

Mira Keskitalo

ENERGIARAPORTIN KEHITTÄMINEN

Metsä Fibre Kemin tehtaalle

ENERGIARAPORTIN KEHITTÄMINEN

Metsä Fibre Kemin tehtaalle

Mira Keskitalo
Opinnäytetyö
Kevät 2016
Energiatekniikka
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Mira Keskitalo

Opinnäytetyön nimi: Energiaraportin kehittäminen

Työn ohjaajat: Jukka Ylikunnari, Mikko Väliälö

Työn valmistumislukukausi – ja vuosi: 03/2016

Sivumäärä: 55 + 6

Vuonna 2015 astui voimaan energiatehokkuuslaki edistämään energiamarkkinoilla toimivien yritysten energiatehokkuutta. Energiatehokkuus tarkoittaa tuotteiden ja palvelujen tuottamista yhä pienenevin energiakulutuksin ympäristöä säästäten. Työn toimeksiantajan Metsä Fibren tavoitteita ovat energiatehokkuustyön selkeyttäminen, tehostaminen ja vaikuttavuuden parantaminen sekä bioenergialiiketoiminnan kasvattaminen. Tuotannonseurantaan käytettävä järjestelmä uusitaan. Päivityksen myötä kuukausiraportti energiantuotannosta ja – kulutuksesta tarkennetaan ja kohdennetaan tarkemmin tarpeisiin.

Tavoitteena työssä on päivittää tekninen määrittely, jonka perusteella toteutetaan tehtaan tekninen kuukausiraportti uuteen infojärjestelmään. Uusi tekninen kuukausiraportti tulee päivittää ulkoasultaan mahdollisimman selkeäksi ja vain tarvittavan tiedon sisältäväksi. Lisäksi tavoitteena on tutustua sellutehtaan energia – ja höyrytaseen sisältöön ja siihen vaikuttaviin tekijöihin.

Tämä opinnäytetyö toimii pohjana kuukausiraportin kehittämiseksi. Tekninen kuukausiraportti lasketaan ja tulostetaan tehtaan vuonna 2017 uusittavassa infojärjestelmässä. Järjestelmämuutoksen vuoksi on tarve päivittää olemassa oleva raportoinnin määrittely ajan tasalle.

Työn pohjana on käytetty dokumenttia 'Energia raportin määrittelyt Botnia Kemin tehtaalla', jonka on kirjoittanut Timo Saarinen vuonna 2010. Raportoinnissa tarvittava mittausdata saadaan suurimaksi osaksi tehtaan omasta automaatiojärjestelmästä.

Nykyinen teknisen kuukausiraportin määrittelyt päivitettiin vastaamaan olemassa olevaa sellutehtaan tilannetta hyödyntäen olemassa olevaa määrittelyä ja olemassa olevaa Excel-pohjaista raportointijärjestelmää. Määrittelyistä koostuvan kuukausiraportin kaavojen ja positioiden oikeellisuus tarkistettiin ja korjattiin. Lisäksi tarkasteltiin turbiinin sähköenergian kulutusta sekä laskettiin turbiinille rakennusasteet vaiheittain. Höyry – ja energiataselaskentaa tarkennettiin.

Asiasanat: bioenergia, energiatehokkuus, energiantuotanto, lämpö, massa – ja paperiteollisuus

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö aloitettiin 11.1.2016 ja valmistui 30.3.2016 Metsä Fibre Kemin tehtaan toimeksiannosta.

Työn ohjaajana Metsä Fibreltä toimi DI Mikko Väliatalo. Työssä tiiviisti oli mukana myös Ins. Jorma Heikkilä ja talteenoton käyttöhenkilökunta. Haluan kiittää Metsä Fibreä ja edellä mainittuja henkilöitä mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta sekä ohjeista ja opastuksesta työhön liittyvissä haasteissa. Haluan kiittää Oulun ammattikorkeakoululta työn ohjaajaa lehtori Jukka Ylikunnaria sekä lehtori Pirjo Partasta työn ja opintojeni aikana saamastani kannustuksesta, ohjeistuksesta ja palautteesta.

Olen saanut paljon arvokasta oppia energiatehokkuuteen vaikuttavien asioiden huomioimisesta ja energiatehokkuuslain sekä ISO 50001-energianhallintajärjestelmän asettamista vaatimuksista.

Haluan myös kiittää miestäni sekä poikaani opintojeni ja opinnäytetyöni aikana saamastani tuesta, kannustuksesta ja kärsivällisyydestä.

Kemissä 30. maaliskuuta 2016

Mira Keskitalo

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
ALKULAUSE.....	4
SANASTO.....	7
1 JOHDANTO.....	9
2 METSÄ GROUP.....	10
3 ENERGIANTUOTANNON SEURANTA.....	12
3.1 Energiatehokkuus.....	13
3.2 Toiminnan johtaminen.....	16
3.3 Kuukausiraportointi.....	18
4 ENERGIARAPORTIN MÄÄRITTELYT.....	21
4.1 Työssä käytettävät kaavat.....	22
4.1.1 Määrä.....	22
4.1.2 Lämpömäärä.....	22
4.1.3 Kulutuksen osuus.....	24
4.1.4 Lauhteenpalautuksen määrä.....	24
4.1.5 Ominaisenergiankulutus.....	25
4.2 Polttoaineet.....	26
4.2.1 Polttoöljyt.....	26
4.2.2 Raskas polttoöljy HK2000.....	27
4.2.3 Raskas polttoöljy LS420.....	28
4.2.4 Kevyt polttoöljy -29/-34.....	29
4.2.5 Kuori.....	29
4.2.6 Mustalipeä.....	32
4.2.7 Hajukaasut.....	33
4.2.8 Metanoli.....	33
4.3 Lämmön tuotanto.....	34
4.3.1 Höyryn kehitys.....	34
4.3.2 SK 1.....	34
4.3.3 K10.....	35
4.4 Lämmön kulutus.....	36
4.4.1 Massatehdas.....	36

4.4.2	Talteenotto	37
4.4.3	Muu kulutus.....	37
4.4.4	Puunkäsittely.....	38
4.4.5	Kuivauskoneet	38
4.4.6	Sellutehtaan lämmönkulutus yhteensä.....	38
4.4.7	TG5 vastapainesähkö	38
4.4.8	Apulauhdutus	39
4.4.9	Kartonkitehdas	39
4.4.10	Kaukolämpö.....	39
4.4.11	Lämmönkulutus yhteensä	39
5	ENERGIARAPORTIN KEHITTÄMINEN	40
5.1	Kuukausiraporttipohja.....	40
5.2	Energiatase	41
5.3	Rakennusaste	47
5.4	Kehityskohteita	50
6	YHTEENVETO	52
	LÄHTEET.....	54
	LIITTEET	56
	Liite 1. Uuden raportin pohja	
	Liite 2. Turbiinin tuotannonajokuva	
	Liite 3. Selitteet	

SANASTO

Käytetyt ohjelmat

Aspentech Process Explorer 2006 9.0.0

Aspen Technology Inc. Sovelluksen avulla saadaan kulutuksien ja tuottojen trendikaaviot mittauspisteiden positioiden avulla.

DNALabEntry 3.1.2

Sovellusohjelmisto, jolla voidaan syöttää tietokantaan konfigurointitiedot (positioiden, näyttöjen ja työkokonaisuuksien tiedot) tallennetaan. Sisältää position, position kuvauksen, yksikön, aikaleiman, arvon, tavoitearvon, edellinen arvon sekä edellinen ajan.

DNAuse Client_Kuitu

Prosessinohjausjärjestelmä. Sisältää kuitulinjan; Kamyri 1 ja 2, valkaisu ja hakettamo.

DNAuse Client_Talto

Prosessinohjausjärjestelmä. Sisältää talteenottolinjan; K10, SK1, TG5, biojätevesilaitos, haihduttamo, kaustisointi ja vesilaitos.

eDOCS DM 5.3.1

Windows Explorer DM Extension. Sovelluksen avulla voi lukea, luoda, muokata ja tallentaa asiakirjoja DM kirjastoon.

metsoDNA CR 3.2.1.20151

Salli. Metso Automation Inc. Verkkoportaali on sovellus DNARapor ja DNATracer raporttien tarkasteluun. Lisäksi verkkoportaaliin voidaan sisällyttää web-sivuja, PDF-tiedostoja, Excel-tiedostoja jne.

Lyhenteet

CHP	Sähkön ja lämmön yhteistuotanto
EKO	Ekonomaiseri, syöttöveden esilämmitin
EU	Euroopan Unioni
IEA	The International Energy Agency
i-m ³	Irtokuutiometri, hakekuutiometri tai pilkkeiden heittokuutiometri
K10	Kiinteän polttoaineen kattila
MPÖ	Moottoripolttoöljy
PJ	Peta Joule (10 ¹⁵)
POK	Kevyt polttoöljy
POR	Raskas polttoöljy
SK1	Soodakattila
TG5	Turbiinigeneraattori
TWh	Terawattitunti
VRA	Raakavesi

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantaja Metsä Fibre Oy otti käyttöön vuonna 2012 ISO 50001-energianhallintajärjestelmän, jonka tarkoituksena on energiatehokkuuden seurannan parantaminen. Nykyisten energiatehokkuusjärjestelmien myötä energiatehokkuutta parantaviin toimiin kiinnitetään entistä enemmän huomiota, jolloin energiatehokkuuden seuranta korostuu.

Työn tarkoituksena on kehittää kuukausiraporttia uusiutuvan infojärjestelmän myötä. Tehtaan tekninen kuukausiraportti sisältää polttoaineiden hankinnan ja käytön sekä lämpö – ja sähköenergian hankinnan ja niiden käytön osastokohtaisesti. Työssä ei käsitellä sähköenergian osuutta.

Tavoitteena työssä on päivittää tekninen määrittely, jonka perusteella voidaan toteuttaa tehtaan tekninen kuukausiraportti uuteen infojärjestelmään. Uusi tekninen kuukausiraportti tulee päivittää ulkoasultaan mahdollisimman selkeäksi ja vain tarvittavan tiedon sisältäväksi. Lisäksi tavoitteena on tutustua sellutehtaan energiataseen sisältöön ja siihen vaikuttaviin tekijöihin.

Työssä on vertailtu Timo Saarisen kirjoittamaa 'Energiaraportin määrittelyt Botnia Kemin tehtaalla' ja Excel-taulukoista muodostuvaa kuukausiraporttia. Laskennoissa olevien mittauspisteiden positioiden ja kaavojen oikeellisuus ja ajankohtaisuus on tarkistettu yhdessä toimihenkilöiden ja käyttökonekunnan kanssa.

2 METSÄ GROUP

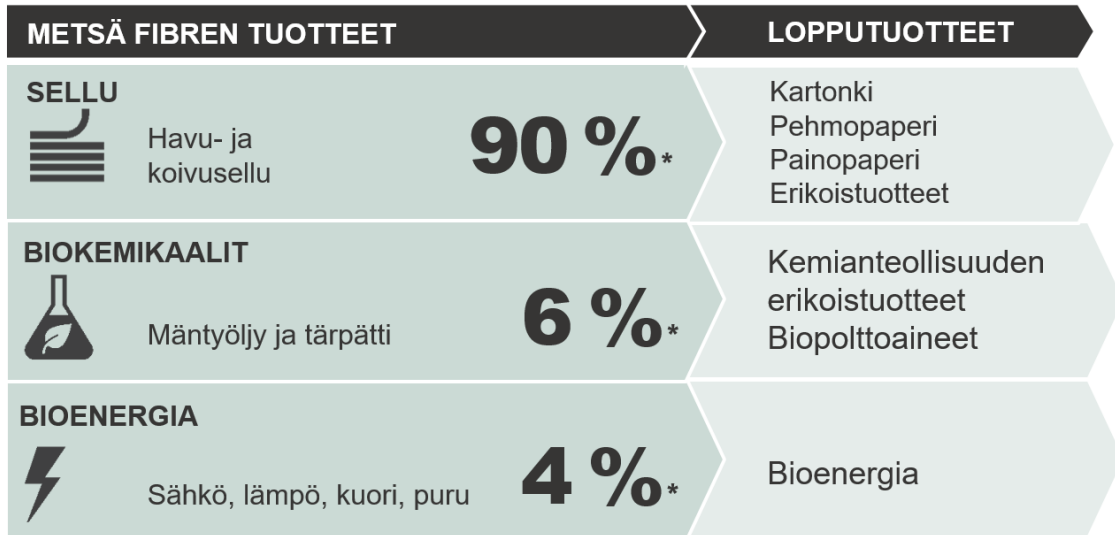
Metsä Group aloitti toimintansa vuonna 1934 Metsäliitto Oy:nä. Vuonna 2012 Metsäliitto-konserni muutti nimensä Metsä Groupiksi. Metsä Group muodostuu Metsäliitto Osuuskunnasta, johon kuuluu noin 116 000 metsänomistajaa. Metsä Groupin ydinliiketoimintoihin kuuluvat pehmo – ja ruoanlaittopaperit, kartonki, sellu, puutuotteet sekä puunhankinta. Metsä Group muodostuu pehmo – ja ruoanlaittopapereita tuottavasta Metsä Tissuesta, kartonkia tuottavasta Metsä Boardista, sellua tuottavasta Metsä Fibrestä, puuliiketoiminnasta vastaavasta Metsä Woodista sekä Metsä Forestista, jolle kuuluvat puunhankinta ja metsäpalvelut. Kokonaisuudessaan Metsä Groupissa työskentelee 9 600 henkilöä. Metsä Groupin liikevaihto on 5,0 miljardia euroa ja tuotantoa on 7 eri maassa. Vuonna 2015 Metsä Group saavutti uuden yhtiötasoisien selluntuotantoennätyksen 2 353 000 tonnia. (1; 2.)

Metsä Fibre Oy

Metsä Fibre on osa kansainvälisillä markkinoilla toimivaa metsäteollisuuskonsernia Metsä Groupia. Metsäliitto osuuskunta omistaa Metsä Fibrestä hieman yli puolet, Metsä Board sekä Itochu Corporation omistavat loput neljännekset. Metsä Fibre kuuluu maailman johtaviin havuselluntuottajiin. Valkaistut havu – ja koivusellut soveltuvat korkealaatuisten pehmo – ja painopaperien, kartongin kuin erikoistuotteidenkin valmistukseen. Vuonna 2015 Joutsenon, Kemin, Rauman ja Äänekosken Metsä Fibren sellutehtailla oli henkilöstöä yhteensä 850. (1.)

Kemin sellutehdas työllistää kaksilinjaisella havusellutehtaalla 164 henkilöä, joista 87 % on prosessityöntekijöitä. Vuonna 2015 Kemin sellutehtaan tuotantokapasiteetti oli 590 000 tonnia havu – ja lehtipuuosellua. Puunkulutus on noin 2,7 miljoonaa kuutiota vuodessa. Energian tuotanto perustuu kahteen kattilalaitokseen; lämpöteholtaan 320 MW:n soodakattilaan ja lämpöteholtaan 115 MW:n kiinteän polttoaineen kattilaan. Kemin sellutehtaalla on pitkä historia, joka alkaa jo vuodesta 1893. Tuolloin Trävarusaktiebolaget Kemi perustettiin. Vuonna 1991 Kemin sellutehtaan omistajaksi vaihtui Metsä-Botnia ja Kemin sellutehdas liitettiin osaksi Metsä Groupia. Kartonkitehdas yhtiöitettiin Kemiart Liners Oy:ksi vuonna 2001. Vuonna 2012 toiminnan fokuksena seurauksena Metsä Botniasta tuli Metsä Fibre. (1; 3.)

Kemin sellutehdas valmistaa myyntiin havu – ja lehtisellun lisäksi biokemikaaleja (mäntyöljyä, tärpättiä) sekä bioenergiaa (sähköä, kuorta sekä lämpöä). Sellun osuus kattaa noin 90 % Metsä Fibren liikevaihdosta, biokemikaalit kattavat 6 % ja bioenergia kattaa 4 %, kuva 1. (1.)



* prosenttia Metsä Fibren liikevaihdosta vuonna 2014

KUVA 1. Metsä Fibre Kemin tehtaan tuotteet (1)

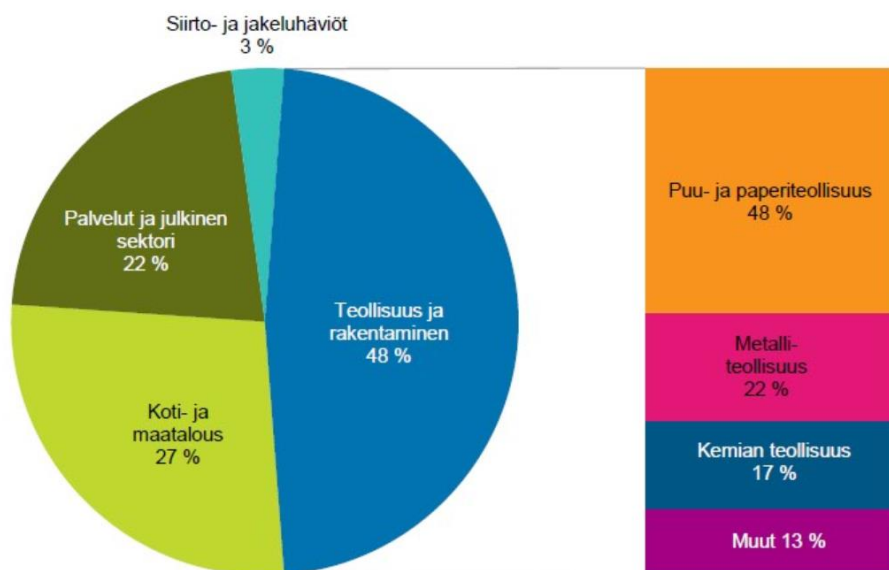
Havusellun kansainvälinen myynti kasvaa tasaisesti. On arvioitu, että sellun kysyntä on 2 miljoonaa tonnia vuonna 2025. Kemin tehtaalta puolet sellusta myydään Suomeen, loput Turkkiin, Portugaliin, Ranskaan, Italiaan, Espanjaan sekä lisäksi pieni osuus muihin maihin. Metsä Fibre on innovatiivinen yritys. Kemin tehtaan käytettävyyden tavoite 98 % saavutettiin vuonna 2015. Tehtaan tehokkuus on maailman huippua. Tehokkuudesta huolehditaan oikea-aikaisin investoinnein ja jatkuvan parantamisen mallilla. (1.)

Kemin tehtaan energiaomavaraisuus on 146 % ja sähkön omavaraisuus on 151 %. Tehdas hyödyntää puun tehokkaasti tuottamalla sellun lisäksi biokemikaaleja ja – energiaa. Tehdas on vähentänyt hiilidioksidipäästöjä 45 % vuodesta 2010 vuoteen 2015. (1.)

3 ENERGIANTUOTANNON SEURANTA

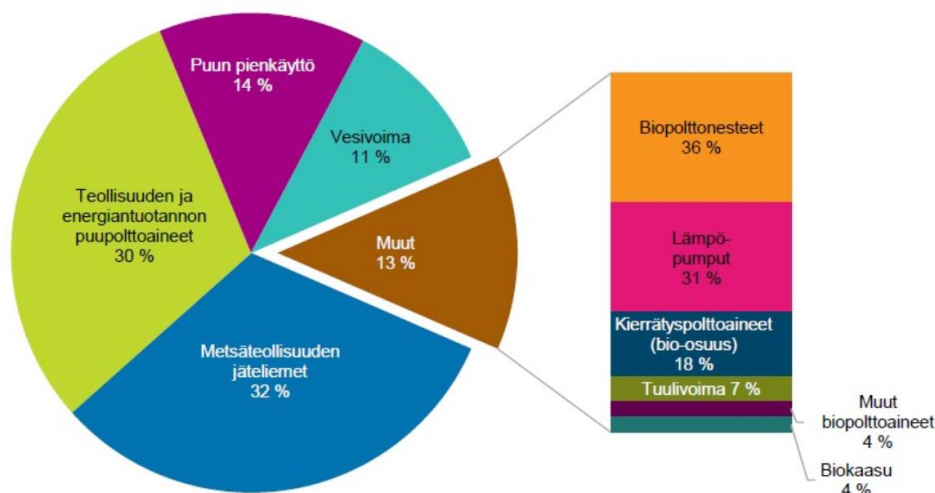
Globaalista energiankäytöstä teollisuus ja liikenne vievät kolme neljäsosaa. Näiden osa-alueiden energiatehokkuus ja uusiutumattomien energialähteiden käytön muuttaminen uusiutuvaksi on keskeistä ilmastonmuutoksen torjunnassa. The International Energy Agency (IEA) kertoo teollisuuden energiatehokkuuden kattavan yli 60 % ilmastonmuutoksen torjuntakeinoista. Mielenkiintoisimmiksi osoittautuvat uusiutuvia materiaaleja ja energiaa käyttävät energia – ja materiaalitehokkaat prosessit. (4.)

Suomessa kokonaisenergiankulutus oli vuonna 2014 372 TWh eli 1 340 PJ. Suomessa puuta käytetään energiantuotantoon paljon. Sen suuri osuus johtuu pääasiassa metsäteollisuuden ja puuenergian käytöstä. Suomen energiastrategian lähtökohtana on useiden energialähteiden tasapainoinen käyttö. Suomessa teollisuudessa sähköä kulutettiin 48 % Suomen kokonaissähkönkulutuksesta vuonna 2014 eli noin 83,3 TWh. Kuvasta 2 voidaan huomata, että teollisuuden suurin sähkönkuluttaja oli vuonna 2014 puu – ja paperiteollisuus 48 %:lla. Teollisuuden ja yhdyskuntien sähkön – ja lämmön yhteistuotanto tuotti noin 80–90 %:n hyötysuhteella neljänneksen sähköstä. Metsäteollisuus puolestaan käyttää puolet teollisuuden sähköstä. Tämä johtuu suuresta tuotannosta ja metsäteollisuuden energiantensiivisyydestä. Metsäteollisuuden tuotanto on noin 10 miljoonaa tonnia vuodessa, josta yli 85 % menee vientiin. Sellun osuus tuotannosta kasvaa ja samalla sähköintensiivisyys pienenee tulevaisuudessa. (4; 5.)



KUVA 2. Sähkön kulutus sektoreittain vuonna 2014 (5)

Metsäteollisuuden voimakattiloissa käytetään polttoaineena ensisijaisesti biomassaa eli tehtaalta tulevia sivutuotteita, kuten puunkuorta, puujätettä, jätteitä sekä selluteollisuudesta mustalipeää. Euroopan Unioni (EU) on sopinut lisäävänsä uusiutuvien energialähteiden osuutta 20 % vuoteen 2020 mennessä. Sellutehtailla tämä tavoite tarkoittaa fossiilisten polttoaineiden korvaamista biopolttoaineilla. Suurin osa sellutehtaiden energiasta on puusta peräisin, mutta bioenergiaa voitaisiin valmistaa tarvittaessa myös biokaasuista, peltobiomassoista ja yhdyskuntajätteistä. Tilastokeskuksen tietojen mukaan vuonna 2014 metsäteollisuuden jäteliemet muodostivat jopa 32 %:n osuuden uusiutuvista energianlähteistä energian kokonaiskulutuksessa (kuva 3). Toinen yhtä merkittävä uusiutuva energianlähde muodostuu teollisuuden ja energiantuotannon puupolttoaineista 30 %:n osuudella. (4; 5.)



KUVA 3. Uusiutuvat energianlähteet energian kokonaiskulutuksesta (5)

3.1 Energiatehokkuus

Energiatehokkuus tarkoittaa kilpailukykyisten tuotteiden ja palvelujen tuottamista yhä pienenevin energiakulutuksin ympäristöä säästäten. Teollisuudessa tämä tarkoittaa tuotteiden tuottamista pienillä energiapanoksilla tai suurempaa tuotantoa samoilla energiamäärillä. Tuotannosta aiheutuvia päästöjä pienennetään tai eliminoidaan kokonaan, tavoitteena mahdollisimman vähäpäästöiset tai jopa päästöttömät tuotteet. Kestävän kehityksen mukaan tuotettu energia on teollisuuden avainasioita. (4.)

Selluntuotanto perustuu puuhun, uusiutuvaan raaka – ja polttoaineeseen ja on siten teollisuuden valttikortti. Energiatehokkuuteen panostamalla ja muuttamalla meesauuni uusiutuvia polttoaineita käyttäväksi päästään teoreettisesti CO₂-vapaaseen selluntuotantoon. (4.)

Energiatehokkuuden taloudellinen merkitys on erittäin suuri. Energiatehokkuutta lisäämällä säädetään kustannuksia, jolloin myös liikevoitto kasvaa. Tehtaan ominaisenergian kulutus on pienimmillään, kun tehtaan energiankulutus pienenee tuotettua tuoteyksikköä kohti. Puolestaan tuotantoasteen pienentyessä ominaisenergiankulutus lisääntyy, jolloin energiatehokkuus heikkenee. Tehdas on suunniteltu ajettavaksi täydellä kapasiteetilla tehdyn investoinnin tuoton maksimoimiseksi, jolloin energiahäviöt tuoteyksikköä kohti vähenevät. Energiankäyttöä tehostamalla vapautuu sähköä ja lämpöenergiaa muihin tehdasprosesseihin, kuten yhdyskunnan käyttöön. Sellutehdas kehittyä vähitellen integroiduksi tehtaaksi. (4.)

Kaikkien Metsä Fibren tehtaiden energiatehokkuutta mitataan ominaisenergiankulutuksella, jossa kuvataan kulutetun energiamäärän [MWh] suhdetta tuotettua sellutonnia kohti [Adt]. Kokonaisenergiatehokkuus saadaan summaamalla ominaislämmönkulutukseen kaksinkertaistettu ominaisähkön kulutus. Ostopolttoaineille on asetettu tavoitteet ja seuranta, mittarina käytetään kulutuksen suhdetta tuotettuun sellun kokonaistuotantoon verrattuna. (6.)

Metsä Fibren tavoitteita tuleville vuosille ovat yhtiötasoisien energiatehokkuustyön selkeyttäminen, vahvistaminen ja vaikuttavuuden parantaminen sekä bioenergialiiketoiminnan kasvattaminen. Tavoitteena on parantaa energiatehokkuutta 0,9 % vuodessa. Energiatehokkuuden parantaminen toteutetaan prosessilämmön – ja prosessisähkönkulutuksen pienentämisellä, sekundäärilämmön lisähyödyntämisellä, ostopolttoaineiden minimoinnilla energiantuotannossa ja meesauuneilla sekä oman sähköntuotantokapasiteetin maksimoinnilla. Lisäksi yhteistyötä tehostetaan edelleen Metsä Group -tasolla eri organisaatioiden välillä. Kemin tehdas on tehostanut vuosien 2009 ja 2015 aikana prosessilämmönkulutusta 8,4 % ja prosessisähkönkulutusta 8,8 %. Kemin tehdas on Metsä Fibren energiatehokkaimpia sellutehtaita. Kaukolämmön siirto kaupungille ja soodakattilan savukaasupurinin sekundäärilämmön hyödyntäminen lisäävät energiatehokkuutta. (6.)

Energiatehokkuuslaki edistää energiatehokkuutta. Energiatehokkuuden parantamiseksi on tehtävä katselmuksia tehokkaamman CHP:n ja sekundäärilämmön hyödyntämisestä tehtävistä kustannus-hyötyanalyysistä. Lisäksi energiamarkkinoilla toimivien yritysten tulee pyrkiä edistämään energiatehokasta ja säästäväistä käyttöä asiakkaitensa toiminnassa. Energiakatselmus on pakollinen

suurille yrityksille. Päästöjen tarkkailu ja raportointi sisältyy Kemin tehtaan laadunhallintajärjestelmän piiriin. (7.)

Jos yrityksessä on käytössä sertifioitu energianhallintajärjestelmä tai ympäristönhallintajärjestelmä, johon sisältyy energiakatselmus, yritys vapautuu tekemästä pakollista energiakatselmusta. Energianhallintajärjestelmäksi luetaan ainakin sertifioitu ISO 50001-järjestelmä sekä sertifioitu ISO 14001-järjestelmä yhdistettynä riippumattomaan energianhallintajärjestelmään, joka energiakatselmusvaatimukset ovat yhteneväiset ISO 50001-järjestelmän kanssa. Energiakatselmuksissa käytettävät operatiiviset tiedot energian kulutuksesta ja kuormitusjakaumista on oltava luotettavia, ajan tasalla olevia sekä jäljitettävissä. (7; 8.)

Energia ja energiatehokkuus on huomioitava järjestelmällisesti yrityksen eri toiminnoissa. Energianhallinnan tavoitteena pienentää jatkuvasti energiankulutusta ja saavutetuissa kehityksissä pysyminen. Vuoden 2015 aikana Metsä Fibren kokonaisenergiatehokkuus parani 0,88 %. Lisäksi ostopolttoaineiden energiantuotannon osalta kehitys oli positiivista. Kaikilla Metsä Fibren tehtailla tehtiin vuonna 2015 useita energiatehokkuuteen tähtääviä toimenpiteitä, joiden vaikutus näkyy kokonaisuudessaan vasta vuonna 2016. Metsä Fibren energiatehokkuustavoitteena on parantaa kokonaisenergiatehokkuutta 10,0 % vuosien 2009 ja 2020 välillä. Vuonna 2015 toteuma oli 95,1 %, jolloin vuosien 2009 ja 2015 välillä energiatehokkuutta saatiin parannettua 4,9 %. (4; 6.)

SFS-EN 50001-standardi on otettu käyttöön Kemin tehtaalla vuoden 2012 aikana. Energianhallinnalla varmistetaan, että organisaatiossa sovelletaan jatkuvan parantamisen periaatetta. Tarkoituksena on kehittää ja käyttää energiankäyttöä tehostavia menettelytapoja sekä seurata toimenpiteiden vaikutuksia. Energiatehokkuutta seurataan Kemin tehtaalla järjestelmällisesti viikkotiedotteiden ja infotilaisuuksien lisäksi osastokohtaisissa energiatehokkuuspalavereissa kaksi kertaa vuodessa. (6; 8.)

SFS-EN ISO 50001-standardi määrittelee energianhallintajärjestelmän laatimiseen, toteuttamiseen, ylläpitoon ja kehittämiseen liittyvät vaatimukset. Tarkoituksena on mahdollistaa tehokkaan lähestymistavan seuraaminen energiatehokkuuden parantamiseksi. ISO 50001-standardi määrittelee energiankäytön ja kulutuksen kannalta keskeiset vaatimukset. Keskeisiin vaatimuksiin kuuluvat mittaukset, dokumentointi, raportointi, suunnittelu ja hankintamenettelyt laitteille, systeemeille ja prosesseille. Lisäksi standardi määrittelee vaatimukset henkilöstölle, joiden työtehtävillä voi olla merkittävä vaikutus energiatehokkuuteen. (8.)

Päästökauppain mukaan toiminnanharjoittajan on tarkkailtava laitoksensa päästöjä. Kasvihuonekaasujen päästölupa haetaan polttoaineiden polttolaitoksille, joiden nimellisteho on yli 20 MW. EU-komissio on asettanut kasvihuonepäästöjen tarkkailuun ja raportointiin artiklan, jolla laitosten toimintatietoja tarkkaillaan. Kasvihuonekaasujen päästölupa myönnetään, kun toiminnanharjoittaja toimittaa riittävät suunnitelmat päästöistä ja päästöjen tarkkailusta. Lisäksi hiilidioksidipäästöjen tarkkailusuunnitelma on oltava asianmukainen. (3.)

Kasvihuonekaasujen päästölupaa haettaessa energiavirastolta lupahakemukseen ilmoitetaan selvitys laitoksen toiminnasta, päästöistä ja päästöjen lähteistä. Lisäksi on tehtävä suunnitelma päästöjen tarkkailemiseksi ja raportoimiseksi. Hakemuksessa on myös selvittävä, että laitoksella on lupa toimia ympäristösuojelulainsäädännön luvalla. (3.)

3.2 Toiminnan johtaminen

Yrityksien on tehtävä päätöksiä tuotannosta, hinnoittelusta ja resurssien käytöstä jatkuvasti. Oikeus ja vastuu päätöksenteosta on jaettu tehtävien toimeenpanon kanssa eri henkilöille. Operatiivinen johto ottaa vastuun yrityksen toimeenpanon organisoinnista sekä toiminnan suunnittelusta ja valvonnasta. Ylin johto sekä hänen välittömät alaisensa, kuten tekninen johtaja ja talousjohtaja, kuuluvat operatiiviseen johtoon. Heillä on valta delegoida osa toimivallastaan seuraavalle päällikkötasolle, johon voidaan nimittää esimerkiksi käyttöinsinööri tai myyntipäällikkö. Vuoden 2016 alusta Metsä Group on ottanut uuden tuotanto-organisaation toimintamallin käyttöön, jossa kehitetään vuorohenkilöstön itseohjautuvaa toimintamallia sekä jaettua päätöksentekoa. (2; 9, s. 26–27.)

Toimintaa suunniteltaessa operatiivisen johdon tukena ovat laskentatoimen tekemät laskelmat, joiden avulla päätöksentekijä saa perusteita päätökselleen. Kun valintapäätökset ovat valmiita, suunnitelmat prosessoidaan tavoitteiksi, jotka edelleen tiivistetään tavoitelaskelmiksi. Laskelmien tuottamia tietoja voidaan käyttää kehittyvän toiminnan suunnittelussa. Laskelmien avulla voidaan päättää toiminnan edellyttämistä toimenpiteistä ja avustetaan tulevaisuuden suunnittelussa. Vaihtoehto – ja tavoitelaskelmat rakentavat perustan toiminnan johtamiselle. Yrityksen eri toimi – tai kustannuspaikat ovat vastuussa toimintansa kustannuksista, mutta vastuut tuotoista ja tuottavuudesta kuuluvat tuotantolinjan johdolle. (9, s. 26–29.)

Suurelta osin automatisoidussa sellutehtaassa toteuttavan työn osuus on huomattavasti vähäisempi kuin esimerkiksi tilauspukimossa. Työ kohdistuu koneiden ja laitteiden toiminnan valvontaan sekä niiden huolto – ja korjaustehtäviin. Valmistustoiminnassa suunnittelu kohdistuu valmistettaviin tuotteisiin, tuotannontekijöihin, tuotantovälineisiin, tarvittaviin aineksiin ja henkilökunnan monipuoliseen ammattitaitoon. Valvonta varmistaa, että suunnitelmat on asetettu toimeen ja tilanne on kehittymässä alkuperäisestä tilanteesta. Kustannuspaikan esimies voi toiminnallaan vaikuttaa välillisiin kustannuksiin, joiden kannattavuutta ja taloudellisuutta seurataan. Kannattavuutta ja taloudellisuutta mitattaessa tarvitaan euromääräisiä lukuja. (9, s. 36; 9, s. 123; 9, s. 189.)

Liiketoiminnan suunnittelu on osa ohjausjärjestelmiä. Suunniteltaessa toimintaa täytyy ottaa huomioon myös muut osa-alueet ohjausjärjestelmistä, jotta suunnitelmat toteutuvat ja oleelliset asiat otettaisiin huomioon. Liiketoiminnan suunnittelu, raportointi ja mittaristot sekä erilaiset toteutusmenetelmät ovat osia yrityksen ohjausjärjestelmää. Yrityksen toiminnansuunnittelu alkaa omistajien luomista odotuksista ja tavoitteista, jotka luovat tavoitteet yrityksen menestymiselle. Palkkiojärjestelmät, kehitys- ja tavoitekeskustelut, tavoitejärjestelmät, viestintä, informaatiojärjestelmä ja henkilöstön kehittämisen tukevat suunnitelmien toteutumista. (10, s. 248.)

Suunnitelmat ohjaavat yritystä lähtemään oikeaan suuntaan toteuttamaan strategioita ja toimenpiteitä. Suunnitelmia voidaan käyttää vertailutietoina raportointijärjestelmissä. Suunnitelmien toteutumista valvotaan raportoinnilla ja mittaristolla, jotka rakentuvat määriteltyjen tavoitteiden, strategioiden ja muiden osa-alueiden perustalta. (10, s. 248; 10, s. 254.)

Hyvä mittaristo ja raportointi hälyttävät kriittisten tekijöiden kohdalla herkästi. Lisäksi mittaristot motivoivat, korostavat mitattavien asioiden arvoa, aiheuttavat kilpailua, selkiyttävät tavoitteita ja ohjaavat tekemään oikeita asioita. Parhaimmassa tapauksessa pystytään ennakoimaan korjaustoimenpiteitä tai nähdään viitteistä mihin suuntaan toimintaa on kehitettävä. (4; 10, s. 255.)

Benchmarking tarkoittaa oman toiminnan vertaamista parhaaseen vastaavaan käytäntöön. Menetelmän ideana on hyviltä esikuvilta oppiminen sekä opitun tiedon ja taidon soveltaminen yrityksen parannuksiksi. Metsä Fibren yksiköiden kuukausiraporteista koostetaan säännöllisesti yhtenäinen raportti, joka tarkastelee tehtaiden kehityskohteita tuotantotasosta sekä energian kulutus – ja tuotantotiedoista. (11, s. 6.)

3.3 Kuukausiraportointi

Suunnitelmien ja päätösten seuraamiseen sekä päivittäisen toiminnan ohjaamiseen käytetään säännöllisiä periodiraportteja. Seurantaraportteja tehdään strategisilta alueilta, kuten ympäristöstä. Seurantaraportteja voidaan luoda neljännesvuosittain tai vain vuositasolla. Usein raportit koskevat jotain kohdistettua ajanjaksoa, jolloin niiden tulisi valmistua nopeasti raportin tuoreuden ja käyttökelpoisuuden takaamiseksi. (10, s. 326.)

Raportointi kuuluu yrityksen ohjausjärjestelmään. Tehtävänä on seurata yrityksen suunnan kehittymistä, kannattavuutta ja tavoitteita. Tärkein tehtävä raportoinnilla on analysoida, ohjata ja ennakoita. Yhä enemmän painopiste on siirtymässä tulevaisuuden ennakointiin. (10, s.316.)

Raportointi on johdon päivittäinen työväline operatiivisissa toiminnoissa. Raportti ohjaa organisaatiota keskittymään oikeisiin asioihin ja kehittämään kannattavuutta. Säännöllinen raportointi vahvistaa vaikutuksia, joten myös raportoinnin huolellinen suunnittelu korostuu. Raportissa on siistit luotettavat tietolähteet ja vain oleellimmat alueet raportoituna. Jakelun laajuus, tietojen kannattavuus ja jatkuvuus on otettava huomioon suunnittelussa. (10, s. 322.)

Perusperiaatteita raportoinnissa ovat tiedon virheettömyys, oleellisuus ja raportin käytettävyys. Väärä tieto raportoinnissa voi viedä yritystä harhaan ja menettää luottamuksen pitkäksi aikaa talouden tuottamiin tietoihin. Tietojen virheettömyystason ei kuitenkaan tarvitse olla sisäisessä raportoinnissa yhtä täydellistä kuin viranomaisille lähetettävissä laskelmissa. On hyvin tärkeää, että kaikkea ei tarvitse raportoida. Raportoinnin on kerrottava avainalueiden asiat ja tuettava operatiivista työtä. (9, s.316.)

Jotta raporttien tietoihin voisi luottaa, on raportoinnin oltava säännöllistä ja jatkuvaa. Tietojen keräämisen luotettavuutta voidaan parantaa ohjeistuksella, tarkastuksilla, mahdollisimman vähällä ohjelmoinnilla sekä varsinkin automatisoinnilla. Tietojen kerääminen raporteihin eri lähteistä vaikuttaa luotettavuuteen. Kerättävät tiedot on määriteltävä oikein ja tarkastuslaskelmissa varmistettava tietojen oikeellisuus. Pienikin virhe voi aiheuttaa suuria virheitä tai jättää jonkin alueen huomioida. (10, s. 327.)

Raportoinnilla voidaan myös motivoida koko organisaation ja henkilöstön toimintaa. Tavoitteiden saavuttamisen kautta koetaan onnistumisen tunne, saavutetaan rahallista hyötyä ja tiedostetaan

onnistuminen. Avoin viestintä yrityksen liiketoiminnasta johdattaa onnistumiseen ja tavoitteiden täyttymiseen. Raportoinnin tehon edellytyksenä on toimiva organisaatio. Tuotetut raportit voivat olla ensiluokkaisia, mutta jos korjaavista toimista vastaavaa henkilöä ei ole, ei raportilla ole käytöllistä arvoa. (9, s.317.)

Raportoinnin tarkoitus on antaa kokonaiskuva yrityksen taloudellisesta ja toiminnallisesta tilanteesta, kuten miten ja miksi näin on mennyt, miten eri tekijät vaikuttavat tilanteeseen ja miltä tulevaisuus näyttää. Raportoinnin eri aikaulottuvuudet luovat pohjaa tulevaisuuden kehittymiselle, koska eilispäivän tapahtumat luovat pohjan tulevaisuudelle. Monipuolinen kuva saadaan analysoimalla historiaa, nykyisyyttä ja tulevaisuutta jatkumona. Silloin voidaan reagoida riittävän ajoissa tulevaisuuteen antamalla johtopäätöksiä tulevaisuuden rakentamiseksi. (12, s. 173.)

Tunnuslukuja ja mittaristoja sisältävät raportit koostavat yksityiskohtaista tai yhteenlaskettua tietoa perustietolähteistä. Analysoivia ja reaktiivisia raportteja voivat hyödyntää työntekijät, operatiivinen johto ja ylin johto. Tunnusluvut perinteisesti antavat mahdollisuuden seurata kannattavuutta, kasvun kehittymistä sekä tehokkuutta ja laatua. Raportointi luetaan osaksi johtamista tai tiedonhallintaa. (10, s. 317; 12, s. 175.)

Käyttäjän tarpeet, vastualueet ja toiminnalliset tekijät määrittävät raportin sisällön. Yrityksen johdon näkökulmasta tärkeimpiä ovat strategioihin, tavoitteisiin ja menestystekijöihin liittyvät alueet. Omat vaatimuksensa tuovat laatujärjestelmät, joita raportointialueissa on otettava huomioon. (10, s. 324.)

Yrityksen strategiaraportointi kertoo tulevaisuudesta. Lyhemmän aikavälin raportointi, kuten kuukausiraportointi, kertoo yksityiskohtaisesti ja konkreettisesti nykytilanteen auttaen lyhyen tähtäimen johtamisessa. Raporttien tulee olla tasapainossa keskenään. Tällöin kuukausiraportoinnissa tulevat esille tarkemmat, operatiivista toimintaa kuvaavat tiedot. (12, s. 174.)

Ylimmälle johdolle raportin tavoitteena on näyttää yrityksen kehityssuunta. Toiminnoista vastaavalle johdolle raportti antaa informaatiota vastualueen taloudellisuudesta ja tehokkuudesta sekä ennakoivaa tietoa tarvittavista korjaavista toimenpiteistä. Esimiehille ja työntekijöille raportti antaa työn suorittamiseen ja kehittämiseen tarvittavaa oleellista tietoa. (10, s. 320.)

Raporttia suunniteltaessa on muistettava selkeä ulkoasu, joka vaikuttaa luettavuuteen. Raportissa voi olla numeroita graafisesti esitettyinä, taulukkoina, mittaristomuodoissa tai tekstinä. Taulukoista saadaan yksityiskohtaista tietoa, mutta graafisesti asiat ovat havainnollisempia sekä mittarit selkeämpiä. Yksityiskohtia pitäisi tarvittaessa päästä tutkimaan helposti, vaikka raporttiin tulee olla kootuna vain oleellinen sisältö. Otsikoiden tulisi olla selkeästi erottuvat, kuten myös mittayksiköt, ajanjakso, raportintekijä, päivittämisajankohta ja jakelun laajuus. Poikkeamien tulisi olla havaittavissa selkeästi. Yhteenveto-osa, jossa ovat tärkeimmät tunnusluvut, mittarit sekä analyysi tilanteesta, olisi hyvä olla johdolle menevässä osassa. Raportin ajoituksen tulisi olla oikea, jotta ehditään reagoida tarvittaviin korjaaviin toimenpiteisiin. (10, s. 325.)

4 ENERGIARAPORTIN MÄÄRITTELYT

Kuukausittain laaditaan operatiivisen johdon tueksi raportti energiantuotannosta ja –kulutuksesta. Raportti perustuu laskentoihin, jotka on selitetty energiaraportin määrittelyissä. Määrittelyt on päivitetty edellisen kerran keväällä 2010. Infojärjestelmän päivittämisen vuoksi kolmas osapuoli laatii energiaraportin laskentojen pohjan uudestaan määrittelyiden perusteella. Tämän vuoksi määrittelyt on tarkastettava ja päivitettävä.

Energiaraportin määrittelyt Metsä Fibren Kemin tehtaalla sisältävät noin 120 sivua kaavoja sekä yhdeksän eri Excel-taulukkoa, joiden laskentojen avulla koostetaan kuukausiraportti. Määrittelyissä käsitellään kokonaisuudessaan

- polttoaineiden määrät käyttökohteissa, lämpömäärät ja ominaiskulutukset
- lämmöntuotannon eli höyryn kehityksen määrät eri kohteissa, lämpömäärät ja ominaiskehitykset
- höyryn kulutuskohteet osastoittain ja höyryn paineittain
 - o määrät, lämpömäärät, ominaiskulutus sekä lauhteenpalautuksien määrät
- höyryn omakäyttökohteet, nuohoukseen kuluvan höyryn määrän, ominaiskulutuksen ja lämpömäärät höyrystä sekä lauhteenpalautuksesta
- höyrytaseen höyrypaineittain
- sähkön kehitys ja hankinta
- sähkön kulutus osastoittain
- sähkön kulutuksen erittely
- kooste kuukausiraportin kaavoista.

4.1 Työssä käytettävät kaavat

4.1.1 Määrä

Kulutus-/kehityskohteisiin kulutetut ja tuotetut määrät saadaan tarkasteltavan ajanjakson ajalta virtausmittarin hetkellisarvojen keskiarvoista (kaava 1). Kulutetun ja tuotetun höyryn/polttoaineen määrä jaetaan tuhannella, jotta saadaan kulutuksen määrä tonneina. (13.)

$$W = \text{määrä [t]} = \frac{\text{virtausmittarista saatu keskiarvo } \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}}\right]}{1000} \quad \text{KAAVA 1}$$

Poltettujen öljyjen määrä voidaan selvittää summaamalla öljysäiliön alkutilanne ja saapunut öljymäärä, josta vähennetään öljysäiliön lopputilanne. Yhtälöt sisältävät jos lausekkeen, jotta tulos ei mene negatiiviseksi ja sekoita laskutuloksia mahdollisten mittausvirheiden vuoksi. (13.)

4.1.2 Lämpömäärä

Kulutetun polttoaineen ja lämpömäärä megawattitunteina saadaan kertomalla lämpömäärä polttoaineen tehollisella lämpöarvolla (kaava 2). Jakamalla 3,6:lla saadaan muutettua yksikkö megawattitunneiksi. Energian kokonaiskulutuksia laskettaessa kaikki eri energiamuodot muunnetaan yksikköön MWh. (13.)

$$Q = \text{lämpömäärä [MWh]} = \frac{\text{poltettu MPÖ-29/-34[t]} * \text{tehollinen lämpöarvo } \left[\frac{\text{MJ}}{\text{kg}}\right]}{3,6} \quad \text{KAAVA 2}$$

Höyrynkulutuksen lämpömäärä saadaan höyryn ja lauhteen lämpömäärien erotuksesta. Höyryn lämpömäärä lasketaan kertomalla kulutettu höyrymäärä lisäveden entalpioiden erotuksella. Höyryn lämpömäärästä vähennetään lauhteen määrä ja kerrotaan lisäveden entalpioiden erotuksella. Kehitetyn höyryn lämpömäärän laskemiseen käytetään veden ominaisentalpiaa 0,00425 kJ/kg. (13.)

Esimerkkinä voidaan esittää soodakattilan 9,0 bar:n paineisen höyryn kulutetun lämpömäärän laskeminen, jossa höyryn lämpömäärästä vähennetään lauhteenpalautuksen sisältämä lämpömäärä. Kaavassa 3 höyryn määrä on kerrottu 9,0 bar:n höyryn entalpien ja raakaveden lämpötilan erotus.

Raakaveden lämpötilasta saadaan entalpia kertomalla se veden ominaisentalpialla 0,00425 kJ/kg. Lauhteenpalautuksen sisältämä lämpömäärä lasketaan lauhteenpalautuksen määrä kertomalla lauhteenpalautuslämpötilan ja raakaveden lämpötilan erot muunnettuna entalpioiksi veden ominaisentalpialla 0,00425 kJ/kg. Lauhteenpalautuslämpötila on määritetty kohteittain. Yhtälö jaetaan 3,6:lla, jotta yksiköksi saadaan megawattitunnit. (13.)

$$\text{soodakattilan höyryn kulutettu lämpömäärä [MWh]} = Q = \frac{\text{höyryn määrä [t]} * (9 \text{ bar höyryn entalpia [kJ/kg]} - \text{VRA } t[\text{°C}] * 0,00425) - \text{lauhteen määrä [t]} * ((\text{lauhteenpalautus } t[\text{°C}] - \text{VRA } t[\text{°C}]) * 0,00425)}{3,6}$$

KAAVA 3

Lämpöarvo [MJ/kg]

Lämpöarvo on polttoaineen merkittävin ominaisuus, joka ilmaisee polttoaineen palamisessa vapautuvan energian polttoainemäärää kohden [MJ/kg]. Tehollinen eli alempi lämpöarvo kuvaa polttoaineen energiansisältöä toimitus – tai käyttökosteudessa, jossa vesi höyrystyessään ottaa osan energiasisällöstä ja poistuu savukaasujen mukana. Tehollinen lämpöarvo vastaa paremmin todellisia käyttöolosuhteita, missä vesihöyryn lämpösisältöä ei pystytä hyödyntämään. Kalorimetrinen eli ylempi lämpöarvo kuvaa polttoaineen palamista täydellisesti ja huomioi samalla höyrystyvän veden höyrystymisenergian. (4; 14, s. 43.)

Energiantuotannon kannalta kuiva ja paljon palavia ainesosia sisältävä polttoaine on hyvä. Kattilalaitoksissa vesi jää tiivistymättä ja höyrystyy savukaasujen mukana taivaalle. Koska kotimaiset polttoaineet ovat vaihtelevasti kosteita, tulee lämpöarvon määrittämisessä käyttää kuivan polttoaineen tehollista lämpöarvoa. Polttoaineen tehollinen lämpöarvo käyttökosteudessa saadaan laskettua, kun polttoaineen kosteus on määritelty. Alhainen lämpöarvo on tyypillinen metsäteollisuuden polttoaineille korkean kosteuspitoisuuden ja suhteellisen korkean tuhkapitoisuuden vuoksi. Taulukossa 1 on esitettyä käytettävien polttoaineiden lämpöarvot ja tiheydet. (4.)

TAULUKKO 1. Työssä käytettyjen polttoaineiden ominaisuuksia (3; 4; 13)

Polttoaine	Lämpöarvo [MJ/kg]	Tiheys [kg/m ³]
POR HK2000	40,20	1,00
POR LS420	40,40	0,99
POK -29/-34	43,00	0,84
puu, kuori	6,60	
metanoli	22,00	~0,84

Kemin tehtaan päästöluvassa on ilmoitettu metanolin lämpöarvoksi tilastokeskuksen polttoaineluokituksen mukaan 22,0 MJ/kg. Todellisuudessa metanolin lämpöarvo vaihtelee paljon sen vaihteleavan vesipitoisuuden vuoksi. Keväällä 2015 Kemin tehtaalla otettu metanolinäyte tutkittiin VTT:n laboratoriossa. Analyysituloksien perusteella Kemin metanolin vesipitoisuus on 13 %. Polttoaineen lämpöarvo oli tällöin 19,0 MJ/kg. Metanolin tiheys saadaan reaaliaikaisena mittauksena. (15.)

4.1.3 Kulutuksen osuus

Lämmön- tai höyrynkulutuksen osuus prosentteina koko kulutuksesta tai tuotannosta saadaan jakamalla lämpömäärän osuus yhteenlasketulla lämpömäärän kokonaiskulutuksella (kaava 4). (13.)

$$\text{kulutuksen osuus}[\%] = \frac{\text{määrä [t]}}{\text{kulutus yhteensä [t]}} * 100[\%] \quad \text{KAAVA 4}$$

4.1.4 Lauhteenpalautuksen määrä

Lauhteenpalautuksen määrä tonneina lasketaan kaavalla 5 kertomalla höyryn kulutuksen määrä lauhteenpalautusprosentilla, joka on erikseen määritetty. Lauhteenpalautusprosentti on suurimassa osassa tapauksissa erikseen kohteille määritetty. (13.)

$$HAIW35BLP[t] = \frac{HAIW35BH[t]*\text{lauhteenpalautusprosentti}[\%]}{100[\%]} \quad \text{KAAVA 5}$$

Lauhteenpalautuksen lämpötila koko höyryn paineelle saadaan kaavalla 6 laskemalla yhteen laskettavan höyrynpaineen kaikkien kohteiden lauhteenpalautuksen lämpömäärät. Lämpötilat kerrotaan kohteiden omilla kulutusmäärillä ja kaikkien kohteiden summa jaetaan koko lauhteenpalautuksen määrällä. Kaavaan on valmiiksi sijoitettu lauhteenpalautuksen lämpötilat. (13.)

$$\frac{\text{lauhteenpalautuksen } lt \text{ [}^\circ\text{C]} = \text{lämpötila}_1 \text{ [}^\circ\text{C]} * \text{lauhteen määrä}_1 \text{ [t]} + \text{lämpötila}_2 \text{ [}^\circ\text{C]} * \text{lauhteen määrä}_2 \text{ [t]}}{\text{lauhteenpalautuksen määrä yhteensä [t]}} \quad \text{KAAVA 6}$$

Lauhteenpalautusprosentti lasketaan jakamalla lauhteen määrä höyryn kulutuksella ja kertomalla tulos sadalla (kaava 7). (13.)

$$\text{lauhteenpalautusprosentti} = \frac{\text{lauhteenpalautuksen määrä [t]}}{\text{höyryn kulutuksen määrä [t]}} * 100[\%] \quad \text{KAAVA 7}$$

4.1.5 Ominaisenergiankulutus

Poltetun polttoaineen ominaiskulutusta tai polttoaineella kehitetyn höyryn ominaiskehitystä kuvataan polttoaineen lämpömäärä megawattitunteina tarkasteltavalta ajanjaksolta jaettuna tarkasteltavan ajanjakson, kuukauden tai kuluvan vuoden, sellun kokonaistuotannolla. Sellun tuotanto saadaan käsisyöttöpositiosta summaamalla tarkasteltavan ajanjakson päättymättömät arvot. (13.)

Energiatehokkuutta tarkastellaan ominaisenergiankulutukseen [MWh/t] perustuen. Ominaisenergiakulutus ei tunnista tuotelajin muutoksia tai kapasiteetin käyttöasteen muutoksen vaikutusta. Kaikista eniten ominaisenergiankulutukseen vaikuttaa kapasiteetin käyttöaste. Energiatehokkuus on tehtaalla maksimissaan, kun tehdasta ajetaan suurimmalla mahdollisella kapasiteetilla. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa ajotapa ja ulkolämpötila. Kaavalla 8 saadaan laskettua ominaisenergian kulutus jakamalla lämpömäärä sellun kokonaistuotannolla. (4.)

$$\text{ominaisenergiankulutus} \left[\frac{\text{MWh}}{\text{t}} \right] = \frac{\text{lämpömäärä [MWh]}}{\text{sellun kokonaistuotanto [t]}} \quad \text{KAAVA 8}$$

Kaavassa 9 esitetään esimerkkinä POR LS420 avulla tuottaman lämpömäärän suhdetta tuotettuun kokonaissellumäärään. (13.)

$$\text{poltetun POR LS420 ominaiskulutus} \left[\frac{\text{MWh}}{\text{t}} \right] = \frac{\text{poltetun POR LS420 lämpömäärä [MWh]}}{\text{sellun kokonaistuotanto [t]}} \quad \text{KAAVA 9}$$

4.2 Polttoaineet

Energiamäärittelyiden ensimmäinen kappale sisältää Kemin sellutehtaalla soodakattilalla, meesaunilla ja primäärikattilalla kulutetut polttoaineet. Polttoaineina toimivat polttoöljyt sekä uusiutuvat biopolttoaineet.

4.2.1 Polttoöljyt

Polttoöljyt jaetaan raskaisiin ja kevyisiin polttoöljyihin käyttöominaisuuksien mukaan. Runsasrikkisen polttoöljyn rikkipitoisuus on yli 1 % ja vähärikkisen rikkipitoisuus on alle 1 %. Raskas polttoöljy vaatii vaativimmat ja kalliimmat polttolaitteet sekä asiantuntevan huollon ja käytön verrattuna kevyen polttoöljyn käyttöön. Raskaita polttoöljyjä käytetään kattiloissa, joissa teho on vähintään 500–1000 kW. Kevyt polttoöljy on puolestaan hinnaltaan raskasta polttoöljyä kalliimpaa, mutta se on helposti juokseva ja palava tisle. Polttamiseen tarvittavat polttolaitteet ovat yksinkertaisempia ja halvempia rakentaa verrattuna raskaan polttoöljyn laitteisiin. Siksi kevyttä polttoöljyä käytetään teholtaan alle 1000 kW:n laitteissa. (4; 16, s. 135.)

Öljyn viskositeetti eli juoksevuus riippuu öljyn lämpötilasta. Mitä suurempi viskositeetti öljyllä on, sitä heikommin se matalassa lämpötilassa juoksee. Öljyn esilämmittimet lämmittävät öljyn viskositeetiltaan sopivaksi. (16, s. 135.)

Kaikkien poltettujen polttoöljyjen määrä saadaan summaamalla POR HK2000, POR LS420 sekä MPÖ -29/-34. Tarkastelujakson aikana poltettujen polttoöljyjen määrä tonneina saadaan laskeamalla yhteen öljyn määrä alussa sekä saapunut öljymäärä säiliössä vähennettynä öljyn määrä lopussa. Öljyvarastossa oleva tonnimäärä tarkastelujakson alussa ja lopussa saadaan poimimalla positiosta säiliön pinnan hetkellisarvo kuutiometreissä. Arvo muutetaan tonneiksi kertomalla se öljyn tiheydellä [t/m^3]. Tarkastelujakson aikana saapunut öljymäärä tonneina saadaan käsisyöttöpositiosta summaamalla. (13.)

Kaikkien poltettujen polttoöljyjen lämpömäärä saadaan summaamalla poltetuista raskaista polttoöljyistä, POR HK2000 ja POR LS420, saadut lämpömäärät sekä kevyestä polttoöljystä, MPÖ -29/-34, saatu lämpömäärä. Poltetun öljyn lämpömäärä lasketaan kertomalla edellä laskettu öljymäärä öljyn lämpöarvolla [MJ/kg]. Koko yhtälö jaetaan 3,6:lla, jotta yksiköksi saadaan megawattitunteja.

Poltetun polttoöljyn ominaiskulutusta kuvataan polttoöljyn lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonais-tuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

4.2.2 Raskas polttoöljy HK2000

HK2000 on rikillinen raskas polttoöljy teollisuuskäyttöön. Sen käyttötarkoituksia ovat aineen valmistus ja jakelu, formulointi sekä aineiden ja seosten uudelleenpakkaaminen. Raskasta polttoöljyä HK2000:ta käytetään välituotteena, pinnoitteissa, polttoaineena sekä tie – ja rakennussovelluksissa. POR HK2000 on haitallista hengitettynä ja saattaa aiheuttaa syöpää. Lisäksi se saattaa vahingoittaa elimiä pitkäaikaisessa tai toistuvassa altistumisessa. Polttoöljy on erittäin myrkyllistä vesieliöille. Levitessään ympäristöön polttoöljy aiheuttaa pitkäaikaisia haittavaikutuksia. Käytännössä myrkyllisyys on kuitenkin vähäistä. POR HK2000:ssa on voimakas ominaishaju. Kiehumispiste ja kiehumisalue ovat lämpötilojen 150–750 °C välillä. Rikkivety kuuluu polttoöljyn vaarallisiin hajomistuotteisiin. Neste Oil kertoo käyttöturvallisuustiedotteessa, että palamisessa syntyvään tuhkaan rikastuu terveydelle vaarallisia nikkelin ja vanadiinin epäorgaanisia yhdisteitä. (17.)

HK2000-raskaan polttoöljyn käyttökohteita Kemin tehtaalla ovat meesauuni ja soodakattila. Meesauunilla poltetaan POR HK2000:a pääsääntöisesti normaalikäytössä. Meesauunilla kuukauden aikana poltetun HK2000-raskaan polttoöljyn määrä lasketaan meesauunille virranneen HK2000-raskaan polttoöljyn osuus kaikesta HK2000-polttoöljyvirtauksesta. Kokonaisvirtaus saadaan laske-malla tarkasteluajan virtaukset yhteen soodakattilalle (polttoöljy SK1 öljypolttimille ja polttoöljy SK1 hajukaasupolttimille) ja meesauunille (polttoöljy meesauunille) menevästä HK2000-polttoöljystä. Tällä osuudella kerrotaan poltetun HK2000-raskaan polttoöljyn kokonaisuusmäärä. Saadusta arvosta vähennetään vielä käsisyöttöpositiosta saatava meesauunilla poltetun LS420-raskaan polttoöljyn määrä, sillä LS420 ajetaan samojen pumppujen kautta kuin HK2000. Kolmelta virtausmittarilta saadut arvot jaetaan tuhannella, jotta saadaan kilogrammoista tonneja. (13.)

Soodakattilalla kuukauden aikana poltetun HK2000-raskaan polttoöljyn määrä lasketaan vähentämällä kaikesta kuukauden aikana poltetusta HK2000-raskaasta polttoöljystä meesauunilla poltettu HK2000:n määrä.

Tarkastelujakson aikana poltettu HK2000-raskaan polttoöljyn määrä tonneina saadaan öljyn varaston tonnimäärästä summaamalla säiliössä olevan öljyn määrä mittauksen alussa sekä saapuneen

öljyn määrä. Summasta vähennetään säiliöön jääneen öljyn määrä. Öljyvaraston alku – ja lopputilanne lasketaan säiliöiden pinnan hetkellisistä arvoista kuutiometreissä. Öljyn tilavuus muutetaan kuutiometreistä tonneiksi kertomalla ne HK2000:n öljyn tiheydellä $1,00 \text{ t/m}^3$. Tiheys on otettu Tilastokeskuksen polttoaineluokituksesta. Poltetun öljyn lämpömäärä lasketaan kertomalla öljymäärä öljyn lämpöarvolla $40,2 \text{ MJ/kg}$. Poltetun HK2000-raskaan polttoöljyn ominaiskulutusta kuvataan polttoöljyn lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

4.2.3 Raskas polttoöljy LS420

LS420 on vähärikkinen raskas polttoöljy, joka on haitallista hengitettynä. LS420 saattaa aiheuttaa syöpää ja vahingoittaa elimiä toistuvassa altistumisessa. Raskas polttoöljy on erittäin myrkyllistä vesieliöille, jolla on myös pitkäaikaisia haittavaikutuksia. LS420-polttoöljyssä on voimakas ominaishaju. Erityisesti vastavalmistettu tuote voi sisältää pieniä määriä erittäin myrkyllistä rikkivetyä, joka ärsyttää voimakkaasti silmiä ja hengitysteitä. Suuret pitoisuudet voivat lamauttaa keskushermoston toiminnan ja sisältää pieniä määriä terveydelle vaarallisia nikkeli – ja vanadiiniyhdisteitä. LS420-polttoöljyn kiehumisalue on $150\text{--}750 \text{ }^\circ\text{C}$. (18.)

Käyttökohteina Kemin tehtaalla LS420-raskaalla polttoöljyllä ovat meesauuni ja primäärikattila 10. Meesauunilla POR LS420 poltetaan ylös – ja alasajoissa yhdessä kevyen polttoöljyn kanssa. Poltetun LS420-raskaan polttoöljyn määrä tonneina saadaan tarkasteltavalle aikavälille käsisyöttöpositiosta summaamalla aikavälin arvot yhteen jatkuvina. (13.)

Primäärikattila 10:llä kuukauden aikana poltetun LS420-raskaan polttoöljyn määrä ja lämpömäärä lasketaan vähentämällä kaikesta kuukauden aikana poltetusta LS420-polttoöljystä meesauunilla poltettu LS420 määrä. Tarkastelujakson aikana poltetun LS420-raskaan polttoöljyn määrä tonneina saadaan öljyn varaston tonnimäärästä tarkastelujakson alkutilanne summattuna saapuneeseen öljyyn ja siitä vähennetään öljysäiliön öljyn määrä lopussa. Öljyvaraston alku – ja lopputilanne lasketaan säiliön pinnan hetkellisestä arvosta kuutiometreissä, jonka jälkeen arvot muutetaan tonneiksi kertomalla se HK2000-raskaan polttoöljyn tiheydellä $1,00 \text{ t/m}^3$. Tiheys on otettu Tilastokeskuksen polttoaineluokituksesta. Poltetun öljyn lämpömäärä lasketaan kertomalla öljymäärä öljyn lämpöarvolla $40,2 \text{ MJ/kg}$. Poltetun LS420-raskaan polttoöljyn ominaiskulutusta kuvataan polttoöljyn lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (3; 13.)

4.2.4 Kevyt polttoöljy -29/-34

Moottoripolttoöljy eli kevyt polttoaine -29/-34 on hitaasti haihtuva, öljysumuna silmiä ja hengitysteitä ärsyttävä. Moottoripolttoöljy aiheuttaa maaperän ja pohjaveden saastumisvaaran. Moottoripolttoöljy -29/-34 on uusiutuvista raaka-aineista valmistetun dieselin, maaöljytuotteen ja lisäaineiden seos. Moottoripolttoöljy -29/-34:lla on mieto hiilivetyjen haju. (19.)

Käyttökohteina moottoripolttoöljyllä Kemin tehtaalla ovat meesauuni ja primäärikattila 10. Moottoripolttoöljy -29/-34:lla on monia käyttötarkoituksia, mutta Metsä Fibre Kemin tehtaalla sitä käytetään vain kattilan lämmitykseen. Meesauunilla POK -29/-34:a poltetaan ylös – ja alasajoissa yhdessä POR HK2000-polttoöljyn kanssa. Meesauunilla poltetun moottoripolttoöljyn -29/-34:n määrä saadaan tarkasteltavalle aikavälille käsisyöttöpositiosta summaamalla aikavälin arvot yhteen jatkuvina. (13.)

Primäärikattila 10:llä kuukauden aikana poltetun moottoripolttoöljyn -29/-34:n määrä lasketaan vähentämällä kaikesta kuukauden aikana poltetusta MPÖ -29/-34 öljystä meesauunilla poltettu MPÖ -29/-34:n määrä. Tarkastelujakson aikana poltetun kevyen polttoöljyn -29/-34:n määrä tonneina saadaan öljyn varaston tonnimäärästä tarkastelujakson alussa. Öljyvaraston alkutilanne lasketaan säiliön pinnan hetkellisestä arvosta prosentteina. Arvo muutetaan tonneiksi kertomalla se säiliön tilavuudella 45 m³ ja MPÖ -29/-34:n öljyn tiheydellä 0,84 t/m³. Tiheys on otettu Tilastokeskuksen polttoaineluokituksista. Poltetun öljyn lämpömäärä lasketaan kertomalla öljymäärä öljyn lämpöarvolla 43,0 MJ/kg. Poltetun -29/-34-kevyen polttoöljyn ominaiskulutusta kuvataan polttoöljyn lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

4.2.5 Kuori

Kuorimarummuissa kuori erotetaan puusta, kuori puristetaan kuivaksi ja poltetaan kiinteän polttoaineen kattilassa. Polttoaineena voidaan käyttää myös sahausjätettä ja muuta tuotantoon kelpaamatonta puutavaraa. Joillakin sellutehtailla myös purusta voidaan valmistaa sellua. (4.)

Puupolttoaineiden laatuohjeessa (laatinut Suomen Bioenergiayhdistys ry) määritellään menettelyt eri puupolttoaineiden laadun ja energiamäärän ilmoittamiseen sekä todentamiseen. Suomen Bio-

energiayhdistys ry on laatinut puupolttoaineiden laatuohjeen, jossa määritellään menettely eri puupolttoaineiden (kuori, puru, sahauspätkä, kutterilastu, metsähake) laadun ja energiamäärän ilmoittamiseen sekä todentamiseen yksikäsitteisesti ja tarkoituksenmukaisesti. Laatuohjeen määrittämiä ohjeita käytetään Metsä Fibren kiinteän polttoaineen (kuori, puru, bio – ja kuituliete) kaupassa, sisäisessä laskennassa sekä raportoinnissa. Tarkoituksena on luoda yhtenäiset ja kontrolloidut toimintatavat. (20.)

Kiinteän polttoaineen näytteenotto ja kosteusprosentin määrittäminen Kemin tehtaalla kuorinäytteistä otetaan lapiolla kerran vuorokaudessa ja toimitusmäärät todetaan hihnavaa'alla. Myyntinäytteiden näytteistä ja toimitusmäärästä vastaavat ostajat. Kuorimolta voimalaitokselle tuleva polttoainevirta mitataan radiometrisellä vaa'alla. (20.)

Poltettu kuoren määrä irtokuutioina saadaan kuoren varaston irtokuutiomäärästä tarkastelujakson alussa, saapuneesta kuoren määrästä ja kuoren varaston irtokuutiomäärästä tarkastelujakson loppussa. Varaston alkutilanteesta vähennetään varaston lopputilanne lisäämällä saapunut kuoren määrä. Poltetun kuoren lämpömäärä lasketaan poltetun kuoren määrä kertomalla puupitoisen polttoaineen laskennallisella lämpömäärällä [MJ/kg] ja jakamalla tulos laskennallisella poltetulla kuorimäärällä. (13.)

Kemin tehtaalla kuoren keskimääräisenä tehollisena lämpöarvona käytetään 20,34 MJ/kg kuivaainetta. Poltettava kuori on sekoitus männyn – ja koivunkuoresta. Kostealle kuorelle saadaan laskennallinen lämpöarvo ottaen huomioon veden poistamiseen tarvittava lämpöenergia. (21; 22.)

Kaavalla 10 puun polttamisessa hyödyksi vapautuva lämpöenergia, q_{tod} , saadaan kuivaa puuta poltettaessa vapautuvasta lämmöstä, q_{puu} , vähentämällä puun lämmittämiseen kuluva lämpöenergia, $q_{läm}$, sekä vähentämällä veden poistamiseen puusta tarvittava lämpöenergia, q_{des} . (22.)

$$q_{tod} = q_{puu} - q_{läm} - q_{des} \quad \text{KAAVA 10}$$

Standardi kaavan 11 mukaan tehollinen lämpöarvo kerrotaan puun kuivan osan suhteella ja vähennetään veteen kuluvan lämpöenergian osuus.

$$q_{STD} = q_{alempi}(1 - kosteus\%) - 2,443 * kosteus\% \quad \text{KAAVA 11}$$

Standardikaava on metsäenergia-alan käytössä eikä vastaa palamisen todellista tilannetta. Standardi kaava ei ota huomioon sidotun ja vapaan veden eroavaisuuksia eikä kattilaan syötetyn veden ja puun alkulämpötilaa. (22.)

Energia raportin kuoren lämpö määrän laskennassa on käytetty standardikaavalla laskettua kostean kuoren lämpöarvoa 6,6 MJ/kg. Uudella tehollisella lämpöarvolla 20,34 MJ/kg k.a. saadaan kostean puun lämpöarvoksi 6,7 MJ/kg. Kaavalla 10, joka ottaa huomioon tarkemmin veden höyrystymiseen kuluvan energian, saadaan kostean puun lämpöarvoksi 8,2 MJ/kg. Lämpöarvojen välille tulee eroa 12,4 % standardikaavan antaessa liian pienen tuloksen.

Energiamäärän laskennassa huomioidaan tehdas – ja puulajikohtaiset puusta kuoreen-prosentit, kuorittavan puun kuoripitoisuudet, hakkeen kuoripitoisuudet sekä kuorintahäviö, jotka ovat haettu iteroimalla oikealle tasolle. Kiinteän polttoaineen energiamäärän laskennassa lasketaan kuukausittain syntynyt ja toimitettu energiamäärä sekä myyntiin että omaan voimalaitoskattilaan. Kuukausikohtainen syntyvän energiamäärän laskenta perustuu näytteen kosteusprosentin määrittämiseen, teholliseen lämpöarvoon sekä syntyvän polttoaine-erän määrän arvioimiseen. (20.)

Kuukausikohtainen kuoripolttaine-erän määrän arviointi perustuu puusta saatavasta kuoriprosentista, kuoren ja puuaineksen kuiva-tuoretiheyksiin sekä kuorittuun puumäärään. Energiamäärän taselaskennassa on aina oltava mitattu tieto, jota vasten tase lasketaan. Tyypillisesti mitattu tieto on hihnavaaka tai lähtevien autokuormien punnitustulos. Laskennassa on huomioitava mahdollinen kuukauden vaihteen varasto. Kuorikattilan höyrystä takaisinpäin laskettu kiinteän polttoaineen määrä on pelkästään lisätarkistusta. Tasetta saadaan täsmennettyä korjaamalla kuorella kuukausikohtaista puusta kuoreen-prosenttia ja purulla puusta puuhun-prosenttia. (20.)

Polttoainenäytteen kosteusprosentti saadaan kuivaamalla näyte lämpökaapissa 105 °C:een lämpötilassa vakio painoon. Kosteusprosentti lasketaan kaavalla 12 määrän näytteen massa [g] vähennettynä kuivatun näytteen massasta [g] ja jaettuna määrän näytteen massalla [g]. Lopuksi yhtälö kerrotaan sadalla, jotta saadaan märkäpainoa kohti laskettu kosteus saapumistilassa [%]. Kuiva-aineprocentti saadaan, kun sadasta prosentista vähennetään kosteusprosentti. (20.)

$$\text{polttoaineen kosteus}[\%] = \frac{\text{määrän näytteen massa}[\text{g}] - \text{kuivatun näytteen massa}[\text{g}]}{\text{määrän näytteen massa}[\text{g}]} * 100[\%]$$

KAAVA 12

Poltetun kuoren ominaiskulutusta kuvataan kuoren lämpömäärän suhdetta sellun kokonaistuotantoon. Poltetun HK2000-raskaan polttoöljyn ominaiskulutusta kuvataan polttoöljyn lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

4.2.6 Mustalipeä

Kemiallisessa puujalostusteollisuuden jatkojalostuksessa selluloosamassa valmistetaan keittämällä kuituaines eron sitovista aineista, jolloin sidosaineet liukenevat keittokemiaaleihin. Yleensä saadaan noin puolet raaka-ainepuusta liuenneena keittonesteenä ja toinen puoli jatkojalostetaan selluloosamassaksi. Sulfaattimenetelmällä keittimestä tulleen puuliuosaineen ja keittokemialien seosta kutsutaan mustalipeäksi. Haihduuttimissa mustalipeän kuiva-ainepitoisuus nostetaan 75–80 %:iin poltettavaksi soodakattilassa, jolloin sitä kutsutaan myös polttolipeäksi. Polttolipeän palaessa keittoon tarvittavat kemikaalit saadaan sulana talteen soodakattilan pohjalta. Jäteliemien poltto pienentää energiantuotantokustannuksia sekä keittoon tarvittavien kemikaalien kustannuksia. (14, s. 30; 23.)

Kemin tehtaan laboratorio analysoi tehollisen lämpöarvon [MJ/kg] vahvamustalipeälle. Näytettä kuivataan noin vuorokauden ajan 105 °C:ssa. Kuiva-ainepitoisuus lasketaan mustalipeän massa ennen kuivausta jaettuna mustalipeän massalla kuivauksen jälkeen. Massat jaetaan huomioituna punnitusastioiden painot. Yhtälöstä saadaan prosentteja, kun kerrotaan sadalla. Laboratorio syötää tulokset valvontakorttiin. Kaavassa 13 on kuvattu kuiva-ainepitoisuuden laskenta. (24.)

$$\text{kuiva - ainepitoisuus [\%]} = \frac{(\text{massa ennen kuivausta[g]} - \text{punnitusastia[g]})}{(\text{massa kuivauksen jälkeen[g]} - \text{punnitusastia[g]})} * 100[\%]$$

KAAVA 13

Polttolipeän kuiva-ainepitoisuus prosentteina saadaan määritelmien laskentaan mustalipeän kuiva-ainepitoisuuden laboratorioanalyysin käsisyöttöpositiosta. Polttolipeän kulutettua määrää seurataan tonneina. Lipeän ominaispaino määritetään kokeellisesti määritetyn kuiva-ainepitoisuus-taulukon ja polttolipeän kuiva-aineen avulla. Mustalipeän kuiva-aineen määrittelyssä, kaavassa 14, otetaan huomioon tarkasteltavan ajanjakson välinen aika, polttoaineen tiheys sekä virtaus. (13.)

$$\text{Mustalipeän kuiva - ainepitoisuus [\%]} = \frac{\text{virtaus} \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]}{1000} * (t_2 - t_1) * \text{tiheys} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] *$$

KAAVA 14

Mustalipeän lämpömäärä lasketaan kaavan 15 mukaisesti kertomalla mustalipeän kuiva-aine ja mustalipeän tehollisella lämpöarvolla. (13.)

$$\text{Mustalipeän lämpömäärä [MWh]} = \text{mustalipeän kuiva - aine [t]} * \text{tehollinen lämpöarvo} \left[\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right] \quad \text{KAAVA 15}$$

Poltetun mustalipeän ominaiskulutusta kuvataan mustalipeän lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella (kaava 16). (25.)

$$\text{Mustalipeän ominaiskulutus} \left[\frac{\text{MWh}}{\text{t}} \right] = \frac{\text{Mustalipeän lämpömäärä [MWh]}}{\text{Sellun kokonaistuotanto [t]}} \quad \text{KAAVA 16}$$

4.2.7 Hajukaasut

Hajukaasut sisältyvät lämpömäärän laskennassa mustalipeän määrään. Hajukaasuja syntyy kaikissa prosessilaitteissa, joissa lipeää käsitellään. Hajukaasut lajitellaan laimeisiin ja väkeviin kaasuihin niiden rikkipitoisuuden mukaan. Laimeita hajukaasuja voidaan polttaa soodakattilassa. Laimeat hajukaasut puhdistetaan keräyksen jälkeen vesihöyrystä ja tärpätistä. Laimeiden hajukaasujen happipitoisuus on lähellä ilman happipitoisuutta, joten laimeilla hajukaasuilla voidaan korvata polttoilmaa. Väkevät hajukaasut poltetaan meesauunilla. Väkeviä hajukaasuja syntyy Kemin sellutehtaalla 0,3 GJ tuotettua sellutonnia kohden. Väkevän hajukaasun lämpöarvo on noin 0,001 TJ/GJ. (3; 4.)

4.2.8 Metanoli

Poltettu metanoli saadaan laskemalla soodakattilassa ja meesauunissa poltettu metanoli yhteen. Kaiken poltetun metanolin lämpömäärä lasketaan kertomalla poltetun metanolin määrä metanolin lämpöarvolla 22,0 MJ/kg. Poltetun metanolin ominaiskulutusta kuvataan metanolin lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

4.3 Lämmön tuotanto

Energiaraportin toisessa osassa käsitellään lämmöntuotantoa ja höyryn kehitystä. Höyryä kehitetään prosesseihin soodakattilalla sekä primäärikattilalla.

4.3.1 Höyryn kehitys

Kehitetyn höyryn lämpömäärä saadaan laskemalla yhteen soodakattilalla ja kiinteän polttoaineen kattilalla kehitetyn höyryn lämpömäärä. Kehitetyn höyryn ominaiskehitystä kuvataan höyryn lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

4.3.2 SK 1

Soodakattilan käyntiaika saadaan sekunteina summaamalla positioista. Käyntiaika muutetaan sekunneista tunneiksi jakamalla sekuntimäärä 3600:lla. Soodakattilalla kehitetyn höyryn lämpömäärä lasketaan (kaava 17) SK1:lla kehitetyn höyryn määrä kertomalla tulistetun höyryn ja syöttöveden entalpioiden erotuksella. Syöttöveden entalpia lasketaan syöttöveden ennen EKO:a saatavasta lämpötilasta ja SK1:n entalpia saadaan suoraan position avulla. Soodakattilalla kehitetyn höyryn ominaiskehitystä kuvataan höyryn lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

$$SK1QHOKE = \frac{SK1:lla\ kehitetyn\ höyryn\ määrä[t] * (tulistetun\ höyryn\ entalpia[\frac{kJ}{kg}] - (syöttöveden\ t\ ennen\ EKO:a[°C] * 0,00425[\frac{kJ}{kg}]))}{3,6}$$

KAAVA 17

Lipeä

Höyryn kehityksen lämpömäärä lipeällä lasketaan SK1:llä kehitetyn tulistetun höyryn lämpömäärästä vähentämällä siitä polttoöljyllä ja metanolilla kehitetyn höyryn lämpömäärä. Soodakattilalla kehitetyn höyryn ominaiskehitystä lipeällä kuvataan höyryn lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

Raskas polttoöljy HK2000

Polttoöljyllä kehitetyn höyryn lämpömäärä saadaan kertomalla soodakattilalla poltetun öljyn lämpömäärä 0,75:llä sekä POR HK2000:n tehollisella lämpöarvolla 40,3 MJ/kg. Lopuksi jaetaan yhtälö 3,6:lla, jotta saadaan kilojouleista megawattitunteja. Kertomalla yhtälö 0,75:llä, öljyn polton hyötysuhteella, nähdään kuinka suuri osuus öljyn lämpömäärästä saadaan höyryyn. Soodakattilalla kehitetyn höyryn ominaiskehitystä HK2000-raskaalla polttoöljyllä kuvataan höyryn lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

Metanoli

Metanolilla kehitetyn höyryn lämpömäärä saadaan kertomalla soodakattilalla poltetun metanolin lämpömäärä 0,7:llä. Kertomalla yhtälö 0,7:llä, metanolin polton hyötysuhteella, nähdään kuinka suuri osuus metanolin lämpömäärästä saadaan höyryyn. Soodakattilalla kehitetyn höyryn ominaiskehitystä metanolilla kuvataan höyryn lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

4.3.3 K10

Primäärikattila 10:n käyntitunnit tarkasteluajanjaksolta saadaan summaamalla positioiden antama käyntitieto sekunteina. Käyntiaika muutetaan tunneiksi jakamalla sekuntimäärä 3600:lla. Kattilalla kehitetyn höyryn lämpömäärä lasketaan kertomalla kehitetyn höyryn määrä höyryn ja syöttöveden entalpioiden erotuksella (kaava 18). Höyryn entalpia saadaan mittauspositiosta keskiarvona ja syöttöveden entalpia lasketaan syöttöveden lämpötilan keskiarvosta. Primäärikattilalla kehitetyn höyryn ominaiskehitystä kuvataan höyryn lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

K10 höyryn kehitys yhteensä =

$$\frac{K10 \text{ päähöyrymäärä}[t] * (\text{höyryn entalpia}[\frac{kJ}{kg}] - (K10 \text{ syöttöveden entalpia ennen EKO:a} * -0,00425[\frac{kJ}{kg}]})}{3,6}$$

KAAVA 18

Kuori

Kuorella kehitetyn höyryn lämpömäärä saadaan vähentämällä K10:llä kattilalla kehitetyn höyryn lämpömäärästä öljyllä kehitetty lämpömäärä. Primäärikattilassa poltetun kuoren höyryn ominaiskehitystä kuvataan höyryn lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

POR LS420

Kattilan höyryn kehityksen lämpömäärä öljyllä saadaan laskemalla yhteen kattilalla poltetun öljyn lämpömäärä ja kertomalla se öljyn tehollisella lämpöarvolla 40,4 MJ/kg sekä 0,9:llä, joka on öljyn-poltton hyötysuhde. Lopuksi yhtälö jaetaan 3,6:lla muutettaessa megawattitunneiksi. Höyryn kehitykseen primäärikattilalla osallistuu vain raskas polttoöljy LS420, kevyttä öljyä käytetään vain kattilan lämmitykseen. Kehitetyn höyryn ominaiskehitystä kuvataan LS420-raskaan polttoöljyn höyryn lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

4.4 Lämmön kulutus

Energiaraportin kolmannessa osassa tarkastellaan lämmön – ja höyrynkulutusta osastoittain.

4.4.1 Massatehdas

Massatehtaan höyrynkulutuksen lämpömäärä saadaan laskemalla yhteen keitossa ja valkaisussa kuluneen höyryn lämpömäärä. Massatehtaalla kulutetun höyryn ominaiskulutusta kuvataan höyrynkulutuksen lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

Keitto

Sellun valmistusprosessissa keittoon kuluva höyryn lämpömäärä saadaan laskemalla yhteen keittimillä Kamyri 1 ja 2 kuluneen 3,5, 9,0 ja 12,0 bar:n paineisten höyryn lämpömäärä. Keitossa kulutetun höyryn ominaiskulutusta kuvataan höyrynkulutuksen lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

Valkaisu

Valkaisun höyrynkulutuksen lämpömäärä saadaan laskemalla yhteen valkaisuissa 1 ja 2 kuluneen 3,5 ja 12,0 bar:n paineisten höyryn lämpömäärä. Keitossa kulutetun höyryn ominaiskulutusta kuvataan höyrynkulutuksen lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

4.4.2 Talteenotto

Talteenoton höyrynkulutuksen lämpömäärä saadaan laskemalla yhteen voimalaitoksen, haihduttamon, superin sekä muun kulutuksen kuluttaman höyryn lämpömäärä. Talteenotossa kulutetun höyryn ominaiskulutusta kuvataan höyrynkulutuksen lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

Voimalaitos

Voimalaitoksen höyrynkulutuksen lämpömäärä saadaan laskemalla yhteen SK1: ja K10:n omakäyttö, öljyvesilämmityksen ja lämpökeskuksen kuluttaman 3,5 ja 9,0 bar:n paineisten höyryn lämpömäärä. Voimalaitoksella kulutetun höyryn ominaiskulutusta kuvataan höyrynkulutuksen lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

Haihduttamo ja Superi

Haihduttamon ja superin 3,5 ja 9,0 bar:n paineisten höyryjen kulutuksen lämpömäärä saadaan laskemalla ne yhteen. Haihduttamolla ja Superilla kulutetun höyryn ominaiskulutusta kuvataan höyrynkulutuksen lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

4.4.3 Muu kulutus

Muun kulutuksen sisältämä höyryn lämpömäärä saadaan laskettua vähentämällä kaikkien tiedossa olevien lämmönkulutuskohteiden lämpömäärät. Kulutettuun höyrymäärän sisältyvät häviöt. Muussa kulutuksessa kulutetun höyryn ominaiskulutusta kuvataan höyrynkulutuksen lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

4.4.4 Puunkäsittely

Kuorimon 3,5 bar:n paineisen höyryn höyrynkulutuksen lämpömäärä saadaan kertomalla kulutettu höyrymäärä 3,5 bar:n höyryn ja lisäveden entalpioiden erotuksella. Entalpia 3,5 bar:n höyrylle saadaan laskemalla keskiarvo position arvoista jatkuvina. Kuorimolla kulutetun höyryn ominaiskulutusta kuvataan höyrynkulutuksen lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

4.4.5 Kuivauskoneet

Kuivauskoneiden 3,5 ja 9,0 bar:n paineisten höyryjen kulutuksen lämpömäärä saadaan laskemalla höyryjen lämpömäärät yhteen. Massatehtaalla Kuivauskoneilla kulutetun höyryn ominaiskulutusta kuvataan höyrynkulutuksen lämpömäärän [MWh] ja kuivauskoneiden kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

4.4.6 Sellutehtaan lämmönkulutus yhteensä

Sellun lämmönkulutuksen lämpömäärä saadaan laskemalla yhteen massatehtaan, talteenoton, puunkäsittelyn ja kuivauskoneiden höyrynkulutuksen lämpömäärät. Sellutehtaalla kulutetun höyryn ominaiskulutusta kuvataan höyrynkulutuksen lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

4.4.7 TG5 vastapainesähkö

Turbiinin höyryn kulutuksen lämpömäärä lasketaan positiosta saatujen mittausarvojen avulla. Position arvoista lasketaan keskiarvo tarkasteltavalta ajanjaksolta ja keskiarvo kerrotaan tarkasteltavalla ajanjaksolla ja 24:llä, tuloksena saatu arvo MWh:na jaetaan 0,96:llä. Turbiinissa kulutetun höyryn ominaiskulutusta kuvataan höyrynkulutuksen lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

4.4.8 Apulauhdutus

Apulauhduttimen 3,5 bar:n paineiden höyryn höyrynkulutuksen lämpömäärä saadaan höyryn ja lauhteen lämpömäärien erotuksesta. Höyryn lämpömäärä lasketaan kertomalla kulutettu höyrymäärä 3,5 bar:n höyryn ja lauhteen entalpioiden erotuksella. Entalpia 3,5 bar:n höyrylle saadaan laskemalla keskiarvo position arvoista jatkuvina. Apulauhduttimella kulutetun höyryn ominaiskulutusta kuvataan höyrynkulutuksen lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

4.4.9 Kartonkitehdas

Kartongin höyrynkulutuksen lämpömäärä saadaan laskemalla yhteen kartongin 9,0 ja 3,5 bar:n paineisten höyryjen höyrynkulutuksen lämpömäärä. Jotta höyrynkulutuksen lämpömäärä saadaan laskettua, täytyy laskea ensin höyryn kulutus molemmille paineille sekä lauhteenpalautuksen määrä tonneina. Lämpömäärän laskemisessa höyryn määrä kerrotaan höyryn entalpien ja syöttöveden entalpien erotuksella. Lisäksi lauhteenpalautuksen määrä kerrotaan lauhteenpalautuksen lämpötilan ja syöttöveden lämpötilan erotuksella. Kertomalla veden ominaisentalpialla 0,00425 kJ/kg, lämpötiloista saadaan entalpia-arvoja. Höyrynlämpömäärästä vähennetään lauhteenpalautuksen lämpömäärä. Kartonkitehtaalla kulutetun höyryn ominaiskulutusta kuvataan höyrynkulutuksen lämpömäärän [MWh] ja kartongin kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

4.4.10 Kaukolämpö

Kaukolämmön höyrynkulutuksen lämpömäärä saadaan laskemalla yhteen kaukolämmön 0,6 ja 3,5 bar:n paineisten höyryjen höyrynkulutuksen lämpömäärä. Kaukolämmössä kulutetun höyryn ominaiskulutusta kuvataan höyrynkulutuksen lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

4.4.11 Lämmönkulutus yhteensä

Kaikki kehitetty höyry kulutetaan, joten kulutetun höyryn lämpömäärä on sama kuin kehitetyn höyryn lämpömäärä. Kulutetun höyryn ominaiskulutusta kuvataan höyrynkulutuksen lämpömäärän [MWh] ja sellun kokonaistuotannon [t] välisellä suhteella. (13.)

5 ENERGIARAPORTIN KEHITTÄMINEN

Tämän opinnäytetyön pohjana on toiminut Timo Saarisen vuonna 2010 kirjoittama 'Energiaraportin määrittelyt Botnia Kemin tehtaalla'. Tuotannonseurantaan käytettävä infojärjestelmä uusitaan vuonna 2017 määrittelyiden mukaan. Lämmön tuotanto – ja kulutuskohteissa on tapahtunut muutoksia vuoden 2010 jälkeen, jotka on otettava huomioon kuukausiraporttia kehitettäessä. Kulutuskohteet ja laskennoissa käytettävät mittauspositiot tarkistettiin yhdessä toimihenkilöiden ja käyttökäyttökunnan kanssa tuotannonseurantajärjestelmien avulla sekä fyysisiä mittauspisteitä tarkastamalla.

Tuotannonseurantajärjestelmässä olevia höyrytaseita tarkasteltiin vertailemalla ajokuvassa olevia kaavoja määrittelyissä oleviin kaavoihin. Sähköenergian seurantaan on suunniteltu uusi ajokuva, jossa turbiinille on laskettu sähkön kulutus ja rakennusaste vaiheittain.

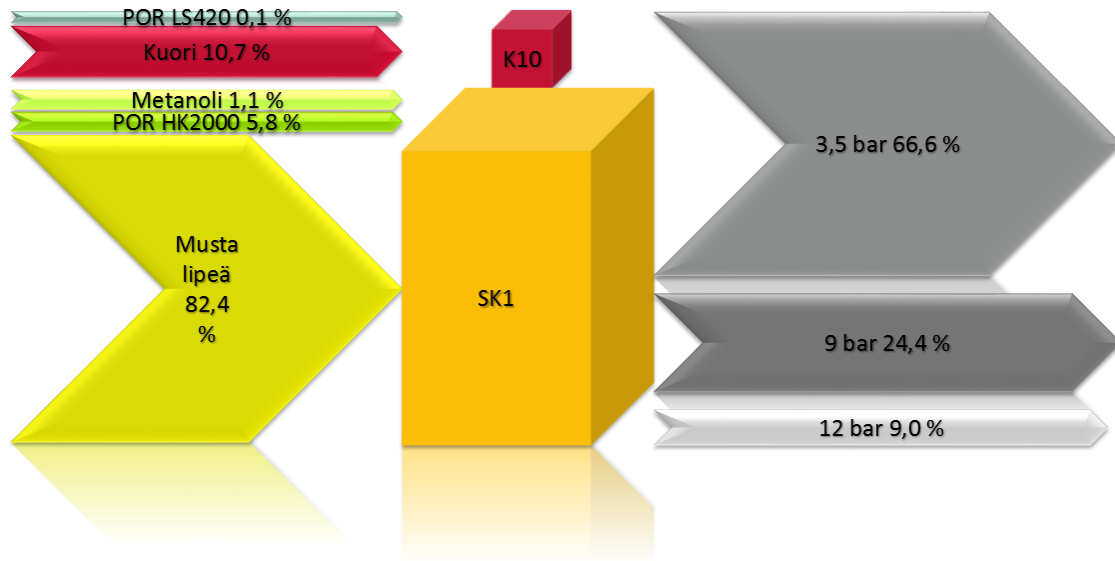
5.1 Kuukausiraporttipohja

Kuukausiraportin pohja uusittiin ja tiivistettiin höyryn ja energian osalta kahteen sivuun. Opinnäytetyössä kuukausiraportin sisältö on rajattu polttoaineiden kulutukseen sekä lämmön tuotantoon – ja kulutukseen. Kumulatiiviseen raporttiin koostetaan edellisen kuukauden arvot sekä tiedot vuoden alusta. Liitteessä 1 on uudistetun kuukausiraportin pohja kahdella sivulla. Kuukausiraportin pohjaan on sijoitettu energiaraportin määrittelyissä käytettyjen kaavojen lyhenteet raportin luettavuuden parantamiseksi.

Uuden raportin kehittämisessä on keskitytty selkeään ulkoasuun, jotta raportti olisi helposti luettavissa. Uuteen raporttiin on tiivistetty vain tärkeimmät tiedot, sillä kaikkea ei tarvitse raportoida. Raportti kertoo vain avainalueiden asiat ja tukee operatiivista työtä. Kaikki energiaraportin määrittelyissä esiintyvistä kaavoista saatavat tiedot löytyvät tarvittaessa infojärjestelmästä. Kuukausiraportti on koostettu operatiivista kuukausiraporttia sekä benchmarking-arviointia ajatellen. Raportti antaa kokonaiskuvan yrityksen toiminnallisesta tilanteesta, kuten miten eri tekijät vaikuttavat tilanteeseen ja miltä tulevaisuus näyttää. Raportointi menneen kuukauden ajalta ja vuoden alusta tarkastelu luovat pohjan tulevaisuuden näkymille. Raportissa on luotettavat tietolähteet, reaaliaikaisesti mittaavat mittalaitteet ja vain oleellimmat alueet raportoituna.

5.2 Energiatase

Kuvassa 4 on havainnollistettu polttoaineiden kulutuksen suhdetta höyryn tuotantoon. Suurin höyryntuottaja on soodakattilalla poltettava mustalipeä 82,4 %:lla, toiseksi suurin on kiinteän polttoainekattilalla poltettava kuori 10,7 %:lla. Suurin osa tuotettavasta höyrystä on paineeltaan 3,5 bar: a 66,6 %:n osuudella.

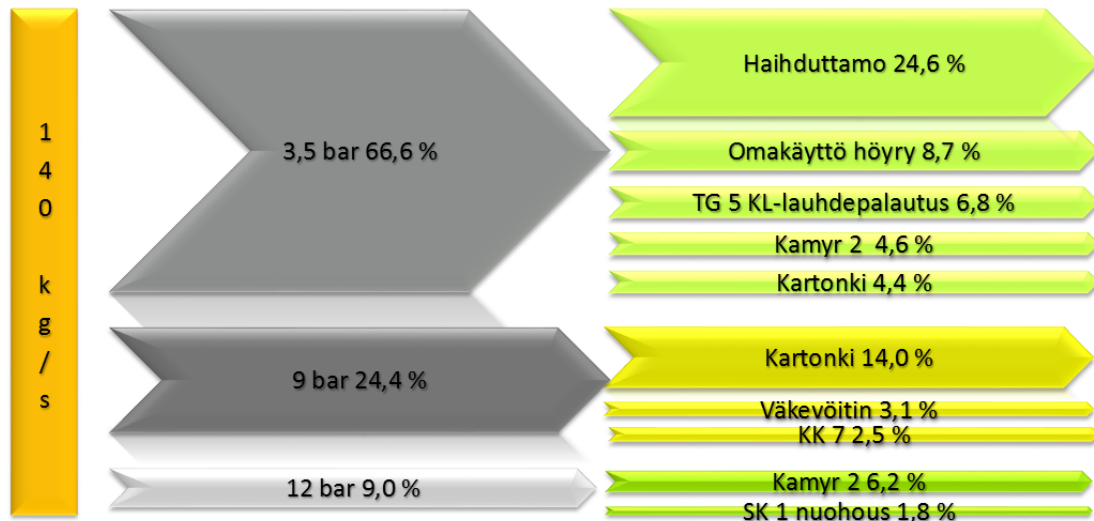


KUVA 4. Polttoaineiden kulutus suhteessa höyryn tuotantoon

Höyrytaseen tarkastelu

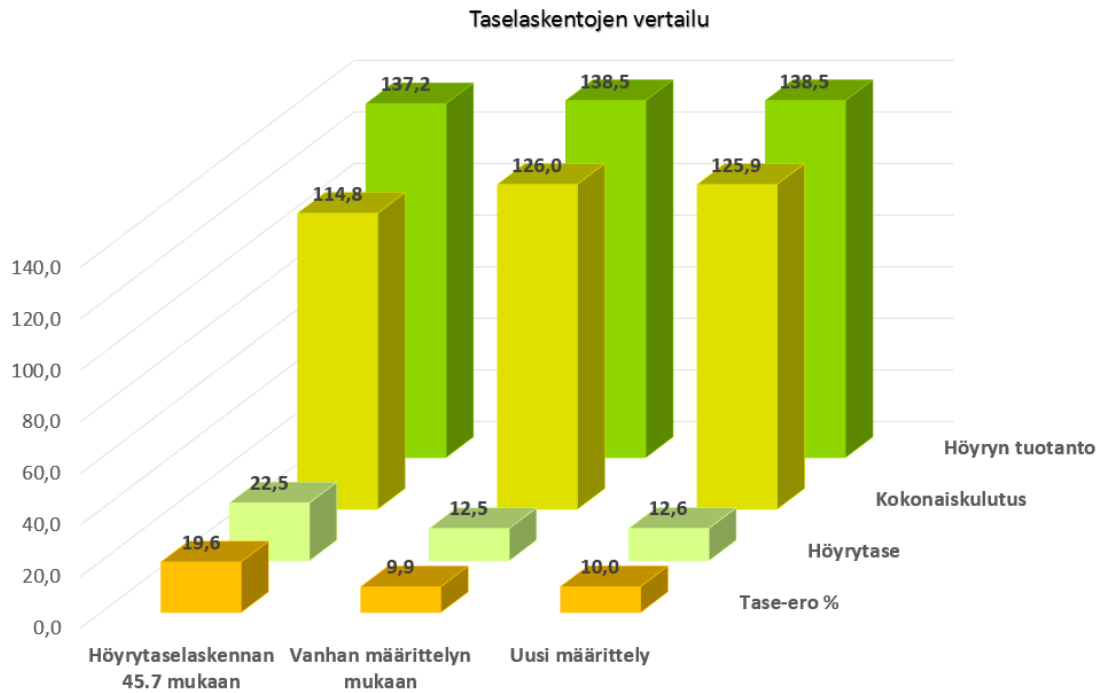
Höyrytaselaskenta toimii reaaliaikaisena toiminnanohjausjärjestelmässä. Päätös höyrytaseen avaamisesta opinnäytetyön yhteydessä tehtiin, kun höyrytaseessa havaittiin poikkeamaa noin 20 %:a. Lisäksi toiminnanohjausjärjestelmässä havaittiin kattiloista tulevan höyryn määrän poikkeavan turbiinille menevän höyryn määrästä, vaikkei välillä ollut väliottoja tai lisäyksiä.

Kiinteän polttoaineen kattila ja soodakattila tuottavat yhteensä keskimäärin 140,0 kg/s 85,0 bar:n paineista höyryä, joka jakaantuu turbiinin kautta 12,0, 9,0 ja 3,5 bar:n paineisiksi höyryiksi. Kuvassa 5 on esitetty höyryjen osuuksien jakaantuminen käyttökohteittain. 3,5 bar:n höyryn suurimmaksi kulutuskohteeksi osoittautuu haihduttamo ja 9,0 bar:n höyryn suurin kohde on puolestaan kartonkitehdas. Kuvassa 5 on esitetty vain suurimmat kulutuskohteet.



KUVA 5. Höyryjen jakaantuminen suurimpiin kulutuskohteisiin

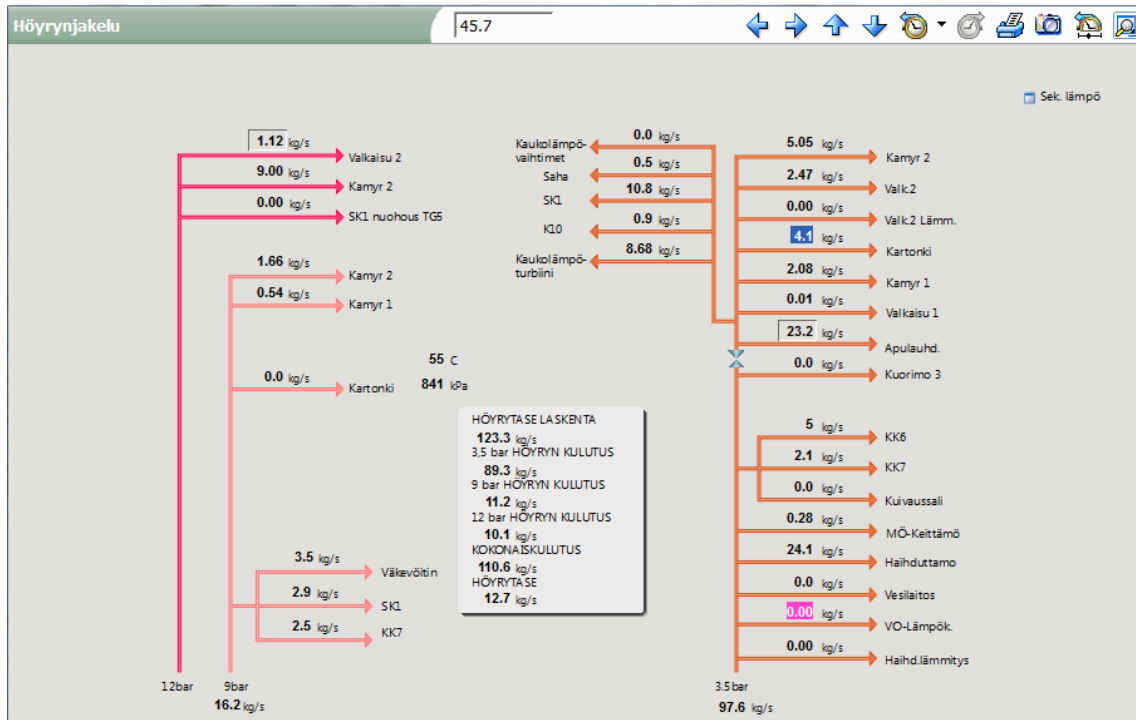
Kuvassa 6 on havainnollistettu työn tuomat muutokset pylväsdiagrammina. Vasemmalla ajokuvasta 45.7 on otettu höyrytaselaskennan mukaisesti laskettu tase, jossa tase-ero on 19,6 %, joka on liian korkea. Keskimmäisenä on Timo Saarisen vuonna 2010 tekemän Energia raportin määrittelyt Botnia Kemin tehtaalla-koosteen mukaisesti laskettu höyrytase. Vanhan määrittelyn tase-ero on vain 9,9 %, mutta kulutuskohteissa havaittiin virheellinen positio, joka korjasi tase-eroa todellista tilannetta paremmaksi. Kuvassa 6 oikeassa reunassa on uusien, päivitettyjen energiamäärittelyjen mukaan laskettu höyrytase. Uusien kohteiden, kaavavirheiden ja tarkistuslaskemien mukaan tase-eroksi saatiin 10,0 %.



KUVA 6. Taselaskentojen vertailu tammikuu 2016 arvoilla

Höyrytase-ajokuvan päivittäminen

Höyrytaseen tarkastelun yhteydessä on otettu huomioon myös sähköenergian kulutus. Toimeksiantajan pyynnöstä laadittiin laskennallinen kuva 8, joka sisällytetään infojärjestelmän uusimisen myötä nykyiseen höyrytaseen ajokuvaan keskellä olevan laskentataulukon tilalle kuvaan 7. Uudessa laskentataulukosta voidaan seurata reaaliaikaisesti ominaisenergiankulutusta lämmön hankinnasta ja kulutuksesta.



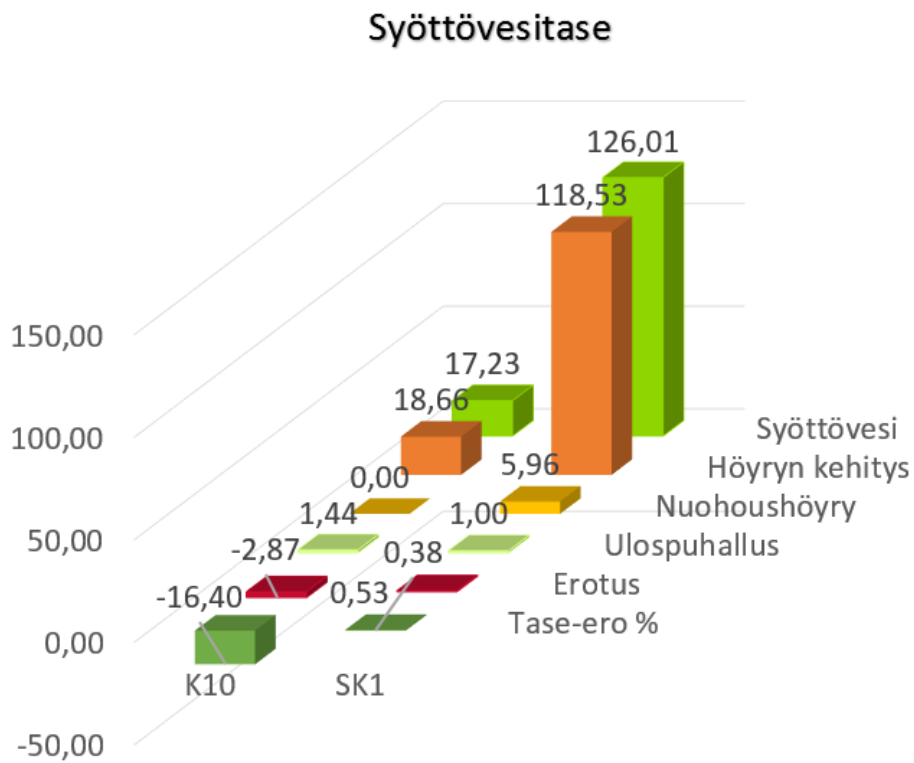
KUVA 7. Höyrytaseen ajokuva

Höyryn tuotanto				Sähkön tuotanto	
SK1	7FIRQ-3634	kg/s	MWh/t	85,0 bar	MW
K10	7FIQ-5563	kg/s	MWh/t	3,5 bar	MW
Jäähd.vesi	7FIQ-10620.1	kg/s	MWh/t	9,0 bar	MW
Yhteensä		kg/s	MWh/t	12,0 bar	MW
				TG5	7EI-10841 MW
				Erotus	MW
				Tase-ero	%
Höyryn käyttö					
Kaukolämpö	KLW06BH	kg/s	MWh/t		
3,5 bar	7FI-10900.1	kg/s	MWh/t		
9,0 bar	7FI-10900.2	kg/s	MWh/t		
12,0 bar	7FI-10900.3	kg/s	MWh/t		
Yhteensä		kg/s	MWh/t		
Tase-ero		kg/s			

KUVA 8. Uusi laskentataulukko höyrytaseen ajokuvaan

Syöttövesitaseen tarkastelu

Syöttöveden määrää verrattiin kattilalla kehitetyn, nuohoukseen käytetyn ja ulospuhalletun höyryn määrään. Vertailulla saatiin selville tuottaako kattila liikaa tai liian vähän höyryä. Höyryn tuotantoa voidaan optimoida vertailun avulla. Kuvassa 9 on havainnollistettu K10:n ja SK1:n syöttövesitase erikseen. Syöttöveden määrän tulisi olla sama kuin kehitetyn, ulospuhalletun ja nuohoukseen käytetyn höyryn. Primäärikattilalla tuotetun höyryn osuus jää syöttöveden määrää alhaisemmaksi, aiheuttaen tase-eron $-16,4\%$. Soodakattilalla syöttöveden määrä jää höyryn osuutta suuremmaksi, tase-eroksi tulee $0,5\%$. Kuvan laskennassa on käytetty mittauksista saatuja keskimääräisiä tietoja ajalta lokakuu 2015 – tammikuu 2016.



KUVA 9. Syöttövesitase

Kattilatase

Turbiinille tulee höyryä kahdelta kattilalta: soodakattilalta ja kiinteän polttoaineen kattilalta. Turbiinia ennen oleva höyryn määramittaus poikkeaa hieman kattiloista tulevien höyryjen erillisistä määramittauksista. Näiden mittausten tase-ero on laskettu taulukossa 2. Taulukossa 2 on myös laskettu kahden kuukauden keskimääräinen höyryn tuotanto soodakattilalta ja kiinteän polttoaineen kattilalta sekä turbiinille tulevan höyryn keskimääräinen höyryn tulo. Näiden mittausten erotus jää noin 2,8 kg/s negatiiviseksi: turbiinille tulevan höyryn määrä on suurempi kuin kattiloista lähtevän höyryn määrä. Tase-eroprocentti on vain noin 2,0 %, joka kuvaa erittäin vähäisen virheen määrää.

TAULUKKO 2. Kattiloista lähtevän höyryn määramittauksen tarkastelu

	loka-marras	joulu-tammi
SK1 ja K10 [kg/s]	137,83	136,07
turbiinille tuleva [kg/s]	140,70	138,85
erotus [kg/s]	-2,87	-2,78
virhe [%]	2,06	2,03

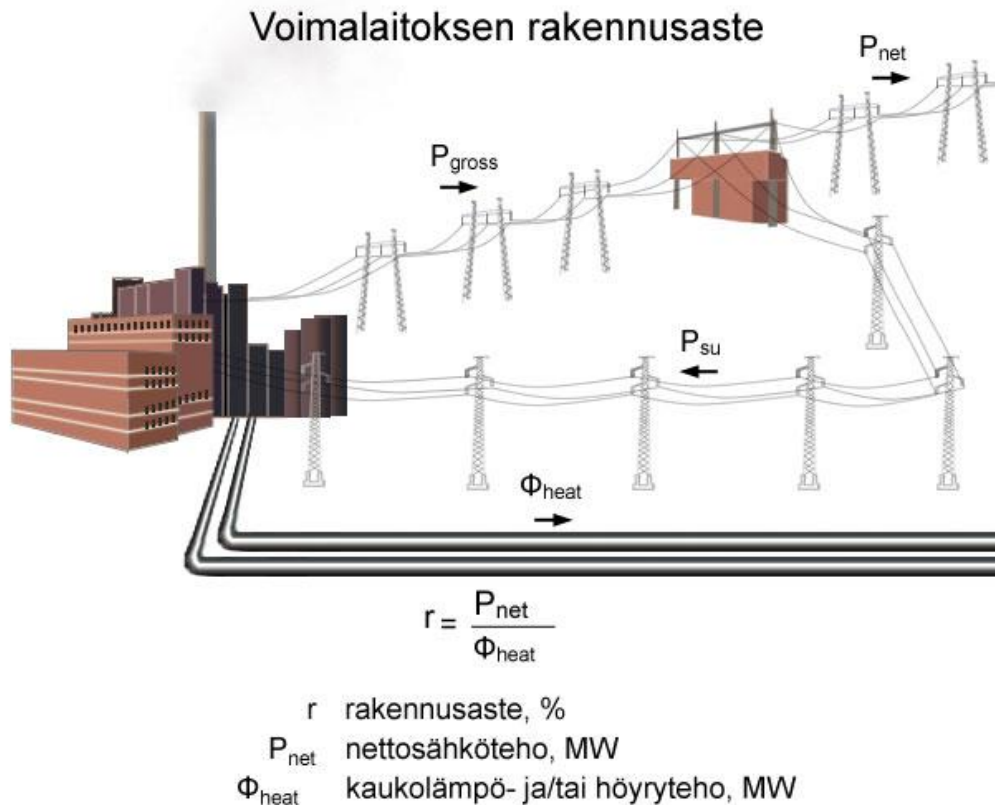
Taulukossa 3 on laskettu höyryn kulutusten ja höyryn tuoton suhdetta. Kulutuksien eroja on vertailtu edellisessä taulukossa 2 olevien määramittauksien kesken. Kulujen osuus höyryn tuotosta jää kattiloilta tulevan määramittauksen mukaan 0,5–0,6 kg/s negatiiviseksi ja tase-eroksi vain jopa -0,34 %. Turbiinille tulevan määramittauksen mukaan kulutuksien suhde tuloon jää noin 2,2 kg/s positiiviseksi ja tase-eroksi vain noin 1,6 %. Erittäin hyvät hyötysuhteet johtuvat 3,5 bar:n laskennasta. 3,5 bar:n höyrylle ei ole virtausmittaria, vaan määrä on laskettu höyrytaseiden mukaan. Todellinen tase-ero lienee suurempi.

TAULUKKO 3. Höyryn kulutuksen suhde tulevan höyryn määrään

Höyryn tulo	loka-marras	joulu-tammi
SK1 ja K10 [kg/s]	137,83	136,07
turbiinille tuleva [kg/s]	140,70	138,85
Höyryn väliotot	loka-marras	joulu-tammi
12,0 bar [kg/s]	10,79	9,25
9,0 bar [kg/s]	31,3975	33,0485
3,5 bar [kg/s]	96,267	94,2335
yhhteensä	138,45	136,53
Erotus		
SK1 ja K10 [kg/s]	-0,62	-0,47
turbiinille tuleva [kg/s]	2,24	2,32
Tase-ero		
SK1 ja K10 [%]	-0,45	-0,34
turbiinille tuleva [%]	1,59	1,67

5.3 Rakennusaste

Voimalaitoksen rakennusaste kuvaa tuotetun sähköenergian suhdetta tuotettuun lämpöenergiaan. Rakennusaste on laskettu turbiinin sähkötehon laskennan yhteyteen kuvaan 11. Suunniteltu kuva annetaan uusiutuvan infojärjestelmän myötä valmistettavaksi, joten kaavat ja pohjan ulkoasu tulevat olla helposti havainnollistettavissa. Kuvassa 10 on havainnollistettu rakennusaste sekä kaava, jolla voimalaitoksen rakennusaste saadaan laskettua.



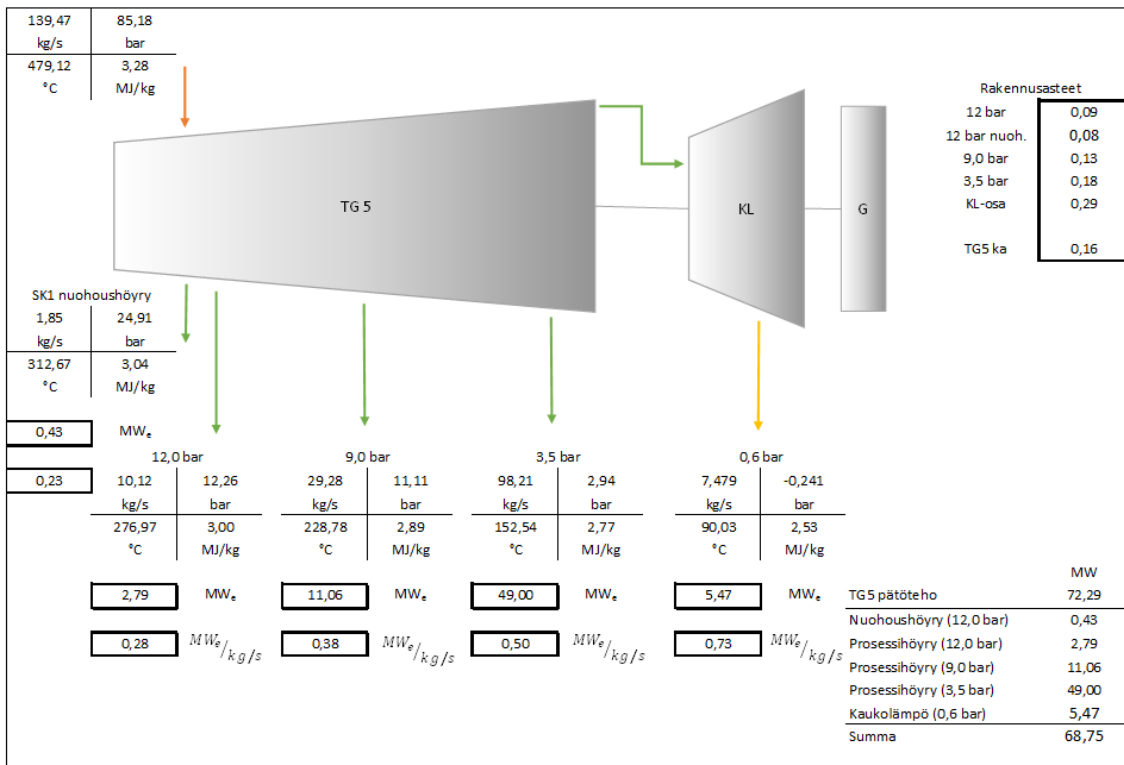
KUVA 10. Voimalaitoksen rakennusasteen muodostuminen (4)

Sähköteho

Kaavassa 19 on esitetty sähkötehon laskenta turbiinin eri vaiheissa. Turbiinin vaiheen läpi kulkema massavirta m [kg/s] kerrotaan laskennassa käytettävällä turbiinin hyötysuhteella 0,98:lla sekä turbiinin tulevan ja laskettavan vaiheen entalpiaerolla [kJ/kg].

$$\text{sähköteho [MW]} = \dot{m} \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] * 0,98 * (h_1 - h_x) \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \quad \text{KAAVA 19}$$

Opinnäytetyön yhtenä osana oli suunnitella ja piirtää turbiinista ajokuva (kuva 11), johon on sijoitettu positiot virtausmittauksesta, höyryn lämpötilasta, entalpiasta sekä paineesta. Näiden tietojen avulla saadaan kuvaan helposti havainnollistettua laskennan avulla sähköenergian kulutus höyryn kulutuskohteita säätäessä. Kuvaan on valmiiksi laskettuna myös höyrynpaineiden rakennusasteet. Kuva ja siihen liittyvät laskennat toimitetaan infojärjestelmää uusittaessa alihankkijalle, joka valmista kuvan mukaisen näyttökuvan prosessinseuranta varten. Kuvassa 11 on laskettuna tammikuun 2016 tilanne laskentojen havainnollistamiseksi.



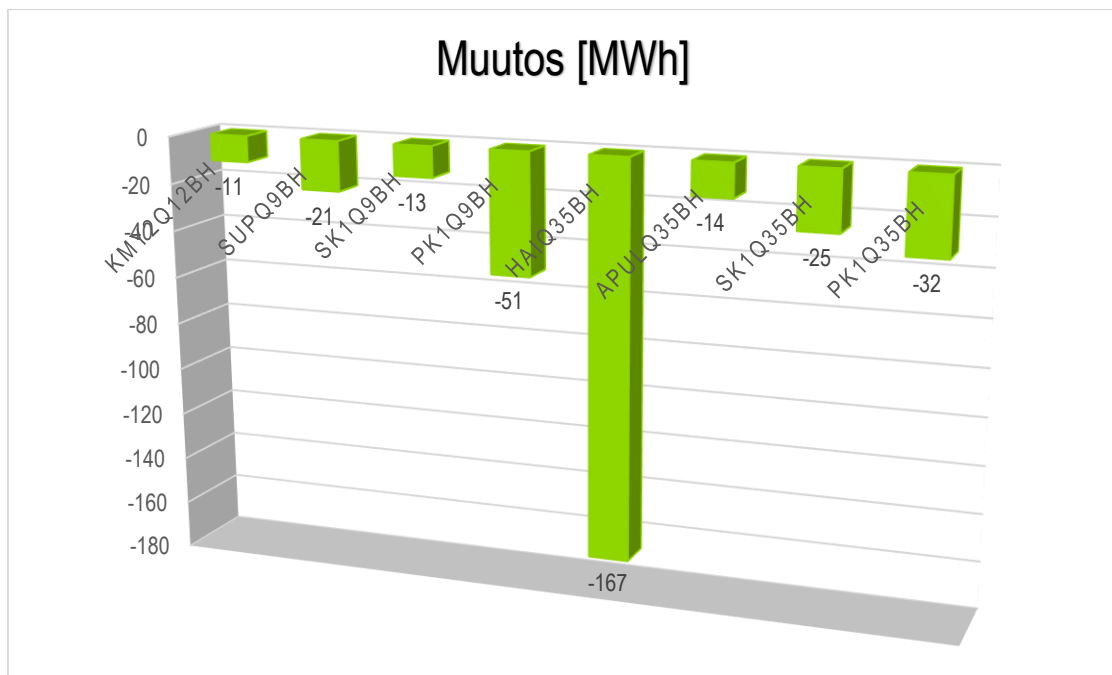
KUVA 11. Turbiinin sähkötehon laskenta vaiheittain tammikuussa 2016

Liitteessä 2 on turbiinin sähköntuotannon ajokuva laskennoissa käytettyjen positioiden kanssa. Positioiden avulla saadaan reaaliaikaiset tiedot höyryjen paineista, lämpötiloista, höyryn virtauksista ja entalpioista. Turbiinin väliotoista 12,0, 9,0, ja 3,5 bar:n höyryille saadaan entalpia-arvot, mutta entalpia-arvot puuttuvat nuohoushöyrylle sekä turbiinille tulevalle höyrylle. Kuvaan 11 entalpiat on katsottu kuukauden keskimääräisillä arvoilla. Reaaliaikaiset entalpiat puuttuviin kohtiin saadaan järjestelmän went-lohkolaskennalla höyryn lämpötilan ja paineen avulla. Luotuun turbiinin sähköntuotannon seurannan ajokuvaan lisätään puuttuvat entalpiat went-lohkoina, kun ajokuva valmistetaan infojärjestelmän uusimisen myötä kolmannella osapuolella.

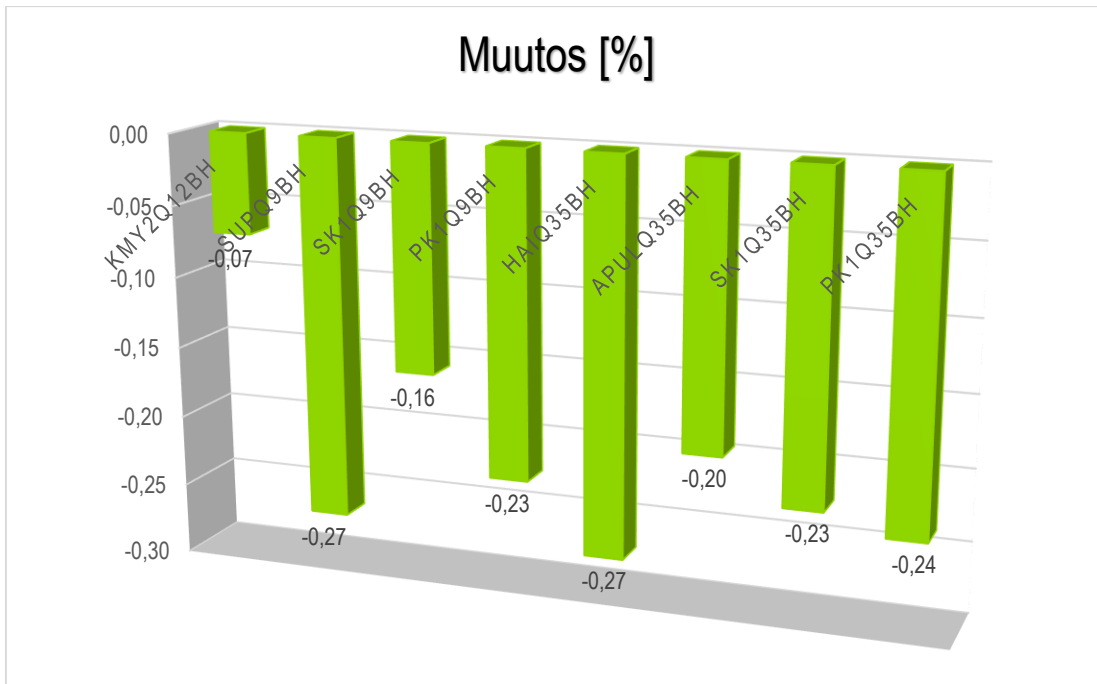
5.4 Kehityskohteita

Veden ominaisentalpia

Energiamäärittelyiden laskennoissa havaittiin poikkeava veden ominaisentalpia 0,00419 kJ/kg, jonka kolmas osapuoli on päivittänyt 0,00425 kJ/kg. Kaikissa kaavoissa uutta veden ominaisentalpiaa ei kuitenkaan ollut päivitetty ja muutamissa kaavoissa molempia ominaisentalpioita on käytetty sekaisin. Veden ominaisenergian muuttaminen uudeksi 0,00425 kJ/kg muuttaa myös lämpömäärää höyryn kulutuskohteissa. Kuvassa 12 on havainnollistettu veden ominaisentalpian päivittämisen aiheuttama muutos megawattitunteina. Suurin muutos on havaittavissa haihuttamon 3,5 bar:n höyryn kulutuksen lämpömäärässä, joka pienenee jopa 167,0 MWh. Kuvassa 13 on esitetty veden ominaisentalpian päivittämisen tuoma muutos prosentteina. Muutos on suurimmillaan 0,27 %:a, joka aiheuttaa pientä epätarkkuutta energiataselaskennassa.



KUVA 12. Veden ominaisentalpian muutoksen aiheuttama lämpömäärän muutos megawattitunteina tammikuussa 2016



KUVA 13. Veden ominaisentalpian muutoksen aiheuttama lämpömäärän muutos prosentteina tammi-kuussa 2016

Määrittelyissä käytettävien kaavalyhenteiden selitteet

Määrittelyissä kaavojen lyhenteet koostuvat kirjainyhdistelmät, joista käyvät ilmi määritettävät kohteet, määriteltävät aineet ja koostumukset. Kaavojen lukemisen helpottamiseksi muodostettiin lyhenteistä selitteet. Selitteet on koottu liitteeseen 3.

Timo Saarisen vuonna 2010 päivittämässä energiaraportin määrittelyissä ei ollut huomioitu meesauunille eikä vesilaitokselle menevää matalapainehöyryä. Puuttuviin kohteisiin lisättiin lasketut kiinteät höyrynkulutukset ja luotiin uudet selitteet.

6 YHTEENVETO

Nykyisten energiatehokkuusjärjestelmien myötä energiatehokkuutta parantaviin toimiin kiinnitetään entistä enemmän huomiota, jolloin energiatehokkuuden seuranta korostuu. Infojärjestelmän uusimisen myötä tavoitteena oli päivittää teknisen kuukausiraportin määrittelyt vastaamaan olemassa olevaa Excel-pohjaista raportointijärjestelmää. Nykyinen kuukausiraportti oli 8 sivua pitkä ja sen edellisestä päivittämisestä oli kulunut kuusi vuotta. Tavoitteena oli myös uuden teknisen kuukausiraportin ulkoasun suunnittelu mahdollisimman selkeäksi ja vain tarvittavan tiedon sisältäväksi. Tavoitteena oli myös oppia sellutehtaan energiataseen sisältö ja siihen vaikuttavat asiat.

Energiaraportin määrittelyiden kaavojen ja mittauspisteiden positioiden virheettömyys tarkistettiin. Virheitä löytyi teknisen kuukausiraportin määrittelyiden kaavoista sekä Excel-pohjaisesta raportointijärjestelmästä. Tehtaalta poistuneiden kulutuskohteiden laskentoja poistettiin ja uusien kulutuskohteiden laskentoja lisättiin määrittelyihin.

Uusi kuukausiraporttipohja ottaa paremmin huomioon käyttäjän tarpeet ja toiminnalliset tekijät. Kuukausiraportti tiivistettiin kahteen sivuun. Kuukausiraportointi kertoo nykytilanteen auttaen lyhyen tähtäimen suunnitelmissa. Tarkentavilla laskelmissa lisättiin raportin luotettavuutta ja varmistettiin tietojen oikeellisuutta. Lipeän kuiva-ainepitoisuuden laskentaan käytettävää kaavaa tarkistettiin ja vertailtiin Metsä Fibren yksiköiden kesken. Teknisen kuukausiraportin sisältämät lämpöarvot ja tiheydet oikaistiin vastaamaan päästöluvan mukaisia arvoja.

Turbiinin sähkötehon sekä rakennusasteen reaaliaikaiseen seurantaan piirrettiin ajokuva. Turbiinin ajokuva auttaa havainnoimaan turbiinista lähtevien höyryjen kulutuskohteiden sähkön kulutuksen osuutta kokonaissähkön kulutuksesta.

Höyrytaseen tasapainoon saattamiseksi puuttuu höyryn kulutusmittareita pienistä kulutuskohteista. Lisäksi on olemassa kohteita, joissa höyryä kulutetaan väliaikaisesti. Virtausmittareiden asennus ja huolto olisivat hyötyyn nähden tarpeetonta. Metanolin lämpömäärän reaaliaikainen mittaus selvittäisi lämpömäärän osuutta energiataseesta.

Öljyjen toimittaja toimittaa saapuneen öljyerän tiedot. Näiden tietojen käyttäminen ei ole oleellista, koska on todettu, että öljyjen lämpöarvot ja tiheydet muuttuvat vain ± 5 %:a. Lisäksi päästöluvassa tulisi olla käytettävät arvot, joten öljyjen tiheyksien ja lämpöarvojen jatkuva muuttaminen ei vastaa saatua hyötyä.

Perusteet kostean puun lämpöarvolle 6,6 MJ/kg löydettiin metsäteollisuuden käyttämästä standardikaavasta, joka lisättiin määrittelyihin. Reaaliaikaisen kostean puun lämpöarvon saaminen vaatisi jatkuvaa kosteuden seuranta kattilalle saapuvasta puusta. Investointikulut eivät vastaa saavutettuja hyötyjä.

Höyrytaseen tase-eroa saatiin laskettua 10,0 %:iin, mutta mittarivirheen sallittuun tase-eroon alle 5,0 %:iin ei päästy. Turbiinin tuotantoa seuraavan ajokuvan avulla saadaan lisättyä energiatehokkuutta sähkön tuotannon optimoinnilla. Energiatehokkuus on kytketty johtamisjärjestelmään, joten Metsä Fibrellä on tavoitteena kehittyä jatkuvasti energiatehokkuudessa. Jatkuvan seurannan ja raportoinnin avulla saadaan tehokkaita tuloksia.

Tarkistuslaskelmien avulla varmistetaan mitoituksien energiatehokkuus. Tase-eroiksi kattilataseissa saatiin vain alle 5,0 %:a, joka sallitaan mittareiden virheeksi. Tase-eron pienuus selittyy positioiden sisältämien laskelmien myötä, jolloin suurin tase-ero on korjaantunut jo automatiikan antaessa laskennallisen arvon virtausmittauksesta.


Uusi tuotannollinen infojärjestelmä saadaan rakennettua uusien määrittelyiden avulla. Uuden raporttipohjan perusteella raportointi on selkeämpää ja tehokkaampaa. Höyrytaselaskennasta löytyneitä virheitä ja puutteita on korjattu välittömästi höyrytaseen reaaliaikaiseen laskentaan.

Energia – ja höyrytaselaskentaa voi aina täsmentää ja tarkistaa mittareiden virheettömyyttä. Inno-
vatiivisuus pitää liiketoiminnan yllä; ei pidä pysähtyä vain vanhoihin toimintatapoihin.

LÄHTEET

1. Pimes, Minna 2015. Metsä Fibre. Power Point-esitys: Kemin tehtaan esitysmateriaali.
2. Turunen, Noora 2015. Metsä Group General Presentation Finnish. Power Point-esitys.
3. Päästölupa 2015. Energiavirasto. Saatavissa: www.paastolupa.fi/listemissionpermits. Hakupäivä 23.2.2016.
4. KnowPulp v.14.0 2015. Sellutekniikan ja automaation oppimisympäristö. AEL and Prowledge Oy.
5. Energiatilasto 2015. Tilastokeskus. Saatavissa: http://pxweb2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2015/data/kalvo1_s.pdf. Hakupäivä: 24.3.2016
6. Heikkilä, Jorma 2016. Energiatehokkuus. Toimintasuunnitelma 2016. Metsä Fibre.
7. 1429/2014. 2014. Energiatehokkuuslaki. Helsinki: Suomen säädöskokoelma.
8. SFS-EN ISO 50001. 2012. Energianhallintajärjestelmät. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS.
9. Jyrkkiö, Esa – Riistama Veijo 2004. Laskentatoimi päätöksenteon apuna. Porvoo: WS Bookwell Oy. 18. painos. Saatavissa: <https://www.ellibslibrary.com//book/951-0-31627-X>. Hakupäivä: 29.12.2015.
10. Alhola, Kari – Lauslahti, Sanna 2002. Laskentatoimi ja kannattavuuden hallinta. 1.-2. painos. Saatavissa: <https://www.ellibslibrary.com/fi/book/951-0-31626-1>. Hakupäivä 28.12.2016.
11. Hotanen, Jorma – Laine Risto O. – Pietiläinen Seppo 2001. Benchmarking opas: opi hyviltä esikuvilta. Helsinki: Laatu keskus.
12. Alhola, Kari – Lauslahti, Sanna 2005. Taloutta johtamista varten esimiehille ja asiantuntijoille. Helsinki: Edita Prima Oy.
13. Saarinen, Timo 2010. Energiaraportin määrittelyt Botnia Kemin tehtaalla.
14. Huhtinen, Markku – Kettunen, Arto – Nurminen Pasi – Pakkanen Heikki 2005. Höyrykattilatekniikka. 5. uusittu painos. Helsinki: Oy Edita Ab.
15. Poukka, Outi 2016. VL: VS: Metanolin lähettäminen postipakettina. Vastaanottajat: Mira Keskitalo – Ari Reinikainen – Mikko Väliatalo. 23.2.2016.
16. Alakangas, Eija 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Espoo: VTT Energia.
17. Käyttöturvallisuustiedote POR HK2000 2014. Neste Oyj. 10.7.2014
18. Käyttöturvallisuustiedote POR LS420 2014. Neste Oyj. 8.7.2014.

19. Käyttöturvallisuustiedote POK -29/-34 2015. Neste Oyj. 1.6.2015.
20. Kontiola, Hannu – Merisalo, Jyrki – Poukka, Outi 2015. Laatuohje. Kiinteän polttoaineen näytteenotto ja analysointi, toimitusmäärien toteaminen sekä energiamäärän laskenta. Metsä Fibre.
21. Kontiola, Hannu 2016. VS: Kuoren lämpöarvo. Vastaanottaja: Mira Keskitalo. 17.2.2016.
22. Härkönen, Martti 2011. Kostean puun energiasisältö. Centria tutkimus ja kehitys. Saatavissa: http://www.forestpower.net/data/liitteet/112231=1018_kostean_puun_energiasisalto.pdf. Hakupäivä: 17.2.2016.
23. Soodakattila 2014. Motiva Oy. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergian_tuotantotekniikka/polttotekniikka_nestemaisille_polttouaineille/soodakattila. Hakupäivä: 28.1.2016.
24. Nevanperä, Päivi 2015. Työohje: Vahvamustalipeän kuiva-aine. Metsä Fibre, Laboratorio.
25. Saarinen, Timo 2016. VS: mustalipeän laskenta. Vastaanottaja: Heikkilä Jorma, Väliatalo Mikko. 15.1.2016.

		KUUKAUSIRAPORTTI 2016 helmikuu	
		Toteutunut helmikuu	Vuoden 2016 alusta
POLTTOAINEET			
Polttoöljyt yhteensä	t	VOIMWPOL_YHT	
	MWh	VOIMQPOL_YHT	
	MWh/Adt	VOIMOMPOL_YHT	
POR HK2000	t	HK2000W_POL	
	MWh	HK2000Q_POL	
	MWh/Adt	HK2000OM_POL	
Meesauuni	t	MUWHK2000	
	MWh	MUQHK2000	
	MWh/Adt	MUOMHK2000	
Soodakattila	t	SK1WHK2000	
	MWh	SK1QHK2000	
	MWh/Adt	SK1OMHK2000	
POR LS420	t	LS420W_POL	
	MWh	LS420Q_POL	
	MWh/Adt	LS420OM_POL	
Meesauuni	t	MUWLS420	
	MWh	MUQLS420	
	MWh/Adt	MUOMLS420	
Kattila 10	t	K10WLS420	
	MWh	K10QLS20	
	MWh/Adt	K10OMLS420	
POK -29/-34	t	MPÖ-29/-34W_POL	
	MWh	MPÖ-29/-34Q_POL	
	MWh/Adt	MPÖ-29/-34OM_POL	
Meesauuni	t	MUWMPÖ	
	MWh	MUQMPÖ	
	MWh/Adt	MUOMMPÖ	
Kattila 10	t	K10WMPÖ	
	MWh	K10QMPÖ	
	MWh/Adt	K10OMMPÖ	
Kuori	t	VOIMVPUU_POL	
	MWh	VOIMQPUU_POL	
	MWh/Adt	VOIMOMPUU_POL	
Metanoli	t	VOIMWMNOLI_YHT	
	MWh	VOIMQMNOLI_YHT	
	MWh/Adt	VOIMOMMNOLI_YHT	
Meesauuni	t	MUWMNOLI	
	MWh	MUQMNOLI	
	MWh/Adt	MUONMNOLI	
Soodakattila	t	SK1WMNOLI	
	MWh	SK1QMNOLI	
	MWh/Adt	SK1OMMNOLI	
Polttolipeä	tka	SK1WKA	
	MWh	SK1QKA	
	MWh/Adt	SK1OMKA	

LAMMON TUOTANTO		
Höyryn kehitys yhteensä	MWh	HOYQKEH
	MWh/Adt	HOYOMKEH
Soodakattila	MWh	SK1QHOKE
	MWh/Adt	SK1OMHOKE
Polttolipeä	MWh	SK1QHOKE_LIP
	MWh/Adt	SK1OMHOKE_LIP
Polttoöljy	MWh	SK1QHOKE_POL
	MWh/Adt	SK1OMHOKE_POL
Metanoli	MWh	SK1QHOKE_MET
	MWh/Adt	SK1OMHOKE_MET
Kattila 10	MWh	K10QHOYR
	MWh/Adt	K10QHOYR_OK
Kuori	MWh	K10QHPUU
	MWh/Adt	K10QHPUU_OK
Polttoöljy	MWh	K10QHOL
	MWh/Adt	K10QHOL_OK
LAMMON KULUTUS		
Massatehdas	MWh	MASTQBH
	MWh/Adt	MASTOMBH
Keitto	MWh	KEITQBH
	MWh/Adt	KEITOMBH
Valkaisu	MWh	VALKQBH
	MWh/Adt	VALKOMBH
Talteenotto	MWh	TALTOQBH
	MWh/Adt	TALTOOMBH
Muu talteenotto	MWh	VOIMLQBH
	MWh/Adt	VOIMLOMBH
Haihuttamo ja Superi	MWh	HAISUQBH
	MWh/Adt	HAISUOMBH
Häviöt	MWh	MUUKULQBH
	MWh/Adt	MUUKULOMBH
Puunkäsittely	MWh	KUORQ35BH
	MWh/Adt	KUOROM35BH
Kuivauskoneet	MWh	KKQBH
	MWh/Adt	KKOMBH
Lämmönkulutus sellutehtaalla yhteensä	MWh	KMFHOYQKEH
	MWh/Adt	KMFHOYOMBH
TG5 vastapainesähkö	MWh	TG5QH
	MWh/Adt	TG5HOM
Äpulauhdutin	MWh	APULQ35BH
	MWh/Adt	APULOM35BH
Kartonkitehdas	MWh	KARKQBH
	MWh/Adt	KARKOMBH
Kaukolämpö	MWh	KLQBH
	MWh/Adt	KLOMBH
Lämmön kulutus yhteensä	MWh	HOYQKUL
	MWh/Adt	KOYOMKUL

Yleisimmin energiaraportin määrittelyissä käytetyt lyhenteet:

_ALVA	määrä varastossa tarkastelutilanteen alussa [t]
_HR	höyry
_LIP	lipeällä kehitetty höyry [t]
_LOVA	määrä varastossa tarkastelutilanteen lopussa [t]
_MET	metanolilla kehitetty höyry [t]
_P	osuus [%]
_POL	polttettu määrä [t]
_S	saapuneen polttoaineen määrä [t]
_Y	lämpötila [°C]
_YHT	määrä yhteensä [t]
12	12,0 bar:n höyry
35	3,5 bar:n höyry
9	9,0 bar:n höyry
APUL	apulauhdutin
BH	höyrynkulutus [t]
BLP	lauhteen määrä [t]
H	höyryn kehitys
HAI	haihuttamo
HAV	häviöt
HK2000	raskas polttoöljy HK2000
HK2000	raskas polttoöljy HK2000
HOKE	höyryn kehitys
HOYR	kaiken kehitetyn höyryn lämpömäärä
HSUHDE	hyötysuhde
JV	jäähdytysvesi
K10	primäärikattila 10
KAY_AIKA	käyntiaika [s]
KK6	kuivauskone 6
KK7	kuivauskone 7
KL	kaukolämpö

KMY1	Kamyr 1
KMY2	Kamyr 2
KTEHO	keskiteho [MW]
KU	kulutus
KUOR	puunkäsittely, kuorimo
KVO	molemmat kattilat
LPK	lämpökeskus
LS420	raskas polttoöljy LS420
LS420	raskas polttoöljy LS420
MNOLI	metanoli
MO	mäntyöljykeittäjä
MPÖ-29/-34	kevyt polttoöljy -29/-34
MPÖ-29/-34	kevyt polttoöljy -29/-34
MU	meesauuni
MUUKUL	muu kulutus
N	nuohous
OL	öljyllä
OLE	öljyn esilämmitys
OM	ominaiskulutus/-kehitys [MWh/t]
P	kehitetyn höyryn lämpömäärän osuus koko lämpömäärästä [%]
P_	palautus [%]
PA	polttoaine
PEH	puhalluksen osuus kehitetystä höyrystä
PK1	kartonkikone
PUU	puu, kuori
Q	lämpömäärä [MWh]
S	lämpömäärän osuus koko lämpömäärästä [%]
SELLU_TUO	sellun kokonaistuotanto [t]
SK1	soodakattila 1
SUP	superi, väkevitin
SYVE	syöttövesisäiliöt
TEH	koko tehdas

TEHO	teho [MW]
TEHT	koko tehtaan eri paineiset höyryt
TG5	turbiini 5
UP	ulospuhalluksen osuus [%]
W	määrä [t]
V	varaston määrä [t]
VAL 1	valkaisu 1
VAL2	valkaisu 2
VOIM	kaikki poltetut polttoaineet
VOMK	voimaosaston omakäyttö
VSL	vesilaitos