



KUORMATRAKTORITYÖN STRATEGINEN SUUNNITTELU

Pauli Kokkonen

Opinnäytetyö
joulukuu 2015
Metsätalous

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalouden koulutus

KOKKONEN PAULI
Kuormatraktoriyön strateginen suunnittelu

Opinnäytetyö 45 sivua, joista liitteitä 82 sivua
joulukuu 2015

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli löytää kuormatraktoriyölle tehokkaita leimikon tyhjentämismalleja. Työn tilaajan toimi Creanex Oy, joka on erikoistunut koulutusmulaattoreihin ja erilaisten työkoneiden kehittämiseen. Työ on tarkoitettu hyödyksi kaikille kuormatraktoreiden parissa toimiville: niin kuormatraktorinkuljettajille, kouluttajille kuin yrittäjille. Työssä tulevat esille erilaiset ajotapamallit tehokkaasta puiden pois kuljettamisesta myös tehottomiin ajotapamalleihin.

Työssä on oleellisessa osassa Ponsse Forwarder -peli. Pelin avulla on saavutettu identtiset leimikko-olosuhteet puumäärältään erikokoiseen leimikkoon. Samalla saatiin työkalu puhtaaseen ajonsuunnitteluun, kun kuormatraktorikuljettajan tekemiä taukoja ei ole huomioitu.

Kuormatraktoriyöskentelyä on käsitelty niiltä osin kuin tutkimuksia aiheesta oli tehty. Ohjeita ja neuvoja löytyi paljon, mutta konkreettisia tutkimuksia ajotapamalleista ei ole. Opastavat järjestelmät tekevät tuloaan myös työmaille ja metsään, mutta niiden tuoteistaminen on vielä kesken. Työhön oli tarkoitus sisällyttää hakkuutyömallien vaikutus kuormatraktoriyöskentelyyn, mutta laajuuden vuoksi se jäi tuloksista pois. Työ antaa kuitenkin mahdollisuuden laskennallisten vaikutusten selvittämiseen.

Opinnäytetyö toteutettiin luomalla kolme puumäärältään erikokoista leimikkoa. Näin työ palvelee Etelä-Suomesta Pohjois-Suomeen. Leimikoiden koot työssä ovat 47 m³/ha, 76 m³/ha ja 106 m³/ha. Leimikot on pilkottu pienempiin skenaarioihin, joiden avulla nähdään, miten kokonaisuus on syntynyt. Leimikoiden koko määräytyi hyvien metsänhoitosuosittelusten hoito-ohjeiden mukaan. Tuloksista voidaan huomata, että monilajikuormat ovat tehokas tapa kuljettaa puut pois metsästä, mutta monilajikuormista saatava suhteellinen hyöty pienenee puumäärän kasvaessa leimikolla.

Asiasanat: kuormatraktori, työsuunnittelu, opastavat järjestelmät, ajotapamallit

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Forestry engineering

KOKKONEN PAULI
Forwarder jobs strategic planning

Bachelor's thesis 45 pages, appendices 82 pages
December 2015

The goal of this thesis was try to find effective working models for a forwarder. The Thesis is commissioned by Creanex Oy. Creanex Oy is specialist for training simulators and developing working machines. The thesis is intended to all who work with forwarders forwarder drivers, instructors and companies.

Ponsse Forwarder -game is used to achieve identical cutting-area conditions. There are a few different size cutting-areas. The game was a tool for pure work planning without counting breaks and service times.

There are many instructions for operating a forwarder, but there are no substantial studies of planning forwarder's work. Guiding systems make their way to work sites and forest, but there is no complete product for those. Harvesters felling models were to be included to the thesis, but it was too big fit in. This thesis gives base to calculate effectiveness.

Three different size cutting-areas were created. This way thesis covers Finland from south to north. Cutting-area sizes are 47 cubic meter / hectare, 76 cubic meter / hectare and 106 cubic meter / hectare. Smaller scenarios from cutting areas were created which helps to see how whole came to be. The size of cutting-areas was taken from good forest management recommendations. The results show that fixed mixed loads are an effective way to transport wood from cutting areas, but when the volume of wood increases in cutting areas, the benefits of fixed mixed loads decrease.

Key words: forwarder, work planning, guide systems, driving models

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	KUORMATRAKTORITYÖ YLEISESTI.....	9
	2.1 Tausta.....	9
	2.2 Kuormatraktoriyön yleissäännöt.....	10
3	PONSSE FORWARDER -PELI	13
	3.1 Käytettävän työkalun esittely.....	13
	3.1.1 Forwarder – pelin säätäminen	14
	3.2 Taitaja 2014-kilpailut.....	14
4	HAKKUUTYÖN VAIKUTUS KUORMATRAKTORITYÖHÖN	16
	4.1 Ajouraverkosto.....	16
	4.2 Hakkuutyömallit	17
	4.3 Puutavaralajien määrä ja ajouravarsitiheys.....	20
5	KULJETTAJAA OPASTAVAT JÄRJESTELMÄT	22
6	AJOTAPAMALLIT	24
	6.1 Leimikko 1	24
	6.2 Leimikko 2	25
	6.3 Leimikko 3	26
7	TULOKSET	28
	7.1 Leimikko 1	28
	7.2 Leimikko 2.....	32
	7.3 Leimikko 3.....	36
8	POHDINTA.....	41
	LÄHTEET.....	46
	LIITTEET	48
	Liite 1. Ajotapamallien skenaarioiden muodot	48
	Liite 2. Leimikko 1, skenaario 1, nopein kokonaissuoritus.....	49
	Liite 3. Leimikko 1, skenaario 2, nopein kokonaissuoritus.....	50
	Liite 4. Leimikko 1, skenaario 3, nopein kokonaissuoritus.....	52
	Liite 5. Leimikko 1, skenaario 4, nopein kokonaissuoritus.....	54
	Liite 6. Leimikko 1, skenaario 5, nopein kokonaissuoritus.....	58
	Liite 7. Leimikko 2, skenaario 1, nopein kokonaissuoritus.....	63
	Liite 8. Leimikko 2, skenaario 2, nopein kokonaissuoritus.....	65
	Liite 9. Leimikko 2, skenaario 2, lyhin ajomatka, pienin GTkm	69
	Liite 10. Leimikko 2, skenaario 3, nopein kokonaissuoritus.....	73
	Liite 11. Leimikko 2, skenaario 3, lyhin ajomatka, pienin GTkm	79
	Liite 12. Leimikko 2, skenaario 4, nopein kokonaissuoritus.....	84

Liite 13. Leimikko 2, skenaario 5, nopein kokonaissuoritus.....	90
Liite 14. Leimikko 2, skenaario 5, lyhin ajomatka, pienin GTkm	97
Liite 15. Leimikko 3, skenaario 1, nopein kokonaissuoritus.....	104
Liite 16. Leimikko 3, skenaario 2, nopein kokonaissuoritus.....	105
Liite 17. Leimikko 3, skenaario 3, nopein kokonaissuoritus.....	108
Liite 18. Leimikko 3, skenaario 4, nopein kokonaissuoritus.....	112
Liite 19. Leimikko 3, skenaario 5, nopein kokonaissuoritus.....	121

LYHENTEET JA TERMIT

GTkm	bruttotonnikilometri on kuormatraktorin ja kuljetettavan puutavaran yhteismassa kuljetettavalla kilometrimatkalla
juontaminen	yhden tai useamman puutavaralajin tuominen paikkaan josta se voidaan ottaa täytöksi vajaisiin kuormiin
monilajikuorma	kuormassa on vähintään kahta eri puutavaralajia kuormattuna selvästi erillään
NTkm	nettotonnikilometri on kuljetettavan puutavaran paino kilometriä kohden ilman kuormatraktorin painoa
sekakuorma	kuormassa on vähintään kahta eri puutavaralajia sekaisin kuormatilassa

1 JOHDANTO

Metsätyön koneellistuminen alkoi 1960-luvulla. Siitä asti metsätyötä on pyritty tehostamaan. Aluksi kehitettiin koneita, sen jälkeen kehitettiin ohjelmia sekä apuvälineitä ja sitten alettiin kehittää työskentelytapoja. Nykyään hakkuukoneet ja kuormatraktorit sisältävät mekaanisesti, hydraulisesti ja sähköisesti huipputekniikkaa. Tämä on kuljettajalle suuri apu, mutta ilman osaamista ja oikeita työskentelytapoja koneiden mahdollistama hyöty jää käyttämättä.

Hakkuukoneen käyttöön liittyviä työskentelytapoja on tutkittu paljon ja niitä on kehitetty. Kuormatraktorin työskentelytapoja ei ole vastaavasti kehitetty. Tämä johtuu pitkälti juurtuneesta ajatuksesta saada vain puut pois metsästä. Kuormatraktorin käyttöön liittyvissä työskentelytavoissa ei ole tunnistettu taloudellisesti tehdystä työstä mahdollisesti saavutettavaa hyötyä. On tiedostettu vain tuottavuus sekä koneen ja kuljettajan kulut kuutiometrille puuta. Tähän laskentaan on lisätty kuljetettu matka ja näin on saatu tuottavuus sadalle metrille.

Tässä opinnäytetyössä on perehdytty kuormatraktorin työskentelytapojen vertailuun. Vertailu tapahtuu puumäärällisesti erikokoisissa leimikoissa. Erilaisten leimikko-olosuhteiden vertailu kokonaisuudessaan ei mahdu tähän työhön laajuutensa vuoksi, esimerkiksi olosuhteista ovat pehmeiden paikkojen ylitys, joka rajoittaa ajokertoja ajouralla tai jyrkkien rinteiden alas laskeutuminen, joka vaikuttaa ajosuunnan valintaan ajouralla. Mukaan on otettu ajouraverkoston suunnittelu. Leimikot on jaettu pienempiin osakokonaisuuksiin, joista ne pala palalta rakentuvat suuremmaksi kokonaisuudeksi. Työssä lähdetään liikkeelle yhdestä ajourasta ja päädytään yhden hehtaarin kokoiseen hakkuualueeseen.

Työssä on käytössä Ponsse Forwarder -peli, jolla pystytään luomaan identtiset olosuhteet jokaiselle leimikolle. Leimikot on pilkottu pienempiin osiin, josta ne kasvavat skenaario kerrallaan suuremmaksi aina yhden hehtaarin kokoiseksi hakkuualaksi. Työhön on sisällytetty hakkuukoneen kuljettajan valitsemia asioita aina ajouraverkoston suunnittelusta hakkuutavan valintaan. Edellä mainituille on pyritty löytämään syy-yhteys kuormatraktorin työnsuunnitteluun.

Opastavat järjestelmät ovat osa tätä päivää. Työssä pyrin käymään läpi jo olemassa olevia ja tulevia suunnitelmia, miten ohjelmallisesti voidaan parantaa kuormatraktoriyön ajonsuunnittelua ja tehokkuutta.

2 KUORMATRAKTORITYÖ YLEISESTI

2.1 Tausta

Kuormatraktoriötä pidetään yksinkertaisena tehtävänä työelämässä. Pikkuhiljaa kuormatraktoriöskentelyä on alettu arvostamaan enemmän. Yleisesti kuvitellaan, että kuormatraktorin kuljettajalle riittää kuormaimen hallinta, mutta todellisuudessa kuljettajan on hallittava suuria kokonaisuuksia ja tehtävä suuri joukko päätöksiä, jotka vaikuttavat suoraan tuottavuuteen. Yksinkertainen tehtävä kuljettaa puut pois metsästä ei olekaan enää niin yksinkertainen, kun leimikkotasolle tulee useampi muuttuja. Hakkuukoneen kuljettajan päätökset vaikuttavat kuormatraktoriööhön oleellisesti.

Kuormatraktoriölle on löydetty joitain yleissääntöjä, joita noudattamalla päästään hyvään lopputulokseen. Yleispätevää ohjetta ei ole. Näitä sääntöjä on koottu metsäkonekoulujen opettajilta. Haastattelujen ja keskustelujen perusteella on saatu koottua 10 sääntöä hyväksi ohjeistukseksi. (Koneellinen puunkorjuu.) Sääntöjen prioriteetti muuttuu riippuen lähteestä. Yleissääntöjen tueksi olen löytänyt Per-Erik Perssonin kirjoittaman kirjan Korjuuketjun työt (2011), joka kertoo yleisesti ja kattavasti kuormatraktoriöskentelyn haasteista ja siinä huomioon otettavista asioista.

Kuormatraktorin kuljettaja saa ennakkotietoja leimikosta. Tämän lisäksi hän saa leimikolla ajaessaan havaintoja ajourasuunnittelusta. Ennakkotietoja ovat työmaa- ja korjuuohje ja hakkuukoneelta saatava tuotantotieto puutavaralajeittain. Lisäksi kuljettajalla on kokemusta koneen ominaisuuksista sekä tuntumasta ja hän on tietoinen kuormatilansa vetoisuudesta. (Koneellinen puunkorjuu.) Hakkuukoneen kuljettaja on tärkeässä roolissa tietojen antamisessa. Puutavarapainotuksesta leimikolla tai työmaaohjeista on jäänyt puuttumaan joitain huomionarvoisia yksityiskohtia.

Työmaaohjeista selviävät työmaan toimintatavat, esimerkiksi varastopaikkojen sijainti. Ohjeissa on myös leimikkokartta, johon on merkitty työturvallisuuteen ja työtapoihin vaikuttavia jyrkänteitä, pehmeikköjä, kierrettävät vesistöt ja mahdolliset purojen tai norojen ylityspaikat. Puutavaralajisuhteilla on vaikutusta varastopinojen suunnitteluun. (Koneellinen puunkorjuu.) Ennen töiden aloittamista on hyvä suunnitella alustavasti, miten puut kuljetetaan. Pehmeillä tai kaltevilla paikoilla ei välttämättä voi ajaa täysillä

kuormilla. Jo kolmea maastotekijää seuraamalla päästään hyvään tulokseen. Seurattavia kohteita ovat maapohjan kantavuus, maan kaltevuudet ja pinnan rakenne. (Persson 2011a, 9:10.)

Kuormatraktoriyöskentelyssä ajonopeutta ja kuormaimen nopeaa liikuttelua tärkeämpää ja tehokkaampaa on ajon huolellinen suunnittelu. Vaikeilla hakkuupalstoilla ajojärjestyksen hyvä suunnittelu korostuu entisestään. Pääsääntöisesti parhaaseen tulokseen päästään, kun ajomatka leimikolla saadaan mahdollisimman lyhyeksi ja kuormaimen turhaa liikuttelua vältetään. (Koneellinen puunkorjuu.)

2.2 Kuormatraktoriyön yleissäännöt

Kuormatraktoriyöskentelyn ensimmäisiä opetuksia on ajaa leimikon perimmäiseen nurkkaan. Näin kuljettaja saa käsityksen ajouraverkostosta ja puutavaralajien sijoittelusta. On olemassa poikkeuksia, milloin kuormaaminen on hyvä aloittaa joiltain muilta kohdin. (Koneellinen puunkorjuu.)

Kuorma pyritään keräämään varastolle päin: näin vajaat kuormat jäävät lähelle varastoa. Yksittäiset vähimmäispuutavaralajit kannattaa ottaa pohjalle kuorman keruun aloituspaikalle edetessä. Pääasiassa kuormattuna ajo on hitaampaa kuin tyhjänä ajo, riippuen tosin vallitsevasta maastoluokasta. Kuormattuna koneeseen kohdistuu suurempia voimia ja kone kuluu enemmän. (Koneellinen puunkorjuu.)

Hyvän ajojärjestyksen valinnalla on merkitystä. Ajojärjestys muodostetaan yleensä kii-reisimmän puutavaralajin tai enemmistöpuutavaralajin mukaan. Kesällä, jolloin puun pilaantumisriski on suurin, se vaikuttaa työn suunnitteluun. Jos ajon aloittaminen myöhästy muutamalla päivällä, tämä tarkoittaa ensimmäisenä hakatun puun kuljettamista yleensä ensimmäisenä pois leimikolta. Lumi luo myös oman haastavuustekijänsä, jolloin puiden kuljettaminen on hyvä suorittaa ura kerrallaan. (Persson 2011b, 4:2-10.) Yhden puutavaralajin kuormia kannattaa hyödyntää varsinkin silloin, kun ajomatka on lyhyt ja uralla on paljon puuta. Mikäli puutavaraa on vähän ja ollaan kaukana varastopisteestä, on järkevää tuoda monilajikuormia. (Koneellinen puunkorjuu.)

Pitkillä ajomatkoilla on pyrittävä minimoimaan tuotavien kuormien lukumäärä. Kuormatila on pyrittävä hyödyntämään täysimääräisesti. Näin saadaan vähennettyä ajettavia

metrejä. (Koneellinen puunkorjuu.) Varastopinojen ollessa leimikolla on harkittavaa tuoda vajaakuormia, jos ura tulee kerralla tyhjäksi. Urien tyhjentäminen yksi kerrallaan helpottaa puumäärien ja puutavaralajien hallitsemista. Mikäli uralle jää puuta, ne voi kerätä pohjalle metsään mennessä. Tässä on myös etuna, jos kuormatraktori on kahdessa työvuoressa, näin ajojärjestys pysyy selkeänä.

Leimikolle mentäessä etenkin aloitteleville kuljettajille on suotavaa ajaa keula edellä. Kuormatila ja kuormatraktorin sermi eivät näin rajoita näkyvyyttä. On kuitenkin tilanteita, jolloin peruuttaminen on järkevämpää. Tällaisia syntyy kasvatushakkuulla pehmeissä paikoissa. Kuormatraktorin voi peruuttaa kuorman täyttämiskohtaan ja jatkaa siitä keula edellä ajamista varastolle päin. (Koneellinen puunkorjuu.) Peruuttaminen on suotavaa myös uralta, josta rakennetaan monilajikuorma kerroksittain.

Sivukaltevalla maastonpinnalla ajaminen vaatii malttia ja mahdollista vastapainoa kuormaimella tasapainottamaan konetta. Sivukaltevalta uralta pohjakuorma vakauttaa konetta ja laskee painopistettä. Pohjakuormaa on hyvä kerätä sivukaltevalta pinnalta ja täyttää kuorma loppuun tasaisemmalta maalta. Kuormatraktorilla voidaan ajaa 10–15 %:n sivukaltevalla maalla täydellä kuormalla. (Koneellinen puunkorjuu.)

Pehmeältä maaston kohdalta on pyrittävä keräämään kaikki puutavara kerralla pois. Ajokerrat on hyvä minimoida niin vähäiseksi kuin mahdollista, sillä näin vältetään turhia maastovaurioita ja koneen kiinni juuttumista. Ohjeena on ajaa keula edellä ja kaikki kerralla pois. Lajittelukarikat helpottavat monilaji- ja sekakuormien tekoa (Koneellinen puunkorjuu).

Järjestelmällisellä ja hyvin suunnitellulla työllä päästään siis hyvään lopputulokseen. Pelkästään lastaaminen tasaisella tai myötämässä helpottaa työskentelyä. Myötämäkeiden kuormatessa kone rasittuu vähemmän, polttoainetta säästyy ja puut pysyvät helpommin kyydissä. Jyrkimmät rinteet on hyvä nousta kuormatila edellä, jotta puut pysyvät kyydissä. (Koneellinen puunkorjuu.)

Kuormanteon aloittaminen leimikon perältä on hyvä ohje muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Jos leimikkoon sisältyy pehmeitä osioita, ulospistäviä lisäkkeitä tai muuten vaikeita paikkoja, joiden ajaminen vaatii päivänvaloa, kannattaa leimikko aloittaa näistä

kohteista. Näistä harvemmin saadaan täysiä kuormia pois, ja silloin voidaan vielä ottaa täyttöä kantavilta urilta. (Persson 2011b, 4:2-9.)

Yleisenä ohjeena on kuormien muodostaminen yhdestä puutavaralajista. On kuitenkin tilanteita, jolloin monilaji- tai jopa sekakuormien ajaminen on kannattavampaa. Leimikon puulajipainotukset saattavat vaikuttaa menetelmän valintaan. Monilaji- ja sekakuormien purkaminen on hitaampaa, ja kuormassa niiden erillään pitäminen on vaativaa. Monilajikuormien vaikutus on ilmeinen, kun täysikuorma kerätään 30 metrin matkalta verrattuna 300 metrin matkaan. Näin ajon tarvetta vähennetään merkittävästi. Monilajikuormia tehtäessä on otettava huomioon varastopaikan vaatimukset. Varastopaikan on palveltava monilajikuorman tekemistä ja päinvastoin. Jos varastopinot sijaitsevat kaukana toisistaan, on pyrittävä lastaamaan puutavaralajit niin, että turhaa ajoa pinojen välille ei tulisi. (Persson 2011b, 4:18.) Monilajikuorma tulisi rakentaa helposti toisistaan erotettavista puutavaralajeista (Koneellinen puunkorjuu). Esimerkiksi talvella kuusi- ja mäntytkin erottaminen voi olla haastavaa ilman värimerkintää.

Työn suunnitteluun kuuluu myös juontaminen. Tämä työtapa on harvoin käytetty, mutta pitkillä ajomatkoilla ja vaikeilla maastonkohdilla se on harkinnan arvoinen. (Persson 2011b, 4:20.) Kuormatraktorin tuottavuus saavuttaa kriittisen pisteen noin 500 metrin ajomatalla leimikolta varastolle. Tästä pidemmällä ajomatkoilla tuottavuus on negatiivista. (Kokkonen ym. 2013 18.) Harkinnalla toteutettu juontaminen edesauttaa järjestystä leimikolla, ja menetelmä täydentää erilaisia työskentelytapoja (Persson 2011b, 4:20).

3 PONSSE FORWARDER -PELI

3.1 Käytettävän työkalun esittely

Ohjelma on ladattavissa ilmaiseksi internetistä, ja sen mukana tulee muutama harjoitustehtävä. Harjoitustehtäviä pystyy myös luomaan itse. Ohjelmassa voi harjoitella eri työtekniikoita identtisissä olosuhteissa. Pelissä on hyvät raportointityökalut kokonais- ja kuormakohtaisesti. Pelissä voi harjoitella erilaisia työtekniikoita, oman työn suunnittelea sekä harjoittaa ja keksiä uusia toimintamalleja. (Ponsse 2014.)

Ohjelmassa on mahdollisuus valita kourakasojen näkyvyys. Kourakasat voivat olla leimikon aloituksessa näkyvillä tai vaihtoehtoisesti piilossa. Piilossa olevat kourakasat tulevat näkyville sitä mukaa, kun koneetta liikutetaan leimikolla. Puutavara jää näkyviin puutavaralajeittain. Kuormatraktorin kuormatilan koko on 16 m³.

Ohjelmassa on rajaton aika miettiä reittivalintoja. Todellisuudessa valinnat on tehtävä nopeasti ja ennakoivasti. Ohjelmassa olevasta raportista saadaan ihanneaikoja ilman koneen kuljettajan taukoja ja huoltokatkoja. Koneen käyttöaste on siis 100 %. Tuottavuus on näin ollen parempi kuin mihin todellisuudessa pystytään. Ohjelma antaa mahdollisuuden kokeilla useita eri ajotapamalleja eri tilanteisiin.

Ohjelmassa on myös puutteita verrattuna todelliseen työsuunnitteluun: kourakasat ovat vakiokokoisia eivätkä ole ns. erillään. Kourakasojen koko on vakio 0,25 m³ kuidulla ja 0,5 m³ tukilla. Edellä mainittuja kourakasojen kokoa voidaan muuttaa, mutta kuitenkin yhdestä kohdasta nostettu kasa on 1 m³ kokoinen. Tämä tarkoittaa, että yhdestä kohdasta nostetaan 4 kourallista kuitua tai 2 kourallista tukkia. Ohjelman kuormatilassa se näyttää selkeältä mutta on todellisuudessa hyvin haastavaa. Mannerin tutkimuksen (2013) mukaan mitä enemmän puutavaralajeja oli kuormassa, sitä hitaampaa purkaminen oli. Ohjelmassa pystytään määrittämään purkukertoimet yhdelle, kahdella ja kolmelle tai useammalle puutavaralajille kuormassa. Jyrkät rinteet voidaan merkitä yhden ajosuunnan merkillä. Pehmeiden paikkojen ylitys voidaan merkitä maksimiyliajomäärän merkillä. Edellä olevat merkit ovat kuitenkin kuljettajan nähtävillä heti leimikoin aloituksesta asti.

3.1.1 Forwarder -pelin säätäminen

Ponsse Forwarder -peli on säädetty vastaamaan oikeasta elämästä tulevia arvoja, kuten suhteutettuna tyhjänä ajo verrattuna kuormattuna ajoon sekä peruutettaessa täydellä kuormalla. Maastoluokka on valittu Väkevän ym. taulukosta sillä perusteella, että maaston vaihteluita tulee todellisuudessa. Kertoimina käytetään kuormattuna ajoon 0,62 ja tyhjänä ajoon 0,75. Puolikuormalla ajettuna luku on keskiarvo näiden väliltä. (Väkevä ym. 2011.) Peruuttaminen täydellä kuormalla harvennushakkuulla on lähes mahdotonta ilman peruutuskameraa, joten ohjelmassa on määritely peruuttaminen todella hitaaksi ja aikaa vieväksi, sillä peruutuskameroita ei koneissa juuri ole.

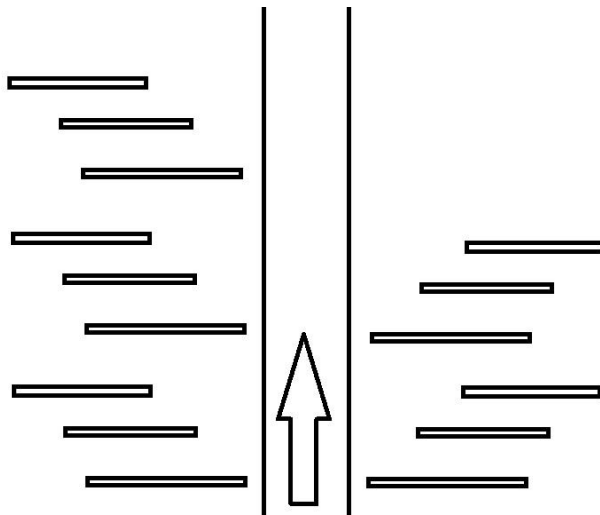
Kuorman purku- ja lastausajat on myös määritely ohjelmaan vastaamaan totuutta. Kuorman purussa on myös huomioitu puhtaiden yksilajikuormien purku verrattuna monilajikuorman purkuun. Monilajikuormien purkaminen on hitaampaa. Monen puutavaralajin kuormat on myös otettu huomioon. Kuorman purussa on käytetty kouran kokoon perustuvaa taakkakokoa. Kertoimet on laskettu Mannerin ym. tutkimuksesta (2013). Tutkimuksessa käytettiin kuormatraktoria, joka kantaa maksimissaan 14 000 kg kuormia ja koe suoritettiin elokuussa Keski-Ruotsissa. Sovelsin tuoretiheystaulukkoa Etelä-Suomesta mäntykuidun kohdalta. Tuoretiheys mäntykuidulla elokuussa on 870 kg/m³ (Metsäteho). Maksimi kuormakooksi, kantavuus huomioon ottaen, saadaan noin 16 m³, joka on vertailukelpoinen Ponsse Forwarder -pelin kanssa. Mannerin tutkimuksessa käytettiin 19:ää kourakasaa kuormassa ja kasojen keskikoko oli 0,26 m³. Yhden kuorman kooksi saadaan noin 4,94 m³. Yhden puutavaralajikuorman purkamiseen oli käytetty keskimäärin 9,1 kertaa kuormainta kuormatilassa. Kahden puutavaralajin purkamiseen oli käytetty kuormainta 9,7 kertaa. Kolmen puutavaralajin purkamiseen 13,1 kertaa ja viiden puutavaralaji kuorman taas 18,7 kertaa. (Manner 2013) Ohjelma laskee vain yhden, kahden tai useamman puutavaralajin kuormat purussa perustuen kouran kokoon. Laskennallisesti yhden puutavaralajin purkukertoimeksi saadaan 0,54. Kahden puutavaralajikuorman purkukerroin on 0,51 ja kolmen tai useamman puutavaralajikuorman purkamisen kerroin on 0,38.

3.2 Taitaja 2014 -kilpailut

Taitaja 2014 -kilpailu käytiin Lahdessa huhtikuussa. Yhtenä kilpailuista oli metsäkoneen käyttö, jossa yhtenä tehtävänä oli kuljettaa puut hakkuulta varastopaikalle. (Taitaja

4 HAKKUUTYÖN VAIKUTUS KUORMATRAKTORITYÖHÖN

Hakkuukoneen kuljettaja voi toiminnallaan edesauttaa kuormatraktorin tuottavuutta. Käytössä oleva värimerkintä ja kourakasojen puiminen selvästi erilleen sekä hyvä ajouraverkoston suunnittelu edesauttavat kuormatraktorin kuljettajan työsuunnittelua. Kokonaisuutta ajatellen myös työtavalla on merkitystä, sillä hakkuukoneen kuljettaja voi pyrkiä tekemään isompia kourakasoja. Kuormatraktoriötä helpottaa myös jatkuva yhdenmukaisuus, kourakasoissa esimerkiksi samantyylinen porrastus (kuvio 2) tai pik-kutukin puiminen taakse. (Koneellinen puunkorjuu.) Kourakasojen suunta harvennus-hakkuulla vaikuttaa kuormatraktorin kuormausnopeuteen.



KUVIO 2. Sivulle kaato ja porrastus

4.1 Ajouraverkosto

Ajourien suunnitteluun vaikuttaa muutama perustekijä. Yleisesti uraa suunniteltaessa on otettava huomioon maaperän kantavuus, maaston kaltevuus, leimikon muoto, leimikon olosuhteet, ajourien linjaus ja ajourien risteysalueet. (Metsäteho 2005.) Kuormatraktoriötyöhön liittyen tärkeimmät alueet ovat maaperän kantavuus ja maaston kaltevuus. (Koneellinen puunkorjuu).

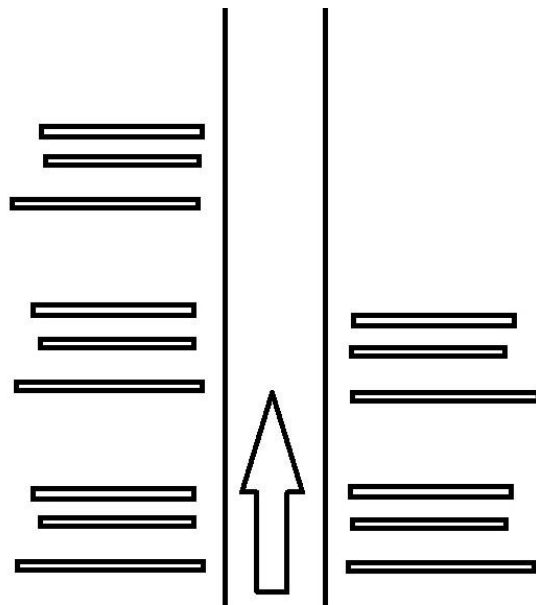
Maaston kantavuus on otettava erityisesti huomioon kokoojauraa suunnitellessa. Pehmeiköt ja muut mahdolliset koneen uppoamispaikat kierretään. Tämä mahdollisesti pi-

dentää ajomatkaa kuormatraktorille mutta nopeuttaa koneen liikettä. Kuormatraktorin ei tarvitse ”nousta” koko aikaa, niin kuin se tekee pehmeillä osioilla.

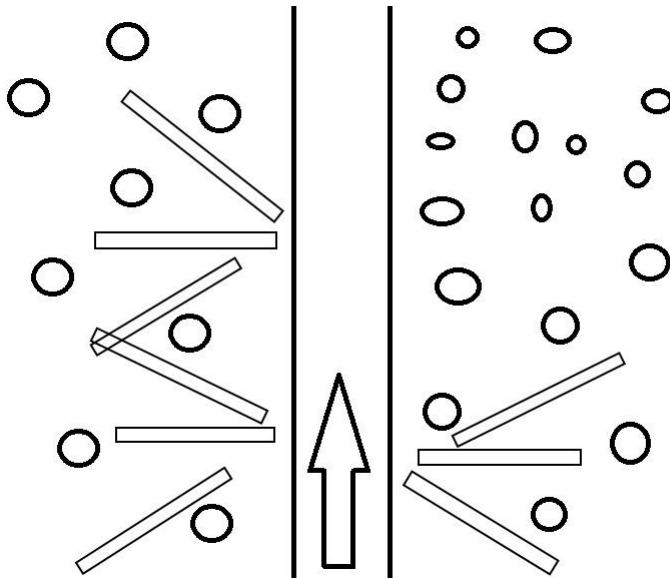
Maaston kaltevuudella on suuri merkitys metsätraktorityön tehokkuudelle. Kuljettaessa rinteessä poikittain ei mahdollisesti tilanteesta riippuen voida ajaa täysiiä kuormia. Ajourat tulisi sijoitella kohtisuoraan rinnettä kohti. Myös liian suuret ajouran pituus-suuntaiset kaltevuudet rajoittavat metsätraktorin reittivalintaa. (Koneellinen puunkorjuu.) Myös erityisen vaikeakulkuiset maastot, kuten kivikot hidastavat ajonopeutta.

4.2 Hakkuutyömallit

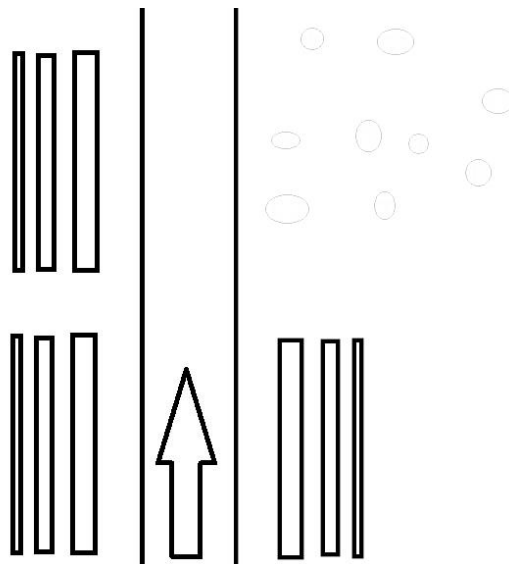
Hakkuukoneella on yleensä käytössä kolme työmallia. Työmallit ovat sivullepäin kaato, (kuvio 4) sektorityömalli (kuvio 5) ja eteenpäin kaato (kuvio 6). Päätehakkuussa on kaikki työmallit käytössä. Harvennuksessa on yleisesti käytössä kaksi mallia, sektori-työmalli ja sivullepäin kaato (kuvio 7). Harvennuksille on myös olemassa sovellettu sektorityömalli. Metsäteho on tehnyt tutkimuksen työmallien ajallisesta vaikutuksesta kuormatraktorityön kuorman tekoon. Siirtyminen on jätetty ajoista pois, sillä ajouravar-sitiheydellä ($m^3/100m$) on myös vaikutus kokonaiskuormausaikaan. (Ovaskainen 2012).



KUVIO 4. Sivullekaadon jälki päätehakkuulla

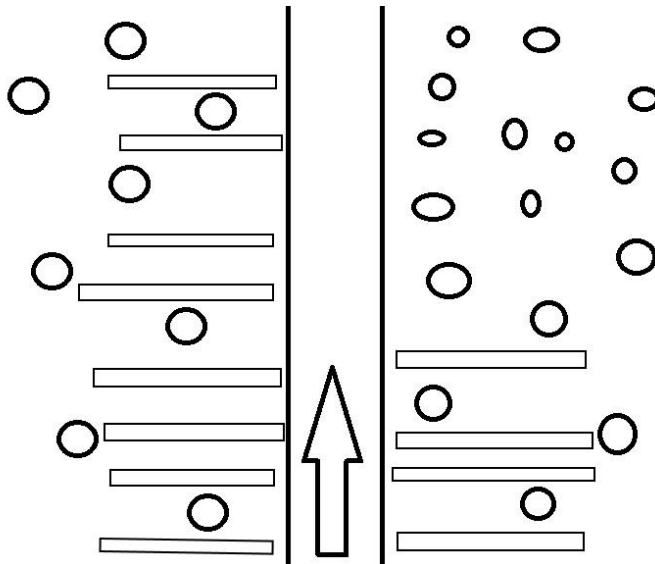


KUVIO 5. Sektorityömallin jälki kasvatushakkuulla



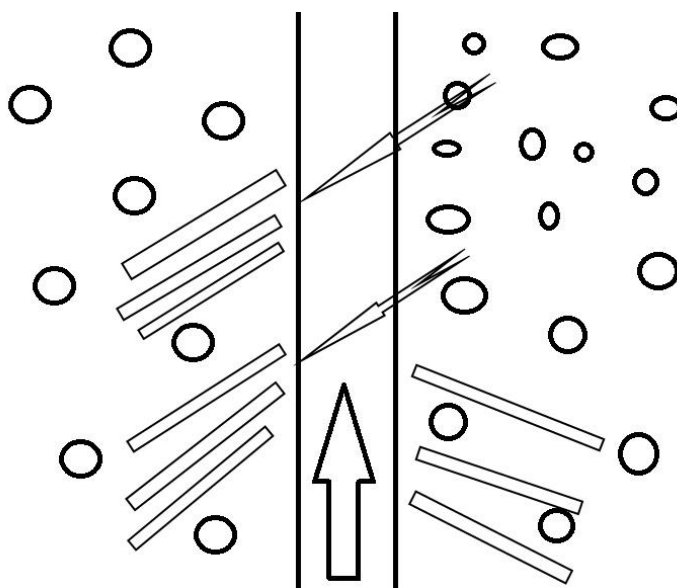
KUVIO 6. Eteenkaadon jälki päätehakuulla

Päätehakuilla työmallien ero nopeimmasta heikoimpaan aikaan ilman siirtymisiä oli 55,6–64,7 sekuntia. Aika on yhden kuutiometrin lastausaika. Työmallina sivullepäin kaato on tutkimuksen nopein 55,6 sekunnilla. Päätehakuun sektorityömallin vaikutus kuormausaikaan on 61,4 sekuntia. Eteenpäin kaadossa aika on 64,7. (Ovaskainen 2012.) Tämä silmällä pitäen tehokkain hakkuutapa kuormatraktorille olisi päätehakuulla sivullepäin kaato.



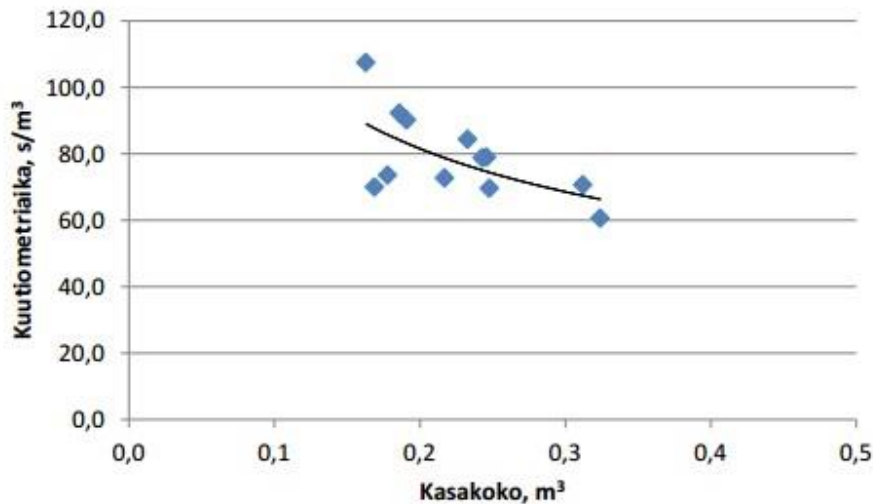
KUVIO 7. Sivullakaadon jälki kasvatushakkuulla

Harvennushakkuussa työmallien ero nopeimmasta heikoimpaan aikaan ilman siirtymistä oli 74,2–82,7 sekuntia. Yhden kuutiometrin lastausaika sivullepäin kaadossa oli nopein: 74,2 sekuntia. Sovelletun sektorityömallin (kuvio 8) kuormausaika ilman siirtymistä oli 80,5 sekuntia ja sektorityömallissa 82,7 sekuntia. Tutkimuksessa oli mitattu myös taakan teko aika. Sovelletussa sektorityömallissa taakka-aika oli nopein 25,9 sekunnilla. Siirtyminen on taakka-ajassa mukana. Ilman siirtymisen huomioon ottamista sovellettu sektorityömalli on edelleen nopein 17,4 sekunnilla taakkaa nostettaessa kyytiin. (Ovas-kainen 2012).



KUVIO 8. Sovelletussa sektorityömallissa puut puidaan ajouran yli.

Taakkakoon vaikutus on ilmeinen. Yhden kuutiometrin lastaamiseen menee kokonaisuudessaan sitä vähemmän aikaa, mitä suurempia kourakasat ovat ajouran varressa. (kuvio 9) Kuitenkin yhden taakan nostamiseen menee sitä enemmän aikaa, mitä suurempia kourakasat ovat. Hakkuutyömallit eivät nosta ajouranvarsitiheyttä. Niillä on mahdollisuus vähentää kuormatraktorin kuormaimen käyttömäärää puutavaranlastauksessa.



KUVIO 9. Kourakasan koon vaikutus kuutiometrin kuormausaikaan (Ovaskainen 2012)

4.3 Puutavaralajien määrä ja ajouravarsitiheys

Puutavaralajien määrä on kasvanut viimeisten vuosien aikana perinteisestä kuudesta yli kymmeneen. Tähän lisätynä eri tuotantolaitosten erilaiset mitta- ja laatuvaatimukset lisäävät samalta leimikolta tulevaa puutavaralajimäärää huomasti. Metsäyhtiöt ovat kuitenkin alkaneet yhdistellä pienempiä eritä alempaan laatuluokkaan edistääkseen ja parantaakseen logistiikkaketjun kustannuksia. (Paukkeri 2010). Puutavaralajien saanto on aluekohtainen. Suomessa puutavaralajien määrä vaihtelee alueellisesti Pohjois-Suomen kolmesta eteläisemmän Suomen 21:een, edellä mainituista määristä kuituja voi olla kahdesta aina 17:ään. (Poikela ym. 2002.)

Metsätraktoriyölle useamman puutavaralajin vaikutus työn tuottavuuteen on ilmeinen. Rungosta saatavat puutavaralajit vaihtelevat rungon mittojen ja laadun mukaan; kuitenkin metsästä saatava saanto on tasainen. Ajouravarsitiheys jää puutavaralajikohtaisesti pienemmäksi, kun puutavaralajien määrää nostetaan. Vaikka yhtiöt yhdistelevät puuta-

varalajeja, joutuu metsätraktorin kuljettaja pitämään puutavaralajit erillään aina leimikon lopetukseen asti. (Paukkeri 2010.) Yhden kuitupuutavaralajin lisääminen nosti kuormatraktorityön käyttöajan menekkiä noin 12–19 % (Poikela 2002). silloin kun ajettiin puhtaita yhden puutavaralajin kuormia.

Yhteen kuormaan käytettyä kokonaisaikaa laskee kuormatraktoriyöskentelyssä useamman kuin yhden puutavaralajin kerääminen samaan kuormaan. Tämä työskentelytapa tyhjentää ajouraa nopeammin $m^3/100$ m osalta. (Manner 2013.) Kuormatraktorin liikuttelun määrä kuormauksen aikana vähenee ja kuorman tekoon käytetty aika pienenee. (Nurminen ym. 2006 335–363.) Kuorman purkuun käytetty aika taas pitenee. Syy tähän löytyy siitä, että kuormain käy useammin kuormatilassa verrattuna yhden puutavaralajin kuormiin. (Manner 2013.) Tässä on otettava huomioon monilajikuorman tekotapa; tässä tapauksessa puutavaralajit oli vuorotellen lastattu kuormatilaan, kun monilajikuormia voidaan tehdä myös kerroksittain (Persson 2011b, 2 4:15).

Kokonaisaikoja verrattaessa huomataan, että puutavaralajien määrä kuormassa on riippuvainen puutavaralajikohtaisesta ajouravarsitiheydestä. Tulos on tehty kliinisessä ympäristössä, mutta on yleisesti sovellettavissa. (Manner 2013) Kokeessa taakan koko ja puutavaralajinkoko olivat samat. Näin tutkimus eristettiin ainoastaan puutavaralajitiheyteen ja puutavaralajimäärään.

5 KULJETTAJAA OPASTAVAT JÄRJESTELMÄT

Kuljettajaa opastavien järjestelmien tarve metsätraktorityössä on ilmeinen. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisun mukaan jo pelkästään kuljetusmatkaa minimoiva opastus toisi merkittäviä säästöjä. Tutkimuksessa käytettiin taitavaa kuljettajaa, joten tulokset jäivät pienemmäksi kuin mitä todellinen hyöty voisi olla. (Väätäinen 2013.) Uusille kuljettajille opastus tulisi ennen kaikkea tarpeeseen ja käyttöön, sillä tekemällä opitut työskentelytavat voivat johtaa tehottoman työskentelytavan oppimiseen. Kuljettajien tuottavuuserot ovat merkittäviä, mutta myös alalla pitkään olleiden erot voivat olla suuret. (Nuutinen 2008, 63–72) Pelkästään olemassa olevan potentiaalın käyttöönotto toisi kuormatraktorityölle huomattavia hyötyjä. Olemassa oleva puutavaralajeittainen määrä ja niiden sijaintitieto antaisi kuljettajalle työkalut tehdä ajonsuunnittelua jo ennen metsään menemistä. Vaikka teknologia ei ole kovin tarkkaa, nähdään siinä silti merkittävä hyöty. (Väätäinen 2013, 22.)

Tämänhetkinen visuaalinen tieto kuormatraktorin kuljettajalle on kuormatraktorin sijaintitieto, maastokartta leimikon rajoineen ja mahdollinen ajouraverkosto. Hakkuukoneelta voidaan lisätä kohteita ja huomioita kuormatraktorille nähtäväksi. (Paukkeri 2010) Seuraavana askeleena pidetään puutavaralajien määrän ja sijainnin lisäämistä kuormatraktorin kuljettajan nähtäväksi. (Väätäinen 2012, 30.) Tähän lisättynä maastonkaltevuus ja kulkukelpoisuustiedot auttaisivat kuljettajaa omaksumaan leimikon nopeammin. Kuormatraktorikuljettajan suunnittelutyötä voidaan siirtää ensimmäisestä leimikolla ajokerrasta työnsuunnitteluun ennen leimikkoa. Automaattinen reititysoptimointi on käytössä jo monessa Suomen maantiellä liikkuvassa ajoneuvossa (Väätäinen 2012, 11.), mutta metsätraktorin suuresti vaihtelevat olosuhteet tekevät reititysoptimoinnin luomisesta haastavaa. Huomioon tulisi ottaa leimikon erilaiset rajoitteet, mahdolliset sääolosuhteet, kulkukelpoisuus, varastopaikkojen sijainti, puutavaralajisuhteet ja -määrät sekä -keskittymät. Kokonaisuutta ajatellen voidaan ottaa mukaan myös hakkuukoneentyömallit, rungon keskitilavuus ja kourakasojen taakkakoko. Maasto on kuitenkin joiltain osin muuttuva elementti ja kulkukelpoisuutta jouduttaisiin mittaamaan lähes jatkuvasti. Alustavia osapaketteja on jo suunnitteilla/suunniteltu, kuten Logging Map -ohjelma. (Väätäinen 2012) Turvemaille löytyy Metlan ja Tampereen Teknillisen Yliopiston yhdessä kehittämä ohjelma LOGTRACK. LOGTRACKin simuloinnin avulla voitaisiin hakea optimivaihtoehtoja metsäkuljetukseen. (Kojola 2013, 19-31)

Metsäntutkimuslaitos on kehittänyt Metsäklusteri Oy:n EffFibre-tutkimus- ja kehittämisohjelmassa Logging Map -konseptin. Logging Map tarjoaa räätälöityä tietoa hakkuukoneen kuljettajille ajouraverkoston suunnittelun tueksi. Laserkeilausaineistoa käytettiin luomaan 3D-mallisia karttoja, johon pystyttiin sijoittamaan liian jyrkät maastonkohdat. (Metla 2012.) Tutkimuksen alustavien tulosten mukaan laserkeilausaineistoa voidaan käyttää ajouraverkoston suunnittelussa ja turvemaiden kantavuuden ennustamisessa. (Metsähallitus 2012.)

Kuljettajaa opastavissa järjestelmissä on kuitenkin päästy eteenpäin. Ruotsalaisten reititystutkimuksissa puutavaran lähikuljetuksen osalta on saavutettu noin 10 %:n hyöty ajanmenekin ja koneen kulkeman matkan suhteen. (Arvidsson ym. Carlsson ym. Flisberg ym. 2007.) Flisbergin ym. kehittämä järjestelmä käytti hyväksi maastotietoa, paikkatietoa ja optimointisovellusta. Paikkatietona olivat hakkuukoneen keräämät tiedot ajourista ja puutavaralajeista. Reititysoptimointisovellusta pystyttiin käyttämään reaaliaikaisesti tutkimustyömailla sen lyhyen ratkaisuaian vuoksi. Kuormatraktorin kulkemaa matkaa tutkimustyömailla pystyttiin vähentämään keskimäärin 8,3 %. Puutavaralajien kokonaismäärä ja samassa kuormassa ajettavien puutavaralajien määrä vaikuttivat reitioptimoinnista saatavaan hyötyyn. (Flisberg ym. 2007.)

6 AJOTAPAMALLIT

Ajotapamalleihin haettiin logiikkaa viidellä erilaisella skenaariolla. (Liite 1) Skenaarioiden ideana on pala palalta rakentaa erilaisia suorituksia. Leimikot tehtiin hyvien metsähoitosuosituksien mukaan. Skenaarioihin valitsin kuusikon kasvatuksen yhden ja kahden harvennuksen ohjelmalla. Kahden harvennuksen ohjelmalla ensiharvennuksen poistuma on $47 \text{ m}^3/\text{ha}$ ja toisen harvennuksen poistuma on $106 \text{ m}^3/\text{ha}$. Yhden harvennuksen ohjelmalla poistuma on $76 \text{ m}^3/\text{ha}$. (Äijälä 2014.) Poistumiin on lisätty kuusen lisäksi mäntyä ja koivua puutavaralajimäärän nostamiseksi. Puut on sijoiteltu sattumanvaraisesti leimikolle, mutta puutavaralajikeskittymiä voi kuitenkin löytyä. Ennakkotiedoista käytössä olivat puutavaralajit ja niiden jakauma, ajouraverkoston pituus ja muoto. Lisäksi oletettiin, että maastossa on hyvä kulkukelpoisuus ja tukkeihin on tehty värimerkinnät.

Leimikko 1, jossa poistuma on $47 \text{ m}^3/\text{ha}$, sisältää kokonaisuudessa $10 \text{ m}^3/\text{ha}$ tukkeja ja $37 \text{ m}^3/\text{ha}$ kuituja. Leimikossa 2 poistuma on $76 \text{ m}^3/\text{ha}$. Se sisältää $22 \text{ m}^3/\text{ha}$ tukkeja ja $52 \text{ m}^3/\text{ha}$ kuitua. Leimikossa 3 kokonaispoistuma on $106 \text{ m}^3/\text{ha}$, joista tukkien osuus on $69 \text{ m}^3/\text{ha}$ ja kuitujen $36 \text{ m}^3/\text{ha}$. Poistumien sisältämät tukki- ja kuituosuudet on otettu metsänhoitosuosituksien esimerkkilaskuista. (Äijälä 2014). Skenaarioissa olevat puumäärät ovat suhteessa ajouraverkoston pituuteen. Kaikki tässä työssä esitetyt ajot on tehty ajotavalla, joka näyttää puut niiden tullessa eteen. Näin ollen en ole pystynyt tekemään ajosuunnitelmaa etukäteen. Suunnitelma on tehty leimikon kuluessa.

6.1 Leimikko 1

Leimikon 1 poistuma on $47 \text{ m}^3/\text{ha}$. Ensimmäisessä skenaariossa ajettiin yhtä uran vartta. Uralla oli 3 m^3 kuusitukkeja ja 6 m^3 kuusikuituja yhteensä yhdeksän kuutiometriä puuta. Ura ajettiin neljä kertaa erilaisilla vaihtoehdoilla: sekakuormana, monilajikuormana sekä yhden puutavaralajin kuormina. Monilajikuormia ajettiin kahdella eri tyylillä. Tyylit olivat tässä tapauksessa. Kuidut alle perälle mentäessä ja tukit päälle varastolle päin ajettaessa sekä päinvastoin.

Toisessa skenaariossa lisättiin yksiajoura, joka muodostaa lenkin leimikolle. Puutavaralajeja tuli kaksi lisää. Skenaariossa oli 1 m^3 mäntytukkeja, 2 m^3 mäntykuituja, 4 m^3

kuusitukkeja ja 11 m^3 kuusikuituja. Skenaariosta ajettiin viisi erilaista variaatiota. Variaatioita oli yksi yksilajikuorma, kaksi sekakuormaa ja kaksi monilajikuormaa. Sekakuormien variaatioiden erona oli se, ajettiinko lenkki läpi vai perutettiin uran perälle. Monilajikuormissa käytettiin samaa kaavaa. Nämä vaihtoehdot toistuvat myös muissa leimikoissa ja niiden tyhjennysmallien variaatioissa.

Kolmannessa skenaariossa puutavaralajeja oli viisi kappaletta. Mäntytukkeja oli 1 m^3 , mäntykuitua 5 m^3 , kuusitukkeja 4 m^3 , kuusikuituja 14 m^3 ja koivukuituja 2 m^3 . Puutavaraa oli yhteensä 26 m^3 . Skenaariossa ajettiin viisi erilaista variaatiota.

Neljännessä skenaariossa ajourat kattoivat hehtaarin hakkuualan. Puutavaralajien määrä oli viisi kappaletta: mäntytukkeja 1 m^3 , mäntykuituja 6 m^3 , kuusitukkeja 9 m^3 , kuusikuituja 28 m^3 ja koivukuituja 3 m^3 . Yhteensä puutavaraa oli 47 m^3 . Skenaariossa pyrittiin jäljittelemään perushakkuualaa pääajouralta lähtevillä ajouralenkeillä. Skenaariosta tehtiin viisi erilaista variaatiota.

Viidennessä skenaariossa ajourat kattoivat hehtaarin kokoisen hakkuualan. Erona neljänteen skenaarioon oli se, että hakkuuala on kierretty reunoilta ympäri. Tämä loi hakkuualalle läpiajettavia uria, toisin kuin neljännessä skenaariossa olevat ajouralenkit. Puutavaralajien määrä ja suhteet olivat samat kuin neljännessä skenaariossa. Skenaariosta ajettiin viisi erilaista variaatiota.

6.2 Leimikko 2

Leimikossa 2 poistuma on $76 \text{ m}^3/\text{ha}$. Puutavaralajien ja puutavaran määrä lisääntyy skenaariossa. Skenaariossa oli mäntytukkeja 1 m^3 , mäntykuituja 3 m^3 , kuusitukkeja 3 m^3 , kuusikuituja 2 m^3 ja koivukuitua 1 m^3 . Yhteensä puutavaraa oli 10 m^3 . Skenaariosta ajettiin neljä erilaista variaatiota.

Skenaariossa 2 puutavaralajien määrä nousi kuuteen. Puutavaraa skenaariossa oli yhteensä 25 m^3 , joista mäntytukkeja oli 2 m^3 , mäntykuitua 5 m^3 , kuusitukkeja 6 m^3 , kuusikuituja 7 m^3 , koivutukkeja 1 m^3 ja koivukuituja 4 m^3 . Skenaariosta ajettiin viisi erilaista variaatiota.

Skenaariossa 3 puutavaralajien määrä oli kuusi. Puutavaraa skenaariossa oli yhteensä 39 m³. Mäntytukkeja oli 2 m³, mäntykuituja 5 m³, kuusitukkeja 9 m³, kuusikuituja 17 m³, koivutukkeja 1 m³ ja koivukuituja 5 m³. Skenaariosta ajettiin viisi erilaista variaatiota.

Skenaariossa 4 puutavaralajeja oli kuusi. Ajourat kattoivat hehtaarin hakkuualan. Puutavaraa ajourien varressa oli yhteensä 76 m³. Alueelta löytyi mäntytukkeja 2 m³, mäntykuituja 5 m³, kuusitukkeja 19 m³, kuusikuituja 44 m³, koivutukkeja 1 m³ ja koivukuituja 5 m³. Ajourien kokonaispituus oli 920 metriä. Skenaariosta ajettiin viisi erilaista variaatiota.

Viidennessä skenaariossa ajourat kiertävät hehtaarin alan. Ajourat kattavat hehtaarin ja ajourien kokonaispituus on 960 metriä. Puutavaraa ajourilta löytyi yhteensä 76 m³ ja puutavaralajijakauma oli sama kuin skenaariossa neljä. Skenaariosta ajettiin viisi erilaista variaatiota.

6.3 Leimikko 3

Leimikon kokonaispuumäärä oli 106 m³/ha. Ensimmäisessä skenaariossa oli vain yksi ajoura. Puutavaralajeja oli kaksi. Ajouralla oli puuta yhteensä 16 m³. Kuusitukkeja oli 10 m³ ja kuusikuituja 6 m³. Skenaariosta ajettiin neljä erilaista variaatiota.

Toisessa skenaariossa kokonaispuumäärä nousi 35 m³. Skenaariosta löytyi mäntytukkeja 7 m³, mäntykuituja 5 m³, kuusitukkeja 15 m³ ja kuusikuituja 8 m³. Puutavaralajeja oli neljä. Skenaariosta ajettiin viisi erilaista variaatiota.

Kolmannessa skenaariossa puutavaralajien määrä nousi kuuteen. Yhteensä puutavaraa oli 53 m³. Puutavaralajijakauma oli mäntytukkeja 8 m³, mäntykuituja 6 m³, kuusitukkeja 22 m³, kuusikuituja 11 m³, koivutukkeja 3 m³ ja koivukuituja 3 m³. Skenaariosta ajettiin viisi erilaista variaatiota.

Skenaariossa 4 ajourat kattavat hehtaarin alan. Puutavaraa alueelta löytyi 106 m³. Puutavaralajijakauma oli mäntytukkeja 8 m³, mäntykuituja 6 m³, kuusitukkeja 58 m³, kuusikuituja 28 m³, koivutukkeja 3 m³ ja koivukuituja 3 m³. Ajouria alueella on 924 metriä. Skenaariosta ajettiin viisi erilaista variaatiota.

Viidennessä skenaariossa ajourat kattavat hehtaarin alan. Yhteensä puutavaraa ajourien varsilla on 106 m^3 . Ajouraverkoston kokonaispituus on 960 metriä. Puutavaralajeja oli kuusi ja puutavaralajijakauma oli mäntytukkeja 8 m^3 , mäntykuituja 6 m^3 , kuusitukkeja 58 m^3 , kuusikuituja 28 m^3 , koivutukkeja 3 m^3 ja koivukuituja 3 m^3 . Skenaariosta ajettiin viisi erilaista variaatiota.

7 TULOKSET

7.1 Leimikko 1

Leimikolla hehtaarikohtainen puumäärä oli pieni, 47 m³/ha, ottaen huomioon kuorma-traktorin vetoisuuden. Kaikista skenaariosta löytyi yhtäläisyyksiä kokonaisajan, kokonaismatkan ja GTkm:ien osalta. Mitä pienemmäksi kokonaismatka saatiin, sen vähemmän käytettiin aikaa ja kone rasittui vähemmän. Puutavaralajikohtainen määrä oli vähäinen. Yksilajikuormia ajettaessa tuli joissain osioissa jopa puolet enemmän ajettavaa kuin tehokkaalla tavalla toteutetussa lähikuljetuksessa.

Ensimmäisen skenaarion mukaan leimikon tehokkain tyhjennystapa olisi ollut peruuttaa uran päähän lastaamalla kuusikuidut alle ja varastolle päin ajettaessa lastata kuusitukit päälle. (Liite 2) Sekakuormat ja molemmat monilajikuormat olivat hyvin lähellä toisiinsa tässä tapauksessa. Eroa oli neljä sekuntia. Yhden puutavaralajin kuormina tuotuna aikaa meni kaksi ja puoli minuuttia enemmän verrattuna nopeimpaan aikaan. Ajojen kokonaisajat ja tuottavuudet löytyvät taulukosta 1. Ajo numero 4 on puhdas yksilajikuormina tuotu aika. Pelkästään 100 metrin matkalla kokonaisaika oli kolme minuuttia hitaampi.

TAULUKKO 1. Leimikko 1, skenaario 1

Ajot	1	2	3	4
total working time	0:17:34	0:17:30	0:17:08	0:20
Driving empty	0:03:29	0:01:16	0:01:11	0:05:34
Loading	0:09:08	0:11:28	0:11:15	0:09:43
Driving loaded	0:01:17	0:01:14	0:01:19	0:02:22
Unloading	0:03:40	0:03:30	0:03:22	0:30:20
Loads	1	1	1	2
Loading density	11,9	6,1	6,5	9,2
Productivity	30,7	30,8	31,5	25,7
GTkm	4,4	4,3	4,3	6,5
NTkm	0,6	0,8	1	0,6
Driving distance	267	250,2	240,4	420,2
backwards limited	0	0	0	0
Unloading	0	0	0	0

Toisessa skenaariossa lisättiin yksi ajoura lisää, ja leimikolle muodostui ajettava lenkki. Heikoimman ja parhaimman työskentelytavan ero oli noin 10 minuuttia. Puhtaiden yksilajikuormien tuonti oli hitain vaihtoehto. Tulokset olivat samansuuntaisia kuin ensimmäisessä skenaariossa. Samaa ajotapaa käyttäen, peruuttaessa kuusikuidut alle ja varastopaikalle ajettaessa kuusitukit päälle, saatiin paras lopputulos. (Liite 3) Ajourien perällä oli kuitenkin käytävä, jotta varmistetaan ajouralenkkien tyhjentyminen kokonaan. Huomion arvoista oli kuitenkin puutavaralajien lisääntyminen; koska puutavaraa oli urilla niin vähän, oli järkevämpää minimoida kuljettu matka ja tehdä monilajikuormia. Hitaimmaksi ajotavaksi muodostuivat yksilajikuormat. (Taulukko 2, ajot 1) Varianttien erot skenaariosta 2 löytyvät taulukosta 2.

TAULUKKO 2. Leimikko 1, skenaario 2

Ajot	1	2	3	4	5
total working time	0:45:45	0:39:13	0:39:07	0:36:58	0:36:33
Driving empty	0:06:57	0:09:41	0:03:58	0:02:46	0:02:45
Loading	0:26:13	0:18:24	0:25:10	0:22:41	0:23:04
Driving loaded	0:05:51	0:02:55	0:03:03	0:03:17	0:03:18
Unloading	0:06:42	0:08:11	0:06:55	0:08:12	0:07:24
Loads	3	2	2	2	2
Loading density	4,3	12,9	4,7	6,7	6,5
Productivity	23,6	27,5	27,6	29,2	29,5
Gtkm	15,5	11,6	11,7	10	9,9
NTkm	2,2	1,4	2,3	2,1	2,2
Driving distance	951,3	729	673,8	562,9	544,9
backwards limited	0	0	0	0	0
Unloading	0	43,1	0	49,2	23,5

Skenaariossa 3 ajouralenkkien määrä nousi yhdellä. Nyt oli käytössä kolme uraa. Heikoimman ja parhaimman eroksi muodostui reilu 12 minuuttia. Puhtaiden yksilajikuormien tuonti oli hitainta ja kuormat olivat myös vajaita. Ajomatkojen ero heikoimman ja parhaimman välillä oli noin 500 metriä. Ajomatkan minimointi oli yhtenä ehtona saavuttaa paras kokonaisaika. Urien tyhjentäminen samalla tyylillä (Taulukko 3, ajot 2) kuin skenaariossa 1 ja 2 hävisi kokonaisajassa noin kolme minuuttia parhaimpaan suoritukseen nähden. Kuormien määrä oli kuitenkin kolme, toisin kuin ajot 3, 4 ja 5 toteutettiin kahdella kuormalla. Nopein kokonaisaika saavutettiin tyhjentämällä kuusikuidut

ja kuusitukit kahdelta ajouralta kerralla ja jäljelle jääneet puutavarat kokonaisuudessa pois toisella ajokerralla. (Liite 4) Puutavaran kokonaismäärä kolmella uralla oli 26m³, joten ne mahtuivat hyvin kahteen kuormaan.

TAULUKKO 3. Leimikko 1, skenaario 3

Ajot	1	2	3	4	5
Total working time	1:06:20	0:56:50	0:55:30	0:54:06	0:55:15
Driving empty	0:09:54	0:04:45	0:04:30	0:04:40	0:04:29
Loading	0:38:55	0:34:57	0:33:16	0:30:30	0:33:25
Driving loaded	0:07:08	0:05:11	0:04:25	0:04:04	0:03:10
Unloading	0:10:22	0:11:56	0:13:18	0:11:50	0:14:10
Loads	3	3	2	2	2
Loading density	4,5	6,2	6,7	6,4	6,5
Productivity	23,5	27,4	28,1	28,8	28,2
GTkm	22,6	15,9	16,2	15,1	15,2
NTkm	4,2	3,4	4	3,6	3,3
Driving distance	1316,2	894,9	866,1	819,6	850
Backwards limited	0	0	0	0	0
Unloading	18,8	71,9	115,1	55	141,6

Neljännessä skenaariossa oli kolme ajouralenkkiä ja yksi pääajoura. Heikoimman ja parhaimman suorituksen välinen ero oli noin 42 minuuttia. Ajomatassa eroa oli 1500 metriä. Kuormien määrä vaihteli 3–5:n välillä. Pienen ajouravarsitiheyden vuoksi ei ollut kannattavaa ajaa yhtä uraa kerralla tyhjäksi. Tämä ajotapamalli oli noin 18 minuuttia hitaampi kuin nopein tapa. (Taulukko 4, ajot 3) Kokonaisaikaan katsoen nopein oli tyhjentää ajouralenkki kokonaisuudessa kerralla, (Liite 5) (Taulukko 4, ajot 2) eli ottaa puut siinä järjestyksessä kuormatilaan kuin ne tulivat vastaan leimikolla.

Viidennessä skenaariossa neliönmuotoinen hehtaarin hakkuuala oli kierretty ympäri ja ajourat menivät pääajouralta pääajouralle. Puutavaralajit ja määrät olivat samat kuin neljännessä skenaariossa. Tällä haettiin toisenlaista lähestymistä leimikon ajouraverkoston suunnitteluun ja sen vaikutusta kokonaisaikaan. Skenaarioiden 4 ja 5 tulokset ovat siis vertailukelpoisia keskenään. Tässä tapauksessa neljännen skenaarion ajo olisi ollut nopein. (Taulukko 4, ajot 2) Syyksi löytyi se, että ylemmällä pääajouralla ei ollut puuta, vaan ne oli puitu läpi menevien ajourien varsille. (Liite 6) Leimikko ajettiin kuitenkin yleisten ohjeiden mukaan aloittaen leimikon perältä. Nopeimmaksi muodostunut

kokonaisuus viidennessä skenaariossa (Taulukko 5) jäi kolme minuuttia neljännen skenaarion parhaasta.

TAULUKKO 4. Leimikko 1, skenaario 4

Ajot	1	2	3	4	5
Total working time	2:21:02	1:39:31	1:57:29	1:46:18	1:40:02
Driving empty	0:20:09	0:10:42	0:14:52	0:10:33	0:07:23
Loading	1:30:15	0:56:22	1:01:14	0:58:47	0:57:27
Driving loaded	0:13:09	0:09:51	0:18:59	0:11:23	0:10:13
Unloading	0:17:27	0:22:34	0:22:23	0:25:34	0:24:57
Loads	5	4	6	3	3
Loading density	2,7	8,1	6,5	7,2	7,7
Productivity	20	28,3	24	26,5	28,2
GTkm	55,2	29,5	39,8	34,7	31,3
NTkm	10,8	8	7,7	10,5	9,9
Driving distance	3169,6	1538,4	2287,1	1728,7	1523,6
Backwards limited	0	0	0	6,7	0
Unloading	0	127,7	171,9	237,5	223

TAULUKKO 5. Leimikko 1, skenaario 5

Ajot	1	2	3	4	5
Total working time	2:07:14	1:42:30	2:06:07	1:56:37	1:47:19
Driving empty	0:17:29	0:10:29	0:12:35	0:15:12	0:09:49
Loading	1:21:28	1:02:12	1:24:06	1:00:43	1:03:41
Driving loaded	0:10:11	0:06:45	0:08:13	0:18:29	0:09:03
Unloading	0:18:05	0:23:03	0:21:11	0:22:11	0:24:35
Loads	4	3	3	6	3
Loading density	3,2	6,1	3,1	6,8	5,9
Productivity	22,2	27,5	22,4	24,2	26,3
GTkm	45,6	31,4	46,9	39	35,1
NTkm	9,8	8,7	13,4	7,4	11
Driving distance	2558	1622,6	2396,2	2254,4	1717,8
Backwards limited	9,5	0	9,9	0	7,4
Unloading	21,5	143,9	115,6	160,9	202,9

Molemmissa skenaarioissa 4 ja 5 sekakuormat olivat tehokkain toimintatapa, sillä se tyhjensi ajourat kerta ajamisella. Ensimmäisen ja toisen skenaarion mukainen paras ajotapamalli (Taulukko 5, ajot 4), eli peruuttamalla uran perälle samalla lastaten osan puista tavaratilaan ja uran päästä ajaa samaa uraa takaisin ottaen loput puutavaralajit kuormatilaan, jäi kokonaisuudessa parhaasta suorituksesta 17 minuuttia, ottaen huomioon molemmat skenaariota 4 ja 5. Viidennen skenaarion sisällä heikoimman ja parhaimman välinen aikaero oli noin 25 minuuttia. Ajomatassa leimikolla eroa syntyi noin 900 metriä.

7.2 Leimikko 2

Toisessa leimikossa kokonaispuumäärä oli $76\text{m}^3/\text{ha}$. Puumäärä oli jaettu suhteutettuna erikokoisiin skenaarioihin. Puutavaralajien määrä kokonaisuudessaan oli 6. Tulokset eivät olleet niin yhteneviä tässä kokonaispuumäärässä. Yhtenevät tulokset olivat kokonaisajassa ja tuottavuudessa. Toinen yhtäläisyys muodostui kokonaismatassa ja GTkm:ssä. Kolmessa skenaariossa viidestä oli eroavaisuutta parhaassa kokonaisajassa ja koneen kulkemassa kokonaismatassa.

TAULUKKO 6. Leimikko 2, skenaario 1

Ajot	1	2	3	4
Total working time	0:34:04	0:23:23	0:19:08	0:18:44
Driving empty	0:12:10	0:04:32	0:00:45	0:00:45
Loading	0:09:45	0:11:09	0:12:06	0:11:05
Driving loaded	0:08:25	0:03:23	0:01:07	0:01:50
Unloading	0:03:42	0:04:19	0:05:09	0:05:02
Loads	5	2	1	1
Loading density	12,6	8	6,7	8,7
Productivity	17,6	25,6	31,3	32
GTkm	13,6	7,5	5,1	5
NTkm	0,7	0,8	1,2	1,3
Driving distance	926,6	477,7	276,5	269,1
Backwards limited	0	0	0	0
Unloading	0	23,1	49,3	46,5

Ensimmäisessä skenaariossa ajettiin yhtä 100 metrin mittaista ajouran vartta. Hitaimman ja nopeimman suorituksen eroksi muodostui 15 minuuttia. Ajomatassa heikoim-

man ja parhaimman eroksi tuli 700 metriä. Nopeimmaksi ja kokonaismatkaa mini-voivaksi ajotavaksi muodostui kaikkien puiden kerralla poistaminen uralta (Liite 7). Ajouran perälle peruutettiin, ja kuormatilan pohjalle lastattiin kuusitukit ja mäntykuidut. Varastolle päin ajettaessa päälle nostettiin loput puutavaralajit. Ajouranvarsitiheys oli $10\text{m}^3/100\text{m}$. Myös ajo numero 3 (Taulukko 6) oli toteutettu samalla tyyllillä kuin nopein kokonaissuoritus, mutta puutavaralajien kuormaustavat erosivat hieman toisistaan.

Toisessa skenaariossa ajettiin yhtä ajouralenkkiä. Tässä skenaariossa nopeimmassa kokonaisajassa ei ollut lyhin kokonaisajomatka. Kuitenkin lyhin kokonaismatka oli sekunnin hitaampi kuin nopein kokonaisuika. (Taulukko 7) Käytännön eroa ei siis tällä ole. Nopein kokonaisuika muodostui ajamalla kaikki puut kerralla pois aloittaen tyhjentäminen jo ajouralenkin alusta ja hakien kuormasta yli jäävät puutavaralajit pois seuraavalla kuormalla. (Liite 8) Lyhin kokonaisajomatka ja pienin GTkm taas saavutettiin ajamalla ajoura kerrallaan tyhjäksi, peruuttamalla ajouralenkin päähän ja lastaamalla kuusikuidut ja mäntykuidut sekä koivukuidut pohjalle ja varastolle päin ajettaessa loput puutavaralajit päälle. (Liite 9) Hitaimmaksi ajotavaksi muodostui puhtaiden yksilajikuormien ajaminen leimikolta varastopaikalle. Tämä työskentelymalli oli kokonaisajassa noin 20 minuuttia hitaampi, ja ajomatkassa oli eroa noin 900 metriä nopeimpiin ja lyhimpiin suorituksiin verrattuna. Myös GTkm määrä yli kaksinkertaistui.

TAULUKKO 7. Leimikko 2, skenaario 2

Ajot	1	2	3	4	5
Total working time	1:11:03	0:50:33	0:48:56	0:48:57	0:50:42
Driving empty	0:10:47	0:03:05	0:04:51	0:03:02	0:04:12
Loading	0:41:22	0:30:31	0:25:04	0:29:15	0:30:30
Driving loaded	0:09:36	0:04:13	0:04:41	0:02:49	0:02:46
Unloading	0:09:16	0:12:43	0:14:18	0:13:49	0:13:13
Loads	5	2	2	2	2
Loading density	3,1	6,4	12,6	7,6	6,4
Productivity	21,1	29,7	30,6	30,6	29,6
GTkm	26,9	14,9	17,7	12,9	14,9
NTkm	3,4	4,1	3,9	3,2	3,7
Driving distance	1677,2	768,3	702,6	692,4	795,3
Backwards limited	0	0	0	0	0
Unloading	0	83,5	127,3	135,8	120,7

Kolmannessa skenaariossa ajouria oli 3 kappaletta. Ajourien yhteispituudeksi muodostui noin 550 metriä. Tässä skenaariossa nopein kokonaissuoritus ei syntynyt lyhimmästä ajomatkasta. Myös GTkm:t olivat suuremmat. Hitaimmaksi kuormankeruutavaksi muodostui yksilajikuormien tuonti leimikolta. (Taulukko 8, ajot 1) Nopein kokonaisu aika saavutettiin tuomalla sekakuormia ajourilta täysinä kuormina. (Taulukko 8, ajot 4) Lastaaminen tosin aloitettiin leimikon varaston päästä ja puut lastattiin leimikon perälle päin mentäessä. (Liite 10) Lyhin kokonaismatka saavutettiin aloittamalla kuorman keruu leimikon varaston puolelta, peruuttamalla ajouran perää kohti ja lastaamalla puuta kuormatilan pohjalle. (Taulukko 8, ajot 5) Ajouran perältä lähdettiin ajamaan varastolle päin ja lastattiin loput ajouralle jääneet puut kuormatilaan. (Liite 11) Tämä toistettiin jokaisella uralalla. Kokonaisajomatassa saavutettiin noin 1000 metrin hyöty verrattuna puhtaisiin yksilajikuormiin. GTkm:ssä saavutettiin 1,4 GTkm hyöty verrattuna nopeimpaan kokonaisajassa parhaimpaan GTkm:n. Eroa muodostui vain seitsemän sekuntia nopeimpaan kokonaisu aikaan.

TAULUKKO 8. Leimikko 2, skenaario 3

Ajot	1	2	3	4	5
Total working time	1:42:20	1:32:14	1:21:31	1:18:48	1:18:55
Driving empty	0:14:05	0:08:31	0:12:57	0:04:56	0:03:30
Loading	1:04:32	0:57:15	0:40:12	0:44:28	0:49:05
Driving loaded	0:08:26	0:07:36	0:03:24	0:05:30	0:04:15
Unloading	0:15:16	0:18:51	0:24:57	0:23:53	0:22:03
Loads	5	3	3	3	3
Loading density	3,3	4,5	12	8,7	6,6
Productivity	22,9	25,4	28,7	29,7	29,6
GTkm	37	32,1	23,7	23,1	21,7
NTkm	7	8,7	4,7	7	5,9
Driving distance	2145,3	1671,1	1361,9	1144,8	1125,3
Backwards limited	0	0	0	0	0
Unloading	31,6	120,5	343,8	285,5	227,4

Skenaariossa 4 ja 5 oli yhtenäinen hehtaarin ala ajettavana. Puumäärän noustessa 76:een kuutiometriin hehtaarilla skenaariossa 4 oli hitaampia ajotuloksia kuin skenaariossa 5. Puumäärät ja puiden sijoittelu oli sama. Ajouraverkoston muuttamisella oli positiivinen vaikutus tuloksiin, vaikka ajouraverkostoa oli 40 metriä enemmän. Skenaariossa 4 ajouraverkoston pituus oli 920 metriä, ja skenaarion 5 ajouraverkoston pituus oli 960

metriä. Puumäärän noustessa erot pienenivät yksilaji-, monilaji- ja sekakuormien osalta. Skenaariossa 4 verrattuna skenaarioon 5 nopeimpien kokonaisaikojen ero oli hieman alle kolme minuuttia (Taulukko 9, ajot 4 vrt. Taulukko 10, ajot 2). Lyhin ajomatka ja paras GTkm saatiin ajosta 5, (Taulukko 10) (Liite 15) Kokonaisajassa tämä ajo oli vain 19 sekuntia hitaampi parhaimpaan kokonaisuikaan, joka oli skenaarion 5 ajo 2. Skenaarioiden 4 ja 5 pääasiassa yksilajikuormina tuodut puut eivät saavuttaneet hyötyä leimikon ajouraverkoston muutoksesta. (Taulukko 9, ajot 1 vrt. Taulukko 10, ajot 1) Ajat olivat hyvin samansuuntaiset.

Skenaariossa 4 pääosin yksilajikuormina tuodut kuormat (Taulukko 9, ajot 1) olivat noin 17 minuuttia hitaampi, kuin skenaarion nopein kokonaisuoritus. Ajomatkaan eroa tuli 800 metriä. Tuottavuuserot olivat 2,9 m³/h. Nopein kokonaisuika leimikolla oli pääasiassa monilajikuormina tuodut puut, tyhjentämällä ajoura kerrallaan ja täyttämällä pohjalle puutavaraa mahdollisesti jo edelliseltä ajouralta. (Liite 12) Samanlainen ajotapa oli nopein myös skenaariossa 5. (Liite 13) Tiedossa olevan puumäärän ja ajouraverkoston muoto mahdollistaa sen, että voidaan laskea keskiarvollinen tulos siihen, kuinka paljon puutavaraa oli ajourilla. Tämä antoi mahdollisuuden kerätä puut tehokkaammin kuin yksi ura kerrallaan. (Taulukko 9, ajot 4)

TAULUKKO 9. Leimikko 2, skenaario 4

Ajot	1	2	3	4	5
Total working time	2:52:50	2:41:09	2:37:37	2:35:23	2:36:07
Driving empty	0:23:00	0:31:23	0:12:49	0:14:20	0:16:29
Loading	1:42:01	1:20:07	1:34:40	1:35:03	1:26:41
Driving loaded	0:17:10	0:12:13	0:12:58	0:10:32	0:14:59
Unloading	0:30:37	0:37:24	0:37:08	0:35:26	0:37:57
Loads	8	6	5	5	5
Loading density	5,2	11,5	6,7	6,7	8,7
Productivity	26,4	28,3	28,9	29,3	29,2
GTkm	56,4	48,6	47,9	46,4	47
NTkm	11,2	9,7	6,7	13,4	13,4
Driving distance	3224,4	2782,2	2384,3	2361,3	2400,2
Backwards limited	0	0	0	0	0
Unloading	84,2	270,9	225,9	222,5	268,2

Skenaariossa 5 oli leimikko kierretty ympäri ja ajourat tulivat leimikon lävitse. Ajoura-verkosto mahdollisti paremman ja tehokkaamman ajotavan leimikolla, kun mahdollisuuksia kiertää puille oli useampia. Heikoimman ja parhaimman välinen ero oli noin 20 minuuttia. Ajomatassa eroa muodostui 900 metriä. Tuottavuus vaihteli 26,4m³/h ja 29,9m³/ha välillä.

TAULUKKO 10. Leimikko 2, skenaario 5

Ajot	1	2	3	4	5
Total working time	2:52:56	2:32:33	2:32:41	2:36:37	2:32:52
Driving empty	0:20:19	0:17:54	0:13:57	0:10:54	0:10:35
Loading	1:46:27	1:26:32	1:33:07	1:38:04	1:37:43
Driving loaded	0:14:38	0:10:37	0:10:14	0:12:10	0:10:12
Unloading	0:31:31	0:37:28	0:35:22	0:35:27	0:34:21
Loads	6	5	5	5	5
Loading density	4,9	8,7	6,9	6,2	6
Productivity	26,4	29,9	29,9	29,1	29,8
GTKm	58	43,2	42,8	46,6	42,3
NTkm	14,4	11,1	11,2	13,6	11,1
Driving distance	3112,6	2289,9	2261,1	2356,8	2226,1
Backwards limited	0	0	0	6,6	0
Unloading	112,5	239,7	185,2	216,3	154,2

7.3 Leimikko 3

Kolmannella leimikolla skenaarioiden puumäärää nostettiin 106:een kuutiometriin hehtaarilla. Skenaarioissa esiintyvät puumäärät on suhteutettu kokonaispuumäärää silmällä pitäen. Yhteneväisyys skenaarioiden välillä oli se, että viidessä viidestä paras kokonaisaika oli lyhin kokonaisajomatka.

Ensimmäisessä skenaariossa parhaimmaksi ajotavaksi muodostui peruuttaa ajouran perällä ottaen kuusikuituja kyytiin ja ajaa varastopaikalle keula edellä ottaen kuusitukkeja kyytiin. (Liite 15) Kuitenkin pienin GTKm-tulos saatiin tekemällä kuormaus päinvas-toin. (Taulukko 11, ajot 2) Yksilajikuormina tuodut skenaarion puut hävisivät kokonaisajassa reilut viisi minuuttia parhaalle, vaikka kuormia oli kaksi. Ajomatassa eroa oli noin 240 metriä parhaimpaan tulokseen.

TAULUKKO 11. Leimikko 3, skenaario 1

Ajot	1	2	3	4
Total working time	0:29:19	0:24:01	0:23:59	0:24:25
Driving empty	0:06:37	0:03:27	0:01:11	0:01:03
Loading	0:14:36	0:12:40	0:15:30	0:15:39
Driving loaded	0:02:09	0:01:18	0:01:14	0:01:25
Unloading	0:05:55	0:06:34	0:06:03	0:06:16
Loads	2	1	1	1
Loading density	10,5	20	9,7	9,6
Productivity	32,7	40	40	39,3
GTkm	8,2	4,9	5,2	5,5
NTkm	1,1	1,2	1,6	1,8
Driving distance	505	265,6	259,2	261,8
Backwards limited	0	0	0	0
Unloading	0	0	0	0

Toisessa skenaariossa nopein kokonaisaika ja lyhin kokonaismatka toivat parhaimman tuloksen, mutta GTkm:t olivat heikommät. Paras tulos saatiin edellisten kaavojen mukaan, peruuttamalla perällä ja ottamalla yhtä tai kahta puutavaralajia pohjalle ja ottamalla loput kyytiin varastolle päin ajettaessa. (Liite 16) Ajotapa oli yksilajikuormiin verrattuna noin 10 minuuttia nopeampi ja 500 metriä lyhyempi. Ajomatka pyrittiin minimoimaan kuormamalla puutavaralajit varastopaikalla olevien pinojen mukaan; näin vähennettiin turhaa ajelua varastolla. Paras GTkm saavutettiin tekemällä puhtaita seka-kuormia, ajamalla tyhjänä uran päähän ja kuormamalla kaikki kerralla varastolle päin ajettaessa. (Taulukko 12, ajot 2) Edellä mainittu toimintatapa aiheutti turhaa ajelua varastolla mutta oli vain kaksi sekuntia hitaampi nopeimpaan suoritukseen verrattuna. Skenaariossa oli puutavaraa 35m³, mikä tarkoitti vähintään kolmea kuormaa leimikolla.

Kolmannessa skenaariossa nopeimmaksi kokonaisajaksi ja samalla tehokkaimmaksi tavaksi tuoda puut pois oli peruuttaa leimikon perälle ottaen yhtä tai kahta puutavaralajia pohjalle ja varastolle päin ajettaessa kerätä loput kyytiin mahtuvat puut. (Liite 17) Samalla otettiin huomioon puutavarapinojen paikat, missä järjestyksessä puutavaralajit lastattiin leimikolle mentäessä ja sieltä varastolle päin tultaessa. Ajotapa oli reilu 20 minuuttia nopeampi ja noin 1000 metriä lyhyempi kuin sovelletut yksilajikuormat. (Taulukko 13, ajot 1) Puhtaat seka-kuormat olivat 6 minuuttia hitaampia edellä mainit-

tuun malliin verrattuna. (Taulukko 13, ajot 4) Skenaariossa oli puutavaraa yhteensä 53 m³. Kuormia leimikolta oli tuotava neljä. Nopeimmassa kokonaisajassa pyrittiin jättämään viimeiset puut mahdollisimman lähelle varastopaikkaa.

TAULUKKO 12. Leimikko 3, skenaario 2

Ajot	1	2	3	4	5
Total working time	1:09:43	0:59:05	1:04:03	1:05:36	0:59:03
Driving empty	0:12:28	0:09:50	0:06:16	0:06:47	0:03:26
Loading	0:39:14	0:27:47	0:36:42	0:39:46	0:35:00
Driving loaded	0:05:03	0:04:27	0:05:57	0:04:47	0:06:13
Unloading	0:12:57	0:16:59	0:15:07	0:14:14	0:14:23
Loads	4	3	3	3	3
Loading density	5,9	19,5	7,6	6,8	9
Productivity	30,1	35,5	32,8	35	35,6
GTkm	22	15,2	19,2	19	15,5
NTkm	3,4	3,5	4,6	5,1	4,4
Driving distance	1333,8	837,8	1027,4	998,5	788,7
Backwards limited	0	0	0	0	0
Unloading	0	97,2	63,3	28,3	17,4

TAULUKKO 13. Leimikko 3, skenaario 3

Ajot	1	2	3	4	5
Total working time	1:52:57	1:38:41	1:45:11	1:36:00	1:30:50
Driving empty	0:12:31	0:06:03	0:08:38	0:13:21	0:04:52
Loading	1:05:44	1:01:44	1:00:00	0:46:15	0:53:46
Driving loaded	0:13:18	0:06:45	0:11:46	0:06:36	0:09:27
Unloading	0:21:22	0:24:08	0:23:55	0:29:43	0:22:44
Loads	5	4	4	4	4
Loading density	4,8	5,9	5,8	12,7	8,5
Productivity	28,2	32,2	30,2	33,1	35
GTkm	40,3	29,4	36	28	24,8
NTkm	9,3	7,9	9,6	6,9	7,5
Driving distance	2214,1	1535,4	1883,8	1504,9	1237,1
Backwards limited	0	0	0	0	0
Unloading	62,3	127,5	138,9	270,7	54,4

Neljännessä ja viidennessä skenaariossa oli yhteneväisyyksiä parhaimpien tulosten välillä. Neljännen skenaarion parhaimman ja heikoimman tuloksen ero ajallisesti oli noin

26 minuuttia. Ajomatassa eroa oli yli 1100 metriä. Viidennen skenaarion parhaimman ja heikoimman suorituksen eroksi muodostui 29 minuuttia. Ajomatassa eroa oli noin 1200 metriä. Tuottavuus vaihteli 29,1m³/ha:sta aina 33,6m³/h:iin asti Molemmissa skenaarioissa tehokkaimmaksi puiden kuljetustavaksi muodostui tyhjentää ajourat kerralla. Nopein keruutapa oli peruuttaa uran perälle ja kerätä puutavaraa kuormatilan pohjalle ja varastopaikalle ajettaessa kerätä loput puutavaralajit kyytiin. Skenaariossa 4 viimeinen kuorma oli keräilymuotoinen, näin saatiin aikaisemmista kuormista järjestelmällisempiä. (Liite 18) Sama idea toistui viidennessä skenaariossa. (Liite 19) Kokonaisajat olivat kahden minuutin sisällä toisistaan. (Taulukko 14, ajot 5, Taulukko 15, ajot 4). Kokonaismatkassa eroa muodostui noin 20 metriä. Sovellettuihin yksilajeihin verrattuna monilajikuormista saatu hyöty oli noin 25 minuuttia. (Taulukko 14, ajot 1) Kokonaismatkassa hyöty oli 1100 metriä. Ajouraverkoston muodolla oli vaikutusta tuloksiin. Nopein kokonaisaika löytyi skenaariosta 5. Skenaarioissa pyrittiin ottamaan huomioon varastopinojen sijoittelu. Enemmistöpuutavaralajit tuotiin lähelle ja vähemmistö pidemmälle. Kuormat pyrittiin rakentamaan niin, että varastopaikalla edestakainen ajelu olisi minimaalinen. Tässä ei kuitenkaan aina onnistuttu. Alue oli hehtaarin suuruinen ja yhteensä puutavaraa oli 106 m³. Kuormia alueelta piti tuoda seitsemän kappaletta, jos kuormatila hyödynnettiin kokonaisuudessaan. Yksilajikuormina tuotuna kuormia kertyi kahdeksan kappaletta.

TAULUKKO 14. Leimikko 3, skenaario 4

Ajot	1	2	3	4	5
Total working time	3:37:42	3:21:31	3:14:56	3:19:23	3:11:04
Driving empty	0:26:58	0:20:54	0:29:06	0:23:51	0:18:05
Loading	2:08:52	1:57:06	1:39:25	1:53:10	1:48:08
Driving loaded	0:22:04	0:20:15	0:18:27	0:17:03	0:16:20
Unloading	0:39:47	0:43:15	0:47:57	0:45:17	0:48:29
Loads	8	8	7	7	7
Loading density	5,2	6,5	9,5	6,7	8,3
Productivity	29,2	31,6	32,6	31,9	33,3
GTkm	76	62,9	61,7	64,6	57
NTkm	19,2	16,3	16	17,4	16,7
Driving distance	4058,7	3328,1	3270,2	3370,6	2879,3
Backwards limited	13,3	0	0	0	3,7
Unloading	18,3	94,7	241,6	172,6	261,5

TAULUKKO 15. Leimikko 3, skenaario 5

Ajot	1	2	3	4	5
Total working time	3:36:25	3:13:50	3:11:40	3:09:18	3:38:22
Driving empty	0:23:43	0:28:05	0:31:06	0:17:20	0:21:44
Loading	2:08:18	1:41:01	1:29:04	1:45:56	2:07:38
Driving loaded	0:23:32	0:18:03	0:20:34	0:18:52	0:27:20
Unloading	0:40:50	0:46:40	0:50:54	0:47:08	0:41:39
Loads	8	7	7	7	8
Loading density	5,1	9,2	15,3	8,5	5,2
Productivity	29,4	32,8	33,2	33,6	29,1
GTkm	77,4	60,9	57,8	56,4	80,7
NTkm	20,7	16,2	15	16,4	23,7
Driving distance	4047,4	3194	3055,4	2853,2	4068,5
Backwards limited	3,1	0	14,9	0	0,5
Unloading	54,7	166,5	290,5	216,1	77,5

8 POHDINTA

Tuloksista tulee selvästi esille se, että yksilajikuormat eivät ole kovinkaan tehokas tapa tyhjentää työssä esitettyjä harvennushakkuuleimikoita. Puumäärän ollessa pieni yksilajikuormat hävisivät monilaji- ja sekakuormille työhön käytetyssä ajassa. Puumäärän kasvaessa leimikolla kokonaisaika yksilaji- ja monilajikuormien välillä pienenee suhteessa käytettyyn kokonaisaikaan. Aikaisemmat tutkimukset tukevat myös monilajikuormien tekoa. Leimikon puumäärän kasvaessa oli ajouraverkoston muodolla vaikutusta. Läpi ajettavat urat autoivat parhaiten $76 \text{ m}^3/\text{ha}$:n kokoisessa leimikossa, mutta myös suuremmassa $106 \text{ m}^3/\text{ha}$ leimikossa.

Yleisesti tehokkain puiden keruutapa oli peruuttaa ajouran perälle ottaen yhtä tai kahta puutavaralajia kyytiin, ja ajettaessa varastolle ottaa loput puut uralta kyytiin. Tämä tapa toimi parhaiten $106 \text{ m}^3/\text{ha}$ poistuman leimikossa. Puut kerättiin varastopinojen paikkoja ajatellen. Näin vähennettiin kuormatraktorin liikuttelua varastolla. Pienen puumäärän leimikossa parhaimmaksi tavaksi muodostui tyhjentää ajouralenkki kerralla tyhjäksi. Näin minimoitiin ajoa leimikoilla ja ajourilla. $76 \text{ m}^3/\text{ha}$ puumäärän leimikossa oli tehokasta tuoda jopa vajaita kuormia. Kuormat olivat melkein täysiä, eikä ollut kannattavaa lähteä noutamaan seuraavalta ajouralta kuormalle täyttöä.

Kuorman keräämiseen löytyi muutama yhtenäinen tekijä, mikä laski GTkm. Pienemmät puu, kuten kuidut oli hyvä sijoittaa kuormatilan pohjalle ja isompi puutavara päälle. Puutavaran määrä leimikolla vaikutti siihen mihin, varastopinot kannatti rakentaa. Mitä enemmän puutavaraa oli, sitä lähemmäksi pääajouraa varastopinot kannatti sijoittaa. Ajouran jäädessä kesken oli kannattavaa aloittaa kuorman kerääminen samasta pisteestä. Ajojärjestys pysyi selkeänä ja vähennettiin kuormatraktoriin kohdistuvaa rasi-tusta, kun puiden keräilyä ei tarvinnut tehdä. Jos puiden keräilyä pitää tehdä, on suotavaa jättää puuta mahdollisimman lähelle varastopaikkaa. Pääajouraa kannatti käyttää kuormatilan täyttämiseen, eli kiertää ajouralenkki ja nostaa pääajouralta puuta täyt-teeksi, jos kuormatila ei tullut täyteen. Tämä soveltui hyvin $76 \text{ m}^3/\text{ha}$ kokoisessa leimi-kossa

Leimikoiden paloittelu osakokonaisuuksiin on hyvä keino nostaa tuottavuutta. Esimerkiksi pienen puumäärän leimikossa jos leimikossa on 1 tai 2n ajouran ulokkeita, voidaan

soveltaa ajotapaa jossa peruutetaan perälle nostaan yhtä tai kahta puutavaraa kuormatilan pohjalle ja varastolle päin ajettaessa nostaa loput kyytiin. Muussa tilanteessa ajourien kerralla tyhjentäminen oli tehokkaampaa.

Työtä aloittaessani olin valmistautunut siihen, että tietoa aiheesta ei juuri ole. Aineiston vähäisyys kuitenkin yllätti hieman. Aineistoa löytyi hakkuukoneille huomattavasti enemmän, ja sen vuoksi otin sen tässä työssä myös huomioon. Sillä pyrin nitomaan yhteen pienimuotoista kokonaisuutta, jota on aikojen saatossa käsitelty yksittäisinä asioina. Hakkuukoneen kuljettajana saamani kokemuksen perusteella ja toimihenkilöharjoittelussa kesäisin leimikoiden suunnittelussa olen huomannut, että näitä kahta toimintoa käsitellään yksittäisinä töinä. Toista otetaan huomioon varsin vähän. Samoin on myös hakkuukoneen ja kuormatraktorin välillä. Aloitin työurani kuormatraktorilla kun opiskelin, ja koulun jälkeen siirryin hakkuukoneen kuljettajaksi. Tämä oli hyvin hyödyllistä, sillä olin tietoinen siitä, millaisia kourakasoja kannatti tehdä ja millaisiin väleihin niitä laittaa. Lisäksi ajouraverkoston suunnittelu oli helpompaa, sillä tiesin kuormatraktorin rajoitteet.

Hakkuukonetta on tutkittu paljon, kuormatraktoria ei juurikaan. Hakkuukoneen tuottavuus onkin saatu hyvälle tasolle ja on pitkälti enää kuljettajakohtaista, millaisia tuotoksia saavutetaan. Tässä on kuitenkin edelleen työsarkaa, maasto on muuttuva elementti, myös hakkuun aikana. Ollaan pikkuhiljaa tulossa siihen, että kuormatraktorin tuottavuutta voidaan nostaa. Keinoja on tähän tullut ajan saatossa lisää. Ennen ei kuormatraktorilla ollut edes omaa tietokonetta, josta kuljettaja olisi voinut katsoa leimikkoa ja sen ennakkotietoja. Nykyään tietokoneelta löytyy ajouraverkosto, leimikon rajat ja siihen mennessä hakatut puumäärät sekä luonnollisesti maastokartta ja GPS-paikannus. Kuormatraktoriyön tuottavuutta kehitetään nykyään erilaisella potentiaalilla kuin ennen.

Työn tilaajan Creanex Oy:n kanssa pääsimme yhteisymmärrykseen siitä, että kuormatraktoriyön ajonsuunnittelussa on paljon kehitettävää. Lähestymistavaksi ei valittu leimikolla käyntejä todellisilla kuormatraktoreilla. Se olisi johtanut siihen, että johtopäätelmiä olisi pitänyt tehdä suoraan ajosta saamatta välttämättä selville, kuinka hyvin leimikon työnsuunnittelu onnistuisi. Käyttöön otettiin Ponsse Oyj:n tarjoama ajokoneyöhön tarkoitettu tietokoneohjelma. Ponsse Forwarder -peli tarjosi yhtenäiset olosuhteet, mikä tekee tuloksista vertailukelpoiset tiettyyn rajaan asti. Täydellistä tulosta ei voida

saavuttaa, mutta tässä työssä esitetyt tulokset ovat kuitenkin yleisesti päteviä. Pelin tarjoamat muokkaamisvaihtoehdot siis riittävät. Opinnäytetyötä tehdessäni sain hyvää aineistoa Taitaja 2014 -kisoista Lahdesta. Siellä oli käytössä sama työkalu.

Sisällytin työhön kuljettajaa opastavat järjestelmät, sillä se on seuraava vaihe ajonsuunnittelussa. Itse työn tuloksiin opastavia järjestelmiä ei ole käytetty. Syy tähän on näkemys siitä, että opastavien järjestelmien tulemien kuormatraktoriin vie aikaa. Opastavia järjestelmiä on käytössä maantieliikenteessä, mutta metsään niitä ei ole saatu tuotua. Syynä voi olla se, että leimikko-olosuhteet ovat hyvin erilaiset erilaisissa tilanteissa. Kuitenkaan järjestelmän ei mielestäni tarvitse aluksi ottaa kaikkea huomioon. Hyvinkin yksinkertainen lisäys kuten puutavaralajit ja määrä leimikkokartalla, auttaisi kuormatraktorikuljettajaa. Tässä on kuitenkin esteitä miksi näin ei ole tapahtunut. Metsäyhtiöillä on käytössä omat metsätietojärjestelmät, jonka he tarjoavat yrittäjille. Nämä tietojärjestelmät kuitenkin palvelevat pääasiassa metsäyhtiöitä ja yrittäjille hyödylliset työkalut jäävät osaksi pois. Syynä syy voi myös olla tietämättömyys nykypäivän mahdollisuuksista, näin ollen niitä ominaisuuksia ei osata vaatia.

Tulosten vertailuun oli tarkoitus ottaa muutama tekijä. Samanlainen leimikko oli pilkottuna pienempiin osiin. Pyrin ottamaan huomioon myös Pohjois-Suomen sekä Etelä-Suomen eron harvennusleimikoiden hakkuumäärissä. Siksi työhön sisällytettiin kolme puumäärällisesti erikokoista harvennusleimikkoa. Leimikoiden koot olivat 47 m³/ha, 76 m³/ha ja 106 m³/ha. Leimikoiden keskimääräiset puutavaralajisuhteet otettiin hyvistä metsänhoitosuosituksista. Puutavaralajipoistumat leimikoilta vastasivat kuusikon harvennusta johon lisättiin puulajeja, jotta puutavaralajeja saatiin lisää. Pilkoin leimikot skenaarioihin, mikä helpotti hahmottamista työn edetessä. Tämä edesauttoi suurempien kokonaisuuksien hallintaa. Leimikoksi valikoitui hehtaarin kokoinen alue, sillä se on yleisesti käytetty pinta-alan mitta ja helppo muokata erikokoisiin ja -muotoisiin leimikoihin. Keskikokoista harvennusleimikon kokoa ja sen muotoa en ottanut mukaan. Työn tuloksista heräsi kysymys, kumpi on tehokkaampaa, minimoida koneen kokonaiskustannukset vai saada paras tuottavuus leimikolta. Joillain leimikoilla kokonaisaika oli pienempi, vaikka koneen kulkema matka oli pidempi ja GTkm huomattavasti suurempi. Koneen kustannukset, kuluminen, polttoaine ja kuljettajan palkka asettuvat tuottavuutta vastaan. Onko järkevämpää ottaa pienempi tuottavuus, kuin kuluttaa konetta enemmän? Tämä sama kysymys tulee myös esille tulevaisuudessa. Esimerkkinä voi olla vaikkapa ojanylityspaikkojen määrä.

Työstä jäi pois joitain kohtia työn edetessä, koska työ olisi laajentunut liikaa jo tekovaiheessa. Työstä rajattiin ulos erilaisten ajouraverkostojen vaikutus työn suunnitteluun, samoin leimikossa yleisesti esiintyviä muuttujia, kuten pehmeiköt ja jyrkänteet. Myös kourakasojen koon vaikutus kokonaisuuteen jätettiin ulkopuolelle. Hakkuukoneen työmallien tehokkuudet ovat tiedossa, mutta kokonaisuutta ajatellen avoimeksi jää, mikä hakkuukoneen työmalli on paras yhdessä ajokoneen kanssa. Kourakasojen koolla on vaikutusta kuormausnopeuteen (Ovaskainen 2012.), mutta tarkoituksena oli selvittää, että olisiko sillä ollut vaikutusta työnsuunnittelun kannalta, sillä kuormausliikkeiden määrä olisi muuttunut kasakohtaisesti ja näin olisi saavutettu tietty hakkuutyömalli tietyille leimikon puutavaramäärälle m^3/ha . Kokonaisuus olisi siis parantunut. Seuraava vaihe tästä työstä eteenpäin voisi olla selvittää poikkeavien tilanteiden, kuten pehmeiköjen ja jyrkänteiden vaikutus. Samalla voitaisiin viedä kokonaisuutta edistäviä tapoja eteenpäin. Muita työstä ulos jääneitä asioita olivat jotkin leimikko-olosuhteet, kuten lumen luomat vaikutukset sekä hakkuukoneen kannassa eteneminen. Talven vaikutusta on haastava mitata, sillä kuormatraktoria on ajatettava melko lähelle hakkuukonetta. Sama on pilaantuvan puun aikana.

Tämä työ antaa valmiudet sovelletuin osin parantaa kuormatraktoriyön tehokkuutta. Pienen ajouravarsitiheyden leimikoissa on hyvä kerätä kaikki puut kerralla pois. Monilajikuormissa on mietittävä puiden kuormausjärjestystä. Leimikolle on myös uskallettava peruuttaa selvissä paikoissa. Työssä esitettyjen yhden ajouralenkin tyhjennysmalleja voisi soveltaa leimikoilla esiintyviin ulokkeisiin. Leimikko voidaan myös jaotella pienempiin osakokonaisuuksiin. Näin helpotettaisiin työskentelyä. Työssä on käytetty ainoastaan samoja elementtejä, mitä todellisessa kuormatraktoriyössä on käytössä. Leimikkotiedoista on käytössä leimikon rajat, ajouraverkosto ja puutavaran määrä puutavaralajeittain. Työstä voidaan keskiarvallisesti laskea, mistä kohtaa kannattaa kuormanteko aloittaa. Skenaariot ja puutavaralajit on suunniteltu tätä silmällä pitäen. Yhtenevät tavoitteet ovat kokonaisajomatkan minimointi ja kuormatraktorin mahdollisimman pieni rasittaminen. Kuitenkin monilajikuormien ajaminen vaatii harjoittelua ja kärsivällisyyttä. Kokonaisaikojen erot olivat suhteessa suuremmat moni- ja yksilajikuormien välillä pienen puumäärän leimikoissa. Tämä nostaa esille ajouravarsitiheyden $m^3/100m$. Mitä suuremmaksi ajouravarsitiheys kasvoi, sitä pienemmäksi suhteellinen hyöty monilajikuormista jäi.

Aikaisemmin pohdinnassa totesin, että reititysoptimointi vie aikaa. Toivottavasti olen väärässä, sillä on jo useampi tutkimus aiheesta, mikä puoltaisi niiden tuotteistamista ja käyttöönottoa.

LÄHTEET

Arvidsson, P.-Å., Eriksson, I., Eriksson, P., Rönnqvist, M., Westerlund, A., & Igeklint, P. 1999. Smartare vägval i skotningen —bra för både ekonomi och miljö. SkogForsk. Resultat 22

Carlsson, D., Rönnqvist, M., & Westerlund, A. 1999. Extraction of logs in forestry using operations research and geographical information systems. In Proceedings of the 32nd Annual Hawaii International Conference on System Sciences

Flisberg, P., Forsberg, M., & Rönnqvist, M. 2007. Optimization based planning tools for routing of forwarders at harvest area. Can. J. For. Res. 37: 2153-2163

Kojola, S., Haavisto, M., Uusitalo, J. & Penttilä, T. 2013. Vähäpuustoisten ojitusaluemetsiköiden harvennuspunkorjuun ja jäävän puuston kasvatuksen kannattavuus kolmessa esimerkkileimikossa. Metsätieteen aikakauskirja 1/2013

Kokkonen, P. & Niemelä, J. 2013 Liiketoimintasuunnitelma Konetyö Kokkonen Oy

Koneellinen puunkorjuu. Puuhuolto. Luettu 22.3.2014
http://www.puuhuolto.fi/koneellinen_puunkorjuu/

Manner, J, Nordfjell, T, Lindroos, O. 2013. Effects of the number of assortments and log concentration on time consumption for forwarding. Silva Fennica 47(4)

Metla. 2012. Uutiskirje. Luettu 4.4.2014. <http://www.metla.fi/uutiskirje/puu/2012-02/uutinen-2.html>

Metsähallitus. 2012. Uutta tietoa metsänhoitotöiden koneellistamisesta ja turvemaiden puunkorjuusta. Luettu 2.7.2014.
<http://www.metsa.fi/sivustot/metsa/fi/ajankohtaista/Tiedotearkisto/tiedotteet2012/Sivut/Uuttatietoametsanhoitotoidenkoneellistamisestajaturvemaidenpuunkorjuusta.aspx>

Metsäteho. 2005. Korjuun suunnittelu ja toteutus. Luettu 5.7.2014
http://metsateho1.asiakkaat.sigmatic.fi/wp-content/uploads/2015/03/Korjuun_suunnittelu_ja_toteutus_ver02.pdf

Metsäteho. Tuoretiheystaulukko. Luettu 9.10.2014.
http://www.metsateho.fi/files/metsateho/mittaus_maastossa/Tuoretiheystaulukot.pdf

Nurminen, T., Korpunen, H. & Uusitalo, J. 2006. Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. Silva Fennica 40(2)

Nuutinen, Y., Väätäinen, K., Heinonen, J., Asikainen, A. & Röser, D. 2008. The accuracy of manually recorded time study data for harvester operation shown via simulator screen. Silva Fennica 42(1)

Ovaskainen, H. 2012. Työmallit koneellisessa puunkorjuussa. Metsätehon raportti 221.

Paukkeri, K. 2010. Metsägroup:n korjuuesimies. Motomap kurssi. Kemi

Peltola, A. 2014. Creanex Oy toimitusjohtaja sähköpostiviesti 28.4.2014

Persson, P-E. 2011. Korjuuketjun työt Osat 1 & 2. CO Print EU

Poikela, A. & Alanne, H. 2002. Puutavaran lajittelu korjuun yhteydessä. Metsätehon raportti 135

Ponsse Forwarder- Peli. Luettu 10.11.2014. <http://www.ponsse.com/fi/media-arkisto/ponsse-forwarder-peli>

Taitaja 2014. 2014. Auto- ja kuljetustekniikka. 105 Metsäkoneen käyttö. Luettu 30.5.2014. <http://www.taitaja2014.fi/fi/kilpailut/auto-ja-kuljetustekniikka-100/105-metsakoneen-kaytto.html>

Väkevä, J., Kariniemi, A., Lindroos, J., Poikela, A., Rajamäki, J. & Uusi-Pantti, K. 2001. Puutavaran metsäkuljetuksen ajanmenekki. Metsätehon raportti 123

Väätäinen, K., Ikonen T., Ala-Ilomäki, J., Sirén, M., Lamminen, S. & Asikainen, A. 2012. Kuljettajaa opastavat älykkäät järjestelmät ja niiden käyttö koneellisessa puunkorjuussa. Metlan työraportti 223.

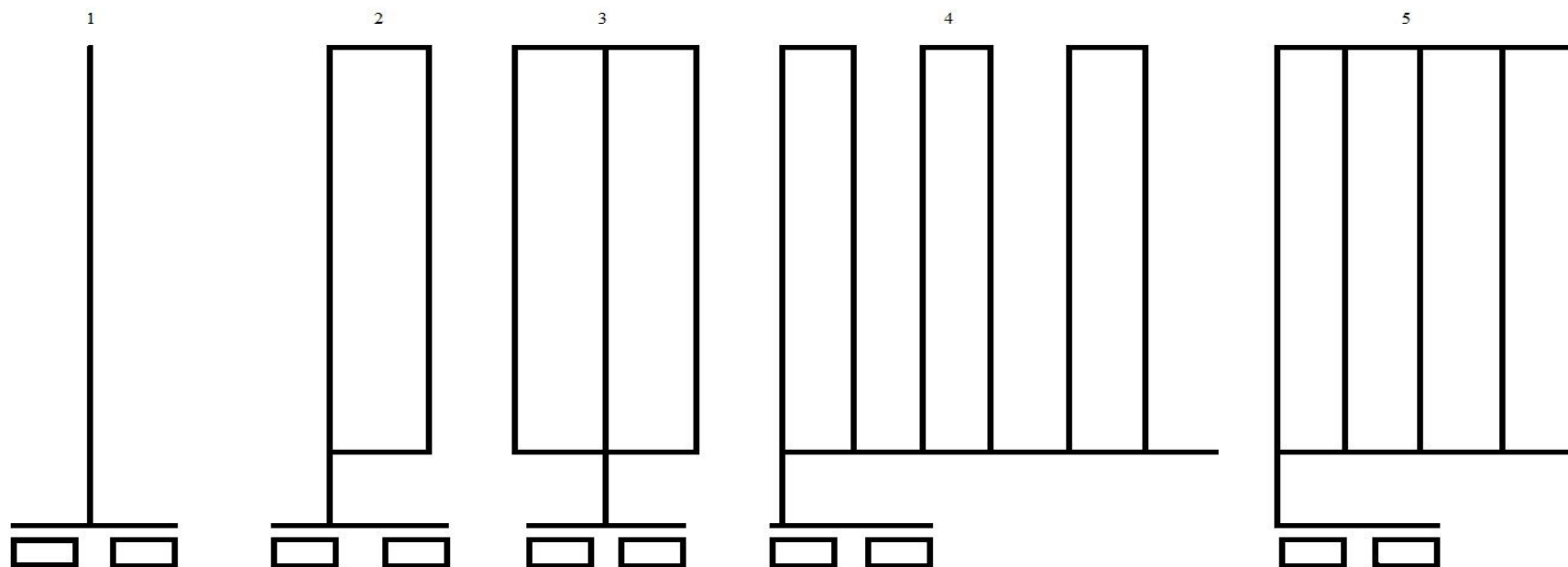
Väätäinen, K., Lamminen, S., Ala-Ilomäki, J., Sirén, M. & Asikainen, A. 2013. Kuljettajaa opastavat järjestelmät koneellisessa puunkorjuussa – kooste hankkeen avaintuloksista. Metlan työraportti 279.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2014. Metsänhoidonsuosituksset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja

LIITTEET

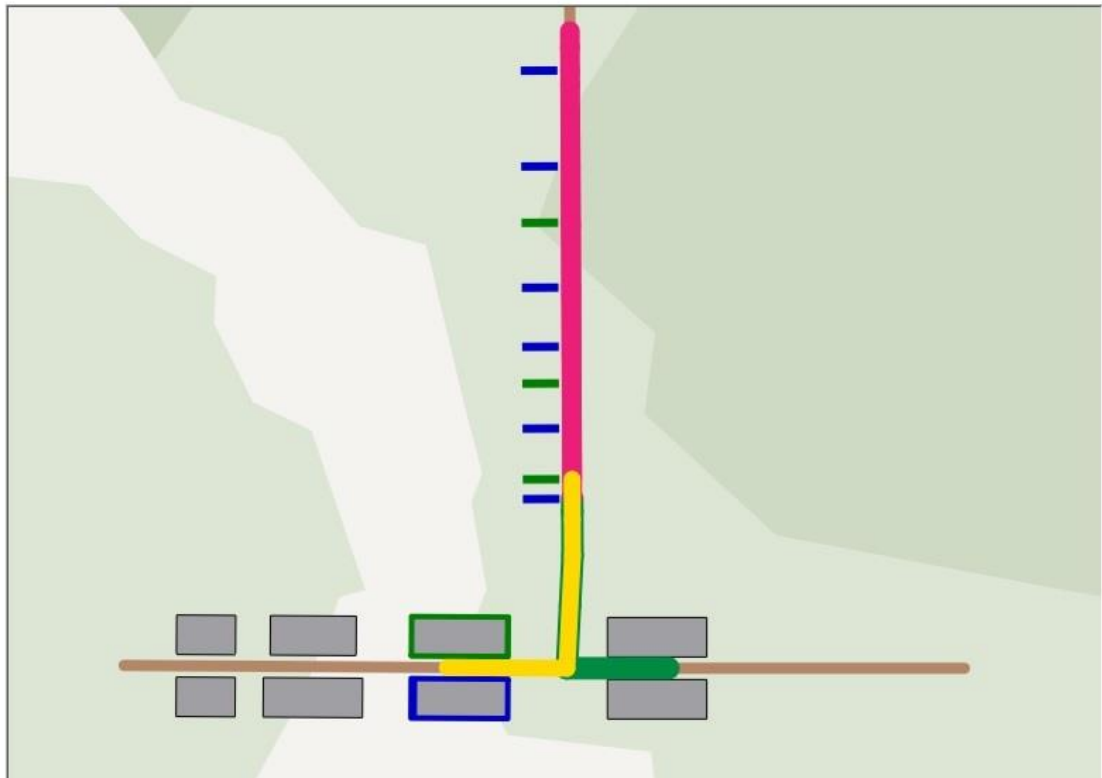
Liite 1. Ajotapamallien skenaarioiden muodot

Ajotapamallien leimikoiden muodot, numeroituna vasemmalta oikealla 1,2,3,4,5



Liite 2. Leimikko 1, skenaario 1, nopein kokonaissuoritus

Driving Route



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure



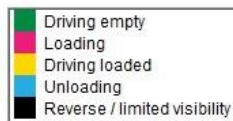
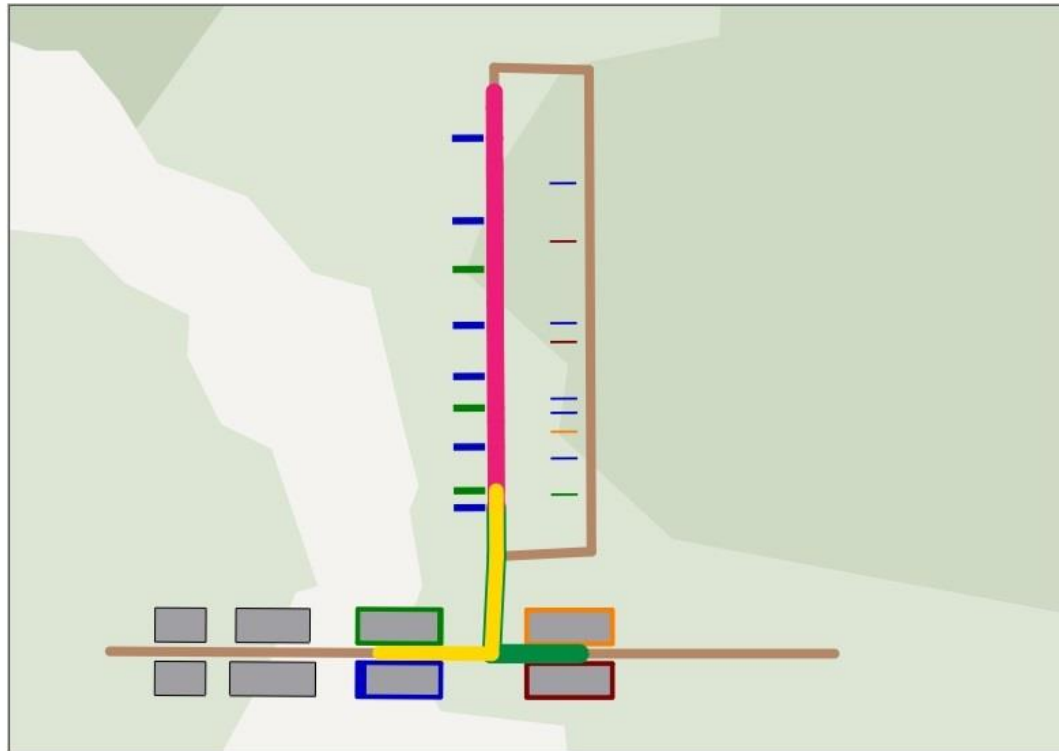
- Spruce sawlog
- Spruce pulp

Kuormatraktori peruutettiin ajouran perälle. Samalla nostettiin kuusikuidut kuormatilan pohjalle. Varastolle päin ajettaessa nostettiin kuusitukit kyytiin. Varastolla kuusitukit purettiin ensimmäisenä pois kuormatilasta. Kuusikuidut purettiin viimeisenä.

Liite 3. Leimikko 1, skenaario 2, nopein kokonaissuoritus

Driving Route

1(2)



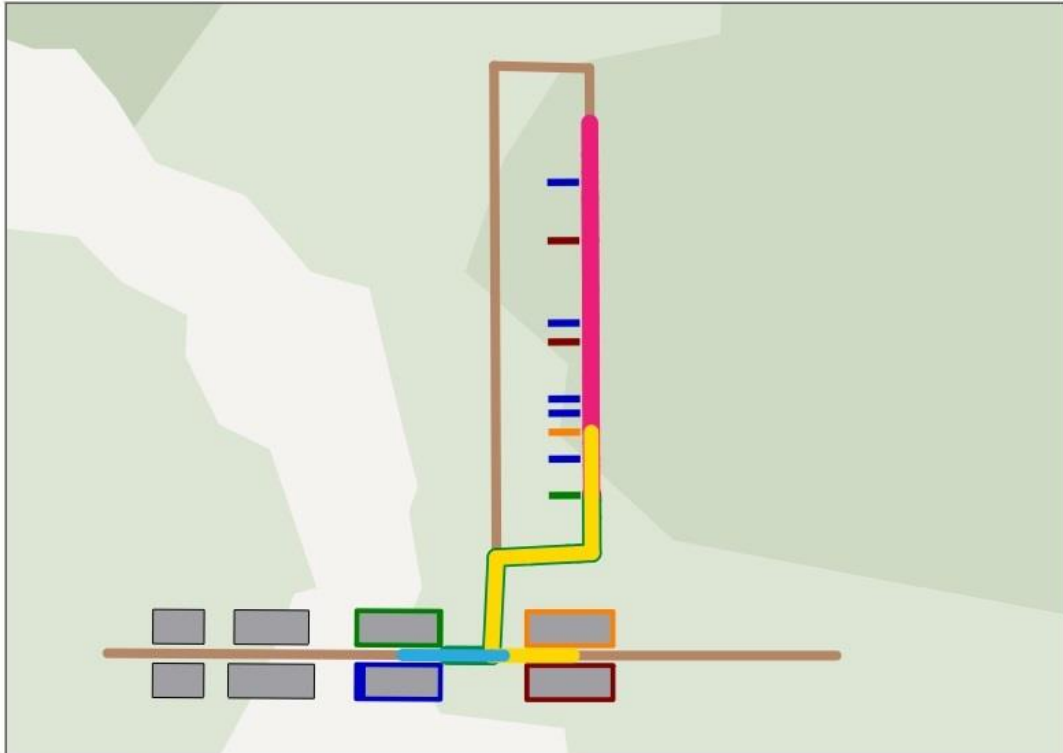
Load structure



Ensimmäisessä kuormassa toteutettiin ensimmäisen skenaarion nopeinta kokonaissuoritusta. Kuormatraktori peruutettiin ajouran perälle. Samalla nostettiin kuusikuidut kuormatilán pohjalle. Varastolle päin ajettaessa nostettiin kuusitukit kyytiin. Varastolla kuusitukit purettiin ensimmäisenä pois kuormatilasta. Kuusikuidut purettiin viimeisenä.

Driving Route

2(2)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure



- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp

Toisessa kuormassa peruutettiin toisen ajouran perälle samalla nostaen kuusitukit ja kuusikuidut kuormatilan pohjalle. Varastolle ajettaessa nostettiin loput puutavaralajit kuormatilaan. Ensin purettiin mäntytukki ja sen perään mäntykuitu. Näiden jälkeen konetta siirrettiin kuusikuitujen ja -tukkien kohdalle, jossa loput puut purettiin kuormasta.

Liite 4. Leimikko 1, skenaario 3, nopein kokonaissuoritus

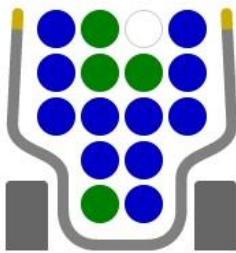
Driving Route

1(2)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure

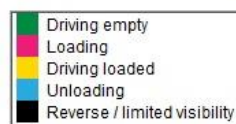
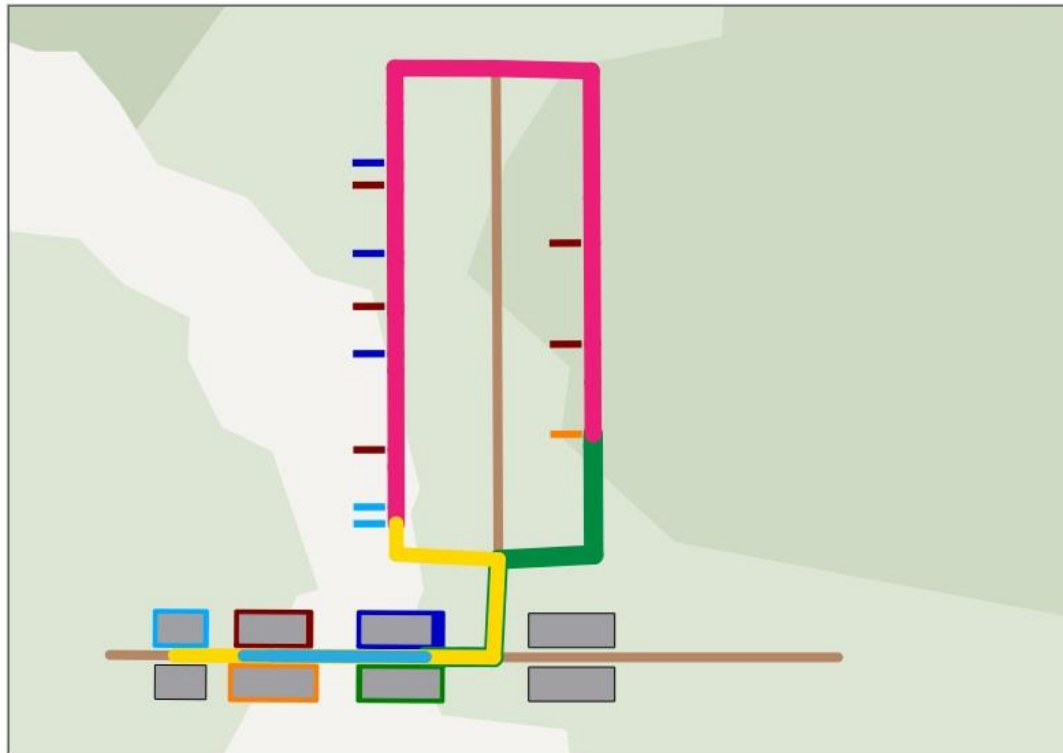


- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch pulp

Ensimmäisessä kuormassa ajettiin leimikolle keula edellä. Ajouralenkki ajettiin kokonaisuudessa läpi ja samalla nostettiin kaikki vastaan tulevat kuusitukit ja -kuidut kuormatilaan. Keskimmäinen ajoura tuli tyhjäksi. Kuorma purettiin lähimpänä leimikkoa oleville varastopaikoille.

Driving Route

2(2)



Load structure

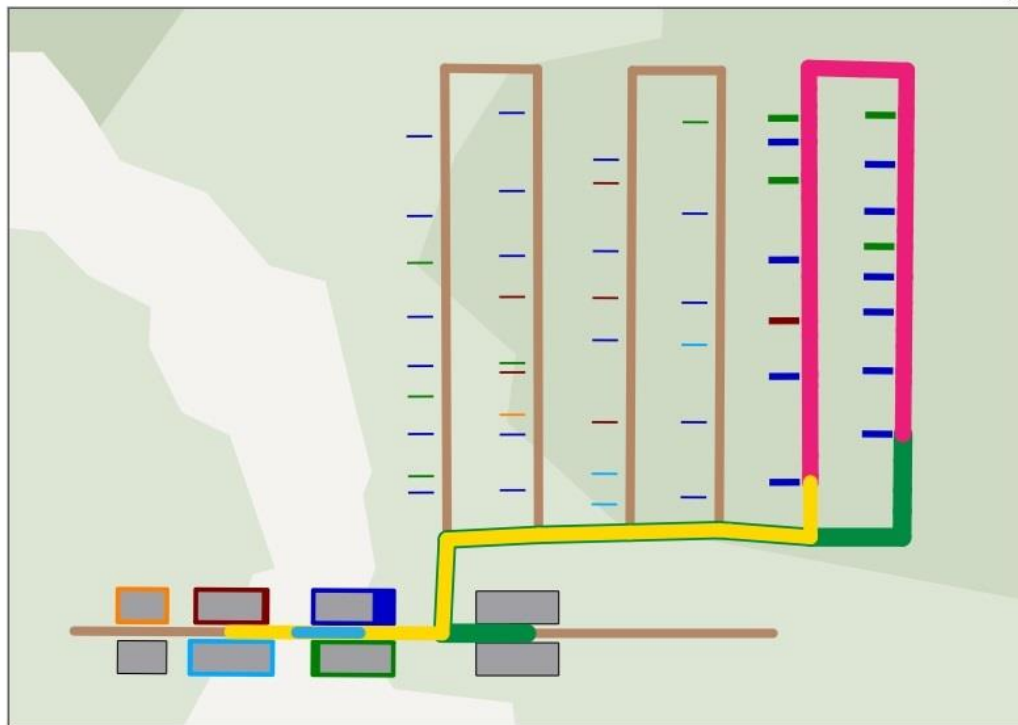


Toisessa kuormassa ajettiin keula edellä leimikolle. Kuormaan haettiin loput puutavara-lajit nostaten ne kyytiin siinä järjestyksessä kuin ne tulivat vastaan. Viimeisenä nostetut koivukuidut vietiin varastopaikan perälle. Varaston perältä peruutettiin varastopai-kan keskelle, jossa purettiin osa mäntykuiduista. Tästä kuormatraktori siirrettiin varastopaikan alkupäähän, jossa kuormasta poistettiin kuusikuidut. Näiden jälkeen kuormatraktori siirrettiin varaston keskelle ja loput mäntykuidut sekä mäntytukki purettiin kuormasta.

Liite 5. Leimikko 1, skenaario 4, nopein kokonaissuoritus

Driving Route

1(4)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure

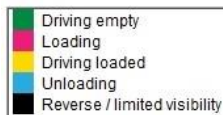
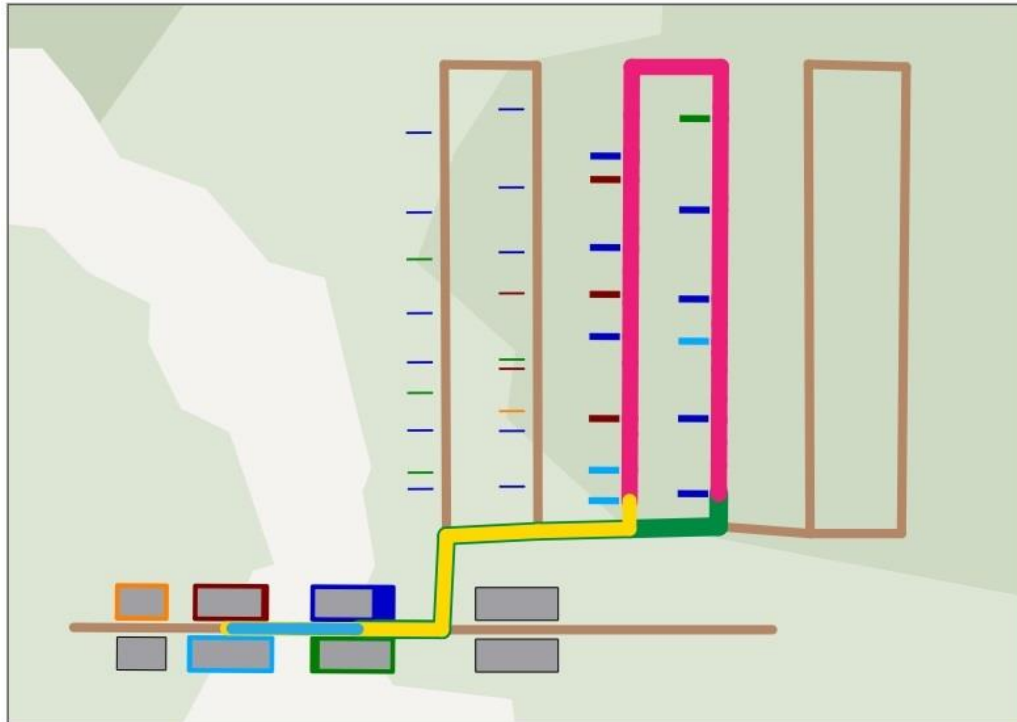


- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch pulp

Ensimmäisessä kuormassa ajettiin keula edellä leimikolle. Puut nostettiin kyytiin siinä järjestyksessä kuin ne tulivat vastaan. Ajouralenkki tyhjennettiin kerralla puista. Kuorman tullen mänty- ja kuusikuituja sekä kuusitukkeja. Kuorman purkaminen aloitettiin keskimmäisestä varastopisteestä ja tyhjennettiin leimikolle päin mentäessä.

Driving Route

2(4)



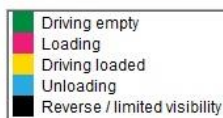
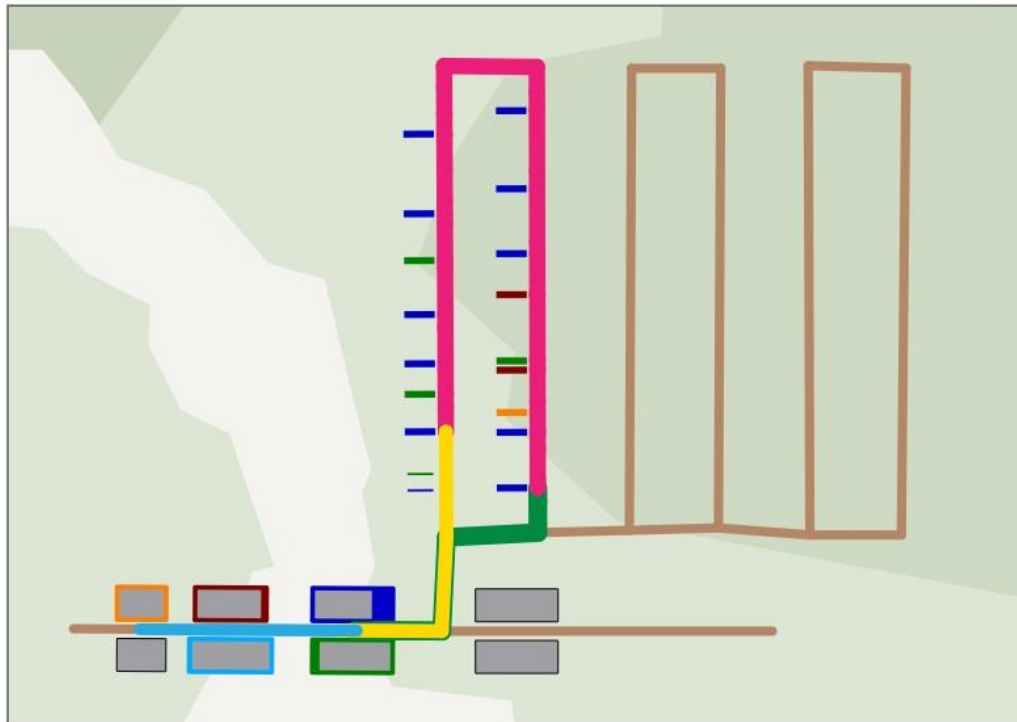
Load structure



Toinen kuorma toteutettiin edellisen tapaan. Ajoura tyhjennettiin kerralla kaikista puista. Puut nostettiin siinä järjestyksessä kyytiin kun ne tulivat vastaan. Kuormaan tuli koivu-, mänty- ja kuusikuituja sekä kuusitukkeja. Kuorman purku aloitettiin keskimmäisestä varastopisteestä. Tähän tyhjennettiin koivu- ja mäntykuidut. Tämän jälkeen kuormatraktoria siirrettiin lähemmäs leimikkoa, joihin laitettiin kuusen kuidut ja tukit. Kuormatraktoria jouduttiin siirtämään vielä kertaalleen keskimmäiselle varastopisteelle ottamaan kuormasta koivukuituja, jotka tulivat heti ajouralenkin alussa kuormaan. Tämän jälkeen voitiin ajaa leimikolle ja otettiin kuusikuidut pois kuormasta.

Driving Route

3(4)



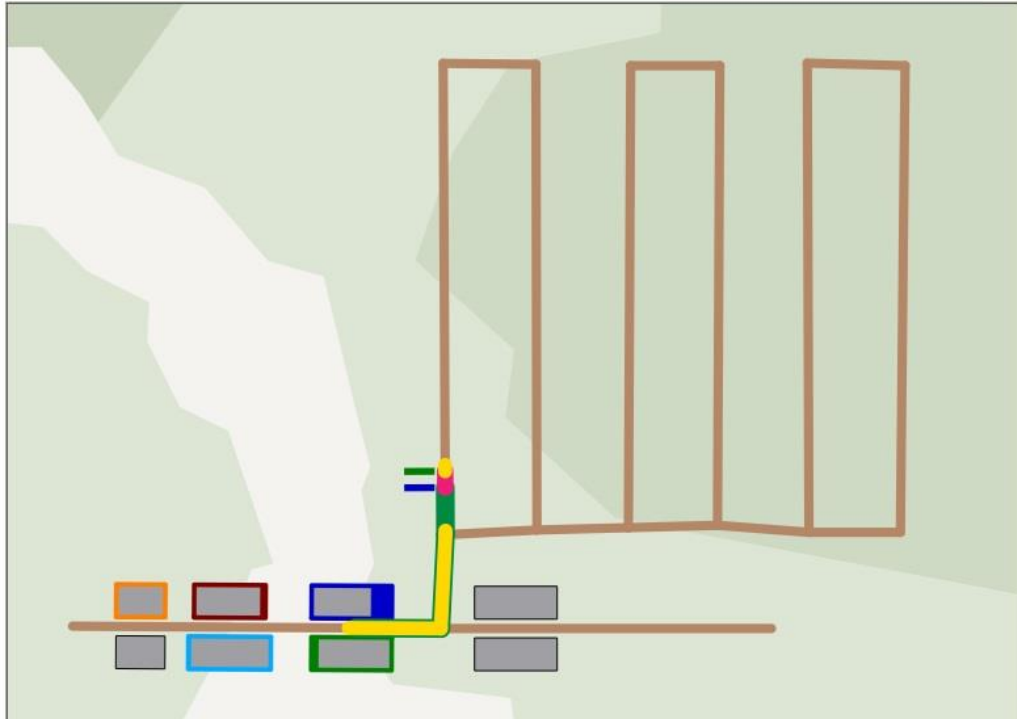
Load structure



Kolmas kuorma toteutettiin edeltäjien tapaan eli ajettiin keula edellä leimikolle ja kerättiin kaikki puut kerralla pois. Kuormaan tuli kuusi- ja mäntytukkeja sekä kuusi- ja mäntykuituja. Kuormasta tuli sekakuorma. Puut nostettiin siinä järjestyksessä kyytiin kuin ne tulivat vastaan. Kuorman purku aloitettiin varaston leimikon puolelta. Tämän jälkeen siirryttiin keskimmaiselle varastopisteelle, jolloin kuormasta otettiin mäntykuidut pois. Mäntytukit tyhjennettiin kauimmaiselle varastopisteelle. Näiden jälkeen peruutettaessa leimikolle kuusikuidut otettiin pois kuormasta.

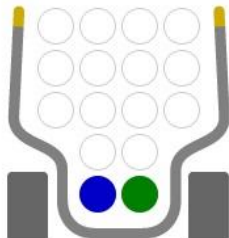
Driving Route

4(4)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure



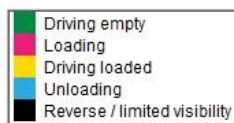
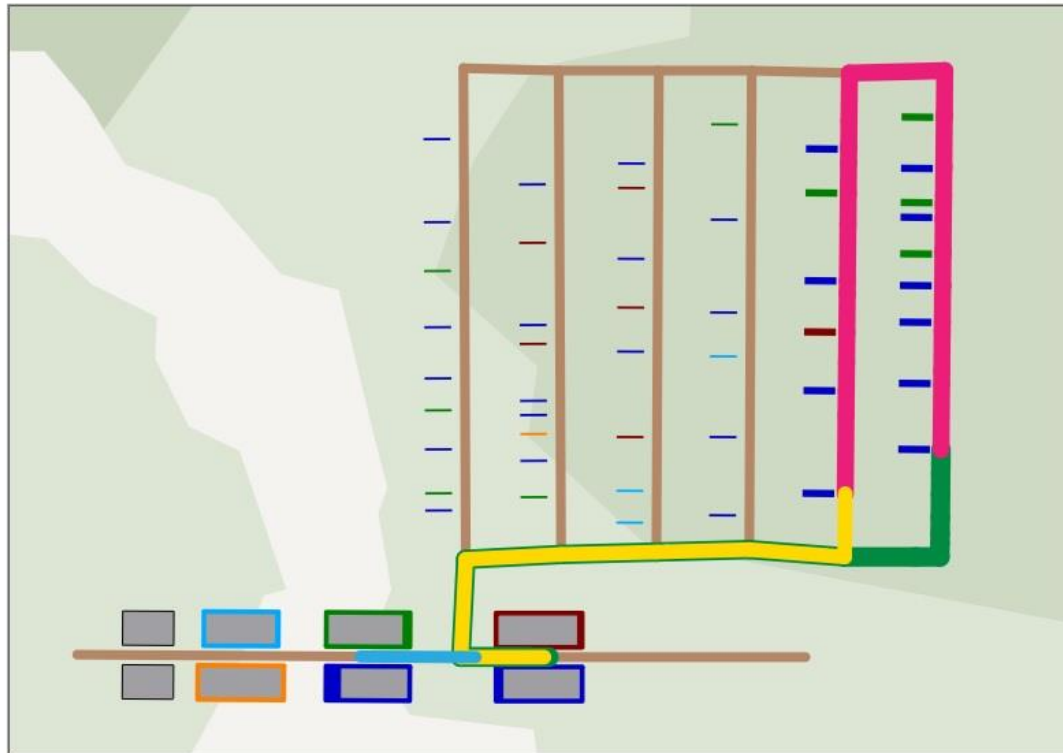
- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch pulp

Neljännessä kuormassa peruutettiin perä edellä leimikolle hakemaan loput puut pois. Puut oli jätetty lähelle varastopaikkaa, joten ajomatka oli lyhyt. Kuorma purettiin lähimmäksi leimikkoa olevalle varastopisteelle. Kuormassa oli kuusitukkeja ja -kuituja.

Liite 6. Leimikko 1, skenaario 5, nopein kokonaissuoritus

Driving Route

1(3)



Load structure

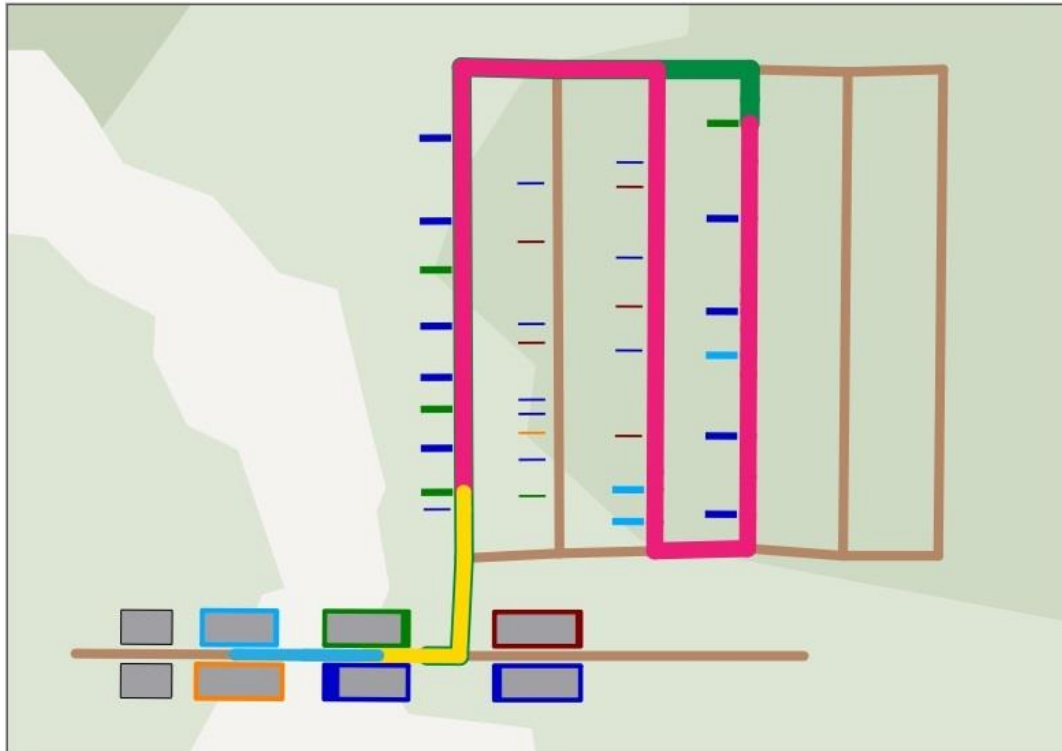


Ensimmäisessä kuormassa ajettiin keula edellä leimikolle. Kuorman tekeminen aloitettiin heti ajouralle saavuttua. Kuormaan kerättiin kaikki vastaan tulevat puutavarat. Kuormaan tuli mänty- ja kuusikuituja sekä kuusitukkeja. Kaksi ajouraa tuli tyhjäksi. Kuorman purku aloitettiin lähimmästä varastopaikalta, jonne sijoitettiin mäntykuitu ja kuusikuituja. Tämän jälkeen kuormatraktoria siirrettiin ja loput puutavarat nostettiin

pois kyydistä. Myös tähän kohtaan sijoitettiin kuusikuituja, sillä varastotilaa oli riittävästi.

Driving Route

2(3)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure



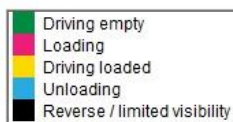
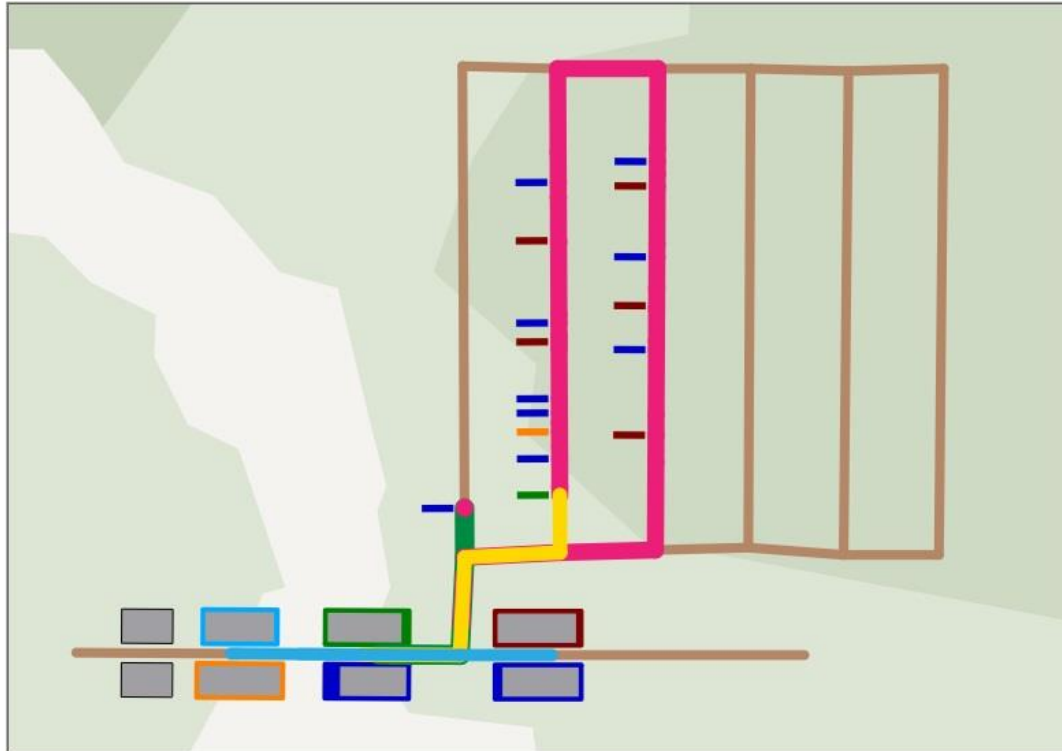
- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch pulp

Toisen kuorman keräys aloitettiin kolmannen uran perältä. Näin varmistettiin se, ettei leimikon läpi menevälle taustauralle jäänyt puita. Puut nostettiin siinä järjestyksessä kuin ne tulivat vastaan. Toiselle uralle saavuttaessa nostettiin ainoastaan koivukuidut kyytiin. Syy oli se, että puutavaralajimäärä ei nousisi kuormassa kovin suureksi. Kuorma täytettiin ensimmäiseltä uralta varastopaikalle päin ajettaessa. Kuorman purku aloitettiin lähimmältä varastopisteeltä, jonne oli jo aikaisemmin sijoitettu kuusitukkeja

ja -kuituja. Näiden jälkeen kuormatraktoria siirrettiin seuraavalle pisteelle, joihin sijoitettiin koivukuidut. Leimikolle mentäessä tyhjennettiin loput puut pois kuormasta.

Driving Route

3(3)



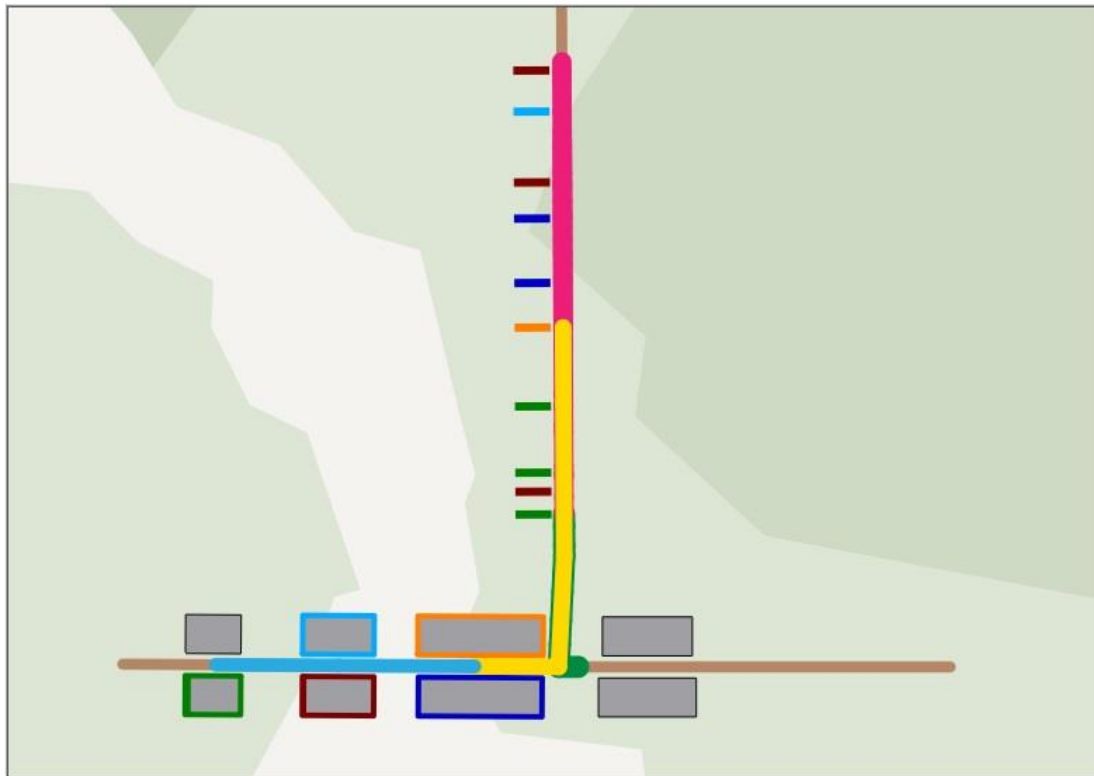
Load structure



Kolmannen kuorman aluksi noudettiin ensimmäiselle uralle jääneet puut kyytiin, jonka jälkeen siirryttiin kolmannelle uralle varastolta päin. Puut nostettiin siinä järjestyksessä kuin ne tulivat vastaan. Kuorman tuli mänty- ja kuusikuituja sekä mänty- ja kuusitukkeja. Kuorman purkaminen aloitettiin kauimmaisesta varastopisteestä, minkä jälkeen siirryttiin lähemmäksi leimikkoa olevia varastopisteitä. Kuorman purussa jouduttiin siirtämään kuormatraktoria useampaan kertaan pisteiden välillä, jotta kuorma saatiin kokonaan purettua.

Liite 7. Leimikko 2, skenaario 1, nopein kokonaissuoritus

Driving Route



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure



- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch pulp

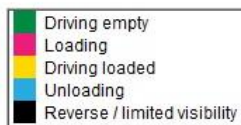
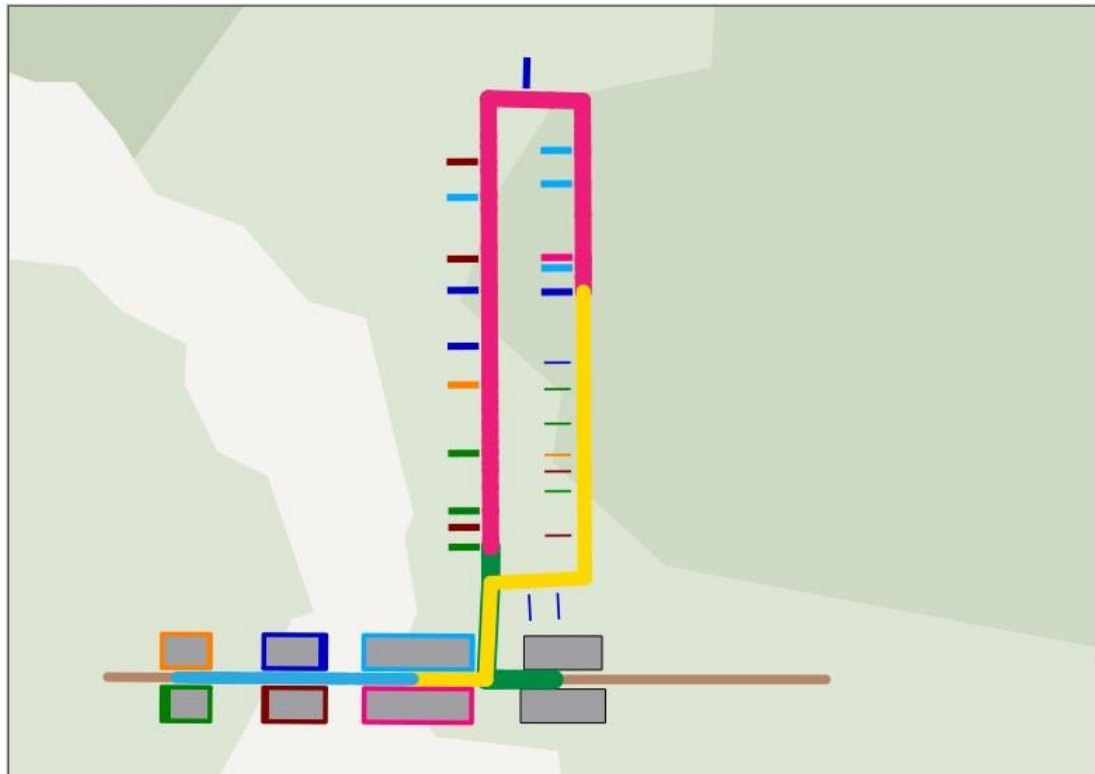
Kuormatraktori perutettiin ajouran perälle ja kyytiin nostettiin kuusitukkeja ja mäntykuituja. Varastolle päin ajettaessa loput puutavarat nostettiin ajouralta kuormatilaan. Kuorman purkaminen aloitettiin varastopaikan lähimmästä pisteestä johon sijoitettiin kuorman päällimmäisenä olevat mäntytukit ja kuusikuidut. Seuraavalle pinopaikalle

sijoitettiin koivu- ja mäntykuidut. Viimeisille pinonpaikoille sijoitettiin kuormatilan pohjalla olleet kuusitukit.

Liite 8. Leimikko 2, skenaario 2, nopein kokonaissuoritus

Driving Route

1(2)



Load structure

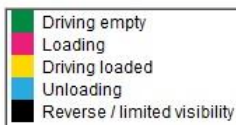


Ensimmäisessä kuormassa ajettiin keula edellä leimikolle, ja kaikki puutavarat nostettiin kyytiin sitä mukaa kuin ne tulivat vastaan. Kuormatraktori tuli täyteen toisen ajouran puolivälissä. Kaikki kuusi puutavaralajia olivat kuormassa. Kuormasta purettiin lähimmille varastopinoille koivukuidut ja koivutukit, jotka olivat päällimmäisenä kuormassa. Kuormatraktoria siirrettiin keskimmaisille varastopinoille, jonne sijoitettiin

mänty- ja kuusikuidut. Kuormatraktori siirrettiin takaisin leimikkoa lähimmille varastopinoille, ja kuormasta purettiin loput koivukuidut. Tästä kuormatraktori siirrettiin kauimmaisille varastopinoille, jonne sijoitettiin mäntytukit. Tästä kuormatraktori siirrettiin keskimmäisille varastopinoille, mihin tyhjennettiin loput mänty- ja kuusikuidut. Tästä kuormatraktori siirrettiin vielä kauimmaisille varastopinoille, joihin purettiin alimmaisena kyydissä olleet kuusitukit.

Driving Route

2(2)



Load structure



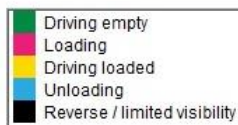
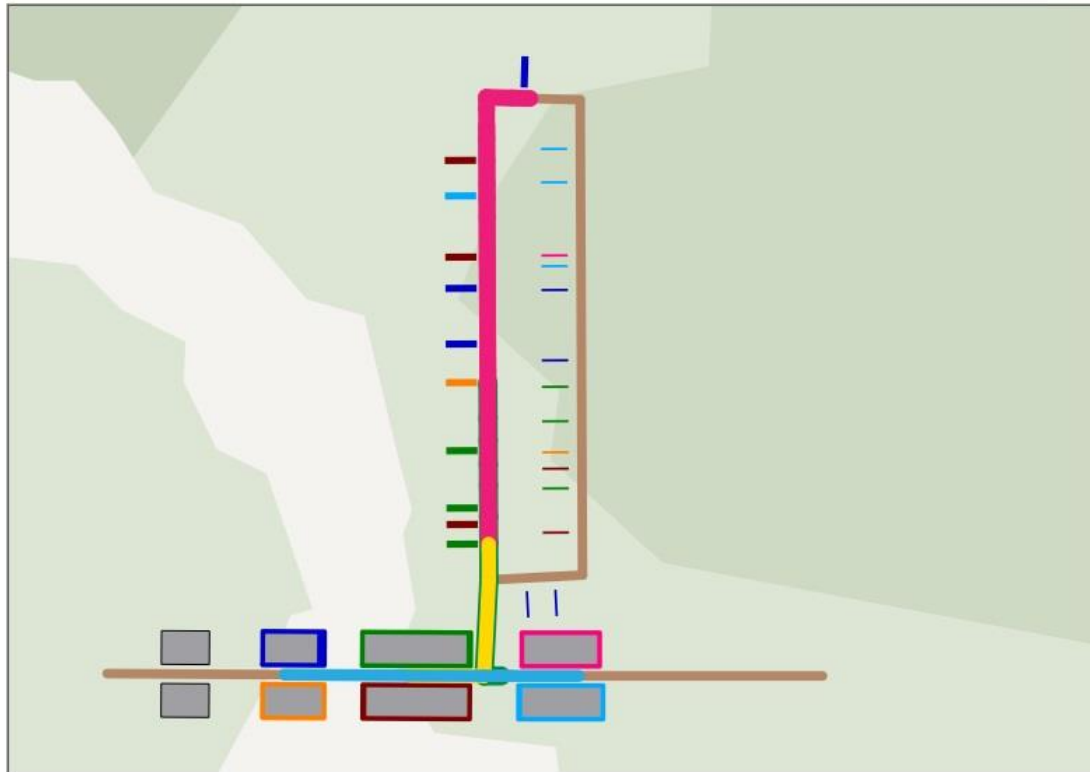
Toisessa kuormassa kuormatraktori peruutettiin leimikolle, jossa ensimmäinen kuorma jäi kesken. Loput puutavarat nostettiin tästä kyytiin siinä järjestyksessä kuin ne tulivat vastaan. Kuorman purku aloitettiin keskimmäisiltä varastopinoilta, joihin kuormasta purettiin mänty- ja kuusikuidut. Kuormatraktoria siirrettiin kauimmaisille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin mänty- ja kuusitukit. Tästä kuormatraktoria

siirrettiin takaisin keskimmäisille varastopinoille joihin purettiin viimeisenä kuormassa olleet kuusikuidut.

Liite 9. Leimikko 2, skenaario 2, lyhin ajomatka, pienin GTkm

Driving Route

1(2)



Load structure

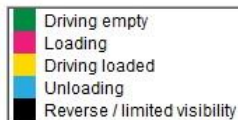
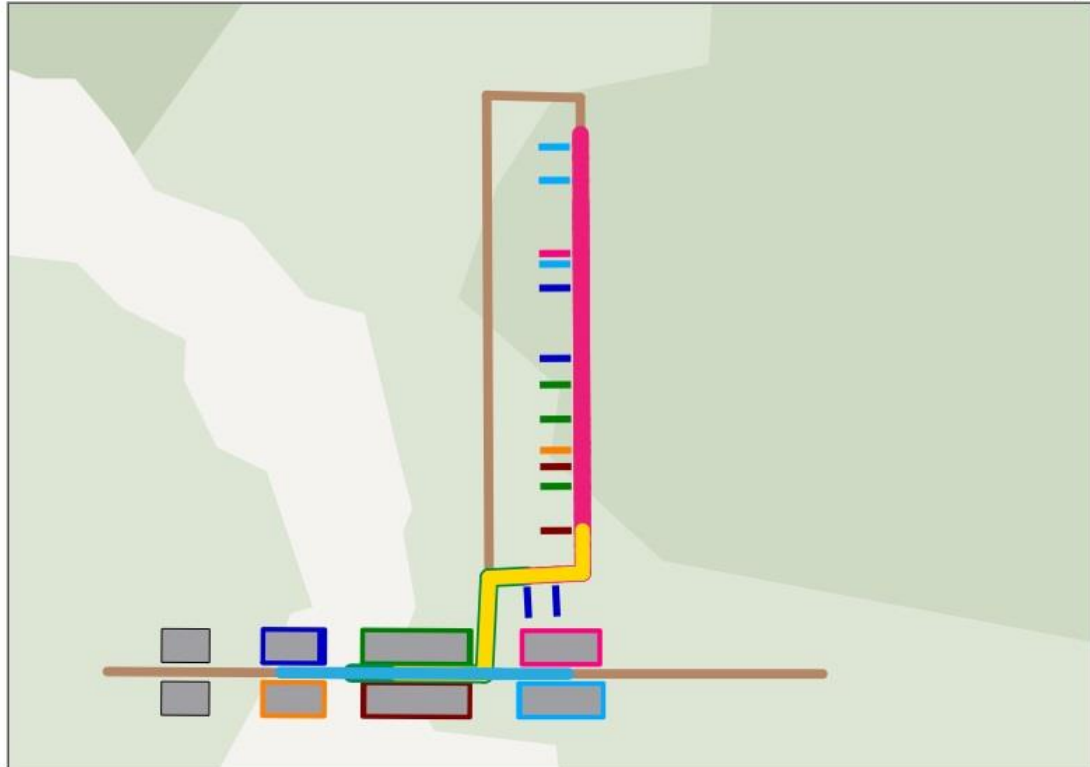


Kuormatraktori perutettiin ajouran perälle ja nostettiin mäntytukit ja kuusi- ja koivukuidut kuormatilaan. Ajosuunnan vaihtuessa perällä varastolle päin ajettaessa kyytiin nostettiin loput ajouralla olevat puutavarat. Varastolla sijoituttiin ensimmäisenä leimikon vasemmalle puolelle. Tähän sijoitettiin kuusitukit ja mäntykuidut. Tästä kuormatraktori siirrettiin oikealla puolella oleville varastopinoille, joihin sijoitettiin

koivukuidut. Tämän jälkeen kuormatraktori siirrettiin keskimmäisille varastopinoille, mihin kuormatilasta tyhjennettiin kuusikuidut ja mäntytukit.

Driving Route

2(2)



Load structure



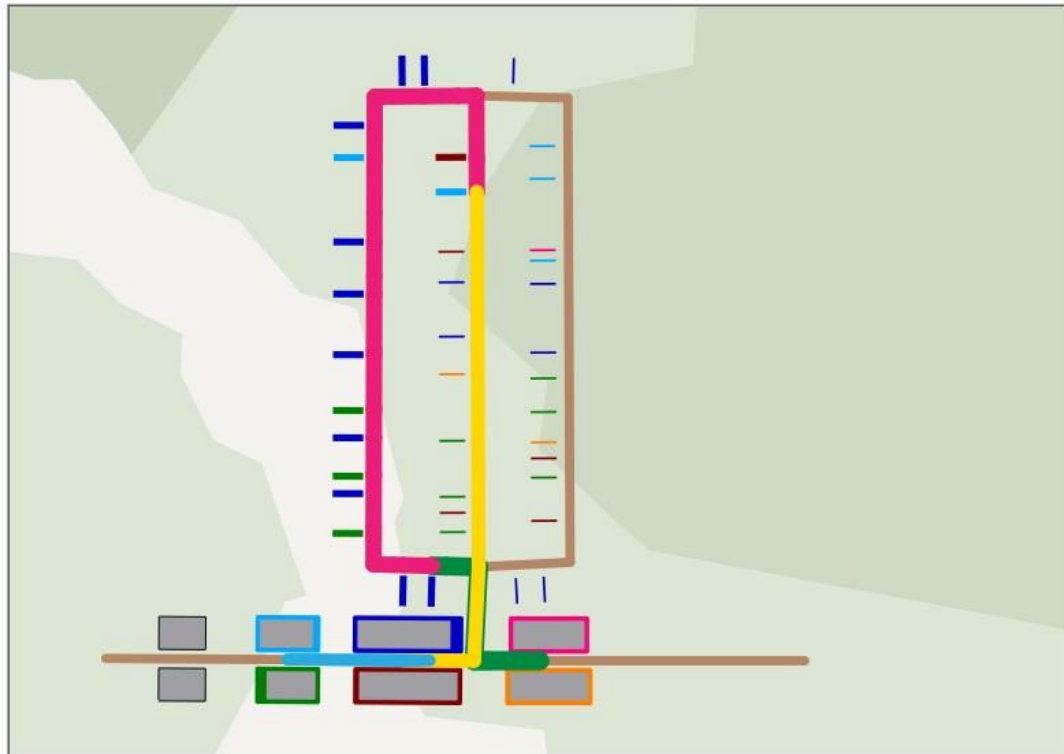
Toisessa kuormassa kuormatraktori peruutettiin ajouran perälle ja kuusikuidut sekä mäntytukit nostettiin kuormatilaan. Varastolle päin ajettaessa loput puutavaralajit nostettiin kuormatilaan. Kuorman purku aloitettiin vasemmalla puolella lähimpänä leimikkoa olevilta varastopinoilta. Tähän tyhjennettiin kuormassa olleet kuusitukit ja mäntykuidut. Tästä kuormatraktori siirrettiin oikealla puolella oleville varastopinoille, mihin sijoitettiin koivukuidut ja koivutukit. Viimeinen siirto varastolla oli, kun

kuormatraktori sijoitettiin keskimmäisille varastopinoille. Kuormasta purettiin loput kuusikuidut ja mäntytukit.

Liite 10. Leimikko 2, skenaario 3, nopein kokonaissuoritus

Driving Route

1(3)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure



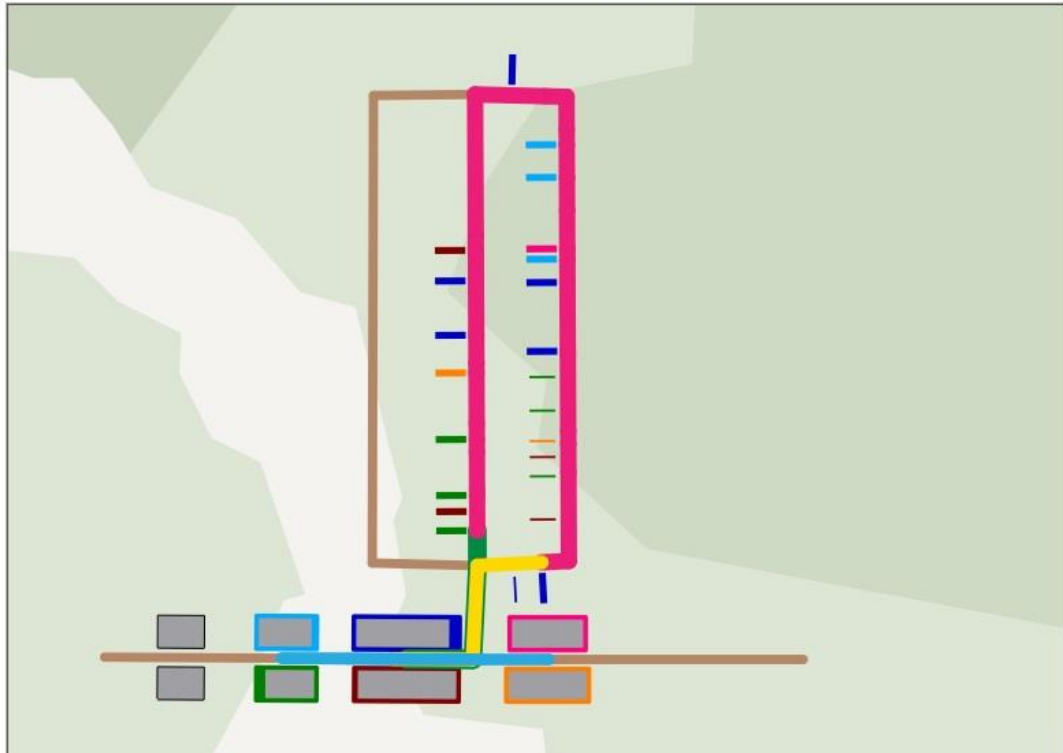
- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

Ensimmäinen kuorma kerättiin keula edellä sitä mukaa kuin puut tulivat vastaan. Kuorman keruu aloitettiin heti leimikolle saavuttua. Kuormaan tuli mänty-, kuusi- ja koivukuituja sekä kuusitukkeja. Kuorman purku aloitettiin vasemmalta puolelta lähimmältä pinopaikalta. Tähän kuormasta purettiin mänty- ja kuusikuituja. Tästä kuormatraktori siirrettiin keskimmaisille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin koivukuidut. Kuormatraktori siirrettiin takaisin edelliselle pisteelle, joihin sijoitettiin

kuusikuituja. Tästä kuormatraktori siirrettiin takaisin keskimmäisille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin kuusitukit. Ennen seuraavan kuorman alkua leimikolle mentäessä purettiin leimikkoa lähimmälle varastopinolle kuormassa alimmaisena kuormassa olleet kuusikuidut.

Driving Route

2(3)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure



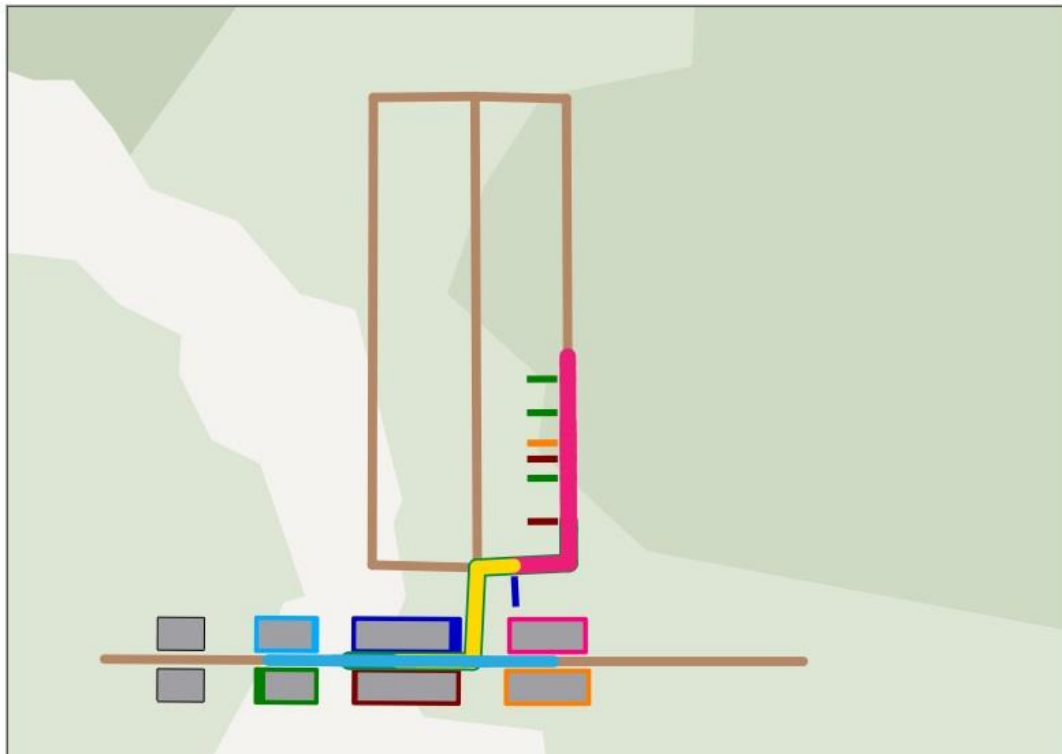
- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

Toisessa kuormassa ajettiin keula edellä leimikolle. Kuorman tekeminen aloitettiin heti leimikolle saavuttua. Puut nostettiin kuormatilaan siinä järjestyksessä, kuin ne tulivat vastaan. Viimeinen kuutiometri kuusikuituja nostettiin läheltä varastopistettä kyytiin, kun leimikolle mentäessä oli nähty puutavara oikealla puolella. Kuorman purku aloitettiin vasemmalta puolelta lähimmiltä varastopinoilta, joihin kuormasta purettiin kuusikuidut. Kuormatraktoria siirrettiin keskimmäisimmille varastopinoille mihin sijoitettiin koivukuidut. Tästä kuormatraktori siirrettiin takaisin edelliseen paikkaan ja kuor-

masta purettiin kuusikuituja. Kuormatraktori siirrettiin oikealle puolelle pääajouraa, mihin kuormasta purettiin koivutukkeja. Tästä kuormatraktori siirrettiin keskimmäisille varastopinoille. Tässä kuormasta purettiin koivukuituja. Kuormatraktori siirrettiin vasemmalla puolella oleville lähimmille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin mänty ja kuusikuituja. Tästä kuormatraktori siirrettiin oikealla puolella oleville varastopinoille. Kuormasta purettiin mäntyukkeja edellä mainittuun pisteeseen. Kuormatraktoria siirrettiin vielä kaksi kertaa pinojen välillä. Ensimmäisenä kuormatraktori siirrettiin vasemmalla lähimmäisenä oleville varastopinoille ja kuormasta purettiin mäntykuituja. Tästä kuormatraktori siirrettiin vielä keskimmäisille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin alimmaisena olleet kuusitukit.

Driving Route

3(3)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure



- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

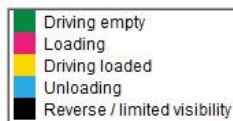
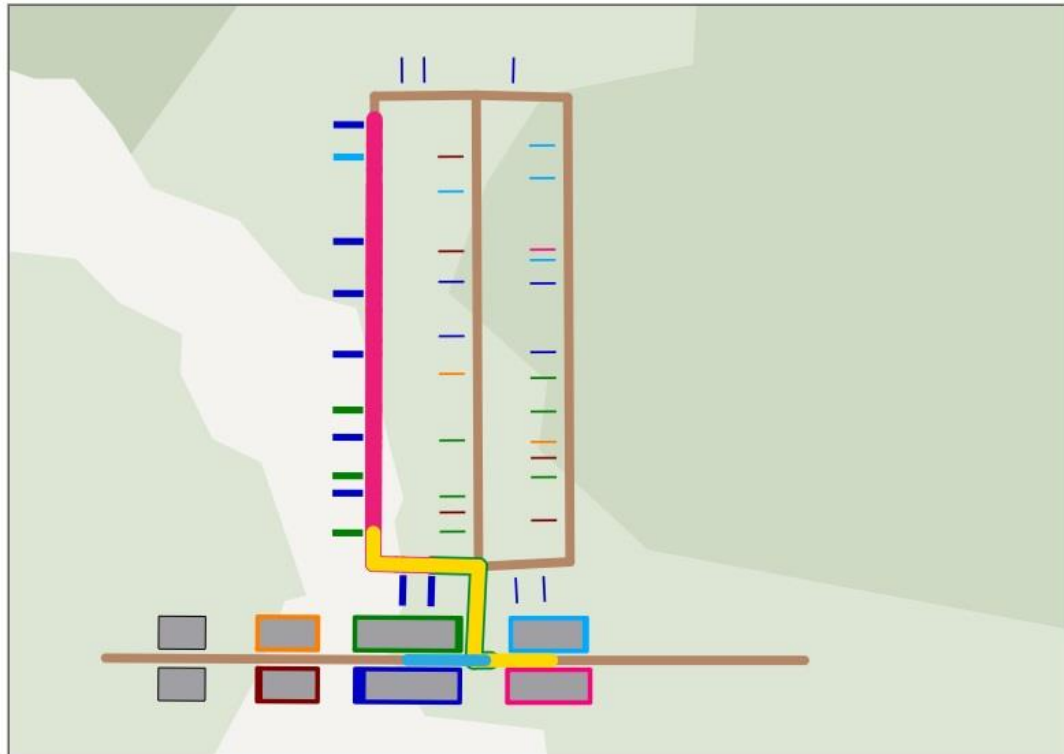
Kolmas kuorma haettiin ajamalla leimikolle perä edellä. Kuorman tekeminen aloitettiin vasta kuusikuitujen jälkeen mäntykuituista. Mäntykuidut nostettiin kuormatilaan, jonka jälkeen ajettiin pisteeseen, johon edellinen kuorman keruu oli jäänyt. Leimikolla varastolle päin siirryttäessä kuormatilaan nostettiin loput puutavarat leimikolta. Kuorman purku aloitettiin pääajouran oikealta puolelta, joihin kuormasta purettiin mäntytukkeja. Tästä kuormatraktori siirrettiin vasemmalla puolella lähimpänä oleville varastopinoille

ja kuormasta purettiin kuusikuidut pois. Tästä kuormatraktori siirrettiin keskimmäisille varastopinoille ja kuormasta purettiin kuusitukkeja. Kuormatraktori siirrettiin vielä edellisille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin viimeisenä kuormassa olevat mäntykuidut.

Liite 11. Leimikko 2, skenaario 3, lyhin ajomatka, pienin GTkm

Driving Route

1(3)



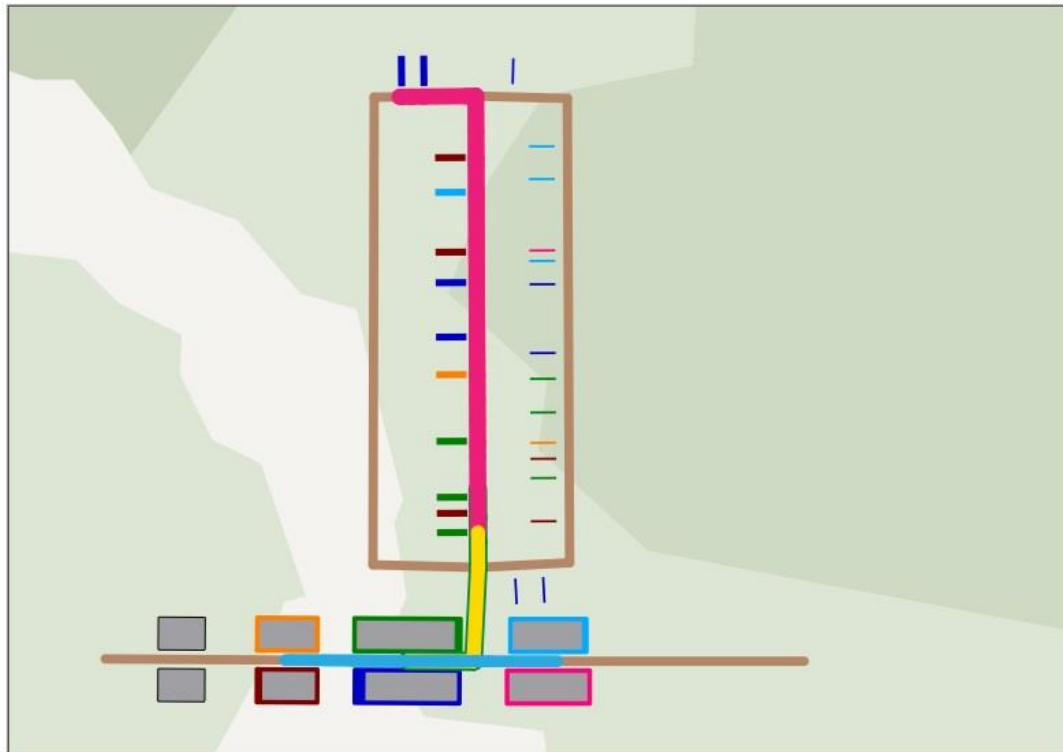
Load structure



Ensimmäinen kuorma aloitettiin leimikon vasemmasta reunasta. Kuormatraktori peruutettiin kuormatila edellä leimikolle nostaan samalla kaikki vastaantulevat kuusikuidut kuormatilaan. Varastolle päin lähettäessä kuormatilaan nostettiin loput ajouralla olevat puutavarat. Kuorman purku aloitettiin pääajouran oikealta puolelta, mihin sijoitettiin koivukuidut. Tästä kuormatraktori siirrettiin pääajouran vasemmalle puolelle, mihin kuormasta purettiin loput kuormatilassa olevat kuusitukit ja kuusikuidut.

Driving Route

2(3)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure



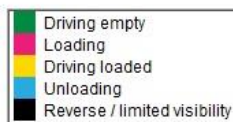
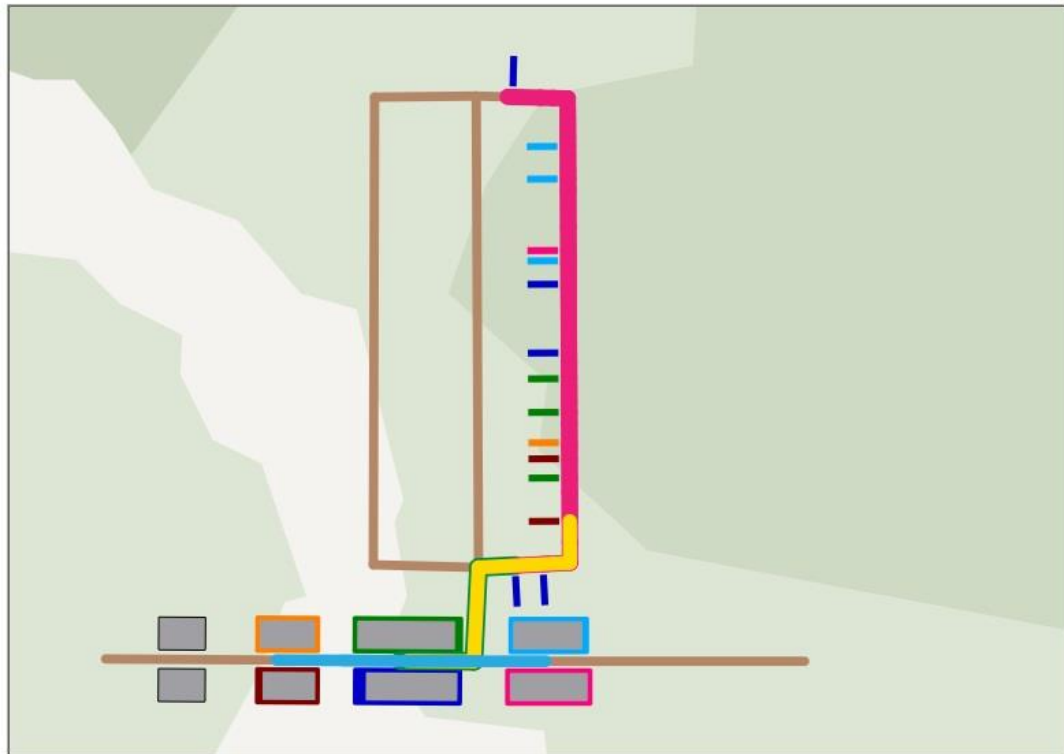
- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

Toinen kuorma aloitettiin leimikon keskimmäiseltä ajouralta. Kuormatraktori perutettiin ajouran päähän, ja samalla kyytiin nostettiin kuusi- ja mäntykuituja. Ajouran perällä käytiin nostamassa kuusikuituja kyytiin uralta, joka yhdisti ajourat yhteen. Varastolle päin ajettaessa loput puutavarat nostettiin kuormatilaan. Kuorman purku aloitettiin keskimmäisimmiltä varastopinoilta. Kuormasta purettiin mäntytukkeja. Kuormatraktoria siirrettiin leimikkoa lähimpänä oleville varastopinoille. Tähän kuormasta purettiin kuusitukit ja osan kuusikuiduista. Tästä kuormatraktori siirrettiin

pääajouran oikealle puolelle, mihin kuormasta purettiin koivukuidut. Tästä kuormatraktori siirrettiin edellisille varastopinoille ja kuormasta purettiin kuusikuituja. Tästä kuormatraktoria siirrettiin vielä kolme kertaa edestakaisin purkaen kuormasta keskimmäisimmille varastopinolle mäntykuidut ja lähimmille varastopinoille kuusikuidut.

Driving Route

3(3)



Load structure



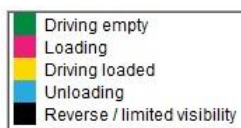
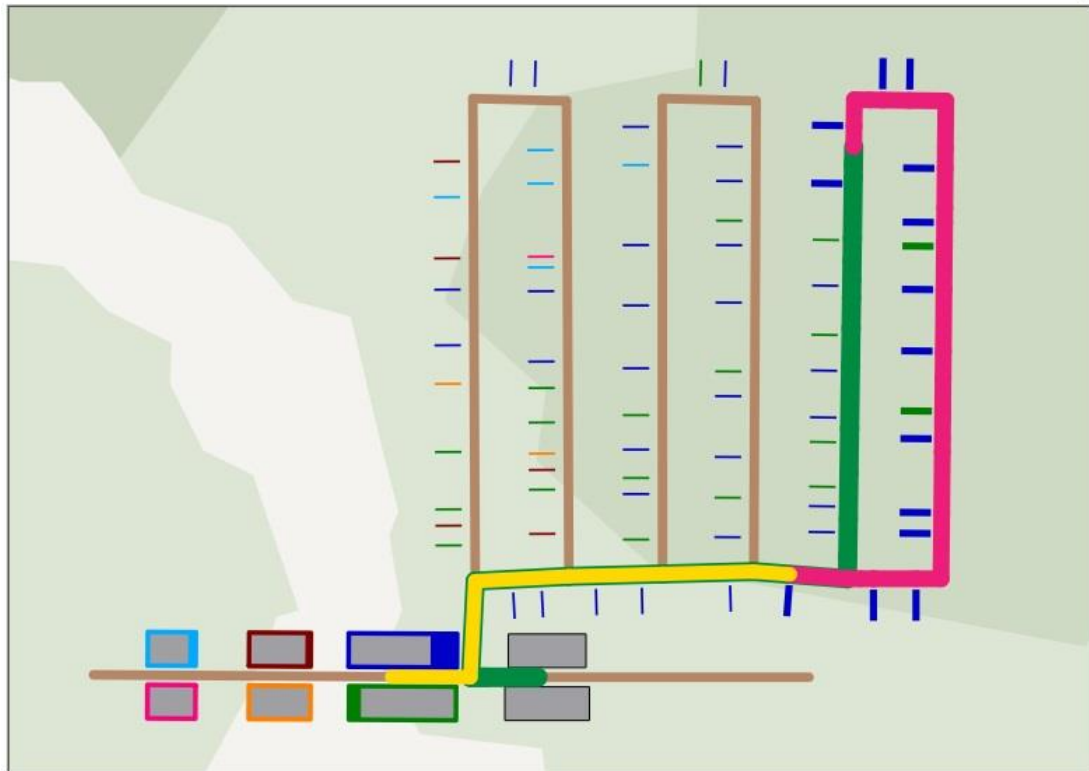
Kolmas kuorma aloitettiin peruuttamalla viimeinen ajoura kuormatila edellä ajouran perälle asti nostaten samalla kaikki kuusikuidut kuormatilaan ja samalla käyden ajouria yhdistävällä uralla. Varastolle päin ajettaessa nostettiin loput puutavarat kyytiin. Kuorman purku aloitettiin keskimmäisiltä varastopinoilta, joihin kuormasta purettiin mäntykuidut. Tästä siirryttiin lähimpänä leimikkoo olevalle varastopisteelle. Kuormasta purettiin kuusitukit pinoihin. Tästä kuormatraktori siirrettiin takaisin edellisille varastopinoille ja kuormasta purettiin mäntytukit. Kuormatraktori siirrettiin sitten pääajouran

oikealle puolelle, joihin kuormasta purettiin koivukuidut ja koivutukit. Viimeisen kerran kuormatraktori siirrettiin takaisin lähimpänä leimikkoa olevalle varastopisteelle. Kuormasta purettiin kuusikuidut.

Liite 12. Leimikko 2, skenaario 4, nopein kokonaissuoritus

Driving Route

1(5)



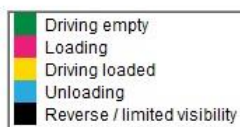
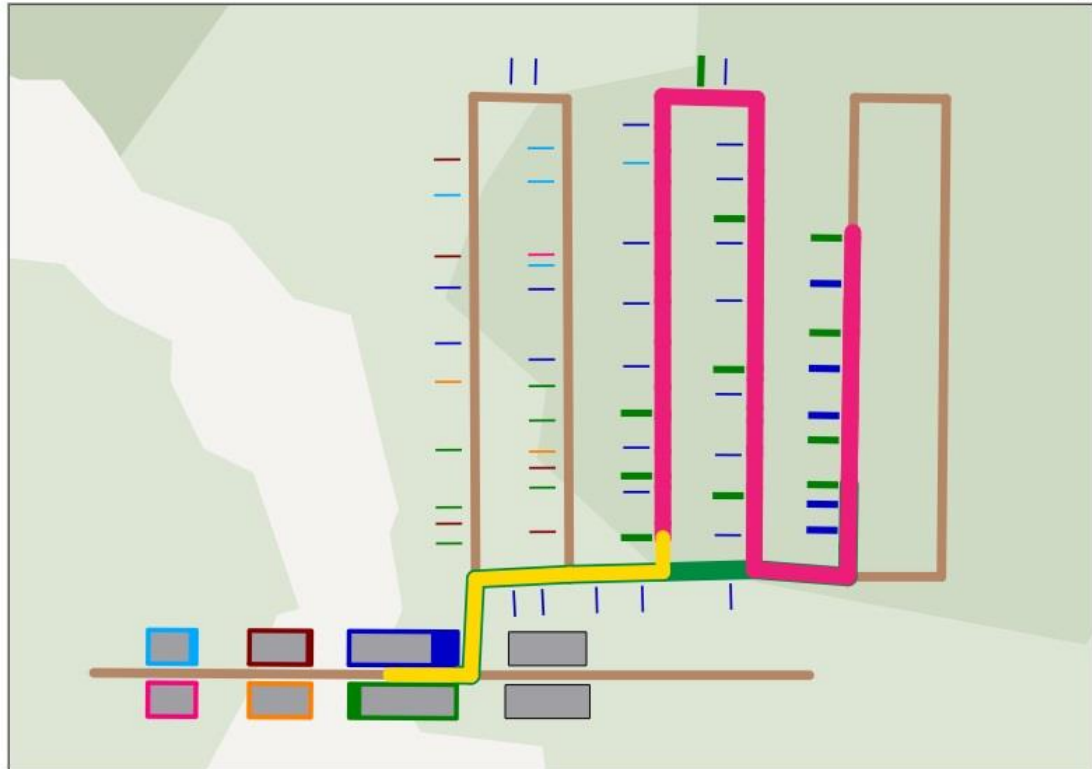
Load structure



Ensimmäisessä kuormassa kuormatraktori ajettiin keula edellä leimikolle. Kuorman keruu aloitettiin ajouralenkin päästä ja kaikki vastaan tulleet puutavarat nostettiin kuormatilaan. Kuorma purettiin lähimmille varastopinoille.

Driving Route

2(5)



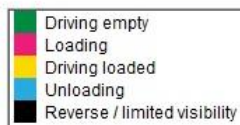
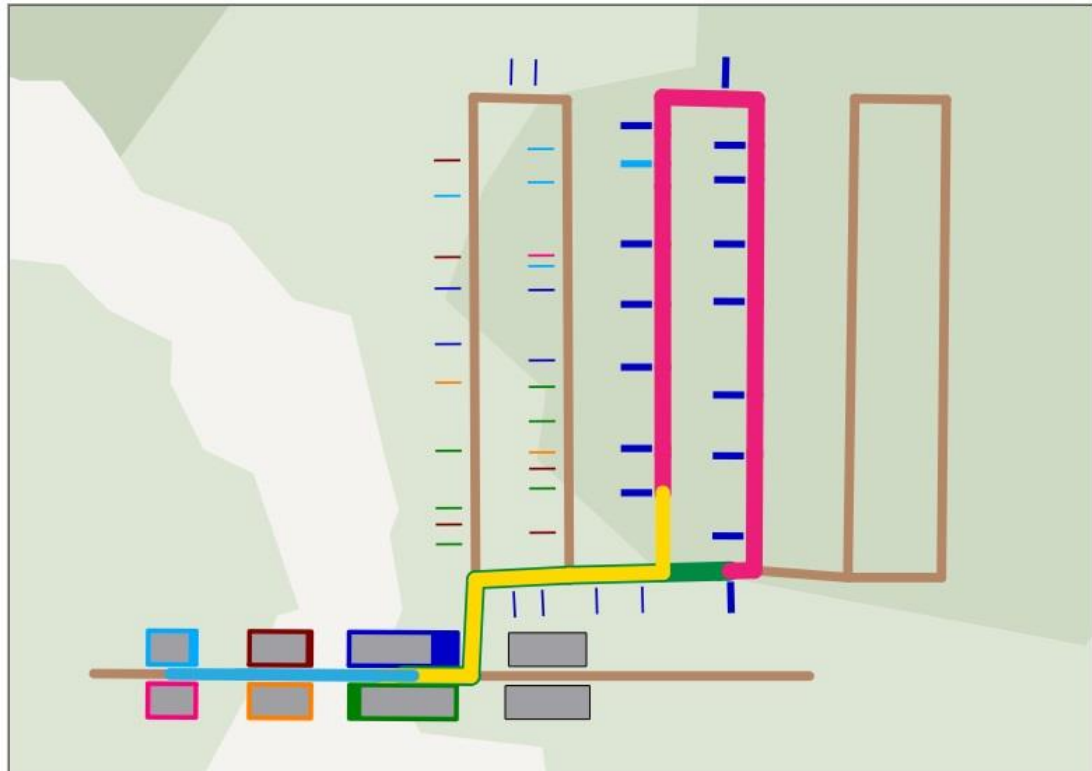
Load structure



Toisessa kuormassa kuormatraktori peruutettiin leimikolle edellisen kuorman aloituspaikan kohdalle. Tästä nostettiin kaikki loput puut uralta kyytiin. Uudelta ajouralenkiltä kerättiin vain kuusitukkeja. Kuormaan tuli kuusitukkeja ja kuusikuituja. Kuorma purettiin lähimmille varastopisteille.

Driving Route

3(5)



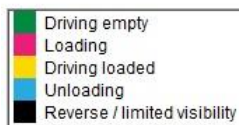
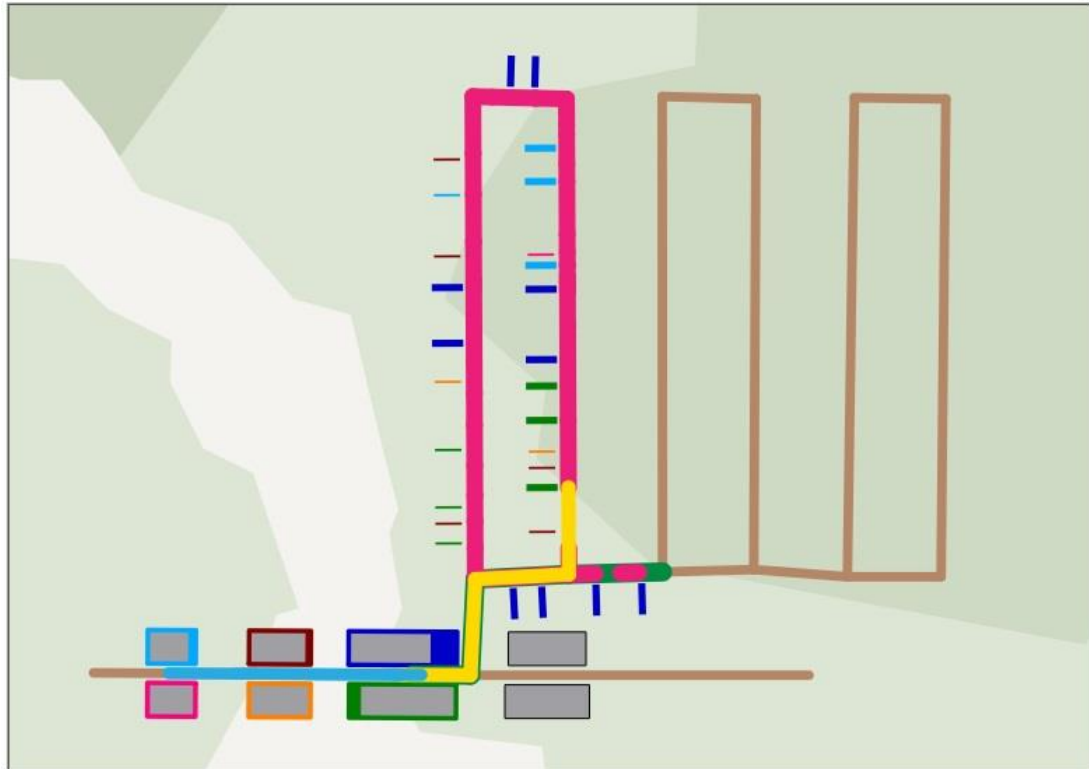
Load structure



Kolmas kuorma aloitettiin ajamalla keula edellä leimikolle ja toiselta ajouralenkiltä kerättiin kaikki puutavarat pois. Kuormaan tuli kuusi- ja koivukuituja. Kuorman purku aloitettiin lähimmiltä varastopinoilta, joihin purettiin kuusikuituja. Tästä kuormatraktori siirrettiin kauimmaisille varastopinoille joihin puettiin koivukuidut. Ennen seuraavan kuorman alkua matkalla leimikolle loput kuusikuidut purettiin pois kuormasta.

Driving Route

4(5)



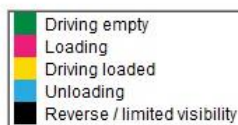
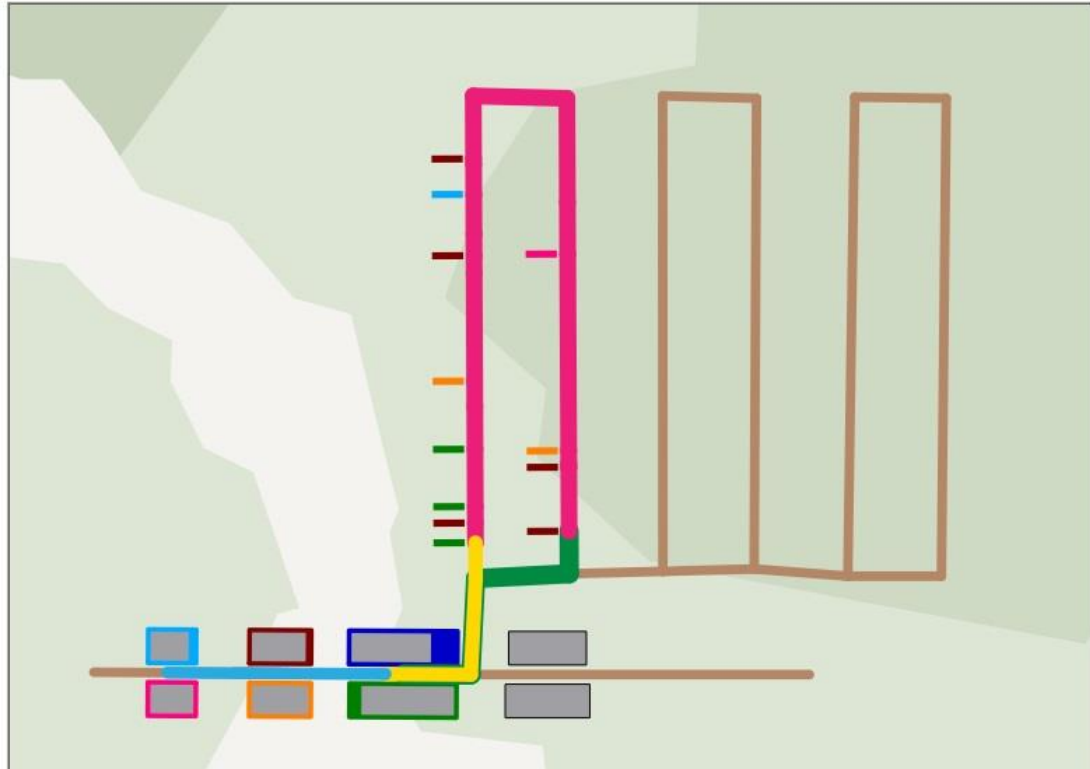
Load structure



Neljäs kuorma aloitettiin peruuttamalla ja noutamalla keruu-uralle jääneet kuusikuidut. Ajouralenkki kierrettiin myötöpäivään, ja kuormaan nostettiin kuusikuituja. Varastolle päin lähettäessä kuormaan kerättiin myös kuusitukkeja ja koivukuituja. Kuorman purku aloitettiin lähimmiltä varastopinoilta. Tähän kuormasta purettiin kuusitukkeja ja kuusikuituja. Tästä kuormatraktori siirrettiin kauimmaisimmille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin koivukuidut. Ennen seuraavan kuorman noutoa leimikolta kuormasta purettiin loput kuusikuidut.

Driving Route

5(5)



Load structure



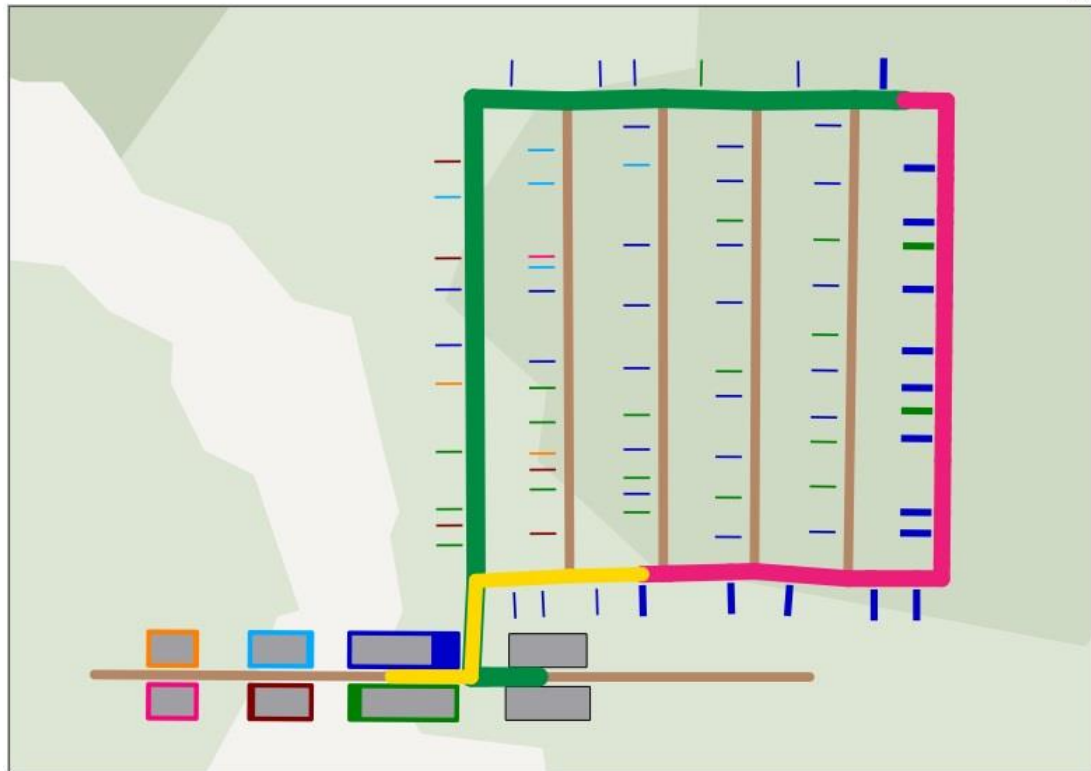
Viidennessä kuormassa leimikolta noudettiin ensimmäiseltä ajouralenkiltä jäljelle jääneet puuvarat. Ajouralenkki kierrettiin vastapäivään. Kuormatraktori ajettiin keula edellä leimikolle. Puita nostettiin siinä järjestyksessä kuormatilaan, kuin ne tulivat vastaan. Kuorman purku aloitettiin lähimpänä olevilta varastopinoilta. Tähän kuormasta purettiin kuusitukit. Tästä kuormatraktori siirrettiin keskimmaisille varastopinoille. Kuormasta purettiin mäntytukkeja ja mäntykuituja. Kuormatraktori siirrettiin kaukaisille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin koivukuidut ja -tukit. Tästä kuorma-

traktori otettiin keskimmäiselle pinoille ja kuormasta purettiin loput mäntykuidut ja mäntytukit.

Liite 13. Leimikko 2, skenaario 5, nopein kokonaissuoritus

Driving Route

1(5)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure

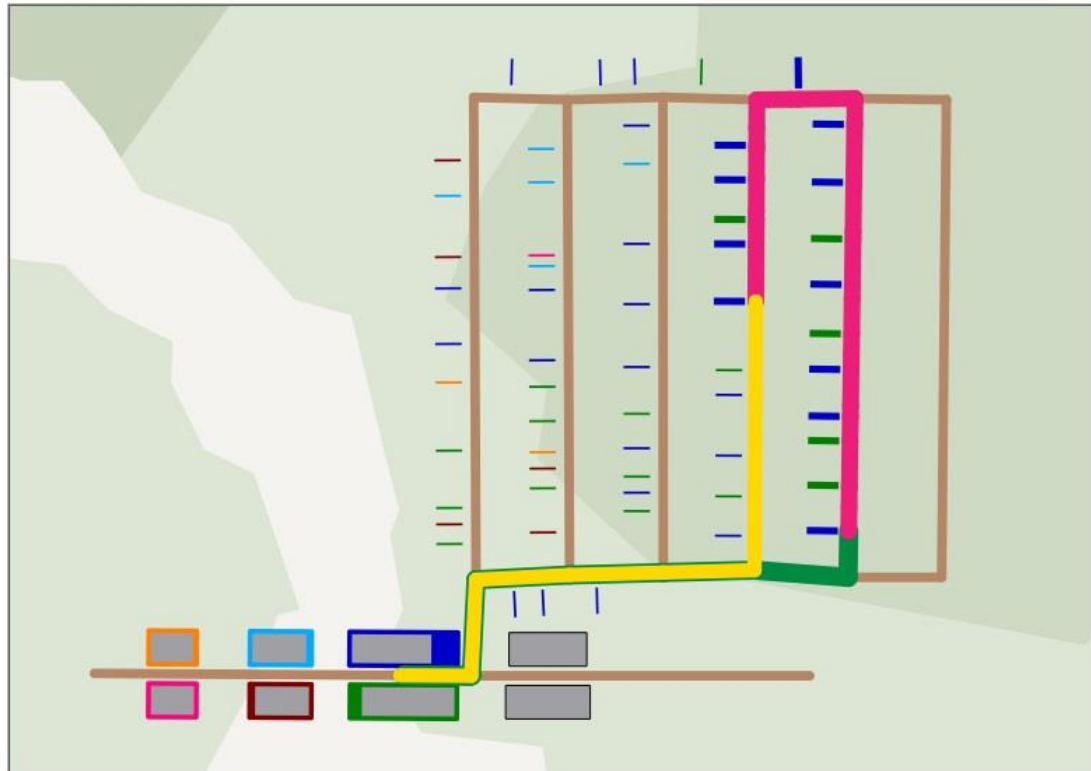


- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

Ensimmäisessä kuormassa ajettiin leimikolle keula edellä leimikon perälle asti. Viimeiseltä uralta nostettiin kaikki vastaan tulleet puutavarat kuormatilaan. Kuormaan tuli kuusikuituja ja -tukkeja. Kuorman täyttö tehtiin pääajouralta. Kuorman purku tapahtui lähimpänä leimikkoa oleville varastopinoille.

Driving Route

2(5)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure

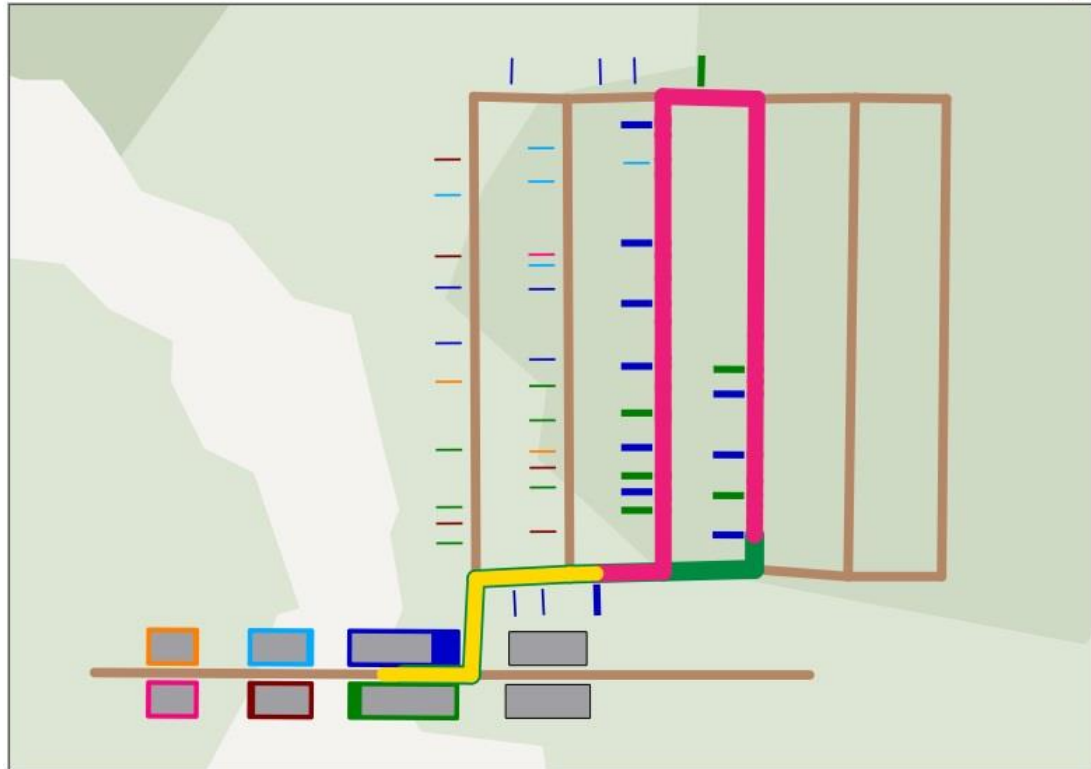


- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

Toisessa kuormassa ajettiin keula edellä leimikolle. Kuorman keruu aloitettiin heti, kun läpiajettavalle uralle päästiin. Kuorma kerättiin alhaalta ylös, ja kuorma lastattiin täyteen seuraavalta uralta. Kaikki puut nostettiin kuormatilaan siinä järjestyksessä kuin ne tulivat vastaan. Kuormaan tuli kuusikuituja ja -tukkeja. Kuorman purku tapahtui lähimpänä oleville varastopinoille.

Driving Route

3(5)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure

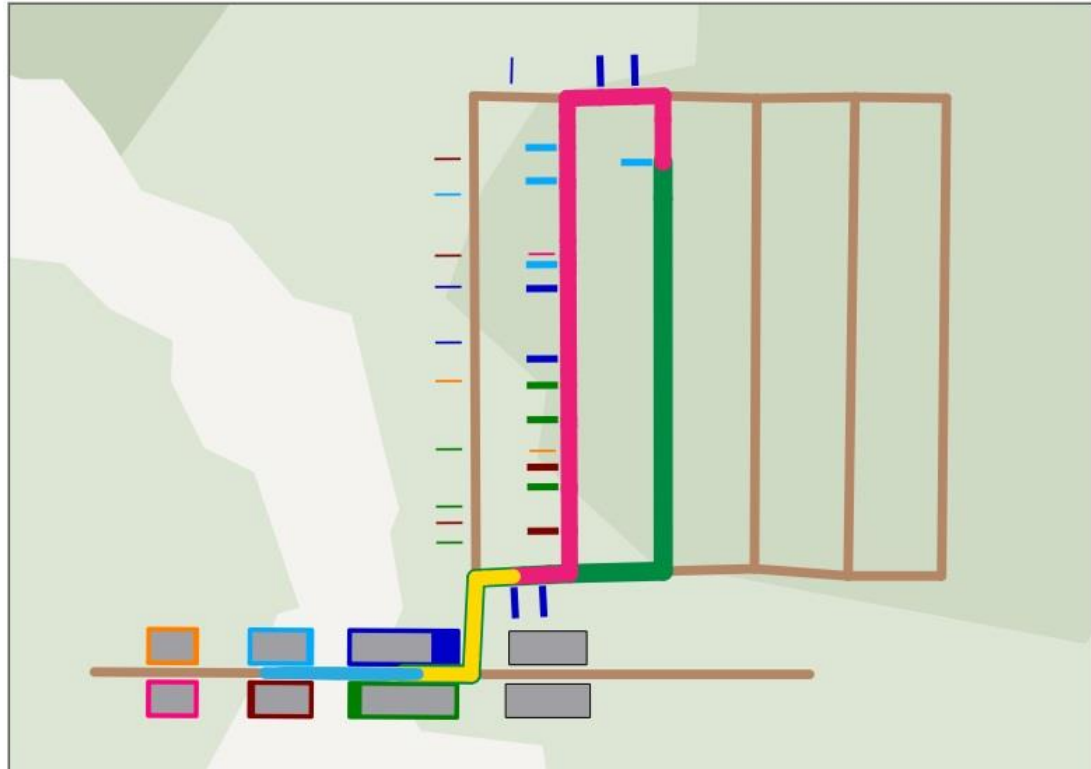


- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

Kolmannessa kuormassa ajettiin keula edellä leimikolle. Kuorman keruu aloitettiin samalta uralta, mihin edellinen jäi kesken. Puutavara nostettiin kyytiin siinä järjestyksessä kuin sitä tuli vastaan. Koivukuidut jätettiin vielä leimikolle. Kuormaan tuli kuusikuituja ja -tukkeja. Kuorma purettiin lähimpänä oleville varastopinoille.

Driving Route

4(5)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure



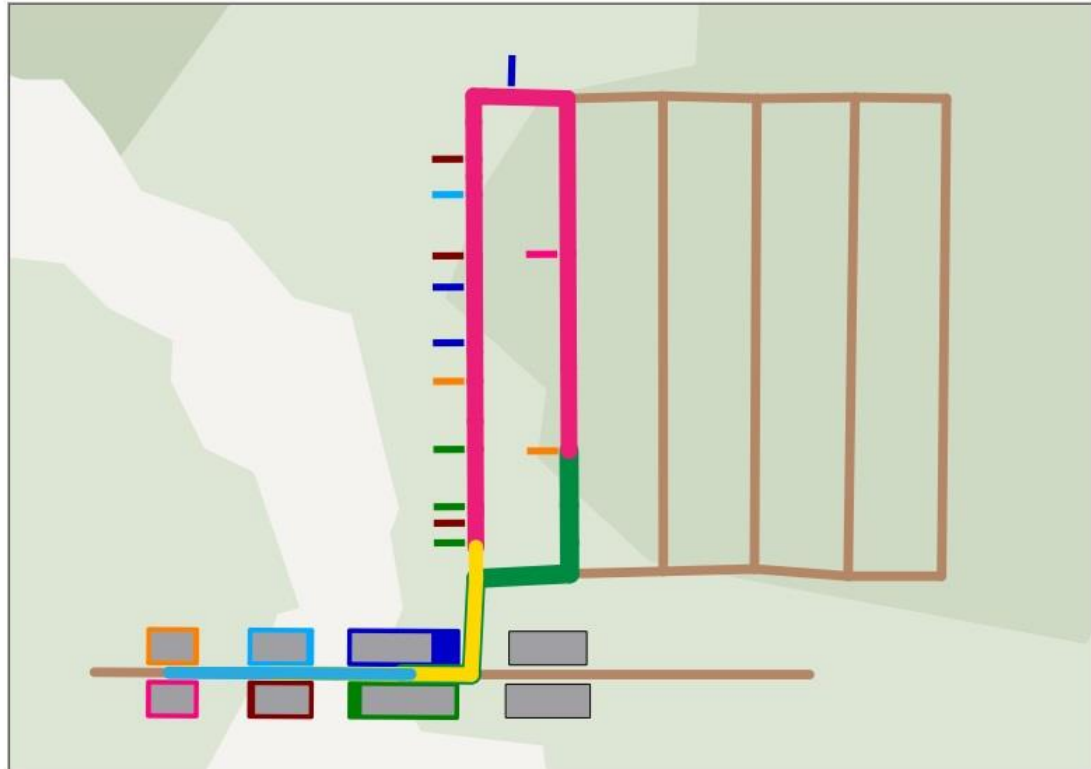
- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

Neljännessä kuormassa ajettiin keula edellä leimikolle. Kuorman keruu aloitettiin paikasta, mistä edellisessä kuormasta jätetyt koivukuidut löytyivät. Kuorma kerättiin pääasiassa varastopinoille päin. Kuormaan nostettiin kaikki puutavaralajit, pois lukien mänty- ja koivutukit, siinä järjestyksessä kuin ne tulivat vastaan. Kuorman purku aloitettiin lähimpänä oleville varastopinoille, mihin kuormasta purettiin kuusikuidut. Tästä kuormatraktoria siirrettiin keskimmäisille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin

mäntykuituja. Kuormatraktoria siirrettiin edellä mainittujen varastopinojen välillä vielä viisi kertaa, jotta kuorma saatiin purettua kokonaan.

Driving Route

5(5)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure



- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

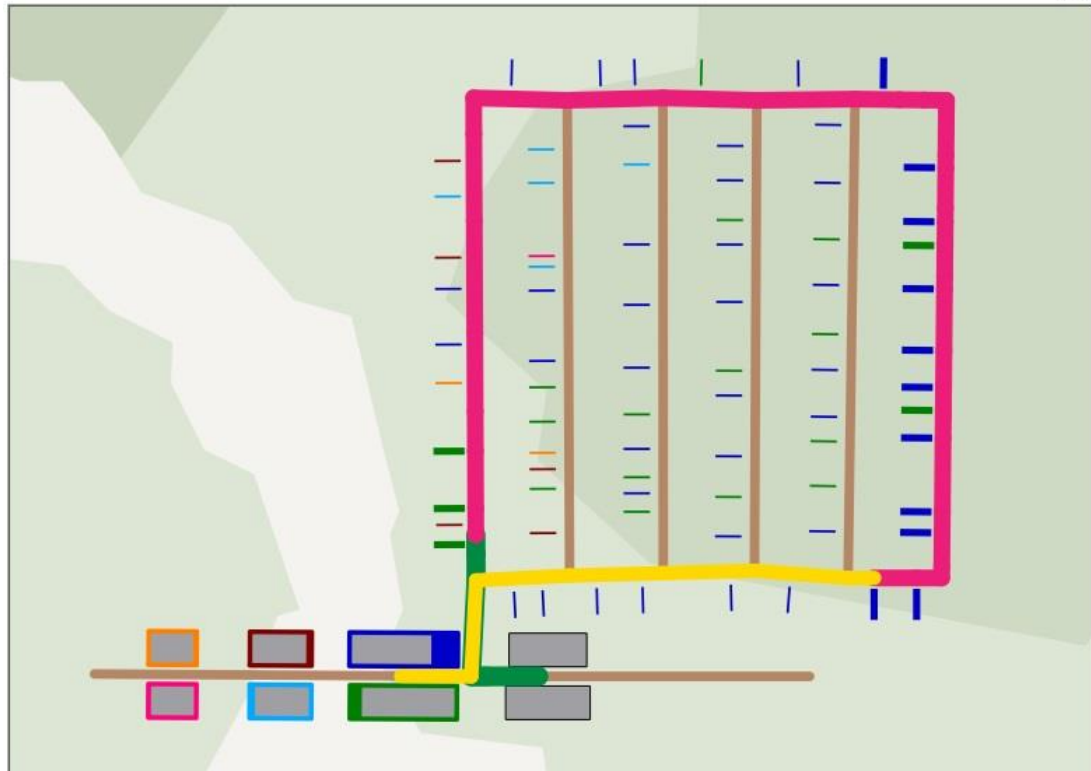
Viidennessä kuormassa ajettiin keula edellä leimikolle. Kuorman kerääminen aloitettiin edelliselle uralle jääneistä koivu- ja mäntytukeista. Kuorman keruuta jatkettiin viimeiseltä uralta poimien puutavaravarastolle päin. Kaikki puutavarat nostettiin kuormatilaan siinä järjestyksessä kuin ne tulivat vastaan. Kuorman purkaminen aloitettiin keskimmäisiltä varastopinoilta. Kuormasta purettiin mäntykuidut. Kuormatraktori siirrettiin kaivimmaisille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin mäntytukit. Tästä kuormatraktoria siirrettiin ensimmäisille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin kuusitukit ja kuu-

sikuidut. Tästä kuormatraktori siirrettiin keskimmäisille varastopinoille. Kuormasta purettiin koivu- ja mäntykuidut. Tästä kuormatraktori siirrettiin lähimmille varastopinoille ja kuormasta purettiin kuusikuidut. Kuormatraktoria siirrettiin vielä kerran kauimmaisille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin loput puutavaralajit. Kuormasta purettiin ensimmäisenä kuormatilaan otetut mänty- ja koivutukit.

Liite 14. Leimikko 2, skenaario 5, lyhin ajomatka, pienin GTkm

Driving Route

1(5)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure

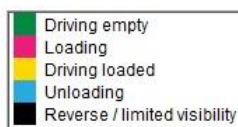
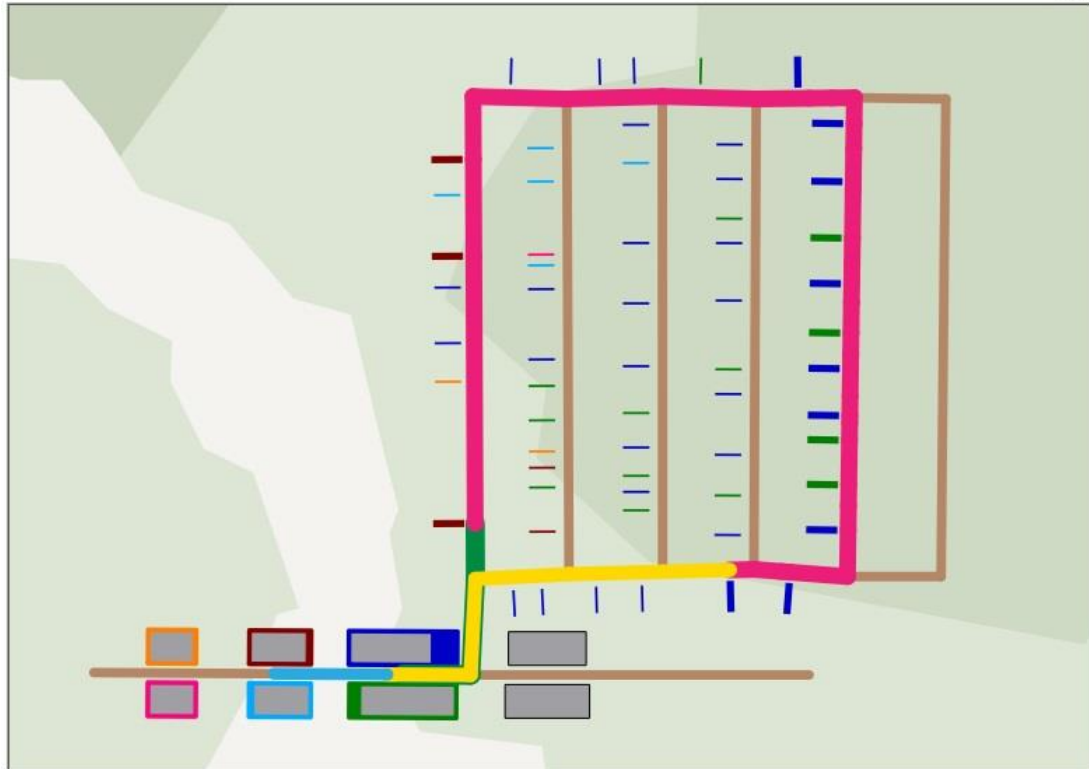


- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

Ensimmäisessä kuormassa ajettiin keula edellä leimikolle. Kohteena oli leimikon peräkulma. Matkan varrelta nostettiin lähimmäiseltä ajouralta kuusitukkeja kuormatilaan. Leimikon perälle päästyä nostettiin kaikki puutavarat kyytiin siinä järjestyksessä kuin ne tulivat vastaan. Näin saatiin yksi ajoura kokonaan tyhjäksi. Kuormatilaan tuli vain kuusitukkeja ja kuusikuituja. Kuorman purkaminen aloitettiin leimikkoa lähimpänä olevilta varastopinoilta.

Driving Route

2(5)



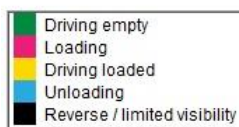
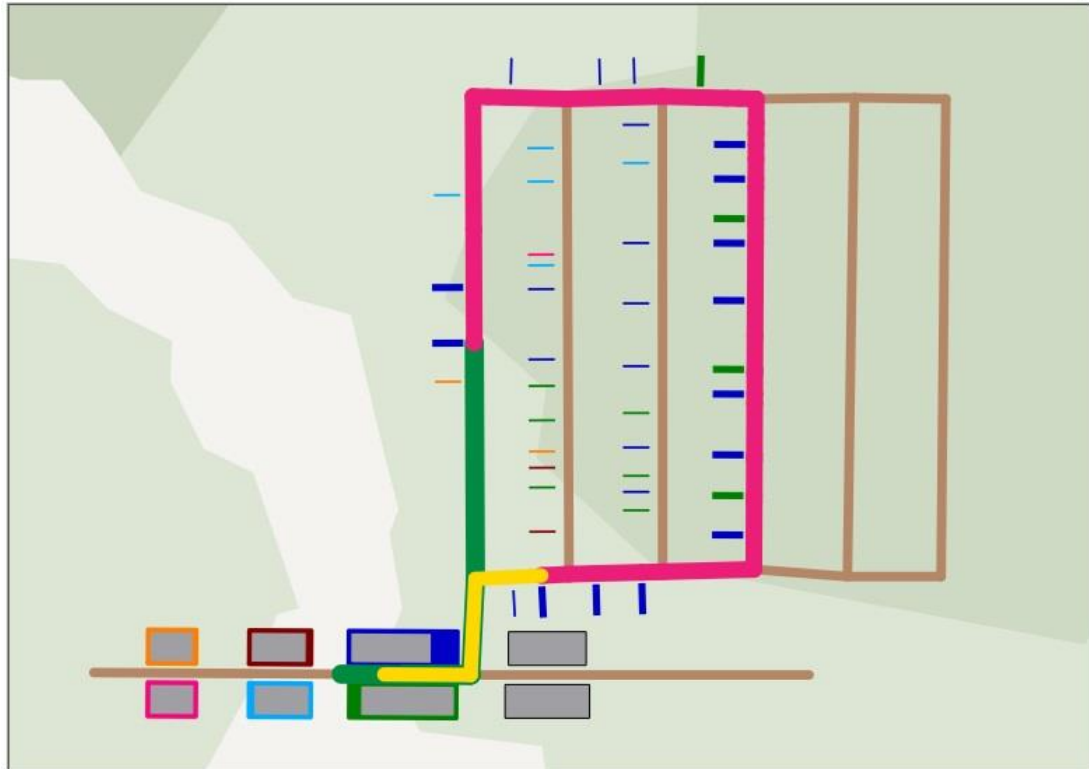
Load structure



Toisessa kuormassa ajettiin keula edellä leimikolle. Kuorman keruu aloitettiin jo matkalla leimikon perälle. Kuormatilan pohjalle nostettiin mäntykuituja. Toiselle ajouralle päästyä nostettiin kaikki puutavarat kyytiin siinä järjestyksessä, kuin ne tulivat vastaan. Kuormatilaan tuli mänty- ja kuusikuituja sekä kuusitukkeja. Kuorman purku aloitettiin leimikkoa lähimpänä olevilta varastopinoilta, joihin kuormasta purettiin kuusitukit ja kuusikuidut. Tämän jälkeen kuormatraktoria siirrettiin seuraavaan pisteeseen, ja kuormassa olevat mäntykuidut siirrettiin varastopinoon.

Driving Route

3(5)



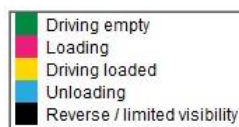
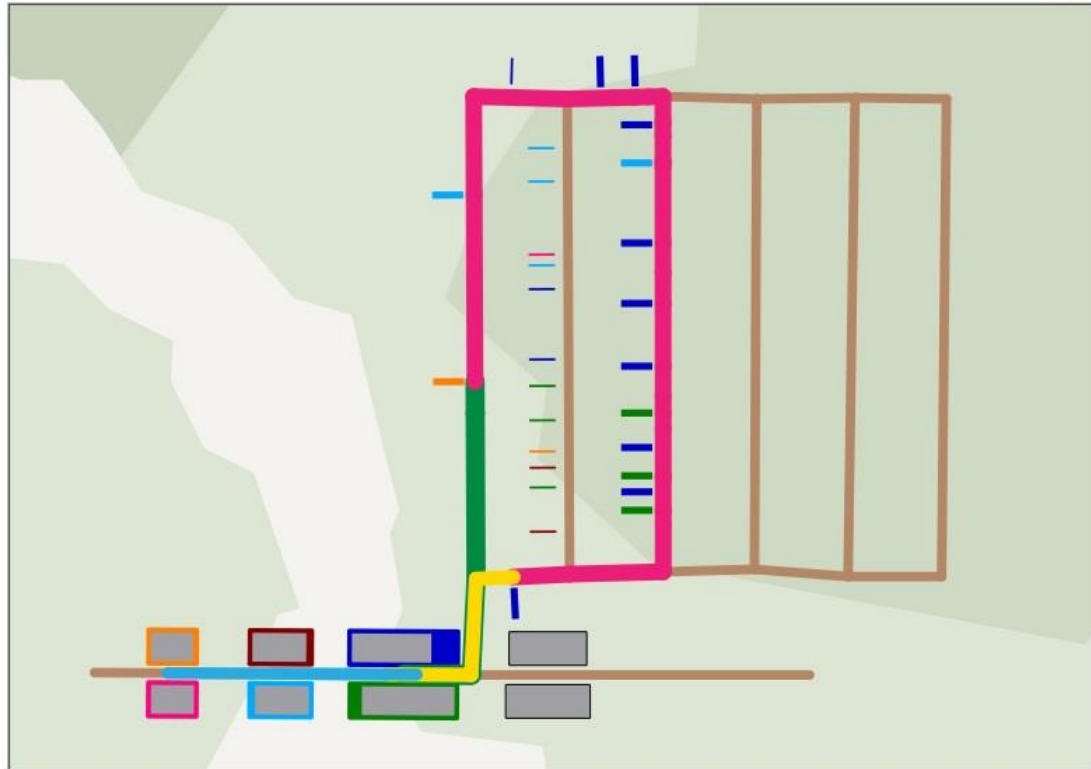
Load structure



Kolmannessa kuormassa ajettiin keula edellä leimikolle. Kuormatilan pohjalle nostettiin ensimmäisellä ajouralla olevat kuusikuidut. Leimikon perältä alkaen nostettiin kaikki puutavarat kuormatilaan siinä järjestyksessä kuin ne tulivat vastaan. Kuorman täyttö nostettiin kyytiin pääajouralta. Kuorman tuli kuusitukkeja ja kuusikuituja. Kuorman purku aloitettiin leimikkoa lähimpänä olevilta varastopinoilta. Kuormatraktoria ei tarvinnut siirtää kuorman purkamisen aikana.

Driving Route

4(5)



Load structure

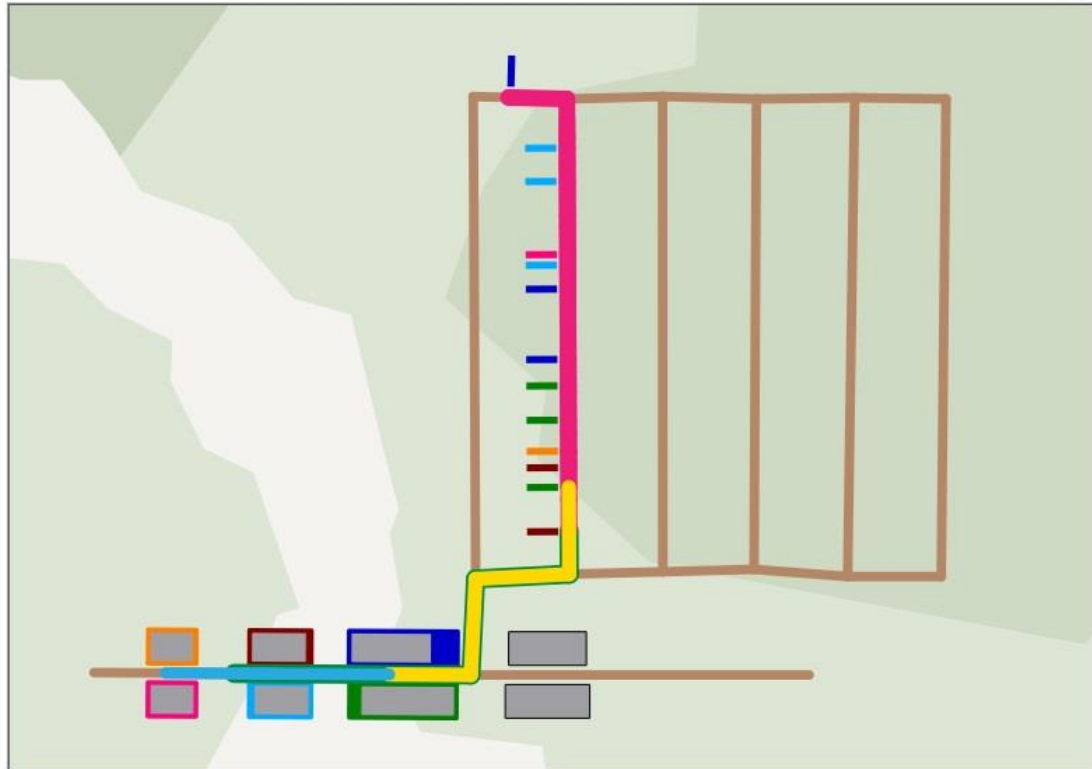


Neljännessä kuormassa ajettiin keula edellä leimikolle. Matkalla leimikon perälle kuormatilaan nostettiin ensimmäiseltä ajouralle jäljelle jääneet mänty- ja koivukuidut. Leimikon perältä alkaen nostettiin kaikki puutavarat kuormatilaan siinä järjestyksessä kuin ne tulivat vastaan. Kuormassa oli kuusi-, mänty- ja koivukuituja sekä mänty- ja kuusitukkeja. Kuorman purku aloitettiin leimikkoa lähimpänä olevilta varastopinoilta. Kuormasta purettiin kuusikuituja ja kuusitukkeja. Kuormatraktoria siirrettiin keskimmaisille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin koivukuituja. Tästä kuormatraktori siirrettiin

takaisin leimikkoa lähimmille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin loput kuusi-
kuidut. Tästä kuormatraktori siirrettiin kauimmaisille varastopinoille, joihin kuormasta
purettiin mäntytukit. Ennen seuraavan kuorman aloitusta kuormasta purettiin koivu-
kuidut keskimmaisille varastopinoille, kun oltiin matkalla leimikolle.

Driving Route

5(5)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure



- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

Viidennessä kuormassa kuormatraktori peruutettiin leimikolle. Kuorman keruu aloitettiin heti ajouran alusta. Kuormatilaan lastattiin mäntykuitut ja mänty- sekä koivutukit. Ajouran perältä leimikolle päin ajettaessa nostettiin loput puutavaralajit kuormatilaan. Kuormaan tuli vielä kuusi- ja koivukuituja sekä kuusitukkeja. Kuorman purku aloitettiin leimikkoa lähimpänä olevilta varastopinoilta. Kuormasta purettiin kuusitukkeja ja kuusikuituja. Kuormatraktoria siirrettiin keskimmaisille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin koivukuidut. Tästä kuormatraktori siirrettiin kauimmaisille varasto-

pinoille, joihin kuormasta purettiin mänty- ja koivutukit. Kuormatraktori otettiin vielä keskimmäisille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin loput mäntykuidut.

Liite 15. Leimikko 3, skenaario 1, nopein kokonaissuoritus

Driving Route



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure



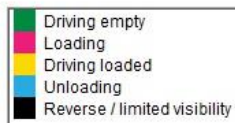
- Spruce sawlog
- Spruce pulp

Kuorma aloitettiin peruuttamalla leimikolle. Perälle päin mentäessä kuusikuidut nostettiin kuormatilaan. Varastolle päin ajettaessa nostettiin loput puut kuormatilaan. Kuorman tuli kuusitukkeja ja kuusikuituja. Kuorma purettiin leimikkoa lähimpänä oleville varastopinoille.

Liite 16. Leimikko 3, skenaario 2, nopein kokonaissuoritus

Driving Route

1(3)



Load structure

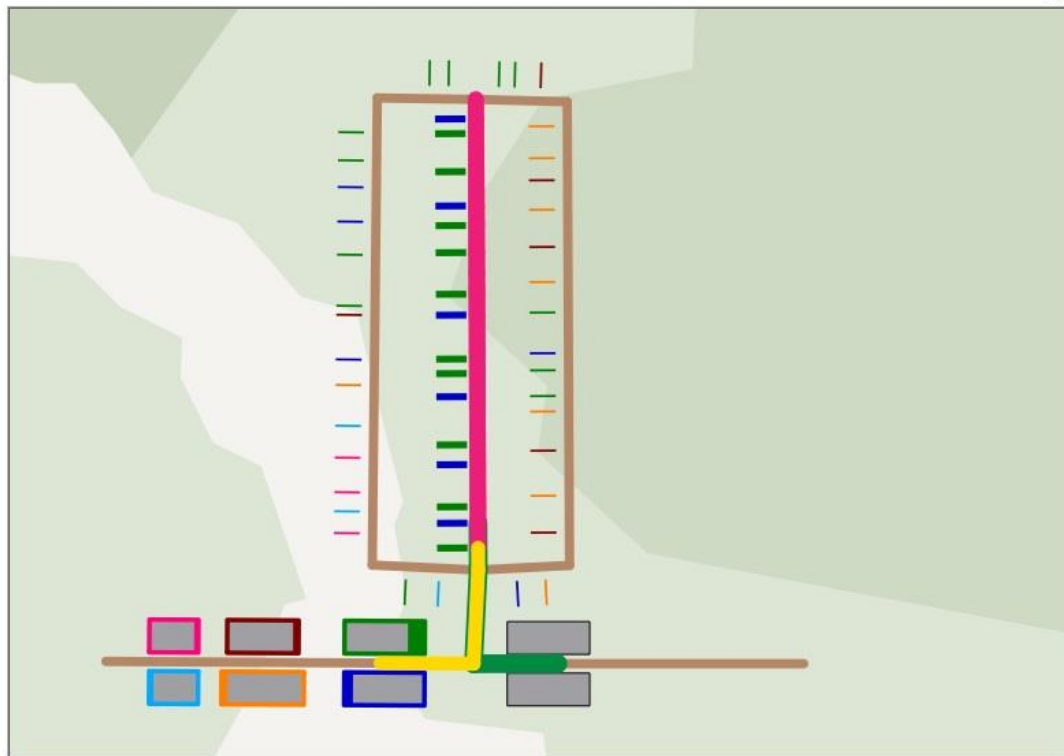


Ensimmäinen kuorma aloitettiin peruuttamalla leimikolle. Perälle päin mentäessä kuusikuidut nostettiin kuormatilaan. Varastolle päin ajettaessa nostettiin loput puut kuormatilaan. Kuormaan tuli kuusitukkeja ja kuusikuituja. Kuorma purettiin leimikkoa lähimpänä oleville varastopinoille.

Liite 17. Leimikko 3, skenaario 3, nopein kokonaissuoritus

Driving Route

1(4)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure

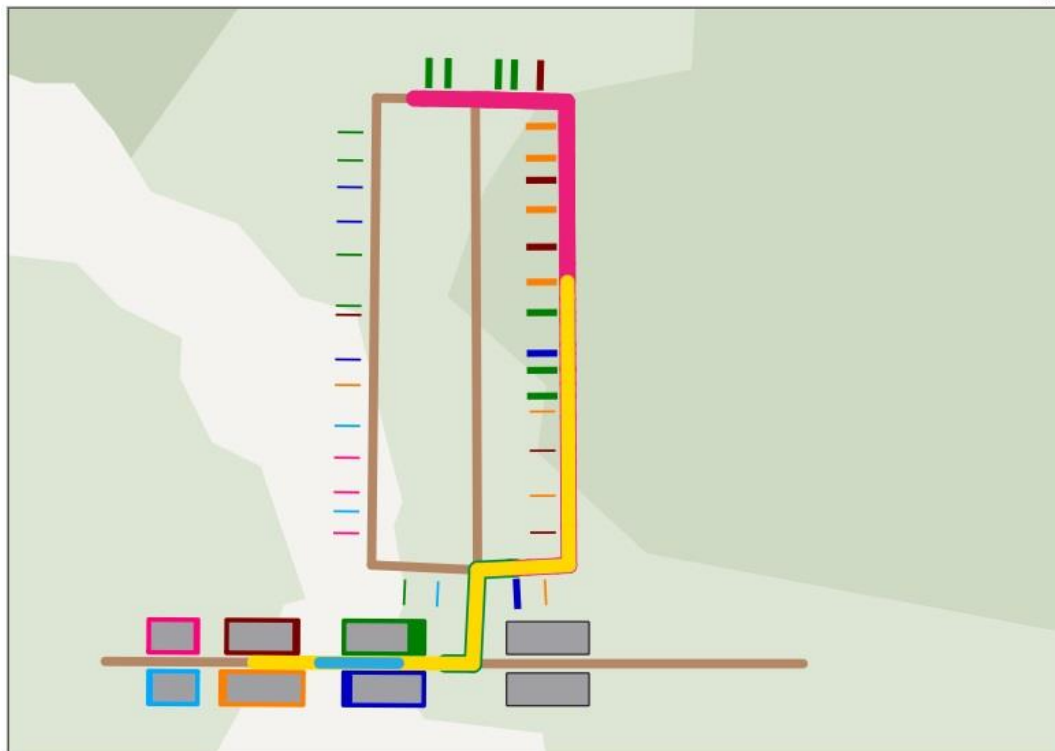


- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

Ensimmäinen kuorma aloitettiin peruuttamalla leimikolle. Perälle päin mentäessä kuusikuidut nostettiin kuormatilaan. Varastolle päin ajettaessa nostettiin loput puut kuormatilaan. Kuormaan tuli kuusitukkeja ja kuusikuituja. Kuorma purettiin leimikkoa lähimpänä oleville varastopinoille.

Driving Route

2(4)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure

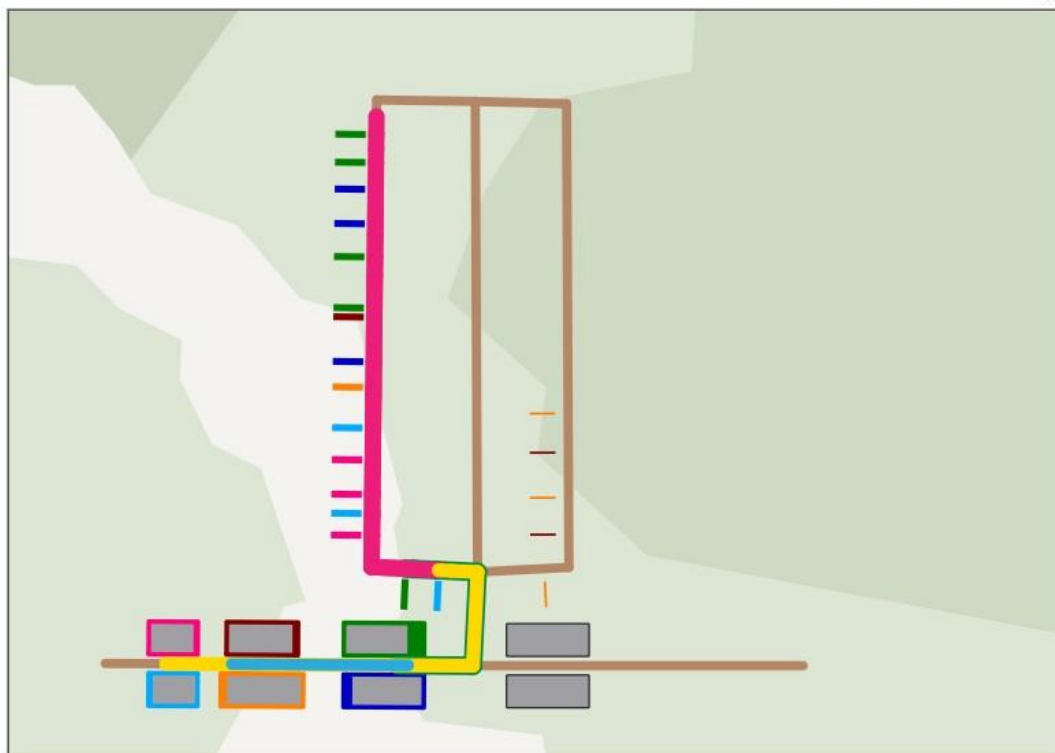


- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

Toinen kuorma aloitettiin peruuttamalla ajouranperälle nostaen kuusikuidut ja kuusitukit kuormatilan pohjalle. Kuormatraktori peruutettiin aina reunimmaiselle uralle asti. Varastolle päin ajettaessa kuormatilaan nostettiin mäntykuituja ja mäntytukkeja. Leimikolle jääneet puut jäivät lähelle varastopinoja. Kuorman purkaminen aloitettiin keskimmäisiltä varastopinoilta. Kuormasta purettiin mäntykuidut ja mäntytukit. Kuusitukit ja kuusikuidut purettiin kuormatilasta ennen seuraavaa kuormaa.

Driving Route

3(4)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure

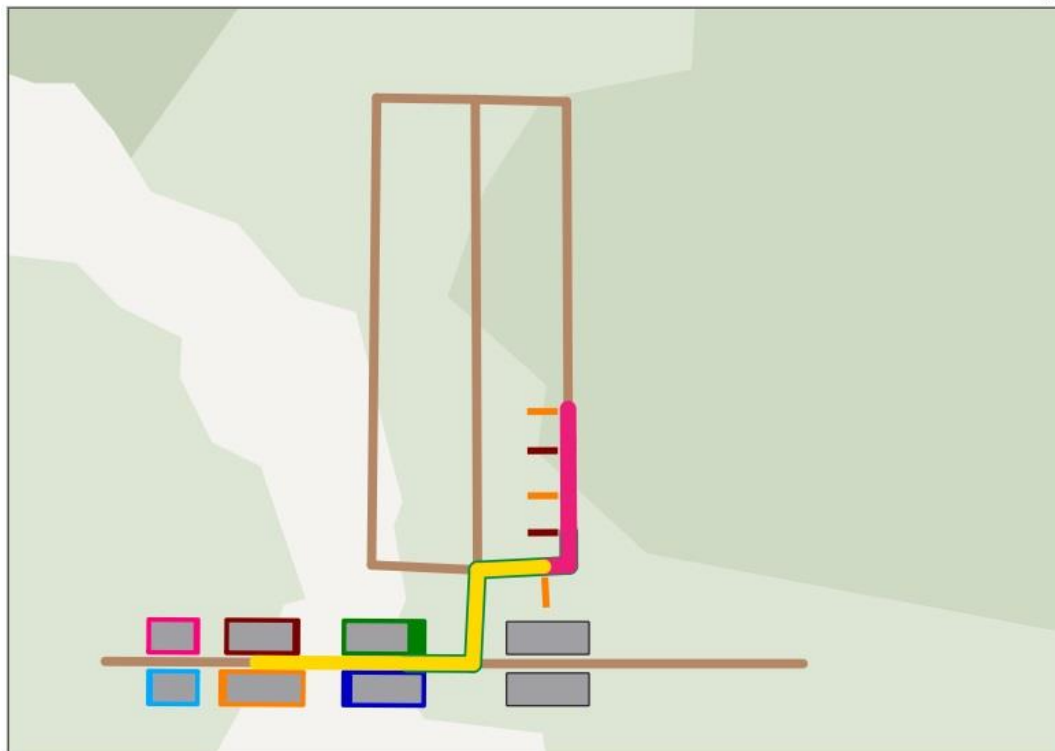


- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

Kolmas kuorma aloitettiin peruuttamalla ajouran perälle nostaen kuusikuidut ja kuusitukit kuormatilan pohjalle. Varastolle päin ajettaessa kuormatilaan nostettiin loput puutavarat siinä järjestyksessä, kuin ne tulivat vastaan. Kuormaan nostettiin vielä mänty- ja koivukuituja sekä koivu- ja mäntyukkeja. Kuorman purkaminen aloitettiin kauimmaisilta varastopinoilta. Kuormasta purettiin koivukuidut ja koivutukit. Kuormatraktoria siirrettiin keskimmäisille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin mäntykuituja ja mäntyukkeja. Tästä kuormatraktori siirrettiin leimikkoa lähimpänä oleville varastopinoille, joihin kuormasta purettiin kuusikuituja ja kuusitukkeja.

Driving Route

4(4)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure



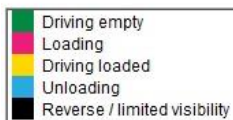
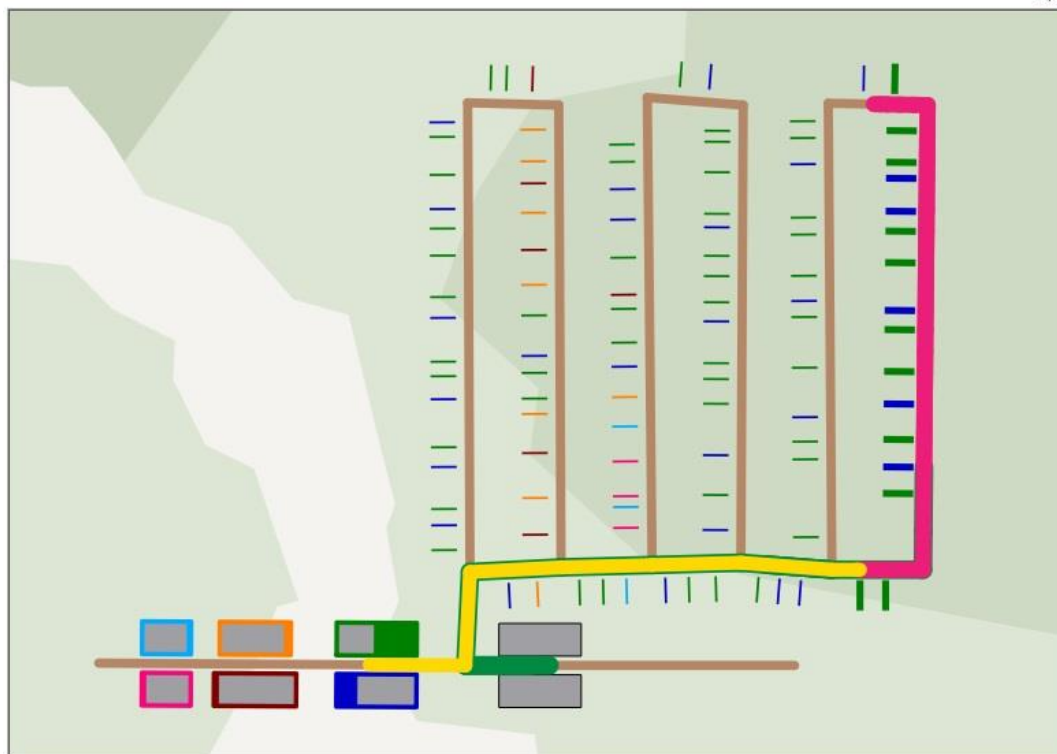
- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

Neljännessä kuormassa kuormatraktori peruutettiin jäljelle jääneiden puiden luo. Kuormatilan pohjalle kuormattiin mäntykuidut, ja varastolle päin ajettaessa kuormatilaan nostettiin mäntytukkeja. Kuorma purettiin keskimmaisille varastopinoille.

Liite 18. Leimikko 3, skenaario 4, nopein kokonaissuoritus

Driving Route

1(7)



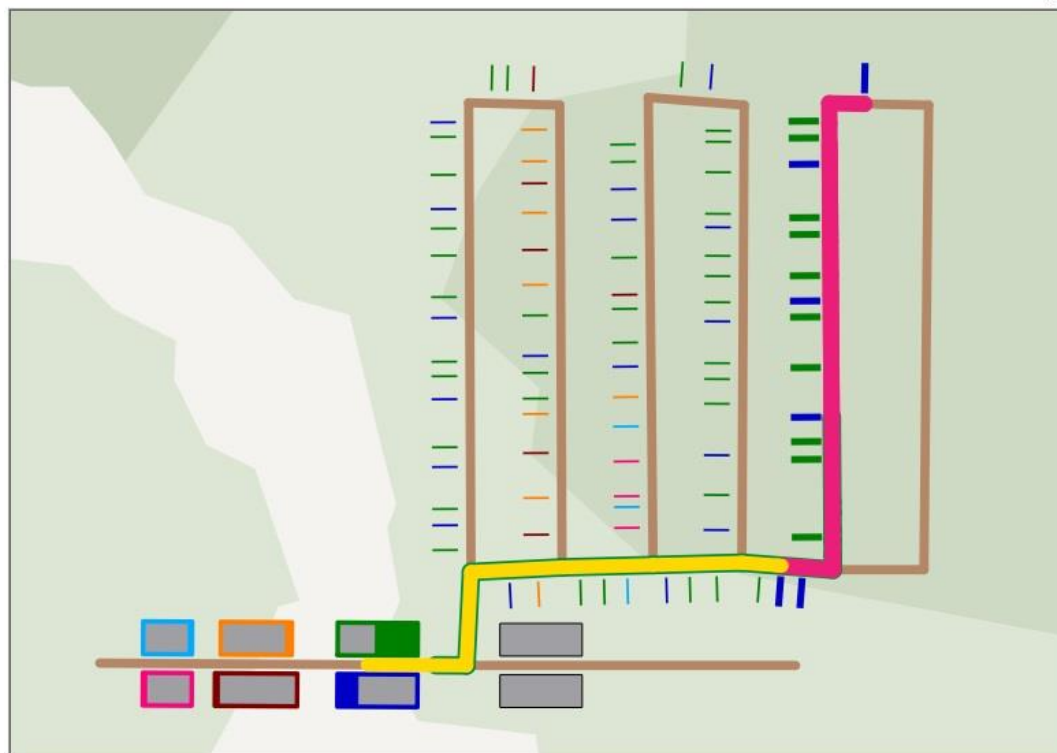
Load structure



Ensimmäinen kuorma aloitettiin peruuttamalla leimikolle. Ajouralenkille päästyä aloitettiin kuusikuitujen nostaminen kuormatilaan. Kuormatraktori peruutettiin ajouralengin puoleen väliin, mistä lähdettiin varastolle päin. Varastolle päin ajettaessa nostettiin loput puut kuormatilaan. Kuormaan tuli kuusitukkeja ja kuusikuituja. Kuorma purettiin leimikkoa lähimpänä oleville varastopinoille.

Driving Route

2(7)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure

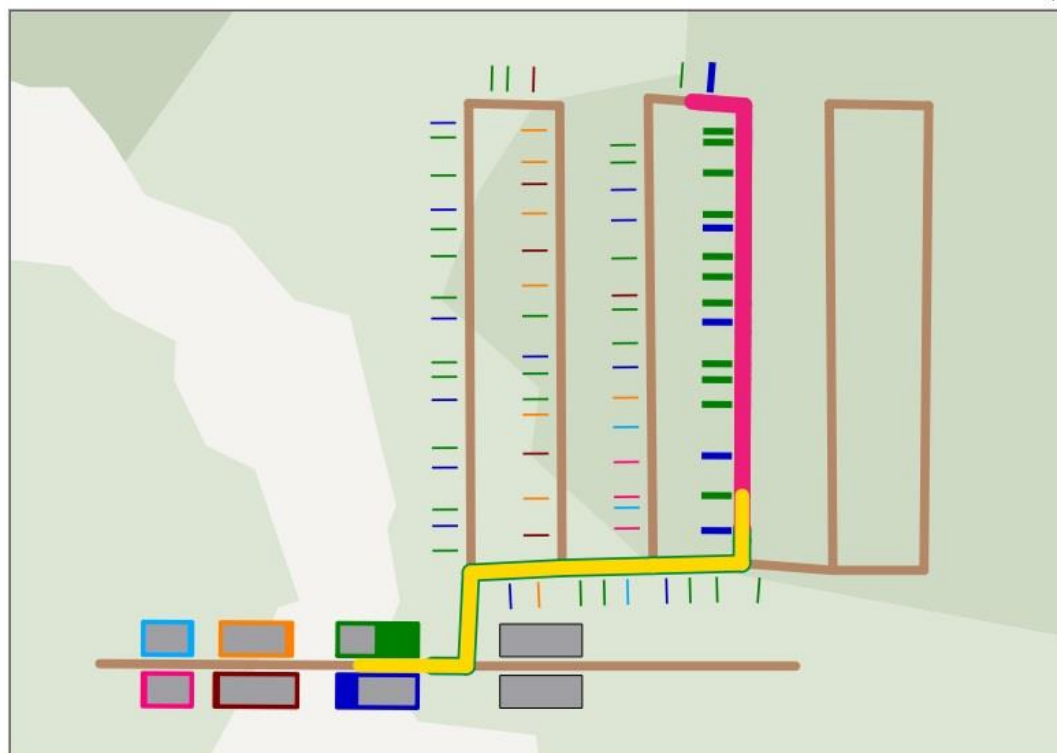


- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

Toinen kuorma aloitettiin peruuttamalla leimikolle. Ajouralenkille päästyä aloitettiin kuusikuitujen nostaminen kuormatilaan. Kuormatraktori peruutettiin ajouralengin puoleen väliin, mistä lähdettiin varastolle päin. Varastolle päin ajettaessa nostettiin loput puut kuormatilaan. Pääajouralta kuormatilaan nostettiin täyttöä. Kuormaan tuli kuusikuituja ja kuusikuituja. Kuorma purettiin leimikkoa lähimpänä oleville varastopinoille.

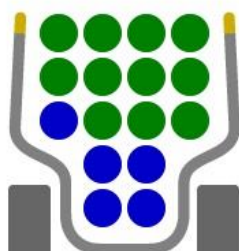
Driving Route

3(7)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure

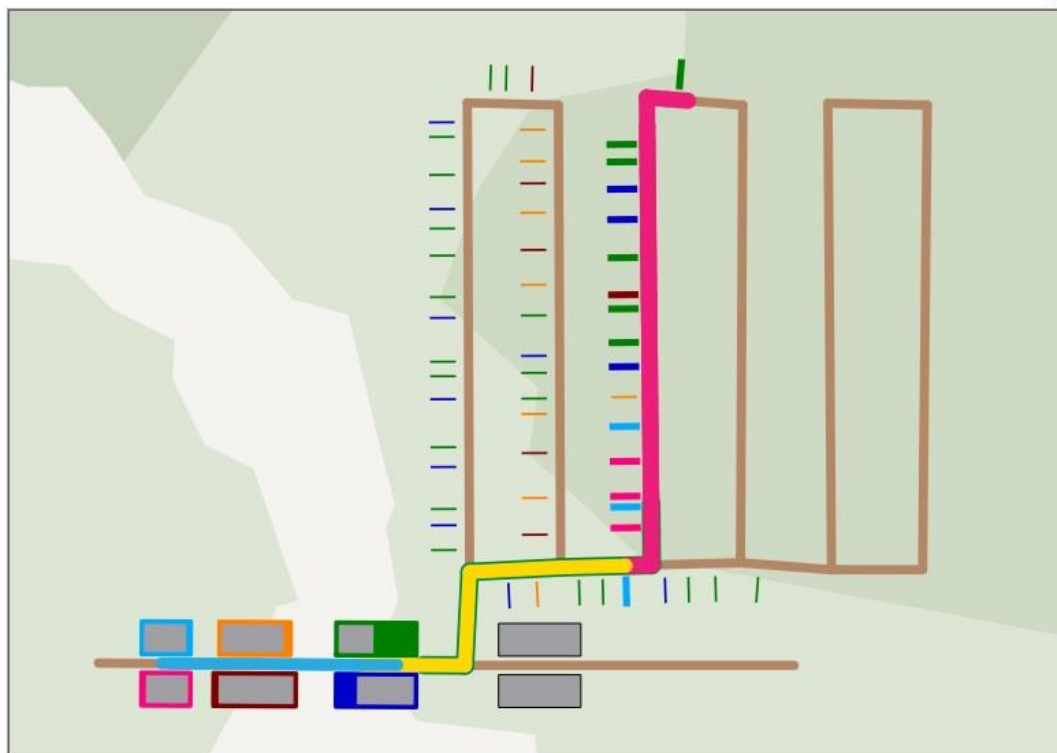


- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

Kolmas kuorma aloitettiin peruuttamalla leimikolle. Ajouralenkille päästyä aloitettiin kuusikuitujen nostaminen kuormatilaan. Kuormatraktori peruutettiin ajouralenkin puoleen väliin, mistä lähdettiin varastolle päin. Varastolle päin ajettaessa nostettiin loput puut kuormatilaan. Kuormaan tuli kuusitukkeja ja kuusikuituja. Kuorma purettiin leimikkaa lähimpänä oleville varastopinoille.

Driving Route

4(7)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure



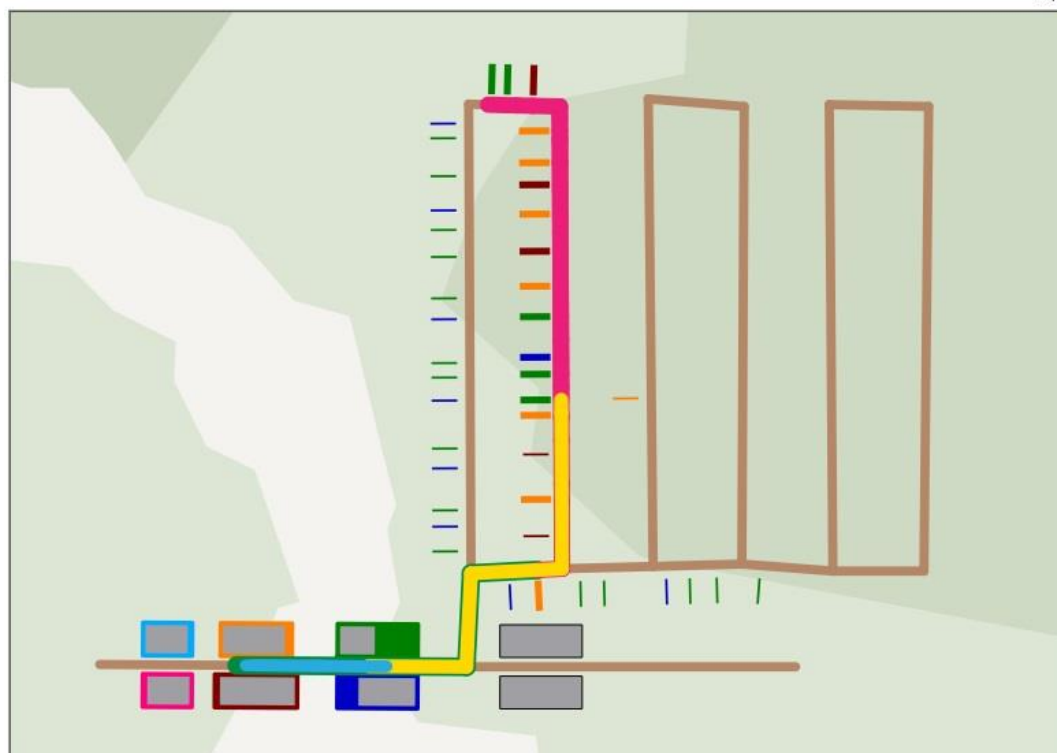
- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

Neljäs kuorma aloitettiin peruuttamalla leimikolle. Ajouralenkille päästyä aloitettiin koivutukkien ja kuusikuitujen nostaminen kuormatilaan. Kuormatraktori peruutettiin ajouralengin puoleen väliin, mistä lähdettiin varastolle päin. Varastolle päin ajettaessa nostettiin loput puut kuormatilaan pois lukien mäntytukit. Kuormaan tuli kuusi- ja koivutukkeja sekä kuusi-, mänty- ja koivukuituja. Kuorman purku aloitettiin leimikkoa lähimpänä olevista varastopinoista, mihin kuormasta purettiin kuusitukkeja. Tästä kuormatraktori siirrettiin kauimmaisimmille varastopinoille. Kuormasta purettiin koivukuidut. Tästä kuormatraktori siirrettiin keskimmaisimmille varastopinoille. Kuormasta

purettiin mäntykuidut. Kuormatraktori siirrettiin leimikkoa lähimpänä oleville varastopinoille, joihin kuormasta purettiin loput kuusitukit ja kuusikuidut. Tästä kuormatraktoria käytettiin vielä kauimmaisimmilla varastopinoilla. Kuormasta purettiin kuormatilan pohjalla olleet koivutukit.

Driving Route

5(7)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure

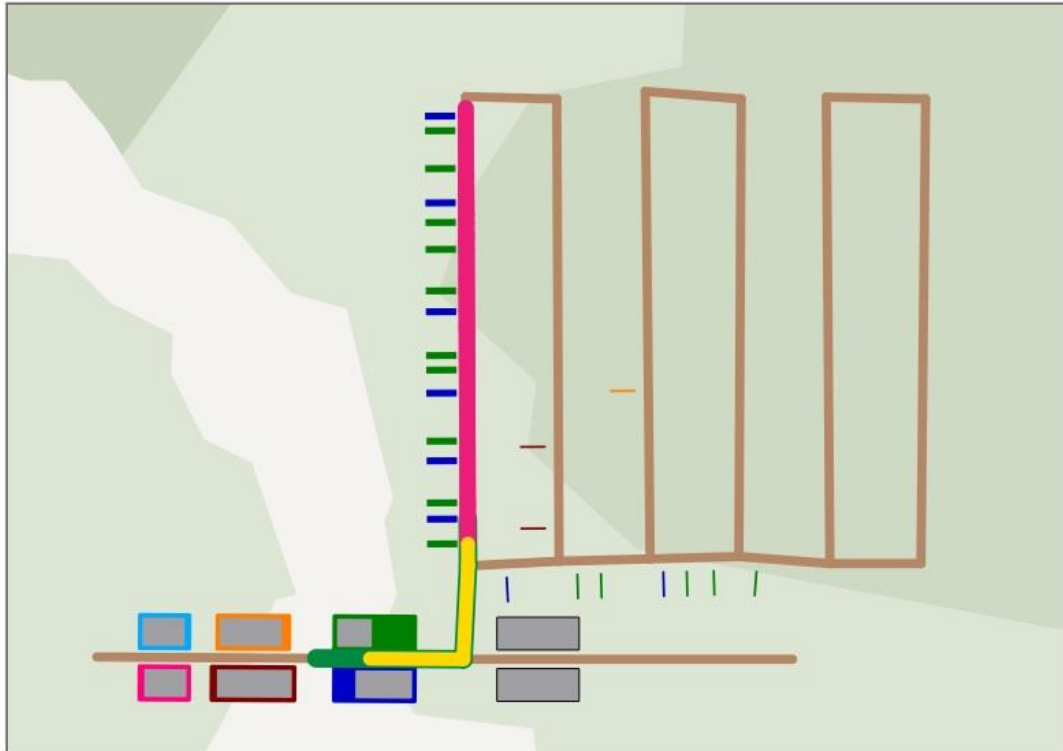


- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

Viides kuorma aloitettiin peruuttamalla ajouran perälle nostaen kuusikuidut ja mäntytytkit kuormatilan pohjalle. Kuormatraktori peruutettiin aina ajouralenkin päähän asti. Varastolle päin ajettaessa kuormatilaan nostettiin mäntykuituja ja kuusitukkeja. Leimikolle jääneet puut jäivät lähelle varastopinoja. Kuorman purkaminen aloitettiin lähimpänä leimikkoa olevilta varastopinoilta. Kuormasta purettiin kuusitukit. Tästä kuormatraktori siirrettiin keskimmaisille varastopinoille joihin kuormasta purettiin mäntykuidut. Kuormatraktoria siirrettiin vielä lähimpien ja keskimmaisten varastopinojen välillä neljä kertaa, jotta kuormatila tuli tyhjäksi.

Driving Route

6(7)



- █ Driving empty
- █ Loading
- █ Driving loaded
- █ Unloading
- █ Reverse / limited visibility

Load structure

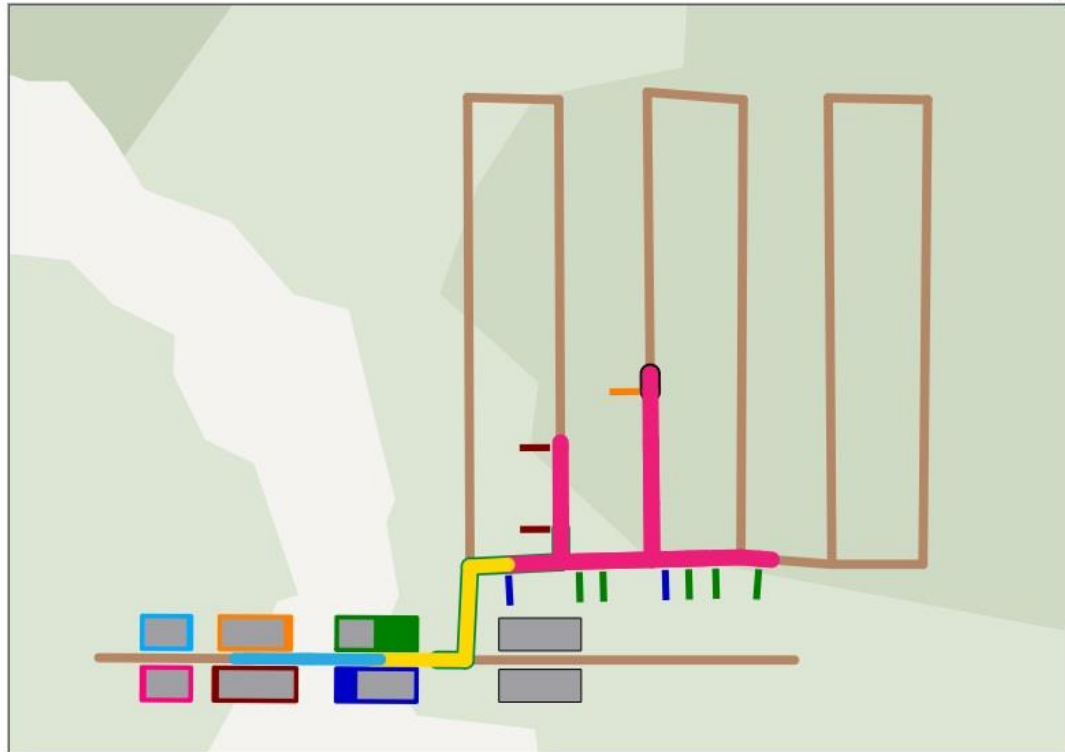


- █ Pine sawlog
- █ Pine pulp
- █ Spruce sawlog
- █ Spruce pulp
- █ Birch sawlog
- █ Birch pulp

Kuudes kuorma aloitettiin peruuttamalla leimikolle. Perälle päin mentäessä kuusikuidut nostettiin kuormatilaan. Varastolle päin ajettaessa nostettiin loput puut kuormatilaan. Kuormaan tuli kuusitukkeja ja kuusikuituja. Kuorma purettiin leimikkoa lähimpänä oleville varastopinoille.

Driving Route

7(7)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure



- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

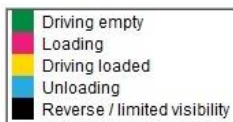
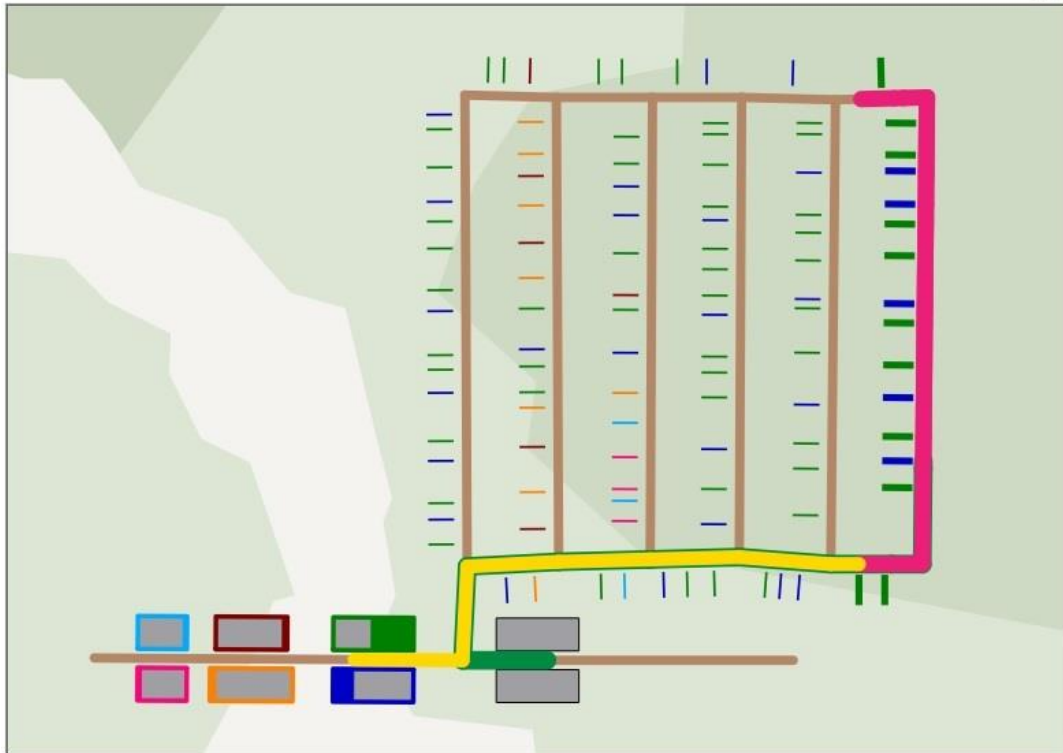
Seitsemäs kuorma oli keräilykuorma. Kuormatraktoria peruutettiin pistotyyliisesti ajourille, joille oli jäänyt puuta. Ensimmäisenä noudettiin toiselle uralle jääneet mäntykuidut kuormatilan pohjalle. Tästä peruutettiin pääajouraa pitkin nostoen kuusitukit kyytiin. Sen jälkeen käytiin noutamassa toisen ajouralenkin varresta mäntytukit kuormatilaan ja siihen päälle kuusikuidut pääajouralta. Kuorman purku aloitettiin keskimmäisiltä varastopinoilta, joihin kuormasta purettiin mäntytukit. Tästä kuormatraktori siirrettiin leimikkoa lähimpänä oleville varastopinoille, joihin kuormasta purettiin kuu-

sikuidut ja kuusitukit. Tästä kuormatraktori siirrettiin vielä keskimmäisille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin loput mäntykuidut.

Liite 19. Leimikko 3, skenaario 5, nopein kokonaissuoritus

Driving Route

1(7)



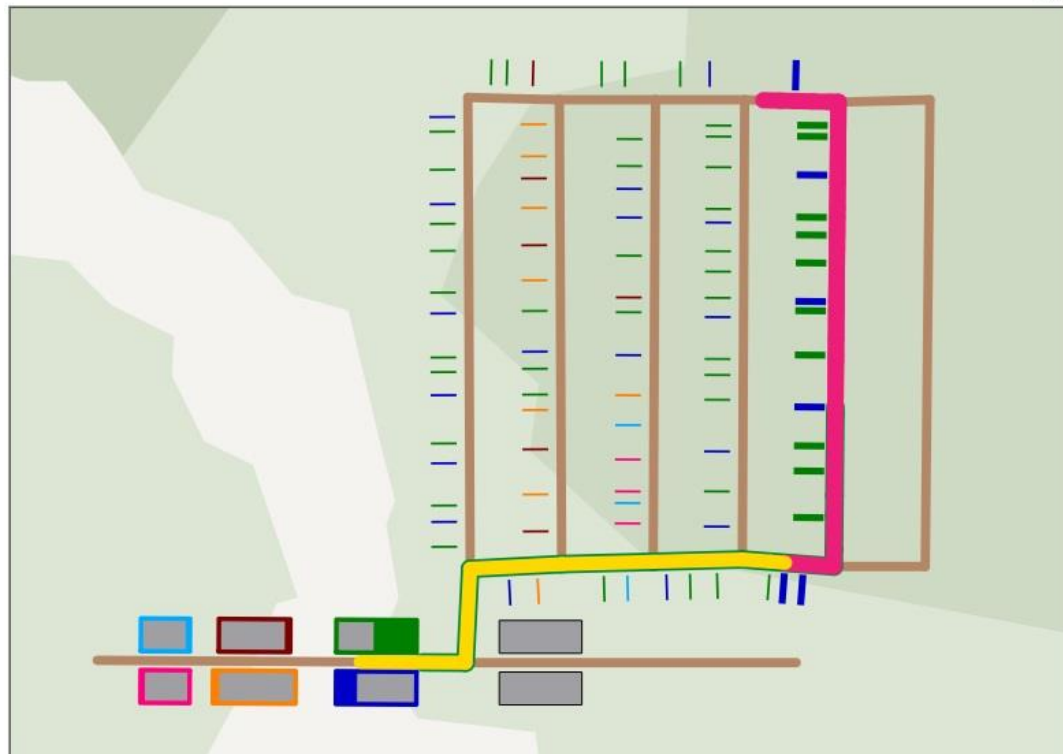
Load structure



Ensimmäinen kuorma aloitettiin peruuttamalla leimikolle. Ajouralenkille päästyä aloitettiin kuusikuitujen nostaminen kuormatilaan. Kuormatraktori peruutettiin seuraavan ajouran alkuun asti. Siitä lähdettiin samaa reittiä takaisinpäin. Varastolle päin ajettaessa nostettiin loput puut kuormatilaan. Kuorman täyttö tehtiin pääajouralta. Kuormaan tuli kuusitukkeja ja kuusikuituja. Kuorma purettiin leimikkoa lähimpänä oleville varastopinoille.

Driving Route

2(7)



- █ Driving empty
- █ Loading
- █ Driving loaded
- █ Unloading
- █ Reverse / limited visibility

Load structure

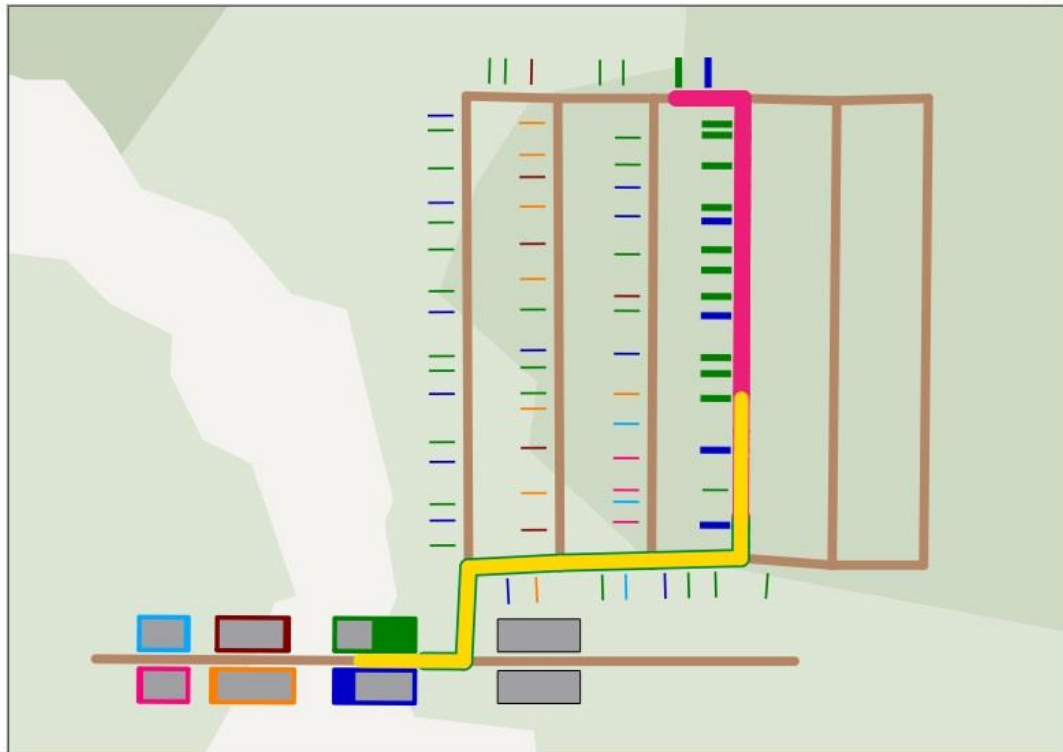


- █ Pine sawlog
- █ Pine pulp
- █ Spruce sawlog
- █ Spruce pulp
- █ Birch sawlog
- █ Birch pulp

Toinen kuorma aloitettiin peruuttamalla leimikolle. Ajouralle päästyä aloitettiin kuusikuitujen nostaminen kuormatilaan. Kuormatraktori peruutettiin seuraavan ajouran alkuun asti, mistä lähdettiin varastolle päin. Varastolle päin ajettaessa nostettiin loput puut kuormatilaan. Pääajouralta kuormatilaan nostettiin täyttöä. Kuormaan tuli kuusitukkeja ja kuusikuituja. Kuorma purettiin leimikkoa lähimpänä oleville varastopinoille.

Driving Route

3(7)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure

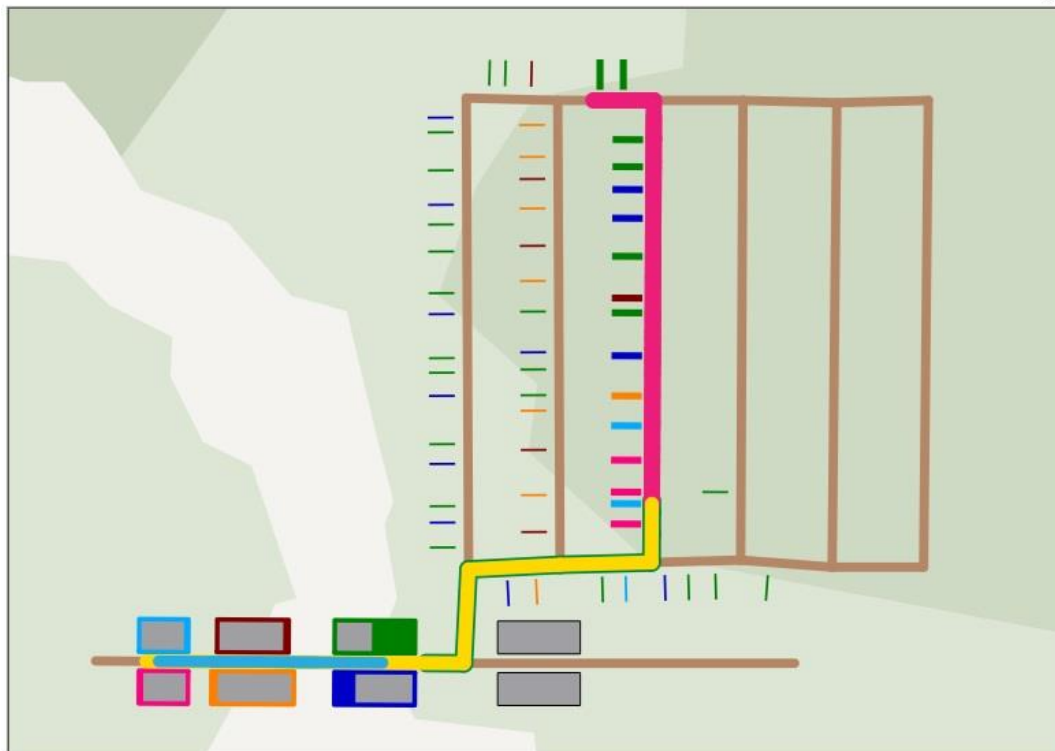


- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

Kolmas kuorma aloitettiin peruuttamalla leimikolle. Ajouralle päästyä aloitettiin kuusikuitujen nostaminen kuormatilaan. Kuormatraktori peruutettiin seuraavan ajouran alkuun asti, josta lähdettiin varastolle päin. Varastolle päin ajettaessa nostettiin loput puut kuormatilaan. Kuormaan tuli kuusitukkeja ja kuusikuituja. Kuorma purettiin leimikkoa lähimpänä oleville varastopinoille.

Driving Route

4(7)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure



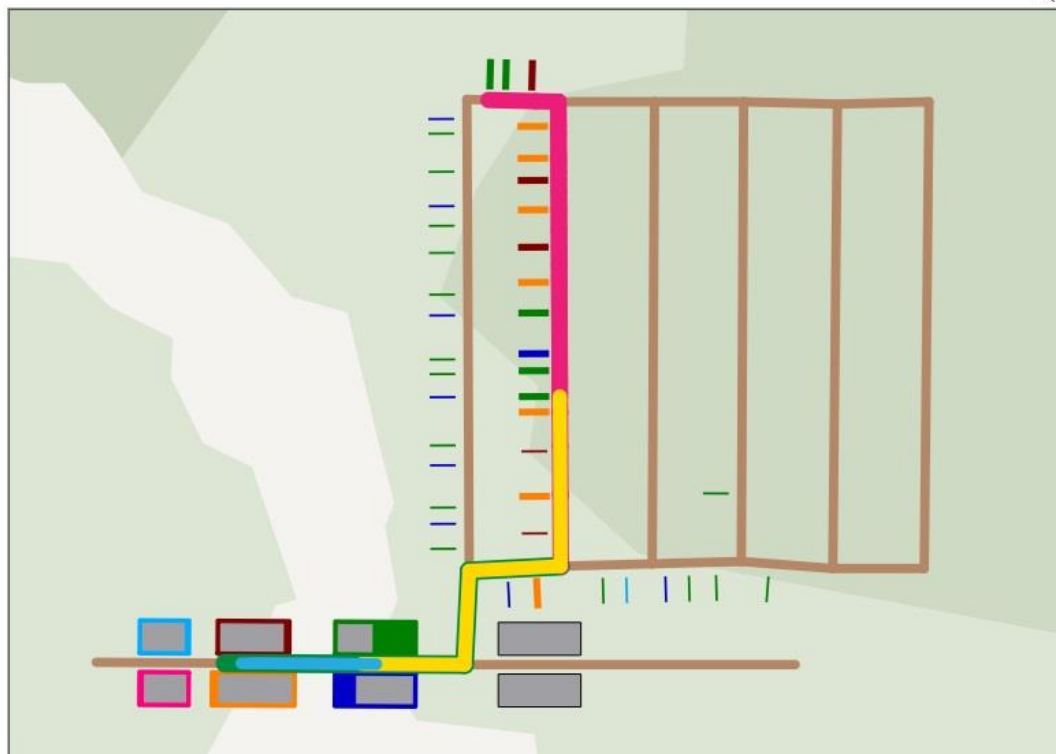
- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

Neljäs kuorma aloitettiin peruuttamalla leimikolle. Ajouralle päästyä aloitettiin koivutukkien ja kuusikuitujen nostaminen kuormatilaan. Kuormatraktori peruutettiin seuraavan ajouran alkuun asti, mistä lähdettiin varastolle päin. Varastolle päin ajettaessa nostettiin loput puut kuormatilaan. Kuormaan tuli kuusi-, mänty- ja koivutukkeja sekä kuusi-, mänty- ja koivukuituja. Kuorman purku aloitettiin kauimmaisista varastopinoista, mihin kuormasta purettiin koivukuidut. Tästä kuormatraktori siirrettiin keskimäisille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin mäntyukkeja ja kuusikuituja. Tästä kuormatraktori siirrettiin leimikkoa lähimpänä oleville varastopinoille, joihin purettiin

kuusikuidut ja kuusitukit. Tästä kuormatraktori siirrettiin kauimmaisille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin alimmaisena olleet koivutukit.

Driving Route

5(7)



- Driving empty
- Loading
- Driving loaded
- Unloading
- Reverse / limited visibility

Load structure

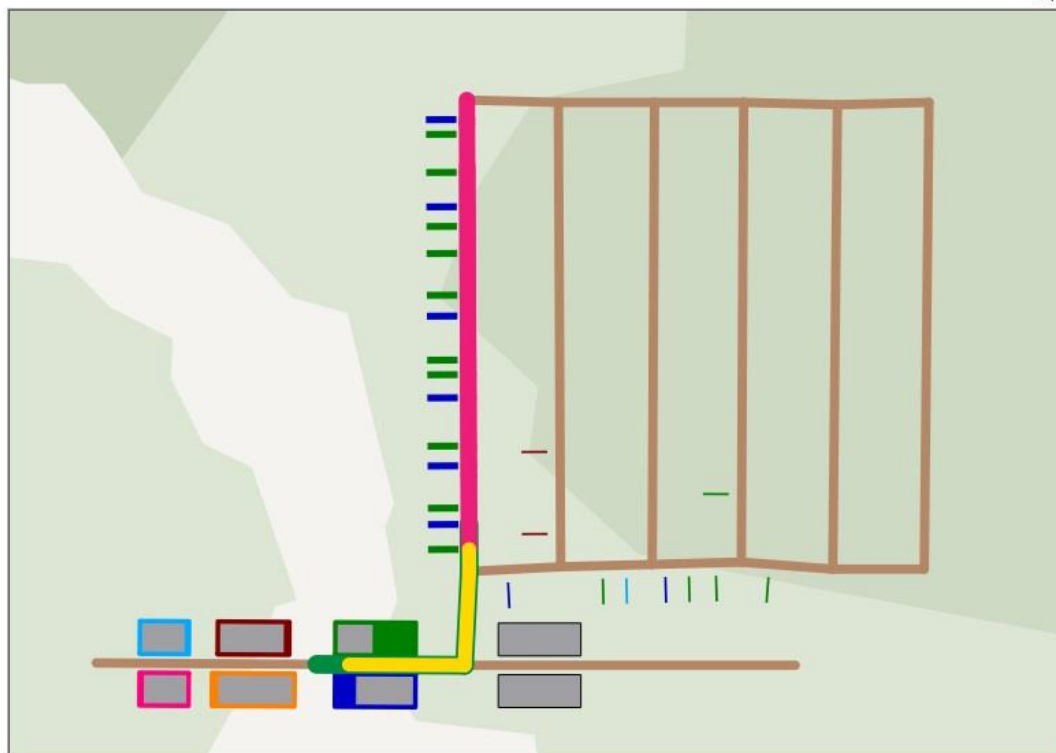


- Pine sawlog
- Pine pulp
- Spruce sawlog
- Spruce pulp
- Birch sawlog
- Birch pulp

Viides kuorma aloitettiin peruuttamalla ajouran perälle nostoen mäntytukit kuormatilan pohjalle. Kuormatraktori peruutettiin seuraavan ajouran alkuun asti. Varastolle päin ajettaessa kuormatilaan nostettiin mänty-, ja kuusikuituja sekä kuusitukkeja. Leimikolle jääneet puut jäivät lähelle varastopinoja. Kuorman purkaminen aloitettiin lähimpänä leimikkoa olevilta varastopinoilta. Kuormasta purettiin kuusitukit, ja kuusikuidut. Tästä kuormatraktori siirrettiin keskimmaisille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin mäntykuidut. Kuormatraktoria siirrettiin vielä lähimmän ja keskimmäisten varastopinojen välillä kaksi kertaa, jotta kuormatila tuli tyhjäksi.

Driving Route

6(7)



- █ Driving empty
- █ Loading
- █ Driving loaded
- █ Unloading
- █ Reverse / limited visibility

Load structure

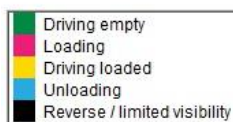
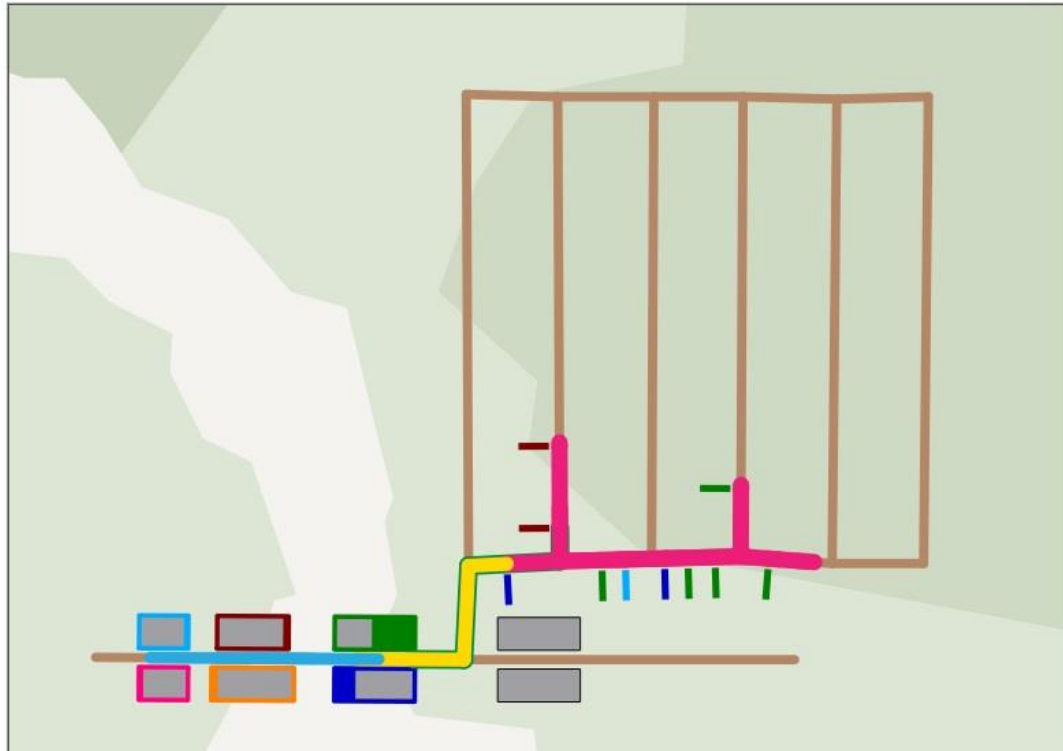


- █ Pine sawlog
- █ Pine pulp
- █ Spruce sawlog
- █ Spruce pulp
- █ Birch sawlog
- █ Birch pulp

Kuudes kuorma aloitettiin peruuttamalla leimikolle. Perälle päin mentäessä kuusikuidut nostettiin kuormatilaan. Varastolle päin ajettaessa nostettiin loput puut kuormatilaan. Kuormaan tuli kuusitukkeja ja kuusikuituja. Kuorma purettiin leimikkaa lähimpänä oleville varastopinoille.

Driving Route

7(7)



Load structure



Seitsemäs kuorma oli keräilykuorma. Kuormatraktoria peruutettiin pistotyyliisesti ajourille, joihin oli jäänyt puuta. Ensimmäisenä noudettiin toiselle uralle jääneet mäntykuidut kuormatilan pohjalle. Tästä peruutettiin pääajouraa pitkin nostaan kuusitukit kyytiin. Sen jälkeen käytiin noutamassa neljännen ajouran varteen jääneet kuusitukit kuormatilaan ja siihen päälle kuusi- ja koivukuidut pääajouralta. Kuorman purku aloitettiin leimikkoa lähimpänä olevilta varastopinoilta, joihin kuormasta purettiin kuusitukkeja ja kuusikuituja. Tästä kuormatraktori siirrettiin kauimmaisille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin koivukuidut. Tästä kuormatraktori siirrettiin vielä leimikkoa

lähimpänä oleville varastopinoille, joihin kuormasta purettiin loput kuusitukit. Tästä kone siirrettiin vielä keskimmäisille varastopinoille, joihin kuormasta purettiin loput kuormatilassa olevat mäntykuidut.