



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KAUKOLÄMMÖN JA SÄHKÖNTUOTANNON HIILIJALANJÄLKI 8 JA 20 MW KIIINTEÄN POLTTOAINEEN VOIMALAITOKSISSA

TEKIJÄ/T: Jouni Järvinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Jouni Järvinen	
Työn nimi Kaukolämmön ja sähköntuotannon hiilijalanjälki 8 ja 20 MW kiinteän polttoaineen voimalaitoksissa	
Päiväys 30.11.2020	Sivumäärä/Liitteet 42/2
Ohjaaja(t) Lehtori Tanja Pentinsaari, Lehtori Jukka Huttunen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Keuruun Energia Oy ja Keuruun Lämpövoima Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Ilmaston muutos ja ihmisten oma hiilijalanjälki herättää runsasta keskustelua. Pariisin Ilmastopöytäkirjan mukaan EU on sitoutunut tavoittelemaan hiilineutraaliutta vuoteen 2050 mennessä. Suomen tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Lisäksi Suomen hallituksen (Marinin hallitus) tavoitteena on vähentää turpeen energiakäyttöä puoleen vuoteen 2025 mennessä ja lopettaa kokonaan vuoteen 2030 mennessä.</p> <p>Energiantuotannon hiilijalanjälki kiinnostaa energiantuottajia ja kuluttajia tiukentuvien päästötavoitteiden takia. Kaukolämpöverkossa olevien asiakkaiden hiilijalanjälki asumisen osalta määräytyy laitosten tuottaman energian päästöistä ja se kannustaa energian tuottajia selvittämään aiheuttamiensa päästöjen määrän laitoksissaan.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Keuruun Lämpövoima Oy:n Varissaaren 20 MW CHP ja 8 MW kiinteän polttoaineen lämpölaitosten energiantuotannon hiilijalanjälki. Laitosten polttoaineet koostuvat pääasiassa metsä- ja teollisuusperäisistä puupolttoaineista. CHP-laitoksessa käytetään myös turvetta ja lajiteltua SFR-kierrätyspolttoainetta.</p> <p>Jyrsinturpeen poltto muodostaa yli 90 prosenttia laitosten kokonaispäästöistä. Turpeen korjuun päästöissä huomioitiin myös tuotantoalueelta ilmaan vapautuvat kasvihuonekaasut. Laitoksissa käytettävien puupohjaisten polttoaineiden kasvihuonekaasupäästöt ovat alhaiset niiden sovitun bio-ominaisuuden ansiosta. Näiden polttoaineiden päästöt muodostuvat pääasiassa korjuusta ja kuljetuksesta.</p> <p>Työssä tehtiin turpeen käytöstä kaksi laskentaskenaariota. Ensimmäisessä turpeen polttoa vähennettiin puolet, jolloin päästöt vähenivät lähes 60 kg CO₂ ekv/MWh. Toisessa turpeen poltto lopetettiin kokonaan, jolloin päästöjen määräksi jäi 26,86 kg CO₂ ekv/MWh. Turve korvattiin molemmissa skenaariossa puolittain metsä- ja teollisuusperäisillä polttoaineilla.</p>	
Avainsanat kiinteä polttoaine, hiilijalanjälki, kaukolämpö, sähkö, kasvihuonepäästöt, päästöt, turve, SRF	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering			
Author(s) Jouni Järvinen			
Title of Thesis Carbon fFootprint of District Heating and Electricity Production in 8 and 20 MW Solid Fuel Power Plants			
Date	30.11.2020	Pages/Appendices	42/2
Supervisor(s) Lecturer Tanja Pentinsaari, Lecturer Jukka Huttunen			
Client Organisation /Partners Keuruun Energia Oy and Keuruun Lämpövoima Oy			
<p>Abstract</p> <p>Climate change and people's own carbon footprint raises abundant debate. According to the Paris Climate Agreement, the EU has committed to achieve carbon neutrality by 2050. Finland's target is to be carbon neutral by 2035. In addition, the Finnish government (Marin's government) aims to halve peat energy use by 2025 and give it up completely by 2030.</p> <p>The carbon footprint in energy production interests energy producers and consumers due to tightening emission targets. The footprint of district heating network consumers is determined by the emissions of energy produced in the power plants and this encourages energy producers to detect the amount of emissions in their power plants.</p> <p>The purpose of this thesis was to investigate the size of the carbon footprint of the energy production at the 20 MW CHP and 8 MW solid fuel heating plants of Keuruun Lämpövoima Oy in Varissaari. These two power plants use fuels that consist of wood-based fuels of forestry and industry. The CHP plant also uses peat and sorted SFR-recycled fuel.</p> <p>Over 90 percent of the total emissions of the power plant consist of burning peat. The greenhouse gas emissions during peat harvesting also around the harvesting area were taken into account. Greenhouse gas emissions from wood-based fuels used in power plants are low due to agreed bio-property. The emissions of wood-based fuels consist mainly of harvesting and transportation.</p> <p>In this thesis two calculation scenarios of peat use were completed. In the first one, peat combustion was halved, reducing emissions by almost 60 kg CO₂ eq/MWh. In the second, peat combustion was completely stopped, emissions were 26.86 kg CO₂ eq/MWh. In both scenarios, peat was replaced half by forest-based and half by industrial-based wood fuels.</p>			
<p>Keywords</p> <p>Solid fuel, carbon footbrint, district heating, electric, greenhouse gas, emissions, peat, SRF</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
1.1	Taustat	6
1.2	Tutkimusmenetelmät.....	9
1.3	Työn tavoite ja aiheen rajausta.....	10
1.4	Yhteistyökumppanit ja tekijänoikeuksien haltija.....	10
1.5	Lyhenteet ja määritelmät.....	10
2	KEURUUN LÄMPÖVOIMA	12
2.1	Kattilalaitokset	12
2.2	Rinnakkaispoltto	12
3	KAUKOLÄMMÖN TUOTANTO	14
3.1	Varissaari 1, CHP-kattilalaitos.....	14
3.2	Varissaari 2, KPA-kattilalaitos.....	15
4	POLTTOAINEET	18
4.1	Metsätähteet	19
4.2	Puuteollisuuden tähteet ja kierrätyspuu	19
4.3	Jyrsinturve.....	19
4.4	Kierrätyspolttoaineet	20
4.5	Muut laitoksissa käytetyt polttoaineet.....	20
5	KAUKOLÄMMÖN TUOTANNON PÄÄSTÖT.....	21
5.1	Polttoaineiden päästöt.....	21
5.2	Polttoaineen korjuun ja kuljetusten päästöt	22
5.2.1	Hakkuun, korjuun ja haketuksen päästöt	22
5.2.2	Kuljetuksen päästöt.....	24
5.3	Kaukolämmön tuotannon päästöt.....	26
5.4	Kaukolämmön jakelun päästöt	28
6	TURPEEN VÄHENTÄMINEN	29
6.1	Skenaario 1	29
6.2	Skenaario 2	29
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	31
	LÄHTEET	32

LIITE 1: VARISSAARI 1 POLTTAINE- JA TUOTANTOTIEDOT MARRASKUU 2019 – HUHTIKUU 2020	33
LIITE 2: VARISSAARI 2 POLTTAINE- JA TUOTANTOTIEDOT 2019.....	36
LIITE 3: KULJETUKSEN PÄÄSTÖJEN LASKENTA.....	40
LIITE 1: VOIMALAITOSTEN POHJA- JA LENTOTUHKAT MARRASKUU 2019 – HUHTIKUU 2020	40

1 JOHDANTO

1.1 Taustat

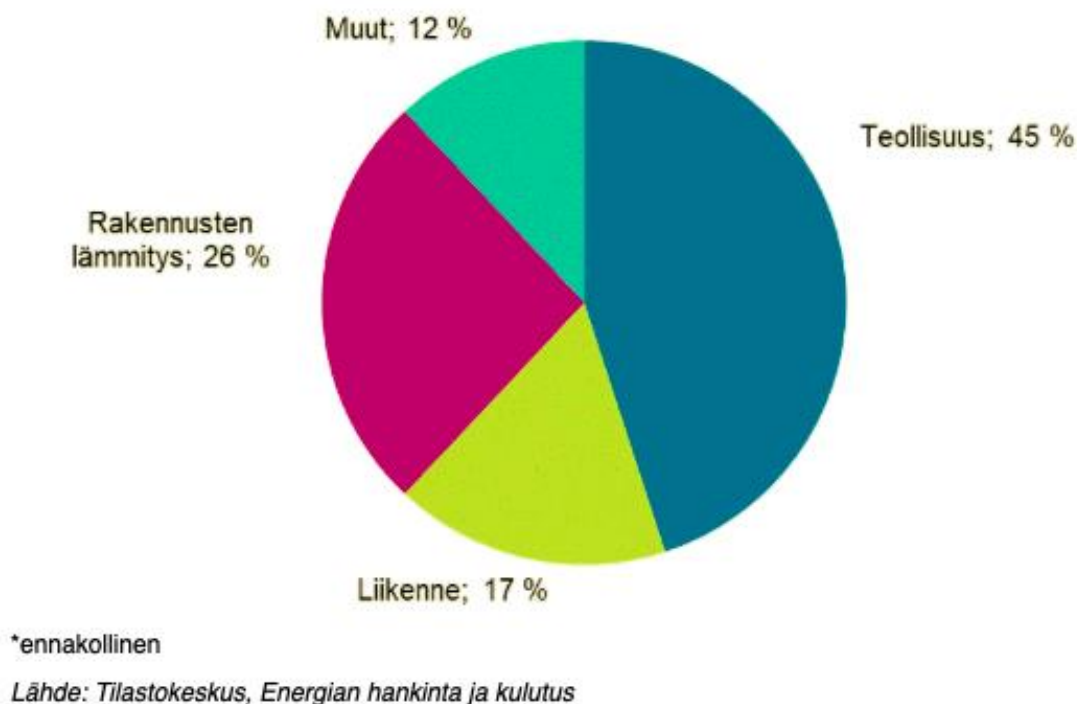
Ilmastonmuutos herättää runsasta keskustelua ja huolta ihmisten aiheuttamasta hiilijalanjäljestä, joka muodostuu kulutuksesta, liikkumisesta ja asumisesta. Fossiilisten polttoaineiden käytöstä peräisin olevien kasvihuonekaasujen vähentäminen on kansainvälisen ilmastopolitiikan ensisijainen toimenpidealue. Tämän vuoksi valtioiden pitää pyrkiä voimakkaasti fossiilisperäisten kasvihuonekaasujen vähentämiseen ja vasta sen jälkeen voidaan käyttää LULUCF-nettonielua tai kompensatiota hiilineutraaliuden tavoittelemiseksi.

Pariisin Ilmastopöytäkirjan mukaan EU on sitoutunut tavoittelemaan hiilineutraaliutta 2050 mennessä. Tämä tarkoittaa päästöjen vähentämistä 80 - 95 % prosenttia (EU 2009). Jäsenmaille tämä merkitsee erilaisia päästövähennyksiä, mutta koko EU on hiilineutraali vasta kun jäljellä olevat päästöt ovat 5 - 20 % vuoden 1990 päästötasosta ja hiilinielut ovat tasapainossa. Fossiilisten polttoaineiden tuottamien päästöjen alasajosta on samankaltainen toimintamalli myös kuntien ja alueiden hiilineutraaliustavoitteiden taustalla. (Suomen Ilmastopaneeli, raportti 5a/2019, 9.)

Energian tuotannon päästöjen määrä kiinnostaa ympäristöä ja ilmastoa ajattelevia ihmisiä. Yhä useammat ottavat huomioon tuotetun energian päästöt ja vaikuttavat valitsemalla mahdollisimman vähäpäästöisiä vaihtoehtoja. Kaukolämmön kuluttajat on sidottu lämmön tuottajaan ja silloin tuotetun energian päästöjen merkitys heille kasvaa.

Suomessa rakennusten lämmitys kuluttaa 26 % primäärienergiasta (kuva 1). Energiateollisuuden mukaan Suomen energian tuotannon päästöt ovat puolittuneet viimeisen kymmenen vuoden aikana. Suomen nykyisen hallituksen (Marinin hallitus) asettamat hiilineutraaliustavoitteet vuoteen 2035 mennessä ja turpeen energiakäytön puolittaminen vuoteen 2030 mennessä sekä luopuminen sen käytöstä kokonaan asettavat suuria haasteita kotimaisille energiantuottajille.

Kaukolämpöyhtiöt ja energiantuotantolaitokset, joiden nykyinen energian tuotanto perustuu osittain tai kokonaan turpeen polttoon, ovat vaativan tehtävän edessä, kuinka energiaa niissä tulevaisuudessa tuotetaan. (Energiateollisuus.)



KUVA 1. Energian kulutus sektoreittain vuonna 2019 (Tilastokeskus)

Suomen hallituksen aikaisemmin tekemät päätökset luopua hiilen käytöstä vuoteen 2029 mennessä lisäävät paineita useille energiayhtiöille. Suomessa joidenkin suurten kaupunkien hiilenpolttoon perustuva energiantuotanto pakottaa energiayhtiöt etsimään uusia vähäpäästöisiä korvaavia tuotantomuotoja. Jotkin yhtiöt ovat niissä jo osittain onnistuneet, mutta paljon vielä tehtävä, jotta tavoitteisiin päästään. Turvautumalla pelkästään biopolttoaineisiin ei tilannetta pelasteta, mutta hyödyntämällä nyt jo käytössä ja vielä kehitysasteella olevia tekniikoita voidaan siinä onnistua. Suurelta osin ympäri Suomea on pienissä ja keskisuurissa kiinteän polttoaineen kattilalaitoksissa ja yhteistuotantolaitoksissa tuotettu sähkö ja lämpö jo lähes päästötöntä.

Tilastokeskuksen 2019 ennakkotietojen mukaan energian kokonaiskulutus on vähentynyt prosentin edellisestä vuodesta. Vähentyminen johtui pääosin turpeen ja fossiilisten polttoaineneiden käytön 6 prosentin laskusta, joiden osuus energiankulutuksesta oli 38 prosenttia. Turpeen kulutuksen lasku oli 9 prosenttia, joten suuntaus on hyvä. Uusiutuvien energianlähteiden osuus nousi 37 prosenttiin ja puupohjaisten polttoaineiden 28 prosenttiin (kuva 2), puupohjaisten polttoaineiden kulutus on lisääntynyt neljänä vuotena peräkkäin. Lisäksi energian tuotannon lisääminen puupohjaisilla tai SRF-polttoaineilla parantaa omavaraisuutta. Vuonna 2019 Suomeen tuotiin eri energiatuotteita 10,2 miljardin euron ja vietiin 5,6 miljardin euron edestä, joten energian alijäämä oli 4,6 miljardia euroa. (Tilastokeskus 2019.)

Energian kokonaiskulutus energialähteittäin (TJ) ja CO₂-päästöt (Mt)

Energialähde	2019*	Vuosimuutos- %*	Osuus % energian kokonaiskulutuksesta*
Öljy	308 493	0	23
Hiili ¹⁾	90 025	-21	7
Maakaasu	72 752	1	5
Ydinenergia ²⁾	250 102	5	18
Sähkön nettotuonti ³⁾	72 151	1	5
Vesivoima ³⁾	44 231	-7	3
Tuulivoima ³⁾	21 420	2	2
Turve	56 308	-9	4
Puupolttoaineet	377 726	1	28
Muut	68 580	3	5
ENERGIAN KOKONAISKULUTUS	1 361 787	-1	100
Ulkomaanliikenne	49 018	6	.
Polttoaineiden energiakäytön CO ₂ - päästöt	39	-7	.

1) Hiili: sisältää kivihiilen, koksen sekä masuuni- ja koksikaasun.

2) Sähkön tuotannon yhteismitallistaminen polttoaineiden kanssa: Ydinvoima: 10,91 TJ/GWh (kokonaishyötysuhde 33 %)

3) Sähkön tuotannon yhteismitallistaminen polttoaineiden kanssa: Vesi- ja tuulivoima sekä sähkön nettotuonti: 3,6 TJ/GWh (100 %)

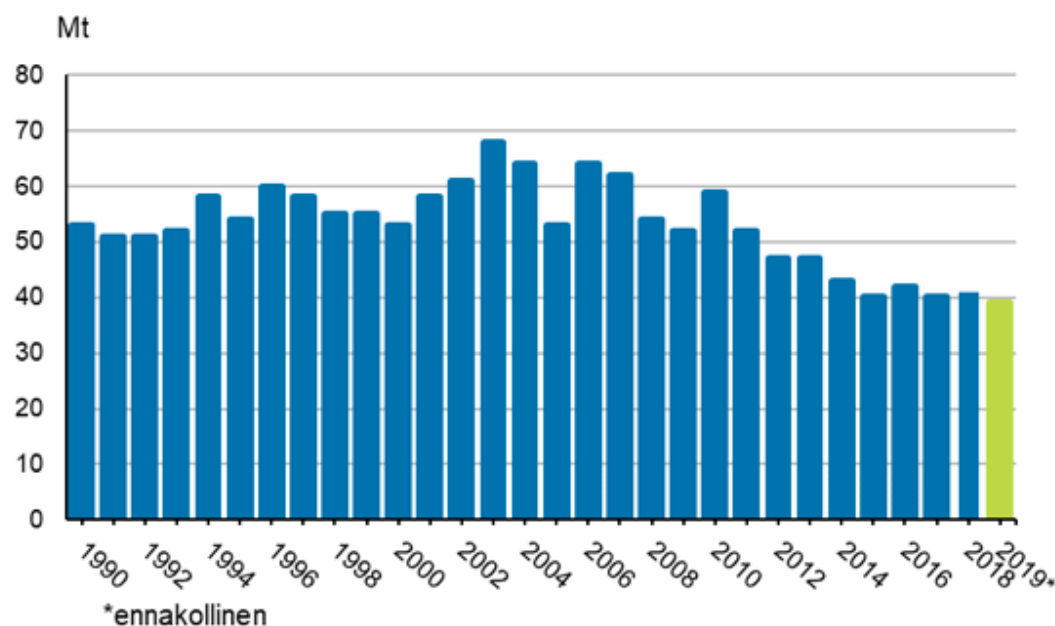
4) *Ennakollinen tieto

Lähde: Tilastokeskus, Energian hankinta ja kulutus

KUVA 2. Energian kokonaiskulutus energialähteittäin (Tilastokeskus)

Polttoaineiden energiakäytön päästöt vähenivät 7 prosenttia vuonna 2017, johon suurin vaikuttaja oli hiilen kulutuksen 21 prosentin väheneminen. Vuosien 2007 ja 2018 välisenä aikana energiasektorin käyttämien polttoaineiden päästöt vähenivät kolmanneksella 62 miljoonasta hiilidioksiditonista 42 miljoonaan hiilidioksiditonniin (kuva 3). Fossiilisten korvaaminen puupohjaisilla polttoaineilla vähentää energian tuotannon päästöjä ja niiden käytön lisääminen edesauttaa Suomen hiilineutraaliustavoitetta. (Tilastokeskus.)

Liitekuvio 2. Polttoaineiden energiakäytön hiilidioksidipäästöt 1990–2019*



Lähde: Tilastokeskus, *Energian hankinta ja kulutus*

KUVA 3. Polttoaineiden energiakäytön hiilidioksidipäästöt 1990 – 2019 (Tilastokeskus)

Paikallisten kaukolämpölaitosten käyttämät polttoaineet tuotetaan usein kohtuullisella etäisyydellä laitoksista. Polttoaineen tuotanto ja käsittely on vähäpäästöistä sekä toimintaa, joka lisää alueellista työllisyyttä ja energiaomavaraisuutta. Useiden maakuntien energiatase on usein voimakkaasti negatiivinen ulkopuolelta tuodun energian vaikutuksesta. Esimerkkinä Keski-Suomeen tuodun energian määrästä (17,3 TWh) oli tuontien energiaa lähes puolet (8 TWh), joka muodostuu pääasiassa liikennepolttoaineista sekä tuontisähköstä. (Keski-Suomen energiatase 2016.)

Suomen sisämaassa pienten ja keskisuurten aluelämpölaitosten kaukolämmön ja sähkön tuotanto tapahtuu pääosin puupohjaisilla polttoaineilla, joka nykyisillä tekniikoilla on varsin puhdas ja ekologinen energiantuotantomuoto. Näiden laitosten todellinen hiilijalanjälki on varsin alhainen. Maakuntien oma puhdas energiantuotanto lisää alueellista omavaraisuutta sekä työllisyyttä. Puupohjaisilla polttoaineilla tuotetun energian hinta nousee sen paljon käsittelyä vaativasta tuotannosta johtuen usein korkeammaksi verrattuna fossiilisten polttoaineiden edulliseen hankintahintaan sekä korkeaan energiasisältöön.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Tässä työssä laskennan pohjana käytetään pääasiassa laitoksen omaa tuotanto- ja polttoainedataa. Lisäksi hyödynnetään kirjallisuus- ja tutkimusaineistoja, joita on saatavilla oppi- ja tutkimuslaitosten arkistoista ja verkkosivuilta. Lisäksi käytetään Tilastokeskuksen, Metsätehon ja Energiaviraston materiaaleja sekä verkosta löytyviä lämpölaitosten toiminnasta kertovia artikkeleita ja selvityksiä.

Kaukolämmön tuotannon päästöihin vaikuttavat osa-alueet selvitetään ja muutetaan kg CO₂ ekv (hiilidioksidiekvivalentiksi) tuotettua MWh kohden. Päästöjen vertailussa käytetään Varissaari 1 voimalaitoksessa keväällä suoritettuja 2020 savukaasumittauksia.

Opinnäytetyössä tehdään kaksi laskentaskenaariota turpeen käytön osalta. Ensimmäisessä tarkastellaan turpeen 50 % vähennyksen vaikutusta ja toisessa kokonaan turpeesta luopumisen vaikutusta päästöihin. Skenaarioissa turve korvataan puupohjaisilla polttoaineilla, jotka jaetaan puoliksi metsä- ja teollisuusperäisten kesken.

1.3 Työn tavoite ja aiheen rajaus

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on määrittää Keuruun Lämpövoiman, Varissaari 1 19,9 MW CHP-laitoksen ja Varissaari 2 8 MW KPA-laitoksen tuottaman kaukolämmön- ja sähköntuotannon hiilidioksidipäästöt. Lisäksi tarkastellaan turpeen käytön vähentämisen vaikutusta päästöjen kokonaismäärään.

Tämä työ rajattiin käsittelemään Varissaari 1 ja Varissaari 2 kattilalaitoksia sekä yrityksen omistamaa lämmönjakeluverkkoa. Työhön sisällytettiin turpeen ja biomassan korjuu ja kaukokuljetuksissa sekä laitoksen ja lämmönjakeluverkoston huolto- ja ylläpidosta syntyneet päästöt.

1.4 Yhteistyökumppanit ja tekijänoikeuksien haltija

Keuruun Energia Oy ja Keuruun Lämpövoima Oy, Lämpöpäällikkö Joonas Pekkanen.

1.5 Lyhenteet ja määritelmät

Biopolttoaine	Eloperäinen biomassa, puu, latvukset, puu- ja metsäteollisuuden sivutuotteet
CHP	Yhdistetty sähkö- ja lämmöntuotanto (Combined heat and power)
CH ₄	Metaani
CO ₂	Hiilidioksidi
CO ₂ ekv	Hiilidioksidi ekvivalentti sisältää CO ₂ , CH ₄ ja N ₂ O
EU	Euroopan Unioni
GWh	Gigawattitunti
kW	Kilowatti tehon yksikkö
kWh	Kilowattitunti tuotetun energian yksikkö
LULUCF	Euroopan unionin politiikkaa maankäytön, maankäytön muutosten ja metsien ilmastovaikutusten suhteen.
MW	Megawatti tehon yksikkö
MWh	Megawattitunti tuotetun energian yksikkö
N ₂ O	Dityppioksidi
SRF	Kierrätyspolttoaine (Solid Recovered Fuel) teollisuuden jätteistä lajitellut energijakeet pääasiassa muovia ja biohajoavia aineita

TJ	Terajoule
Tnkm	Tonnikilometri
TWh	Terawattitunti tuotetun energian yksikkö

2 KEURUUN LÄMPÖVOIMA

Keuruun Lämpövoima Oy on paikallinen kaukolämmön ja sähkön tuottaja, joka on osa Keuruun Energian konsernia. Se tuotti vuonna 2019 48,5 GWh lämpöä omaan 48 km pitkään kaukolämpöverkkoon 277 asiakkaalle sekä 7,9 GWh sähköä Keuruun Sähkön siirtoverkkoon. Yrityksen henkilökuntaan kuuluu yhdeksän eri alan ammattilaista.

2.1 Kattilalaitokset

Keuruun Lämpövoima Oy omistaa taulukossa 1 olevat lämpölaitokset, joista kaksi toimii varavaimaloina poikkeustilanteita varten ja lisäksi kolme siirrettävää lämpökeskusta

TAULUKKO 1. Keuruun Lämpövoiman lämpölaitokset 2019

Laitos	Käyttöönottovuosi	KL-teho MW	Sähkö MW	Polttoaine
Varissaari 1	2010	14,9	5	Puu, turve, SRF
Varissaari 2	2018	8,0		Puupohjaiset
Sepänkuja	1989	12,0		Kevytöljy varalaitos
Ketvelniemi	1995	3,0		Kevytöljy varalaitos
Keuruselkä	2006	1,4		Puupelletti
Punojantie	2008	0,7		Puupelletti
Yläaste Haapamäki	2000	0,4		Puupelletti
Haapamäki, hakelämpölaitos	2013	2,0		Hake
Pohjoislahti	2019	0,4		Puupelletti, aurinko
Siirrettävät lämpö keskukset 3 kpl		7,6		Kevytöljy
		50,4 MW		

2.2 Rinnakkaispoltto

Turpeen osuus CHP- ja kattilalaitoksissa käytettävästä polttoaineesta vaihtelee suuresti riippuen usein kattilatyypistä, laitoksen iästä sekä laitoksien sijainnista. Turpeen osuus työssä tarkasteltavan lämmön ja sähkön yhteistuotannossa kiinteää polttoainetta käyttävässä laitoksessa oli keskimäärin 36,5 prosenttia. (Liite 1.)

Nykyaikaisissa rinnakkaispolttolaitoksissa voidaan polttaa teollisuuden jätteistä lajiteltuja SRF (Solid Recovered Fuel) energiajakeita, jotka luokitellaan virallisesti jätteiksi ja niiden polttamista säätelee jätteenpolttoasetus 151/2013, kuten työssä tarkasteltavana olevassa CHP-laitoksessa. (Finlex.)

Aluehallintovirasto myönsi ympäristöluvan 18.2.2019 ensimmäisille laitoksessa suoritettaville koepolttoille, jotka tehtiin SRF-polttoaineilla 1.4. – 31.12.2019 välisenä aikana. Hyvien tulosten perusteella haettiin uusi lupa koepolttojen jatkamiseen, joita tehtiin 10-20 prosentin

sekoitussuhteella muun polttoaineen joukossa. Aluehallintovirasto myönsi 26.8.2019 SRF-polttokäytöksen koepolttojen kakkosvaiheelle luvan 1.1. – 31.12.2020 väliselle ajalle. Aluehallintovirasto määrittää tapauskohtaisesti ns. sekoitussäännöllä rinnakkaispolttolaitosten päästörajat, jotka voivat poiketa jätteenpolttoasetuksen rajoista riippuen käytetyistä biopolttokäytöksistä. (Päätös Nro 205/2019, Aluehallintovirasto.)

Laitoksessa suoritettiin uudet ympäristöluvan mukaiset mittaukset 20 – 21.4.2020 ajettaessa laitosta normaalilla 10 MW käyttöteholla. Kattilassa käytettiin polttoaineseosta, joka sisälsi 20 % kiinteää SRF-polttokäytöstä, haketta ja turvetta. Saatujen mittausten perusteella lähes kaikki arvot alittuivat. Kuva 4.

Komponentti	mg/m ³ (n) redusoitu O ₂ = 11 %			Johtopäätös
	Mitattu tulos	Tulos, josta vähennetty mittauserävarmuus	Päästörajat-arvo	
NO _x	290	261	200	Ei
SO ₂	31	24,8	50	Kyllä
TVOC	0	0	10	Kyllä
HCL	< 0,15	< 0,15	10	Kyllä
HF	< 0,02	< 0,02	1	Kyllä
CO	26	23	50	Kyllä
Cd,Tl	0,000057	0,000046	0,05	Kyllä
Hg	0,000060	0,000048	0,05	Kyllä
As, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, V	0,022108	0,017686	0,5	Kyllä
Hiukkasmittaus keskiarvo	0,2	0,160	10	Kyllä
PCDD/F	0 - 0,1894*	0,1326*	0,1*	Ei

Akkreditointi ei koske vertailua. *ng/m³n (upperpound). Jätteenpolton päästörajat-arvot.

KUVA 4. Mittausraportti päästömittaukset Varissaari 1

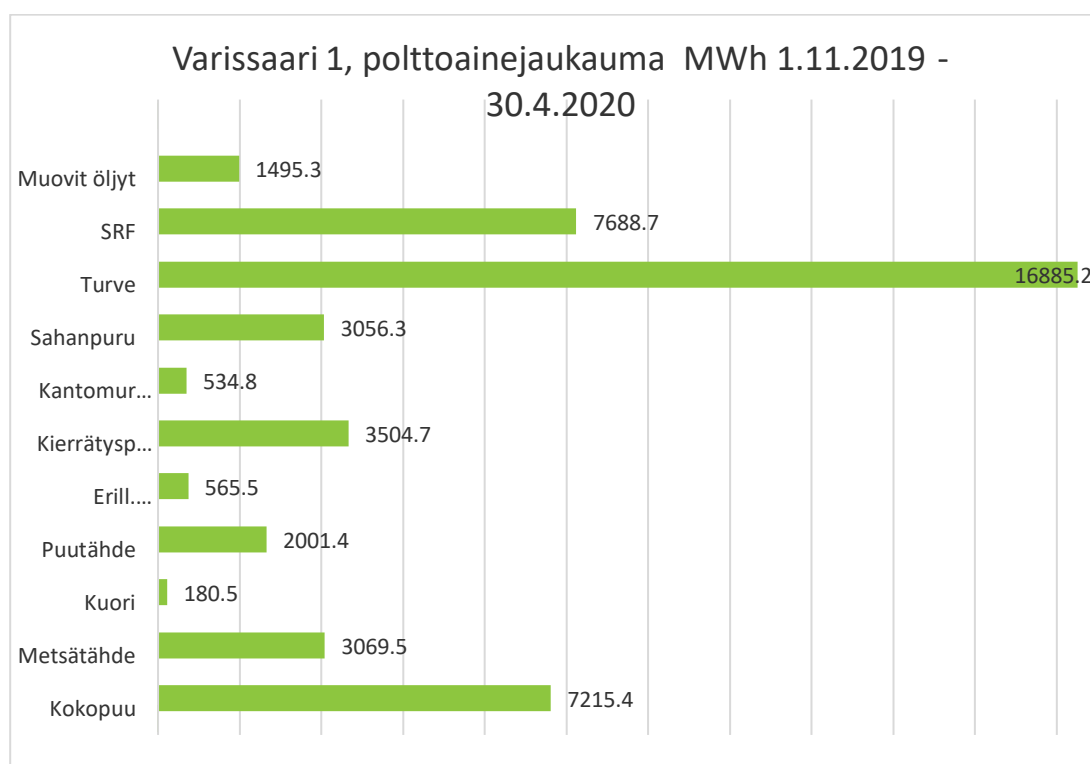
Lähialueilta kerättyjen ja lajiteltujen SRF-kierrätyspolttokäytösten hyödyntäminen energiaksi niiden polttoon soveltuvissa laitoksissa on kiertotalouden kannalta hyvä keino vähentää päästöjä. Energiajakeiden korkea lämpöarvo yhdistettynä laitoksen savukaasujen lämmöntalteenotto- ja puhdistustekniikkaan parantaa hyötysuhdetta ja poistaa pienhiukkaset. (VTT 2016.)

3 KAUKOLÄMMÖN TUOTANTO

3.1 Varissaari 1, CHP-kattilalaitos

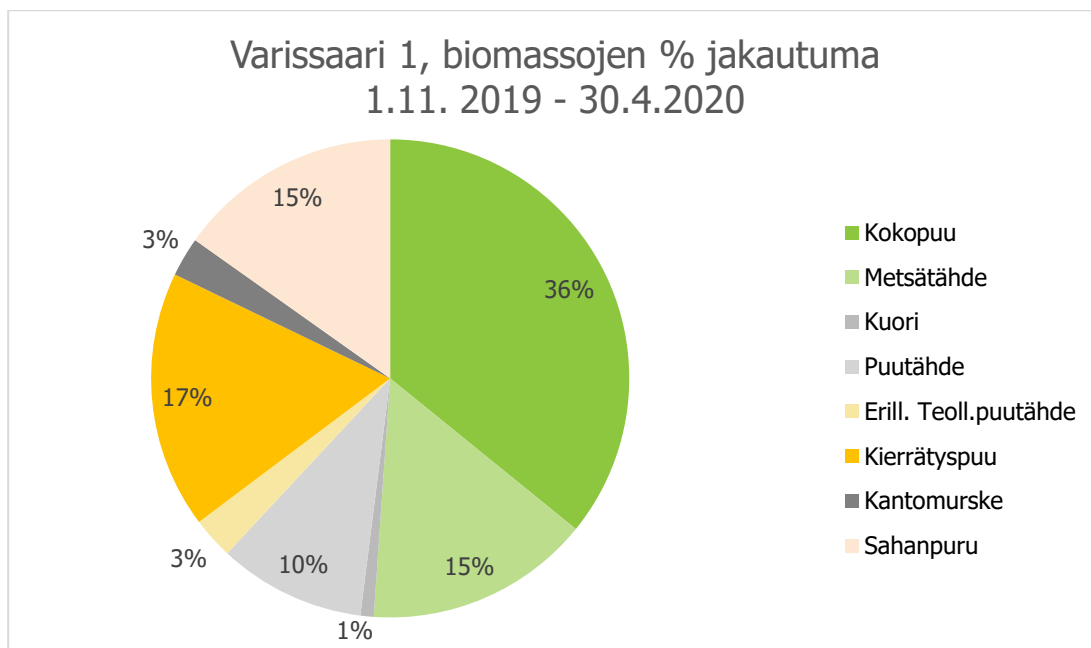
Tarkasteltavan ajanjakson 1.11.2019 – 30.4.2020 välisenä aikana Varissaari 1 CHP-laitos on tuottanut polttoaineiden energiasisällön mukaan 46 197 MWh. Kaukolämpöverkkoon tuotettiin 41 217 MWh lämpöä, joka sisältää myös oman käytön. Sähköverkkoon tuotettiin sähköä 6 678 MWh, josta oman käytön osuus ollut 490 MWh, yhteensä 48 385 MWh. Laitoksen hyötysuhde oli jakson aikana 96,6 – 109,5 % keskiarvon ollessa 104,2 %. Korkea hyötysuhde perustuu tehokkaaseen savukaasujen talteenottoon 5 MW savukaasupesurilla sekä hyvällä hyötysuhteella toimivaan leijupetikattilaan.

Polttoaineiden laatuja ja keskinäisiä suhteita seurataan tarkasti sekä niiden sekoitussuhteita muutetaan parhaan tehon ja puhtaan palamisprosessin saavuttamiseksi ja siten että laitoksen käytettävyyks pysyy hyvänä. Varissaari 1:n käyttämät kaikki polttoaineet ja niiden keskinäiset jakaumat näkyvät kuvassa 5 ja biopolttoainejakauma kuvassa 6. (Liite 1.)



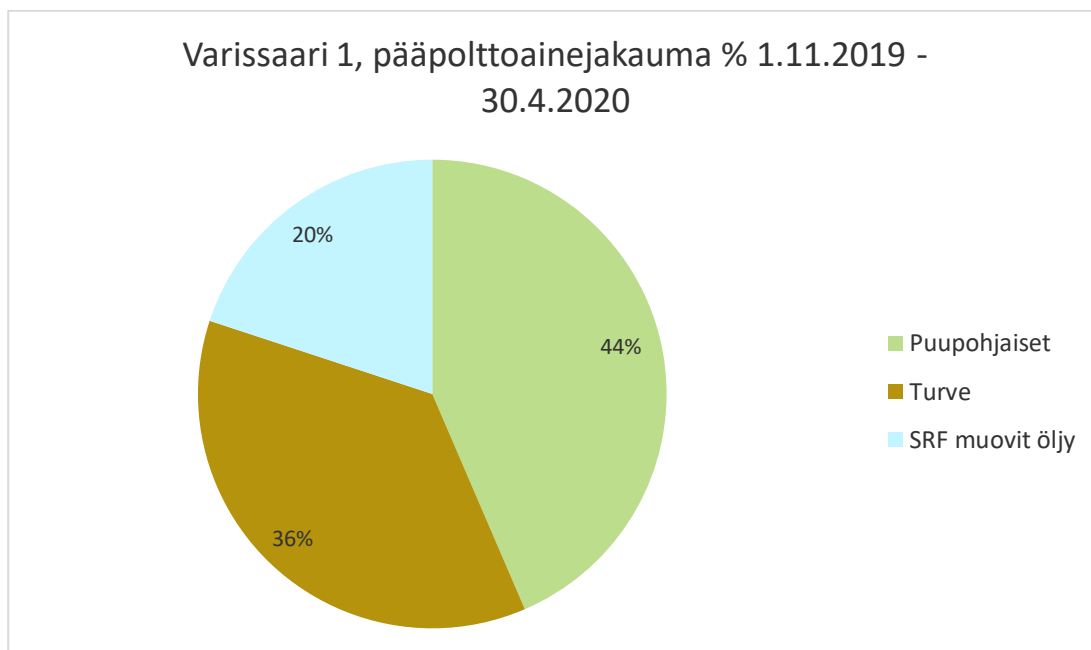
KUVA 5. Varissaari 1, käytetyt polttoaineet MWh 1.11.2019 – 30.4.2020

Kuvasta 6 nähdään Varissaari 1:n käyttämien biomassojen jakauma. Metsäperäisiä biomassoja on 54 % ja kierrätyspuun osuus on 17 %. Teollisuudelta tulevasta puruista ja puutähteistä muodostuu 29 % laitoksen käyttämistä biomassoista.



KUVA 6. Varissaari 1, biomassojen jakauma % 1.11.2019 – 30.4.2020

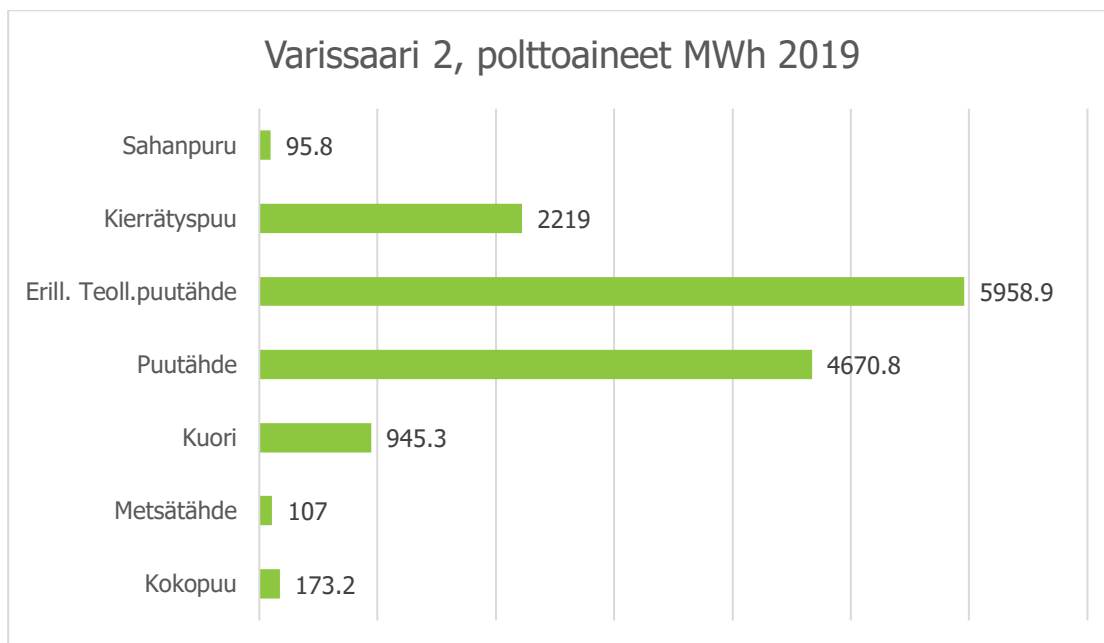
Kuvasta 7 nähdään polttoaineiden jakauma. Jakaumassa 44 % on puupohjaisia, 36 % on turvetta ja SRF, muovit sekä öljy ovat 20 %.



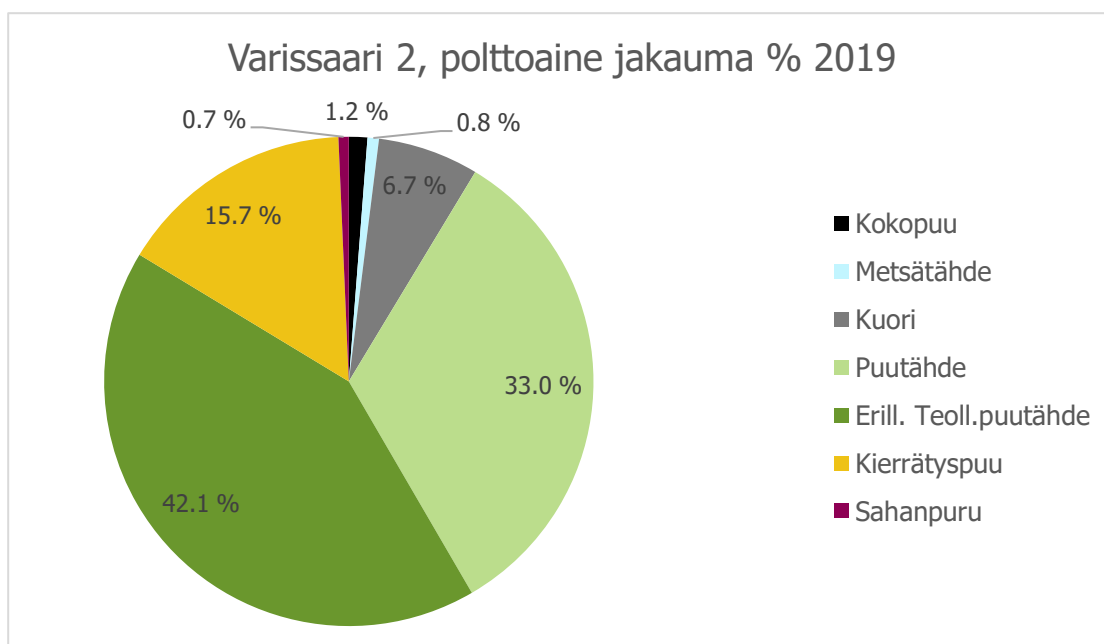
KUVA 7. Varissaari 1, pääpolttoaineiden jakauma %, 1.11.2019 – 30.4.2020

3.2 Varissaari 2, KPA-kattilalaitos

Vuonna 2019 Varissaari 2 tuotti 14 242 MWh lämpöä kaukolämpöverkkoon touko – lokakuun aikana kaukolämpöverkon kuorman ollessa alhainen. 8 MW viistoarinakattila on varustettu 2 MW savukaasulauhduttimella, parhaimmillaan kattilaa on ajettu 11 MW teholla. Kesäaikana Varissaari 2 korvaa kokonaan Varissaari 1 laitoksen. Varissaari 2 kattilalaitoksessa käytetään pelkästään puupohjaisia polttoaineita ja niiden määrät nähdään kuvassa 8. (Liite 2.)

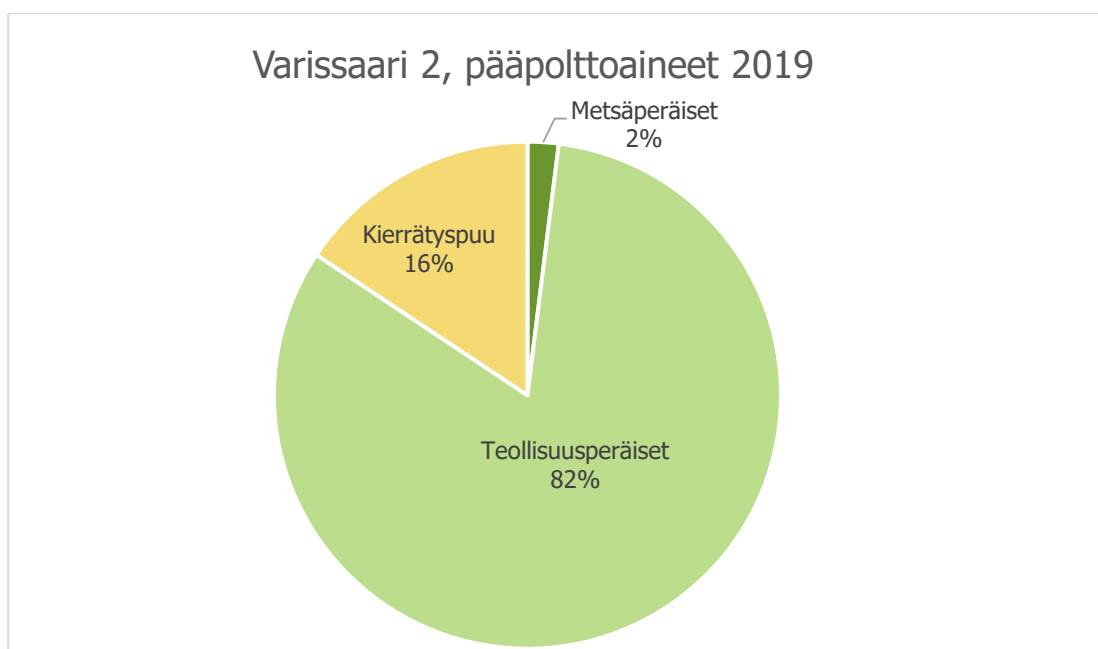


KUVA 8. Varissaari 2, polttoaineet MWh 2019



KUVA 9. Varissaari 2, polttoaineiden jakauma % 2019

Kuten kuvasta 9 havaitaan Varissaari 2:n käyttämät polttoaineet ovat kaikki puupohjaisia polttoaineita. Pääpolttoaineiden keskinäinen jakautuminen nähdään kuvassa 10. Teollisuuden puutähteiden ja purujen osuus 82,4 % sekä kierrätyspuu 15,7 % ja metsäperäiset 2 %.



KUVA 10. Varissaari 2, pääpolttoaineet 2019

4 POLTTOAINEET

Varissaari 1 käyttää pääasiassa puupohjaisia polttoaineita, turvetta, kierrätyspuuta, lajiteltua kierrätyspolttoainetta (SRF). Varissaari 2 käyttää ainoastaan teollisuus- ja metsäperäisiä puupolttoaineita sekä kierrätyspuuta. Kaikki tuotu polttoaine punnitaan ja puretaan eri kasoihin, jolloin niiden kulutus ja eri polttoaineiden sekoitusten keskinäiset suhteet voidaan määrittää. Laskennassa laitokselle tuoduille kiinteille polttoaineille käytetään tehollista saapumistilan lämpöarvoa. Polttoaineiden tehollinen lämpöarvo saapumistilassa voidaan määrittää kaavan 1 mukaan. (Puupolttoaineiden laatuohje, VTT-M-07608-13 – päivitys 2014.)

$$q_{p,net,ar} = q_{p,net,d} \times \left(\frac{100-M_{ar}}{100} \right) - 0,02443 \times M_{ar} \quad (1)$$

jossa

$q_{p,net,ar}$	tehollinen lämpöarvo (vakiopaineessa) saapumistilassa, MJ/kg
$q_{p,net,D}$	tehollinen lämpöarvo (vakiopaineessa) kuiva-aineessa, MJ/kg
M_{ar}	kosteus saapumistilassa, p-%
0,02443 on	höyrystymisen entalpian korjauskerroin (vakiopaineessa) vedelle (kosteus) 25°C lämpötilassa, MJ/kg per 1 p-% kosteutta

Työssä käytettiin laitoksen käyttämiä kaikkien turpeen ja puupolttoaineiden lähtötietoja. Käsitellyn metsäperäisen kiinteän polttoaineen energiatiheys saapumistilassa (E_{ar}) tn lasketaan tehollinen lämpöarvo saapumistilassa ja irtotiheyden perusteella kaavalla 2:

$$E_{ar} = \frac{1}{3600} \times q_{p,net,ar} \times BD_{ar} \quad (2)$$

jossa

E_{ar}	biopolttoaineen energiatiheys saapumistilassa, MWh/irto-m ³
$q_{p,net,ar}$	tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, MJ/kg
BD_{ar}	irtotiheys eli puupolttoaineen tilavuuspaino saapumistilassa, kg/irto-m ³
$\frac{1}{3600}$	muuntokerroin energiayksiköille MJ:sta MWh:iin

Määrittämisestä kiinteille polttoaineille on annettu standardit SFS- EN 14918/SFS-EN ISO 18125, SFS- EN 15400:2011. Polttoaineiden laskennallisia ominaisuuksia nähdään taulukosta 2. (VTT 2016.)

TAULUKKO 2. Polttoaineiden ominaisuuksia

Polttoaine	Kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo $q_{p,net,d}$, MJ/kg	Kosteus M_{ar} , p-%	Tehollinen lämpö- arvo saapumistilassa $q_{p,net,ar}$, MJ/kg	Irtotiheys BD, kg/irto- m^3	Energiatiheys E_{ar} , MWh/irto- m^3	Tuhkapitoisuus kuiva-aineessa A_d , p-%
Kivihiili	27,0–28,8	8–14	24,3–25,1	-	-	4,4–17,0
Raskas polttoöljy	40,5–41,5	< 0,1	40,5–41,5	985–1 020	-	0,02–0,05
Kevyt polttoöljy	35,2–35,9 MJ/litra	0,01–0,02	35,2–35,9 MJ/litra	820–840	-	< 0,001
Pyrolyysiöljy	18,4–20,1	20–30	13,0–18,0	1100–1300		0,01–0,1
Jyrsinturve (keskiarvo)	20,6	47	9,8	330	0,91	6,3
Palaturve (keskiarvo)	21,3	35	11,9	385	1,30	3,5
Turvepelletti	19,7–21,0	14–18	15,1–18,7	680–750	3,0–3,7	2,0–6,0
Sahanpuru	19,0–19,2	45–60	2,2–10,0	250–350	0,45–0,70	0,4–0,5
Koivunkuori	21,0–23,0	45–55	8,0–11,0	300–400	0,60–0,90	1,0–3,0
Havupuun kuori	18,5–20,0	50–65	5,0–9,0	250–350	0,50–0,70	1,0–3,0
Vanerimurske	19,0–19,2	5–15	16,0–18,0	200–300	0,9–1,1	0,4–0,8
Puupelletit	18,9–19,5	6–9	7,0–18,2	600–650	2,8–3,3	0,1–0,5
Rankahake	18,5–20,0	40–55	7,0–11,0	250–350	0,7–0,9	0,5–2,0
Polttopuu	18,5–19,0	20–25	13,4–14,5	240–320	1,35–1,70 MWh/pino- m^3	0,5–1,2
Hakkuutähdehake	18,5–20,0	50–60	6,0–9,0	250–400	0,7–0,9	1,0–3,0
Kokopuuhake	18,5–20,0	45–55	7,0–10,0	250–350	0,7–0,9	1,0–2,0
Kantomurske	17,2–20,9	12–45	6,8–15,5	250–300	0,7–1,2	0,5–20,0 (keskimäärin 4,0)
Pajuhake	18,6	51–53	8,1–8,5	300–440	0,3–0,4	0,4–1,1
Ruokohelpi (kevätkorj.)	17,3–18,7	10–25	12,6–16,6	60–80	0,3	1,0–8,0
Energiajyvä	17,3	11	15,5	600	2,6	2,0
Olki, silputtu	17,4	17–25	12,4–14,0	80	0,3–0,4	5,0
Kierrätyspolttoaine, SRF	17,0–37,0	15–35	13,0–35,0	150–250	0,7–1,0	3,0–7,0
Kotitalouden kuivajäte	18,5–23,4	25–36	11,7–16,9	150–200	0,7–1,0	5,3–16,1

4.1 Metsätähteet

Metsätalouden ja -teollisuuden sivuvirroista saadaan pieni kokopuu, hakkuutähteet, kuori ja kantomurske. Näiden polttoaineiden bio-ominaisuuden vuoksi käytetään päästökerrointa 3,3984 kg CO₂ ekv/MWh. Hiilidioksidiekvivalenttipäästöihin lasketaan ainoastaan poltosta syntyvät dityypiksi N₂O ja metaani CH₄. Laitoksen käyttämien metsäperäisten polttoaineiden määrä tarkastelujaksolla 1.11.2019 – 30.4.2020 oli 20128,10 MWh ja osuus energiatuotannosta 43,57 %.

4.2 Puuteollisuuden tähteet ja kierrätyspuu

Puuteollisuudesta hankittuja polttoaineita ovat eritelty teollisuuden puutähte, kuori, sahanpuru ja puutähte. Näiden polttoaineiden korjuusta tai käytöstä teollisuudessa syntyviä päästöjä ei laskettu kaukolämmöntuotannon kokonaispäästöihin. Päästöihin laskettiin vain polttoaineiden kuljetukset polttoaineiden syntypaikalta lämpölaitokselle.

4.3 Jyrsinturve

Jyrsinturve on hitaan maatumisprosessin seurauksena syntynyttä eloperäistä maalajia. Pitkälle maatonut rahkaturve soveltuu energiakäyttöön sen hiilipitoisuuden ja lämpöarvon ansiosta. Turvetta

käytetään muiden lähinnä puupohjaisten polttoaineiden joukossa. Turpeen korkea rikkipitoisuus verrattuna puupohjaisten alhaiseen rikkipitoisuuteen puoltaa sen käyttöä kattilalaitoksissa.

Jyrsinturpeen tuotannon kokonaispäästöinä käytetään 9,402 g CO₂ ekv/MJ. Päästöt muodostuvat turvetuotantokentän, varastoinnin ja työkoneiden päästöistä (Javanainen 2017).

Turpeen oletuspäästökertoimenä käytetään Tilastokeskuksen polttoaineluokituksen 2019 mukaista päästökerrointa 107,6 t CO₂/TJ. Varissaari 1:n käyttämä turve tuodaan lähiseutujen turpeentuotantoalueilta ja sen osuus koko energian tuotannosta oli tarkastelujaksolla 36,5 % 16885,2 MWh.

4.4 Kierrätyspolttoaineet

SRF (solid recovered fuel)-kierrätyspolttoaineet koostuvat teollisuuden ja yritysten syntypaikkalajitelluista kuivista ja kiinteistä jätteistä. Käytetyt SRF-kierrätyspolttoaineet ovat standardin SFS 5875 laatuluokan REF I mukaisia. Näille polttoaineille käytettiin Tilastokeskuksen 2019 polttoaineluokituksen mukaista oletuspäästökerrointa 31,8 t CO₂/TJ, jonka oletettu bio-osuus on 60 %. Laitoksessa käytettävät kierrätyspolttoaineet tuodaan pääasiassa Ekokemin laitokselta ja niiden osuus oli tarkastelujaksolla 7 688,6 MWh. Varissaari 1:n energiantuotannosta se on 16,64 %.

4.5 Muut laitoksissa käytetyt polttoaineet

Muita laitoksessa käytettäviä polttoaineita ovat muovijätteet, joiden korkea energiasisältö ja alhainen tuhkapitoisuus tekevät niistä hyvän polttoaineen, mutta muovien keräys vähentää polttoon tulevan muovin määrää. Polttoon käytetään ainoastaan kierrätykseen kelpaamattomia muoveja.

Muovijätteiden päästökerroin on SRF-polttoainetta korkeampi. Tilastokeskuksen polttoaineluokituksen 2019 mukaisia kertoimia muovijätteille ovat 74,1 t CO₂/TJ ja kevytöljylle 73,1 t CO₂/TJ. Kevytöljyä käytettiin lähinnä kattiloiden käynnistysvaiheissa sekä hetkellisenä tukipolttoaineena. Muovien ja kevytöljyn osuus koko energiantuotannosta oli 3,24 % ja 1 495,3 MWh.

5 KAUKOLÄMMÖN TUOTANNON PÄÄSTÖT

Tässä työssä tarkastelun kohteina olevat kattilalaitokset käyttävät lämmöntuotantoon pääasiallisesti puuperäisiä polttoaineita (kokopuu, metsätähteet, kantomurskeet, kuoret, kierrätyspuu ja puuteollisuuden sivuvirrat) ja turvetta sekä nyt tarkasteltavan ajanjakson aikana lajiteltuja kierrätyspolttoaineita (SRF). Osa kiinteän polttoaineen CHP-laitoksen päästöistä syntyy biomassojen korjuusta, haketuksesta ja polttoaineiden kuljetuksesta. Polttoaineiden varastoinnista syntyviä päästöjä ei huomioitu.

Biopolttoaineet luokitellaan lähes päästöttömiksi, CO₂ ovat polttoaineen bio-ominaisuuden vuoksi nolla. Niiden päästökertoimenä käytettiin 3,398 kg CO₂ ekv/MWh. Kokonaishiilidioksidimäärään (CO₂ ekv) lasketaan CO₂ lisäksi CH₄ ja N₂O, joiden määrä puupohjaisissa polttoaineissa on CH₄ 7,2 g/kWh ja N₂O 10,2 g/kWh. (Y-hiilari.)

Turpeen käyttö lämmöntuotannossa tuottaa suurimman osan kaikista hiilipäästöistä. Tarkastelujakson 1.11.2019 – 30.4.2020 aikana Varissaari 1:n polttoaineiden käytön jakautuminen on seuraava: turve 36 %, puupohjaiset 44 % sekä muut polttoaineet 20 %.

Valtaosa lämpölaitoksien ja kaukolämpöverkkojen koko elinkaaren aiheuttamista päästöistä syntyvät niiden rakentamisesta ja rakentamiseen sekä tuotantoon tarvittavien laitteiden ja tarvikkeiden valmistuksesta.

5.1 Polttoaineiden päästöt

Käytettyjen polttoaineiden päästöt voidaan laskea polttoaine-, energia- tai raaka-ainemäärien perusteella kaavan 3 mukaan. Päästökertoimen määrittämisessä käytetään seospolttoainestandardia SFS-EN 15440:2011. (VTT 2016.)

$$CO_2 \left[\frac{g}{MJ_{pa}} \right] = F \times \frac{m_c}{m_{pa}} \times \frac{M_{CO_2}}{M_c} \times 10^3 \times (1 - M_{ar}) \times \frac{1}{q_{net,ar}} \quad (3)$$

jossa

m_c/m_{pa}	polttoaineen hiilipitoisuus
M_{CO_2}	44,01 kg/kmol
M_c	12,01 kg/kmol
M_{ar}	kosteus, p-%
$q_{net,ar}$	lämpöarvo saapumistilassa, MJ/kg
F	hapettumiskerroin

Polttoaineiden korjuun ja kuljetusten aiheuttamat päästöjen määrät laskettiin muuttamalla kuutiot megawattitunneiksi eri polttoaineiden energiasisältöjen perusteella.

5.2 Polttoaineen korjuun ja kuljetusten päästöt

Ainespuun ja hakkuutähteiden korjuu tuottaa hiilidioksidipäästöjä, jotka koostuvat pääosaltaan hakkuu- ja ajokoneissa käytetyistä fossiilisista diesel- ja polttoöljyistä. Nykyiset koneet ovat kohtuullisen energiatehokkaita ja niiden kulutus suhteessa hakkuumäärään on laskenut vuosikymmenien aikana. Lisäksi koneet ovat keventyneet ja niiden tekniset ominaisuudet kehittyneet ja tuotantotehokkuus lisääntynyt sekä hakkuujäljen laatu parantunut.

Käytettävän polttoaineen korjuun aiheuttamien päästöjen määrään vaikuttaa tapahtuuko polttoaineen korjuu harvennus- vai päätehakkuualueilta. Metsätehon tulosalvosarjan 12/2019 mukaan korjuun kokonaispäästöt ovat 4 985 g CO₂ ekv/m³ (Kuva 11).

	m ³	Osuus, %	CO ₂ , t	CO ₂ eq, t	Osuus, %	CO ₂ eq, g/t	CO ₂ eq, g/tkm	CO ₂ -eq, g/m ³
Puunkorjuu	62 923 000	100	311 678	313 664	100	5 899		4 985
Ensiharvennus	4 882 786	8	39 342	39 590	13	9 595		8 108
Muu harvennus	20 181 164	32	126 534	127 335	41	7 467		6 310
Uudistushakkuu	37 859 050	60	145 802	146 739	47	4 587		3 876
Puutavaran kaukokuljetus	62 923 000	100	307 254	310 491	100	5 840	53	4 934
Autokuljetus	50 844 503	81	247 520	250 232	81	5 824	55	4 922
Rautatiekuljetusketju - sähköjuna			20 430	20 654	7			
Sähköjuna	8 058 817	13	0	0		0	0	0
Autolla asemalle			20 430	20 654		3 033	62	2 563
Rautatiekuljetusketju - dieseljuna			32 120	32 355	10	13 065	41	11 040
Dieseljuna	2 930 671	5	24 691	24 844		10 032	37	8 477
Autolla asemalle			7 430	7 511		3 033	62	2 563
Aluskuljetusketju			5 713	5 773	2	8 752	31	7 396
Aluskuljetus	780 581	1	3 765	3 804		5 767	24	4 873
Autolla alukseen			1 948	1 969		2 985	62	2 523
Uittoketju			1 471	1 477	0	5 667	19	4 789
Uitto	308 428	0	918	918		3 521	14	2 975
Autolla uittoon			553	559		2 146	62	1 814
Yhteensä	62 923 000		618 932	624 155		11 739		9 919

CO₂eq. sis. CO₂, CH₄ ja N₂O



METSÄTEHON TULOSKALVOSARJA 12/2019

KUVA 11. Puun korjuun ja kuljetusten päästöt 2017

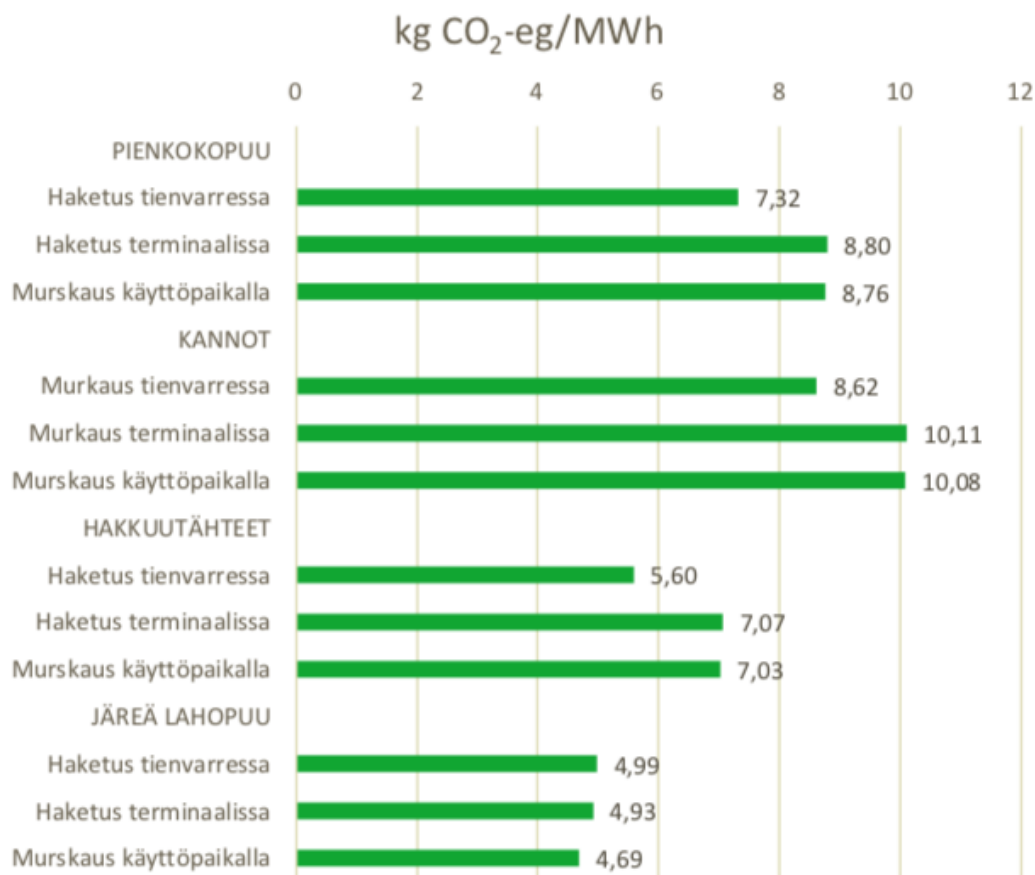
Tässä työssä metsäperäisten polttoaineiden käsittelyn päästöjen määrittely suoritettiin tienvarsihaketuksena eikä eritelty käytettiin hienontamiseen hakkuria vai murskainta. Laitokselle tuotujen biomassojen eri hakkuu- ja hienontamistapojen tietojen hankinta on haastavaa suhteessa niiden aiheuttamiin päästöihin nähden. Teollisuuden puutähteiden päästöihin laskettiin ainoastaan niiden kuljetuksesta syntyneet päästöt.

Lähes kaikki laitoksilla käytettävät polttoaineet, lukuun ottamatta SRF-kierrätyspolttoainetta tuodaan maksimissaan 50 km säteeltä, jota käytettiin kuljetuksien päästöjen laskennan keskiarvona.

5.2.1 Hakkuun, korjuun ja haketuksen päästöt

Päästöissä huomioidaan hakkuu- ja korjuukoneiden omat päästöt ja koneiden siirtoihin tarvittavat lavettikuljetukset sekä koneiden kuljettajien työkohteisiin siirtymisen aiheuttamat päästöt. Laitoksilla käytettävien metsätähteiden ja kantopolttoaineiden haketus suoritetaan pääsääntöisesti

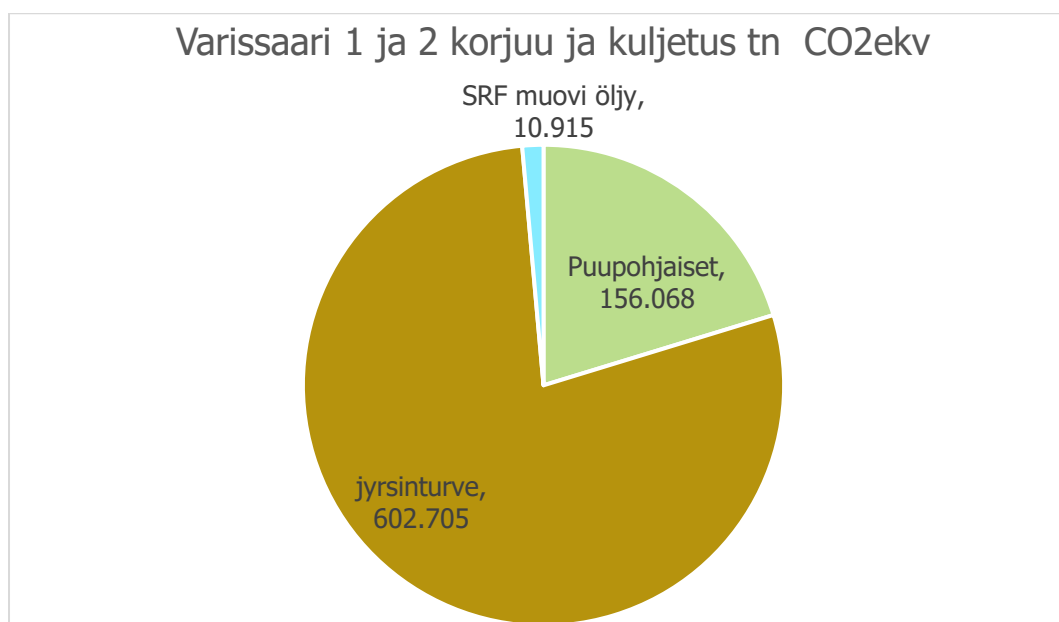
tienvarressa, jolloin näiden päästöjen määrä suhteessa eri biomassoista saatavaan energiaan näkyy kuvassa 12. (Metsäteho, kalvosarja 4a/2017.)



KUVA 12. Päästöjen määrä suhteessa biomassojen energiasisältöön (Metsäteho, tulokalvosarja 4a/2017)

Varissaari 1:n ja 2:n käyttämien polttoaineiden korjuun päästöjen laskenta suoritettiin huomioimalla metsäperäisen ainespuun korjuu ja kantojen nosto sekä lähikuljetus tien varteen. Ainespuun haketus tai murskaus suoritettiin tien varressa ja se kuljetettiin käyttöpaikkaan puoli- ja täysperäautoilla. Hakkuu, korjuun ja haketuksen päästöjen määrä, on 769,689 tn CO₂ekv.

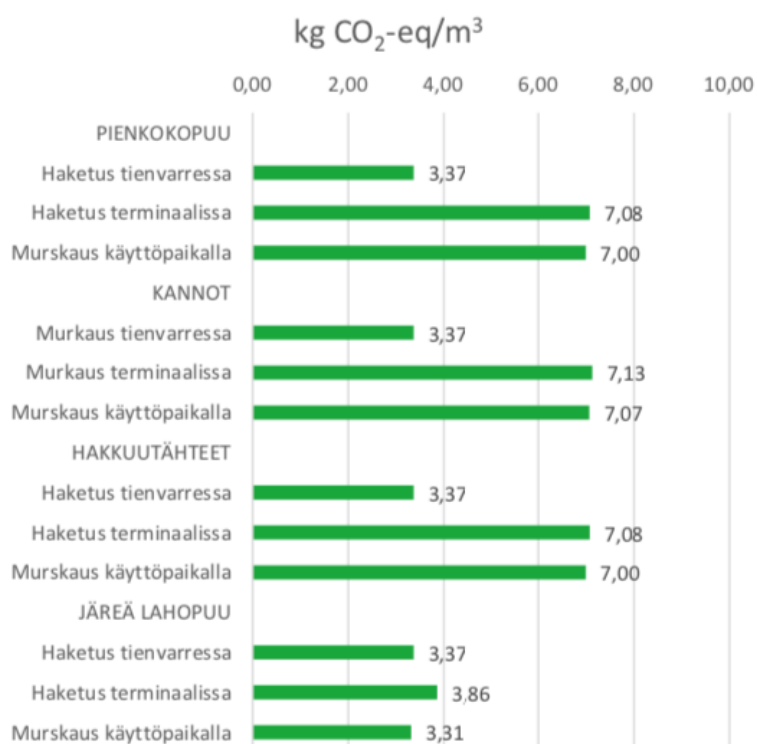
Käytetyt teollisuuden puutähde, kuori ja sahanpuru tuodaan suoraan niitä tuottavilta laitoksilta ja näille laskettiin ainoastaan kuljetuksen aiheuttamat päästöt. Kuvasta 13 nähdään molempien laitosten korjuun ja kuljetusten päästöjen jakautuminen.



KUVA 13. Varissaari 1 ja 2, korjuu ja kuljetus tn CO₂ ekv.

5.2.2 Kuljetuksen päästöt

Kuljetuksen päästöihin vaikuttaa huomattavasti suoritetaanko biomassan haketus tai murskaus tienvarressa, terminaalissa vai käyttöpaikalla. Lisäksi eri metsäperäisten biomassojen välillä on suuria eroja päästöjen määrään kuutiometriä kohden. Vaihteluväli kuljetuksessa 3,31 – 7,13 kg CO₂ ekv/m³. Järeän lahopuun kaukokuljetus ja murskaus käyttöpaikalla tuottavat alhaisimmat päästöt. Kuten kuvasta 14 nähdään, eniten päästöjä syntyy kantojen murskauksesta terminaalissa sekä kaukokuljetuksesta hakettuna tai murskattuna. (Metsäteho tulosalvosarja 4a/2017.)



KUVA 14. Kuljetuksen päästöt (Metsäteho tulosalvosarja 4a/2017)

Pääasiassa kaikki Varissaari 1:n ja 2:n kattilalaitosten käyttämät polttoaineet haketetaan tienvarressa ja tuodaan maksimissaan 50 km etäisyydeltä, kuljetusmatkana yhteensä 100 km. Laitoksella kaikki tuotu biomassa punnitaan. Kuljetuksen päästöjen laskennassa käytettiin Metsätehon tutkimuksen mukaista 55 g CO₂ ekv/tnkm. (Metsäteho kalvosarja 12/2019)

Polttoaineita tuotiin marraskuu 2019 – huhtikuu 2020 välisenä aikana yhteensä 16412,92 tonnia. Täysperäautoille arvioitiin 344 kuormaa, joiden keskimääräisenä kokonaispainona käytettiin 68 tn ja kuormapainona 43 tn. Polttoaineiden kuljetuksien määräksi laskettiin täysperäautoilla 1,762 milj. tnkm

Puoliperäautoilla tuotiin arviolta 44 kuormaa, joiden keskimääräisenä kokonaispainona käytettiin 50 tn ja kuormapainona 22 tn. Polttoaineiden kuljetuksien määräksi puoliperäautoilla arvioitiin 159 900 tnkm. Kuormien keskimääräiset painot sekä tuotujen kuormien määrät laskettiin laitoksen kuorma- ja punnitustaulukoista. Laitokselle on tuotu myös seitsemän pienempää kuormaa, joiden kuormapainona käytettiin 10 tn, jolloin näiden kuljetuksien määräksi saatiin 48 000 tnkm (Liite 3.)

Kuljetuksen päästöt voidaan laskea kaavalla 3,

$$g \text{ CO}_2 \text{ ekv} = \text{tn} * \text{km} * 55 \text{ g} / \text{tkm} \quad (3)$$

jossa,

tn = kuorman paino tonnia

km = edestakainen kuljetusmatka

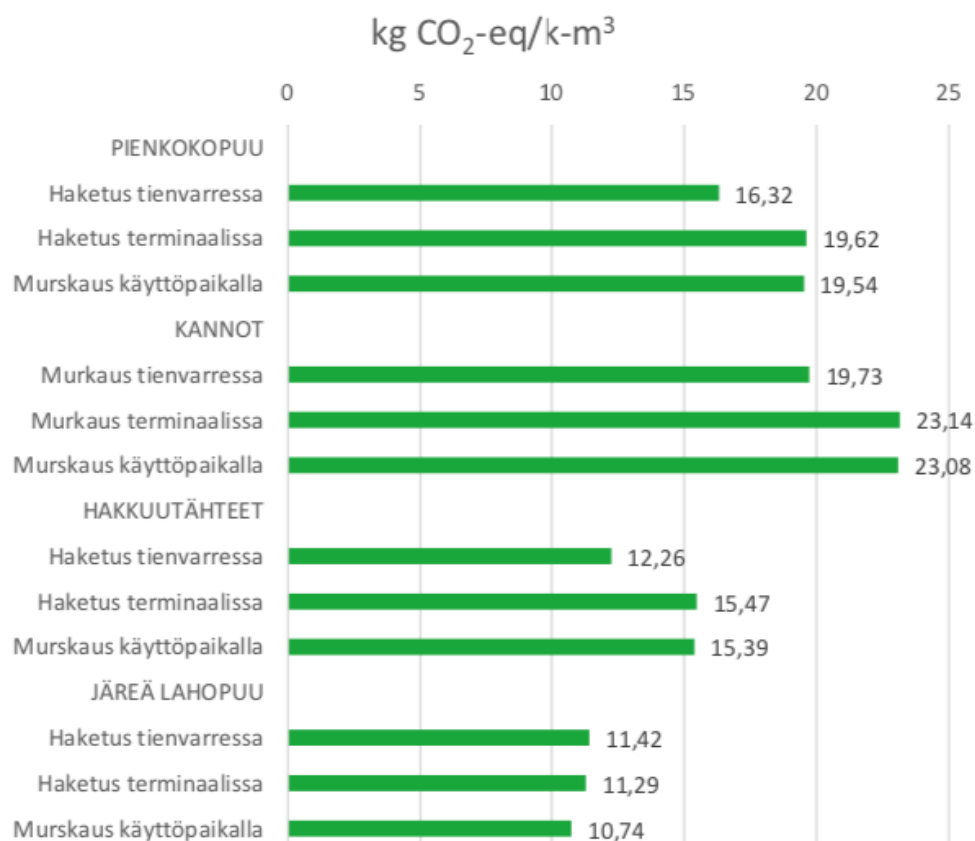
55g/tnkm = CO₂ ekv päästöt grammaa per tonnikipometri

Varissaari 1:n kuljetuksien aiheuttama päästöjen määrä oli 90,288 tn CO₂ ekv ja tästä laskettiin käytetyn polttoaineen energian 46 197,3 MWh perusteella autokuljetuksen aiheuttamiksi päästöiksi 1,95 kg CO₂ ekv/MWh.

Varissaari 2:n tuotannossa käyttämien puupohjaisten polttoaineiden kuljetuksen aiheuttamat päästöt laskettiin Varissaari 1:n puupohjaisten polttoaineiden painojen perusteella 2,48 kg CO₂ ekv/MWh perusteella. Polttoaineilla tuotettu energia oli 14 170 MWh, jolloin päästöjen määrä 2019 on 31,401 tn CO₂ ekv, 2,22 kg CO₂ ekv/MWh.

Vertailtaessa painon perusteella saatua tulosta 2,22 kg CO₂ ekv/MWh, Metsätehon kalvosarjan 12/2019 mukaisiin kuljetuksen aiheuttamiin päästöjen määrään 4,92 kg CO₂ ekv/m³. Muuttamalla eri polttoaineiden irtotiheyksien keskiarvon 313 kg / i-m³ perusteella voitiin laskea päästöjen keskiarvoksi 2,841 kg CO₂ ekv/MWh. Polttoaineiden hakkuu- ja kuljetusten päästölaskentaan ei sisällytetty metsähoidon tai tienpidon aiheuttamia päästöjä.

Vertailtaessa koko toimitusketjun päästöjä, ne ovat alhaisimmat järeällä lahopuulla, joka murskataan käyttöpaikalla. Työssä tarkasteltavan laitoksen polttoaineet haketetaan tienvarressa ja kuljetetaan käyttöpaikalle. Kaikkien eri biomassojen kokonaispäästöille laskettiin keskiarvoksi 14,93 kg CO₂ ekv/k-m³, joka muutettuna eri polttoaineiden irtotiheyksien keskiarvon 313 kg/i-m³ perusteella voidaan laskea korjuu ja kuljetuksen päästöjen keskiarvoksi 4,67 kg CO₂ ekv/MWh (Kuva 15). (Metsäteho tulosalvosarja 4a/2017.)



KUVA 15. Koko toimitusketjun aiheuttamat päästöt (Metsäteho Tulosalvosarja 4a/2017)

Tarkastelujakson aikana Varissaari 1:n lentotuhkaa muodostui 464,462 tn ja pohjatuhkaa 286,54 tn. Tuhkien kuljetusmatkana käytettiin 100 km ja niiden aiheuttamat päästöt olivat 4,119 tn CO₂ ekv. Päästöjen määrä oli 0,085 kg CO₂ ekv/MWh.

5.3 Kaukolämmön tuotannon päästöt

Kaukolämmön tuotannon päästöt syntyvät polttoaineiden palamisprosessin seurauksena. Päästöjen kg CO₂ ekv määrä suhteessa tuotettuun energian MWh määrään perustuu lähes täysin käytettyyn polttoaineeseen ja sen päästökertoimeen. Fossiilisten polttoaineiden suuret päästöt kannustavat energiantuottajia käyttämään mahdollisimman vähäpäästöisiä polttoaineita.

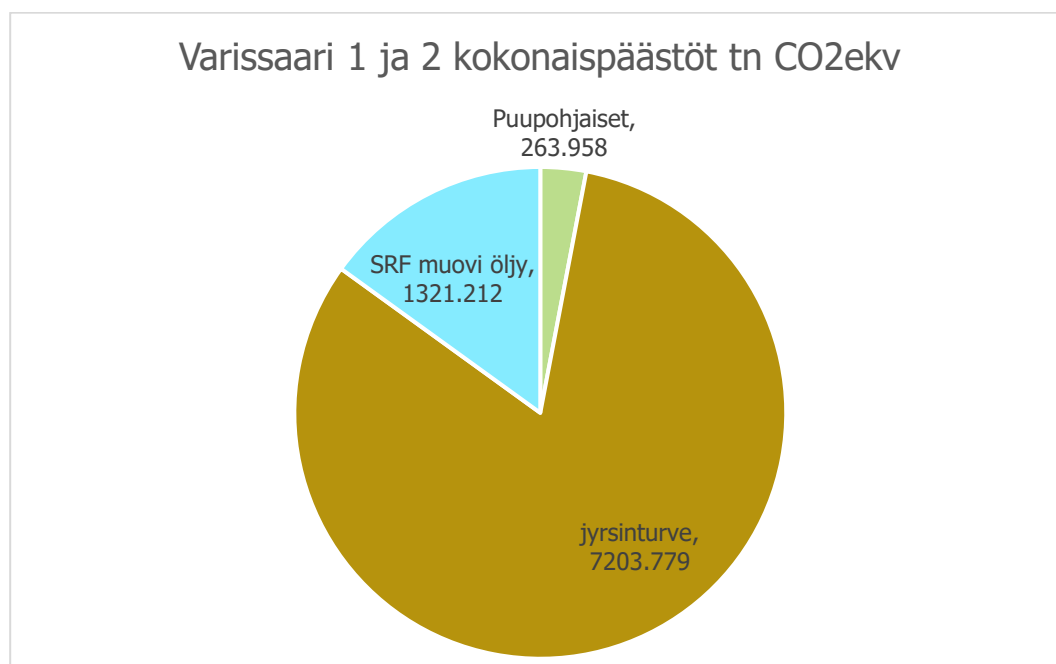
Varissaari 1:n energiantuotannosta aiheutuneet päästöt olivat 1.11.2019 – 30.4.2020 välisenä aikana 7971,104 tn CO₂ ekv. Poltosta syntyvät päästöt olivat 164,74 kg CO₂ ekv/MWh ja korjuusta sekä kuljetuksesta syntyneet päästöt olivat 15,22 kg CO₂ ekv/MWh yhteensä 179,96 kg CO₂ ekv/MWh.

Varissaari 2:n energiantuotannon aiheuttamat CO₂ ekv olivat toukokuu – lokakuu 2019 välisenä aikana 48,155 tn. Polttamisesta päästöjä syntyi tn 3,381 kg CO₂ ekv/MWh sekä korjuusta ja kuljetuksesta 2,336 kg CO₂ ekv/MWh yhteensä 5,717 kg CO₂ ekv/MWh

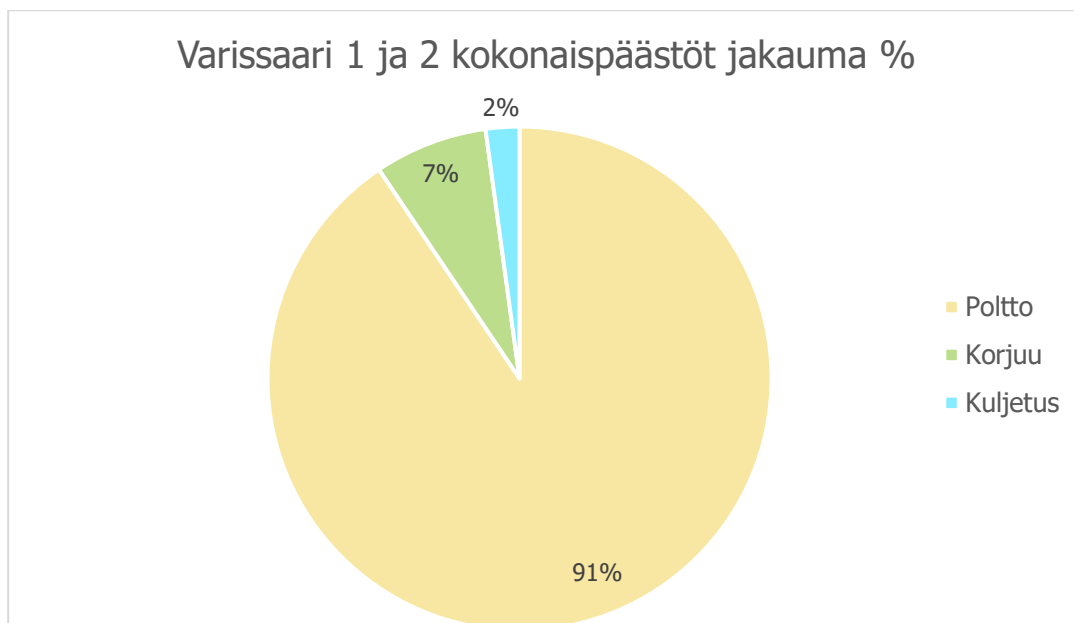
Molempien laitosten vuoden tuotannosta yhteensä syntyvien päästöjen määrä oli 140,34 kg CO₂ ekv/MWh. Polttoaineiden päästöjen määrä ja prosentuaalinen jakauma näkyvät taulukossa 3 sekä kuvissa 16 ja 17.

TAULUKKO 3. Energiantuotannon päästöt kg CO₂ ekv / MWh

NYKYTILANNE	Varissaari 1 tn CO ₂ ekv	Varissaari 2 tn CO ₂ ekv	Yhteensä tn CO ₂ ekv	kg CO ₂ ekv /MWh
Poltto	7971,104	48,155	8019,259	128,05
Korjuu	646,133	1,867	648,000	10,35
Kuljetus	90,288	31,401	121,689	1,94
Energiantuotannon päästöt kg CO₂ekv / MWh				140,34



KUVA 16. Varissaari 1 ja 2 kokonaispäästöt t CO₂ ekv



KUVA 17. Varissaari 1 ja 2 kokonaispäästöt jakauma %

5.4 Kaukolämmön jakelun päästöt

Kaukolämmön jakelun aiheuttamista päästöistä valtaosa syntyy laitoksien ja kaukolämpöverkon rakentamisesta. Infran ollessa valmis päästöjä syntyy jonkin verran ylläpito- ja huoltotöistä sekä niiden suorittamiseen tarvittavista matkoista.

Verkoston rakentamisesta syntyvien päästöjen määrän arvioidaan olevan keskimäärin 16,761 tn CO₂ ekv/km. Käytettäessä yrityksen omistaman 48 km verkon elinkaarena 50 vuotta ovat päästöt 0,257 kg CO₂ ekv / MWh. Verkoston rakentamisessa päästöt syntyvät työkoneiden ja maansiirtoautojen käytöstä. Työkoneina käytettiin dieselkäyttöistä pyöräalustaista kaivukonetta ja perävaunutonta 32 tn maansiirtoautoa 50 % keskimääräisellä ajolla. (Hieta 2010.)

6 TURPEEN VÄHENTÄMINEN

Varissaari 1 CHP-kattilalaitoksessa turpeen käyttö tuottaa 91 % koko energian tuotannon päästöistä. Turpeen käytön vähentämisen vaikutusta tarkasteltiin päästöjen määrään. Samalla tehtiin kaksi laskentaskenaariota. Ensimmäisessä tämän hetkisestä turpeen 36,5 % osuudesta polttoaineiden käytössä vähennetään puolet ja korvataan se metsä- ja teollisuusperäisillä polttoaineilla. Toisessa laskentaskenaariossa turpeen käytöstä luovutaan kokonaan.

Varissaari 2:n energian tuotannosta syntyvät hiilidioksidiekvivalenttipäästöt olivat 3,38 kg sekä korjuun ja kuljetuksen päästöt 2,34 kg tuotettua MWh kohden. Kokonaispäästöt olivat 5,717 kg CO₂ ekv/MWh.

6.1 Skenaario 1

Turpeen käytöstä korvataan 50 % metsä- ja teollisuusperäisillä puupolttoaineilla. Muutoksessa huomioidaan myös polttoaineiden korjuun ja kuljetusten vaikutus kokonaispäästöihin. Tulokset nähdään taulukosta 4.

TAULUKKO 4. Turpeen käytön vähentäminen puoleen

Turpeesta pois 50%	Varissaari 1 tn CO ₂ ekv	Varissaari 2 tn CO ₂ ekv	Yhteensä tn CO ₂ ekv	kg CO ₂ ekv /MWh
Poltto	4707,926	48,155	4756,081	75,94
Korjuu	360,374	1,867	362,241	5,78
Kuljetus	90,337	31,401	121,738	1,94
Energiantuotannon päästöt kg CO₂ekv / MWh				83,67

Korvattaessa puolet turpeesta puupohjaisilla polttoaineilla laski kokonaispäästöjen määrä 56,67 kg CO₂ekv/MWh lähes 60%. Kuljetuksen osuus päästöistä säilyi edelleen samana, mutta korjuun osalta päästöt laskivat 4,57 kg CO₂ ekv/MWh.

6.2 Skenaario 2

Turpeen käytöstä luovutaan kokonaan ja korvataan 50 % metsäperäisillä sekä 50 % teollisuusperäisillä puupolttoaineilla. Tulokset nähdään taulukosta 5.

TAULUKKO 5. Turpeen käyttö lopetetaan

Turpeesta luovutaan	Varissaari 1 tn CO ₂ ekv	Varissaari 2 tn CO ₂ ekv	Yhteensä tn CO ₂ ekv	kg CO ₂ ekv /MWh
Poltto	1436,081	48,155	1484,236	23,70
Korjuu	74,616	1,867	76,483	1,22
Kuljetus	90,337	31,401	121,738	1,94
Energiantuotannon päästöt kg CO₂ekv / MWh				26,86

Turpeen käytöstä luovuttaessa olivat kokonaispäästöt vain 26,86 kg CO₂ ekv/MWh, jolloin vähennys on yli 80 % tämän hetkisestä päästötasosta. Korjuun aiheuttamat päästöt laskivat 9,13 kg CO₂ ekv/MWh, joka syntyy pääasiassa turpeen tuotannosta. Kuljetuksen päästöt pysyivät samana, koska kuljetusmatkana turpeella sekä puupolttoaineilla käytettiin 50 km keskimääräistä etäisyyttä.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tavoitteena oli määrittää kaukolämmön ja sähkön tuotannon hiilijalanjälki ja tarkastella turpeen käytön vähentämisen vaikutusta päästöjen määrään. Laskennassa otettiin huomioon polttaineiden korjuun ja kuljetuksen aiheuttamat päästöt. Laitoksella syntyvien jätteiden ja ostosähkön tuottamia päästöjä ei huomioitu laskennassa lähinnä niiden vähäisen määrän vuoksi. Kaukolämmön ja sähkön tuotannon hiilijalanjäljen määrittäminen on vaativaa, koska lopullisten päästöjen määrään vaikuttavat useat tekijät.

Keuruun Lämpövoiman kiinteitä polttoaineita käyttäville kattilalaitoksille kaikki puupohjaiset polttoaineet tuodaan seutukunnan hakkuualueilta ja teollisuuslaitoksista, jolloin kuljetusten kustannukset ja päästöt saadaan kohtuullisiksi.

Turpeen käytöllä on suuri vaikutus kaukolämmöntuotannon kasvihuonekaasupäästöihin. Vähennettäessä turpeen käyttöä vähenevät päästöt merkittävästi, myös CHP – laitoksissa tuotetun sähkön päästöt laskevat alhaisiksi. Tarkastelussa olleiden laitosten CO₂ ekv – päästöt muodostuvat 91 prosenttisesti turpeen tuotannosta ja poltosta. Päästöjä lisäävät turvetuotantoalueelta ilmakehään vapautuvat hiilidioksidi ja metaani, jotka huomioidaan laskettaessa korjuun ja kuljetuksen aiheuttamia päästöjä. Korvattaessa puolet turpeesta puupohjaisilla polttoaineilla päästöt vähenivät lähes 60 prosenttia. Turpeen käytön lopettaminen kokonaan vähensi kasvihuonekaasupäästöjä yli 80 prosenttia.

Metsäperäisten polttoaineiden korjuun aiheuttamien päästöjen vähentämisellä on vähäinen vaikutus laitoksien energiantuotannon kokonaispäästöihin. Kehitteillä olevat ns. hybridikoneet, joiden voimanlähteenä on polttomoottorin ja sähkömoottorin yhdistelmät laskevat koneiden polttoaineen kulutus huomattavasti. Lisäksi metsäperäisten polttoaineiden korjuulla ja kuljetuksella on alueellisesti merkittävä työllistävä vaikutus.

SRF-kierrätyspolttoaineiden korkeampi päästökerroin lisää kokonaispäästöjä, mutta niiden käyttö on polttoon soveltuvissa rinnakkaispolttolaitoksissa taloudellisesti ja ekologisesti sekä kiertotalouden kannalta kannattavaa.

Tällä hetkellä koepolttovaiheessa oleva kuitupelletti soveltuu hyvin turpeen korvaajaksi sen korkean rikkipitoisuuden ansiosta. Kuitupelletin käyttö polttoaineena vaatii lisää tarkempaa ja pidempiaikaista tutkimusta sen vaikutuksesta kattilan rakenteisiin. Tarvitaan myös lisää kuitupelletin polttamisesta erilaisilla polttoaineseoksilla syntyvien päästöjen mittausta ja niistä saatavien tuloksien analysointia.

LÄHTEET

Energian hankinta ja kulutus 2019. Tilastokeskus. [Viitattu 4.6.2020]. Saatavissa: https://www.stat.fi/til/ehk/2019/04/ehk_2019_04_2020-04-17_tie_001_fi.html

Finlex, Valtioneuvoston asetus jätteenpoltosta 151/2013. [Viitattu 8.9.2020]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130151>

Hietä, Antti. 2010. Kaukolämmön hiilijalanjälki. Insinööritoimisto. HAMK. [Viitattu 2.4.2020]. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/14813>

Päätös Nro 205/2019, Aluehallintovirasto. [Viitattu 18.4.2020] Saatavissa: <https://ylupa.avi.fi/fi-FI/asia/1660610>

Javanainen, Mari. 2017. Kuopion Energian Lämmön- ja Sähköntuotannon hiilidioksidipäästöt. Oulun Yliopisto. Teknillinen tiedekunta. Ympäristötekniikka. [Viitattu 14.8.2020] Saatavissa: <http://jultika.oulu.fi/Record/nbnfioulu-201709062797>

Kaukolämmöntuotannon hiilijalanjälki, raportti 2019, Mikko Ahokas Consulting. [Viitattu 14.9.2020]

Keski-Suomen energiatase 2016. [Viitattu 8.9.2020]. Saatavissa: <http://www.kesto.fi/energiataseet>

Kirkinen, J., Hillebrand, K., Savolainen, I. Turvemaan energiakäytön ilmastovaikutus – maankäyttöskenaario. 2007. VTT. [Viitattu 17.9.2020] Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2007/T2365.pdf>

Lipasto liikenteen yksikköpäästöt. VTT. [Viitattu 2.9.2020]. Saatavissa: <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/kavp60tie.htm>

Metsäteho, tulosalvosarja 4a/2017, CO₂-eq-päästöt ja energiatehokkuus metsäbiomassoje toimitusketjuissa – terminaalien vaikutus. [Viitattu 1.9.2020]. Saatavissa: http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tulosalvosarja_2017_04a_Co2-eq-paastot_ja_energiatehokkuus_metsabiomassojen.pdf

Metsäteho, tulosalvosarja 2/2019, Puun korjuun ja kuljetusten päästöjen nykytila ja vähennyskeinot. [Viitattu 1.9.2020]. Saatavissa: http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tulosalvosarja_2019_12_Puun_korjuun_ja_kuljetusten_paastojen.pdf

Pohjala, Maria. 2014. Mikä on energia- ja kasvuturpeen elinkaaren ilmastovaikutus. Helsingin Yliopisto. Metsätieteiden laitos. Pro Gradu. [Viitattu 17.9.2020]. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/136417/MariaBPohjala_ProG_9_11_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Polttoaineluokitus 2019. Tilastokeskus. [Viitattu 1.4.2020] Saatavissa: http://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/edelliset_luokitukset.pdf

Puupolttoaineiden laatuohje. VTT-M-07608-13 – päivitys 2014. [Viitattu 13.9.2020] Saatavissa: https://energia.fi/files/850/Paivitetty_Puupolttoaineidenlaatuohje2014_lisays.pdf

Päätös Nro 205/2019, Aluehallintovirasto. [Viitattu 18.4.2020] Saatavissa: <https://ylupa.avi.fi/fi-FI/asia/1660610>

T2416 Kierrätyspolttoaineiden ominaisuudet ja käyttö. VTT. [Viitattu 2.9.2020]. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2007/T2416.pdf>

VTT 2016, Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia, T258. [Viitattu 21.3.2020]. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2016/T258.pdf>

LIITE 1: VARISSAARI 1 POLTTAINE- JA TUOTANTOTIEDOT MARRASKUU 2019 – HUHTIKUU 2020

2019 MARRASKUU

Öljypoltti
met

	Starttipol tin	Tukipoltin	Yhteensä
Poltettu (L)	175	12	187
MWh	1,76	0,12	1,89

Poltettu MWh

Kokopuu	Metsätäh de	Kuori	Puutähd e	Eritt. Teoll. Puutähde	Turv e	Kierrätysp uu	Kantomur ske	SRF	Sahanpu ru	YHTEENSÄ
810,2	908	142,5	54,1	395,5	2814	495,6	0	1349,5	712,4	7681,8
10,55 %	11,82 %	1,86 %	0,70 %	5,15 %	36,63 %	6,45 %	0,00 %	17,57 %	9,27 %	100,0 %

Tuotettu MWh

Turbiini	LTO-piiri	Oma käyt. piiri	KL- verkko	Yhteensä
1154	1554	93	7057	8210,8

Hyötysuh
de 106,9 %

2019 JOULUKUU

Öljypoltti
met

	Starttipol tin	Tukipoltin	Yhteensä
Poltettu (L)	0	0	0
MWh	0,00	0,00	0,00

Poltettu MWh

Kokopuu	Metsätäh de	Kuori	Puutähd e	Eritt. Teoll. Puutähde	Turv e	Kierrätysp uu	Kantomur ske	SRF	Sahanpu ru	YHTEENSÄ
1308	887,6	13,8	0	0	3123,9	973,7	0	1322,7	446,2	8075,9
16,20 %	10,99 %	0,17 %	0,00 %	0,00 %	38,68 %	12,06 %	0,00 %	16,38 %	5,53 %	100,0 %

Tuotettu MWh

Turbiini	LTO-piiri	Oma käyt. piiri	KL- verkko	Yhteensä
1285	1690	97	7557	8842,7

Hyötysuhde 109,5 %

2020 TAMMIKUU

Öljypoltti met

	Starttipol tin	Tukipoltin	Yhteensä
Poltettu (L)	0	0	0
MWh	0,00	0,00	0,00

Poltettu MWh

Kokopuu	Metsätäh de	Kuori	Puutähd e	Eritt. Teoll. Puutähde	Turv e	Kierrätysp uu	Kantomur ske	SRF	Sahanpu ru	YHTEENSÄ
2237,8	445,7	24,2	0	0	3082,4	672,9	0	1432,3	439,6	8334,9
26,85 %	5,35 %	0,29 %	0,00 %	0,00 %	36,98 %	8,07 %	0,00 %	17,18 %	5,27 %	100,0 %

Tuotettu MWh

Turbiini	LTO-piiri	Oma käyt. piiri	KL- verkko	Yhteensä
1158	1689	86	7277	8434,6

Hyötysuhde 101,2 %

2020 HELMIKUU

Öljypoltti met

	Starttipol tin	Tukipoltin	Yhteensä
Poltettu (L)	1	25	26
MWh	0,01	0,25	0,26

Poltettu MWh

Kokopuu	Metsätäh de	Kuori	Puutähd e	Eritt. Teoll. Puutähde	Turv e	Kierrätysp uu	Kantomur ske	SRF	Sahanpu ru	Muovijätt eet	YHTEEN SÄ
1687,6	272,8	0	0	0	3046,2	888,9	0	1239,1	534,3	104,4	7773,3
21,71 %	3,51 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	39,19 %	11,44 %	0,00 %	15,94 %	6,87 %	1,34 %	100,0 %

Tuotettu MWh

Turbiini	LTO-piiri	Oma käyt. piiri	KL- verkko	Yhteensä
1159	1593	91	6976	8134,3

Hyötysuhde 104,6 %

2020 MAALISKUU

Öljypoltti
met

	Starttipol tin	Tukipoltin	Yhteensä
Poltettu (L)	2090	1356	3446
MWh	21,07	13,67	34,74

Poltettu MWh

Kokopuu	Metsätäh de	Kuori	Puutähd e	Eritt. Teoll. Puutähde	Turv e	Kierrätysp uu	Kantomur ske	SRF	Sahanpu ru	Muovijätt eet	YHTEEN SÄ
799,1	442,6	0	920,8	7,9	2686,4	473,6	0	1363,7	481,8	441,4	7617,3
10,49 %	5,81 %	0,00 %	12,09 %	0,10 %	35,27 %	6,22 %	0,00 %	17,90 %	6,33 %	5,79 %	100,0 %

Tuotettu MWh

Turbiini	LTO-piiri	Oma käyt. piiri	KL- verkko	Yhteensä
1082	1446	73	6744	7826,0

Hyötysuh
de 102,3 %

2020 HUHTIKUU

Öljypoltti
met

	Starttipol tin	Tukipoltin	Yhteensä
Poltettu (L)	0	0	0
MWh	0,00	0,00	0,00

Poltettu MWh

Kokopuu	Metsätäh de	Kuori	Puutähd e	Eritt. Teoll. Puutähde	Turv e	Kierrätysp uu	Kantomur ske	SRF	Sahanpu ru	Muovijätt eet	YHTEEN SÄ
372,7	112,8	0	1026,5	162,1	2132,3	0	534,8	981,4	442	912,6	6677,2
5,58 %	1,69 %	0,00 %	15,37 %	2,43 %	31,93 %	0,00 %	8,01 %	14,70 %	6,62 %	13,67 %	100,0 %

Tuotettu MWh

Turbiini	LTO-piiri	Oma käyt. piiri	KL- verkko	Yhteensä
840	1069	51	5607	6447,1

Hyötysuh
de 96,6 %

Polttoaineet yhteensä

Hyötysuhde

#JAKO/0!

MAALISKUU

U

Poltettu MWh

Kokopuu	Metsätähde	Kuori	Puutähde	Eritt. Teoll. Puutähde	Kierrätyspuu	Sahanpuru	YHTEENSÄ
0	0	162,1	762,6	160,3	141,4	32,5	1258,9
0,00 %	0,00 %	12,88 %	60,58 %	12,73 %	11,23 %	2,58 %	100,0 %

Tuotettu MWh

Kattila	LTO-piiri	KL-verkko
0	0	1165

Hyötysuhde

92,5 %

HUHTIKUU

Poltettu MWh

Kokopuu	Metsätähde	Kuori	Puutähde	Eritt. Teoll. Puutähde	Kierrätyspuu	Sahanpuru	YHTEENSÄ
0	0	0	0	0	0	0	0,0
#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!

Tuotettu MWh

Kattila	LTO-piiri	KL-verkko
0	0	0

Hyötysuhde

#JAKO/0!

TOUKOKUU

Poltettu MWh

Kokopuu	Metsätähde	Kuori	Puutähde	Eritt. Teoll. Puutähde	Kierrätyspuu	Sahanpuru	YHTEENSÄ
0	0	34,5	1313	1364,2	0	0	2711,7
0,00 %	0,00 %	1,27 %	48,42 %	50,31 %	0,00 %	0,00 %	100,0 %

Tuotettu MWh

Kattila	LTO-piiri	KL-verkko
1529	372	2563

Energiamittareiden lukemat 14.5.2020

Kattila KL LTO

26189 29009,6 2970,5

Hyötysuhde 94,5 %

KESÄKUU

Poltettu MWh

Kokopuu	Metsätähde	Kuori	Puutähde	Eritt. Teoll. Puutähde	Kierrätyspuu	Sahanpuru	YHTEENSÄ
0	0	194,4	623,3	976,8	104,4	48,6	1947,5
0,00 %	0,00 %	9,98 %	32,01 %	50,16 %	5,36 %	2,50 %	100,0 %

Tuotettu MWh

Kattila	LTO-piiri	KL-verkko
	166	2001

Hyötysuhde 102,7 %

HEINÄKUU

Poltettu MWh

Kokopuu	Metsätähde	Kuori	Puutähde	Eritt. Teoll. Puutähde	Kierrätyspuu	Sahanpuru	YHTEENSÄ
0	0	113,5	518,3	1073,6	469,3	0	2174,7
0,00 %	0,00 %	5,22 %	23,83 %	49,37 %	21,58 %	0,00 %	100,0 %

Tuotettu MWh

Kattila	LTO-piiri	KL-verkko
1729	186	1932

Hyötysuhde 88,8 %

ELOKUU

Poltettu MWh

Kokopuu	Metsätähde	Kuori	Puutähde	Eritt. Teoll. Puutähde	Kierrätyspuu	Sahanpuru	YHTEENSÄ
0	0	213,1	290,2	1004	466,2	0	1973,5
0,00 %	0,00 %	10,80 %	14,70 %	50,87 %	23,62 %	0,00 %	100,0 %

Tuotettu MWh

Kattila	LTO-piiri	KL-verkko
1789	195	2004

Hyötysuhde 101,6 %

SYYSKUU

Poltettu MWh

Kokopuu	Metsätähde	Kuori	Puutähde	Eritt. Teoll. Puutähde	Kierrätyspuu	Sahanpuru	YHTEENSÄ
0	107	156,4	724,8	1352,5	841,8	0	3182,5
0,00 %	3,36 %	4,91 %	22,77 %	42,50 %	26,45 %	0,00 %	100,0 %

Tuotettu MWh

Kattila	LTO-piiri	KL-verkko
2936	471	3408

Hyötysuhde 107,1 %

LOKAKUU

Poltettu MWh

Kokopuu	Metsätähde	Kuori	Puutähde	Eritt. Teoll. Puutähde	Kierrätyspuu	Sahanpuru	YHTEENSÄ
173	0	71,3	438,6	27,5	195,9	14,7	921,0
18,8 %	0,0 %	7,7 %	47,6 %	3,0 %	21,3 %	1,6 %	100,0 %

Tuotettu MWh

Kattila	LTO-piiri	KL-verkko
988	187	1169

Hyötysuhde 126,9 %

VARISSAARI 2

Hyötysuhde touko-loka 100,51 %

Tuotettu

KL-verkko 14242 MWh

Polttoaine 14170 MWh

Kokopuu	Metsätähde	Kuori	Puutähde	Eritt. Teoll. Puutähde	Kierrätyspuu	Sahanpuru	Yhteensä
173	107	945,3	4670,8	5958,9	2219	95,8	14169,8
1,2 %	0,8 %	6,7 %	33,0 %	42,1 %	15,7 %	0,7 %	100,0 %

Yhteensä

14169,8

LIITE 3: KULJETUKSEN PÄÄSTÖJEN LASKENTA

3	1.11.2019	0	30.4.2020		Kuormien lkm	Lämpöarvo	Painotettu	Energia		Paino (kg)	Paino tn /	Energia	Täysperä	puoliperä	nuppi	
4	(Molemmat suunnat)				kpl	MJ / kg	kosteus%	MWh			kuorma	kWh/kg				
5																1
6	Eritt. teoll. puutähdet polttoon				6	18,83	17,08	565,5		135520	22,59	4,17E-06	3		3	6
7	Jyrsinturve				130	20,96	43,75	16885,4		5670680	43,62	2,98E-06	124	6		130
8	Kantomurske as. kasasta polttoon				5	19,15	44,30	441,3		165750	33,15	2,66E-06	5			5
9	Kantomurske polttoon				1	19,15	43,11	93,5		34212	34,21	2,73E-06	1			1
10	Kierrätyspoltoaine SRF polttoon				54	27,31	22,53	7391,25		1337200	24,76	5,53E-06	35		19	54
11	Kierrätyspuu as. kasasta polttoon				3	19,15	46,56	214,6		84950	28,32	2,53E-06	3			3
12	Kierrätyspuu polttoon				5	19,15	40,84	262,2		91360	18,27	2,87E-06	2		3	5
13	Kierrätyspuun siirto polttoon				38	19,15	43,61	3028,0		1120110	29,48	2,7E-06	38			38
14	Kokopuu- ja rankahake polttoon, pienpuu				21	19,15	49,81	1537,0		659099	31,39	2,33E-06	14	2	5	21
15	Kokopuuahake as. kasasta polttoon, pienpuu				50	19,15	50,45	3257,8		1420630	28,41	2,29E-06	29	21		50
16	Kokopuuahakkeen siirto polttoon, pienpuu				28	19,15	50,27	2420,8		1050670	37,52	2,3E-06	29			29
17	Kuoren siirto polttoon				3	19,00	65,33	180,5		130240	43,41	1,39E-06	3			3
18	Metsätähdehake as. kasasta polttoon				6	19,15	53,21	508,6		239020	39,84	2,13E-06		6		6
19	Metsätähdehake polttoon				9	19,15	55,21	617,4		307460	34,16	2,01E-06	6	3		9
20	Metsätähdehakkeen siirto polttoon				28	19,15	58,74	1943,5		1081910	38,64	1,8E-06	28			28
21	Muovijätteet polttoon				14	18,13	49,16	1458,4		644288	46,02	2,26E-06	13		1	14
22	Puutähdehake as. kasasta polttoon				13	18,46	23,62	1952,6		519840	39,99	3,76E-06	13			13
23	Sahanpuru polttoon				10	19,00	57,33	837,7		449640	44,96	1,86E-06	8	1	1	10
24	Sahanpurun siirto polttoon				25	19,00	59,44	2203,8		1270340	50,81	1,73E-06	25			25
25	Kevytöljy							36,89		3000						
26			yhteensä		449	19,54	46,02	45836,7		16415919	35,24	2,79E-06	379	39	32	450
27										16415,919						450
28		Täysperä kuorma tn ka	Puoliperäkuorma tn ka										tnkm	tnkm	tnkm	
29	Turve	44,23	31,1										1762350	159900	48000	
30	er.teoll.puutähdet poltti	40					kuljetus	2,36	kg CO2 ekv / MWh			kg CO2 ekv	96929,25	8794,5	2640	108364
31	Kantomurske	34								90287,55		tn co2 ekv	96,92925	8,7945	2,64	108,36
32	SRF		18,2		5											
33	kierrätyspuu	38,2	15,5				korjau	2,28	kg CO2 ekv / MWh							
34	kokorankahake	32,2			27,5		yhteensä	4,65	kg CO2 ekv / MWh							
35	kokopuuahake	36,6	17,1		21,6											
36	kokopuuahake	36,6														
37	Kuori	53														
38	metsätähde	38,3	25,7													
39	muovi	48	20,6													
40	puutähde	40														
41	sahanpuru	50,5	20													
42		40,97	21,2													
43		MWh	Tonnia	CO2ekv/Mv	kg CO2 ekv					Metsätehon mukaan oletuksena 55 g CO2/tkm						
44	Metsäperäiset	12237,70	5278,629	2,32	29032,460											
45	Jyrsinturve	16885,40	5670,680	2,98	31188,740											
46	Teollisuusperäiset	3787,50	1985,740	1,91	10921,570											
47	Kierrätyspuu	3504,80	1296,420	2,70	7130,310											
48	Kannot	534,80	199,962	2,67	1099,791											
49	SRF	7391,25	1337,200	5,53	7354,600											
50	Muovit öljyt	1495,29	647,288	2,31	3560,084											
51		45836,74	16415,92	2,48	90287,555			90,288								
52								1,9698								

LIITE 1: VOIMALAITOSTEN POHJA- JA LENTOTUHKAT MARRASKUU 2019 – HUHTIKUU 2020

1.11.2019 (Molemmat suunnat)	0	30.4.2020		Paino (kg)	Paino (kg)
Pohjatuhka					
1.11.2019	07:15:52	MYG-716	28841	5100	5100
4.11.2019	13:22:05	MYG-716	28868	6360	6360
8.11.2019	13:13:37	MYG-716	28900	6180	6180
13.11.2019	12:12:26	MYG-716	28929	8540	8540
18.11.2019	16:10:43	MYG-716	28956	7980	7980
20.11.2019	11:58:44	MYG-716	28967	4280	4280
22.11.2019	14:32:54	MYG-716	28983	3840	3840
26.11.2019	09:11:27	MYG-716	29005	6560	6560
29.11.2019	08:00:52	MYG-716	29026	4640	4640
2.12.2019	11:24:48	MYG-716	29047	5420	5420
6.12.2019	16:15:59	MYG-716	29085	7080	7080
9.12.2019	13:05:58	MYG-716	29101	4400	4400
12.12.2019	14:26:20	MYG-716	29125	5140	5140
16.12.2019	15:13:22	MYG-716	29155	7080	7080
20.12.2019	13:37:43	MYG-716	29193	7220	7220
23.12.2019	13:02:26	MYG-716	29209	5900	5900
27.12.2019	11:02:47	MYG-716	29229	7420	7420
31.12.2019	08:11:16	MYG-716	29254	6900	6900
3.1.2020	07:42:57	MYG-716	29268	4880	4880
7.1.2020	11:29:07	MYG-716	29297	6220	6220
12.1.2020	09:48:08	MYG-716	29342	7900	7900
16.1.2020	09:59:53	MYG-716	29369	6440	6440
20.1.2020	14:09:14	MYG-716	29397	6100	6100
23.1.2020	10:46:26	MYG-716	29419	4120	4120
28.1.2020	07:44:27	MYG-716	29452	7100	7100
4.2.2020	11:02:27	MYG-716	29502	5920	5920
7.2.2020	12:39:12	MYG-716	29537	4220	4220
12.2.2020	09:37:02	MYG-716	29568	7160	7160
16.2.2020	09:38:30	MYG-716	29591	7200	7200
21.2.2020	07:20:39	MYG-716	29622	7000	7000
26.2.2020	16:06:01	MYG-716	29661	7420	7420
28.2.2020	11:45:25	MYG-716	29674	3320	3320
3.3.2020	09:44:21	MYG-716	29707	7000	7000
6.3.2020	14:32:49	MYG-716	29746	5300	5300
11.3.2020	16:15:41	MYG-716	29773	6960	6960
17.3.2020	08:08:46	MYG-716	29819	7620	7620
20.3.2020	17:17:12	MYG-716	29848	5660	5660
24.3.2020	14:27:26	MYG-716	29889	6260	6260
27.3.2020	10:34:32	MYG-716	29905	4160	4160
1.4.2020	08:31:40	MYG-716	29926	6240	6240
6.4.2020	07:57:27	MYG-716	29962	7520	7520
11.4.2020	09:11:08	MYG-716	29991	7880	7880
16.4.2020	07:47:53	MYG-716	30019	7620	7620
20.4.2020	13:18:49	MYG-716	30048	6860	6860
24.4.2020	14:49:06	MYG-716	30069	5620	5620
28.4.2020	07:50:30	MYG-716	30316	6800	6800
			46	286540	6229
			46	286540	

LENTOTUHKAT

1.11.2019 (Molemmat suunnat)	0	30.4.2020	Kuormien lkm kpl	Paino (kg)	Paino (kg)
---------------------------------	---	-----------	------------------------	------------	------------

**Tuhka
varastokentälle**

20.11.2019	12:30:00	MYG-716	28968	42700	k% _{oo} sin	42700
4.12.2019	17:13:24	MYG-716	29067	102420	k% _{oo} sin	102420
31.12.2019	15:36:01	MYG-716	29313	60462	k% _{oo} sin	60462
28.1.2020	16:36:52	MYG-716	29461	42260	k% _{oo} sin	42260
11.2.2020	13:38:04	MYG-716	29561	40540	k% _{oo} sin	40540
28.2.2020	11:34:32	MYG-716	29673	34180	k% _{oo} sin	34180
11.3.2020	17:27:31	MYG-716	29776	30440	k% _{oo} sin	30440
18.3.2020	14:06:57	MYG-716	29836	56920	k% _{oo} sin	56920
14.4.2020	11:01:28	MYG-716	30009	52540	k% _{oo} sin	52540
			9	462462		51385
Yhteensä			9	462462		