

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Loodusteaduskond

Geoloogia instituut

Mäeosakond



**PÕLEVKIVI LAADIMIS- JA TARNEVÕIMEKUSE
SUURENDAMINE ESTONIA KAEVANDUSE
PÕLEVKIVILAO NÄITEL**

ID: 1706M

Magistritöö

KAIDI SULP

Juhendaja: PhD Erik Väli, Mäeosakond,
vanemlektor

Maa-teadused ja geotehnoloogia, geotehnoloogia peeriala YAEM14/15

Tallinn 2017

AUTORI DEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev magistritöö on autori iseseisva töö tulemus, kõigile kasutatud allikatele on viidatud. Magistritöö on esitatud Tallinna Tehnikaülikooli Loodusteaduskonna Geoloogia instituudile loodusteaduste magistrikraadi taotlemiseks maa-teadused ja geotehnoloogia eriala, geotehnoloogia peerialal. Selle lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi väljastatud.

Kaidi Sulp

Allkiri ja kuupäev _____

Töö vastab magistritööle esitatavatele nõuetele

Juhendaja Erik Väli

Allkiri ja kuupäev _____

Lubatud kaitsmisele

Kaitsmiskomisjoni esimees _____

Allkiri ja kuupäev _____

ABSTRACT

Over the years, oil shale mining will continue to move further away from existing shale oil plants and power plants. Therefore, the distances between the mine and the consumer will also increase. In addition to this, Estonia's production market condition, it is crucial to be able to respond quickly and increase the loading and delivery capacity of oil shale considerably. Great distances and changes in the market raise the problems with logistics and loading capacity, as an addition to loading and delivery capability. Due to this, the Estonia mine is in a constant need of new, improved, more feasible, faster, safer and more environmentally friendly solutions to transport oil shale to the consumers. However, the delivery capability must be in harmony with loading capability. Neither the producer nor the consumer benefit if the loading capability of a company is greater than the delivery capability, and vice versa. Seeking solutions to these issues was the goal of this Master's Thesis, and the Estonia mine was used as an example.

The first half of this thesis includes the results of the tests carried out at the Estonia oil shale mine. The shortcomings of the loading capacity were determined by timing four different loading methods at the oil shale storage area. The author communicated with the experts of Eenfit Kaevandused Logistika to determine the shortcomings of the delivery capacity.

The second half of this thesis offers theoretical solutions to the shortcomings which were found. As a result of implementing these solutions, both the loading and delivery capability would increase. In the last part of the thesis, the author presents a recommendation regarding the best solution to increasing the loading and delivery capacity based on the current market condition.

The solutions presented in this thesis may also be suitable for use in other companies besides Eenfit Kaevandused AS by fitting the solutions to their specific conditions.

SISUKORD

AUTORI DEKLARATSIOON	2
ABSTRACT	3
SISUKORD	4
LÄHTEÜLESANNE	8
SISSEJUHATUS	9
1. METOODIKA	11
2. ESTONIA KAEVANDUS	12
3. ESTONIA KAEVANDUSE PÕLEVKIVI LAADIMINE POOLVAGUNITESSE JA ÜLEVAADE HETKEOLUKORRAST	14
3.1 Põlevkivi laadimine rikastusvabrikust	14
3.2 Põlevkiviladu ja selle maht	15
3.3 Põlevkivi laadimine põlevkivi laost	17
3.3.1 Kraapkonveieriga laadimine haruteelt nr 7	18
3.3.2 Kahe buldooseriga laadimine haruteelt nr 14	21
3.3.3 Ühe buldooseriga laadimine haruteelt nr 14	24
3.3.4 Kopplaaduriga laadimine haruteelt nr 14	25
3.3.5 Kronometraaži ja poolvagunite täituvuse kokkuvõttev võrdlus	27
4. ENEFIT KAEVANDUSED AS ESTONIA KAEVANDUSEST VÄLJA SAADETAVA PÕLEVKIVI TARNEAHELA ÜLEVAADE JA ÜLDINE RAUDTEEVÕIMEKUS	29
5. VÕIMALIKUD LAHENDUSVARIANDID LAADIMISVÕIMEKUSE SUURENDAMISEKS	31
5.1 Poolvagunite käsitsi üles märkimine	31
5.2 Suured kõikumised poolvagunite kandevõime ja täituvuse vahel	32

5.2.1	Erineva kandevõimega poolvagunite kasutamine ühes veeremis.....	33
5.2.2	Raudteekaalude paigaldamine 7. ja 14. harutee laadimiskohtadele	34
5.2.3	Kaaluga varustatud punkrite paigaldamine 7. ja 14. harutee laadimiskohtadele	35
5.2.4	Kopplaaduri varustamine kaaluga	36
5.3	Buldoosritega täitmisel liiga aeglane poolvagunite edasinihutamine	37
5.4	Kraapkonveieri osaliselt tühjalt töötamine ja sellest tingitud väiksem tootlikkus	39
6.	TARNEVÕIMEKUSE KITSASKOHAD JA VÕIMALIKUD LAHENDUSED TARNEVÕIMEKUSE SUURENDAMISEKS.....	42
6.1	Raudi-Ahtme raudteesõlme rekonstrueerimine, veeremite möödumiseks tasku rajamine	42
6.2	Autovedude kasutamine.....	44
6.3	Konveieri rajamine Estonia kaevandusest Ühendlattu	46
7.	PRAEGUSES SITUATSIOONIS SOBIVAIM VARIANT LAADIMIS- JA TARNEVÕIMEKUSE SUURENDAMISEKS.....	49
	KOKKUVÕTE	51
	KASUTATUD KIRJANDUS	52
	LISAD	57
	Lisa 1. Estonia kaevanduse põlevkiviladu märts.2017.....	58
	Lisa 2. Kronometraaži tulemused laadimisel draglainiga EIII6.5/45Y toitpurustiga varustatud kraapkonveierile SP-1-228 [19].....	59
	Lisa 3. Kronometraaži tulemused laadimisel kahe Komatsu buldooseriiga [19].....	62
	Lisa 4. Kronometraaži tulemused laadimisel buldooseriiga Komatsu D375 A6 [19].....	64
	Lisa 5. Kronometraaži tulemused laadimisel kopplaaduriiga Komatsu WA-600-6 [19].	65
	Lisa 6. Põlevkivilaost väljunud veeremite kaalu erinevus võrreldes veeremi kandevõimega [19]	67
	Lisa 7. Enefit Kaevandused AS Logistika ja Eesti Raudtee raudteetaristu koos jaamade nimetustega [6]	69

Lisa 8. Hinnanguline investeeringu suurus Raudi-Ahtme raudteelõigu rekonstrueerimiseks [30]	70
Lisa 9. Hinnanguline vajaliku investeeringu suurus konveieri rajamisel Estonia kaevandusest Ühendlattu [36] [38] [39] [40] [41].....	71

JOONISED:

Joonis 1. Estonia kaevanduse mäeeraldis ja asukoht [4] [6]	12
Joonis 2. Estonia kaevanduse põlevkivilao asukoht [6]	16
Joonis 3. Kraapkonveier SP-1-228 poolvagunite laadimiseks	19
Joonis 4. Draglain EIII6.5/45Y põlevkivi laadimas	19
Joonis 5. Juhtpult poolvagunite liigutamiseks haruteedelt nr 7 ja 14.....	20
Joonis 6. Buldooserid Komatsu D375 A6 ja 375A-5EO põlevkivi poolvagunitesse lükkamas.....	22
Joonis 7. Laadimisestakaadi rest, millele buldooserid põlevkivi lükkavad.....	22
Joonis 8. Buldooser Komatsu D375 A6 üksinda põlevkivi lükkamas	24
Joonis 9. Kopplaaduri Komatsu WA-600-6 enne vahetuse algust	26
Joonis 10. Poolvagunite protsentuaalne täituvus võrreldes nende kandevõimega erinevate laadimismeetodite kasutamise korral	27
Joonis 11. Põlevkivi laadimise tootlikkus põlevkivilaost erinevatel laadimismeetoditel koos seisakutega ja ilma seisakuteta	28
Joonis 12. Põhimõtteline kaaluga varustatud punkri töösüsteemi skeem [25].....	36
Joonis 13. OTSO vintssüsteemi skeem [27].....	38
Joonis 14. Raudi-Ahtme raudteelõik koos haruteedega 1...4, rajatava tasku asukohaga ning võimaliku Ahtme jaamast möödumisevõimalusega [6]	43

Joonis 15. Autovedusid kasutades teekond Estonia kaevandusest ühendlattu [6] [34]..... 45

Joonis 16. Alternatiivne teekond autovedudeks, mis väldib Raudi kanali teed [6] [34]..... 46

Joonis 17. Võimalik konveieri paiknemine Estonia kaevanduse ja Ühendlao vahel [6]..... 48

LÄHTEÜLESANNE

Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia instituut Lõputöö ülesanne

Töö ID	1706M	Õppekava	YAEM 14/15
Üliõpilane	Kaidi Sulp	Matrikli nr.	153212
Töö liik	Magistritöö	Õppeaine kood	
Juhendaja	Erik Väli	Ülesanne kehtib kuni	02. juuni 2017

Töö ülesanne	Põlevkivi laadimis- ja tarnevõimekuse suurendamine Estonia kaevanduse põlevkivilao näitel
Topic of the Thesis	Increase in the capability of loading and delivery of oil shale in the example of the storage area of the „Estonia Mine“

Töö sisu põhipunktid	<p>Estonia kaevanduse põlevkivilao laadimisvõimekuse hetkeolukorra analüüs, kronometraaž erinevate kasutatavate laadimisvõimaluste juures</p> <p>Estonia kaevanduse põlevkivilao laadimissüsteemi kitsaskohtade väljatoomine koos omapoolsete lahendusvariantidega</p> <p>Teoreetilised lahendusvariandid põlevkivilao laadimisvõimekuse suurendamiseks</p> <p>Tarneaehela ülevaade Estonia kaevandusest kuni tarbijani (Elektrijaamad, õlitööstus) koos kitsaskohtade väljatoomisega</p> <p>Teoreetilised lahendused tarnevõimekuse suurendamiseks Estonia kaevandusest tarbijani</p>
----------------------	--

Seotud teadusteema ja/või sihtasutus	
--------------------------------------	--

Tähtajad

Eelkaitsmine	Kuni 29. mai 2017	Kaitsmine	02. juuni 2017
--------------	-------------------	-----------	----------------

Üliõpilane	Kaidi Sulp		02.02.2017
Juhendaja	Erik Väli		02.02.2017
Konsultant			
	nimi	alkiri	kuupäev

Ülesanne kinnitatud	_____
Ülesanne täpsustatud	_____
Ülesanne pikendatud	_____

SISSEJUHATUS

100 aastat tagasi hakati Ida-Virumaal kaevandama põlevkivi. 1924. aastal sai sellest maavarast alguse Eesti põlevkivienergeetika ajalugu. Ka täna, 2017. aastal, on endiselt põlevkivi elektri tootmise seisukohalt Eesti kõige tähtsam maavara. Täpsemalt 91% Eestis 2015. aastal toodetud elektrist saadi kukersiidist. Lisaks toodeti 2015. aastal Eestis põlevkivist 1,2 TWh soojust, 915 tuh t vedelkütuseid ning 500 t peenkeemiatooteid. Tulevikuplaanina tahab Eesti Energia AS 2018. aastal hakata kasutama põlevkivigaasi elektrienergia tootmiseks ning 2017. aastal otsustakse, kas rajatakse põlevkivibensiini tehas. Kõike eelnevat arvesse võttes võib väita, et põlevkivi osatähtsus lähima kümnendi jooksul ei lange, vaid vastupidi – meie kõige tähtsamat energeetilist maavara hakatakse veelgi paremini väärindama. [1] [2] [3]

Eesti Energia AS elektrijaamad ja õlitööstus asuvad mõlemad Narva linna vahetus läheduses. Kaevandamine liigub aga aasta-aastalt neist ettevõtetest aina kaugemale ning seoses sellega suurenevad vahemaad, mida mööda tuleb toodangut tarbijani transportida. See omakorda tõstatab probleemi logistika ehk tarnevõimekuse ja laadimisvõimekuse näol. Seega me vajame ajas aina uusi, paremaid, soodsamaid, kiiremaid, ohutumaid ning keskkonnasäästlikumaid lahendusi, kuidas põlevkivi tarbijani viia. Seejuures tuleb aga tähelepanu pöörata sellele, et tarnevõimekus peab olema kooskõlas laadimisvõimekusega. Nii tootjale kui tarbijale on vähe kasu, kui ettevõtte laadimisvõimekus on suurem kui tarnevõimekus ning vastupidi.

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on tuua välja praeguse Estonia kaevanduse põlevkivilao laadimismeetodite kitsaskohad ja nende kitsaskohtade võimalikud teoreetilised lahendusvariandid, mis suurendaksid samas ka laadimisvõimekust. Samuti on eesmärgiks tuua välja kitsaskohad tarnevõimekuses Estonia kaevandusest ühendlattu (Eesti Elektrijaama ja õlitööstuse ühine ladu Musta jaama juures) ja Balti Elektrijaama koos võimalike teoreetiliste lahendusvariantidega, millele on lisatud ideede elluviimiseks vajalike investeeringute ligikaudsed maksumused. Töö eesmärkide täitmiseks teostatakse kronometraaž Estonia kaevanduse põlevkivilaos, uuritakse maailmakogemust ning

suheldakse Enefit Kaevandused AS vastavate spetsialistidega. Magistritöö eesmärkide saavutamisel ja tehtud ettepanekute elluviimisel suureneb Estonia kaevanduse põlevkivilao laadimisvõimekus, laadimistäpsus, automatiseerituse tase ning laost müüdava põlevkivi tarnevõimekus.

Antud töö valmimisele kaasa aitamise ja toetamise eest soovib töö autor lisaks oma juhendajale – Erik Väli'le, tänada ka Enefit Kaevandused AS töötajaid eesotsas Stanislav Ignatovets'i, Nikolai Lis'i, Leo Saar'e ja Tarmo Tohver'iga. Samuti soovib töö autor toetuse eest tänada Mati Martma't, Marelle Paas-O'Brock'i, Tanel Treial'it ning oma ema ja õde.

1. METOODIKA

Käesolev töö koosneb praktilisest ja teoreetilisest osast. Töö praktilises osas on autor mõõdistanud Estonia kaevanduse põlevkivilaos, et saada teada põlevkivilaos oleva põlevkivi täpne maht. Selleks on kasutatud mõõteseadet Trimble R8s GNSS. Lisaks on põlevkivilaos teostatud kronometraaž, saamaks teada, kui palju võtavad aega erinevad laadimisprotsessid erinevatel meetoditel, nt kasutades laadimiseks kraapkonveierit või buldoosereid. Viimaseks on kasutatud mõõtevahendina stopperit.

Töö teoreetilises osas pakutakse välja lahendused esmalt laadimisvõimekuse suurendamiseks ja seejärel ka tarnevõimekuse suurendamiseks. Viimast seetõttu, et ei ole mõttekas suurendada ja otsida lahendusi laadimisvõimekuse suurendamiseks, kui tarnevõimekus ei ole sellele vastav ning ei suudeta piisavas mahu põlevkivi tarbijani viia. Teoreetiliste lahenduste puhul on lähtutud Enefit Kaevandused AS varasemast kogemusest, selleks on suheldud Enefit Kaevandused AS Estonia kaevanduse ning Logistika poole vastavate spetsialistidega. Samuti on arvestatud Enefit Kaevandused AS arenguplaanidega järgnevateks aastateks.

Töös esitatud jooniste tegemiseks on kasutatud kahte tarkvara – AutoCAD 2015 ja MapInfo Professional 11.0. Vajalikud koordinaadid jooniste koostamiseks on saadud mõõdistuste teel. Üldisemad koordinaadid, nt Estonia kaevanduse asukoha joonise (Joonis 1) tegemiseks on pärit Maa-ameti Geoportaali kaardiserverist.

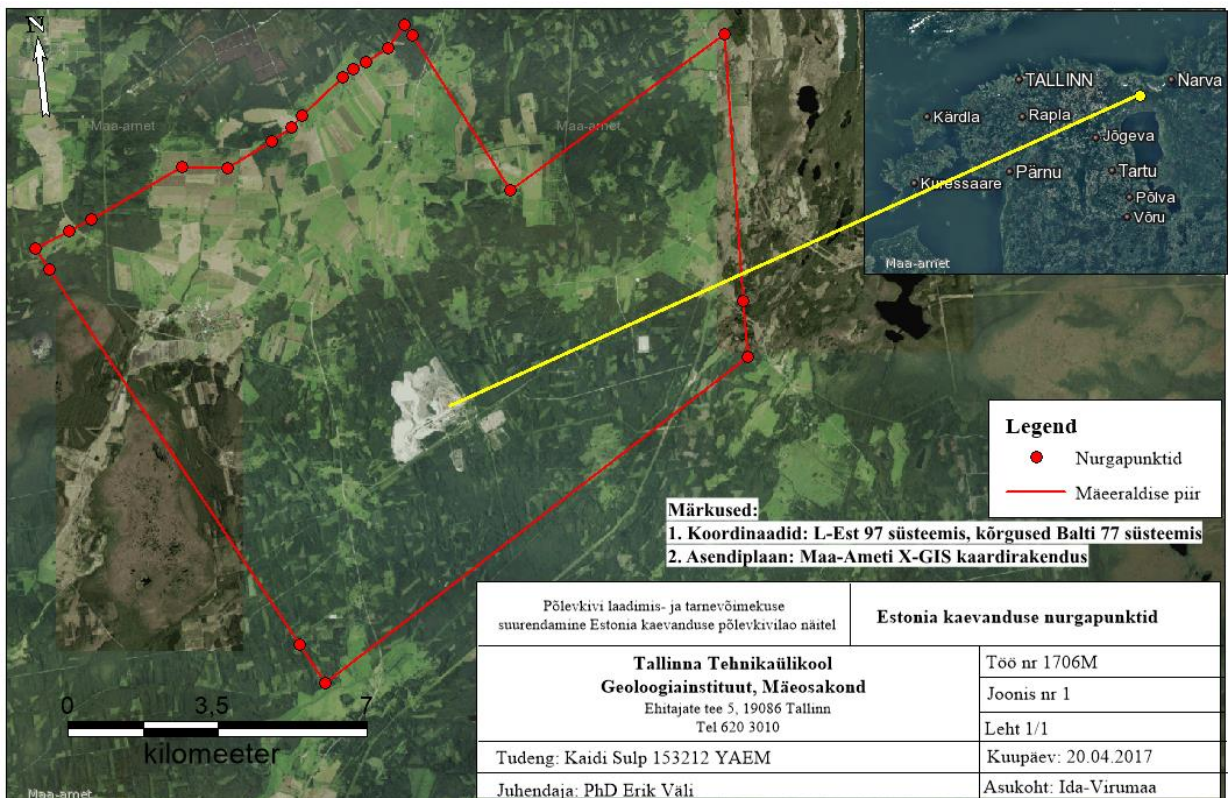
Töös esitatud tabelid ja graafikud on koostatud kasutades Microsoft Excel 2013 tarkvara. Arvutuste lähteandmed on saadud Enefit Kaevandused AS-ilt ning avalikult kättesaadavatest allikatest.

Kõigile antud töös kasutatud kirjalikele allikatele on viidatud ja välja toodud kasutatud kirjanduse loetelus.

2. ESTONIA KAEVANDUS

Ida-Virumaal asuv maailma suurim põlevkivikaevandus (Joonis 1) Estonia kuulub Eesti Energia tütarettevõttele Enefit Kaevandused AS. Täpsemalt asub kaevandus Iisaku, Illuka ja Mäetaguse valdade territooriumil. Estonia kaevandusest põhja poole jäävad tänaseks suletud Ahtme ja Viru kaevandused. [4] [5]

Estonia kaevanduse projekt koostati 1960ndatel aastatel Leningradi (praegune Peterburi) instituudi Griptošaht poolt Eesti Põlevkivi tellimusel. Kaevanduse rajamiseks alustati ehitustöödega 1964. aastal. Kaheksa aastat hiljem – 28. detsembril 1972 avati Estonia kaevandus. Lõplikult valmis sai kaevandus aga alles 1975. aastal, täisvõimsus saavutati 1977. aastal. [4] [5]



Joonis 1. Estonia kaevanduse mäeeraldis ja asukoht [4] [6]

Kaevanduse pindala on 720,93 ha, uuringuala pindala on 14 162,54 ha. Viimane on võrreldav Tallinna linna pindalaga, milleks on 15 920 ha. Estonia kaevanduse kaevandatava varu suuruseks on kaevandamisloa andmetel 281 342 tuhat tonni põlevkivi ning aastas tohib kaevandada 7 700 tuhat tonni. Kaevandamisluba Estonia mäeeraldisele on välja antud aastani 2019. Estonia kaevandusele on taotletud kaevandamisloa pikendamist 10 aasta võrra. [7] [8] [9]

Kaevandamine toimub alates kaevanduse käikulaskmisest kamberkaevandamise meetodil, mis tähendab, et moodustuvad kambrid, mille sees on maapinda ülal hoidvad tervikud. Alates 2016. aastast kasutatakse kaevanduse kirdeservas tavapärase 200 m pikkuse tööfronti asemel 700 m pikkust tööfronti. [10]

Geoloogiliselt asub Estonia kaevandus Põhja-Eesti lavamaal, mis teeb kaevandamisvälja nõrgalt laineliseks. Maapinna absoluutsed kõrgused jäävad alal vahemikku 55...75 m. Põlevkivikihind lasub nõrga kallakusega lõunasse. Estonia kaevanduse mäeeraldise kesk- ja lõunaosa on kaetud metsaga, põhjaosa põllu- ja heinamaadega. Läänest ulatuvad mäeeraldisele Seli ning Ratva soo äärealad. Mäeeraldiselt saab alguse Rannapungerja jõgi. [11]

Estonia kaevanduses toimub kaevandamine keskmiselt 40...60 m sügavuselt. Kaeveõonte kõrguseks on olenevalt asukohast 2,8...3,6 m. Kaevandus paikneb Ahtme ja Viivikonna regionaalsete kirdesuunaliste tektooniliste rikete vahelisel alal. Samuti esineb karstiasid. [12] [13]

3. ESTONIA KAEVANDUSE PÕLEVKIVI LAADIMINE POOLVAGUNITESSE JA ÜLEVAADE HETKEOLUKORRAST

Antud peatükk keskendub Estonia kaevanduse põlevkivilaole. Esmalt antakse lühiülevaade põlevkivi laadimisest rikastusvabrikust. Seejärel üldine ülevaade põlevkivilaost ja selle mahust koos joonisega. Kirjeldatakse põlevkivilaost põlevkivi laadimiseks kasutatavaid laadimisvõimalusi ning esitatakse teostatud kronometraaži andmed koos tulemustega.

Alapeatükkide koostamisel on lähtunud töö autori poolt teostatud reaalsest mõõdistustulemustest, Estonia kaevanduse tehnoloogilise kompleksi jaoskonna juhataja abi Sergey Grinchak'i suusõnalisest informatsioonist ja Estonia kaevanduse vastavasisulistest tehnilistest passidest. Kaalumisanndmete saamiseks on kasutatud Eesti Elektriijaama ja Balti Elektriijaama aruandlust, sest Estonia kaevanduse põlevkivilaost laaditud põlevkivi kaalumise teostatakse alles tarbija juures.

3.1 Põlevkivi laadimine rikastusvabrikust

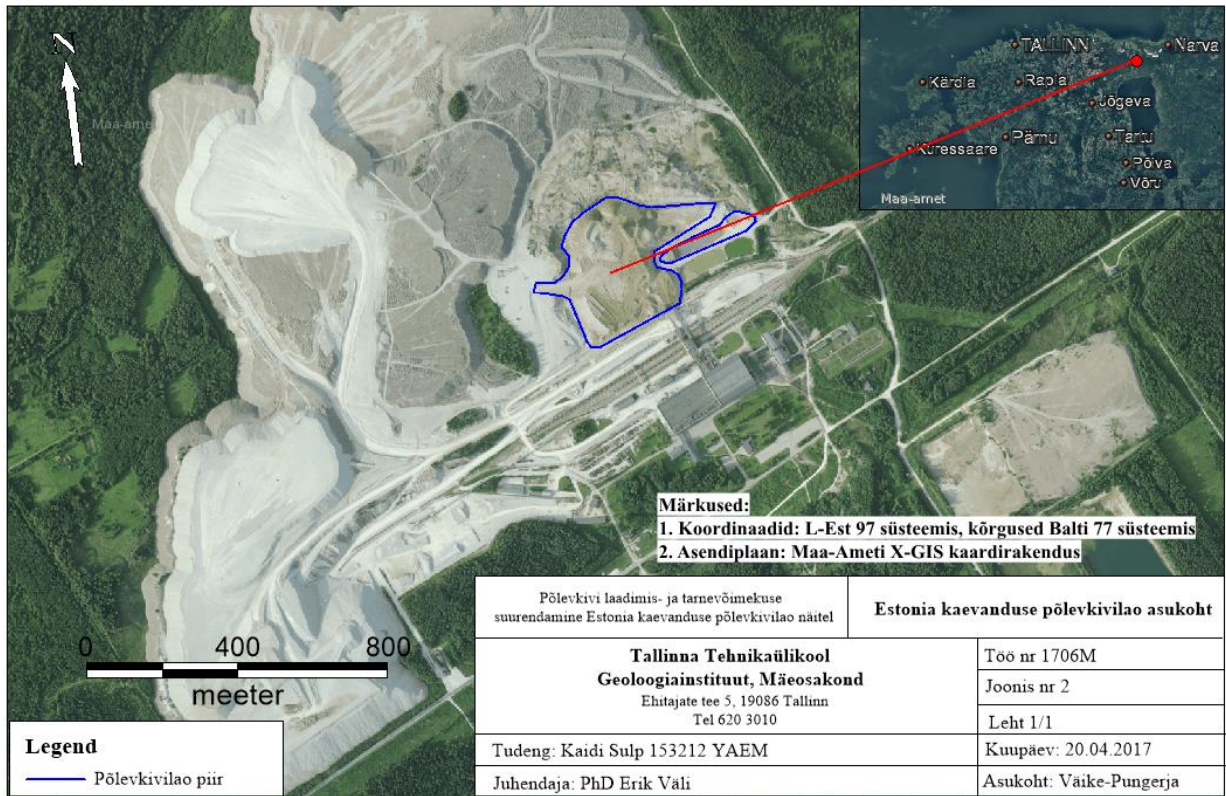
Estonia kaevanduses toimub põlevkivi laadimine rikastusvabrikust läbi punkrite poolvagunitesse vahemikus 16.00 kuni 08.00. Seejuures laaditakse tööpäevadel rikastusvabrikust keskmiselt 9...10 veeremit (raudteeveonduses kasutatav liiklusvahendite kogum) ehk 21 tuh t põlevkivi kütteväärtusega 8,4 MJ/kg. Maksimaalne võimekus on 27,5 tuh t põlevkivi kütteväärtusega 8,4 MJ/kg. Kui toodangut on aga vaja nii kütteväärtusega 7,0 MJ/kg kui ka 8,4 MJ/kg, siis on maksimaalne võimekus 30,2 tuh t. Ühte veeremisse kuulub olenevalt tarbijast kas 34 või 45 poolvagunit (st lahtised ilma katteta vagunid), mille igapäevane kandevõime on keskmiselt 68...71 t. Põlevkivi laaditakse seejuures haruteedelt 1...4. Haruteel nr 1 saab maksimaalselt korraga olla 19 poolvagunit, haruteel nr 2 18 poolvagunit, haruteel nr 3 22 poolvagunit ja haruteel nr 4 23 poolvagunit. Eelnevatest andmetest nähtub, et enne laadima hakkamist tuleb veerem jagada vähemalt kaheks. Selleks kasutatakse haruteid 5...6, mis ongi mõeldud manööverdamiseks. Selleks,

et haruteedel 1...4 poolvaguneid laadimiseks laadimise ajal edasi liigutada, on spetsiaalne süsteem MU 25 AMP, mis poolvaguneid nihutab. [14]

Rikastusvabrikust laadimist koordineerib vastav dispetšer, kes läbi kaamera jälgib poolvagunite täituvust ja kontrollib poolvagunite liigutamise seadme juhtpulti selleks, et poolvaguni täitumisel liiguks need edasi. Poolvagunite täituvuse kontrollimine toimub visuaalselt, spetsiaalseid kaale selle jaoks ei ole. Poolvagunite liigutamise süsteemi kohal ripub konks - kui poolvagunisse laaditud põlevkivi seda puudutab, on dispetšerile selge, et poolvagun on täis ning selle võib edasi liigutada. Kui kõik poolvagunid on täis laaditud, siis haagitakse vedur esimese osa poolvagunite külge ning seejärel, kasutades manööverdamiseks mõeldud haruteid, haagitakse ka teine osa poolvaguneid esimese osa külge ning veerem tarnitakse tarbijani. Samal ajal, kui üks vedur tegeleb poolvagunite kokku haakimisega, tegeleb teine vedur tühjade poolvagunite lahti haakimisega. Kõigi lahti haagitud poolvagunite kahekesakohalised numbrikombinatsioonid kirjutatakse käsitsi paberile vastava töötaja poolt. [15]

3.2 Põlevkiviladu ja selle maht

Geograafiliselt asub Estonia kaevanduse põlevkiviladu (Joonis 2) kaevanduse tööstusterritooriumi põhjaosas ning lõunast piirneb see raudteega. Põlevkivilao alla jääb kaevandatud kambriplökk 101, mida piiravad I ja II paneelstrekki. Lao maapealne osa on praktiliselt horisontaalne, väikese kallakusega kagusse. [15]



Joonis 2. Estonia kaevanduse põlevkivilao asukoht [6]

Põlevkiviladu projekteeriti koos kaevandusega Leningradi instituudi Griptošaht poolt 1960ndatel aastatel. Lao rajamise eesmärkideks oli põlevkivi ladustamine juhul, kui puudub rikastusvabrikule vajalik kogus poolvaguneid, hiivatiigist tuleva hiiva ladustamine ning toodangu müügi tagamine perioodil, kui kaevandus ei tööta või on rikastusvabrikus probleemid. Ladu avati 01.01.1973. [15]

Tänapäeval toimub põlevkivi laadimine lattu tükisuuruse 0...40 mm puhul esmalt konveieriga ning seejärel kas draglaini (EIII6.5/45Y) või buldooseri (Komatsu D375 A6, Komatsu D375A-5EO või Caterpillar D10) abil. Tükisuuruse 25...125 mm korral laaditakse põlevkivi esmalt punkritesse ning seejärel konveieri abil põlevkivilattu. Seda selleks, et tõsta laos oleva põlevkivi kvaliteeti. Hiivatiigist saadav hiib (kaeviseosakeste ja vee segu) laaditakse lattu draglaini abil. [15]

Põlevkivilao tehnilised näitajad:

- 1) Maksimaalne mahutavus 2,87 mln t põlevkivi;
- 2) Põlevkivi tükisuurus kuni 300 mm;
- 3) Laoalune pindala 7,5 ha;

- 4) Lao lubatud maksimaalne kõrgus 40 m;
- 5) Puistangu nõlvanurk 40°. [15]

Töö autor teostas 31.03.2017 koos Estonia kaevanduse markšeideri Svetlana Ignatovets'iga igakuise lao mõõdistamise. Selleks kasutati Trimble R8s GNSS seadet. Lao mõõdistamise käigus mõõdistati 3505 punkti. Saadud andmeid töödeldi esmalt joonestusprogrammis Credo 4.1 ning seejärel joonestusprogrammis AutoCAD, kus koostati lao joonis (Lisa 1) koos mõõdistatud kõrguspunktide ja samakõrgusjoontega. Mõõdetud andmete põhjal saadi 2017. aasta märtsikuu viimase päeva seisuga Estonia kaevanduse põlevkivilao mahuks 1,53 mln t. Antud maht on üsna tavapärane Estonia kaevanduse põlevkivilao puhul. Võrdluseks: 2016. aasta märtsi lõpus oli põlevkivilaos 1,8 mln t põlevkivi. 2009. aastal Eesti Energia Kaevandused AS poolt teostatud analüüsi kohaselt oleks aga optimaalne Estonia kaevanduse põlevkivilao maht 750 tuh t, sest sellest suurema mahu korral kasvab omahind ladustamise, laadimise ja üldiste kulude osas hüppeliselt. Seega oleks vajalik suurendada tarnevõimekust ning põlevkivilao laadimisvõimekust, et vähendada laovarud optimaalsele tasemele. Samuti on vaja suuremat valmisolekut laadimis- ja tarnevõimekusele juhtudeks, kui turuhinnad tõusevad järsult ning elektrijaamad või õlitööstus soovivad toodangumahtusid kiirelt suurendada. [16] [17]

3.3 Põlevkivi laadimine põlevkivi laost

Põlevkivi laadimiseks põlevkivilaost on kasutusel kaks haruteed nr 7 ja 14. Laaditavate poolvagunite koosseis koosneb nagu rikastusvabrikuski 34 või 45 poolvagunist, millest igatühe keskmine kandevõime on vahemikus 68...71 t. Kaevanduse tööpäevadel laaditakse põlevkivilaost keskmiselt 2...3 veeremit, mis ei ole probleemiks ei tarne- ega laadimisvõimekusele. Probleem tekib kaevanduse puhkepäevadel, kui ei suudeta tagada samaväärset laadimisvõimekust nende päevadega, kui laadimine toimub paralleelselt ka rikastusvabrikust. Antud probleem kerkib teravalt esile juhtudel, kui oleks vaja müüa oluliselt rohkem põlevkivi võrreldes praegusega, nt turusituatsioonide muutudes või kui ei ole võimalik mingil põhjusel pikema perioodi vältel müüa toodangut teistest Enefit Kaevandused AS ettevõtetest. Samuti juhul, kui tekib vajadus laadida põlevkivi pikema perioodi vältel ainult põlevkivilaost. Praeguse laadimis- ja tarnevõimekuse situatsioonis puudub võimalus suurendada ööpäevast laadimismahtu.

Hetkel on võimalik laadida poolvaguneid neljal erineval meetodil. Üldiselt kasutatakse kolme meetodi kombinatsiooni ehk korraga toimub laadimine draglaini (EIII6.5/45Y) ja kraapkonveieri (SP-1-228, purusti KD1500), kopplaaduri (Komatsu WA-600-6) või kahe buldooseri (Komatsu D375 A6, Komatsu D375A-5EO või Caterpillar D10) abil. Lisaks valmistab öösiti laos laadimiseks varusid ette kaks draglaini (EIII6.5/45Y). Neljandaks võimaluseks on kahe buldooseri asemel kasutada laadimiseks ainult ühte, kuid antud meetodit kasutatakse väga harva. Põhiliselt siis, kui põlevkivilaos on mingi probleem ning ei ole võimalik seetõttu kasutada kahte buldooseri või on kahe ülejäänud buldooseri parasjagu vaja teostada muid töid. Kõigi nelja laadimismeetodi laadimise keskmine omahind on umbes 0,15 €/t, seega rahalises mõttes ei ole vahet, millist laadimismeetodit kasutada.

Alljärgnevates alapeatükkides on kirjeldatud erinevaid laadimismeetodeid eraldi ning on välja toodud läbi viidud kronometraaži tulemused koos järeldustega. Eraldi alapeatükina on välja toodud kronometraaži ja poolvagunite täituvuse kokkuvõtted.

3.3.1 Kraapkonveieriga laadimine haruteelt nr 7

Haruteel nr 7 saab korraga olla maksimaalselt 20 poolvagunit, tavaline on aga 10. Sellisel juhul asuvad ülejäänud poolvagunid haruteel nr 14. Laadimine toimub toitpurustiga varustatud kraapkonveieri SP-1-228 (Joonis 3) abil, millele laadib põlevkivi draglain EIII6.5/45Y (Joonis 4). Poolvagunite liigutamine toimub vintssüsteemi - LPEP 10 abil, mida koordineerib juhtpuldi (Joonis 5) abil dispetšer. Antud vintssüsteemi trossi tagastamine teostakse manöövervintsiaga. Poolvagunite täituvuse hindamine toimub visuaalselt ehk dispetšer jälgib poolvagunite kohale riputatud konksu: kui see puutub poolvagunis oleva põlevkivi vastu, on õige aeg poolvagunit edasi liigutada. Seega poolvaguni liigutamine toimub ühtlaselt kogu laadimisprotsessi vältel. Teostatud kronometraaži andmetel tõstab antud draglain, mille kopp on 6,5 m³, kuus kopatäit kraapkonveierile ühe poolvaguni kohta. [15] [18]



Joonis 3. Kraapkonveier SP-1-228 poolvagunite laadimiseks



Joonis 4. Draglain EIII6.5/45Y põlevkivi laadimas



Joonis 5. Juhtpult poolvagunite liigutamiseks haruteedelt nr 7 ja 14

Sarnast laadimismeetodit kasutati ka näiteks aastal 2003, aga väiksema kraapkonveieri ЦП301М-iga ning aeg-ajalt kasutati draglaini asemel buldooseri Komatsu D275A-2 või Komatsu 275AX-5. Lahendusest tollal loobuti, sest nii suurt laadimisvõimekust polnud vaja ning ühtlasi tekkisid ka probleemid, sest miinuskraadide juures hakkas põlevkivi konveieri külge külmuma, mis omakorda põhjustas seisakuid. Praegu kasutusel olev kraapkonveieri lahendus võeti kasutusele 2016. aasta sügisel tõstmaks laadimisvõimekust põlevkivilaost. Viimane oli eriti oluline 6-päevase töönädala korral, sest päevadel, kui laadimine toimus nii rikastusvabrikust kui laost, suudeti laadida ja tarnida tarbijani kokku 36 tuh t põlevkivi, puhkepäevadel ainult laost laadides aga vaid 21 tuh t. Viimane võib põhjustada olulisi tarneraskuseid, kui turusituatsioonid muutuvad ja oleks vaja laost rohkem põlevkivi laadida. [15] [18]

Kronometraaž antud meetodi puhul teostati 07.04.2017 kell 8.10...9.26. Temperatuur oli 0°C, ilm oli selge ja päikesepaisteline, tuult praktiliselt ei olnud. Antud ajavahemikus täideti partiist nr EKeP4192_17, müügitellimusest 236953 kaheksa poolvagunit. Seejuures tuleb märkida, et põlevkivi kogus poolvagunites saadi teada alles järgmisel päeval, sest Estonia kaevanduses põlevkivi ei kaaluta - seda tehakse alles tarbija juures, kelleks antud juhul oli Eesti Elektriiaam. Protsessidena mõõdeti ära aeg, mis kulub draglainil kopa täitmiseks põlevkiviga; täis kopa pööramise aeg kuni tühjendamise alguseni kraapkonveierile; aeg kopa tühjendamisel kraapkonveierile ning tühja kopa tagasipööramise aeg ammutamise alguseni. Lisaks märgiti eraldi seisakud, kui poolvagun

hakkas täis saama ning polnud vaja enam kuni järgmise poolvagunini kraapkonveierile põlevkivi laadida ning konveieri seisakud.

Kronometraaži üksikasjalikud tulemused koos keskmiste väärtustega iga poolvaguni kohta on esitatud lisas (Lisa 2). Antud lisast järeldub, et ühe poolvaguni laadimiseks kulub keskmiselt 6 minutit ja 55 sekundit ilma seisakuta. Kui aga seisakute aeg sisse arvestada, kulub ühe poolvaguni laadimiseks keskmiselt 7 minutit ja 30 sekundit. Seega on draglaini ja kraapkonveieri kombinatsiooni kasutades põlevkivi laadimise tootlikuseks ilma kraapkonveieri seisakuteta 8,7 poolvagunit tunnis ja koos seisakutega 8 poolvagunit tunnis. Teades, kui palju realselt igasse poolvagunisse põlevkivi laaditi, saab välja arvutada kraapkonveieriga laadimisel tootlikkuse tunnis, milleks on 558 t/h koos seisakutega ja 605 t/h ilma seisakuteta. Ühtlasi on poolvagunite kandevõime ja tegeliku täituvuse vahest näha, et meetod on üsna täpne - keskmine erinevus kandevõime ja tegelikult peale laaditud põlevkivi vahel oli 0,7 t. Kõige suurem erinevus oli 12,5 t ning võis tingitud olla sellest, et tegu oli viimasena täidetud poolvaguniga ehk sinna poolvagunisse läks kogu kraapkonveieril olnud põlevkivi. Kõige väiksem erinevus oli 0,4 t. Samuti nähtub lisast, et kõige aeganõudvam protsess on draglaini seisak, mis on tingitud sellest, et pärast viimast kopatäit peab kraapkonveier edasi töötama, kuni kogu põlevkivi on poolvagunisse laaditud - dispetšer draglainil sellel ajal aga enam kraapkonveierile laadida ei luba.

3.3.2 Kahe buldooseri laadimine haruteelt nr 14

Haruteel nr 14 saab korraga olla maksimaalselt 34 poolvagunit, tavaline on aga 24. Enamasti sellest 24 poolvagunist laaditakse kahe buldooseri abil 10 ning kopplaadur laadib 14 poolvagunit.

Põlevkivilaos laadimiseks on olemas kolm buldooseri – Komatsu 375A-5EO, Komatsu D375 A6 ning 1 Caterpillar D10. Kaks neist on kasutusel ning üks on reservis. 2017. aasta märtsis-aprillis teostatud mõõdistamiste ajal olid kasutusel Komatsu buldooseriid.

Enne laadimise algust (enamasti öösiti) valmistab draglain buldooseriitele lükkamiseks kuhjad ette, et laadimine toimuks sujuvalt ning võimalikult kiiresti. Laadimise ajal liiguvad buldooseriid omavahel ajalisel nihkes (Joonis 6). Viimane on vajalik ohutuse tagamiseks, et nad ei satuks üheaegselt laadimisestakaadi resti äärele (Joonis 7), kust põlevkivi poolvagunisse kukub. Kumbki buldooser teostab 22 m³ tööorganiga kaks lükkamist ning

seejärel on teoreetiliselt poolvagun täis. Dispetšer peatab töö ning liigutab juhtpuldi abil vintssüsteemi LPEP-10-ga poolvaguneid edasi. Samal ajal buldooserid enamasti seisavad või harvadel juhtudel valmistavad endale lükkamiseks platsi ette. Antud lahendust kasutati juba 2003. aastal, aga tollal oli tegu väiksemate buldoosritega – Komatsu D275A-2 ja Komatsu 275AX-5. [15] [18]



Joonis 6. Buldooserid Komatsu D375 A6 ja 375A-5EO põlevkivi poolvagunitesse lükkamas



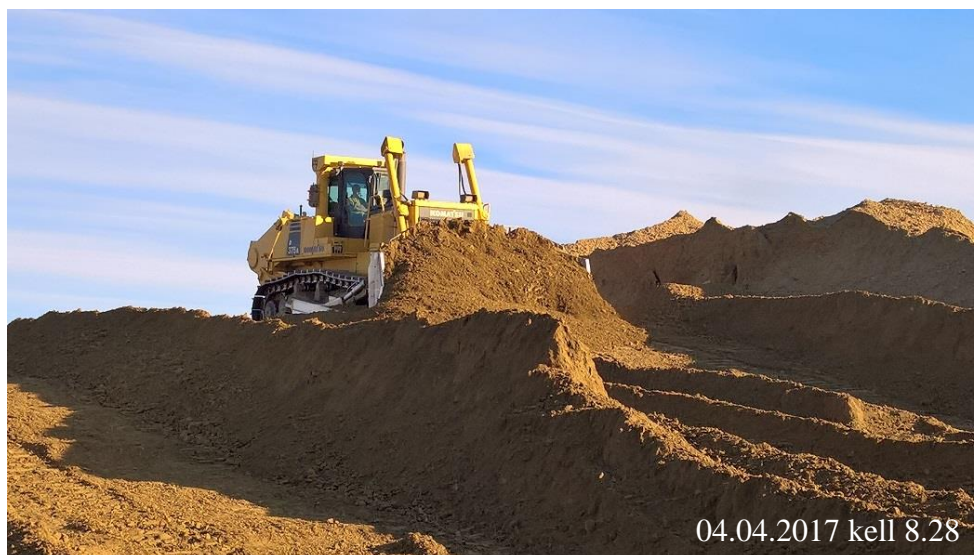
Joonis 7. Laadimisestakaadi rest, millele buldooserid põlevkivi lükkavad

Kronometraaž antud meetodi puhul teostati 04.04.2017 kell 8.30...8.53. Temperatuur oli +2°C, ilm oli selge ja päikesepaisteline, tuult praktiliselt ei olnud. Antud ajavahemikus täideti partii nr EkeP4188_17, müügitellimusest 236929 kuus poolvagunit. Täpne laaditud põlevkivi kogus poolvagunite lõikes saadi teada järgmisel päeval Eesti Elektriijaama aruandlusest. Protsessidena mõõdeti ära aeg, mis kulub buldooseril põlevkivi lükkamiseks laadimisestakaadini; aeg, mis kulub buldooseril laadimisestakaadil põlevkivi restile lükkamiseks ja sealt poolvagunisse kukkumiseks; aeg, mis kulub buldooseril laadimisestakaadi äärelt tagasi lükkamise alguspunkti sõitmiseks. Lisaks märgiti ära seisakud, kus poolvagun oli täis ning dispetšer liigutas poolvaguneid edasi juhtpuldil abil.

Kronometraaži üksikasjalikud tulemused koos keskmiste väärtustega iga poolvaguni kohta on esitatud lisas (Lisa 3). Antud lisast nähtub, et ühe poolvaguni laadimiseks kulub esimesel buldooseril keskmiselt 1 minut ja 14 sekundit ja teisel buldooseril 1 minut ja 15 sekundit, kui mitte arvestada seisakuid, mis on tingitud poolvagunite edasi nihutamisest. Kui seisakuid arvestada, siis kulub esimesel buldooseril keskmisel 3 minutit ja 56 sekundit ning teisel buldooseril 3 minutit 49 sekundit. Kahe buldooseri kasutamisel on keskmine ajakulu ühe poolvaguni laadimiseks 1 minut ja 14 sekundit ilma seisakuid seejuures arvestamata. Kui seisakuid arvestada, on keskmine ajakulu ühe poolvaguni täitmiseks 3 minutit ja 53 sekundit. Seega on keskmine tootlikkus kahe buldooseriga põlevkivi laadimisel 97 poolvagunit tunnis ilma seisakuid arvestamata. Kui seisakuid arvestada, on keskmine tootlikkus kahe buldooseriga põlevkivi laadimisel 31 poolvagunit tunnis. Teades, kui palju reaalselt igasse poolvagunisse põlevkivi laaditi, saab välja arvutada kahe buldooseriga laadimisel keskmise tootlikkuse tunnis, milleks on 2122 t/h koos seisakutega ja 6667 t/h ilma seisakuteta. Ühtlasi on poolvagunite kandevõime ja tegeliku täituvuse vahest näha, et meetodi täpsus sõltub väga palju operaatorist, sest esimene buldooseri juht laadis poolvaguni kandevõimest vähem põlevkivi poolvagunisse ning teine buldooseri juht vastupidi laadis poolvaguni kandevõimest rohkem põlevkivi poolvagunisse. Kõige suurem erinevus oli 6,1 t, kõige väiksem -0,4 t. Keskmine erinevus kandevõime ja tegeliku kaalu vahel oli -2,8 t esimesel buldooseri juhil ja 3,4 t teisel buldooseri juhil. Samuti nähtub lisast, et kõige aeganõudvam tööprotsess on kahtlemata poolvagunite edasi liigutamine, mis teeb tööseisakud pikaks.

3.3.3 Ühe buldooseriiga laadimine haruteelt nr 14

Vajaduse tekkimisel on võimalik 14. haruteel laadida ka ainult ühe buldooseriiga. Just selline olukord oli 04.04.2017 teostatud kronometraaži ajal, sest buldooser Caterpillar D10 läks korralisse hooldusesse ning senikaua, kuni tema asemele tuli buldooser Komatsu 375A-5EO, teostas laadimist üksinda (Joonis 8) buldooser Komatsu D375 A6.



Joonis 8. Buldooser Komatsu D375 A6 üksinda põlevkivi lükkamas

Võrreldes kahe buldooseriiga laadimisega, on ühe buldooseriiga laadimine oluliselt lihtsam nii operaatorile kui dispetšerile, sest jälgida tuleb ainult ühe buldooseri tööd, operaator ei pea arvestama teise operaatoriga ning saab töid teostada endale sobivas tempos. Dispetšeril on rohkem aega jälgida põlevkivi kukkumist laadimisestakaadi restilt poolvagunisse ning vajadusel teha kiiremini korrekture kahe lükkamise vahel, kui nt põlevkivi on kukkunud liiga poolvaguni äärde või osaliselt üle poolvaguni ääre raudteele. [15] [18]

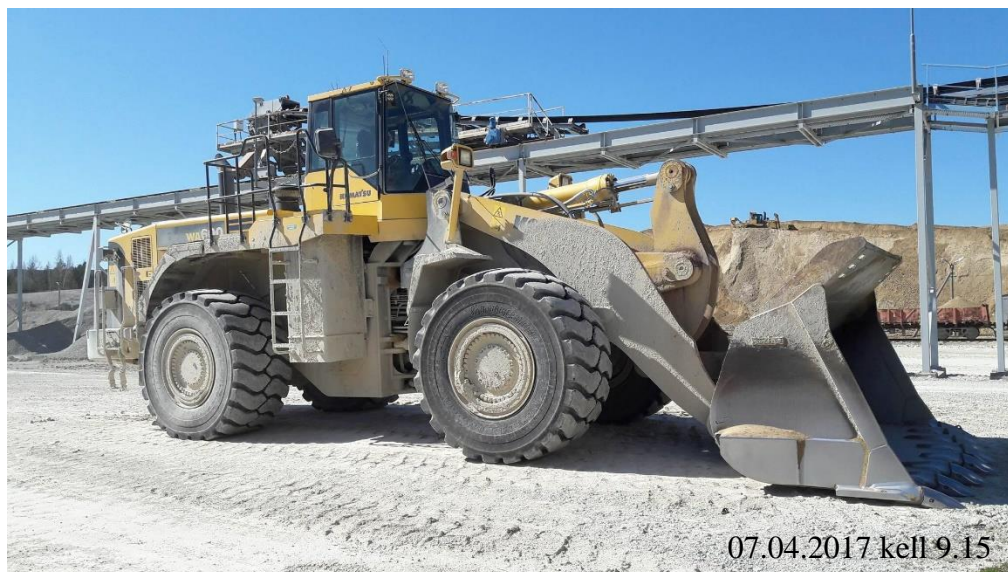
Kronometraaž antud meetodi puhul teostati 04.04.2017 kell 8.13...8.30 ja 8.53...8.56. Temperatuur oli +2°C, ilm oli selge ja päikesepaisteline. Tuult praktiliselt ei olnud. Antud ajavahemikus täideti partii nr EkeP4188_17, müügitellimusest 236929 neli poolvagunit. Poolvagunitesse laaditud täpne põlevkivi kogus saadi teada järgmisel päeval Eesti Elektri jaama aruandlusest. Protsessidena mõõdeti ära aeg, mis kulub buldooseriil põlevkivi lükkamiseks laadimisestakaadini; aeg, mis kulub buldooseriil laadimisestakaadil põlevkivi restile lükkamiseks ja sealt poolvagunisse kukkumiseks; aeg, mis kulub buldooseriil

laadimisestakaadi äärelt tagasi, lükkamise alguspunkti, sõitmiseks. Lisaks märgiti ära seisakud, kus poolvagun oli täis ning dispetšer liigutas poolvaguneid edasi juhtpuldi abil.

Kronometraaži üksikasjalikud tulemused koos keskmiste väärtustega iga poolvaguni kohta on esitatud lisas (Lisa 4). Antud lisast järeldeb, et ühe poolvaguni laadimiseks kulub buldooseril keskmiselt 2 minutit ja 50 sekundit, kui mitte arvestada seisakuid. Koos seisakutega kulub buldooseril ühe poolvaguni laadimiseks 4 minutit ja 19 sekundit, mis teeb buldooseriga põlevkivi laadimise tootlikuseks 14 poolvagunit tunnis koos seisakutega ja 21 poolvagunit tunnis ilma seisakuteta. Teades, kui palju reaalselt igasse poolvagunisse põlevkivi laaditi, saab välja arvutada ühe buldooseriga laadimisel tootlikkuse tunnis, milleks on 824 t/h koos seisakutega ja 1405 t/h ilma seisakuteta. Ühtlasi on poolvagunite kandevõime ja tegeliku täituvuse vahest näha, et meetod on võrreldes kraapkonveieriga ebatäpsem ning täpsus sõltub palju nii masina operaatorist kui dispetšerist, kes seisab laadimisestakaadil ja andis märku, kas tuleb veel laadida poolvagunisse põlevkivi või mitte. Kõige suurem erinevus oli -13,7 t, kõige väiksem -3,2 t ning keskmine kaaluerinevus -3,2 t. Samuti nähtub lisast, et kõige aeganõudvam tööprotsess on kahtlemata poolvagunite edasi liigutamine.

3.3.4 Kopplaaduriga laadimine haruteelt nr 14

Haruteel nr 14 olevatest laadimist ootavatest poolvagunitest vähemalt 50% laaditakse kopplaaduri Komatsu WA-600-6 abil. Seda selleks, et laadimist kiirendada ning samas ka vähendada poolvagunite liigutamiseks kuluvat aega. Kopplaadurit kasutatakse laadimise juures alates 2007. aastast. Kopplaaduriga (Joonis 9) samaaegselt toimub laadimine buldooseritega. Eeliseks buldooseritega laadimise ees on, et ta saab oma tööd jätkata ka siis, kui poolvaguneid liigutatakse. Küll aga peab olema kopplaaduri juht tähelepanelik põlevkivi ammutamisel, sest valesti ammutades võib puistangu nõlv hakata varisema. [15] [18]



Joonis 9. Kopplaaduri Komatsu WA-600-6 enne vahetuse algust

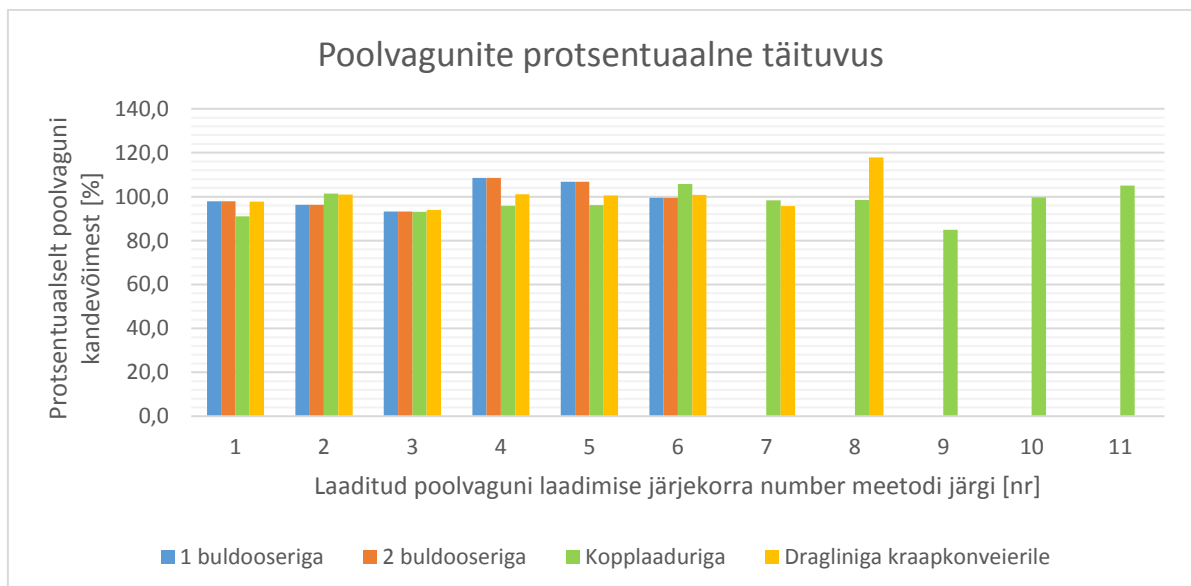
Kronometraaž antud meetodi puhul teostati 07.04.2017 kell 9.31...10.21. Temperatuur oli 0°C, ilm oli selge ja päikesepaisteline, tuult praktiliselt ei olnud. Antud ajavahemikus täideti partii nr EKep4192_17, müügitellimusest 236953 11 poolvagunit. Seejuures kulus ühe poolvaguni täitmiseks keskmiselt kuus 6,5 m³ kopatäit põlevkivi. Poolvagunitesse laaditud põlevkivi täpsed kogused saadi teada järgmisel päeval Eesti Elektriijaama aruandlusest. Protsessidena mõõdeti ära aeg, mis kulub kopplaaduril põlevkivi ammutamiseks puistangust; aeg, mis kulus kopplaaduril pärast ammutamist poolvagunini sõitmiseks; aeg, mis kulus kopa tühjendamiseks poolvagunisse ning aeg, mis kulus tühjendatud kopaga ammutamiseks sobiva kohani sõites.

Kronometraaži üksikasjalikud tulemused koos keskmiste väärtustega iga poolvaguni kohta on esitatud lisas (Lisa 5). Antud lisast järeldub, et ühe poolvaguni laadimiseks kulub kopplaaduril keskmiselt 4 minutit ja 51 sekundit, mis teeb kopplaaduriga põlevkivi laadimise tootlikkuseks 12,4 poolvagunit tunnis. Teades, kui palju realselt igasse poolvagunisse põlevkivi laaditi, saab välja arvutada kopplaaduriga laadimisel tootlikkuse tunnis, milleks on 833 t/h. Ühtlasi on poolvagunite kandevõime ja tegeliku täituvuse vahest näha, et meetodi täpsus varieerub. Sõltudes sellest, kust täpselt põlevkivi ammutati ehk millise mahukaaluga oli põlevkivi ning kui täpselt koppa põlevkivi ammutati ja muidugi ka sellest, kui hästi kopp tühjendati poolvagunisse. Kõige suurem erinevus oli -9,7 t, mis võib tingitud olla asjaolust, et operaator ei märganud, et tegu on suurema kandevõimega poolvaguniga. Kõige väiksem erinevus oli -0,3 t ning keskmine erinevus oli -1,8 t. Samuti

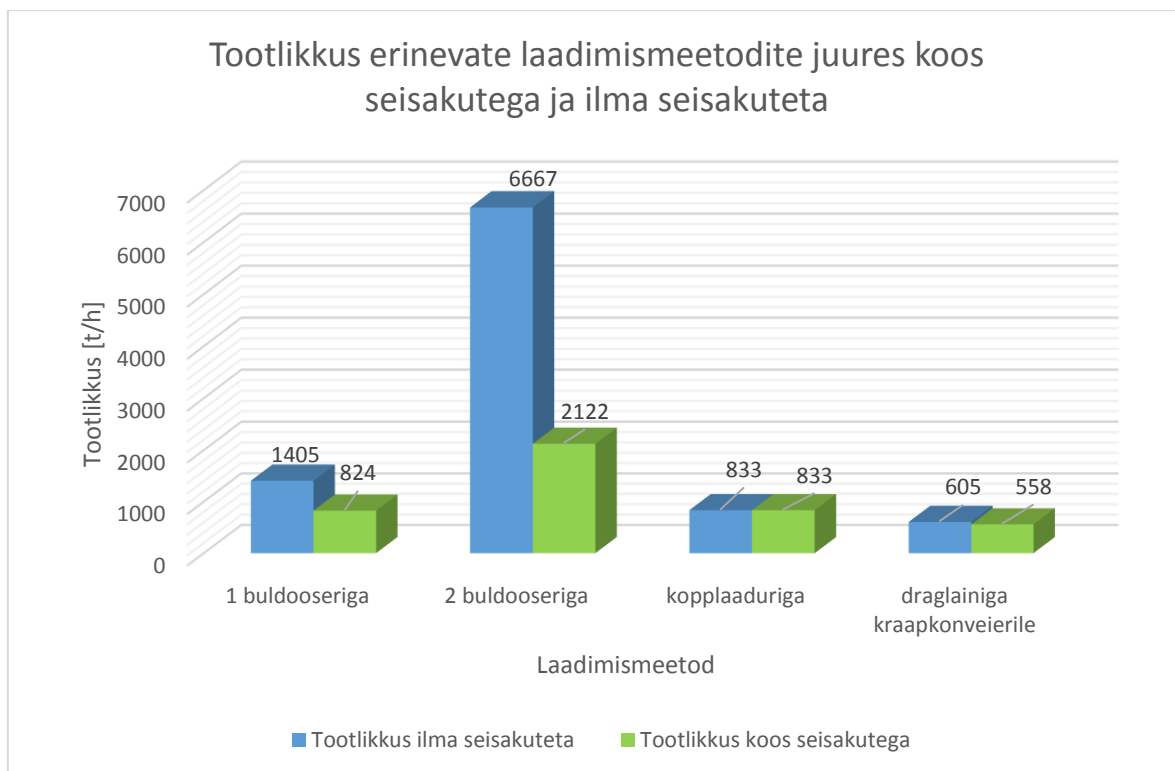
nähtub lisast, et seisakuid praktiliselt ei eksisteerinud tänu sellele, et kopplaadur jätkas tööd ka siis, kui poolvaguneid edasi liigutati.

3.3.5 Kronometraaži ja poolvagunite täituvuse kokkuvõttev võrdlus

Olenevalt laadimismeetodist tuli välja poolvagunite täituvuse täpsus (Joonis 10). Seejuures on tähelepanuväärne, et tegu oli väga täpselt laaditud poolvagunite veeremitega. Seda seetõttu, et veeremi tellimuse nr 236929 kogukaal ületas veeremi kogukandevõimet ainult 27,7 t ja veeremi tellimuse nr 236953 kogukaal oli alla veeremi kogukandevõime 51,3 t. Samas, kui perioodil 01.03.2017-31.03.2017 põlevkivilaost väljunud veeremitel varieerusid kogukaalud kogukandevõimesse vahemikus -173,3...+382,7 t (Lisa 6). Teostatud kronometraaži ajal oli poolvagunite täituvuse täpsuse osas kõige paremaks meetodiks üldiselt kraapkonveieri abil laadimine, välja arvatud viimane poolvagun, mille laadimise ebatäpsus oli kõigi nelja meetodi kõige suurem. Antud meetod on aga selgelt kõige väiksema tootlikkusega (Joonis 11). Väikese tootlikkuse üheks põhjuseks võib lugeda asjaolu, et draglain tõstab tsükliliselt põlevkivi kraapkonveierile, mis omakorda põhjustab olukorra, kus kraapkonveier töötab osa ajast tühjana (Joonis 3). Positiivseks küljeks on aga võrreldes buldoosritega väikesed seisakud laadimisprotsessis (Joonis 11). [19]



Joonis 10. Poolvagunite protsentuaalne täituvus võrreldes nende kandevõimega erinevate laadimismeetodite kasutamise korral



Joonis 11. Põlevkivi laadimise tootlikkus põlevkivilaost erinevatel laadimismeetoditel koos seisakutega ja ilma seisakuteta

Kõige suurema tootlikkusega meetodiks oli kahtlemata kahe buldooseriiga laadimine (Joonis 11). Kusjuures kopplaaduri ja ühe buldooseriiga laadimisel olid tootlikkused üsna sarnased – 833 t/h ja 824 t/h.

Samuti väärib märkimist, et kõige suuremad seisakud tekivad kasutades kahe buldooseriiga laadimist (Joonis 11). Antud asjaolu on tingitud sellest, et buldooserid ei tohi lükata põlevkivi sellel ajal, kui poolvaguneid edasi liigutatakse ning kuna laadimine toimub kahe buldooseriiga, siis korraga tuleb edasi liigutada kahte poolvagunit. Seejuures on tähelepanuväärne, et seisakud puuduvad kopplaaduri kasutamisel. Viimane on tingitud asjaolust, et kopplaadur on võimeline ise poolvagunite juurde liikuma ning seega ei sõltu vintssüsteemist.

4. ENEFIT KAEVANDUSED AS ESTONIA KAEVANDUSEST VÄLJA SAADETAVA PÕLEVKIVI TARNEAHELA ÜLEVAADE JA ÜLDINE RAUDTEEVÕIMEKUS

Estonia kaevandus müüb põlevkivi kõigile Eesti Energia AS põlevkivi tarbivatele ettevõtetele. 2016. aastal Estonia kaevandusest müüdavast põlevkivist müüdi 57% Eesti Elektriyaamale, 23% Eesti Energia Õlitööstus AS-ile ning 20% Balti Elektriyaamale. Müüdavat põlevkivi transpordib Enefit Kaevandused AS Logistika ettevõtte. Võimaluse korral transporditakse müüdav põlevkivi mööda Enefit Kaevandused AS Logistikale kuuluvat raudteetaristut. Eesti Raudteed kasutatakse ainult Balti Elektriyaama põlevkivi transportimisel lõigul Jõhvi - Soldina ja sellisel juhul kasutatakse ka teise ettevõtte – EVS Cargo vedureid ning poolvaguneid. Oma raudtee kasutamise eelistamiseks on mitmeid põhjuseid – väiksem omahind, renditasuta raudtee kasutamine, läbilaskevõimet raudteel mõjutavad ainult enda veeremid, ei tule arvestada teiste firmade veeremitega ning sellest tingitud seisakutega. Miinuseks aga asjaolu, et erineval ajal soetatud poolvagunite kandevõimed varieeruvad suuremal määral, samuti on erinevad poolvagunite mõõtmed. Lisaks tuleb pidevalt hooldada nii raudteed kui vedureid ja poolvaguneid, mis omakorda tekitavad lisakulutusi. [20]

Enefit Kaevandused AS Logistika suudab ööpäevas tagada Estonia kaevandusest maksimaalselt 36 tuh t põlevkivi tarnimise, st 15 veeremit, kui igas veeremis on 34 poolvagunit. Tavaline on aga 29 tuh t põlevkivi ehk 12 veeremit. Neist veeremitest üldiselt 10 koosnevad 34 poolvagunist, mis tarnitakse Eesti Elektriyaama või Eesti Energia Õlitööstusesse AS ning kaks koosnevad 45 poolvagunist, mis tarnitakse Balti Elektriyaamale. Vastavalt tellimustele võib veeremites olevate poolvagunite arv väikeses mahus varieeruda. Seejuures on poolvagunite keskmine kandevõime 68...71 t ning ühes veeremis on koos erineva kandevõimega poolvagunid. Samuti esineb Enefit Kaevandused AS Logistika poolt veetavas veeremis poolvaguneid, mille kandevõime on 63...65 t. Ühes veeremis olevate erineva kandevõimega poolvagunite täpne laadimine on aga keerukas

ning põhjustab tihti üle- või alakaalu. Viimane nähtus selgelt ka peatükkides 3.3.1...3.3.4 esitatud andmetes ning märtsis 2017. aastal Estonia põlevkivilaost väljunud veeremite andmetes, mis on esitatud lisas (Lisa 6). Seejuures väärrib tähelepanu asjaolu, et igakuiselt esineb mõni poolvagun, mis on üle 40% ülekaalus. Ülekaal ei ole hea ei poolvagunitele ega raudteele, seetõttu informeeritakse igast ülekaalus poolvagunist Estonia kaevandust. Eesti Raudteed kasutades tuleb iga ülekaalu tonni eest tasuda vastavas lepingus fikseeritud trahve. EVS Cargo üldise hinnakirja järgi on iga ülekaalu tonni eest poolvagunis tasu kolmekordne võrreldes kandevõime piiridesse jääva tonni hinnaga. Lisaks sellele on ülekaalus poolvagunid suureks ohuks ja riskiks nii raudteele kui seda ümbritsevale alale, sest ülekaalu tõttu on nihkunud poolvagunite raskuskese, mille tõttu võivad pöörangutel poolvagunid lihtsalt ümber vajuda. Raudteetaristu Estonia kaevandusest (Raudi jaam) kuni tarbijateni (Musta jaam või Balti Elektri jaam) on esitatud lisas (Lisa 7). [20] [21]

Eelpool välja toodud maksimaalne tarnevõimekus on antud juhul piiratud raudtee läbilaskevõimega. Nimelt on Raudi - Ahtme raudteesõlm halvas seisukorras. Lisaks on raudtee ainult ühesuunaline, puuduvad taskud, mis võimaldaks veeremitel üksteisest mööduda. See omakorda seabki suured piirangud tarnevõimekusele. Tähelepanu tuleb pöörata ka asjaolule, et kui suurendada tarnevõimekust, tuleb mõelda ka olemasolevatele veduritele - nimelt oleks vaja suurendada vedurite arvu, kui ei suurene kiirused erinevates tarneetappides. Enefit Kaevandused AS Logistika ettevõtte andmetel on nii toodanguta, kui toodanguga sõitva veeremi ühe suuna sõiduaeg Enefit Kaevandused AS Logistika ettevõtte tarne korral keskmiselt umbes 1,7 h, manööverdamiseks kulub alg- ja lõpp-punktis kokku umbes 4,3 h ning vagunite laadimine ja tühjendamine võtab kokku ligi 3 h, siis ühe ringi läbimiseks kulub ühel veeremil ligi 11 h. Ühes veeremis on kaks vedurit ja kokku on vedureid teenindamiseks korraga töös kuni 11. Eelnevaid andmeid arvesse võttes jõutakse Estonia kaevandusest välja saata ööpäevas 10...15 veeremit.

5. VÕIMALIKUD LAHENDUSVARIANDID LAADIMISVÕIMEKUSE SUURENDAMISEKS

Estonia kaevanduse põlevkivilaost laadimisvõimekuse suurendamine ning laadimistäpsuse tõstmine on kriitilise tähtsusega protsessid. Hetkel ei ole võimalik põlevkivilaost laadida ööpäevas rohkem kui 21 tuh t, kuigi tarnevõimekus lubaks ka praegustel tingimustel laadida kuni 36 tuh t. Lisaks on probleemiks suurema tootlikkusega laadimismeetoditel ka suurem ebatäpsus poolvagunite täitmisel. See omakorda tekitab olukorra, kus niigi väikese laadimisvõimekuse juures ei laadita poolvaguneid täis optimaalselt. Antud peatükk keskendubki praeguste laadimismeetodite kitsaskohtadele ja nende lahendamisele. Peatüki alapeatükkides tuuakse välja teoreetilised lahendused olukorra leevendamiseks koos konkreetsete ettevõtetega, kes võiksid sobivaid lahendusi pakkuda. Kitsaskohtade lahendamise läbi saavutatakse ühtlasi suurem laadimisvõimekus.

5.1 Poolvagunite käsitsi üles märkimine

Ööpäevas läbib Estonia kaevandust ligi 500 poolvagunit. Igal poolvagunil on unikaalne seerianumber, mille kaevanduse töötaja peab tühja veeremi saabumisel üles märkima. Selline tegevus on vajalik dokumentatsiooni jaoks, kuhu tuleb lisaks märkida, milline tühi veerem saabus; millal saabus; milline on partii ja tellimuse number; kas laadimine toimub põlevkivilaost või rikastusvabrikust; millal tellimus välja saadeti. Hiljem lisab tarbija antud andmetele poolvagunite kaaluandmed, kütteväärtused ja niiskussisaldused. Pretensioonide tekkimisel on võimalik müüjal poolvagunite andmete järgi kindlaks teha, kust laadimisel viga tekkis ning vajadusel korrektuurid teha. Samuti on antud tegevus vajalik juhuks, kui veeremiga peaks midagi juhtuma, siis on olemas andmed poolvagunite kohta.

Selline poolvagunite käsitsi märkimine on aga üsna algeline ning vananenud lahendus, dispetšer ei suuda tihti kõiki poolvaguneid üles kirjutada, sest poolvaguneid liigutatakse selleks liiga kiiresti edasi ja kaheksast numbrist koosnev kombinatsioon igal poolvagunil on üles kirjutamiseks aeganõudev. Tänapäeval on palju kaasaegsemaid lahendusi, mis

sellist käsitsi tööd ja pidevat ilmastikutingimuste trotsimist õues aitavad vältida. Lisaks hoiavad hulga aega kokku. Analoogsed lahendused on levinud autotranspordi juures, näiteks kiiruskaamerates, mis fikseerivad foto abil kiiruseületaja või eraparklates, kus fikseeritakse auto number ning väljastatakse pilet. Üheks sellise lahenduse pakkujaks on ettevõtte Kaameravalve OÜ, nende lahendus nimega NumberOK numbrimärgi tuvastussüsteem võiks ettevõtte enda sõnul sobida ka raudteeveondusesse. Seadme numbrituvastussüsteem ei pruugi raudteeveonduses küll nii täpne olla kui autoveonduses (autoveonduses 95%, raudteeveonduses 90%), kuid koostöö raames on võimalik seadmeid vastavalt kliendi soovidele veidi ümber programmeerida ja seeläbi ka täpsust tõsta. Lisaks on seadmed ilmastiku- ja tolmukindlad, mis on olulised Estonia kaevanduse põlevkivilao puhul. Süsteem koosneb arvutiprogrammist, vahelülilist ja kaamerateist. Vajalik on internetiühenduse olemasolu, mis Estonia kaevanduse puhul ei ole probleemiks. Süsteem fikseerib poolvagunite seerianumbrid ning edastab need arvutiprogrammile, kust on võimalik poolvagunite andmeid edasi saata, vaadata, printida ja vajadusel ka töödelda juhiks, kui mõne numbriga tuvastamisega on tekkinud tõrge. Samuti suudab programm määrata aja, millal veerem sisenes ja millal väljus ehk ka neid andmeid ei ole vaja enam eraldi fikseerida. Antud lahendus ei nõua suuri investeeringuid, nimelt maksab ühe kaameraga variant 3...4 tuhat €. Ühest süsteemist piisaks, kui veeremi poolvagunid fikseeritakse enne haruteedele jõudmist; kui aga soovitakse kaamerad paigaldada haruteedele, oleks põlevkivilao jaoks vaja süsteemile lisada veel üks kaamera, kuna haruteid on põlevkivilaost laadimiseks kaks. Selline lahendusvariant on perspektiivne ning tasuks kindlasti kaalumist. Teenusepakkujatega tuleks teha koostööd, et nad leiaksid oma tootevalikutest antud juhtudeks kõige paremad lahendused. Eelnevalt nimetatud ettevõtte lahendusvariant on ainult üks võimalik teiste selliste analoogide seas. [22]

5.2 Suured kõikumised poolvagunite kandevõime ja täituvuse vahel

Üheks teravaks probleemiks nii laadimise- kui tarnimise juures on juba eelnevalt välja toodud suur erinevus poolvagunite kandevõime ja poolvagunite täituvuse vahel. Seda peamiselt seetõttu, et Estonia kaevanduse põlevkivilao laadimismeetodite puhul puudub võimalus poolvaguneid kaaluda ning seega määrata täpseid koguseid poolvagunis põlevkivi laadimisel. Probleemi süvendab asjaolu, et igas veeremis esineb lisaks tavapärase kandevõimega - 68...71 t poolvagunitele ka poolvaguneid, mille kandevõime on 63...65 t.

Järgnevates alapeatükkides on välja toodud võimalikud lahendusvariandid selle probleemi jaoks.

5.2.1 Erineva kandevõimega poolvagunit kasutamine ühes veeremis

Enefit Kaevandused AS Logistikale kuulub 338 poolvagunit, mille kandevõime on 68...71 t ja 155 poolvagunit kandevõimega 63...65 t. Sellest järeldub, et teoreetiliselt oleks võimalik ettevõttel vastastikuse kokkuleppe alusel müüja ja ostjaga komplekteerida ööpäevas vähemalt üheksa veeremit tavapärase kandevõimega poolvagunitest ning vähemalt neli veeremit väiksema kandevõimega poolvagunitest. Antud lahendusvariant võimaldab laadimistäpsust suurendada ka praeguste – ilma kaaludeta laadimismeetodite korral, sest partii numbrite järgi on võimalik määrata juba tühja veeremi saabumisel, millise kandevõimega poolvagunid on ning selle järgi organiseerida ka laadimist. Tihtipeale ei olda välja toodud ulatuslikust muudatusest huvitatud, sest tekitab lisatööd teenuse pakkujale, kuna ta peab esmalt poolvagunid kokku koguma ühte kohta ja vastavalt komplekteerima ning seejärel peavad töötajad, kes tegelevad veeremi haakimisega, jälgima, et erineva kandevõimega poolvagunid uuesti kokku ei satuks. [23]

Teiseks, lihtsamaks lahendusvariandiks oleks kokku leppida omavahel, et igas 34 poolvagunist koosnevast veeremist on nt 24 tavapärase kandevõimega poolvagunit ja 10 väiksema kandevõimega poolvagunit. Seejuures tuleb väiksema kandevõimega poolvagunid paigutada järjest kas veeremi algusesse või lõppu. Selliselt jäävad nad lahti haakimisel kokku ning laaditakse kasutades ühte laadimismeetodit, milleks antud juhul sobiks kõige paremini kraapkonveieriga laadimine, sest tegu on kõige väiksema tootlikkusega meetodiga ning üldiselt laaditaksegi antud meetodil kuni 10 poolvagunit ühest veeremist. Kuna laadimiseks mõeldud haruteid on põlevkivilaos kaks, siis ei saa poolvagunit järjekord ka segamini minna, kergema kandevõimega poolvagunid jäävad ikkagi kas veeremi algusesse või lõppu.

Pikas perspektiivis tuleks eelnevalt välja pakutud lahedustele lisaks rakendada ka põhimõtet, mille kohaselt väiksema kandevõimega poolvagunid vahetatakse välja tavapäraste 68...71 t kandevõimega poolvagunit vastu. Antud protsess on aga aastatepikkune sihipärane tegevus, sest üldiselt vahetab ettevõtte poolvaguneid uute vastu vaid siis, kui nende eluiga on lõppenud (Enefit Kaevandused AS Logistikas on kehtestatud amortisatsiooniks 50 aastat) või nendega juhtub midagi. Selline sihipärane tegutsemine

võimaldab lõpuks saavutada olukorra, kus teenuse pakkujal on sarnase kandevõimega poolvagunid ning seega ei pea veeremi komplekteerimisel enam arvestama erineva kandevõimega poolvagunitega.

5.2.2 Raudteekaalude paigaldamine 7. ja 14. harutee laadimiskohtadele

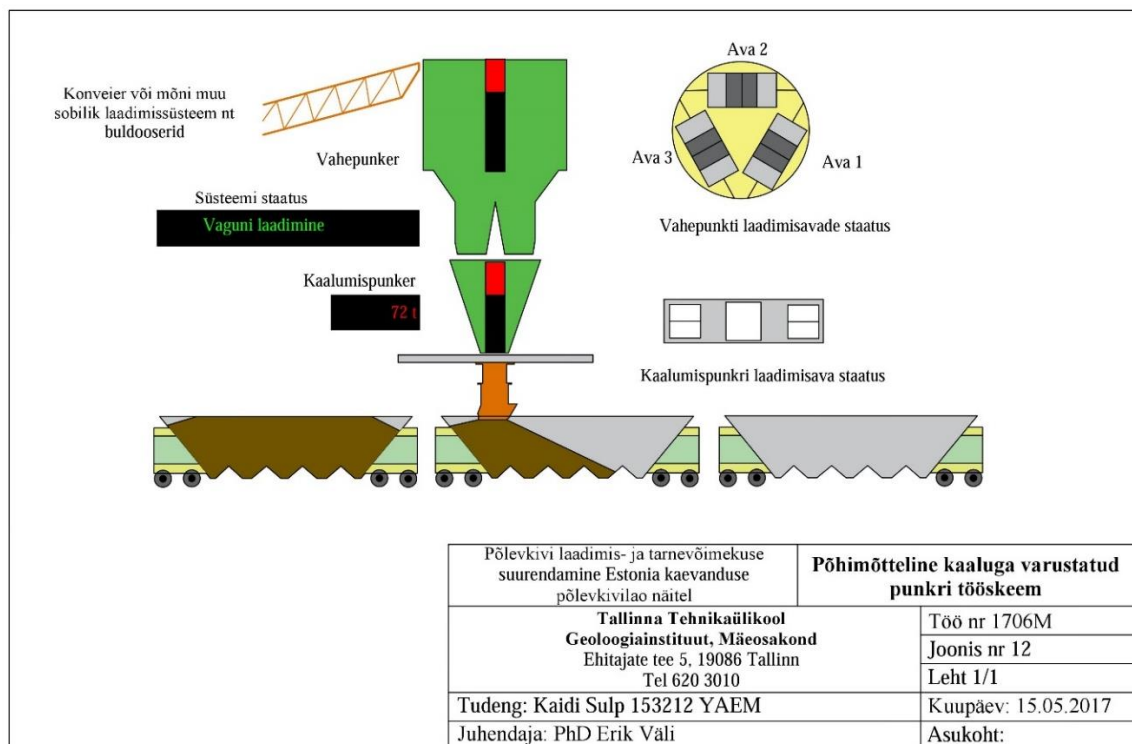
Veeremite komplekteerimine sarnase kandevõimega poolvagunitest aitab vähendada poolvagunite üle- ja alalaadimist, kuid sellest ei pruugi alati piisata ning poolvagunite ebatäpne laadimine võib tulevikus probleeme tekitada, kui veoteenust ostetakse võrreldes praegusega suuremas mahus sisse. Üheks võimalikuks lahenduseks täpsuse tõstmisel on raudteekaalude paigaldamine 7. ja 14. haruteede laadimiskohtadele, kus toimub laadimine buldoosrite ja kraapkonveieriga. Raudteekaale valmistatakse nii dünaamilisi kui staatilisi. Dünaamiliste kaalude eeliseks staatilistega võrreldes on asjaolu, et neid on võimalik kasutada ka liikuvate poolvagunite puhul, mis antud juhul on oluline, sest kraapkonveieriga laadimisel liigutatakse poolvagunit sujuvalt laadimisprotsessi ajal edasi. Üheks dünaamilisi raudteekaale valmistavaks firmaks on Pivotex Balti OÜ, mis on Tamtron Systems Oy tütarfirma. Antud ettevõtte kaalude positiivseks küljeks on võimalus neid kiirelt ümber paigaldada ning nende paigaldamine on tunduvalt odavam võrreldes nii mõnegi teise tootja kaaludega, sest nad ei vaja ilmingimata betoonvundamenti, vaid neid võib paigaldada otse tihendatud killustikualusele. Seega saab antud dünaamilisi raudteekaale edasi kasutada ka siis, kui näiteks Estonia kaevandus suletakse või tekib vajadus neid kasutada mõnel teisel raudteelõigul või laadimiskohas. Negatiivseks küljeks on aga hind, nimelt on ühe dünaamilise raudteekaalu hind koos paigalduse ja andmetöötlusprogrammiga umbes 160...200 tuhat eurot, mis on üsna suur summa arvestades, et selliseid kaale oleks vaja kolm (kummagi buldooseri jaoks üks ning kraapkonveierile). Samuti on negatiivne, et lahendus lahendab poolvagunite alalaadimise probleemi, kuid ülelaadimise probleemi ei pruugi see täielikult kõrvaldada, sest kui mingil põhjusel hoolimata dispetšeri märguandest peaks draglaini juht liigselt põlevkivi kraapkonveierile laadima või buldooseri juht liigselt põlevkivi laadimisestakaadi äärelt alla lükkama, siis ümber laadima poolvaguneid ei hakata. Kokkuvõtteks tuleks öelda, et võrreldes raudteekaalude paigaldamisega on tunduvalt odavam leppida teenusepakkuja ja müüja vahel kokku eelmises alapeatükis 5.2.1 pakutud lahenduses, mis peaks tagama juba tunduvalt suurema täpsuse laadimisel, sest on selgem, kui suure mahutavusega poolvaguneid laaditakse. Antud peatükis välja pakutud lahendusvariandi kasutuselevõtmist

tuleks kaaluda, kui veoteenust hakatakse suuremas mahus sisse ostma või kui praktikas on näha, et eelmises alapeatükis 5.2.1 välja pakutud lahendus ei taga siiski piisavat laadimistäpsust. [24]

5.2.3 Kaaluga varustatud punkrite paigaldamine 7. ja 14. harutee laadimiskohtadele

Üheks võimalikuks poolvagunite üle- ja alalaadimisega seotud probleemide lahenduseks on paigaldada nii 7. haruteele, kus toimub laadimine kraapkonveieriga, kui 14. haruteele, kus toimub laadimine buldoosritega, kaaluga varustatud punkrid. Selliseid kaaluga varustatud punkreid pakub nt ettevõtte nimega Schenck Process Europe GmbH. Lahenduse positiivseks küljeks on laadimisvõimekuse tõstmine, nimelt valmistab antud ettevõtte erineva tootlikkusega süsteeme (Joonis 12), näiteks kivisöe laadimiseks kasutatavate kaaluga varustatud punkrite maksimaalne tootlikkus on 6000 t/h, poolvagunite edasinihutamise kiirus kuni 1 km/h. Kivisöe laadimise maksimaalne tootlikkus näitab, et see ületab Estonia kaevanduse põlevkivilaost laadimisel kõigi nelja meetodi kogutootlikkust. Samuti on positiivne, et on võimalik tellida erineva suurusega punkreid, seega just täpselt sellises suuruses, nagu parasjagu vaja on. Süsteem saab hakkama ka suurte miinuskraadide juures, nt kasutatakse seda Hiinas, kus on perioode, mil temperatuur on -20°C. Süsteem on väga täpne, laadimisviga on $\pm 0,5\%$ ning see tekib punkri avamisest ja sulgemisest. Positiivsete aspektide poole pealt tuleb välja tuua ka asjaolu, et süsteem kasutab andmete töötlemiseks SCADA programmi, mida kasutatakse ka praegu Estonia kaevanduses ehk töötajatel ei tuleks õppida uut programmi kasutama. Kahtlemata on positiivne ka see, et süsteemi on võimalik väga lihtsalt programmeerida, mis tähendab, et see sobib nii poolvagunite laadimiseks, mille kandevõime on 68...71 t kui ka poolvagunite laadimiseks, mille kandevõime on 63...65 t. Negatiivse poole pealt võib esile tuua süsteemi mõõtmeid, mis olenevalt punkri mahust võivad võtta väga palju ruumi, nt Hiinas asuv süsteem koosneb kuuest korrusest, ruumiga on Estonia kaevanduse laadimisteedel nr 7 ja 14 aga üsna kitsas. Negatiivne on ka investeeringu suur maksumus – tootja enda sõnul on meie tingimustesse sobiva punkri maksumus umbes 0,5 mln €. Kokkuvõtteks võib öelda, et lahendus on hoolimata suurest investeeringust siiski perspektiivne ja selle kasutuselevõtmist tuleks tõsiselt kaaluda, kui jätkatakse toodangu tarnimisega raudteel, lisaks saab hiljem vajadusel antud süsteemi ümber paigutada mõne teise kaevanduse või karjääri laadimiskompleksi. Samuti saaks antud lahenduse korral Enefit Kaevandused AS

Logistika edasi kasutada praeguseid väiksema kandevõimega poolvaguneid ning ei oleks vaja investeerida eraldi ka raudteekaaludesse. [25]



Joonis 12. Põhimõtteline kaaluga varustatud punkri töösüsteemi skeem [25]

5.2.4 Kopplaaduri varustamine kaaluga

Kuigi kopplaaduriga laadimisel tekkinud viga poolvagunite kandevõime ja tegelikult laaditud kaalu vahel oli alapeatükk 3.3.5 andmetel kõige väiksem, tuleks siiski paigaldada ka kopplaadurile kopa külge kaal, mis võimaldaks täpsust veelgi suurendada. Kaal aitaks operaatoril täpsemalt jälgida, kui palju ta mingisse poolvagunisse juba laadinud on ja kui palju tuleb veel antud poolvagunisse laadida, lisaks näeb operaator, kui hästi on kopp tühjendatud ning näeb näiteks viimase kopatäie puhul, mis vagunisse mahub ja saab täpsemalt määratleda, kas vaja oleks laadida pool kopatäit või täis kopatäis. Selliseid kaale toodavad paljud erinevad firmad. Erinevad on nii kaalude võimalused, omadused kui hind. Üheks ettevõtteks, kes selliseid kaale müüb, on Kaalumaja OÜ. Selle ettevõtte poolt müüdav kopplaadurikaal Rinstrum/Scalehouse on üks lihtsamaid omanäoliste seas, võimaldab näha ammutatud materjali kaalu, liita kaale omavahel ning printida tulemused hiljem välja. Kirjeldatud kaalu hinnaks on 1 080 eurot. Kokkuvõttes võib öelda, et tegu on

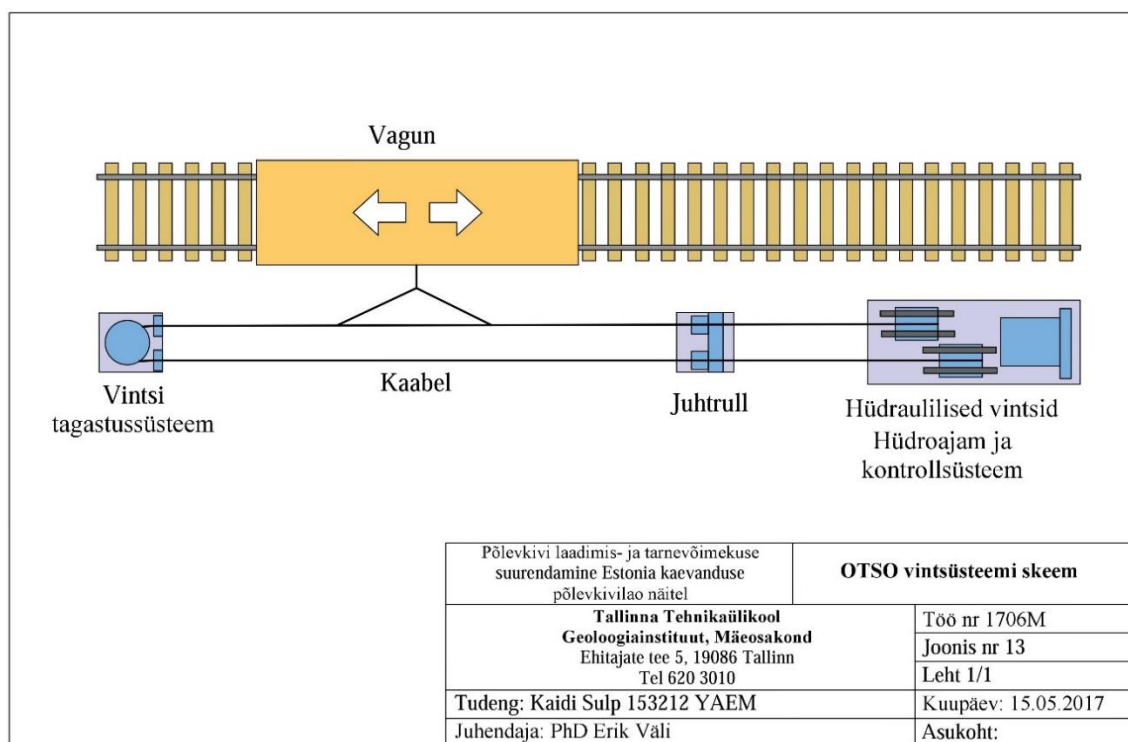
väikese investeringuga, mis aga aitab laadimistäpsust veelgi tõsta ning kergendab ka operaatori tööd, seega tuleks antud investeering kindlasti teha. [26]

5.3 Buldoosritega täitmisel liiga aeglane poolvagunite edasinihutamine

Alapeatükkidest 3.3.2 ja 3.3.3 selgus, et nii kahe buldooseri laadimisel kui ka ühe buldooseri laadimisel on seisakud, mis tingitud poolvagunite edasinihutamisest, päris suured. Vastavalt siis kahe buldooseri laadimisel 2 minutit 39 sekundit ja ühe buldooseri laadimisel 1 minut 29 sekundit. Selline ajakulu on tingitud asjaolust, et poolvaguneid liigutatakse edasi alles siis, kui need on täis laaditud. Esimesel juhul tuli korraga edasi nihutada kahte poolvagunit ja teisel juhul ühte poolvagunit. Üheks võimalikuks lahenduseks antud probleemile on kasutada kaaluga varustatud punkreid nagu alapeatükis 5.2.3 välja pakuti. Antud lahendus võimaldaks poolvaguneid edasi nihutada sujuvalt kogu laadimisprotsessi vältel ehk seisakuid poolvagunite liigutamise tõttu ei tekiks. Oluliselt suureneks ka laadimistäpsus, sest hetkel on tegu küll kõige suurema tootlikkusega, aga ka kõige ebatäpsema laadimismeetodiga. Lisaks peaks punkri abil vähenema raudteele pudeneva põlevkivi kogus ning toodangu paiknemine poolvagunis on ühtlasem, mitte nt kahe suure kuhjana, mille vahel on tühi ruum nagu praegu ja mis alles siis ühtlustuma hakkab, kui poolvagunid liikuma hakkavad. Samuti ei peaks iga ilmaga laadimisestakaadi ääres seisma dispetšer, kes hetkel jälgib poolvagunite täituvust, koordineerib buldooseri juhte tööd ning liigutab juhtpuldiga varustatud vintssüsteemi abil poolvaguneid edasi. Kaaluga varustatud punkrite kasutamisel saaks nimetatud dispetšer istuda nagu 7. harutee puhulgi, vastavas väikeses ruumis ning sealt liigutada poolvaguneid edasi, koordineerida buldooseri juhte vastavalt punkri täituvusele ja juhtida punkri tööd. Lahenduse negatiivseteks külgedeks on suur alginvesteeringu maksumus – umbes 0,5 mln € ja vaba ruum, mida suur punker oma mõõtmete tõttu vajab.

Teiseks võimalikuks lahenduseks on vahetada välja praegu 14. haruteel kasutatav vintssüsteem LPEP-10, mille poolvagunite edasinihutamise kiirus on võrreldes tänapäevaste lahendustega väga aeglane. LPEP-10 maksimaalne poolvagunite edasinihutamise kiirus on 0,54 km/h. Soome ettevõtte Teräspyörä-Steelwheel Oy toodetava OTSO vintssüsteemi (Joonis 13) maksimaalne poolvagunite edasinihutamise kiirus on aga 2,7 km/h, mis on kordi suurem kui LPEP-10. Seega võimaldaks OTSO vintssüsteemi

kasutamine oluliselt vähendada seisakuid, mis on tingitud poolvagunite edasinihutamisest ning seeläbi suureneks ka buldooseriite kasutamisel laadimise tootlikkus. Lahenduse positiivseks omaduseks on samuti asjaolu, et antud vintssüsteemi paigaldamine on kiire, võttes maksimaalselt paar päeva ning hoolduskulud on ettevõtte enda sõnul madalad. Tarneaeg antud süsteemile on kuni 12 nädalat. Samuti on süsteemi võimalik hiljem vajadusel ümber paigutada. Negatiivseks küljeks on aga asjaolu, et laadimisestakaadi ääres peaks ikkagi iga ilmaga viibima dispetšer, kes nagu praegugi koordineeriks buldooseriitide tööd ja liigutaks vintssüsteemi juhtpuldi abil poolvaguneid edasi. Lisaks tuleks laadimise täpsuse tõstmiseks paigaldada alapeatükis 5.2.2 välja pakutud raudteekaal, mis omakorda tõstaks vajaliku investeeringu mahtu, ses tuleb investeerida nii raudteekaalu kui vintssüsteemi ostu (vintssüsteemi hind on 125...170 tuhat eurot ja raudteekaalu oma 200 tuhat eurot). Negatiivne on ka asjaolu, et raudteekaalu abil on võimalik lahendada probleem, mis on tingitud poolvagunite alalaadimisest, kuid ülelaadimist see täielikult ei väldi, sest kui mingil põhjusel peaks buldooseriit liialt põlevkivi poolvagunisse lükkama, ei hakata poolvagunit ümber laadima. [27] [28]



Joonis 13. OTSO vintssüsteemi skeem [27]

Kokkuvõtteks võib öelda, et mõlemad lahendusvariandid nõuavad ettevõttelt investeeringute tegemist, mis on üsna suured. Seetõttu sobib töö autori arvates paremini

esimene lahendusvariant – kaaluga varustatud punkri paigaldamine, sest ühte ettevõtte lahenduse kasutamine on Enefit Kaevandused AS-ile lihtsam (ei tule algatada kahte riigihanget), kui mitme erineva ettevõtte lahenduse kasutamine. Kuna punker on juba varustatud kaaluga, siis on ka laadimine täpsem, sest see ei sõltu enam buldooseri juhi ja dispetšeri omavahelisest täpsest koostööst vaid automaatikast. Samuti tõstaks selle lahendusvariandi kasutamine tööde automatiseerimise taset ning kergendaks praegu laadimisestakaadi äärel töötava dispetšeri tööd.

5.4 Kraapkonveieri osaliselt tühjalt töötamine ja sellest tingitud väiksem tootlikkus

Kraapkonveieriga laadimisel võiks tootlikkus olla oluliselt suurem, kui kraapkonveier ei töötaks osa ajast tühjana. Tühjalt töötamine on aga, nagu juba alapeatükis 3.3.1 selgus, tingitud asjaolust, et draglain laadib põlevkivi tsükliliselt. Ehk põlevkivi kraapkonveierile laadivaid draglaine on ainult üks ja iga tühjendatud kopataie järel peab ta uuesti koppa täitma. Antud probleemile oleks kaks võimalikku lahendust. Esiteks juba alapeatükis 5.2.3 mainitud punkri paigaldamine, mille mahutavus antud juhul võiks olla vähemalt 200 t põlevkivi ehk vähemalt 30% sellel haruteel tavaliselt laaditavatest poolvagunite keskmisest kandevõimest. Sellisel juhul toimuks laadimine üldiselt samamoodi nagu praegu, tootlikkus poolvagunitesse laadimise ajal aga kasvaks, sest kõigepealt laaditakse punker põlevkiviga täis sellel ajal, kui toimub täislaaditud ja tühjade poolvagunite veeremiks kokku- ja lahtihaakimine antud laadimisteel. Poolvagunite edasinihutamine oleks endiselt sama sujuv, sest laadimine toimub küll läbi punkri, aga poolvaguneid saab ikkagi laadimisega samaaegselt edasi nihutada. Lahenduse negatiivseks küljeks on punkri rajamiseks vajalik suur alginvesteeringu maht. Laadimise hind tõuseks natuke ka selle arvelt, et draglain peab lisatööd tegema ning laadima kraapkonveierile lisaks vahepealsel ajal punkri täitmiseks, mitte ainult sellel ajal, kui toimub poolvagunitesse laadimine. Lahenduse suurimaks miinuseks on aga asjaolu, et saavutatakse küll suurem tootlikkus laadimisel, kuid kraapkonveier töötaks endiselt osa ajast tühjana ehk selle võimalikku tootlikkust ei kasutataks maksimaalselt ära.

Eelneva lahendusvariandi suurima negatiivse külje lahendaks teine võimalik lahendusvariant, milleks oleks draglaini mittekasutamine kraapkonveierile laadimisel, vaid

selle asemel kasutatakse kahte buldooseri või buldooseri ja kopplaaduri kombinatsiooni. Draglainiga ei saaks mitut masinat samaaegselt kraapkonveierile laadimisel kasutada, sest draglainil on noole pikkusest sõltuv töötsoon ja ohutustsoon, kus ei tohi teised masinad viibida. Kraapkonveierile laadides jääksid aga kõik teised võimalikud masinad, mida muidu laadimiseks kasutada saaks, draglaini töötsooni ja ohutuse tagamiseks ei tohi neid seega kasutada. Seetõttu oleks kõige optimaalsem kasutada laadimiseks kopplaaduri ja buldooseri kombinatsiooni, sest antud masinad on Estonia kaevandusel olemas ja ei peaks tegema lisainvesteeringut. Nimelt on põlevkivilaos kolm buldooseri, millest üks on reservis ja seda kasutatakse vaid sellel ajal, kui ühe igapäevaselt kasutatava buldooseriaga midagi juhtub, ehk see on remondis või toimub töös olevate buldooseri hooldus. Enamiku ajast on aga kolmas buldooser vaba ning seda saaks kasutada laadimiseks. Nagu juba peatükis 3.3.1 mainitud, kasutati antud lahendust ühe buldooseriaga kraapkonveierile laadimisel ka 2003. aastal, aga siis oli tegu väiksema kraapkonveieri ja buldooseriaga. Praegusel juhul tuleks aga lisaks buldooseri samaaegselt kasutada ka kopplaadurit, mis on samuti Estonia kaevandusel olemas ja mida saaks antud tööks kasutada. Kahe masina kasutamine kraapkonveierile laadimisel muudaks laadimise oluliselt sujuvamaks ning väheneks kraapkonveieri tühjalt töötamine. Lahenduse negatiivseks küljeks on aga asjaolu, et sellel ajal, kui lahenduses kasutatavat buldooseri oleks vaja kasutada 7. haruteel asendusmasinana, ei saa seda kasutada 14. haruteel, ehk tuleks kas sellel ajal mitte kasutada 14. haruteed laadimiseks või siis tuleks sel perioodil kasutada praegu kasutatavat draglaini laadimiseks, või piirduda ainult kopplaaduri abil laadimisega. Teiseks miinuseks antud meetodi puhul on asjaolu, et draglain peab neil tundidel ööpäevast, kus laadimist parasjagu poolvagunitesse ei toimu, valmistama ette lisaks 7. harutee laadimisplatsile ka 14. harutee laadimisplatsi. Külla aga järeldeb viimati mainitud, et draglaini ööpäevane koormus säilib suures osas isegi siis, kui seda kasutatakse igapäevaselt ainult ettevalmistustöödeks, mitte laadimiseks. On negatiivne, et selle lahendusvariandi kasutamisel ei peaks küll investeerima masinatesse või punkri ostu, kuid tuleks siiski paigaldada raudteekaal, mis nagu selgus peatükis 5.2.2, ei ole väike investeering.

Antud probleemi lahenduste kokkuvõtteks võiks öelda, et ettevõtte jaoks oleks suure tõenäosusega kasulikum kasutada teist lahendusvarianti – kraapkonveierile laadimiseks kasutada kopplaadurit ja buldooseri, sest rohkem investeeringuid, kui raudteekaal, ei tuleks teha. Viimane on oluliselt odavam, kui kaaluga varustatud punkri rajamine. Lisaks tuleb ära märkida, et raudteekaalu paigaldamine 14. haruteele ei ole esmajoones vajalik,

seda saab teha hiljem, kui buldooseri ja kopplaaduri üheaegne kasutamine ennast õigustavad, sest laadimine antud haruteelt on niigi üsna täpne tänu dispetšeri ühtlasele poolvagunite edasinihutamisele ja sujuvale laadimisele.

6.

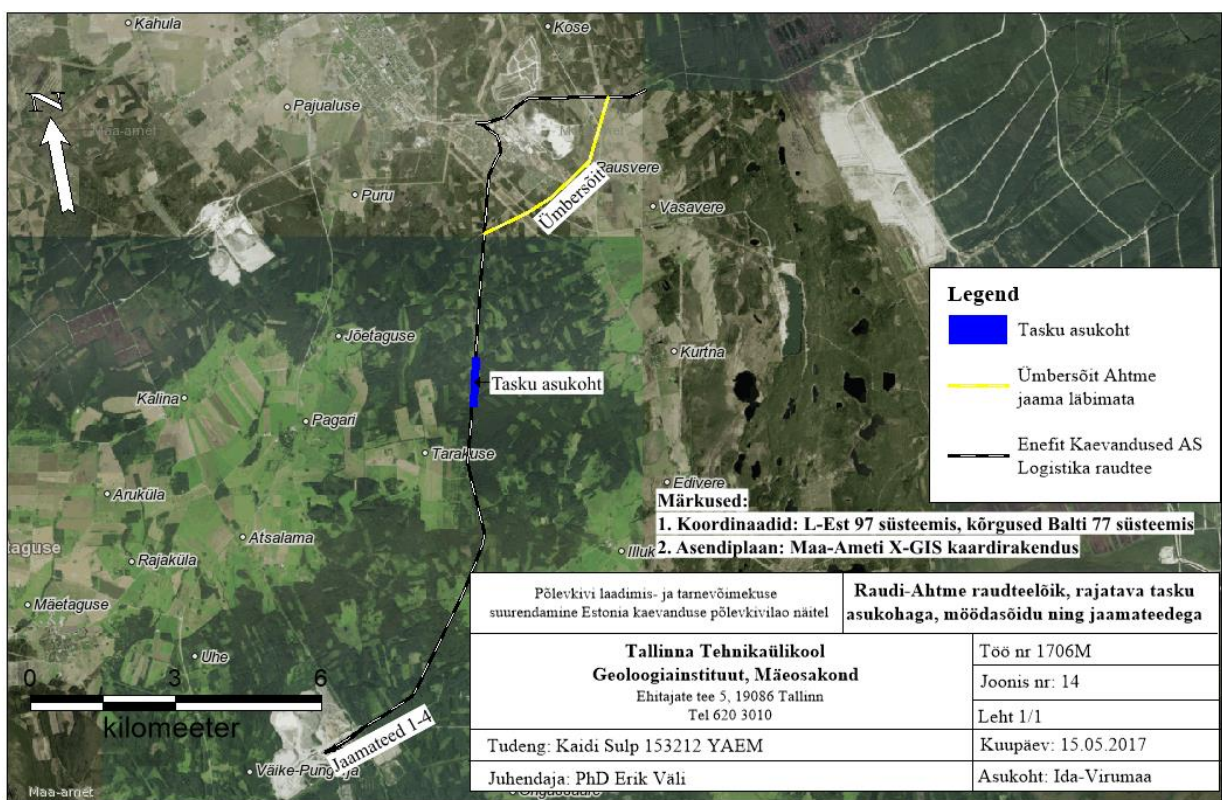
6. TARNEVÕIMEKUSE KITSASKOHAD JA VÕIMALIKUD LAHENDUSED TARNEVÕIMEKUSE SUURENDAMISEKS

Tarnevõimekuse suurendamine on võtmetähtsusega protsess, sest Estonia kaevandus töötab pidevalt maksimaalse tarnevõimekuse juures ning seega ei ole turusituatsioonide muutumisel võimalik suurendada praeguse tarnesüsteemi korral tarnete arvu. Antud peatükk keskendubki tarnevõimekuse tõstmisele kolme peamise lahendusvariandi välja pakkumise teel, lähtudes seejuures praegustest kitsaskohtadest. Järgnevates alapeatükkides antaksegi alapeatüki lõikes ülevaade võimalikust lahendusvariandist koos lahenduse võimaliku ligikaudse investeeringu suurusega, kui investeering on lahenduse elluviimiseks vajalik. Lahendusvariantide välja töötamisel on tehtud tihedat koostööd Enefit Kaevandused AS Logistika varahalduse juhi Leo Saar'e ning logistiku Nikolai Lis'iga, aga ka Enefit Kaevandused AS tootmisosakonnaga. Lahenduste välja pakkumisel on arvestatud asjaoluga, et Estonia kaevandus töötab veel vähemalt 10 aastat ning võimalusega, et praeguse Estonia kaevanduse kõrvale rajatakse uus kaevandus (nt Estonia II), kus saaks samu – juba teostatud lahendusi kasutada.

6.1 Raudi-Ahtme raudteesõlme rekonstrueerimine, veeremite möödumiseks tasku rajamine

Estonia kaevandusest müüdava põlevkivi transpordiks kasutatakse kaevanduse avamisest saadik raudteetransporti. Selle põhjuseks on odavus (1...2 €/t koos laadimisega, olenevalt sellest, kas teenust ostetakse sisse või teostab töid Enefit Kaevandused AS Logistika ehk kas tarbijaks on Eesti Elektri jaam ja Õlitööstus või Balti Elektri jaam) ning võimalus korraga transportida suuri koguseid. Antud transpordiliigi jätkusuutlikkuse tagamiseks olemasolevates tingimustes on oluline rekonstrueerida Raudi-Ahtme raudteesõlm pikkusega 13,47 km (Joonis 14), kuna see on väga halvas seisukorras, sisuliselt amortiseerunud juba viimased 10 aastat ning omab ühte tähtsaimat rolli tarnevõimekuse

suurendamisel. Selle raudteesõlme rekonstrueerimistöõde hinnanguline maksumus on 3,84 miljonit eurot (Lisa 8). Investeeringumahu arvutamisel on lähtutud 2013. aastal Enefit Kaevandused AS Logistika (varasem Eesti Energia Kaevandused AS Logistikaettevõtte) strateegia esitlusest, kus välja toodud kogu raudteevõrgu rekonstrueerimiseks vajalike tööde tükihinnad koos kogu raudteevõrgu rekonstrueerimiseks vajaliku summaga. Arvutustes on seega arvestatud vajalikke koguseid ning lisaks on lõplikele hindadele juurde arvestatud inflatsioon, sest tegu on neli aastat vana aruandega ning hinnad on inflatsiooni tõttu suurenenud. Enefit Kaevandused AS Logistika spetsialistide sõnul võimaldab see investeering suurendada tarnevõimekust 15...20%. [29] [30]



Joonis 14. Raudi-Ahtme raudteelõik koos haruteedega 1...4, rajatava tasku asukohaga ning võimaliku Ahtme jaamast möödumisvõimalusega [6]

Rekonstrueerimistöõde käigus tuleb rajada tasku veeremite möödumiseks raudtee kaheksandale kilomeetrile (Joonis 14). Asukoht on valitud selline, sest seal on olemas vana muldkeha, kus asus ka varasemalt tasku, mis on tänaseks demonteeritud. Olemasolev muldkeha vähendab vajamineva investeeringu suurust ligi 400 tuh €. Teiseks oluliseks etapiks rekonstrueerimistöõdel on poolautomaatblokeeringu (st foorisüsteemi, mida saab juhtida ka naaberjaamast) rajamine, mis võimaldab vastava märguande korral veeremitel

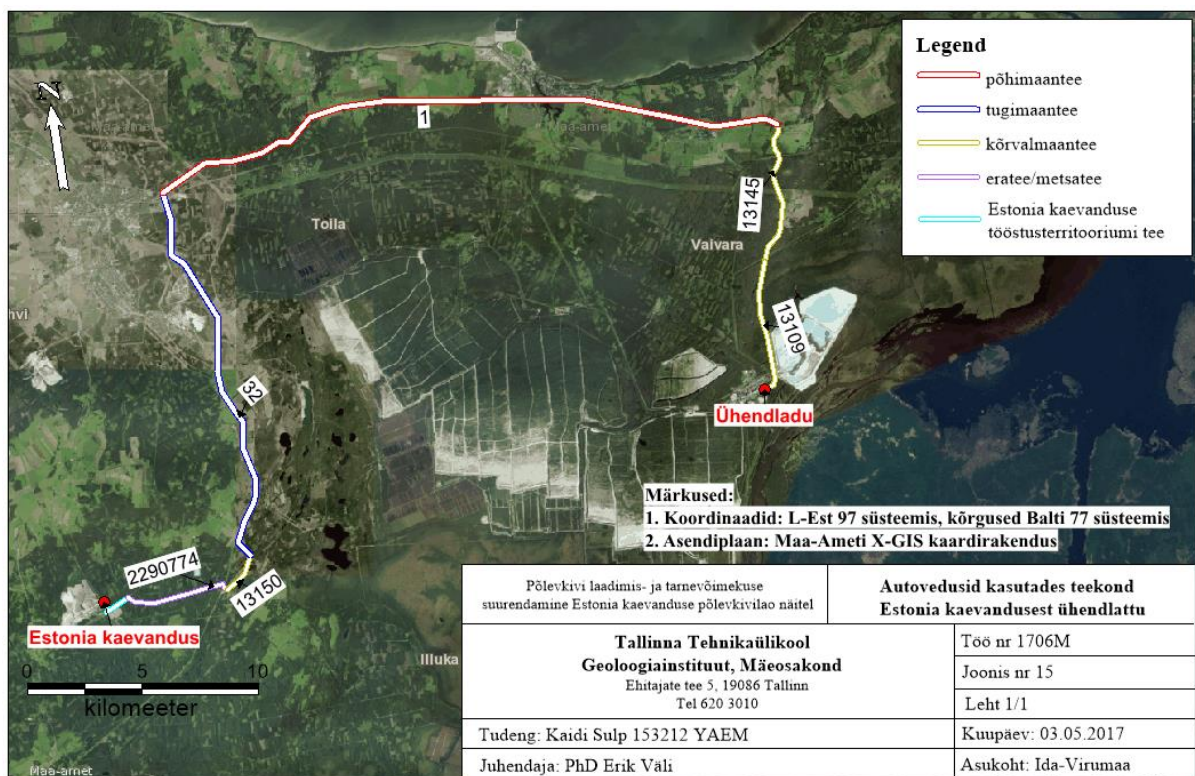
liikuda jaamavahetele või taskusse ning seeläbi tagada teise veeremi möödumise. Kolmandaks etapiks on kapitaalremondi teostamine Raudi jaama haruteedel 1...4, sest tegu on amortiseerunud haruteedega. Neljandaks tuleks rekonstrueerida elektritsentralisatsiooni seadmed (st kompleks, mis võimaldab juhtida ning kontrollida kogu jaama - pööranguid, signaale jne tsentralisatsioonipostist). Tulevikus tuleks välja ehitada raudteelõik, mis võimaldaks veeremitel läbida teekond ilma Ahtme jaama läbimata. [31]

Läbilaskevõime suurenemine 15...20% tähendab seda, et ööpäevas on võimalik müüa maksimaalselt 5 400...7 200 t rohkem põlevkivi ehk aastas kuni 1,97...2,63 mln t põlevkivi rohkem kui praegu. Antud tarnevõimekuse suurendamise teel võidakse saada aastaseks lisakasumiks 5,36...7,15 mln eurot, eeldusel, et põlevkivi müügist saadav kasum on müügihinnast 20% ning müügihind on 13,6 €/t (tegu on 2013. a hinnaga, millele on lisatud inflatsioon). See tähendab, et tänu antud kasumi suurusele, tasub investeering suurusega 3,84 mln eurot end ära vähem kui aastaga, seejuures tõstmata hinda transpordile ühe tonni kohta, sest investeering tasutakse saadava kasumi arvelt. Seega sellel perioodil ettevõtte kasumit ei teeni vaid teenib tasa investeeringu maksumust. [32] [33]

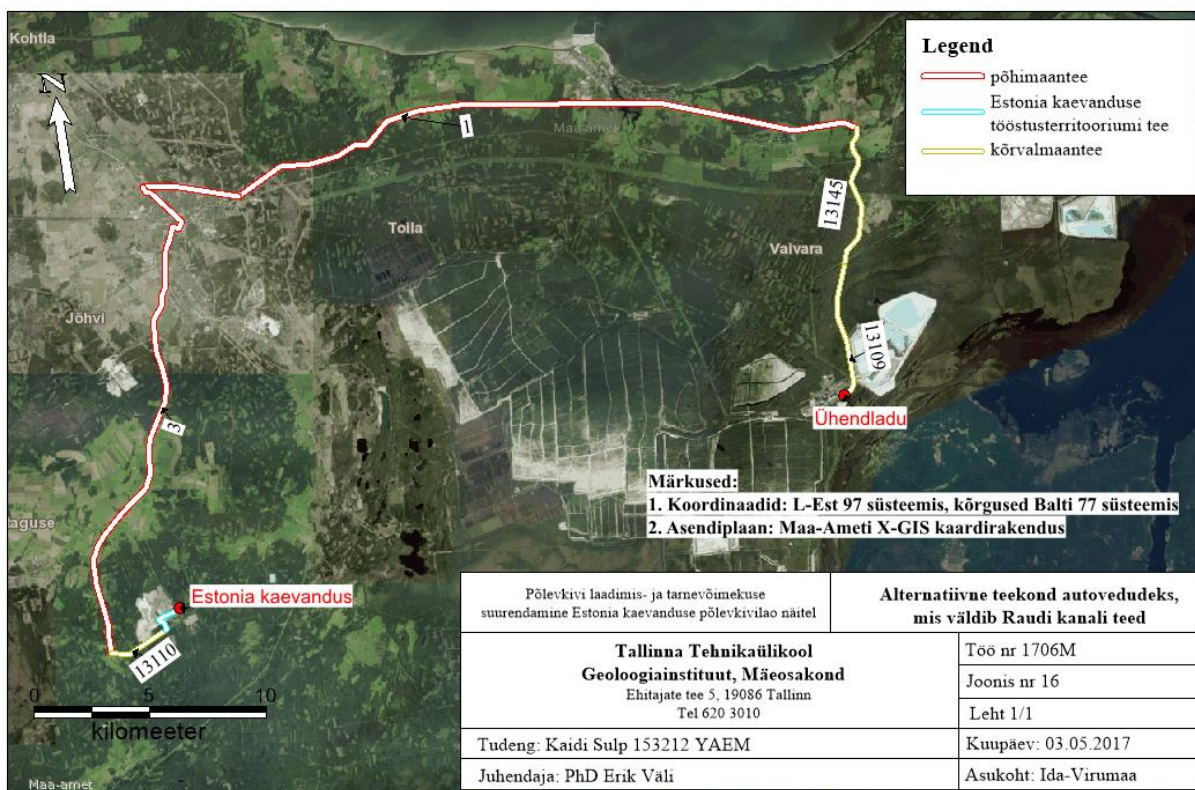
6.2 Autovedude kasutamine

Olukordades, kus tarnevõimekust on vaja tõsta vahel harva näiteks mõneks kuuks aastas, on võimalikuks lahenduseks kasutada koos raudteevõimekusega sisseostetava teenusena autovedusid. Lahenduse positiivseks küljeks on paindlikkus ning olukord, kus tarnevõimekus sõltub masinapargi suurusest, laadimisvõimekusest müüja juures, teekonna läbimiseks kulunud ajast, toodangu mahalaadimisvõimekusest ja kaalumisevõimekusest tarbija juures. Samuti võib positiivseks lugeda asjaolu, et kuna tegu on sisseostetava teenusega, ei vaja see teenust telliva ettevõtte poolseid lisainvesteeringuid. Lahenduse üheks negatiivseks küljeks on veohind, mis on Enefit Kaevandused AS poolt 2016. aasta sügisel korraldatud ja seejärel tühistatud riigihanke nr 180936 andmetel 5,4 €, mis on 2...4 korda kõrgem võrreldes raudteevõimekusega (oleneb, kas tarnijaks on Enefit Kaevandused AS Logistika või EVS Cargo) ning sellest tulenevalt väheneb põlevkivi müügist saadav kasum. Lahenduse teiseks suureks miinuseks on asjaolu, et teekonna läbimiseks tuleb kasutada kõige lühemat marsruuti, mis koosneb suuremas osas riigiteedest

(Joonis 15), mille osadele lõikudele võidakse märgadel perioodidel seada tee säilimise eesmärgil kandevõime piiranguid. Lisaks kulgeb esimene osa teest (2290774 Raudi kanali tee) väljaspool Estonia kaevanduse tööstusterritooriumi 4,62 km ulatuses era- ja metsateel. Viimane oli aga nt 2016....2017. aasta talvel suurtele masinatele kohati jää ning seda katva vee tõttu läbimatu, sest talihoolde teostamine väikese liiklussagedusega erateedel ei ole nii rangete nõuetega, kui talihoole tiheda liiklussagedusega riigiteedel. Lisaks on see 4,62 km pikkune teelõik väga kitsas, mille tõttu peab autode möödumisel üks autodest peatuma. Olukorda parandaks mõnevõrra asjaolu, kui töid telliv ettevõtte lubaks kasutada veidi pikemat (umbes 3 km) marsruuti (Joonis 16), mis väldiks nimetatud 4,62 km pikkust teelõiku. Seega antud lahendusvariandi kokkuvõtteks võib öelda, et meetod on kasutatav suvisel perioodil ning sobib juhtudeks, kui tarnevõimekust on vaja olulisel määral tõsta lühikeseks ajaperioodiks. Kuna Enefit Kaevandused AS-i puhul on tegemist riigiettevõttega, tuleb arvestada riigihanke korraldamiseks kuluvat aega ning võimalikke hinnamuutuseid seoses turusituatsioonidega. [6] [34] [35]



Joonis 15. Autovedusid kasutades teekond Estonia kaevandusest ühendlattu [6] [34]

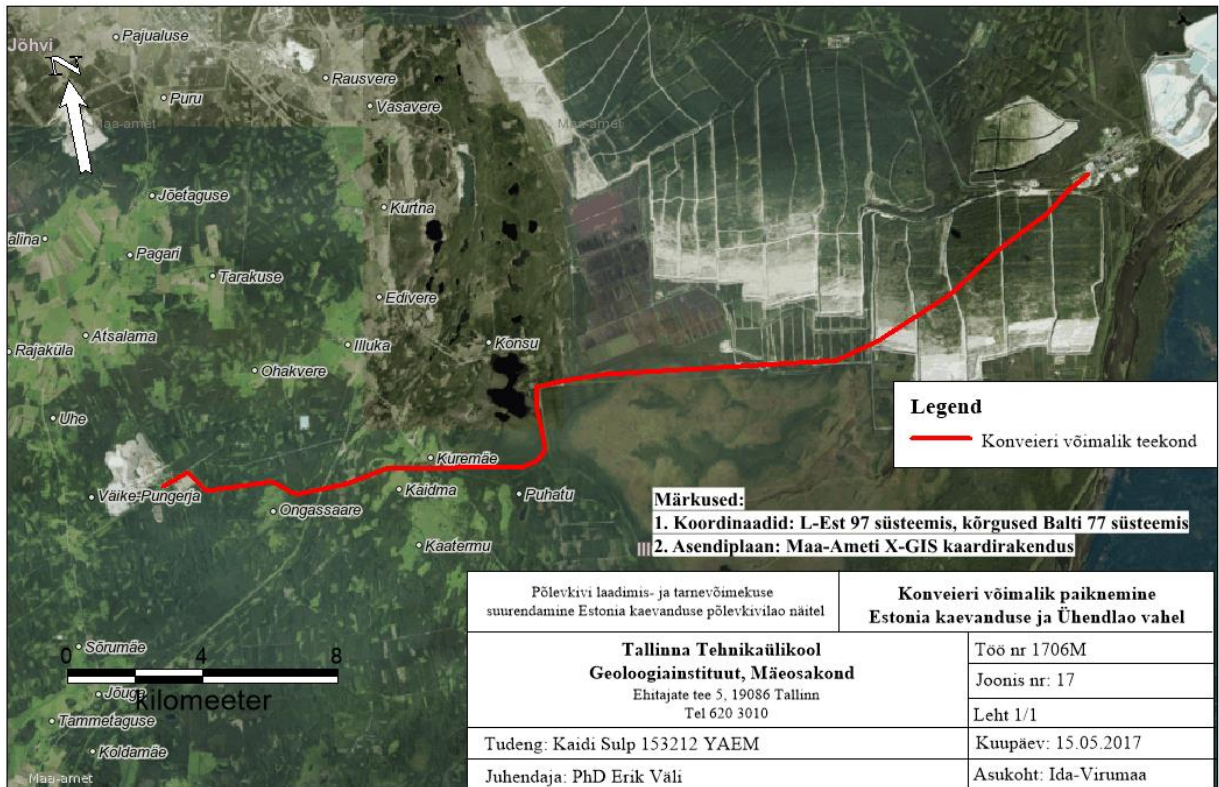


Joonis 16. Alternatiivne teekond autovedudeks, mis väldib Raudi kanali teed [6] [34]

6.3 Konveieri rajamine Estonia kaevandusest Ühendlattu

Kolmandaks võimalikuks lahenduseks tarnevõimekuse tõstmisel on konveieri rajamine Estonia kaevandusest ühendlattu (Musta jaama juures asuv ladu, kuhu ladustatakse nii Narva karjääri kui Estonia kaevanduse põlevkivi, mida kasutatakse Enefit 280 tarbeks) (Joonis 17). Tegu on väga suuremahulise investeeringuga – suurusjärgus 116 miljonit eurot (Lisa 9) seejuures on investeeringu mahu arvutamisel lähtutud Viru Keemia Grupp OÜ konveieri investeeringu mahust ja tehnilistest näitajatest. Ühiseks näitajaks on võetud arvutuste teel saadud tonn kilomeetri maksumus, mille alusel on arvatud investeeringu maht. Investeeringu mahu arvutamisel on arvestatud ka inflatsiooniga, sest lähteandmetes kasutatud konveieri investeering tehti aastal 2009. Kuna konveieri eluiga on üle 20 aasta, siis eeldab sellise lahenduse kasutuselevõtmise, et Estonia kaevandus töötab veel vähemalt 10...15 aastat ning Estonia kaevanduse mäeeraldise kõrvale rajatakse mõni uus kaevandus, mille toodangu tarnimiseks kasutatakse sama konveierit. Konveieri positiivseteks külgedeks on keskkonnasõbralikkus – vähem heitgaase, tolmu ja müra. Lisaks suur

tarnevõimekus, näiteks Viru Keemia Grupp OÜ poolt kasutatava konveieri pikkus on 12,47 km, koormatud kiirus on 4 m/s, tootlikkus 700 t/h, aastane maksimaalne tootlikkus kuni 3,2 mln t. Sama firma – ThyssenKrupp Fördertechnik GmbH poolt toodetakse aga ka konveiereid, mille maksimaalne tootlikkus on kuni 25 tuh m³/h. Seega sobiks antud firma konveierid tootlikkusega 1350 t/h ja aastase maksimaalse tootlikkusega 9,5 mln t Estonia kaevanduse põlevkivi müügiks. Positiivseks saab lugeda asjaolu, et konveier on pidevas liikumises, mis tähendab, et ei pea ootama, kuni lint terve ringi ära teeb, vaid kohe, kui hakkab liikuma tühi lindiosa, saab sellele laadida toodangut. Kinnise konveieri puhul on positiivne ilmastikutingimuste väiksem mõju toodangule, mis omakorda püüab vältida praegu aktuaalselt probleemi – külmal ajal poolvagunite nurkadesse külmuv põlevkivi, mida poolvagunitest kätte ei saada ning mida seetõttu edasi-tagasi sõidutatakse, mis omakorda vähendab müüdavat toodangumahtu, sest igas poolvagunis on paari tonni ulatuses külmunud kivi. Samuti on positiivne toodangu transpordi hind, mis on hinnanguliselt 0,84 €/t (Lisa 9) - võrreldes teenusena sisseostetava raudteetranspordiga (EVS Cargo) oluliselt odavam, kuid Enefit Kaevandused AS Logistika hinnaga on vahe vähem kui 0,2 €/t. Seejuures on transpordihinna arvutamisel arvesse võetud nii investeeringu mahtu, mis on võrdselt ära jagatud 20 aasta peale, kui ka konveieri aastast hoolduskulu. Hoolduskulu arvutamisel on lähtutud rusikareeglist, mis ütleb, et aastane hoolduskulu moodustub 2% investeeringu mahust ja 5% lindi ostuhinnast. Lindi hinnaks on võetud FTT Wolbrom S.A firma lindi hind – 58,5 €/m. Lahenduse negatiivseks küljeks on kahtlemata investeeringu suur maksumus. Samuti probleemid, mis võivad tekkida maaomanikega, sest nii pika konveieri (30 km) teekond läbib hulgaliselt eraomandisse kuuluvaid valduseid. Kokkuvõtteks võib öelda, et lahendusvariant on väga perspektiivne ning seda tuleks kindlasti kaaluda, kui Estonia kaevanduse läheduses on plaanis avada mõni uus kaevandus. Samuti tuleks antud lahendusvarianti kaaluda, sest Enefit Kaevandused AS Logistika poolvagunid ja vedurid on juba üsna eakad ning vajavad lähima kümne aasta jooksul väljavahetamist või mõne muu lahenduse kasutusele võtmist. [19] [36] [37] [38] [39] [40] [41]



Joonis 17. Võimalik konveieri paiknemine Estonia kaevanduse ja Ühendlao vahel [6]

7. PRAEGUSES SITUATSIOONIS SOBIVAIM VARIANT LAADIMIS- JA TARNEVÕIMEKUSE SUURENDAMISEKS

Käesoleva töö peatükkides 5 ja 6 välja pakutud lahendusvariandid laadimis- ja tarnevõimekuse tõstmiseks on kõik piiramatute rahaliste vahendite korral teostatavad ja tõstavad kindlasti oluliselt nii laadimis- kui tarnevõimekust, seejuures tõstes ka laadimistäpsuse võrreldes praegusega hoopis uuele tasemele ning vähendades oluliselt käsitsi tehtavat tööd nt poolvagunite numbrite üles märkimisel.

Peatükis 5 välja pakutud lahendustest praeguste laadimissüsteemide kitsaskohtade kõrvaldamiseks tuleks rakendada iga laadimismeetodi puhul erinevat, just selle meetodiga kõige paremini sobivat ja soodsaimat lahendust, kuna ettevõtte investeeringute mahud on paraku limiteeritud. Esmalt tuleks Enefit Kaevandused AS Logistika ja Estonia kaevanduse vahel sõlmida kokkulepe ning kasutada alapeatükis 5.2.1 nimetatud lahendust – veeremite komplekteerimisel väiksema kandevõimega poolvagunite paigutamist veeremi algusesse või lõppu. Nimetatud lahendus vähendab erinevusi poolvagunite täituvuse ja nende kandevõime vahel, sest operaatoril on selgem ülevaade, millise kandevõimega poolvaguneid ta parasjagu laadib. Seejärel tuleks kindlasti alapeatükis 5.1 välja pakutud lahendus – poolvagunite automaatsesse üles märkimisse, seal nimetatud tagasihoidlik investeering teha, sest see vähendaks koheselt käsitsi tehtava töö osakaalu. Järgmisena peaks lahendama poolvagunite kandevõime ja tegelikult laaditud kauba koguse suured erinevused buldoosritega laadimisel. Nimetatud probleemile oleks efektiivseim ja lihtsaim lahendus alapeatükkides 5.2.3 ja 5.3 välja toodud kaaluga varustatud punkrisse investeerimine - see lahendaks kaaluerinevustest tingitud probleemid ja seejuures ei vähendaks tootlikkust. Kahtlemata tuleks tõsta kraapkonveieriga laadimisel tootlikkust, kuna hetkel on tegu kõige väiksema tootlikkusega laadimismeetodiga. Tootlikkuse tõstmiseks, ilma seejuures investeeringuid tegemata, tuleks ellu rakendada alapeatükis 5.4 välja pakutud lahendus, milleks on draglainiga kraapkonveierile laadimise asemel kopplaaduri ja buldooseri kasutamine. Kuna tegu on üsna täpse laadimismeetodiga, siis

raudteekaalu paigaldamine antud laadimisteele ei ole esmatähtsusega investeering - selle saab teha ka hiljem. Kahtlemata tuleks aga teostada väiksemahuline investeering alapeatükis 5.2.4 nimetatud kaalu paigaldamiseks koppladurile.

Peatükis 6 välja pakutud lahendusvariantidest tarnevõimekuse tõstmiseks oleks esmajoones soodsaim investeerida alapeatükis 6.1 välja pakutud lahendusse, milleks on Raudi-Ahtme raudteesõlme rekonstrueerimine ja möödumiseks tasku rajamine. See lahendusvariant suurendaks nii läbilaskevõimet kui ka vähendaks tarneaegasid. Kui mingil ajahetkel ei piisa raudtee renoveerimistöde tulemusena saavutatud 15...20% suuremast tarnevõimekusest, siis saaks erandina rakendada ka alapeatükis 6.2 välja pakutud lahendust, milleks on autovedude kasutamine. Tulevikutrende vaadates, kus tarbimismahud on pidevas kasvamises; Enefit Kaevandused AS Logistika raudtee, vedurid ja poolvagunid on amortiseerumas; keskkonnasäästlikumate transpordivahendite kasutamine populariseerimas ning Estonia kaevanduse lähedusse tahetakse rajada uus kaevandus, mille toodangu tarnimiseks võidakse kasutada Estonia kaevanduse tööstusterritooriumit, tuleks töö autori arvates teostada 116 mln € maksev investeering konveieri rajamise näol, millest oli lähemalt juttu alapeatükis 6.3.

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö tulemusel selgusid töö esimeses osas Estonia kaevanduse põlevkivilao maht, milleks oli 2017. a märtsi lõpus 1,53 mln tonni põlevkivi, ning erinevate kasutatavate laadimismeetodite tootlikkused koos selgelt välja eristuvate kitsaskohtadega – liigne ajakulu poolvagunite käsitsi ülesmärkimisel, poolvagunite liiga aeglane edasinihutamine ning erinevused poolvagunite kandevõime ja tegelikult laaditud toodangukoguse vahel. Antud magistritöö teine pool käsitles mitmesuguseid võimalikke lahendusvariante, mis kõrvaldaksid kitsakohad ja suurendaks tööde automatiseeritust. Nende tegevuste kaudu kasvaks laadimisvõimekus. Koos laadimisvõimekusega käsitleti ka aktuaalseid tarnevõimekuse kitsaskohti (nt amortiseerunud ühesuunaline raudtee Raudi-Ahtme lõigul) ning nende võimalikke lahendusvariante.

Lahendusvariante laadimis- ja tarnevõimekuse tõstmiseks, nagu käesolevast magistritööst selgus, on erinevaid nii tootjate, lahenduste tulemuste ning lahendusteks vajalike investeeringumahtude osas. Estonia kaevanduse tingimustesse praegusel hetkel teoreetiliselt kõige paremini sobivad lahendusvariandid toodi välja töö viimases osas. Nendeks lahendusteks olid esmajoones Raudi-Ahtme raudteesõlme rekonstrueerimine ja möödumiseks tasku rajamine, Estonia kaevanduse põlevkivilao lähedusse poolvagunite numbrite automaatse fikseerimissüsteemi paigaldamine, kopplaadurile kaalu paigaldamine, 14. haruteele kaaluga varustatud punkri rajamine ning 7. haruteel kraapkonveieriga laadimisel draglaini asemel kopplaaduri ja buldooseri kasutamine. Töö tulemuste põhjal selgus, et esmased investeeringud laadimis- ja tarnevõimekuse tõstmisel ei ole Enefit Kaevandused AS aastast käivet vaadates eriti suured ja peaksid seega teostatavad olema.

Antud magistritöös nimetatud lahenduste ellurakendamine loob Estonia kaevandusele valmisoleku kiireks reageerimiseks turuolukorra muutuste ja ettevõttesiseste muudatuste korral. Samuti tekib võimekus vajadusel märgatavalt suuremaks toodangu laadimiseks võrreldes praegusega. Käesolevas töös esitatud lahendused on kasutatavad mitte ainult Enefit Kaevandused AS-is, vaid ka teistes ettevõtetes, kui välja pakutud lahendusvariante ettevõttele vajalikesse tingimustesse mugandatakse.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] Tartu Ülikool, „Põlevkivi,“ [Võrgumaterjal]. Leitav: <http://www.ut.ee/BGGM/maavara/pqlevkivi.html>. [Kasutatud 11. 03. 2017].
- [2] Eesti Energia AS, „Eesti Energia Aastaruanne 2016,“ Eesti Energia AS, Tallinn, 2017.
- [3] Eesti Energia AS; Viru Keemia Grupp OÜ; Kiviõli Keemiatööstus OÜ; TTÜ Virumaa Kolledži põlevkivi kompetentsikeskus, „Eesti Põlevkivitööstuse aastaraamat 2015,“ Eesti Energia AS; Viru Keemia Grupp OÜ; Kiviõli Keemiatööstus OÜ; TTÜ Virumaa Kolledži põlevkivi kompetentsikeskus, 2016.
- [4] M.Rammo, „Eesti põlevkivimaardla Estonia kaevevälja registrikaardi (0036) täpsustamine. Arhiivis 7968,“ Eesti Geoloogiakeskus. Rakendusgeoloogia ja maavarade osakond, Tallinn, 2007.
- [5] N.Varb ja Ü.Tambet, 90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis : tehnoloogia ja inimesed, Harjumaa: GeoTrail KS, 2008.
- [6] Maaamet, „Eesti kaart,“ Maaameti geoportaal, [Võrgumaterjal]. Leitav: <http://xgis.maaamet.ee/xGIS/XGis>. [Kasutatud 01. 05. 2015].
- [7] Maaamet, „Estonia kaevanduse kaevandamisluba,“ 04. 09. 2004. [Võrgumaterjal]. Leitav: <http://xgis.maaamet.ee/xGIS/bronx/maardlad/showdata.aspx?mkood=340>. [Kasutatud 20. 03. 2017].
- [8] Vikipeedia, „Tallinn,“ Vikipeedia vaba entsüklopeedia, 27. 03. 2017. [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://et.wikipedia.org/wiki/Tallinn>. [Kasutatud 28. 03. 2017].

- [9] Keskkonnaministeerium, „Kaevandamisloa menetluse algatamise teade,“ 19. 06. 2015. [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://www.ametlikudteadaanded.ee/ee/Keskkonnaministeerium/keskkonnaluba/kaevandamisloa-menetluse-algatamine/2015/6/19/788453>. [Kasutatud 20. 04. 2017].
- [10] K.Kuusk, „Eesti Energia Kaevandused võtab kasutusele kamberlaava tehnoloogia,“ Eesti Energia AS, 03. 07. 2015. [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://www.energia.ee/et/uudised/avaleht/-/newsv2/2015/07/03/eesti-energia-kaevandused-votab-kasutusele-kamberlaava-tehnoloogia->. [Kasutatud 19. 03. 2017].
- [11] A.Viil ja K.Sokman, „SELETUSKIRI AS Eesti Põlevkivi Estonia kaevanduse Maavara kaevandamise loa KMIN-054 muutmise taotlusele,“ 2009.
- [12] Vikipeedia, „Estonia kaevandus,“ Vikipeedia vaba entsüklopeedia, 21. 06. 2013. [Võrgumaterjal]. Leitav: http://et.wikipedia.org/wiki/Estonia_kaevandus. [Kasutatud 22. 04. 2017].
- [13] V.Valling, „Estonia kaevanduse kaguosa geoloogiline ehitus, tektoolinised rikked ja lõhelisus,“ Tallinn, 2012.
- [14] Eesti Keele Instituut, „Eesti Keele Seletav Sõnaraamat,“ Eesti Keele Instituut, [Võrgumaterjal]. Leitav: <http://www.eki.ee/dict/ekss/index.cgi?Q=veerem&F=M>. [Kasutatud 18. 04. 2017].
- [15] Estonia kaevandus, „Põlevkivilao tehniline pass,“ Estonia kaevandus, Väike-Pungerja, 2014.
- [16] Eesti Energia Kaevandused AS, „Eesti Energia Kaevandused AS põlevkivilaad,“ Eesti Energia Kaevandused AS, Jõhvi, 2009.
- [17] Eesti Energia AS, „Aruanne nr 225 "Estonia kaevanduse põlevkiviladu",“ Eesti Energi AS, Jõhvi, 2017.
- [18] Eesti Põlevkivi AS, „Arendusprojekt "Estonia kaevanduse põlevkivi ladustamise ja laadimise tehnilis-majanduslik hinnang",“ Eesti Põlevkivi AS, Jõhvi, 2003.

- [19] Eesti Energia AS, „Aruanne nr 63 "Vagunite erinevused",“ Eesti Energia AS, Jõhvi, 2017.
- [20] Eesti Energia AS, „Aruanne nr 61 "Laadimine ettevõtete ja tarbijate kaupa",“ Eesti Energia AS, Jõhvi, 2017.
- [21] EVS Cargo, „Lisamaksete hinnakirja (Lisa 5) selgitused,“ EVR Cargo, Tallinn, 2015.
- [22] Kaameravalve OÜ, „NumberOK numbrimärgi tuvastussüsteem,“ Kaameravalve OÜ, 2017. [Võrgumaterjal]. Leitav: <http://www.kaameravalve.ee/numberok-numbrimargi-tuvastussusteem/>. [Kasutatud 02. 05. 2017].
- [23] Enefit Kaevandused AS Logistika, „Aruanne nr 159 "Vagunite detailne struktuur",“ Enefit Kaevandused AS Logistika, Jõhvi, 2017.
- [24] Pivotex Balti OÜ, „Raudteekaalude süsteemid,“ Pivotex Balti OÜ, [Võrgumaterjal]. Leitav: <http://www.pivotex.ee/kaalususteemid/raudteekaalude-susteemid/>. [Kasutatud 04. 05. 2017].
- [25] Schenck Process Europe GmbH, „TLO - train loading system,“ Schenck Process Europe GmbH, 2017. [Võrgumaterjal]. Leitav: <http://www.schenckprocess.com/products/Train-Loading-Systems>. [Kasutatud 30. 04. 2017].
- [26] Kaalumaja OÜ, „Kaalud frontaallaaduritele,“ Kaalumaja OÜ, 2013. [Võrgumaterjal]. Leitav: <http://www.kaalumaja.ee/index.php/kaalud-frontaallaaduritele>. [Kasutatud 01. 05. 2017].
- [27] Teräspyörä-Steelwheel Oy, „OTSO wagon moving winch,“ Teräspyörä-Steelwheel Oy, [Võrgumaterjal]. Leitav: <http://www.teraspyora.fi/products/shunting-winch>. [Kasutatud 10. 05. 2017].
- [28] Allbiz, „Winch driving LPE 100-1500U (LPEP-10),“ [Võrgumaterjal]. Leitav: <http://www.ua.all.biz/en/winch-driving-lpe-100-1500u-lpep-10->

g6053629RU#.WRdat_nyjcc. [Kasutatud 06. 05. 2017].

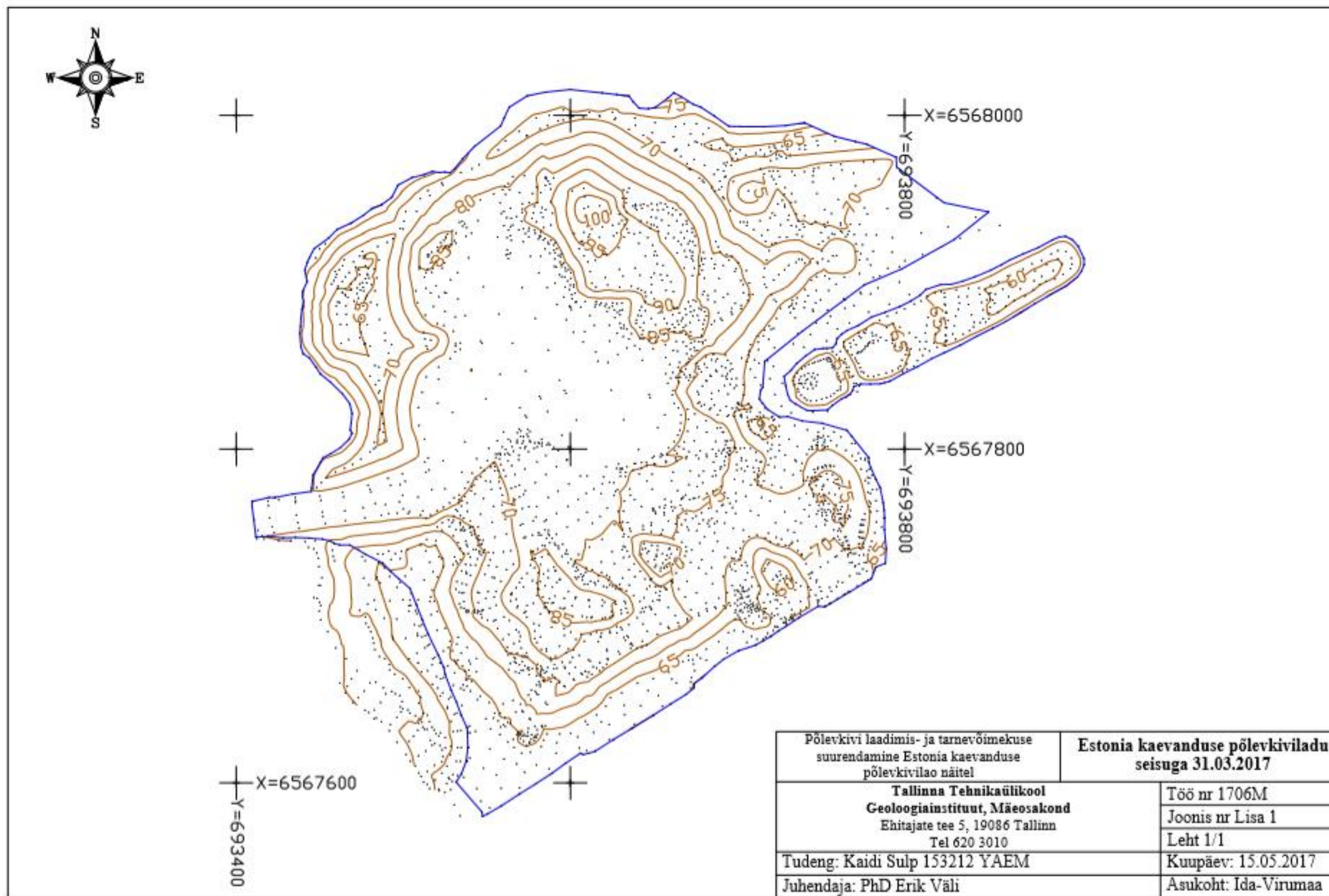
- [29] Enefit Kaevandused AS, „Kaevanduste majandusnäitajate kogumik,“ Enefit Kaevandused AS, Jõhvi, 2016.
- [30] L.Saar, „Logistika strateegia,“ Eesti Energia Kaevandused AS Logistikaettevõtte, Jõhvi, 2013.
- [31] Teede- ja Sideminister, „Raudtee tehnikasutuseeskirja kinnitamine,“ 30. 07. 1999. [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/118072015006?leiaKehtiv>. [Kasutatud 20. 04. 2017].
- [32] A.Rajavee, „Konkurentsiamet: Eesti Energia põlevkivi müügihind Viru Keemia Grupile on olnud õiglane,“ 23. 10. 2015. [Võrgumaterjal]. Leitav: <http://www.err.ee/547839/konkurentsiamet-eesti-energia-polevkivi-muugihind-viru-keemia-grupile-on-olnud-oiglane>. [Kasutatud 01. 05. 2017].
- [33] Energiatalgud, „Põlevkivi energeetiline ressurss,“ 17. 03. 2016. [Võrgumaterjal]. Leitav: https://energiatalgud.ee/index.php?title=P%C3%B5levkivi_energeetiline_ressurss. [Kasutatud 05. 05. 2017].
- [34] Enefit Kaevandused AS, „Hange nr 180936 "Põlvekivi laadimis- ja veoteenuse ostmine",“ 07. 12. 2016. [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://riigihanked.riik.ee/register/hange/180936>. [Kasutatud 29. 04. 2017].
- [35] Majandus- ja taristuminister, „Tee seisundinõuded,“ 08. 07. 2015. [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/115072015013>. [Kasutatud 28. 04. 2017].
- [36] Viru Keemia Grupp OÜ, „Käivitamisel on Baltikumi esimene maapealne "usskonveier",“ 12. 03. 2012. [Võrgumaterjal]. Leitav: <http://www.vkg.ee/est/uudised/285/kaivitamisel-on-baltikumi-esimene-maapealne-usskonveier>. [Kasutatud 01. 05. 2017].
- [37] ThyssenKrupp AG, „Belt conveyors,“ ThyssenKrupp AG, [Võrgumaterjal]. Leitav: <https://www.thyssenkrupp-industrial-solutions.com/en/products-and->

services/mining-systems/belt-conveyors/. [Kasutatud 01. 05. 2017].

- [38] K.Kriis, „Kolmandik põlevkivikonveierist on lindiga kaetud,“ Põhjarannik, 07. 09. 2011. [Võrgumaterjal]. Leitav: <http://pr.pohjarannik.ee/?p=2104>. [Kasutatud 01. 05. 2017].
- [39] Viru Keemia Grupp OÜ, "Aastaraamat 2013," Viru Keemia Grupp OÜ, Tallinn, 2013.
- [40] I.Valgma, „Konveiervedu,“ %1 *Mäenduse, geoloogia ja geotehnoloogia põhitõed*, Tallinn, Teadusklubi, 2010, p. 111.
- [41] Eurostat, „HICP - inflation rate,“ 16. 08. 2016. [Võrgumaterjal]. Leitav: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&pcode=tec00118&language=en>. [Kasutatud 10. 05. 2017].

LISAD

Lisa 1. Estonia kaevanduse põlevkiviladu märts.2017



**Lisa 2. Kronometraaži tulemused laadimisel draglainiga EIII6.5/45Y
toiturpurustiga varustatud kraapkonveierile SP-1-228 [19]**

Vagun	Vaguni kande- võime [t]	Vagu- nisse laaditud [t]	Erinevus vaguni kande- võimest [t]	Keerab tagasi konveieri juurest [s]	Täidab koppa [s]	Keerab konveieri juurde [s]	Laadib kon- veierile [s]	EŠ seisak [s]	Konveieri seisak EŠ seisakust [s]	Kokku [s]
3846	71,00	69,35	-1,65	15,1	14,4	11,0	6,9			47,4
				20,1	14,0	13,5	11,5			59,1
				17,9	10,1	13,6	9,1			50,7
				18,5	10,3	11,7	10,1			50,6
				18,6	13,0	15,8	8,9			56,3
				17,8	9,7	12,3	9,6			49,4
				19,5	11,6	10,9	9,1			51,1
				21,4	10,3	SEIS	7,9	198	36	75,6
Keskmine [s]				18,6	11,7	12,7	9,1	198,00	36,00	55,0
Kokku ilma seisakuta [s]										404,2
Kokku koos seisakuga [s]										440,2
3584	64,00	64,65	0,65	18,4	14,3	17,3	8,2			58,2
				17,8	10,2	13,4	9,3			50,7
				18,9	12,5	11,2	7,0			49,6
				19,8	14,6	14,6	11,2			60,2
				17,2	9,6	12,9	9,2			48,9
				18,2	10,8	11,9	9,9			50,8
				14,2	16,1	11,3	6,3			47,9
				20,8	10,7	SEIS	7,5	220,0	40,8	79,8
Keskmine [s]				18,2	12,4	13,2	8,6	220,0	40,8	55,8
Kokku ilma seisakuta [s]										405,3
Kokku koos seisakuga [s]										446,1
61387	71,00	66,75	-4,25	16,3	8,7	8,1	9,6			42,7
				23,1	10,5	14,2	7,4			55,2
				14,1	10,8	11,4	11,1			47,4
				20,8	11,2	16,3	11,1			59,4
				17,5	16,2	16,7	9,6			60,0
				17,1	9,2	13,3	8,1			47,7
				15,6	12,8	11,3	11,8			51,5
				17,7	11,1	13,9	11,4	113,0	93,0	147,1
Keskmine [s]				17,8	11,3	13,2	10,0	113,0	93,0	63,9
Kokku ilma seisakuta [s]										418,0
Kokku koos seisakuga [s]										511,0

Põlevkivi laadimis- ja tarnevõimekuse suurendamine Estonia kaevanduse põlevkilao näitel

Vagun	Vaguni kande- võime [t]	Vagu- nisse laaditud [t]	Erinevus vaguni kande- võimest [t]	Keerab tagasi konveieri juurest [s]	Täidab koppa [s]	Keerab konveieri juurde [s]	Laadib kon- veierile [s]	EŠ seisak [s]	Konveieri seisak EŠ seisakust [s]	Kokku [s]
001	65,00	65,75	0,75	17,1	8,9	13,1	7,0			46,1
				15,1	12,4	13,8	8,1		49,4	
				21,4	11,3	13,6	8,9		55,2	
				23,2	7,2	15,2	7,4		53,0	
				17,9	14,4	13,3	9,8		55,4	
				19,2	14,6	11,8	8,6		54,2	
				21,0	20,2	13,2	6,3		60,7	
				21,5	13,6	SEIS	10,0	110,0	41,0	86,1
Keskmine [s]				19,6	12,8	13,4	8,3	110,0	41,0	57,5
Kokku ilma seisakuta [s]										419,1
Kokku koos seisakuga [s]										460,1
56461445	71,00	71,40	0,40	17,6	8,7	12,8	8,2			47,3
				22,8	7,1	14,5	7,8		52,2	
				21,7	11,4	13,6	10,2		56,9	
				19,4	13,2	11,7	8,7		53,0	
				21,3	20,8	13,0	6,9		62,0	
				15,7	12,9	13,9	8,8		51,3	
				17,6	13,3	13,2	10,1		54,2	
				21,7	13,6	SEIS	10,4	97,0	36,1	81,8
Keskmine [s]				19,7	12,6	13,2	8,9	97,0	36,1	57,3
Kokku ilma seisakuta [s]										422,6
Kokku koos seisakuga [s]										458,7
65800329	69,00	69,60	0,60	17,3	12,7	16,8	13,5			60,3
				18,7	10,4	12,3	11,2		52,6	
				17,1	14,8	14,9	8,6		55,4	
				16,9	12,1	14,1	12,3		55,4	
				21,1	13	13,4	11,0		58,5	
				16,5	12,1	12,1	10,2		50,9	
				18,1	9,9	11,6	7,0		46,6	
				16,8	13,5	SEIS	8,6	149,0	32,8	71,7
Keskmine [s]				17,8	12,3	13,6	10,3	149,0	32,8	56,4
Kokku ilma seisakuta [s]										418,6
Kokku koos seisakuga [s]										451,4
56461171	71,00	67,95	-3,05	16,3	12,5	14,6	12,1			55,5
				17,9	10,4	13,5	5,6		47,4	
				15,7	12,7	12,9	10,2		51,5	
				18,6	10,9	12,8	11,4		53,7	
				17,0	15,5	15,1	8,0		55,6	
				16,2	12,9	17,3	13,0		59,4	
				20,2	13,3	13,7	10,9		58,1	

Põlevkivi laadimis- ja tarnevõimekuse suurendamine Estonia kaevanduse põlevkivilao näitel

Vagun	Vaguni kande- võime [t]	Vagu- nisse laaditud [t]	Erinevus vaguni kande- võimest [t]	Keerab tagasi konveieri juurest [s]	Täidab koppa [s]	Keerab konveieri juurde [s]	Laadib kon- veierile [s]	EŠ seisak [s]	Konveieri seisak EŠ seisakust [s]	Kokku [s]
				16,2	14,2	SEIS	8	209,0	0	38,4
Keskmine [s]				17,3	12,8	14,3	9,9	209,0	0,0	52,5
Kokku ilma seisakuta [s]										419,6
Kokku koos seisakuga [s]										419,6
000000	70,00	82,50	12,50	26,0	5,8	6,8	9,2			47,8
				23,2	9,6	7,6	11,7			52,1
				21,1	9,3	11,4	14,2			56,0
				19,2	13,3	11,7	11,9			56,1
				20,1	11,8	18,3	9,6			59,8
				16,0	10,3	14,4	8,1			48,8
				18,3	9,5	12,3	10,4			50,5
				22,3	9,4	SEIS	8,6	90,0	0	40,3
Keskmine [s]				20,8	9,9	11,8	10,5	90,0	0,0	51,4
Kokku ilma seisakuta [s]										411,4
Kokku koos seisakuga [s]										411,4
KESKMINE:	69,0	69,74	0,74	18,7	12,0	13,2	9,4	148,3	35,0	56,2
KESKMINE ILMA SEISAKUTA [s]										414,9
KESKMINE KOOS SEISAKUGA [s]										449,8
TOOTLIKKUS ILMA SEISAKUTETA [poolvagunit/h]										8,7
TOOTLIKKUS KOOS SEISAKUTEGA [poolvagunit/h]										8,0
TOOTLIKKUS ILMA SEISAKUTETA [t/h]										605,2
TOOTLIKKUS KOOS SEISAKUTEGA [t/h]										558,2

Lisa 3. Kronometraaži tulemused laadimisel kahe Komatsu buldooseriiga

[19]

Buldooser nr 1 Komatsu D375 A6							
Vagun	Vaguni kande- võime [t]	Vagunisse laaditud [t]	Erinevus vaguni kande- võimest [t]	Seisak [s]	Lükkamine [s]	Laadimine [s]	Kokku [s]
0799	69,00	67,55	-1,45	149,0	7,0	16,0	172,0
				0,0	38,0	12,0	50,0
Kokku ilma seisakuta [s]							73,0
Kokku koos seisakuga [s]							222,0
0690	69,00	66,45	-2,55	180,0	26,0	13,2	219,2
				0,0	15,0	15,8	30,8
Kokku ilma seisakuta [s]							70,0
Kokku koos seisakuga [s]							250,0
20039	65,00	60,60	-4,40	159,4	19,4	14,8	193,6
				0,0	30,9	12,6	43,5
Kokku ilma seisakuta [s]							77,7
Kokku koos seisakuga [s]							237,1
Keskmine:	67,67	64,87	-2,80	162,8	22,7	14,1	118,2
ESIMISE BULDOOSERI ÜHE POOLVAGUNI KESKMINE ILMA SEISAKUTA [S]				0,0	45,4	28,1	73,6
ESIMISE BULDOOSERI ÜHE POOLVAGUNI KESKMINE KOOS SEISAKUGA [S]				162,8			236,1
Buldooser nr 2 Komatsu 375A-5EO							
Vagun	Vaguni kande- võime [t]	Vagunisse laaditud [t]	Erinevus vaguni kande- võimest [t]	Seisak [s]	Lükkamine [s]	Laadimine [s]	Kokku [s]
0477	71,00	77,10	6,10	150,0	33,0	18,0	201,0
				0,0	30,7	15,0	45,7
Kokku ilma seisakuta [s]							96,7
Kokku koos seisakuga [s]							246,7
20146	65,00	69,40	4,40	165,0	7,8	12,0	184,8
				0,0	15,0	14,9	29,9
Kokku ilma seisakuta [s]							49,7
Kokku koos seisakuga [s]							214,7
56461320	71,00	70,60	-0,40	149,0	21,8	18,2	189,0
				0,0	25,2	12,3	37,5
Kokku ilma seisakuta [s]							77,5
Kokku koos seisakuga [s]							226,5
Keskmine:	69,0	72,37	3,37	154,7	22,0	15,1	11,47
TEISE BULDOOSERI ÜHE POOLVAGUNI KESKMINE ILMA SEISAKUTA [S]				0,0	44,5	30,1	74,6
TEISE BULDOOSERI ÜHE POOLVAGUNI KESKMINE KOOS SEISAKUGA [S]				154,7			229,3
Kokku keskmine:	68,33	68,62	0,28	158,7	22,5	14,6	116,4

Buldooser nr 2 Komatsu 375A-5EO							
Vagun	Vaguni kande- võime [t]	Vagunisse laaditud [t]	Erinevus vaguni kandevõimest [t]	Seisak [s]	Lükkamine [s]	Laadimine [s]	Kokku [s]
KAHE BULDOOSERI ÜHE POOLVAGUNI KESKMINE ILMA SEISAKUTA [S]				0,0	45,0	29,1	74,1
KAHE BULDOOSERI ÜHE POOLVAGUNI KESKMINE KOOS SEISAKUGA [S]				158,7			232,8
TOOTLIKKUS ILMA SEISAKUTETA [poolvagunit/h]							97,2
TOOTLIKKUS KOOS SEISAKUTEGA [poolvagunit/h]							30,9
TOOTLIKKUS ILMA SEISAKUTETA [t/h]							6667,1
TOOTLIKKUS KOOS SEISAKUTEGA [t/h]							2121,8

Lisa 4. Kronometraaži tulemused laadimisel buldooseriga Komatsu D375

A6 [19]

Vagun	Vaguni kande- võime [t]	Vagunisse laaditud [t]	Erinevus vaguni kandevõimest [t]	Seisak [s]	Lükkamine [s]	Laadimine [s]	Kokku [s]
00006019	71,00	67,15	-3,85	0,0	51,0	20,0	71,0
				0,0	38,0	12,0	50,0
Kokku ilma seisakuta [s]							121,0
Kokku koos seisakuga [s]							-
117	65,00	72,95	7,95	147,0	99,0	14,0	260,0
				0,0	83,0	12,0	95,0
Kokku ilma seisakuta [s]							208,0
Kokku koos seisakuga [s]							355,0
090	71,00	67,85	-3,15	184,0	195,0	23,5	402,5
				0,0	33,0	18,0	51,0
Kokku ilma seisakuta [s]							269,5
Kokku koos seisakuga [s]							453,5
56561213	71,00	57,30	-13,70	148,0	6,4	14,6	169,0
				0,0	43,8	16,3	60,1
Kokku ilma seisakuta [s]							81,1
Kokku koos seisakuga [s]							229,1
KESKMINE:	69,50	66,31	-3,19	159,7	68,7	16,3	144,8
ÜHE POOLVAGUNI KESKMINE ILMA SEISAKUTA [S]					137,3	32,6	169,9
ÜHE POOLVAGUNI KESKMINE KOOS SEISAKUGA [S]				119,8			259,4
TOOTLIKKUS ILMA SEISAKUTETA [poolvagunit/h]							21,2
TOOTLIKKUS KOOS SEISAKUTEGA [poolvagunit/h]							13,9
TOOTLIKKUS ILMA SEISAKUTETA [t/h]							1405,1
TOOTLIKKUS KOOS SEISAKUTEGA [t/h]							824,2

Lisa 5. Kronometraaži tulemused laadimisel kopplaaduriga Komatsu WA-600-6 [19]

Vagun	Vaguni kande- võime [t]	Vagunisse laaditud [t]	Erinevus vaguni kande- võimest [t]	Kopa täitmine [s]	Sõit vagunini [s]	Laadimine [s]	Sõidab tagasi [s]	Kokku [s]
0101	64,00	58,30	-5,70	11,0	20,3	8,9	24,1	64,3
				6,2	37,8	17,3	11,4	72,7
				10,8	12,3	6,6	10,3	40,0
				6,3	18,2	6,6	11,1	42,2
				5,8	17,0	29,1	12,1	64,0
				5,0	25,0	11,1	25,0	66,1
Keskmine				7,5	21,8	13,3	15,7	56,6
Kokku								349,3
56731250	71,00	72,00	1,00	5,6	17,7	6,2	12,1	41,6
				5,8	21,1	9,1	21,1	57,1
				4,0	29,1	15,3	26,3	74,7
				5,5	18,5	6,4	13,4	43,8
				6,1	20,3	6,5	17,0	49,9
				5,7	17,0	8,9	15,3	46,9
Keskmine				5,5	20,6	8,7	17,5	52,3
Kokku								314,0
56506678	71,00	66,05	-4,95	5,4	19,8	9,5	10,3	45,0
				5,3	19,8	12,9	9,9	47,9
				6,6	18,5	7,3	10,6	43,0
				8,3	16,8	6,6	10,6	42,3
				6,3	21,0	8,9	8,9	45,1
				6,9	12,3	11,7	14,5	45,4
Keskmine				6,5	18,0	9,5	10,8	44,8
Kokku								268,7
3437	71,00	68,05	-2,95	6,3	24,2	12,4	21,1	64,0
				11,2	14,8	8,1	11,3	45,4
				5,3	18,6	22,0	12,8	58,7
				9,7	17,3	9,5	22,5	59,0
				5,7	28,1	14,3	11,0	59,1
				6,5	19,8	6,8	12,1	45,2
Keskmine				7,5	20,5	12,2	15,1	55,2
Kokku								331,4
56461080	71,0	68,25	-2,75	6,8	19,1	6,1	12,8	44,8
				6,0	18,5	6,7	16,7	47,9
				7,1	17,9	8,5	15,1	48,6
				6,4	17,5	6,5	11,3	41,7
				5,7	25,1	15,0	24,5	70,3
				5,9	21,2	9,7	20,8	57,6
Keskmine				6,3	19,9	8,8	16,9	51,8
Kokku								310,9
00000134	71,00	75,05	4,05	8,1	14,8	14,8	13,4	51,1
				6,4	17,2	7,4	10,8	41,8
				5,9	20,1	9,7	9,6	45,3
				5,8	19,4	10,1	10,4	45,7
				6,1	18,9	13,4	11,5	49,9
				7,3	19,1	7,2	9,6	43,2

Põlevkivi laadimis- ja tarnevõimekuse suurendamine Estonia kaevanduse põlevkivilao näitel

Vagun	Vaguni kande- võime [t]	Vagunisse laaditud [t]	Erinevus vaguni kande- võimest [t]	Kopa täitmine [s]	Sõit vagunini [s]	Laadimine [s]	Sõidab tagasi [s]	Kokku [s]
Keskmine				6,6	18,3	10,4	10,9	46,2
Kokku								277,0
56461148	71,00	69,80	-1,20	6,1	14,7	7,3	12,1	40,2
				7,5	15,1	6,8	10,8	40,2
				6,8	16,9	10,5	11,7	45,9
				6,9	17,4	12,1	11,3	47,7
				7,3	16,4	8,9	9,5	42,1
				7,4	18,2	6,8	10,9	43,3
Keskmine				7,0	16,5	8,7	11,1	43,2
Kokku								259,4
3802	69,00	67,95	-1,05	7,0	16,3	12,1	12,9	48,3
				7,8	18,9	10,7	10,8	48,2
				7,6	19,1	7,9	10,4	45,0
				8,0	16,7	8,1	11,2	44,0
				8,1	21,2	8,3	11,8	49,4
				8,2	18,4	8,6	11,8	47,0
Keskmine				7,8	18,4	9,3	11,5	47,0
Kokku								281,9
9753	64,00	54,35	-9,65	6,4	18,7	14,3	12,1	51,5
				6,8	12,1	6,8	11,8	37,5
				8,3	15,3	5,7	10,4	39,7
				8,6	17,1	5,8	10,0	41,5
				5,5	14,8	9,9	10,1	40,3
				9,1	13,9	9,0	9,2	41,2
Keskmine				7,5	15,3	8,6	10,6	42,0
Kokku								251,7
084	71,00	70,75	-0,25	7,3	14,0	8,0	10,8	40,1
				8,8	19,1	6,6	10,9	45,4
				8,7	20,0	8,6	11,1	48,4
				9,0	17,1	7,8	12,2	46,1
				8,2	19,9	9,2	10,1	47,4
				7,4	16,1	11,7	13,7	48,9
Keskmine				8,2	17,7	8,7	11,5	46,1
Kokku								276,3
3972	69,00	72,45	3,45	7,4	19,8	9,2	12,8	49,2
				7,3	22,0	7,2	10,1	46,6
				8,3	17,8	13,3	7,6	47,0
				7,2	18,9	16,9	18,0	61,0
				5,5	16,3	5,5	11,8	39,1
				6,8	17,3	11,3	SEIS	35,4
Keskmine				7,1	18,7	10,6	12,1	46,4
Kokku								278,3
KESKMINE	69,36	67,55	-1,82	7,0	18,7	9,9	13,0	48,3
ÜHE POOLVAGUNI KESKMINE [s]								290,8
TOOTLIKKUS [poolvagunit/h]								12,4
TOOTLIKKUS [t/h]								832,9

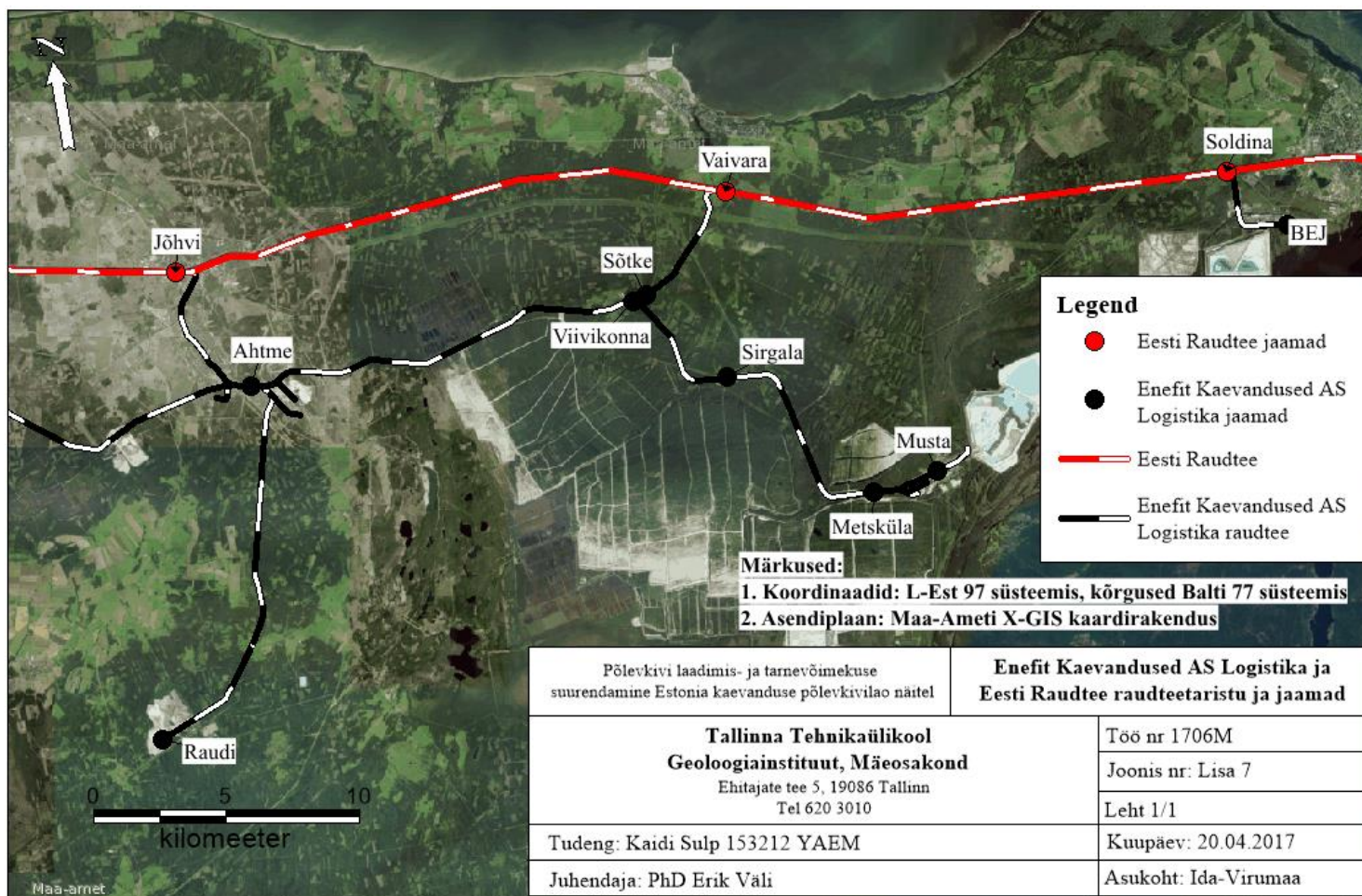
Lisa 6. Põlevkivilaost väljunud veeremite kaalu erinevus võrreldes veeremi kandevõimega [19]

Jrk nr	Tarbija	Kuupäev	Pool-vaguneid [tk]	Veeremi kogu kandevõime [t]	Veeremi tegelik kaal [t]	Kaalu erinevus [t]
1	Eesti elektrijaam	1.03.2017	33	2273	2249,80	-23,20
2	Eesti elektrijaam	1.03.2017	34	2321	2703,65	382,65
3	Balti elektrijaam	2.03.2017	45	3140	3039,45	-100,55
4	Eesti elektrijaam	2.03.2017	33	2266	2323,25	57,25
5	Eesti elektrijaam	2.03.2017	34	2326	2382,05	56,05
6	Balti elektrijaam	3.03.2017	45	3139	3072,65	-66,35
7	Eesti elektrijaam	3.03.2017	34	2350	2590,25	240,25
8	Eesti elektrijaam	3.03.2017	34	2295	2379,60	84,60
9	Balti elektrijaam	4.03.2017	45	3140	2966,75	-173,25
10	Balti elektrijaam	4.03.2017	45	3139	3084,60	-54,40
11	Eesti elektrijaam	5.03.2017	34	2328	2186,60	-141,40
12	Eesti elektrijaam	5.03.2017	34	2311	2231,40	-79,60
13	Eesti elektrijaam	6.03.2017	33	2252	2098,35	-153,65
14	Eesti elektrijaam	6.03.2017	34	2351	2350,60	-0,40
15	Balti elektrijaam	7.03.2017	45	3139	3475,75	336,75
16	Eesti elektrijaam	7.03.2017	33	2267	2395,40	128,40
17	Eesti elektrijaam	7.03.2017	34	2349	2536,35	187,35
18	Balti elektrijaam	8.03.2017	45	3143	3431,15	288,15
19	Eesti elektrijaam	8.03.2017	33	2249	2271,55	22,55
20	Eesti elektrijaam	8.03.2017	32	2224	2347,05	123,05
21	Eesti elektrijaam	9.03.2017	34	2355	2448,65	93,65
22	Eesti elektrijaam	9.03.2017	34	2338	2382,65	44,65
23	Eesti elektrijaam	9.03.2017	34	2351	2410,30	59,30
24	Balti elektrijaam	10.03.2017	45	3141	3215,35	74,35
25	Eesti elektrijaam	10.03.2017	34	2339	2454,50	115,50
26	Eesti elektrijaam	10.03.2017	34	2338	2403,05	65,05
27	Eesti elektrijaam	11.03.2017	33	2278	2124,40	-153,60
28	Eesti elektrijaam	11.03.2017	32	2174	2158,65	-15,35
29	Eesti elektrijaam	11.03.2017	34	2346	2396,10	50,10
30	Eesti elektrijaam	11.03.2017	34	2336	2266,90	-69,10
31	Eesti elektrijaam	12.03.2017	34	2322	2197,70	-124,30
32	Eesti elektrijaam	12.03.2017	34	2339	2274,85	-64,15
33	Eesti elektrijaam	12.03.2017	34	2339	2237,85	-101,15
34	Eesti elektrijaam	12.03.2017	34	2355	2227,70	-127,30
35	Eesti elektrijaam	12.03.2017	34	2342	2412,85	70,85
36	Balti elektrijaam	13.03.2017	45	3144	3165,00	21,00
37	Eesti elektrijaam	13.03.2017	33	2276	2255,95	-20,05
38	Eesti elektrijaam	13.03.2017	34	2326	2300,95	-25,05
39	Balti elektrijaam	13.03.2017	45	3136	3241,75	105,75

Põlevkivi laadimis- ja tarnevõimekuse suurendamine Estonia kaevanduse põlevkilao näitel

Jrk nr	Tarbija	Kuupäev	Pool-vaguneid [tk]	Veeremi kogu kandevõime [t]	Veeremi tegelik kaal [t]	Kaalu erinevus [t]
40	Eesti elektriyaam	13.03.2017	34	2349	2273,65	-75,35
41	Eesti elektriyaam	13.03.2017	34	2348	2326,25	-21,75
42	Eesti elektriyaam	14.03.2017	34	2323	2222,30	-100,70
43	Balti elektriyaam	14.03.2017	45	3138	3149,10	11,10
44	Eesti elektriyaam	14.03.2017	34	2323	2264,70	-58,30
45	Eesti elektriyaam	15.03.2017	34	2334	2202,35	-131,65
46	Eesti elektriyaam	15.03.2017	34	2358	2293,00	-65,00
47	Eesti elektriyaam	15.03.2017	34	2198	2183,00	-15,00
48	Eesti elektriyaam	15.03.2017	34	2265	2139,00	-126,00
49	Eesti elektriyaam	16.03.2017	34	2354	2350,00	-4,00
50	Eesti elektriyaam	16.03.2017	34	2332	2312,00	-20,00
51	Eesti elektriyaam	16.03.2017	34	2349	2227,15	-121,85
52	Eesti elektriyaam	17.03.2017	34	2332	2361,95	29,95
53	Eesti elektriyaam	18.03.2017	34	2358	2315,40	-42,60
54	Eesti elektriyaam	18.03.2017	33	2260	2257,55	-2,45
55	Eesti elektriyaam	18.03.2017	32	2192	2186,00	-6,00
56	Balti elektriyaam	19.03.2017	45	3136	3093,85	-42,15
57	Eesti elektriyaam	19.03.2017	34	2361	2289,95	-71,05
58	Eesti elektriyaam	20.03.2017	34	2318	2265,15	-52,85
59	Balti elektriyaam	20.03.2017	45	3137	3159,50	22,50
60	Eesti elektriyaam	21.03.2017	34	2359	2198,00	-161,00
61	Eesti elektriyaam	21.03.2017	34	2325	2281,95	-43,05
62	Eesti elektriyaam	22.03.2017	34	2329	2292,00	-37,00
63	Eesti elektriyaam	22.03.2017	34	2353	2323,05	-29,95
64	Eesti elektriyaam	23.03.2017	34	2329	2202,55	-126,45
65	Eesti elektriyaam	23.03.2017	34	2329	2229,90	-99,10
66	Eesti elektriyaam	24.03.2017	33	2291	2304,00	13,00
67	Eesti elektriyaam	24.03.2017	34	2346	2254,65	-91,35
68	Eesti elektriyaam	25.03.2017	34	2358	2330,90	-27,10
69	Eesti elektriyaam	25.03.2017	33	2290	2203,25	-86,75
70	Balti elektriyaam	26.03.2017	45	3138	3161,90	23,90
71	Eesti elektriyaam	26.03.2017	34	2357	2291,00	-66,00
72	Balti elektriyaam	27.03.2017	45	3141	3185,00	44,00
73	Eesti elektriyaam	27.03.2017	34	2293	2180,45	-112,55
74	Eesti elektriyaam	28.03.2017	34	2315	2331,80	16,80
75	Eesti elektriyaam	28.03.2017	34	2336	2292,70	-43,30
76	Balti elektriyaam	29.03.2017	45	3139	3159,50	20,50
77	Balti elektriyaam	30.03.2017	45	3136	3171,10	35,10
78	Eesti elektriyaam	30.03.2017	34	2324	2157,80	-166,20
79	Balti elektriyaam	31.03.2017	45	3136	3144,80	8,80
80	Eesti elektriyaam	31.03.2017	34	2339	2248,40	-90,60

Lisa 7. Enefit Kaevandused AS Logistika ja Eesti Raudtee raudteetaristu koos jaamade nimetustega [6]



Lisa 8. Hinnanguline investeeringu suurus Raudi-Ahtme raudteelõigu rekonstrueerimiseks [30]

Tingimus	Ühiku hind	Ühik	Kogus	Ühik	Kokku	Ühik	
Investeeringu aasta	2017					a	
Projekti koostamine	151 000	€ projekt	1	tk	0,151	mln €	
<i>Raudi-Ahtme lõigul veeremite möödumiseks vajaliku tasku rajamine</i>							
Mulde ehitus tasku rajamiseks	600 000	€ km	0	km	0	mln €	
Raudtee ehituslikud materjalid: graniit, raudbetoonliiprid (pandrol), rööpad R65	460 000	€ km	0,74	km	0,340	mln €	
Pööranguks vajalikud materjalid: rööpad R65 ja riströöpad M1/9	43 000	€ komplekt	2	kpl	0,086	mln €	
Raudtee ehituseks sisseostetavad teenused: toppimis- ja rihtimistööd	58 000	€ km	0,8	km	0,046	mln €	
Raudteel vajalik automaatika	8 000	€ komplekt	2	kpl	0,016	mln €	
Ahtme-Raudi vahelise dispetšertsentralisatsiooni rekonstrueerimine	165 000	€ objekt	1	tk	0,165	mln €	
<i>Raudi-Ahtme lõigul poolautomaatblokeeringu rajamine</i>							
Ahtme-Raudi jaamavahetee rekonstrueerimine	460 000	€ km	4	km	1,840	mln €	
Ahtme-Raudi poolautomaatblokeeringu jaoks kaevetööd	21 000	€ km	14	km	0,294	mln €	
Ahtme-Raudi poolautomaatblokeeringule foorid, kaablid, releed, transformatorid	31 000	€ komplekt	1	kpl	0,031	mln €	
Ahtme-Raudi poolautomaatblokeeringu seadistamine	13 000	€ komplekt	1	kpl	0,013	mln €	
<i>Raudi jaama elektritsentralisatsiooni seadmete rekonstrueerimine ja jaamateed 1-4 kapitaalremont</i>							
Maatööd elektritsentralisatsiooni seadmete rekonstrueerimine	206 000	€ objekt	1	kpl	0,206	mln €	
Laadimis- ja ärasaate tee nr 1	128 000	€ km	0,696	km	0,089	mln €	
Laadimis- ja ärasaate tee nr 2	128 000	€ km	0,578	km	0,074	mln €	
Laadimis- ja ärasaate tee nr 3	128 000	€ km	0,577	km	0,074	mln €	
Laadimis- ja ärasaate tee nr 4	128 000	€ km	0,707	km	0,090	mln €	
Laadimis- ja ärasaate teede jaoks sisseostetavad teenused: toppimis- ja rihtimistööd	58 000	€ km	2,558	km	0,148	mln €	
Investeeringu maksumus kokku 2013. a hindade juures						3,66	mln €
Investeering 2017=investeering 2013. aastal + inflatsioon						3,84	mln €

**Lisa 9. Hinnanguline vajaliku investeeringu suurus konveieri rajamisel
Estonia kaevandusest Ühendlattu [36] [38] [39] [40] [41]**

Tingimus	Viru Keemia Grupp OÜ	Enefit Kaevandused AS
Investeeringu aasta	2009	2017
Konveieri eluiga [a]	20	20
Pikkus [km]	12,47	30
Tootlikkus [mln t/a]	3,2	9,5
Investeering ilma inflatsioonita [mln €]	13,8	98,6
Ühe t transpordi hind ainult investeeringut arvestades [€/t]	0,22	0,52
Ühe tonn kilomeetri hind ainult investeeringut arvestades [€ t/km]	0,02	
Inflatsioon investeeringust [mln €]	-	17,7
Investeering koos inflatsiooniga [mln €]	-	116,2
1 km rajamise maksumus [mln €]	1,1	3,9
Ühe t transpordi hind investeeringu+ inflatsiooniga [€/t]	-	0,61
Hoolduskulu 2% investeeringu mahust aastas [mln €/a]	0,3	2,0
Lindi maksumus [€/m]	-	58,5
Lindi kogumaksumus [mln €]	-	3,51
Hoolduskulu 5% lindi maksumusest [mln €/a]	-	0,18
Hoolduskulu [mln €/a]	-	2,15
Hoolduskulu ühe tonni kohta [€/t]	-	0,23
Toodangu transpordi hind [€/t]	-	0,84

Lihtlitsents lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ja reprodutseerimiseks

Mina Kaidi Sulp (*autori nimi*) (sünnikuupäev: 14.11.1992)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
PÕLEVKIVI LAADIMIS- JA TARNEVÕIMEKUSE SUURENDAMINE ESTONIA
KAEVANDUSE PÕLEVKIVILAO NÄITEL,

(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja on Erik Väli,

(*juhendaja nimi*)

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

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

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

_____ (*allkiri*)

_____ (*kuupäev*)