

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Loodusteaduskond

Geoloogia instituut



**LUBJAKIVIKARJÄÄRI AVAMINE KILLUSTIKU
TOOTMISEKS HIJU MAAKONNAS**

Magistritöö, ID 1712M

Liis Vähejaus, 153211YAEM

Juhendaja: PhD Mall Orru, Geoloogia Instituut,
dotsent

Kaasjuhendaja: PhD Helena Gailan, Geoloogia Instituut,
külalisdotsent

Maa-teadused ja geotehnoloogia

Tallinn 2017

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus ning kinnitan, et esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Kinnitan, et antud töö koostamisel olen kõikide teiste autorite seisukohtadele, probleemipüstitustele, kogutud arvandmetele jmt viidanud.

Liis Vähejaus

.....

(allkiri ja kuupäev)

Juhendaja: *Mall Orru*

Kaasjuhendaja: *Helena Gailan*

Töö vastab magistritööle esitatavatele nõuetele.

.....

(allkiri ja kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele

.....

(nimi, allkiri ja kuupäev)

Tallinna Tehnikaülikool
Geoloogia instituut
Lõputöö ülesanne

Töö ID	1712M	Õppekava	YAEM 14/15
Üliõpilane	Liis Vähejaus	Matrikli nr.	153211YAEM
Töö liik	Magistritöö	Õppeaine kood	LG70LT
Juhendaja	Mall Orru	Ülesanne kehtib kuni	02. juuni 2017

Töö ülesanne
Topic of the
Thesis

Lubjakivikarjääri avamine killustiku tootmiseks Hiiu maakonnas
Opening limestone open pit for producing aggregate in Hiiu county

Töö sisu
põhipunktid

Hinnata Hiiu maakonnas – Suuremõisa, Paluküla ja Ninametsa lubjakivimaardlate maavara sobivust teede ehituses kasutamiseks. Parima kvaliteedi ja majandusnäitajatega, arvestades keskkonnalisi jm piiranguid, maardla valik ja sellele karjääri eelprojekteerimine.

Seotud
teadusteema
ja/või sihtasutus

Tariston AS
Hiiu Maavalitsus

Tähtajad

Eelkaitsmine

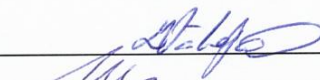
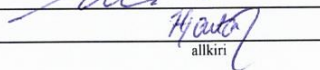

23. mai 2017

Kaitsmine

02. juuni 2017

Üliõpilane
Juhendaja
Kaasjuhendaja

Liis Vähejaus
Mall Orru
Helena Gailan
nimi




alkiri

11.04.2017
11.04.2017
11.04.2017
kuupäev

Ülesanne kinnitatud
Ülesanne täpsustatud
Ülesanne pikendatud

11. aprill 2017

SISUKORD

AUTORIDEKLARATSIOON	2
SISUKORD	4
Tabelite sisukord	5
Jooniste sisukord	6
EESSÕNA	9
ABSTRACT	10
SISSEJUHATUS	12
1. LUBJAKIVI ÜLDISELOOMUSTUS.....	14
2. LUBJAKIVI VAJADUS HIIUMAAL.....	17
3. HIIUMAA LUBJAKIVIMAARDLAD	22
3.1. Ninametsa lubjakivimaardla	23
3.1.1. Varasem uuritus.....	25
3.1.2. Maardla geoloogia ja hüdrogeoloogia	25
3.1.3. Maavara kvaliteet	26
3.1.4. Maardla kasutuselevõttu takistavad tegurid	28
3.2. Paluküla lubjakivimaardla	29
3.2.1. Varasem uuritus.....	30
3.2.2. Maardla geoloogia ja hüdrogeoloogia	31
3.2.3. Maavara kvaliteet	32
3.2.4. Maardla kasutusele võttu takistavad tegurid	33
3.3. Suuremõisa lubjakivimaardla.....	34
3.3.1. Varasem uuritus.....	35
3.3.2. Maardla geoloogia ja hüdrogeoloogia	35
3.3.3. Maavara kvaliteet	39
3.3.4. Maardla kasutusele võttu takistavad tegurid	41
4. HIIUMAA SOODSAIMA MAARDLA VALIK LUBJAKIVI KAEVANDAMISEKS..	43
4.1. Geoloogilise varu hindamine Ninametsa ja Suuremõisa maardlas.....	43
4.1.1. Geoloogilise lubjakivivaru hindamine Ninametsa karjääris.....	43
4.1.2. Geoloogilise lubjakivivaru hindamine Suuremõisa karjääris.....	45
4.2. Ninametsa ja Suuremõisa karjääri plokkimine	47
4.2.1. Ninametsa karjääri plokkimine.....	47
4.2.2. Suuremõisa karjääri plokkimine.....	50
4.3. Soodsaima karjääri valik.....	52
5. KAEVANDAMINE SUUREMÕISA KARJÄÄRIS	54
5.1. Kaevandamisviis	54
5.1.1. Puur-lõhketöödega lubjakivi raimamine	57
5.1.2. Buldooser-kobestiga lubjakivi raimamine.....	64

5.1.3.	Hüdrovasaraga lubjakivi raimamine.....	66
5.2.	Karjääri avamine.....	69
5.3.	Karjääri mäetöid mõjutavad tegurid	70
5.4.	Karjääri sulgemine ja korrastamine	74
6.	SUUREMÕISA KARJÄÄRI MAJANDUSLIKUD ARVUTUSED	75
6.1.	Tasuvusarvutus	75
6.1.1.	Puur-lõhketöödega raimamise tasuvusarvutus	78
6.1.2.	Buldooser-kobestiga raimamise tasuvusarvutus.....	79
6.1.3.	Hüdrovasaraga raimamise tasuvusarvutus.....	80
	KOKKUVÕTE	81
	KASUTATUD KIRJANDUS	83
	LISAD	87
LISA 1	Ninametsa lubjakivimaardla fotod.....	87
LISA 2	Paluküla lubjakivimaardla fotod.....	89
LISA 3	Suuremõisa lubjakivimaardla fotod.....	91
LISA 4	Suuremõisa karjääri olemasoleva masinapargi fotod	94
LISA 5	Lihtlitsents lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ja reprodutseerimiseks	96

Tabelite sisukord

Tabel 1.	Karbonaatkivimite kasutusala määramise nõuded. [3].....	15
Tabel 2.	Lubjakivikillustiku enamlevinud kasutusala fraktsioonide kaupa. [17].....	20
Tabel 3.	Saunja kihistu afaniitset lubjakivi iseloomustavad näitajad. [18]	27
Tabel 4.	Ninametsa lubjakivimaardla lubjakivi füüsikalised-mehaanilised omadused Paluküla maardla analoogse lubjakivi katsetuste alusel. [18]	27
Tabel 5.	Saunja kihistu afaniitlubjakivi keskmine keemiline koostis Paluküla perpektiivalal. [21]	32
Tabel 6.	Suuremõisa maardla I litokompleksi keemiline koostis. [6]	39
Tabel 7.	Suuremõisa maardla II litokompleksi keemiline koostis. [6].....	40
Tabel 8.	Suuremõisa maardla III litokompleksi keemiline koostis. [6].....	41
Tabel 9.	Suuremõisa maardla plokkide omadused. [6]	51
Tabel 10.	Suuremõisa ja Ninametsa karjääri valiku võrdlus	53
Tabel 11.	Ühe ploki puur-lõhketööde materjalide kogused	62
Tabel 12.	Ühe ploki puur-lõhketööde omahind.....	63
Tabel 13.	Buldooser-kobesti suutlikkuse ja Hiiu maakonna lubjakivide võrdlus. [6][45][46].....	64
Tabel 14.	Buldooser-kobestiga raimamise omahind	65
Tabel 15.	Hüdrovasaraga raimamise omahind	68
Tabel 16.	Tariston AS Hiiu maakonna 2013-2017 toodangumahud	75

Tabel 17. Tariston AS Hiiu maakonna üksuse 2016. a toodangumahud.....	75
Tabel 18. Puur-lõhketöödega lubjakivi raimamise tasuvusarvutus	78
Tabel 19. Buldooser-kobestiga lubjakivi raimamise tasuvusarvutus	79
Tabel 20. Hüdrovasaraga lubjakivi raimamise tasuvusarvutus	80

Jooniste sisukord

Joonis 1. Ordoviitsiumi lademetede avamusjooned Eesti aluspõhja kaardil. [4].....	15
Joonis 2. Hiiumaa teede liigid. [7].....	17
Joonis 3. Hiiumaa kattega ja katteta teed. [7].....	18
Joonis 4. Hiiumaa kattega teede katete liigid. [7].....	18
Joonis 5. Liiklussagedused Hiiumaa teedel. [7]	19
Joonis 6. Hiiumaa lubjakivimaardlate paiknemine Eesti mastaabis. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti fotokaarti.	22
Joonis 7. Hiiumaa lubjakivimaardlate paiknemine Hiiumaa mastaabis. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti hübriidkaarti.	23
Joonis 8. Ninametsa maardla kaevandatava osa pinnamood. Joonisel on kujutatud ka maapinna samakõrgusjooned.	24
Joonis 9. Ninametsa lubjakivimaardla kasutuselevõttu takistavad tegurid. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti põhikaarti.	28
Joonis 10. Paluküla lubjakivimaardla pinnamood. Joonisel on kujutatud ka maapinna samakõrgusjooned.	30
Joonis 11. Paluküla lubjakivimaardla kasutuselevõttu takistavad tegurid. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti põhikaarti.	33
Joonis 12. Suuremõisa maardla pinnamood. Joonisel on kujutatud ka maapinna samakõrgusjooned.	34
Joonis 13. Suuremõisa lubjakivimaardla sobilik ala karjääri avamiseks. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti põhikaarti.	42
Joonis 14. Ninametsa kaevandatava ala kasuliku kihi paksus ning kihtide mahud. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti põhikaarti.	44
Joonis 15. Suuremõisa lubjakivimaardla maavara paksuste mudelid. Mudelitel on välja toodud geoloogiliste kihtide samakõrgusjooned.	45
Joonis 16. Suuremõisa lubjakivimaardla mäeeraldis ja teenindusmaa. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti põhikaarti.	46
Joonis 17. Ninametsa maardla kaevandatava osa läbilõiked I ja II. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti põhikaarti.....	48
Joonis 18. Ninametsa maardla kaevandatava osa läbilõige I.....	49
Joonis 19. Ninametsa maardla kaevandatava osa läbilõige II	49

Joonis 20. Suuremõisa lubjakivimaardla läbilõiked. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti põhikaarti.....	50
Joonis 21. Suuremõisa maardla läbilõige I.....	51
Joonis 22. Suuremõisa maardla läbilõige II	52
Joonis 23. Suuremõisa karjääris tekkiva alanduslehtri mõjuala, kui kaevandada ka põhjaveetasemest allpool. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti põhikaarti.	55
Joonis 24. Lõhkeaukude asetus plokis.....	58
Joonis 25. Suuremõisa karjääri kaugused ehitistest. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti põhikaarti.....	58
Joonis 26. Lõhkeaugu konstruktsioon	59
Joonis 27. Jadaühenduses lõhkevõrk 10 ja 50 ms viidetega.....	61
Joonis 28. Puur-lõhketöödega lubjakivi raimamise tehnoloogiliste kulude jagunemine	63
Joonis 29. Buldooser-kobesti Komatsu D155AX, massiga 40 t. [44].....	64
Joonis 30. Buldooser-kobestiga lubjakivi raimamise tehnoloogiliste kulude jagunemine.....	66
Joonis 31. Ekskavaator Volvo EC380 ja hüdrovasar Volvo HB3200. [48]	67
Joonis 32. Hüdrovasaraga lubjakivi raimamise tehnoloogiliste kulude jagunemine	68
Joonis 33. Suuremõisa karjääri sissesõidutee skeem. Skeemi alusena on kasutatud Maa-ameti põhikaarti.....	69
Joonis 34. Kattekihi paksuse skeem Suuremõisa maardlas	70
Joonis 35. 2016. a Hiiumaa Heltermaa rannikujaama alusel aasta keskmised temperatuurid. [50]	71
Joonis 36. 2016. a Hiiumaa Heltermaa rannikujaama alusel aasta keskmised sademed. [50] ..	72
Joonis 37. 2016. a Hiiumaa Heltermaa rannikujaama alusel tuulterooos ehk aasta keskmised tuulesuunad ja -kiirused. Tuulterooos on koostatud vabavaraga Lakes Environmental – WRPLOT view. [50]	72
Joonis 38. Erinevate tehnoloogiate korral omahind karjääri eluea jooksul.....	77
Joonis 39. Ninametsa lubjakivimaardla kaevandatava osa maa-ala, mis on juba paljandatud. Olemas on ka kasutatavad metsateed. Foto on tehtud põhja suunas. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 13.10	87
Joonis 40. Ninametsa lubjakivimaardla kaevandatav osa maa-ala. Foto on tehtud kirde suunas Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 13.10	87
Joonis 41. Ninametsa lubjakivimaardla kaevandatava osa lähedus merele. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 13.14	88
Joonis 42. Ninametsa lubjakivimaardla paljandatud kaevandatava osa nõlv. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 13.12	88
Joonis 43. Paluküla lubjakivimaardla alal paiknev Paluküla kirik ja elektriliinid. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 11.57.....	89
Joonis 44. Paluküla lubjakivimaardla alal paiknev Paluküla kirik ja teised hooned. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 11.57.....	89
Joonis 45. Paluküla lubjakivimaardla alal kiriku vahetus läheduses paiknevad hooned. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 11.57.....	90

Joonis 46. Paluküla paemurd, kust varasematel aegadel murti lubjakivi. Paemurd ei asu küll maardla alal, vaid selle vahetus läheduses, ca 1,3 km Paluküla kirikust kagu suunas. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 12.07.....	90
Joonis 47. Suuremõisa lubjakivimaardla osa, kust on kaevandatud, ent praeguseks on kaetud looduskaitsealase alaga. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 11.27	91
Joonis 48. Suuremõisa lubjakivimaardla osa, kust on kaevandatud, karjäärinõlv. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 11.36.....	91
Joonis 49. Suuremõisa lubjakivimaardla kaevandatava osa maa-ala on kaetud segametsaga. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 11.32	92
Joonis 50. Suuremõisa lubjakivimaardlani viiva pinnastee ja Hilleste-Hellamaa kruuskattega kõrvalmaantee lõikumine. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 11.40	92
Joonis 51. Suuremõisa lubjakivimaardlani viiv Hilleste-Hellamaa kruuskattega kõrvalmaantee. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 11.41	93
Joonis 52. Suuremõisa lubjakivimaardlat piirav elektri ülekandeliinide koridor, mis seab kaevandatavale osale piirangud. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 11.42	93
Joonis 53. Ekskavaator Komatsu PC210, koonuspurusti Pegson Powerscreen SR1000 ja sõeltekomples Powerscreen Chieftain 2100. Foto: Erakogu, 20.07.2016 kell 14.40	94
Joonis 54. Ekskavaator Komatsu PC210, lõugpurusti Terex Metrotrak 900x600 ja koppladur Liebherr 550. Foto: Erakogu, 17.08.2016 kell 11.42	94
Joonis 55. Koppladur Liebherr 550. Foto: Erakogu, 06.07.2016 kell 10.55	95
Joonis 56. Koppladur Liebherr 556. Foto: Erakogu, 15.08.2016 kell 10.30	95

EESSÕNA

Antud magistr töö on koostatud eelkõige avaliku huvi alusel rajada Hiiumaale esimene lubjakivikarjäär, kuna on teada, et Hiiumaal leviv lubjakivi on heade kvaliteedi omadustega ning lasub maapinna lähedal.

Siinkohal avaldan tänu antud magistr töö juhendajale TTÜ Geoloogia instituudi dotsendile Mall Orrule ja kaasjuhendajale TTÜ Geoloogia instituudi külalisdotsendile Helena Gailanile igakülgse abi ja toe eest. Samuti tänan teisi TTÜ Geoloogia instituudi õppejõude, eesotsas Tõnu Tombergi, tööle kaasa aitamise eest. Suure abi ja heade nõuannete eest tänan veel ehitusettevõtte Nordecon AS tütarettevõtte Tariston AS Hiiu maakonna üksust (endine OÜ Hiiu Teed), eesotsas mäetööde tööjuhti Kalev Liitu.

ABSTRACT

Limestone is one of the prime mineral resources in Estonia, primarily because it is the most common and mineable minerals in Estonia. There are three limestone deposits recorded in Hiiumaa at mineral register of Estonia, which are Ninametsa, Paluküla and Suuremõisa. During the time limestone has been quarried in all deposits and mostly for burning limestone for producing lime. Today there are no operating limestone open pits in Hiiu county.

The purpose of this Thesis of Master is to evaluate the characteristics and quality of minerals in Hiiumaa's limestone deposits and also the pertinence of using limestone aggregate in road constructions. The aim is to select the best location for open pit, according to the best quality and economic parameters. Environmental constraints must be taken into account also. Open pit must be preprojected in selected area.

The reason of seeking potentiality of mining limestone in Hiiumaa, is that the gravel resources with high quality, which the aggregate is produced for now, becomes exhausted, also the quality of it varies. Therefore, it is strategically relevant to start mining limestone in Hiiu county in near future.

The quality of limestone in all three limestone deposits (Ninametsa, Paluküla and Suuremõisa) conform the requirements of chemical and physical aspects for producing aggregate. Therefore, environmental and other hindering factors for opening the open pit were evaluated. The deposit of Ninametsa is surrounded with nature reserve, therefore the transport of run-off-mine is nearly impossible. The nature reserves in Paluküla deposit are too widespread to even think about open pit. The deposit of Suuremõisa is the most expedient for the open pit next to a small III category nature reserve.

Mining share was selected as large as possible according of the Hilleste-Hellamaa secondary road, power lines and some natural protected objects. The volume of rock in selected area for open pit is computationally 630 000 m³ (mineable reserve above groundwater), which ensures the security of supply for 17 years, at least. For the suitable mining technology, three methods were evaluated: drilling and blasting, ripper-buldozer and hydraulic hammer. All these

technologies are suitable for breaking the limestone of Suuremõisa. But only lucrative and expedient technology is limestone breaking with drilling and blasting.

In this Master Thesis the author ascertained the most expedient location from the thee deposits for producing aggregate from limestone. Then the open pit was designed in the deposit and the most lucrative mining technology was ascertained.

SISSEJUHATUS

Antud magistritöö eesmärgiks on hinnata Hiiumaa lubjakivimaardlate kivimite omadusi ja kvaliteeti ning sobivust teedehituses kasutatava killustiku tootmiseks, valida parima kvaliteedi ja majandusnäitajatega karjääri asukoht, arvestades keskkonnalisi jm piiranguid ning eelprojekteerida karjäär valitud asukohta.

Eestimaal üheks tähtsaimaks maavaraks on paekivi, mis on ka kuulutatud Eesti rahvuskiviks. Seda eelkõige seetõttu, et Eesti maapõue kõige levinuimaks ja kättesaadavamaks kivimiks ongi paekivi, mille peamiseks alaliigiks on lubjakivi. Lubjakivi kõige põhilisemaks kasutusala on killustiku tootmine. Maavarade registris on Hiiumaal arvele võetud kolm lubjakivimaardlat – Ninametsa, Paluküla ja Suuremõisa. Aegade jooksul on lubjakivi murtud kõikides maardlates ning enamjaolt lubjakivi põletamisel lubja tootmiseks, ent tänasel päeval ei ole Hiiumaal ühtegi toimivat lubjakivikarjääri. Seega puuduvad uuringud ka maavara raimamisviisidest ja tasuvusest, mida võib antud magistritöö uudsuseks pidada.

Hiiumaa maakonnaplaneeringus on välja toodud, et Hiiumaa kruusa varud on suhteliselt piiratud ning seetõttu peaks planeerima lubjakivi kasutusele võttu [1]. Hiiumaa suurim kaevandaja ja teehitus ettevõtte Tariston OÜ Hiiu maakonna üksus (Nordecon AS tütarettevõtte, endine OÜ Hiiu Teed) otsib samuti võimalust alustada lubjakivi kaevandamist Hiiumaal, kuna kvaliteetse kruusa, millest toodetakse Hiiumaal killustikku, varud on ammendumas ning selle kvaliteet on muutlik. Seega on strateegiliselt tähtis lähitulevikus alustada lubjakivi kaevandamisega Hiiumaal.

Hiiumaal kaevandatavaid ehitusmaterjale (sh ka tulevikus kaevandatavat lubjakivi) kasutatakse peamiselt teede ehitusel, remontimisel ja hooldel. Samuti erinevate omavalitsuste, eraettevõtjate ja -isikute projektide teostamisel (parklad, platsid, üldehitus jm).

Antud magistritöö autor viibis 2016. a suvel ettevõttes Tariston AS praktikal mäemeistri õpilasena, kus tutvus ettevõtte kaevandamistegevusega. Autori ülesandeks oli praktikal teostada ka Tariston AS karjääriliste materjalide sõelanalüüsi, millest oli võimalik tuvastada maavara kvaliteedi probleeme. Lisaks külastati veel kõiki Hiiumaa lubjakivi maardlaid 2017. aasta aprillis, et saada ülevaade maardlate hetke seisukorrast ja tutvuda kaevandamist takistavate

teguritega. Antud töö valmimisele aitas suuresti kaasa ka Tariston AS. Kuna autori sünnikoht ning vanemate kodu on Hiiumaal, siis selle tõttu valiti magistritöö teemaks kodukandi mäendusliku probleemi lahendamine, et rakendada omandatud teadmisi kodumaakonna arenguks.

1. LUBJAKIVI ÜLDISELOOMUSTUS

Lubjakivi kui kohalik ehituskivim on Lääne- ja Põhja-Eestis paljanduv settelise tekkega alus(põhja)kivim. Lubjakivi, dolokivi ning ka tugevam mergel ja domeriit on karbonaatsete kivimitena paekivi alaliigid. [2] Lubjakivi kasutatakse Eestis peamiselt ehitus- ja tehnoloogilise kivina, lubjapõletamiseks ja tsemendi tootmiseks.

Lubjakivi on tihe, peitkristalliline või -teraline, enamasti hele (valge, hall, roosakas-, punakas-, rohkeas- või kollakashall) sette kivim, mille peamine koostisosa on kaltsiit. Peamised lisandid on mitmesugused savimineraalid ja kvarts, mida võib olla 25% (et nimetada kivimit lubjakiviks). Lubjakivi kasulikuks aineks on kaltsiit, mille mõõduks on kaltsiumoksiidi CaO sisaldus. Kasutu lisand on lahustumatu jääk, kahjulikud rauaühendid (peamiselt püriit) ja dolomiit. Viimase mõõt on magneesiumoksiidi MgO sisaldus. [2]

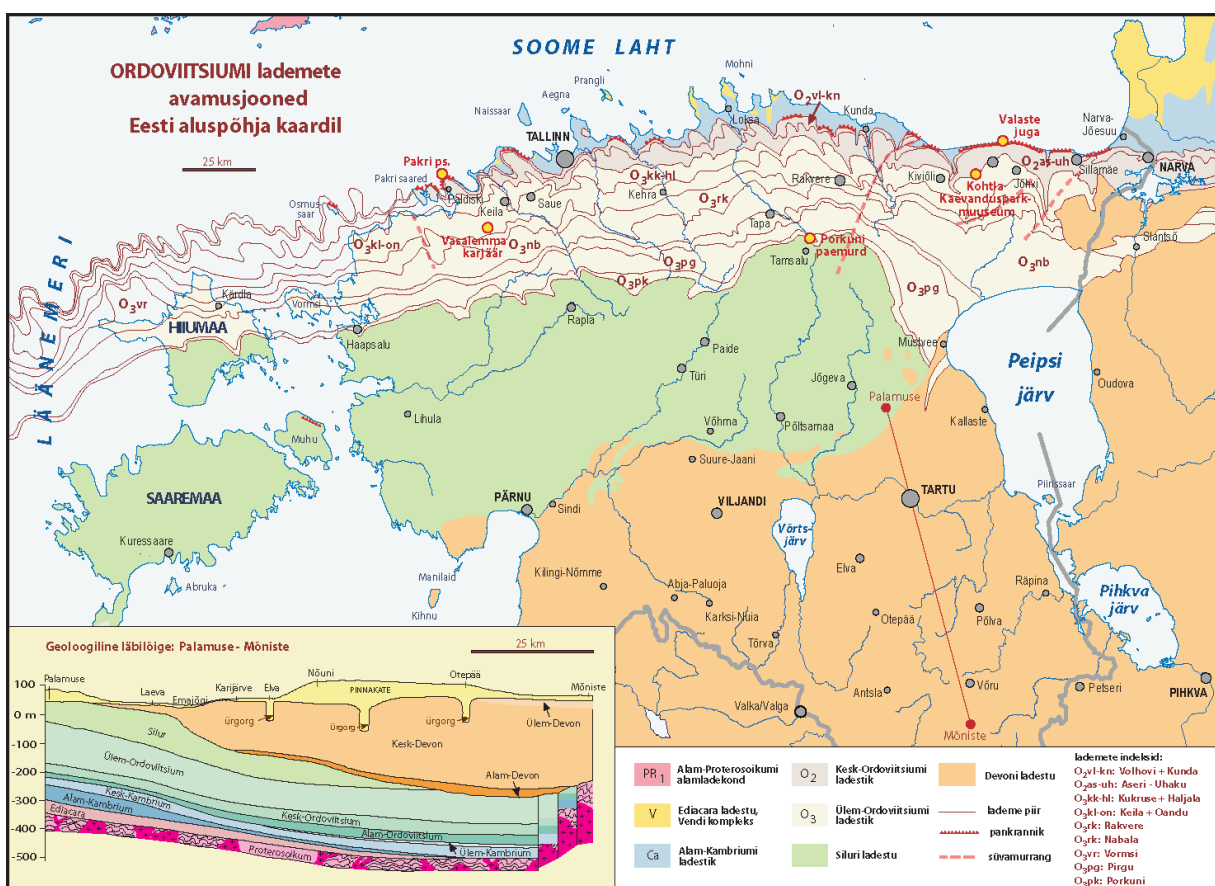
Põletusprotsessides kasutataval lubjakivil (põletuslubjakivil) on nõutav MgO sisaldus < 2%. Seintes, müürides ja killustikuna kasutatava lubjakivi (ehituslubjakivi) peamine kahjulik lisand on paekihtides ja nende vahele kiledena settinud savi, mis alandab kivimi tugevust ja külmakindlust ning põhjustab ehituskivi lagunemist. [2]

Vastavalt keskkonnaministri määrusele nr 44 „Üldgeoloogilise uurimistöo ja maavara geoloogilise uuringu tegemise kord“, eeldades, et 6. peatüki „Uuringu korra rakendamine karbonaatkivimite suhtes“ nõuded jäävad kehtima (uue määruse eelnõud ei ole Eelnõude infosüsteemis kooskõlastamiseks praeguseks hetkeks väljastatud), jaotatakse karbonaatkivimid kasutusala järgi järgmiselt [3]:

- tehnoloogilised karbonaatkivimid, mida kasutatakse keemilisest koostisest lähtuvalt mitmes tehnoloogilises protsessis nagu tsemendi tootmiseks, lubja põletamiseks, paber- ja metsatööstuses, samuti põllumajanduses, heitvete puhastamisel ning muudel eesmärkidel;
- ehitusotstarbelised karbonaatkivimid, mida kasutatakse lähtuvalt füüsikalismehaanilistest omadustest, viimistluskivi korral ka dekoratiivsusest ning poleeritavusest, ehituses.

Tabel 1. Karbonaatkivimite kasutusalaade määramise nõuded. [3]

Tehnoloogiline lubjakivi	CaO sisaldus mitte alla 50%, lisandite ja lahustumatu jäägi ($\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3$) sisaldus mitte üle 10%.
Ehitusotstarbeline lubjakivi	Survetugevus kuivalt vähemalt 200 kg/cm ² , külmakindlus vähemalt 15 tsükli. Madalamargilise karbonaatkivimi survetugevus on 200...600 kg/cm ² . Kõrgemargilise karbonaatkivimi survetugevus peab olema üle 600 kg/cm ² ning külmakindlus mitte alla 25 tsükli.
Täitepinnas	Karbonaatkivim, mis keemilise koostise poolest ei vasta tehnoloogilisele lubjakivile esitatavatele nõuetele, mis ei sobi viimistluskiiviks ja mille survetugevus on alla 200 kg/cm ² .



Joonis 1. Ordoviitsiumi lademete avamusjooned Eesti aluspõhja kaardil. [4]

Tehnoloogilise kivimi nõuetele vastavat kivimit võib ehitusotstarbel kasutada vaid juhul, kui selleks annab nõusoleku keskkonnaminister maavaravaru kinnitamisel. [3][5]

Ehituseks sobivat paekivi leidub enamikus Ordoviitsiumi ja Siluri lademetes, mis avanevad kõikjal Lääne-, Kesk- ja Põhja-Eestis (vt Joonis 1). Hiiumaal avanevad Ordoviitsiumi ja ka Siluri lademete lubjakivid. [2][4]

Lubjakivi kvaliteeti hinnatakse erinevate füüsikaliste näitajatega. Poorsus on üks faktoritest, millest oleneb kivimi survetugevus, ning mida väiksem on poorsuse protsent, seda suurem on veega küllastatud kivimi survetugevus. Pehmenemiskoeffitsient iseloomustab, kui palju on veega küllastatud kivimi survetugevus väiksem õhkuivas olekus oleva kivimi survetugevusest. Kivimi külmaskindlus oleneb poorsusest, struktuurist, tekstuurist ja koostisest. Lisanditeta kristalsed lubjakivid on tavaliselt külmaskindlad. Vähem külmaskindlad on merglilised lubjakivid. Kivim loetakse külmaskindlaks kui pärast vahelduvat külmutamist ja sulatamist ei esine vigastusi. Proovikehade kaalukadu protsentides määratakse kuivade, veega küllastatud ja pärast viimast sulatamist kaalutud proovikehadega. [6]

2. LUBJAKIVI VAJADUS HIIUMAAL

Nordecon AS tütarettevõtte Tariston AS Hiiu maakonna üksust (endine OÜ Hiiu Teed) on Hiiumaa suurim mäendus ja tee-ehitus ettevõtte, mille teeninduspiirkond piirneb saare piiriga, mitte ei ole arvestatud kilomeetrite põhised. Seetõttu ehitab ja hooldab hangete võitjatena riigiteid, valla- ja erateid üle Hiiumaa. Tariston AS hallata on Hiiu maakonnas 473 km riigimaanteid ja 1040 km valla- ja erateid (vt Joonis 2). Metsateede ehitamist ja hoolet teostab üldiselt Riigimetsa Majandamise Keskus.



Joonis 2. Hiiumaa teede liigid. [7]

Kui vaadelda lähemalt antud teede katete tüüpe, siis selgub, et Hiiumaa teedest moodustavad kattega teed vaid tugimaanteed ja osaliselt kõrvalmaanteed. Hiiu maakonnas on Teeregistri andmetel 473 km riigiteid, millest 2017. a jaanuari seisuga 330 km on kattega teed [8]. Teeregistris on arvuliselt välja toodud kahjuks ainult riigiteede andmed, ent üldpildi saab näha järgneval joonisel (vt Joonis 3).



Joonis 3. Hiiumaa kattega ja katteta teed. [7]

Kui edasi hinnata Hiiu maakonna teede katteid, siis on selgelt näha, et Hiiumaal on valitsevaks teekatte tüübiks kruus (vt Joonis 4). Sellest nähtub, et teedehitusel on Hiiu maakonnas pikk ja pidev perspektiiv.



Joonis 4. Hiiumaa kattega teede katete liigid. [7]

Teedehitamise, remontimise ja hoolde planeerimise ja teostamise üheks määravaks näitajaks on liiklussagedus teedel, mille ühikuks on autot/ööpäevas. Hiiumaa teede liiklussagedus on võrdlemisi väike Eesti mastaabis (vt Joonis 5). Ööpäeva keskmine liiklussagedus on suurim maakonnakeskuse Kärkla ja samuti ka Käina ümbruses, mis jääb vahemikku 1000...2999 sõidukit. Järgnevad Heltermaa sadamaga seotud maanteed ning Kärkla - Käina vaheline maantee, sagedusega vahemikus 500...999 sõidukit ööpäevas. Liiklussagedus suureneb suveperioodil, mil puhkuseperioodide, turismi ja ürituste tõttu kasvab saare külastatavus. Viimase asjaoluga peab arvestama Suuremõisa karjääri rajamisel materjali raimamisel ja väljaveol, kuna karjäär asub vahetult mnt 80 Heltermaa – Kärkla – Luidja kõrval, Heltermaa sadama läheduses.



Joonis 5. Liiklussagedused Hiiumaa teedel. [7]

Vastavalt 2013. aasta analüüsile „Hiiumaa maakonna kruusakarjäärade omaduste ja vajaduse analüüs“ on võimalik nõuetele vastavat kruuskillustiku toota üksnes Partsi ja Suurepsi kruusamaardlas, mille varud on piiratud. Suurepsi ja Partsi karjäärade kruusad on heade teedehituslike omadustega, sobides praktiliselt kõigi Hiiumaa teede aluste ehituseks. Lisaks suurte terade suurele osakaalule on neil head füüsikalised-mehaanilised omadused. [9]. Selleks, et vältida Hiiumaa maakonnas kvaliteetse teedehitusmaterjali varude lõppemist ja ebakvaliteetse materjali kasutamist teedehituses, on lubjakivikillustiku tootmine väga otstarbekas ja vajalik.

Hiiu maakonnas on hetkel kehtivaid teede-ehitus hankeid kokku, mis on leitavad avalikult Riigihangete registrist [10], vähemalt 11, millest enamuste täitjaks on Tariston AS Hiiu maakonna üksus. Tuleb arvestada, et uusi hankeid korraldatakse järjepidevalt ning registris on kajastatud ainult riigihanked, eraettevõtjate jm projekte ei kajastata. Hangete arvukus annab mõista, et killustiku vajadus on Hiiumaal piisavalt suur ja pidev. Näiteks on ehitusmaavarade prognoosis „Eesti ehitusmaavarade nõudluse prognoos 2012-2020“ välja toodud olemasolevate maanteede remondiks ja hooldeks aastatel 2012-2020 kuluva materjali ligikaudseks vajaduseks Hiiu maakonnas ehituslubjakivi killustikule 120 000 m³ ja ehituskruusale 22 200 m³ [11].

Lubjakivikillustiku erinevaid fraktsioone, mis peavad vastama mitmetele nõuetele ja standarditele, kasutatakse mitmesugustes teedehituse etappides. Näiteks tuleb lähtuda Eesti Vabariigi määrusest nr 101 „Tee ehitamise kvaliteedi nõuded“ ja selles esitatud lisadest ning määrusest nr 74 „Tee-ehitusmaterjalidele ja –toodetele esitatavad nõuded ja nende nõuetele vastavuse tõendamise kord“ ja selles esitatud lisadest [12][13]. Samuti ka Eesti Standardikeskuse standarditest EVS-EN 13242:2006+A1:2008 Ehitustöödel ja tee-ehituses kasutatavad sidumata ja hüdrauliliselt seotud täitematerjalid, EVS-EN 13043:2004 Asfaltsegude ning teede, lennuväljade ja muude liiklusalade pindamiskihtide täitematerjalid ning EVS-EN 13285:2010 Sidumata segud: spetsifikatsioonid [14][15][16]. Lubjakivikillustikule esitatud detailseid kvaliteedi nõudeid antud töös pikemalt ei analüüsita, küll aga antakse ülevaade põhiliste keemiliste ja füüsikaliste omaduste vastavusest nõuetele.

Lubjakivikillustiku enamlevinud kasutusala erinevate fraktsioonide alusel ehk kus kasutatakse toodetavaid killustike fraktsioone, mida ettevõtte Tariston AS toodab, on välja toodud järgnevas tabelis (vt Tabel 2). [17]

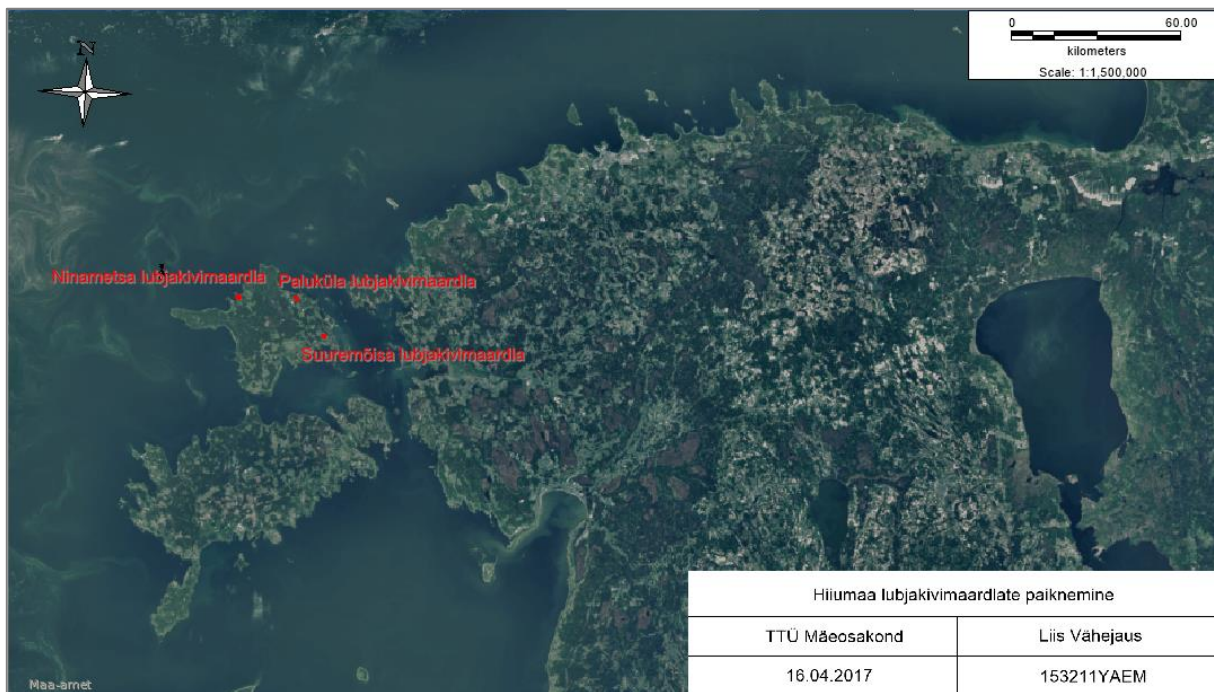
Tabel 2. Lubjakivikillustiku enamlevinud kasutusala fraktsioonide kaupa. [17]

Killustiku klass	Kasutusala
1	2
0/4 mm	Sobib kasutamiseks täitematerjalina liiva asemel suurt filtratsiooni mittenõudvates konstruktsioonides.
0/16; 0/32 mm	Sobib hästi kasutamiseks väiksema koormusega teedel nii aluskihi kui ka pealiskattena, teepeenardes täitematerjalina ning ajutiste teede ehitamisel. Soovituslik kihi paksus ühe kihina 10...15 cm.

1	2
0/64 mm	Optimaalse terakoostisega segu terasuurusega 0/64 mm. Sobib hästi kasutamiseks väiksema koormusega teedel nii aluskihis kui ka pealiskattena, ajutiste teede ehitamisel ning teepeenardes täitematerjalina. Soovituslik kihi paksus ühe kihina 16...25 cm.
4/16 mm	Sobib kasutamiseks täitematerjaline betoon- ja asfaltsegudes ning tee-ehituses kiilumiskihina jämedama killustiku fraktsiooni peal.
16/32 mm	Sobib kasutamiseks täitematerjaline betoon- ja asfaltsegudes tee-ehituses kiilumiskihina jämedama killustiku fraktsiooni peal. Samuti kandva ja dreniiva killustikuna hoonete ning rajatiste all.

3. HIIUMAA LUBJAKIVIMAARDLAD

Hiiumaal on Eesti maardlate registris kolm lubjakivimaardlat: Ninametsa, Paluküla ning Suuremõisa (vt Joonis 6, Joonis 7). Ninametsa maardla asub Hiiumaa loodeosas, mere vahetus läheduses Ninametsa poolsaare tipus Kõrgessaare aleviku lähedal. Paluküla lubjakivimaardla asub Hiiumaa kirdeosas, Heltermaa - Kärkla maantee ääres, Kärkla linna ning Kärkla lennujaama vahetus läheduses. Suuremõisa lubjakivimaardla asub Hiiumaa lääneosas, samuti Heltermaa – Kärkla maantee kõrval Suuremõisa küla vahetus läheduses.



Joonis 6. Hiiumaa lubjakivimaardlate paiknemine Eesti mastaabis. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti fotokaarti.



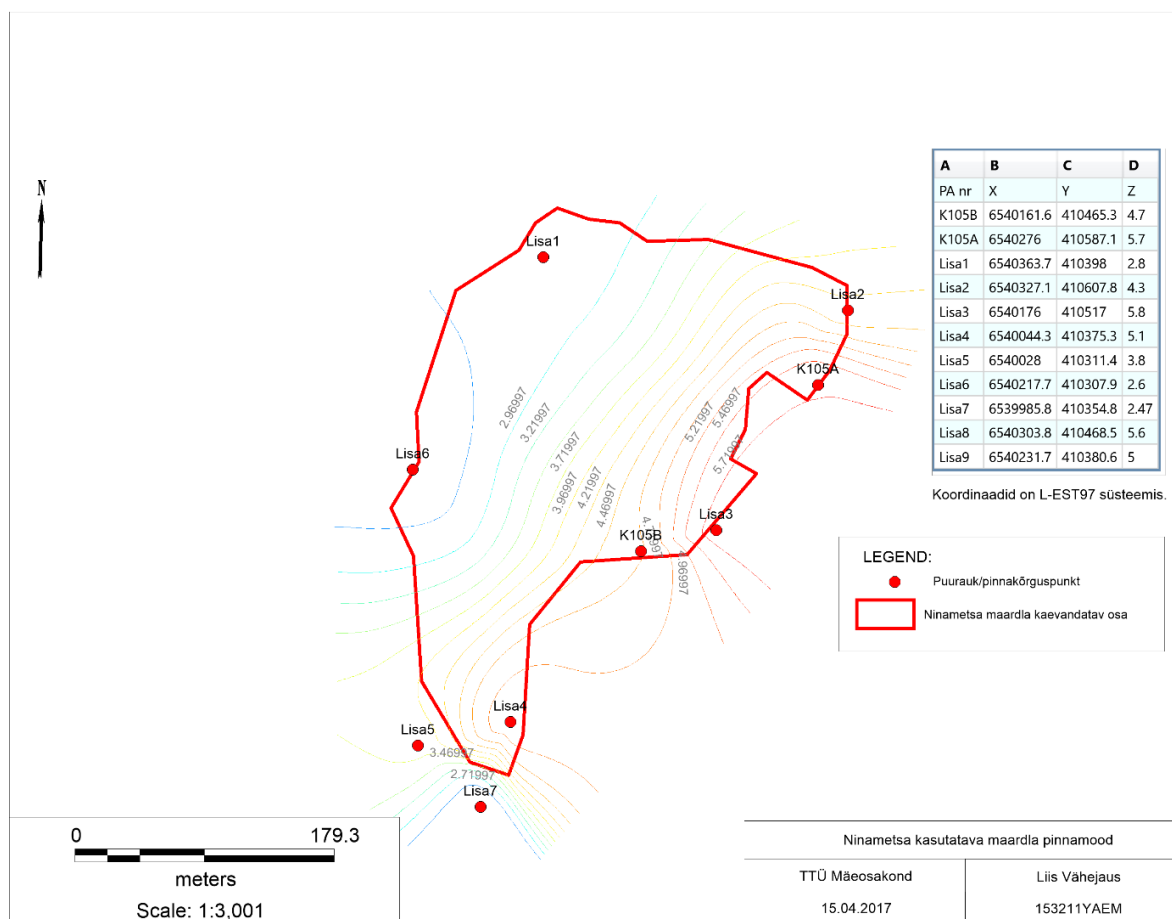
Joonis 7. Hiiumaa lubjakivimaardlate paiknemine Hiiumaa mastaabis. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti hübriidkaarti.

3.1. Ninametsa lubjakivimaardla

Ninametsa lubjakivi leiukoht asub samanimelise poolsaare tipus, Hiiu valla Kõrgessaare aleviku territooriumil, kuni 10 m üle merepinna ulatuval lamedal aluspõhjalisel kõrgendikul. Leiukoha ümbrus on kaetud kuuse - männi segametsaga. Põhilisel osal varude arvutuse kontuuri lülitatud alast on suhteliselt õhuke (ca 1 m). Põhiliselt klibust koosnev pinnakate on eelnevate kaevetöödega kõrvaldatud ja lubjakivi avaneb siin vahetult maapinnale. Ninametsa leiukoht jääb Kõrgessaare asulast 2 km ja maakonna keskusest Kärdlast 20 km kaugusele. Lähim üksikmajapidamine asub alast 1 km kaugusel. Maardlast 1 km ida suunas asub Kõrgessaare sadam. Leiukoha geograafilised koordinaadid on 58° 59' 30" p.l. ja 22° 26' 40" i.p. Maardla jääb riigimaale Putkaste metskonna haldusalas olevale kinnistule Putkaste metskond M-1 (katastriüksuse tunnus 39201:004:1120). [18][19]

Leiukohta piires on puuritud kaks otsingupuurauku, K-105A ja K-105B. Need avavad maavaraks oleva Saunja kihistu afaniitse lubjakivi kogu oma läbilõikes, s.o vastavalt 10 m ja 8,6 m ulatuses. [18]

Lisaks kahele otsingupuuraugule on töö autori poolt lisatud lisapuuraugud, mille alusel modelleeriti maardla maapinna reljeef (vt Joonis 8). Paljandatud maardla osa absoluutsed maapinna kõrgused jäävad vahemikku 2,5...5,8 m.



Joonis 8. Ninametsa maardla kaevandatava osa pinnamood. Joonisel on kujutatud ka maapinna samakõrgusjooned.

3.1.1. Varasem uuritus

Ninametsa lubjakivimaardlat on varasemalt uuritud kahel korral, aastatel 1993 ja 2011.

1993. aastal teostati RE Eesti Geoloogiakeskuse poolt lubjakivileiukoha uuringutööd, mille aruande koostas K-M. Suuroja nimetusega „Ninametsa lubjakivileiukoha uuringutööde aruanne“. Antud aruanne on kättesaadav Eesti Geoloogiakeskuse Geoloogiafondis aruandena nr 4697.

Aastal 2011 on AS Maves poolt koostatud keskkonnamõju hindamise aruanne nimetusega „Ninametsa lubjakivikarjääri rajamise ja töötamisega kaasneva keskkonnamõju hindamine“. Antud aruande programm ehk lühendatud versioon, mille koostaja on K. Kupits, on avalikult kättesaadav Kõrgessaare valla kodulehe dokumendiregistrist [19].

Ninametsa maardlas on varem kaevandatud, mis on aru saadav lubjakivilasundilt eemaldatud klibukihi vallidest, mille mõned puistangud on säilinud tänaseni. Kaevandatud materjali kasutati rannaalal olevate piirivalve hoonete ehitamisel. [19] Samuti on varasemalt Ninametsas murtud lubjakivi lubja põletamiseks [20].

3.1.2. Maardla geoloogia ja hüdrogeoloogia

Ninametsa lubjakivi leiukoht asub samanimelise poolsaare tipus mandrijää poolt aluspõhjust välja prepareeritud kuni 10 m üle merepinna ulatuval lamedal aluspõhjalisel kõrgendikul.

Aluspõhjaline kõrgendik on kaetud 0,5...1,5 m paksuselt mere poolt aluspõhjust lahti murtud klibukihiga, milles esineb ka tard- ja moondekivimitest rändrahne. Kõrgendiku lael on klibukihi all säilinud ka üksikuid 0,5...1,0 m paksusi jämepurdse moreeni läätsjaid kehi. Valdaval osal (ca 6 ha) väljaeraldatud leiukohast on klibukiht eelnevate kaevetöödega kõrvaldatud ja siin avaneb lubjakivi vahetult maapinnale. [18]

Väljaeraldatud leiukoha alal paljandub vahetult maapinnal või õhukese klibukihi all Ülem - Ordoviitsiumi Nabala lademe Saunja kihistu afaniitne lubjakivi. Kihistu paksus leiukoha

piires kõigub vahemikus 4...10 m vastavalt ülemiste kihtide kulutuse astmele. Lasundi paksus suureneb ühtlaselt kagust loodesse. Leiukohast vahetult kagusse jääval alal, kus Saunja kihistu esineb oma täies mahus (ca 13 m), lasub selle peal Vormsi lademe Kõrgessaare kihistu alumise osa nn Saksbi kihistiku valdavalt mikrokristalliline keskmiselt lainjaskihiline õhukesi roheka mergli kelmeid ja vahekihte sisaldav helehall lubjakivi. [18]

Saunja kihistu lasub omakorda Kesk-Ordoviitsiumi Nabala lademe Paekna kihistu keskmiselt lainjaskihilisel nõrgalt savikal rohekashallil lubjakivil. Paekna kihistu paksus antud alal on 13,5 m. Piir Saunja ja Paekna kihistu lubjakivide vahel on litoloogiliselt terav. Antud alal esineb sellel piiril püriidistunud katkestuspind. [18]

Maavaraks olev Saunja kihistu on leiukoha piires (pa K-105A, K-105B) esindatud suhteliselt ühetaolise mudaja afaniitse, valdavalt helehalli (pindmises ca 1 m kihis kollakas-pruunide laikudega) lainjalt keskmise- kuni paksukihilise (kihi paksus vahemikus 10...25 cm) lubjakiviga, milles esineb mikrokihilise tume- kuni hallikaspruuni nõrgalt kerogeense lubimergli 1...5 cm paksusi läätsjalt-lainjaid vahekihte. Lubjakivis esineb jämekristalse kaltsiidiga täidetud pesi. Läbilõike üla- ja alaosas on jälgitavad harvad peened püriitsed laigud. Kihistu alaosas (ca 1 m alumisest piirist) on lubjakivi mõneti peenekihilisem ja lubimergli vahekihid rohekashalli varjundiga. Kogu lubjakivilasund on läbitud subvertikaalsest lõhest. Läbilõike pindmises osas (ca 0,5...1,0 m) on kivim tugevasti lõheline. Lõhedes ja kihipindadel esineb selles läbilõikeosas savikat huumusesegust materjali. [18]

Ülem-Ordoviitsiumi veehorisoni koostisesse kuuluv põhjavesi jääb maardla alal ligikaudu merepinna tasemele (absoluutkõrgus 0 m). Horisoni vesi on vesinikkarbonaatne kaltsiumiline mineralisatsiooniga 0,3...0,5 g/l. Horisoni erideebet on väga muutlik, kõikudes vahemikus 0,1...5,0 l/sek ja olles esmajoones sõltuv kivimi lõhelisusest. [18]

3.1.3. Maavara kvaliteet

Maavaraks antud alal on Saunja kihistu afaniitne lubjakivi. Kogu tootmiseks sobilik, antud juhul põhjaveetasemest kõrgemale jääv lubjakivi lasundi osa, on oma koostiselt suhteliselt ühtlane.

Mõnevõrra erineb oma kvaliteedinäitajate poolest pindmine ca 0,5...1,0 meetrine tugevasti lõheline, murenenud ja enam savikamat materjali sisaldav kiht. [18]

Maavarale omased kvaliteedinäitajad põhinevad proovidel, mis on võetud kas otse leiukoha piires asuvatest puuraukudest (keemilise koostise osas) või siis kümnekond kilomeetrit eemal asuva Paluküla leiukoha Saunja kihistu lubjakivide analoogsetest kihtidest (kivimi ja killustiku füüsikalisi-mehaanilised omadused). [18]

Saunja kihistu afaniitset lubjakivi iseloomustavad keemilised koostised ja füüsikalisi-mehaanilised omadused on välja toodud järgnevates tabelites (vt Tabel 3, Tabel 4).

Tabel 3. Saunja kihistu afaniitset lubjakivi iseloomustuavad näitajad. [18]

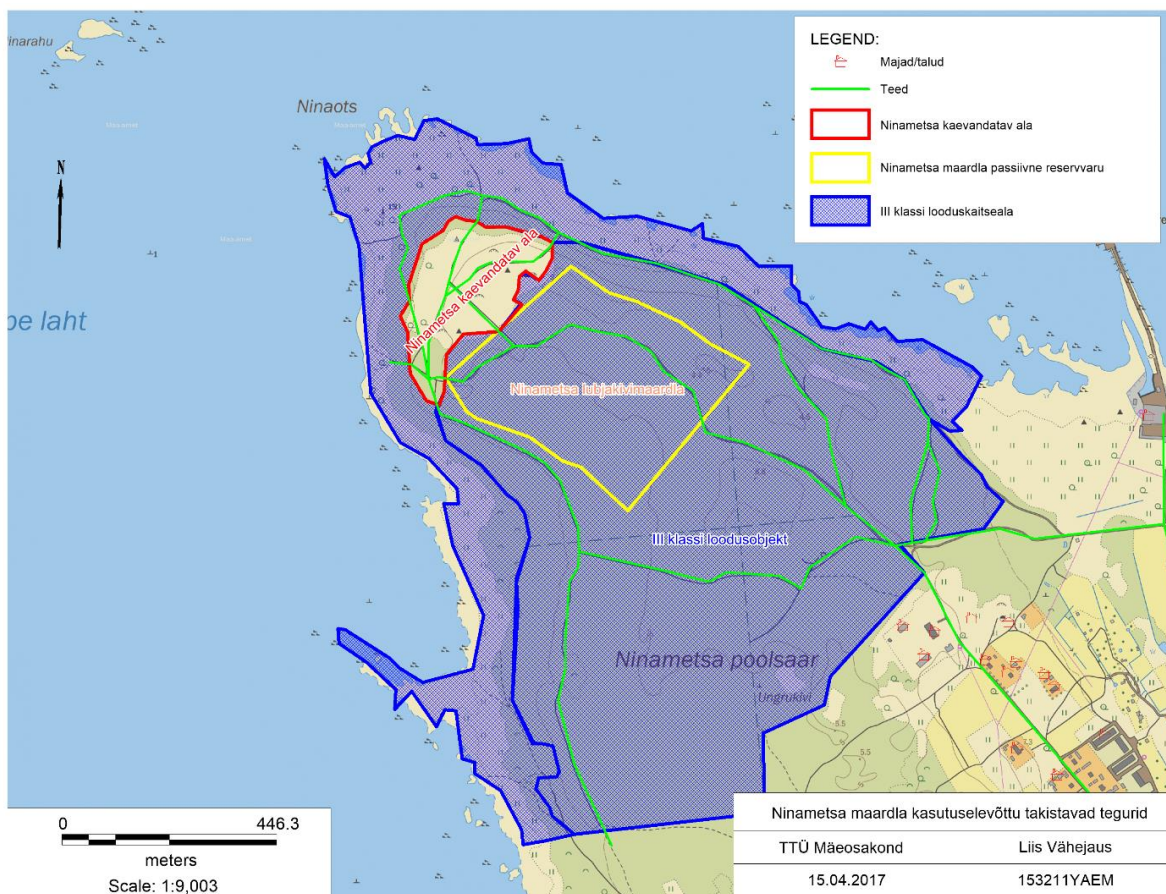
Proovi nr	Pa nr	Proovi intervall, m	Komponendi sisaldus, %						
			CaO	MgO	Süld	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Saviaines kokku
Puuraugu K-105B kesk			52,20	1,60	0,18	1,24	0,48	0,56	2,27
Puuraugu K-105A kesk			52,32	1,70	0,12	1,17	0,39	0,56	2,12
Leiukoha keskmine			52,26	1,65	0,15	1,21	0,43	0,56	2,20

Tabel 4. Ninametsa lubjakivimaardla lubjakivi füüsikalisi-mehaanilised omadused Paluküla maardla analoogse lubjakivi katsetuste alusel. [18]

Näitaja	Keskmine
Mahukaal, g/cm ³	2,55
Tihedus, g/cm ³	2,72
Veeimavus, %	1,8
Survetugevus kuivas olekus, kg/cm ²	1320
Survetugevus veega küllastunult, kg/cm ²	1200
Survetugevus peale 25 külmatsükli, kg/cm ²	1060

3.1.4. Maardla kasutuselevõttu takistavad tegurid

Ninametsa maardla kasutuselevõtt on takistatud erinevate looduskaitsealade tõttu (vt Joonis 9). Nimelt on maardla piiritletud läänest Paope looduskaitseala ja idast Kõrgessaare – Mudaste hoiualaga. Poolsaare olemus seab piirangud igast ranniku suunast. Samuti on Ninametsa poolsaar kaetud III klassi kaitsealuste liikide leviku- ja pesitsusaladega (vastavalt laialeheline ja soo neiuvaip, pruunikas pesajuur, hall käpp; rukkirääk, vööt-põõsaslind, punajalg-tilder jm), sinna hulka kuulub ka Ninametsa lubjakivimaardla passiivne reservvaru ala. Maardla vahetus läheduses asub Riigimetsa Majandamise Keskuse lõkkeplatsiga telkimisala. Lisaks leidub alal palju väiksemaid teid, mis inimesi poolsaare tippu on viinud. Läheduses elanikke pole, esimene talu paikneb potentsiaalsest mäeeraldise piirist ligi 1 km kaugusel.



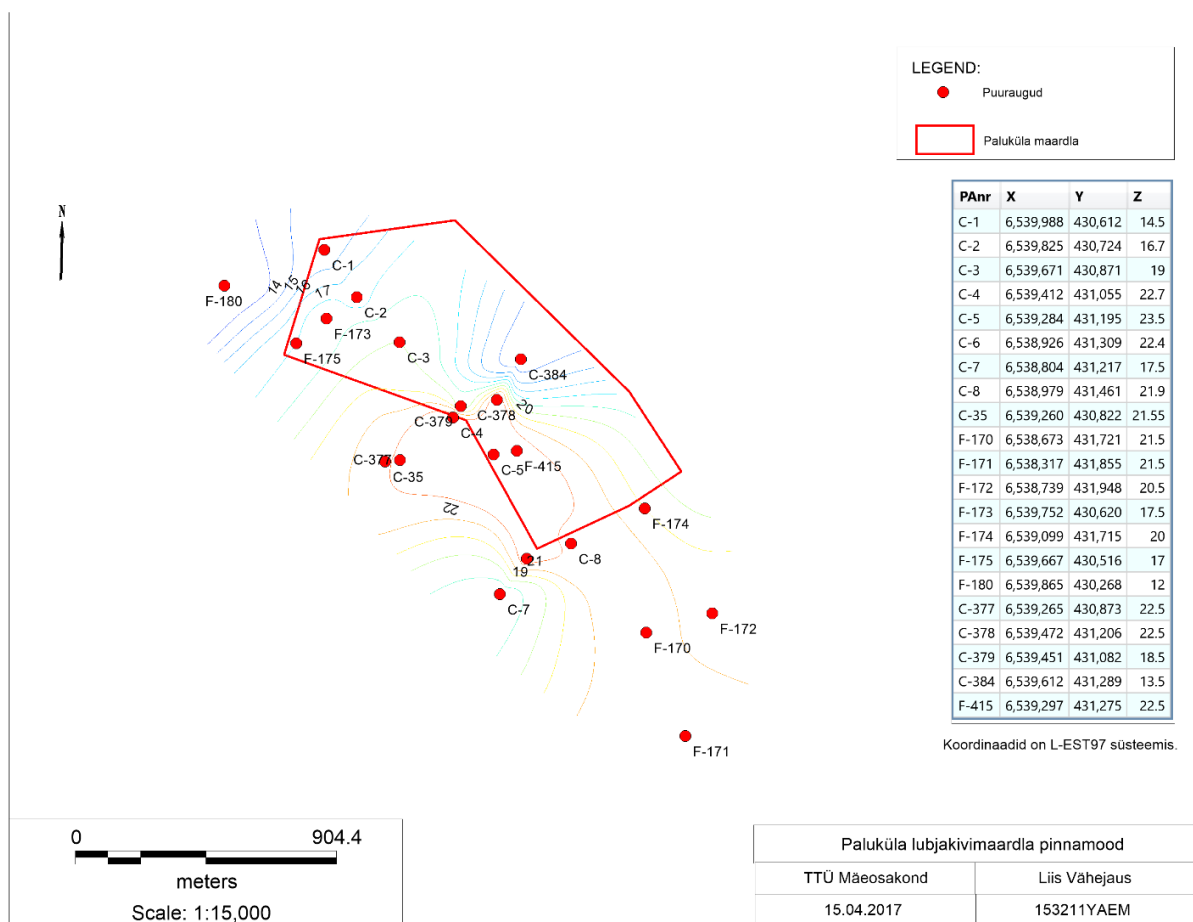
Joonis 9. Ninametsa lubjakivimaardla kasutuselevõttu takistavad tegurid. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti põhikaarti.

Probleemiks võiks osutuda hilisem lubjakivi transportimine veokitega läbi looduskaitsete alade ning Kõrgessaare aleviku, sest kõik suuremad ja hooldatavad teed poolsaare tipust läbivad nimetatud alasid, mis võib elanikes tekitada pahameelt. Lisaks võib välja tuua, et kaevandatav varu asub merele väga lähedal ning võib tekkida erinevate lekete korral reostusohu.

3.2. Paluküla lubjakivimaardla

Paluküla lubjakivimaardla asub Heltermaa – Kärkla – Luidja maantee ja Lennujaama tee risti vahetus läheduses. Kärkla lennuväli asub maardlast 1,2 km ja Kärkla linnast ligi 2 km kaugusel. Maardla jääb kahe valla, Hiiu ja Pühalepa valla, vastavalt Hausma küla ja Paluküla territooriumile. Maardla hõlmab enda all mitmeid katastriüksusi, näiteks Kärkla metskond 30 63901:001:1217, Kärkla metskond 32 63901:001:1970, Kirikla 63901:001:2330, Paluküla kirik 63901:001:0508 jm. Paluküla lubjakivimaardla haarab enda alla Paluküla - Kärkla vahelise aluspõhjalise kerkeala, kus laialdasel alal (ca 2 km²) avanevad õhukese (0...2 m), valdavalt klibust koosneva pinnakatte kihi all Ordoviitsiumi lubjakivilasundi Moe, Kõrgessaare, Saunja ja Paekna kihistute lubjakivid. Praegusel ajal tegutsevaid paemurde antud alal ei ole, kuid varasematel aegadel on murtud lubjakivi nii kohalikuks ehitusmaterjaliks (Kärkla, Paluküla) kui ka ehituslubja põletamiseks (Paluküla). Leiukoha geograafilised koordinaadid on 58° 59' 22" p.l. ja 22° 18' 25" i.p. [7][21]

Paluküla maardla alal olevate puuraukude info järgi modelleeriti maardla maapinna reljeef (vt Joonis 10). Maapinna absoluutsed kõrgused Paluküla maardlas jäävad vahemikku 12,0...23,5 m.



Joonis 10. Paluküla lubjakivimaardla pinnamood. Joonisel on kujutatud ka maapinna samakõrgusjooned.

3.2.1. Varasem uuritus

Paluküla lubjakivimaardlat on varasemalt uuritud neljal korral, aastatel 1973, 1974, 1976 ja 1993. Paluküla maardla ala on suuresti uuritud päemurru kaldu lasuvate paekihtide tõttu, mis on põhjustatud Kärddla meteoriidi poolt [22].

1973. aastal teostati Eesti NSV MN Geoloogia Valitsuse poolt geoloogilise uuringu alusel seletuskiri, mille koostas I. Barankina nimetusega „Seletuskiri Paluküla kerkeala perspektiivi kohta graniitkillustiku seisukohast 1972. a geoloogilise uuringu andmestiku põhjal“. Antud

aruanne on vene keelsena kättesaadav Eesti Geoloogiakeskuse Geoloogiafondis aruandena nr 3261.

1974. aastal teostati Eesti NSV MN Geoloogia Valitsuse poolt geoloogilise uuringu alusel seletuskiri, mille koostas E. Kala, K-M. Suuroja ja V. Petersell nimetusega „Geoloogiline seletuskiri tehnilis-majandusliku põhjenduse koostamiseks Paluküla granitoidide maardla jaoks“. Antud aruanne on vene keelsena kättesaadav Eesti Geoloogiakeskuse Geoloogiafondis aruandena nr 3295.

1976. aastal teostati Eesti NSV MN Geoloogia Valitsuse poolt geoloogilise uuringu alusel seletuskiri, mille koostas E. Kala, K-M. Suuroja ja V. Tassa nimetusega „Aruanne granitoidide eeluuringust Paluküla maardlas“. Antud aruanne on vene keelsena kättesaadav Eesti Geoloogiakeskuse Geoloogiafondis aruandena nr 3423.

Aastal 1993 teostati Eesti Geoloogiakeskuse poolt Hiiumaa geoloogiline kaardistamine, mille aruande koostas K-M. Suuroja nimetusega „Hiiumaa kompleksse geoloogilise kaardistamise mõõtkavas 1:50 000 aruanne“. Antud aruanne on kättesaadav Eesti Geoloogiakeskuse Geoloogiafondis aruandena nr 4696.

Paluküla lubjakivimaardlas on varasematel aastatel murtud lubjakivi nii lubja põletamiseks kui ka ehituskiviks [20].

3.2.2. Maardla geoloogia ja hüdrogeoloogia

Seoses mitmete geoloogiliste töödega on Paluküla ümbruse lubjakive küllaltki detailselt uuritud. Perspektiivala piires on puuritud puursüdamiku võtmisega 45 puurauku, tehtud rohkesti karbonaatkivimite keemilisi analüüse ja katsetusi nii kivimite kui ka neist valmistatud killustiku füüsikalise-mehaaniliste omaduste määramiseks. Põhiliseks uurimisobjektiks on olnud seejuures Nabala lademe Saunja kihistu afaniitlubjakivi, kui avanevatest erimitest kõige perspektiivsem kasutamiseks killustiku valmistamiseks. Ala keskmine abs veetase on 5,8 m. [21][23][24]

Ka Paluküla perspektiivala piires avanevad Moe, Kõrgessaare ning Paekna kihistu lubjakivid on sobilikud killustiku valmistamiseks. Moe kihistu mikroterise lainjalt jämemugulja lubjakivi

keemiline koostis on järgmine: CaO 52,0%, MgO 0,5%, saviaines 5,0%. Kõrgessaare kihistu mikroterise keskmiselt lainjaskihilise lubjakivi koostis on järgmine: CaO 49,5%, MgO 0,7%, saviaines 8,5%. [21][23][24]

3.2.3. Maavara kvaliteet

Saunja kihistu afaniitlubjakivi keskmine keemiline koostis Paluküla perspektiivalal on välja toodud järgmises tabelis (vt Tabel 5). [21]

Tabel 5. Saunja kihistu afaniitlubjakivi keskmine keemiline koostis Paluküla perspektiivalal. [21]

Saunja kihistu afaniitlubjakivi	Kasuliku kihi paksus, m	Kattekihi paksus, m	CaO, %	MgO, %	Saviaines (SiO ₂ +Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃)
Keskmine	7,4	1,2	53,0	1,0	2,6

Paluküla perspektiivala Saunja kihistu afaniitlubjakivi on katsetatud ka uurimaks selle sobivust killustiku tootmiseks. Analüüsi kolme fraktsiooni. Katsetuste põhjal tehti kindlaks, et Paluküla perspektiivala Saunja kihistu afaniitlubjakivi on kõlblik killustiku valmistamiseks, mille garanteeritud kvaliteedinäitajad oleksid järgmised [21]:

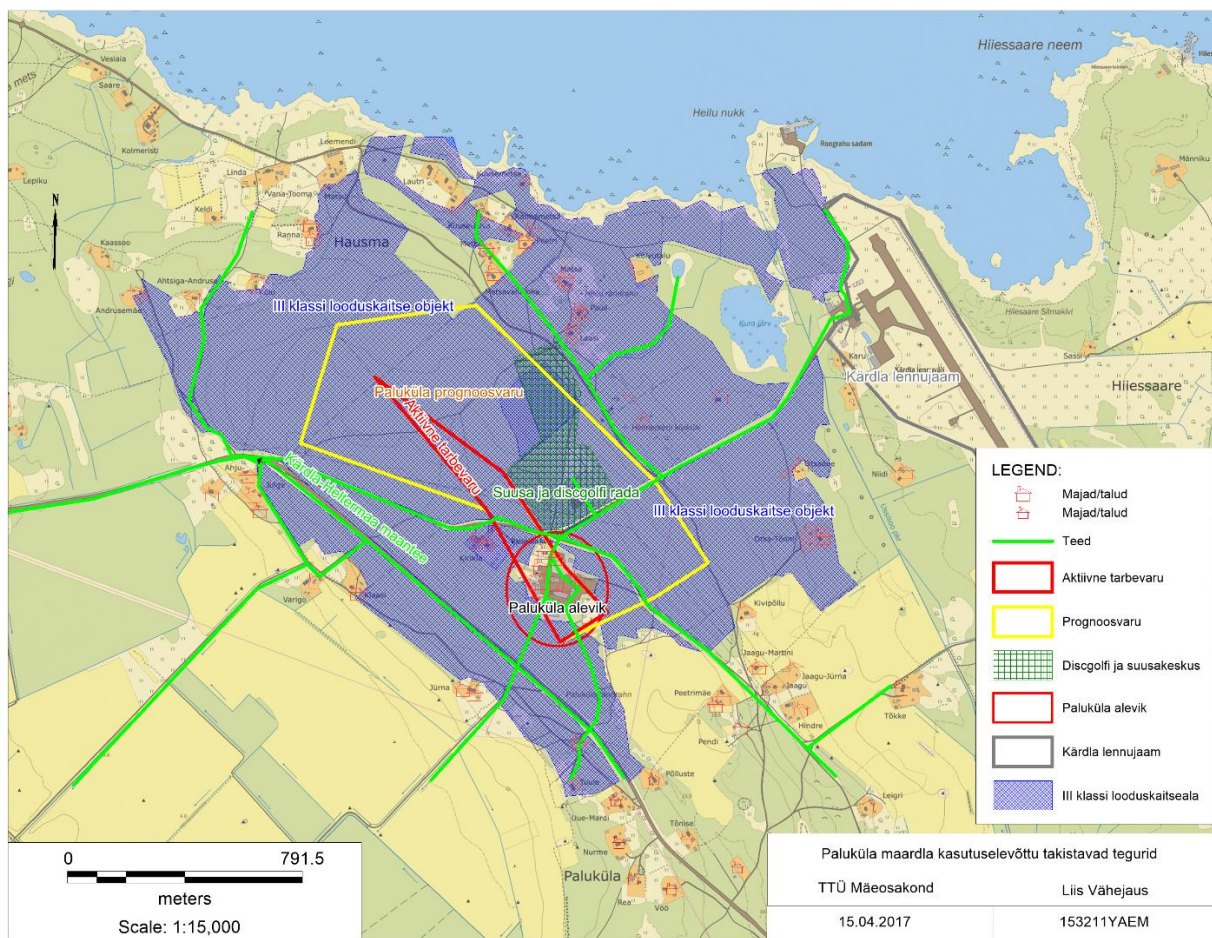
survetugevus – 400 kg/cm²;

mahukaal - 2.6 g/cm³;

külmakindlus – 25 tsükli.

3.2.4. Maardla kasutusele võttu takistavad tegurid

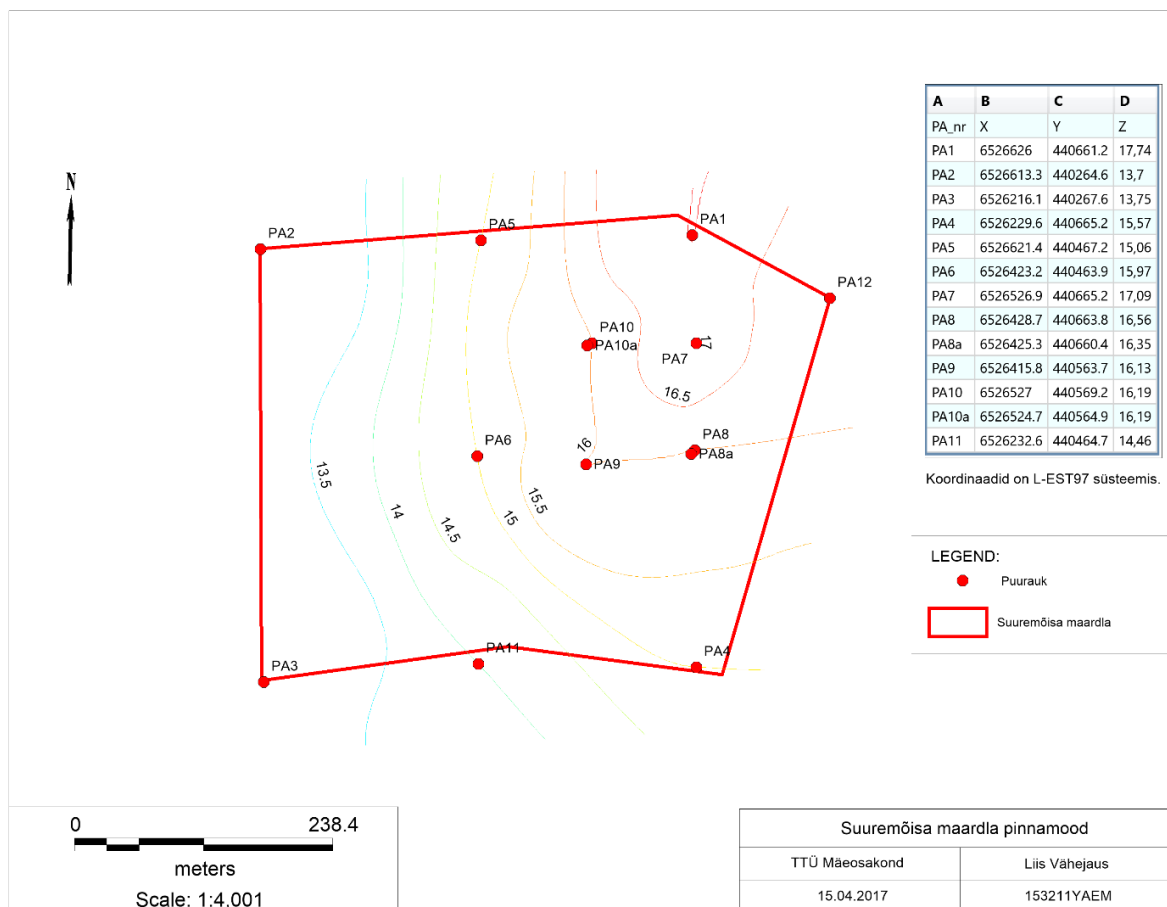
Paluküla lubjakivimaardla (nii aktiivne tarbevaru kui ka prognoosvaru) asub täielikult III kategooria kaitsealuste liikide levikualadel (hall käpp, tumepunane neuuvaip, harilik käöraamat, rohekas käokeel, pruunikas pesajuur) ning muudel piiranguvöönditel (vt Joonis 11). Lisaks asub aktiivse varu väga suurel osal Paluküla alevik. Umbes 1 km kaugusel maardlast asub Kärkla lennujaam ning lennujaama viiv riigitee nr 12110 läbib maardlat. Maardla keskosas asub Pühalepa *discgolfi* park ja Paluküla suusarajad. Samuti paiknevad maardla alal elektrikandeliinid, puurkaevud, geodeetilised märgid ning erinevad ehitised: tootmishooned, kirik jm. Lähtudes eelpool nimetatust leiab töö autor, et Paluküla maardla puhul on liiga palju takistavaid tegureid selle kasutuselevõtuks ning edasises töös Paluküla maardlat enam kui potentsiaalset lubjakivikarjääri asukohta ei käsitleta. [7]



Joonis 11. Paluküla lubjakivimaardla kasutuselevõttu takistavad tegurid. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti põhikaarti.

3.3. Suuremõisa lubjakivimaardla

Suuremõisa lubjakivimaardla asub Suuremõisa küla vahetus läheduses, tugimaanteede Heltermaa – Kärddla – Luidja ja Suuremõisa – Käina - Emmaste ristmikust umbes 300 m. Maardla paikneb maakonna keskusest Kärddla linnast 23 km ja Heltermaa sadamast 5 km kaugusel. Maardla keskme koordinaadid on järgmised: $52^{\circ} 52' 13''$ p.l. ja $22^{\circ} 58' 27''$ i.p. Maardla kujutab ebatasase reljeefiga osaliselt metsastunud (idaosa) ja õhukese pinnakattega aluspõhjalist, maastikus hästi jälgitavat kõvik-alvarit. Kõrgemad punktid (17,7 m abs kõrgustes) asuvad loode-kagu suunalisel võrdlemisi kitsal moreensel seljakul. Tähendatud seljakust nii kirde kui lääne, samuti edela ja lõuna suunas esineb märgatav madaldumine. Madalaim punkt (13,7 m abs kõrgustes) asub maardla edela servas maantee läheduses. Puuraukude info alusel modelleeriti maardla maapinna reljeef (vt Joonis 12). [6][7][25]



Joonis 12. Suuremõisa maardla pinnamood. Joonisel on kujutatud ka maapinna samakõrgusjooned.

3.3.1. Varasem uuritus

Suuremõisa lubjakivimaardlat on varasemalt uuritud kolmel korral, aastatel 1960, 1993 ja 1998.

1960. aastal teostati Eesti NSV MN juures Geoloogia ja Maapõuevarade Kaitse Valitsuse poolt geoloogiline luure, mille aruande koostas I. Elvre ja S. Mägi nimetusega „Suuremõisa lubjamaardla detailse geoloogilise luure aruanne“. Antud aruanne on kättesaadav Eesti Geoloogiakeskuse Geoloogiafondis aruandena nr 1520.

Aastal 1993 teostati Eesti Geoloogiakeskuse poolt Hiiumaa geoloogiline kaardistamine, mille aruande koostas K-M. Suuroja nimetusega „Hiiumaa kompleksse geoloogilise kaardistamise mõõtkavas 1:50 000 aruanne“. Antud aruanne on kättesaadav Eesti Geoloogiakeskuse Geoloogiafondis aruandena nr 4696.

Aastal 1998 on AS Saarte Liinid koostanud dokumendi nimetusega „Hiiumaa Hilleste lubjakivikarjääri jääkvaru arvutus“, mille seletuskirja on algselt koostanud T. Maantee. Antud dokument on kättesaadav Eesti Geoloogiakeskuse Geoloogiafondis aruandena nr 5992.

Suuremõisa lubjakivimaardlas on varasemalt kaevandatud kinnitatud andmetel kaks korda. Esmane mäeeraldis väljastati 1971. aastal ettevõtete koondisele „Baltmorgidrostri“ Ehitusvalitsusele nr 423 pindalaga 0,58 ha. Maavara kasutati näiteks Suuremõisa lossi ehitamisel. 1998. aastal väljastati sama mäeeraldis pindalaga 0,58 ha AS Saarte Liinidele. Karjäärist saadavat lubjakivi kasutati täitematerjalina Heltermaa sadama väljaehitamiseks. Veel varasematel aastatel on Suuremõisast murtud lubjakivi lubja põletamiseks. [20][25]

3.3.2. Maardla geoloogia ja hüdrogeoloogia

Suuremõisa lubjakivimaardla asub Alam-Silurisse kuuluva Tamsalu lademe avamusalal. Põhja poole Tamsalu lademe avamust jääb Juuru ja lõuna poole Raikküla lademe avamus. [6][25]

Tamsalu lademe 3...20 km laiune avamus haarab enda alla Hiiumaa keskosa ja kulgeb mandril kaarjalt üle Haapsalu ja Rakke, Mustvee lähisteni, kus kattub Kesk-Devoni Naroova lademe

setetega. Tamsalu 6,8...14,4 m paksune lade koosneb väga vahelduva ilmelistest (vahelduvus nii profiilis kui regionaalses levikus) lubjakividest. Lademes on eraldatud viis kihistikku. Neist Haapsalu ümbruses ja Hiiumaal esinevad Hilliste (kaasaegselt Hilleste) ning Ridala kihistik. Ridala kihistik ($G_{II}R$) haarab lademe alumisi detriitseid, biomorfseid ja biomorfseid merglilisi lubjakive ca 3,3 m ulatuses. [6][25]

Neil kihtidel lasuv Hilliste (kaasaegselt Hilleste) kihistik ($G_{II}H$) on esindatud bioherme sisaldavate detriitsete lubjakivide, krinoidlubjakivide ja mergliliste lubjakividega. Suuremõisa lubjakivimaardla kivim kuulub põhiliselt Hilliste (kaasaegselt Hilleste) ja osaliselt ka Ridala kihistikku. Sügavamad uuritud kihid võivad kuuluda ka (kuigi stratigraafiline piir on profiilis täpsustamata) Juuru lademe ülemisse ossa. [6][25]

Vastavalt litoloogilistele ja füüsikalise-mehaanilistele iseärasustele uuritud kivim jaguneb neljaks litokompleksiks, mis ülevalt alla on järgmised [6]:

- I - krinoidne lubjakivi;
- II - ülemine mergliline lubjakivi;
- III - afaniitne lubjakivi;
- IV - alumine mergliline lubjakivi.

I litokompleks on esindatud jämadakristallilise, jämedadetriitse helehalli kuni kollakasvalge (kohati tumeda) värvusega krinoidlubjakivina. Tekstuur on märgatava kihilisuseta, valdavalt ebakorrapärane. Ainult kohati, värvitoonide muutusest tingituna on võimalik kihilisust jälgida. Kihipinnad on ebatasased, sageli stüloliitjad ja merglilised (merglikirmete või lamellidega). Murdepinnad on tavaliselt mügarjad. Kompleksi lubjakivi kihtide paksused kõiguvad 2...14 cm vahemikus (valdavuses 5...10 cm paksused kihid). Sealjuures kompleksi allosas esineb sageli 5...10 cm paksusega savika mergli vahekihte. [6]

Õhikute kirjelduste järgi kivimi struktuur on ebahütlane - mikroteralisest kuni keskmiseteraliseni (kohati ka suureteraline). Üksikud terad on korrapäratu kujuga ja tavaliselt omavahel halvasti liitunud. Terade vahed on täidetud peene – mikroteraliste kaltsiidi kristallidega või viimaste tompudega, mis sageli on saviosakestega küllastunud. Suhteliselt palju esineb I litokompleksi kivimite õhikutes ka kvartsiteri läbimõõduga 0,05...0,08 mm. Nii kivimites kui õhikutes esineb faunat (põhiliselt korallide kaltsiidistunud kolooniad). [6]

Kompleks esineb kõigis puurprofiilides, olles keskmiselt 2,64 m paksune, kusjuures selle maksimaalne paksus on 4,10 m ja minimaalne paksus 0,60 m. Märkatav litokompleksi paksuse vähenemine esineb lõuna ja loode suunas. [6]

II litokompleks koosneb peene- kuni keskmisekristallilisest, peenedetriitset, hele-, sinakashalli rohekashalli värvusega merglilisest lubjakivist. Kivim on massiivse kuni nõrgalt kihilise tekstuuriga. Kihipinnad on valdavalt ebatasased (mügarjad), sageli ka stüloliitjad. Kohati esineb mergliviirgude ja vahekihtide põimumine, kusjuures kivim laguneb kergesti mööda nn “põimumispinda”. Murdepind on ebatasane. Lubjakivi kihtide paksused kõiguvad 2...7 cm (valdavuses 4...5 cm paksused kihid). Kogu kompleksi ulatuses merglilise lubjakivikihid vahelduvad õhukeste lainjate mergli vahekihtidega ja üksikute krinoiid- või afaniitlubjakivi tugevamate kihtidega. [6]

Õhikute kirjelduste järgi on kivimistruktuur väga ebahütlane - mikroteralisest kuni peeneteraliseni (sageli ka väikeseteralise ning tombuliseni). Kaltsiit on põhiliselt mikroteraline, kuid esineb ka pelitomorfse massina (tombukestena, milles on kuni 50% saviosakesi) ja kaltsiidisoontena (läbimõõt 2 mm ja täitunud keskmiseteralise kaltsiidiga). Peale kaltsiidi esineb kivimis veel kvartsiteri (läbimõõduga kuni 0,03 mm) ja üksikuid maakmineraalide tükke. Nii kivimis kui õhikutes esineb faunat (põhiliselt koralle ja üksikuid brahhiopode). [6]

Merglilise lubjakivikompleksi keskmine paksus on 1,93 m, kusjuures maksimaalne paksus on 6,10 m, minimaalne 0,20 m ja täielikult puudub puuraukudes 3 ja 12. Vastavalt eelnevale kirjeldusele, kompleksi paksuse märkatav vähenemine esineb maardla ida- ja lõunaosas ning täielik suidumine edela ja kirdeosa äärealas. [6]

III litokompleks on esindatud põhiliselt keskmisekristallilise, jämedadetriitse, hele- sinakashalli afaniitse lubjakivina. Tekstuur on ainult üksikjuhtumitel kivimi värvuse muutusest tingituna jälgitav, tavaliselt on see nõrgalt kihiline või massiivne. Kihi- ja murdepinnad on ebatasased, kusjuures kihipindadel esineb sageli konglomeraatseid veeriseid. Kihtide paksused kõiguvad vahemikus 2...5 cm (valdavalt 2...3 cm). Kogu kompleksi ulatuses afaniitse lubjakivi kihid vahelduvad mergli 1...3 cm paksuste vahekihtidega. Kompleksi lasum on võrdlemisi merglirikas ning sarnaneb merglilise lubjakivikompleksi (II litokompleksi) allosa kivimiga. [6]

Kivimi värvuse muutlikkuse ja kirju ilmelisuse tingib püriidikristallide hajutatud esinemine. Kivimi struktuur on õhikute kirjelduste järgi põhiliselt mikroteraline (terade läbimõõt alla 0,08 mm). Kivimi koostises esineb üle 99% kaltsiiti, üksikuid maakmineraalide teri ja limoniiti (tähnidena). [6]

Afaniitse lubjakivi kompleksi keskmine paksus on 3,10 m, maksimaalne paksus on 3,75 m, minimaalne 2,15 m. Kompleksi paksused on suuremad maardla edelaosas, paksus väheneb märgatavalt aga loode ja kagu suunas. [6]

Tähendatud I, II ja III litokompleksi kivimid kuuluvad Juuru lademe Hilliste (kaasaegselt Hilleste) kihistikku. [6]

IV litokompleksis esineb peene- kuni keskmisekristalliline, detriitne, osaliselt ka biomorfne sinakas-rohekashalli värvusega ebahürtlase struktuuriga mergliline lubjakivi. Põhiliselt on kivim kihilise tekstuuriga (esineb ka massiivset tekstuuri) ning ebatasaste kihi- ja murdepindadega. Kihtide paksused kõiguvad vahemikus 2...20 cm (valdavalt siiski 2...5 cm). Kogu kompleksi ulatuses merglilise lubjakivi kihid vahelduvad mergli vahekihtidega ning paiklikult ka vähem mergliliste lubjakivi kihtidega. [6]

Mikroskoopiline analüüs näitab, et kivim on afaniitse kuni keskmiseteralise tekstuuriga ning olenevalt kaltsiidi terasuurusest massiivse või nõrgalt kihistunud tekstuuriga. Peale kaltsiidi esineb õhikutes veel limoniiti (tähnidena) ja saviosakesi ning fossiilide fragmente. [6]

IV litokompleksi kivim kuulub Juuru lademe Tamsalu kihistikku. Litokompleksi alumised kihid kuuluvad aga tõenäoliselt juba Juuru lademe alumisse ossa ehk Siluri ja Ordoviitsiumi ajastute üleminekusse. [6]

Maardlat ümbritseval alal raadiusega 2,5 km puuduvad jõed, ojad ja soostunud alad. Lähim kaugus uuritud alalt mereni on lõuna suunas 3,2 km (Soonlepa laht) ja kirde suunas 4,5 km (Muhu väin Vahtrepa - Heltermaa sadama vahemikus). [6]

Asukohast tingituna, kuna maardla asub reljeefis markantselt esilekerkival aluspõhjalisel kõvikul, mõjutavad põhiliselt maardla veerežiimi aasta vältel langevad sademed ja ka kivimites tsirkuleeriv põhjavesi. Merevee tasapind ei mõjuta maardla hüdroloogilisi tingimusi arvestades rannajoone kaugust, aluspõhja kihtide kallakust ja lademete litoloogilist ehitust. [6]

Mõõtmisandmete järgi asus juunis 1959. a põhjaveetase sügavusel 4,30...9,99 abs m. Kuna aga mõõtmisandmed iseloomustasid suveperioodi madalseisu, siis tuleb arvestada, et lumesulamis- ja sügisel sadude perioodil põhjavee tasapind võib tõusta $\pm 0,50$ m. [6]

3.3.3. Maavara kvaliteet

Litoloogiliste tunnuste alusel on Suuremõisa lubjakivid jagatud neljaks litokompleksiks. I litokompleksi kivimit iseloomustavad järgmised keskmised näitajad [6]:

- mahukaal $2,65 \text{ g/cm}^3$;
- erikaal $2,73 \text{ g/cm}^3$;
- kompleksi keskmine poorsus 2,7%;
- kaaluline veeimavus on keskmiselt 0,6%, kusjuures esineb kõikumine piires 0,3...1,3%;
- survetugevus õhkuivas olekus keskmiselt 961 kg/cm^2 ;
- survetugevus veega küllastatud olekus keskmiselt 868 kg/cm^2 ;
- pehmenemiskoeffitsient 0,81;
- külmakindluse katsetamisel pidasid kõik proovikehad vastu 35- kordse vahelduva külmutamise ja sulamise.

I litokompleksi kivimit iseloomustav keemiline koostis on näidatud alljärgnevas tabelis (vt Tabel 6)

Tabel 6. Suuremõisa maardla I litokompleksi keemiline koostis. [6]

Komponent	Keskmine sisaldus, %
CaO	52,3
MgO	0,64
Lahustumatu jääk	5,38
$\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,75

II litokompleksi kivimit iseloomustavad järgmised keskmised näitajad [6]:

- mahukaal 2,65 g/cm³;
- erikaal 2,73 g/cm³;
- poorsus 2,7%;
- kaaluline veeimavus 0,8%;
- keskmine survetugevus veega küllastatud olekus 1000 kg/cm²;
- killustiku kaalukadu peale 25- ja 35- kordset vahelduvat külmutamist ja sulatamist on vastavalt 0,8% ja 1,0%;
- killustiku kaalukadu kulutamisel riultrumlis on 33,2%.

II litokompleksi kivimit iseloomustav keemiline koostis on näidatud alljärgnevas tabelis (vt Tabel 7).

Tabel 7. Suuremõisa maardla II litokompleksi keemiline koostis. [6]

Komponent	Keskmine sisaldus, %
CaO	50,58
MgO	0,91
Lahustumatu jääk	7,83
Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	0,78

III litokompleksi kivimit iseloomustavad järgmised keskmised näitajad [6]:

- mahukaal 2,52 g/cm³;
- erikaal 2,74 g/cm³;
- poorsus 8,2%;
- kaaluline veeimavus 2,1%.

Veeimavuse näitajate võrdlemisel ilmneb, et III litokompleksi alumine osa on suurema veeimavusega kui ülemine. Survetugevus veega küllastatud olekus on kompleksi keskmisena 800 kg/cm². Proovikehade vähesusest, mida põhjustas kivimi kihilisus ja kihtide väike paksus, jäi määramata survetugevus õhkuivas olekus, peale 25- ning 35- kordset vahelduvat külmutamist ja sulatamist, samuti ka pehmenemise ja külmakindluse koefitsient. Killustiku

kaalukadu peale 25- ja 35- kordset vahelduvat külmutamist ja sulatamist on vastavalt 6,2% ja 6,7%. Killustiku kaalukadu peale kuluvuskindluse määramist riultrumlis on 37,4%. [6]

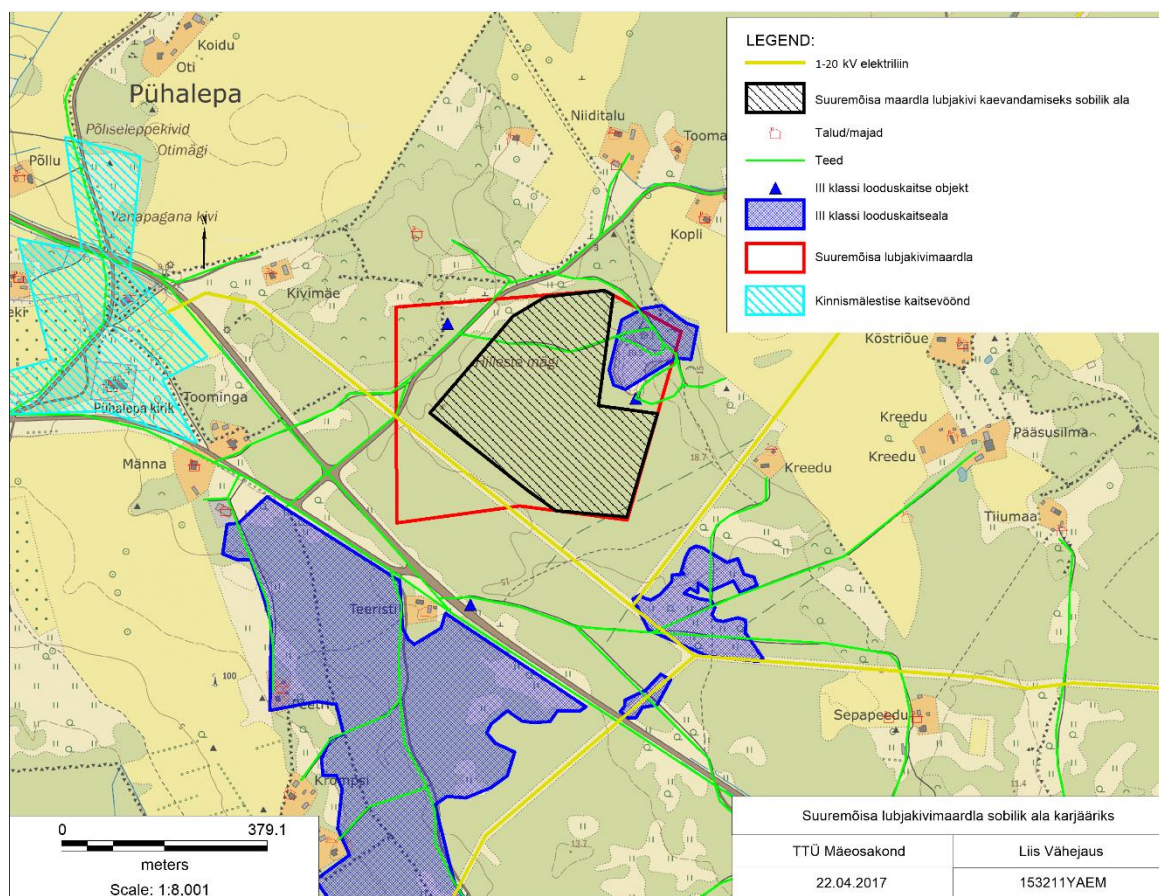
III litokompleksi kivimit iseloomustav keemiline koostis on näidatud alljärgnevas tabelis (vt Tabel 8).

Tabel 8. Suuremõisa maardla III litokompleksi keemiline koostis. [6]

Komponent	Keskmine sisaldus, %
CaO	48,27
MgO	2,37
Lahustumatu jääk	8,26
Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	1,10

3.3.4. Maardla kasutusele võttu takistavad tegurid

Maardlat läbib Elektrilevi 1 - 20 kV elektriõhuliin (keskpingeliin), lisaks riigimaantee Hilleste – Hellamaa ja väikesed metsateed (vt Joonis 13). Maardla põhja- ja kirdeosas asub III kategooria kaitsealuste liikide leviku- ja pesitsusala (vastavalt pae kolmissõnajalg, kaljukress; punaselg-õgija). Ala ühe kilomeetrise raadiuses asub lisaks läänepool kinnismälestise kaitsevöönd (Suuremõisa park, Pühalepa kirik jm), lõunapool Väinamere (Hiiu) hoiuala, Sarve maastikuakitseala koos III kategooria kaitsealuse liikide alaga. Samuti jäävad antud raadiusesse ka kaitstavad looduse üksikobjektid, nagu Vanapagana kivi jm. Maardla pindala on oluliselt suurem kui Ninaotsa maardlas ning kaitsealist ala ümber maardla vähem. Kõige lähem talu on maardla kaevandatava osa alast minimaalselt 210 m kaugusel, mis seab lubjakivi raimamisele piiranguid. Samuti seab piiranguid raimamise tehnoloogiale Elektrilevi 1 - 20 kV elektriõhuliin ning III kategooria kaitsealuste liikide leviku- ja pesitsusala. 1 kV kuni 35 kV nimipingega liinide korral on elektripaigaldise kaitsevööndi ulatuseks 10 meetrit ning kruusateele 30 m. Maardlas karjääriks sobiliku ala valimisel lähtuti kõigest eelpool toodust ning arvestati ka vajadusega teenindusmaale. Seega tekkis ala, mis on potentsiaalne tulevane lubjakivikarjäär ning ei mõjuta ühtegi kaitsevööndit ega kaitstavat üksikobjekti. Kaob ainult metsavahetee, millele on olemas juba praegu alternatiivne metsatee. [7][26][27][28]



Joonis 13. Suuremõisa lubjakivimaardla sobilik ala karjääri avamiseks. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti põhikaarti.

4. HIIUMAA SOODSAIMA MAARDLA VALIK LUBJAKIVI KAEVANDAMISEKS

4.1. Geoloogilise varu hindamine Ninametsa ja Suuremõisa maardlas

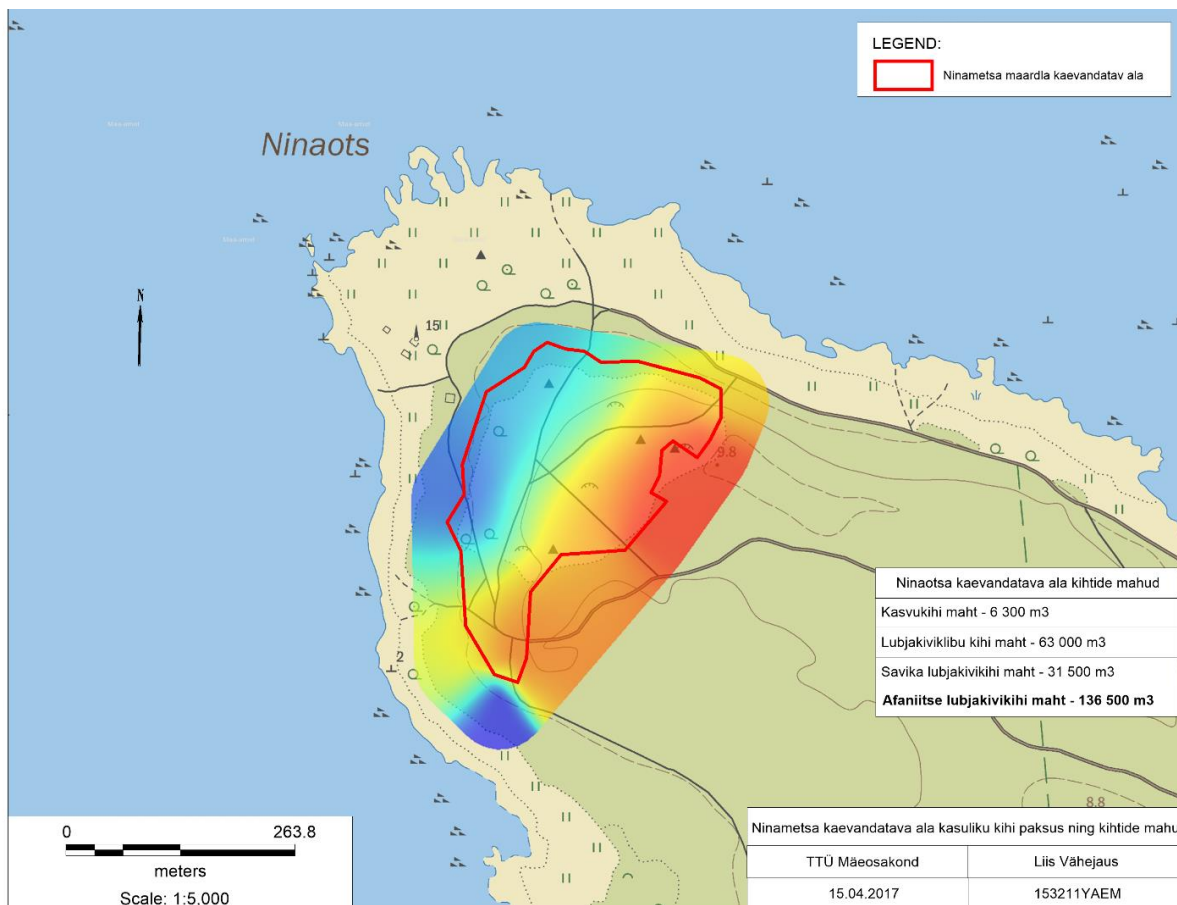
Geoloogilise varu hindamiseks kasutati Eesti Geoloogiakeskuse Geoloogiafondi varasemate uuringute käigus puuritud puuraukude infot [6][18], mille alusel modelleeriti mudelid ning programmiga MapInfo arutati iga geoloogilise kihi maht vajalikus ulatuses.

4.1.1. Geoloogilise lubjakivivaru hindamine Ninametsa karjääris

Geoloogilise varu hindamiseks Ninametsa karjääris modelleeriti programmiga MapInfo kasuliku kihi paksus (vt Joonis 14), mille tulemusel on selgelt eristatav, et võimaliku karjääri kagu osas on kihi paksus suurem. See tuleneb sellest, et võimaliku karjääri loode osa on põhimõtteliselt sarnasel tasemel kui merepind ning kagu suunas kasuliku kihi paksus suureneb. Ninametsa maardla pindala on 22,26 ha, millest kaevandatava varu pindala on 6,3 ha.

Lisaks sellele arutati välja kasvukihi koorimise vajalik maht. Kuna tegemist on suures osas juba paljandatud lubjakiviga, siis raadamise vajadus põhimõtteliselt puudub ning kasvukihi koorimise maht on väga väike – arvutuste kohaselt ligi 6,5 tuh m³.

Kattekihi all lasub lubjakiviklibu kiht, mille maht arvutuste kohaselt on ligi 63 tuh m³, järgmiseks kihiks on savika lubjakivikiht, mille mahuks saadi ligi 31,5 tuh m³. Antud võimaliku karjääri kõige paremate omadustega on eelnevate kihindite all paiknev afaniitse lubjakivikiht, mis moodustab suure osa antud võimaliku karjääri mahust, ehk ligi 136,5 tuh m³. Kõikide eelpool nimetatud kihtide paksused kasvavad loodest kagu suunas koos pinnamoega.



Joonis 14. Ninametsa kaevandatava ala kasuliku kihhi paksus ning kihtide mahud. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti põhikaarti.

Antud ala pole põhjaveetasemest (absoluutkõrgus 0 m) allapoole uuritud, ehk kaks alale puuritud puurauku puuriti umbes veepiirini ning ülejäänud kaevandid ulatusid kõigest 2 m sügavuseni. Selle tõttu pole võimalik hinnata allapoole põhjaveepiiri jääva võimaliku arvu suurust, kuid tegemist on niivõrd mereäärse alaga, et suure tõenäosusega pole võimalik saada Keskkonnaameti luba põhjaveepiirist allapoole minekuks vältimaks võimalikku merevee sissevoolu karjääri.

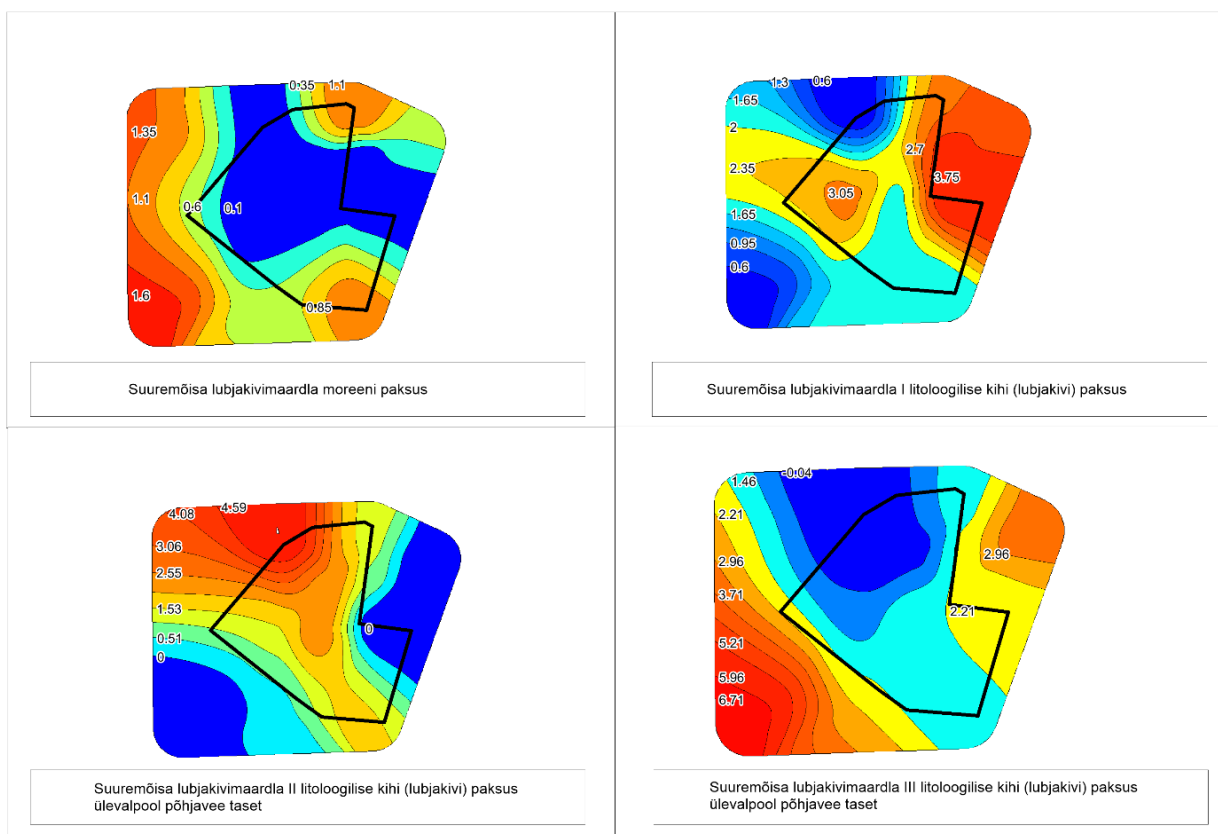
Seega on kokku antud võimaliku karjääri alal kaevandatavat lubjakivi mahtu ligi 231 tuhat m³. Seega kuna Tariston AS Hiiu maakonna üksuse aastane vajadus on ligi 38 tuhat m³, siis antud kaevandatavast varust jätkuvalt valitud aastase kaevandamismahu juures ligi 6 kaevandamise aastaks.

Seega võib väita, et antud ala pole kõige parem kaevandamiseks oma väikese varu mahu, mere läheduse ning keskkonkakaitsete alade tõttu.

4.1.2. Geoloogilise lubjakivivaru hindamine Suuremõisa karjääris

Suuremõisa välja valitud karjääri alal on täpsemad varu arvutused toetatud eeldusel, et väljatakse varu, mis asub põhjaveetasemest ülevalpool vältimaks erinevaid lisakulutusi ning arvestades printsipi, et varu jätkuks vähemalt 15-ks aastaks.

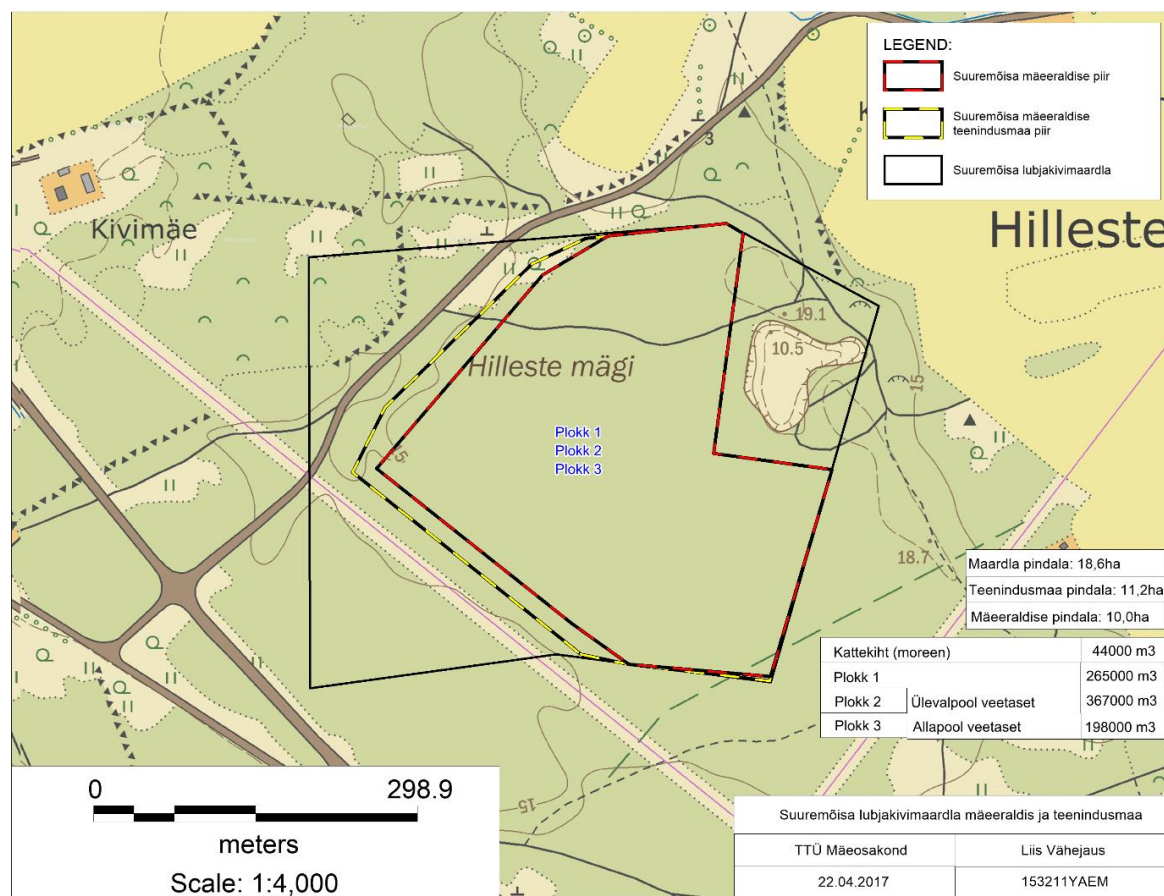
Erinevate maavara kihtide mudelitel, mis on koostatud programmiga MapInfo (vt Joonis 15) on näha, et Suuremõisa karjääriks välja valitud alal on kasvukihi maht suhteliselt väike, ala keskel kõigest 0,1 m paksune ning väikestel osadel äärte aladel kuni 1,1 m. Suuremõisa karjääris on ülevalpool veepiiri kolm suuremat litokompleksi. I litokompleksi paksused karjääri alal on 0,6 kuni 3,75 m. II litokompleksi paksused jäävad vahemikku 0 m kuni 4,59 m ja III litokompleksi paksused vahemikku 0 m...2,21 m.



Suuremõisa lubjakivimaardla maavara paksused	
TTÜ Mäeosakond	Liis Vähejaus
16.04.2017	153211YAEM

Joonis 15. Suuremõisa lubjakivimaardla maavara paksuste mudelid. Mudelitel on välja toodud geoloogiliste kihtide samakõrgusjooned.

Suuremõisa maardla kogupindala on ligi 18,6 ha, kuid erinevate kitsenduste tõttu on võimalik kaevandada alal pindalaga ca 10 ha, koos teenindusmaaga ligi 11,2 ha, mis on ligi 60% maardla kogupindalast (vt Joonis 16). [29]



Joonis 16. Suuremõisa lubjakivimaardla mäeeraldis ja teenindusmaa. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti põhikaarti.

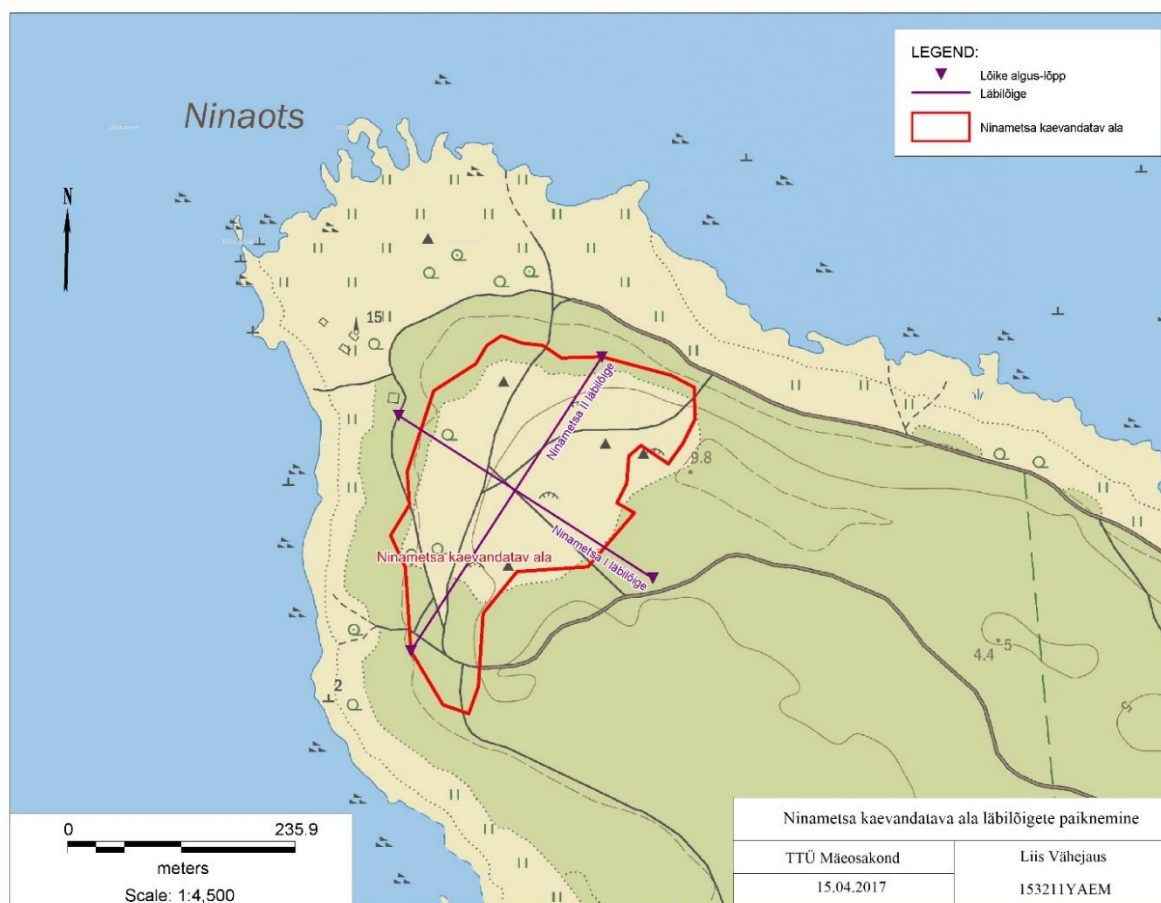
Arvutuste tulemusel saadi eemaldatava kasvukihi mahuks ligi 44 tuh m³, mis lükatakse buldooseriga edela ja loode külgedel paiknevale teenindusmaale valliks, et seda hilisemalt kasutada karjääri korrastamisel. Kaevandatava lubjakivi maht ülevalpool veepiiri oleks ligi 632 tuh m³, mille kaevandamine vajaliku aastase koguse juures võtaks aega ligi 17 aastat. Kui aga kaevandada veeluse osa üks litoloogiline osa, siis oleks võimalik kaevandatavaks mahuks saada 828 tuh m³, mille kaevandamine võetud eelduste kohaselt võtab aega ligi 22 aastat. Kuna aga veeluse varu kasutamine nõuaks karjäärilt suuri lisakulusi, siis võetakse veelune plokk aktiivse reservvaruna arvele [30][31], et see oleks võimalik tulevikus vajadusel kasutusele võtta.

4.2. Ninametsa ja Suuremõisa karjääri plokkimine

Ninametsa ja Suuremõisa maardlas sobiliku kaevandamiseks alal teostati varu võimalik plokkimine. Ninametsa puhul on uuritud maardlat kõigest kahe puurauguga ning see tegi kivimi omaduste järgi plokkimise põhimõtteliselt võimatuks. Seega antud tulemuste raames võime eeldada, et kahe puuraugu keskmised litoloogilise kihi omadused on valdavad ka ülejäänud maardla piires. Põhjaveetase Ninametsas on merevee tasemega sama, ehk absoluutkõrgusel 0 m, seega võeti ka plokkimise põhjaks veetaseme piir. Suuremõisa maardla puhul on teostatud puurimisi rohkem (14 puurauku) keskmise sügavusega 9,3 m [6]. Keskmise veetase asub antud alal ligi 7,35 m sügavusel maapinnast, mille tõttu oli võimalik hinnata ka ühe plokina põhjaveetasemest allapoole jäävat varu. Plokkimise metoodikast ja tulemustest annavad ülevaate järgmised alapeatükid.

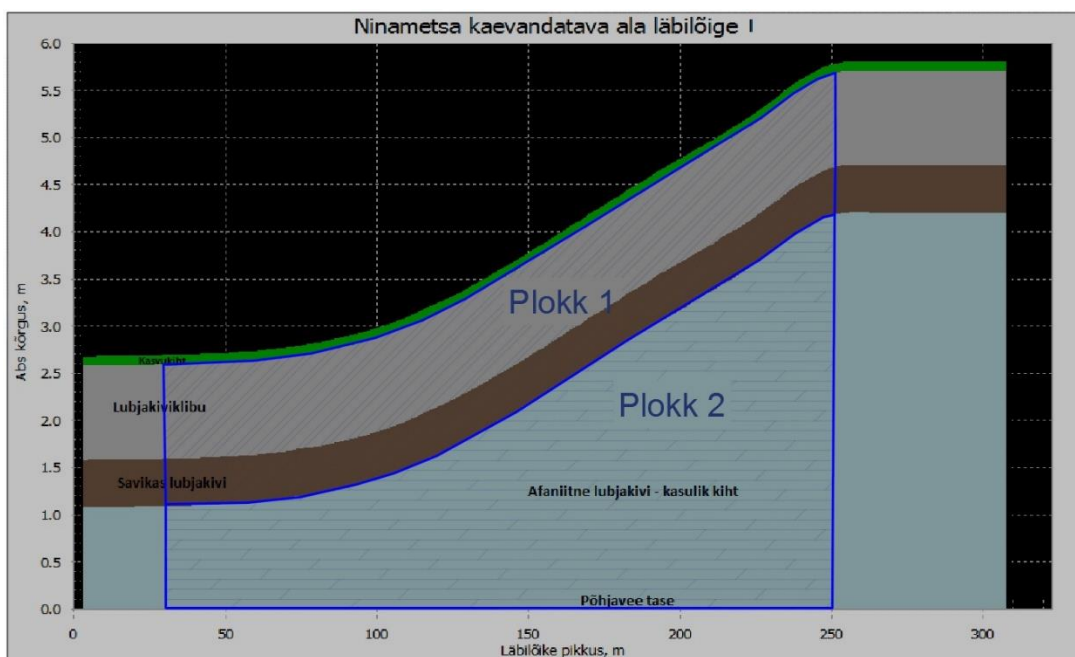
4.2.1. Ninametsa karjääri plokkimine

Ninametsa maardlas karjääriks sobilikul alal teostati kaks läbilõiget, millest esimene on loode - kagu suunaline (I läbilõige) ja teine on edela - kirde suunaline (II läbilõige). Seejärel joonestati programmiga MapInfo antud lõigetele geoloogilised läbilõiked (vt Joonis 17).

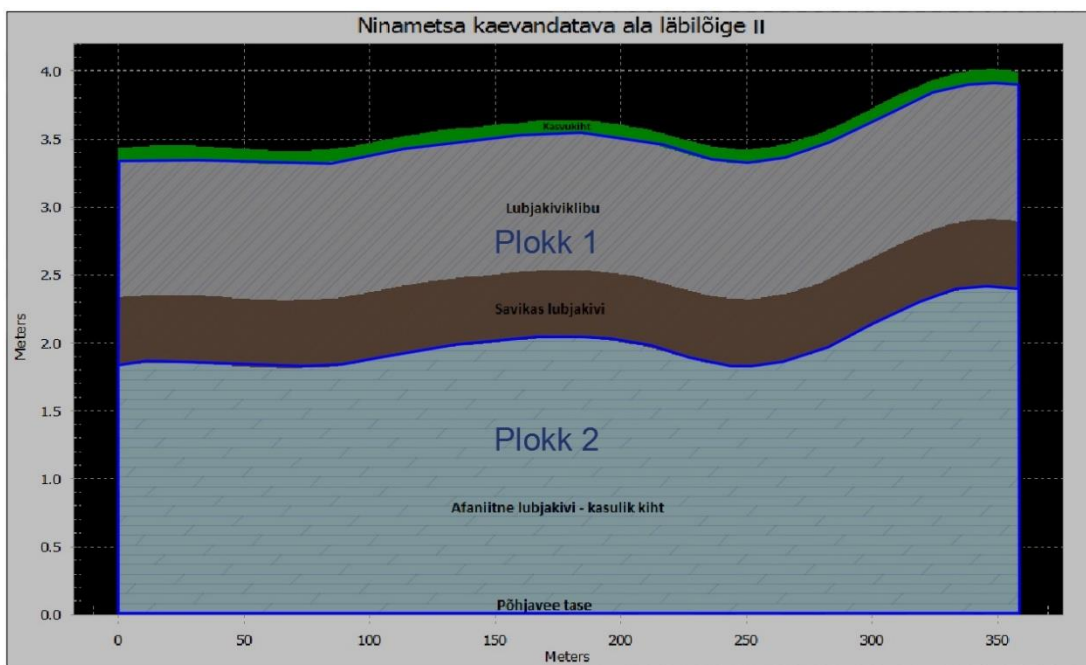


Joonis 17. Ninametsa maardla kaevandatava osa läbilõiked I ja II. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti põhikaarti.

Läbilõige I on ligi 320 m pikk, millest umbes 280 m moodustab karjääriks sobilik ala. Seejärel teostati plokkimised [29], mille tulemusel jagati varu kahte plokki (vt Joonis 18, Joonis 19): I on natukene kehvemate omadustega lubjakiviplokk (enamjaolt moodustab ploki lubjakiviklibu ja väiksemal määral savikas lubjakivi) ning II väga heade omadustega lubjakiviplokk (ploki moodustab afaniitne lubjakivikiht). Mõlemad plokid sobivad ehituslubjakivi killustiku tootmiseks. Läbilõike II pikkus on ligi 360 m, millel on selgelt näha, kuidas ploki kihid ristisuunaliselt paiknevad. Ninametsa lubjakivi keemilisi ja füüsikalisi omadusi on võimalik leida eelnevatest peatükkidest, kus kirjeldati maardla olemust.



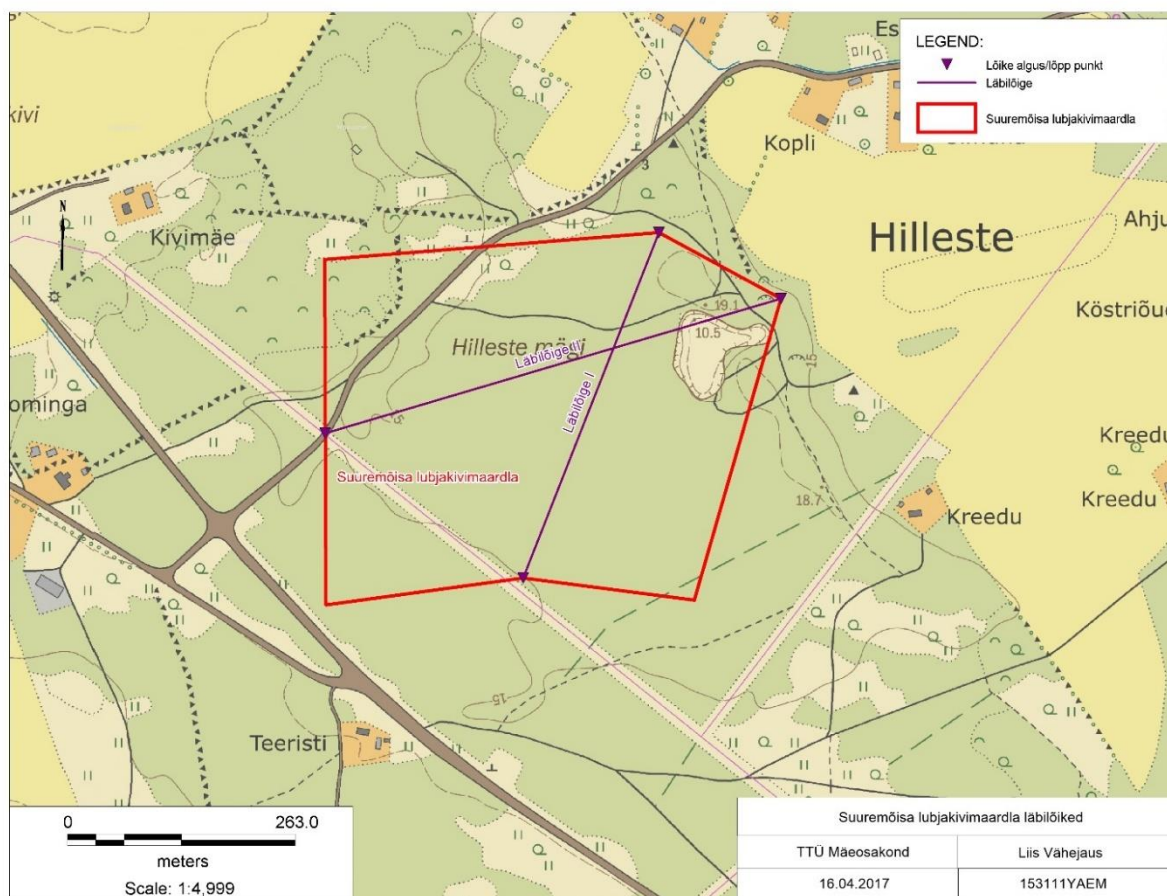
Joonis 18. Ninametsa maardla kaevandatava osa läbilõige I



Joonis 19. Ninametsa maardla kaevandatava osa läbilõige II

4.2.2. Suuremõisa karjääri plokkimine

Suuremõisa maardla ulatuses uuriti samuti kahte läbilõiget (vt Joonis 20). Esimene neist edela - kirde suunaline (läbilõige I) ja teine ida - kirde suunaline (läbilõige II). Sarnaselt Ninametsaga joonestati programmiga MapInfo antud lõigetele läbilõiked. I lõike pikkus on ligi 420 m, II lõike pikkus 400 m (vt Joonis 21, Joonis 22).



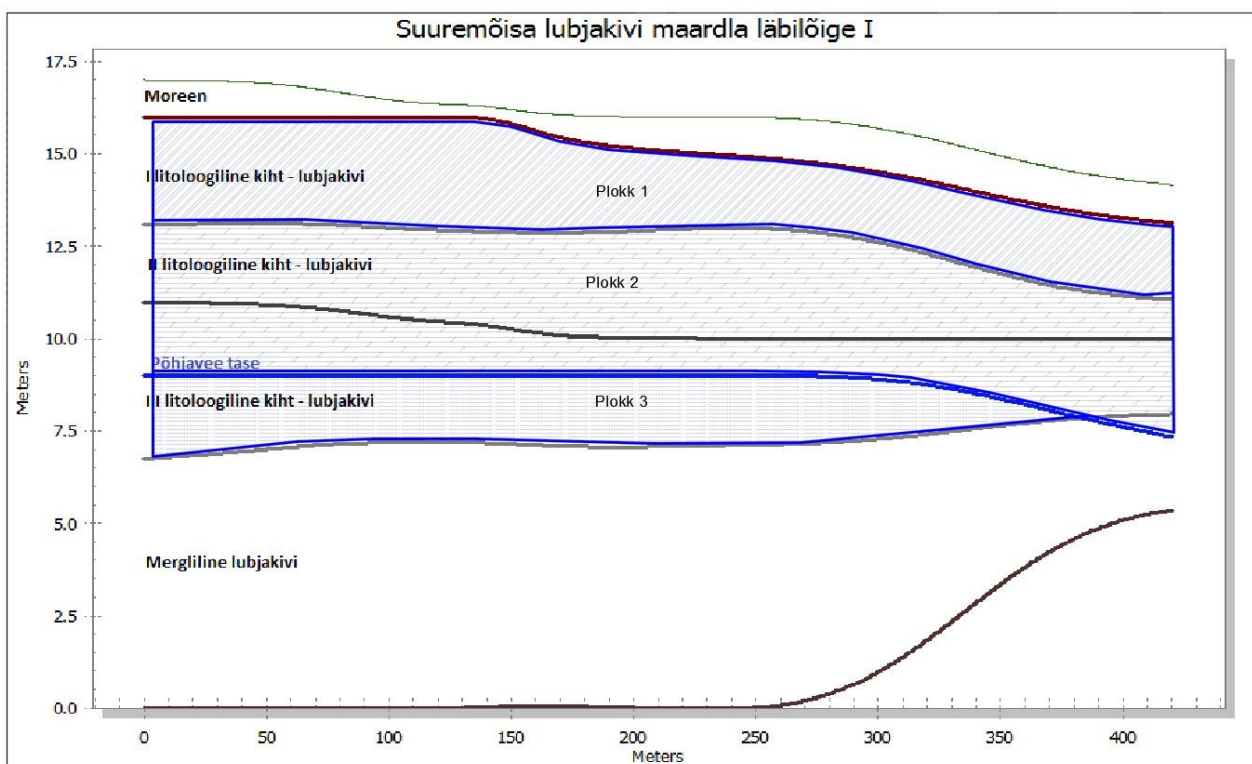
Joonis 20. Suuremõisa lubjakivimaardla läbilõiked. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti põhikaarti.

Tulemuseks saadi oluliselt keerukam kihtide paiknemine, mille põhjuseks võib pidada puuraukude infos vastava kihi andme puudumist ning seetõttu III litoloogiline lubjakivikiht justkui „kaob“. III litoloogilise kihi jagab kaheks põhjaveetaseme piir. Selle tulemusel jagati kihid kolme ploki [29], millest I ploki moodustab I litoloogiline kiht, II ploki moodustab II ja

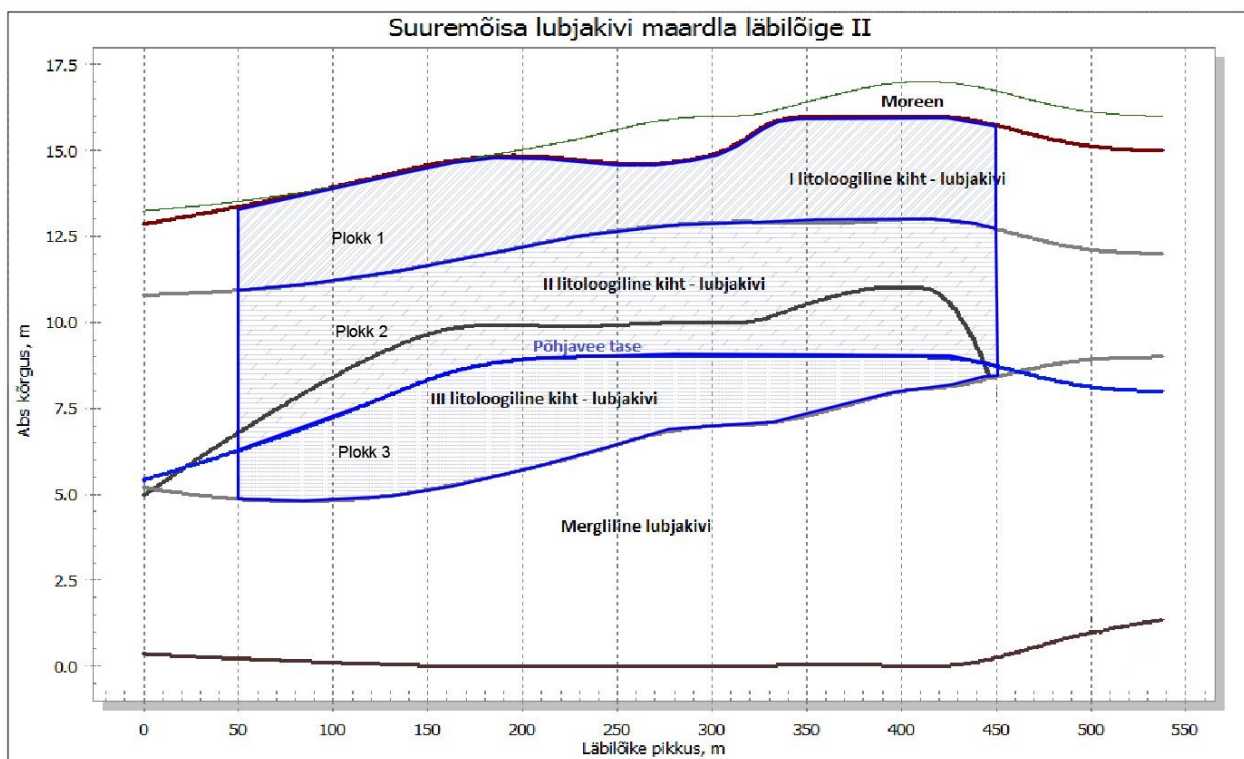
III litoloogilise kihi hübridid ning III ploki moodustab III litoloogilise kihi veetalune varu, mis praeguste eelduste kohaselt võetakse arvele kui aktiivne reservvaru [30][31]. Nende lamamiks on mergilise lubjakivi suhteliselt paks kiht, kuid antud kihi geoloogilisi ja füüsikalisi omadusi pole uuritud. Suuremõisa maardla plokkide keemilised ja füüsikalid-mehaanilised omadused on välja toodud järgnevas tabelis. (vt Tabel 9)

Tabel 9. Suuremõisa maardla plokkide omadused. [6]

Nr	CaO, %	MgO, %	Lahustumatu jääk, %	Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ , %	Mahukaal, g/cm ³	Erikaal, g/cm ³	Poorsus, %	Veemavus, %	Suvisedusus looduslikus keskkonnas, kg/cm ²
I plokk	52,30	0,64	5,38	0,75	2,65	2,73	2,70	0,60	961
II plokk	49,43	1,64	8,05	0,94	2,59	2,74	5,45	1,45	900
III plokk	48,27	2,37	8,26	1,10	2,52	2,74	8,20	2,10	800



Joonis 21. Suuremõisa maardla läbilõige I



Joonis 22. Suuremõisa maardla läbilõige II

4.3. Soodsaima karjääri valik

Selleks, et välja valida sobilik maardla, kas Suuremõisa või Ninametsa, võrreldi eelkõige nelja tähtsat aspekti karjääri avamisel (vt Tabel 10). Paluküla maardla eemaldati juba maardla kirjelduse käigus ning varu antud maardla piires ei arvatatudki, sest sobilikku ala karjääriks antud maardla piires polnud võimalik valida. Kogu ala on kaetud looduskaitsealaga ning maardla alal asub veel terviserada, kirik ja muud hooned, mille tõttu polnud võimalik antud alal välja valida karjääriks sobilikku ala. Suuremõisa ja Ninametsa karjääri ala valikul võrreldi varasemat uuritust, lubjakivivarude mahtu, looduskaitsealaseid aspekte ning maardlate lubjakivivarude vastavust keemilistele ja füüsikalistele nõuetele.

Tabel 10. Suuremõisa ja Ninametsa karjääri valiku võrdlus

Võrdlemise aspektid	Suuremõisa karjäär	Ninametsa karjäär
Varasem uuritus	+	-
Veepealse lubjakivivaru maht	+	-
Looduskaitsealised aspektid	+	-
Varu kvaliteedi vastavus keemilistele ja füüsikalistele nõuetele	+	+

Kuigi mõlema maardla maavara kvaliteet vastab keemilistele ja füüsikalistele nõuetele, siis muude võrreldavate aspektide puhul on Suuremõisa maardla paremas positsioonis, sest ala on oluliselt põhjalikumalt uuritud, varu maht põhjaveetasemest kõrgemal on mitmeid kordi suurem ning arvestades looduskaitsealised aspektidega on võimalik kaevandada piisavalt suur kogus lubjakivi, et vähemalt järgnevas 15-ks aastaks oleks Hiiumaa varustuskindlus tagatud. Seega antud töö autori hinnangul sobiks lubjakivi karjääri rajamiseks suurepäraselt Suuremõisa maardla karjäärriks välja valitud ala.

5. KAEVANDAMINE SUUREMÕISA KARJÄÄRIS

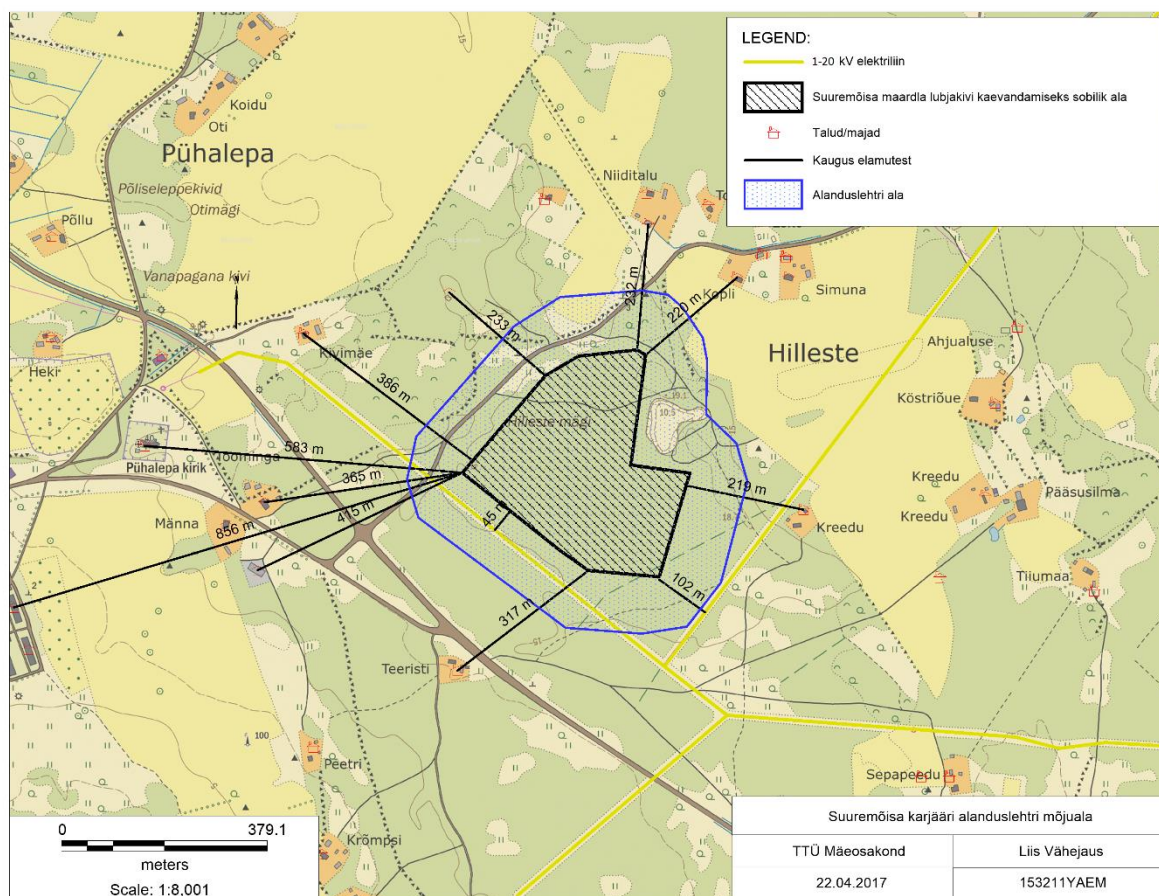
5.1. Kaevandamisviis

Suuremõisa karjääri raimamisviisi valimine teostatakse soodsaima meetodi järgi. Kolm potentsiaalset alternatiivset raimamismeetodit on: puur-lõhketöödega, buldooser-kobestiga ning hüdrovasaraga lubjakivi raimamine. Üldjuhul pole Eesti väikestes lubja- või dolokivi karjäärides buldooser-kobestiga lubjakivi raimamine levinud, sest see eeldab suhteliselt suure massiga buldooseri olemasolu. Hüdrovasarat kasutatakse kohtades, kus lõhketööd on üldjuhul keelatud, sest hüdrovasara tootlikkus on suhteliselt madal.

Kuna ala katab vähemalt 75% ulatuses mets, siis metsa raadamise (sh kändude eemaldamine) tööd tellitakse hanke korras parimalt pakkujalt.

Kõigi tehnoloogiate puhul vajatakse buldooseri eelkõige lubjakivi paljandamiseks pinnakattest ja hiljem pinnakatte paigaldamiseks korrastatud alale, seega on arvutustes aluseks võetud, et buldooser renditakse paljandustööde perioodiks. Erandiks on buldooser-kobestiga raimamine, mille puhul peab ettevõtja buldooseri igal juhul soetama, sest tegemist on primaarse raimamise masinaga ning sellisel juhul on mõistlik kasutada paljandustöödeks soetatud buldooseri. Paljandustööde mahuks Suuremõisa alal on kokku ligi 44 300 m³. Pinnas eemaldatakse ja ladustakse kaitsevallina teenindusmaale karjääri ida ja põhja külgedele. Paljandustööd võiksid alata 2019. aastal, et aastal 2020 alustada juba lubjakivi kaevandamisega.

Karjääris teostakse mäetöid ülevalpool põhjaveetasel, kuid arvele võetakse samuti põhjaveetasemest allapoole jääv plokk III, mille kasutuselevõtmine otsustatakse veepealse varu ammendumisel. Väljates põhjaveetasemest allapoole jääva plokki III, saadi arvutuste tulemusel alanduslehtri raadiuseks mäeeraldise piirist ligi 110 m, mis tähendab, et ühegi lähedalasuva talu kaevu ei tohiks põhjaveetaseme alandamine mõjutada (vt Joonis 23).



Joonis 23. Suuremõisa karjääris tekkiva alanduslehtri mõjuala, kui kaevandada ka põhjaveetasemest allpool. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti põhikaarti.

Veepealse varu suurus on ligi 662 tuh m^3 , mis on jagatud I ja II plokki. Aastane vajalik kaevandamise maht on ligi 38 tuh m^3 (eeldusel, et vähem võib kaevandada, kuid mitte rohkem üle lubatud aastamäära), mis on võetud Tariston AS Hiiu maakonna üksuse viimase viie aasta maksimaalse kaevandamismahu järgi. Sellise kaevandamismahu juures jätkub veepealset varu plokkides I ja II ligi 17. kaevandamise aastaks.

Karjääri masinapargi valikul lähtuti Tariston AS Hiiu maakonna üksuse praegusest masinapargist ning eeldati, et antud masinaid kasutatakse ka veel lubjakivi kaevandamiseks, mis muidugi vajavad ühel hetkel välja vahetamist. Lähtuvalt kaevandamise aastamahust on päevane vajalik toodang ligi 200 m^3 /päevas (eeldades, et tööpäevi on aastas 200).

Sõltumata tehnoloogilisest valikust kasutatakse kaheastmelist purustamistehnoloogiat, mille läbimisel liigub kaevis sõelumisele. Nii purustid kui ka sõelumismasin on mobiilsed, et neid oleks vajadusel võimalik liigutada tootmisele lähemale ja sellega kaevisse transpordikulult kokku hoida. Kuna I astme purustamisel jõuab purustisse erineva suurusega kaevis, siis on oluline, et purustada oleks võimalik ilma riketeta ja pidevalt. Selle tõttu kasutatakse I astme purustina lõugpurustit, kuna antud tüüpi purusti on väga töökindel, suudab purustada suuri tükke ning peenosiste teke on madal. [32]

Lõugpurusti negatiivse probleemina võiks välja tuua, et antud liiki purustiga on tootmismahud limiteeritud, kuna purustist kaevisse väljutamisava on suhteliselt väikeste mõõtmetega. Antud juhul ei mängi see olulist rolli, kuna karjääri tootmismahud on suhteliselt väikesed. II astme purustina kasutatakse koonuspurustit, mis erineb lõugpurustist selle poolest, et kaevis ei suruta tükke, vaid kaevis puruneb löögi mõjul, mille tekitab koonusekujuline võlv. Nagu lõugpurusti puhul, on ka koonuspurusti peenosiste teke madal. [32]

Tagamaks koonuspurusti ühtlasema ning kuluefektiivsema töö, tuleb hoida koonuspurusti pidevalt kaevisse täidetud. Sellisel juhul suurendab koonuspurustis olev materjal purustamise kuluefektiivsust, sest hõõrdumise tagajärjel kaevisse tükid kulutavad üksteist. Pärast II astme purustit, purustamisahela lõpus, paikneb mobiilne sõelumismasin, mida on võimalik erinevate toodete vajadusel ümber seadistada. Sõelumise põhilised protsessid on kihistumine ja eraldamine. Kihistumisel tõuseb vibreerimise tulemusel suurema tükisuurusega kaevis üles ning peenem materjal liigub tühimike kaudu alla. Eraldamiseks nimetatakse protsessi, kus kaevis jõuab vibreerimise tulemusel sõelani, kus vastavalt sõela ava suurusele eraldub soovitud fraktsiooniga materjal.

Arvutustes on arvestatud, et sõelmeid tekib umbes 25% purustitesse sisestatud kaevisest [33], millest arvutuste kohaselt ligi 40% kasutatakse karjääri nõlvade järk-järgulisel korrastamisel ning ligi 60% müüakse kas täitematerjalina, lubjakivikillustiku peenosana või kasutatakse teedehituses, kus on nõutud suurt peenosa sisaldust.

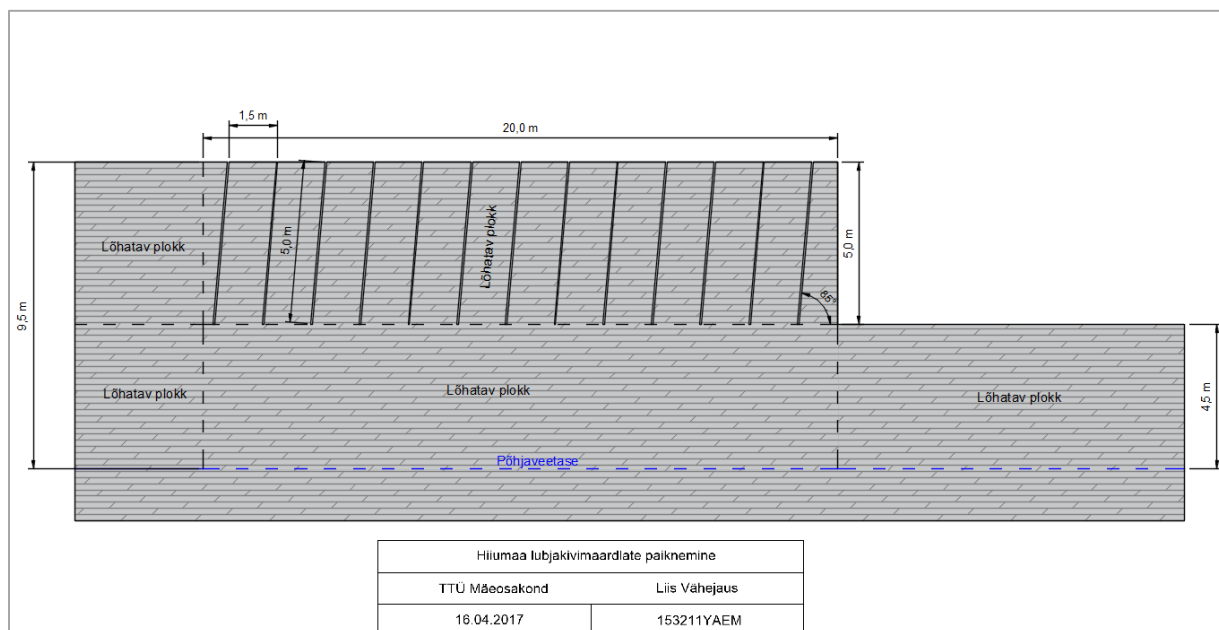
Juhul kui veealust plokki kasutusele ei võeta, korrastatakse karjäär hilisemalt metsamaaks. Kui aga otsustatakse kaevandada ka veealune varu, siis moodustub karjääri alast järv ning seda ümbritsev ala korrastatakse metsamaaks.

Järgnevates arvutuses kasutatakse Tariston AS masinapargi andmeid, samuti on nende käest saadud info masinate omahinna ning tegelike tootlikkuste kohta. Uute soetatavate põhitoodangu masinate (hüdrovasar+ekskavaator ning buldooser-kobesti) puhul on omahind arvatud E. Reinsalu masina omahinna arvutusmudeli järgi. Juba olemasolevate masinate asendamisel kasutatakse vana sarnase masina omahinda ning lisatakse sellele soetusmaksumuselt arvestatud amortisatsioonikulu.

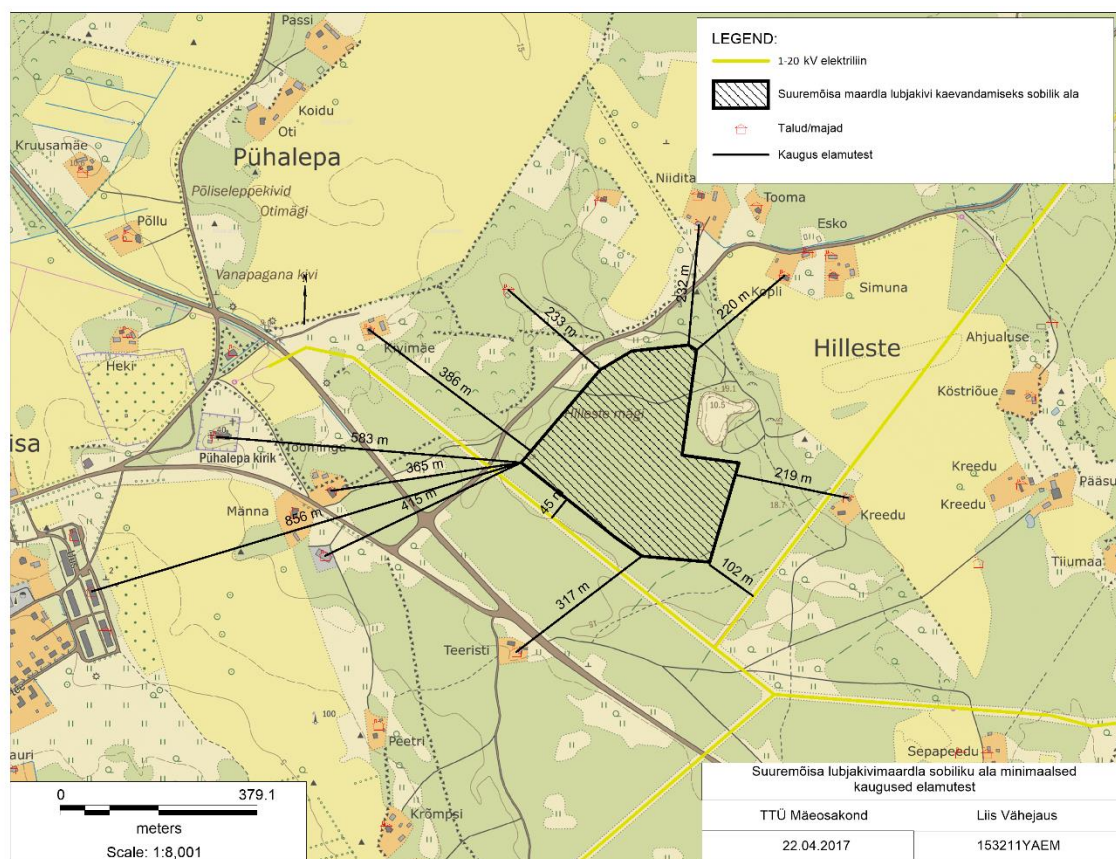
5.1.1. Puur-lõhketöödega lubjakivi raimamine

Puur-lõhketöödega kaevandamise väga suur eelis on see, et ettevõtte ei pea seotama lubjakivi raimamiseks uut kõrgehinnalist mäemasinat. Paljandustöid teostatakse renditud buldooseriga ning puur-lõhketööde teenust teostatakse alltöövõtuga kogumahus. Puur-lõhketööde arvutustes on lähtunud Eesti Vabariigi määruses 64 „Lõhketöö projektile esitatavad nõuded“ välja toodud aspektidest ning T. Tombergi arvutusmudelitest. [34][35][36] Lõhketöödeks vajalike materjalide ühikuhinnad on pärit Suurbritannia Orica 2014. ja 2016. a hinnakirjadest ja Aasia Dyno Nobel 2014. a hinnakirjast. Puurimistöde ühikuhinnad on pärit 2009. a Kanada M - A., Rajpot'i magistritööst „*The Effect of Fragmentation Specification on Blasting Cost*“. [37][38][39][40]

Arvestades, et aastas on üheksa tootsat kuud, siis puur-lõhketööde arvutuste tulemusel vajatakse ühe hooaja (9 kuud) jooksul 13 lõhkamist, mis üldiselt tähendab, et viiel kuul teostatakse üks lõhkamine kuus ja neljal kuul kaks korda kuus. Lõhketööde arvutuste järgi lõhatakse korraga ligi 2 800 m³ suurune lubjakiviplokk, mille mõõtmeteks on 20 x 30 m. Lõhatava astangu kõrgus on koos ülepuurdega ligi 5 m (vt Joonis 24).

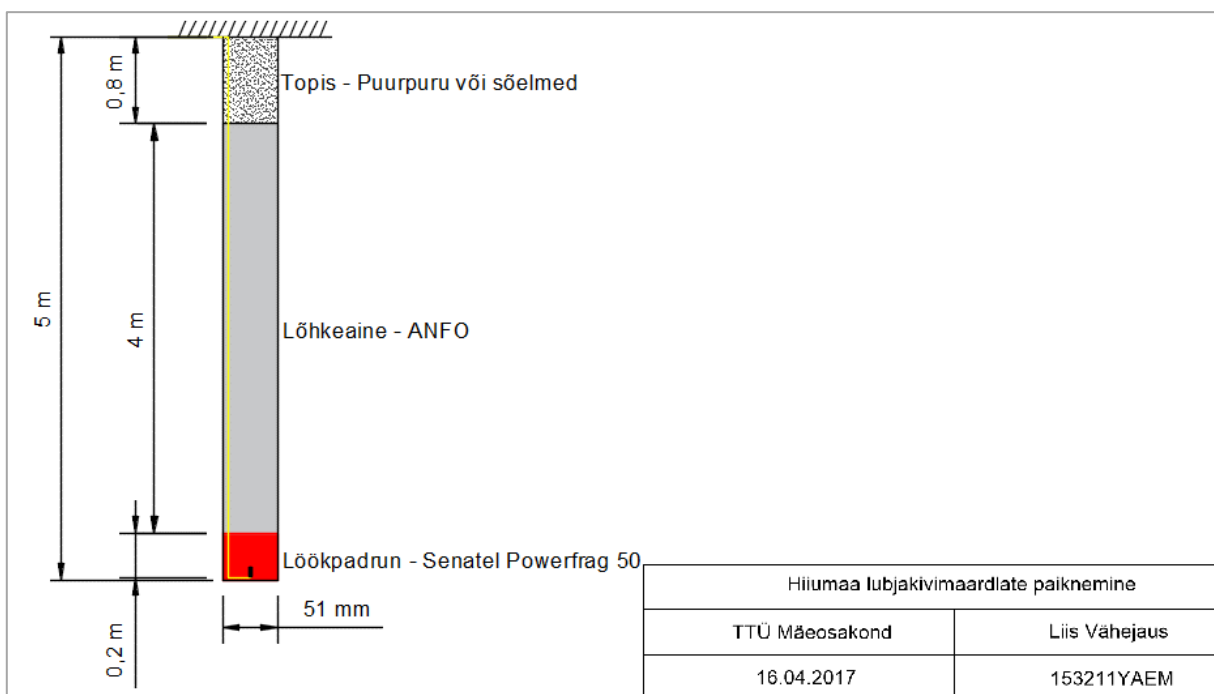


Joonis 24. Lõhkeaukude asetus plokkis



Joonis 25. Suuremõisa karjääri kaugused ehitistest. Kaardi alusena on kasutatud Maa-ameti põhikaarti.

Lähim maja asub mäeeraldise piirist ligi 210 m kaugusel (vt Joonis 25). Lähima talumaja kaugusest tulenevalt arvutati seismiliselt ohutu laengu suurus, milleks saadi 138 kg. Arvutulikult tuli ühe laengu suuruseks 7,5 kg, seega võib ühes viiteseerias lõhata korraga 18 laengut, kuid kuna arvutuslikult on ploki igas reas 17 laengut, siis lõhatakse ühes reas 17 laengut kogukaaluga 128 kg. Puuraugu kogupikkus ülepuurdega on 5 m, millest 0,2 m on löökpadrun, 4,0 m granuleeritud ANFO Exan ning 0,8 m inertsest materalist topis, milleks kasutatakse, kas puurpuru või sõelmeid (vt Joonis 26).



Joonis 26. Lõhkeaugu konstruktsioon

Peamised kaasnevad mõjud lõhketöödega on maavõnked, kivimite laialipaiskumine, tolmu ja plahvatusgaasi levik ning müra. Lõhketööde teostamisel peab arvestama sellega, et tekkivad maavõnked ei ohustaks elamuid ja muid kaitstavaid objekte karjääri lähedal. Võnkekiirusega iseloomustatakse hoonete tundlikkust võngetele. Maavõngete lubatud kiirused on määratletud määruses „Lõhketööde projektile esitatavad nõuded“. [36]

Lõhkeaine plahvatamisel tekib müra inimkõrvale kuuldavas sagedusalas, kas paugu või paukudena. Müra tugevus oleneb lõhketööde tehnoloogiast, st korraga lõhatava lõhkeaine kogusest ja laengu paigutusest. Müra tugevus erineb oluliselt topistamata ja topistatud laengute

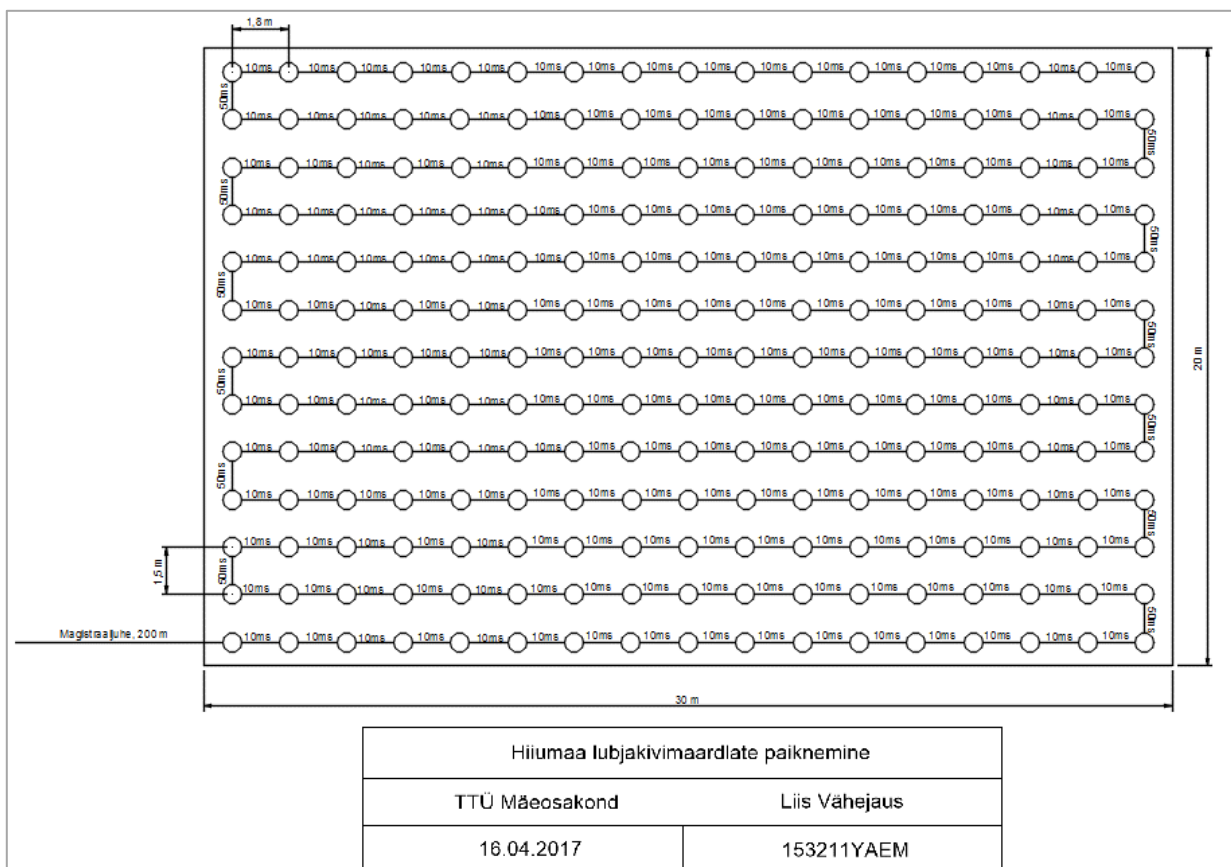
plahvatamisel puuraukudes. Kasutatakse topistatud laenguid vähemalt 15 lõhkeaugu ümbermõõdu ulatuses, kuna vastavalt Eesti Vabariigi määrusele nr 64 „Lõhketöö projektile esitatavad nõuded“ on välja toodud, kui topise pikkus ületab 15 lõhkeaugu läbimõõtu, ei ole õhulööklaine ohtliku mõju vaja arvestada. [36][41]

Lõhketöödel paiskub õhku peent lubjakivi tolmu ja plahvatusgaase. Eesti Vabariigis on levinud lõhkeainete puhul alati tagatud, et plahvatusgaaside kontsentratsioon jääb lubatud piiridesse ning ei kujuta ohtu keskkonnale ega ka inimestele. Läbiviidud kontrollmõõtmistel erinevates lubjakivikarjäärides tuulealusel küljel tolmu sees on näidanud, et lõhkegaasis on ainult CO₂ ning pole fikseeritud mürgiseid gaase nagu CO ja NO_x. Küll aga on tähendatud lühiajalist lubjakivitolmu hulga suurenemist. Lubjakivitolmu õhku paiskumine on võimalik vähendada lõhatava pinnase eelneva niisutamisega või lõhkamiskoha eelneva CaCl lahusega niisutamisega CaCl. Kui ala ümbritseb mets, siis on tolmu leviku ulatus oluliselt väiksem. Kuna karjääri territooriumi ümbritseb mets, siis ei tohiks kohalike inimeste elukvaliteet lõhketöödest tuleneva tolmu tõttu halveneda. [41]

Õhku paiskuvad lubjakivi tükid võivad ohustada karjääris ja selle ümbruses inimesi, seadmeid ja hooneid. Suuremõisa karjääris võiks kasutada nn suunatud lõhkamist väljatöötatud (kaevandatud) ohutusse alasse, mis oleks lahendatav puuraukude puurimisega väikese kaldega karjääri suunas (lõhkeaugud kaldega 5° karjääri suunas).

Kaasajal kasutatavad lõhkeained on korralikult, veekindlalt pakendatud ega tekita vee reostamise ohtu. Lubjakivikarjäärade vee analüüsidest pole täheldatud lõhkeainest lähtuvat vee reostust. Kasutusel on veekindlad ja vees lahustumatud lõhkeained. Niisketel aegadel kui puuraugud on veega täitunud või osaliselt veega täitunud kasutatakse nendes puuraukudes veekindlaid lõhkeaine pakendeid või veepüsivaid lõhkematerjale. [41]

Seega on topise pikkus ligi 16 lõhkeaugu läbimõõtu (51 mm) ning õhulööklaine mõju arvestama ei pea. Arvutuste kohaselt paigutatakse 17 laengut 13 ritta, kokku 221 lõhkelaengut selliselt, et laengusammuks reas on 1,8 m ja laengute vaheline viide 10 ms ning laenguridade vaheliseks kauguseks 1,5 m ja laengute ridade vaheline viide vähemalt 50 ms (vt Joonis 27). [34][35][41]



Joonis 27. Jadaihenduses lõhkevõrk 10 ja 50 ms viidetega

Primaarlõhkeainena kasutatakse granuleeritud Exan ANFO, löökpadrunina Senatel Powerfrag 50. Kuna mäeeraldis on kahe küljega piiratud Elektrilevi 1 - 20 kV elektriohuliiniga, siis on elektriliste initsieerimisvahendite kasutamine keelatud. Seega kasutatakse initsieerimiseks mitteelektrilist NONEL süsteemi. [34][35][41]

Selleks, et lõhata plokk kasutatakse NONEL MS detonaatoreid viidetega 10 ms ja 50 ms, et tagada korraga mitte suurema kui seismiliselt ohutu laengu lõhkamine. Detonaatorid ühendatakse omavahel NONEL MS konnektoritega, mis on omakorda ühendatud NONEL magistraaljuhtmega detonatsiooniseadmega. Löökpadrunitesse paigaldatakse NONEL MS detonaatorid, et tagada piisav ilmpuss löökpadruni initsieerimiseks, mis omakorda on initsiaator mõnevõrra tuimemale ANFOle. Löökpadrun paigaldatakse lõhkeaugu põhja. [34][35]

Magistraaljuhtmena kasutatakse NONEL starter komplekti, millesse kuulub kuni 300 m magistraaljuhet. Ühe lõhkamise kohta kulub üks komplekt NONEL starter, 223 NONEL MS

konektorit, 221 NONEL MS detonaatorit juhtme pikkusega 7,2 m (vastavalt lõhkeaukude pikkusele), 110 kg löökpadruneid Senatel Powerfrag 50, ligi 1,7 t Exan ANFO lõhkeainet (vt Tabel 11). Kogu 221 puuraugu puurimisel koguneb summaarselt kokku ligi 1100 puurmeetrit.

Tabel 11. Ühe ploki puur-lõhketööde materjalide kogused

Kulukoht	Arvestus-ühik	Ühe ploki lõhkamiseks vajalikud kogused
NONEL Starter, pikkusega kuni 300 m	tk	1
NONEL MS Connector, tk	tk	235
NONEL MS Detonator 7,2 m	tk	221
Löökpadrun, Senatel Powerfrag 50, kg	kg	110
ANFO, Exan, kg	kg	1667
Puurimine, m	m	1102

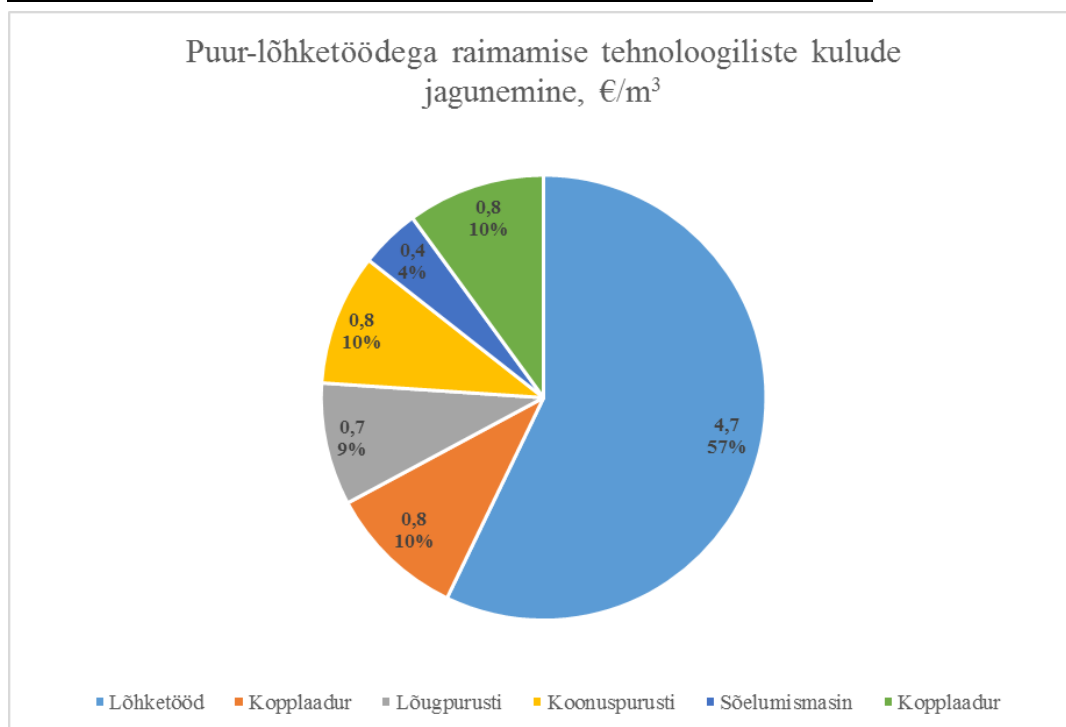
Lõhatud lubjakivi laaditakse esmalt mobiilsesse lõugpurustisse Terex Metrotrak 900x600 (esimeseastme purustisse) kopplaaduriga Liebherr 556, mille reaalne tootlikkus on ligi 180 m³/h ning mototunni kuluga 74 €/mototund (mototund näitab masina mootori tööaega, sh ka tühikäigul masina mootori töötamist). Lõugpurusti tootlikkus on ligi 150 t/h ning mototunnikulu 55 €/mototund [42][Tariston AS]. Teise astme purustina kasutatakse mobiilset koonuspurustit Pegson Powerscreen SR1000, mille tootlikkus on samuti ligi 150 t/h ning mototunnikulu 59 €/h [43][Tariston AS]. Koonuspurustist liigub purustatud lubjakivi mööda lintkonveierit mobiilsesse sõelumismasinasse Chieftain 2100, mille tootlikkus on ligi 150 t/h ning mototunnikulu 27 €/mototund. Tänu mobiilsetele seadmetele puudub vajadus karjäärrikalluritega materjali transpordile, kuna seadmed on võimalik tuua lõhketöödega kobestatud materjali vahetusse lähedusse ning teostada laadimist purustitesse koheselt kopplaaduriga. Sõelumismasinate ning veoautode laadimiseks kasutatakse väiksemat kopplaadurit Liebherr 550, mille tootlikkus on ligi 150 m³/h ning mototunnikulu ligi 62 €/mototund.

Seega ühe ploki lõhkamise ja töötlemise kogukulu on arvutuste alusel ligi 24 100 €, millest järeldub, et ühe kuupmeetri tehnoloogiline kulu on ligi 8,2 € (vt Tabel 12). Tehnoloogilise kuluna peetakse silmas tehnikaga seotud kulusid (tööjõud, hooldus, kütus jne). Kuna lõhkamisi

teostatakse aastas 13 korda, siis aastane tehnoloogiline kogukulu raimamisele ja kaevise töötlemisele on ligi 313 300 €. Kogu kaevandamiskulule lisanduvad veel võimalikud keskkonnatasud ja kaevandamisõiguse tasud. Puur-lõhketöödedega lubjakivi raimamise tehnoloogiliste kulude jagunemine on välja toodud järgneval joonisel (vt Joonis 28).

Tabel 12. Ühe ploki puur-lõhketööde omahind

Kulu ühe ploki lõhkamisel		
Kulukoht	Kulu	Ühik
Puur-lõhketööd	13 773	€
Kopplaadur Liebherr 556	2 412	€
Lõugpurusti Terex Metrotrak 900x600	2 144	€
Koonuspurusti Pegson Powerscreen SR1000	2 299	€
Sõelumismasin Chieftain 2100	1 052	€
Kopplaadur Liebherr 550	2 419	€
KOKKU kulu	24 099	€
Ühe lõhatava ploki maht	2 923	m ³
Kulu lõhatud mahule	8,2	€/m³



Joonis 28. Puur-lõhketöödega lubjakivi raimamise tehnoloogiliste kulude jagunemine

5.1.2. Buldooser-kobestiga lubjakivi raimamine

Buldooser-kobestiga lubjakivi raimamine pole Eestis väikestes karjäärides levinud, sest lubjakivi rebimine vajab suhteliselt suure massiga buldooseri, kuid kuna Hiiumaal esinev lubjakivi on keskmisest rohkem lõheline ja praguline, siis võiks alternatiivina mõelda ka buldooser-kobesti kasutamist lubjakivi raimamiseks. Kuna buldooser oleks karjääris ainuke raimamisvahend, siis mudelites on arvestatud buldooseri soetamisega. Sobilikuks buldooser-kobestiks valiti Komatsu D155AX, mille mass on ligi 40 t (vt Joonis 29). [44]



Joonis 29. Buldooser-kobesti Komatsu D155AX, massiga 40 t. [44]

Tuginedes varasemale uuritusele Suuremõisa maardlas, siis kivimite survetugevus looduslikus olekus on ligi 96 MPa ning sellest tuletatud tõmbetugevus ligi 9 MPa. Kirjandusele tuginedes on teada, et Komatsu D155AX suudab rebida kivimit kuni survetugevusega 110 MPa ja tõmbetugevusega kuni 12 MPa. Seega võib väita, et ligi 40 t buldooserist piisab Suuremõisa maardla kõrgemargilise lubjakivi raimamiseks (vt Tabel 13). [44][45][46]

Tabel 13. Buldooser-kobesti suutlikkuse ja Hiiumaa lubjakivide võrdlus. [6][45][46]

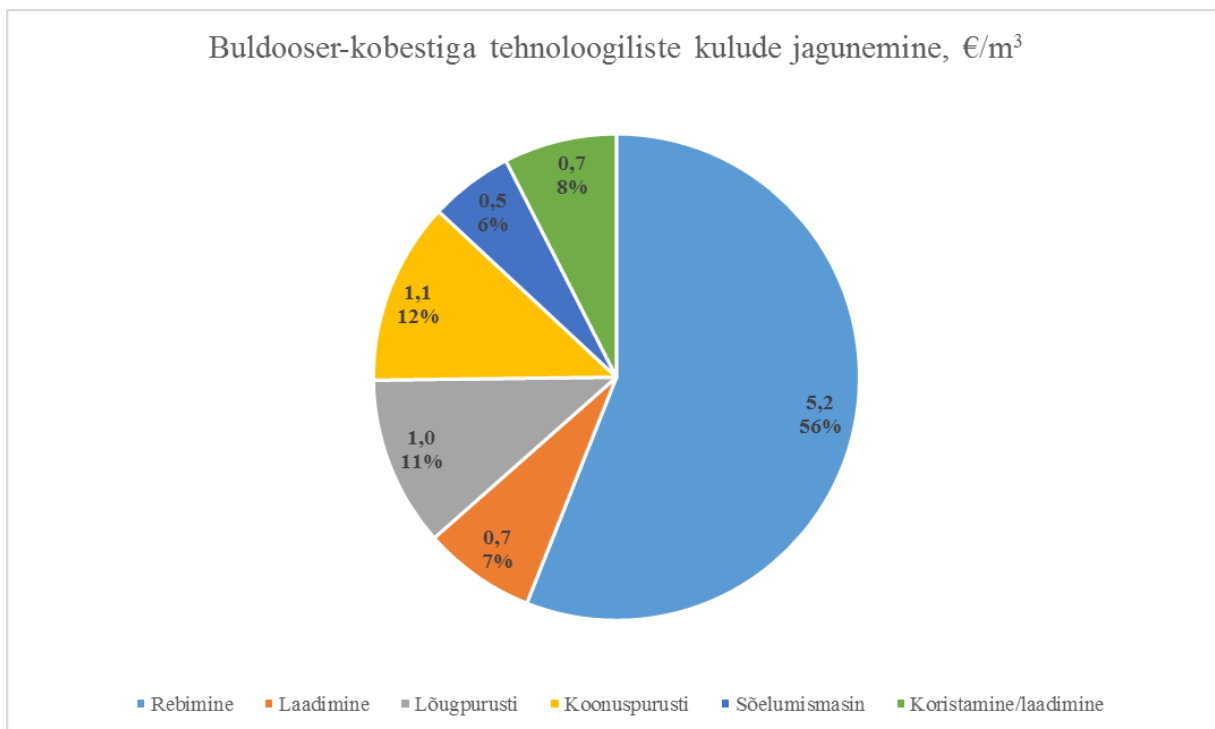
Valitud buldooseri suutlikkus rebimisel			Hiiumaa lubjakivi keskmised omadused	
Komatsu mudeli nr.	Kivimi survetugevus, MPa	Kivimi tõmbetugevus, MPa	Kivimi survetugevus, MPa	Kivimi tõmbetugevus, MPa
D155AX	110	12	96	9

Buldooseri soetamismaksumus oleks ligi 550 000 € [44]. Antud tehnoloogia puhul teostatakse kasuliku kihi paljandamistööd soetatud buldooseriga. Komatsu D155AX on võrdväärne buldooser CAT D8R-ga, mille rebimise tootlikkus oli võimalik leida tootja käsiraamatust [47]. Seega on arvutustes arvestatud buldooseri rebimise tehnoloogiliseks tootlikkuseks ligi 400 m³/h (ainult kobestades) [47]. Kui buldooser on kobestanud teatud sügavusega kihi vajalikult alalt, siis lükkab ta kobestatud lubjakivi puistangusse mobiilsete purustite lähedusse, kust on võimalik kopplaaduril Liebherr 556 laadida kobestatud lubjakivi esimese astme lõugpurustisse, mille margiks on samuti Terex Metrotrak 900x600. Teise astme purustina kasutatakse antud tehnoloogia puhul samuti koonuspurustit Pegson Powerscreen SR1000 ning kaevise sõelumiseks sõelumismasinat Chieftain 2100. Samuti sarnaselt eelmisele tehnoloogiale koristab sõelumismasina tekkivaid puistanguid Liebherr 550 ning laadib lubjakivikillustiku veoautodele. Antud tehnoloogia eeliseks on see, et puuduvad lõhketööd, mis võivad kohalikke elanikke ja eriti kõige lähedamate talude omanikke esialgselt hirmutada ja häirida.

Aastase kulu sisse antud tehnoloogia puhul on arvestatud ka kapitalikulu tagasimaksed soetatud buldooserile, mis on jagatud viie amortisatsiooniaasta peale. Kokku on kulusid ühes aastas ligi 352 tuh € ning lubjakivi raimamise tehnoloogiliseks ühikmaksumuseks on arvutuste tulemusel ligi 9,3 €/m³ (vt Tabel 14). Buldooser-kobestiga lubjakivi raimamise tehnoloogiliste kulude protsentuaalne jagunemine on välja toodud järgneval joonisel (vt Joonis 30).

Tabel 14. Buldooser-kobestiga raimamise omahind

Kulukoht	Kulu	Ühik
Rebimine Komatsu D155AX	197 230	€
Laadimine Liebherr 556	26 337	€
Lõugpurusti Terex Metrotrak 900x600	39 810	€
Koonuspurusti Pegson Powerscreen SR1000	42 705	€
Sõelumismasin Chieftain 2100	19 543	€
Koristamine/laadimine Liebherr 550	26 472	€
KOKKU kulu	352 096	€
Aastane toodangu maht	38 000	m ³
Kulu väljatud materjali mahule	9,3	€/m³



Joonis 30. Buldooser-kobestiga lubjakivi raimamise tehnoloogiliste kulude jagunemine

5.1.3. Hüdrovasaraga lubjakivi raimamine

Hüdrovasaraga raimamine on laialt levinud Eesti lubjakivikarjäärides, kus lõhketööd on keelatud, näiteks teeäärsetes mäeeraldiste osades, sest keskkonnamõju on väiksem või sarnane eelnevalt kirjeldatud tehnoloogiatega. Ent on laialdaselt teada, et hüdrovasara tootlikkus on märkimisväärselt madalam teiste raimamisviisidega võrreldes. Antud tehnoloogia puhul tuleks paljandamistöodeks rentida buldooser sarnaselt puur-lõhketööde tehnoloogiaga. Arvutustes on soetatavateks masinateks valitud Volvo karjäärimasinad, kuna antud juhul oli võimalik leida Internetist Volvo tehnika hinnakiri [48][49], mille järgi sai suhteliselt täpselt arvestada tehnika soetamismaksumust. Esmalt valiti Volvo toodangu hüdrovasar, mis oleks sobilik primaarseks raimamise masinaks. Selleks kõige väiksem sobilik hüdrovasar Volvo hinnangul on HB3200, mille mass on ligi 3,2 t ning mis vajab 32 - 55 t ekskavaatorit. Soovituslikuks ekskavaatoriks pakub Volvo enda toodangust masinat EC380, mis on äärmiselt kütusesäästlik ning massiga kuni 53 t (vt Joonis 31). [48]



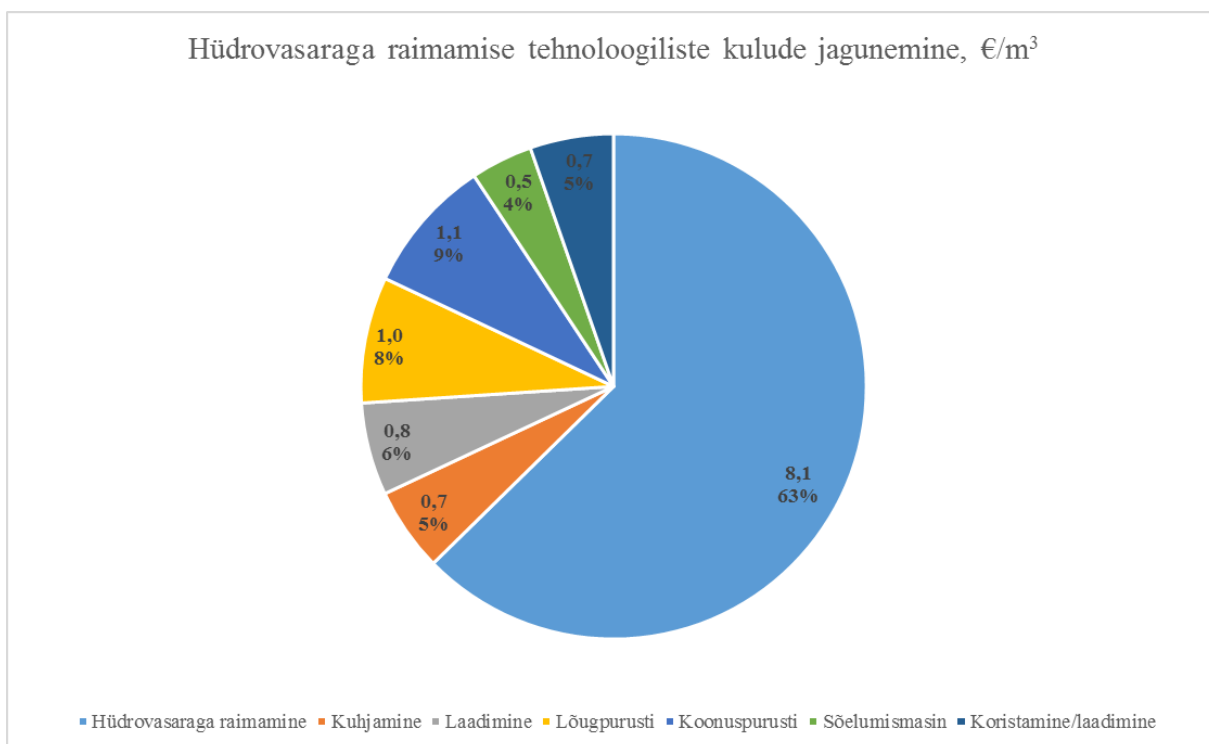
Joonis 31. Ekskavaator Volvo EC380 ja hüdrovasar Volvo HB3200. [48]

Volvo Ohio 2014. a andmetel oli ekskavaatori maksumus ligi 385 tuh USD ning hüdrovasara komplekti maksumus ligi 94 tuh USD, ehk kokku ligi 479 tuh USD [49]. Valuuta ja hinna teisendamise tulemusel võiks antud seadmete komplekt aastal 2020 maksta ligi 670 tuh €. Tänu kõrgele kapitalikulule on viiel esimesel aastal ekskavaatori ja hüdrovasara mototunnipõhine omahind üle 200 €/mototund, ilma kapitalikuluta on mototunnipõhine kulu ligi 120 €/mototund. Hüdrovasara tootlikkus on ligi 40 m³/h. Hüdrovasaraga purustatud lubjakivi koristab ning kuhjab puistangusse mobiilsete seadmete lähedusse kopplaadur Liebherr 550. Kobestatud lubjakivi tõstetakse lõugpurustisse ekskavaatoriga Komatsu PC210, mille mototunnipõhine kulu on ligi 30 €/mototund ning tootlikkus 110 m³/h. Lubjakivi läbib nagu eelnevate tehnoloogiate puhul mobiilse lõugpurusti Terex Metrotrak 900x600, koonspurusti Pegson Powerscreen SR1000 ning sõelumismasina Chieftain 2100. Sõelumismasina teenindamist ja veoautode laadimist teostatakse kopplaaduriga Liebherr 556.

Antud tehnoloogia puhul on arvutuste põhjal aastane kulu ligi 493 tuh € (vähemalt esimesel viiel aastal) ning ühikupõhine kulu ligi 13,0 €/m³ (vt Tabel 15). Hüdrovasaraga lubjakivi raimamise tehnoloogiliste kulude protsentuaalne jagunemine on järgneval joonisel välja toodud (vt Joonis 32).

Tabel 15. Hüdrosavaraga raimamise omahind

Kulukoht	Kulu	Ühik
Ekskavaator Volvo EC380 ja hüdrosavar HB3200	308 839	€
Kuhjamine Liebherr 550	26 472	€
Laadimine Komatsu PC210	29 223	€
Lõugpurusti Terex Metrotrak 900x600	39 810	€
Koonuspurusti Pegson Powerscreen SR1000	42 705	€
Sõelumismasin Chieftain 2100	19 543	€
Koristamine/laadimine Liebherr 556	26 347	€
KOKKU kulu	492 938	€
Aastane toodangu maht	38 000	m ³
Kulu väljatud materjali mahule	13,0	€/m³



Joonis 32. Hüdrosavaraga lubjakivi raimamise tehnoloogiliste kulude jagunemine

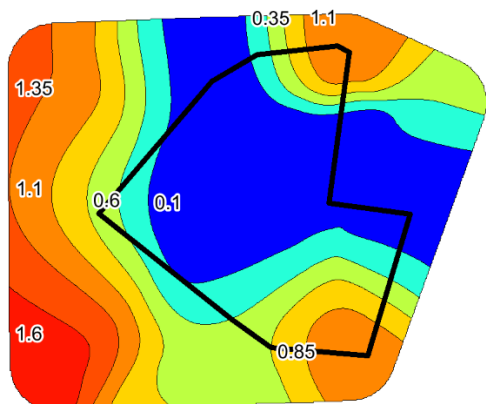
5.2. Karjääri avamine

Suuremõisa karjääri ala on vajalik metsast puhastada ning kändud eemaldada. See töö peab olema tehtud enne buldooseriiga kattekihi eemaldamist. Sissesõidu tee rajatakse sihiga Hilleste – Hellamaa kruuskattega kõrvalmaanteele hetkel olemasoleva metsatee asenduseks, mis muudetakse lubjakivikillustiku väljaveo teeks karjäärist (vt Joonis 33). Kattekiht lükatakse karjääri alalt edelast ja loodest külgnevale teenindusmaale vallidesse, mis lisab müra ja tolmu kaitset ümbritsevale keskkonnale. Samuti jäetakse alles mets maksimaalsel ulatusel ümber karjääri mäeeraldise ja teenindusmaa, mis aitab samuti vähendada müra ja tolmu levikut.



Joonis 33. Suuremõisa karjääri sissesõidutee skeem. Skeemi alusena on kasutatud Maa-ameti põhikaarti.

Suuremõisa karjääri on otstarbekas avada selle keskosast, kuna seal on kattekihi paksus kõige väiksem, kõigest 0,1 m (vt Joonis 34), kuid antud töö puhul on arvestatud, et kogu kattekiht eemaldatakse alalt üks aasta enne mäetöödega alustamist siis alustamise hetkeks on kogu karjääri ala paljandatud ning mäetöödega on võimalik alustada soovitud asukohast.



Joonis 34. Kattekihi paksuse skeem Suuremõisa maardlas

Seega oleks mõistlik alustada mäetöödega sisse- ja väljaveotee lähedalt, mis aitab karjääriga järk-järgult taanduda selle kõige kaugemasse otsa võrreldes väljaveoteega.

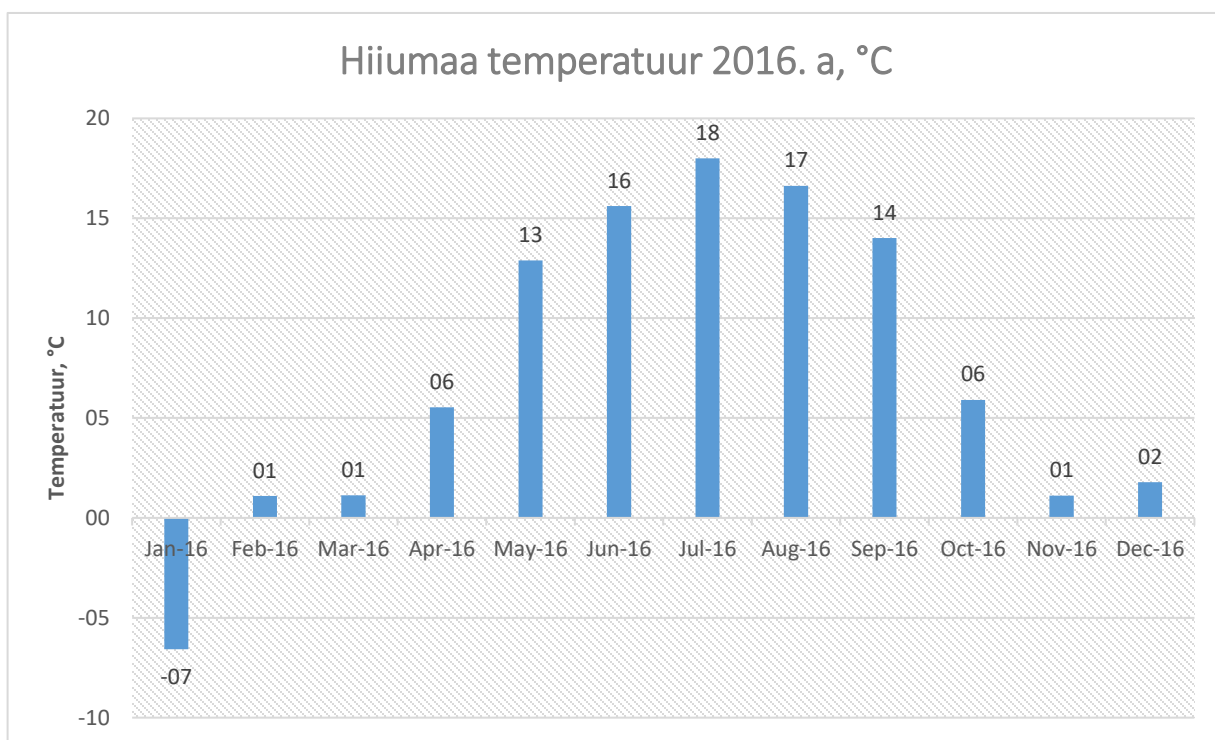
5.3. Karjääri mäetöid mõjutavad tegurid

2016. a Hiiumaa Heltermaa rannikujaama kliimaandmete põhjal hinnati ka Suuremõisa karjääris aastaringselt mõjutavaid looduslikke tegureid nagu aasta keskmine sademete hulk, temperatuur ja tuulesuunad [50]. Antud kliimafaktorid on väga olulised karjääri töödes, et planeerida kaevandamise kestust ning hinnata keskkonnamõjusid nagu tolmu ja müra levikut ja nende leevendusmeetmete rakendamise vajalikkust.

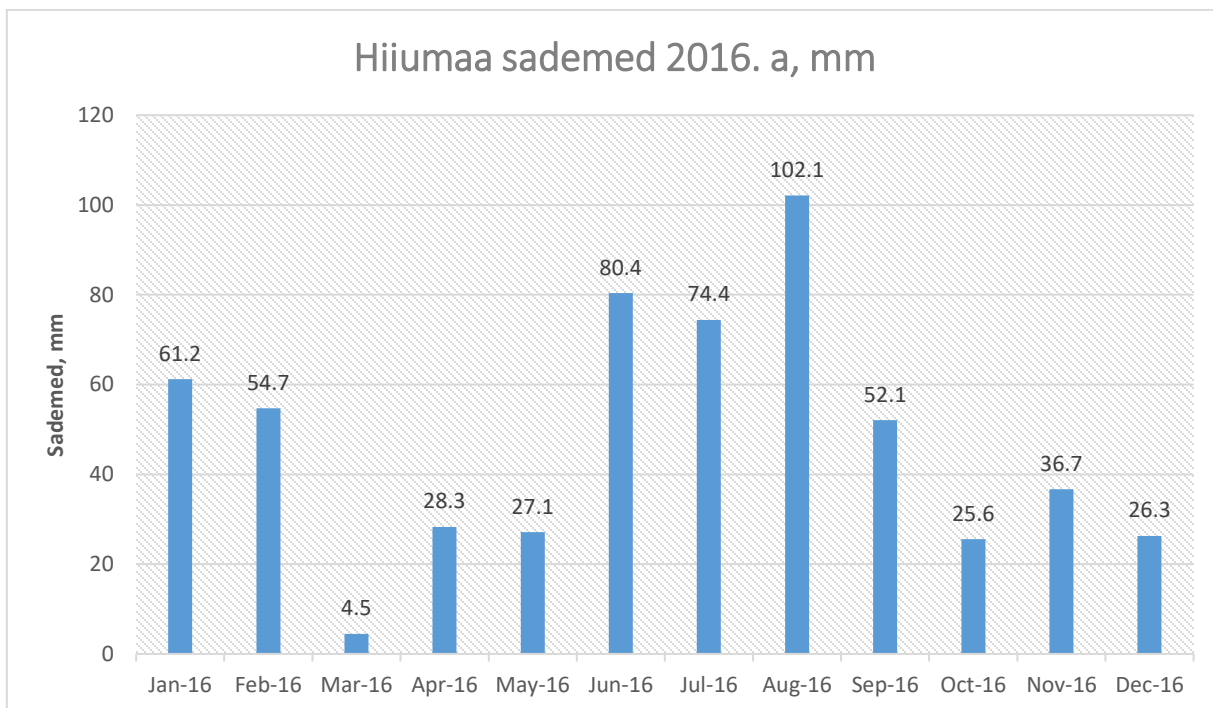
Hiiumaa keskmised aastased temperatuurid jäävad vahemikku 5 ... 8 °C [20]. Hiiumaa kliima on soosiv karjääri tööle, kuna talvekuud on üldiselt jahedad ja suvekuud soojad. 2016. a andmete põhjal oli Hiiumaa keskmine aastane temperatuur 7,3 °C ning kuude lõikes esinesid miinuskraadid ainult jaanuari kuus (vt Joonis 35). Seega on temperatuuride poolest võimalik Suuremõisa karjääris kaevandada üheksa kuud aastas, märtsist novembrini.

Hiiumaa aasta keskmine sademete hulk jääb vahemikku 500 ... 600 mm, mis on mandril esinevast sademete hulgast, ≥ 700 mm, tunduvalt madalam [20]. Aastal 2016 langes Hiiumaal maha keskmiselt 570 mm sademeid, millest kõige suurem osa suvekuudel (vt Joonis 36).

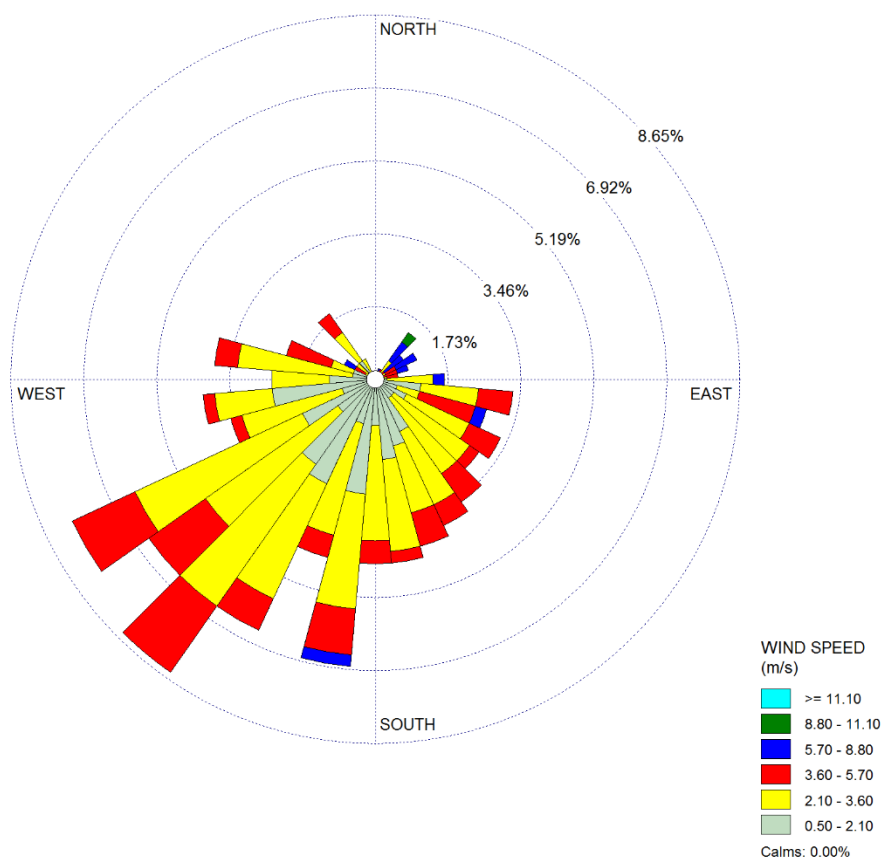
Hiiumaal on valdavad lõuna ja edela suunalised tuuled [20], mida näitab ka 2016. a tuuleandmete põhjal koostatud tuulteroos (vt Joonis 37), mis Suuremõisa karjääri puhul on soosivaks. Antud juhul karjääri töödega levivad tolm ja müra ei kandu elamutele, vaid levivad rohekoridori, mis jääb teekaitse- ja elektriliinide ohutusvööndisse.



Joonis 35. 2016. a Hiiumaa Heltermaa rannikujaama alusel aasta keskmised temperatuurid. [50]



Joonis 36. 2016. a Hiiumaa Heltermaa rannikujaama alusel aasta keskmised sademed. [50]



Joonis 37. 2016. a Hiiumaa Heltermaa rannikujaama alusel tuulteroos ehk aasta keskmised tuulesuunad ja -kiirused. Tuulteroos on koostatud vabavaraga Lakes Environmental – WRPLOT view. [50]

Mäeeraldist ümbritsevat välisõhku mõjutavad karjääris toimuvad tööprotsessid, nagu maavara kaevandamine, laadimine, killustiku valmistamine, ehk purustamine ja sorteerimine ning toodangu väljavedu. Need tegevused tekitavad müra, tolmu ja vibratsioone, mis levib ka väljapoole karjääri territooriumi. Enne karjääri avamist keskkonnamõju hindamisega on tarvis müra ja tolmu leviku prognoosimiseks koostada täpsemad hajuvusarvutused, mille põhjal saab vajadusel seada müra ja tolmu levikule leevendusmeetmeid. Karjääri mäetööde algstaadiumis tuleb vastavalt Keskkonnaameti ettekirjutustele hinnata maavõngete intensiivsust, et hinnata võngete kustumist konkreetsetes keskkonnas. Karjääri maksimaalse töövõime saavutamisel tuleb vastavalt Keskkonnaameti ettekirjutustele hinnata foonitingimusi ehk mõõta mürataset ja tolmu kontsentratsiooni välisõhus. Lõhketööde teostamisel, tuleb teavitada kohalikke elanikke vähemalt üks päev enne tööde teostamist. Samuti tuleb piirata läheduses olevate maanteed ning karjääri teedel sõidukite ning inimeste liikumist lõhketööde teostamise ajal. Lõhketöid tohib teostada ainult päevasel ajal, välistavateks teguriteks on äike, tihe udu ja tuisk. [41][51][52]

Teede, elektriliinide ja looduskaitse kaitsevööndite jaoks jäetakse alles metsaalad, mis on samas müra ja tolmu leviku piiramise üheks abinõuks. Teiseks abinõuks tolmu leviku piiramiseks on ekstreemkuivades ilmaoludes, mil iga masina liikumine põhjustab tolmu levikut, kasta karjääri väljaveoteed ning vajadusel ka karjääriala. [51][52]

Arvestada tuleb ka asjaoluga, et karjääris kasutatav tehnoloogia (eranditult kõik seadmed) on mobiilne, see tähendab, et vastavalt mäetööde liikumisega on pidevas muutumises ka kaevandamisega kaasnevate häiringute intervallid. Seetõttu on vajalik pidev keskkonnahäiringute nagu tolmu, müra ja vibratsioonide leviku mõõtmisi nii karjääri piiril kui lähimate elamute läheduses.

Vastavalt Eesti Vabariigi määrusele nr 223 „Maavarade kaevandamisele esitatavad töötervishoiu ja tööohutuse nõuded“ tuleb täita tööohutuse nõuded, milles määratakse tööandja ja töötajate kohustused kaevandamisega tegelevas ettevõttes. Seeläbi tuleb kõikide liikuvate masinate liikuma hakkamisel ja töö lõpetamisel anda vastavaid helisignaale, millest peavad kõik ettevõtte töölised instrueeritud olema. [53]

5.4. Karjääri sulgemine ja korrastamine

Karjääri korrastamine teostatakse vastavalt Eesti Vabariigi seadusele „Maapõueseadus“ ning määrusele nr 12 „Uuritud ning kaevandatud maa korrastamise täpsustatud nõuded ja kord, kaevandatud maa korrastamise projekti sisu kohta esitatavad nõuded, kaevandatud maa ning selle korrastamise kohta aruande esitamise kord ja aruande vorm ning maa korrastamise akti sisu ja vorm“ [31][54]. Karjääri korrastamisel on kaks erinevat võimalust. Juhul, kui leitakse veepealse varu lõppemisel, et soovitakse kaevandada ka veealust varu (III plokki), siis on ala mõistlik korrastada veekogust, metsamaaks ning puhkealaks. Veekogu maksimaalne sügvaus oleks umbes 2 m. Kuid antud varianti saaks rakendada alles siis, kui otsustatakse ka väljata III plokk.

Antud töös on eeldatud, et veealust varu ei väljata ning sellega seoses põhjaveetasel ei alandata. Selle tulemusel korrastatakse karjääri astangud sõelmetega selle loomulikukaldenurga järgi (arvestatud jämedateralise liiva loomulikku varingukaldenurka), milleks on 32 kraadi [55]. Lubjakivi purustamise ja sõelumise tulemusena tekib kogutoodangust umbes 25% sõelmeid [33], mis tähendab, et aastas tekib sõelmeid ca 9 500 m³. Sellest 41% on võimalik kasutada karjääri astangute nõlvade tasandamisel ning ülejäänud osa kasutatakse erinevate peeneteraliste killustikkude tarbeks.

Kui karjääri kõik nõlvad on korrastatud, kasutatakse karjääri avamisel vallidesse lükatud kattekihti, mis olemasoleva tehnikaga ühtlaselt karjääri alale transporditakse. Seejärel on võimalik antud alale istutada metskultuure. Kuna ümberringi asub segamets, siis on võimalik karjääri ala taastamiseks maad segametsana taaskasutada, istutades männi- ja kasekultuure, mis on kõige levinuimad kultuurid bioloogilisel korrastamisel.

6. SUUREMÕISA KARJÄÄRI MAJANDUSLIKUD ARVUTUSED

6.1. Tasuvusarvutus

Tasuvusarvutustes võrreldi kolme erineva tehnoloogiaga lubjakaevandamisel tekkivaid kulusid ja tulusid. Tulude arvestamisel kasutati Internetist vabalt kättesaadavaid toodete hindu (erinevad lubjakivikillustiku fraktsioonid) [56], kuid müügi mahtusid arvestati Tariston AS Hiiu maakonna üksuse 2016. aastal müügi mahtudest. Toodete osakaalude kogutulu arvutamisel lähtuti taaskord sama ettevõtte toodetud mahtudest. Tariston AS eelnevate aastate 2013-2016 ning arvutuslik 2017. a toodangumahud ning on välja toodud alljärgnevas tabelis (vt Tabel 16). Tariston AS 2016. a toodangumahud killustiku fraktsioonide kaupa on välja toodud alljärgnevas tabelis (vt Tabel 17). Arvestada tuleb, et ettevõtte arvestab oma toodangut ja müügi mahtusid tonnide põhiselt, siis olulisemates arvutustes on teostatud ümberarvutusi kasutades lubjakivi mahukaalu $2,63 \text{ t/m}^3$.

Tabel 16. Tariston AS Hiiu maakonna 2013-2017 toodangumahud

Hiiu Teed OÜ toodang					
Aasta	2013	2014	2015	2016	2017
Toodang, t	35 000	98 000	40 000	97 000	80 000

Tabel 17. Tariston AS Hiiu maakonna üksuse 2016. a toodangumahud

Hiiu Teed OÜ 2016. toodang		
Killustiku fraktsioon	Toodang, t	Osakaal
0 - 4 mm	1 500	2%
0 - 16 mm	6 000	6%
0 - 32 mm	48 000	49%
0 - 64 mm	27 000	28%
4 - 16 mm	3 600	4%
16 - 32 mm	10 000	10%
Mandrilt osteti 0 - 16 mm	900	1%

Tasuvusarvutustes hinnati erinevate tehnoloogiatega kaevandamisel üldtuntud majanduslikke näitajaid: nüüdispuhasväärtus (NPV), puhaskasum (EBITDA), rahavoogu, diskonteeritud rahavoogu ning diskonteeritud tasuvusaega. Kaalutud keskmiseks kapitali hinnaks (WACC) valiti 11%, mis on ettevõtte poolne soovituslik kasumiprotsent. Kuna arvutustes on kasutatud mandri-Eesti lubjakivikillustiku müügihindasid (ilma käibemaksuta), siis Hiiumaa tingimustesse ümberarvutamiseks kasutati 5% madalamaid müügihindasid.

Tasuvusarvutuses arvestati sellega, et teatud aja tagant peab karjääritehnikat välja vahetama, aga kuna tegemist on hooajalise kaevandamisega, siis on võimalik masinaid kasutada tavapäraselt pikemalt. Tehnoloogia omahind pärineb vastavatest arvutustest, kus arvestati igale tehnoloogiale ainult tehnoloogiline kulu, kus muid kulutusi ei arvestatud, nagu näiteks kaevandamisõiguse tasu. Kuna umbes kuni 2032 kaevandatakse tehnoloogilise lubjakivina arvele võetud varu, siis makstakse mõnevõrra kõrgemat kaevandamisõigusetasu. [57][58]

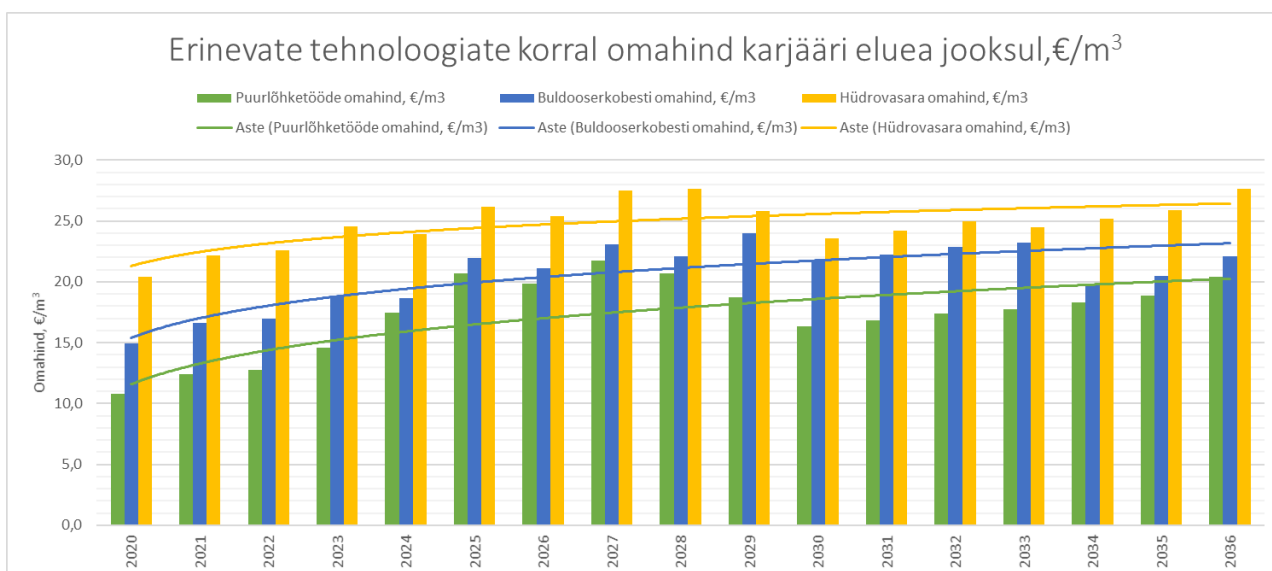
Uute masinate soetamisel on kasvikuks [59] arvestatud 3,5 % aastas (liisingu intress) ning tagasimakseperioodiks viis aastat. Seega on soetatud masina amortisatsioon jagatud viiele aastale. Raha väärtus ajas järjest väheneb ning seda protsessi nimetatakse inflatsiooniks. Selle tõttu on tulevikus arvutusi tehes arvestatud iga-aastase inflatsioonimääraga 2,6%.

Puur-lõhketöödega kaevandamisel saadi arvutuste põhjal aastate 2020 - 2036 EBITDA väärtuseks ca 3,8 mln €, projekti rahavoo väärtuseks ca 1,7 mln €, diskonteeritud rahavoo ning kõige olulisemaks NPV väärtuseks ca 0,5 mln €. Keskmise omahind aastate jooksul on 17,4 €/m³, mis tonnide arvestuses on 6,6 €/t. Diskonteeritud tasuvusajaks saadi 1 aasta ehk pärast esimest kaevandamise aastat on võimalik ettevõttel kasumit teenida. Täpsemad tulemused on välja toodud alljärgnevas tabelis (vt Tabel 18).

Buldooser-kobestiga kaevandamisel saadi arvutuste põhjal aastate 2020 - 2036 EBITDA väärtuseks ca 2,9 mln €, projekti rahavoo väärtuseks ca -0,6 mln €, diskonteeritud rahavoo ning kõige olulisemaks NPV väärtuseks ca -0,8 mln €. Keskmise omahind aastate jooksul on 20,6 €/m³, mis tonnide arvestuses on 7,8 €/t. Antud tehnoloogia puhul ei ole võimalik 17 kaevandamise aasta jooksul ettevõttel kasumit teenida. Täpsemad tulemused on välja toodud alljärgnevas tabelis (vt Tabel 19).

Hüdrovasaraga kaevandamisel saadi arvutuste põhjal aastate 2020 - 2036 EBITDA väärtuseks ca 25 tuh €, projekti rahavoo väärtuseks ca -3,1 mln €, diskonteeritud rahavoo ning kõige olulisemaks NPV väärtuseks ca -2,0 mln €. Keskmise omahind aastate jooksul on 23,7 €/m³, mis tonnide arvestuses on 9,4 €/t. Antud tehnoloogia puhul ei ole võimalik 17 kaevandamise aasta jooksul ettevõtet kasumit teenida. Täpsemad tulemused on välja toodud alljärgnevas tabelis (vt Tabel 20).

Seega tasuvaim tehnoloogia on siiski puur-lõhketööd, kuna see ei eelda kalli raimamise masina soetamist ning selle käituskulusid. Lisaks on planeeritud puur-lõhketööde teenust osta alltöövõtuna. Kokkuvõtlik erinevate tehnoloogiate omahinna muutustest karjääri 17 eluea jooksul on välja toodud järgneval joonisel (vt Joonis 38).



Joonis 38. Erinevate tehnoloogiate korral omahind karjääri eluea jooksul

6.1.1. Puur-lõhketöödega raimamise tasuvusarvutus

Tabel 18. Puur-lõhketöödega lubjakivi raimamise tasuvusarvutus

		Kaevandamisõiguse tasumäär, €/m ³																		
		Kindlaks määratud									Tuletatud eelnevast perioodist									
Kaevandamisõiguse tasu suurenemine aastas 5%		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	
Lubjakivi	Kõrgemargiline	Pajandamine	2,46	2,58	2,71	2,85	2,99	3,14	3,30	3,46	3,63	3,82	4,01	4,21	4,42	4,64	4,87	5,11	5,37	
	Tehnoloogiline		2,62	2,75	2,88	3,03	3,18	3,34	3,51	3,68	3,87	4,06	4,26	4,48	4,70	4,93	5,18	5,44	5,71	
Inflatsioon	%		2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	
Toodangu maht	m ³		38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	24 000
Toodangu maht	t		99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	63 120
Müüdav maht	m ³		34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	22 800
Müüdav maht	t		89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	59 964
Kumulatiivne toodang	m ³		38 000	76 000	114 000	152 000	190 000	228 000	266 000	304 000	342 000	380 000	418 000	456 000	494 000	532 000	570 000	608 000	632 000	
Lubjakivi tüüp			Tehnoloogiline lubjakivi									Ehituslubjakivi								
			KULUD																	
Kaevandamisõiguse tasu	€	0	99 560	104 500	109 440	115 140	120 840	126 920	133 266	139 929	146 926	154 272	161 986	170 085	89 295	83 948	176 290	185 104	194 360	128 891
Investeering	€			233 687		265 650	452 401	520 035		272 596					309 925					
Investeeringute amort	€	0	0	48 373	48 373	103 363	197 010	304 657	256 284	312 711	257 722	164 075	56 427	56 427	64 154	64 154	64 154	64 154	64 154	
PLT tehnoloogia omakulu	€/m ³		8,2	8,4	8,6	8,9	9,1	9,3	9,6	9,8	10,1	10,3	10,6	10,9	11,2	11,4	11,7	12,1	12,4	
PLT tehnoloogia kogukulu	€	35 440	311 600	319 702	328 014	336 542	345 292	354 270	363 481	372 931	382 628	392 576	402 783	413 255	424 000	435 024	446 335	457 939	296 745	
Kulu koos kaevandamisõiguse tasuga	€		411 160	424 202	437 454	451 682	466 132	481 190	496 747	512 861	529 553	546 848	564 769	583 340	597 242	611 314	631 439	652 299	425 636	
PLT karjäärikulud	€/m ³		10,8	11,2	11,5	11,9	12,3	12,7	13,1	13,5	13,9	14,4	14,9	15,4	15,7	16,1	16,6	17,2	17,7	
PLT karjäärikulud	€/t		4,1	4,2	4,4	4,5	4,7	4,8	5,0	5,1	5,3	5,5	5,7	5,8	6,0	6,1	6,3	6,5	6,7	
		TULUD, Alternatiiv II - kogu toodetud lubjakivi müüakse turule																		
Müügihind 0 - 4 mm	€/t	Pajandamine	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9	5,0	
Müügihind 0 - 16 mm	€/t		4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,7	4,8	4,9	5,0	5,2	5,3	5,4	5,6	5,7	5,9	6,0	
Müügihind 0 - 32 mm	€/t		5,5	5,7	5,8	6,0	6,1	6,3	6,4	6,6	6,8	6,9	7,1	7,3	7,5	7,7	7,9	8,1	8,3	
Müügihind 0 - 64 mm	€/t		8,6	8,8	9,0	9,2	9,5	9,7	10,0	10,2	10,5	10,8	11,1	11,3	11,6	11,9	12,2	12,6	12,9	
Müügihind 4 - 16 mm	€/t		10,5	10,7	11,0	11,3	11,6	11,9	12,2	12,5	12,8	13,2	13,5	13,9	14,2	14,6	15,0	15,4	15,8	
Müügihind 16 - 32 mm	€/t		9,7	9,9	10,2	10,5	10,7	11,0	11,3	11,6	11,9	12,2	12,5	12,9	13,2	13,5	13,9	14,2	14,6	
Müügitulu 0 - 4 mm	€		4 625	4 745	4 868	4 995	5 125	5 258	5 395	5 535	5 679	5 827	5 978	6 134	6 293	6 457	6 625	6 797	4 649	
Müügitulu 0 - 16 mm	€		25 788	26 458	27 146	27 852	28 576	29 319	30 082	30 864	31 666	32 489	33 334	34 201	35 090	36 002	36 938	37 899	25 923	
Müügitulu 0 - 32 mm	€		245 247	251 623	258 165	264 877	271 764	278 830	286 080	293 518	301 149	308 979	317 013	325 255	333 712	342 388	351 290	360 424	246 530	
Müügitulu 0 - 64 mm	€		214 062	219 628	225 338	231 197	237 208	243 375	249 703	256 196	262 857	269 691	276 703	283 897	291 278	298 852	306 622	314 594	215 182	
Müügitulu 4 - 16 mm	€		34 884	35 791	36 722	37 677	38 656	39 661	40 692	41 750	42 836	43 950	45 092	46 265	47 468	48 702	49 968	51 267	35 067	
Müügitulu 16 - 32 mm	€		89 853	92 189	94 586	97 046	99 569	102 158	104 814	107 539	110 335	113 204	116 147	119 167	122 265	125 444	128 705	132 052	90 323	
Müügitulu kokku	€		614 459	630 435	646 826	663 644	680 898	698 602	716 765	735 401	754 522	774 139	794 267	814 918	836 106	857 844	880 148	903 032	617 674	
EBITDA			3 760 374	-35 440	203 299	206 233	209 372	211 961	214 766	217 412	220 019	222 541	224 968	227 291	229 498	231 578	238 864	246 531	248 709	250 733
EBITDA kumulatiivne			-35 440	167 859	374 092	583 465	795 426	1 010 192	1 227 604	1 447 623	1 670 163	1 895 132	2 122 423	2 351 921	2 583 499	2 822 362	3 068 893	3 317 603	3 568 336	3 760 374
Projekti rahavoog		1 706 080	-35 440	203 299	-27 454	209 372	-53 689	-237 635	-302 623	220 019	-50 055	224 968	227 291	229 498	231 578	-71 061	246 531	248 709	250 733	192 038
Projekti kumulatiivne rahavoog			-35 440	167 859	140 405	349 778	296 089	58 454	-244 169	-24 150	-74 206	150 763	378 054	607 552	839 130	768 068	1 014 599	1 263 309	1 514 042	1 706 080
Projekti aasta			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Diskonteeritud rahavoog		502 257	-35 440	183 152	-22 282	153 091	-35 366	-141 025	-161 795	105 974	-21 720	87 946	80 048	72 816	66 194	-18 299	57 194	51 981	47 211	32 576
Diskonteeritud kumulatiivne rahavoog			-35 440	147 712	125 430	278 521	243 155	102 130	-59 664	46 309	24 589	112 535	192 583	265 399	331 594	313 294	370 488	422 470	469 681	502 257
Projekt			Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	
WACC		11%																		
Projekti NPV, €		502 257 €																		
Projekti eluiga, aastat		18																		
Diskonteeritud tasuvusaeg, aastat		1																		
	a	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	KESKMINE
Omahind	€/m ³	-	10,8	12,4	12,8	14,6	17,5	20,7	19,8	21,7	20,7	18,7	16,3	16,8	17,4	17,8	18,3	18,9	20,4	17,4
Omahind	€/t	-	4,1	4,7	4,9	5,6	6,6	7,9	7,5	8,3	7,9	7,1	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2	7,8	6,6

6.1.2. Buldooser-kobestiga raimamise tasuvusarvutus

Tabel 19. Buldooser-kobestiga lubjakivi raimamise tasuvusarvutus

		Kaevandamisõiguse tasumäär, €/m ³																			
		Kindlaks määratud						Tuletatud eelnevast perioodist													
Kaevandamisõiguse tasu suurenemine aastas 5%		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036		
Lubjakivi	Kõrgemargiline	Pajandamine	2,46	2,58	2,71	2,85	2,99	3,14	3,30	3,46	3,63	3,82	4,01	4,21	4,42	4,64	4,87	5,11	5,37		
	Tehnoloogiline		2,62	2,75	2,88	3,03	3,18	3,34	3,51	3,68	3,87	4,06	4,26	4,48	4,70	4,93	5,18	5,44	5,71		
Inflatsioon	%		2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%		
Toodangu maht	m ³		38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000		
Toodangu maht	t		99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940		
Müüdav maht	m ³		34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200		
Müüdav maht	t		89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946		
Kumulatiivne toodang	m ³		38 000	76 000	114 000	152 000	190 000	228 000	266 000	304 000	342 000	380 000	418 000	456 000	494 000	532 000	570 000	608 000	632 000		
Lubjakivi tüüp			Tehnoloogiline lubjakivi												Ehituslubjakivi						
			KULUD																		
Kaevandamisõiguse tasu	€		0	99 560	104 500	109 440	115 140	120 840	126 920	133 266	139 929	146 926	154 272	161 986	170 085	89 295	83 948	176 290	185 104	194 360	128 891
Investeering	€		558 000		233 687		265 650	452 401	520 035		272 596		721 287			309 925					
Amordi vahesumma	€		111 600	111 600	158 337	158 337	211 467	190 348	294 355	247 617	302 136	249 006	302 784	198 777	198 777	206 242	206 242	61 985	61 985	61 985	
Liisingu intress	%		4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	
Investeeringute amort	€		115 506	115 506	163 879	163 879	218 869	197 010	304 657	256 284	312 711	257 722	313 381	205 734	205 734	213 461	213 461	64 154	64 154	64 154	
Buldooserkobesti tehnoloogia omakulu	€/m ³		0,26	9,3	9,5	9,8	10,0	10,3	10,6	10,8	11,1	11,4	11,7	12,0	12,3	12,7	13,0	13,3	13,7	14,0	
Buldooserkobesti tehnoloogia kogukulu	€		11 518	353 400	362 588	372 016	381 688	391 612	401 794	412 241	422 959	433 956	445 239	456 815	468 692	480 878	493 381	506 209	519 370	336 552	
Kulu koos kaevandamisõiguse tasuga	€			452 960	467 088	481 456	496 828	512 452	528 714	545 507	562 888	580 881	599 511	618 800	638 777	654 120	669 671	691 313	713 730	465 443	
Buldooserkobestiga karjäärikulud	€/m ³		11,9	12,3	12,7	13,1	13,5	13,9	14,4	14,8	15,3	15,8	16,3	16,8	17,2	17,6	18,2	18,8	19,4		
Buldooserkobestiga karjäärikulud	€/t		4,5	4,7	4,8	5,0	5,1	5,3	5,5	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,5	6,7	6,9	7,1	7,4		
		TULUD, Alternatiiv II - kogu toodetud lubjakivi müüakse turule																			
Müügihind 0 - 4 mm	€/t	Pajandamine	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9	5,0		
Müügihind 0 - 16 mm	€/t		4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,7	4,8	4,9	5,0	5,2	5,3	5,4	5,6	5,7	5,9	6,0		
Müügihind 0 - 32 mm	€/t		5,5	5,7	5,8	6,0	6,1	6,3	6,4	6,6	6,8	6,9	7,1	7,3	7,5	7,7	7,9	8,1	8,3		
Müügihind 0 - 64 mm	€/t		8,6	8,8	9,0	9,2	9,5	9,7	10,0	10,2	10,5	10,8	11,1	11,3	11,6	11,9	12,2	12,6	12,9		
Müügihind 4 - 16 mm	€/t		10,5	10,7	11,0	11,3	11,6	11,9	12,2	12,5	12,8	13,2	13,5	13,9	14,2	14,6	15,0	15,4	15,8		
Müügihind 16 - 32 mm	€/t		9,7	9,9	10,2	10,5	10,7	11,0	11,3	11,6	11,9	12,2	12,5	12,9	13,2	13,5	13,9	14,2	14,6		
Müügitulu 0 - 4 mm	€		4 625	4 745	4 868	4 995	5 125	5 258	5 395	5 535	5 679	5 827	5 978	6 134	6 293	6 457	6 625	6 797	4 649		
Müügitulu 0 - 16 mm	€		25 788	26 458	27 146	27 852	28 576	29 319	30 082	30 864	31 666	32 489	33 334	34 201	35 090	36 002	36 938	37 899	25 923		
Müügitulu 0 - 32 mm	€		245 247	251 623	258 165	264 877	271 764	278 830	286 080	293 518	301 149	308 979	317 013	325 255	333 712	342 388	351 290	360 424	246 530		
Müügitulu 0 - 64 mm	€		214 062	219 628	225 338	231 197	237 208	243 375	249 703	256 196	262 857	269 691	276 703	283 897	291 278	298 852	306 622	314 594	215 182		
Müügitulu 4 - 16 mm	€		34 884	35 791	36 722	37 677	38 656	39 661	40 692	41 750	42 836	43 950	45 092	46 265	47 468	48 702	49 968	51 267	35 067		
Müügitulu 16 - 32 mm	€		89 853	92 189	94 586	97 046	99 569	102 158	104 814	107 539	110 335	113 204	116 147	119 167	122 265	125 444	128 705	132 052	90 323		
Müügitulu kokku	€		614 459	630 435	646 826	663 644	680 898	698 602	716 765	735 401	754 522	774 139	794 267	814 918	836 106	857 844	880 148	903 032	617 674		
EBITDA			2 928 024	-11 518	161 499	163 346	165 371	166 816	168 446	169 888	171 259	172 513	173 640	174 629	175 467	176 141	181 986	188 174	188 835	189 302	152 231
EBITDA kumulatiivne				-11 518	149 981	313 327	478 698	645 514	813 960	983 848	1 155 107	1 327 620	1 501 260	1 675 889	1 851 355	2 027 496	2 209 482	2 397 656	2 586 491	2 775 793	2 928 024
Projekti rahavoog			-610 759	-569 518	-43 703	-70 341	165 371	-98 834	-283 955	-350 147	171 259	-100 083	173 640	-546 658	175 467	176 141	-127 939	188 174	188 835	189 302	152 231
Projekti kumulatiivne rahavoog				-569 518	-613 221	-683 562	-518 191	-617 025	-900 980	-1 251 127	-1 079 868	-1 179 951	-1 006 311	-1 552 969	-1 377 503	-1 201 362	-1 329 301	-1 141 127	-952 292	-762 990	-610 759
Projekti aasta				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Diskonteeritud rahavoog		-833 804	-569 518	-39 372	-57 090	120 917	-65 105	-168 513	-187 203	82 488	-43 429	67 880	-192 525	55 673	50 348	-32 946	43 655	39 467	35 644	25 823	
Diskonteeritud kumulatiivne rahavoog			-569 518	-608 890	-665 980	-545 063	-610 168	-778 681	-965 884	-883 396	-926 824	-858 944	-1 051 469	-995 796	-945 448	-978 394	-934 739	-895 271	-859 627	-833 804	
Projekt			Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	
WACC		11%																			
Projekti NPV, €			-833 804 €																		
Projekti eluiga, aastat			18																		
Diskonteeritud tasuvusaeg, aastat			Puudub																		
		a	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	KESKMINNE
Omahind	€/m ³		2,9	15,0	16,6	17,0	18,8	18,7	21,9	21,1	23,0	22,1	24,0	21,7	22,2	22,8	23,2	19,9	20,5	22,1	20,6
Omahind	€/t		-	5,7	6,3	6,5	7,2	7,1	8,3	8,0	8,8	8,4	9,1	8,3	8,5	8,7	8,8	7,6	7,8	8,4	7,8

6.1.3. Hüdrosaraga raimamise tasuvusarvutus

Tabel 20. Hüdrosaraga lubjakivi raimamise tasuvusarvutus

		Kaevandamisõiguse tasumäär, €/m ³																			
		2019	Kindlaks määratud						Tuletatud eelnevast perioodist												
			2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036		
Kaevandamisõiguse tasu suurenemine aastas 5%																					
Lubjakivi	Kõrgemargiline		2,46	2,58	2,71	2,85	2,99	3,14	3,30	3,46	3,63	3,82	4,01	4,21	4,42	4,64	4,87	5,11	5,37		
	Tehnoloogiline		2,62	2,75	2,88	3,03	3,18	3,34	3,51	3,68	3,87	4,06	4,26	4,48	4,70	4,93	5,18	5,44	5,71		
Inflatsioon	%		2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%		
Toodangu maht	m ³		38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	38 000	24 000		
Toodangu maht	t		99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	99 940	63 120		
Müüdav maht	m ³		34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	34 200	22 800		
Müüdav maht	t		89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	89 946	59 964		
Kumulatiivne toodang	m ³		38 000	76 000	114 000	152 000	190 000	228 000	266 000	304 000	342 000	380 000	418 000	456 000	494 000	532 000	570 000	608 000	632 000		
Lubjakivi tüüp			Tehnoloogiline lubjakivi												Ehituslubjakivi						
			KULUD																		
Kaevandamisõiguse tasu	€	0	99 560	104 500	109 440	115 140	120 840	126 920	133 266	139 929	146 926	154 272	161 986	170 085	89 295	83 948	176 290	185 104	194 360	128 891	
Investeering	€	670 500	205 202	233 687		265 650	452 401	520 035	520 035	520 035	188 981				309 925						
Investeeringute amort	€	138 794	181 270	229 644	229 644	284 633	239 487	304 657	256 284	363 931	348 061	254 414	146 766	146 766	103 274	64 154	64 154	64 154	64 154		
Hüdrosaraga tehnoloogia omakulu	€/m ³		13	13,3	13,7	14,0	14,4	14,8	15,2	15,6	16,0	16,4	16,8	17,2	17,7	18,1	18,6	19,1	19,6		
Hüdrosaraga tehnoloogia kogukulu	€	35 440	494 000	506 844	520 022	533 543	547 415	561 647	576 250	591 233	606 605	622 377	638 558	655 161	672 195	689 672	707 604	726 001	470 449		
Kulu koos kaevandamisõiguse tasuga	€		593 560	611 344	629 462	648 683	668 255	688 567	709 516	731 162	753 531	776 649	800 544	825 246	845 437	865 962	892 708	920 361	599 340		
Hüdrosaraga karjäärikulud	€/m ³		15,6	16,1	16,6	17,1	17,6	18,1	18,7	19,2	19,8	20,4	21,1	21,7	22,2	22,8	23,5	24,2	25,0		
Hüdrosaraga karjäärikulud	€/t		5,9	6,1	6,3	6,5	6,7	6,9	7,1	7,3	7,5	7,8	8,0	8,3	8,5	8,7	8,9	9,2	9,5		
			TULUD, Alternatiiv II - kogu toodetud lubjakivi müüakse turule																		
Müügihind 0 - 4 mm	€/t		3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9	5,0		
Müügihind 0 - 16 mm	€/t		4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,7	4,8	4,9	5,0	5,2	5,3	5,4	5,6	5,7	5,9	6,0		
Müügihind 0 - 32 mm	€/t		5,5	5,7	5,8	6,0	6,1	6,3	6,4	6,6	6,8	6,9	7,1	7,3	7,5	7,7	7,9	8,1	8,3		
Müügihind 0 - 64 mm	€/t		8,6	8,8	9,0	9,2	9,5	9,7	10,0	10,2	10,5	10,8	11,1	11,3	11,6	11,9	12,2	12,6	12,9		
Müügihind 4 - 16 mm	€/t		10,5	10,7	11,0	11,3	11,6	11,9	12,2	12,5	12,8	13,2	13,5	13,9	14,2	14,6	15,0	15,4	15,8		
Müügihind 16 - 32 mm	€/t		9,7	9,9	10,2	10,5	10,7	11,0	11,3	11,6	11,9	12,2	12,5	12,9	13,2	13,5	13,9	14,2	14,6		
Müügitulu 0 - 4 mm	€		4 625	4 745	4 868	4 995	5 125	5 258	5 395	5 535	5 679	5 827	5 978	6 134	6 992	6 457	6 625	6 797	4 649		
Müügitulu 0 - 16 mm	€		25 788	26 458	27 146	27 852	28 576	29 319	30 082	30 864	31 666	32 489	33 334	34 201	35 090	36 002	36 938	37 899	25 923		
Müügitulu 0 - 32 mm	€		245 247	251 623	258 165	264 877	271 764	278 830	286 080	293 518	301 149	308 979	317 013	325 255	333 712	342 388	351 290	360 424	246 530		
Müügitulu 0 - 64 mm	€		214 062	219 628	225 338	231 197	237 208	243 375	249 703	256 196	262 857	269 691	276 703	283 897	291 278	298 852	306 622	314 594	215 182		
Müügitulu 4 - 16 mm	€		34 884	35 791	36 722	37 677	38 656	39 661	40 692	41 750	42 836	43 950	45 092	46 265	47 468	48 702	49 968	51 267	35 067		
Müügitulu 16 - 32 mm	€		89 853	92 189	94 586	97 046	99 569	102 158	104 814	107 539	110 335	113 204	116 147	119 167	122 265	125 444	128 705	132 052	90 323		
Müügitulu kokku	€		614 459	630 435	646 826	663 644	680 898	698 602	716 765	735 401	754 522	774 139	794 267	814 918	836 805	857 844	880 148	903 032	617 674		
EBITDA		24 615	-35 440	20 899	19 091	17 364	14 961	12 644	10 034	7 249	4 239	991	-2 509	-6 277	-10 328	-8 632	-8 118	-12 560	-17 329	18 334	
EBITDA kumulatiivne			-35 440	-14 541	4 550	21 914	36 875	49 519	59 553	66 803	71 042	72 033	69 524	63 247	52 919	44 287	36 169	23 610	6 281	24 615	
Projekti rahavoog		-3 861 836	-705 940	-184 303	-214 596	17 364	-250 689	-439 757	-510 001	-512 786	-515 796	-187 990	-2 509	-6 277	-10 328	-318 557	-8 118	-12 560	-17 329	18 334	
Projekti kumulatiivne rahavoog			-705 940	-890 243	-1 104 839	-1 087 475	-1 338 164	-1 777 921	-2 287 922	-2 800 707	-3 316 503	-3 504 493	-3 507 002	-3 513 279	-3 523 607	-3 842 164	-3 850 282	-3 862 841	-3 880 170	-3 861 836	
Projekti aasta			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Diskonteeritud rahavoog		-2 369 048	-705 940	-166 039	-174 171	12 697	-165 137	-260 974	-272 667	-246 988	-223 817	-73 490	-884	-1 992	-2 952	-82 033	-1 883	-2 625	-3 263	3 110	
Diskonteeritud kumulatiivne rahavoog			-705 940	-871 979	-1 046 150	-1 033 453	-1 198 590	-1 459 564	-1 732 231	-1 979 219	-2 203 036	-2 276 526	-2 277 410	-2 279 402	-2 282 354	-2 364 387	-2 366 270	-2 368 895	-2 372 158	-2 369 048	
Projekt			Ettevalm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	Tootm	
WACC		11%																			
Projekti NPV, €		-2 369 048 €																			
Projekti eluiga, aastat		18																			
Diskonteeritud tasuvusaeg, aastat		Puudub																			
		a	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	KESKMINE
Omahind	€/m ³		3,9	20,4	22,1	22,6	24,6	23,9	26,1	25,4	28,8	29,0	27,1	24,9	25,6	25,0	24,5	25,2	25,9	27,6	24,0
Omahind	€/t		-	7,8	8,4	8,6	9,3	9,1	9,9	9,7	11,0	11,0	10,3	9,5	9,7	9,5	9,3	9,6	9,9	10,5	9,6

KOKKUVÕTE

Hiiu vallale ning suurimale kaevandajale, Tariston AS Hiiu maakonna üksusele on selge, et killustiku tootmiseks sobiliku kruusa varud on lõppemas ning nende asendamiseks tuleks avada lubjakivikarjäär. Kruusast killustiku tootmise negatiivne pool on veel see, et killustiku kvaliteet on väga varieeruv, mida oleks lubjakivikillustikuga oluliselt lihtsam tagada.

Maavara füüsikalise-keemilised omadused vastavad kõigis kolmes lubjakivimaardlas killustiku tootmiseks esitatud nõuetele, kuigi Paluküla maardla lubjakivi negatiivseks pooleks on purustus, mille põhjustas Kärddla meteoriid. Maavara uurituse järgi võiks väita, et kõik kolm maardlat sobivad nii keemiliste kui ka füüsikaliste parameetrite järgi. Seega lähtuti maardla valimisel keskkonnakaitselistest ja muudest karjääri rajamist takistavatest teguritest.

Koheselt oli võimalik tuvastada, et Ninametsa maardla on ümbritsetud looduskaitsealaga ning karjäärist materjali väljavedu antud tingimustes oleks võimatu. Lisaks takistas antud maardla kasutuselevõttu maardla väike lubjakivivaru maht, mis jääks põhjaveetasemest ülespoole. Nende asjaolude tõttu antud maardlat poleks mõistlik kasutusele võtta.

Paluküla maardla puhul loobuti varu arvutamisest, kuna looduskaitsealased piirangud olid väga kergesti tuvastatavad, mis muudavad antud ala karjääriks ebasobilikuks. Lisaks looduskaitselele takistustele asub veel osa Paluküla maardla aktiivsest tarbevarust Paluküla kiriku ja tööstushoonete all. Samuti on maardlale rajatud terviserada.

Kolmanda maardla, Suuremõisa maardla kasutuselevõttu ei sega looduskaitseala ega ka looduskaitsealased objektid, kuna maardla piires on võimalik kaevandatavat ala valida. Seega valitigi just sobilikuks maardlaks Suuremõisa, kuna antud ala oli kolmest ainuke, kuhu oleks võimalik karjäär rajada. Lisaks on karjäärist materjali väljavedu võimalik korraldada väga hõlpsalt. Maardla lõikab kaheks osaks elektriliin 1 - 20 kV võimsusega. Kaevandatava ala suurus valiti maksimaalne arvestades lähedal asuvat Hilleste-Hellamaa kruuskattega kõrvalmaanteed, elektriliine ja looduskaitsealaseid objekte. Valitud karjääriks sobiliku ala lubjakivi mahuks saadi ligi 630 tuhat m³ (varu ülevalpool põhjaveetasest), millest jätkuks Hiiumaale vähemalt 17. aastaks (eeldades, et viimase viie aasta maksimaalne maht kaevandataks igal aastal), kuid tõenäoliselt veelgi pikemaks ajaks.

Karjääri sobiliku tehnoloogia leidmisel analüüsi ja võrreldi omavahel kolme tehnoloogia positiivseid ja negatiivseid külgi (sh sobilikkus lubjakiviga ja majanduslik kasu). Võrreldavateks tehnoloogiateks olid puur-lõhketööd, buldooser-kobestiga ning hüdrovasaraga raimamine. Tehnoloogiliselt on võimalik kõigi kolme tehnoloogiaga raimata Suuremõisa karjääri lubjakivi. Selle tõttu tuli võrrelda põhjalikult nende tehnoloogiate kaevandamismaksumusi, mille tulemusel oli selgelt kõige soodsam kasutusele võtta puur-lõhketööd (kaevandamise omahind 6,6 €/t).

Seega leiti antud töö raames lubjakivi kaevandamiseks sobilik maardla, visandati maardlasse karjäär ning leiti kõige odavam viis antud karjääris raimamiseks. Töö autor usub, et antud töö on suureks abiks Tariston AS Hiiu maakonna üksusele lubjakivikarjääri avamiseks Hiiumaal.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] Hiiu maakonna maakonnaplaneering. (2010). / Koost A. Pere. Hiiumaa: Hiiu Maavalitsus.
- [2] Reinsalu, E. (2011). Eesti mäendus : õpik kõrgkoolidele. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool.
- [3] Üldgeoloogilise uurimistöo ja maavara geoloogilise uuringu tegemise kord. (2005). – *Riigi Teataja* L 2005, 60, 866. <https://www.riigiteataja.ee/akt/905848> (01.04.2017)
- [4] Ordoviitsium Eestis ja Lõuna-Soomes. – *Geoturism Eestis ja Lõuna-Soomes*. <http://www.geoeducation.info/geoturism/ordoviitsium.php> (01.04.2017)
- [5] Lubjakivi ja dolomiit. – *Tartu Ülikooli Geoloogiamuuseum*. <http://www.ut.ee/BGGM/maavara/lubjakivi.html> (01.04.2017)
- [6] Elvre, I., Mägi, S. (1960). Suuremõisa lubjamaardla detailse geoloogilise luure aruanne : EGF 1520. Kd. 1-2. Kiiu: ENSV Ministrite Nõukogu Geoloogia ja Maapõuevarade Kaitse Valitsus.
- [7] Eesti kaardi rakendus. – *Maa-ameti Geoportaal*. <http://xgis.maaamet.ee/xGIS/XGIS> (01.04.2017)
- [8] Teeregistri aruanded. – *Riiklik Teeregister*. <https://teeregister.riik.ee/mnt/index/net.do> (01.04.2017)
- [9] Truu, M. (2013). Hiiu maakonna kruusakarjäärade materjalide omaduste ja vajaduste analüüs. Tallinn: Teede Tehnokeskus AS.
- [10] Riigihangete register. – *E-riigihangete keskkond*. https://riigihanked.riik.ee/register/?locale=et_EE (01.04.2017)
- [11] Vanamölder, A., Pulver, B., Orro, E. (2011). Eesti ehitusmaavarade nõudluse prognoos aastateks 2012-2020. Tallinn: Eesti Konjunkturiinstituut. <https://www.envir.ee/sites/default/files/ehitusmaavaradeprognoos2012-20.pdf> (01.04.2017)
- [12] Tee ehitamise kvaliteedi nõuded. (2015). – *Riigi Teataja* I, 08.04.2016, 4. <https://www.riigiteataja.ee/akt/108042016004> (01.04.2017)
- [13] Tee-ehitusmaterjalidele ja -toodetele esitatavad nõuded ja nende nõuetele vastavuse tõendamise kord. (2014). – *Riigi Teataja* I, 08.04.2016, 5. <https://www.riigiteataja.ee/akt/108042016005?leiaKehtiv> (01.04.2017)
- [14] Ehitustöodel ja tee-ehituses kasutatavad sidumata ja hüdrauliliselt seotud täitematerjalid. – *Eesti Standardikeskus* EVS-EN 13242:2006+A1:2008. <https://www.evs.ee/tooted/evs-en-13242-2006+a1-2008> (01.04.2017)
- [15] Asfaltsegude ning teede, lennuväljade ja muude liiklusalade pindamiskihtide täitematerjalid. – *Eesti Standardikeskus* EVS-EN 13043:2004. <https://www.evs.ee/tooted/evs-en-13043-2004> (01.04.2017)
- [16] Sidumata segud : spetsifikatsioonid. – *Eesti Standardikeskus* EVS-EN 13285:2010. <https://www.evs.ee/tooted/evs-en-13285-2010> (01.04.2017)

- [17] Paekillustiku tootekirjeldus. – OÜ *Eesti Killustik*. <http://www.eestikillustik.ee/tootekirjeldused>. (01.04.2017)
- [18] Suuroja, K-M., Aibast, M. (1993). Ninametsa lubjakivi leiukohta uuringutööde aruanne : EGF 4697. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus.
- [19] Kupits, K. (2011). Ninametsa lubjakivikarjääri rajamise ja töötamisega kaasneva keskkonnamõju hindamise programm. Tallinn: AS Maves.
- [20] Põllo, H., Telvik, A., Mäeots, E. (2015). Hiiumaa : loodus, aeg, inimene. Kärdla: MTÜ Hiiumaa Teabekapital.
- [21] Suuroja, K-M., Mardim, T., Kadastik, E., jt. (1994). Hiiumaa komplekse geoloogilise kaardistamise mõõtkavas 1:50 000 aruanne : EGF 4696. Kd 1-2. Keila: Eesti Geoloogiakeskus.
- [22] Suuroja, K-M. (2008). Kärdla meteoriidikraater. Tallinn: GeoTrail.
- [23] Кала, Э., Сууроя, К-М., Петерсель, В. (1974). Геологическая записка для составления технико-экономического обоснования освоения месторождения гранитоидов Палукюла : ЭГФ Но 3295. Том 1-2. Кейла: Министерство Геологии СССР.
- [24] Кала, Э., Сууроя, К-М., Тасса, В. (1976). Отчет о предварительной разведке гранитоидов месторождения Палукюла: ЭГФ Но 3423. Том 1-2. Кейла: Министерство Геологии СССР.
- [25] Hiiumaa Hilleste lubjakivikarjääri jääkvaru arvutuse seletuskiri : EGF 5992. (1998). / Koost T. Maantee. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus.
- [26] Ehitusseadustik. (2017). – *Riigi Teataja* I, 25.01.2017, 7. <https://www.riigiteataja.ee/akt-/125012017007> (01.04.2017)
- [27] Ehitise kaitsevööndi ulatus, kaitsevööndis tegutsemise kord ja kaitsevööndi tähistusele esitatavad nõuded. (2015). – *Riigi Teataja* I, 28.06.2015, 4. <https://www.riigiteataja.ee/akt/128062015004> (01.04.2017)
- [28] Looduskaitseeadus. (2004). – *Riigi Teataja* I, 10.11.2016, 9. <https://www.riigiteataja.ee/akt/110112016009> (01.04.2017)
- [29] Üldgeoloogilise uurimistöö loa, geoloogilise uuringu loa ja maavara kaevandamise loa taotluse esitamise kord ning taotluse vorm ja täpsustatud nõuded taotluse kohta ning üldgeoloogilise uurimistöö loa, geoloogilise uuringu loa ja maavara kaevandamise loa vorm. (2017). – *Riigi Teataja* I, 25.01.2017, 10. <https://www.riigiteataja.ee/akt-/125012017010> (01.04.2017)
- [30] Reinsalu, E. (2013). Eesti mäendus II : õpik geotehnoloogia magistrantidele ja doktorantidele. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool.
- [31] Maapõueseadus. (2016). – *Riigi Teataja* I, 10.11.2016, 1. <https://www.riigiteataja.ee/akt-/110112016001> (01.04.2017)
- [32] Crushing and screening handbook. – *Metso Minerals*. [http://www.academia.edu/31140121/Crushing and Screening Handbook](http://www.academia.edu/31140121/Crushing_and_Screening_Handbook) (01.04.2017)
- [33] Kaevandamise jääkmaterjalide kasutusvõimaluste uuring. (2014). / Koost S. Sillamäe. Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkool.
- [34] Tomberg, T. (1998). Lõhketööd. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool.

- [35] Tomberg, T. (2013). Aine Lõhketööd loengumaterjalid. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool.
- [36] Lõhketöö projektile esitatavad nõuded. (2005). *Riigi Teataja* L 2005, 63, 910. <https://www.riigiteataja.ee/akt/12962191> (01.04.2017)
- [37] Price List : United Kingdom. (2011). – *Orica Mining Services*. <https://www.oricaminingservices.com/uploads/UK/Customer%20Price%20List%20Std%202011-04.pdf> (01.04.2017)
- [38] Price List : United Kingdom. (2016). – *Orica Mining Services*. https://www.oricaminingservices.com/uploads/UK/Price%20list%20UK_en_2016-03-30_A5%20low.pdf (01.04.2017)
- [39] Price List : Asia Pacific. (2014). - *Dyno Nobel*. http://www.dynonobel.com/apac/~media/Files/Dyno/ResourceHub/Price%20Lists/Price%20List%202014_DNAP.pdf (01.04.2017)
- [40] Rajpot, M.-A. (2009). The effect of fragmentation specification on blasting cost : Master thesis. Kingston: University of Queen's.
- [41] Puur-lõhketööde tüüpprojekt Tondi-Väo karjääris lubjakivi kobestamiseks kinnistu Lagedi tee poolses osas. / Koost J. Järvet. Saku: OÜ Balrock.
- [42] Metrotrak 900x600 jaw crusher. – *Terex – Pegson*. <http://www.setantamachinery.com/wp-content/uploads/2011/11/Pegson-metrotrak-specs.pdf> (01.04.2017)
- [43] Powerscreen 1000SR cone crusher. – *Terex - Pegson*. <http://www.scpm-international-concassage.com/powerscreen/CATALOGUE-1000-SR-MAXTRAK-PEGSON.pdf> (01.04.2017)
- [44] Komatsu D155AX. – *Komatsu America Corp*. http://www.komatsuamerica.com/~media/komatsu/images/equipment/dozers/dozers-261-500/d155ax-8/d155ax-8_back.ashx?h=444&la=en&w=980&hash=2A1A5A5A3D26D8CB8C1F35CF0E48A121AF95DCCD (01.04.2017)
- [45] Reinsalu, E., Anepaio, A., Lüütre, E., jt. (2014). Nõrkade kihiliste kivimite tugevusomadused. - *XIII Mäekonverents „Mäenduse strateegiline planeerimine“, 9. mai 2014, Rakvere, Eesti*. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2014, 36-65.
- [46] Clark, P-B. (1996). Rock mass and rippability evaluation for a proposed open pit mine at Globe – Progress, near Reefton : Master thesis. Christchurch: University of Canterbury.
- [47] Handbook of ripping. (2000). 12th ed. – *Caterpillar Inc*. http://www.dot.ca.gov/hq/esc-geotech/references/Rock_Cut_Slope_References/31_Handbook_of_Ripping_Caterpillar.pdf (01.04.2017)
- [48] Volvo excavator hydraulic hammers. – *Volvo Construction Equipment*. https://www.volvoce.com/SiteCollectionDocuments/VCE/Documents%20Global/others/brochureHammer_22D1001945_2007-03.pdf (01.04.2017)
- [49] Price List : North America. (2014). – *Volvo Construction Equipment*. <https://procure.ohio.gov/PriceList/7751501709revpricelist.pdf> (01.04.2017)
- [50] Meteoroloogilised andmed : vastus päringule nr 2-10/17/161. (2017). / Koost I. Saaremäe. Tallinn: Keskkonnagentuur.
- [51] Koguva lubjakivikarjääri maavara kaevandamise luba. (2015). / Koost K. Lotman. Tallinn: Keskkonnaamet.

- [52] Partsi VII kruusakarjääri keskkonnamõju hindamise eelhindang. (2016). Tallinn: Keskkonnaamet.
- [53] Maavarade kaevandamisele esitatavad töötervishoiu ja tööohutuse nõuded. (2004). – *Riigi Teataja* I, 08.04.2015, 6. <https://www.riigiteataja.ee/akt/108042015006> (01.04.2017)
- [54] Uuritud ning kaevandatud maa korrastamise täpsustatud nõuded ja kord, kaevandatud maa korrastamise projekti sisu kohta esitatavad nõuded, kaevandatud maa ning selle korrastamise kohta aruande esitamise kord ja aruande vorm ning maa korrastamise akti sisu ja vorm. (2017). *Riigi Teataja* I, 08.04.2017, 5. <https://www.riigiteataja.ee/akt-/108042017005> (01.04.2017)
- [55] Reinsalu, E. (2016). Eesti mäendus III : diplomeeritud mäeinseneri õpik. Võrguteavik. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool. – *TTÜR Digikogu* <https://digi.lib.ttu.ee/i/?4611> (01.04.2017)
- [56] Killustiku hinnakiri. – *Veoton Servis*. <http://veoton.ee/killustik/> (01.04.2017)
- [57] Keskkonnatasude seadus. (2005). – *Riigi Teataja* I, 10.11.2016, 6. <https://www.riigiteataja.ee/akt/110112016006> (01.04.2017)
- [58] Riigile kuuluva maavara kaevandamisõiguse tasumäärad. (2016). *Riigi Teataja* I, 09.07.2016, 26. <https://www.riigiteataja.ee/akt/109072016026> (01.04.2017)
- [59] Reinsalu, E. (2008). Mäemajandus : parandatud ja kommenteeritud elektrooniline teavik. Võrguteavik. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool. – *TTÜR Digikogu* <https://digi.lib.ttu.ee/-i/?164> (01.04.2017)

LISAD

LISA 1

Ninametsa lubjakivimaardla fotod



Joonis 39. Ninametsa lubjakivimaardla kaevandatava osa maa-ala, mis on juba paljandatud. Olemas on ka kasutatavad metsateed. Foto on tehtud põhja suunas. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 13.10



Joonis 40. Ninametsa lubjakivimaardla kaevandatav osa maa-ala. Foto on tehtud kirde suunas Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 13.10



*Joonis 41. Ninametsa
lubjakivimaardla
kaevandatava osa
lähedus merele. Foto:
Erakogu, 29.04.2017
kell 13.14*



*Joonis 42. Ninametsa
lubjakivimaardla
paljandatud
kaevandatava osa
nõlv. Foto: Erakogu,
29.04.2017 kell 13.12*

LISA 2

Paluküla lubjakivimaardla fotod



Joonis 43. Paluküla lubjakivimaardla alal paiknev Paluküla kirik ja elektriliinid. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 11.57



Joonis 44. Paluküla lubjakivimaardla alal paiknev Paluküla kirik ja teised hooned. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 11.57



Joonis 45. Paluküla lubjakivimaardla alal kiriku vahetus läheduses paiknevad hooned. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 11.57



Joonis 46. Paluküla paemurd, kust varasematel aegadel murti lubjakivi. Paemurd ei asu küll maardla alal, vaid selle vahetus läheduses, ca 1,3 km Paluküla kirikust kagu suunas. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 12.07

LISA 3

Suuremõisa lubjakivimaardla fotod



Joonis 47. Suuremõisa lubjakivimaardla osa, kust on kaevandatud, ent praeguseks on kaetud looduskaitsealase alaga. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 11.27



Joonis 48. Suuremõisa lubjakivimaardla osa, kust on kaevandatud, karjäärinõlv. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 11.36



*Joonis 49. Suuremõisa
lubjakivimaardla
kaevandatava osa
maa-ala on kaetud
segametsaga. Foto:
Erakogu, 29.04.2017
kell 11.32*



*Joonis 50. Suuremõisa
lubjakivimaardlani
viiva pinnastee ja
Hilleste-Hellamaa
kruuskattega
kõrvalmaantee
lõikumine. Foto:
Erakogu, 29.04.2017
kell 11.40*



Joonis 51. Suuremõisa lubjakivimaardlani viiv Hilleste-Hellamaa kruuskattega kõrvalmaantee. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 11.41



Joonis 52. Suuremõisa lubjakivimaardlat piirav elektri ülekandeliinide koridor, mis seab kaevandatavale osale piirangud. Foto: Erakogu, 29.04.2017 kell 11.42

LISA 4

Suuremõisa karjääri olemasoleva masinapargi fotod



Joonis 53. Ekskavaator Komatsu PC210, koonuspurusti Pegson Powerscreen SR1000 ja sõeltekompleks Powerscreen Chieftain 2100. Foto: Erakogu, 20.07.2016 kell 14.40



Joonis 54. Ekskavaator Komatsu PC210, lõugpurusti Terex Metrotrak 900x600 ja kopplaadur Liebherr 550. Foto: Erakogu, 17.08.2016 kell 11.42



Joonis 55. Kopplaadur Liebherr 550. Foto: Erakogu, 06.07.2016 kell 10.55



Joonis 56. Kopplaadur Liebherr 556. Foto: Erakogu, 15.08.2016 kell 10.30

LISA 5 Lihtlitsents lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ja reprodutseerimiseks

Mina, Liis Vähejaus, (sünnikuupäev: 19.02.1992)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Lubjakivikarjääri avamine killustiku tootmiseks Hiiu maakonnas“, mille juhendaja on: Mall Orru ja kaasjuhendaja Helena Gailan

1.1 reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

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

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

.....
allkiri

25.05.2017

.....
kuupäev