

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Loodusteaduskond
Geoloogia Instituut



**ERINEVATE MAAVARADE – LUBJAKIVI,
GLAUKONIITLIIVAKIVI, GRAPTOLIITARGILIIDI NING
OOBOLUSLIIVAKIVI KOOSVÄLJAMINE TOOLSE
MAARDLAS**

Magistritöö

Juhendaja/õppejõud: Enn Lüütse, PhD

Üliõpilane: Joosep Makke
153415

Õppekava nimetus: YAEM 14/15

Tallinn 2017

SISUKORD

Sisukord.....	2
Tabelid.....	3
Joonised.....	3
Graafilised lisad.....	4
Abstract	6
1. Sissejuhatus	7
1.1 Töös kasutatud mõisted	8
1.2 Toolse fosforiidimaardla.....	8
1.2.1 Geoloogia	8
2 Mäeeraldised	10
2.1 Aru-Lõuna mäeeraldis	10
2.2 Aru-Lõuna II mäeeraldis	11
2.3 Toolse-Lääne mäeeraldis	12
2.4 Geoloogia.....	12
2.4.1 Pinnakate	12
2.4.2 Aluspõhi.....	14
2.4.3 Hüdroloogia.....	16
3 Mäetehniliste tingimuste kirjeldus	21
4 Maavaravarud, aastatoodang ja kaevandamise kestvus	22
4.1 Lubjakivi.....	23
4.2 Glaukoniitliivakivi.....	24
4.3 Aleuriitsavi	25
4.4 Graptoliitargiliit	25
4.5 Oobolusliivakivi	25
5 Kasutatavate masinate parameetrid ja tootlikus. masinate vastavus kasutuskeskkonnale	26
5.1 Masinate valik.....	26
5.2 Masinatetehnilised parameetrid	27
5.3 Masinate tootlikus.....	27
6 Kaevandamistehnoloogia valik/kirjeldus	29
6.1 Katenidi eemaldamine ja mahud	29
6.2 Lubjakivi kaevandamine, ladustamine	30
6.3 Glaukoniitliivakivi kaevandamine, ladustamine	31
6.4 Aleuriitsavi kaevandamine, ladustamine	31
6.5 Graptoliitargiliidi kaevandamine, ladustamine.....	32
6.5.1 Graptoliitargiliidi ohutu ladustamine	32
6.6 Oobolusliivakivi kaevandamine, ladustaminei	33
7 Avakaevetöö iseloomustus	34
8 Veeärastus	35
9 Üldised kaevandamise ohutusnõuded. Töötervishoid ja -ohutus	36
9.1 Üldised ohutusnõuded	36
9.2 Töötervishoid ja -ohutus	37
10 Energiavarustus ja sidekorraldus.....	38

11 Mäetööde maksumus.....	39
12 Keskkonnahoid.....	41
Kokkuvõte	43
Tänu avaldused.....	44
Kasutatud allikad.....	45
Lisad	47

TABELID

Tabel 1 Maavaramahud Aru-Lõuna+Aru-Lõuna II, Toolse-Lääne mäeeraldiste piires	22
Tabel 2 Kivimi kihtide paksused Aru-Lõuna kaeveväljal.....	22
Tabel 3 Kivimi kihtide paksused Toolse-Lääne mäeeraldisel	23
Tabel 4 Kunda Nordic Tsemnedi kümne aasta toodangute mahud.....	24
Tabel 5 Pöördkoppekskavaatorite tehnilised parameetrid	27
Tabel 6 Veokite tehnilised parameetrid (Caterpillar 1996).....	27
Tabel 7 Kaevandamise kulu Aru-Lõuna kaeveväljal	39
Tabel 8 Kaevandamise kulu Toolse-Lääne mäeeraldisel	39
Tabel 9 Oobolusliivakivi väljamise hind	40
Tabel 10 Puuraukude koordinaadid.....	47
Tabel 11 Lamamite absoluutkõrgused	49
Tabel 12 Ehituslubjakivi väljamise kulu, Aru-Lõuna	55
Tabel 13 Volhovi lubjakivi väljamise kulu, Aru-Lõuna	56
Tabel 14 Glaukoniitliivakivi väljamise kulu, Aru-Lõuna	57
Tabel 15 Aleuriitsavi väljamise kulu, Aru-Lõuna.....	58
Tabel 16 Graptoliitargiliidi väljamise kulu, Aru-Lõuna	59
Tabel 17 Oobolusliivakivi väljamise kulu, Aru-Lõuna.....	60
Tabel 18 Tsemendilubjakivi väljamise kulu, Toolse-Lääne	61
Tabel 19 Ehituslubjakivi väljamise kulu, Toolse-Lääne	62
Tabel 20 Volhovi lubjakivi väljamise kulu, Toolse-Lääne	63
Tabel 21 Glaukoniitliivakivi väljamise kulu, Toolse-Lääne	64
Tabel 22 Aleuriitsavi väljamise kulu, Toolse-Lääne	65
Tabel 23 Graptoliitargiliidi väljamise kulu, Toolse-Lääne	66
Tabel 24 Oobolusliivakivi väljamise kulu, Toolse-Lääne	67
Tabel 25 Graptoliitargiliidi aunade ehituse kulu.....	68

JOONISED

Joonis 1 Mäeeraldiste asukoht.....	10
Joonis 2 Endine Aru-Põhja lubjakivikarjäär, 23.04.2017	11
Joonis 3 Aru-Lõuna mäeeraldis, 14.07.2016.....	13
Joonis 4 Toolse jõgi, 23.04.2017.....	16
Joonis 5 Aru-Lõuna lubjakivikarjääri settebassein 23.04.2017	19
Joonis 6 Pumbajaam Aru-Lõuna lubjakivikarjääris. Foto Veiko Karu.....	19
Joonis 7 Tigapõllu veeproov 17.04.2017	41
Joonis 8 Tigapõllu veeproov protokoll.....	54

GRAAFILINSED LISAD

Graafiline lisa 1- Aru-Lõuna kaeveväli

Graafiline lisa 2- Toosle-Lääne mäeraldis

Graafiline lisa 3- Tehnoloogiline skeem

Graafiline lisa 4- Graptoliitargiliidi auna läbilõige

Graafiline lisa 5- Graptoliitargiliidi ladustamine

Erinevate maavarade – lubjakivi, glaukoniitliivakivi, graptoliitargiliidi ning oobolusliivakivi koosväljamine
Toolse maardlas

ABSTRACT

Some of the largest reserves of phosphorite in Europe are located in Estonia. Phosphorite mining in Estonia was discontinued in the early 90s. However, because of the increasing demand for phosphate fertilizers, mining of phosphorite in Estonia is again topical. The subject of the thesis is to design extraction of various minerals- limestone, glauconite sandstone, graptolitic argillite and Obolus sandstone from Toolse deposit. Forthcoming mine is designed in existing Aru-Lõuna, Aru-Lõuna II and Toolse- Lääne limestone quarries. Existing quarries have 29,6 mln m³ indicated reserve of cement limestone, 41,7 mln m³ construction limestone, 12,0 mln m³ low quality limestone, not accounted as natural resource, 5,1 mln m³ glauconite sandstone, 11,7 mln m³ aleurite clay, 7,1 mln m³ graptolitic argillite and 17,4 mln m³ Obolud sandstone. Each bed of minerals is extracted separately, up to eight benches at same time. The entire extraction takes place below groundwater level. Dewatering complicates mining. Mining last for 43 years, after mining large amount of limestone and graptolitic argillite must be stored in rock piles.

1. SISSEJUHATUS

Eestis asuvad ühed Euroopa suurimad fosforiidi varud. Fosforiiti kaevandati Eestis 1920-ndatest kuni taasiseseisvuse algusaastateni. Kaevandamine lõpetati keskkonnakahjulikkuse ning „Fosforiidisõja“ tõttu. Fosforiidi kaevandamine on jätkuvalt tundlik teema Eesti ühiskonnas. Kuid koos kasvava maailma rahvaarvuga kasvab ka nõudlus fosfaatväetiste järele. Sellest tulenevalt on fosforiidi kaevandamine Eestis muutumas taas järjest aktuaalsemaks.

Eestis olevad fosforiidi varud on geoloogiliselt piisavalt uuritud, vajaka on jäänud Eestis leiduva fosforiidi toormeks oleva oobolusliivakivi tänapäevased tööstusliku rikastamise katsetused.

Kui katsetused osutuvad edukaks on üheks perspektiivseks kaevandamis kohaks Lääne-Virumaal asuv Toolse fosforiidimaardla.

Kuna oobolusliivakivi katendis olevad karbonaatsetest settekivimitest on maavaradena arvel (tsemendi- ja ehituslubjakivi) on Toolse fosforiidimaardla puhul tegemist kompleksmaardlaga ning ühe maavara väljamisega ei tohi rikkuda teisi maavarasid.

Tulenevalt sellest on antud magistritöö eesmärgiks projekteerida erinevate maarete kompleksväljamine Toolse fosforiidimaardlasse oobolusliivakivi väljamiseks fosforiidi toormeks. Siduda projekt olemasolevate ning projekteeritud Aru-Lõuna, Aru-Lõuna II ning Toolse-Lääne lubjakivikarjääridega, minimaliseerimaks keskkonnale tulevat kahju. Leida optimaalne lahendus madalama nõudlusega maavarade ohutuks ladustamiseks, erilist tähelepanu pöörata graptoliitargiliidi kaevandamisega/ladustamisega seonduvatele (keskkonna)probleemidele. Koostada vajalikud tehnoloogilised skeemid ning anda maksumuse eelhindang fosforiidi toormeks oleva oobolusliivakivi komplekskaevandamiseks.

1.1 Töös kasutatud mõisted

Maavara – looduslik kivim, setend, vedelik või gaas, mille omadused või lasundi lasumistingimused ja omadused vastavad kehtestatud nõuetele ning mille lasund või selle osa on majandusliku tähtsuse tõttu keskkonnaregistris arvele võetud. (Maapõueseadus 2016)

Kaevis – looduslikust olekust eemaldatud mis tahes kivimi või setendi tahke osis. (Maapõueseadus 2016)

Oobolusliivakivi – ehk fosforiit kujutab endast käsijalgsete karbipoolmete ja nende osakeste kuhjunit kvartzliivas. Mineraalses koostises esineb kaks komponenti - kvarts ja biogeense päritoluga fosfaat (viimasest koosnevad käsijalgsete ehk brahhiopoodide kojad). Käsijalgsete kodade tükid sisaldavad 35...38% P_2O_5 . Maapõueseaduses loetakse fosforiidiks kivimit, mille P_2O_5 keskmine sisaldus on vähemalt 6,0%. Kohati on liivakivi karbipoolmete tumedast värvusest tingitult tumehall või pruun ning meenutab konglomeraati (nn ooboluskonglomeraat). (Fosforiit 2017)

Aru-Lõuna kaeveväli – ühine nimetus Aru-Lõuna ja Aru-Lõuna II mäeeraldistele.

1.2 Toolse fosforiidimaardla

Toolse fosforiidimaardla asub Lääne-Virumaa põhjaosas, hästi arenenud tööstuse ja põllumajandusega piirkonnas. Suurim tööstus ettevõtte on Kunda Nordic Tsement, kellele kuulub tsemenditehas Kunda linnas. (R.Raudsepp 2010)

Juba 1920. aastate alguses kirjeldas Armin Öpik oobolusliivakivi paljandeid Toolse jõe kaldal. Toolse fosforiidimaardla avastati 1957...1960. aastatel tehtud tööde tulemusena. 1950. aastatel läbiviidud geograafiliste kaardistamise tulemusel saadi uut informatsiooni Toolse jõe piirkonnas. 1966...1971. aastatel toimus Toolse fosforiidimaardla geoloogiline uuring. Uuringu alusel valminud aruanne kiideti heaks ning fosforiidivaru kinnitati Nõukogude Liidu Riiklikus Varude Komisjonis 1972. aastal. (R.Raudsepp 2010)

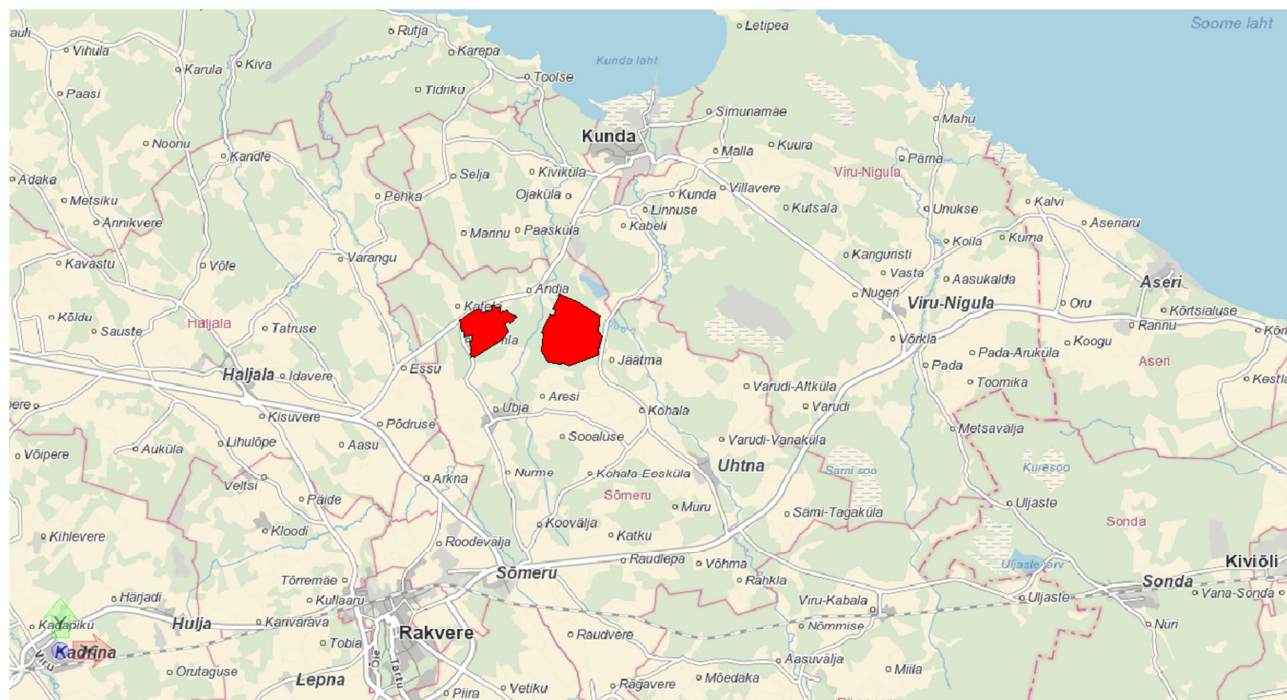
1.2.1 Geoloogia

Toolse fosforiidimaardla asub Fennoskandia kilbi lõunanõlval. Maardla piirneb lõunast Rakvere fosforiidimaardlaga. Maardlas olevad settekivimid on nõrgalt kallutatud lõuna-

kagu suunas (10...15'). Lõuna ja lääne suunas oobolusliivakivis fosfaadi (P^2O^5) hulk väheneb, aga tervikuna kihi paksus suureneb. Detailselt on uuritud ~90 km² suurune ala ja on kindlaks tehtud, et Toolse fosforiidimaardla puhul on tegemist kompleksmaardlaga, fosforiidikihi katendis on maavaradest lubjakivi ja turba (lõuna osas ka põlevkivi) ning potentsiaalsed maavarad – graptoliitargiliit, savi ning glaukoniitliivakivi. Fosforiidikihi katendi kogupaksus 5,0...55,0 m, keskmiselt 24,0 m. (R.Raudsepp 2010)

Aastatel 1966...1971 läbiviidud geoloogilise uuringu käigus kirjeldati ja prooviti kõiki fosforiidikihi lasumis olevaid kivimeid. Tulemuste põhjal selgitati välja, et Lasnamäe ja Uhaku lademe alumise osa lubjakivi sobib tsemendi toormeks ja kasutamiseks ehituslubjakivina. Glaukoniitliivakivi sobib roheliste ja kollaste värvipigmentide ja silikaatbetooni tootmiseks, ning aleuriitsavi keramsiidi (kergkruusa) valmistamiseks. Graptoliitargiliidist on võimalik saada haruldasi elemente (nt U, Mo, V jt), maarjast, väävlit, ammooniumsulfaati jm. Samuti on võimalik ära kasutada argiliidist oleva orgaanilise aine (keskmiselt 13%). (R.Raudsepp 2010)

2 MÄEERALDISED



Joonis 1 Määeraldise asukoht

2.1 Aru-Lõuna määeraldis

Aru-Lõuna määeraldis asub Lääne-Viru maakonnas, Sõmeru vallas Andja külas, Aru-Lõuna paekarjääri kinnistul (KÜ 77002:001:0037) (Joonis 1 Määeraldise asukoht). Määeraldis külgneb põhjas Aru-Põhja paekarjääri (KÜ 77002:001:0270) ja Aru-Kirde paekarjääri (KÜ 77002:001:0273) kinnistutega; idas Pari (KÜ 77001:001:0639), Parimetsa (KÜ 77001:001:0641) ja Karinu (KÜ 77002:001:2112) kinnistutega; lõunas Metsatuka (KÜ 77002:001:0144), Otsingu (KÜ 77002:001:1510), Otsa (KÜ 77002:001:0430), Lepiku (KÜ 77002:001:0294), Sirina (KÜ 77002:001:0490) ning Metsapõllu (KÜ 77002:001:0154) kinnistutega; läänest Tombaki (KÜ 77002:001:1740), Sarapuu (KÜ 77002:001:1782), Raaga (KÜ 77002:001:1220) ning Raudteetranspordi (KÜ 77001:001:0740) kinnistutega. Aru-Lõuna karjääri alast kirde poole jääb Aru-Põhja lubjakivikarjäär mis on aastakümneid tagasi oma tegevuse lõpetanud ja karjääri alale on kujunenud veekogu (Joonis 2 Endine Aru-Põhja lubjakivikarjäär). Karjäär on ehitatud GPI „GIPROTSEMENT“ 1979.a projekti nr 1925/478 alusel. Lubjakivi on kaevandatud karjäärist alates 1961. aastast. Määeraldise piirsesse ei jää loodus- ega muinsuskaitseobjekte, samuti puuduvad alal kitsendusi põhjustavad objektid. Määeraldisel ega määeraldise teenindusmaal ei asu hooneid ega rajatisi. (J.Viru 1994)



Joonis 2 Endine Aru-Põhja lubjakivikarjäär, 23.04.2017

2.2 Aru-Lõuna II mäeeraldis

Aru-Lõuna II mäeeraldis paikneb Lääne-Virumaal, Sõmeru vallas Andja külas Aru-Lõuna paekarjääri kinnistu (KÜ 77002:001:0037) edelaosas, Aru-Lõuna lubjakivikarjääri mäeeraldisel teenindusmaal. Mäeeraldis on ~700 m pikk ja 70...350 m lai, kaetud metsaga. Läänes ja lõunas külgneb Sarapuu (KÜ 77002:001:1782) ja Tomati (KÜ 77002:001:1740) era- ja Sõmeru valla (EHAK kood: 1259) maadega; põhjas Aru-Lõuna lubjakivikarjääri teenindusmaaga, idas Aru-Lõuna lubjakivikarjääri mäeeraldisega. Mäeeraldisel pindalal on 17,08 ha. Mäeeraldisel ida- ja kirdeosas on ~3 ha suurusel pindalal tsemendilubjakivi ära kaevandatud. Mäeeraldisel põhjaosas on ~3 ha suursele alale kuhjatud Aru-Lõuna mäeeraldiselt teised katendit. Mäeeraldis ei jää looduskaitse ega Natura 2000 võrgustiku alale, siin ei ole muinsuskaitse piiranguid ega kultuurimälestisi, samuti puuduvad hoonestus, piirangutega alad ja kommunikatsioonid. Lähim asustus – Võrno,

Kirsi, Ploomi – paiknevad mäeeraldisel lõunapiirist ~1,0 km ja Kohtla-Järve–Tallinn gaasitrass 0,6 km kaugusel. (Sinisalu 2014)

2.3 Toolse-Lääne mäeeraldis

Toolse-Lääne mäeeraldis asub Lääne-Virumaal, Sõmeru vallas Toomla külas üleriigilise tähtsusega Kunda lubjakivimaardla (reg. kaart nr. 0018) lääneosas riigi reservmaal (AT030410089). Mäeeraldisel pindala on 162,63 ha, millest 160,67 ha on RMK Lääne-Viru metskonna metsamaal ja 1,96 ha Nõmme, Lukeni, Lokeni ja Murila kinnistutel, millede omanik on AS Kunda Nordic Tsement. Ala on väheliigestatud reljeefiga, maapinna abs kõrgused on vahemikus 50,4...54,3 m. Lõunapiiriks on 110 kV elektriliin, gaasitrass ja sideliin ning Nõmme (77001:001:0025) ja Põltsamaa (77001:001:0100) kinnistud; põhjas - Kivimetsa (77001:001:0230), Kivipõllu (77001:001:0234), Kiviharju (77001:001:0163), Sillaotsa (77001:001:0730), Hundiuru (77001:001:0189), Murila (77001:001:0136), Lokeni (77001:001:0125) ja Lukeni (77001:001:0175) kinnistud; läänes Kuuse (77001:001:0132) ja Soovälja (77001:001:0052) kinnistud ning riigi reservmaa (AT0803270148). Sillaotsa on ainsana arvel elamumaana, ülejäänud kinnistud on arvel maatulundusmaadena. Põdruse–Kunda–Pada tugimaantee T-20 jääb mäeeraldisest 250...450 m põhja poole, Katela–Sõmeru kõrvalmaantee T-17163 jääb mäeeraldisest 110...400 m lääne poole. Mäeeraldisel teenindusmaa pindala on 214,38 ha, see hõlmab peale riigi reservmaa (AT030410089) ka AS Kunda Nordic Tsement Nõmme, Lukeni, Lokeni, Lakeni, Murila, Marila kinnistud. Maanteeametiga kooskõlastatult on Põdruse–Kunda–Pada tugimaanteele ja Katela–Sõmeru kõrvalmaanteele jäetud 30 m laiune teekaitsevöönd. Taotletav mäeeraldis ja selle teenindusmaa ei jää looduskaitse ega Natura 2000 võrgustiku alale, siin ei ole muinsuskaitse piiranguid ega kultuurimälestisi. (Sinisalu 2010)

2.4 Geoloogia

2.4.1 Pinnakate

Toolse-Lääne lubjakivikarjääri mäeeraldisel piirsel katab karbonaatseid aluspõhjakivimeid (lubjakive) keskmiselt 2,5 m paksune pinnakate, mis koosneb mullast (keskmiselt 0,4 m) ja

valdavalt moreenpinnasest (keskmiselt 2,1 m). Pinnakatte paksus on suurem (3...4 m) mäeeraldisel kesk- ja lõunaosas. Moreenpinnaste filtratsioonimoodul (veejuhtivus) on väike, sõltuvalt saviosakeste sisaldusest vahemikus 0,001...0,1 m/d.

Aru-Lõuna II mäeeraldisel piires moodustavad katendi kvaternaarsed setteted, milledeks on kasvukiht, sitkeplastne saviliiv ja lokaalmoreen. Kasvukihi paksus on 0,0...0,4 m (keskmiselt 0,2 m), saviliiva ja lokaalmoreeni paksus on 0,0...4,2 m (keskmiselt 1,6 m). Kattekihi paksus on suurem mäeeraldisel lõunaosas, selle idaküljel on ~2,2 ha suuruselt alalt kattekiht eemaldatud.

Aru-Lõuna mäeeraldiselt on pinnakate enamjaolt eemaldatud, katend on eemaldamata ainult ~42,0 ha suuruselt alalt mäeeraldisel põhja- ja kaguosas. Pinnakate koosneb, analoogselt Aru-Lõuna II mäeeraldisega, kasvukihist, saviliivast ning lokaalmoreenist. Kaevandatud karjääri osal esineb tehnogeenseid setteid ning kattepinna/lubjakivi puistanguid (

Joonis 3 Aru-Lõuna mäeeraldis, 14.07.2016

).



Joonis 3 Aru-Lõuna mäeeraldis, 14.07.2016

2.4.2 *Aluspõhi*

Toolse-Lääne mäeeraldise pinnakatte all avanevad Uhaku, ida- ja põhjaosas Lasnamäe lademe lubjakivid. Uhaku (O_{2uh}) lademe kivim on rohekashall mergliline lubjakivi, mille paksus ulatub Toolse-Lääne mäeeraldise lõunaosas 5,8 meetrini. Toolse-Lääne mäeeraldise põhja- ja idaosas Uhaku lademe lubjakivid puuduvad. Uhaku lademest allpool asub Lasnamäe (O_{2ls}) lademe lubjakivi, mille täispaksus ulatub 9 meetrini. Mäeeraldise põhja- ja idaosas on Lasnamäe lademe lubjakivid osaliselt kulutatud ja nende paksus seega väiksem. Lasnamäe lademe ülemise, kuni 7,2 m paksuse osa moodustavad paksukihilised, peen- kuni peitkristallilised valkjashallid lubjakivid. Lademe alumise, kuni 2,2 m paksuse osa moodustavad paksukihilised peenkristallilised, nõrgalt dolomiidistunud tumehallid lubjakivid. Lasnamäe lademe lubjakividele moodustavad lamami Aseri (O_{2as}) lademe paksukihilised lubjakivid, mis ülaosas sisaldavad pruune raudoide. Aseri lademe paksus on 1,7...2,2 m. Aseri lademe lubjakividele moodustab lamami Kunda (O_{2kn}) lade, mis ülaosas koosneb peenkristallilisest lubjakivist, keskosas peenkristallilisest dolomiidistunud lubjakivist ja alumises osas peenkristallilisest tugevalt dolomiidistunud lubjakivist. Kunda lademe kogupaksus on ~7 meetrit, millest 3,9...4,3 m paksune ülemine osa jääb mäeeraldise piiresse . Kunda lademe dolomiidistunud lubjakivid jäävad kehtiva kaevandamisloa lamamisse. (Sinisalu 2010) Kehtiva kaevandamisloa lamamist jätkub Kunda lade keskmiselt 3,6 m paksuse kihina. Järgneb Kesk-Ordoviitsiumisse kuuluv Volhovi lademe (O_{2vl}) madalakvaliteetne glaukoniidirikas merglivahekihtidega lubjakivi keskmiselt 2,3 m paksuse kihina. Karbonaatsete kivimite all lasub Leetse kihistu (O_{1lt}) glaukoniitliivakivi keskmiselt 0,9 m paksuse kihina. Glaukoniitliivakivi lamamiks on keskmiselt 2,3 m paksuse kihina Varangu lademe (O_{1vr}) aleuriitsavi. Türisalu kihistu (O_{1tr}) levib Toolse-Lääne mäeeraldise piires keskmiselt 1,4 m paksuse kihina. Kallavere kihistu oobolusliivakivi esineb Toolse-Lääne mäeeraldisel keskmiselt 4,3 m paksuse kihina, fosforiidi rikkam on kihindi alumine osa. Oobolusliivakivi lamamiks on Tiskre kihistu (cm_{2ts}) liivakivi.

Aru-Lõuna kaevevälja kaevandamata osa geoloogilise läbilõike moodustavad:

Uhaku lade – paksus mäeeraldisel 1,5...6,2 m (keskm. 3,6 m). Kivim on esindatud helerohelise keskmisekihilise savika lubjakiviga, milles õhukesed lainjaskihilised mergli vahekihid. Lademe paksus suureneb lõuna suunas. Uhaku lademe ja selle lamamiks oleva Lasnamäe lademe piirile jääb kolmekordne katkestuspind. Lasnamäe lade – lubjakivi, mis makrotunnuste ja keemilise koostise erinevustest tingituna jaguneb kaheks kompleksiks: ülemine O₂ls₂ ja alumine O₂ls₁;

- O₂ls₂ – lubjakivi, valkjashall, paksukihiline, tumehallide mudasööja käikudega, peenpeitkristalliline, paksus 7,0...7,4 m (keskmine 7,0 m);
- O₂ls₁ - lubjakivi, tumehall, nõrgalt dolomiidistunud ja kavernoosne, paksukihiline, peenkristalliline, paksus 2,1...2,4 m (keskmine 2,3 m).

Aseri lade – lubjakivi, pruunikashall, paksukihiline, raudoiididega, paiguti on kivim dolomitiseerunud ja kavernoosne, alumises osas sagedased fosfaatsed katkestuspinnad. Lademe paksus on vahemikus 1,7...2,4 m (keskmine 2,0 m). (Sinisalu 2014)

Kunda lade – lubjakivi, keskmise paksusega 7,5 m;

Volhovi lade – madalakvaliteetne glaukoniidirikas mergliivahekihtidega lubjakivi keskmise paksusega 2,4 m;

Leetse kihistu – glaukoniitliivakivi, keskmise paksusega 1,1 m;

Varangu lademe – aleuriitsavi, keskmise paksusega 2,3 m;

Türisalu kihistu – graptoliitargiliit, keskmise paksusega 1,4 m;

Kallavere kihistu – oobolusliivakivi, keskmise paksusega 3,0 m;

Oobolusliivakivi lamamiks on Tiskre kihistu (Cm₂ts) liivakivi.

Kaevandatud osalt on Uhaku, Lasnamäe, Aseri ning osa Kunda lademest eemaldatud.

2.4.3 Hüdroloogia

Toolse-Lääne mäeeraltiselt 0,75...1,2 km kaugusele ida poole jääb Toolse jõgi, 0,8 km kaugusele põhja poole Allika oja ja 2 km kaugusele edelasse Selja jõgi.

Suurema osa aastast on Toolse jõgi ülemjooksul kuiv, püsiv vesi ilmub jõesängi alles Ubja põlevkivikarjääri settebasseini väljavoolust allavoolu. Põhja pool lisandub juurdevool jõkke Aru-Lõuna karjäärist ja veerikkamal perioodil ka Ubja suletud põlevkivikaevandusest. Käesoleval ajal suunatakse vett jõkke Aru-Lõuna karjäärist, Ubja kaevandusest ja Ubja karjäärist. Jõgi kuulub kas osaliste lõikudena või tervikuna riigi poolt korrashoitavate ühisesvoolude hulka. Toolse jõgi on eesvooluks Toolse-Lääne karjäärist lõuna pool asuvatele Kaevuri 1...Kaevuri 4 maaparandussüsteemidele, mis jäävad Toomemaa ja Toomla maaüksustele. Aru-Lõuna kaevevälja piir jääb Toolse jõest ~0,3 km kaugusele. (Pajupuu 2009)



Joonis 4 Toolse jõgi, 23.04.2017

Selja jõgi on 46,4 km pikk, valgala pindalaga 422,6 km², lähe on absoluutkõrgusel 76 m ja keskmine lang 1,72‰, suurima languga Põhja-Eesti klindi piirkonnas. Jõesäng ühtib

samanimelise mattunud oruga, mis on lõikunud Ordoviitsiumi lubjakividesse. (Loopmann 1979)

Üldine põhjaveevoolu suund on kirdesse. Põhjavesi levib kvaternaarisetetes, Ordoviitsiumi karbonaatkivimites ja Kambriumi liivakivides. Elanikkonna veevarustus põhineb Lasnamäe–Kunda veekihil, põhja pool Ordoviitsiumi–Kambriumi veekihil. (Pajupuu 2009) **Kvaternaarisetted** levivad tervel alal ning koosnevad põhiliselt 2...3 m paksustest moreensetetest. Kunda, Toolse ja Selja jõe piirkonnas paiknevad mattunud orud, mida täidavad mitmekümne meetri paksuselt põhiliselt vett väheläbilaskvad setted, mis on veepidemeks Ordoviitsiumi veekompleksile. Moreensetete vesi ei ole pideva levikuga ning kuni 3,5 m sügavused salvkaevud jäävad veevaestel aastatel kuivaks. Suurel osal alast ei moodusta kvaternaarisetted pidevat veekihti, vaid läbilaskva kihi, mille kaudu toimub lamava Ordoviitsiumi veekompleksi sademeveeline toitumine. Püsiv kvaternaarisetete vesi on seotud turbarabadega – põhjas Kunda sooga ja lõunas Soaaluse rabaga. Turbakihi paksus on 1...3 m. Rabade piires püsib vesi aastaringselt. (Pajupuu 2009)

Lasnamäe–Kunda veekiht on Toosle-Lääne mäeeraldise ning Aru-Lõuna kaevevälja alal üldise levikuga. Põhjaveevoolu suund on lõunast põhja. Vettandvateks kivimiteks on erineva lõhelisusega lubjakivid. Lasumiks on Uhaku lademe savikas lubjakivi, mis oma väljealal kvaternaarisetete all on suurenenud lõhelisusega ning võib koos Lasnamäe–Kunda veekihiga olla veerikas. Uhaku lademe väljealast põhja pool moodustavad lasumi kvaternaarisetted. Veekihi lamamiks on Volhovi lademe lubjakivi. Veekihi paksus on 18...20 m. Mattunud orgudes on vettandvad kivimid asendunud põhiliselt moreeniga, mis moodustab vett vähe läbilaskva veepideme. Hüdrodünaamilised parameetrid on väga muutlikud ja sõltuvad kivimite lõhelisusest. Veekiht toitub lasuva Keila–Kukruse veekihi arvel, läbi vett väheläbilaskvate Uhaku lademe savikate lubjakivikihtide. Võõndis, kus Uhaku setted puuduvad, toitub veekiht sademete infiltratsioonist läbi õhukese kvaternaarisetetest katte. Veekiht voolab välja klindile, hüdrograafiavõrku ja töötavasse Aru-Lõuna karjääri. Aru-Lõuna karjäärist, kus veetaset alandatakse ~15 m, juhitakse ära keskmiselt kuni 30 tuh m³ vett ööpäevas. Veekihi põhjavett kasutab kohalik elanikkond veevarustuses. Ordoviitsiumi veekompleksi põhjavee režiim on nimetatud veekihtides praktiliselt ühesugune ja täielikult seotud ühesuguste lasumistingimustega ning tehnogeensete tegurite poolt rikkumata looduslikes tingimustes sõltub ilmastikutingimustest. Iseloomulikud on kevad–sügisene veetasemete tõus veekihi toiteajal

ja suvi–talvine alanemine. Kevadine veetaseme tõus algab märtsi II dekaadil ning kestab aprilli II dekaadini. Suvine madalveeseis kestab kuni augusti III dekaadini ning sügisene tõus novembri viimase dekaadini. Veetaseme muutuste aastane amplituud ulatub 3 meetrini. (Pöldvere 2012)

Ordoviitsiumi–Kambriumi veekiht levib kogu piirkonnas. Põhjaveevool suundub põhja, loodusliku väljeala poole. Vettandvateks kivimiteks on Alam-Ordoviitsiumi Pakerordi lademe ja Kambriumi ladestu Tiskre lademe nõrgalt tsementeerunud liivakivi. Lasumiks on graptoliitargiliit ja lamamiks Kambriumi ladestu Lontova savi. Vettandvate kivimite paksus on 20 m. Veekihi toitumine toimub lasuva, Lasnamäe–Kunda veekihi põhjavee läbivoolu arvel. Põhjaveetaseme aastaste muutuste amplituud ulatub 2 meetrini, veetaseme muutused on sujuvamad kui Ordoviitsiumi veekompleksis. Põhjaveet kasutatakse laialdaselt veevarustuses, eriti Aru-Lõuna karjääri alanduslehtri mõjupiirkonnas. (Pöldvere 2012)

Aru-Lõuna karjääri varu asub põhjaveetasemest madalamal ja selle kaevandamiseks on alates kuuekümnendatest aastatest põhjavee taset alandatud ning väljapumbatud vett Toolse jõkke suunatud. Karjääri valgava vee kogumiseks on karjääri põhjast madalamale rajatud kraavid, mille kaudu jõuab vesi karjääri edelaosas asuvasse settebasseini (Joonis 5 Aru-Lõuna lubjakivikarjääri settebassein), sealt edasi pumbajaama juurde (Joonis 6 Pumbajaam Aru-Lõuna lubjakivikarjääris), kust pumbatakse selginenult Toolse jõkke. Aru-Lõuna karjäärist pumbati 2011. aastal 8,98 mln m³ vett ehk keskmiselt 280 l/sek. Kõige veerikkamaks Lõuna-Aru karjääris oli aprill, kui pumbati välja keskmiselt 400 l/sek. Kõige väiksem oli veeärastus veebruaris, keskmiselt 200 l/s. 2009. aastal pumbati karjäärist 7,91 mln m³, 2010 aastal 7,58 mln m³. (Pöldvere 2012)



Joonis 5 Aru-Lõuna lubjakivikarjääri settebassein 23.04.2017



Joonis 6 Pumbajaam Aru-Lõuna lubjakivikarjääris. Foto Veiko Karu

Aru-Lõuna karjääris on kaevandamisega kaasnenud aastakümneid kestnud pidev põhjavee väljapumpamine, mille tõttu on aja jooksul põhjaveetas karjääri ümbruse kaevudes alanenud ja mõjutanud seega otseselt sealset veetarbimist. Vaatamata mitmekümne aasta pikkusele põhjavee väljapumpamisele kuni 20 meetrise alanduse juures ulatub arvestatav, 3...5 m suurune põhjaveetaseme alanemine karjääri piirist vaid keskmiselt kilomeetri kaugusele. Suurem on põhjavee alandus ida ja põhja suunas, väiksem lõuna ja lääne suunas. Samas suunas alaneb ka põhjavee looduslik tase. Aru-Lõuna karjäärist ligikaudu kilomeetri kaugusel ida pool voolab Kunda jõgi, mis drenib piirkonna põhjavett – jõe veetase asub karjäärist ida pool ~43 m absoluutsel kõrgusel, kaugemal kirde pool 35...40 m absoluutsel kõrgusel. (Pöldvere 2012)

Aru-Lõuna karjäärist põhjavee väljapumpamine on olnud olulise negatiivse mõjuga karjääri ümbruse veetarbijatele, sest karjääri lähipiirkonnas on kaevude veetase aja jooksul oluliselt alanenud. Selle negatiivse keskkonnamõju leevendamiseks on karjääri ümbruse majapidamistele rajatud AS Kunda Nordic Tsement finantseerimisel kuni 1,5 km kauguseni karjääri piirist uued puurkaevud, mis on kindlustanud kvaliteetse veetarbimise. Aru-Lõuna karjääri ümbruses kasutatakse Ordoviitsiumi–Kambriumi veekompleksi põhjavett puurkaevudega, mille sügavus on üle 45 meetri (Pöldvere 2012). Kaevandamise jõudmisega oobolusliivakivini langeb kaevude veetase veelgi ning on vaja luua uusi puurkaeve Ordoviitsiumi-Kambriumi veekompleksi ning süvendada olemasolevaid Ordoviitsium-Kambriumi veekompleksi salvkaeve.

3 MÄETEHNILISTE TINGIMUSTE KIRJELDUS

Mäetehnilised tingimused on suhtelised keerulised keerulised, kogu kaeve tegevus toimub allpool põhjaveetasel, graptoliitargiliidi kihti läbides lisandub põhjavee sissevooluks surveall olev Ordoviitsium-Kambriumi põhjaveekiht. Põhjavesi pumbatakse karjääridest Toolse jõkke. Samuti toimub erinevate kivimikihtede väljamine eraldi, seellettõttu toimub kaevandamine kuni kaheksa astanguga (katend, tsemendilubjakivi, ehituslubjakivi, I vahekatend(täitelubjakivi), glaukoniitliivakivi, II vahekatend(aleuriitsavi), graptoliitargiliit, oobolusliivakivi), mis muudab kaevandamise kordineerimise erinevate astangute vahel keerulisemaks (Gr lisa 3).

Kaevandamist alustatakse Aru-Lõuna kaeveväljal osast, kus on Kunda Nordic Tsemendi poolt tsemendilubjakivi kaevandamine lõpetatud ning kaevandamis ees jõudmisel kaevevälja lõunaossa on sellelt tsemendilubjakivi ning osa ehituslubjakivi eemaldatud.

Kaemis transporditakse karjääridest Põdruse-Kunda-Pada riigimaantee kaudu tarbijateni. Madalama nõudlusega maavarad ladustatakse puistangutesse karjääride mäeeraldisete teenindusmaadel ning endise Põhja-Aru lubjakivikarjääri territooriumil. Volhovi lademe madalamargiline lubjakivi (I vahekatend) ja Varangu lademe aleuriitsavi (II vahekatend) ladustatakse kaevandatud karjääri ala põhja ning kasutatakse hilisemalt karjääri alade korrastamisel, vahekatendi kihid võivad sobida graptoliitargiliidi ohutuks ladustamiseks mõeldud veekindlate aunade ehitamisel (Gr lisa 4). Samuti võib juhtuda, et täiendavate geoloogiliste uuringute tegemisel võetakse vahekatendi kihid arvele maavaradena.

4 MAAVARAVARUD, AASTATOODANG JA KAEVANDAMISE KESTVUS

Maavaravarude arvutamisel on kasutatud 2015. aasta maavaravarude koondbilanssi. Sellele tuginedes on Aru-Lõuna lubjakivi karjääris tsemendilubjakivi aktiivnetarbevaru 4,20 mln m³ ning ehituslubjakivi aktiivnetarbevaru 7,51 mln m³, sellele lisandub Aru-Lõuna II lubjakivikarjääri maavara kaevandamisloa taotlusest 1,67 mln m³ tsemendilubjakivi ja 388,0 tuh m³ ehituslubjakivi. Järgnevad maavarakihtide andmed on saadud 1969...1971.a läbiviidud Toolse fosforiidimaardla detailuuringu puuraukude andmetest (Tabel 1 Lamamite absoluutkõrgused), puuraukude andmed kanti programmi Bentley PowerCivil V8.1i ning lisaga InRoads Suite V8.1i modelleeriti maavarakihtide lasumismudelid, kasutades triangulatsiooni meetodit. Saadud maavaravarud on katnud tabelisse Tabel 1 Maavaramahud Aru-Lõuna+Aru-Lõuna II, Toolse-Lääne mäeeraldiste piires.

Tabel 1 Maavaramahud Aru-Lõuna+Aru-Lõuna II, Toolse-Lääne mäeeraldiste piires

	Aru-Lõuna, II, m ³	Toolse-Lääne, m ³	Kokku, m ³	tuh m ³	mln m ³
*Tsemendi lubjakivi, KNC	5875600,0	23755000,0	29630600,0	29630,6	29,6
*Ehituslubjakivi, KNC	7896000,0	2556000,0	10452000,0	10452,0	10,5
Ehituslubjakivi (Kunda)	25231604,8	6020780,5	31252385,3	31252,4	31,3
Lubjakivi (Volhovi)	8073461,6	3911312,1	11984773,7	11984,8	12,0
Glaukoniitliivakivi	3614582,8	1490597,5	5105180,3	5105,2	5,1
Aleuriitsavi	7839873,7	3873056,8	11712930,5	11712,9	11,7
Graptoliitargiliit	4701289,3	2360520,8	7061810,1	7061,8	7,1
Oobolusliivakivi	10145552,0	7257495,5	17403047,5	17403,0	17,4
Kokku	73377964,2	51224763,1	124602727,4	124602,7	124,6

Tabel 2 Kivimi kihtide paksused Aru-Lõuna kaeveväljal

	Aru-Lõuna, II, m ³	tuh m ³	mln m ³	Keskmine kihipaksus, m
*Tsemendi lubjakivi, KNC	5875600,0	5875,6	5,9	1,8
*Ehituslubjakivi, KNC	7896000,0	7896,0	7,9	2,4
Ehituslubjakivi (Kunda)	25231604,8	25231,6	25,2	7,5
Lubjakivi (Volhovi)	8073461,6	8073,5	8,1	2,4
Glaukoniitliivakivi	3614582,8	3614,6	3,6	1,1
Aleuriitsavi	7839873,7	7839,9	7,8	2,3
Graptoliitargiliit	4701289,3	4701,3	4,7	1,4
Oobolusliivakivi	10145552,0	10145,6	10,1	3,0
Kokku	73377964,2	73378,0	73,4	21,9

Tabel 3 Kivimi kihtide paksused Toolse-Lääne mäeeraldisel

	Toolse-Lääne, m ³	tuh m ³	mln m ³	Keskmine kihipaksus, m
*Tsemendi lubjakivi, KNC	23755000,0	23755,0	23,8	14,1
*Ehituslubjakivi, KNC	2556000,0	2556,0	2,6	1,5
Ehituslubjakivi (Kunda)	6020780,5	6020,8	6,0	3,6
Lubjakivi (Volhovi)	3911312,1	3911,3	3,9	2,3
Glaukoniitliivakivi	1490597,5	1490,6	1,5	0,9
Aleuriitsavi	3873056,8	3873,1	3,9	2,3
Graptoliitargiliit	2360520,8	2360,5	2,4	1,4
Oobolusliivakivi	7257495,5	7257,5	7,3	4,3
Kokku	51224763,1	51224,8	51,2	30,4

*2015. aasta maavarade koondbilnssi järgi Kunda Nordic Tsemendi kaevandamislubade järgi arvel olev kaevandamata lubjakivi.

4.1 Lubjakivi

Lubjakivi võib jaotada põhimõtteliselt kolmeks suuremaks alagrupiks, tsemendilubjakivi, mida kaevandab Kunda Nordic Tsement koosneb Uhaku, Lasnamäe, Aseri ja osaliselt ka Kunda lademest. Ehituslubjakivi, mis koosneb osaliselt Aseri, ning täielikult Kunda lademest. Kolmandaks on Volhovi lademe lubjakivi, mille võiks klassifitseerida kas täitalubjakiviks või vahekatendiks. Hetkel on Aru-Lõuna, Aru-Lõuna II ning Toolse-Lääne mäeeraldistel arvel 29,6 mln m³ tsemendilubjakivi ning 10,5 mln m³ ehituslubjakivi. Praeguste mäeeraldiste alla jätkub Kunda lade, lihtsustamise pärast eeldame, et kogu Kunda lade vastab ehituslubjakivi kvaliteedile. Arvestades ehituslubjakiviks terve Kunda ladet on mäeeraldistel kokku ehituslubjakivi 41,8 mln m³.

Idapoolsemal kaeveväljal (Aru-Lõuna ning Aru-Lõuna II mäeeraldised) on Kunda Nordic Tsemendil kaevandatmata veel 5875,6 tuh m³ tsemendilubjakivi ning 7896,0 tuh m³ ehituslubjakivi, mäeeraldisete all jätkub Kunda lade veel keskmiselt 7,5 m paksuse kihina ehk potentsiaalset ehituslubjakivi varu kokku on 33,1 mln m³.

Läänepoolsemal kaeveväljal (Toolse-Lääne mäeeraldis) on kaevandamata 23,76 mln m³ tsemendilubjakivi ja 2,56 mln m³ ehituslubjakivi.

Kunda Nordic Tsement väljas perioodil 2006...2015.a keskmiselt 328,3 tuh m³ tsemendi- ja 210,9 tuh m³ ehituslubjakivi aastas (Tabel 4 Kunda Nordic Tsemendi kümne aasta

toodangute mahud). Maksimum kaevemahud saavutati 2007.a, kui kaevandati 484,9 tuh m³ tsemendilubjakivi ning 285,0 tuh m³ ehituslubjakivi. Antud kaevemahtude juures jätkub Aru-Lõuna kaeveväljal tsemendilubjakivi, võttes arvesse keskmisi kaevandamis mahtusi, 18 aastaga, ehituslubjakivi 157 aastaks.

Toolse-Lääne mäeeraldisel jätkub tsemendilubjakivi 72 aastaks, ehituslubjakivi 41 aastaks. Volhovi lademe madalamargilist lubjakivi on kaeveväljal kokku, 11,98 mln m³. Idapoolsel kaveväljal on sellest 8,07 mln m³ ning kivim on keskmiselt 2,4 m paksuse kihina. Läänepoolsel kaeveväljal on madala margilist lubjakivi/sisekatendit 3,91 mln m³ keskmiselt 2,3 m kõrguse astanguna.

Volhovi lademele suuretõenäosusega kasutust leida pole võimalik, mis tõttu tuleb kogu Volhovi lade ladustada karjääri põhja.

Tabel 4 Kunda Nordic Tsemnedi kümne aasta toodangute mahud

Aasta	Tsemendilubjakivi, tuh m³	Ehituslubjakivi, tuh m³
2015	157,5	159,3
2014	311,8	253,6
2013	335,5	231,3
2012	324,8	218,3
2011	333,1	200,6
2010	296,6	171,2
2009	219,9	143,6
2008	475,8	192,9
2007	484,9	285,0
2006	343,5	252,9
Keskmine	328,3	210,9
Max	484,9	285,0
Min	157,5	143,6

4.2 Glaukoniitliivakivi

Glaukoniitliivakivi on kaeveväljal kokku 5,10 mln m³. Läänepoolsel osal on glaukoniitliivakivi varud 1,49 mln m³, keskmiselt 0,9 m astanguna. Idapoolsel osal on glaukoniitliivakivi 3,61 mln m³, keskmiselt 1,1 m astanguna. Kogu glaukoniitliivakivi leiab kasutust väetise- ning keemiatormena.

4.3 Aleuriitsavi

Aleuriitsavi esineb kogu kaevavälja piires, aleuriitsavi asetseb glaukoniitliivakivi all. Aleuriitsavi on kaeveväljal kokku 11,71 mln m³. Toolse-Lääne mäeeraldisel asub sellest 3,87 mln m³, keskmiselt 2,3 m astanguna. Aru-Lõuna mäeeraldisel 7,84 mln m³, keskmiselt 2,3 m astanguna. Aleuriitsavi hetkel maavarana arvel ei ole, kaevandamise käigus tuleks uurida täpsemalt savi omadusi ning otsida kasutust nt keraamika-, või tellisetööstuses. Karjääri siseselt leiab aleuriitsavi kasutust graptoliitargiliidi konserveerimisvaaludes, ülejääv aleuriitsavi ladustatakse kaevandatud ala põhja.

4.4 Graptoliitargiliit

Graptoliitargiliiti esineb kogu kaevevälja piires, graptoliitargiliidi varu on 7,06 mln m³. Lääne-Toolse mäeeraldisel asub sellest 2,36 mln m³ ning Aru-Lõuna mäeeraldisel 4,70 mln m³, mõlemal mäeeraldisel on astangu keskmine kõrgus 1,4 m.

Sillmäel asunud uraanikombinaadi projekteeritud võimsuseks oli 2000...2500 tonni graptoliitargiliiti kuus ehk 14,3 tuh m³ graptoliitargiliiti aastas. (Pihlak 2010)

Võttes nõudluseks 14,3 tuh m³ jätkub graptoliitargiliiti Toolse-Lääne mäeeraldisel 165 aastaks ning Aru-Lõuna mäeeraldisel 329 aastaks.

4.5 Oobulusliivakivi

Oobulusliivakivi varud kaeveväljal on 17,40 mln m³. Läänepoolsel mäeeraldisel on sellest 7,26 mln m³, keskmiselt 4,3 m kõrguse astanguna. Idapoolsel mäeeraldisel 10,15 mln m³, keskmiselt 3,0 m astanguna. Võttes aluseks Maardu fosforiidikarjääri maksimum väljatud kaevise mahu aastas (850 tuh t/a ehk 400,9 tuh m³/a) ammendub Aru-Lõuna mäeeraldisel 25 aastaga ning Toolse-Lääne mäeeraldis 18 aastaga.

Kuna oobulusliivakivi asub geoloogiliselt kõige alumsies kihis tuleb selle kätte saamiseks pealmistes kihtides olevad maavarad eelnevalt väljata ning vajadusel ladustada.

Täpne aastatoodangu maht sõltub materjalivajadusest.

5 KASUTATAVATE MASINATE PARAMETRID JA TOOTLIKUS. MASINATE VASTAVUS KASUTUSKESKKONNALE

5.1 Masinate valik

Masinate valikul on arvestatud mäeeraldiste mäenduslike ja geoloogilisi tingimusi ning Kunda Nordic Tsement praegust masinaparki. Masinate tootlikus peab katma aastase väljatava kaevise mahu. Arvestades kahe 7 tunnise vahetustega ning 20 tööpäeva kuus on üksiku astangu suurim väljatav maht $390,6 \text{ m}^3$ tunnis (Toolse-Lääne tsemendilubjakivi astang). Ekskavaatorite tootlikuse arvutusel on võetud töösükli kestvuseks 20 sekundi, frontaalladuri töösükli kestvuseks 60 s (arvestades, et maksimum veokaugus kallurini on 20 m).

Kattepinnase koorimiseks kasutatakse $1,0...1,8 \text{ m}^3$ kopamahuga 22...35 tonnise massiga pöördkoppekskavaatoreid (nt Komatsu PC210, Doosan DX340 või analoogne).

Kattepinnase koorimiseks ja transportimiseks kasutatakse 12...20 tonnise massiga buldoosereid (nt Komatsu D61EX või analoogne).

Frontaalladuri või pöördkoppekskavaatoriga veokite laadimisel tuleb arvestada, et üldjuhul soovitatakse karjäärides kasutada laadurmehhanisme kopa mahuga 15...20% kalluri veokasti mahust (auto laadimine 5...7 kopatäiega).

5.2 Masinatetehnilised parameetrid

Tabel 5 Pöördkoppekskavaatorite tehnilised parameetrid

Parameeter	Komatsu PC210	Doosan DX340	CAT 375
Kopa maht, m ³	1,05	1,8	4,4
Max ammutusraadius, m	9,9	10,5	16,0
Max laadimisraadius, m	9,2	-	12,7
Max laadimiskõrgus, m	6,6	6,9	10,3
Max kaevandamissügavus, m	6,6	6,9	10,1
Töötava masina ohutsooni raadius, m	15,0	15,5	-
Töoterrassi optimaalne laius, m	12,0	-	-
Masina mass, t	21,7	34,5	75,8

Tabel 6 Veokite tehnilised parameetrid (Caterpillar 1996)

Parameeter	Poolhaagis veokid	CAT 771D
Veokasti maht, m ³	10...25	20,2...27,5
Kandevõime, t	10..28	40,7
Veokasti kõrgus, m	2,0...3,2	7,,7
Veoki laius, m	2,5...2,7	5,0
Veoki pikkus, m	10...14	5,5

5.3 Masinate tootlikus

Pöördkoppekskavaatori ja frontaallaaduri masinate tootlikused on leitud empiiristete valmite abil, kus on arvestatud masinate töö efektiivsusteguriks 0,83 (masin töötab tunnis 50 min), ehk tunnitootlikuses on arvestatud võimalike seisakutega. Masinate tootlikuse valemid on võetud Mäeoskaonna õppematerjalidest.

Ekskavaatori tootlikkus kaevandamisel (T_e):

$$T_e = q \cdot \frac{h}{t_{ts}} \cdot E, \text{ kus}$$

q- ühetskükliga teisandatav maht, m³;

h- ükstund ehk 3600 s;

t_{ts}- töötsükli kestus 20 s;

E- töö efektiivsus tegur, 0,83.

Ühe tsükliga teisaldatav maht (q):

$$q = q_k \cdot k, \text{ kus}$$

q_k - kopamaht (tootja andmed)

k- kopa täitetegur 0,9

Frontaallaaduri tootlikus (T_l)

$$T_l = q \cdot \frac{h}{t_{ts}} \cdot E, \text{ kus}$$

q- ühetsküliga teisandatav maht, m³;

h- ükstund ehk 3600 s;

t_{ts} - töötsükli kestus min;

E- töö efektiivsus tegur, 0,83.

Ühe tsükliga teisaldatav maht (q):

$$q = q_k \cdot k, \text{ kus}$$

q_k - kopamaht (tootja andmed)

k- kopa täitetegur 0,9

Töötsükli kestvus arvutatakse valemiga (t_{ts})

$$t_{ts} = \frac{D}{1000 \cdot \frac{1}{60} \cdot v_k} + \frac{D}{1000 \cdot \frac{1}{60} \cdot v_t}, \text{ kus}$$

D- transpordikaugus, m

v_k - täiskopaga liikumise kiirus, 10 km/h

v_t - tühja kopaga liikumise kiirus, 12 km/h

Z- kopa täitmisele, tühjendamisele ja manööverdustele kuluv aeg, 0,6 min.

Buldooseri, ripperi ning hüdrovasara tootlikus sõltub mitmetest teguritest (lükatav materjal, töömaa kallakus, ilmastukuolud jm) ja seetõttu ei anna tootlikkuse arvutamine nendele masinatele usaldavaid tulemusi.

6 KAEVANDAMISTEHNOLLOOGIA VALIK/KIRJELDUS

Kaevandamist alustatakse praegu töötava Aru-Lõuna karjääri põhjaosast, ning komplekskaevandamine karjääri põhjaosas toimub samaaegselt tsemendilubjakivi kaevandamisega karjääri lõunaosas. Kaevandamine toimub kuue astanguga (ehituslubjakivi, Volhovi lademe lubjakivi/vahekatend, glaukoniitliivakivi, aleuriitsavi, graptoliitargiliit, oobolusliivakivi). Tsemendilubjakivi varu ammendub 7 aastat enne oobolusliivakivi mis tõttu liigub tsemendilubjakivi raimamine Toolse-Lääne mäeeraldisel. Järelikult muutub kaevandamine seitsme astanguliseks alles Toolse-Lääne mäeeraldisel (Gr lisa 3).

6.1 Katenidi eemaldamine ja mahud

Aru-Lõuna.

Katend on eemaldatud suuremulk karjääri territooriumil. Katendit on ainult jäänud Aru-Lõuna II mäeeraldisel territooriumi. Kattekihi paksus on suurem Aru-Lõuna II mäeeraldisel lõunaosas, idaküljel on kattekiht ~2,2 ha suuruselt alalt eemaldatud. Kattekihi keskmine paksus on 1,8 m, sh kasvukihi (mulla) paksus keskmiselt 0,2 m. Vastavalt kaevetööde kiirusele eemaldatakse kõigepealt kasvukiht ning seejärel terrigeene kattekiht. Kasvukiht paigutatakse kuni 3,0 m kõrgusetesse aunadesse.

Toolse-Lääne.

Kattekihi paksus mäeeraldisel on 0,5...4,7 m, keskmine 2,4 m, sh kasvukihi paksus 0,4 m. Esmajärjekorras kooritakse buldooseri ja ekskavaatoriga eraldi orgaaniline ja terrigeene katend, ning ladustakse selleks otstarbeks ette nähtud teenindusmaale. Kooritud kattekiht vallitatakse mäetööde algperioodil mäeeraldisel teenindusmaale eraldi – kasvukiht (muld ja turvas) ja terrigeene kate (saviliiv, savi, moreen). Kasvukiht paigutatakse kuni 3,0 m kõrgustesse aunadesse Karjäärialala laienedes ladustatakse terrigeene kattekiht karjääri põhja, eesmärgiks on selle kasutamine nõlvatäitematerjalina mäeeraldisel äärealadel kaeveastme püsinõlvuse (1:3) kujundamiseks.

Kattekihi kogumaht Toolse-Lääne mäeeraldisel on 4022,0 tuh m³, sh kasvukihti 573,0 tuh m³. Võttes terrigeense katendi keskmiseks mahukaaluks 1,8 t/m³, siis on katendit 6,21 mln tonni. Ja kasvukihi mahukaaluks 1,3 t/m³, siis on kasvukihti 745,0 tuh tonni.

Katendi eemaldamine toimub vastavalt tööfrondi liikumisele, liikudes kaeve-est vähemalt 25...30 m eespool.

Olukorras, kus katendit on vajalik teisaldada väljapoole mäeeraldise teenindusmaad või vöörandada, tuleb see tegevus kooskõlastada Keskkonnaametiga, vastavalt MaaPS § 61¹ on maavara kaevandajal õigus pealmaakaevandamisel eemldatavat katendit, mis ei ole maavaravaruna arvele võetud, vöörandada või kasutada väljaspool mäeeraldist ainult Keskkonnaameti nõusolekul.

6.2 Lubjakivi kaevandamine, ladustamine

Aru-Lõuna

Oobolusliivakivi väljatakse aastas 400,9 tuhande m³, sellega kaasneb 320,7 tuhande m³ kaevandamisloas olevat ehituslubjakivi ning 1,00 mln m³ Kunda laedeme ehituslubjakivi. Arvestades KNC 10 aasta keskmist ehituslubjakivi toodangut, 210,9 tuhande m³ ehituslubjakivi, tuleb aastas ladustada aastas 1,11 mln m³ ehituslubjakivi. Kaevandamise lõppemisel Aru-Lõuna mäeeraldisel on ladustatud ehituslubjakivi maht puistangus 27,85 mln m³.

Volhovi lubjakivist vahekatendit tuleb eemaldada mahus 320,7 tuhande m³. Vahekatend ladustatakse kaevandatud ala põhja.

Toolse-Lääne.

Fosforiiti väljatakse aastas 400,9 tuhande m³ sellemahu juures jõudakse tsemendilubjakivi astangule järgi 2 aastaga, ning tuleb hakata tsemendilubjakivi ladustama. Alates kolmandast kaevandamis aastas kaasneb 400,9 tuhande m³ oobolusliivakivi kaevandamisega 1,31 mln m³ tsemendilubjakivi ning 139,8 tuhande m³ kaevandamisloas olevat ehituslubjakivil. Praegusemäeeraldise all olevat ehituslubjakivi 335,6 tuhande m³. Arvestades KNC keskmisi toodanguid, peab ladustama aastas 986,3 tuhande m³ tsemendilubjakivi ning kogu kaevandatud 8576,8 tuhande m³ ehituslubjakivi.

Volhovi lademe lubjakivist vahekatendit eemaldatakse aastas 214,4 tuhande m³. Vahekatend ladustatakse kaevandatud ala põhja.

Kaevandamise lõppedes on puistangutesse tõstetud tsemendilubjakivi maht 15,51 mln m³ ehk ~47 aasta varu. Ehituslubjakivi 32,64 mln m³ ehk 154 aastaks arvestades KNC 10 aasta keskmist toodangumahtu. 2015. aastal kaevandati terve Eesti peale 1,63 mln m³ ehituslubjakivi, võttes selle aluseks katab ladustatud lubjakivi puistang terve Eesti ehituslubjakivi nõudluse ~20 aastaks.

Kivimi kobestamisel kasutatakse puur-lõhketöid. Puur-lõhketöid teeb vastav firma, kellel on lõhkematerjalide seadusega nõetele vastav luba. Puur-lõhketööd toimuvad vastutava isiku kinnitatud projekti (passi) järgi. Kobestatud lubjakivi laaditakse kalluritele kasutades frontaallaadureid.

Praegu puuritakse Aru-Lõuna karjääris lõhkeaugud läbimõõduga kas 104 mm või 95 mm. Arvestades lõhatava lubjakivi geoloogilist struktuuri, kivimi tugevust, kategooriat tükilisuse ja geoloogiliste lõhede järgi, samuti purustatud kivitükkide nõutavat gabariiti, on lõhkeaine erikulu Kunda Nordic Tsemendi kogemuste põhjal tsemendilubjakivi lõhkamisel $0,45...0,5 \text{ kg/m}^3$ ja ehituslubjakivi lõhkamisel $0,55...0,65 \text{ kg/m}^3$ massiivis. Tsemendilubjakivi lõhkamisel kasutatakse lõhkeauke nii 104 mm kui ka 95 mm läbimõõduga, ehitusliku killustiku tooraine korral 95 mm läbimõõduga.

Volhovi lademe lubjakivi lõhkamisel peab vähem arvestama lõhatud lubjakivi gabariitidega, sest lubjakivi tükid ei pea mahtuma purustisse.

Juhul kui Volhovi lademe lubjakivi lamamiks olev glaukoniitliivakivi kandevõime on halb, ning frontaallaadurit kasutada ei saa tuleb Volhovi lademe lubjakivi laadimiseks kasutada ekskavaatorit ning kalluritele tuleb rajada veeteed.

6.3 Glaukoniitliivakivi kaevandamine, ladustamine

Aru-Lõuna.

Glaukoniitliivakivi aastatoodang on $147,0 \text{ tuh m}^3$. Kogu glaukoniitliivakivi leiab kasutust keemiatööstuses.

Toolse-Lääne

Glaukoniitliivakivi aastatoodang on $83,9 \text{ tuh m}^3$. Kogu glaukoniitliivakivi leiab kasutust keemiatööstuses.

Glaukoniitliivakivi raimatakse kasutades ekskavaatorit ja/või frontaallaadurit.

6.4 Aleuriitsavi kaevandamine, ladustamine

Aru-Lõuna.

Aleuriitsavi aastatoodang on $307,4 \text{ tuh m}^3$. Savi kasutatakse graptoliitargiliidi isoleerimiseks. Ülejääv savi ladustatakse karjääri põhja.

Toolse-Lääne

Aleuriitse savi aastatoodang on $214,4 \text{ tuh m}^3$. Savi kasutatakse graptoliitargiliidi isoleerimiseks. Ülejääv aleuriitsavi ladustatakse karjääri põhja.

Glaukoniitliivakivi raimatakse kasutades ekskavaatorit ja/või frontaallaadurit.

6.5 Graptoliitargiliidi kaevandamine, ladustamine

Aru-Lõuna.

Graptoliitargiliidi kaevandamise aasta maht on 187,1 tuh m³. Toodanguks kulub graptoliiti 14,3 tuh m³ aastas ehk ülejäänud 172,8 tuh m³ argiliiti tuleb ohutult ladustada aunadesse.

Toolse-Lääne

Graptoliidi aasta toodang on 130,5 tuh m³. Toodanguks kulub graptoliiti 14,3 tuh m³ aastas ehk ülejäänud 116,2 tuh m³ graptoliiti tuleb ohutult ladustada aunadesse.

Graptoliitargiliit raimatakse kasutades hüdrovasarat või ripperit.

Toolse fosforiidimaardla graptoliitargiliit sisaldab keskmiselt 410 g/t molübdeeni, 1040 g/t vanaadiumi, 75 g/t vaske, 140 g/t nikkliit, 120 g/t pliidi, 0,18 g/t reenumi, 15 g/t tooriumi, 170 g/t tsinki ning 160 g/t uraani. Järelikult on karjääriväljal kokku umbes 2373 tonni uraani, 6080 tonni molübdeeni, 1112 tonni vaske, 2076 tonni nikkliit, 1780 tonni pliidi, 3 tonni reenumi, 222 tonni tooriumi, 2521 tonni tsinki ja 15423 tonni vanaadiumi. Seetõttu ei saa graptoliitargiliiti ladustada karjääri põhja, sest kaevandamise lõppedes täituvad karjääri alad veega ning edaspidine graptoliitargiliidi kasutamine muutub võimatuks. (Soesoo)

6.5.1 Graptoliitargiliidi ohutu ladustamine

Graptoliitargiliidi ladustamise muudab ohtlikuks kaks faktorit, graptoliitargiliidi isesüttimine ning hapnikurikas vees ohtlike ühendite leostumine. Seetõttu ei ole mõistlik graptoliitargiliiti ladustada karjääri põhja, kuna karjäärid täituvad kaevandamise lõppedes veega, samuti kaoks sellisel juhul ära võimalus kasutada tulevikus kaevandatud maavara ning see ei ole vastavuses säästliku kaevandamise põhimõtetega.

Seetõttu tuleb graptoliitargiliit ladustada võimalikult õhu- ning veekindlalt karjääri teenindusmaale, soovitatavalt lihtsasti ligipääsetavasse kohta, kus hilisemalt saaks graptoliitargiliiti kasutada keemiatööstuses (Gr lisa 5).

Graptoliitargiliidi õhuga reageerimise minimaliseerimiseks tuleks graptoliitargiliit väljata võimalikult suure tükisuurusega, vähendamaks õhuga reageerivat eripinda. Samuti tuleb graptoliitargiliit ladustada vettpidava aluse peale. Aluseks võib kasutada Volhovi lademe purustatud lubjakivi sõelmeid (fraktsioon 0/4), või Varangu lademe aleuriitsavi. Materjali valikul tuleb tulevikus teha katsed, kas antud materjale on võimalik tihendada filtratsioonimoodulini <0,1 m/ööp ehk mitte filtreeruvaks. Ladustatud graptoliitargiliit tuleb katta võimalikult õhu- ja veekindla materjaliga, milleks võib olla sobilik Varangu

lademe aleuriitsavi, kui Varangu kihistu aleuriitsavi ei anna soovitud veepidet peab transportima materjali Kunda Nordic Tsement AS kuuluvast Mereäärne savikarjäärist mis asub ~7 km kaugusel.

Arvestades, et vettpidav aluskiht tuleb teha 2 m paksune ning kattekiht 1 m paksune. Selleks, et ladustada 8 m paksune kiht diktoneemat, 40 m laiuselt, tuleb kaetud auna laius 46 m ning kõrgus 11 m. Selliste mõõtmetega aunu tuleb Aru-Lõuna kaeveväljal iga aasta ehitada 675 m ning Toolse-Lääne kaeveväljal 454 m pikkusena. Terve oobolusliivakivi väljates tuleb tohutu ala kasutada graptoliitargiliidi ladustamiseks- Aru-Lõuna kaeveväljal 77,6 ha ja Toolse-Lääne kaeveväljal 37,6 ha. Kui selline ladustamine osutub võimalikuks leiab kasutust 94,5 tuh m³ aleuriitsavi Aru-Lõuna karjääris ning 63,5 tuh m³ aleuriitsavi Toolse-Lääne mäeeraldisel aastast.

6.6 Oobolusliivakivi kaevandamine, ladustaminei

Oobolusliivakivi väljatakse aastas 400,9 tuh m³ kogu oobolusliivakivi liigub edasi rikastamisele. Oobolusliivakivi raimatakse (pärikopp)ekskavaatoriga, kui oobolusliivakivi osutub liiga tugevaks ekskavaatoriga raimamiseks siis kasutatakse raimamiseks puur-lõhketöid.

7 AVAKAEVEÕÕNE ISELOOMUSTUS

Avakaeveõõne lõhkamisel on oht, et maavõngete intensiivsus on tavalisest suurem, kuna tegemist on ühe vaba pinnaga lõhkamisega, kus plahvatuse energia läheb enam massiivi. Seetõttu tuleb avatranšee lõhkamisel puur-lõhketööd planeerida ka vastavalt. See tähendab, et lõhkeaugud tuleb puurida kaldu. Sellega suunatakse lõhkamise energia ja purustatud kivimassi liikumine ainsa vaba pinna suunas, mis omakorda vähendab maavõngete intensiivsust. Vastava puur-lõhketööde passi koostab töid läbi viiv ettevõte.

Masinate liikumiseks astangult astangule tuleb rajada abikallakteed. Kaldteed tuleb rajada nõlvusega 1:5 ja laiusega 12 m, et tagada kallurite probleemideta liikumine.

8 VEEÄRASTUS

Vesi pumbatakse mõlemalt kaeväljalt Toolse jõkke, Toolse jõe maksimaalne karjäärivee vastuvõtu võime on „Kunda lubjakivimaardla Toolese-Lääne uuringuruumi geoloogilise uuringu aruande” põhjal $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$. (Pajupuu 2009)

2009...2011 aasta keksmine vee väljapumpamine Aru-Lõuna lubjakivikarjäärist oli $8,16 \text{ mln m}^3$ ehk keskmiselt 260 l/s . Toolse-Läänes lubjakivikarjääri prognoositav põhjavee väljapumpamine 500 l/s . Nendes arvutustes ei ole kajastatud Ordoviitsium-Kambriumi põhjaveekihti, kui juurde lisanduva põhjaveemaht ületab olemasoleva väljapumbatava põhjaveemahu ületab see Toolse jõe karjäärivee vastuvõtuvõime ning tuleb hakata otsima alternatiive. Näiteks Toolse-Lääne mäeeraldise vesi $\sim 2 \text{ km}$ kaugusel asuvasse Selja jõkke või Aru-Lõuna kaevälja vesi suunata $\sim 400 \text{ m}$ kaugusel olevasse Kunda jõkke. See probleem on kõige aktuaalsem 7 aasta jooksul kui kaevandamine toimub mõlemal kaeväljal korraga.

Põhjavee väljapumpamiseks tuleb luua pumppla Toolse-Lääne mäeeraldisele samuti tuleb Ordoviitsium-Kambriumi põhjaveekivi lisandudes tõsta Aru-Lõuna lubjakivikarjääris olemas oleva pumppla võimsust. Täpsemaks pumpade valiku tegemiseks on vaja sooritada detailne hüdrogeoloogiline uuring.

Välja pumbatav põhjavesi tekitab kaevälja ümber kuni 3 kilomeetrise alanduslehtri, Ordoviitsium-Kambriumi veekihi alanduslehtri kohta antud töös andmed puuduvad, kuid see ei ole kõige tähtsam, sest üldjuhul ammutavad inimeste tarbeveekaevud vett ülemistest põhjaveekihtidest.

9 ÜLDISED KAEVANDAMISE OHUTUSNÕUDED. TÖÖTERVISHOID JA -OHUTUS

Kaevandamistöode teostamisel tuleb ohutuse tagamiseks lähtuda majandus- ja kommunikatsiooniministri 10.08.2004. a määruses nr 172 Kaevandamise ja kaeveõone teisese kasutamise ohutusnõuded (RTL 2004), Töötervishoiu ja tööohutuse seaduses (RT I 2003), Masina ohutuse seaduses (RT I 2009), Tuleohutuse seaduses (RT I 2010), Elektriõhutusseaduses (RT I 2007) sätestatust.

9.1 Üldised ohutusnõuded

1. Seadmed peavad paiknema astangul väljaspool võimalikku varisemisala.
2. Laadurseedmega (frontaallaadur või ekskavaator) laadimisel tuleb kasutada järgmisi helisignaale:
Üks lühike
- hoiatav signaal, jää seisma, stopp;
Kaks lühikest
- transpordivahend võib sõita laadimisele, töö algus;
Üks pikk
- laadurseed lõpetas laadimise, võib ära sõita, töö lõpp.
Kõik karjääris töötavad ja sinna lubatud isikud peavad teadma signaalide tähendust.
3. Mehhanismide vahekaugused peavad töötamisel olema nende maksimaalsest tegevusraadiusest + 5 m.
4. Ekskavaatori töötamise ajal ei tohi kopa tegevus raadiuses +5 m olla teisi mehhanisme ega inimesi, välja arvatud laadimisel olev auto (transpordivahend).
Varingu ohtlikes kohtades on ohtlik tsoon 10 m ekskavaatori tööraadiusest.
5. Buldooseri töö ajal on töötsoonis muude tööde tegemine keelatud ning seal ei tohi ka inimesi viibida.
6. Buldooseriga töötamisel ei tohi nõlva kalle olla suurem masina passis lubatud kaldest. Lubamatu on töötada piki nõlva.
7. Töö lõpetamisel ei tohi ekskavaatori- ega frontaallaaduri koppa jätta rippuvasse asendisse.
8. Eriti ettevaatlik peab olema tööl elektri- ja side maakaablite kaitsetsoonis, kus tööd võib teha ainult liinide valdaja nõusolekul ja järelvalvel.
9. Laadurseedmega autoteedel liikumisel tuleb täitan liikluseeskirju.

10. Autode laadimisel peab autojuht täitma järgmisi nõudeid:

- Laadimist ootav auto peab asuma väljaspool laadur seadme kopa tegevusraadiust (+5 m) ja võib sõita laadimiskohale pärast laaduri juhi lubavat signaali;
- Laadimisel olev auto peab olema pidurdatud;
- Laadimisel olev auto peab asuma laaduri juhi nähtavuspiirkonnas.

11. Karjääris töötamisel on keelatud auto liikumine ülestõstetud veokastiga ning auto tõusudele ja langustele jätmise, välja arvatud tehnilise rikke korral. Sellisel juhul peab juht võtma tarvitusele auto iseeneselikku liikumist välistavad abinõud.

12. Autode ja laaduriseadmete tagurpidisõidul peab olema kuuldav pidev helisignaal.

13. Igal liikurmehhanismil peab olema nõuetele vastav esmaabikomplekt.

14. Karjääris peab olema vähemalt kaks töökorras mobiiltelefoni ning juhtkonna ja avariiteenistuse kontaktnumbrite nimekiri.

15. Karjääris liikumisel on soovitatav kanda ohutusvesti.

9.2 Töötervishoid ja –ohutus

Töötajate töötervishoid ja tööohutus tagatakse määruse “Maavarade kaevandamisele esitatavad töötervishoiu ja tööohutuse nõuded” (RT I 2004) täitmisega.

10 ENERGIAVARUSTUS JA SIDEKORRALDUS

Karjääri masinad töötavad diiselmootoriga. Pimedal ajal toimub töökohtade valgustus prožektoritega töötavalt masinatelt, mis tagavad normikohase valgustuse nii tööes kui ka laadimisplatsi. Elektrivarustust on vaja pumplate ning purustus-sorteerimissõlmede tööhoidmiseks. Aru-Lõuna mäeeraldisel on karjäär elektrivõrku ühendatud, Toolse-Lääne mäeeraldis tuleb elektrivõrku lülitada karjääri lõunapiiril kulgevat 110 kV elektriliini kasutades.

Karjääris kasutatakse sidepidamiseks mobiiltelefone. Kokku peab karjääris olema vähemalt 2 töökorras mobiiltelefoni.

11 MÄETÖÖDE MAKSUMUS

Mäetööde maksumused on tehtud eeldusel, et kogu kaevandamis ajajooksul toimub endiselt edasi Kunda Nordic Tsemendi poolne kaevandamine, ehk kuludesse pole arvestatud tsemendilubjakivi ning ehituslubjakivi maht mille väljab Kunda Nordic Tsement 43 aasta jooksul. Arvestatud ainult lubjakiviga mis ületab KNC nõudlust ning on vaja ladustada puistangusse. Seetõttu on kallurite tootlikusel arvestatud, et Aru-Lõuna kaeveväljal peavad kallurid kaevandatava tsemendi- ja ehituslubjakivi transportilma kuni 2,4 km kaugusele puistangusse, Toolse-Läänes 1,2 km kaugusele.

Raimatud lubjakivi, graptoliitargiliidi ning oobolusliivakivi mahtude puhul on arvestatud raimamisel tekkiva tihendusteguriga 1,5. Samuti on arvestatud kuludesse graptoliitargiliidi jaoks loodavate ladususaunade loomisega buldooseriga. Puurlõhketööde maksuseks on võetud rusikareegli järgi 2 €/m³.

Samuti arvestame olukorraga kus esmalt toimub kaevandamine Aru-Lõuna kaeveväljal, ning ostetavad masinad saavad tööd jätkata ka Toolse-Lääne mäeeraldisel tekitamata lisakulu uue tehnika ostmiseks. Renditavate mäemasinate hinnad on võetud vastavalt AS Kiirkanduri kodulehel toodud hinnakirjale. (Kiirkandur)

Iga kihi väljamiseks eraldi väljatoodud arvutuskäigud on toodud lisades.

Tabel 7 Kaevandamise kulu Aru-Lõuna kaeveväljal

Ehituslubjakivi	62 139 388	EUR
Volhovi lubjakivi	22 269 439	EUR
Glaukoniitliiva	1 827 513	EUR
Aleuriitsavi	27942150	EUR
Graptoliitargiliit	11 945 130	EUR
Oobolusliivakivi	26725984	EUR
Graptoliitargiliidi auna ehitus	3391659	EUR
Kokku	156 241 262	EUR

Tabel 8 Kaevandamise kulu Toolse-Lääne mäeeraldisel

Tsemendi lubjakivi	32 977 440	EUR
Ehituslubjakivi	17 895 188	EUR
Volhovi lubjakivi	10 788 843	EUR
Glaukoniitliiva	753 720	EUR
Aleuriitsavi	13804536	EUR
Graptoliitargiliit	3 840 953	EUR
Oobolusliivakivi	19118143	EUR
Graptoliitargiliidi auna ehitus	2271909	EUR
Kokku	102 946 617	EUR

Erinevate maavarade – lubjakivi, glaukoniitliivakivi, graptoliitargiliidi ning oobolusliivakivi koosväljamine
Toolse maardlas

Tabel 9 Oobolusliivakivi väljamise hind

Oobolusliivakivi, kaevandataav maht	17403047	m3
Oobolusliivakivi, t	36894461	t
Oobolusliivakivi, hind	16,4	€/m3
Oobolusliivakivi, hind	7,8	€/t

Arvestamata keskkonnatasusud on oobolusliivakivi tonni hind 7,8 €.

12 KESKONNAHOID

Keskkonnaohutust silmas pidades võeti ~4,5 km kaugusel asuvast Tigapõllu fosforiidisurfist veeproov mis saadeti Terviseameti Kesklaborisse testimiseks. Tigapõllu surf võib anda meile teatud ülevaadet kuidas võib käituda kaevealale tekkivad veekogud, sest nõukogude ajal rajatud fosforiidi tehniliseks prooviks rajatud surf läbib samuti keskkonnaohtliku graptoliitargiliidi kihti.

Proov võeti 17.04.2017. a Tigapõllu surfi lääneosast, proov koguti ~0,5 m kauguselt kaldast umbes 0,1 m sügavuselt. Veeproov võeti destilleeritud veega puhastatud kanistrisse (Joonis 7 Tigapõllu veeproov).



Joonis 7 Tigapõllu veeproov 17.04.2017

Proov transporditi Tallinnas asuvasse Terviseameti Kesklaborisse 27.04.2017. a. Proovist määrati vee pH tase, raua, sulfaatide, mangaani ning ortofosfaatide sisaldus, saadud tulemus võrreldi Eestis kehtivate joogiveenormidega. (RTL 2007)

Vee pH sisaldus oli 7,5, mis vastab Eestis kehtivatele joogiveenormidele ($\geq 6,5$ ja $\leq 9,5$)

Raua sisaldus 0,03 mg/l, vastab samuti Eestis kehtivatele joogiveenormidele (0,2 mg/l)

Sulfaatide sisaldus 64,0 mg/l, vastab Eestis kehtivatele joogiveenormidele (250 mg/l)

Magneesiumi sisaldus 14,1 mg/l, Eesti joogiveenormides pole magneesiumi sisaldust eraldi välja toodud, küll aga vastab see tulemus Kanadas käibel oleva joogivee kvaliteedi nõuetele (50,0 mg/l). (Canadian Water Quality Guidelines 2008)

Ortofosfaate oli antud proovis <0,040 mg/l, mis vastab looduslikule veekogudes esinevale ortofosfaatide sisaldusele (0,005...0,05 mg/l). (Dunne 1978)

Mangaani sisaldus on katseprotokollis esitatud kahjuks liiga ebatäpselt, et teha mingeid järeldusi vastavusele joogiveenormidele, <5 mg/l, kui määrukses on lubatud piiriks märgitud 0,05 mg/l.

Kui võtta arvesse, et antud veekogud ei ole kohe kindlasti mõeldud joogivee allkateks, võiks antu katsetulemuste põhjal öelda, et kaevandamise lõppedes moodustuvad veekogud tulevad reostuse vabad.

Kuigi selline järeldus võib olla veidikene varajane, kuna proovist katsetatud elementide arv oli antud töö autori eelarvet silmaspidades limiteeritud, ei saa tulemusest täielikku ülevaadet veekvaliteedile. Samuti võeti proov aprilli kuu keskel kus võis mõjuvaks faktoriks olla lumesulaveest tulenev ohtlike ühendite lahjenemine.

Karjääri alad korrastakse peale kaevandamise lõppemist veekogudeks.

KOKKUVÕTE

Olemas olevate Aru-Lõuna, Aru-Lõuna II ja Toolse-Lääne lubjakivikarjääride territooriumitel on kaevandamat tsemendilubjakivi mahuks on 29,6 mln m³, ehituslubjakivi 41,7 mln m³, maavarana mitte arvel olevat madalamarglilist Volhovi lademe lubjakivi 12,0 mln m³, glaukoniitliivakivi 5,1 mln m³, aleuriitsavi 11,7 mln m³, graptoliitargiliiti 7,1 mln m³ ning oobolusliivakivi 17,4 mln m³. Iga erineva kihi kaevandamine toimuks eraldi astanguna, mis tõttu toimub kaevandamine kuni kaheksa astanguga. Kogu kaevandamine toimub allpool põhjvee taset, peale graptoliitargiliidi väljamist lisandub surveall olev Ordoviitsium-Kambriumi veekiht. Kaevandamist alustatakse Aru-Lõuna kaeveväljal osast, kus on Kunda Nordic Tsemendi poolt tsemendilubjakivi kaevandamine lõpetatud ning kaevandamis ees jõudmisel kaevevälja lõunaossa on sellelt tsemendilubjakivi ning osa ehituslubjakivi eemaldatud.

Töös kasutatavate maavara nõudluste puhul kestab kaevandamine kaeveväljal 43 aastat, kuna oobolusliivakivi mahu nõudluse suhe on oluliselt väiksem kui näiteks ehituslubjakivil tuleb oobolusliivakivi kätte saamiseks madalama nõudlusega maavarad ladustada väljapoole karjääri.

Kokku tuleb ladustada 15,5 mln m³ tsemendilubjakivi, 32,6 mln m³ ehituslubjakivi ning 7,1 mln m³ graptoliitargiliiti, võttes arvesse viimase kümne aasta Kunda Nordic Tsemendi tootmis mahtusi siis jätkub ladustatavast maavarast 47 aastaks tsemendi tootmiseks.

Kuigi oobolusliivakivi keskkonna sõbralikuks väljamiseks Toolse fosforiidimaardlas on olemas kõik tehnilised võimalused ei ole hetkel kaevandamine perspektiivine, seda eelkõige graptoliitargiliidi ohutuks ladustamiseks mõeldud aunade loomisele kulub tohutu maa-ala (115,2 ha) ning see ei võimalda mõistlikus läheduses ladustada suuri lubjakivi ülejääke.

TÄNU AVALDUSED

Töö autor sooviks tänada kõiki Mäeosakonna õppejõude, kas aitasid kaasa antud töö valmimiseks. Samuti tänaks sõbralikust Kunda Nordic Tsemendi kollektiivist Riho Isküli ja Allar Aameri, kes võimaldasid ligipääsu Aru-Lõuna lubjakivikarjäärile ja mahukatele algmaterjalidele ning aitasid nõu ja jõuga. Samuti tänaks konsultatsioonide eest Henri Prank'i ja Tanel Treial'i.

KASUTATUD ALLIKAD

- Canadian Council of Ministers of the Environment. *Canadian Water Quality Guidelines*. Ottawa, Ontario, 2008.
- Caterpillar. „Caterpillar Performance Handbook Edition 29.“ 1996.
- Dunne, T., Leopold, L. B. *Water in environmental planning*. San Fransico: W. H. Freeman, 1978.
- Fosforiit. 2017. <http://www.ut.ee/BGGM/maavara/fosforiit.html> (kasutatud 21. Mai 2017. a.).
- J. Viru. „Aru-Lõuna rekultiveerimisprojekt.“ 1994.
- Kiirkandur. kuupäev puudub. <http://www.kiirkandur.ee/hinnad> (kasutatud 20. Mai 2017. a.).
- Loopmann, August. *Eesti NSV jõgede nimestik*. Tallinn: Valgus, 1979.
- Maapõueseadus. *Riigiteataja Maapõueseadus § 2. Mõisted*. 2016. <https://www.riigiteataja.ee/akt/1011618> (kasutatud 21. Mai 2017. a.).
- Pajupuu, Aivar. „Kunda lubjakivimaardla Toolse-Lääne uuringuruumi geoloogilise uuringu aruanne (varu seisuga 01.06.2009.a).“ Tallinn, 2009.
- Pihlak, Arno-Toomas. „Diktüoneemaargiliidi varud ja nende kasutamine.“ rmt: *Maavarade kaevandamine ja puistangute rekultiveerimine Eestis*. Tartu: Eesti Maaülikool ja autorid, 2010.
- Põldvere, Ain. „Kunda maardlas Toolse-Lääne lubjakivikarjääris ja Aru-Lõuna lubjakivikarjääri laiendusel kaevandamise keskkonnamõju hindamise aruanne.“ Tartu, 2012.
- R. Raudsepp. „Fosforiidivarud ja nende kasutamine.“ rmt: *Maavarade kaevandamine ja puistangute rekultiveerimine Eestis*. Tartu: Eesti Maaülikool ja autorid, 2010.
- RT I 2003, 20, 120. kuupäev puudub. <https://www.riigiteataja.ee/akt/260826> (kasutatud 20. Mai 2017. a.).
- RT I 2004, 51, 358. kuupäev puudub. <https://www.riigiteataja.ee/akt/774364> (kasutatud 20. Mai 2017. a.).
- RT I 2007, 12, 64. kuupäev puudub. <https://www.riigiteataja.ee/akt/12789421> (kasutatud 20. Mai 2017. a.).
- RT I 2009, 3, 13. kuupäev puudub. <https://www.riigiteataja.ee/akt/13111092> (kasutatud 20. Mai 2017. a.).
- RT I 2010, 24, 116. kuupäev puudub. <https://www.riigiteataja.ee/akt/13314859> (kasutatud 20. Mai 2017. a.).
- RTL 2004, 112, 1761. kuupäev puudub. <https://www.riigiteataja.ee/akt/790728> (kasutatud 20. Mai 2017. a.).
- RTL 2007, 8, 131. *Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid*. 20. Mai 2017. a. <https://www.riigiteataja.ee/akt/12782324>.
- Sinialu, Rein. „Aru-Lõuna II lubjakivikaejääri mäeeraldise maavara kaevandamise loa taotlus.“ 2014.
- Sinialu, Rein. „Aru-Lõuna II lubjakivikaejääri mäeeraldise maavara kaevandamise loa taotlus.“ 2014.
- Sinialu, Rein. „Toolse-Lääne lubjakivikarjääri mäeeraldise maavara kaevandamise loa taotlus.“ 2010.
- Soesoo, Alvar. kuupäev puudub. <http://www.maeselts.ee/public/failid/konverents2013/maeselts-Narva-03052013.ppt> (kasutatud 20. Mai 2017. a.).

Erinevate maavarade – lubjakivi, glaukoniitliivakivi, graptoliitargiidi ning oobolusliivakivi koosväljamine
Toolse maardlas

Tartu Ülikooli Loodusmuuseumi Geoloogiamuuseum. 2017.

<http://www.ut.ee/BGGM/maavara/fosforiit.html> (kasutatud 21. Mai 2017. a.).

LISAD

Tabel 10 Puuraukude koordinaadid

Puuraugu nr	X	Y	Puuraugu nr	X	Y
401	6598657.479	638955.899	513	6593391.106	636970.555
406	6592200.163	639006.16	514	6592971.388	636776.458
410	6593390.44	640593.47	515	6591766.391	636830.484
411	6592271.98	640697.66	516	6591373.445	636780.234
416	6593461.38	642019.75	517	6595347.491	637528.794
417	6592463.46	642133.55	521	6593361.620	637389.100
427	6590511.47	639676.47	523	6592562.290	637294.806
442	6593861.20	641939.76	532	6592927.228	637734.006
449	6593366.83	641384.33	533	6592523.617	637700.450
450	6593256.640	639707.557	534	6592124.238	637667.504
453	6592820.88	640035.41	535	6591717.277	637632.896
454	6592088.75	639848.01	536	6591311.925	637598.416
455	6592913.28	640757.01	539	6596032.386	638261.165
462	6593250.238	636215.298	545	6593497.196	638189.341
463	6592653.418	636031.845	546	6592903.391	638137.884
464	6592065.939	636748.885	547	6592520.045	638105.320
466	6593052.322	637137.098	548	6592070.469	638078.028
467	6592650.857	637158.101	549	6591704.171	638034.990
468	6592113.682	637010.011	550	6591317.652	637996.362
469	6591415.873	637052.309	559	6593662.038	638615.291
472	6593243.410	638139.557	560	6593262.230	638577.259
473	6592788.793	638270.051	562	6592454.899	638503.242
475	6591400.616	637850.799	563	6591275.376	638433.297
476	6591807.096	639102.862	572	6594029.336	639035.668
477	6591578.983	639797.781	573	6593628.865	639002.971
478	6591900.87	640815.40	574	6593225.861	638971.789
479	6592899.01	641421.32	575	6592867.478	638935.602
480	6592428.31	641505.48	576	6592432.332	638893.048
481	6592830.56	642105.08	577	6592062.595	638853.666
484	6593288.248	634741.101	582	6596002.797	639570.629
485	6590303.858	635045.091	589	6592884.391	639357.573
488	6590814.748	636348.521	590	6592438.299	639318.712
502	6592647.999	636109.666	620	6593748.50	640213.65
503	6591849.026	636047.891	638	6593354.322	637771.115
504	6593015.089	636536.557	639	6592253.17	636084.426
505	6592636.374	636497.880	640	6594460.427	635868.437
506	6592242.252	636475.011	641	6592581.006	636895.063
507	6591815.390	636438.593	642	6592195.275	636865.11
508	6591424.572	636397.857	643	6592011.980	636867.121

Erinevate maavarade – lubjakivi, glaukonitliivakivi, graptoliitargiliidi ning oobolusliivakivi koosväljamine
 Toolse maardlas

Puuraugu nr	X	Y	Puuraugu nr	X	Y
644	6591641.296	638816.297	851	6590212.958	636313.14
649	6593298.538	638172.422	853	6590820.500	637253.878
653	6594883.098	638501.887	854	6590076.409	637060.910
659	6593680.609	638406.547	859	6590800.308	638094.131
660	6593475.528	638391.517	860	6590005.304	637933.274
661	6593281.742	638373.878	866	6590503.133	638635.086
667	6593460.517	638601.503	867	6589989.267	638714.380
675	6594651.471	638886.152	868	6597080.158	641242.392
678	6593650.210	638811.420	871	6597753.650	638415.427
679	6593457.923	638791.512	879	6588743.798	636262.092
686	6593435.520	638986.213	881	6588980.704	637857.986
687	6596797.043	639428.512	882	6592050.343	638455.311
703	6593619.464	639224.217	883	6591636.933	638410.782
705	6593192.294	639183.206	884	6592159.528	637255.607
706	6596598.704	639572.842	890	6595053.076	638718.595
725	6593611.087	639613.488	891	6593230.734	638767.863
726	6593400.676	639611.309	892	6593206.018	639384.396
736	6593753.90	639987.98	893	6593699.356	638206.203
744	6595554.941	640155.685	894	6591371.226	637186.244
753	6593579.71	640023.51	896	6591261.214	638778.380
756	6596133.908	640398.604	897	6592043.156	639286.476
757	6595737.149	640354.928	898	6591496.304	639277.557
760	6593768.453	640366.207	899	6592800.757	639742.810
762	6596737.413	640623.906	931	6592477.999	639724.246
767	6595528.555	640558.578	933	6590088.126	639160.103
768	6595331.119	640537.699	935	6591405.790	639989.431
827	6592685.312	634079.641	936	6590747.869	639983.689
828	6592071.712	634048.796	937	6590115.787	639998.310
831	6592802.778	634953.663	938	6591432.40	640775.24
832	6592083.486	634793.622	939	6590687.80	640792.00
833	6591466.480	634852.019	940	6590130.79	640768.52
834	6590828.416	634842.590	941	6592093.84	641493.75
836	6593078.217	635589.069	942	6591474.44	641579.17
837	6592598.492	635697.567	943	6590813.95	641621.19
838	6591882.037	635654.415	944	6590166.10	641625.71
839	6591390.908	635437.095	945	6591930.43	642283.27
840	6590939.454	635577.758	946	6591371.92	642309.20
841	6594314.018	643944.424	947	6590854.45	642337.20
842	6597436.939	641535.314	948	6590252.22	642352.38
845	6593046.435	636146.157	953	6593606.65	642853.39
849	6593617.710	636619.448	954	6592989.47	642805.18
850	6587631.481	637798.351	955	6592440.10	642845.22

Erinevate maavarade – lubjakivi, glaukoniitliivakivi, graptoliitargiliidi ning oobolusliivakivi koosväljamine
Toolse maardlas

Puuraugu nr	X	Y
956	6592036.61	642903.64
957	6591547.20	642959.11
958	6590863.62	643028.69
959	6590280.02	642999.39
967	6588909.948	639231.737
984	6593184.08	639788.19
987	6593381.98	640009.46
988	6593570.23	640227.25
989	6593181.759	639993.301
1019	6593442.930	640207.824
1025	6592269.054	639933.415
1026	6592805.308	639915.782
560_1	6593169.218	638581.329
572_1	6594026.537	639037.996
582_1	6595999.799	639572.966
707_1	6596192.367	639587.957
757_1	6595741.584	640357.832
871_1	6597750.959	638413.446
890_1	6595049.629	638719.851

Tabel 11 Lamamite absoluutkõrgused

Puuraugu nr	Kunda lade, abs m	Volhovi lade, abs m	Leetse kihistu, abs m	Varangu lade, abs m	Türisalu kihistu, abs m	Kallavere kihisti, abs m
401	49,87	47,37	46,37	43,37	42,37	35,27
406	29,92	27,72	26,42	24,32	22,52	18,92
410	32,12	30,02	29,02	26,82	24,92	20,82
411	29,12	26,72	25,62	23,22	21,92	19,12
416	32,32	29,92	29,02	26,27	25,12	21,82
417	30,80	28,45	27,40	25,00	23,60	20,70
422	31,57	28,62	28,02	25,77	24,12	20,72
427	24,48	21,73	20,58	18,33	17,13	13,98
442	33,20	31,00	30,30	27,70	25,90	21,60
449	33,30	30,80	29,90	27,50	25,90	21,80
450	31,80	29,30	28,30	25,60	24,20	19,20
453	31,70	29,45	28,15	25,55	23,45	20,00
454	29,40	26,90	26,15	23,70	22,10	18,20
455	31,40	28,80	27,90	25,50	24,10	20,10
462	33,64	31,09	30,14	28,04	26,44	21,44
463	30,44	28,24	27,34	25,04	23,14	18,54
464	30,60	28,40	27,40	25,00	23,20	18,30
466	32,54	29,99	29,19	27,19	25,49	20,29
467	30,10	27,55	26,75	24,55	23,30	18,10

Erinevate maavarade – lubjakivi, glaukonitliivakivi, graptoliitargiliidi ning oobolusliivakivi koosväljamine
Toolse maardlas

Puuraugu nr	Kunda lade, abs m	Volhovi lade, abs m	Leetse kihistu, abs m	Varangu lade, abs m	Türisalu kihistu, abs m	Kallavere kihisti, abs m
468	30,08	27,68	26,88	24,58	22,78	18,58
469	28,14	25,94	24,79	22,64	21,14	16,54
472	32,75	30,50	29,50	27,15	26,25	21,45
473	30,61	28,31	27,21	24,81	23,81	18,91
475	26,69	24,49	23,39	21,19	19,69	15,19
476	28,44	26,14	25,14	22,49	20,94	17,44
477	27,44	24,99	24,14	21,94	20,84	17,74
478	27,49	24,84	23,84	21,44	20,04	16,84
479	32,15	29,65	28,85	26,35	24,75	21,45
480	30,39	27,99	26,49	24,19	22,59	19,99
481	32,28	29,78	28,78	26,28	24,88	21,98
484	38,51	36,11	34,91	32,81	30,81	25,21
485	25,56	23,11	22,11	19,81	17,61	13,16
488	26,78	24,68	24,28	22,28	20,78	14,98
502	31,40	29,40	28,20	25,70	24,10	19,05
503	29,35	27,15	26,15	23,95	22,55	17,67
504	32,55	30,20	29,05	26,65	25,25	20,05
505	31,42	29,02	28,02	25,82	24,32	19,82
506	31,07	28,72	27,62	25,22	23,62	19,12
507	29,97	27,77	26,62	24,22	22,62	18,12
508	28,73	26,63	25,83	23,13	21,53	16,63
513	36,28	33,58	32,48	30,08	28,58	23,48
514	34,11	31,86	30,56	27,86	26,56	21,96
515	29,32	27,02	26,02	23,42	22,12	17,52
516	27,45	24,90	23,90	21,80	20,00	15,80
517	25,46	23,16	22,16	19,56	18,26	13,66
521	34,27	31,77	30,57	28,17	26,57	21,37
522	32,51	30,31	29,51	27,21	25,41	19,81
523	30,54	28,04	27,14	24,84	23,54	18,64
532	31,60	29,20	28,40	25,80	24,30	19,90
533	30,27	27,97	27,07	24,67	23,17	18,87
534	29,89	27,49	26,59	24,29	22,79	18,29
535	27,61	25,21	24,31	22,01	20,51	16,01
536	26,54	24,24	23,34	20,94	19,54	15,44
539	41,02	38,72	37,52	35,12	33,52	27,17
545	34,37	31,97	30,77	28,27	26,87	22,77
546	31,45	29,20	28,40	25,70	24,40	20,20
547	30,78	28,68	27,78	25,38	24,18	20,08
548	29,90	27,80	27,10	24,90	23,50	18,85
550	25,87	23,67	22,62	20,37	18,97	15,27
559	32,91	30,71	29,41	27,31	25,81	21,11

Erinevate maavarade – lubjakivi, glaukonitliivakivi, graptoliitargiliidi ning oobolusliivakivi koosväljamine
 Toolse maardlas

Puuraugu nr	Kunda lade, abs m	Volhovi lade, abs m	Leetse kihistu, abs m	Varangu lade, abs m	Türisalu kihistu, abs m	Kallavere kihisti, abs m
560	32,19	29,79	29,09	26,59	25,09	20,39
562	28,40	26,20	25,30	23,10	21,80	18,00
563	28,06	25,46	24,46	22,36	21,06	17,46
572	35,03	32,83	31,73	28,93	27,63	22,63
573	33,30	31,10	29,90	27,50	26,20	21,60
574	32,80	30,40	29,40	26,80	25,60	21,80
575	31,88	29,58	28,88	26,48	25,28	20,88
576	29,54	27,34	25,94	23,64	22,24	18,14
577	30,62	28,37	26,42	24,77	23,27	19,02
582	39,93	37,43	36,33	33,73	32,83	26,93
589	32,34	29,94	29,04	26,34	24,64	20,14
590	30,55	28,00	27,00	24,60	23,10	19,40
620	33,55	31,55	30,55	27,75	26,15	22,15
638	33,62	31,12	30,02	27,42	26,22	20,62
639	30,00	27,40	26,30	24,10	22,70	18,12
640	28,36	26,46	25,56	23,26	21,86	16,76
641	31,52	29,22	27,92	25,32	23,72	18,92
642	30,04	27,54	26,54	24,24	22,74	18,44
643	29,76	27,36	26,66	24,36	22,96	18,16
644	27,54	25,14	23,74	21,84	20,14	16,34
649	33,41	31,11	30,01	27,41	25,91	21,41
653	37,30	35,20	34,40	31,40	30,10	24,50
659	34,57	32,22	31,22	28,92	27,42	22,62
660	33,86	31,06	30,06	27,66	26,26	20,96
661	33,26	30,96	29,76	27,16	25,66	21,66
667	32,98	30,58	29,48	27,08	25,68	20,78
675	35,98	33,68	32,68	30,28	28,98	23,78
678	33,50	31,30	30,10	27,70	26,30	21,50
679	32,74	30,39	29,29	26,69	25,19	20,84
686	33,00	30,90	29,40	27,20	26,00	21,20
687	43,77	41,42	40,32	37,92	36,32	30,07
703	33,50	31,15	30,15	27,55	26,15	21,80
705	32,32	30,22	29,32	27,02	25,52	20,52
706	41,65	39,25	37,95	34,75	33,55	28,00
725	34,34	31,69	31,09	28,19	26,59	22,79
736	32,52	30,42	29,82	27,32	26,02	21,92
744	37,92	35,62	34,52	32,42	30,92	25,42
753	32,79	30,19	29,29	26,99	25,59	21,79
756	40,54	38,14	37,04	34,34	32,94	27,44
757	39,30	37,30	36,20	33,90	32,50	27,10
760	34,17	31,57	30,37	27,57	26,37	22,67

Erinevate maavarade – lubjakivi, glaukoniitliivakivi, graptoliitargiliidi ning oobolusliivakivi koosväljamine
 Toolse maardlas

Puuraugu nr	Kunda lade, abs m	Volhovi lade, abs m	Leetse kihistu, abs m	Varangu lade, abs m	Türisalu kihistu, abs m	Kallavere kihisti, abs m
762	43,29	40,79	39,89	36,89	35,59	29,39
767	39,20	36,65	35,70	33,40	31,90	26,70
768	38,63	36,13	35,53	33,03	31,43	26,23
827	31,86	29,26	28,06	25,96	24,56	18,56
828	30,17	27,87	26,77	24,57	22,77	18,07
831	33,42	30,82	29,62	27,42	25,92	20,42
832	29,40	27,00	25,90	23,60	22,00	17,35
833	26,76	24,71	23,81	21,61	20,01	14,76
834	27,70	25,30	23,90	21,60	20,10	15,30
836	31,13	28,83	27,83	25,53	24,13	18,73
837	29,90	27,50	26,40	24,10	22,40	16,95
838	29,04	26,84	25,74	23,64	21,84	17,24
839	28,12	25,72	24,62	22,52	20,82	16,12
840	27,37	25,27	24,17	21,87	20,37	16,17
841	33,59	33,59	33,59	31,99	31,09	28,09
842	42,50	42,50	41,80	38,70	37,40	31,20
845	32,59	30,29	29,49	27,29	25,89	20,29
849	35,18	32,88	31,98	29,78	28,18	22,48
850	15,58	13,23	12,33	10,63	9,73	6,53
851	24,11	21,41	20,31	18,81	17,61	13,21
853	25,30	22,80	21,80	19,50	18,30	14,30
854	23,23	20,73	18,53	17,33	15,93	11,63
859	24,86	22,61	21,51	19,01	17,61	13,91
860	20,50	18,20	17,00	14,80	13,50	9,50
866	23,94	21,44	20,34	18,34	17,14	13,64
867	24,75	22,25	21,25	19,35	18,15	14,65
868	44,91	42,31	41,41	38,81	37,41	31,31
871	47,90	45,80	44,50	41,90	40,40	34,20
879	19,85	17,75	16,55	15,25	13,95	8,80
881	20,25	17,75	16,75	14,95	13,55	9,75
882	29,92	27,52	26,12	24,02	22,32	18,87
883	28,24	25,84	24,84	22,54	21,24	17,34
884	30,73	28,03	27,23	24,93	23,73	18,73
890	37,24	34,99	34,09	31,59	30,09	24,29
891	32,62	30,52	29,12	26,42	25,22	20,92
892	33,04	30,64	29,54	26,94	25,64	21,44
894	27,13	24,83	23,83	21,43	19,93	15,93
896	26,25	23,95	22,95	20,75	19,25	15,65
897	30,32	28,22	27,07	24,42	23,02	19,37
898	24,87	22,37	21,37	19,17	17,87	14,27
899	32,33	29,73	28,83	26,43	25,13	21,43

Erinevate maavarade – lubjakivi, glaukonitliivakivi, graptoliitargiliidi ning oobolusliivakivi koosväljamine
 Toolse maardlas

Puuraugu nr	Kunda lade, abs m	Volhovi lade, abs m	Leetse kihistu, abs m	Varangu lade, abs m	Türisalu kihistu, abs m	Kallavere kihisti, abs m
931	31,58	29,08	28,28	25,28	23,98	21,08
933	23,74	21,44	20,14	17,84	16,64	13,34
935	24,80	22,40	21,30	18,90	17,60	14,00
936	24,57	22,47	21,37	19,57	18,47	15,17
937	24,37	22,17	21,17	19,37	17,87	15,27
938	26,55	24,35	23,25	20,85	19,45	16,70
939	24,82	22,27	20,97	18,87	17,37	15,07
940	21,88	19,48	18,28	16,28	15,08	12,18
941	28,41	26,11	24,91	22,81	21,51	18,86
942	26,95	24,60	23,50	21,20	19,80	17,40
943	24,67	22,27	21,47	19,07	17,87	15,27
944	22,63	20,28	19,28	17,28	15,98	13,28
945	30,34	27,84	26,64	24,34	22,94	20,54
946	24,64	21,94	20,84	18,34	16,74	14,54
947	23,68	21,28	20,28	18,68	17,58	14,88
948	21,81	19,01	17,61	15,81	14,71	12,01
953	32,61	30,21	29,36	26,81	25,51	22,71
954	32,61	30,11	28,91	26,51	25,01	22,51
955	31,77	29,17	28,07	25,67	24,27	22,57
956	29,92	27,42	26,22	23,72	22,32	20,32
957	25,85	23,50	22,50	20,50	19,20	17,40
958	26,27	23,62	22,72	20,72	19,72	17,62
959	24,31	21,81	20,81	18,61	17,41	15,01
967	21,95	19,65	18,45	16,75	15,35	11,95
984	33,04	30,49	29,49	26,59	25,09	21,59
987	32,19	29,69	28,39	25,59	24,29	20,29
988	33,23	30,93	29,93	27,03	25,33	21,03
989	31,67	29,37	28,37	25,77	24,37	20,47
1019	32,18	29,88	28,78	26,08	24,68	20,58
1025	30,20	27,50	26,60	24,20	22,60	19,35
1026	32,77	30,17	29,17	26,47	25,27	21,17
560_1	32,49	29,89	29,19	26,59	25,29	20,69
572_1	35,13	32,93	31,73	28,93	27,63	22,73
582_1	39,73	37,23	35,93	33,63	32,43	24,43
707_1	42,13	38,83	37,53	35,33	34,33	28,03
757_1	39,90	37,30	36,40	33,90	32,60	27,10
871_1	48,10	45,70	44,50	41,95	40,40	34,90
890_1	37,54	35,19	34,14	31,54	30,14	24,79

Terviseamet
Kesklabor



Health Board
Central Laboratory

EAK poolt akrediteeritud katselabor registreerimisnumbriga L042.

Vee keemiline analüüs

Protokoll nr **KL2017/V62797K**

Tellijä: Joosep Makke [REDACTED]

Proovivõtu koht: Tagapõllu fosforiidisurf
Proovivõtja: Joosep Makke
Veeallika liik: muu vesi

Proov võetud: 17.04.2017 Analüüs alustatud: 28.04.2017
Proov toodud laborisse: 27.04.2017 kell: 14:55 Analüüs lõpetatud: 28.04.2017
Protokoll väljastatud: **28.04.2017**

Näitaja	Ühik	Tulemus	Meetod
pH	pH ühik	7,5	EVS-EN ISO 10523:2012
Raud	mg/l	0,03	ISO 6332-1988
Sulfaat	mg/l	64	STJ V17
Ortofosfaat	mgP/l	<0,040	EVS-EN ISO 6878:2004
Magneesium	mg/l	14,1	EVS-EN ISO 14911:2000
Mangaan	mg/l	<5	STJ RM01



Protokolli kinnitas: juhtivspetsialist I.Epold

Katsetulemused kehtivad uuritud proovide kohta. Protokolli tohib paljundada ainult tervikuna.

Tärniga (*) tähistatud meetod ei kuulu akrediteerimisulatusse.

Prot. nr.KL2017/V62797K Lk. nr.1(1)

Kotka 2, Tallinn 11315
www.terviseamet.ee



tel: 6 943 600 fax: 6 943 651
kemlabor@terviseamet.ee

Joonis 8 Tigapõllu veeproov protokoll

Tabel 12 Ehituslubjakivi väljamise kulu, Aru-Lõuna

ANDMED, Aru-Lõuna

Kaevvälja pindala	334,4	ha
Kaevandataav varu kokku:	27854500	m ³
Transporditav varu (tihendustegur 1,5)	41781750	m ³
Tööaeg:	14	h/päev
Tööefektiivsustegur:	0,83	
Töökuud aastas :	12	kuud
Tööpäevi nädalas:	5	päeva
Töötunde aastas:	3360	h/aastas

KAEVANDAMINE

Puur-lõhketööd:

Puur-lõhketööde hind:	2	eur/m ³
Puur-lõhketööde hind kokku:	55709000	eur

Ekskavaator:

Ekskavaatori kopamaht:	4,4	m ³
Ekskavaatori hind	757700	eur
Ammutamine:	8	sek
Keeramine:	5	sek
Tühjendamine:	3	sek
Keeramine:	4	sek
Kokku:	0,33	min
Kalluri täitmiseks kuluv aeg:	2,33	min

Cat 375

4,4	m ³
757700	eur
8	sek
5	sek
3	sek
4	sek
0,33	min
2,33	min

Kallur:

Kalluri maht:	27,5	m ³
Kalluri hind:	347500	eur
Kalluri+ekskav. Tootlikkus:	91	m ³ /h
Vajaminevate kallurite arv	6	tk
Tootlikus kokku	545,4	m ³ /h
Kallurite hind kokku	2085000	eur
Kaevandamiseks kuluv aeg:	76611	h
Kaevandamise aeg päevades:	5472	päeva

CAT 771D

27,5	m ³
347500	eur
91	m ³ /h
6	tk
545,4	m ³ /h
2085000	eur
76611	h
5472	päeva

Ekskavaatori kulu:	757700	eur
Kalluri kulu:	2085000	eur

TÖÖJÕU KULU

Inimeste arv	7	inimest
Keskmine töötasu (bruto)	5	€/h
Kulu tööandjale	6,69	€/h
Kulu tööjõule tunnis	46,83	€
Tööjõu kulu	3 587 688	€

KAEVANDAMISE KULU

62139388 EUR

Tabel 13 Volhovi lubjakivi väljamise kulu, Aru-Lõuna

ANDMED, Aru-Lõuna

Kaevvälja pindala	334,4 ha
Kaevandataav varu kokku:	8073462 m ³
Transporditav varu (tihendustegur 1,5)	12110192 m ³
Tööaeg:	14 h/päev
Tööefektiivsustegur:	0,83
Töökuud aastas :	12 kuud
Tööpäevi nädalas:	5 päeva
Töötunde aastas:	3360 h/aastas

KAEVANDAMINE

Puur-lõhketööde hind:	2	eur/m ³
Puur-lõhketööde hind kokku:	16146923	eur

Ekskavaator:

Ekskavaatori kopamaht:	1,89	m ³
Ekskavaatori rent:	40	eur/h
Ammutamine:	8	sek
Keeramine:	5	sek
Tühjendamine:	3	sek
Keeramine:	4	sek
Kokku:	0,33	min
Kalluri täitmiseks kuluv aeg:	2,33	min

Kallur:

Kalluri kopamaht:	11	m ³
Kalluri rent:	55	eur/h
Kalluri+ekskav. Tootlikkus:	149	m ³ /h
Kaevandamiseks kuluv aeg:	81059	h
Kaevandamise aeg päevades:	5790	päeva
Transpordi vedu:	70,3	eur

MAN 26.360 TGA
6x4

Ekskavaatori kulu:	3242424	eur
Kalluri kulu:	4458307	eur

TÖÖJÕU KULU

Inimeste arv	2	inimest
Keskmine töötasu (bruto)	5	€/h
Kulu tööandjale	6,69	€/h
Kulu tööjõule tunnis	13,38	€
Tööjõu kulu	1 084 567	€

KAEVANDAMISE KULU

24932222 EUR

Tabel 14 Glaukoniitliivakivi väljamise kulu, Aru-Lõuna

ANDMED, Aru-Lõuna

Kaevevälja pindala	334,4 ha
Kaevandataav varu kokku:	3614583 m ³
Tööaeg:	14 h/päev
Tööefektiivsustegur:	0,83
Töökuud aastas :	12 kuud
Tööpäevi nädalas:	5 päeva
Töötunde aastas:	3360 h/aastas

KAEVANDAMINE

Ekskavaator:

Ekskavaatori kopamaht:	1,89	m3
Ekskavaatori rent:	40	eur/h
Ammutamine:	8	sek
Keeramine:	5	sek
Tühjendamine:	3	sek
Keeramine:	4	sek
Kokku:	0,33	min
Kalluri täitmiseks kuluv aeg:	2,33	min

MAN 26.360 TGA 6x4

Kallur:

Kalluri kopamaht:	11	m3
Kalluri rent:	55	eur/h
Kalluri+ekskav. Tootlikkus:	149	m3/h
Kaevandamiseks kuluv aeg:	24194	h
Kaevandamise aeg päevades:	1728	päeva
Transpordi vedu:	70,3	eur

Ekskavaatori kulu:	967830	eur
Kalluri kulu:	1330740	eur

TÖÖJÕU KULU

Inimeste arv	2	inimest
Keskmine töötasu (bruto)	5	€/h
Kulu tööandjale	6,69	€/h
Kulu tööjõule tunnis	13,38	€
Tööjõu kulu	323 716	€

KAEVANDAMISE KULU

2622286 EUR

Tabel 15 Aleuriitsavi väljamise kulu, Aru-Lõuna

ANDMED, Aru-Lõuna

Kaevevälja pindala	334,4	ha
Kaevandataav varu kokku:	7839874	m ³
Tööaeg:	14	h/päev
Tööefektiivsustegur:	0,83	
Töökuud aastas :	12	kuud
Tööpäevi nädalas:	7	päeva
Töötunde aastas:	4704	h/aastas

KAEVANDAMINE

Ekskavaatori kopamaht:	1,89	m ³
Ekskavaatori rent:	40	eur/h
Ammutamine:	8	sek
Keeramine:	5	sek
Tühjendamine:	3	sek
Keeramine:	4	sek
Kokku:	0,33	min
Kalluri täitmiseks kuluv aeg:	2,33	min

MAN 26.360 TGA 6x4

Kallur:

Kalluri kopamaht:	11	m ³
Kalluri rent:	55	eur/h
Kalluri+ekskav. Tootlikkus:	149	m ³ /h
Kaevandamiseks kuluv aeg:	52476	h
Kaevandamise aeg päevades:	3748	päeva
Transpordi vedu:	70,3	eur

Ekskavaatori kulu:	2099099	eur
Kalluri kulu:	2886235	eur

TÖÖJÕU KULU

Inimeste arv	2	inimest
Keskmine töötasu (bruto)	5	€/h
Kulu tööandjale	6,69	€/h
Kulu tööjõule tunnis	13,38	€
Tööjõu kulu	28 085 950	€

KAEVANDAMISE KULU

33071285 EUR

Tabel 16 Graptoliitargiliidi väljamise kulu, Aru-Lõuna

ANDMED, Aru-Lõuna

Kaevevälja pindala	334,4 ha
Kaevandataav varu kokku:	4701289 m ³
Transporditav varu (tihendustegur 1,5)	7051934 m ³
Tööaeg:	14 h/päev
Tööefektiivsustegur:	0,83
Töökuud aastas :	12 kuud
Tööpäevi nädalas:	5 päeva
Töötunde aastas:	3360 h/aastas

KAEVANDAMINE

Ripperiga raimamine:

Buldooseri rent

32

 eur/h

Ekskavaator:

Ekskavaatori kopamaht:	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="text-align: right;">1,89</td></tr></table> m ³	1,89
1,89		
Ekskavaatori rent:	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="text-align: right;">40</td></tr></table> eur/h	40
40		
Ammutamine:	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="text-align: right;">8</td></tr></table> sek	8
8		
Keeramine:	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="text-align: right;">5</td></tr></table> sek	5
5		
Tühjendamine:	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="text-align: right;">3</td></tr></table> sek	3
3		
Keeramine:	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="text-align: right;">4</td></tr></table> sek	4
4		
Kokku:	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="text-align: right;">0,33</td></tr></table> min	0,33
0,33		
Kalluri täitmiseks kuluv aeg:	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="text-align: right;">2,33</td></tr></table> min	2,33
2,33		

MAN 26.360 TGA 6x4

3 Kallurit:

Kalluri kopamaht:	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="text-align: right;">11</td></tr></table> m ³	11
11		
Kalluri rent:	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="text-align: right;">165</td></tr></table> eur/h	165
165		
3 kalluri+ekskav. Tootlikkus:	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="text-align: right;">109</td></tr></table> m ³ /h	109
109		
Kaevandamiseks kuluv aeg:	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="text-align: right;">64652</td></tr></table> h	64652
64652		
Kaevandamise aeg päevades:	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="text-align: right;">4618</td></tr></table> päeva	4618
4618		
Transpordi vedu:	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="text-align: right;">210,9</td></tr></table> eur	210,9
210,9		

Ekskavaatori kulu:

5172584

 eur

Kalluri (kaks kallurit) kulu:

10667795

 eur

Buldooseri kulu:

2069076

 eur

TÖÖJÕU KULU

Inimeste arv	5	inimest
Keskmine töötasu (bruto)	5	€/h
Kulu tööandjale	6,69	€/h
Kulu tööjõule tunnis	33,45	€
Tööjõu kulu	2 162 610	€

KAEVANDAMISE KULU

20072065

 EUR

Tabel 17 Oobolusliivakivi väljamise kulu, Aru-Lõuna

ANDMED, Kokku

Kaevvälja pindala	334,4	ha
Kaevandataav varu kokku:	10145552	m ³
Transporditav varu (tihendustegur 1,5)	15218328	m ³
Tööaeg:	14	h/päev
Tööefektiivsustegur:	0,83	
Töökuud aastas :	12	kuud
Tööpäevi nädalas:	5	päeva
Töötunde aastas:	3360	h/aastas

KAEVANDAMINE

Puur-lõhketööd:

Puur-lõhketööde hind:	2	eur/m ³
Puur-lõhketööde hind kokku:	20291103,94	eur

Ekskavaator:

Ekskavaatori kopamaht:	1,89	m ³
Ekskavaatori rent:	40	eur/h
Ammutamine:	8	sek
Keeramine:	5	sek
Tühjendamine:	3	sek
Keeramine:	4	sek
Kokku:	0,33	min
Kalluri täitmiseks kuluv aeg:	2,33	min

MAN 26.360 TGA
6x4

Kallur:

Kalluri kopamaht:	11	m ³
Kalluri rent:	55	eur/h
Kalluri+ekskav. Tootlikkus:	179	m ³ /h
Kaevandamiseks kuluv aeg:	85194	h
Kaevandamise aeg päevades:	6085	päeva
Transpordi vedu:	70,3	eur

Ekskavaatori kulu:	3407850	eur
Kalluri kulu:	4685767	eur

TÖÖJÕU KULU

Inimeste arv	2	inimest
Keskmine töötasu (bruto)	5	€/h
Kulu tööandjale	6,69	€/h
Kulu tööjõule tunnis	13,38	€
Tööjõu kulu	1 139 902	€

KAEVANDAMISE KULU

29524623 EUR

Tabel 18 Tsemendilubjakivi väljamise kulu, Toolse-Lääne

ANDMED, Toolse-Lääne

Toolse-Lääne mäeeraldis:	168,2 ha
Kaevandataav varu kokku:	15513700 m ³
Transporditav varu (tihendustegur 1,5)	23270550 m ³
Tööaeg:	14 h/päev
Tööefektiivsustegur:	0,83
Töökuud aastas :	12 kuud
Tööpäevi nädalas:	7 päeva
Töötunde aastas:	4704 h/aastas

KAEVANDAMINE

Puur-lõhketööd:

Puur-lõhketööde hind:	2	eur/m ³
Puur-lõhketööde hind kokku:	31027400	eur

Ekskavaator:

Ekskavaatori kopamaht:	4,4	m3
Ekskavaatori hind	757700	eur
Ammutamine:	8	sek
Keeramine:	5	sek
Tühjendamine:	3	sek
Keeramine:	4	sek
Kokku:	0,33	min
Kalluri täitmiseks kuluv aeg:	2,33	min

Kallur:

Kalluri maht:	27,5	m3
Kalluri hind:		eur
Kalluri+ekskav. Tootlikkus:	174	m3/h
Vajaminevate kallurite arv	3	tk
Tootlikus kokku	522,3	m3/h
Kallurite hind kokku	0	eur
Kaevandamiseks kuluv aeg:	44557	h
Kaevandamise aeg päevades:	3183	päeva

Ekskavaatori kulu:	757700	eur
Kalluri kulu:	0	eur

TÖÖJÕU KULU

Inimeste arv	4	inimest
Keskmine töötasu (bruto)	5	€/h
Kulu tööandjale	6,69	€/h
Kulu tööjõule tunnis	26,76	€
Tööjõu kulu	1 192 340	€

KAEVANDAMISE KULU

32977440 EUR

Tabel 19 Ehituslubjakivi väljamise kulu, Toolse-Lääne

ANDMED, Toolse-Lääne

Toolse-Lääne mäeeraldis:	168,2 ha
Kaevandataav varu kokku:	8576800 m ³
Transporditav varu (tihendustegur 1,5)	12865200 m ³
Tööaeg:	14 h/päev
Tööefektiivsustegur:	0,83
Töökuud aastas :	12 kuud
Tööpäevi nädalas:	7 päeva
Töötunde aastas:	4704 h/aastas

KAEVANDAMINE

Puur-lõhketööd:

Puur-lõhketööde hind:	2	eur/m ³
Puur-lõhketööde hind kokku:	17153600	eur

Ekskavaator:

Ekskavaatori kopamaht:	4,4	m ³
Ekskavaatori hind		eur
Ammutamine:	8	sek
Keeramine:	5	sek
Tühjendamine:	3	sek
Keeramine:	4	sek
Kokku:	0,33	min
Kalluri täitmiseks kuluv aeg:	2,33	min

Kallur:

Kalluri maht:	27,5	m ³
Kalluri hind:		eur
Kalluri+ekskav. Tootlikkus:	174	m ³ /h
Vajaminevate kallurite arv	2	tk
Tootlikus kokku	348,2	m ³ /h
Kallurite hind kokku	0	eur
Kaevandamiseks kuluv aeg:	36950	h
Kaevandamise aeg päevades:	2639	päeva

Ekskavaatori kulu:	0	eur
Kalluri kulu:	0	eur

TÖÖJÕU KULU

Inimeste arv	3	inimest
Keskmine töötasu (bruto)	5	€/h
Kulu tööandjale	6,69	€/h
Kulu tööjõule tunnis	20,07	€
Tööjõu kulu	741 588	€

KAEVANDAMISE KULU

17895188 EUR

Tabel 20 Volhovi lubjakivi väljamise kulu, Toolse-Lääne

ANDMED, Toolse-Lääne

Toolse-Lääne mäeeraldis:	168,2	ha
Kaevandataav varu kokku:	3911312	m ³
Transporditav varu (tihendustegur 1,5)	5866968	m ³
Tööaeg:	14	h/päev
Tööefektiivsustegur:	0,83	
Töökuud aastas :	12	kuud
Tööpäevi nädalas:	7	päeva
Töötunde aastas:	4704	h/aastas

KAEVANDAMINE

Puur-lõhketööd:

Puur-lõhketööde hind:	2	eur/m ³
Puur-lõhketööde hind kokku:	7822624	eur

Ekskavaator:

Ekskavaatori kopamaht:	1,53	m ³
Ekskavaatori rent:	40	eur/h
Ammutamine:	8	sek
Keeramine:	5	sek
Tühjendamine:	3	sek
Keeramine:	4	sek
Kokku:	0,33	min
Kalluri täitmiseks kuluv aeg:	2,33	min

MAN 26.360 TGA
6x4

Kallur:

Kalluri kopamaht:	11	m ³
Kalluri rent:	55	eur/h
Kalluri+ekskav. Tootlikkus:	149	m ³ /h
Kaevandamiseks kuluv aeg:	39270	h
Kaevandamise aeg päevades:	2805	päeva
Transpordi vedu:	70,3	eur

Ekskavaatori kulu:	1570878	eur
Kalluri kulu:	2159931	eur

TÖÖJÕU KULU

Inimeste arv	2	inimest
Keskmine töötasu (bruto)	5	€/h
Kulu tööandjale	6,69	€/h
Kulu tööjõule tunnis	13,38	€
Tööjõu kulu	525 435	€

KAEVANDAMISE KULU

12078869 EUR

Tabel 21 Glaukoniitliivakivi väljamise kulu, Toolse-Lääne

ANDMED, Toolse-Lääne

Toolse-Lääne mäeeraldis:	168,2 ha
Kaevandataav varu kokku:	1490597 m ³
Tööaeg:	14 h/päev
Tööefektiivsustegur:	0,83
Töökuud aastas :	12 kuud
Tööpäevi nädalas:	7 päeva
Töötunde aastas:	4704 h/aastas

KAEVANDAMINE

Ekskavaator:

Ekskavaatori kopamaht:	1,53	m ³
Ekskavaatori rent:	40	eur/h
Ammutamine:	8	sek
Keeramine:	5	sek
Tühjendamine:	3	sek
Keeramine:	4	sek
Kokku:	0,33	min
Kalluri täitmiseks kuluv aeg:	2,33	min

MAN 26.360 TGA 6x4

Kallur:

Kalluri kopamaht:	11	m ³
Kalluri rent:	55	eur/h
Kalluri+ekskav. Tootlikkus:	149	m ³ /h
Kaevandamiseks kuluv aeg:	9977	h
Kaevandamise aeg päevades:	713	päeva
Transpordi vedu:	70,3	eur

Ekskavaatori kulu:	399159	eur
Kalluri kulu:	548818	eur

TÖÖJÕU KULU

Inimeste arv	2	inimest
Keskmine töötasu (bruto)	5	€/h
Kulu tööandjale	6,69	€/h
Kulu tööjõule tunnis	13,38	€
Tööjõu kulu	133 495	€

KAEVANDAMISE KULU

1081472 EUR

Tabel 22 Aleuriitsavi väljamise kulu, Toolse-Lääne

ANDMED, Toolse-Lääne

Toolse-Lääne mäeeraldis:	168,2 ha
Kaevandatav varu kokku:	3873057 m ³
Tööaeg:	14 h/päev
Tööefektiivsustegur:	0,83
Töökuud aastas :	12 kuud
Tööpäevi nädalas:	7 päeva
Töötunde aastas:	4704 h/aastas

KAEVANDAMINE

Ekskavaatori kopamaht:	1,53	m ³
Ekskavaatori rent:	40	eur/h
Ammutamine:	8	sek
Keeramine:	5	sek
Tühjendamine:	3	sek
Keeramine:	4	sek
Kokku:	0,33	min
Kalluri täitmiseks kuluv aeg:	2,33	min

Kallur:

Kalluri kopamaht:	11	m ³
Kalluri rent:	55	eur/h
Kalluri+ekskav. Tootlikkus:	149	m ³ /h
Kaevandamiseks kuluv aeg:	25924	h
Kaevandamise aeg päevades:	1852	päeva
Transpordi vedu:	70,3	eur

MAN 26.360 TGA
6x4

Ekskavaatori kulu:	1037033	eur
Kalluri kulu:	1425894	eur

TÖÖJÕU KULU

Inimeste arv	2	inimest
Keskmine töötasu (bruto)	5	€/h
Kulu tööandjale	6,69	€/h
Kulu tööjõule tunnis	13,38	€
Tööjõu kulu	13 875 506	€

KAEVANDAMISE KULU

16338433 EUR

Tabel 23 Graptoliitargiliidi väljamise kulu, Toolse-Lääne

ANDMED, Toolse-Lääne

Toolse-Lääne mäeeraldis:	168,2	ha
Kaevandataav varu kokku:	2360521	m ³
Transporditav varu (tihendustegur 1,5)	3540781	m ³
Tööaeg:	14	h/päev
Tööefektiivsustegur:	0,83	
Töökuud aastas :	12	kuud
Tööpäevi nädalas:	7	päeva
Töötunde aastas:	4704	h/aastas

KAEVANDAMINE

Ripperiga raimamine:

Buldooseri rent	32	eur/h
-----------------	----	-------

Ekskavaator:

Ekskavaatori kopamaht:	1,53	m ³
Ekskavaatori rent:	40	eur/h
Ammutamine:	8	sek
Keeramine:	5	sek
Tühjendamine:	3	sek
Keeramine:	4	sek
Kokku:	0,33	min
Kalluri täitmiseks kuluv aeg:	2,33	min

MAN 26.360 TGA 6x4

2 Kallurit:

Kalluri kopamaht:	11	m ³
2 kalluri rent:	110	eur/h
2 kalluri+ekskav. Tootlikkus:	139	m ³ /h
Kaevandamiseks kuluv aeg:	25424	h
Kaevandamise aeg päevades:	1816	päeva
Transpordi vedu:	140,6	eur

Ekskavaatori kulu:	2034173	eur
Kalluri kulu:	2796742	eur
Buldooseri kulu:	813697	eur

TÖÖJÕU KULU

Inimeste arv	4	inimest
Keskmine töötasu (bruto)	5	€/h
Kulu tööandjale	6,69	€/h
Kulu tööjõule tunnis	26,76	€
Tööjõu kulu	680 337	€

KAEVANDAMISE KULU

6324948 EUR

Tabel 24 Oobolusliivakivi väljamise kulu, Toolse-Lääne

ANDMED, Toolse-Lääne

Toolse-Lääne mäeeraldis:	168,2	ha
Kaevandataav varu kokku:	7257496	m ³
Transporditav varu (tihendustegur 1,5)	10886243	m ³
Tööaeg:	14	h/päev
Tööefektiivsustegur:	0,83	
Töökuud aastas :	12	kuud
Tööpäevi nädalas:	7	päeva
Töötunde aastas:	4704	h/aastas

KAEVANDAMINE

Puur-lõhketööd:

Puur-lõhketööde hind:	2	eur/m ³
Puur-lõhketööde hind kokku:	14514991	eur

Ekskavaator:

Ekskavaatori kopamaht:	1,53	m ³
Ekskavaatori rent:	40	eur/h
Ammutamine:	8	sek
Keeramine:	5	sek
Tühjendamine:	3	sek
Keeramine:	4	sek
Kokku:	0,33	min
Kalluri täitmiseks kuluv aeg:	2,33	min

MAN 26.360 TGA
6x4

Kallur:

Kalluri kopamaht:	11	m ³
Kalluri rent:	27	eur/h
Kalluri+ekskav. Tootlikkus:	179	m ³ /h
Kaevandamiseks kuluv aeg:	60943	h
Kaevandamise aeg päevades:	4353	päeva
Transpordi vedu:	70,3	eur

Ekskavaatori kulu: 2437783 eur

Kalluri kulu: 1645527 eur

TÖÖJÕU KULU

Inimeste arv	2	inimest
Keskmine töötasu (bruto)	5	€/h
Kulu tööandjale	6,69	€/h
Kulu tööjõule tunnis	13,38	€
Tööjõu kulu	815 415	€

KAEVANDAMISE KULU

19413716 EUR

Tabel 25 Graptoliitargiliidi aunade ehituse kulu

ANDMED, Toolse-Lääne

Graptoliidi varu:	4701289 m ³
Graptoliidi varu (tihendustegur 1,5)	7051934 m ³
Vajamineva aleuriitsavi maht	1143844 m ³
Maht kokku	8 195 778 m ³
Tööaeg:	14 h/päev
Tööefektiivsustegur:	0,83
Töökuud aastas :	12 kuud
Tööpäevi nädalas:	5 päeva
Töötunde aastas:	3360 h/aastas

AUNA EHTUS

Buldooser:

Buldooseri rent:	CAT D7R	25 tonni
Tootlikkus:	32,0	eur/h
Paljandamiseks kuluv aeg	103,8	m ³ /h
Paljandamise aeg päevades	78995	h
Transpordi vedu	5643	päeva
Buldooseri kulu	70,3	eur
	2527925	eur

TÖÖJÕU KULU

Inimeste arv	1	inimest
Keskmine töötasu (bruto)	5	€/h
Kulu tööandjale	6,69	€/h
Kulu tööjõule tunnis	6,69	€
Tööjõu kulu	37 749	€

GRAPTOLIIDI AUNA EHTUSE KULU

2527925 EUR

ANDMED, Aru-Lõuna

Graptoliidi varu:	4701289 m ³
Graptoliidi varu (tihendustegur 1,5)	9872708 m ³
Vajamineva aleuriitsavi maht	2362500 m ³
Maht kokku	12 235 208 m ³
Tööaeg:	14 h/päev
Tööefektiivsustegur:	0,83
Töökuud aastas :	12 kuud
Tööpäevi nädalas:	7 päeva
Töötunde aastas:	4704 h/aastas

AUNA EHITUS

Buldooser:	CAT D7R	25 tonni
Buldooseri rent:	32,0	eur/h
Tootlikkus:	103,8	m ³ /h
Paljandamiseks kuluv aeg	117930	h
Paljandamise aeg päevades	0	päeva
Transpordi vedu	70,3	eur
Buldooseri kulu	3773821	eur

TÖÖJÕU KULU

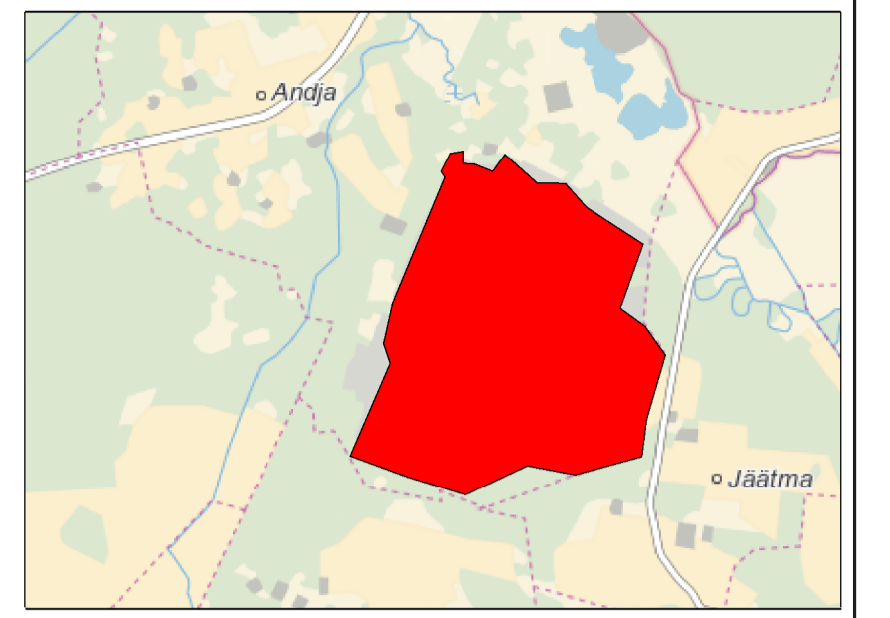
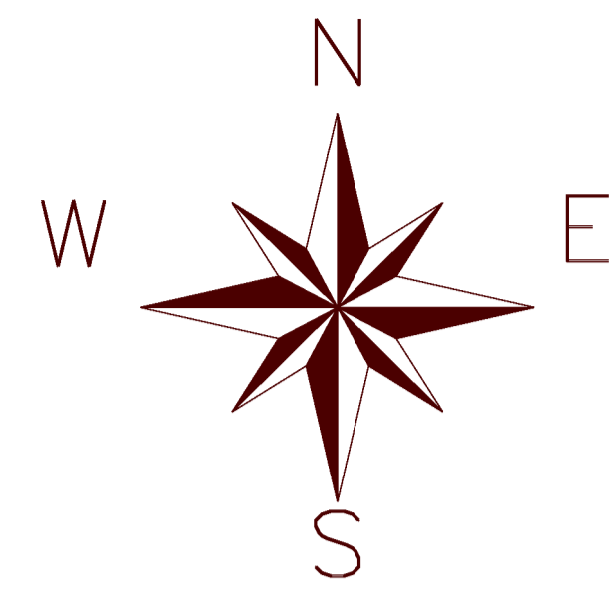
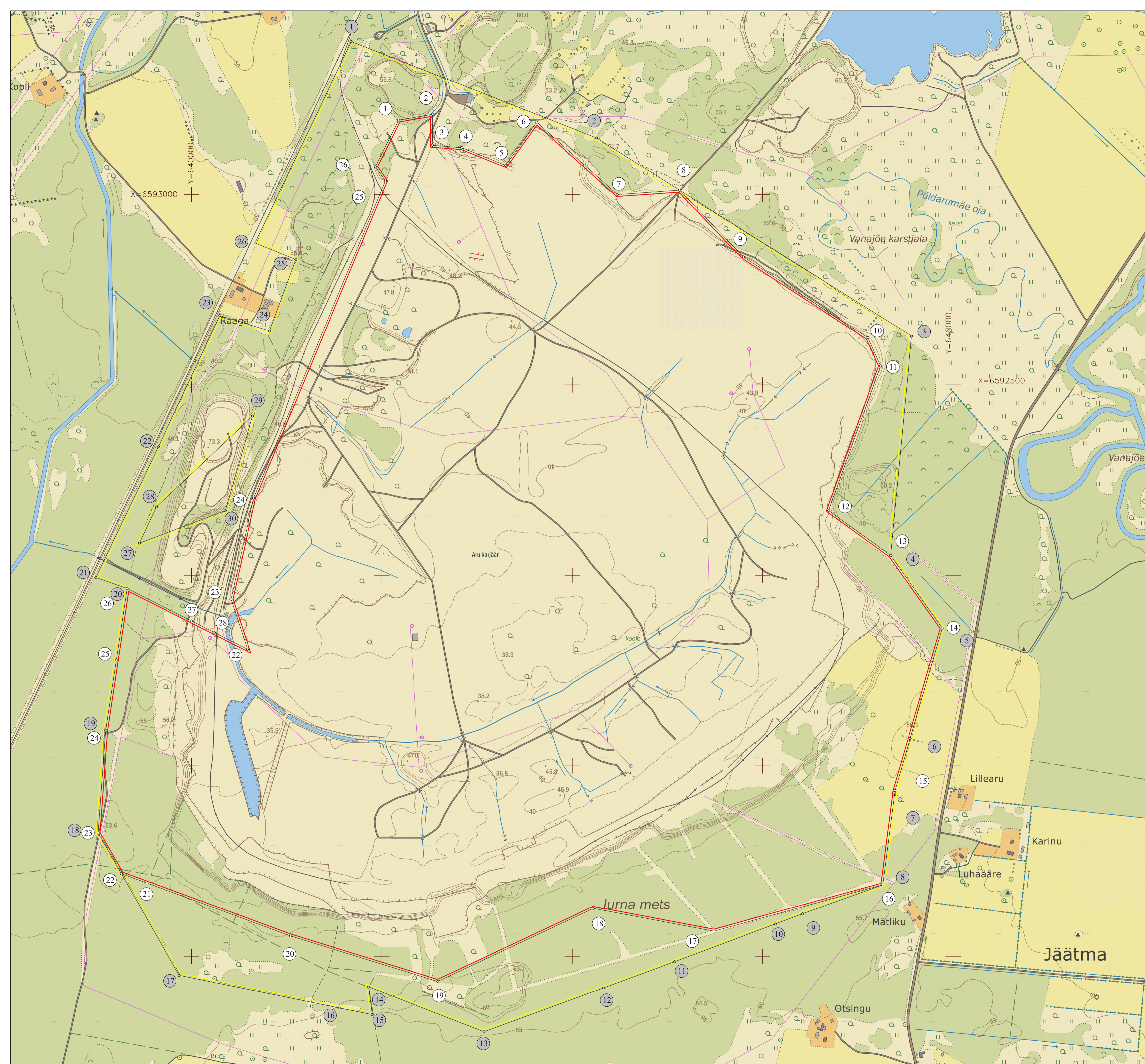
Inimeste arv	1	inimest
Keskmine töötasu (bruto)	5	€/h
Kulu tööandjale	6,69	€/h
Kulu tööjõule tunnis	6,69	€
Tööjõu kulu	788 950	€

GRAPTOLIIDI AUNA EHITUSE KULU

3773821 EUR

GRAPTOLIIDI AUNA EHITUSE KULU, KOKKU

6301746 EUR


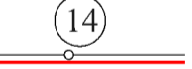



Asendiskeem M 1:50 000

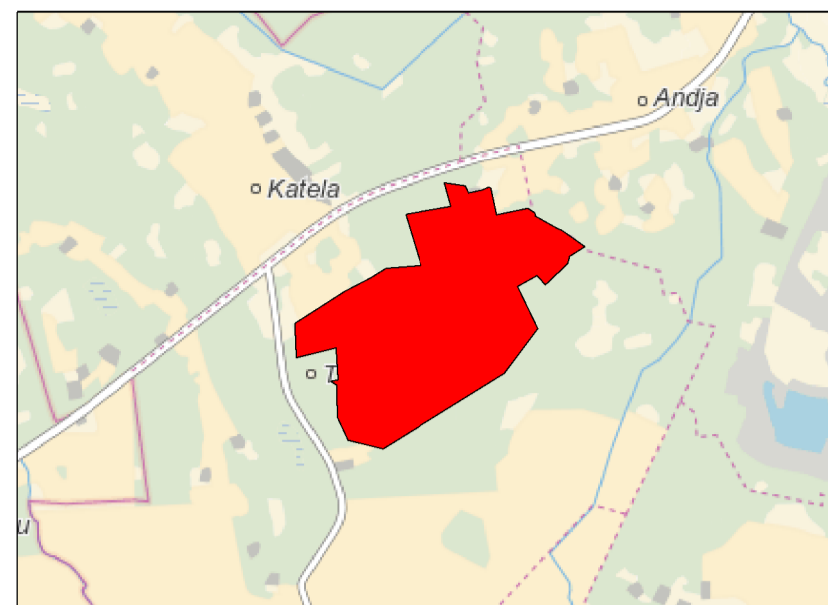
MÄEERLISE PIIRIANDMED

Pii- punkt- nr.	Koordinaadid	
	X	Y
1	6593194.97	640543.95
2	6593209.86	640633.35
3	6593128.80	640632.84
4	6593122.63	640709.55
5	6593076.25	640824.96
6	6593189.52	640906.74
7	6592999.69	641118.66
8	6593011.03	641282.13
9	6592835.93	641449.32
10	6592623.67	641776.68
11	6592549.83	641809.74
12	6592170.18	641673.93
13	6592052.23	641836.17
14	6591861.27	641971.77
15	6591435.47	641847.75
16	6591187.57	641815.71
17	6591066.05	641372.10
18	6591125.77	641055.84
19	6590934.23	640646.40
20	6591053.39	640260.72
21	6591192.33	639882.63
22	6591216.84	639815.94
23	6591324.08	639755.03
24	6591592.99	639774.78
25	6591777.37	639802.70
26	6591880.28	639831.14
27	6590934.23	639999.74
28	6591849.85	640147.54
29	6591192.33	639882.63
30	6591216.84	639815.94
31	6591324.08	639755.03
32	6591592.99	639774.78
33	6591777.37	639802.70

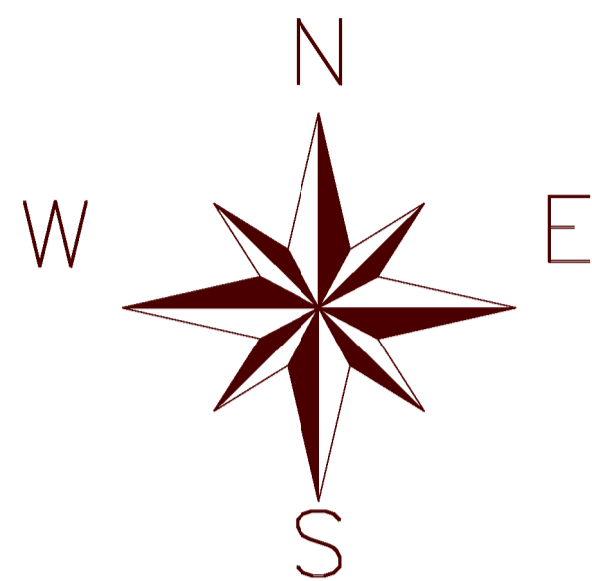
Pindala: 334,42 ha

-  Mäeeralise teenidusmaa piir, piiripunkt ja number
-  Mäeeralise piir, piiripunkt ja number

Magistritöö teema Erinevate maavarade lubjakivi, glaukonitliivakivi, graptoliitigilidi ning oobolusliivakivi koosväljamme Toolse maardlas		Lääne-Viru maakond Sõmeru vald Aru-Lõuna kaeveväli	Graafiline lisa 1 Mõõtkava: 1:5000
Koostas	Joosep Makke	 TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL GEOLOOGIA INSTITUUT, MÄEERAKOND	Kuup. 20.05.2017
Juhendaja	Enn Lõutre		



Asendiskeem M 1:50 000

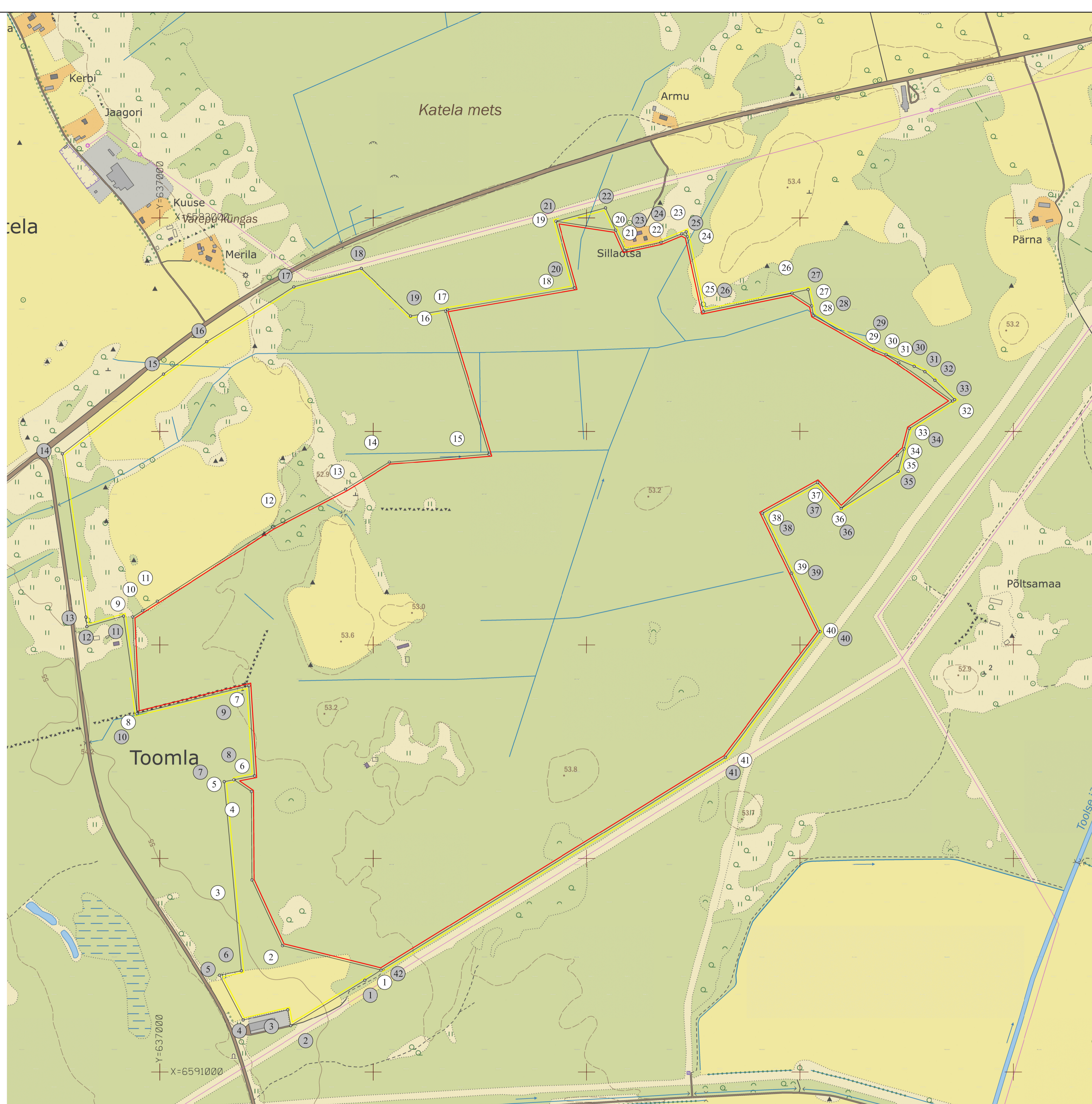


MÄEERLISE PIIRIANDMED

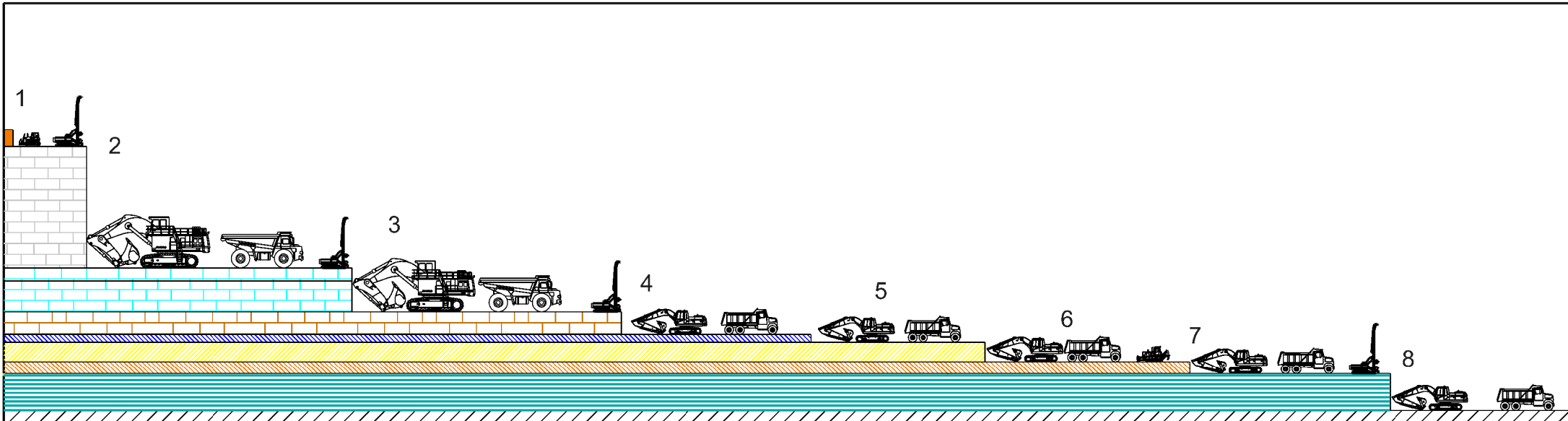
Pii- nr	Koordinaadid	
	X	Y
1	6591238,70	637518,98
2	6591265,99	637288,37
3	6591450,00	637216,17
4	6591656,65	637214,81
5	6591684,32	637174,31
6	6591693,58	637222,06
7	6591904,11	637208,76
8	6591839,49	636947,17
9	6592065,45	636936,83
10	6592080,31	636960,01
11	6592102,30	636994,29
12	6592276,14	637265,33
13	6592364,72	637435,52
14	6592428,05	637538,46
15	6592446,83	637771,52
16	6592781,37	637669,88
17	6592785,04	637674,37
18	6592836,24	637971,51
19	6592921,13	637928,07
20	6592971,00	638068,19
21	6592924,70	638089,14
22	6592943,00	638174,94
23	6592963,06	638223,33
24	6592956,01	638236,36
25	6592780,61	638274,03
26	6592823,48	638481,37
27	6592793,79	638527,04
28	6592771,69	638531,67
29	6592692,32	638672,90
30	6592680,17	638701,84
31	6592660,80	638731,63
32	6592570,79	638857,90
33	6592506,73	638756,71
34	6592459,31	638744,32
35	6592443,93	638728,64
36	6592319,83	638596,86
37	6592379,97	638541,12
38	6592308,47	638412,68
39	6592158,03	638480,60
40	6592031,14	638546,80
41	6591736,57	638325,41

Pindala: 168,25 ha

- Mäeeralise teenindusmaa piir, piiripunkt ja number
- Mäeeraldis piir, piiripunkt ja number




Magistritöö teema Erinevate maavarade lubjakivi, glaukonitiivakivi, graptoliitargilidi ning oobolusliivakivi koosväljamme Toolse maardlas		Lääne-Viru maakond Sõmeru vald Toolse-Lääne mäeeraldis	Graafiline lisa 2 Mõõtkava: 1:5000
Koostas	Joosep Makke		Kuup. 20.05.2017
Juhendaja	Enn Lõutse		

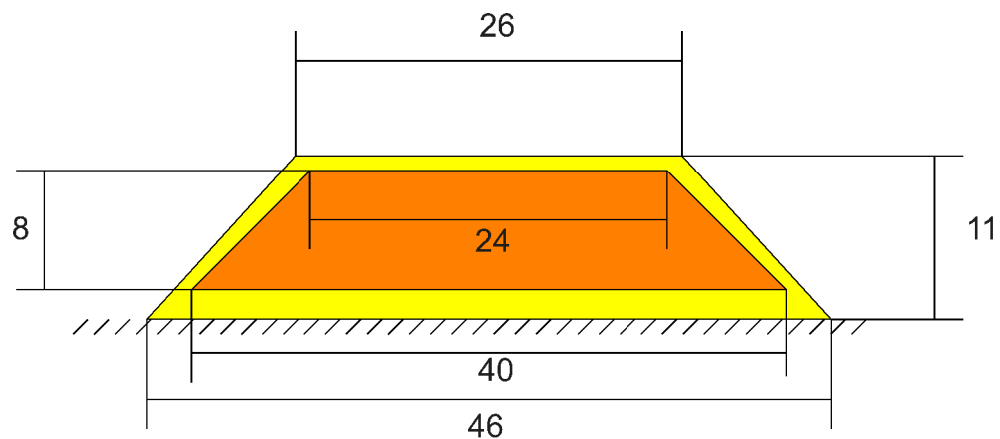



MÄRKUSED:

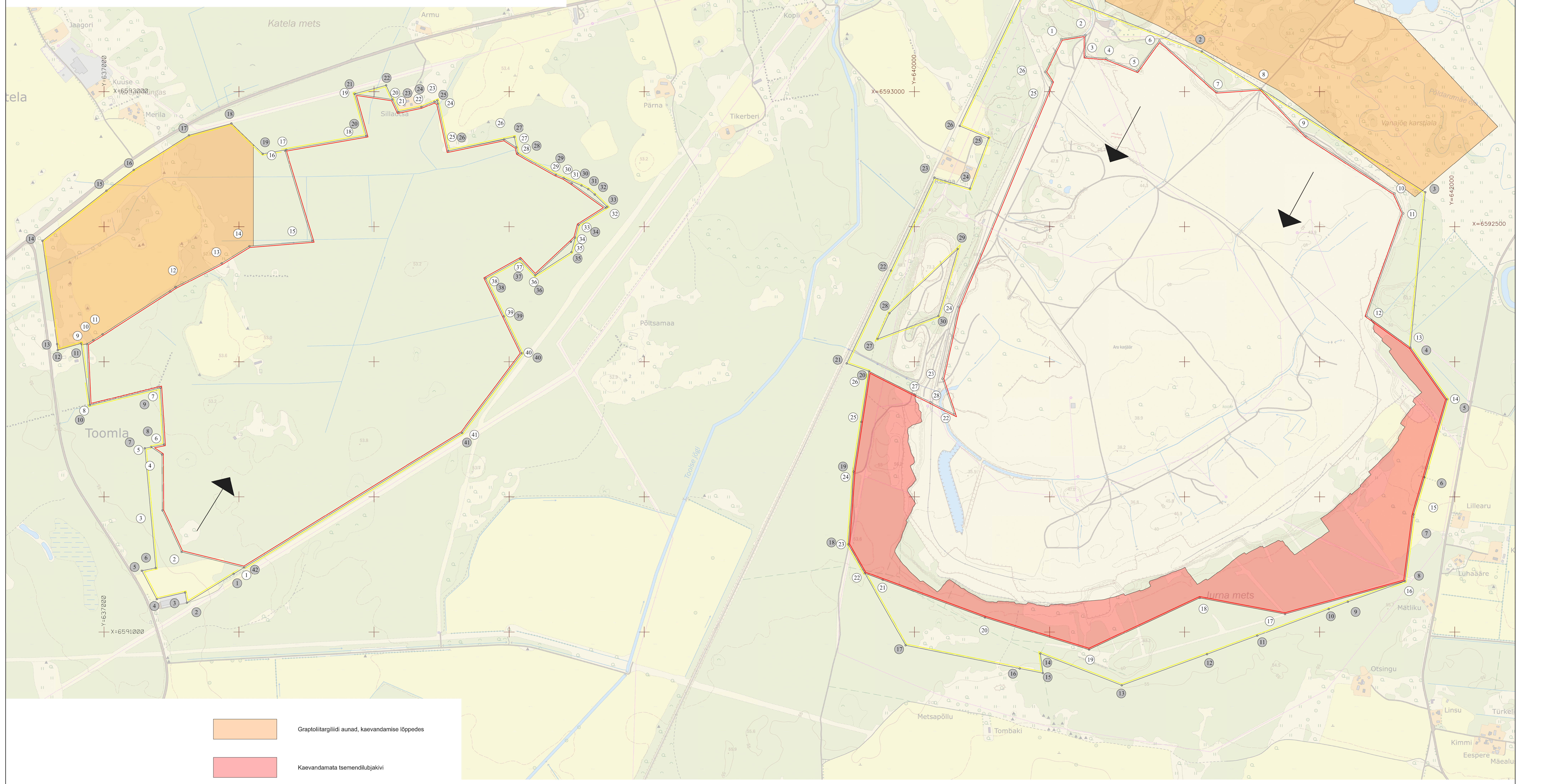
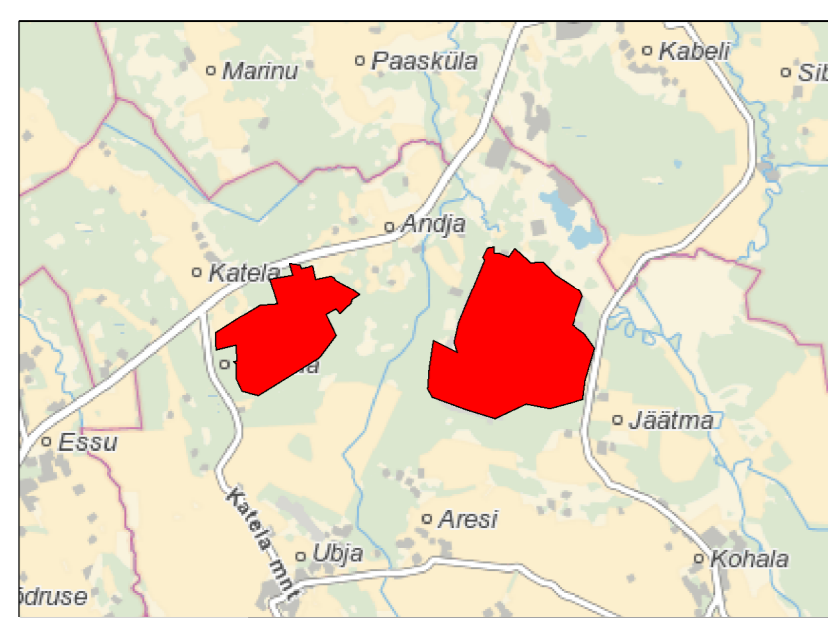
1. Katendi eemaldamine buldooseriga;
2. Tsemendilubjakivi raimamine puurlõhketöödega, laadimine ekskavaatoriga;
3. Ehituslubjakivi raimamine, PLT, laadimine ekskavaatoriga;
4. Volhovi lademe lubjakivi raimamine, PLT, laadimine ekskavaatoriga;
5. Glaukoniitliivakivi raimamine+laadimine ekskavaatoriga;
6. Aleuriitsavi raimamine+laadimine ekskavaatoriga;
7. Graptoliitargiliidi raimamine ripperiga, laadimine ekskavaatoriga;
8. Oobolusliivakivi raimamine, PLT, laadimine ekskavaatoriga



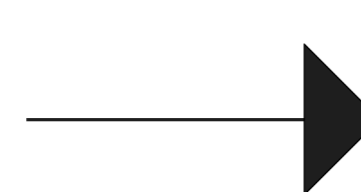
-  Katend
-  Tsemendilubjakivi
-  Ehituslubjakivi
-  Volhovi lademe lubjakivi
-  Gaukoniitliivakivi
-  Aleuriitsavi
-  Graptoliitargiliit
-  Oobolusliivakivi

Magistritöö teema		TEHNOLOOGILINE SKEEM	Graafiline lisa 3
Erinevate maavarade lubjakivi, glaukoniitliivakivi, graptoliitargiliidi ning oobolusliivakivi koosväljamine Toolse maardlas			
Koostas	Joosep Makke	 TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL GEOLOOGIA INSTITUUT, MÄEOSAKOND	Kuup. 20.05.2017
Juhendaja	Enn Lüütre		



Magistritöö teema		GRAPTOLIITARGILIIDI AUNA LÄBILÕIGE	Graafiline lisa 4
Erinevate maavarade lubjakivi, glaukoniitliivakivi, graptoliitargiliidi ning oobolusliivakivi koosväljamine Toolse maardlas			
Koostas	Joosep Makke	 TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL GEOLOOGIA INSTITUUT, MÄEOSAKOND	Kuup. 20.05.2017
Juhendaja	Enn Lüüte		



-  Graptolitargilidi aunad, kaevandamise lõppedes
-  Kaevandamata tsemendilubjakivi
-  Kaevandamise suund