

Opinnäytetyö AMK

Konetekniikan koulutusohjelma

2021

Joni Järvenperä

TURPEESTA LUOPUMISEN VAIKUTUS POLTTOAINELOGISTIIKKAAN

– Polttoainenkäsittelylaitteiston tulevaisuus ja
kierrätyspolttoaineen käytön ongelmat

OPINNÄYTETYÖ AMK | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Konetekniikan koulutusohjelma

2021 | 45 sivua, 1 liitesivu

Joni Järvenperä

TURPEESTA LUOPUMISEN VAIKUTUS POLTTOAINELOGISTIIKKAAN

- Polttoaineenkäsittelylaitteiston tulevaisuus ja kierrätyspolttoaineen käytön ongelmat

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia turpeesta luopumisen vaikutuksia Kaanaan yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotantolaitoksen polttoainelogistiikan osalta. Tarkastelun piiriin sisältyy polttoaineen vastaanotto- ja käsittelylaitteiston tulevaisuuden näkymät turpeen osuuden vähentyessä. Tämän ohella opinnäytetyössä tarkastellaan kierrätyspolttoaineen käytön ongelmia Kaanaan voimalaitoksella.

Opinnäytetyössä kuvaillaan turpeesta luopumiseen johtaneita syitä energiantuotannossa. Lisäksi käsitellään opinnäytetyön toimeksiantajaa Pori Energia Oy:tä ja havainnollistetaan polttovoimalaitoksen toimintaa. Kaanaan voimalaitoksen osalta esitellään nykyinen polttoaineen vastaanotto- ja käsittelylaitteisto.

Tutkimustyönä on kerätty tietoa polttoainetietojärjestelmä Oncesta, joka sisältää tiedot voimalaitokselle toimitettujen polttoainekuormien ja määrien osalta. Tietojen pohjalta on koostettu taulukoita ja kuvioita, joilla havainnollistetaan polttoainetoimitusten jakautumista käsittelylaitteistossa ja turpeen korvaamisen näkymistä toimituksissa tulevaisuudessa.

Kierrätyspolttoaineen käytön ongelmista on kerätty tietoa automaatiojärjestelmän mittausten ja päiväkirjamerkintöjen avulla. Näiden pohjalta esitetään kierrätyspolttoaineen käytön ongelmien syyt ja osuudet taulukoituna.

Tuloksena saadaan selville turpeen osuuden vähentymisen vaikutukset polttoaineen vastaanotto- ja käsittelylaitteiston kannalta. Vaikutusten pohjalta esitetään ratkaisuehdotuksia, kuinka tapahtuvaan muutokseen on reagoitava. Vastaavasti kierrätyspolttoaineen käytön ongelmiin otetaan kantaa.

ASIASANAT:

biopolttoaine, energiantuotanto, kierrätyspolttoaine, polttoaineen käsittely, turve, voimalaitos, logistiikka

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering

2021 | 45 pages, 1 page in appendices

Joni Järvenperä

PEAT ABANDONMENT AND ITS IMPACT ON FUEL LOGISTICS

- The future of fuel handling equipment and the problems of using recycled fuel

The purpose of this thesis was to study the effects of abandoning peat on fuel logistics within the combined heat and power plant in Kaanaa. The scope of the review includes the future of fuel reception and handling equipment as the share of peat decreases. In addition to this, the thesis examined the problems of using recycled fuel at the Kaanaa power plant.

In this thesis the reasons for abandoning peat in energy production were examined. In addition, Pori Energia Oy, the client of the thesis, is discussed and the operation principle of a thermal power plant is explained. The current fuel reception and handling equipment of Kaanaa power plant is presented.

As research work, data was collected from a fuel data system Once, which contains information on the fuel loads and quantities delivered to the power plant. Based on the data, tables and figures were compiled to illustrate the distribution of fuel deliveries to the power plant and how peat replacement will be reflected in future deliveries.

Data on the problems of using recycled fuel was collected through measurements in the automation system and diary entries. Based on these, the causes and proportions of the problems of using recycled fuel are presented in tabular form.

As a result, the impact of reducing peat on fuel reception and handling equipment could be determined. Based on the impact, solutions were proposed on how to react to the change that is taking place. Correspondingly, the problems of using recycled fuel were addressed.

KEYWORDS:

biofuel, energy production, recycled fuel, fuel handling, peat, power plant, logistics

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 ENERGIA- JA ILMASTOPOLITIIKKA	9
2.1 Turve	9
2.2 Ilmastostrategia ja lainsäädäntö	10
2.3 Päästökauppa ja verotus	11
2.4 Kasvihuonekaasupäästöt	12
2.5 Pohjolan Voiman linjaus	13
3 PORI ENERGIA OY	14
3.1 Energiantuotanto	14
3.2 Kaanaan voimalaitos	15
4 LEIJUPOLTTO	16
4.1 Kattilatyypit	16
4.2 Pohjolan Voiman CFB-kattila	17
5 POLTTOAINEEN VASTAANOTTO JA KÄSITTELY	18
5.1 Vastaanottoasema	18
5.2 Seulomo	19
5.3 Varastosiihot	19
5.4 Päiväsiihot	20
5.5 Kierrätyspolttoaineen vastaanotto	21
6 BIOPOLTTOAINEEN VASTAANOTON TULEVAISUUS	22
6.1 Kenttäajo	23
6.2 Sivukippiautot	24
6.3 Sivupurku	25
6.4 Turvesiilo	28
7 POLTTOAINEJÄRJESTELYT JA VAIKUTUKSET	31
7.1 Autovaaka	31
7.2 Polttoaineiden energiamäärät	32

7.3 Energiantuotannon kustannukset	33
8 KIERRÄTYSPOLTTOAINE REF	35
8.1 REF-laatu luokittelu	35
8.2 Ominaisuudet	37
8.3 Polttaminen	37
8.4 Palaminen	39
8.5 Likaantuminen	39
8.6 REF-osuudet Kaanaan voimalaitoksella	40
8.7 Pullonkaulat kierrätyspolttoaineen käytössä	41
9 HAVAINNOT JA YHTEENVETO	44
LÄHTEET	46

LIITTEET

Liite 1. Kierrätyspolttoaineen päiväkirjamerkinnot

KAAVAT

Kaava 1. Polttoaineen energiamäärä.	32
-------------------------------------	----

KUVAT

Kuva 1. Turpeen koostumus (Alakangas ym. 1987).	10
Kuva 2. CFB-kattilalaitos (Valmet Oy).	17
Kuva 3. Polttoaineen käsittelyn havainnekuva.	18
Kuva 4. Polttoaineen varastosiiot.	20
Kuva 5. Kierrätyspolttoaineen vastaanottohalli.	21
Kuva 6. Sivupurku kuvattuna poistumissuunnasta.	26
Kuva 7. Aittaluodon polttoaineen vastaanotto.	28
Kuva 8. Aittaluodon turvesiilo puupolttoaineella.	30
Kuva 9. Polttoaineiden likaavuus leijupoltossa (Vesanto ym. 2007).	40

KUVIOT

Kuvio 1. Päästöoikeuden hintakehitys 2017–2021.	11
Kuvio 2. Kasvihuonekaasupäästöjen lähteet sektoreittain ja energiasektorin päästölähteet 2020 (Tilastokeskus 2021).	13
Kuvio 3. Biopolttoainevirtojen osuudet peräpurun ja sivupurun välillä.	22
Kuvio 4. Pyöräkuormaajan ja autojen toimittamien kuormien osuudet.	23
Kuvio 5. Kenttääjien toimitusten jakautuminen.	24
Kuvio 6. Turpeen ja hakkeen kokonaiskustannuksen kehitys 8.1.2018–30.6.2021.	34

TAULUKOT

Taulukko 1. Energialuvut (Pori Energia toimintakertomus 2020).	14
Taulukko 2. Energiantuotannon polttoainejakauma (Pori Energia toimintakertomus 2020).	15
Taulukko 3. Kappalemäärissä toimitettujen kuormien jakaantuminen.	27
Taulukko 4. Puupolttoaineiden ja turpeen osuudet polttoainevirrasta.	27
Taulukko 5. Punnitustapahtumat autovaa’alla valikoituina ajankohtina.	31
Taulukko 6. Polttoaineiden lämpöarvoja.	32
Taulukko 7. Keskimääräisten polttoainekuormien vertailu.	33
Taulukko 8. Päästöoikeuden vaikutus polttoaineen hintaan (Makkonen 2014).	34
Taulukko 9. Kierrätyspolttoaineiden ominaisuuksien vaihtelu (VTT).	36
Taulukko 10. Teollisuuden tuotantojätteestä valmistettu kierrätyspolttoaine (Vesanto ym. 2007).	37
Taulukko 11. Savukaasujen jatkuvatoimiset mittaukset (Vesanto ym. 2007).	38
Taulukko 12. Puolivuositain mitattavat pitoisuudet (Vesanto ym. 2007).	39
Taulukko 13. Kierrätyspolttoaineen osuudet ajokausilla.	41
Taulukko 14. REF-polton loppumisen syyt, kesto tunneissa ja prosentuaalinen osuus ajasta.	42
Taulukko 15. Tyhjän siilon osuus ajokauden ajasta huomioimatta polttoluvan puuttumista.	43

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

CFB	Kiertoleijukattila (Circulating fluidized bed)
h	Tunti
i-m ³	Irtokuutiometri
HCl	Vetykloridi
IPCC	Hallitusten välinen ilmastopaneeli (Intergovernmental Panel on Climate change)
kg	Kilogramma
LNG	Nesteytetty maakaasu (Liquefied natural gas)
m ³	Kuutiometri
MJ	Megajoule
mm	Millimetri
MW	Megawatti
MWh	Megawattitunti
NOx	Typpioksidit
Once	Voimalaitoksen polttoainetietojärjestelmä
Pankka	Polttoaineen varastokenttä
REF	Kierrätyspolttoaineen vanha termi (Recovered Fuel)
s	Sekunti
SRF	Kierrätyspolttoaineen uusi termi (Solid Recovered Fuel)
tCO ₂	Hiilidioksiditonni

1 JOHDANTO

Ilmaston lämpeneminen on viimeisten vuosikymmenten aikana tullut esiin tärkeänä asiana johtaen merkittäviin muutoksiin päästöjenhallinnassa. Erityisesti huomiota on kiinnitetty erilaisten polttoaineiden palamistapahtuman synnyttämiin hiilidioksidipäästöihin ja siksi Suomi on asettanut tavoitteeksi olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Suomen hiilidioksidipäästöistä suuri osa syntyy energiasektorin toimesta ja hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen on yhtenä keinona päädytty fossiilisten eli uusiutumattomien polttoaineiden sekä hitaasti uusiutuvaksi määritellyn turpeen käytöstä luopumisella. Turpeen polton vähentämistä pyritään vauhdittamaan erilaisin keinoin kuten verotuksen ja päästökaupan avulla. Nämä keinot nostavat turpeen hintaa energiantuotannossa ja tekevät siitä vähemmän mielekkään polttoaineen puupohjaisiin polttoaineisiin verrattaessa, joihin päästöoikeuden hinnan kehitys ei vaikuta.

Turpeen hinnan kallistuessa ja sen polttamisesta luopumisella on monia vaikutuksia energiasektorilla. Siksi tässä työssä tarkastellaan, kuinka turpeesta luopuminen vaikuttaa Pohjolan Voiman omistaman Kaanaan voimalaitoksen polttoainelogistiikkaan ja polttoaineen käsittelylaitteistoon. Laitos on valmistunut vuonna 2008, ja silloin turpeella on ollut vahva näkyminen energiantuotannossa. Osa polttoaineen vastaanoton laitteistosta on suunniteltu alkujaan lähinnä pelkästään turpeen käsittelyyn. Kokonaan turpeesta luovuttaessa on tarve tarkastella nykyisen laitteiston tulevaisuuden näkymiä ja käyttömahdollisuuksia. Lisäksi turpeen osuus on korvattava jollakin vaihtoehtoisella puupohjaisella polttoaineella. Käsittelylaitteiston osalta on tarkoitus tutkia nykyisen turvesiilon käyttöä tulevaisuudessa ja pääsääntöisesti turpeen vastaanottamiseen tarkoitettun sivupurkupaikan tulevaisuutta.

Työhön on sisällytetty turpeesta luopumisen vaikutusten lisäksi kierrätyspolttoaineen käyttö Kaanaan voimalaitoksella. Kierrätyspolttoainetta on tarkoitus polttaa voimalaitoksella 20 %:n osuudella polttoainevirrasta, mutta keskimääräisesti polttoainetta on poltettu noin 16 %:n osuudella. Tarkoituksena on selvittää mahdollisia ongelmakohtia, jotka rajoittavat tavoitellun kierrätyspolttoaineen osuuden saavuttamista.

2 ENERGIA- JA ILMASTOPOLITIikka

Energiantuotannon kustannuksien kasvattaminen haitallisten päästöjen osalta on tehokas keino kasvattaa uusiutuvan energian osuutta energiantuotannossa. Turpeen hinnan noustessa kiristyvän verotuksen ja kallistuvan päästökaupan seurauksena on energiantuotannossa kannattavampaa vaihtaa matalamman energiamäärän omaavaan uusiutuvaan energiaan, jotta sähkön- ja lämmöntuotanto olisi kustannustehokasta.

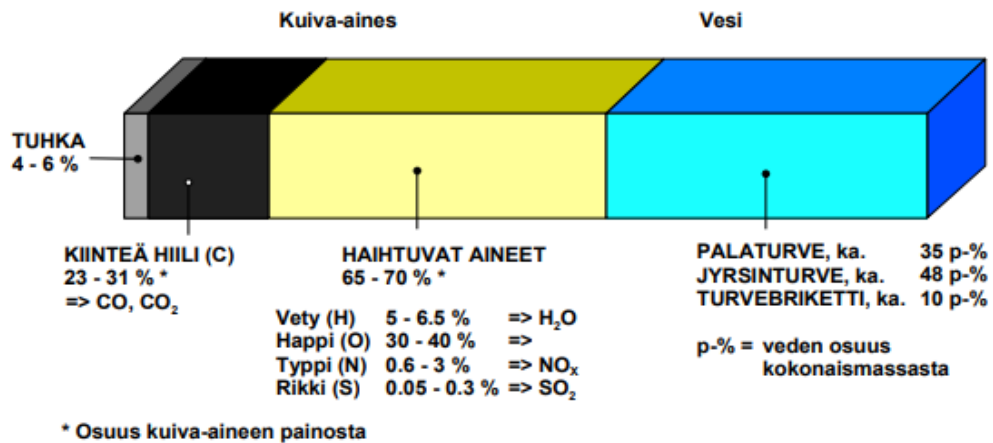
2.1 Turve

Turvetta käytetään monipolttoainekattiloissa, joissa voidaan käyttää useampaa eri polttoainetta. Turpeen sisältämä rikki on pienissä määrissä tarpeellista estämään korroosiota kattilassa, jota aiheutuu biomassojen sisältämästä kloorista. Tavallisesti voimalaitoskattilassa on tarve polttaa 20–30 %:n suhteessa turvetta tai rikkipitoista polttoainetta korroosion estämiseksi. (AFRY 2020.)

Viime vuosikymmeninä turve on ollut olennaisena osana Suomen energiahuoltoa. Kotimaisena polttoaineena energiaturvetta on käytetty korvaamaan kivihiltä. Turpeen merkittävänä tekijänä on se, että turve mahdollistaa seospoltossa metsähakkeen kaltaisten vaikeasti hyödynnettävien polttoaineiden käyttöä. Kaukolämmön tuotannossa turpeen osuus on 2000-luvun toisella vuosikymmenellä ollut 10–15 %. (Turveinfo 2017.)

Kasvihuonekaasuinventaarion mukaan turpeen poltto aiheutti vuonna 2017 noin 10 % Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Energiakäytössä turvetta voidaan korvata useilla erilaisilla ei-fossiilisilla vaihtoehdoilla, kuten biomassalla, lämpöpumpuilla, geotermisellä lämmöllä, tuuli- ja ydinvoimalla, biokaasulla sekä aurinkolämmöllä. (Sitra 2020.)

Turve koostuu pääosin hiilestä n. 53–57 %, johon on sisällytetty kiinteän osuuden lisäksi haihtuvien aineiden hiilen määrä. Hiilipitoisuus vaihtelee turvelajin ja maatumisasteen mukaan. Turpeessa haihtuvien aineiden osuus on 65–70 % (kuva 1). Puupolttoaineissa haihtuvien aineiden osuus on suurempi, jonka vuoksi turpeen tehollinen lämpöarvo on suurempi kuin puun. Turpeen kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo on noin 20–23 megajoulea per kilogramma (MJ/kg). (Alakangas 2000, 88-89.)



Kuva 1. Turpeen koostumus (Alakangas ym. 1987).

AFRYn (2020) selvityksen mukaan turpeen käytön ja polton aiheuttamat hiilidioksidipäästöt laskevat Suomessa vähintään 70 % vuoteen 2030 mennessä päästöoikeuden hinnan noustessa ja kevyiden veronkorotusten avustuksella.

2.2 Ilmastostrategia ja lainsäädäntö

Suomen tavoitteena on nostaa vuoteen 2030 mennessä uusiutuvan energian osuus yli 50 %:iin loppukulutuksesta, kasvattaa energiaomavaraisuutta yli 55 %:n, puolittaa Suomen tuodun öljyn kotimaisen käytön sekä kasvattaa uusiutuvien polttoaineiden osuutta. Vuoden 2016 kansallinen energia- ja ilmastostrategia sisältää linjaukset energia- ja ilmastopolitiikalle ja ehdotukset toimenpiteiksi, joilla vuoden 2030 tavoitteet saavutetaan. Ilmastolaki (605/2015) asettaa kasvihuonekaasujen päästövähennystavoitteeksi 80 % vuoteen 2050 mennessä vuoden 1990 päästötasoon verrattuna. (Maa- ja metsätalousministeriö.)

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivillä (EU) 2018/2001 pyritään edistämään uusiutuvista energialähteistä peräisin olevaa energian käyttöä. Direktiivissä säädetään sitovasta unionin yleistavoitteesta, jonka mukaan uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian osuus on vähintään 32 % unionin energian kokonaisloppukulutuksesta vuonna 2030. Jäsenvaltiot on velvoitettu asettamaan omat kansalliset panoksensa unionin yleistavoitteen saavuttamiseksi. Suomen tavoittelema uusiutuvan energian osuus on 51 % vuonna 2030. (Työ- ja elinkeinoministeriö a.)

2.3 Päästökauppa ja verotus

Päästökaupan tarkoituksena on pitää teollisuus- ja energiantuotantolaitosten sekä Euroopan talousalueen sisäisen lentoliikenteen kasvihuonekaasupäästöt Euroopan unionin päästökauppasektorin päästökaton rajoissa. Päästökauppajärjestelmään kuuluvilla laitoksilla on oltava toimivaltaisen viranomaisen myöntämä kasvihuonekaasujen päästöluupa. (Työ- ja elinkeinoministeriö b.) Päästökaupan alaisuuteen kuuluvat yritykset ja laitokset tarvitsevat päästöjään vastaavan määrän päästöoikeuksia. Näillä päästöoikeuksilla voidaan käydä kauppaa. Markkinoilla oleva päästöoikeuksien kokonaismäärä määrittää kaikkien päästökaupan piiriin kuuluvien laitosten kokonaispäästöt. Päästöoikeuksien jakaminen tapahtuu esimerkiksi huutokaupalla. (Motiva 2020.)

Vuonna 2021 alkoi neljäs päästökauppakausi, joka kattaa vuodet 2021–2030. Neljännen päästökauppakauden päästöoikeudet lasketaan liikkeelle pääsääntöisesti huutokauppaamalla. (Energiavirasto.) Huutokauppahintojen kehitys hiilidioksiditonnia kohden on esitetty kuviossa 1.



Kuvio 1. Päästöoikeuden hintakehitys 2017–2021.

Päästöoikeuden hinta on noussut voimakkaasti ylöspäin viime vuosina. Päästöoikeuden hinta on kallistunut erityisesti vuonna 2021, joka ohjaa energiantuotannossa uusiutuvan energian käyttöön tuotantokustannusten vähentämiseksi.

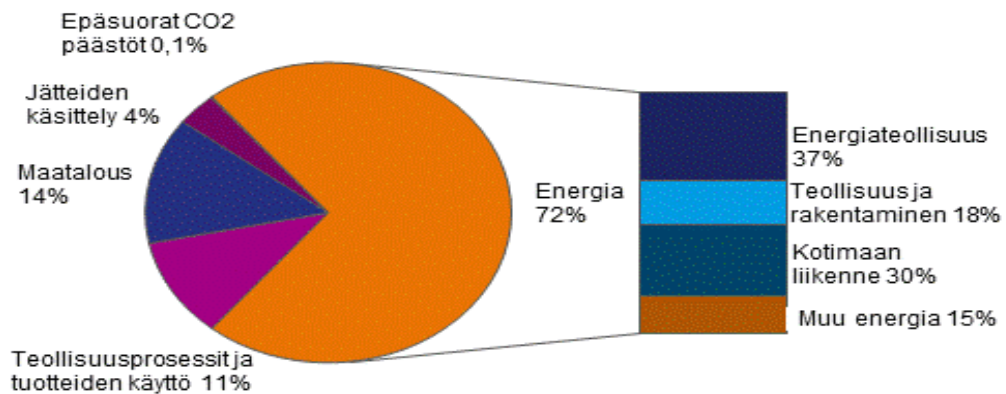
Lämmitykseen käytetystä polttoturpeesta maksetaan veroa ja verovelvollisena toimii polttoturpeen loppukäyttäjä. Laitokset, jotka polttavat turvetta alle 5000 megawattituntia (MWh) vuodessa eivät ole verovelvollisia ja turpeen käyttö on verotonta. Yli 5000 MWh vuodessa ylittävät laitokset ovat verovelvollisia ja joutuvat suorittamaan verot kaikesta lämmitykseen käytetystä turpeesta. (Vero 2021.)

2.4 Kasvihuonekaasupäästöt

Kasvihuonekaasuja ovat kaasut, jotka kykenevät imemään maan pinnan säteilemää infrapunasäteilyä itseensä ja heijastamaan sitä takaisin aiheuttaen kasvihuoneilmiötä. Hiilidioksidi on merkittävin kasvihuonekaasu. Ihmisen toiminnan aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä suurin osa syntyy hiilipitoisten polttoaineiden käytöstä liikenteessä ja sähkönsä ja lämmöntuotannossa. (Mann 2019.)

Suomen kasvihuonekaasupäästöistä valtaosa syntyy energian tuotannosta ja kulutuksesta. Korkeisiin päästöihin vaikuttaa erityisesti Suomen kylmä ilmasto, pitkät välimatkat ja paljon energiaa käyttävä teollisuus. Kokonaispäästömäärään kasvihuonekaasuissa vaikuttavat eniten muutokset energiasektorin päästöissä. Energiasektorin päästöjen vaihteluun vaikuttaa mahdollisuus tuoda pohjoismaista vesivoimalla tuotettua sähköä. Huonoina sadevuosina sähköä voidaan tuoda vähemmän, jolloin sitä tuotetaan enemmän hiili- ja turvelauhdevoimalla. Kasvihuonekaasupäästöjen laskemisesta Suomessa vastaa Tilastokeskus, joka toimittaa vuosittain kasvihuonekaasuinventaarioraportin Yhdistyneiden kansakuntien ilmastopöytäkirjan sihteeristölle ja Euroopan komissiolle päästöseurantaa varten. (Ilmasto-opas 2020.)

Vuonna 2020 kasvihuonekaasupäästöt olivat 48,3 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia. Päästöt vähenivät yhdeksän prosenttia edeltävään vuoteen verrattuna. Kokonaispäästöistä sektoreittain 72 % muodostui energiasektorilta. (Tilastokeskus 2021.) Pelkästään energiateollisuuden tuottamat päästöt olivat jo yli kolmasosan kokonaispäästöistä (kuvio 2), jossa käytetään korkean hiilipitoisuuden omaavia polttoaineita.



Kuvio 2. Kasvihuonekaasupäästöjen lähteet sektoreittain ja energiasektorin päästölähteet 2020 (Tilastokeskus 2021).

Kokonaispäästöistä eniten päästöt laskivat energiasektorilla, missä erityisesti hiilen ja turpeen energiakäyttö väheni merkittävästi. Puupolttoaineet kattoivat 28 % vuoden 2020 energiankulutuksesta ollen käytetyin energianlähde. Puupohjaiset polttoaineet syntyvät puunjalostuksen sivuvirroista kuten kuoresta, sahanpurusta, hakkuiden ja metsänhoidon tähteistä sekä pienpuusta. Hallitusten välisen ilmastopaneelin IPCC:n inventaariolaskentaohjeiden mukaisesti biomassan energiakäytön hiilidioksidipäästöjä ei sisällytetä energiasektorin päästöihin, mutta metaani- ja dityppioksidipäästöt sisällytetään. (Tilastokeskus 2021.)

2.5 Pohjolan Voiman linjaus

Pohjolan Voima on jo pitkään karsinut turpeen käyttöä voimalaitoksissaan. Vuoden 2021 aikana yhtiö vähentää 40 % polttoturpeen käyttöä verrattuna vuoteen 2019. Pohjolan Voiman tytäryhtiö Porin Prosessivoima luopuu turpeen ja kivihiilen käytöstä kokonaan Kaanaan voimalaitoksella vuoden 2023 loppuun mennessä. Turve korvataan paikallisella puupolttoaineella. Vuonna 2010 hiilen ja turpeen osuus Kaanaan voimalaitoksella oli 60 % ja vuonna 2020 turpeen osuus oli 22 %, eikä hiiltä poltettu lainkaan. (Pohjolan Voima 2021.)

3 PORI ENERGIA OY

Pori Energia Oy on kokonaan Porin kaupungin omistama osakeyhtiö, joka myy Satakunnan alueella energiaa ja energia-alan palveluita. Yhtiön liiketoiminta-alueisiin kuuluu energian tuotanto, energiapalvelut sekä käynnissäpito-, urakointi- ja tuulivoimapalvelut. Emoyhtiön lisäksi konserniin kuuluvat täysin omistetut tytäryhtiöt Pori Energia Sähköverkot Oy ja Tuulia Energia Oy. Vuoden 2020 liikevaihto oli 86,3 miljoonaa euroa. (Pori Energia toimintakertomus 2020.)

3.1 Energiantuotanto

Kaukolämpö tuotetaan Porissa paikallisesti Aittaluodon ja Kaanaan voimalaitoksilla (Pori Energia 2021a). Konsernin keskeiset energialuvut vuosilta 2020 ja 2019 on esitettyinä taulukossa 1.

Taulukko 1. Energialuvut (Pori Energia toimintakertomus 2020).

Keskeiset energialuvut (GWh)	2020	2019
Sähkön myynti	312	1226
Lämmön myynti	579	647
Sähkön vastapainetuotanto	123	207
Kaukolämmön tuotanto	533	609
Prosessienergian tuotanto	273	291
Sähkön siirto	900	971

Energiankäytön laskua vuodesta 2019 selittää muun muassa poikkeuksellisen lämmin vuosi (Pori Energia toimintakertomus 2020). Energiantuotanto Pori Energialla perustuu pääosin sähkön ja lämmön yhteistuotantoon, jossa biopolttoaineiden energialla korvataan polttoöljyn käyttöä (Pori Energia 2020b). Puun osuus kattoi yli 60 % Pori Energian energiantuotannosta vuonna 2020 (taulukko 2).

Taulukko 2. Energiantuotannon polttoainejakauma (Pori Energia toimintakertomus 2020).

Energiantuotannon polttoainejakauma 2020	%	GWh
Puu 61,1 %		
Turve 23,8 %		
Puu	61,0	777
Turve	23,8	302
LNG	7,09	90
Kierrätyspolttoaineet	6,84	87
Öljy	0,93	12
Hiili	0,22	3
Sähkö	0,03	0
Peltopolttoaineet	0,00	0
Muut (RH-tehdas)	0,00	0
Yhteensä	100	1271

Yhteistuotannon avulla voidaan merkittävästi vähentää kasvihuonekaasuja, sekä rikin, typen ja pienhiukkasten määrää, jotka ovat terveydelle haitallisia (Pori Energia 2020a). Nesteytettyä maakaasua eli LNG:tä poltetaan Kaanaan voimalaitoksella seisakin aikana.

3.2 Kaanaan voimalaitos

Venatorin pigmenttitehtaan tehdasalueella sijaitseva Kaanaan biovoimalaitos on Pohjo-lan Voima Oy:n tytäryhtiön Porin Prosessivoima Oy:n omistuksessa. Käytöstä ja kunnos-sapidosta voimalaitoksella vastaa Pori Energian henkilöstö. Porin Prosessivoima Oy:n osakkeista Pori Energia hallinnoi 40,8 %. Voimalaitos tuottaa energiaa Kaanaan ja Pih-lavan alueen teollisuudelle sekä kaukolämpöä Pori Energia Oy:n kaukolämpöverkkoon ja näiden yhteydessä vastapainesähköä. Biovoimalaitos valmistui vuonna 2008. (Pori Energia 2020a.) Biovoimalaitoksen lisäksi tehdasalueella on yksi maakaasulla toimiva kattila sekä yksi kevyellä polttoöljyllä toimiva kattila. Näiden lisäksi alueella on yksi käy-töstä poistettu öljykattila ja alkukesällä 2021 käytöstä poistettu hiilikattilalaitos.

4 LEIJUPOLTTO

Leijutuksella tarkoitetaan kiinteän rakeisen materiaalin leijuttamista kaasulla. Kiinteä leijukerros fluidisoituu leijutuksessa eli muuttuu ominaisuuksiltaan nestettä vastaavaksi. Leijupeti muodostuu kiinteästä petimateriaalista, siihen syötettävästä polttoaineesta ja ilmasta sekä palamisesta syntyvästä savukaasusta. Leijukerroksen käyttäytymiseen vaikuttaa esimerkiksi kaasun virtausnopeus, petimateriaali, partikkelikokojakauma, pedin korkeus, palamisilmajako ja pedin painehäviö. (Ekono 1989.)

Leijupedin tyypillisiin piirteisiin kuuluu (Ekono 1989):

- matalalämpöarvoisen ja kostean polttoaineen poltto hyvällä palamishyötysuhteella
- tasainen palamislämpötila (n. 850–900 °C) sekä alhaiset typenoksidien (NO_x) päästöt
- rikkipäästöjen vähentäminen syöttämällä petiin kalkkia
- palamislämpötila on tuhkan sulamislämpötilan alapuolella
- hyvä lämmönsiirto pedistä kattilan vesi-höyrypiiriin.

Leijupoltossa peti käyttäytyy tietyllä tapaa leijutuskaasun nopeudesta riippuen. Leijupedit voidaan jakaa neljään eri tyyppiin, jotka ovat kiinteä peti, kupliva peti, turbulenttinen peti ja kiertopeti. (Ekono 1989.)

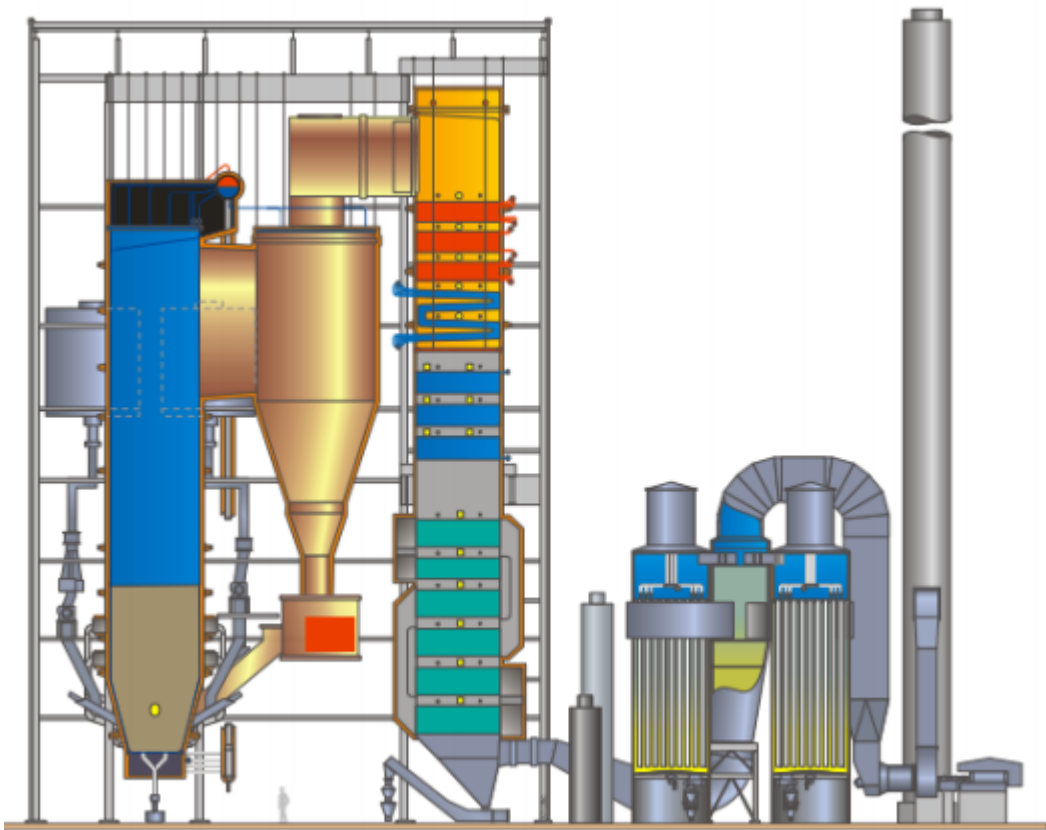
4.1 Kattilatyyppit

Leijukattilat jaetaan käyttäytymisen perusteella kerrosleijukattiloihin ja kiertoleijukattiloihin. Kattilatyyppien tärkein ero rakenteelta on kiertoleijukattiloiden kiintoaineen erotus- ja kierrätyslaitteet, kuten sykloni. Syklonin avulla erotetaan leijutuksen johdosta tulipesästä karkaavat kiintoainepartikkelit ja palautetaan takaisin tulipesään, jolloin savukaasujen mukana poistuvien kiintoainepartikkelien koko pienenee. (Ekono 1989.)

Kerrosleijukattilassa polttoaine syötetään normaalisti sulkusyöttimen ja syöttösuppilon kautta tulipesään leijupedin yläpuolelle. Polttoaineen syötössä voidaan käyttää myös tunkijaruuvia. Kiertoleijukattilassa polttoaine syötetään sulkusyöttimeltä syklonin palautuskanavan ja/tai tunkijaruuvien kautta tulipesään. (Ekono 1989.)

4.2 Pohjolan Voiman CFB-kattila

Pohjolan Voiman Kaanaan kattilalaitos on tyypiltään CFB-kattila eli kiertoleijukattila (kuva 2). Kattilan pääpolttoaineina ovat jysinturve, puu (kuori, hake, puru), kivihiili sekä kierrätyspolttoaine (REF I ja REF II). Kevyttä polttoöljyä käytetään käynnistykseen ja tukipolttoaineena käynnistys- sekä kuormapolttimilla. Päämitoitusarvoiltaan kattilan maksimi polttoaineteho on 206 MW ja suurin jatkuva tuorehöyryvirta 67,2 kilogrammaa per sekunti (kg/s).

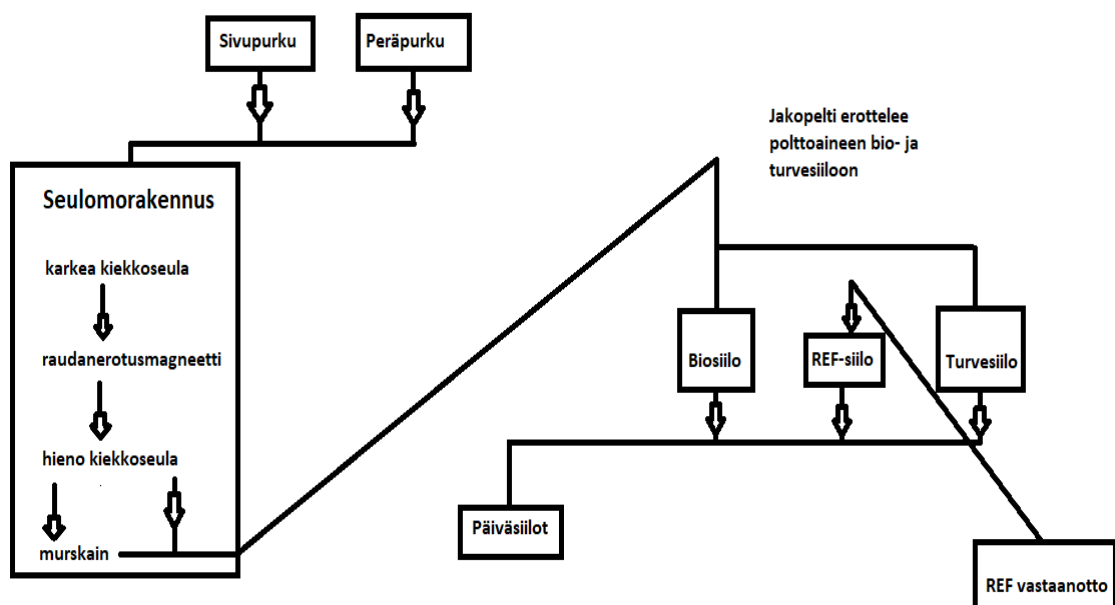


Kuva 2. CFB-kattilalaitos (Valmet Oy).

Kiertoleijujupolttojärjestelmän pääkomponentteihin kuuluvat tulipesä leijuarinoineen, syk-loni, jonka pohjassa on hiekkalukko, sekä välikanava, joka johtaa 2-vetoon eli savukaa-sukanavaan. Savukaasukanavan jälkeen savukaasut kulkeutuvat puhdistusjärjestelmän läpi savupiippuun.

5 POLTTOAINEEN VASTAANOTTO JA KÄSITTELY

Voimalaitoksen biopolttoaine toimitetaan vastaanottoasemalle joko peräpurkuun tai sivupurkuun, joista se kuljetetaan seulomorakennukseen käsiteltäväksi ennen siirtoa polttoaineen varastosiiiloihin (kuva 3). Kierrätyspolttoaineen toimitus tapahtuu omaan erilliseen vastaanottohalliin, josta se kulkeutuu käsittelyn kautta REF-polttoainesiiloon. Hiili puretaan hiilitaskuun. Hiilitaskusta hiili kuljetetaan käsiteltäväksi, jonka jälkeen se varastoidaan kattilarakennuksen yhteydessä olevaan hiilisiiloon.



Kuva 3. Polttoaineen käsittelyn havainnekuva.

Polttoaineen vastaanotto tapahtuu kolmessa eri kohteessa, jotka ovat hiilen vastaanotto, kierrätyspolttoaineen vastaanottohalli sekä biopolttoaineen vastaanottoasema. Eri kohteilla on omat laitteistonsa polttoaineen käsittelyä varten.

5.1 Vastaanottoasema

Vastaanottoasemalla turve ja puupolttoaine puretaan joko peräpurkuhalliin tai sivukippihalliin riippuen kuljetusvälineestä, joka toimittaa kuorman. Peräpurussa auto ajaa hallissa olevan yliajokannen yli. Tämän jälkeen kansi siirretään sivusuunnassa pois tieltä, jolloin auton peräpäästä puretaan kuorma vastaanottotaskun ketjupurkaimelle.

Sivupurussa polttoaineen purkamiseen käytetään sivukippiä. Auto ajaa halliin harvalla ritilällä varustetun vastaanottotaskun viereen ja kippaa sivusta kuorman suoraan vastaanottotaskun ketjupurkaimelle. Kattilalaitokselle vuonna 2020 turvekuormista 96 % toimitettiin sivupurkuun ja sivupurun kokonaiskuormista turpeen osuus oli vastaavasti 96 %.

Perä- ja sivupurun vastaanottotaskujen ketjupurkaimet kuljettavat polttoaineen repijätelan läpi kolakuljettimelle, joka kuljettaa polttoaineen seulomolle käsiteltäväksi. Molempien purkuhallien vastaanottotaskuissa on ruuvinäytteenottimet, joilla osa purettavasta kuormasta otetaan automaattisen näytteenoton käsiteltäväksi polttoaineelle laboratoriossa tehtävää kosteusmäärittystä varten.

5.2 Seulomo

Vastaanottoasemalta polttoaine kuljetetaan kolapurkaimella seulomorakennukseen käsiteltäväksi. Seulomossa polttoaine menee aluksi karkean kiekkoseulan läpi, joka poistaa polttoaineen seasta yli 300 mm kappaleet ylitelavalle. Karkean kiekkoseulan jälkeen polttoaine putoaa tasohihnalle ja kulkeutuu raudanerotusmagneetin ohi hienommalle kiekkoseulalle. Hienommalta kiekkoseulalta polttoaine putoaa kolakuljettimelle ja kiekkoseulan ylite syötetään kaksiroottoriselle murskaimelle, josta se putoaa samalle kolakuljettimelle. Kolakuljetin pudottaa polttoaineen hihnakuljettimelle, joka vie sen varastosiiiloille.

5.3 Varastosiiilot

Varastosiiiloja on kaksi kappaletta tilavuudeltaan 3000 kuutiometriä (m³). Toinen siiiloista on tarkoitettu puupolttoaineille ja toinen turpeelle. Polttoaineet voidaan kuitenkin ajaa halutessa kumpaankin siiloon. Polttoaine tuodaan hihnakuljettimella varastosiiilojen päälle, jossa hihnan pudotustorvessa olevalla jakoluukulla valitaan täytettävä polttoainesiiilo. Pudotustorven jakoluukku ohjataan automaatiojärjestelmän avulla tai vaihtoehtoisesti voimalaitoksen operaattori voi valita käsiohjauksella jakopellille halutun asennon. Siilojen välillä polttoaine kuljetetaan kolakuljettimella.

Varastosiiiloista polttoaine puretaan ruuvipurkaimella hihnakuljettimelle, jolla se kuljetetaan kattilarakennuksen yhteydessä oleville päiväsiiloille, joita on kaksi kappaletta.

Hihnakuljetin on varustettu kahdella raudanerotusmagneetilla, joista toinen on tarkoitettu kierrätyspolttoaineen mahdollisesti sisältämän raudan erotukseen. Varastosiiiloista mukaan lukien REF-siiilosta voidaan purkaa polttoainetta halutulla puun, turpeen ja kierrätyspolttoaineen osuudella hihnalle. Kuvassa 4 on polttoaineen varastointiin tarkoitetut siiilot. Vasemmalta katsoen siiilot ovat turve, REF ja bio.



Kuva 4. Polttoaineen varastosiiilot.

Siiilojen sivussa näkyvien luukkujen kautta on pääsy sisälle siiiloihin. Seulomolta tuleva hihnakuljetin nousee biosiilon päälle, jossa jakoluukun avulla polttoaine putoaa suoraan biosiiloon tai turvesiiloon vievälle kolakuljettimelle.

5.4 Päiväsiilot

Päiväsiiloja on kaksi kappaletta ja ne sijaitsevat kattilarakennuksen kyljessä. Päiväsiilojen läheisyydestä löytyy lisäksi hiilen varastointiin tarkoitettu hiilisiilo. Kapasiteetiltaan hiilisiilo on 600 m³ ja kumpikin päiväsiilo 300 m³. Päiväsiiloista ja hiilisiilosta polttoaine syötetään kattilaan polttoaineensyöttöjärjestelmän avulla.

5.5 Kierrätyspolttoaineen vastaanotto

Kierrätyspolttoaineen vastaanottoa varten on oma erillinen vastaanottohalli, jossa kuorma puretaan palkkisyöttökuljettimelle (kuva 5). Palkkisyöttökuljettimen toiminta perustuu ryhmissä vuorotellen eteen- ja taaksepäin liikkuviin syöttöpalkkeihin, jotka syöttävät polttoainetta vastaanottohallin päässä olevalle murskalle. Vastaanottohalliin mahtuu kapasiteetiltaan yhden ajoneuvoyhdistelmän verran polttoainetta, mikä on kuormasta riippuen 150–200 irtokuutiometriä (i-m^3).

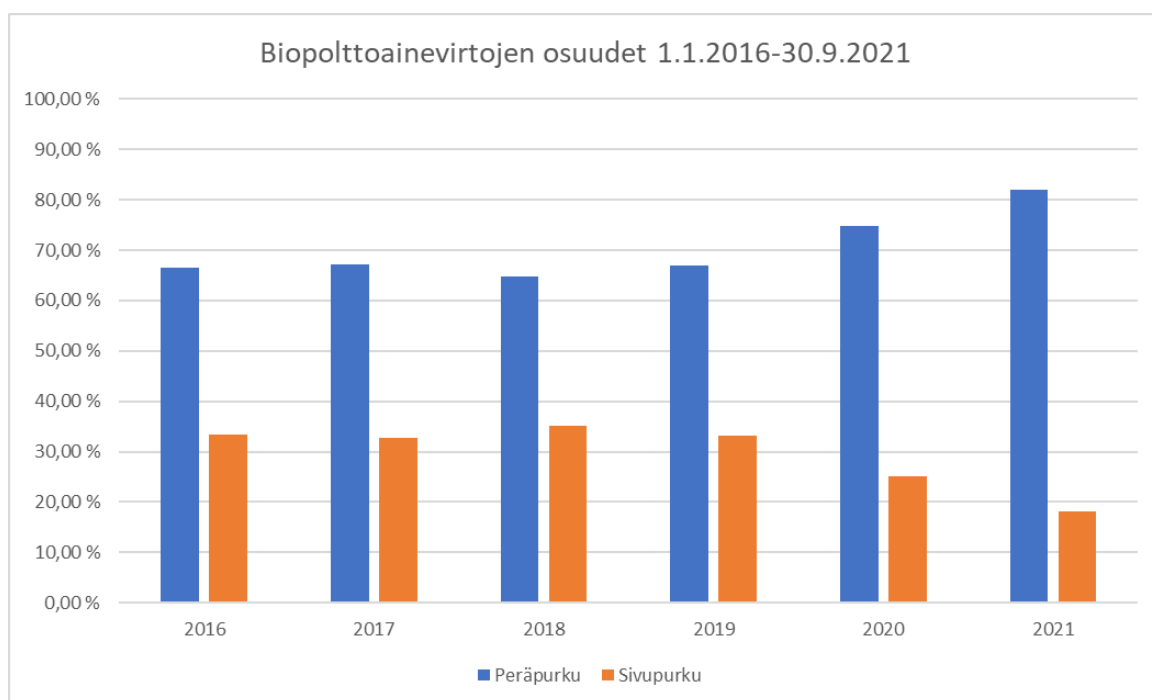


Kuva 5. Kierrätyspolttoaineen vastaanottohalli.

Murskattava materiaali syötetään leikkausalueelle syöttösuppilon kautta. Massiivinen työnin painaa murskattavan materiaalin hitaasti pyörivää leikkuuroottoria vasten. Puristunut materiaali leikkautuu vastaterien ja spiraalimaisesti roottoriin kiinnitettyjen terien välissä. Murskattu materiaali poistuu murskaimesta seulan kautta, joissain tapauksissa se poistuu vasta ylemmällä vastaterällä ja putoaa poistotilaan. Murskan seulalevy päästää lävitse riittävän pienikokoiset kappaleet kolakuljettimelle, jolla polttoaine kuljetetaan REF-siiloon.

6 BIOPOLTTOAINEEN VASTAANOTON TULEVAISUUS

Vastaanottoaseman biopolttoainevirtoja tarkasteltaessa tarkoitetaan kaikkia puupohjaisia polttoaineita sekä jyrsinturvetta, vaikka turve luokitellaan uusiutuvan energian ja biomassan väliin omaan luokkaansa (Energiamailma). Puupolttoaineisiin puolestaan on luokiteltu kaikki voimalaitoksella käytettävät puupohjaiset polttoaineet kuten metsäpolttoaineet, teollisuuden puutähde, ja puhdas kierrätyspuu. Vuonna 2020 biopolttoaineen vastaanoton polttoainevirrasta osuudet jakautuivat 75 % peräpurkuun ja 25 % sivupurkuun. Vastaavasti vuoden 2019 biopolttoainevirrasta 33 % toimitettiin sivupurkuun ja 67 % peräpurkuun. Turpeen osuuden vähentyessä on myös sivupurku jäänyt vähemmälle käytölle. Kaikki sivupurkuun toimitetut kuormat on ajettu sivukippiautoilla, joista osa on ajettu pyöräkuormaajan polttoaineen varastokentältä täyttämällä sivukippiautoilla. Verrattuna vuoteen 2019 sivupurkuun ajettut kuormat puolittuivat vuonna 2020. Polttoainevirtojen tiedot on kerätty voimalaitoksen polttoainetietojärjestelmä Oncesta (kuvio 3).



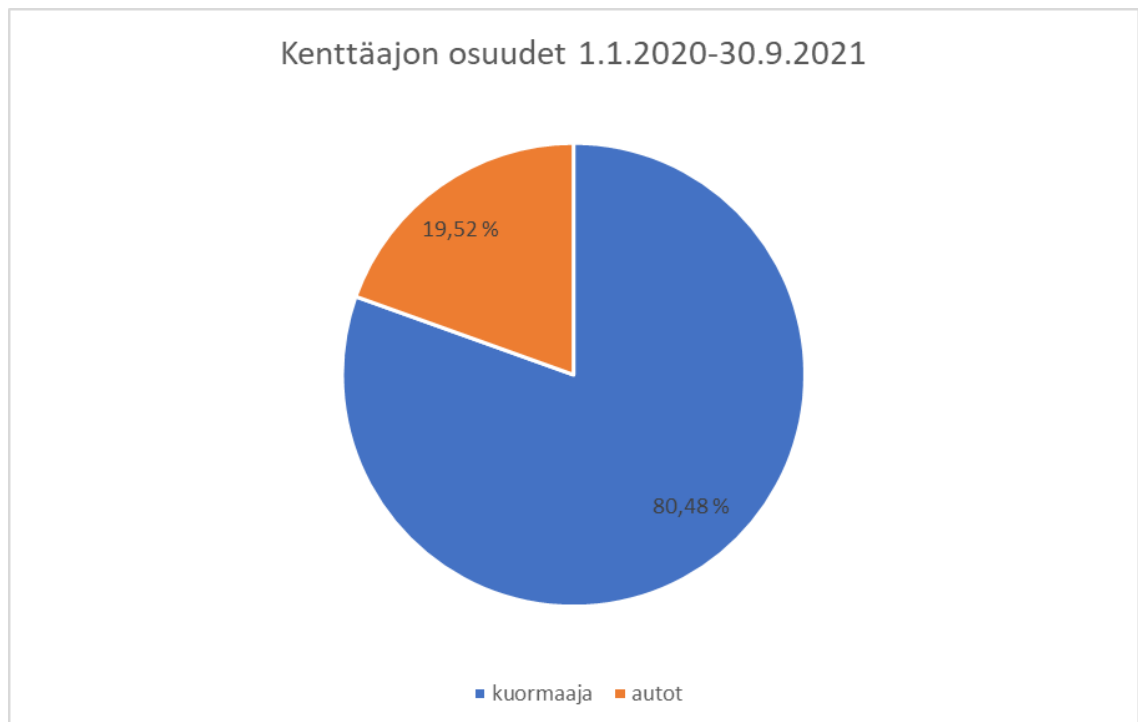
Kuvio 3. Biopolttoainevirtojen osuudet peräpurun ja sivupurun välillä.

Vuoden 2021 osalta tiedot on kerätty syyskuun loppuun asti mutta jo kyseisellä ajanjaksolla turpeen vähennyttä huomattava osa polttoainevirrasta on kääntynyt peräpurun

puolelle. Muutos polttoainevirtojen jakautumisessa peräpurkupainotteiseksi on ollut voimakasta päästöoikeuden kallistuttua.

6.1 Kenttäajo

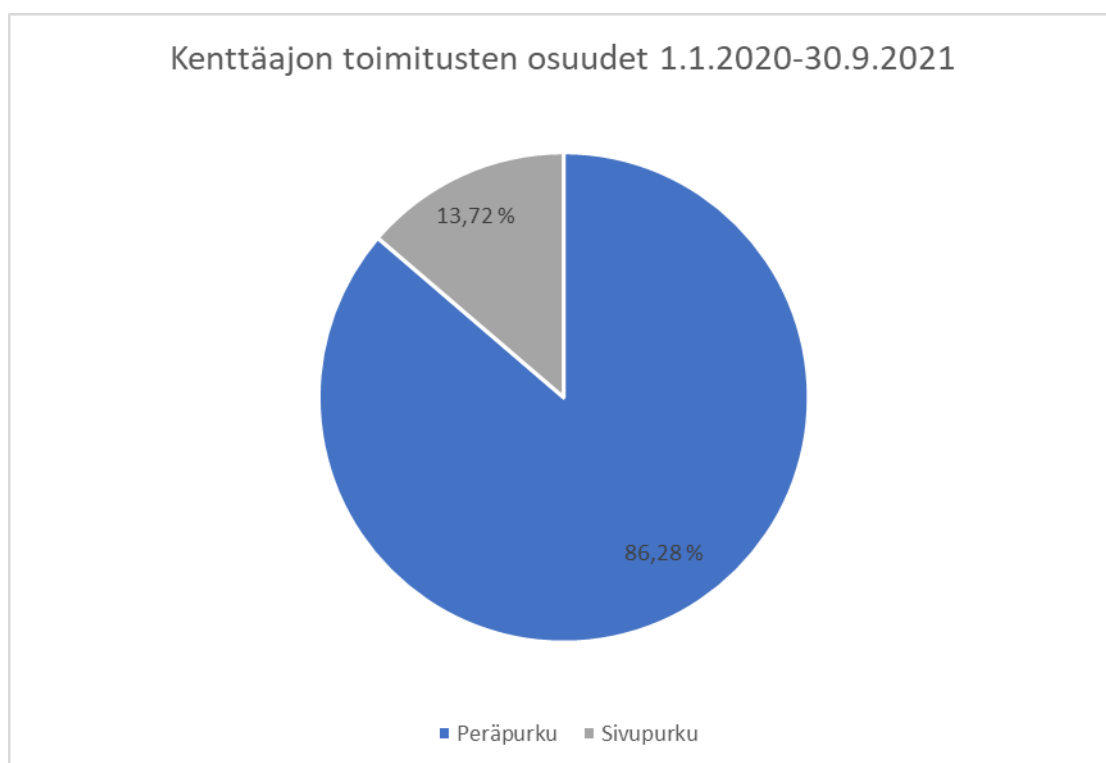
Voimalaitosalueen vieressä sijaitsee polttoaineen varastointiin tarkoitettu kenttä, joka on jaettu etukenttään, sivukenttään ja takakenttään. Nettomäärältään merkittävin kentälle varastoitu tuote on sahanpuru, jota ajetaan biopolttoaineen vastaanoton peräpurkuun pyöräkuormaajalla. Pankalta eli polttoaineen varastokentältä pyöräkuormaajalla ja autoilla ajettut osuudet ovat jakautuneet kuvion 4 osoittamalla tavalla. Osuuksien jakautuminen on laskettu toimitettujen polttoaineiden nettomäärien pohjalta, sillä kuormaaja kykenee toimittamaan vain noin kymmenesosan auton määrästä kerralla, jolloin kappalemääräkohtainen toimitusten jakaantuminen antaisi vääristyneen kuvan.



Kuvio 4. Pyöräkuormaajan ja autojen toimittamien kuormien osuudet.

Kentältä ajetaan enimmäkseen sahanpurua mutta myös muita puupolttoaineita peräpurkuun, joko suoraan pyöräkuormaajalla tai kuormaajan täyttämällä ajoneuvolla. Osa kentältä ajetuista kuormista on mahdollista toimittaa sivupurkuun kuormaajan täyttämällä

sivukippiautolla. Vuodesta 2020 alkaen kenttäajo on aloitettu pyöräkuormaajalla. Tätä ennen kuormat toimitettiin pelkästään polttoaineen varastokentällä täytetyillä autoilla vastaanottoon. Kenttäajon alettua pyöräkuormaajalla osuudet peräpurun ja sivupurun välillä ovat jakautuneet kuvion 5 osoittamalla tavalla.



Kuvio 5. Kenttäajon toimitusten jakautuminen.

Valtaosa polttoainekentältä toimitetuista kuormien nettomäärästä puretaan peräpurkuun. Myötävaikuttavana tekijänä peräpurun suuremmalla käytöllä on pyöräkuormaajan käyttäminen kenttäajossa. Kuormaajan kauha on leveydeltään 3,3 metriä ja sivupurun oviaukon leveys on 4,2 metriä. Pyöräkuormaajalla polttoaineiden toimittamisen ongelmana sivupurkuun on kuorman purkamisen toteuttaminen.

6.2 Sivukippiautot

Sivukippiautoja on muutama kappale kuljetusliikkeiden käytössä, jotka ajavat polttoainetta Porin voimalaitoksille Aittaluotoon ja Kaanaaseen. Toimintaperiaatteelta sivukippiautoissa kuljettajan puolen laita on alaosasta avoin eikä kiinteä. Sivupurkupaikalle

ajettaessa auton kuljettajan puoleinen laita avataan ja nostetaan ylös. Auton apukuljettajan puoleisilla tunkeilla nostetaan toisen puolen laitaa ylemmäs, jolloin kuorma kippaantuu sivupurun kuljettimelle.

Yleisesti sivukippiautojen käyttö on vähentynyt merkittävästi turpeen käytön hiipuesssa. Talvella 2015–2016 Aittaluodon ja Kaanaan voimalaitoksille ajettiin parhaina päivinä yhteensä noin 50 kuormaa turvetta päivässä, kun taas talvella 2020–2021 päivittäisten kuormien keskiarvo molemmilta voimalaitoksilta oli noin neljä kuormaa. Porin seudulla merkittävä vaikutus sivukippiautojen käytön vähentymiseen on ollut Aittaluodon voimalaitoksen A-kattilan siirtyminen täysin puupohjaisille polttoaineille. Turpeen lisäksi sivukippiautoilla on ajettu sahanpurua, koska pelkän turveajon osuus on laskenut merkittävästi. Kaanaan voimalaitoksella sivukippiautoja on käytetty sahanpurun ajamiseen polttoaineen varastointiin tarkoitettulta takakentältä. Hienojakoisemman polttoaineen lisäksi sivukippiautoilla on mahdollista ajaa samoja polttoaineita kuin peräpurkuautoillakin kuten haketta ja kierrätyspuuta.

Kustannuksiltaan sivukippiautot ja peräpurkuautot ovat suunnilleen samanhintaisia. Purkuajaltaan sivukippiautot ovat kuitenkin huomattavasti peräpurkuautoja nopeampia. Itse purkutapahtuma kestää sivukippiautolla noin 10 minuuttia, kun peräpurun vastaava aika on noin 20–25 minuuttia. Purkuajkojen eron takia sivukippiautolla on mahdollista ajaa läheltä toimitettuja kuormia huomattavasti nopeammin. Tästä huolimatta kuljetusliikkeiden näkökulmasta sivukippiautojen hankkiminen tulevaisuudessa ei ole kannattavaa, sillä mahdollisuudet hyödyntää sivupurkausta ovat vähissä ja jokaisella purkupaikalla on mahdollista käyttää peräpurkua. Nykyisten autojen käyttöikä on kuitenkin tarkoitus hyödyntää loppuun. (Kuljetusliikkeet 2021.)

6.3 Sivupurku

Sivupurun vastaanottohalliin auto ajaa sisään oviaukosta, joka on leveydeltään 4,2 metriä ja korkeudeltaan 5,5 metriä (kuva 6). Halliin ajettua auto purkaa kuorman kippaamalla sen sivupurun vastaanottotaskuun. Vastaanottotaskun päällä on silmäkooltaan 500 mm kertaa 500 mm oleva ritilä. Sivupurun ketjupurkain ja repijätela ovat kapasiteetiltaan vastaavat kuin peräpurussa. Sivupurun vastaanottotaskussa on neljä näyttteenottoruuvia, joilla purettavasta kuormasta otetaan polttoaineen kosteusprosentin määrittystä varten näyte automaattisen näyttteenoton toimesta.



Kuva 6. Sivupurku kuvattuna poistumissuunnasta.

Nykyisellään sivupurkuhallin ongelmina ovat sen rajoitetut käyttömahdollisuudet. Vastanottotaskun päällä oleva ritilä vaikeuttaa karkeamman polttoaineen ajamisen sivupurkuun erityisesti talvella, jolloin kuormissa on jäätyneitä paakkuja. Karkea sekä isokokoinen partikkeli ei kykene läpäisemään taskun ritilää. Käytännöllisyydeltään sivupurkua ei voi hyödyntää pyöräkuormaajan kenttäajossa eikä peräpurkuajoneuvoilla. Vajaa kaksi metriä kapeampi oviaukko ja vinottainen lähestyminen vastaanottotaskuun nähdessä vaikeuttavat pyöräkuormaajan kenttäajon kohdistamista sivupurkuun. Turpeen vähentymisen voimalaitoksella on lisännyt pankalta pyöräkuormaajalla ajetun sahanpurun määrää, joka vastaavasti vähentää sivupurun käyttöä.

Toimitettujen kuormien määrissä sivupurun käyttö purkamiseen on jäänyt huomattavasti pienemmälle käytölle (taulukko 3). Jo vuoden 2021 syyskuun loppuun mennessä kappalemäärissä on toimitettu enemmän kuormia peräpurkuun kuin vuoden 2016 aikana, jolloin teollisuusalueen pigmenttitehdas oli merkittävä prosessihöyryn käyttäjä. Silti toimitetuissa tonneissa mitattuna vuoden 2021 peräpurun määrä on puolet vuoden 2016 vastaavasta. Toimitusten kappalemäärän voimakas kasvu on seurausta pyöräkuormaajan kenttäajosta.

Taulukko 3. Kappalemäärissä toimitettujen kuormien jakaantuminen.

Vuosi	Peräpurku	Sivupurku
2021	91,60 %	8,40 %
2020	85,35 %	14,66 %
2019	66,99 %	33,01 %
2018	65,80 %	34,20 %
2017	68,02 %	31,98 %
2016	68,27 %	31,73 %

Polttoainevirta on kääntynyt vahvemmin peräpurun puolelle, kun pyöräkuormaajan kenttäajo on alkanut. Polttoainekentältä ajettu sahanpuru on pitkälti korvannut turvekuormia, joiden määrä on puolittunut samaan aikaan (taulukko 4). Vähäisempi turpeen osuus näkyy suoraan peräpurun lisäntyneellä käytöllä ja puolestaan sivupurun käytön vähentymisenä.

Taulukko 4. Puupolttoaineiden ja turpeen osuudet polttoainevirrasta.

Vuosi	Puu	Turve
2021	84,91 %	15,09 %
2020	74,79 %	25,21 %
2019	67,08 %	32,92 %
2018	65,79 %	34,21 %
2017	70,24 %	29,76 %
2016	69,37 %	30,63 %

Sivupurkuun ajettu turve on polttoainevirrasta nykyisin reilu 10 %. Polttoaineen varastokentältä sivupurkuun ajettu polttoaine on tällä hetkellä sivukippiautolla kuljetettua sahanpurua. Sivukipin käyttö tulee jäämään vähäiseksi, mikäli mitään rakenteellisia muutoksia ei tehdä. Mahdollisia vaihtoehtoja sivupurun hyödyntämiselle on sivupurun hallin oviaukon leventäminen leikkaamalla seinästä väylää tai poikittaisen kolapurkaimen

lisääminen ajoväylälle kuten Aittaluodon voimalaitoksella (kuva 7). Mahdolliset muutokset on suunniteltava niin, että vastaanottotaskussa olevia automaattisen polttoaineen näytteenoton ruuveja voi hyödyntää. (Mahlamäki 2021.)



Kuva 7. Aittaluodon polttoaineen vastaanotto.

Aittaluodon voimalaitoksen vastaanottoasemalla sivukippiauto voi purkaa suoraan vastaanottotaskuun kippaamalla kuorman. Peräpurkuauto purkaa kuorman ajoväylällä poikittain olevalle kuljettimelle, joka siirtää sen vastaanottotaskuun. Hyödyntämällä molempia purkausvaihtoehtoja saadaan tehostettua vastaanottoaseman käyttöä.

6.4 Turvesiilo

Kaanaan voimalaitoksen varastosiihot ovat molemmat tilavuudeltaan 3000 m³. Siiloihin polttoaine kulkeutuu vastaanottoaseman ja seulomon kautta. Toinen siiloista on pääsääntöisesti tarkoitettu puupohjaisten polttoaineiden varastointiin ja toinen turpeen. Kuljettajan tuodessa polttoainetta luetaan auto- ja tuotekohtainen vaakakortti vastaanottoaseman lukijassa, joka ohjaa varastosiihojen päällä olevan jakoluukun oikeaan asentoon

ja tuotu kuorma ohjautuu sille tarkoitettuun siiloon. Vaihtoehtoisesti polttoaine voidaan ohjata valittuun siiloon seka-ajolla, jolloin voimalaitoksen valvomosta asetetaan käsiohjauksella jakoluukku haluttuun asentoon.

Normaalisti turpeen varastointiin tarkoitettuun siiloon on ajettu pelkkää turvetta ja toisinaan sahanpurua sekaan. Biosiiloon on ajettu puupohjaisia polttoaineita. Etuna turpeen ja sahanpurun ohjaamisella turvesiiloon on mahdollisten tukosten väheneminen. Hienojakoisemmalla polttoaineella on vähemmän riskejä aiheuttaa ongelmia siilon ruuvipurkaimen kanssa tai tukkia siilon pudotussuistia. Pelkkään turpeen varastointiin tarkoitettu siilo on ollut käyttövarmuudeltaan biosiiloa parempi käyttöpäiväkirjan merkintöjen perusteella.

Aittaluodon voimalaitoksella turpeen luopumisen yhteydessä kyseisen laitoksen turvesiilon käyttötarkoitusta on muutettu (kuva 8). Turvesiiloon ajetaan karkeampaa polttoainetta, koska Aittaluodon voimalaitoksen A-kattila on tyypiltään leijupetikattila, jonka petilämpöjen nostamista varten on järkevää käyttää rakenteeltaan karkeampaa polttoainetta. Kiertoleijukattilassa puolestaan on mahdollista polttaa luonteeltaan erilaisempaa polttoainetta. Aittaluodon turvesiilon alkuperäinen ruuvipurkain on vaihdettu pienemmän kapasiteetin ruuvipurkaimen vielä siilon ollessa tarkoitettuna pelkästään turpeelle. Pienemmän kapasiteetin ruuvipurkain aiheuttaa siilon tukkeutumisriskiä. (Mahlamäki 2021.)



Kuva 8. Aittaluodon turvesiilo puupolttoaineella.

Kaanaassa turvesiiloon itsessään ei ole tarvetta muutoksille, koska siilo on identtinen biosiilon kanssa. Biosiilon ruuvipurkaimesta on poistettu virtauksenestolevy ja sama toimenpide on tehty myös turvesiilon ruuvipurkaimelle. Mikäli Kaanaan turvesiiloon ajettaiisiin turpeesta luopumisen jälkeen pelkkää sahanpurua, tarvitsee virtauksenestolevy asentaa takaisin. Sahanpuru on hyvä seospolttoaine polttoaineenkäsittelyn laitteiden puhdistukseen ja tukosten ehkäisyyn, joten sitä ei ole kannattavaa ajaa yhteen siiloon. (Mahlamäki 2021.)

7 POLTTOAINEJÄRJESTELYT JA VAIKUTUKSET

Turpeesta luovuttaessa on sen polttoainevirran osuus korvattava toisella polttoaineella. Korvaavana polttoaineena käytetään puupohjaista polttoainetta esimerkiksi sahanpurua tai metsähaketta. Turpeen osuuden väheneminen aiheuttaa useita muutoksia voimalaitoksen polttoainelogistiikkaan. Eri polttoainelaaduilla on erilaiset ominaisuudet ja erityisesti lämpöarvo on puupohjaisissa polttoaineissa turvetta matalampi. Matalampi lämpöarvo edellyttää isompaa määrää kyseistä polttoainetta, jotta se pystyy vastaamaan turpeesta saatuun energiamäärään. Turpeesta luopumisen lisäksi Kaanaan voimalaitoksen polttoainelogistiikkaan tulee vaikuttamaan tehdasalueella toimivan pigmenttitehtaan tuotannon lopettaminen. Pigmenttitehdas vastaa teollisuusalueen autovaa'an ylläpidosta.

7.1 Autovaaka

Autovaaka sijaitsee tehdasalueen porttien ulkopuolella ja kokonaisuutena se koostuu kahdesta vaa'asta. Nykyisellään saapuva auto ajaa tulopuolelle, jossa punnitaan auton tulopaino. Poistuttaessa tehdasalueelta auto ajaa lähtöpuolelle, jossa punnitaan auton lähtöpaino, jonka pohjalta voidaan laskea nettopaino. Pigmenttitehtaan lopettaessa toimintansa autovaa'an vastuu siirtyy mahdollisesti toiselle teollisuusalueen toimijalle. Tehdasalueen autoliikenteen vähentyessä kahden vaa'an ylläpidon sijasta on kuitenkin mielekkäämpää pohtia mahdollisuutta hoitaa vain yhtä. Kahta vaakaa käyttämällä puolitehtaan mahdollinen ruuhka. Mikäli käytössä on vain yksi vaaka, joutuu sama auto käyttämään sitä kahdesti. Taulukossa 5 on esitetty punnitustapahtumien määrä autovaa'alla kolmen eri vuoden helmikuussa.

Taulukko 5. Punnitustapahtumat autovaa'alla valikoituina ajankohtina.

	Helmikuu 2012	Helmikuu 2018	Helmikuu 2021
Päivän keskiarvo	204	94	74
Tunnin keskiarvo	8,5	3,9	3,1
Tunnin keskiarvo yhdellä vaa'alla	17	7,8	6,2

Kylmänä kuukautena helmikuussa on vilkas rekkaliikenne polttoainetoimitusten osalta. Vuonna 2012 pigmenttitehtaan toimiessa normaalilla tuotannolla punnitustapahtumia oli keskimäärin 204 kappaletta päivässä. Tehdasalueen nykyisellä toiminnalla autoja kävi toisella vaa’alla keskimäärin kolme kappaletta tunnissa. Yhtä vaakaa käyttämällä olisi lukema noin kuusi autoa tunnissa, joka tarkoittaisi auton saapumista kymmenen minuutin välein. Huomioitavaa on kuitenkin ruuhkan painottuminen päiväsaikaan.

7.2 Polttoaineiden energiamäärät

Voimalaitoksella käytettävät polttoaineet vaihtelevat ominaisuuksiltaan. Toimitetun polttoainekuorman energiasisältöön vaikuttavat kuorman kosteus ja kuivan polttoaineen tehollinen lämpöarvo. Kuorman kosteuden pohjalta voidaan määrittää kuivan aineen osuus. Tehollinen lämpöarvo on riippuvainen polttoaineesta (taulukko 6).

Taulukko 6. Polttoaineiden lämpöarvoja.

Lämpöarvo	Metsätähde- hake	Kokopuu- hake	Ranka- hake	Jyrsin- turpe
Tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa MJ/kg	18,5-20	18,5-20	18,5-20	20-23
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa MJ/kg	6-9	7-10	7-11	9-10

Voimalaitokselle toimitetun hakkeen keskimääräinen kosteus on ollut noin 49 % ja jyrshinturpeen 42 %. Hakkeen kuiva-aineen tehollisena lämpöarvona voidaan käyttää 19,2 MJ/kg ja jyrshinturpeella voidaan käyttää arvoa 20,1 MJ/kg. Toimitettavan polttoainekuorman massa vaihtelee hakkeen ja turpeen osalta toisinaan suuresti mutta arviolta keskimääräisen kuorman massa molemmille polttoaineille on noin 40000 kg. Polttoaineen energiasisältö lasketaan kaavan 1 avulla.

$$\text{Energiamäärä (MWh)} = m \left((1 - w) * H - 2,443 * w \right) / 3600,$$

missä m = polttoaineen massa (kg)

w = polttoaineen kosteus ($0 < w < 1$)

H = analysoitu kuivan polttoaineen lämpöarvo (MJ / kg)

Kaava 1. Polttoaineen energiamäärä.

Kaavaan sijoittamista varten polttoaineiden kosteudet tulee muuttaa desimaaliluvuiksi, eli hakkeen kosteutena käytetään arvoa 0,49 ja turpeella 0,42. Kaavaa 1 käyttämällä keskimääräisen hakekuorman energiamääräksi saadaan 95,1 MWh ja turvekuorman energiasisällöksi 118,1 MWh. Hakekuorman keskimääräinen energiasisältö on siis 80 % turvekuorman verrattuna. Käytännössä tämä tarkoittaa, että turpeen korvaamiseksi hakkeella on ajettava 1,25-kertainen määrä kuormia. Muiden polttoaineiden osalta kuormien energiamäärien vertailu on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Keskimääräisten polttoainekuormien vertailu.

Tuote	Sahanpuru	Kutterinlastu	Kuori	Sivupuu	Kierrätyspuu
Keskikosteus (%)	54	15	58	42	40
Lämpöarvo (MJ/kg)	19	19	19	19	19
Kuorman keskimääräinen massa (kg)	46000	13000	50000	47000	37000
Energiamäärä (MWh)	94,8	57	91,2	130,5	107,1
Turvekuormaa vastaava määrä (kpl)	1,25	2,07	1,29	0,90	1,10

Puupolttoaineista ainoastaan sivupuu sisältää keskimääräiseen turvekuorman nähden enemmän energiaa. Muiden polttoainelaatujen osalta voimalaitoksen toimitusten kokonaismäärä tulee kasvamaan turpeen osuuden korvaamiseksi. Vuoden 2021 helmikuussa vilkkaimpana päivänä biopolttoaineen vastaanottoon toimitettiin 47 kuormaa ajo-neuvoyhdistelmillä, joista neljä kappaletta sisälsi turvetta. Neljän turvekuorman korvaaminen sahanpurulla edellyttäisi viittä kuormaa, jolloin vastaavan päivän kuormamääräksi saadaan 48 kappaletta. Yhteen vuorokauteen sovitettuna tarkoittaa se vastaanottoase-man kannalta yhtä kuormaa 30 minuutin välein, jotka painottuisivat pelkästään peräpu-run puolelle. Polttoainetoimitusten painottuminen peräpurun puolelle lisää ruuhkautumi-sen riskiä varsinkin, kun huomioidaan pyöräkuormaajan kenttäajon painottuminen perä-purkuun.

7.3 Energiantuotannon kustannukset

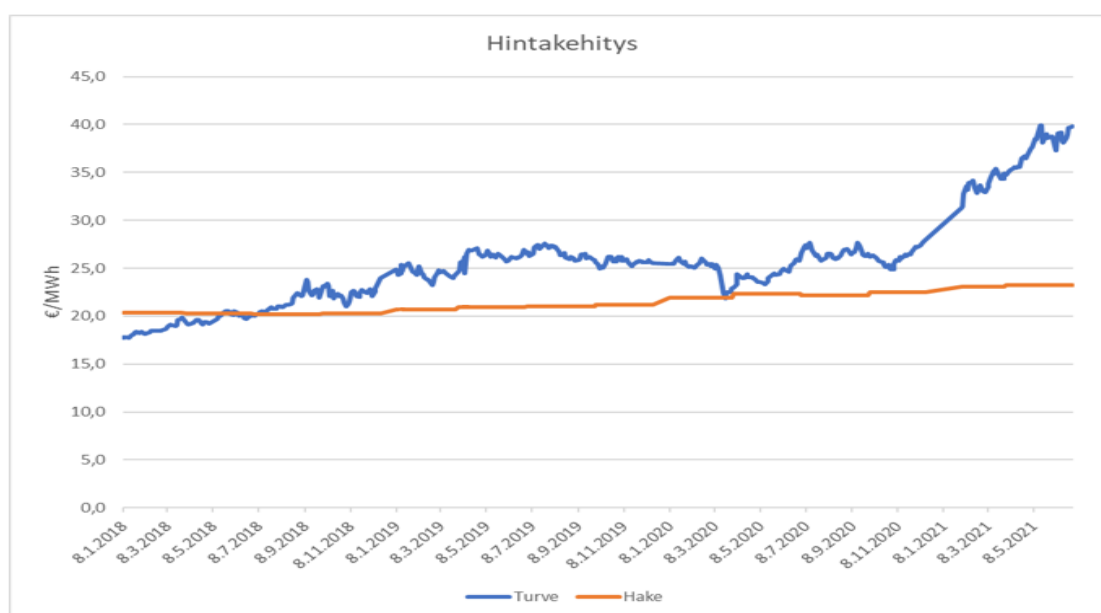
Tilastokeskuksen (2021) tietojen mukaan turpeen hinta valmistevero mukaan lukien energiantuotannossa on 18,7 €/MWh vuoden 2021 toisella vuosineljänneksellä. Valmis-teveron osuus on 5,7 €/MWh. Metsähakkeen hinta energiantuotannossa on 23,2 €/MWh.

Syyskuun viimeisenä päivänä 2021 päästöoikeuden hinta oli 61,37 euroa per hiilidioksiditonni (€/tCO₂). Päästöoikeuden hinta näkyy polttoaineissa kalliimpina kokonaiskustannuksina (taulukko 8).

Taulukko 8. Päästöoikeuden vaikutus polttoaineen hintaan (Makkonen 2014).

Polttoaine	Hiilidioksidipäästöt, CO ₂ (t/MWh)	Päästöoikeuden aiheuttama lisäkustannus				
		2 €/tCO ₂ (€/MWh)	5 €/tCO ₂ (€/MWh)	10 €/tCO ₂ (€/MWh)	20 €/tCO ₂ (€/MWh)	30 €/tCO ₂ (€/MWh)
Turve	0,382	0,8	1,9	3,8	7,6	11,5
Kivihiili	0,341	0,7	1,7	3,4	6,8	10,2
Kevyt polttoöljy	0,267	0,5	1,3	2,7	5,3	8,0
Maakaasu	0,202	0,4	1,0	2,0	4,0	6,1
Metsähake	0	0	0	0	0	0

Turpeen polttamisesta syntyvä hiilidioksidipäästö on 0,382 tonnia poltettua megawattituntia kohden. Päästöoikeuden aiheuttama lisäkustannus voidaan määrittää kertomalla turpeen megawattituntikohtainen hiilidioksidipäästö nykyisellä päästöoikeuden hinnalla. Päästöoikeuden hinnalla 61,37 €/tCO₂ saadaan päästökaupan turpeelle aiheuttamaksi kustannukseksi 23,4 €/MWh, joka lisätään turpeen hintaan valmisteveroineen (kuvio 6).



Kuvio 6. Turpeen ja hakkeen kokonaiskustannuksen kehitys 8.1.2018–30.6.2021.

Päästöoikeuden hinnan voimakas nousu on nostanut turpeen ja hakkeen välistä hintaeroa. Kallis päästöoikeuden hinta tarkoittaa, että hake on energiantuotannossa halvempi polttoaine, vaikka itse turpeen hinta valmisteveroineen on matalampi hakkeeseen verrattuna.

8 KIERRÄTYSPOLTTOAINE REF

Kierrätyspolttoaineet voivat olla teollisuuden, yritysten ja yhdyskuntien syntypistelajiteltuja, kuivia ja polttokelpoisia materiaaleja sellaisenaan tai niistä valmistettuja polttoaineita, joilla korvataan esimerkiksi lämpö- ja voimalaitosten kiinteitä polttoaineita. Nykyisin kierrätyspolttoaineilla on vakiintunut asema turpeen ja puun rinnakkaispolttoaineena energiantuotannossa. Kierrätyspolttoaineiden kysyntä on voimakasta, kun perinteisten polttoaineiden hinnat nousevat. Energiantuottajan kannalta on mielekäästä polttaa taloudellisesti kannattavia polttoaineita. Kierrätyspolttoaineen käytön kannalta haasteiksi muodostuu polttoaineen vastaanoton ja käsittelyn investoinnit, sekä polttoaineen laatu- vaihtelusta johtuvat riskit. Lähtökohtaisesti kierrätyspolttoainetta käytetään sivupolttoaineena osuudella 10–20 %. (Alakangas 2000, 109-111; Vesanto ym. 2007, 11.)

8.1 REF-laatu luokittelu

Kierrätyspolttoaineille määritellään standardin SFS 5875 mukaan kolme laatuluokkaa (REF I–III) ja laadunvalvonnan perusmenettelyt. Kierrätyspolttoaineen yleisin laatuluokka markkinoilla on REF II. (Vesanto ym. 2007, 15.) Kierrätyspolttoaineen nimitys REF on vanhentunut termi, jonka on korvannut nykyisin SRF (Solid Recovered fuel). Kaanaan voimalaitoksella kierrätyspolttoaineesta käytetään kuitenkin vielä nimitystä REF. Standardi SFS-EN ISO 21640:2021 määrittelee SRF-polttoaineille laatuvaatimukset.

Kierrätyspolttoaineille tärkeimmät laatu kriteerit ovat (Alakangas 2000, 150):

- palakoko
- kosteus
- epäpuhtaudet
- tuhkapitoisuus
- kemiallinen koostumus.

Palakoko on kierrätyspolttoaineen kannalta oleellisen tekijä tasalaatuisen käytettävyyden kannalta. Oikealla palakoolla on merkitystä erityisesti polttaineensyöttölaitteiston toimivuudessa. Kosteuteen vaikuttaa kierrätyspolttoaineen sisältämän muovin määrä.

Runsaasti muovina sisältävässä polttoaineessa on alhaisempi kosteus ja korkeampi lämpöarvo kuin puuta sisältävässä kierrätyspolttoaineessa. Epäpuhtaudet polttoaineessa ovat mm. metalli ja lasi, jotka aiheuttavat useimmiten ongelmia polttoaineensyöttölaitteistossa. Kemialliselta koostumukselta REF saattaa sisältää muihin polttoaineisiin verrattuna korkeampia pitoisuuksia natriumia, kaliumia ja alumiinia. (Juvonen 1998, 29; Hiltunen 1998, 8.) Alkuainekoostumuksensa vuoksi (taulukko 9) kierrätyspolttoaineen polttaminen lisää riskiä savukaasujen päästöjen pitoisuuksien kasvussa.

Taulukko 9. Kierrätyspolttoaineiden ominaisuuksien vaihtelu (VTT).

Ominaisuus	Vaihteluväli, kaikki	REF I (syntypistelajiteltu pakkauksia ja puujätettä sisältävä seos), keskiarvo eri analyyseistä	REF III (syntypistelajiteltu kotitalouden jäte), keskiarvo eri analyyseistä
Kosteus, %	5–30	9,1 irtotavara 3,2 pelletit	28,5 irtotavara 3,2 pelletit
Irtotiheys saapumistilassa, kg/m ³		180 irtotavara 300 pelletit	210 irtotavara 300 pelletit
Tuhka, % kuiva-aineesta	1–16	5,9	9,5
Haihtuvat aineet kuiva-aineesta, %	70–86		
Kalorimetrinen lämpöarvo, MJ/kg	20–40	24,7	22,9
Tehollinen lämpöarvo kuiva-aineesta, MJ/kg	17–37	23,1	21,5
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, MJ/kg		20,8	14,6
Alkuainekoostumus, p-%			
Hiili	48–75	56,0	52,9
Vety	5–9	7,4	7,3
Typpi	0,2–0,9	0,63	0,71
Happi	10–45		
Rikki	0,05–0,20	0,16	0,13
Kloori	0,03–0,7	0,19	0,71

Erytyisesti kierrätyspolttoaineen klooripitoisuus aiheuttaa riskiä kuumakorroosiolle. Polton kannalta haitallisinta on alumiini, sillä sen sulamispiste on matala (660 °C). Alumiini myös hapettuu huonosti ja palaessaan se muodostaa ohuen oksidikalvon peittämiä pirsaroita, jotka tavallisimmin tarttuvat kattilan tulistimiin. (Hiltunen 1998.)

Korkean klooripitoisuutensa vuoksi kierrätyspolttoaineen käytöstä syntyy enemmän vetykloridi- ja vetyfluoridipäästöjä. Haitallisten päästöjen kasvu edellyttää puhdistusjärjestelmää ja mahdolliset ongelmat puhdistusjärjestelmän toiminnassa rajoittavat kierrätyspolttoaineen käyttämistä.

8.2 Ominaisuudet

Kierrätyspolttoaineen ominaisuudet riippuvat pitkälti sen koostumuksesta. Kemialliset ominaisuudet määrittelevät polttoaineesta syntyvät päästöt ja kattilan likaantumisen. Alhaisen kosteuden ja korkean lämpöarvon omaavan muovin pitoisuus kierrätyspolttoaineesta on 5–10 % luokkaa (taulukko 10). (Alakangas 2000, 112-117.)

Taulukko 10. Teollisuuden tuotantojätteestä valmistettu kierrätyspolttoaine (Vesanto ym. 2007).

Näytteet (kertänäytteitä) Kosteus ja lämpöarvo 55 kpl Tuhka 20 kpl Aikajakso: 8/2000–7/2007	Kosteus saapumistilassa m-%	Tuhkapitoisuus kuiva-aineessa m-%	Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa MJ/kg
Keskiarvo	8,4	5,0	22,3
Mediaani	7,6	4,7	22,1
Suurin arvo	22,3	11,1	31,1
Pienin arvo	3,6	2,4	14,5
Keskihajonta	4,0	1,9	3,5

Kaanaan voimalaitoksella poltettava kierrätyspolttoaine on pääsääntöisesti teollisuuden tuotantojätettä, joka esikäsitellään laatuluokitusten mukaisesti. Kierrätyspolttoaineen korkea lämpöarvo ja matalat kustannukset tekevät siitä mielekkään seospolttoaineen.

8.3 Polttaminen

Jätteen polttamista säätelee valtionneuvoston asetus 151/2013. Jätteen polttamisen on oltava mahdollisimman täydellistä niin, että kuonassa ja pohjatuhkassa olevan orgaanisen hiilen kokonaismäärä on alle kolme prosenttia tai niiden hehkutushäviö alle viisi prosenttia aineksen kuivapainosta. Edellytyksen täyttämiseksi jäte on tarvittaessa esikäsiteltävä. Asetus määrittelee velvoitteet olosuhteille jätteen polttamiseksi. Savukaasujen tulee viipyä hapettavissa olosuhteissa vähintään kahden sekunnin ajan yli 850 °C:n

lämpötilassa. Lisäksi jätettä polttavassa laitoksessa on oltava järjestelmä, joka pysäyttää ja estää kierrätyspolttoaineen polttamisen, mikäli viipymäaika vaatimus ei täyty. Lisäksi polttolaitoksella on oltava jatkuvatoimisia mittauksia savukaasujen päästöistä. (Valtioneuvoston asetus 151/2013.)

Taulukossa 11 mainittujen epäpuhtauksien lisäksi tarvitaan jatkuvatoimiset mittaukset määritellystä palamiskammion edustavasta kohdasta, savukaasun happipitoisuudesta, -paineesta, -lämpötilasta ja -vesihöyrysisällöstä. Päästöt on pyrittävä hallitsemaan asetuksessa mainituissa raja-arvoissa ja raja-arvojen ylityksistä tulee ilmoittaa valvontaviranomaiselle. (Valtioneuvoston asetus 151/2013.)

Taulukko 11. Savukaasujen jatkuvatoimiset mittaukset (Vesanto ym. 2007).

Rinnakkaispolton savukaasusta jatkuvatoimisesti mitattavat pitoisuudet
NO _x
CO
Hiukkaspitoisuus
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)
HCl
HF
SO ₂
O ₂
H ₂ O

Savukaasujen jatkuvatoimisten mittausten raja-arvot lasketaan laitoksen peruspolttoaineen polton savukaasun raja-arvojen ja jätteenpolton savukaasun raja-arvojen painotettuina keskiarvoina. Painotuskertoimina käytetään kummastakin polttoaineosuudesta muodostuvien savukaasujen määriä. Laskenta tehdään savukaasujen tilavuusvirtojen mukaan ja huomioon otetaan myös peruspolttoaineen sekä jätteen polton referenssihappipitoisuudet. (Vesanto ym. 2007, 52.) Jatkuvatoimisten mittausten lisäksi savukaasuista mitataan määräajoin raskasmetallit (taulukko 12) sekä dioksiinit ja furaanit.

Taulukko 12. Puolivuositain mitattavat pitoisuudet (Vesanto ym. 2007).

Rinnakkaispolton savukaasusta puolivuositain mitattavat pitoisuudet
Raskasmetallit (Cd, Tl, Hg, Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)
Dioksiinit ja furaanit

Jätteenpoltoasetuksen raja-arvojen sisällä pysyminen edellyttää tehokasta savukaasujen puhdistusjärjestelmää. Kaanaan voimalaitoksen savukaasut puhdistetaan letkusuotimien avulla. Savukaasujen puhdistukseen syötetään aktiivihiltä, jonka käyttö on pakollista kierrätyspolttoainetta poltettaessa ja tarvittaessa puhdistukseen syötetään kalsiumhydroksidia sekä kalkkia. Raja-arvojen ylittyminen johtaa kierrätyspolttoaineen polton rajoittamiseen, jotta raja-arvojen sisällä pysytään.

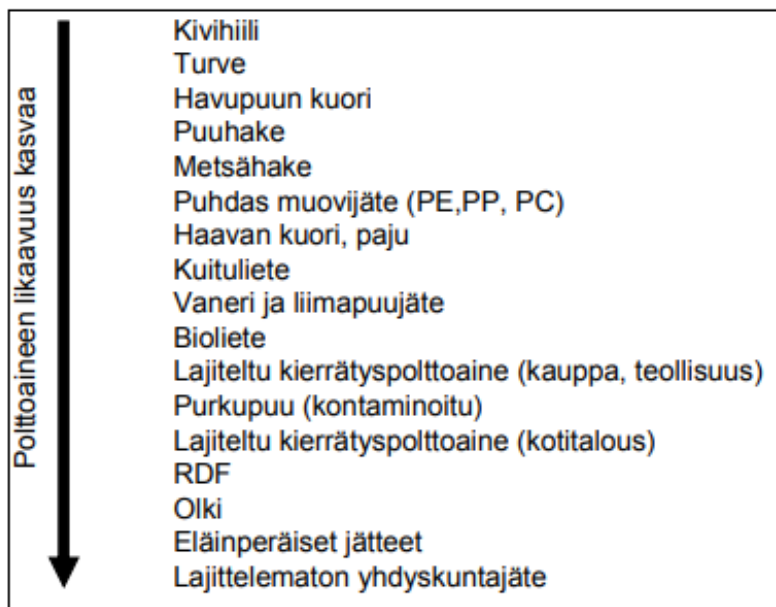
8.4 Palaminen

Kierrätyspolttoaineen polttamista varten se on murskattava sopivaan palakokoon. Leijupoltossa polttoaineen maksimidimensioksi on yleensä määritelty 50–100 mm. Kierrätyspolttoaineet ovat pääosin reaktiivisia, helposti palavia. Palamisen täydellisyys on yleensä hyvä. Kalvomainen muovi ja paperi reagoivat nopeasti tulipesässä. Erityisesti muovin osalta on vaarana, että se pyrolysoituu ja kaasuuntuu niin nopeasti, ettei palaminen ehdi tapahtua tarkoitettua. Tästä voi seurata hapeton vyöhyke kierrätyspolttoaineen syöttökohdan yläpuolella. Kevyt polttoaine voi myös lentää savukaasuvirran mukana palavana tulipesän yläosaan. Vastaavasti käyttäytyy myös hieno, pölymäinen polttoaine. Reaktiivinen polttoaine ja palamisen hallinta vaativat palamisilman syötön optimointia. Primääri- ja sekundääri-ilmat on jaettava tulipesään optimaalisesti. (Vesanto ym. 2007, 40.)

8.5 Likaantuminen

Polttoaineen ja sen tuhkan koostumukset vaikuttavat olennaisesti tuhkan likaavuuteen (kuva 9). Hienojakoinen, reaktiivista kalsiumia ja alkalimetalleja koostuva tuhka on likavampaa kuin pääasiassa silikaattimineraaleja sisältävä tuhka. Erityisesti polttoaineessa

oleva kloori lisää tuhkan likaavuutta. Biopolttoaineet ja kierrätyspolttoaineet sekä niiden tuhkat ovat kalsium- ja alkalipitoisia. Tämän takia ne ovat turvetta ja kivihiiltä likaavampia polttoaineita. (Vesanto ym. 2007, 41-42.)



Kuva 9. Polttoaineiden likaavuus leijupoltossa (Vesanto ym. 2007).

Rikkipitoisina ja inerttituhkaisina seospolttoaineina kivihiili ja turve useimmiten helpottavat kattilan likaantumisongelmia bio- ja kierrätyspolttoaineita poltettaessa. Teollisuuden jätteistä valmistettu kierrätyspolttoaine muodostuu muoveista, paperista, kartongista ja niiden yhdistelmistä. Polttoaineen klooripitoisuus lisää likaavuutta ja lisäksi se saattaa sisältää muita epäpuhtauksia. (Vesanto ym. 2007, 42-43.)

8.6 REF-osuudet Kaanaan voimalaitoksella

Kierrätyspolttoaineen tavoiteltu osuus kattilan polttoainevirrasta Kaanaan voimalaitoksella on ympäristöluvan sallima 20 %. Osuuden pitäminen tavoitellussa ei kuitenkaan onnistu täysin, sillä eri tekijät vaikuttavat kierrätyspolttoaineen määrään polttoainevirrasta. Osuuden tarkoituksenmukaiseen vähentämiseen alle 20 %:n saattaa johtua savukaasun päästöjen raja-arvojen ylittymisestä, epäkurantista polttoaineesta tai muusta syystä. Osuuden putoaminen noltaan prosenttiin johtuu pääasiallisesti, joko polttoluvan poistumisesta alle 850 °C:n savukaasujen viipymän lämpötilasta tai REF-siilon

tyhjentyemisestä. Toisinaan kierrätyspolttoaineen osuutta pienennetään ennalta, jos on tiedossa REF-siilon tyhjeneminen ennen polttoainetoimituksen saapumista.

Taulukossa 13 on esitetty REF:n osuus tavoiteltuun määrään nähden. Ajokausi on alkanut syksyllä voimalaitoksen revision jälkeen ja päättyy keväällä ennen revisiota. Ajokauden tunneista on jätetty pois viikko kattilan ylösajosta ja viikko kattilan alasajosta, jotta kattilan kuormat, käyttö sekä polttoainetoimitukset olisivat mahdollisimman todenmukaisia. Ajokaudella 2019-2020 kierrätyspolttoaineen osuudessa on päästy tavoiteltuun 20 %:n osuuteen vain reilu puolet ajokauden ajasta. Seuraavan ajokauden parannus kierrätyspolttoaineen osuudessa johtuu paljolti paremmasta polttoluvan säilymisestä. Todellinen osuus kuvastaa kierrätyspolttoaineen keskimääräistä osuutta koko ajokaudella.

Taulukko 13. Kierrätyspolttoaineen osuudet ajokausilla.

REF-poltto	Ajokausi 19-20	Ajokausi 20-21
Ajokauden tunnit (h)	5663	4943
REF-osuus 20% (h)	3218	3610
REF-osuus tavoitellussa ajokaudella (%)	56,8 %	73,0 %
REF todellinen osuus	14,8 %	16,6 %

Alle 20 %:n kierrätyspolttoaineen osuus polttoainevirrasta tarkoittaa, että kyseinen osuus on korvattu jollakin muulla polttoaineella kuten turpeella tai puupolttoaineilla. Kustannuksiltaan kierrätyspolttoaine on huomattavasti muita polttoaineita halvempaa, jolloin tavoitellun osuuden alapuolelle jääminen aiheuttaa energiantuotannon kannalta kalliimpia tuotantokustannuksia.

8.7 Pullonkaulat kierrätyspolttoaineen käytössä

Kaanaan voimalaitoksella kierrätyspolttoaineen kokonaismäärää polttoainevirrasta laskee eniten kyseisen polttoaineen käytön loppuminen alhaisten savukaasujen lämpötilan aiheuttama polttoluvan poistuminen tai REF-siilon tyhjentyminen logististen vaikeuksien takia.

Taulukkoon 14 on kerätty kierrätyspolttoaineen polton loppumisen syyt sekä niiden aiheuttama kesto tunneissa. Polttoluvan puuttumisen tunnit on laskettu savukaasujen viipymääjan tuntikeskiarvon ollessa alle 850 °C. Tyhjäksi siiloksi on määritelty tuntikeskiarvot, jolloin siilon pinnanmittaus näyttää pinnaksi alle viisi prosenttia. Siilon tukoksen ja muun syyn aiheuttamat keskeytykset on määritetty käyttöpäiväkirjan merkintöjen ja automaatiojärjestelmän tietojen pohjalta. Muu syy johtuu joko REF-murskan tukkeutumisesta tai REF-vastaanottoaseman huollosta.

Taulukko 14. REF-polton loppumisen syyt, kesto tunneissa ja prosentuaalinen osuus ajasta.

REF-poltto	Ajokausi 19-20	Osuus prosentteissa	Ajokausi 20-21	Osuus prosentteissa
Ajokausi	5663 (h)	100 %	4943 (h)	100 %
Polttolupa pois	672 (h)	11,9 %	426 (h)	8,6 %
Siilo tyhjänä	541 (h)	9,6 %	437 (h)	8,8 %
Muu syy	15 (h)	0,3 %	8 (h)	0,2 %
Siilon tukos	0 (h)	0,0 %	27 (h)	0,5 %

Käyttöpäiväkirjan merkinnöissä kierrätyspolttoaineen käyttöön liittyvissä ongelmissa eniten ovat vähentyneet kirjaukset päästöjen osalta, joista eniten kirjauksia oli HCl-päästöissä, josta viimeisen kahden ajokauden aikana oli vain yksi kirjaus verrattuna edeltävän kahden vuoden yhdeksään kirjaukseen. Murskan summa-hälytyksestä eli murskan jumiutumuksesta epäkurantin polttoaineen vuoksi on käyttöpäiväkirjassa ajoittain merkintöjä mutta ne eivät ole aiheuttaneet kierrätyspolttoaineen käytön loppumista. Kahden viimeisen vuoden osalta kierrätyspolttoaineen käyttöön liittyvät ongelmat, joista löytyy merkintä päiväkirjasta on esitetty liitteessä 1.

Polttoluvan poistuminen johtuu savukaasujen liian alhaisesta lämpötilasta. Savukaasujen lämpötilaan vaikuttaa erityisesti kattilan kuorma. Matalalla kuormalla on haastavaa ylläpitää savukaasujen viipymän lämpötilaa kierrätyspolttoaineen polttamisen sallimiseksi. Matalilla kuormilla savukaasujen lämpötilaan vaikuttaa merkittävästi poltettavan polttoaineseoksen koostumus ja rakenne. Polttoluvan säilyttämiseen on toisinaan hankala vaikuttaa ja, mikäli se jätetään huomiotta vähentämällä polttoluvan puuttumisen tunnit ajokauden kokonaistunneista saadaan tyhjän siilon osuudeksi keskimäärin noin 10 % ajokauden ajasta (taulukko 15).

Taulukko 15. Tyhjän siilon osuus ajokauden ajasta huomioimatta polttoluvan puuttumista.

REF-poltto	Ajokausi 19-20	Ajokausi 20-21	Keskiarvo
Ajotunnit (h)	4991	4517	4754
Siilo tyhjänä (h)	541	437	489
Osuus (%)	10,8 %	9,7 %	10,3 %

REF-siilon purkaimen kapasiteetti on enimmillään 65 m³/h, joten purkaimen käydessä täysillä kuluu keskimääräisen kierrätyspolttoainetoimituksen purkamiseen noin kolme tuntia. Polttoainetoimitusten tullessa etäältä pääsee siilo ja vastaanottohalli tyhjenemään ennen seuraavan kuorman vastaanottamista REF-purkaimen käydessä täydellä teholla. REF-siilo on enimmillään yhtäjaksoisesti ollut 19 tuntia tyhjillään ilman polttoluvan puuttumista.

REF-siilon pinnanmittauksista kerätyn tiedon pohjalta on määritetty ajokausille päivät, jolloin siilo on päässyt tyhjenemään ja näitä päiviä on verrattu polttoainetietojärjestelmän ilmoittamiin voimalaitoksen päiväkohtaisiin kierrätyspolttoaineen toimittajiin. Tämän pohjalta on laskettu kullekin toimittajalle osuus, kuinka usein siilo on päässyt tyhjenemään toimittajakohtaisesti. Koostettu data on luottamuksellista ja jää opinnäytetyön toimeksiantajan sisäiseen käyttöön.

9 HAVAINNOT JA YHTEENVETO

Nykyisellään polttoaineen vastaanoton sivupurun käytöstä suurin osa koostuu turvetoimituksista (96 %). Turpeesta luopumisen jälkeen uhkaa sivupurkupaikan käyttö jäämään hyvin vähäiseksi. Turpeen korkeampi lämpöarvo puupohjaisiin polttoaineisiin verrattuna tarkoittaa toimitusmäärien kasvua, jotta vastaava energiamäärä saadaan tuotettua. Kasvava toimitusten määrä tulee mitä todennäköisemmin näkymään useampina peräpurkuuormina, koska sivukippiautojen tulevaisuuden näkymät ovat heikot. Peräpurun purkutapahtuman kesto on noin 2,5 kertainen sivupurkuun nähden ja toimitusten painoutuessa peräpurkuun, saattaa se aiheuttaa ruuhkaa vastaanottoasemalle erityisesti talvella, jolloin kattilan polttoaineen kulutus on suurimmillaan.

Sivupurkupaikan osalta on syytä tarkastella vaihtoehtoja sen käytön tehostamiseksi tulevaisuudessa. Sivupurkutaskun päällä olevan ritilän poistaminen mahdollistaisi nykyisillä sivukippiautoilla karkeampien polttoaineiden ajamisen sivukipin kautta, jolla voidaan siirtää osa polttoainevirrasta sivupurun puolelle ja vähentää ruuhkautumista. Haittapuolena on toisaalta karkeasti seulovan ritilän puuttuminen, jolloin vastaanottotaskuun saattaa päätyä käsittelylaitteiston kannalta liian isokokoista materiaalia. Tehokkaimmin sivupurkua saisi hyödynnettyä tulevaisuudessa investoimalla sivupurun vastaanottoon poikittainen kolakuljetin kuten Aittaluodon voimalaitoksella on. Poikittainen kolakuljetin mahdollistaisi peräpurkuautojen käyttämisen myös sivupurkupaikalla. Kahdella aktiivisessa käytössä olevalla vastaanottoaikalla voidaan vähentää mahdollisen laiterikon aiheuttamaa haittaa polttoainetoimituksissa.

Kenttäajon nykyinen ongelma on, ettei pyöräkuormaaja mahdu toimittamaan polttoainetta sivupurkuun. Sivupurkuvastaanoton päätyseinän leikkaaminen mahdollistaisi polttoaineen ajon sivupurkuun pyöräkuormaajalla. Pankalta pääsääntöisesti ajatun polttoaineen ollessa sahanpurua, voisi sivupurkutaskun päällä olevan ritilän säästää. Mikäli pyöräkuormaajalla olisi mahdollista ajaa polttoainetta sivupurkuun, vähentäisi se ylimääräisen ruuhkan muodostumista peräpurunvastaanottoon. Pyöräkuormaajan kenttäajon ajaksi peräpurun vastaanotto joudutaan sulkemaan muilta polttoainetoimituksilta, jolloin ajoneuvoyhdistelmän saapuessa peräpurkupaikalle samanaikaisesti, joutuu pyöräkuormaaja keskeyttämään kenttäajon.

Turvesiilon osalta ei ole tarvetta investoinneille. Siilo on vastaavanlainen biosiilon kanssa ja pystyy käsittelemään yhtä hyvin puupohjaisia polttoaineita. Jos siilon

käyttötarkoitukseksi valitaan hienon polttoaineen kuten sahanpurun varastointi on virtauksenestolevy tarpeellinen asentaa takaisin polttoaineen valumisen ehkäisemiseksi. Hienojakoisen polttoaineen ajaminen yhteen siiloon ei kuitenkaan ole järkevää sen puhdistavien ja tukoksia ehkäisevien ominaisuuksien takia. Aittaluodon voimalaitoksella entinen turvesiilo on muutettu karkeammalle polttoaineelle petilämpöjen nostamiseksi. Samanlaista ratkaisua voisi hyödyntää, mikäli tarkoituksena Kaanaan voimalaitoksella on ylläpitää kierrätyspolttoaineen polttolupaa matalilla kuormilla. Tietyn polttoainelaadun ajaminen hallitusti turvesiiloon edellyttää muutosta automaatiojärjestelmään. Nykyisellään automaatiojärjestelmä erottelee vain vastaanottoasemalle toimitetuista polttoaineista puupohjaiset ja turpeen. Ilman muutosta automaatiojärjestelmään, joudutaan puupohjaiset polttoaineet ajamaan haluttuun siiloon käsiohjauksella valvomosta. Jos siiloihin ei määritellä tiettyä varastoitavaa polttoainetta, on automaation osalta järkevin tehdä jakopellin asennon vaihtuminen riippuvaiseksi siilojen pinnanmittauksista.

Kierrätyspolttoaineen käytössä suurimmat rajoittavat tekijät muodostuvat liian alhaisista savukaasujen viipymän lämpötilasta ja poltettavan materiaalin loppumisesta. Polttoaineensyöttöjärjestelmässä tapahtuvat ongelmat kuten siilon tai murskan tukkeutuminen eivät aiheuta usein pitkäkestoisia vaikutuksia ja rajoita kierrätyspolttoaineen käyttöä. Savukaasujen lämpötilaan vaikuttaa merkittävästi kattilan kuorma ja poltettavan polttoaineen laatu. Korkean lämpöarvon ja hyvän energiasisällön omaavan polttoaineen käyttö edesauttaa kierrätyspolttoaineen polttoluvan ylläpitämisessä. Poltettavan materiaalin loppuminen kattaa noin kymmenesosan ajasta, jolloin ajokaudella ei polteta kierrätyspolttoainetta, vaikka lämpötilat sen sallisivat. Kierrätyspolttoaineen käytön tehostamiseksi on syytä tutkia keinoja parantaa toimitusvarmuutta. Toimitusten vaihtelevuutta aiheuttaa ulkoilmalämpötilan muutokset, jotka vaikuttavat kattilan kuormaan. Ulkolämpötilan viiletessä kattilan kuorma kasvaa kuten myös polttoaineen kulutus. Vastaavasti vaikutus on käänteinen, jos ulkolämpötila nousee.

Kierrätyspolttoaineen ylläpitokapasiteetin parantamiseen voi vaikuttaa varastointikapasiteetin kasvattamisella. Nykyisellään REF-siilon kapasiteetti on 100 m^3 . Vastaanottohalliin ajoneuvoyhdistelmän toimittama polttoainemäärä on suunnilleen $150\text{--}200 \text{ i-m}^3$. Suurilla kattilan kuormilla kierrätyspolttoaine loppuu kolmen tunnin aikana. Jos polttoainetoimitukset tulevat pitkän ajomatkan päästä, pääsee polttoaine loppumaan ennen uuden kuorman saapumista. Siilon kapasiteettia kasvattamalla voi lisätä polttoaineen riittävyttä. Vaihtoehtoisesti toimituksen viivettä voisi paikata varastoimalla kierrätyspolttoainetta voimalaitosalueelle jollakin vaihtoehtoisella ympäristöluvan sallimalla tavalla.

LÄHTEET

- AFRY 2020. Selvitys turpeen energiakäytön kehityksestä Suomessa. Viitattu 4.8.2021. Saatavissa: https://afry.com/sites/default/files/2020-08/tem_turpeen_kayton_analyysi_loppuraportti_0.pdf
- Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Espoo: Otamedia Oy.
- Ekono Oy 1989. Leijukattilat kurssi. Materiaali.
- Energiamailma. Viitattu 9.10.2021. Saatavissa: <https://energiamailma.fi/energiasta/energian-tuotanto/polttoaineet/#Turve>
- Energiavirasto. Päästöoikeuksien huutokauppa. Viitattu 4.8.2021. Saatavissa: <https://energiavirasto.fi/huutokauppa>
- Hiltunen, M. 1998. Kierrätyspolttoaineiden käyttömahdollisuudet leijupolttokattiloissa. Espoo.
- Ilmasto-opas 2020. Suomen päästöt. Viitattu 12.10.2021. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastomuutos/hillinta/-/artikkeli/0be63fa0-533f-4986-b674-859b6577c8b5/suomen-kasvihuone-kaasujen-paastot-ovat-laskussa.html>
- Juvonen, J. 1998 Kierrätyspolttoaineiden laatuohje. Jyväskylä: FINBIO.
- Maa- ja metsätalousministeriö. Kansallinen energia- ja ilmastopolitiikka. Viitattu 4.8.2021. Saatavissa: <https://mmm.fi/luonto-ja-ilmasto/energia-ja-ilmastopolitiikka/kansallinen-energia-ja-ilmastopolitiikka>
- Mahlamäki, T. 2021. Haastattelu. Kaanaan biovoimalaitoksen käyttömestaria Tapio Mahlamäkeä haastatteli 23.9.2021 Joni Järvenperä.
- Makkonen, I. 2014. Päästökauppa ja sen vaikutukset sähkön hintaan. Maataloustieteen päivät. Viitattu 31.10.2021. Saatavissa: https://www.smts.fi/MTP_julkaisu_2014/Posterit/221Makkonen_Paastokauppa_ja_sen_vaikutukset_sahkon_hintaan.pdf
- Mann, M. 2019. "greenhouse gas". Ensyklopedia. Britannica. Viitattu 12.10.2021. Saatavissa: <https://www.britannica.com/science/greenhouse-gas>
- Motiva 2020. Päästökauppa. Viitattu 4.8.2021. Saatavissa: <https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjaukset/paastokauppa>
- Pohjolan Voima 2021. Porin Prosessivoima luopuu turpeesta vuoden 2023 loppuun mennessä. Viitattu 4.8.2021. Saatavissa: <https://www.pohjolanvoima.fi/porin-prosessivoima-luopuu-turpeesta-vuoden-2023-loppuun-mennessa/>
- Pori Energia 2020a. Tietoa kaukolämmöstä. Viitattu 4.8.2021. Saatavissa: <https://www.porienergia.fi/lampo/tietoa-kaukolammosta/ymparisto--alkupera>
- Pori Energia 2020b. Ympäristö & yhteiskuntavastuu. Viitattu 5.8.2021. Saatavissa: <https://www.porienergia.fi/yritys/Ymparisto#container>
- Pori Energia toimintakertomus. 2020. Viitattu 5.8.2021. Saatavissa: <https://www.porienergia.fi/globalassets/yritys/vuosikertomus/2020-toimintakertomus-pori-energia.pdf>
- Sitra 2020. Tekninen raportti: Turpeen rooli ja sen käytöstä luopumisen vaikutukset Suomessa . Viitattu 4.8.2021. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/julkaisut/turpeen-rooli-ja-sen-kaytosta-luopumisen-vaikutukset-suomessa/>

Suomen virallinen tilasto (SVT): Kasvihuonekaasut [verkkajulkaisu]. ISSN=1797-6049. 2020, Suomen kasvihuonekaasupäästöt 2020 . Helsinki: Tilastokeskus. Viitattu 12.10.2021. Saatavissa: https://www.stat.fi/til/khki/2020/khki_2020_2021-05-21_kat_001.fi.html

Turveinfo 2017. Turpeen energiakäyttö. Viitattu 4.8.2021. Saatavissa: <http://turveinfo.fi/kayttotavat/energiakaytto/turpeen-energiakaytto/>

Työ- ja elinkeinoministeriö a. EU:n uusiutuvan energian tavoitteet ja lainsäädäntö. Viitattu 22.9.2021. Saatavissa: <https://tem.fi/eu-lainsaadanto>

Työ- ja elinkeinoministeriö b. Päästökauppa. Viitattu 4.8.2021. Saatavissa: <https://tem.fi/paastokauppa>

Valtioneuvoston asetus jätteenpolttamisesta 14.2.2013/151. Annettu 14.2.2013. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130151>

Vero 2021. Sähkön ja eräiden polttoaineiden vero. Viitattu 16.9.2021. Saatavissa: <https://www.vero.fi/yritykset-ja-yhteisot/verot-ja-maksut/valmisteverotus/sahko-ja-eraat-polttoaineet/>

Vesanto, P.; Hiltunen, M.; Moilanen, A.; Kaartinen, T.; Laine-Ylijoki, J.; Sipil, K. & Wilén C. 2007. Kierrätyspolttoaineiden ominaisuudet ja käyttö. Espoo: VTT.

Kierrätyspolttoaineen päiväkirjamerkinnyt

Kierrätyspolttoaineen käyttöön liittyvät päiväkirjamerkinnyt		
Päivämäärä	Päiväkirjamerkinnyt aihe	Tapahtuma
16.9.2021	Aktiivihiili	Hetkellisesti pois päältä
22.4.2021	Murska	Summa-hälytys
2.4.2021	REF-kola	Jumissa
25.3.2021	REF-siilo	Tukos
4.3.2021	Murska	Summa-hälytys
27.1.2021	REF-siilo	Tukos
23.1.2021	REF-siilo	Tukosvahdin vika
17.1.2021	Murska	Tukos
15.1.2021	Polttoaine	Paljon rautaa
15.1.2021	Polttoaine	Paljon rautaa
22.12.2020	Magneetti	Ylikuuma moottori
16.12.2020	REF-siilo	Tukos
27.11.2020	Murska	Tukos
13.11.2020	Murska	Tukos
3.11.2020	REF-siilo	Laitevika
1.11.2020	Murska	Summa-hälytys
23.10.2020	Murska	Tukos
14.10.2020	REF-siilo	Tukosvahdin häiriö
13.10.2020	Palkkisyötin	Palanut sulake
16.5.2020	REF-siilo	Tukos
7.5.2020	Kalkkipuhallin	Paineen nousu
28.4.2020	Päästöt	HCl-nousu
8.4.2020	Murska	Summa-hälytys
17.2.2020	Murska	Tukos
8.2.2020	REF-siilo	Pyörintävahdin vika
29.12.2019	Murska	Tukos
28.10.2019	Polttoaine	Paljon rautaa
29.9.2019	Murska	Tukos