



Karelia-ammattikorkeakoulu
Insinööri (YAMK)
Uusiutuvan energian koulutus

Polttoainevastaanoton kehittäminen Vanajan voimalaitoksella

Karoliina Kärkäs

Opinnäytetyö, joulukuu 2021

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2021
Uusiutuvan energian koulutus, YAMK

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä(t)
Karoliina Kärkäs

Nimeke
Polttoainevastaanoton kehittäminen Vanajan Voimalaitoksella

Toimeksiantaja
Loimua Oy

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Loimua Oy:n Vanajan voimalaitoksen polttoainevastaanottoa sujuvammaksi ja nopeammaksi tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella. Tutkimuksessa tavoitteena oli selvittää, mitkä työvaiheet vastaanottoprosessissa vievät eniten aikaa, ja mitkä ovat polttoainevastaanottoon liittyvät pullonkaulat ja mitkä asiat aiheuttavat polttoainekuljettajille mahdollista odotusaikaa.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin ajankäyttötutkimusta, koska tarkoituksena oli selvittää vastaanottoprosessiin käytetty aika - mihin aika kuluu ja miten se jakautuu eri työvaiheisiin. Lisäksi ajankäyttötutkimuksen aikana kirjattiin ylös havaintoja. Ajankäyttötutkimus suoritettiin videoimalla erilaiset vastaanottoprosessit. Vastaanottoprosesseja oli neljä erilaista. Vastaanottoprosessiin vaikutti polttoainekuormaa tuovan auton purkutapa ja -paikka. Tutkimus rajattiin koskemaan vain voimalaitoksen vastaanottoasemaa 2 sekä polttoainekenttää. Kummallekin purkupaikalle voidaan polttoainetta toimittaa kahdella erilaisella purkutavalla: perä- tai kippipurkuna. Jokaiselle neljälle erilaiselle vastaanottoprosessille määriteltiin työvaiheet. Näiden kestot kelloitettiin videoista lukemalla työvaiheiden vaihtumahetket videon aikajanalta.

Tutkimuksessa saatiin selvitettyä vastaanottoprosesseittain työvaiheiden kestot. Lisäksi saatiin laskettua kunkin vastaanottoprosessin keskimääräinen kesto ja työvaihekohtainen keskihajonta. Tulosten perusteella saatiin selville vastaanottoprosessien ongelmakohdat. Vastaanottoprosessin kokonaiskestoon vaikutti eniten purkupaikalle jonottaminen. Tulosten ja havaintojen perusteella merkittävin haaste vastaanottoprosessissa oli puutteellinen autojen ohjaus prosessin aikana. Lisäksi autojen jonotusaikaa tulee lyhentää.

Kieli
suomi

Sivuja 78
Liitteet
Liitesivumäärä

Asiasanat

Uusiutuvat polttoaineet, polttoainevastaanotto, polttoainenäytteenotto, voimalaitos



THESIS
December 2021
Degree Programme in
Renewable Energy (Master`s Degree)

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600 (switchboard)

Author (s)
Karoliina Kärkäs

Title
Development of Fuel Reception at the Vanaja Power Plant

Commissioned by
Loimua Oy

Abstract

The purpose of this thesis was make the fuel reception of Vanaja power plant smoother and faster based on the results of the study. The aim of the study was to find out which steps take the most time and what are the problems of the reception process.

A time use survey was used as the research method to find out the time spent on reception. Observations were also recorded during the study. The study was conducted by videotaping various reception processes. There were four different processes depending on the method and location of unloading the fuel truck. The study was limited to the power plant`s reception station 2 and the fuel terminal. There are two ways to deliver fuel to each unloading place. Work steps were defined for each of the four reception processes. The duration of the work steps was determined from the video timeline.

As a result of the study the durations of the work steps of the reception processes were found out. Based on the results, the problems of the reception processes were identified. The duration of the reception process was most affected by queuing at the unloading place. Based on the results, the most significant problem on the reception process was the lack of control of fuel trucks during the process. In addition, the queuing time for trucks should be shortened.

Language

Finnish

Pages 78
Appendices
Pages of Appendices

Keywords

renewable fuels, fuel reception, fuel sampling, power plant

Sisältö

1	Johdanto	6
1.1	Opinnäytetyön tausta	6
1.2	Opinnäytetyön tavoitteet	7
2	Yrityksen esittely	8
2.1	Loimua Oy	8
2.2	Vanajan Voimalaitos	8
3	Puupolttoaineiden käyttö	10
3.1	Puupolttoaineet	10
3.2	Metsäpolttoaine	11
3.3	Teollisuuden puutähde	12
3.4	Kierrätyspuu (AB-luokka)	13
3.5	Puupolttoaineiden käyttö Suomessa	14
4	Polttoaineen vastaanotto	14
4.1	Ajoneuvotyypit ja purkutekniikat	17
4.2	Polttoaineen purkupaikat	21
4.3	Manuaalinen polttoainenäytteenotto	22
4.4	Automaattinen polttoainenäytteenotto	26
4.5	Vastaanoton merkitys	28
5	Työtutkimus	29
5.1	Normaaliaikatutkimus	30
5.2	Ajankäyttötutkimus	30
5.3	Havainnointitutkimus	31
5.4	Lean –ajattelu	31
6	Vanajan Voimalaitoksen vastaanottoprosessi	32
6.1	Vastaanottoasema 1	32
6.2	Vastaanottoasema 2	33
6.3	Polttoainekenttä	34
6.4	Polttoainevastaanottoprosessi	34
6.5	Polttoainenäytteenotto	36
6.6	Purkuajat	37
7	Tutkimuksen toteutus	38
7.1	Tutkimustavoitteet ja -menetelmät	38
7.2	Ajankäyttötutkimus	38
7.3	Peräpurku vastaanottoasemalle 2	40
7.4	Peräpurku polttoainekentälle	44
7.5	Kippipurku vastaanottoasemalle 2	46
7.6	Kippipurku polttoainekentälle	51
7.7	Polttoainehallintajärjestelmä Once	54
8	Tulokset	55
8.1	Tulosten tarkastelua	55
8.2	Peräpurku vastaanottoasemalle 2	56
8.3	Peräpurku polttoainekentälle	57
8.4	Kippipurku vastaanottoasemalle 2	58
8.5	Kippipurku polttoainekentälle	60
8.6	Tulosten yhteenveto	61
8.7	Once –järjestelmä	62
8.8	Havainnot	63
8.9	Tulosten luotettavuus	65

9 Johtopäätökset ja kehitysehdotukset	68
9.1 Vastaanoton ajo-ohjaus	69
10 Yhteenveto.....	75
Lähteet.....	76

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tausta

Opinnäytetyön tilaaja on Loimua Oy. Opinnäytetyö kohdistuu Loimua Oy:n Hämeenlinnassa sijaitsevaan Vanajan Voimalaitokseen. Työskentelen itse Loimua Oy:llä polttoainehankintapäällikkönä ja vastaan kiinteiden polttoaineiden hankinnasta. Työnkuvaani kuuluu myös muita polttoaineasioita, kuten polttoainevastaanottoon ja -näytteenottoon liittyvät asiat.

Vanajan voimalaitoksella on käynnissä merkittävä investointi, jossa vanhaa tuotantokapasiteettia korvataan uudella. Vanajalle valmistui syksyllä 2020 uusi 39 MW leijupetikattila. Tämä muuttaa kiinteiden polttoaineiden eli puun ja turpeen käyttömääriä. Turpeen käyttö tippuu yli 80 %:a nykyisestä käyttömäärästä ja vastaavasti puun käyttömäärä kasvaa noin 10 %:a. Kiinteiden polttoaineiden kokonaismäärä laskee merkittävästi nykyisestä uuden kattilatekniikan ja siihen liitetyn savukaasupesurin myötä. Muuttunut tilanne haastaa nykyisen polttoainevastaanoton, jossa puulle ja turpeelle on ollut käytössä omat vastaanottoasemat. Puumäärän kasvaessa ja turpeen vähentyessä vastaanottoasemien roolit muuttuvat.

Polttoainemarkkina on murroksessa. Vanajan Voimalaitos sijaitsee lähellä Uudenmaan maakuntaa ja pääkaupunkiseutua, jossa erityisesti puupolttoaineiden käyttö on lisääntynyt ja tulee lisääntymään merkittävästi. Tämä luo uuden kilpailutilanteen, joka vaikuttaa polttoaineen saatavuuteen ja hinnoitteluun ja asettaa polttoaineen käyttäjät uuden haasteen eteen. Polttoainetoimitusten nopeus ja helppous sekä vastaanoton joustavuus saavat uuden merkityksen. On siirrytty ostajan markkinoista myyjän markkinoihin. Tämä tulee ottaa huomioon entistä paremmin myös polttoainevastaanotoissa ja kehittää niitä sellaiseen suuntaan, joka lisää käyttöpaikan houkuttelevuutta.

1.2 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää ja sujuvoittaa Loimua Oy:n Vanajan voimalaitoksen kiinteiden polttoaineiden vastaanottoa. Opinnäytetyössä tutkitaan videoinnin avulla vastaanoton ja purkutapahtuman sujuvuutta. Videoista saadaan selville vastaanottoprosessiin käytetty aika ja sen jakautuminen työvaiheittain. Samalla tehdään havaintoja vastaanoton ongelmakohdista. Videoiden lisäksi hyödynnetään Loimuan polttoaineenhallintajärjestelmää, Oncea, josta saadaan tietoa mm. vastaanottoprosessin kokonaisuudesta. Opinnäytetyön tavoitteena on purkutapahtuman videointien avulla löytää polttoainevastaanottoon liittyvät pullonkaulat sekä asiat, joita muuttamalla polttoaineen vastaanotto saadaan sujuvammaksi ja polttoainerekan voimalaitoksella käyttämä aika lyhenee nykyisestä.

Opinnäytetyössä huomioidaan myös Vanajan voimalaitoksen muuttuva polttoainejakauma, jossa turpeen käyttö vähenee merkittävästi ja puun käyttö puolestaan lisääntyy jonkin verran. Voimalaitoksen vastaanottoasemien rooli muuttuu nykyisestä ja tämä tulee huomioida vastaanoton kehittämisessä ja sujuvoittamisessa. Polttoainevastaanoton tulee olla kustannustehokas. Tähän vaikuttaa eniten voimalaitoksen polttoainekentän käyttö vastaanottoaikkana. Polttoainevastaanottoa tulee kehittää siten, että voimalaitoksen polttoainekentälle vastaanotettavien polttoainekuormien määrä pysyy kohtuullisena.

Opinnäytetyössä esitetään videoinnin avulla kelloitetut purkutapahtuman vaiheet. Kellotuksella ja havainnoilla pyritään löytämään polttoainevastaanoton kehitystarpeet. Opinnäytetyön johtopäätöksinä esitetään toimenpiteet, joiden avulla Vanajan voimalaitoksen polttoainevastaanottoa tulisi kehittää, jotta purkutapahtuman kokonaisaika saadaan lyhennettyä.

2 Yrityksen esittely

2.1 Loimua Oy

Loimua Oy tuottaa kaukolämpöä ja sähköä sekä myy ja jakelee kaukolämmön lisäksi maakaasua. Loimua tarjoaa kokonaisvaltaisia ja vastuullisia energiaratkaisuja. Kaukolämpö on yrityksen päätuote, jota tuotetaan paikallisesti. Loimua on Suomen toiseksi suurin yksityinen kaukolämmön myyjä. Yritys toimii Kanta-Hämeessä, Heinolassa, Keski-Suomessa sekä Pohjois-Pohjanmaalla. Lisäksi Loimua on osakkaana Oriveden Aluelämpö Oy:ssä. Yrityksessä työskentelee noin 90 työntekijää. Loimua Oy:n omistavat Aberdeen Standard Investment, DIF Capital Partners ja LPPI Infrastructure Investments LP. (Loimua Oy 2021.)

Loimualla on 16 kaukolämpöverkkoa ja 11 kiinteän polttoaineen käyttöpaikkaa eli lämpö- ja voimalaitosta. Oman tuotannon lisäksi Loimua toimii yhteistyössä eri teollisuuden alan toimijoiden kanssa hyödyntämällä yhteistyökumppaneiden tuotannossa syntyvää lämpöä Loimuan kaukolämpöverkoissa. Pääpolttoaineena kaikissa oman tuotannon lämpö- ja voimalaitoksissa ovat puupolttoaineet. Lisäksi käytetään jonkin verran turvetta. Loimuan tuottamaa lämpöä käyttää lähes 85 000 asukasta. Suurin osa asiakkaista on taloyhtiöitä ja niiden asukkaita. (Loimua Oy 2021.)

2.2 Vanajan Voimalaitos

Vanajan Voimalaitoksella on hyvin pitkälle historiaan ulottuvat juuret. Voimalaitos on valmistunut vuonna 1939. Vanajan Voimalaitos on Loimuan suurin tuotantoyksikkö ja ainoa CHP eli yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotantoyksikkö. Vanajan voimalaitos sijaitsee Hämeenlinnassa, josta tuotetaan lämpöä Hämeenlinnan kaupungin asukkaille sekä sähköä valtakunnan verkkoon. Vanajan voimalaitoksella on kaksi leijupetikattilaa – 50 MW höyrykattila sekä 39 MW kuumevesikattila. 50 MW höyrykattila, K5, on

valmistunut vuonna 2009 ja siihen on liitetty savukaasupesuri. 39 MW kuumavesikattila, K6, on valmistunut 2020 ja myös siihen on liitetty savukaasupesuri. K5-kattilalla pystytään lisäksi tuottamaan höyryturbiinin välityksellä sähköä.

Vanajalla käytetään pääpolttoaineina kotimaisia ja uusiutuvia polttoaineita. Vuonna 2019 uusiutuvien polttoaineiden osuus oli 71 %:a. Loppuosa oli turvetta (28%) ja maakaasua (1%). Uusiutuvista polttoaineista 90 %:a oli metsäpolttoaineita ja loput teollisuuden puutähdettä ja kierrätyspuuta. Kun uusi K6-kattila valmistuu, uusiutuvien polttoaineiden osuus nousee yli 90 %:iin ja turpeen käytön osuus vastaavasti laskee noin 5 %:iin.

Vanajan voimalaitoksella on kaksi polttoaineen vastaanottoasemaa. Asema 1 on tällä hetkellä ns. turveasema eli sinne ei ole oteta muita polttoainelajikkeita vastaan. Asema 2 on puolestaan ns. biovastaanotto. Näiden lisäksi aseman 2 vieressä on noin 4000 m²:n suuruinen polttoainekenttä, jossa säilytetään pientä polttoainevarastoa mm. huoltovarmuuden turvaamiseksi.



Kuva 1. Vanajan Voimalaitoksen ilmakuva 2017 (kuva ja lupa Loimua Oy).

3 Puupolttoaineiden käyttö

3.1 Puupolttoaineet

Puupolttoaineet ovat nimensä mukaisesti puupohjaisia polttoaineita. Puupolttoaineisiin kuuluvat metsäpolttoaineet, teollisuuden puutähteet, kierrätyspuu, puunjalostusteollisuuden jäteliemet, puunjalostusteollisuuden sivu- ja jätetuotteet sekä puupelletit ja –brikitit. Tilastokeskus julkaisee vuosittain polttoaineluokituksen, ja edellä mainitut polttoaineet ovat polttoaineluokituksen ns. yläluokkia, jotka voivat sisältää useita eri polttoainejakeita. (Tilastokeskus 2020.)

Eniten käytettyjä puupolttoaineita ovat metsäpolttoaineet ja teollisuuden puutähteet. Lämpö- ja voimalaitoksen ympäristölupa määrittelee, mitä polttoaineita voidaan käyttää. Kaikki puupolttoaineet eivät ole puhtaita polttoaineita vaan voivat sisältää esimerkiksi liimoja, sidosaineita tai maalia. Mikäli luonnonpuusta määritetyt luonnonpuun raja-arvot ylittyvät (taulukko 1), ko. polttoainelajikkeiden polttaminen vaatii jätteen rinnakkaispolttoluvan. Loimua Oy:n lämpö- ja voimalaitoksissa on lupa vain puhtaiden eli AB-luokan polttoaineiden käyttöön. Loimualla käytetään metsäpolttoaineita, puhtaita teollisuuden puutähteitä ja kierrätyspuuta.

Taulukko 22. Luonnonpuun ominaisuuksien maksimiarvoja (EN 14961-1, N155). Ominaisuuksien ilmoittaminen EN 14961-1 mukaan puujäteluokille A ja B (biopolttoaine; ei sovelleta jätteenpolttoasetusta), sekä luokan C puujätteelle, joka analyysin todistetaan puhtaudeltaan biopolttoaineeksi (ei sovelleta jätteenpolttoasetuksesta).

	Ominaisuus	Raja-arvo*, kuiva- aineesta	Luonnon puu, johon raja- arvo perustuu	Luokka A		Luokka B		Luokka C
				Velvoittavat	Opastavat	Velvoittavat	Opastavat	
Suositusarvo	Rikki	S	≤ 0,2 p-%	kuori, lehtipuu				
	Typpi	N	≤ 0,9 p-%	kuori, lehtipuu		X	X	X
	Kalium	K	≤ 5 000 mg/kg	kuori, lehtipuu				
	Natrium	Na	≤ 2 000 mg/kg	kuori, havupuu				
	Kloori	Cl	≤ 0,1 p-% **			X	X	X
"Raskasmetallit"	Arseeni	As	≤ 4 mg/kg	kuori, havupuu				X
	Kadmium	Cd	≤ 1 mg/kg	kuori, havupuu				X
	Kromi	Cr	≤ 40 mg/kg	kuori, havupuu				X
	Kupari	Cu	≤ 30 mg/kg***	kuori, havupuu				X
	Elohopea	Hg	≤ 0,1 mg/kg	kuori, havupuu				X
	Lyijy	Pb	≤ 50 mg/kg	kuori, havupuu				X
	Sinkki	Zn	≤ 200 mg/kg	kuori, havupuu				X

* raja-arvoja sovelletaan vain kloorille ja raskasmetalleille; rikin, typen, kaliumin ja natriumin arvot ovat suositusarvoja

** puun kuoren klooripitoisuus <0,05 p-% kuiva-aineesta.

*** puun kuparipitoisuus voi olla jopa 400 mg/kg

1 000 mg/kg = 0,1 p-%

Taulukko 1. Luonnonpuun ominaisuuksien maksimiarvoja (Alakangas, Kurki-Suonio, Tikka & Fredriksson 2014, 22).

3.2 Metsäpolttoaine

Metsäpolttoaine on puupohjaista metsästä valmistettua polttoainetta, jota tuotetaan metsän hakkuissa ja niiden yhteydessä. Metsäpolttoaineet tehdään joko hakkeeksi tai murskeeksi tienvarsivarastoilla, polttoaineterminaalissa tai lämpö- ja voimalaitoksella. Metsäpolttoaineisiin kuuluvat metsätähde, kokopuu, ranka ja kanto. Kaikkia edellä mainittuja polttoaineita voidaan valmistaa joko hakkeeksi tai murskeeksi. (Alakangas 2020, 9–11).

Metsätähdehakkeella tai -murskeella tarkoitetaan ainespuun korjuun yhteydessä kerättyjä puun oksia ja latvanosia. Kokopuuhake (kuva 2) on mm. nuorten metsien hoitokohteilta korjattua pienpuuta, johon sisältyvät kaikki rungon maanpäälliset osat, runko, oksat, neulaset ja lehdet. Rankahake (kuva 3) on pelkkää runkopuuta, joka on karsittu korjuun yhteydessä, eikä näin ollen

sisällä oksia tms. Kantomurske on kannoista ja kannon maan alapuolisista osista tehtyä polttoainetta. (Tilastokeskus, 2020.)



Kuva 2. Kokopuuuhake
(Kuva Karoliina Kärkäs).



Kuva 3. Rankahake
(kuva Karoliina Kärkäs).

3.3 Teollisuuden puutähde

Teollisuuden puutähteet ovat metsä- ja vaneriteollisuuden prosessien sivutuotteina syntyviä polttoaineita. Teollisuuden puutähteitä ovat kuori, sahanpuru, puutähdehake tai -murske, kutterilastut, hiontapöly ja erittelemätön teollisuuden puutähde. (Tilastokeskus 2020.)

Kuorta syntyy, kun ainespuu kuoritaan teollisuuden prosessissa. Sahanpuru (kuva 4) syntyy puolestaan puutavaran sahausyhteydessä. Puutähdehake tai -murske on teollisuuden puutähteistä, kuten rimoista, tasauspätkistä tai levyteollisuuden viiluista, tehtyä haketta tai murskettä. Puutähdehaketta tai -murskettä voi syntyä myös sahatörmästä kuorellisena tai kuorettomana hakkeena tai murskeena. Tämä sivutuote ei sisällä halogenoituja orgaanisia yhdisteitä, raskasmetalleja tai muoveja. (Tilastokeskus 2021.)

Kutterilastut ja hiontapöly ovat kuivan puutavaran höyläyksessä tai hionnassa syntyviä sivutuotteita. Mikäli erilaisia teollisuuden puutähteitä (vähintään kahta eri polttoaneluokkaa) sekoitetaan keskenään valmiiksi seokseksi siten, ettei niiden keskinäisiä suhteita pystytä karkeastikaan erottelemaan, polttoaineluokaksi merkitään erittelemätön teollisuuden puutähte. (Tilastokeskus 2020.)



Kuva 4. Sahanpuru (kuva Karoliina Kärkäs).

3.4 Kierrätyspuu (AB-luokka)

Kierrätyspuu on biopolttoaineeksi luokiteltava puutähte tai käytöstä poistettu puu tai puutuote. Kierrätyspuu ei saa sisältää muovipinnoitteita tai halogenoituja orgaanisia yhdisteitä eikä raskasmetalleja. Tyypillisesti kierrätyspuu valmistetaan kuormalavoista tai puhtaasta purkupuusta. (Alakangas 2020, 8.)

3.5 Puupolttoaineiden käyttö Suomessa

Puupolttoaineita käytettiin vuonna 2019 lämpö- ja voimalaitoksissa vähän yli 20 miljoonaa kuutiometriä. Siitä suurimmat olivat metsäpolttoaineet 7,5 miljoonaa kuutiometriä, kuori 7,9 milj.m³ ja purun käyttö 2,5 milj.m³. Puupolttoaineita käytettiin ennätysmäärä ja kokonaiskäyttö kasvoi neljättä vuotta peräkkäin. Puupolttoainelajikkeiden väliset käyttömäärät edellisvuoteen verrattuna eivät juurikaan muuttuneet. Kierrätyspuun käyttö lisääntyi suhteellisesti eniten edelliseen vuoteen verrattuna. Puupolttoaineet olivat vuonna 2019 Suomen merkittävin energialähde, kattaen energian kokonaiskulutuksesta 28 prosenttia. (Luke 2019.)

Uusiutuvan energian käyttöön vaikuttavat Suomen poliittiset linjaukset sekä mm. EU:sta tulevat päätökset ja direktiivit. Uusiutuvan energian käytön lisäämiseen ja hyödyntämiseen kohdistuu sekä valtakunnallisesti että kansainvälisesti kovia paineita. Hallitusohjelman mukainen tavoite on nostaa uusiutuvan energian osuus vähintään 50 %:iin vuonna 2030. Tavoite koskee uusiutuvan energian osuutta loppukulutuksesta. (Valtioneuvosto 2017.) Suomi tavoittelee hiilineutraaliutta vuoteen 2035 mennessä ja tämän suhteen avainasemassa on uusiutuva energia, jonka painopiste Suomessa on puussa sekä bioperäisissä kierrätyspolttoaineissa (Motiva 2021.)

4 Polttoaineen vastaanotto

Polttoainevastaanottoja on hyvin monenlaisia. Perusajatus on yleensä kaikissa kuitenkin sama. Polttoaineen vastaanottoprosessiin sisältyvät polttoainekuorman tulopunnitus, kuorman purku, polttoainenäytteenotto sekä lähtöpunnitus. Polttoainetoimituksia voidaan ohjata purkuaikavarauksilla ja kuorman ohjaus esimerkiksi oikealle purkupaikalle laitoksella voi olla pitkällekin automatisoitu. Polttoainevastaanottoon liittyy aina vahvasti myös turvallisuusnäkökulma. Laitoksilla on omat turvallisuusmääräyksensä, joiden noudattamista usein valvotaan tiukasti. Yleensä kuljettajien tulee suorittaa

turvallisuusperehdytys, ennen kuin heille annetaan lupa polttoaineen toimittamiseen.

Polttoainetoimituksien vastaanotonhallinnassa voidaan hyödyntää purkuaika- ja ennakkokuormavarausta. Varaukset on usein kytketty suoraan laitoksen polttoainejärjestelmään. Varaukset voidaan tehdä esimerkiksi järjestelmätoimittajan mobiilisovellusta hyödyntämällä. Varausten avulla laitoksen on mahdollista hallita polttoainetoimitusten jakautumista laitoksen vastaanottoajalle tasaisesti siten, että purkupaikalle tai -paikoille ei synny ruuhkaa. Varauksista laitos saa ennakkoon tietoonsa tulevat kuormat ja esimerkiksi sen, mitä polttoainelajiketta on tulossa.

Purkuaika varataan toimitettavalle polttoainekuormalle etukäteen ja purkuvarauksen aikaikkuna on tyypillisesti 20–30 minuutin pituinen. Tämä voi vaikeuttaa erityisesti suoraan metsästä toimitettavien puupolttoainekuormien logistiikkaketjua. Esimerkiksi olosuhteet metsässä voivat aiheuttaa sen, että polttoainekuormat viivästyvät. Toisaalta purkuaikavaraus voi myös selkeyttää polttoaineen vastaanottoa, mikäli purkuvarauksen aikaikkuna on riittävä ja laitoksen vastaanottokapasiteetti on mitoitettu oikein verrattuna tarvittavaan polttoainekuormien määrään. Vastaanottokapasiteettia määrittelevät esimerkiksi laitoksella käytössä olevien purkupaikkojen määrä, polttoainekuljettimien nopeus/läpäisykyky ja polttoainesiihon tilavuus eli se, kuinka paljon polttoainetta pystytään varastoimaan laitokselle.

Laitoksesta riippuen punnitustapahtumaan voi sisältyä auton ja/tai kuljettajan tunnistautuminen sekä kuorman tietojen syöttäminen laitoksen polttoainejärjestelmään. Erityisesti auto tunnistetaan usein jo laitoksen portilla. Laitosalueelle ei yleensä pääse kuin tunnistetulla ajoneuvolla. Auton tunnistamisella pyritään siihen, että laitosalueella liikkuvat autot löytyvät laitoksen järjestelmästä eikä alueella liiku vieraita kuljetusvälineitä. Lisäksi pystytään jälkikäteen selvittämään, mikä auto on purkanut mitäkin polttoainetta ja mille purkupaikalle. Tunnistamisella kuormia voidaan siis tarvittaessa jäljittää jälkikäteen. Kuljettajan tunnistautumisen kautta tiedetään, ketä laitosalueella on kulloinkin paikalla. Tätä kautta voidaan kontrolloida myös turvallisuuteen liittyviä

asioita ja varmistua siitä, että polttoainetta toimittava kuljettaja on suorittanut vaadittavat perehdytykset.

Sekä tulo- että lähtöpunnitukset tehdään yleensä laitoksen omalla vaa`alla. Isoimmilla laitoksilla voi olla kaksikin vaakaa, kummallekin punnitukselle omansa. Yleensä jokainen toimitettava polttoainekuorma tulee punnita. Tulo- ja lähtöpainon erotuksesta järjestelmä laskee kuorman nettopainon, joka tarvitaan mm. polttoainekuorman energiasisällön laskentaan. Energiasisältö eli megawattitunnit (MWh) ovat yleisin polttoaineen maksuperusta. Punnituksen yhteydessä kuljettaja voi syöttää myös muita kuormaa koskevia tietoja, mikäli vaa`an yhteydessä on esimerkiksi kuljettajaterminaali eli näyttöpääte, joka on kytketty laitoksen polttoainejärjestelmään.

Punnituksen jälkeen siirrytään kuorman purkamiseen. Purkupaikkoja voi olla useita. Kuljettaja voi olla ohjeistettu valitsemaan purkupaikka joko toimittamaansa polttoainelajikkeeseen tai vastaavasti autonsa purkutekniikkaan perustuen. Purkupaikalle ohjaus voi olla myös automatisoitu siten, että auto ohjataan esimerkiksi vaa`alta halutulle purkupaikalle, jolloin kuljettaja ei tee itse purkupaikan valintaa. Automaatiikka voi hyödyntää mm. kuljettajaterminaaliin syötettyjä kuormatietoja, kuten polttoainelajiketta.

Karppisen (2014, 30–48) mukaan polttoainevastaanoton nopeuteen voidaan vaikuttaa vaa`an kapasiteetilla ja sillä, että vaaka on molempiin suuntiin ajettava. Polttoainekuormat tulisi purkaa aina ensisijaisesti vastaanottoasemaan ja aseman kapasiteetin tulee olla riittävän suuri. Tähän voidaan vaikuttaa kasvattamalla vastaanottotaskujen määrää ja huomioimalla nykyisen kuljetuskaluston vaatimukset. Kaluston vaatimukset on huomioitava vastaanottoasemarakennuksen korkeudessa ja mahdollisuutena purkaa sekä kippi- että peräpurkukalustolla. (Karppinen 2014, 30–48.)

4.1 Ajoneuvotyypit ja purkutekniikat

Ajoneuvoyhdistelmät eli puupolttoainetta toimittavat rekat ovat täysperävaunu- tai puoliperävaunuyhdistelmiä tai pelkkiä nuppeja eli vetoautoja (kuva 5).

Täysperävaunuyhdistelmiä on erikokoisia. Täysperävaunuyhdistelmän vetoautona toimii kuorma-auto, jonka perässä on perävaunu. Yhdistelmien suurin sallittu kokonaismassa riippuu vetoauton ja perävaunun akselien määrästä. Suurin sallittu kokonaismassa on 76 tonnia. (Tieliikennelaki 117 §, liite 6.3.)

Yhdistelmätyyppejä on karkeasti kahdenlaisia - moduuliyhdistelmiä ja niihin kuulumattomia yhdistelmiä. Moduuliyhdistelmät ovat rakenteeltaan yli 22 metriä pitkiä täysperävaunuyhdistelmiä tai yli 16,5 metriä puoliperävaunuyhdistelmiä. Moduuliyhdistelmien maksimipituus on 34,5 metriä ja niiden akselien määrä vaihtelee 2-akselisista aina 11-akselisiin yhdistelmiin. Moduuliyhdistelmissä kuorma-auton perään yhdistetään vetokidan avulla erikokoisia perävaunuja. Puoliperävaunuyhdistelmässä vetoautona toimii myös kuorma-auto, jossa on vetopöytä ja sen päällä puoliperävaunu. Puoliperävaunuyhdistelmän suurin sallittu pituus vaihtelee kuorma-auton tyypistä riippuen 16,5–23 metrin välillä. (Logistiikan maailma 2021.)



Kuva 5. Hakekuljetuksen ajoneuvoyhdistelmiä (Erkkilä 2013).

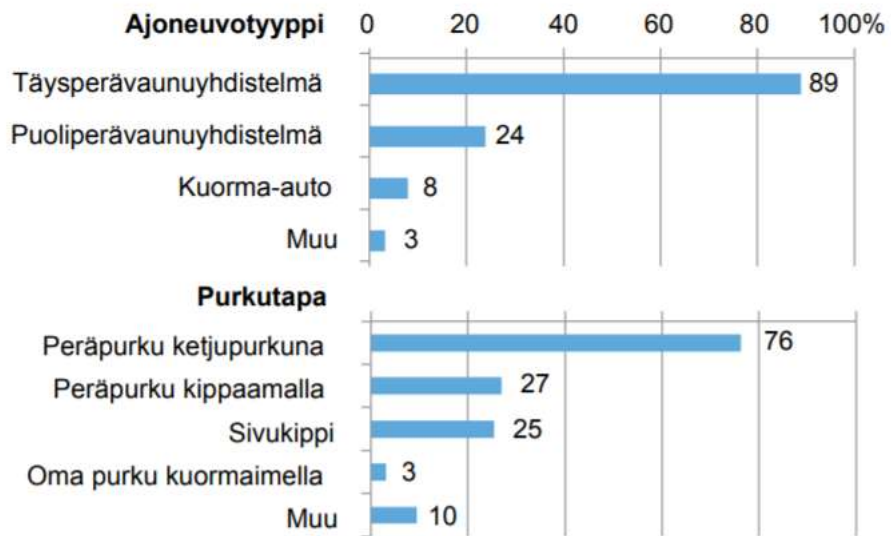
Venäläisen ja Poikelan (2021, 4–23) mukaan energiapuukuljetuksissa (puupolttoaineet) varsinaiset perävaunuyhdistelmät ovat käytetyin kalustotyyppi ja puoliperävaunut puolestaan sopivat parhaiten ahtaille metsäteille. Kuljetuskaluston kehittymiseen tulevaisuudessa vaikuttavat mm. energiapuun käyttömäärät, kuljetusmatkan pituus, terminaalien käyttö, tieverkon rajoitteet ja haketuspaikka. (Venäläinen & Poikela 2021, 4–23).

Viime vuosina myös puupolttoainetoimituksissa ovat jonkin verran yleistyneet ns. HCT-rekat. HCT on lyhenne sanoista High Capacity Transport. Tämä on vakiintunut termi sallittua raskaammille tai pidemmille yhdistelmille tieliikenteessä, joita ei kuitenkaan luokitella erikoiskuljetuksiksi. HCT-ajoneuvoyhdistelmät vaativat poikkeusluvan, joka haetaan Traficomilta. HCT-rekkojen suurin sallittu kokonaisuus on 100 tonnia ja yhdistelmän kokonaispituus voi olla jopa 34,5 metriä (Traficom). Venäläisen ja Poikelan (2021, 4–23) mukaan HCT-yhdistelmiä voitaisiin hyödyntää erityisesti teollisuuden puutähteiden (sivutuotteiden), purun ja kuoren, toimituksissa laitoksille. Metsäpolttoaineilla haasteeksi tulevat erityisesti tieyhteydet ja niiden

kunto sekä kuljetusmatkan pituus esimerkiksi terminaalilta laitokselle (Venäläinen & Poikela 2021, 4–23).

Ajoneuvoyhdistelmä puretaan joko suoraan laitoksen siiloon ja /tai purkutaskuun tai polttoainekentälle. Autojen purkutekniikoita on useampia – perästä purkavia ja kippaavia. Perästä purkavat autot ovat nuppeja, puoliperä- tai täysperävaunuja, jotka on varustettu ketjupurkulaitteistolla (kuva 6) tai kävelevällä lattialla. Ketjupurkuautossa auton kuormatilan pohjalla on ketjut, jotka liikkuvat ja liikuttavat samalla ketjujen välissä olevia ”kolia”. Näiden avulla polttoaine siirtyy pois kuormatilasta. Kävelevässä lattiassa kuormatilan pohja liikkuu eli kävelee osissa. Pohjassa on kiskoja, joista joka toiset tai kolmannet liikkuvat aina samanaikaisesti ja vuorottelevat kulloinkin paikalleen jäävien kiskojen kanssa. Peräkippiautoissa on puolestaan vaihtolavat, jotka puretaan yksitellen kippaamalla kontti perästä esimerkiksi laitoksen purkutaskuun (kuva 7). Peräkippiauton vetoauto on varustettu vaihtolavakoukulla, jonka avulla vaihtolava pystytään tiputtamaan vetoauton kyydistä tai vastaavasti siirtämään toinen vaihtolava vetoauton kyytiin. Sivukippiautossa on ketjupurkuauton tapainen kuromatila, joka puretaan avaamalla kuormatilan sivuseinä ja kippaamalla kontti kyljelleen.

Föhrin, Karttusen, Laitisen, Mynttisen ja Rannan (2016, 8) mukaan (taulukko 1) tyypillisin purkutapa on peräpurku ketjupurkuna. Peräpurku kippaamalla ja sivukippi ovat tämän jälkeen lähes yhtä suosittuja purkutapoja. Muita purkutapoja on mm. kävelevä lattia.



Taulukko 2. Hake- ja turvetoimituksissa käytetyt ajoneuvotyypit ja purkutavat (Föhr ym. 2016, 8).



Kuva 6. Ketjupurkulaitteistolta varustettu peräpurkuauto (kuva Karoliina Kärkäs).



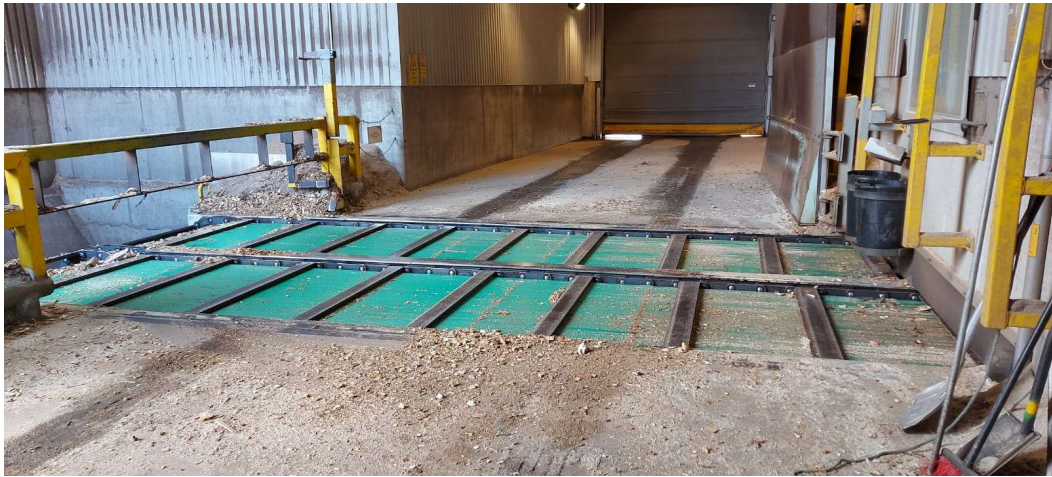
Kuva 7. Peräkippiauto purkamassa Vanajan voimalaitoksen siiloon (kuva Karoliina Kärkäs).

4.2 Polttoaineen purkupaikat

Polttoainetta toimittavat ajoneuvoyhdistelmät ja niiden käyttämä purkutekniikka asettavat tietyt vaatimukset laitoksen purkupaikalle. Tietoisesti voidaan päättää, että laitokselle toimitetaan polttoainetta esimerkiksi vain peräpurkuautoilla. Mikäli purkupaikka rajoittaa käytettävää kuljetuskalustoa, tämä voi luonnollisestikin karsia käytössä olevaa kuljetuskapasiteettiä tai näkyä esimerkiksi korkeampana polttoaineen hintana.

Polttoaine puretaan purkupaikan siiloon, purkutaskuun tai erilliseen vastaanottoasemaan, joka voi olla joko läpiajettava (kuva 8) tai johon auton tulee peruuttaa. Siilo toimii samalla laitoksen polttoainevarastona ja purkutasku on yleensä vain polttoaineen välivarasto, josta se siirtyy kuljettimia pitkin siiloon eli varsinaiseen polttoainevarastoon. Sieltä polttoaine ohjataan eteenpäin kuljettimia pitkin polttoon kattilaan. Purkupaikka voi olla myös voimalaitoksesta erillinen rakennus ns. vastaanottoasema, jossa on purkumonttu tai muu väliaikainen varasto, josta kuljettimet kuljettavat polttoaineen varsinaiseen polttoainesiiloon ja sieltä edelleen kattilaan polttoon.

Purkupaikka voi olla suunniteltu siten, että siihen pystyvät purkamaan kaikki ajoneuvoyhdistelmät huolimatta yhdistelmän purkutekniikasta, tai siten, että purkupaikkaa voi käyttää vain tietyn tyyppisellä purkutekniikalla varustetut ajoneuvoyhdistelmät, jolloin eri purkutekniikoille on määrätty omat purkupaikkansa. Vastaanotossa ja purkupaikoissa panostetaan paljon kuljettajien turvallisuuteen, minkä takia esim. eri purkutekniikoille voi olla määritelty omat purkupaikkansa, joita tulee noudattaa. Peräpurkuauto ei siis voi purkaa kippiautolle tarkoitettuun purkupaikkaan ja päinvastoin.



Kuva 8. Vanajan voimalaitoksen peräpurkuhalli, jossa polttoaine puretaan kuvassa näkyvälle lattiakolalle (kuva Karoliina Kärkäs).

4.3 Manuaalinen polttoainenäytteenotto

Polttoainenäytteenotto kuuluu oleellisena osana vastaanottoprosessiin. Tavallisimman polttoainenäytteenotosta vastaa polttoainetta tuova kuljettaja. Näytteenotto on aina tarkasti ohjeistettu ja pohjautuu virallisiin näytteenottostandardeihin. Näytteenotto on laitoksesta riippuen joko manuaalinen tai koneellinen, jolloin näytteenotto tapahtuu automatisoidusti. Polttoainenäytteistä voidaan analysoida kosteuden lisäksi esimerkiksi lämpöarvo, tuhkapitoisuus, palakokojakauma, rikki- ja typpipitoisuus. Näytteiden analysoinnilla saadaan tietoa polttoaineen laadusta ja sen soveltuvuudesta ko. laitokselle. Polttoaineen laatu ja hinnoittelu perustuvat yleensä näytteenottoon

ja näytteistä analysoitaviin tuloksiin, kuten kosteuteen, lämpöarvoon ja tuhkapitoisuuteen.

Manuaalinen näytteenotto eli ns. käsinäytteenotto perustuu yleensä näytteenottostandardeihin SFS-EN 14778:2011 (Kiinteät biopolttoaineet. Näytteenotto) ja SFS-EN 14780:2011 (Kiinteät biopolttoaineet. Näytteen esikäsitteleminen). Polttoainenäytteenoton tarkoituksena on saada aikaan kuormasta mahdollisimman edustava näyte. Näytteitä tulee ottaa mahdollisimman tasaisesti kuorman eri osista myös leveyssuunnassa. Näytteenottoa on vältettävä aivan kuorman ensimmäisistä ja viimeisistä osista. Puupolttoaineet ovat usein hyvin epähomogeenisia, mikä on merkittävä haaste käsinäytteenotolle ja sen edustavuudelle. Myös turvallisuus on aina huomioitava näytteenotossa. (Alakangas 2020, 26–38.)

Yksittäisnäytteitä voidaan ottaa joko kuorman purun aikana putoavasta polttoainevirrasta tai heti kuorman purkamisen jälkeen esimerkiksi näytettä varten jätetyistä polttoainekasoista (kuva 9). Mikäli näytteenotto ei ole mahdollinen purun aikana, näyte voidaan ottaa purun jälkeen myös purkutaskusta, johon polttoaine on purettu. Putoavasta polttoainevirrasta otettu yksittäisnäyte on kuitenkin luotettavampi, koska purettu polttoainekuorma on usein partikkelikoon mukaan lajittunutta ja aiheuttaa täten epätarkkuutta näytteenottoon. (Alakangas 2020, 26–38.)

Käsinäytteenotossa on käytettävä näytteenottokauhaa. Kauhan suuaukon läpimitta molemmissa suunnissa on vähintään 2,5 kertaa polttoaineen nimelliskoko. Voimalaitos mittakaavassa polttoaineen nimelliskoko on yleensä 63 mm, joka tarkoittaa sitä, että näytteenottokauhaan tulee mahtua noin 3 litraa polttoainetta. Standardin mukaista polttoainenäytettä ei oteta koskaan käsin. Erityisesti purettu polttoainekuormasta otettaessa näytettä, polttoainenäytteenottokauha työnnetään kokonaisuudessaan polttoainekasaan ja nostetaan tämän jälkeen kohtisuoraan ylöspäin. Näin kauha täyttyy kokonaisuudessaan ja polttoaineen koko palakokojakauma, myös hienoaines, saadaan mahdollisimman edustavasti mukaan yksittäisnäytteeseen. (Alakangas 2020, 26–38.)



Kuva 9. Näytteenotto käynnissä Vanajan Voimalaitoksella. Kuvassa näytteenottokauha ja näytteenottoastia (kuva Karoliina Kärkäs).

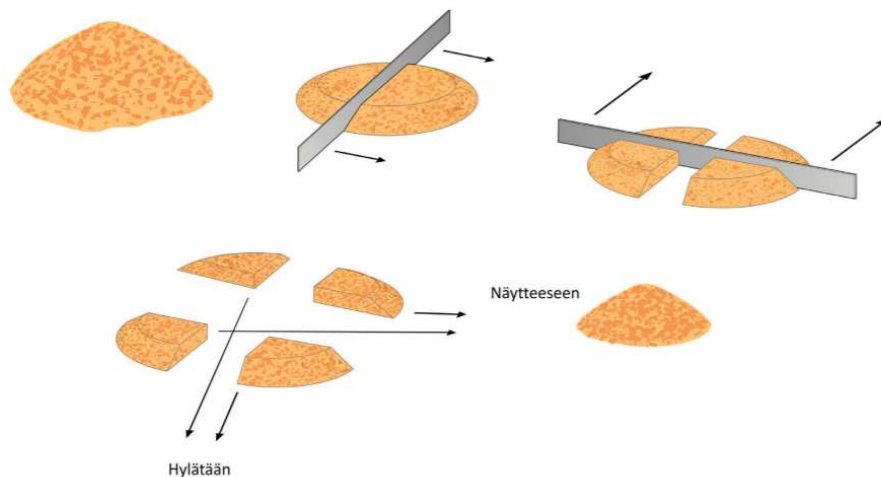
Yksittäisnäytteiden lukumäärään vaikuttaa se, mitä ominaisuutta (esim. kosteus) halutaan mitata ja millainen sisäinen hajonta ko. ominaisuudella on, millainen tarkkuus näytteenotolle halutaan ja kuinka monta kuormaa toimituserään kuuluu. Sisäinen kosteushajonta on osalla puupolttoaineista, kuten metsätähteellä, suuri ja tällöin erityisesti pienillä toimituserillä on yksittäisnäytteiden määrää kasvatettava ja jopa kaksinkertaistettava, jotta tarkkuus kosteusmäärittämiseen olisi riittävä. Alla olevassa kuvassa on esitetty kuorman tilavuuteen perustuvat yksittäisnäytteiden vähimmäismäärät. Taulukon näytemäärillä on mahdollista saavuttaa 3–5 kuorman toimituserillä +/- 3 %-yksikön tarkkuusvaatimus polttoaineen kosteusmäärittämisessä. (Alakangas 2020, 26–38.)

Jos näytteenotto tapahtuu polttoainekuormittain, jatkuvassa polttoainetoimituksessa otetaan yksittäisnäytteitä **vähintään 2 yksittäisnäytettä/50 irtom³ polttoainetta**. Erikokoisten kuormatilojen yksittäisnäytteiden vähimmäismäärät ovat

- kuorma-auto (nuppi)	vähintään 2 näytettä
- puoliperävaunu (< 100 m ³)	vähintään 4 näytettä
- yhdistelmä (100 – 160 m ³)	vähintään 6 näytettä (2 nupista + 4 perävaunusta)
- konttilyhdistelmät	vähintään 2 näytettä/kontti
- > 200 m ³ HCT-rekka	vähintään 8 näytettä/kontti

Kuva 8. Yksittäisnäytteiden vähimmäismäärät (Alakangas 2020, 34).

Yksittäisnäytteistä muodostetaan varsinainen polttoainenäyte. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi neliöintimenetelmällä, jossa yksittäisnäytteet kaadetaan pöydälle, sekoitetaan ja jaetaan esimerkiksi lastaa apuna käyttäen neljään osaan (kuva 10). Yksi osa siirretään näytempussiin. Mikäli haluttu näytemäärä on pienempi, voidaan ensimmäisellä neliöintikerralla hylätä vastakkaiset osat ja jakamista voidaan jatkaa, kunnes näytettä on jäljellä tarvittava määrä. Jakamisen luotettavuutta saadaan lisättyä sille, että yksittäisnäytteet sekoitetaan huolellisesti ennen jakoa. Näytteen koostumus ei saa muuttua alkuperäisestä jakamisen yhteydessä. (Alakangas 2020, 26–38.)



Kuva 5. Neliöintimenetelmällä voidaan jakaa näyte ensin neljään osaan, josta vastakkaiset osat hylätään. Jakamista jatketaan niin kauan kun saadaan tarvittava näytemäärä. Kuva VTT

Kuva 10. Havainnointikuva neliöintimenetelmästä (Alakangas 2020, 38).

4.4 Automaattinen polttoainenäytteenotto

Koneelliset, hyvin pitkälle automatisoidut näytteenottimet ovat yleistyneet ja kehittyneet paljon viime vuosina. Koneellisessa näytteenotossa polttoainevirran koko poikkileikkaus saadaan edustavasti mukaan näytteeseen. Koneellisessa näytteenotossa inhimilliset tekijät ja niiden aiheuttamat virheet saadaan poistettua. Näytteet voidaan ottaa suoraan kuljetinhihnalta, ohjaamalla osa polttoainevirrasta näytteeseen tai ottamalla näyte putoavasta virrasta kuljettimen päästä. Tyypillisessä ratkaisussa näytteenottoautomaatti liikkuu vakionopeudella koko polttoainevirran poikki ja kerää näytteen täten koko polttoainevirrasta. (Alakangas 2020, 30.)

Prometec Oy valmistaa Q-robot-näytteenottorobottia. Robotti kairaa (kuva 11) näytteet satunnaisista pisteistä ja syvyyksistä, ja näin saadaan aikaiseksi edustava näytteenotto. Järjestelmä yhdistää kairatut näytteet kuormakohtaiseksi näytteeksi. Robotin näytteenotto ja näytteenkäsittely perustuvat biopolttoaineiden voimassa oleviin standardeihin. Q-Robot sisältää myös konenäköjärjestelmän, jonka avulla määritellään kuormatilan näytteenottopisteet ja estetään esimerkiksi kuormatilan tukirakenteisiin osuminen sekä niiden vahingoittumisen. Saapuvista kuormista saadaan tarkat tilavuustiedot ja reaaliaikaista laskennallista kosteustietoa. (Prometec Oy 2021.)

Rissanen (2019) mukaan Q-Robotilla otetut näytteet vastaavat polttoainenäytteenottostandardien mukaisesti huolella otettua manuaalinäytettä. Tutkimuksessa vertailtiin Q-Robotin ja samasta kuormasta otetun standardin mukaisen manuaalinäytteen eroa, ja keskityttiin erityisesti metsätähdehakkeeseen, jossa esiintyy eniten laatuvariaatioita. Tutkimustulokset osoittivat, että Q-Robot toimii luotettavasti kaikilla metsäpolttoainelajikkeilla ja näytteet olivat yhdenmukaisia manuaalisesti otettujen näytteiden kanssa. (Rissanen, 2019).

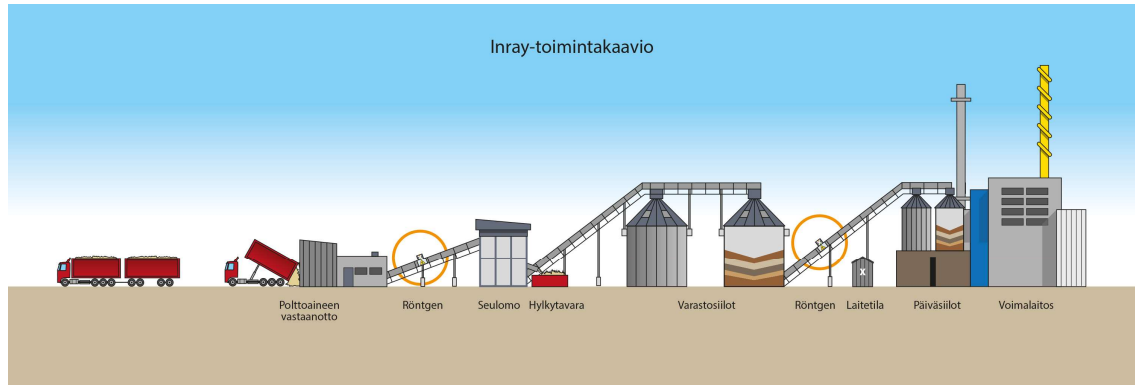


Kuva 11. Prometec Oy:n Q-Robot näytteenottorobotti (Kuva ja lupa: Prometec Oy / Henna Karlsson).

Mustosen (2017) mukaan käsinäytteenotto ei anna luotettavaa tietoa vastaanotetusta polttoaineesta. Näytteen luotettavuuteen vaikuttavat mm. näytteenoton ohjeistus ja kuljettajien käyttäytyminen. Q-Robotin ja kuljettajien väliset näytteet erosivat toisistaan erityisesti metsäpolttoaineilla. Kuljettajan ottamat näytteet olivat kuivempia. Tutkimuksessa vertailtiin myös polttoainenäytteen kosteuden ja irtotiheyden välistä korrelaatiota. Q-Robotilla otettujen näytteiden kosteus ja irtotiheys korreloivat hyvin, samoin standardin mukaisesti otetut näytteet. Kuljettajien ottamien näytteiden kohdalla korrelaatio oli huonompi. Tutkimuksen perusteella Q-Robotilla otetut näytteet edustivat kuormaa paremmin kuin kuljettajien näytteet. (Mustonen 2017.)

Inray Oy Ltd valmistaa Fuel Control -järjestelmää. Järjestelmä mittaa röntgenteknologiaa ja laserskannausta hyödyntäen jatkuvatoimisesti polttoaineen laatua. Järjestelmällä on mahdollista mitata polttoaineen laatua läpi koko vastaanottoprosessin polttoainevastaanotosta laitoksen kattilaan asti (kuva 12). Röntgenteknologian avulla voidaan mitata koko polttoainevirta ja näin ollen kyseessä ei ole siis varsinainen näytteenotto vaan paremminkin laadunmittaus. Kosteuspitoisuuden lisäksi järjestelmä mittaa mm. vierasainepitoisuuksia. Järjestelmä tunnistaa polttoainetyypin ja antaa

reaaliaikaisen kosteus-, vierasainepitoisuus- ja energiasisältömittauksen. Vierasaineilla tarkoitetaan mm. kiviä ja metalleja. Järjestelmään on mahdollista yhdistää konenäköjärjestelmä sekä analyysi- ja raportointityökaluja. (Inray 2021.)



Kuva 12. Inray toimintakaavio, jossa näkyy Fuel Control -järjestelmän sijoittelu laitoksen vastaanotossa (Kuva ja lupa Inray Oy / Mika Muinonen 2021).

Laadunmittauksen lisäksi Inray Oy on kehittänyt varastomallin kiinteän polttoaineen hallintaan. Järjestelmä mittaa ensin kosteuden, tilavuuden ja vierasaineiden määrän ja on täydennettävissä konenäköjärjestelmällä, jolla voidaan tunnistaa mm. automaattisesti polttoainelajike. Järjestelmä tallentaa ja kokoaa tätä dataa tietokantaan, josta sitä voidaan edelleen hyödyntää selainpohjaisen käyttöliittymän avulla. Polttoaineen laatutietoja, sillojen pintamittauksia ja laitoksen kuljettimien syöttö- ja purkutietoja hyödyntämällä pystytään mallintamaan silossa olevan polttoaineen laatu. Tätä sillojen varastomallia voidaan hyödyntää voimalaitoksen operoinnissa ja se antaa reaaliaikaista tietoa siitä, millaista polttoainetta kattilaan on tulossa. Tämä puolestaan mahdollistaa kattilan ajon optimoinnin ja kattilan säädön jo ennakkoon, kun tiedetään, että kattilaan on tulossa esimerkiksi huonolaatuista polttoainetta. (Partti 2021, 12–13).

4.5 Vastaanoton merkitys

Laitosten polttoainevastaanotolla tulee olemaan tulevaisuudessa entistä suurempi merkitys. Sujuva vastaanotto ja lyhytkestoinen vastaanotto prosessi

ovat laitoksen kilpailutekijöitä ja heijastuvat mm. puupolttoaineen hintatasoon. Puupolttoaineiden käyttömäärien lisääntyessä myös polttoainetoimitusten määrä lisääntyy. Näköpiirissä ei ole, että polttoainetta kuljettavien yritysten ja/tai urakoitsijoiden määrä kasvaisi lähivuosina. Samalla kalustomäärällä tulee siis pystyä ajamaan entistä enemmän polttoainetta. Aika on rahaa - Tehokas logistiikkaketju on sekä polttoainetoimittajille että kuljetusyrittäjille tärkeää ja kannattavan liiketoiminnan edellytys.

Oman haasteensa kuljetusalalle tuo voimakas polttoainetoimitusten kausivaihtelu, joka todennäköisesti vain kärjistyy tulevien vuosien aikana mm. ilmastonmuutoksen seurauksena. Kaukolämmön tuotantotarve on vahvasti riippuvaista ulkolämpötilasta (Heinilä 2019). Voimalaitosten ympäristölupa yleensä määrittää, milloin polttoainetta voidaan vastaanottaa (Algol Chemicals 2021). Viikonloppujen vastaanottoaika on yleensä rajatumpi kuin arkipäivien. Tälläkin on osaltaan vaikutuksensa polttoainevastaanottoon.

5 Työtutkimus

Työtutkimuksella selvitetään ja kehitetään työmenetelmiä, ergonomiaa ja ajankäyttöä. Työtutkimuksessa tutkittavaa työtä tarkastellaan taloudellisesta, teknologisesta ja työntekijänäkökulmasta ja tutkimus aloitetaan yleensä työkokonaisuuden kuvaamisella. Työtutkimus sopii erityisesti erilaisten toimintojen kehittämiseen. Työnmittauksella saadaan selville työtehtävään tarvittava aika. Käytettävä työmenetelmä vaikuttaa aina työhön tarvittavaan aikaan. Työnmittaus edellyttääkin työtehtävän ja menetelmän riittävän tarkkaa kuvaamista. Työnmittaustekniikoita on useita ja niitä ovat esimerkiksi normaaliaikatutkimus, ajankäyttötutkimus, havainnointitutkimus sekä liikeaikatutkimus. Työnmittauksessa työjakso jaetaan erilaisiin aikalajeihin, jotta mittaustuloksia on helpompi analysoida ja hyödyntää. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä, 2011.)

5.1 Normaaliaikatutkimus

Normaaliaikatutkimusta käytetään työhön tarvittavan ajan määrittämiseksi. Työnmittauksen tuloksena saatava aika on aina menetelmäkohtainen aika, jonka työn hyvin hallitseva henkilö tarvitsee työn tekemiseen normaaliolosuhteissa ja normaalilla työskentelynopeudella. Normaaliaikatutkimusta käytetään, kun menetelmä on määritelty eli yleensä vasta sitten, kun prosessi on hiottu kuntoon. Normaaliaikatutkimuksessa määritellään joutuisuus: joutuisuuden avulla mitattu aika normalisoidaan vastaamaan normaalin työskentelynopeuden aikaa. Normaaliaikatutkimukseen kuuluu joutuisuuden määrittäminen. Joutuisuus tulee määrittää, jotta työsuorituksen mitattu aika voidaan normalisoida. Joutuisuus on tunnetulla menetelmällä työn tuloksellisuuden mitta eli työn etenemisvauhti, joka vaikuttaa suoraan työn tuottavuuteen ja tulokseen.

Normalisoinnin avulla saadaan selville työmäärää, joka voidaan edellyttää kaikilta harjaantuneilta työntekijöiltä, ko. työmenetelmää käytettäessä. Joutuisuuteen vaikuttaa mm. työntekijän taito, työhalukkuus ja vallitsevat olosuhteet. Jos työntekijä ei ole harjaantunut työtehtävässä, tämä tulee huomioida joutuisuutta määritettäessä. Normaalijoutuisuudesta puhutaan silloin, kun työntekijällä on keskinertainen taito ja hänen työhalukkuutensa on keskinertainen ja työskentelyolot ovat normaalit sekä käytetty menetelmä vastaa normaalimenetelmää. Tällöin työtulosta voidaan kutsua normaalityösuoritukseksi. Joutuisuus on määriteltävä normaaliaikatutkimuksessa samanaikaisesti aikahavaintojen tekemisen kanssa. Joutuisuutta ei voi määrittää esimerkiksi kuvatuilta videoilta, vaan se on tehtävä paikan päällä työmittauksen yhteydessä (EK-SAK tuottavuustyöryhmä, 2011).

5.2 Ajankäyttötutkimus

Ajankäyttötutkimuksella tutkitaan työhön käytettyä aikaa. Ajankäyttötutkimus soveltuu ajankäytön jakautumisen selvittämiseen. Sen tarkoituksena on saada

tietoa työhön käytetystä ajasta, siitä mihin aika kuluu ja miten tarkasteltavan työjakson ajankäyttö jakaantuu. Tietoa työhön käytetystä ajasta voi kerätä eri menetelmillä esimerkiksi videokuvauksen avulla. Ajanmittauksia voi tehdä myös hyödyntämällä tekniikkaa esimerkiksi tiedonkeruulaitetta, johon on sisällytetty kello. Perinteinen kello on myös hyvä mittausväline. Ajankäyttötutkimuksessa työ jaetaan aikalajeihin, joita ovat tekemisaika, apuaika, tauko aika ja häiriöaika. Tämä helpottaa mm. tulosten tarkastelua. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 25; Tuure 2019.)

5.3 Havainnointitutkimus

Havainnointitutkimus perustuu nimen mukaisesti havainnointiin ja sitä voidaan käyttää varsin laaja-alaisesti. Havainnointitutkimuksessa tehdään tietyin väliajoin havaintoja tutkittavasta työstä ja sen suorittaminen on kohtuullisen helppoa. Havainnointitutkimuksessa käytetään apuna eri aikalajeja: tekemisaikaa, apuaikaa, tauko aikaa ja häiriöaikaa. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 24.)

5.4 Lean –ajattelu

Lean -ajattelu on johtamisfilosofia, joka keskittyy erilaisten tuottamattomien toimintojen poistamiseen. Lean-ajattelussa pyritään jatkuvaan toimintojen ja prosessien kehittämiseen. Leanin kautta saadaan parannettua virtaustehokkuutta parannettua tuotteen/toiminnan laatua sekä vähennettyä kustannuksia. Virtaustehokkuudessa tärkein asia on aika, jonka tehokkuutta mitataan läpimenoajalla. Lean -ajattelussa on tärkeää tunnistaa prosessia hidastavat tekijät ja tuottamattomat toiminnot. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 21.)

Toimivan prosessin virtaustehokkuuden tulee olla mahdollisimman hyvä. Virtaustehokkuudesta puhuttaessa on tärkeää ymmärtää, miten prosessit toimivat ja huomio tulee kiinnittää jalostettavaan yksikköön eli virtausyksikköön.

Prosessit tulee määritellä virtausyksiköiden näkökulmasta. Prosessilla tulee olla selkeä alku ja loppu, jotta sen läpimenoaika pystytään mittaamaan.

Virtaustehokkuudessa on kyse siitä, kuinka paljon virtausyksikkö jalostuu ja saa arvoa tiettyinä ajanjaksona. Läpimenoaika on se aika, joka virtausyksiköltä kuluu, kun se etenee määritellyn prosessin alusta loppuun. (Modig & Åhlström 2016, 1–39.)

LEAN- projekteissa voidaan hyödyntää työntutkimusta ja työnmittausta.

Prosessin läpimenoajan lyhentäminen perustuu ennen kaikkea turhan karsimiseen ja erilaisten odotusaikojen poistamiseen. Resurssi- ja virtaustehokkuus ovat kaksi eri asiaa ja näin ollen virtaustehokkuus ei perustu työtahdin kasvattamiseen. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä, 2011.)

6 Vanajan Voimalaitoksen vastaanottoprosessi

Vanajan voimalaitoksella on käytössä kaksi vastaanottoasemaa ja kolmantena purkupaikkana toimii polttoainekenttä. Vastaanottoasema 1 on vanhin ja vastaanottoasema 2 sekä polttoainekenttä ovat valmistuneet vuonna 2009. Toimitettava polttoainelajike (puu tai turve) määrittelee, mille vastaanottoasemalle polttoainekuorma puretaan. Polttoainekentälle saa purkaa vain erillisellä luvalla.

6.1 Vastaanottoasema 1

Vastaanottoasema 1 on vanhin ja rakennettu 2000-luvun alussa. Asema 1 on ns. läpiajohalli, johon on mahdollista purkaa polttoainetta vain perästä purkavilla autoilla. Aseman tekniikka, kuten kuljettimet, ovat kohtuullisen vanhaa tekniikkaa. Polttoaine kulkee asemalta paikoin melko kapeaakin reittiä pitkin eteenpäin, mikä asettaa tietyt ehdot purettavalla polttoaineelle. Asema on alun perin suunniteltu jyrshinturpeen vastaanottoon. Kuljettimien läpäisykyky on

heikompi, kuin vastaanottoaseman 2. Tällä tarkoitetaan irtokuutiomäärää, jonka asema läpäisee yhden tunnin aikana.

Tällä hetkellä vastaanottoasema 1 käytetään vain jyrshinturpeen vastaanottamiseen. Puupolttoainekuormia ei pureta ko. asemalle kuin poikkeustapauksessa. Vanajan voimalaitoksella on käytössä kaksi erillistä polttoainesiiloa. Vastaanottoasemalta 1 polttoaine ohjautuu aina pääasiassa siiloon 1, jonka tilavuus on 600 i-m³. Asemalta on mahdollista ohjata polttoaine myös siiloon 2.

6.2 Vastaanottoasema 2

Vastaanottoasema 2 (kuva 13) on valmistunut vuonna 2009 ja se on suunniteltu puupolttoaineiden vastaanottoon. Vastaanottoasemalle 2 pystyy purkamaan sekä perästä purkavilla autoilla että perästä kippaavilla autoilla.

Vastaanottoasemalle on vain yksi purkumonttu, johon polttoaine ohjautuu sekä peräpurkukalustolla purettaessa että kippikalustolla purettaessa. Yhtäaikainen perä- ja kippipurku on kiellettyä turvallisuus syistä. Polttoaine ohjautuu asemalta 2 siiloon 2, jonka tilavuus on 1500 i- m³. Asemalle otetaan vastaan vain puupolttoaineita.



Kuva 13. Vastaanottoasema 2, jossa matala osuus ns. peräpurkuhalli ja korkea osuus kippikalustoa varten. Taustalla näkyy polttoainekenttä (kuva ja lupa Loimua Oy).

6.3 Polttoainekenttä

Vanajan voimalaitoksella on noin 4000 m²:n suuruinen polttoainekenttä vastaanottoasema 2:n yhteydessä. Polttoainekuorma voidaan purkaa polttoainekentälle vain erillisellä luvalla tai jos esimerkiksi polttoainesiilo on täynnä. Tällöinkin lupa kentälle purkuun saadaan laitoksen valvomosta. Lisäksi polttoainekenttää hyödynnetään kippikalustolla toimitettavien polttoainekuormien näytteenottoon. Kippipurkuautot jättävät jokaisesta vaihtolavasta pienen, muutaman kuution kokoisen polttoainekasan polttoainekentälle polttoainenäytteenottoa varten. Polttoainekentällä pidetään erityisesti talvikautena huoltovarmuusvarastoa, jolloin polttoainetta tarvitaan eniten.

6.4 Polttoainevastaanotto prosessi

Vanajan voimalaitoksen polttoainevastaanotto prosessiin kuuluvat polttoainekuorman tulopunnitus, kuorman purku, polttoainenäytteenotto, polttoainekuorman kirjaaminen sekä kuorman lähtöpunnitus. Voimalaitokselle saapuessa kuorma punnitaan. Auto tunnistautuu vaa`alla, minkä jälkeen puupolttoainetta tuova auto ajaa vastaanottoasemalle 2. Auto odottaa omaa purkuvuoroaan kalustosta riippuen joko peräpurkuhalliin tai kippipaikalle. Yhtäaikainen perä- ja kippipurku on kielletty, joten purkuvuoroaan odottavan auton tulee huomioida kaikki vastaanottoasemalla 2 olevat autot oman purkuvuoronsa varmistamiseksi. Vastaanottoasemalle on liikennevalot, jotka näyttävät, onko purkupaikka varattu vai vapaa.

Kuljettaja ajaa peräpurkuauton peräpurkuhalliin siten, että auton perä on lattiakolalla ja valmistelee auton purkuun ja aloittaa purun. Auton purun valmistelussa auton takaovet aukaistaan ja purkuseinä asetetaan paikalleen,

jotta estetään polttoaineen leviäminen purkuhallin lattialle. Kuljettaja siirtyy purun ohjaustilaan ja aloittaa polttoaineen purkamisen käynnistämällä kuljettimet ja lattiakolan. Polttoainenäyte otetaan purun aikana.

Täysperävaunuyhdistelmien kohdalla autoa tulee siirtää purkuhallissa, jotta sekä vetoauto (nuppi) että kärry saadaan purettua. Puoliperävaunua ei tarvitse siirtää purun aikana. Polttoaineen purun jälkeen halli siivotaan, purkuseinä käännetään takaisin paikoilleen ja auton kuormatilan ovet suljetaan. Auto ajetaan pois hallista.

Kippipurkuauto auto vaa`alta vastaanottoasema 2:sen yhteydessä olevalle polttoainekentälle. Siinä kuljettaja valmistelee auton purkua varten. Kuljettaja avaa vaihtolavojen lukot ja irrottaa vetoauton kärrystä avaamalla vetokidan. Tämän jälkeen kuljettaja purkaa vaihtolavat yksitellen vastaanottoaseman 2:sen kippimonttuun kippipurkupaikan kautta. Ennen vaihtolavan kippaamista jokaisesta vaihtolavasta kipataan polttoainekentälle muutaman kuution kokoinen näytekasa polttoainenäytteenottoa varten. Purun jälkeen kuljettaja ottaa polttoainenäytteen erillisten ohjeiden mukaan.

Kuljettaja pienentää eli neliöi ottamansa polttoainenäytteen, ja näytteestä pussitetaan yksi sektori eli yksi neljännesosaa. Pussi toimitetaan suljettuna näytteenkäsittelytilaan, jossa kuljettaja kirjaa toimittamansa kuorman tiedot voimalaitoksen polttoainejärjestelmään. Järjestelmään kirjataan mm. polttoaineen toimittaja, toimitetut irtokuutiot, purkupaikka ja toimitettu polttoainelajike. Tämän jälkeen järjestelmä tulostaa tarran, joka liimataan näytepussiin. Näytepussi jätetään sille tarkoitettuun kaappiin. Lopuksi kuljettaja ajaa auton uudelleen vaa`alla suorittaakseen lähtöpunnituksen. Tulo- ja lähtöpunnituksen painon erotuksesta järjestelmä laskee vastaanotetun polttoaineen massan. Vanajan voimalaitoksella tulo- ja lähtöpunnitukseen käytetään samaa vaakaa.

6.5 Polttoainenäytteenotto

Jokaisesta voimalaitokselle toimitettavasta polttoainekuormasta otetaan polttoainenäyte. Yksittäisten kuormien näytteistä muodostetaan kokoomanäytteitä polttoainelajikkeittain ja -toimittajittain. Kokoomanäytteistä analysoidaan mm. polttoaineen kosteus ja lämpöarvo.

Vanajan voimalaitoksella on käytössä manuaalinen näytteenotto.

Polttoainekuljettajat vastaavat polttoainenäytteenotosta. Näytteenotto ja siihen annetut ohjeet perustuvat näytteenottostandardeihin SFS-EN 14778 (Kiinteät biopolttoaineet. Näytteenotto) ja SFS-EN 14780 (Kiinteät biopolttoaineet. Näytteen käsittely). Näytteenottoon käytetään vain siihen tarkoitettuja työvälineitä, ja näytteenotto käsin on kiellettyä.

Kippikalustolla toimitettavista polttoainekuormista kipataan muutaman irtokuution kokoinen kasa polttoainetta kentälle ennen kuorman purkamista vastaanottoasemaan. Polttoainenäyte otetaan purun jälkeen kipatusta kasasta annettujen ohjeiden mukaan. Peräpurkukalustolla toimitettavista polttoainekuormista polttoainenäyte otetaan putoavasta polttoainevirrasta kuorman purun yhteydessä.

Kuljettaja ottaa polttoainenäytteen näytekauhalla. Jokaisesta kuormasta otetaan neljä yksittäisnäytettä - yksi näytteenottokauhallinen vastaa yhtä yksittäisnäytettä. Näytteet tulee ottaa siten, että jokainen kuromatila, esimerkiksi vetoauto ja kärry, tulee edustetuksi. Kerätyt yksittäisnäytteet kaadetaan näytteenkäsittelypöydälle ja pienennetään neliöimällä (kuva 14) siten, että lopullisen polttoainenäytteen kooksi tulee noin 2–3 litraa. Näyte pussitetaan ja pussi suljetaan tiivistä siten, ettei siitä haihdu kosteutta.



Kuva 14. Polttoainenäytteen pienentämisen eli neliöinnin ohje (kuva ja lupa Loimua Oy).

6.6 Purkuajat

Vanajan voimalaitoksen ympäristölupa määrittelee, milloin polttoainetta voidaan vastaanottaa voimalaitokselle. Polttoainevastaanotto on sallittua arkisin klo 6.00 – 22.00 ja viikonloppuisin klo 6.00 – 20.00. Vanajan voimalaitoksella ei ole käytössä purkuajavarauksia. Toimittajat voivat siis toimittaa kuorman milloin tahansa vastaanottoajan sisällä tilattuna päivänä, eikä erillistä varausta toimitusajankohdalle tarvita. Polttoainekuormat toimitetaan laitoksen tilauksen mukaisesti.

7 Tutkimuksen toteutus

7.1 Tutkimustavoitteet ja -menetelmät

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Vanajan voimalaitoksen vastaanottoprosessiin kuluva aika – toisin sanoen se, kuinka kauan yksittäiseltä polttoainerekalta kuluu voimalaitoksella polttoainekuorman purkamisessa. Tavoitteena oli selvittää myös, mitkä työvaiheet vievät eniten aikaa, mitkä ovat prosessin mahdolliset pullonkaulat ja mitkä asiat aiheuttavat kuljettajalle mahdollista odotusaikaa. Lisäksi tutkittiin, miten vastaanottoprosessiin kuluva aika jakautui eri purkupaikkojen ja -tapojen kesken. Tutkimustulosten perusteella vastaanottoprosessia on tarkoitus kehittää sujuvammaksi ja nopeammaksi. Lisäksi mietitään vastaanottoasemien 1 ja 2 keskinäistä roolia.

Tutkimusmenetelmäksi valittiin ajankäyttötutkimus, koska tavoitteena oli prosessin kehittäminen. Ajankäyttötutkimuksella tutkittiin vastaanottoprosessiin käytettävää aikaa ja sen jakautumista eri työvaiheisiin. Tietoa vastaanottoprosessiin käytetystä ajasta kerättiin videokuvaamalla. Videokuvauksissa saatiin tallennettua myös muita huomioita vastaanottoprosessista ja kuljettajien toiminnasta. Lisäksi hyödynnettiin Once - polttoainehallintajärjestelmään kirjautuneita tietoja vastaanottoprosessiin kokonaisuudessaan käytetyistä ajoista purkupaikoittain – ja tavoittain.

7.2 Ajankäyttötutkimus

Ajankäyttötutkimus suoritettiin purkupaikoittain ja -tavoittain. Vastaanottoprosessi on erilainen purkupaikasta ja -tavasta riippuen ja siihen kuluu lähtökohtaisesti aikaa eri tavalla. Tutkimus päätettiin kohdistaa Vanajan kolmesta purkupaikasta vain kahteen – vastaanottoasema 2:sen perä- ja kippipurkupaikoille sekä polttoainekenttään. Vastaanottoasema 1:lle on vastaanotettu tähän asti vain jrsinturvetta ja sen rooli kokonaisuuden kannalta on pienempi. Lisäksi vastaanottoasemalle 1 voi purkaa vain peräpurkuautot.

Tutkimuksen yhteydessä tuli huomioida, että turpeen käyttöä ollaan lähivuosien aikana vähentämässä ja uuden kattilainvestoinnin myötä vastaanottoasemien roolit tulevat muuttumaan. Tästä huolimatta lähes 90 %:a vastaanotettavista kiinteän polttoaineen kuormista puretaan joko vastaanottoasemalle 2 tai polttoainekentälle.

Vanajan voimalaitoksella mahdollisia purkutapoja on kaksi, peräpurku ja peräkippi. Vastaanottoasema 2 sisältää kaksi eri purkupaikkaa, joista purkuhalli on tarkoitettu peräpurkuautoille ja kippipaikka puolestaan peräkippiautoille. Polttoainekentälle voidaan purkaa molemmilla purkutavoilla.

Ajankäyttötutkimuksen kannalta tutkittavana oli siis neljä erilaista vastaanottoprosessia, peräkippi- ja peräpurku vastaanottoasemaan 2, peräkippi- ja peräpurku polttoainekentälle, peräpurku vastaanottoasemaan 2 ja peräpurku polttoainekentälle. Vastaanottoprosesseja päädyttiin videoimaan jokaista 5 kappaletta, jolloin tutkimukseen saatiin yhteensä 20 vastaanottoprosessin otanta.

Videot kuvattiin videokameralla helmi- ja maaliskuussa 2019. Ajankohta valittiin sen mukaan, että päiväkohtaiset voimalaitokselle vastaanotettavat kuormamäärät ovat suuria ja näin mahdolliset ongelmakohdat nousevat paremmin esiin. Videointeja suoritettiin 12 eri päivänä, sillä pakkasen kulutti tehokkaasti videokameran akkua, ja mm. tämä rajoitti yhden päivän aikana kuvattavien vastaanottoprosessien määrää. Kuljettajille kerrottiin, mitä tarkoitusta varten videointeja suoritettiin. Videot jäävät vain Loimua Oy:n käyttöön. Videointiin käytettävää päiväkohtaista aikaa lisäsi se, että polttoainerekkien tarkkaa saapumisaikaa voimalaitokselle ei ollut tiedossa. Tästä johtuen vaa`an luona jouduttiin odottamaan saapuvaa rekkää. Välillä odotusaika oli lyhyt, toisena päivänä yhden auton odotteluun saattoi kulua lähes tunti.

Videointi aloitettiin polttoainevaa`alta, jossa auto (polttoainerekka) punnitaan. Heti tulopunnituksen yhteydessä vaa`alla pystyttiin tunnistamaan, onko kyseessä kippi- vai peräpurkuauto. Videointi aloitettiin siitä hetkestä, kun auto pysähtyi vaa`alle. Tulopunnituksen jälkeen autoa lähdettiin seuraamaan

vastaanotto paikalle. Kuljettajan toimintaa seurattiin koko vastaanotto prosessin ajan. Kuorman purun ja polttoainenäytteenoton jälkeen auto siirtyi vastaanotto paikalta takaisin vaa`alle lähtöpunnitukseen. Autoa seurattiin videokameran kanssa vaa`alle aina lähtöpunnitukseen asti. Videointi lopetettiin, kun auto lähti lähtöpunnituksen jälkeen liikkeelle vaa`alta. Koko videoinnin aikana huomiointiin laitoksen ohjeet ja käytännöt sekä varmistettiin turvallisuus. Videointia pystyi monin paikoin tekemään kohtuullisen kaukaakin kuljettajan toimintaa seuraamalla ja kuvaamalla.

7.3 Peräpurku vastaanottoasemalle 2

Vastaanotto prosessi alkaa siitä, kun peräpurkuauto pysähtyy vaa`alle tulopunnitusta varten (T1). Vanajalla on käytössä vain 13 metriä pitkä vaakalaatta, joten autot joutuvat suorittamaan tulopunnituksen kahdessa osassa – ensin punnitaan nuppi ja sitten kärry. Punnitus tapahtuu kahdessa osassa kaikilla ajoneuvotyypeillä huolimatta auton pituudesta. Auto pysäytetään ensin vetoauton punnitukseen ja tunnistautuu auton napilla (tagilla). Tämän jälkeen auto siirretään siten, että punnitaan peräkärry. Mikäli autossa ei ole kärryä, toiselle tolppalle on joka tapauksessa pysähdyttävä hyväksymään kärryn paino, vaikkei autossa olisikaan kärryä. Kuljettaja kirjaa vaa`an näytöltä painotiedot ylös kuormakirjaan. Tulopunnitus (T1) päättyy, kun kuljettaja lähtee vaa`alta liikkeelle kohti vastaanottoasemaa.

Tämän jälkeen alkaa vastaanottoasemalle 2 siirtyminen (T2). Auto ajetaan vaa`alta vastaanottoasemalle, peräpurkuhallin oven eteen. Ovi on yleensä suljettuna. Osa kuljettajista ajaa lenkin polttoainekentän ympäri, ennen kuin saapuu hallin ovelle. Tällä tavoin he ilmeisesti varmistavat, minkä verran kippipurkuautoja on valmistelemassa purkua tai purkamassa omaa kuormaansa. Yhtäaikainen kippipurku ja peräpurku eivät ole sallittuja. Siirtymisvaihe (T2) päättyy siihen, kun auto pysähtyy hallin ovelle. Mikäli vastaanottoasema on varattu, hallin oven vieressä vilkkuu punainen liikennevalo. Valo voi kuitenkin olla hieman hämävä, koska se vaihtuu ”virheellisesti” vihreäksi, kun kippipurkuauto poistuu montun reunalta ja käy

vaihtamassa purettavaksi uuden vaihtolavan. Tästä johtuen monet autot tekevät ylimääräisen lenkin vastaanottoon saapuessaan, jotta saavat käsityksen siitä, milloin oma vuoro koittaa. Vastaanottoaseman ollessa varattuna joudutaan odottamaan (O1). Odotusaika alkaa siitä, kun auto pysähtyy hallin oville ja päättyy siihen, kun auto lähtee ajamaan halliin sisään.

Purun valmistelu (T3) alkaa siitä, kun autoa lähdetään ajamaan sisään vastaanottohalliin. Peräpurkuauto pysähtyy hallissa lattiakuljettimen kohdalle. Tarvittaessa kuljettaja avaa hieman kuormatilan päällä olevia pressuja, avaa kuormatilan ovet ja lukitsee ne paikoilleen. Kuljettaja tarkistaa, että näytteenottoastia/-astiat ovat paikallaan. Kuljettaja siirtää halutessaan paikalleen ns. purkuseinän, jonka avulla polttoaine ei leviä niin laajalle alueelle hallissa. Osa kuljettajista ei käytä vetoauton purun yhteydessä purkuseinää, vaan purkaa vetoauton karryn aisan läpi eli karrystä ei irroteta vetoautosta ja näin ollen myöskään purkuseinää ei pysty siirtämään. Tämän jälkeen hän siirtyy peräpurun ohjaustilaan. Purun valmistelu (T3) päättyy, kun kuljettaja avaa ohjaustilan oven.

Purku (T4) alkaa, kun kuljettaja on avannut ohjaustilan ulko-oven. Kuljettaja varmistaa, että kuljettimet ovat päällä ja käynnistää ne tarvittaessa. Kuljettaja näkee ohjaustilan ikkunasta purkutilaan. Tämän jälkeen kuljettaja avaa suojaportin. Tämä toiminta aktivoi ns. "kuolleen miehen" -kytkimen ja kuljettajan tulee kuitata se 30 sekunnin välein. Tällä toiminnolla varmistetaan, että kuljettaja pysyy koko purun ajan ohjaustilassa. Mikäli kytkintä ei kuitata, kuljettimet pysähtyvät. Viimeiseksi kuljettaja käynnistää lattiakuljettimen sekä oman autonsa purkulaitteet joko kauko-ohjatusti tai manuaalisesti ohjaustilan seinän läpi viedyn putken avulla. Kuljettaja seuraa purkua koko ajan ikkunan kautta sekä ohjaustilassa olevan monitorin (videokuvan) kautta. Purkumontun täyttymistä tulee seurata, jottei se täyty liiaksi ohjaamalla auton omaa purkulaitetta. Mikäli monttu tulee liian täyteen, lattiakuljetin pysähtyy. Tällä estetään polttoaineen joutuminen lattiakuljettimen alle. Mikäli lattiakuljetin pysähtyy, koska monttu on ylitäytetty tai "kuolleen miehen" -kytkintä ei ole kuitattu, suojaportti tulee laskea alas ja aloittaa purkutoimet ohjaustilassa alusta

uudelleen. Purku (T4) päättyy, kun kuorma on purettu ja kuljettaja avaa ohjaustilan oven poistuaakseen tilasta.

Jos kyseessä on täysperävaunuyhdistelmä (vetoauto + kärry) purun (T4) päättymisen jälkeen kuljettaja siirtyy takaisin peräpurkuhalliin ohjaustilasta. Purun päättäminen (T5) alkaa, kun kuljettaja avaa ohjaustilan ulko-oven. Kuljettaja putsaa ylimääräiset hakkeet kuormatilan ovista ja takaosasta ja sulkee kuormatilan ovet. Jos kärry on irrotettu ennen vetoauton purkua, kuljettaja peruuttaa vetoautoa saadakseen kärryn kytkettyä ja siirrettyä purkua varten. Mikäli kuljettaja on käyttänyt purkuseinää vetoauton purun yhteydessä, seinä tulee siirtää paikalleen ennen kärryn siirtoa lattiakuljettimien kohdalle. Purun päätyminen (T5) loppuu, kun kuljettaja siirtyy autoon kärryn siirtoa varten ja sulkee auton oven. Tästä alkaa uudelleen purun valmistelu (T3). Kärryn siirron jälkeen kuljettaja avaa kärryn päällä olevat pressut ja kuormatilan ovet. Kuljettaja siirtää myös purkuseinän paikalleen ja siirtyy takaisin ohjaustilaan. Purun valmistelu (T3) päättyy, kun kuljettaja avaa ohjaustilan ulko-oven. Purku (T4) jatkuu, kuten aiemmin on kuvattu, kun kuljettaja on siirtynyt ohjaustilaan. Purku (T4) päättyy, kun kuljettaja poistuu ohjaustilasta ja avaa ohjaustilan ulko-oven.

Sekä pelkän vetoauton ja puoliperävaunun että täysperävaunuyhdistelmän kuormatilojen purun jälkeen alkaa purun päättäminen (T5). Purun päättäminen alkaa, kun kuljettaja avaa ohjaustilan ulko-oven. Kuljettaja siirtyy peräpurkuhalliin siivoamaan ylimääräiset hakkeet kuormatilan takaosasta ja sulkee kuormatilan ovet. Mikäli purkuseinä on ollut käytössä, seinä siirretään takaisin paikalleen. Kuljettaja siivoaa myös hallin lattialta levinneet hakkeet lattiakuljettimen päälle. Kuormatilan päällä olevat pressut suljetaan. Kuljettaja siirtää näytteenottoastian hallin sivuovelle. Kuljettaja siirtyy autoon ja avaa hallin ulko-oven. Purun päätyminen (T5) loppuu, kun kuljettaja on ajanut auton hallista ulos ja pysäyttänyt sen polttoainekentälle.

Näytteenotto (T4.1) tapahtuu purun aikana ohjaustilan seinän läpi asennetulla näytteenottimella (lapio) putoavasta polttoainevirrasta. Näytteenotto alkaa, kun kuljettaja koskee näytteenottimeen (T4.1) ja päättyy, kun kuljettaja laskee

polttoainenäytteenottimen kädestään. Tämä toistuu kuorman purun aikana 3–4 kertaa riippuen siitä, ottaako kuljettaja jokaisella kerralla yhden vai useamman kauhallisen näytettä kerralla. Näytteenottoon kuluva ei huomioida purkuajassa (T4), vaikka purku jatkuu näytteenoton taustalla koko ajan.

Näytteenkäsittely alkaa, kun kuljettaja pysäyttää auton kentälle, ja nousee autosta (T6). Kuljettaja hakee ensin hallin sivuovelle jätetyn näyteastian, jossa on polttoainenäyte. Kuljettaja siirtyy näyteastian kanssa näytteenkäsittelypisteelle. Kuljettaja kaataa näytteen pöydälle ja neliöi sen ohjeiden mukaisesti. Yksi sektori eli $\frac{1}{4}$ näytteestä siirretään pöydällä olevan aukon kautta pussiin. Näytepusseja sijaitsevat postilaatikossa näytepöydän vieressä. Näytepusseja suljetaan ja pöydältä siivotaan ylimääräinen näyte pois. Näytteenkäsittely (T6) päättyy, kun kuljettaja lähtee valmiin näytepusseja kanssa liikkeelle näytteenkäsittelypisteeltä.

Tietojen syöttö (T7) alkaa, kun kuljettaja lähtee näytteenottopisteeltä. Kuljettaja jättää matkalla näytteenkäsittelytilaan näyteastian paikalleen purkuhalliin. Kuljettaja siirtyy näytteenkäsittelytilaan Once-näyttöpäätteen luokse ja syöttää kuorman tiedot voimalaitoksen järjestelmään. Tietojen tallennuksen jälkeen järjestelmä tulostaa kuljettajalle näytetarran, jonka kuljettaja liimaa näytepusseja. Kuljettaja jättää näytetarralla varustetun näytepusseja polttoainetoimittajakohtaiseen näytekaappiin. Kun kuljettaja on sulkenut näytekaapin oven, tietojen syöttö (T7) päättyy.

Siirtyminen lähtöpunnitukseen (T8) alkaa, kun kuljettaja on sulkenut näytekaapin oven ja lähtee kävelemään takaisin autolleen. Kuljettaja siirtyy autoonsa ja ajaa auton vastaanottoasemalta vaa`alle. Työvaihe (T8) päättyy, kun auto on pysähtynyt vaa`alle lähtöpunnitusta varten. Mikäli vaaka on varattu toisen auton toimesta, kuljettaja joutuu odottamaan omaa vuoroaan vaa`an läheisyydessä. Tässä tapauksessa odotusaika (O2) lasketaan erikseen siitä hetkestä, kun auto pysähtyy odottamaan ja päättyy siihen, kun kuljettaja lähtee jatkamaan matkaa kohti vaakaa, sen vapauduttua. Odotusaika (O2) ei sisälly työvaiheeseen T8.

Vastaanottoprosessin viimeinen työvaihe (T9) alkaa, kun auto pysäytetään vaa`alle lähtöpunnitukseen. Kuljettaja punnitsee ensin nupin ja tarkistaa sitten vaa`an näytöltä syöttämänsä tiedot. Tämän jälkeen vaa`alle ajetaan kärry. Kuljettaja tulee autosta pois ja kävelee vaakaterminaalille. Kärryn paino kuitataan terminaalilta ja järjestelmä tulostaa kuitin. Lähtöpainot kirjataan vielä kuormakirjaan ja kuormakirja jätetään täytettynä terminaalin postilaatikkoon. Kuljettaja siirtyy takaisin autoonsa. Lähtöpunnitus (T9) päättyy, kun kuljettaja lähtee vaa`alta liikkeelle.

7.4 Peräpurku polttoainekentälle

Vastaanottoprosessi alkaa siitä, kun peräpurkuauto pysähtyy vaa`alle tulopunnitukseen (T1). Tulopunnitus päättyy, kun kuljettaja lähtee vaa`alta liikkeelle kohti polttoainekenttää. Tämän jälkeen ajetaan polttoainekentälle (T2). Auto pysäytetään polttoainekentälle vapaaseen kohtaan lähelle kentän polttoaineamaa (kasaa). Työvaihe (T2) päättyy, kun kuljettaja pysäyttää auton kentälle.

Purun valmistelu (T3) alkaa, kun kuljettaja on pysähtynyt kentälle, ja avaa auton oven. Kuljettaja valmistelee auton purkua varten avaamalla auton kuormatilan pressun ja takaovet. Kuljettaja palaa autoon käynnistääkseen purun. Purun valmistelu (T3) päättyy, kun kuljettaja sulkee auton oven. Purku (T4) alkaa, kun kuljettaja on palannut autoonsa ja sulkenut auton oven. Kuljettaja käynnistää purun. Polttoaine purkautuu suoraan polttoainekentälle. Kuljettaja siirtää autoa purun aikana muutaman kerran. Purku (T4) päättyy, kun kuormatila on tyhjä ja kuljettaja sammuttaa auton omat purkulaitteet.

Purun päättäminen (T5) alkaa, kun purku on valmis ja kuljettaja on sammuttanut auton omat purkulaitteet. Kuljettaja siirtää autoaan hieman eteenpäin, mikäli hän ei muuten pääse sulkemaan kuormatilan takaovia. Kuljettaja siivoaa auton takaosasta ylimääräiset polttoaineet esimerkiksi takapuskurin päälle tippuneen hakkeen. Kuljettaja sulkee kuormatilan päällä olevan pressun ja kuormatilan takaovet. Purun päättäminen (T5) loppuu, kun kuljettaja on sulkenut kuormatilan

ovet ja lähtee kävelemään näytteenkäsittelypisteelle. Osa kuljettajista hakee näytteenottovälineet valmiiksi ennen auton kuormatilan ovien sulkemista. Tähän käytetty aika on laskettu näytteenoton työvaiheeseen (T6), eikä se sisälly purun päättämistyövaiheen aikaan. Tässä kohtaa näytteenoton työvaihe (T6) alkaa siitä, kun kuljettaja lähtee kävelemään autonsa luota näytteenkäsittelypisteelle. Työvaihe päättyy siihen, kun kuljettaja laskee kädestään näyteastian ja näytteenottimen autonsa luokse. Kuljettaja sulkee kuormatilan ovet vasta tämän jälkeen.

Näytteenotto (T6) alkaa, kun kuljettaja lähtee hakemaan näytteenottovälineet autonsa luota. Mikäli kuljettaja on hakenut näytteenottovälineet jo edellisen työvaiheen aikana, näytteenotto jatkuu, kun kuljettaja ottaa käteensä näytteenottovälineet. Kuljettaja kerää näytteenottimella ohjeiden mukaisesti yksittäisnäytteet näyteastiaan. Tämän jälkeen kuljettaja lähtee näytteen ja näytteenottovälineiden kanssa näytteenkäsittelypisteelle. Näytteenotto (T6) päättyy, kun kuljettaja ottaa sekä näyteastian että näytteenottimen käteensä ja lähtee kävelemään polttoainekasan luota pois. Mikäli kuljettaja vielä yksittäisnäytteiden keruun jälkeen pysähtyy autonsa luokse esim. sulkemaan kuormatilan takaovet tai hakemaan kuormakirjan auton ohjaustilasta, lasketaan tämä aika mukaan purun päättämiseen (T5). Purun päättämiseen on laskettu aika siitä hetkestä, kun kuljettaja laskee näytteen ja näytteenottovälineet maahan, päättyen siihen, että kuljettaja koskee uudelleen näyteastiaan ja näytteenottimeen ottaakseen ne mukaansa. Tätä aikaa ei ole huomioitu näytteenoton (T6) työvaiheessa.

Näytteenkäsittely (T7) alkaa, kun kuljettaja ottaa käsiinsä sekä näytteenottimen että näyteastian ja lähtee kävelemään polttoainekasan luota näytteenkäsittelypisteelle. Kuljettaja kaataa näytteen pöydälle ja neliöi sen ohjeiden mukaisesti. Yksi sektori eli $\frac{1}{4}$ osa näytteestä siirretään pöydällä olevan aukon kautta pussiin. Näytepussit sijaitsevat postilaatikossa näytepöydän vieressä. Näytepussi suljetaan ja pöydältä siivotaan ylimääräinen näyte pois. Kuljettaja jättää näytteenottovälineet näytteenkäsittelypisteelle. Näytteenkäsittely (T7) päättyy, kun kuljettaja lähtee valmiin näytepussin kanssa liikkeelle näytteenkäsittelypisteeltä.

Tietojen syöttö (T8) alkaa, kun kuljettaja lähtee liikkeelle näytteenottopisteeltä. Kuljettaja siirtyy näytteenkäsittelytilaan Once -näyttöpäätteen luokse ja syöttää kuorman tiedot voimalaitoksen järjestelmään. Tietojen tallennuksen jälkeen järjestelmä tulostaa kuljettajalle näytetarran, jonka kuljettaja liimaa näytepussiin. Kuljettaja jättää näytetarralla varustetun näytepussin polttoainetoimittajakohtaiseen näytekaappiin. Kun kuljettaja on sulkenut näytekaapin oven, tietojen syöttö (T8) päättyy.

Siirtyminen lähtöpunnitukseen (T9) alkaa, kun kuljettaja on sulkenut näytekaapin oven ja lähtee takaisin autolleen. Kuljettaja siirtyy autoonsa ja ajaa auton vastaanottoasemalta vaa`alle. Työvaihe (T9) päättyy, kun auto pysäytetään vaa`alle lähtöpunnitusta varten. Mikäli toinen auto on varannut vaa`an, kuljettaja joutuu odottamaan omaa vuoroaan vaa`an läheisyydessä. Tässä tapauksessa odotusaika (O2) lasketaan erikseen siitä hetkestä, kun kuljettaja pysähtyy odottamaan vuoroaan ja päättyy siihen, kun kuljettaja lähtee jatkamaan matkaa kohti vaakaa sen vapauduttua. Odotusaika ei sisälly lähtöpunnitukseen siirtymisen työvaiheeseen (T9).

Vastaanottoprosessin viimeinen työvaihe alkaa, kun auto pysäytetään vaa`alle lähtöpunnitukseen (T10). Kuljettaja punnitsee ensin nupin ja samalla tarkistaa vaa`an näytöltä syöttämänsä tiedot. Tämän jälkeen vaa`alle ajetaan kärry. Kuljettaja tulee autosta pois ja kävelee vaakaterminaalille. Kärryn paino kuitataan terminaalilta ja järjestelmä tulostaa kuitin. Lähtöpainot kirjataan vielä kuormakirjaan ja kuormakirja jätetään täytettynä terminaalin postilaatikkoon. Kuljettaja siirtyy takaisin autoonsa. Lähtöpunnitus (T10) päättyy, kun kuljettaja lähtee vaa`alta liikkeelle.

7.5 Kippipurku vastaanottoasemalle 2

Vastaanottoprosessi alkaa siitä, kun kippipurkuauto pysäytetään vaa`alle tulopunnitusta varten (T1). Tulopunnitus päättyy, kun kuljettaja lähtee vaa`alta liikkeelle kohti polttoainekenttää. Polttoainekentälle siirtyminen (T2) alkaa, kun

kuljettaja lähtee vaa`alta. Auto ajetaan polttoainekentälle vapaaseen kohtaan valmistelemaan purkua. Työvaihe (T2) päättyy, kun kuljettaja on pysähtynyt kentälle. Purun valmistelu (T3) alkaa, kun auto pysäytetään kentälle. Kuljettaja tulee autosta ulos, avaa mahdolliset kuormatilan päällä olevat pressut sekä avaa vaihtolavojen lukot. Lisäksi kuljettaja irrottaa kärryn letkut ja vapauttaa vetokidan eli irrottaa kärryn vetoautosta kuorman purun ajaksi. Purun valmistelu (T3) päättyy, kun kuljettaja palaa autoon ja vetää auton oven kiinni.

Purku (T4) alkaa, kun kuljettaja on mennyt autoonsa ja laittanut auton oven kiinni. Kuljettaja purkaa ensin vetoauton kyidissä olevan vaihtolavan. Auto ajetaan polttoainekentällä olevan hakeaman (kasan) viereen. Purku (T4) päättyy hetkeksi, kun auto on pysäytetty hakeaman viereen. Tästä jatkuu purun valmistelu (T3), kun kuljettaja on pysäyttänyt auton, ja menee aukaisemaan vaihtolavan ovet ja lukitsee ne auton sivuille. Purun valmistelu (T3) päättyy, kun vaihtolavan takaovet on aukaistu ja kuljettaja palaa autoon ja laittaa auton oven kiinni. Tämän jälkeen jatkuu purku (T4). Kuljettaja aloittaa vaihtolavan kippaamisen. Vaihtolavasta kipataan muutaman kuution kokoinen kasa polttoainekentälle polttoainenäytteenottoa varten. Mikäli vastaanottoaseman kippi- tai peräpurkupaikka on varattuna, kuljettaja joutuu odottamaan vuoroaan.

Odotusaika (O1) alkaa, kun kuljettaja on siirtynyt autoonsa näytekasan kippauksen jälkeen ja päättyy, kun kippipaikka vapautuu ja kuljettaja lähtee liikkeelle hakeaman luota. Odotusaikaa ei huomioida purku työvaiheessa. Tämän jälkeen kuljettaja lähtee liikkeelle hakeaman vierestä ja siirtyy vastaanottoaseman kippipaikalle. Kuljettaja peruuttaa auton kippimontun viereen. Kuljettajan tulee tarkistaa, että montun pohjakuljetin on päällä. Osa kuljettajista käy tarkistamassa montun pohjakuljettimen tilanteen peräpurun ohjaustilasta, josta pohjakuljetin saadaan myös tarvittaessa käyntiin. Osa katsoo kippipaikan seinällä olevasta merkkivalosta, onko kuljetin päällä. Mikäli kuljetin ei ole päällä, kuljettajan tulee käydä käynnistämässä se ohjaustilasta. Kippimontun reunalla on suojaortti. Suojaortti aukeaa, kun kuljettaja peruuttaa auton riittävän lähellä montun reunaa. Kuljettaja odottaa hetken suojaortin aukeamista. Sitten kuljettaja peruuttaa aivan montun reunalle ja

kippaa kuorman monttuun. Auto ajetaan montun reunalta pois ja suojaportti laskeutuu takaisin paikalleen. Tämän jälkeen kuljettaja ajaa auton takaisin polttoainekentän reunalle ja tiputtaa tyhjän vaihtolavan kyydistä pois. Kuljettaja hakee karrystä toisen vaihtolavan vetoauton kyytiin purettavaksi. Kuljettaja ajaa auton uudelleen hakeuman viereen. Purku (T4) päättyy, kun kuljettaja pysäyttää auton.

Purun valmistelu (T3) jatkuu toisen vaihtolavan kanssa, kun auto on pysäytetty ja kuljettaja menee aukaisemaan vaihtolavan ovet ja lukitsee ovet paikoilleen. Purun valmistelu päättyy, kun auton takaovet on aukaistu ja kuljettaja palaa autoon ja laittaa auton oven kiinni. Tämän jälkeen jatkuu taas purku (T4). Kuljettaja aloittaa toisen vaihtolavan kippaamisen. Kuten ensimmäinen vaihtolavan kanssa, vaihtolavasta kipataan muutaman kuution kokoinen kasa polttoainekentälle polttoainenäytteenottoa varten. Tämän jälkeen autolla siirrytään vastaanottoaseman kippipaikalle, ja peruutetaan kippimontun viereen. Kun lava on kippattu, auto ajetaan montun reunalta pois polttoainekentälle. Purku (T4) päättyy toisen vaihtolavan osalta, kun kuljettaja on pysäyttänyt auton kentälle. Tässä välissä alkaa purun päättäminen (T5) ensimmäisen ja toisen vaihtolavan osalta, kun auto on pysähtyneenä ja kuljettaja tulee autosta ulos. Kuljettaja käy sulkemassa sekä ensimmäisen vaihtolavan että toisen vaihtolavan ovet. Purun päättäminen (T5) näiden lavojen osalta päättyy, kun kuljettaja palaa autoon ja sulkee auton oven.

Tämän jälkeen jatkuu taas purku (T4). Kuljettaja siirtää ensin vetoautossa olevan toisen tyhjän vaihtolavan takaisin karryn kyytiin. Tämän jälkeen kuljettaja siirtää kolmannen vielä purkamatta olevan vaihtolavan karrystä vetoauton kyytiin. Auto ajetaan taas polttoainekentällä olevan hakeuman viereen. Purku (T4) päättyy hetkeksi, kun auto on pysäytetty hakeuman viereen. Purun valmistelu (T3) jatkuu, kun kuljettaja on pysäyttänyt auton, ja menee aukaisemaan vaihtolavan ovet ja lukitsee ne auton sivuille. Purun valmistelu (T3) päättyy, kun auton takaovet on aukaistu ja kuljettaja palaa autoon ja laittaa auton oven kiinni. Purku (T4) jatkuu taas, kun kuljettaja aloittaa kolmannen vaihtolavan kippaamisen. Kuten kahden aikaisemman vaihtolavan kanssa, vaihtolavasta kipataan muutaman kuution kokoinen kasa polttoainekentälle

polttoainenäytteenottoa varten. Tämän jälkeen auto ajetaan vastaanottoaseman kippipaikalle ja kuljettaja peruuttaa kippimontun viereen. Kun lava on kipattu, auto ajetaan montun reunalta pois polttoainekentälle. Purku (T4) päättyy kolmannen vaihtolavan osalta, kun auto on pysähtynyt polttoainekentälle.

Kun kaikki vaihtolavat ovat purettuina, alkaa purun päättäminen (T5). Kuljettaja siirtyy autosta sulkemaan kolmannen vaihtolavan ovet. Tämän jälkeen kolmas vaihtolava siirretään vetoauton kyydistä takaisin kärryn kyytiin. Sitten siirretään polttoainekentälle tiputettu ensimmäinen vaihtolava takaisin vetoauton kyytiin. Kärry liitetään letkuineen vetoautoon ja vaihtolavat lukitaan paikalleen. Purun päättäminen (T5) päättyy, kun kuljettaja tulee ulos autostaan. Tätä seuraa näytteenotto (T6). Näytteenotto alkaa, kun kuljettaja lähtee autoltaan hakemaan näytteenottovälineitä. Kuljettaja kävelee hakemaan näytteenkäsittelypisteeltä näytteenottovälineet. Kuljettaja kerää polttoainekentälle jätetyistä kolmesta näytekasasta näytteen annettujen ohjeiden mukaisesti. Näytteenoton (T6) päättyy, kun kuljettaja on saanut näytteen otettua ja tarttuu näyteastiaan ottaakseen sen mukaansa.

Näytteenkäsittely (T7) alkaa, kun kuljettaja ottaa käsiinsä sekä näytteenottimen että näyteastian ja lähtee näytekasojen luota kävelemään näytteenkäsittelypisteelle. Kuljettaja kaataa näytteen pöydälle ja neliöi sen ohjeiden mukaisesti. Yksi sektori eli $\frac{1}{4}$ näytteestä siirretään pöydällä olevan aukon kautta pussiin. Näytepussit sijaitsevat postilaatikossa näytepöydän vieressä. Näytepussi suljetaan ja pöydältä siivotaan ylimääräinen näyte pois. Kuljettaja jättää näytteenottovälineet näytteenkäsittelypisteelle. Näytteenkäsittely (T7) päättyy, kun kuljettaja lähtee valmiin näytepussin kanssa liikkeelle näytteenkäsittelypisteeltä.

Tietojen syöttö (T8) alkaa, kun kuljettaja lähtee liikkeelle näytteenottopisteeltä. Kuljettaja siirtyy näytteenkäsittelytilaan Once -näyttöpäätteen luokse ja syöttää kuorman tiedot voimalaitoksen järjestelmään. Tietojen tallennuksen jälkeen järjestelmä tulostaa kuljettajalle näytetarran, jonka kuljettaja liimaa näytepussiin. Kuljettaja jättää näytetarralla varustetun näytepussin

polttoainetoimittajakohtaiseen näytekaappiin. Kun kuljettaja on sulkenut näytekaapin oven tietojen syöttö (T8) päättyy.

Osa kuljettajista ottaa näytteen heti, kun kolmas vaihtolava on purettu, mutta ennen kuin tekee edeltävässä kappaleessa kuvatut purun päättämiseen liittyvät asiat. Tässä tapauksessa näytteenotto (T7) alkaa, kun kuljettaja on ajanut auton kauemmaksi montun reunalta kolmannen vaihtolavan purun jälkeen, pysäyttänyt auton polttoainekentälle ja tulee ulos autostaan. Tämän jälkeen näytteenotto jatkuu, kuten edellä on kuvattu, eli kuljettaja hakee näytteenottovälineet. Kuljettaja jatkaa näytteenkäsittelyvaiheeseen (T7) ja tietojen syöttöön (T8), kuten edellä on kuvattu. Suljettuaan näytteenkäsittelytilassa näytekaapin oven, tietojen syöttö työvaihe päättyy ja siirtyminen lähtöpunnitukseen (T9) alkaa. Tämä työvaihe (9) päättyy kuitenkin hetkeksi, kun kuljettaja palaa autoonsa ja vetää auton oven kiinni. Tästä jatkuu purun päättäminen (T5). Kuljettaja siirtää vetoauton kyydissä olevan vaihtolavan takaisin kärryyn ja sulkee sen ovet. Sitten kuljettaja ottaa vetoauton kyytiin ensimmäisenä purettu vaihtolavan ja peruuttaa vetoauton siten, että saa kärryn liitettyä vetoautoon. Kuljettaja lukitsee vielä kärryn, kärryn letkut ja vaihtolavat paikalleen ja palaa autoonsa. Purun päättäminen (T5) päättyy, kun kuljettaja menee takaisin autoonsa ja sulkee auton oven. Siirtyminen lähtöpunnitukseen (T9) jatkuu, kun kuljettaja on sulkenut auton oven ja lähtee liikkeelle kohti lähtöpunnitusta. Vastaanottoprosessi etenee tästä loppuun samalla tavalla, kuin seuraavassa kappaleessa on kuvattu.

Siirtyminen lähtöpunnitukseen alkaa, kun kuljettaja on sulkenut näytekaapin oven ja lähtee takaisin autolleen (T9). Kuljettaja siirtyy autoonsa ja ajaa auton vastaanottoasemalta vaa`alle. Työvaihe päättyy, kun auto on pysähtynyt vaa`alle lähtöpunnitusta varten. Mikäli vaaka on varattu toisen auton toimesta auto saattaa joutua odottamaan omaa vuoroaan vaa`an läheisyydessä ja tästä syntyy odotusaika (O2). Tässä tapauksessa odotusaika lasketaan erikseen siitä hetkestä, kun auto pysähtyy odottamaan ja päättyen siihen, kun auto lähtee jatkamaan matkaa kohti vaakaa, sen vapauduttua, Odotusaika ei sisälly lähtöpunnitukseen siirtymisen työvaiheeseen (T9).

Lähtöpunnitus alkaa, kun auto on pysähtynyt vaa`alle (T10). Kuljettaja punnitsee ensin nupin ja samalla tarkistaa vaa`an näytöltä syöttämänsä tiedot. Tämän jälkeen vaa`alle ajetaan kärry. Kuljettaja tulee autosta pois ja kävelee vaakaterminalille. Kärryn paino kuitataan terminaalilta ja järjestelmä tulostaa kuitin. Lähtöpainot kirjataan vielä kuormakirjaan ja kuormakirja jätetään täytettynä terminaalin postilaatikkoon. Kuljettaja siirtyy takaisin autoonsa. Lähtöpunnitus päättyy, kun auto lähtee vaa`alta liikkeelle.

7.6 Kippipurku polttoainekentälle

Vastaanottoprosessi alkaa siitä, kun kippipurkuauto pysähtyy vaa`alle tulopunnitusta varten (T1). Tulopunnitus päättyy, kun auto lähtee vaa`alta liikkeelle kohti polttoainekenttää. Polttoainekentälle siirtyminen (T2) alkaa, kun auto lähtee vaa`alta. Auto ajaa polttoainekentälle vapaaseen kohtaan valmistelemaan purkua. Työvaihe (T2) päättyy, kun auto pysähtyy kentälle. Purun valmistelu (T3) alkaa, kun auto on pysähtynyt kentälle. Kuljettaja tulee autosta ulos, avaa mahdolliset kuormatilan päällä olevat pressut sekä avaa vaihtolavojen lukot. Lisäksi kuljettaja irrottaa kärryn letkut ja vapauttaa vetokidan eli irrottaa kärryn vetoautosta kuorman purun ajaksi. Purun valmistelu (T3) päättyy, kun kuljettaja palaa autoon ja vetää auton oven kiinni.

Purku (T4) alkaa, kun kuljettaja on mennyt autoonsa ja laittanut auton oven kiinni. Kuljettaja purkaa ensin vetoauton kyydissä olevan vaihtolavan. Auto ajetaan polttoainekentällä olevan hakeaman (kasan) viereen. Purku (T4) päättyy hetkeksi, kun auto on pysäytetty hakeaman viereen. Tästä jatkuu purun valmistelu (T3), kun auto on pysähtynyt ja kuljettaja menee aukaisemaan vaihtolavan ovet ja lukitsee ne auton sivuille. Purun valmistelu (T3) päättyy, kun vaihtolavan takaovet on aukaistu ja kuljettaja palaa autoon ja laittaa auton oven kiinni. Tämän jälkeen jatkuu purku (T4). Vaihtolava kipataan kokonaisuudessa polttoainekentälle. Kippauksen jälkeen auto tiputtaa tyhjän vaihtolavan kyydistä pois polttoainekentän reunalle. Kuljettaja hakee kärrystä toisen vaihtolavan vetoauton kyytiin purettavaksi. Kuljettaja ajaa auton uudelleen hakeaman viereen. Purku päättyy (T4), kun auto on pysähtynyt.

Purun valmistelu (T3) jatkuu toisen vaihtolavan kanssa, kun auto on pysähtynyt ja kuljettaja menee aukaisemaan vaihtolavan ovet ja lukitsee ovet paikoilleen. Purun valmistelu päättyy, kun auton takaovet on aukaistu ja kuljettaja palaa autoon ja laittaa auton oven kiinni. Tämän jälkeen jatkuu taas purku (T4). Toinen vaihtolava puretaan kokonaisuudessaan polttoainekentälle. Purku päättyy toisen vaihtolavan osalta, kun auto on ajanut auman läheisyydestä pois ja pysähtynyt kentälle. Tässä välissä alkaa purun päättäminen (T5) ensimmäisen ja toisen vaihtolavan osalta, kun auto on pysähtyneenä ja kuljettaja tulee autosta ulos. Kuljettaja käy sulkemassa sekä ensimmäisen vaihtolavan että toisen vaihtolavan ovet. Purun päättäminen (T5) näiden lavojen osalta päättyy, kun kuljettaja palaa autoon ja sulkee auton oven.

Sitten jatkuu taas purku (T4). Purku jatkuu, kun kuljettaja lähtee autolla liikkeelle. Kuljettaja siirtää ensin vetoautossa olevan toisen tyhjän vaihtolavan takaisin kärryn kyytiin. Tämän jälkeen kuljettaja siirtää kolmannen vielä purkamatta olevan vaihtolavan kärrystä vetoauton kyytiin. Auto ajetaan taas polttoainekentällä olevan hakeaman viereen. Purku (T4) päättyy hetkeksi, kun auto on pysäytetty hakeaman viereen. Purun valmistelu (T3) jatkuu, kun auto on pysäytetty ja kuljettaja menee aukaisemaan vaihtolavan ovet ja lukitsee ne auton sivuille. Purun valmistelu (T3) päättyy, kun auton takaovet on aukaistu ja kuljettaja palaa autoon ja laittaa auton oven kiinni. Tämän jälkeen jatkuu purku (T4). Kuljettaja aloittaa kolmannen vaihtolavan kippaamisen. Kuten kahden aikaisemman vaihtolavan kanssa, tässäkin vaiheessa vaihtolava kipataan kokonaan auman läheisyyteen. Purku työvaihe päättyy kolmannen vaihtolavan osalta, kun auto on ajanut auman läheisyydestä pois ja pysähtyy polttoainekentälle.

Kun kaikki vaihtolavat ovat purettuina, purun päättäminen jatkuu (T5). Kuljettaja siirtyy autosta sulkemaan kolmannen vaihtolavan ovet. Tämän jälkeen ko. vaihtolava siirretään vetoauton kyydistä takaisin kärryn kyytiin. Sitten siirretään polttoainekentälle tiputettu ensimmäinen vaihtolava takaisin vetoauton kyytiin. Kärry liitetään letkuineen vetoautoon ja vaihtolavat lukitaan paikalleen. Purun päättäminen (T5) päättyy, kun kuljettaja lähtee autolta hakemaan

näytteenottovälineitä. Näytteenotto (T6) alkaa, kuljettaja kävelee hakemaan näytteenkäsittelypisteeltä näytteenottovälineet. Kuljettaja kerää polttoainekentälle puretusta polttoaineesta näytteen annettujen ohjeiden mukaisesti. Näytteenoton (T6) työvaihe päättyy, kun kuljettaja on saanut näytteen otettua ja tarttuu näyteastiaan ottaakseen sen mukaansa.

Näytteenkäsittely (T7) alkaa, kun kuljettaja ottaa käsiinsä sekä näytteenottimen että näyteastian ja lähtee näytekasojen luota kävelemään näytteenkäsittelypisteelle. Kuljettaja kaataa näytteen pöydälle ja neliöi sen ohjeiden mukaisesti. Yksi sektori eli $\frac{1}{4}$ näytteestä siirretään pöydällä olevan aukon kautta pussiin. Näytepusseja sijaitsevat postilaatikossa näytepöydän vieressä. Näytepusseja suljetaan ja pöydältä siivotaan ylimääräinen näyte pois. Kuljettaja jättää näytteenottovälineet näytteenkäsittelypisteelle. Näytteenkäsittely (T7) päättyy, kun kuljettaja lähtee valmiin näytepusseja kanssa liikkeelle näytteenkäsittelypisteeltä.

Tietojen syöttö (T8) alkaa, kun kuljettaja lähtee liikkeelle näytteenottopisteeltä. Kuljettaja siirtyy näytteenkäsittelytilaan Once-näyttöpäätteen luokse ja syöttää kuorman tiedot voimalaitoksen järjestelmään. Tietojen tallennuksen jälkeen järjestelmä tulostaa kuljettajalle näytetarran, jonka kuljettaja liimaa näytepusseja. Kuljettaja jättää näytetarralla varustetun näytepusseja polttoainetoimittajakohtaiseen näytekaappiin. Kun kuljettaja on sulkenut näytekaapin oven, tietojen syöttö (T8) päättyy. Siirtyminen lähtöpunnitukseen (T9) alkaa, kun kuljettaja on sulkenut näytekaapin oven ja lähtee takaisin autolleen. Kuljettaja siirtyy autoonsa ja ajaa auton vastaanottoasemalta vaa`alle. Työvaihe (T9) päättyy, kun auto on pysähtynyt vaa`alle lähtöpunnitusta varten. Mikäli vaaka on varattuna, auto saattaa joutua odottamaan omaa vuoroaan vaa`an läheisyydessä. Tässä tapauksessa odotusaika (O2) alkaa erikseen siitä hetkestä, kun auto pysähtyy odottamaan, ja päättyy siihen, kun auto lähtee jatkamaan matkaa kohti vaakaa, sen vapauduttua. Odotusaika ei sisällä lähtöpunnitukseen siirtymisen työvaiheeseen (T9).

Vastaanottoprosessin viimeinen työvaihe alkaa, kun auto on pysähtynyt vaa`alle lähtöpunnitukseen (T10). Kuljettaja punnitsee ensin nupin ja samalla tarkistaa

vaa`an näytöltä syöttämänsä tiedot. Tämän jälkeen vaa`alle ajetaan kärry. Kuljettaja tulee autosta pois ja kävelee vaakaterminaalille. Kärryn paino kuitataan terminaalilta ja järjestelmä tulostaa kuitin. Lähtöpainot kirjataan vielä kuormakirjaan ja kuormakirja jätetään täytettynä terminaalin postilaatikkoon. Kuljettaja siirtyy takaisin autoonsa. Lähtöpunnitus (T10) päättyy, kun kuljettaja lähtee vaa`alta liikkeelle.

7.7 Polttoainehallintajärjestelmä Once

Vanajan voimalaitoksen polttoainehallintajärjestelmästä (Once) saatiin dataa vastaanottoprosessin kokonaiskestosta purkupaikoittain ja -tavoittain. Jokainen voimalaitokselle tuleva kuorma kirjautuu Once -järjestelmään ja tietoja löytyy useamman vuoden ajalta. Kuljettaja tunnistautuu vaa`alla tulopunnituksen yhteydessä ajoneuvokohtaisella napilla (tägi) ja tästä jää järjestelmään aikaleima. Ajoneuvotunnistimeen on linkitetty tieto auton rekisterinumerosta ja purkutavasta eli onko kyseessä peräpurku- vai peräkippiauto. Vastaanottoprosessin loppuvaiheessa kuljettaja kirjaa lisäksi tarkemmat kuormakohtaiset tiedot Once -järjestelmään. Näitä tietoja ovat mm. purkupaikka ja polttoainelajike. Laitokselta pois lähtiessään kuljettaja suorittaa lähtöpunnituksen ja tästä jää myös aikaleima järjestelmään, koska kuljettaja käyttää uudestaan ajoneuvokohtaista lätkää. Näin ollen Once -järjestelmästä pystytään tarkastelemaan vastaanottoprosessiin eli tulopunnituksesta lähtöpunnitukseen käytettyä aikaa.

Once -järjestelmästä löytyy monia erilaisia raportteja. Kuormaraporttia (kuva 15) hyödyntämällä saatiin hyvä kokonaiskuva vastaanottoprosessiin kokonaisuudessaan käytetyn ajan nykytilasta. Kuormaraportti sisältää erilaisia skenaarioita eli raporttimalleja. Odotus- ja purkuajat –raporttimalli soveltui hyvin tähän tarkoitukseen. Lisäksi raportille pystytään määrittelemään aikaväli. Lisävalintojen kautta voidaan tarkastella vain tiettyä ainetta/aineita, aineryhmää tai esimerkiksi tiettyä polttoainetoimittajaa tai purkupaikkaa. Raportti saadaan muutettua helposti Excel-muotoiseksi, jossa raporttia pystytään jatkokäsittämään ja luomaan kuvaajia purkuajoista. Järjestelmän ja raportin

kertoma laitos yhteensä aika (min), on vastaanottoprosessiin kokonaisuudessaan käytetty aika eli aika tulopunnituksesta lähtöpunnitukseen.

Kuva 15. Kuormaraportin etusivu Once-järjestelmässä (kuva ja lupa Loimua Oy).

8 Tulokset

8.1 Tulosten tarkastelua

Ajankäyttötutkimuksen tuloksena saatiin kokonaisaika neljälle erilaiselle vastaanottoprosessille. Lisäksi saatiin selvitettyä työvaiheiden ja mahdollisten odotusaikojen pituudet kullekin vastaanottoprosessille. Tietoa kokonaisajoista saatiin myös vastaanottoprosesseittain Once -järjestelmän datasta. Kuljettajat suorittivat työvaiheita hieman eri tavoin, mutta työvaiheiden alku- ja loppuhetket pystyttiin määrittelemään videoissa toistuvista toiminnoista, kuten auton oven sulkemisesta tms.

Tuloksissa tarkasteltujen autojen kuorman tilavuudet vaihtelivat 96–170 i-m³:n välillä. Auton tilavuudella oli vaikutusta kolmeen työvaiheeseen: purun valmisteluun, purkuun ja purun päättämiseen. Jotta tulokset olivat paremmin vertailukelpoisia, tehtiin näiden kolmen edellä mainitun työvaiheen osalta normitus. Tulosten tarkastelussa purun valmisteluun, purkuun ja purun päättämiseen käytetyt minuutit jaettiin ensin ko. auton kuormatilavuudella ja näin saatiin selville irtokuutiokohtaiset minuutit. Tämän jälkeen tehtiin normitus siten, että valittiin keskimääräiseksi auton kooksi 140 i-m³ ja irtokuutiokohtaiset

minuutit muunnettiin vastaamaan 140 i-m³:sta autoa. Kaikki edelle esitetyt tulokset perustuvat siis edellä mainittujen kolmen työvaiheen osalta tilavuudeltaan 140 i-m³:sen auton käyttämään normitettuun aikaan. Seuraavissa alaluvuissa tarkastellaan tuloksia purkupaikoittain ja -tavoittain.

8.2 Peräpurku vastaanottoasemalle 2

Tulokset peräpurkuautojen vastaanottoprosesseista vastaanottoasemalle 2 on esitetty taulukossa 3. Työvaiheiden T1, T4.1 ja T8 keskihajonta oli kaikista pienintä. Työvaiheet ovat varsin selkeitä, eikä niitä voi suorittaa kuin yhdellä tavalla. Kuljettajan toiminta vaikuttaa vain vähän ko. työvaiheiden sujuvuuteen. Työvaiheista ehdottomasti suurin keskihajonta oli työvaiheella O1, joka oli jonotus peräpurkuhalliin. Osa autoista ei joutunut jonottamaan ollenkaan, kun taas pisin jonotus kesti puolestaan peräti 22 minuuttia. Tällä oli myös merkittävin vaikutus vastaanottoprosessin kokonaisaikaan. Pisin jonotusaika peräpurkuhalliin johti pisimpään vastaanottoprosessin kokonaiskesto. Auto 1 ja auto 4 selvisivät vastaanottoprosessista alle 45 minuutissa, koska heidän ei tarvinnut jonottaa ollenkaan.

PERÄPURKU VASTAANOTTOASEMAAN 2							
Työvaiheet ja niiden kesto (min)	AUTO 1 min	AUTO 2 min	AUTO 3 min	AUTO 4 min	AUTO 5 min	keskiarvo min	Keski- hajonta
T1, Tulopunnitus	1:34	0:41	1:32	0:52	1:20	1:11	0,41
T2, Siirtyminen vastaanottoasemalle	0:55	1:29	2:01	2:01	1:32	1:35	0,54
O1, Jonotus peräpurkuhalliin	0:00	19:32	10:38	0:00	22:00	10:26	9,28
T3, Purun valmistelu *	3:36	3:14	4:44	4:12	3:05	3:46	0,56
T4, Purku *	14:21	19:36	16:06	13:52	24:26	15:59	3,95
T4.1, Näytteenotto purun aikana	1:21	1:20	2:00	2:04	1:26	1:38	0,39
T5, Purun päättäminen *	8:39	9:05	8:47	7:39	7:43	8:22	0,64
T6, Näytteenkäsittely	2:49	1:54	2:13	2:53	5:11	3:00	1,23
T7, Kuormatietojen syöttö	2:24	1:19	1:10	1:45	2:31	1:49	0,52
T8, Siirtyminen lähtöpunnitukseen	2:30	2:12	3:05	3:06	3:20	2:50	0,44
O2, Jonotus vaa'alle	1:45	0:00	0:00	0:00	0:00	0:21	0,58
T9, Lähtöpunnitus	1:52	2:43	0:55	1:04	1:08	1:32	0,63
Vastaanottoprosessin kokonaiskesto	41:46	63:05	53:12	39:29	73:43	52:33	

* tähdellä merkittyjen työvaiheiden ajat ovat normitettuja ja vastaavat laskennallisesti 140 i-m³:sen auton työvaiheen kesto

Taulukko 3. Työvaiheet ja niiden kesto – peräpurku vastaanottoasemalle 2.

Purku (T4) työvaiheen osalta keskihajonta oli toiseksi suurin. Tähän löytyi ainakin osittainen selitys videoilta. Auto 5:sen ja auto 2:sen osalta peräpurkuhallin lattiakuljetin pysähtyi parikin kertaa ja kuljettaja joutui odottamaan, jotta pystyi jatkamaan purkua sekä avaamaan ja sulkemaan suojaportin. Lattiakuljetin pysähtyi, koska purkumonttu oli liian täysi ja ”purkuvahdi” pysäytti kuljettimen automaattisesti. Lisäksi kuljettajalla autossa 5 oli ongelmia suojaportin ohjauskytkimen kanssa. Kytöntä joutui painamaan sitä käännettäessä, jotta suojaapuomi alkoi ylipäättään liikkumaan. Autojen 1, 2 ja 4 purku sujui keskeytyksettä. Auto 1 oli ainoa, joka joutui jonottamaan vaa`alle lähtöpunnituksen yhteydessä. Tämä aika oli kuitenkin varsin lyhyt, eikä vaikuta merkittävästi vastaanottoprosessin kokonaiskestoan. Peräpurku vastaanottoasemaan kesti tutkimuksen mukaan keskimääräisesti 52 minuuttia ja siitä jonotusaikaa oli vajaat 11 minuuttia.

8.3 Peräpurku polttoainekentälle

Tulokset peräpurkuautojen vastaanottoprosesseista polttoainekentälle on esitetty taulukossa 4. Keskihajonta oli suurin työvaiheessa T2. Tämä selittyy sillä, että auto 2 käytti paljon aikaa vastaanottoasemalle siirtymiseen. Videoinneista nähdään, että auton 2 työvaihe T2 kesti kahdesta syystä. Ensinnäkin kuljettaja ajoi ensi polttoainekentälle yhteen kohtaan ja siirsi hetken kuluttua autoaan toiseen kohtaan tuntemattomasta syystä. Tämän jälkeen kuljettaja istui pitkään autossa ja oli ilmeisesti puhelimessa.

PERÄPURKU POLTTOAINEKENTÄLLE							
Työvaiheet ja niiden kesto (min)	AUTO 1 min	AUTO 2 min	AUTO 3 min	AUTO 4 min	AUTO 5 min	keskiarvo min	Keski- hajonta
T1, Tulopunnitus	1:15	0:59	1:23	1:03	1:27	1:13	0,25
T2, Siirtyminen vastaanottoasemalle	2:02	9:09	1:52	1:49	1:34	3:09	3,01
T3, Purun valmistelu *	2:24	1:16	2:33	3:02	2:43	2:23	0,60
T4, Purku *	9:09	13:34	12:26	14:08	13:54	12:38	1,79
T5, Näytteenotto	2:04	2:02	2:55	2:23	2:41	2:25	0,21
T6, Purun päättäminen *	2:50	3:32	3:57	4:30	3:31	3:40	0,58
T7, Näytteenkäsittely	1:48	2:58	2:01	1:59	2:39	2:17	0,43
T8, Kuormatietojen syöttö	1:27	3:33	1:38	1:46	1:55	2:03	0,77
T9, Siirtyminen lähtöpunnitukseen	2:28	3:42	2:45	2:51	3:21	3:01	0,45
O2, Jonotus vaa'alle	0:00	0:00	2:00	0:00	0:00	0:24	0,80
T10, Lähtöpunnitus	1:45	2:10	1:29	1:19	1:11	1:34	0,35
Vastaanottoprosessin kokonaiskesto	27:13	42:55	35:00	34:51	34:56	34:51	

* tähdellä merkittyjen työvaiheiden ajat ovat normitettuja ja vastaavat laskennallisesti 140 i-m3:sen auton työvaiheen kestoa

Taulukko 4. Työvaiheet ja niiden kesto – peräpurku polttoainekentälle.

Muiden työlajien osalta keskihajonta oli varsin pientä. Polttoainekentälle purettaessa autojen ei tarvitse koskaan jonottaa purkuvuoroaan ja näin ollen työvaihetta O1 ei tässä vastaanottoprosessissa ole laisinkaan. Purun (T4) osalta keskihajonta on selkeästi pienempää kuin peräpurussa vastaanottoasemaan 2. Tämä selittynee sillä, että polttoainekentälle purettaessa ei tarvitse käyttää mitään laitoksen/purkupaikan purkulaitteita ja purku pystytään suorittamaan varsin ripeästi ja yksinkertaisesti. Kaikki videoidut autot purkivat kuormansa suunnilleen samaan kohtaa polttoainekenttää. Tästä johtuen kaikilla oli myös yhtä pitkä matka hakea näytteenottovälineet näytteenkäsittelypisteeltä, eikä näytteenoton työvaiheen kestossa (T5) oli juurikaan eroja. Mikäli osa autoista olisi purkanut kuormansa aivan näytteenkäsittelypisteen viereen, tämä olisi voinut näkyä työvaiheen T5 kestossa. Kaikkien autojen vastaanottoprosessien kokonaiskesto jäi selkeästi alle tuntiin ja prosessin kokonaiskesto oli keskimäärin reilut puoli tuntia.

8.4 Kippipurku vastaanottoasemalle 2

Tulokset kippipurkuautojen vastaanottoprosesseista vastaanottoasemalla 2 on esitetty taulukossa 5. Työvaihe T4 on kestoiltaan pisin, kuten edellä esitetyissä peräpurkua koskevissa vastaanottoprosesseissakin. Suurin hajonta on

työvaiheessa O1, joka on jonotus purkupaikalle. Kaksi autoa viidestä on joutunut jonottamaan ja odottamaan purkuvuoroaan. Kolme autoista on päässyt purkamaan ilman jonotusta. Jonotus lisäsi auton 2 ja 4 vastaanottoprosessin kokonaiskestoja merkittävästi. Autojen 1 ja 4 kuljettaja on sama. Ilman jonotusta eli työvaihetta O1 näiden autojen vastaanottoprosessien kestolla ei ole eroa kuin reilu minuutti. Tämän perusteella ko. kuljettaja suoriutuu varsin samalla tavalla joka kerta vastaanottoprosessista.

Kippipurku vastaanottoasemaan 2							
Työvaiheet ja niiden kesto (min)	AUTO 1 min	AUTO 2 min	AUTO 3 min	AUTO 4 min	AUTO 5 min	keskiarvo min	Keskihajonta
T1, Tulopunnitus	0:49	0:48	1:01	0:49	1:15	0:56	0,33
T2, Siirtyminen vastaanottoasemalle	1:36	1:32	2:15	1:30	2:03	1:47	0,42
O1, Jonotus purkupaikalle	0:00	13:02	0:00	14:30	0:00	5:30	7,50
T3, Purun valmistelu *	4:24	4:02	9:22	4:13	4:59	5:24	2,24
T4, Purku *	14:07	13:38	21:14	14:25	16:36	16:00	3,17
T5, Näytteenotto	1:20	1:03	1:54	2:02	2:05	1:40	0,46
T6, Purun päättäminen *	6:32	5:36	10:45	4:46	6:37	6:51	2,30
T7, Näytteenkäsittely	1:45	1:53	2:22	2:05	2:32	2:07	0,40
T8, Kuormatietojen syöttö	1:24	1:32	2:23	1:34	2:28	1:52	0,52
T9, Siirtyminen lähtöpunnitukseen	2:46	2:37	6:51	2:26	3:52	3:42	1,80
O2, Jonotus vaa'alle	0:00	0:00	0:00	1:30	0:00	0:18	0,58
T10, Lähtöpunnitus	1:30	1:31	3:57	2:02	2:20	2:16	0,93
Vastaanottoprosessin kokonaiskesto	36:14	41:14	62:04	51:53	44:48	48:27	

* tähdellä merkittyjen työvaiheiden ajat ovat normitettuja ja vastaavat laskennallisesti 140 i-m3:sen auton työvaiheen kestoja

Taulukko 5. Työvaiheet ja niiden kesto – kippipurku vastaanottoasemaan 2.

Auton 3 vastaanottoprosessin kokonaiskesto on pisin, vaikka ko. auto ei ole joutunut jonottamaan missään vaiheessa. Tähän vaikuttaa varmasti useampikin asia, mutta videoinnista näkee hyvin, että ko. kuljettaja oli varsin verkkainen liikkeissään muiden autojen kuljettajiin nähden. Vaihtolavoja vaihdettaessa auton käsittely ei ollut niin sujuvaa, kuin muilla kuljettajilla. Tämä näkyy työvaiheen T4 kestossa hyvin. Lisäksi videolta näkyy, että purun päättämiseen on kulunut melkein puolet enemmän aikaa kuin muilla autoilla. Videosta näkee, että kuljettaja pyörii autonsa ympärillä moneen otteeseen, eikä purun päättäminen ei vaikuta kovin sujuvalta. Lisäksi auton 3 lähtöpunnitukseen siirtymisen keston vaikutti se, että kuljettaja istui jonkin aikaa autossa

polttoainekentällä ennen vaa`alle siirtymistä. Videosta ei pysty sanomaan, mistä ko. asia johtui. Tästä huolimatta kuljettaja ei ole ensikertalainen, vaan on toimittanut useita kertoja aiemminkin Vanajan voimalaitokselle.

8.5 Kippipurku polttoainekentälle

Tulokset kippipurkuautojen vastaanottoprosesseista polttoainekentälle on esitetty taulukossa 6. Kaikkien videoitujen vastaanottoprosessien kokonaiskesto oli lähes yhtä pitkä lukuun ottamatta auton 1 kokonaiskesto. Videoiden perusteella vaikutti siltä, että auton 1 kuljettaja oli merkittävän ripeä liikkeissään ja hallitsi auton käsittelyn erityisen hyvin. Tämä selittää lyhyen purkutyövaiheen (T4) ajan sekä prosessin lyhyen kokonaiskeston. Autoilla 2 ja 5 oli jonkin verran haasteita purun valmistelussa. Molempien autojen vaihtolavojen ovien avaamisessa oli haasteita. Erityisesti autolla 5 oli ongelmia jokaisen vaihtolavan kanssa. Ovet olivat todennäköisesti jäätyneet, koska pakkasta oli yli 10 astetta.

Jokaisen työvaiheen osalta keskihajonta on varsin pientä. Suurin keskihajonta on purku työvaiheessa (T4). Vastaanottoprosessien keskimääräiseksi kokonaiskestoksi saatiin noin 35 minuuttia.

Kippipurku polttoainekentälle							
Työvaiheet ja niiden kesto (min)	AUTO 1 min	AUTO 2 min	AUTO 3 min	AUTO 4 min	AUTO 5 min	keskiarvo min	Keskiahajonta
T1, Tulopunnitus	1:03	1:22	0:58	1:06	0:51	1:04	0,28
T2, Siirtyminen vastaanottoasemalle	1:38	1:43	1:46	2:01	2:21	1:53	0,34
T3, Purun valmistelu *	3:53	5:56	5:02	5:42	7:19	5:34	1,17
T4, Purku *	7:05	10:35	11:50	9:04	10:35	9:50	1,52
T5, Näytteenotto	1:26	1:38	1:41	2:07	2:25	1:51	0,40
T6, Purun päättäminen *	5:15	6:50	6:42	5:56	6:05	6:09	0,51
T7, Näytteenkäsittely	1:40	2:14	2:11	2:04	1:51	2:00	0,32
T8, Kuormatietojen syöttö	1:27	1:57	1:42	1:41	1:32	1:39	0,10
T9, Siirtyminen lähtöpunnitukseen	2:16	2:46	2:23	2:59	2:16	2:32	0,17
O2, Jonotus vaa`alle	0:00	0:00	0:00	0:00	1:21	0:16	0,48
T10, Lähtöpunnitus	1:48	2:41	2:08	1:36	2:01	2:02	0,39
Vastaanottoprosessin kokonaiskesto	27:33	37:43	36:23	34:17	38:38	34:55	

* tähdellä merkittyjen työvaiheiden ajat ovat normitettuja ja vastaavat laskennallisesti 140 i-m3:sen auton työvaiheen kestoja

Taulukko 6. Työvaiheet ja niiden kesto – kippipurku polttoainekentälle.

8.6 Tulosten yhteenveto

Ajankäyttötutkimuksen tulosten perusteella peräpurku polttoainekentälle oli nopein vastaanottoprosesseista. Vain muutamaa sekuntia hitaampi tapa oli kippipurku polttoainekentälle. Lähtökohtaisesti polttoainekenttä on nopein purkupaikka purkaa, mutta yleisesti ottaen kippipurku on purkutapana yleensä nopeampi. Ajankäyttötutkimuksen tuloksiin peräpurkujen osalta polttoainekentälle vaikutti osaltaan se, että kaikki videoidut autot olivat puoliperävaunuja. Mikäli kyseessä olisi ollut täysperävaunuyhdistelmä, kuljettajalta olisi kulunut enemmän aikaa purun valmisteluun ja purun päättämiseen, koska vetoauto ja kärry joudutaan purkamaan erikseen. Toisaalta näiden työvaiheiden tulosten normitus hieman korjaa asiaa oikeaan suuntaan. Hitaimmaksi vastaanottoprosessityypiksi osoittautui peräpurku vastaanottoasemalle 2.

Kaikkien purkupaikkojen ja -tapojen osalta purku työvaihe (T4) vei eniten aikaa vastaanottoprosessissa. Vähiten merkitystä vastaanottoprosessin

kokonaiskesto on kaikkien autojen osalta tulopunnituksella, näytteenkäsittelyllä, tietojen syötöllä ja lähtöpunnituksella. Eniten vaikutusta yksittäisen vastaanottoprosessin kokonaiskesto on jonottamisella (O1).

8.7 Once –järjestelmä

Taulukossa 7 on esitetty Vanajan voimalaitoksen vastaanottoprosessien kokonaiskesto purkutavoittain ja -paikoittain Once -järjestelmässä. Taulukossa on koko vuoden polttoainekuormien keskimääräiset vastaanottoprosessien kokonaiskesto kolmelta vuodelta. Taulukossa esitetyt kokonaiskesto ovat normitettuja. Purkupaikoittain ja -tavoittain on ensin laskettu koko vuoden kuormien kokonaiskesto ja kuutiot. Tätä kautta on laskettu irtokuutiokohtainen kesto (min/i-m³) ja tämä kuutiokohtainen aika on kerrottu keskimääräisellä kuormakoolla eli 140 i-m³:lla.

Peräpurkua polttoainekentälle lukuun ottamatta jokaisen vastaanottoprosessin kokonaiskesto on hieman lyhentynyt vuodesta 2017 vuoteen 2019. Tähän on kuitenkin vaikea löytää syytä, koska polttoainejärjestelmästä ei ole saatavilla kuin vastaanottoprosessien kokonaiskesto. Vuoden 2019 vastaanottoprosessien kokonaiskesto ovat pidempiä, kun ajankäyttötutkimuksen keskimääräiset kokonaiskesto, jotka on esitetty edellä. Suurin ero ajankäyttötutkimuksessa saadun keskimääräisen kokonaiskesto ja taulukossa 7 esitetyn kokonaiskesto välillä on kippipurussa polttoainekentälle. Peräpurun kokonaiskesto vastaanottoasemalle 2 on puolestaan lähes yhtä pitkä sekä ajankäyttötutkimuksen tulosten että taulukon 7 tulosten mukaan.

KOKONAISKESTO min/ 140 i-m ³	2017	2018	2019
Kippipurku asemalle 2	65	61	54
Kippipurku polttoainekentälle	53	48	47
Peräpurku asemalle 2	56	54	54
Peräpurku polttoainekentälle	44	45	44

Taulukko 7. Vastaanottoprosessien kokonaiskesto min / 140 i-m³ Once-järjestelmän datan mukaan.

8.8 Havainnot

Videointien yhteydessä tehtiin useita havaintoja vastaanottoprosesseista. Kuljettajien keskuudessa hämmennystä aiheutti vastaanottoaseman 2 peräpurkuhallin liikennevalot. Suurin osa kuljettajista ei luottanut valoihin, vaan ajoi vastaanottorakennuksen ja polttoainekentän ympäri ylimääräisen lenkin selvittääkseen, montako autoa oli purkamassa ennen omaa vuoroa. Kuljettaja näkee vaa`alla montako autoa on purkamassa ennen omaa vuoroa, mutta vaa`an näyttö ei kerro, millä asemalla tai millä kalustolla (perä- vai kippipurku) auto/autot ovat. Peräpurkuhallin liikennevalo vaihtui ”virheellisesti” vihreäksi, kun kippiauto käy hakemassa kyytiin uuden vaihtolavan, vaikka kuorman purku ko. kippipurkuautolla on vielä kesken. Kerran videointien aikana peräpurkuauto ajoi liian aikaisen halliin ja kippipurkuautolla jäi purku kesken. Tästä johtuen hän joutui purkamaan viimeisen vaihtolavansa kokonaisuudessaan polttoainekentälle.

Jonotuksen suhteen kuljettajilla oli myös hyvin erilaisia käytäntöjä. Osa kuljettajista jäi odottamaan vuoroaan joko kippipurku- tai peräpurkupaikalle ja osa kuljettajista soitti heti laitoksen valvomoon kysyäkseen, mikä on tilanne eli kuinka kauan joutuu odottamaan ja saako lupaa purkaa polttoainekentälle. Polttoainekentälle purkaminen vaatii aina erillisin luvan tai vastaanottoasemassa tulee olla kiinteät punaiset liikennevalot päällä sen merkiksi, että esim. polttoainesilo on täynnä ja sinne ei mahdu enempää polttoainetta.

Kippipurkupaikalla suurin osa kuljettajista ei tiennyt, että purkumontun pohjakuljettimen käynnissä olon pystyi näkemään suoraan kippipaikan seinällä olevasta vihreästä valosta. Mikäli vihreä valo palaa, pohjakuljetin on päällä. Mikäli vihreä valo ei pala, pohjakuljetin ei ole päällä. Kuljettajat kävivät tarkistamassa pohjakuljettimen tilan peräpurun ohjaustilasta. Kuvasta 16 näkyy hyvin, että ohjeteksti on sijoitettu niin, että katsojalle jää epäselväksi, viittaako ohjeteksti taulun yläpuoleiseen vai alapuoleiseen valoon.



Kuva 16. Kippipaikan seinällä olevat valot ja ohjeteksti. Kyltti on selite ylemmälle valomajakalle, alemman valon osalta puuttuu ohjekyltti kokonaan (kuva Karoliina Kärkäs).

Yli puolella kuljettajista, jotka purkivat kuormansa vastaanottoasema 2:sen peräpurkupaikalle, oli jotakin ongelmia suojuomien tai lattiakuljettimen pysähtymisen kanssa. Suojuomia osattiin lähtökohtaisesti käyttää, mutta ongelmat aiheutuivat liian nopeasta purusta. Tunnistin pysäytti lattiakuljettimen, kun purkumonttu täytti liikaa. Tässä kohtaa suojuumi tuli käyttää alhaalla ja nostaa sen jälkeen uudelleen ylös, jotta purkua oli mahdollista jatkaa. Mikäli kuljettaja ei malttanut odottaa montun tyhjentyä riittävästi ja yritti käynnistää lattiakuljettimen liian aikaisin, lattiakuljetin ei käynnistynyt ja suojuumi oli uudelleen nostettava ylös ja laskettava taas alas. Turvallisuuksista suojuomien asennolla on oleellinen merkitys mm. lattiakuljettimen toimintaan ja ”kuolleen miehen” – kytkin toimintoon. Mikäli kuljettaja jatkoi purkua liian nopeasti, lattiakuljetin saattoi pysähtyä hetken kuluttua uudelleen. Lattiakuljettimen päässä (montun reunalla) on tunnistimet, jotka katkaisevat lattiakuljettimen käynnin, mikäli purkumonttu on liian täysi. Tällöin vaarana on, että purkumontussa oleva polttoaine lähtee lattiakuljettimen mukana väärään paikkaan ja tukkii lattiakuljettimen kokonaan.

Kahden videoinnin aikana neuvoin kuljettajaa suojuomien ja lattiakuljettimen kanssa. Muussa tapauksessa he todennäköisesti olisivat soittaneet valvomoon

ja pyytäneet apua sieltä ja purku olisi kestänyt vieläkin kauemmin. Lisäksi suojuomien ohjauskytkimen kanssa oli yhdellä kuljettajalla ongelmia. Kytkintä joutui käyttämään kohtuullisen voimakkailla otteilla ja painamaan käännettäessä, jotta suojuomia sai ohjattua.

Kahden videoinnin yhteydessä kävi niin, että seuraava auto tuli odottamaan purkuvuoroaan, kun videoitava auto oli juuri aloittanut oman purkunsa. Kun videoitava auto oli saanut purun valmiiksi ja vapautti purkupaikan, polttoainesilo tuli täyteen ja vastaanottoasema 2:lle syttyivät kiinteät punaiset valot täyden silon merkiksi. Purkuvuoroaan odottaneet autot siis joutuivat purkamaan polttoainekentälle ja olivat näin jonottaneet turhaan vastaanottoasemalle pääsyä.

8.9 Tulosten luotettavuus

Tulosten luotettavuuteen vaikuttaa useampi eri asia. Videoitujen vastaanottoprosessien määrä eli otanta oli varsin pieni (20 kpl) suhteutettuna siihen, että koko vuoden aikana tutkimuksessa käsiteltyjen purkupaikkojen ja -tapojen kautta kulkee noin 4000 polttoainekuormaa. Videoinnit edustivat siis vain noin 0,5 %:a kaikista kuormista. Videointeihin kului kuitenkin merkittävästi aikaa, joten suuremman otannan saavuttaminen tämän työn mittapuutteissa olisi ollut haastavaa. Videoitavat kuormat ja vastaanottoprosessit valittiin satunnaisesti, ja vain kahteen videointiin osui sama kuljettaja. Näin ollen otantaan onnistuttiin saamaan mahdollisimman monta eri kuljettajaa, mikä lisää tulosten luotettavuutta.

Prosessin kehittämisvaiheessa riittää usein se, että ajankäyttötutkimuksesta saadaan karkea kuva siitä, miten työaika jakautuu eri aikalajeihin ja miten työaika tässä tapauksessa jakautuu eri työvaiheisiin. Vastaanottoprosesseissa esiintyy aina vaihtelua, koska ihminen (kuljettaja) tekee työn ja on avainroolissa. Tätä asiaa on kuitenkin vaikea ottaa huomioon etukäteen, koska työajan ja työvaiheiden vaihtelua ei tarkalleen tiedetä. Once -järjestelmän kautta saatiin myös tietoa vastaanottoprosessin kokonaisajan vaihtelusta. Tämän perusteella

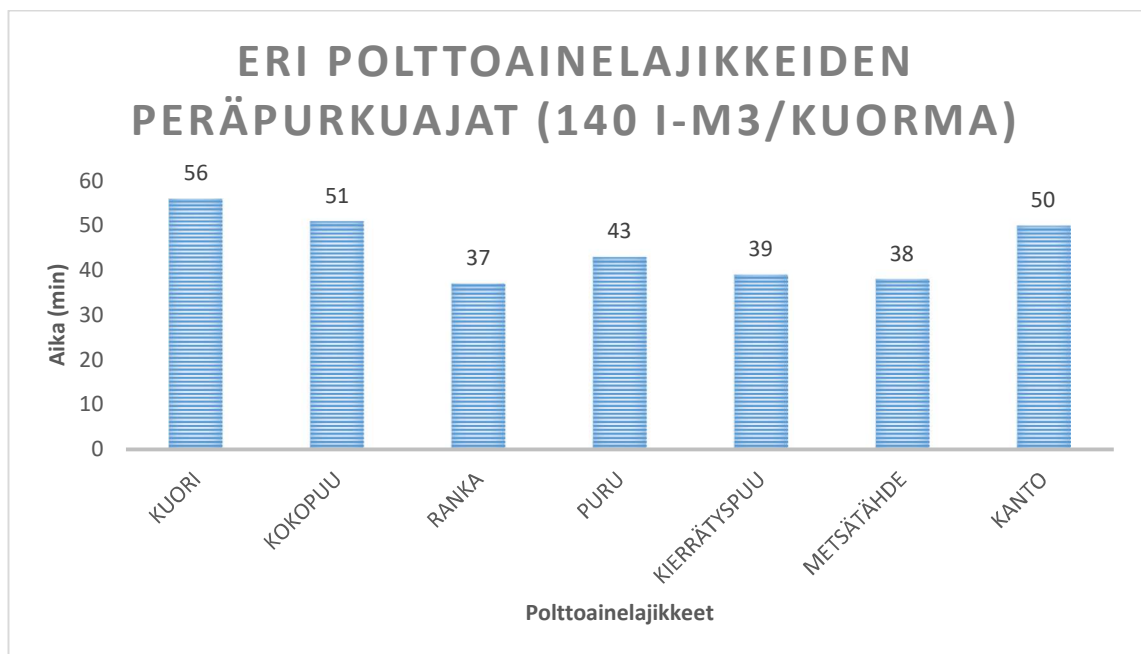
päädyttiin videoimaan viisi kutakin vastaanottoprosessia. Tämä otanta riittää antamaan karkean kuvan työajan jakautumisesta.

Huomioitavaa on myös se, että vuoden aikana eri kuljettajia käy voimalaitoksella reilut 200. Heistä osa ajaa vain muutaman kerran vuodessa Vanajan laitokselle, osa taas jatkuvasta ympäri vuoden. Tämä vaikuttaa siihen, miten rutinoitunut kuljettaja on toimimaan ko. laitoksella ja miten sujuvaa toiminta on vastaanottoprosessiin liittyen. Tutkimukseen osuneet kuljettajat olivat kaikki sellaisia, jotka toimittavat Vanajan voimalaitokselle polttoainetta säännöllisesti, ja täten voimme olettaa, että heidän toimintansa vastaanottoprosessiin liittyen on varsin rutinoitunutta ja sujuvaa, mikä oli tutkimuksen näkökulmasta hyvä asia. Videointeihin ei myöskään osunut vastaanottoprosesseja, joissa polttoainetta tuovasta autosta olisi esimerkiksi hajonnut jotain tai laitoksella olisi ollut teknisiä ongelmia. Tällaiset tapaukset ovat aina poikkeuksellisia, eivätkä lähtökohtaisesti kuulu vastaanottoprosessiin ja näin ollen vääristävät saatuja tuloksia ja työvaiheiden kestoa.

Ajankäyttötutkimuksessa ei huomioitu toimitettavaa polttoainelajiketta. Polttoainelajikkeiden ominaisuudet vaihtelevat paljonkin ja näin ollen voidaan olettaa, että tämä vaikuttaa osaltaan vastaanottoprosessin nopeuteen. Tällä on vaikutusta nimenomaan vastaanottoasema 2:sen peräpurkuun, koska polttoaine purkautuu auton purkulaitteiden avulla autosta lattiakuljettimen kautta purkumonttuun. Lisäksi vetoauton purkaminen ei ole mahdollista kaikilla lajikkeilla (lähinnä karkeammilla jakeilla, kuten kuorella) ilman kärryn irrottamista vetoautosta, koska karkeita tai helposti talvisin isoiksi kasoiksi muodostuvia polttoainelajikkeita ei voi purkaa kärryn aisan läpi. Kärryn irrottaminen vetoautosta vie jonkin verran enemmän aikaa. Kippipurussa polttoainelajikkeella ei juuri ole merkitystä, koska purkutapa on sellainen, että polttoaine tulee auton kuormatilasta ulos aina helposti ja nopeasti.

Kuvassa 17 on tarkasteltu vastaanottoasema 2:sen peräpurun kautta vuonna 2019 vastaanotettuja polttoainekuormia. Kuormien vastaanottoprosessin käytetty aika (vaa`alta vaa`alle) on selvitetty Once -järjestelmän kuormaraportilta ja aika on muutettu auton tilavuuden mukaan minuuteiksi/

irtokuutio. Tämän jälkeen irtokuutiokohtainen aika on laskettu keskimääräiselle autolle eli 140 i-m³:lle polttoainerekalle. Kuvaajasta nähdään selvästi, että kannon, kuoren ja kokopuun purkuajat ovat noin 10 minuuttia pidempiä kuin rangan, purun, kierrätyspuun tai metsätähteen. Toisaalta on huomioitava, että Once-järjestelmästä ei näe muita vastaanottoprosessin pituuteen vaikuttaneita tekijöitä, kuten jonotusaikoja ja näin ollen kuvaajan osoittamat lajikekohtaiset vaihtelut ovat todennäköisesti pienempiä. Kuvaajan antama informaatio on siis vain suuntaa antava ja tutkimuksen kannalta voidaan todeta, ettei polttoainelajikkeella ole oleellista merkitystä vastaanottoprosessiin pituuteen.



Kuva 17. Polttoainelajikekohtaiset peräpurkuajat (140 i-m³/auto) vastaanottoasemalla 2 vuonna 2019 (kuva Karoliina Kärkäs).

Videointimenetelmä osoittautui varsin toimivaksi. Ensinnäkin videoinnin avulla pystyttiin turvallisesti tallentamaan vastaanottoprosessit, koska kuvaa oli mahdollisuus zoomata ja näin prosessia pystyi kuvaamaan tarvittaessa hieman kauempaakin. Perinteiseen kellon käyttöön nähden työvaiheiden pituus oli helpompaa ja luotettavampaa määrittää videon aikajanalta. Videoita oli mahdollisuus kelata ja katsoa uudelleen, mikäli tuntui siltä, että jonkin työvaiheen vaihtuminen toiseksi jäi ensimmäisellä kerralla epäselväksi tai videon pysäytti väärään kohtaan. Työvaiheiden alkamis- ja päättymishetket pystyttiin keräämään videon aikajanalta helposti pysäyttämällä videon haluttuun kohtaan. Videoille tallentuivat myös keskustelut kuljettajan kanssa, ja näistä oli

myös hyötyä havaintoja tehdessä. Kerran videoinnin yhteydessä tallennus pysähtyi vahingossa, mutta se huomattiin heti ja kuvaamatta jäi korkeintaan pari sekuntia.

9 Johtopäätökset ja kehitysehdotukset

Ajankäyttötutkimuksen tulosten ja havaintojen perusteella vastaanottoprosessista löytyivät selkeät ongelmakohdat. Ne voidaan jakaa karkeasti neljään osaan: epäselvät merkinnät ja ohjaus polttoainevastaanotossa, peräpurkuhallin suojapuomin toiminta, autojen jonottaminen purkuun sekä vastaanottoprosessin pitkä kokonaiskesto. Peräpurkupaikan epäselvät liikennevalot pitkittivät peräpurkupaikalle siirtymisen työvaihetta, koska kuljettajat joutuivat ajamaan ylimääräisen lenkin, selvittääkseen, milloin on heidän purkuvuoronsa. Lisäksi on riskinä, että kuljettaja ajaa peräpurkupaikalle liian aikaisin, vaikka kippipurkuautolla on vielä purku kesken. Liikennevalojen tulisi toimia siten, että ne eivät johda kuljettajaa harhaan ja vihreä valo syttyy peräpurkuhallin seinälle vasta, kun vastaanottoasema on vapaa.

Kippipurkupaikan osalta seinällä olevia valoja ja niiden ohjekylttejä on tarvetta selkeyttää. Purkumontun pohjakuljettimen käynnissä oloa kuvaavasta vihreästä merkkivalosta puuttui kokonaan ohjekyltti. Kuvassa 18 on esitetty esimerkki ohjekylttien sijoittamisesta ja ohjetekstistä kippimontun pohjakuljetinta koskien.



Kuva 18. Ehdotus uudesta ohjekyltistä sekä ohjekylttien sijoittamisesta seinälle (kuva Karoliina Kärkäs).

Peräpurkupaikan liikkuvan suojapuomin voisi korvata kiinteällä suojapuomilla. Suojapuomin käyttö aiheutti selvästi ongelmia purun yhteydessä ja kuljettajilta kului ylimääräistä aikaa suojapuomin kanssa. Lisäksi kuljettajien perehdytyksissä olisi hyvä painottaa, että purkumontun liiallinen täyttyminen johtaa lattiakuljettimen pysähtymiseen. Tasainen ja maltillinen purkuvauhti johtaa kokonaisuudessaan nopeampaan purkuun. Tämä oli osoitettavissa myös videoiduista vastaanottoprosesseista. Kuljettajat, jotka malttoivat purkaa keskimääräisesti hieman hitaammalla tahdilla, välttivät lattiakuljettimen pysähtymisen ja heidän purkunsa (T4) kesti vähemmän aikaa. Suojapuomin muuttamisessa kiinteäksi tulee kuitenkin huomioida erityisesti turvallisuusasiat, kuten ”kuolleen miehen” -kytkimen toiminto ja puomin kestävyys. Lisäksi suojapuomin ohjauskytkimen toiminta tulee tarkistaa, koska osalla kuljettajista oli haasteita itse kytkimen kanssa.

9.1 Vastaanoton ajo-ohjaus

Edellä mainittujen korjausten ja kehityskohteiden lisäksi merkittävin kehittämiskohde on autojen ohjaus vastaanotto-prosessin aikana. Tähän liittyvät vahvasti myös autojen jonottaminen purkuun ja siihen käytetty aika. Tällä hetkellä käytössä ei ole minkäänlaista ohjausta, vain tietyt periaatteet vastaanottoasemien roolista polttoainelajikkeeseen kytkettyinä (puu vai turve).

Ajankäyttötutkimuksen ja tehtyjen havaintojen perusteella purkuvarausten tai -ikkunoiden käyttöönotolla ei ratkaista kaikkia esiin nousseita vastaanottoprosessiin liittyviä ongelmakohtia. Kokonaisuudessa on huomioitava vastaanottoasemien 1 ja 2 muuttuvat roolit uuden kattilan (K6) valmistumisen myötä. Turpeen määrän vähentyessä puupolttoaineiden määrä kasvaa ja mikäli vastaanottoasemien rooleja ei muuteta, vastaanottoasema 1 jää vajaakäytölle ja vastaanottoasema 2:sen vastaanottomäärät kasvavat.

Tutkimus osoitti, että erityisesti talviaikaan vastaanottoasema 2:sen vastaanottoprosessiin kului paljon aikaa ja asema oli melko ruuhkautunut, joka johti autojen jonottamiseen. Näin ollen kuormamäärien kasvattaminen aseman 2 osalta ei ole realistista, mikäli vastaanottoprosessiin käytettävä kokonaisaika halutaan pitää järkevällä tasolla. Vastaanottoasema 1:sen sijainti huomioiden, ohjauksen tulisi olla jo vaa`alla, koska asemalle 1 ajetaan heti vaa`an jälkeen. Vaaka olisi luontainen paikka vastaanoton ajo-ohjaukselle. Ajo-ohjauksen avulla kuljettajat tietäisivät, mille vastaanottoasemalle ja purkupaikalle heidän tulee ajaa, ja milloin on heidän purkuvuoronsa ja kauanko he mahdollisesti joutuvat jonottamaan.

Jotta vaa`an yhteyteen olisi mahdollista rakentaa ajo-ohjaus, tulee punnittavasta kuormasta tietää tietyt asiat jo vaa`alla. Vaa`alla tunnistaudutaan ajoneuvokohtaisella napilla (tagilla) ja tätä kautta saadaan jo nyt tieto siitä, onko kyseessä perä- vai kippipurkuauto. Tämä tieto tarvitaan jatkossakin, jotta auto osataan ohjata purkupaikalle, johon ko. kalustotyypillä on mahdollista purkaa. Tällä hetkellä kuljettaja syöttää kuormaa koskevat tiedot kuljettajapäätteelle vastaanottoaseman näytteenkäsittelytilassa vasta kuorman purun jälkeen. Vaa`an yhteyteen voisi lisätä samanlaisen kuljettajapäätteen, kuin näytteenkäsittelytilassa, ja kuljettaja syöttäisikin suurimman osan tiedoista jo tulopunnituksen yhteydessä. Näitä tietoja olisivat polttoainetoimittaja, polttoainelajike ja kuorman kuutiot (i-m³). Polttoainelajike tiedon avulla voitaisiin tietyt lajikkeet ohjata tietyille purkupaikoille. Vastaanottoasema 1:sen tekniset ratkaisut ovat kohtuullisen vanhoja ja asema on aikoinaan suunniteltu turpeen vastaanottoon. Näin ollen ko. aseman kautta ei välttämättä pystytä vastaanottamaan kaikkia puupolttoaineita.

Ajo-ohjaukseen tulisi saada linkitettyä myös laitoksen siilojen pintatiedot eli toisin sanoen se, kuinka paljon siiloihin minäkin hetkenä mahtuu vielä polttoainetta. Kun kuljettaja syöttää tulopunnituksen yhteydessä auton tilavuuden, voitaisiin ennustaa, mahtuuko ko. kuorma vielä siiloon vai voiko auton ohjata suoraan purkamaan polttoainekentälle.

Ajankäyttötutkimuksessa kävi ilmi, että jonottamiseen kului aikaa jopa neljäsosa koko vastaanottoprosessin kestosta. Videointien yhteydessä havaittiin, että osa autoista jonotti turhaan, koska jonotuksen aikana polttoainesiilo täyttyi ja jonottaneen auton purkuvuoron tullessa auto joutuikin purkamaan polttoainekentälle. Toisin sanoen ko. auto olisi suoraan voinut mennä purkamaan polttoainekentälle ilman jonotusta, mikäli siilon täyttyminen (siilon pintatieto) olisi ollut tiedossa. Tällaiset ns. turhat jonotukset tulisi jatkossa karsia pois. Jonotus aiheutti myös ylimääräisiä soittoja valvomoon, koska kuljettajat olivat epätietoisia siitä, kuinka kauan heidän tulee vielä jonottaa ja he tiedustelivat polttoainekentälle purkamisen mahdollisuutta. Tällä hetkellä jonottamiselle ei ole määritelty mitään maksimiaikaa. Kyse on enemmänkin kuljettajien hermoista – kauanko kuljettaja malttaa jonottaa, ennen kuin soittaa valvomoon ja pyytää lupaa polttoainekentälle purkamiseen.

Ajankäyttötutkimuksessa esiin tullut pisin jonotusaika oli 22 minuuttia. Tämän vastaanottoprosessin kokonaiskestoksi tuli 73 min, joka on mielestäni liian pitkä kokonaisuus. Yli tunnin mittaisia vastaanottoprosesseja oli kolme kappaletta, joka vastaa 15 %:a kaikista videoituista prosesseista. Aika on rahaa kuljetusliikkeille sekä kuljettajille ja siksi vastaanottoprosessin pitkä kesto johtaa kustannusten nousuun. Se puolestaan heijastuu pitkällä aikavälillä vastaanotettavan polttoaineen hintaan. Ajo-ohjauksen tulisi ohjata autoja niin, että jonotus ja sitä kautta vastaanottoprosessin kokonaiskesto ei veny liian pitkäksi.

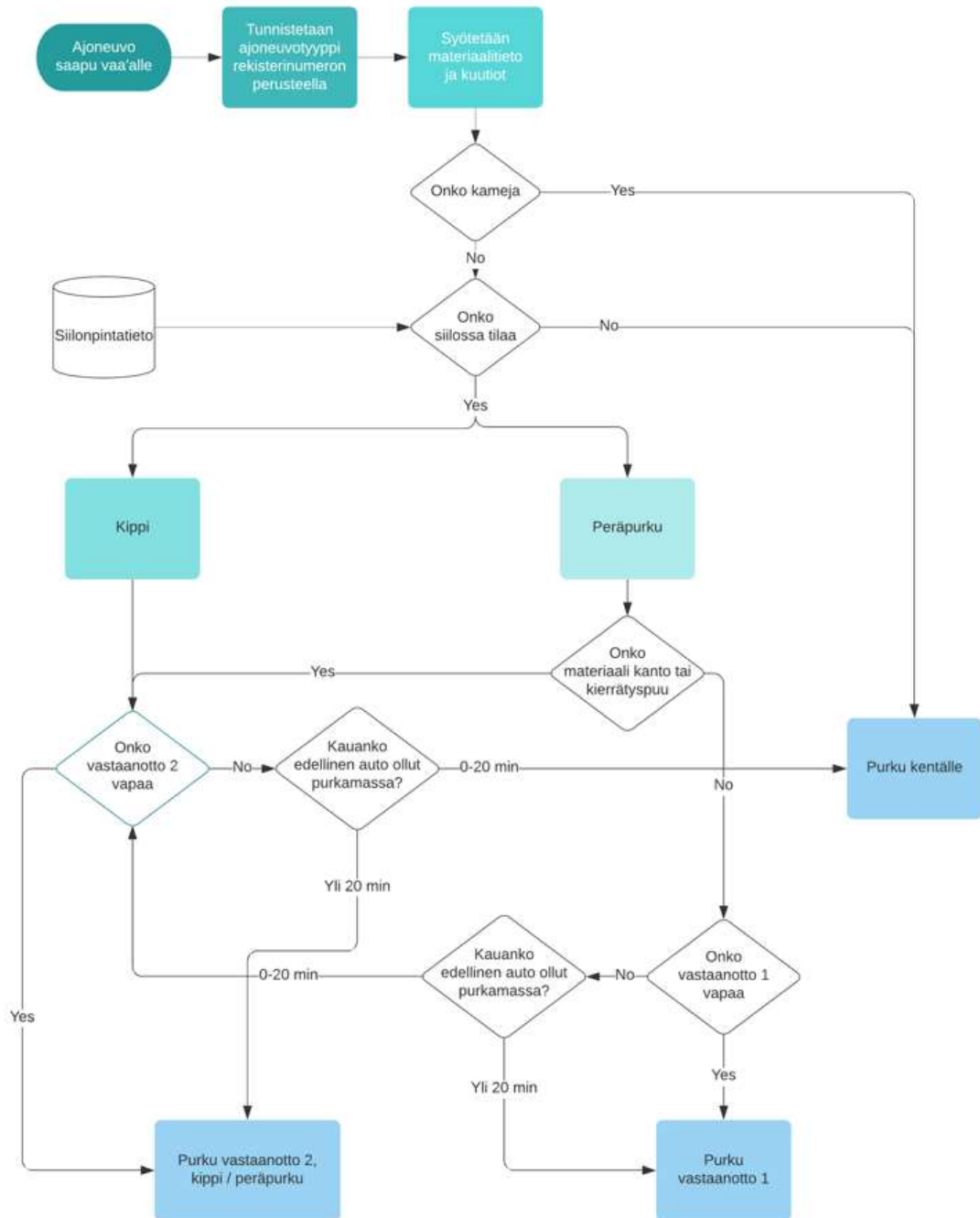
Ajankäyttötutkimuksen keskimääräinen vastaanottoprosessiin käytetty aika oli noin 43 minuuttia. Ajo-ohjaus voitaisiin rakentaa Once -järjestelmän sisään. Perusajatus ajo-ohjaukselle olisi se, että polttoainetta tuovan auton

vastaanottoprosessiin ei saa kulua yli 60 minuuttia aikaa huolimatta siitä, millä kalustolla tai mille purkupaikalle tai vastaanottoasemalle kuorma puretaan. Tämä olisi tärkein rajaehto ajo-ohjauksen laskennalle. Ajankäyttötutkimuksen tuloksista saadaan tieto varsinaisen purku -työvaiheen kestosta (min/i-m³) purkutavoittain ja -paikoittain. Lisäksi tiedetään, kauanko kuljettaja käyttää eri purkupaikoilla ja -tavoilla aikaa tulopunnitukseen, vastaanottoasemalle siirtymiseen, purun päättämiseen, näytteenottoon, näytteen käsittelyyn, tietojen syöttämiseen, lähtöpunnitukseen siirtymiseen sekä lähtöpunnitukseen. Näitä työvaiheiden kestoa hyödyntämällä pystytään laskemaan, kauanko auto voi jonottaa, jotta vastaanottoprosessin kokonaistavoiteaika 60 minuuttia ei ylitä. Lisäksi vastaanottoasemien purkupaikoilla ajo-ohjauksen tulisi saada heti tieto, kun varsinainen purku työvaihe on ohi ja seuraavan auton on mahdollista aloittaa purku työvaihe. Tämä voisi tapahtua samalla napilla (tägillä), jolla auto tunnistautuu vaa`alla. Napin lukijat tulisi sijoittaa purkupaikkojen välittömään läheisyyteen siten, että kuljettajan on helppo auton ikkuna avaamalla näyttää nappia lukijaan. Polttoainekentän osalta tämä ei ole tarpeellista, koska polttoainekentälle voi purkaa useampi auto yhtä aikaa.

Edellisten lisäksi ajo-ohjauksen tulisi huomioida mahdolliset poikkeavat tapaukset, kuten talvisin mahdollisia kameja (jääkasoja) sisältävät kuormat, jotka nykyisenkin ohjeen mukaan tulisi ilmoittaa valvomolle ennen purkamista. Yleensä tällaiset kuormat ohjataan purkamaan polttoainekentälle. Vaa`alla tulisi olla mahdollista valita suoraan purku polttoainekentälle, mikäli kyseessä on erikoiskuorma. Ajo-ohjauksen tulee huomioida myös, ettei vastaanottoasemalle 1 voida purkaa kuin peräpurkukalustolla, eikä sinne voida vastaanottaa kaikkia polttoainelajikkeita.

Kuvassa 19 on esitetty ajo-ohjauksen prosessikaavio. Auto ajaa ensin vaa`alle ja tunnistautuu ajoneuvoikohtaisella napilla (tägilla). Ajo-ohjaus saa tiedon auton purkutyyppistä eli onko kyseessä perä- vai kippipurkuauto. Tämän jälkeen kuljettaja syöttää vaa`alla tiedot polttoainelajikkeesta sekä auton tilavuudesta (kuutiot) kuljettajapäätteelle. Tämän jälkeen järjestelmä kysyy: onko kyseessä erikseen kentälle tilattu kuorma eli onko kyydissä jotakin sellaista, joka vaatisi polttoainekentälle purkamisen. Mikäli kuljettaja vastaa kysymykseen kyllä, ajo-

ohjaus ohjaa kuljettajan purkamaan polttoainekentälle. Mikäli kuljettaja vastaa ei, ajo-ohjaus tarkistaa sillojen pintatiedon ja varmistaa, että ko. kuorma mahtuu vielä laskennallisesti silloin. Mikäli silloissa ei ole tilaa, ajo-ohjaus ohjaa auton purkamaan kentälle. Jos silloissa on tilaa ajo-ohjaus jatkaa ohjausta purkukaluston mukaan.



Kuva 19. Ajo-ohjauslogiikan prosessikaavio (kuva ja lupa Petrus Taskinen).

Jos kyseessä on kippiauto, ajo-ohjaus tarkistaa, onko asema 2 vapaa. Erillistä kippi- ja peräpurkupaikan vapaana olon tarkistusta ei tarvita, koska yhtäaikainen kippi- ja peräpurku ei ole sallittua vastaanottoasemalla 2. Jos asema on vapaa, ajo-ohjaus ohjaa auton vastaanottoasemalle 2 purkamaan. Jos asema 2 on käytössä, ajo-ohjaus tarkistaa, kauanko edellinen auto on ollut purkamassa. Tässä laskennassa hyödynnetään ajankäyttötutkimuksessa saatuja työvaihekohtaisia keskimääräisiä aikoja (min/i-m3). Ajo-ohjaukseen asetetaan tietyt oletukset vaa`alta vastaanottoasemalle siirtymiseen sekä itse purkutapahtumaan kuluvalle ajalle. Purkutapahtumalle asetettu oletusaika on riippuvainen auton tilavuudesta ja purkutavasta. Jos edellinen auto on ollut purkamassa 0–20 minuuttia, vaa`alla oleva auto voidaan asettaa jonoon. Tässä laskennassa hyödynnetään jälleen ajankäyttötutkimuksessa saatuja tuloksia työvaihekohtaisesta ajankäytöstä. Jos edellinen purku on kestänyt maksimissaan 20 minuuttia, voidaan olettaa muiden työvaiheiden ajankäytön perusteella, ettei vaa`alla oleva auto ehdi vastaanottoprosessia läpi 60 minuutin sisällä vaan joutuu jonottamaan vuoroaan liian kauan. Tässä tapauksessa ajo-ohjaus ohjaa auton purkamaan polttoainekentälle. Mikäli edellisen auton purku on kestänyt yli 20 minuuttia, voidaan olettaa, että vaa`alla oleva auto selviytyy vastaanottoprosessista 60 minuutin sisällä ja ajo-ohjaus ohjaa auton jonottamaan asemalle 2 (kippurkupaikalle).

Jos vaa`alle tuleva auto on peräpurkuauto, ajo-ohjaus huomioi ensin kuljettajan syöttämän polttoainelajikkeen. Mikäli auto on tuomassa kierrätyspuuta tai kantomursketta, vastaanottoasema 1 ei ole mahdollinen purkupaikka. Ajo-ohjaus tarkistaa aseman 2 tilanteen, eli onko se vapaa vai ei, ja logiikka tästä eteenpäin menee samalla tavalla kuin edellisessä kappaleessa on kuvattu kippipurkuauton kohdalla. Mikäli auto on tuomassa jotakin muuta polttoainetta kuin kierrätyspuuta tai kantomursketta, ajo-ohjaus tarkistaa, onko vastaanottoasema 1 vapaa. Jos asema 1 on vapaa, ajo-ohjaus ohjaa auton asemalle 1 purkamaan. Jos asema 1 ei ole vapaa, ajo-ohjaus tarkistaa, kauanko edellinen auto on ollut purkamassa. Jos edeltävä auto on ollut purkamassa yli 20 minuuttia, auto asetetaan jonoon asemalle 1. Jos edeltävä auto on ollut maksimissaan 20 minuuttia järjestelmä tarkistaa seuraavaksi aseman 2 tilanteen. Jos asema 2 on vapaa, auto ohjataan purkamaan sinne.

Jos asema 2 on varattu, ajo-ohjaus tarkistaa taas siellä olevan auton purun keston ja ohjaa sen perusteella auton joko jonoon asemalle 2 tai purkamaan polttoainekentälle. Vaa`alta lähtiessään kuljettaja näkee ajo-ohjauksen osoittaman purkupaikan lisäksi myös mahdollisen laskennallisen jonotusajan.

10 Yhteenveto

Tutkimuksessa saatiin selvitettyä vastaanottoprosessien ongelmakohtat. Kaikissa vastaanottoprosesseissa purkutyövaihe (T4) vei eniten aikaa. Purkuun jonottamisen keskihajonta oli suurin, ja se vaikutti eniten yksittäisen vastaanottoprosessin keston. Vastaanottoprosessien kokonaiskestot vaihtelivat 27–73 minuutin välillä.

Havaintojen perusteella kuljettajilla oli haasteita laitoksen purkulaitteiden kanssa. Vastaanottoaseman 2 liikennevalojen ja seinällä olevien merkkivalojen tulkinnoissa oli epäselvyyttä. Vastaanottoprosessien ohjaus ja selkeät periaatteet purkuun jonottamiselle puuttuivat kokonaan.

Tutkimustulosten ja havaintojen perusteella vastaanottoprosessille tarvitaan kokonaisvaltainen ajo-ohjaus. Ajo-ohjauksen tulee huomioida polttoainetta tuovan auton purkutapa ja polttoainelajike, vastaanottoasemiin liittyvät rajoitukset, polttoainesiilojen täyttöaste ja vastaanottoprosessiin käytettävissä oleva kokonaisaika. Ajo-ohjauksella vältetään kuljettajan purkupaikan valintaan ja purkuvuoron jonottamiseen liittyvät epäselvyydet. Lisäksi vältetään ns. turhat jonottamiset, mikäli polttoainesiilo on täyttymässä, ennen jonottavan auton purkuvuoroa. Kuljettaja saa vaa`alta lähtöpunnituksen yhteydessä tietoonsa purkupaikan sekä mahdollisen jonotusajan. Ajo-ohjauksella pidetään huolto myös siitä, ettei vastaanottoprosessiin käytetty aika ylitä haluttua kokonaiskestoja.

Lähteet

- Algol Chemicals. 2021. Ovatko ympäristölupa-asiasi kunnossa?. Algol Chemicals. <https://www.algolchemicals.com/fi/artikkelit/ovatko-ymp%C3%A4rist%C3%B6lupa-asiasi-kunnossa>. 12.12.2021.
- Alakangas, E. Puupolttoaineiden laatuohje VTT-M-07608-13 -päivitys 2020. Energiateollisuus ry, Metsäteollisuus ry, Bioenergia ry ja VTT. https://www.bioenergia.fi/wp-content/uploads/2021/02/PUUPOLTTOAINEIDEN_LAATUOHJE.pdf. 18.5.2021.
- Alakangas, E., Kurki-Suonio, K., Tikka, T. & Fredriksson, T. 2014. Käytöstä poistetun puun luokittelun soveltaminen käytäntöön – VTT-M-01931-14. Energiateollisuus ry, Metsäteollisuus ry, Bioenergia ry. https://www.bioenergia.fi/wp-content/uploads/2020/03/Kaytosta_poistetun_puun-soveltamisohje_Lokakuu2014.pdf. 14.4.2020.
- EK-SAK tuottavuustyöryhmä. 2011. Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita. Teknologiateollisuus ry. Helsinki. https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/tyomarkkinat_kannustava_palkkaus_palkkaustapoja_tyontutkimuksen_menettelytavat.pdf. 20.11.2020.
- Erkkilä, P. 2013. Energiapuun kuljetuskustannusten ja kuljetuskaluston vertailu – case PUULOG. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. Liiketalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/68194/Erkkila_Pekka.pdf?sequen. 4.12.2021.
- Föhr, J., Karttunen, K., Laitinen, T., Mynttinen, S. & Ranta, T. 2016. Ajoneuvoyhdistelmien sallittujen enimmäismassojen ja -korkeuksien vaikutukset hake- ja turvekalustoon Suomessa. Metsätieteen aikakauskirja. <https://metsatieteenaikakauskirja.fi/pdf/article5965.pdf>. 1.12.2021.
- Heinilä, E. 2019. Sääparametrien vaikutus kaukolämmön tarpeeseen. Helsingin yliopisto. Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta. Pro Gradututkielma. <https://core.ac.uk/download/pdf/224641727.pdf>. 12.12.2021.
- Inray 2021. Inray Oy Ltd:n verkkosivut. <https://inray.fi/ratkaisut/energiateollisuus/>. 19.5.2021.
- Karppinen, M. 2014. Polttoaineen vastaanotto ja sen kehittäminen – Pursialan voimalaitos. Saimaan ammattikorkeakoulu. Tekniikan ala. Opinnäytetyö. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/76802/Karppinen_Matti.pdf?sequence=1. 3.5.2021.

- Logistiikan maailma. 2021. Logistiikan maailman verkkosivut.
[\(https://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/maantiekuljetus/mitat-ja-painot/\)](https://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/maantiekuljetus/mitat-ja-painot/) 17.5.2021.
- Loimua Oy. 2021. Loimuan yleisesittely. Yrityksen esittelydiat.
- Luke. 2021. Puun energiakäyttö jatko kasvuun.
<https://www.luke.fi/uutinen/puun-energiakaytto-jatkoi-kasvuun-2019/>). 20.11.2021.
- Modig, N. & Åhlström, P. 2016. Tätä on Lean. Tätä on Lean – Ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Rheologica Publishing.
- Motiva. 2021. Uusiutuva Energia Suomessa. Motiva.
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa. 5.3.2021.
- Muinonen, M. 2021. FUEL CONTROL Real -time solid fuel quality measurement system. Fuel Control järjestelmän englanninkielinen esitysmateriaali.
- Mustonen, M. 2017. Automaattinen biomassanäytteenottimen laadullinen tutkimus. Kajaanin Ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikka. Opinnäytetyö.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/126227/Mustonen_Mikko.pdf?sequence=1&isAllowed=y. 1.12.2021.
- Partti, J. 2021. Puuttuva palanen laitoksen operointiin. Bioenergia-lehti. 04/2021. Bioenergia ry.
- Prometec 2021. Prometec Oy. <https://prometec.fi/rekkanaytteenotin/>. 19.5.2021.
- Rissanen, T. 2019. Automaattisen näytteenottimen toiminnan todentaminen metsähakkeille. Savonia ammattikorkeakoulu. Tekniikan ja liikenteen ala. Opinnäytetyö.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/171374/Rissanen_Temu.pdf?sequence=2&isAllowed=y. 1.12.2021.
- Traficom. 2021. Pidemmät ja raskaammat HCT-rekat. Traficom.
<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/pidemmät-ja-raskaammat-hct-rekat>. 17.5.2021.
- Tilastokeskus. 2021. Tilastokeskuksen polttoaineluokitus 2020. Tilastokeskus.
<https://www.stat.fi/fi/luokitukset/polttoaineet/?code=31&name=Biomassa>. 3.3.2021.
- Tuure, V-M. 2019. Erikoistutkija. Työtehoseura. Haastattelu 26.3.2019.
- Valtioneuvosto. 2017. Selvitys: Hallitusohjelman energia- ja ilmastotavoitteet saavutettavissa. Valtioneuvoston viestintäosaston tiedote.
<https://valtioneuvosto.fi/-/10616/selvitys-hallitusohjelman-energia-ja-ilmastotavoitteet-saavutettavissa>. 12.12.2021
- Venäläinen, P. & Poikela, A. 2016. Energiapuun kuljetuskaluston ja menopaluukuljetusten skenaariot. Metsätehon tuloskalvosarja.
<https://www.metsateho.fi/wp->

[content/uploads/Tuloskalvosarja_2016_02a_Energiapuun_kuljetuskalvoston_ja_meno-paluukuljetusten_skenaariot.pdf](#). 1.12.2021.

Venäläinen, P. & Poikela, A. 2021. Puutavaran ja hakkeen HCT-yhdistelmät ja kuljetusketjut. Metsätehon tuloskalvosarja. <https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja-2021-05-Puutavaran-ja-hakkeen-HCT-yhdistelmat-ja-kuljetusketjut.pdf>. 1.12.2021.