8,50x3,05x4,0 м с щелевым контуром.

Kinnitani
Lõhkematerjali käitlemise korraldaja

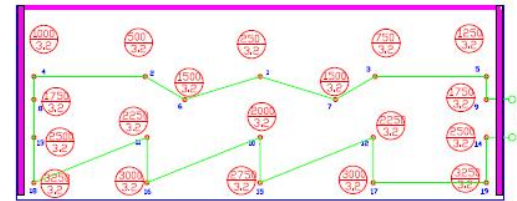
Lõhkeaukude asetuse skeem



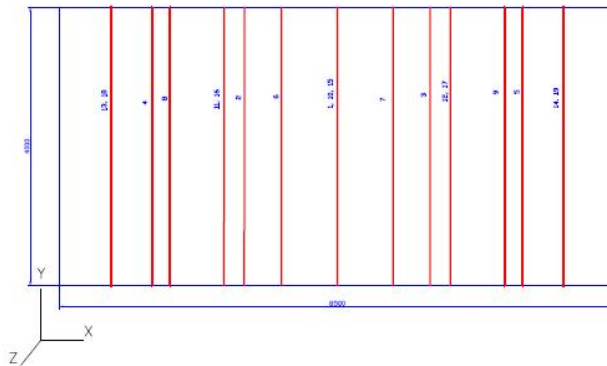
Vertikaal lõike



Lõhkeaukude asetuse skeem



Lõike kihis F2, C/D, A/B



Штупы/Лõhkeaukud										Показатели буровых скважин										
Lõhkeaukude iseloomustus ja andmed spetsifitseerimise										Lõhkeaukude näited										
K	Näite	Lõhke	Rõhke-	Nurgelõhke-	Laenuki	Elektrilõhke-	Sta-	Kõrgus	Tõug	Võ-	Võ-	Huk	Näite	Näite						
I	par.	mõõt	kus		nur	stus	rupp	mm	mm	utus	utus	mm	Näite	Kvaliteet						
H				Horiz.	Vertik.	kg	kg			mm	mm	mm		isoleeritus						
T	mm	mm	mm							mm	mm	mm		Lõhke	Lõhke					
A	19	37	4.0	90	85	32	3.2	TimeStar	12	3250	f									
A	18	37	4.0	90	85	32	3.2	TimeStar	13	3250	f									
A	17	37	4.0	90	85	32	3.2	TimeStar	12	3000	f									
A	16	37	4.0	90	85	32	3.2	TimeStar	12	3000	f									
A	15	37	4.0	90	85	32	3.2	TimeStar	11	2750	f									
BC	14	37	4.0	90	90	32	3.2	TimeStar	10	2500	f									
BC	13	37	4.0	90	90	32	3.2	TimeStar	10	2500	f									
BC	12	37	4.0	90	90	32	3.2	TimeStar	9	2250	f									
BC	11	37	4.0	90	90	32	3.2	TimeStar	9	2250	f									
BC	10	37	4.0	90	90	32	3.2	TimeStar	8	2000	f									
C	9	37	4.0	90	90	32	3.2	TimeStar	7	1750	f									
C	8	37	4.0	90	90	32	3.2	TimeStar	7	1750	f									
C	7	37	4.0	90	90	32	3.2	TimeStar	6	1500	f									
C	6	37	4.0	90	90	32	3.2	TimeStar	6	1500	f									
DE	5	37	4.0	90	90	32	3.2	TimeStar	5	1250	f									
DE	4	37	4.0	90	90	32	3.2	TimeStar	4	1000	f									
DE	3	37	4.0	90	80	32	3.2	TimeStar	3	750	f									
DE	2	37	4.0	90	80	32	3.2	TimeStar	2	500	f									
DE	1	37	4.0	90	80	32	3.2	TimeStar	1	250	f									

Lõhkeaukude iseloomustus ja andmed spetsifitseerimise				Показатели буровых скважин			
0075	50	0.385	1.9	Kokku: LA = 60.0	kg	KOKKU	19
R1(ak) =	Rm ag + (r x n) + 5 x S x v(n) =						43.0
R2(ak) =	4.5						80
R3(ak) =	35.1						117
R4(ak) =	2.40						154

Jaaskonna juhataja:

Tehnoloog: