

Harjunpää Pekka

KOHDEKATSELMUSTOIMINTA

Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma

2018

## KOHDEKATSELMUSTOIMINTA

Harjunpää, Pekka  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2018  
Sivumäärä: 24  
Liitteitä: 1

Asiasanat: energiakatselmus, kohdekatselmus, energiatehokkuus, katselmustoiminta

---

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli ilmentää energiakatselmukseen sisällytettävän kohdekatselmustoiminnan periaatteita sekä lakisääteisiä vähimmäisvaatimuksia. Opinnäytetyössä käytettiin liitteenä Porin Seikun sahalle tehtyä kohdekatselmusraporttia, minkä avulla konkretisoitiin opinnäytetyön periaatteita katselmustoiminnassa.

Työn alkuosassa selvennettiin katselmustoimintaan liittyviä käsitteitä sekä katselmustoiminnan tarkoituksenmukaisuutta, lakisääteisiä vähimmäisvaatimuksia, määräyksiä ja velvoitteita.

Työn jälkiosassa tarkasteltiin sahan kohdekatselmusraporttia. Raporttia käsiteltiin esittäen näkemyksiä siitä, miten ja miksi kohdekatselmus on tehty siten kuin se on esitetty.

Työn lopuksi luotiin yhteenveto opinnäytetyöstä, jonka pohjalta pohdittiin heränneitä kysymyksiä aiheeseen liittyen.

## ACTION IN TARGET SITE AUDIT

Harjunpää, Pekka

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in energy and environmental engineering

May 2018

Number of pages: 24

Appendices: 1

Keywords: energy, energy efficiency, energy audition

---

The purpose of this thesis was to represent principles of actions in target site audit included to enterprise's energy audit. In this thesis a report of a target site audit which was made to Seikku sawmill in Pori was prepared. The report opened a possibility to represent thesis' principles and legal requirements in a real-life case.

In the beginning of this thesis concepts connected to; enterprises' energy audits, audit's expediency, and minimum requirements according to law were clarified.

In the latter part of this thesis the real-life case report of a target site audit for Seikku sawmill was inspected. The purpose of the inspection was to clarify answers to questions such; why and how the audit was made as it is represented.

In the end of this thesis a summary of this study with conclusions and reasoning based on thesis' field was represented.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Energiatehokkuuslaki.....	5
1.2	Energiakatselmus .....	5
1.3	Kohdekatselmus .....	7
2	KOHDEKATSELMUSTOIMINTA .....	7
2.1	Kohdekatselmuksen vähimmäisvaatimukset .....	7
2.2	Kohdekatselmusraportin sisältövaatimukset.....	8
2.2.1	Perustiedot .....	8
2.2.2	Energian kulutus- ja kustannustiedot.....	8
2.2.3	Nykytilan kuvaus.....	9
2.2.4	Energiansäästötoimenpiteet .....	9
3	KOHDEKATSELMUSRAPORTTI .....	10
3.1	Kohdekatselmusraportin johdanto .....	10
3.2	Kohteen perustiedot .....	11
3.3	Energian ja veden kulutus- ja kustannustiedot.....	11
3.4	Kulutus- ja kustannustiedot energialajeittain.....	12
3.5	Energiankäytön nykytila .....	13
3.6	Energiatalouden arviointi.....	13
3.7	Katselmuksen mittaukset .....	14
3.7.1	Kuivaamot .....	15
3.7.2	Sahalinja .....	15
3.8	Toimenpide-ehdotukset.....	15
3.8.1	Lämmitysjärjestelmät .....	16
3.8.2	Vesi- ja viemärijärjestelmät.....	17
3.8.3	Ilmanvaihtojärjestelmät ja jäähdytys .....	17
3.8.4	Sähköjärjestelmät .....	18
3.8.5	Rakenteet .....	20
4	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	23
	LÄHTEET.....	24
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Tässä osiossa käsitellään energiakatselmointia käsitteenä sekä energiakatselmoinnin viitekäsitteitä lakiperusteisesti. Osiossa 2 käsitellään kohdekatselmustoimintaa yleisesti. Osiossa 3 käsitellään kohdekatselmusraportin sisältöä liitteen 1 kohdekatselmusraporttia hyväksi käyttäen.

Tämän johdanto-osion tarkoituksena on ilmentää katselmustoiminnan keskeisten käsitteiden merkityksiä.

### 1.1 Energiatehokkuuslaki

Euroopan Unionin energiategokkuutta ajavan ilmastopolitiikan myötä Euroopan parlamentti sekä Euroopan neuvosto laativat energiategokkuusdirektiivin. Direktiivin tarkoituksena on edistää tehokasta ja säästävää energiakäyttöä kulutuskohteissa siten, että energiakulutus laskee 20 % vuoteen 2020 mennessä. (EU-direktiivi, 2012/27/EU, § 1)

Tämän direktiivin myötä Suomen lakiluetteloon säädettiin energiategokkuuslaki. Lain tarkoituksena on edistää energiategokkuutta energiakatselmusten myötä. Energiakäyttöä tulee lain mukaan optimoida mahdollisimman tehokkaaksi ja hukkalämmön talteenoton mahdollisuudet tulee kartoittaa. (Energiategokkuuslaki 1429/2014, § 1, § 4 ja § 8)

### 1.2 Energiakatselmus

”Yrityksen energiakatselmus on järjestelmällinen menettely, jolla saadaan riittävästi tietoa koko konsernin tai yrityksen energiakulutusprofiilista, tunnistetaan mahdollisuudet kustannustehokkaaseen energiakäyttöön, määritetään säästön suuruus ja raportoidaan katselmuksen tuloksista.” (Energiategokkuuslaki 1429/2014, 4 §)

Neljän vuoden välein suoritettava energiakatselmus on pakollinen suurille yrityksille. Suurella yrityksellä tarkoitetaan yritystä, jonka palveluksessa on vähintään 250 työntekijää, tai jonka vuosiliikevaihto on yli 50 miljoonaa euroa ja taseen loppusumma on yli 43 miljoonaa euroa. (Energiatehokkuuslaki 1429/2014, 2 § ja 6 §)

Suurten yritysten pakollinen energiakatselmus auttaa ensisijaisesti yritystä ymmärtämään omaa energiankulutusprofiiliaan. Koska energiakatselmus tulee suorittaa neljän vuoden välein, on tarkoituksenmukaista, että yritys seuraa sen omaa energiankulutusta ja kehittää omaa energiatehokkuuttaan. On havaittu, että energiakatselmuksissa keskimääräiset säästömahdollisuudet ovat lämmön osalta 12 %, sähkön osalta 7 %, veden osalta 2 % ja kustannusten osalta 13 %. On kuitenkin selvää, että esimerkiksi säästöpotentiaali 2000-luvulla rakennetun sahalaitoksen ja 1950-luvulla rakennetun sahalaitoksen välillä on suuri. (Motivan www-sivut 2018)

Motiva on laatinut teollisuussektorin energiakatselmuksille oman ohjeistuksen, joka sisältää myös mallisisällysluettelon erilaisille teollisuuden energiakatselmusmalleille, joita ovat kiinteistön energiakatsastus, teollisuuden energiakatsastus, teollisuuden energia-analyysi sekä prosessiteollisuuden energia-analyysi. Katselmuksmallin valintaperusteet on esitetty taulukossa 1. (Teollisuussektorin energiakatselmusten ohjeistus, Motiva ja Energiavirasto, 2015)

Taulukko 1. Mallisisällysluettelon valintaperustetaulukko (Motivan www-sivut 2018)

<b>Energian ja veden arvonlisäveroton vuosikustannus €/a</b>	<b>Kiinteistön energia-katsastus</b>	<b>Teollisuuden energia-katsastus</b>	<b>Teollisuuden energia-analyysi</b>	<b>Prosessiteollisuuden energia-analyysi</b>
< 15 000	x			
15 000-55 000	x	x		
55 000-1 400 000		x	x	
1 400 000-3 000 000			x	
> 3 000 000			x	x

Energiaviraston Yli-insinööri J. Toivasen mukaan Motivan mallisisällysluetteloiden tarkoituksena on varmistaa, että energia- ja kohdekatselmukset täyttävät lain vähimmäisvaatimukset. (Henkilökohtainen tiedonanto 5.2017)

### 1.3 Kohdekatselmus

Kohdekatselmus on energiakatselmukseen sisällytettävä katselmus, jolla saadaan havainnointia yksityiskohtaisemmin yrityksen tai konsernin energiankäyttökohteen energiankulutusta. Kohdekatselmuksen havaintojen avulla voidaan esittää energiatehokkuuden parannusehdotuksia. (Energiatehokkuuslaki 1429/2014, 5 §)

”Yrityksen energiakatselmukseen on sisällytettävä erillisiä kohdekohtaisia katselmuksia riittävästä määrästä yrityksen toimintoja, jotta voidaan muodostaa luotettavakuva yrityksen kokonaisenergiatehokkuudesta ja todeta luotettavalla tavalla sen merkittävimmät parantamismahdollisuudet.” (Energiatehokkuuslaki 1429/2014, 4 §)

## 2 KOHDEKATSELMUSTOIMINTA

Kohdekatselmustoiminnassa tulee huomioida katselmuksen tarkoituksenmukaisuuden lisäksi lakisääteiset vaatimukset ja määräykset. Tässä osiossa ilmennetään kohdekatselmuksen vähimmäisvaatimuksia sekä kohdekatselmusraporttiin sisällytettäviä vähimmäistietoja.

### 2.1 Kohdekatselmuksen vähimmäisvaatimukset

Kohdekatselmuksessa on käytettävä luotettavia, ajan tasalla olevia, sekä mahdollisuuksien mukaan mitattuja ja jäljitettävissä olevia operatiivisia tietoja energiankulutuksesta ja kuormitusjakaumista. (Energiatehokkuuslaki 1429/2014, 8 § ja 9 §)

Suurten yritysten kohdekatselmusten vähimmäisvaatimuksia on tarkennettu valtioneuvoston asetuksella energiakatselmuksista seuraavanlaisesti:

- 1) Katselmuskohde on käytävä läpi riittävän edustavasti ja riippumattomasti, jotta katselmuksen perusteella voidaan muodostaa luotettava kuva kohteen energiankulutuksesta, kulutuksen jakaumasta, energiakustannuksista ja kokonaisenergiatehokkuudesta;
- 2) katselmuksessa on kartoitettava toimenpiteitä, joilla voidaan kustannustehokkaasti parantaa kohteen energiaterhoisuutta tai säätää sen energiakustannuksissa;
- 3) toimenpide-ehdotukset on kuvattava selkeästi;
- 4) toimenpiteillä saavutettavalle energiansäästölle ja niiden kannattavuudelle tulee laatia luotettavat laskelmat;
- 5) kaikissa katselmoitavissa kohteissa on tehtävä riittävä määrä mittauksia.

(Asetus energiakatselmuksista. 2015. 20/2015, 2 §)

## 2.2 Kohdekatselmusraportin sisältövaatimukset

### 2.2.1 Perustiedot

Kohdekatselmusraportissa tulee olla energiakatselmusvelvoitteen piiriin kuuluvan yrityksen nimi ja y-tunnus, katselmoitavan kohteen toimialaluokka, yksilöivä nimi, osoite ja mahdollinen muu tarkentava sijaintitieto. Kohdekatselmusraportissa tulee olla myös yrityksen energiakatselmuksen vastuuhenkilön nimi, katselmoijanumero, yhteystiedot ja työnantaja sekä raportin valmistumispäivämäärä. (Asetus kohdekatselmusten raportoinnista. 2015. 41/2015, Liite 1, 1)

### 2.2.2 Energian kulutus- ja kustannustiedot

Energian kulutus- ja kustannustiedot tulee esittää energialajeittain. Energiakulutuksen jakautuminen tulee esittää yksityiskohtaisesti laiteryhmittäin tai kulutuskohteittain. Lisäksi energiankulutuksesta, energiakustannuksista ja energiankulutuksen jakautumisesta tulee laatia sanallinen kuvaus. Kulutus- ja kustannustiedot on esitettävä kolmelta



kohdekatselmusta edeltävältä kalenterivuodelta vuosikulutuksina, sekä kohdekatselmusta edeltävän 12 kuukauden osalta kuukausikulutuksina, mikäli tiedot ovat saatavilla ja se on tarkoituksen mukaista. (Asetus kohdekatselmusten raportoinnista. 2015. 41/2015, Liite 1, 2)

### 2.2.3 Nykytilan kuvaus

Raportissa tulee esittää asetuksen mukaan merkittävien energiankulutuskohteiden osalta soveltuvilta osin seuraavat asiat:

- a) tarve ja käyttö;
- b) järjestelmän ja laitteen energiatehokkuus;
- c) ohjaustapa ja sen soveltuvuus sekä ohjauksen toimivuus;
- d) säätötapa ja sen soveltuvuus sekä säädön toimivuus;
- e) toimintaparametrit ja niiden tarkoituksenmukaisuus, kuten asetusarvot ja käyntiajat;
- f) energiatalouden tehostamismahdollisuudet.

”Kohdekatselmusraportissa tulee kuvata katselmuskohteen energiankulutusseuranta sekä käyttö- ja huolto-organisaation toiminta energiatalouden kannalta sekä mahdolliset kehittämistoimenpiteet.” (Asetus kohdekatselmusten raportoinnista. 2015. 41/2015, Liite 1, 3)

### 2.2.4 Energiansäästötoimenpiteet

Kohdekatselmusraportin toimenpide-ehdotukset on kuvattava niin tarkasti ja kattavasti, että yrityksellä on edellytykset tehdä päätös toimenpide-ehdotuksen toteutuksesta, siihen tähtäävästä suunnittelutyöstä tai muista vaadittavista toimenpiteistä. Toimenpide-ehdotuksiin on soveltuvin osin sisällytettävä seuraavat tiedot:

- a) toimenpiteen kuvaus;
- b) suure, johon muutos vaikuttaa;
- c) suureen arvot ennen ja jälkeen ehdotetun toimenpiteen;

- d) energiankulutus energialajeittain ennen ja jälkeen ehdotetun toimenpiteen niiden energialajien osalta, joiden kulutukseen kyseinen toimenpide vaikuttaa;
- e) säästöarvio energialajeittain ennen ja jälkeen ehdotetun toimenpiteen;
- f) arvio toimenpiteen kokonaisinvestoinneista suunnittelu- ja käyttöönottokustannuksineen;
- g) toimenpiteen kannattavuuslaskelma;
- h) toimenpiteen mahdolliset muut vaikutukset, kuten vaikutukset tuotannon määrään, terveysvaikutukset ja huoltokustannukset.

Kohdekatselmusraportissa tulee soveltuvin osin esittää myös sellaiset toimenpide-ehdotukset, joista ei kohdekatselmuksen perusteella voi esittää täsmällisiä energiansäästö- ja investointilaskelmia. (Asetus kohdekatselmusten raportoinnista. 2015. 41/2015, Liite 1, 4)

### 3 KOHDEKATSELMUSRAPORTTI

Tässä osiossa käsitellään liitteenä olevaa UPM Kymmene Oyj:n Seikun sahalle tehtyä kohdekatselmusraporttia. Tämän osion tarkoituksena on selvittää mitä on tehty, miten se on tehty ja miksi kohdekatselmusraportti on tehty. Lisäksi osiossa tarkastellaan kohdekatselmusraportin lain vaatimustenmukaisuutta.

#### 3.1 Kohdekatselmusraportin johdanto

Johdanto-osiossa käytettiin Motivan mallisisällyluettelon mukaisen esipuheen periaatteita soveltuvin osin. Johdannon tarkoitus oli selkeästi todeta, mikä katselmus on kyseessä sekä minkä määräysten ja mallien mukaisesti katselmuksessa toimitaan. (Teollisuussektorin energiakatselmusten ohjeistus. 2015. Motiva ja Energiavirasto)

Nähtiin myös parhaaksi esittää johdannossa katselmuksen keskeiset tavoitteet ja katselmuksen sisältämien keskeisten tietojen aihealueet sekä sahan henkilökunnan puolesta katselmuksessa mukana olleet henkilöt. (Liite 1, s. 3)

### 3.2 Kohteen perustiedot

Kohdekatselmuksen lakisääteiset perustietovaatimukset on lueteltu tämän opinnäytetyön kohdassa 2.2.1.

Kohdekatselmus sisältää lakisääteisistä perustiedoista raportin valmistumispäivämäärän ja energiakatselmusvelvoitteen piiriin kuuluvan yrityksen nimen sekä katselmuksen kohteen yksilöivän nimen kohdekatselmusraportin kansilehdellä. (Liite 1, s. 1)

Katselmusraportissa esitetään katselmuksen kiinteistön osoite sekä kiinteistönumero tarkentavana tietona. Tarkentavina tietoina on lisätty myös muut samalla kiinteistöllä toimivat yritykset. Lakisääteisistä vaatimuksista kohdekatselmuksen kohteen perustiedoissa on kerrottu yrityksen toimialaluokka. (Liite 1, s. 4 ja 5)

Kohdekatselmusraporttia laadittaessa katsottiin tarpeelliseksi lisätä perustietoihin Motivan mallisisällysluettelon mukaisesti energian ja veden hankintatiedot, kunnallistekniset liittymät sekä saha-alueen kunnossapidosta vastaavan yrityksen tieto ja sahan tuotantomäärä. Perustietoihin katsottiin tarpeelliseksi lisätä myös tuotannon prosessikaavio. (Liite 1 s. 5; Teollisuussektorin energiakatselmuksen ohjeistus, Motiva ja Energiavirasto, 2015.)

Katselmuksen perustietovaatimuksista puuttuu energiakatselmuksen vastuuhenkilön tiedot sekä työnantaja. UPM Kymmene Oyj:n Suomessa sijaitsevista neljästä sahasta on yhteen tehty energia-analyysi Etteplan Oyj:n toimesta. Energiakatselmuksen vastuuhenkilöstä ei ollut saatavilla tietoja kohdekatselmusraportin tekohetkellä. Kohdekatselmoijalta ei vaadita erillistä pätevyyttä. (Toivanen henkilökohtainen tiedonanto 5.2017)

### 3.3 Energian ja veden kulutus- ja kustannustiedot

Energian ja veden kulutus- ja kustannustietojen vaatimuksista on lueteltu tämän opinnäytetyön kohdassa 2.2.2.

Kohdekatselmusraportissa katsottiin tarpeelliseksi kertoa, miten kulutus- ja kustannustietojen koonti on toteutettu. Lisäksi katsottiin tarpeelliseksi kuvailla sanallisesti kokonaiskulutukseen vaikuttaneita ja myöhemmin kulutuspiiristä poistettuja kohteita niin sahan alueella kuin alueen ulkopuolella. (Liite 1, s. 6)

Ennen energialajikohtaisten kulutus- ja kustannustietojen tarkempaa tarkastelua katsottiin osion yleisosaan parhaaksi laatia taulukoitu yhteenveto kootuista kulutus- ja kustannustiedoista. Yleisosassa katsottiin myös tarpeelliseksi kertoa tarkentavia tietoja kulutus- ja kustannustietojen sisällyksestä, jotta yleiskuva kulutus- ja kustannustiedoista muodostuisi riittävän selkeästi. Lakisääteiset vaatimukset täyttyivät myös täten kolmen kohdekatselmusta edeltävän vuoden kulutus- ja kustannustietojen osalta. (Liite 1, s. 6)

#### 3.4 Kulutus- ja kustannustiedot energialajeittain

Liitteenä olevan kohdekatselmusraportin energialajikohtaisessa tarkastelussa katsottiin tarpeelliseksi kuvailla sanallisesti kulutusprofiilia sekä pohtia kulutusprofiiliin vaikuttaneita muuttujia. Laki myös velvoittaa laatimaan sanallisen kuvauksen energian kulutuksesta ja energiakustannuksista, kuten tämän opinnäytetyön kohdassa 2.2.2 on tehty.

Kohdekatselmusraporttiin katsottiin edustavaksi laatia arvotaulukolliset kuviot, joissa esitetään vuositasolla kolmen kohdekatselmusta edeltävän tiedot. Koska sahateollisuudessa energiankulutus on verrannollinen tuotetun sahatavaran määrään, katsottiin kuvioissa parhaaksi esittää lämpöenergia ja sähköenergian kulutustiedot ja ominaiskulutustiedot yhdessä tuotantomäärän kanssa. Kustannustiedoista ja ominaiskustannustiedoista päätettiin laatia samantyylliset vertaavat kuviot arvotaulukoilla. Koska veden kulutustiedoilla ei ollut selvää tuotantosidonnaista kaavaa, päätettiin veden kulutustiedot ja ominaiskulutustiedot lisätä vain pylväsdiagrammin muodossa. (Liite 1, s. 7-9)

### 3.5 Energiankäytön nykytila

Energiankäytön nykytilaa katsottiin parhaaksi kuvata kohdekatselmusta edeltävien saatavilla olevien 12 kuukauden kuukausittaisilla kulutustiedoilla. Kohdekatselmusraportissa katsottiin tarpeelliseksi tehdä kulutustiedot eriteltyinä energialajeittain samantyyllisillä kuviolla kuin kohdassa 3.3.1 tehdyt vuositason energiankulutus ja -kustannukset. Lisäksi kuvioista päätettiin laatia erilliset arvotaulukot havainnoinnin helpottamiseksi. Veden kulutustietoja ei ollut saatavilla edellisten 12 kuukauden osalta. (Liite 1, s. 11-14)

Kulutus- ja kustannusprofiilia kuvaillaan ja pohditaan myös sanallisesti. Lisäksi katsottiin parhaaksi verrata ominaiskulutuksia lämpö- ja sähköenergian osalta UPM:n Kaukaan sahan energia-analyyssissä esiteltyihin tilastotietoihin kulutusprofiilin hahmottamisen helpottamiseksi. (Liite 1, s. 11 ja 13)

### 3.6 Energiatalouden arviointi

Energiatalouden arviointi on osa laissa tarkoitettua nykytilan kuvausta, jonka sisältövaatimukset on lueteltu tämän opinnäytetyön kohdassa 2.2.3.

Energiatalouden arviointi -osiossa pyrittiin luomaan riittävän edustavasti sanallinen kuvaus lämmitysjärjestelmän toimintaperiaatteesta ja kulutusseurannasta sekä vesi- ja viemärijärjestelmien laskutusperiaatteesta ja kulutusseurannasta. Ilmanvaihtojärjestelmien ja jäähdytyksen osalta katsottiin parhaaksi kuvailla uudehkon saharakennuksen ja muiden toimitilojen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän toimintaperiaatteen lisäksi myös prosessi-ilmanvaihdon toiminta. Kohdekatselmusraporttiin katsottiin parhaaksi lisätä taulukko saha-alueen rakennuksissa käytössä olevista ilmalämpöpumpuista. (Liite 1, s. 15 ja 16)

Sähköjärjestelmien osalta katsottiin tarpeelliseksi kuvailla sahan käytössä olevat sähköliittymät. Sähköjärjestelmien energiatalouden arviointiin päätettiin lisätä taulukot

valaistusenergian kulutustiedoista riittävän kattavasti. Sähköjärjestelmien energiatalouden piiriin kuuluu myös tuotannon taajuusmuuntimet. Taajuusmuuntimet katsottiin relevantiksi tiedoksi energiatehokkuutta parantavina säätiminä. (Liite 1, s. 17 ja 18)

Osion avulla pyrittiin havainnollistamaan edellytykset kohdekatselmuksen aloituspa-laverissa huomiotta jääneille mittaustarpeille sekä energiatehokkuutta parantaville toi-menpide-ehdotuksille.

### 3.7 Katselmuksen mittaukset

Kohdekatselmuksien mittauksille on määritelty lakisääteiseksi vähimmäisvaati-mukseksi vain riittävä määrä mittauksia. (Asetus energiakatselmuksista. 2015. 20/2015, 2 §)

Kohdekatselmoinnin aikana todettiin suurimpien energian käyttökohteiden, kuivaamoiden, olevan myös potentiaalisimpia energiansäästökohteita. Kuivaamorakennuk-sien ikä ja kunto vaikuttivat mittaustarpeisiin suuren energiankulutuksen lisäksi. Koh-dekatselmuksen mittaukset kohdistettiin kuivaamorakennuksiin, kuivausprosessiin sekä sahalinjan jakosahan toisen puolen vähällä käytöllä olevien moottorien sähkö-energian kulutukseen. Mittaukset perusteluineen on sanallisesti kuvattu ja perusteltu kattavasti liite 1:n sivuilla 19-25.

### 3.7.1 Kuivaamot

Vanhat rakennukset kuvattiin lämpökameralla perusteellisesti, jotta saataisiin näkemys karkaavasta lämpöenergiasta. Silmin nähtävissä olevia höyryvuotoja ei kyetty kuitenkaan mittaamaan luotettavasti, minkä vuoksi mittaukset keskittyivät eristeiden toimivuuteen välikatoilla sekä ovien ja oviaukkojen energiatehokkuuteen. Katselmuksessa arvioitiin myös höyryvuotojen vaikutusta rakenteiden kestävyyskykyyn. Lämpökameralla havaittiin samassa yhteydessä myös kuivaamoiden lämmöntalteenottokennostojen olevan epäkuntoisia.

Koska kuivaamoissa ilman tulee liikkua kosteuden poistamiseksi sahatavarasta, päätettiin mitata ilmanvirtauksen nopeus sahatavaran läpi siipipyöräänemometrillä riittävän monesta kohdasta luotettavan kokonaiskuvan saamiseksi. Mittauksissa havaittiin, että mikäli kuivattavat sahatavarakuormat ovat tasalaatuisia, eli samaa paksuusluokkaa, laskee myös puhaltimien sähkötehon tarve merkittävästi.

Katselmoinnin mittausraportoinnissa katsottiin edustavaksi raportoida myös silmin havaitut energiatehokkuuteen vaikuttavat tekijät, joiden mittaus ei ollut mahdollista. (Liite 1, s. 19-25)

### 3.7.2 Sahalinja

Sahalinja käyttää merkittävän osan sähköenergian kokonaiskulutuksesta. Sahalinjan jakosahan toisen puolen sähkövirran kulutus päätettiin mitata kuormituksella ja ilman kuormitusta energiansäästöpotentiaalini määrittämiseksi, sillä kaksi moottoria käy tyhjänä suurimman osan ajasta. (Liite 1, s. 25)

## 3.8 Toimenpide-ehdotukset

Energiansäästötoimenpiteiden sisällön vähimmäisvaatimuksista on kerrottu tämän opinnäytetyön kohdassa 2.2.4. Lisäksi säästöjen laskemisen perusteena on mahdollisuuksien mukaan ensisijaisesti käytettävä elinkaarikustannusten analyysiä pitkän ajan säästöjen huomioimiseksi. (Energiatehokkuuslaki 1429/2014, 9 §)

Katselmuksen toimenpide-ehdotuksissa ei käytetty elinkaarikustannusten analyysiä, koska sen ei katsottu olevan välttämätöntä muiden muuttujien vuoksi. Toimenpide-ehdotusten laskelmia ei ole esitetty kohdekatselmusraportissa erillisesti, vaan ne on esitetty tässä opinnäytetyössä kunkin toimenpide-ehdotuksen selitteessä, mikäli sen on katsottu olevan tarpeen. (Liite 1, 26-32)

Energiansäästötoimenpide-ehdotukset ovat merkittävin osa kohdekatselmusta. Niiden avulla kyetään määrittelemään energiansäästöpotentiaali niin rahassa kuin energiayksiköissäkin. Tässä osiossa käydään läpi kohdekatselmusraportin toimenpide-ehdotukset ehdotuksittain.

Toimenpide-ehdotusten investointitarpeessa määritellään toimenpiteen lisäksi mahdollisuuksien mukaan eriteltyt säästöt energiamäärässä sekä energiahinnassa, CO<sub>2</sub>-päästökertoimien mukaiset säästöt ja takaisinmaksuaika. (Motivan www-sivut)

### 3.8.1 Lämmitysjärjestelmät

Katselmuksen kulutustiedoista on havaittu, että lämpöenergiaa kuluu huomattava määrä. Lämpömäärää ei kuitenkaan mitata muulla kuin Pori Energian laskutusperusteena toimivalla lämpömäärämittarilla. Jotta lämpöenergian kulutusjakaumasta saha-alueella saataisiin riittävän tarkka kuva, tulisi lämpömäärämittareita asentaa riittävä määrä lämpöenergian eri käyttökohteisiin. (Liite 1, s. 26)

Kiinteästi asennettavilla lämpömäärämittareilla pystytään seuraamaan jatkuvatoimisesti lämpöenergiantarvetta käyttökohteittain, mikä auttaa löytämään lisää potentiaalisia energiansäästökohteita. Asentamalla lämpömäärämittarit kuivaamoittain, kyetään seuraamaan kuivaamokohtaista energiatehokkuutta sekä vertaamaan kuivaamotyyppejä keskenään.

Toimenpide-ehdotuksessa esitettyyn M-Bus-järjestelmään pystytään yhdistämään niin langallisesti kuin langattomastikin useita eri mittareita. Lisäksi järjestelmään on saatavilla oma tiedonkeruuhjelmistonsa pilvitalennuksella. (Kuusisto henkilökohtainen tiedonanto 8.8.2017)



### 3.8.2 Vesi- ja viemärijärjestelmät

Sahateollisuudessa käytetään vettä useassa eri prosessivaiheessa. Prosessivettä käytetään mm. kuivausilman kostuttamisessa, tasaamossa pölynsidonnassa, sekä sahanteerien jäähdytyksessä. Prosessivesi otetaan Seikun sahalla vesijohtoverkosta. Sahan alueen vesiliittymää hallitsee Corenso Oy, joka laskuttaa Seikun sahaa. Toimenpide-ehdotus vedenkulutusmittareille on hyvinkin relevantti, jotta niitä voisi käyttää laskutusperusteena sekä vedenkulutusjakauman määrittelyyn. Prosessivetenä ei voida käyttää jokivettä sen sisältämän sahatavaralle haitallisten epäpuhtauksien vuoksi. (Liite 1, s. 27)

Vesimittarit voidaan liittää samaan M-Bus-järjestelmään lämpömäärämittarien kanssa. (Kuusisto henkilökohtainen tiedonanto 8.8.2017)

### 3.8.3 Ilmanvaihtojärjestelmät ja jäähdytys

Katselmoinnin mittauksissa havaittiin kuivaamoiden lämmöntalteenottopattereiden kennoissa reikiä. Ilmanvaihdon toimivuus kuivauksessa on sahatavaran laadun kannalta hyvin tärkeää. Viallisen lämmöntalteenottopatterin energiansäästöä on hyvin vaikea laskea. Toimenpide-ehdotuksen laskelmissa on käytetty laitetoimittajan kokemusperäistä energiansäästöarviota. Käydyssä sähköpostikeskustelussa päädyttiin lopputulokseen, että energiansäästö on arvioitua suurempi, kun ottaa huomioon ilmanvaihdon ja lämmöntalteenoton toimivuuden lisäksi vielä lämpöenergiantarpeen vähenemisen. (Pöyljoki sähköposti 4.9.2017)

Uusien lämmöntalteenottopattereiden investointikustannuksina on käytetty Valutec Oy:n Seikun sahalle lähettämässä tarjouksessa esittämiä hintoja lämmöntalteenottopattereista asennettuna. Laskelmissa ei käytetty elinkaarikustannusanalyysiä takaisinmaksuajan määrittelyssä, sillä säästöarvioon vaikuttavia muuttujia oli mahdotonta arvioida ja oletettiin, että takaisinmaksuaika on todellisuudessa huomattavasti laskelmoitua lyhyempi. (Liite 1, s. 28)

Kuivausilman aerodynaamisen ohjauksen idea syntyi tehdaskierroksella, jonka tarkoituksena oli tutustua kuivaamoiden toimintaperiaatteeseen ja tarkkailla kuivaamoiden rakenteita. Kuivaamoiden rakenteiden kulmat ovat kaikki teräviä. Tutkimuksen mukaan puhallintason ja sahatavaratason sisäkulman pyöristämisellä kyetään nostamaan ilmanvirtauksen nopeutta pienentämällä kertavastusta. Tutkimus osoitti myös, että terävän sisäkulman aiheuttama pyörre pienenee merkittävästi, ja että ilma virtaa tasaisemmin sahatavaratunnelissa. (Rodriguez-Ramirez, Ignacio-Caballero, Méndez-Lagunas & Sandoval-Torres, 2014)

Ilman aerodynaamista ohjausta päätettiin kokeilla yhdessä kanavakuivaamossa. Kokeilun tulokset olivat positiivisia ja toimenpide osoitettiin kannattavaksi. Toimenpideehdotuksen laskelmat perustuvat yhden kanavakuivaamon koejärjestelyihin. Koejärjestelyn mittauksien ei katsottu kuuluvan kohdekatselmuksen mittauksiin.

#### 3.8.4 Sähköjärjestelmät

Sahan alueella on sähköenergian mittaukselle olemassa alamittareita. Alamittareiden kulutustietojen lukeminen vaatii kuitenkin merkittävästi työtä. Päivittämällä sähköenergian kulutusmittarit yhteensopiviksi M-Bus-järjestelmään yhdessä lämpö- ja vedenkulutusmittareiden kanssa, saadaan automatisoitua energiankulutusseuranta. Automaattinen energiankulutusseurantajärjestelmä mahdollistaa kulutuspiikkien reaaliaikaisen havainnoinnin sekä automaattisen kirjanpidon myös käytössä olevaa ympäristönjohtamisjärjestelmää varten.

Jakosahan taajuusmuuntajan mittausten perusteella saatiin selville jakosahan oikeanpuoleisten moottorien virrankulutus ilman kuormitusta. Koska sahan henkilökunnan mukaan oikeanpuoleiset terät pyörivät täydellä vauhdilla suurimman osan ajasta ilman kuormaa, katsottiin tarpeelliseksi tarkastella energiansäästöpotentiaalia ohjaamalla oikeanpuoleisia moottoreita erillisen taajuusmuuttajan kautta siten, että terien pyörimisnopeus pienenesi merkittävästi niiden pyöriessä ilman kuormitusta. Laskelmiin käytettiin henkilökunnalta saatua hinta-arviota tarvittavalle taajuusmuuntajalle ja henkilökunnan arviota käyttötarveajasta. Virrantarvearviona käytettiin puolta täyden nopeuden vaatimasta virrasta, jotta terä saadaan tarvittaessa pyörimään riittävän nopeasti

täyteen vauhtiin. Sähköenergiansäästö-laskelmissa laskettiin ensin kohdekatselmushetkellä kuluvan sähköenergian määrä käyttämällä kaavaa 1. Toimenpide-ehdotuksen mukaisen taajuusmuuntimen sähköenergiantarve laskettiin käyttämällä kaavaa 2. Kaavojen välistä erotusta sähköenergiantarpeesta käytettiin säästöarviolaskennan perustana kertomalla erotus vuoden käyttötunneilla. Laskelmissa on virheellisesti jätetty huomioimatta seisokkiajan huoltotoimenpiteet, jolloin sahalinja on pois käytöstä. Kaavoissa käytetyt ajanmäärät  $t_1$  ja  $t_2$  ovat arvioituja moottorien pyörimisaikoja vuorokaudessa. Laskuissa käytettiin  $t_1$ :n arvona 7,2 h ja  $t_2$ :n arvona 16,8 h. Muut tarkentavat tiedot on kerrottu liitteenä olevassa kohdekatselmusraportissa. (Liite 1, s. 29)

$$P_1 = \sqrt{3} \times 400 \text{ V} \times \cos \varphi \times A_1 \times \frac{t_1}{t_1+t_2} + \sqrt{3} \times 400 \text{ V} \times \cos \varphi \times A_2 \times \frac{t_2}{t_1+t_2} \quad (1)$$

$$P_2 = \sqrt{3} \times 400 \text{ V} \times \cos \varphi \times A_1 \times \frac{t_1}{t_1+t_2} + \sqrt{3} \times 400 \text{ V} \times \cos \varphi \times A_3 \times \frac{t_2}{t_1+t_2} \quad (2)$$

$P_1 =$  keskimääräinen sähköteho ennen toimenpidettä [W]

$P_2 =$  keskimääräinen sähköteho toimenpiteen jälkeen [W]

$\cos \varphi =$  moottorin tehokerroin

$A_1 =$  virrantarve kuormitettuna [A]

$A_2 =$  virrantarve ilman kuormitusta [A]

$A_3 =$  uusi virrantarve ilman kuormitusta [A]

$t_1 =$  pyörimisaika kuormitettuna [h]

$t_2 =$  pyörimisaika ilman kuormitusta [h]

Sahan alueen valaistuksessa yleisesti käytettävät elohopeavalaisimet voidaan korvata energiatehokkaammilla relumina-monimetallivalaisimilla vastaavan valotehon aikaansaamiseksi pienemmällä energiankulutuksella. Valaistuksen energiansäästölaskennassa käytettiin valaisimien nimellistehoja. Elohopeavalaisimien määrä ja arvioitu käyttöaika saatiin sahan kunnossapitokirjanpidosta. Investointitarpeen määrittelyssä uusien valaisimien osalta käytettiin sahan valaisintoimittajan arvonnlisäverotonta hintaa. (Liite 1, s. 29)

### 3.8.5 Rakenteet

Kuivaamoiden ulko-ovissa havaittiin kylmäsiltoja niiltä osin, missä oven alumiinirunko oli eristämätön kuivaamon ulkopuolella. Ulko-ovien reunatiivisteet olivat suurilta osin rikkinäisiä ja kuivaamon kostea ja lämmin höyry karkaa ulos silmin havaittavasti. Sahan henkilökunnan kanssa käydyn keskustelun perusteella ulko-ovien tiivisteet kuluvat nopeasti rikki ovien massan sekä päivittäisen avaamisen myötä. Höyryn mukana karkaavaa lämpöhäviötä on mahdotonta arvioida luotettavasti. Koska lämpötila kuivaamon sisällä pysyy kuivausprosessin vuoksi vakiona ympärivuotisesti, on keskimääräistä ulkoilman lämpötilaa käyttämällä mahdollista laskea eristämättömän alumiinirungon ulkoilmaan säteilevä lämpömäärä käyttämällä kaavaa 3. Laskuissa käytetty keskimääräinen ulkolämpötila on 5,9 °C ja säteilevän alumiinin pinta-ala 16 m<sup>2</sup>.

$$\Phi_{\text{sät}} = \varepsilon \times \sigma \times (T_p^4 - T_y^4) \times A \quad (3)$$

$\Phi_{\text{sät}}$  = pinnan ympäristöönsä emittoima lämpöteho [W]

$\varepsilon$  = pinnan emissiivisyyskerroin (laskelmissa käytetty 0,05)

$\sigma$  = Stefan – Boltzmannin vakio

$T_p$  = säteilevän pinnan absoluuttinen lämpötila [K]

$T_y$  = Ympäristön lämpötila [K]

$A$  = säteilypinta – ala [m<sup>2</sup>]

Huomioimalla laskuissa lämpöenergian konvektiohäviö säteilyhäviön lisäksi, olisi kohdekatselmuksessa saatu parempi kuva ovien kokonaislämpöhäviöistä. Laskemalla vain säteilylämpöhäviön, saadaan lämpöhäviöksi todellista huomattavasti pienempi lämpöhäviö alumiinin pienen emissiviteetin vuoksi. Alumiini johtaa hyvin lämpöenergiaa siinä kiinni oleviin muihin rakenteisiin.

Toimenpide-ehdotuksen kannattavuuslaskelmissa arvioitiin ovenpielien rikkinäisistä tiivisteistä puhaltavan höyryn mukana karkaavan lämpöhäviön suuruus viisikymmentekertaiseksi säteilylämpöhäviöön verrattuna, jotta toimenpide-ehdotukselle saataisiin sahan käyttöikä lyhyempi takaisinmaksuaika. Todellisuudessa höyryn mukana karkaavan lämpötehon määrä on merkittävästi tätäkin suurempi. Koska kuivaamoista vuotavan höyryn määrää on mahdotonta mitata, päätettiin katselmoinnissa arvioida lämpöhäviö alakanttiin varmuuden vuoksi, jottei energiansäästötoimenpiteessä annettaisi liian optimistisia säästöarvioita. Sahatavaran kuivauksessa ilman kuivalämpötila on tässä realistisessa esimerkissä 58 °C ja ilman suhteellinen kosteus 70 %. Tällaisen ulos karkaavan ilman entalpia on noin 250 kJ/kg. Mikäli vuotokohdista karkaisi esimerkiksi 1 kg/s kyseistä ilmaa, saataisiin lämpöhäviöksi 250 kW. Laskelmissa häviö on arvioitu olevaksi noin 5 kW.

Kustannussäästölaskelmissa käytetty lämpöenergian hinta määräytyy vuositason keskimääräisestä lämpöenergian kulutusperusteisesta laskutushinnasta. Kokonaishinnasta on vähennetty kiinteän tehomaksun osuus, koska tehomaksu vääristäisi säästöarvioita ja takaisinmaksuaikoja. Sahan lämpötehotarve ei muutu, koska lämpöenergian säästö kokonaiskulutukseen nähden on suhteessa vähäinen, jolloin tehomaksu säilyy samana energiatehokkuusparannuksista huolimatta.

Kuivaamoiden yläpohjien eristyksissä havaittiin mittauksen aikana kosteutta sekä selvästi muita alueita ohuempia eristyskerroksia. Märkä eristysvilla ei toimi lämmöneristeenä sen sisältämän veden suuren lämmönjohtavuuden vuoksi. Toimenpide-ehdotuksen energiansäästöselvityksessä määriteltiin ensin yläpohjan korjattaville osille U-arvot kostealla lämmöneristyksellä sekä toimenpide-ehdotuksen mukaisella kuivalla lämmöneristyksellä. U-arvot kerrottiin alueiden pinta-aloilla ja arvioidulla keskimääräisellä lämpötilaerolla kuivaamoiden ja vintin välillä. Kuivaamon keskimääräiseksi sisälämpötilaksi arvioitiin 55 °C ja vintin keskimääräiseksi lämpötilaksi 30 °C. Vanhan ja uuden eristyksen erotusta käytettiin energiansäästöselvityksessä.

Kostean villan paksuus oli 100 mm, ja sen U-arvona käytettiin 3 W/(m<sup>2</sup>\*K), kun 100 mm paksun vesirakenteen lämmönläpäisykerroin vastaavasti olisi 6 W/(m<sup>2</sup>\*K). Kuivaamon ja vintin välissä on 15 cm paksuinen betonivalu, jonka U-arvona käytettiin 8

$W/(m^2 \cdot K)$ . Sisäpuolen pintavastuksena käytettiin arvoa  $0,10 (m^2 \cdot K)/W$  ja ulkopuolisen pintavastuksena  $0,04 (m^2 \cdot K)/W$ . (Suomen rakentamismääräyskokoelma, C4)

Lämmöneristyksellä saavutettava säästö lämpötehossa laskettiin käyttämällä kaavoja 4, 5 ja 6. Toimenpide-ehdotuksen laskuissa kaavojen 6 ja 5 erotusta käytettiin vuotuisen lämpöenergian säästön määrittämiseksi kertomalla se vuoden käyttötunneilla.

$$U = \frac{1}{R_s + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_u} \quad (4)$$

$$U = \text{lämmönläpäisykerroin} \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$R_s = \text{sisäpuolinen pintavastus} \left[ \frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$$

$$R_u = \text{ulkopuolinen pintavastus} \left[ \frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$$

$$R_{1,2,n} = \frac{s_{1,2,n}}{\lambda_{1,2,n}}$$

$$s_{1,2,n} = \text{eristävän ainekerroksen paksuus [m]}$$

$$\lambda_{1,2,n} = \text{eristävän aineen lämmönjohtavuus} \left[ \frac{W}{m \cdot K} \right]$$

$$\Phi_1 = (U_{1a} \times A_1 + U_{1b} \times A_2) \times \Delta T \quad (5)$$

$$\Phi_2 = (U_{2a} \times A_1 + U_{2b} \times A_2) \times \Delta T \quad (6)$$

$$\Phi_1 = \text{lämpötehon johtuminen ennen toimenpidettä [W]}$$

$$\Phi_2 = \text{lämpötehon johtuminen toimenpiteen jälkeen [W]}$$

$$U_{1a} = \text{lämmönläpäisykerroin, kostea villa} \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$U_{1b} = \text{lämmönläpäisykerroin, ohut eristekerros} \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$U_{2a} = \text{lämmönläpäisykerroin, kostean villan tilalle} \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$U_{2b} = \text{lämmönläpäisykerroin, lisälämmöneristys} \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$A_1 = \text{kostean villan pinta - ala [m}^2\text{]}$$

$$A_2 = \text{ohuen eristyksen pinta - ala [m}^2\text{]}$$

$$\Delta T = \text{eristekerroksen sisä - ja ulkopuolen lämpötilaeron itseisarvo [K]}$$

## 4 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Kohdekatselmointi yleisellä tasolla on erittäin tehokas tapa saada objektiivinen käsitys yrityksen energiankulutuksesta, sen energiansäästöpotentiaalista sekä energiansäästötoimista. Suurten yritysten kohdekatselmoinnissa olisi katselmoijan ja yrityksen etujen mukaista, että katselmoijalla on kokemusta muutamista kohdekatselmoinneista. Teollisuudelle suoritettavissa kohdekatselmoinneissa vaaditaan prosessinlukutaitoa, joka vääjäämättä vaatii kokemusta, jotta katselmus voitaisiin suorittaa tehokkaasti. Katselmuustoiminnan vähimmäis- ja sisältövaatimukset ovat helpommin sisäistettävissä kuin itse katselmointirutiinit.

Liitetiedostona olevan kohdekatselmusraportin mittaustapasuunnitelmat, mittaukset sekä raportoinnin suoritti tämän opinnäytetyön tekijä itsenäisesti. Mikäli käytössä olisi ollut esimerkiksi kokenut 5 hengen ryhmä, olisi kohdekatselmus todennäköisesti valmistunut muutamassa päivässä, riippuen mittausten aikataulutumahdollisuuksista tuotantoprosessien kanssa.

Opinnäytetyötä tehdessä ilmeni esimerkkejä lämpöenergian kustannustietojen väärinkäytöstä. Esimerkiksi Etteplan perusti laskelmansa Kaukaan sahan energiakatselmuksessa kaikissa lämpöenergian säästöön tähtäävien toimenpiteiden laskelmissa lämpöenergian kokonaiskustannuksista muodostuvaan keskihintaan. Samoin tekivät mm. poistoilmälämpöpumppujärjestelmiä myyvät yritykset, jotta tarjouksessa esitetty takaisinmaksuaika näyttäisi paremmalta. Ei voi olla energiatehokkuusdirektiivin tarkoituksen mukaista, että katselmusten takaisinmaksulukemia kaunistellaan asiakkaalle.

Tehomaksu on kiinteä maksu, joka ei pienene, ellei sopimuksessa määriteltyä mitoitettavaa tehoa pienennetä.

## LÄHTEET

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi energiatehokkuudesta. 2012. 2012/27/EU

Energiatehokkuuslaki. 2015. 1429/2014.

Motivan www-sivut. Viitattu 4-5.2018 <https://www.motiva.fi/>

Teollisuussektorin energiakatselmuksen ohjeistus. 2015. Motiva ja Energiavirasto. Viitattu 4.2018 [https://www.motiva.fi/files/10929/Teollisuussektorin\\_energiakatselmuksen\\_ohjeistus.pdf](https://www.motiva.fi/files/10929/Teollisuussektorin_energiakatselmuksen_ohjeistus.pdf)

Toivanen, J. 2017. Yli-insinööri, Energiavirasto. Puhelinkeskustelu toukokuussa 2017.

Asetus energiakatselmuksista. 2015. 2015/20.

Energiakatselmustoiminnan yleisohje. 2015. Työ- ja elinkeinoministeriö. Viitattu 9.5.2018 [https://www.motiva.fi/files/14762/Energiakatselmustoiminnan\\_yleisohje\\_Toukokuu\\_2018.pdf](https://www.motiva.fi/files/14762/Energiakatselmustoiminnan_yleisohje_Toukokuu_2018.pdf)

Asetus kohdekatselmusten raportoinnista. 2015. 41/2015.

Kuusisto A. 2017. Mittaustekniikan myyntipäällikkö, Saint-Gobain Finland Oy/PAM, puhelinkeskustelu mittalaitteiden tarjouksesta 8.8.2017.

Pöylijoki J. myyntiedustaja, Valutec Oy. Sähköpostikeskustelu. Lähetetty 4.9.2017.

Rodriguez-Ramirez J., Ignacio-Caballero F., Mendez-Lagunas L.L. & Sandoval-Torres S. Air flow simulation in timber (lumber) kilns: shape and geometry effects. Instituto Politécnico Nacional, Meksiko 2014.



Pekka Harjunpää

KOHDEKATSELMUSRAPORTTI

UPM-Kymmene Oyj

Seikun saha

27.11.2017

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	3
2	KOHTEEN PERUSTIEDOT .....	4
2.1	Kohde.....	4
2.2	Energian ja veden hankinta.....	4
2.3	Toimiala ja tuotantomäärä .....	5
2.4	Käyttö, huolto ja kunnossapito .....	5
3	ENERGIAN JA VEDEN KULUTUS JA KUSTANNUKSET .....	6
3.1	Lämpöenergia .....	7
3.2	Sähköenergia.....	8
3.3	Vesi .....	10
4	ENERGIANKÄYTÖN NYKYTILA .....	11
4.1	Lämpöenergia, edelliset 12 kk .....	11
4.2	Sähköenergia, edelliset 12 kuukautta.....	14
4.3	Vesi, edelliset 12 kuukautta .....	15
5	ENERGIATALOUDEN ARVIOINTI.....	16
5.1	Lämmitysjärjestelmät.....	16
5.2	Vesi- ja viemärijärjestelmät .....	16
5.3	Ilmanvaihtojärjestelmät ja jäähdytys .....	16
5.4	Ilmalämpöpumput .....	17
5.5	Sähköjärjestelmät.....	17
5.5.1	Valaistus .....	18
5.5.2	Tuotannon taajuusmuuntimet .....	19
6	KATSELMUKSEN MITTAUKSET .....	19
6.1	Kuivaamot.....	19
6.1.1	Rakenteet .....	19
6.1.2	Lämmöntalteenotto.....	21
6.1.3	Ilmanvirtaus kuivaamossa .....	22
6.2	Sahalaitos .....	25
7	TOIMENPIDE-EHDOTUKSET.....	26
7.1	Lämmitysjärjestelmät.....	26
7.2	Vesi- ja viemärijärjestelmät .....	27
7.3	Ilmanvaihtojärjestelmät ja jäähdytys .....	28
7.4	Sähköjärjestelmät.....	29
7.5	Rakenteet.....	30
7.6	Yhteenveto investoinneista .....	32

## 1 JOHDANTO

Tämä kohdekatselmusraportti on osa UPM-Kymmene Oyj:n energiakatselmusta. Kohdekatselmointi toteutettiin UPM:n Porissa sijaitsevalla Seikun sahalla. Katselmus toteutettiin Energiatieteiden ja -teknologian laissa 1429/2014 sekä siihen liittyvien asetusten ja säädösten mukaisesti.

Katselmuksen tavoitteena oli kartoittaa sahan energian ja veden kulutus- ja kustannustiedot, kartoittaa sahan energiankulutuskohteita, kartoittaa sahan kulutusseurannan kehitystarpeita, sekä kartoittaa potentiaalisia energian- ja vedensäästökohteita.

Katselmuksesta käy ilmi Seikun sahan perustiedot, energian kulutus- ja kustannustiedot, nykytilan kuvaus sekä energiansäästötoimenpiteet ja -laskelmat. Katselmuksessa kartoitettiin energiajakaumat kulutuskohteittain, katselmoitiin sahan suurimmat energiankulutuskohteet sekä ne sahan kohteet, joissa on suurin säästöpotentiaali. Säästöpotentiaalit perustuvat mittauksiin sekä niistä että teoriaperustasta tehtyihin laskelmiin.

Kohdekatselmuksessa olivat mukana sahan puolesta Harri Kankaanpää sekä Joni Surakka.

## 2 KOHTEEN PERUSTIEDOT

### 2.1 Kohde

**Kiinteistö:** Kiinteistö sijaitsee Porin Aittaluodon alueella kiinteistöllä 609-007-0006-48. UPM-Kymmene Oyj:n omistamalla kiinteistöllä toimii vakituisesti myös Corenso Oy sekä Pori Energia Oy. Sahan osoite on:  
UPM-Kymmene Oyj, Seikun saha  
Kuninkaanlahdenkatu 14  
28100 Pori

**Käyttötarkoitus ja toiminta:** Puun sahaus ja kuivaus

### 2.2 Energian ja veden hankinta

#### **Lämpö**

**Lämmöntuotanto:** Pori Energia

**Liittymä:** Pori Energialta oma lämpöputki sahan prosessiin ja kiinteistölämmitykseen. Lisäksi tukkilajittelu on liitetty Porin Energian kaukolämpöverkkoon.

#### **Sähkö**

**Sähkön siirto:** Pori Energia

**Sähkön myynti:** Pori Energia

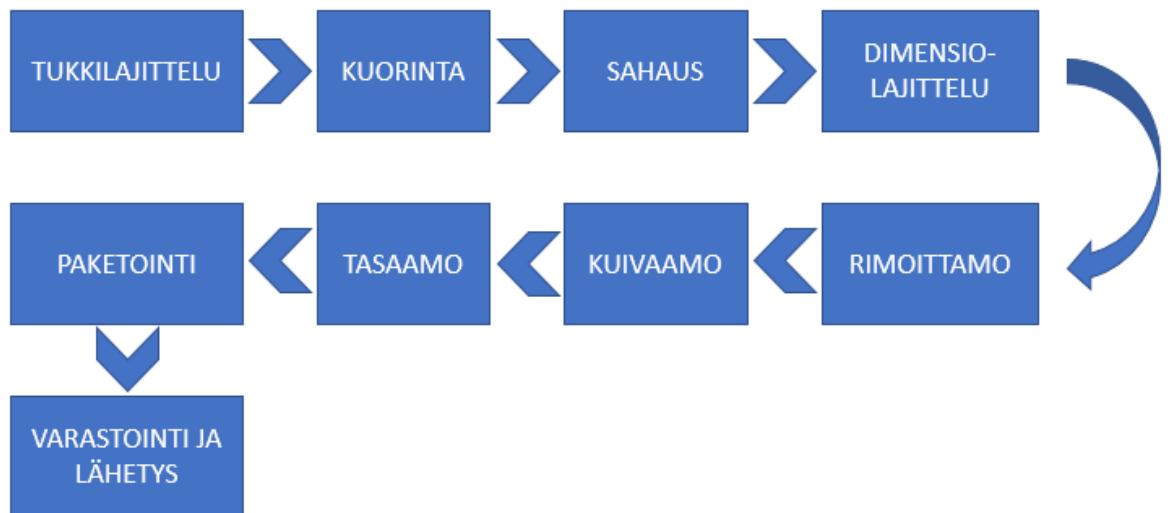
#### **Vesi ja jätevesi**

**Vesiliittymä:** Porin Vesi

**Jätevesiliittymä:** Porin Vesi

### 2.3 Toimiala ja tuotantomäärä

Katselmuskohteen toimialaluokka on *16100 – puun sahaus, höyläys ja kyllästys*. Seikun sahalta ei ole käytössä höyläystä eikä kyllästämöä. Vuotuinen sahatavaratuotanto on noin 380 000 m<sup>3</sup>. Kuvassa 1 on esitetty yksinkertaistettu tuotannon prosessikaavio.



Kuva 1. Tuotannon prosessikaavio

### 2.4 Käyttö, huolto ja kunnossapito

Sahan alueen kunnossapidosta vastaa Caverion Oyj.

### 3 ENERGIAN JA VEDEN KULUTUS JA KUSTANNUKSET

Energian ja veden kulutus- ja kustannustiedot on koottu vuosittain sahan toimesta Excel-tiedostolle, ja ne on saatu UPM Seikun sahan kunnossapitopäällikkö Harri Kankaanpäältä. Vuosina 2014 ja 2015 on tehty kulutusmuistiinpanoja alamittarilukemista muun muassa kuivaamoihin sekä tukkilinjastoon kuluneen sähköenergian osalta.

Sähkön kulutustiedoissa on sahalaitoksen kulutuksen lisäksi Seikun sahan kokonais-sähkönkulutukseen laskettu Mäntyluodon entisen pituuslajittelulaitoksen ja sahatavaravaraston ylläpitosähkö. Myös sahan alueella toimineen palolaitoksen sähköenergian sekä Koillisväylän tasoristeyksen kulutukset on sisällytetty kulutustietoihin. Kokonaiskulutuksesta näiden osuus on kuitenkin vain runsaat 0,1 %. Lisäksi kokonaiskulutukseen on mukaan laskettu väliltä tammikuu 2014 - elokuu 2015 liimapalkkitehdas Arktosin ylläpitosähköenergia. Arktosin osuus kokonaiskulutuksesta on tuona aikana ollut noin 0,2 %.

Lämpöenergian kustannuksiin on laskettu mukaan lämpöenergian pumppauskustannukset ja kiinteä tehomaksu, joka on noin 500 000 € vuodessa.

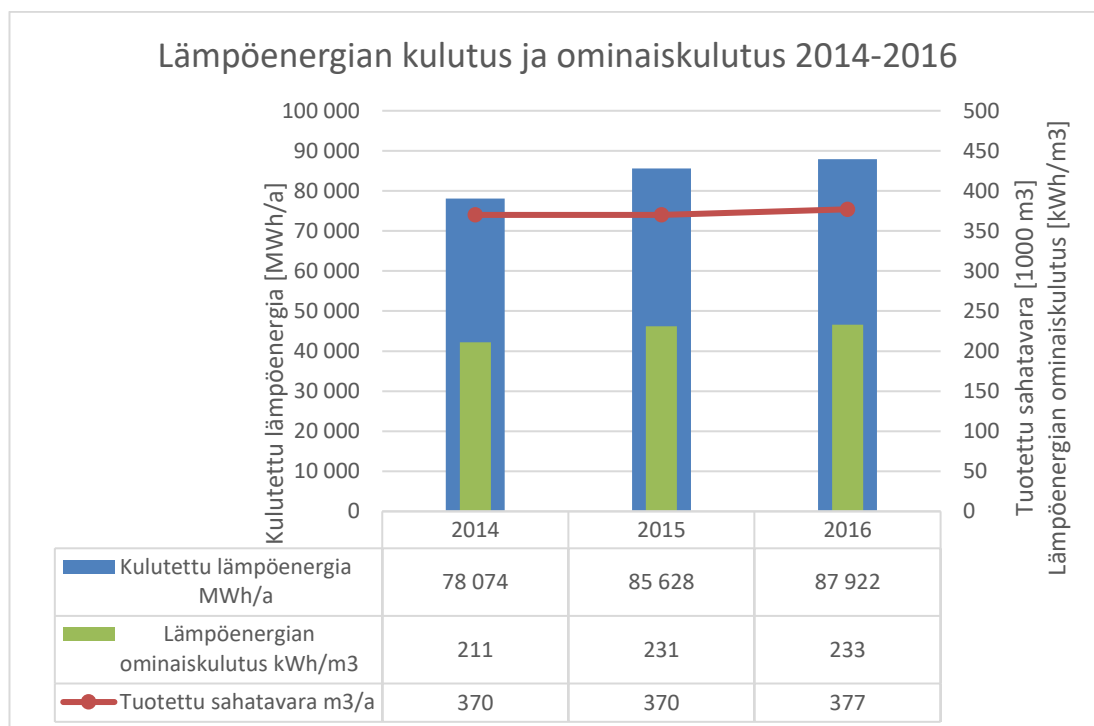
Taulukko 1. Yhteenveto kulutus- ja kustannustiedoista.

Energia	Vuosi	[MWh] [m3]	[kWh/m3] [dm3/m3]	[€]
<b>Lämpö*</b>	2014	78074	211	1525599
	2015	85628	231	1594215
	2016	87922	233	1603146
	05/16-04/17	88154	231	1641542
<b>Sähkö</b>	2014	25791	70	1405859
	2015	25585	69	1242173
	2016	26734	71	1363867
	05/16-04/17	26872	70	1386964
<b>Vesi</b>	2014	13809	37	28572
	2015	8828	24	18518
	2016	5645	15	15720
	05/16-04/17	5645	15	17658
*sisältää tehomaksun				
<b>Yhteensä</b>	2014			2 960 030 €
	2015			2 854 906 €
	2016			2 982 733 €
	05/16-04/17			3 046 164 €

Taulukossa 1 on esitettyä yhteenveto saatavilla olevista kulutus- ja kustannustiedoista. Lämpöenergian kustannustiedot sisältävät tehomaksun, sähkön kustannustiedot sisältävät verot sekä siirtomaksut, ja veden kustannustiedot sisältävät vesimaksun sekä jätevesimaksun.

### 3.1 Lämpöenergia

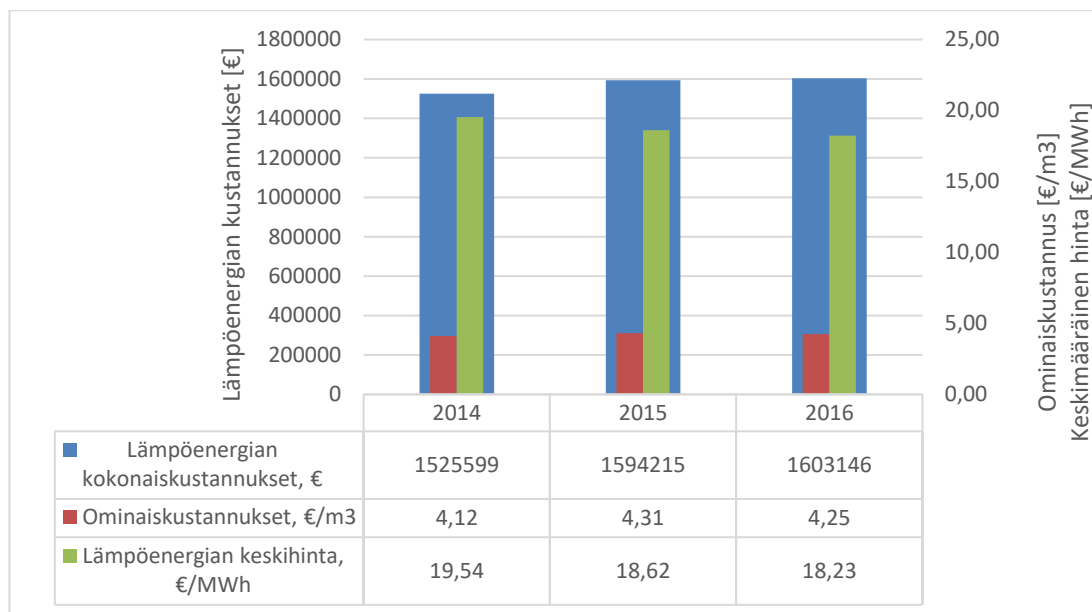
Lämpöenergian vuotuinen kokonaiskulutus on kasvanut 9,5 % vuosien 2014 ja 2015 välillä, vaikka sahatavaran tuotantomäärä on pysynyt samana. Vuosien 2015 ja 2016 välinen kulutusero selittyy tuotantomäärän lisääntymisellä. Prosessin kannalta huomioitavaa on se, että suurin osa sahan käyttämästä lämpöenergiasta kuluu sahatavaran kuivaukseen. Kuvioista yksi nähdään lämpöenergian vuotuiset kokonaiskulutukset, lämpöenergian ominaiskulutukset sekä tuotantomäärät arvotaulukoineen kolmelta edelliseltä vuodelta.



Kuvio 1. Lämpöenergian kulutus ja ominaiskulutus arvotaulukolla 2014-2016.

Lämpöenergian kustannustiedoissa on huomioitava, että lämpöenergian keskihintaan vaikuttaa merkittävästi kiinteä tehomaksu. Tehomaksun osuus on noin kolmannes kokonaiskustannuksesta. Lämpöenergian kokonaiskustannusero vuosien 2014 ja 2015 on

ollut noin 70 000 €. Vuosien 2015 ja 2016 välinen ero kustannuksissa selittyy tuotantomäärän lisääntymisellä. Kuten kuvio 1 osoittaa, tuotanto ei ole kasvanut. Havainto viittaisi merkittävään lämpövuotoon kuivaamorakennuksessa. Kuviossa 2 on esitettyä lämpöenergian kokonaiskustannukset, ominaiskustannukset sekä lämpöenergian keskihinta kiinteä tehomaksu sisällytettynä.

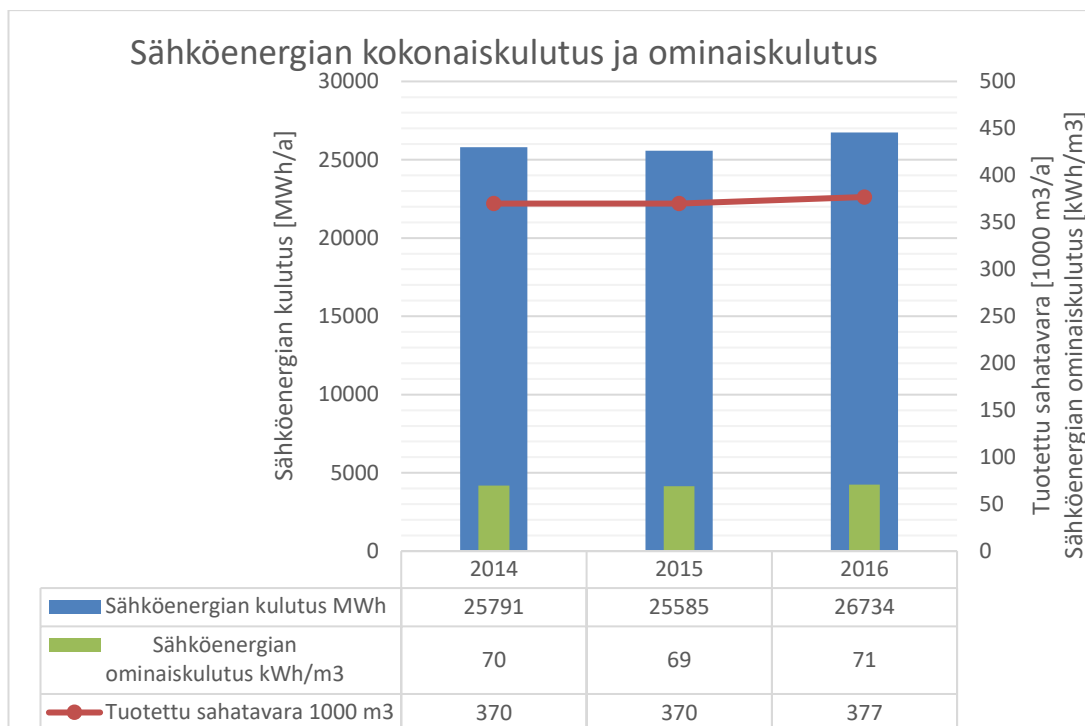


Kuvio 2. Lämpöenergian kustannustiedot arvotaulukolla 2014-2016.

### 3.2 Sähköenergia

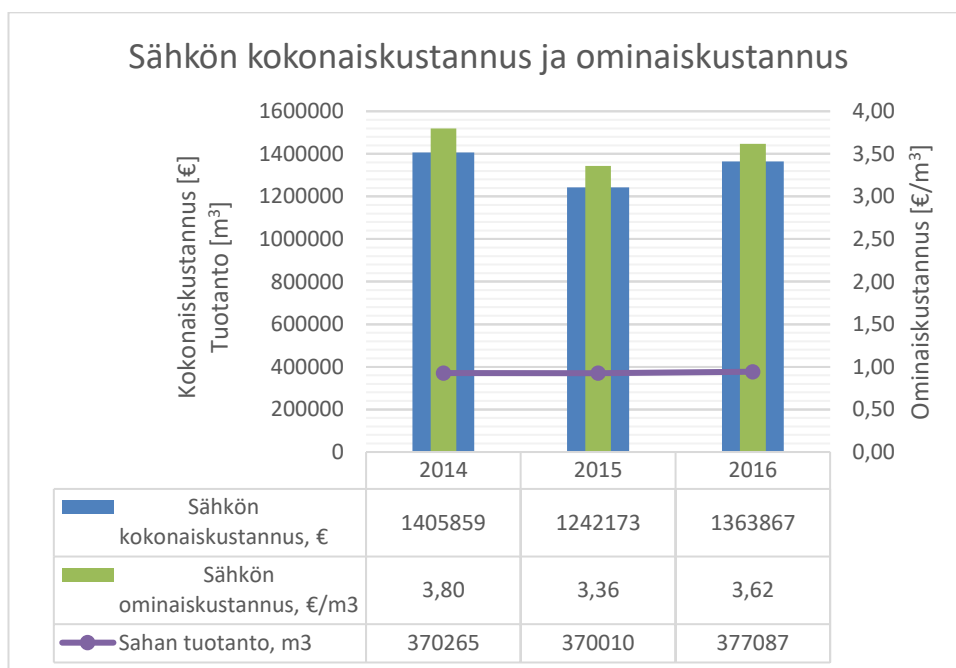
Sähköenergian vuotuiset kulutusmuutokset ovat olleet vähäisiä. Vuoden 2016 kulutus on kasvanut edellisvuodesta 4,5 %, ja tuotanto on kasvanut noin 2,0 %. Kuvio 3 näkee sähköenergian kulutustiedot ja tuotetun sahatavaran arvotaulukolla 2014-2016.





Kuvio 3. Sähköenergian kulutustiedot sekä sahatavaratuotanto arvotaulukolla 2014-2016.

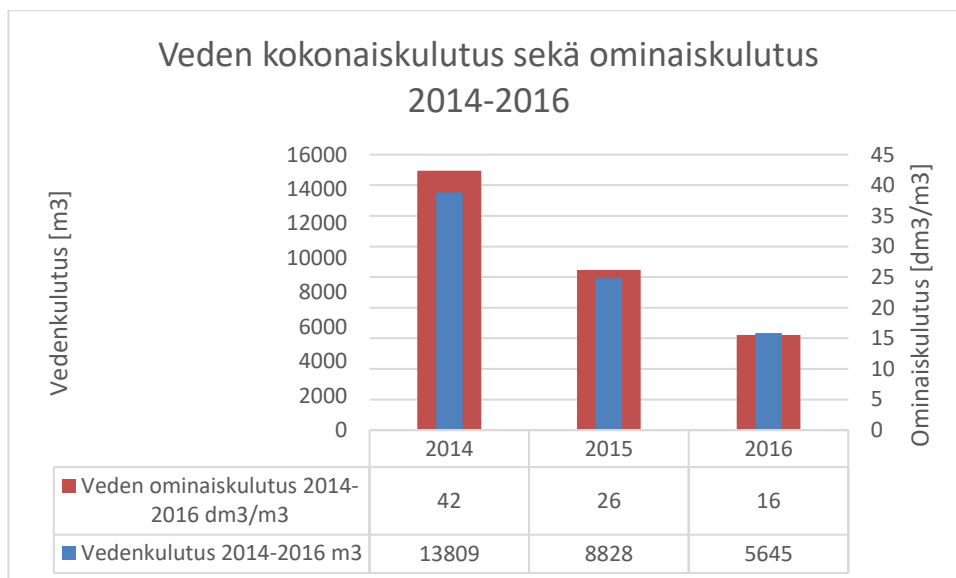
Vaikka vuosina 2014 ja 2015 on sähkön kokonaiskulutus ja sahatavaran tuotanto ovat olleet samaa luokkaa, on vuotuinen kustannusero ollut noin 160 000 €. Sähkön yksikköhinnalla on merkittävä kustannusvaikutus energiaintensiivisellä alalla. Kuvio 4 näyttää sähköenergian kustannustiedot arvotaulukolla vuosilta 2014-2016.



Kuvio 4. Sähköenergian kustannustiedot ja sahatavaratuotanto arvotaulukolla.

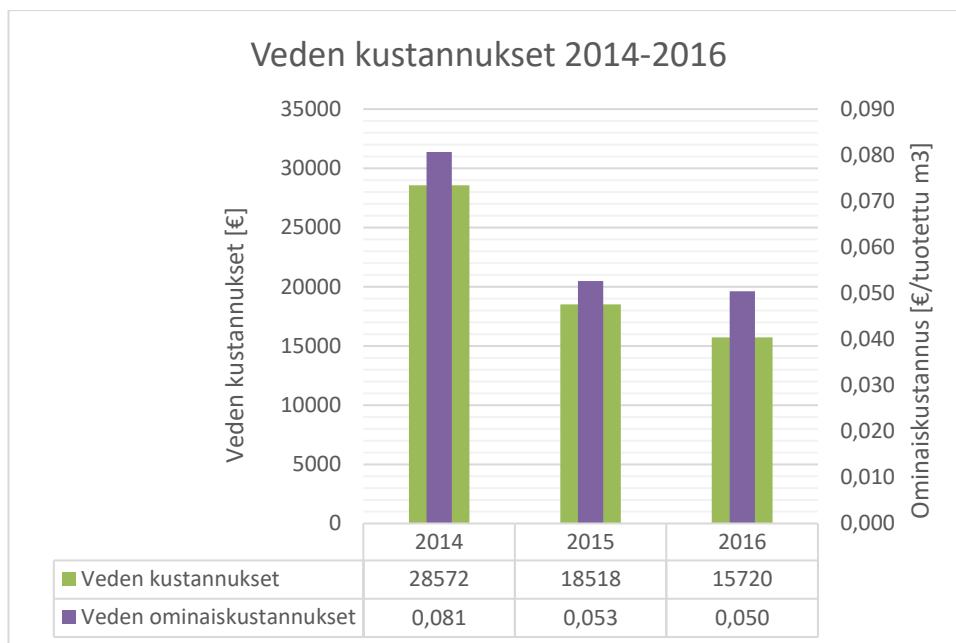
### 3.3 Vesi

Veden kulutus- ja kustannustiedot perustuvat Corenso Oy:n hallinnoimaan vesiliittymään. Sahan prosessissa vettä käytetään sahan terien jäähtymisen lisäksi pölynsidonassa. Lisäksi vettä käytetään kuivausprosessissa kostutuksessa. Oletettavasti sahan veden käytön tulisi olla hyvin tuotantosidonnaista. Kuviosta 5 kuitenkin nähdään, että Corenson arvio veden kulutukselle on ollut vaihtelevaa.



Kuvio 5. Veden kulutustiedot arvotaulukko 2014-2016.

Kustannustiedoista voidaan huomioda, että vaikka Corenson arvio vuoden 2016 veden kulutuksesta on 36 % edellisvuotta pienempi, ovat kustannukset vain noin 15 % pienemmät. Kuviosta 6 nähdään veden kustannustiedot arvotaulukolla vuosilta 2014-2016.



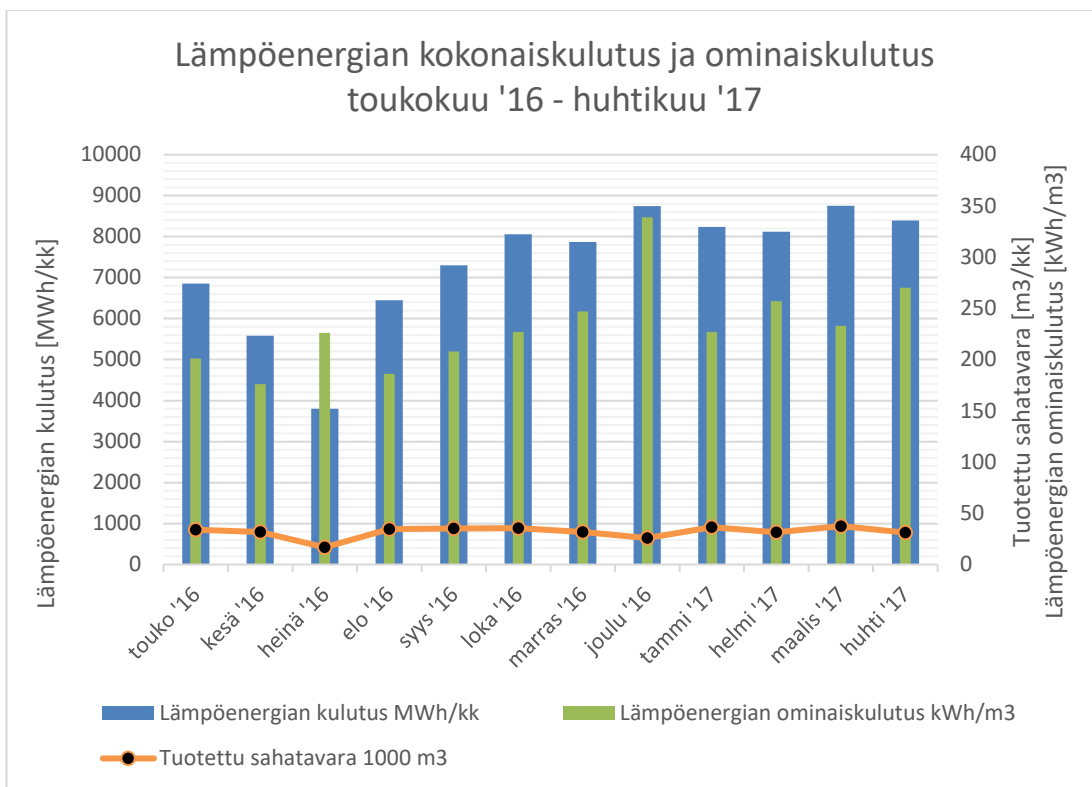
Kuvio 6. Veden kustannustiedot arvotaulukolla 2014-2016

## 4 ENERGIANKÄYTÖN NYKYTILA

### 4.1 Lämpöenergia, edelliset 12 kk

Lämpöenergian kokonaiskulutus edellisten 12 kuukauden aikana on ollut noin 200 MWh suurempi kuin vuonna 2016. Tuotantomäärä on kasvanut noin 5000 m<sup>3</sup>. Keskimääräinen ominaiskulutus edellisen 12 kuukauden aikana on ollut vuoden 2015 tasolla, ollen 231 kWh/m<sup>3</sup>. Etteplanin tekemissä sahojen energiakatselmuksissa lämmön ominaiskulukset ovat olleet 210-420 kWh/m<sup>3</sup>. (Kaukaan sahan energia-analyysi 2016)

Kuviosta 7 nähdään lämpöenergian kulutustiedot kuukausittain edeltävältä 12 kuukaudelta. Taulukosta 2 nähdään kuvion 7 tiedot numeroarvoina.



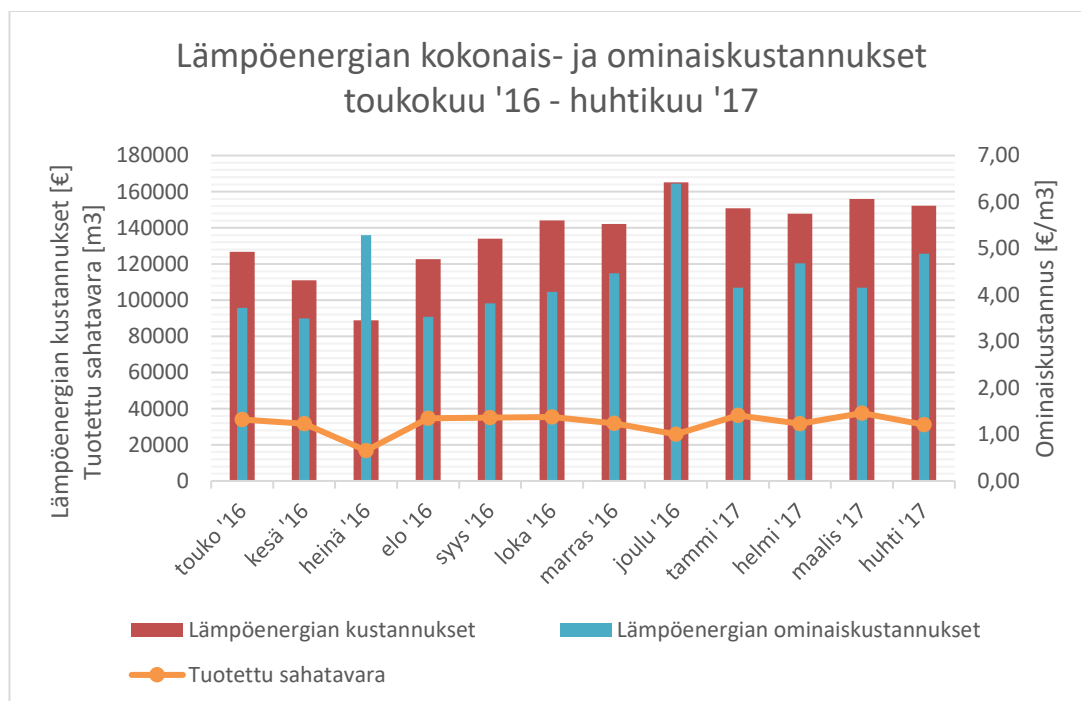
Kuvio 7. Lämpöenergian kulutustiedot, edelliset 12 kk.

Taulukko 2. Lämpöenergian kulutustietojen arvotaulukko, edelliset 12 kk.

Kuu- kausi	Lämpöener- gian kulutus [MWh]	Tuotettu saha- tavara [m3]	Ominaiskulutus [kWh/m3]
05/16	6853	34056	201
06/16	5578	31755	176
07/16	3803	16807	226
08/16	6446	34704	186
09/16	7303	35067	208
10/16	8054	35432	227
11/16	7867	31809	247
12/16	8742	25807	339
01/17	8239	36281	227
02/17	8119	31613	257
03/17	8752	37536	233
04/17	8397	31143	270
Yht.	88154	382010	231

Taulukosta 2 voidaan havaita joulukuun 2016 lämpöenergian kulutuksessa olleen piikki. Lämpöenergiaa on kulunut noin 10 % enemmän kuin marraskuussa, vaikka

tuotantomäärä on ollut 6000 m<sup>3</sup> pienempi. Ilmatieteenlaitoksen mukaan marraskuun keskilämpötila on ollut -0,5 °C ja joulukuun -0,4 °C. Kulutuspiikki näkyy myös kuvion 8 kustannustiedoissa, sekä taulukon 3 kustannustietojen arvotaulukossa.



Kuvio 8. Lämpöenergian kustannustiedot, edelliset 12 kk.

Taulukko 3. Lämpöenergian kustannustietojen arvotaulukko, edelliset 12 kk.

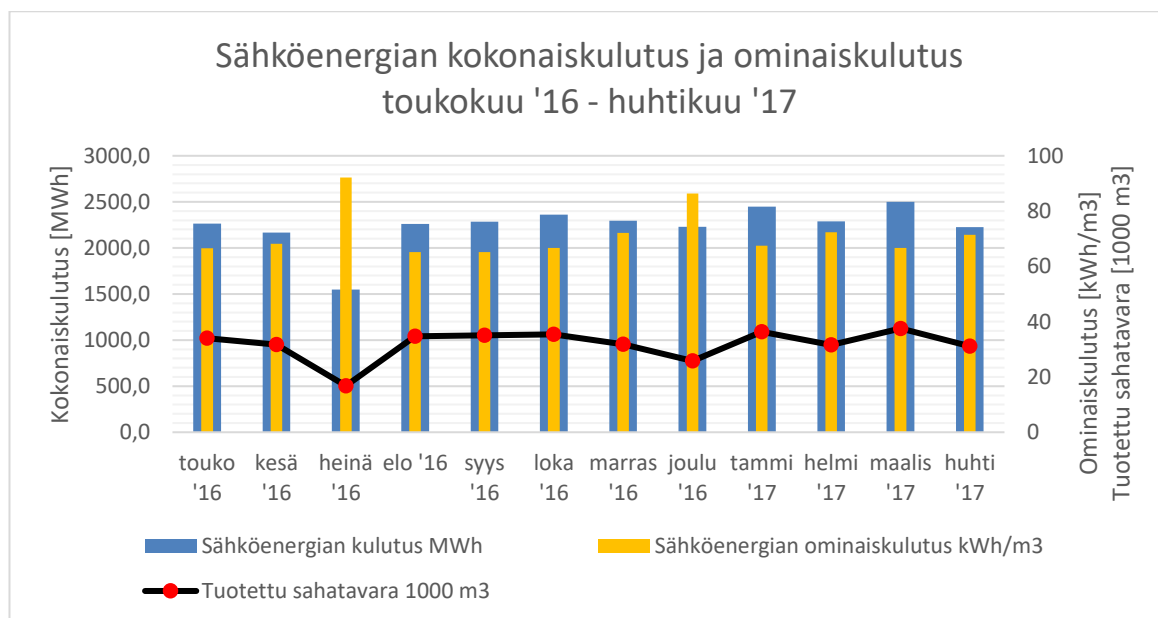
Kuukausi	Kokonaiskustannus, [€]	Ominaiskustannus [€/m³]
touko '16	126 755 €	3,72
kesä '16	111 061 €	3,50
heinä '16	88 820 €	5,28
elo '16	122 644 €	3,53
syys '16	134 049 €	3,82
loka '16	144 109 €	4,07
marras '16	142 099 €	4,47
joulu '16	165 113 €	6,40
tammi '17	150 769 €	4,16
helmi '17	147 899 €	4,68
maalis '17	155 978 €	4,16
huhti '17	152 246 €	4,89
<b>Yhteensä</b>	<b>1 641 542 €</b>	<b>4,39</b>

Joulukuun kulutuspiikki saattaa johtua joko normaalia suuremmasta kuivausmäärästä, mikä näkyy vasta tammikuun tuotantomäärässä, tai rakenteellisesta lämpövuodosta kuivaamossa.

#### 4.2 Sähköenergia, edelliset 12 kuukautta

Sähköenergian kokonaiskulutus on 100 MWh suurempi vuoden 2016 tasoon nähden ja ominaiskulutus 1 kWh/m<sup>3</sup> suurempi kuin 2016, ollen 72 kWh/m<sup>3</sup>. Ominaiskulutuksen muutos on vähäinen. Etteplanin viimeisen viiden vuoden aikana tekemissä sahojen katselmuksissa sähkön ominaiskulutukset ovat olleet 55-120 kWh/m<sup>3</sup>. (Kaukaan sahan energia-analyysi 2016)

Kuviosta 9 nähdään sähköenergian kulutuksen olevan tuotantosidonnaista. Seikun sahan sähköenergian kulutuksesta vuonna 2015 tehtyjen kulutusmuistiinpanojen perusteella kuivaamojen puhaltimet kuluttavat noin 50 % kaikesta kulutetusta sähköenergiasta. Taulukosta 4 nähdään kuvion 9 tiedot numeroarvoina.



Kuvio 9. Sähköenergian kulutustiedot, edelliset 12 kk.

Taulukko 4. Sähköenergian kulutustietojen arvotaulukko, edelliset 12 kk.

Kuu- kausi	Sähköenergian kulutus [kWh]	Ominaiskulutus [kWh/m3]	Tuotettu saha- tavara [m3]
05/16	2265753	67	34056
06/16	2166270	68	31755
07/16	1549561	92	16807
08/16	2260336	65	34704
09/16	2284042	65	35067
10/16	2360808	67	35432
11/16	2295217	72	31809
12/16	2229451	86	25807
01/17	2446466	67	36281
02/17	2288183	72	31613
03/17	2501097	67	37536
04/17	2224698	71	31143
Yht.	26871882	72	382010

#### 4.3 Vesi, edelliset 12 kuukautta

Corenso Oyj ei ole toimittanut kokonaisuudessaan veden kulutustietoja omistusvaihdoksen vuoksi edelliseltä 12:lta kuukaudelta. Veden kulutuksen oletetaan pysyvän edellisten vuosien tasolla.

## 5 ENERGIATALOUDEN ARVIOINTI

### 5.1 Lämmitysjärjestelmät

Sahalle tulee alueella sijaitsevan Pori Energian voimalaitokselta 15 megawatin liittymästä DN200-kokoista lämpöputkea pitkin paineistettua 120 °C vettä kuivausprosessiin. Tilavuusvirta on Pori Energialta saatujen tietojen mukaan lämpöenergian tarpeesta riippuen 600-1600 m<sup>3</sup>/h.

Kuivausprosessin paluulämpöputkesta otetaan lämpöenergiaa saharakennuksen lämmönjakohuoneessa sisäilman lämmittämiseen. Saharakennuksen lämmönjakohuoneesta ohjataan 20 °C ilmaa edelleen dimensiolajitteluun ja rimoittamoon. Saharakennuksesta lämpöputki jatkaa edelleen tasaamolle ja pakkaamoon, joita lämmitetään vesikiertoisilla lämmityspattereilla. Lisäksi ruokala- ja toimistorakennukselle tulee oma lämpöputki. Tukkilajittelu on liitetty Pori Energian kaukolämpöverkkoon. Alueella ei ole muita lämpöenergian kulutusmittareita kuin laskutusperusteena käytettävät Pori Energian lämpöenergiamittarit.

### 5.2 Vesi- ja viemärijärjestelmät

Sahan alue on liitetty Porin vesi- ja viemäriverkostoon. Alueella on yksi vesiliittymä, jota hallinnoi Corenso Oy, joka laskuttaa alueen muita veden käyttäjiä oman kulutusarvion mukaisesti. Sahalla ei ole erillisiä alamittareita prosessiveden ja muun käyttöveden kulutusmittaukselle.

### 5.3 Ilmanvaihtojärjestelmät ja jäähdytys

Jokaisella kanavakuivaamolla on ilmanvaihtojärjestelmä lämmöntalteenotolla. Kuivaamoilla 7 & 8, sekä 9 & 10 on yhteiset poistoilmapuhaltimet lämmöntalteenotolla, muilla kanavakuivaamoilla on oma poistoilmapuhallin lämmöntalteenotolla. Kamari-kuivaamoilla ei ole lämmöntalteenottoa.



Saharakennusten lämmitys on toteutettu lämmittämällä ilmaa vedellä. Lisäksi saharakennuksessa on jäähdytysjärjestelmä, jossa ilman jäähdytys on toteutettu vedellä. Muissa rakennuksissa lämmitys on toteutettu vesikiertoisilla lämmityspattereilla. Konttorirakennuksessa ilmanvaihdon tuloilmaa lämmitetään vedellä.

#### 5.4 Ilmalämpöpumput

Joitakin sahan laite-, työ- sekä taukotiloja jäähdytetään ilmalämpöpumpuilla. Taulukosta 5 on nähtävissä eri tilojen ilmalämpöpumppujen ottoteho.

Taulukko 5. Jäähdytyksen ilmalämpöpumput.

Tila	ILP määrä kpl	Kokonais-sähköteho kW
Tukkilajittelu	3	18,3
Konttori	1	2,6
Rimoitus	2	5,2
Caverion	1	1,3
Torno	1	1,8
Tasaamo	2	4,0
Sähköhuone	1	1,0
Lajittelijankoppi	1	2,6
Kuivaamon valvomo	1	1,0
Sähköverstas	1	2,6
<b>Yhteensä</b>	<b>14</b>	<b>40,3</b>

#### 5.5 Sähköjärjestelmät

Saha on kytketty 20 kilovoltin sähköverkkoon kahdesta eri kytkentäpisteestä alueella toimivan Pori Energian voimalaitoksen kojeistossa. Sähköverkko muodostaa osin renkasverkon niin, että jonkin verkon osan vaurioituttua voidaan sähkönsyöttö ottaa toisesta suunnasta. Sahalla on yhdeksän keskijännitekojeistoa ja 11 muuntamoaa. Muuntajat ovat tehoiltaan 500-2500 kVA. Osassa pääkeskuksia on erilliset kompensointiyksiköt. Valtaosaltaan pääkeskukset eivät ole varustettuja energianmittauksilla. Kokonaisenergian mittaus on vain Pori Energian kojeiston syöttöpisteissä. Lisäksi sahalla

on kaksi pienjänniteliittymää: rautatien tasoristeys sekä varastokatosten sähköliittymä Porin satamassa. Pienjänniteliittymien vuotuinen kulutustaso on vain muutamia satoja kilowattitunteja vuodessa.

### 5.5.1 Valaistus

Valaistuksen kustannuslaskelmissa on käytetty sähkön hintana 50 €/MWh. Sähköenergian kulutusmäärä perustuu sahan omaan arvioon valaisimien käyttöajoista. Alla on eriteltyinä taulukossa eri tuotantotilojen valaistus suurimpana kulutuskohteena erikseen, jonka jälkeen on taulukoituna valaistuksen muut käyttökohteet kulutusmäärineen ja kokonaiskustannuksineen.

Taulukko 6. Tuotantotilojen valaistusenergian kulutustiedot.

<b>TUKKILAJITTELU</b>	29,1	MWh/vuosi
<b>SAHA</b>	659,9	MWh/vuosi
<b>TASAAMO</b>	229,1	MWh/vuosi
<b>KUIVAAMO</b>	129,2	MWh/vuosi
<b>HAKKAAMO</b>	14,1	MWh/vuosi
<b>TORNO</b>	75,6	MWh/vuosi
<b>TUOTANTOTILAT YHTEENSÄ</b>	1136,9	MWh/vuosi
	56843	€/vuosi

Taulukko 7. Koko valaistusenergian kulutustiedot käyttökohteittain.

<b>VARASTOHALLIT</b>	102,9	MWh/vuosi
<b>TUOTANTOTILAT</b>	1136,9	MWh/vuosi
<b>ULKOALUEET</b>	195,3	MWh/vuosi
<b>KONTTORI</b>	4,8	MWh/vuosi
<b>SOSIAALITILA</b>	15,3	MWh/vuosi
<b>RUOKALA</b>	5,2	MWh/vuosi
<b>PAJA</b>	5,2	MWh/vuosi
<b>VARASTO JA TRUKKIHALLI</b>	14,1	MWh/vuosi
<b>KOKO VALAISTUS YHTEENSÄ</b>	1479,6	MWh/vuosi
	73982	€/vuosi

### 5.5.2 Tuotannon taajuusmuuntimet

Kanavakuivaamo 5:n puhaltimille on asennettu taajuusmuuntimet. Lisäksi sahalinjan moottoreita ohjataan taajuusmuuntimien kautta.

## 6 KATSELMUKSEN MITTAUKSET

Katselmuksen mittauksissa huomioitiin katselmoinnin aloituspalaverissa mitattaviksi kohteiksi määritellyt kohteet sekä katselmointikierröksellä havaitut potentiaaliset energiansäästökohteet.

### 6.1 Kuivaamot

Seikun sahan kulutusseurannan perusteella kuivaamot käyttävät sähköenergian kokonaiskulutuksesta vuotuisesti noin 50 %. Laskennallisesti kuivaamoiden maksimiteho lämpöliittymän tehosta kattaa noin 85 %. Kuivaamoiden katselmoinnin mittauksilla ja selvityksillä pyrittiin kartoittamaan niiden energiatehokkuutta ja energiansäästöpotentiaalia.

#### 6.1.1 Rakenteet

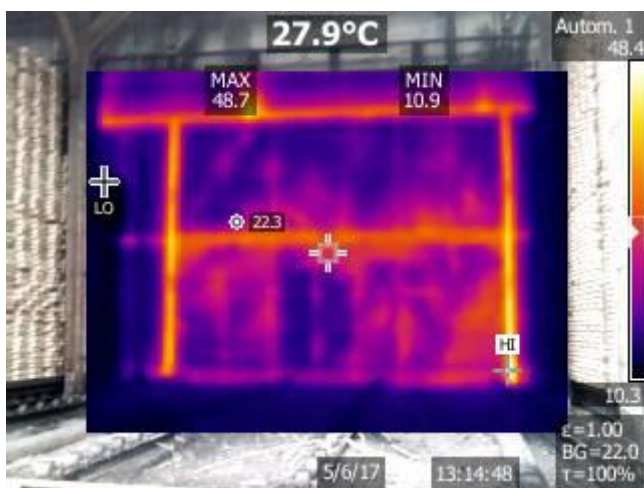
Kuivaamorakennukset, korkeita kamarikuivaamoita lukuun ottamatta, ovat rakennusteknisesti vanhoja rakennuksia. Rakenteita katselmoitiin lämpökameralla kylmäsiltojen havaitsemiseksi.

### **ULKOSEINÄT**

Käynnissä olevien kuivaamoiden ovet kuvattiin lämpökameralla 05.06.2017. Mittaushetkellä vallitseva ulkolämpötila oli ilmatieteenlaitoksen mukaan 10,8 °C. Lämpökameran kuvista voidaan havaita ovirakenteiden säteilevän lämpöenergiaa ympäristöön.

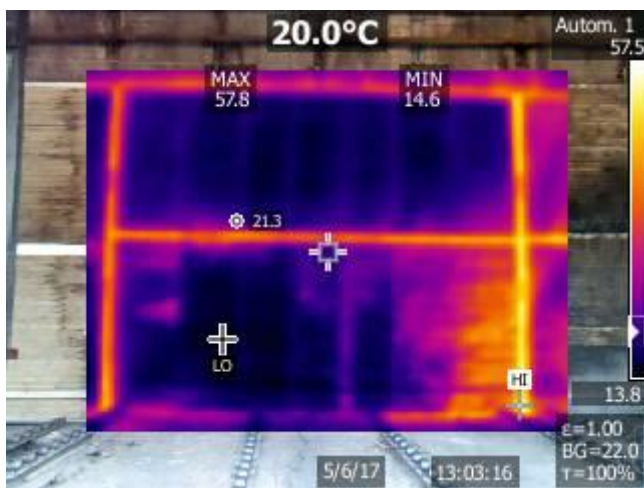
Pääsääntöisesti ovissa on kylmäsiltoja ovien reunatiivisteiden kohdalla sekä oven keskisauman kohdalla. Uudemmissa ovissa keskisauman lämpöhäviö ei ollut merkittävä, mikä johtuu oven rakennusteknisestä päivityksestä. Osasta ovia oli mahdollista havaita höyryvuotoja paljain silmin.

Kuivaamoiden A-puolen ovista oli luotettavasti kuvattavissa vain kuivaamo 15, joka on kanavakuivaamo. Kuvissa 2 ja 3 on esitettyä kyseisestä kuivaamosta lämpökamerakuvat sekä A- että B-puolelta.



Kuva 2. Kanavakuivaamo 15, A-puoli, lämpökamerakuva.

Kanavakuivaamo 15:den A-puolen suurimmat lämpöhäviöt ovat oven pystysivuisissa.



Kuva 3. Kanavakuivaamo 15, B-puoli, lämpökamerakuva.

B-puolelta kanavakuivaamo 15:den lämpökamerakuvasta voidaan hahmottaa oven tiivisterikon aiheuttaman lämpöhäviön suuruusluokka. Kuivaamon puhaltimet puhaltavat B-puolen suuntaan, josta ilmavirta kulkee sahatavaranipun läpi A-puolta kohti.

Kiertoilmapuhaltimien tuottama ylipaine edesauttaa kuumaa höyryä tunkeutumaan helpommin rakenteisiin, joista lämpö vuotaa silmännähtävästi ulos ympäristöön. Lämpöhäviön lisäksi höyryvuodot aiheuttavat rakenteisiin ajan myötä myös kosteusvaurioita ja nopeuttaa rakenteiden lahoamista.

### **YLÄPOHJA (VINTTI)**

Mittauksen tarkoituksena oli kartoittaa lämpövuotoja eristekerroksen läpi. Kuivaamoiden sisälämpötila on kuivaushetkellä noin 57 °C, mikä aiheuttaa etenkin talvisin korkean lämpötilan myötä helposti suuren lämpöhäviön. Vintillä oli silmin havaittavissa höyryvuotoja rakenteista sekä lämmönvaihtimista. Höyryvuodot tiivistyivät peltiseen ja eristämättömään vesikattoon ja valuivat alas eristevillan päälle paikoitellen. Märän villan pinta-alaosuus oli noin 100 m<sup>2</sup>. Märän villan lämmöneristyskyky on erittäin heikkoa johtuen veden suuresta lämmönjohtavuudesta. Lisäksi lämpökameralla oli havaittavissa yhteensä noin 60 m<sup>2</sup> alueella kylmäsiltoja keskittyen kattotuolien läheisille alueille.

#### **6.1.2 Lämmöntalteenotto**

Katselmointikierroksella kuivaamoiden yläpohjassa havaittiin lämpökameralla poistoilmakanavan rakenteista lämmöntalteenoton puhaltavan ulos noin 50 °C ilmaa. Kun kuivaamon poistoilman lämpötila ennen lämmöntalteenottoa on noin 57 °C, on lämmöntalteenotto heikkoa. Raitisilmasäleikössä oli silmin havaittavissa olevia reikiä. Lämmöntalteenottokennosto on 20 käyttövuoden aikana syöpynyt puhki. Poistoilman mukana kulkeutuu ulos huomattava määrä myös korvausilmaa, eikä lämmönsiirto toimi kunnolla poisto- ja raitisilman välillä, eikä kosteus poistu täten halutulla tavalla kuivausprosessista. Kennoston reiät mahdollistavat myös osan poistettavasta kosteudesta siirtymään takaisin kuivausprosessiin.

Talven kylmissä olosuhteissa heikko lämmöntalteenotto kuluttaa turhaan lämpöenergiaa. Rikkinäiset kennostot kanavakuivaamoiden lämmöntalteenotossa ylikuormitta-

vat lämpöpattereita estäen lämpötilan nousun riittävän korkeaksi, joka nostaa kondensoituneen veden määrää ilmassa, joka hidastaa kuivausprosessia ja heikentää kuivan sahatavaran laatua.

### 6.1.3 Ilmanvirtaus kuivaamossa

Kanavakuivaamoista mitattiin ilmavirran nopeudet kiertoilmapuhaltimien imupuolelta ja tarkasteltiin ilmavirran nopeutta ilman kulkeuduttua kuivattavan sahatavaran läpi. Mittaus toteutettiin siipipyöräänemometrillä leveys suunnassa molemmilta reunoilta ja keskeltä, joista pystysuunnassa 8-20 mittauspisteestä kuivattavan sahatavarakuorman korkeudesta riippuen.

Kanavakuivaamoiden 7, 8, 9 ja 10 ilmavirtamittaukset suoritettiin 19.-20.6.2017. Nämä kanavakuivaamot ovat matalia kuivaamoita, jotka on rakennettu 1960-luvulla. Tuloksissa olevat virtausnopeudet ovat pienten erojen vuoksi jaoteltu keskimääräisiin nopeuksiin siten, että tulokset jakautuvat yhdeksälle eri mittausalueelle.

Taulukko 8. Ilmavirtausmittaustulokset, kuivaamo 7.

<b>KUIVAAMO 7, KANAVA</b>		
1,5 m/s	2,0 m/s	1,4 m/s
1,3 m/s	1,8 m/s	1,4 m/s
1,2 m/s	1,6 m/s	1,2 m/s

Taulukko 9. Ilmanvirtausmittaustulokset, kuivaamo 8.

<b>KUIVAAMO 8, KANAVA</b>		
1,6 m/s	2,0 m/s	1,6 m/s
1,6 m/s	1,9 m/s	1,5 m/s
1,6 m/s	1,8 m/s	1,5 m/s

Taulukko 10. Ilmanvirtausmittaustulokset, kuivaamo 9.

KUIVAAMO 9, KANAVA		
1,2 m/s	2,0 m/s	1,6 m/s
1,3 m/s	2,1 m/s	1,4 m/s
1,2 m/s	1,6 m/s	1,2 m/s

Taulukko 11. Ilmanvirtausmittaustulokset, kuivaamo 10.

KUIVAAMO 10, KANAVA		
1,1 m/s	1,6 m/s	1,1 m/s
1,0 m/s	1,7 m/s	1,2 m/s
0,9 m/s	1,4 m/s	1,1 m/s

Matalien kanakuivaamoiden mittaustuloksista voidaan päätellä ilmavirtauksien olevan suhteellisen tasaisia, vaikkakin heikkoja. Kanavan 10 sahatavarakuorma oli selvästi muita pinoja matalampi, jolloin sen yläpuolella olevat ilmanohjaimet päästivät suuren osan ilmasta pinon ohitse sen yläpuolelta.

Kuivaamorakennuksen korkean osan kuivaamoista mitattiin kuivaamo 19, koska sahan henkilökunta oli aiemmin havainnut sen mittauksissa merkittäviä virtaamahäiriöitä.

Kanavan 19 mittauksessa käytettiin korkeussuuntaisesti 15:tä eri mittauspistettä sahatavarakuorman takaosan oikealta, keskeltä ja vasemmalta puolelta. Taulukoihin on merkitty virtaamat mittaustulosten keskimääräistä arviota käyttäen.

Taulukko 12. Ilmanvirtausmittaustulokset, kuivaamo 19, 1. mittaus.

<b>KUIVAAMO 19, KANAVA</b>		
1,2 m/s	1,6 m/s	0,0 m/s
0,9 m/s	1,4 m/s	0,7 m/s
0,0 m/s	1,2 m/s	0,8 m/s

Kuivaamon 19 virtausjakaumaan perusteella päätettiin mitata ilmanvirtaukset uudelleen kuivattavan sahatavaralaadun vaikutuksen määrittämiseksi. Ensimmäisellä mittauskerralla ilmavirta kulki ensin 50 mm paksun sahatavaran läpi (3 pinoa), jonka jälkeen sahatavaran paksuus oli 34 mm (6 pinoa). Tämän epäiltiin vaikuttavan ilman ohjautuvuuteen sahatavaran väleissä.

Mittauksen aikana mitattiin myös kiertoilmapuhaltimien sähkövirran kulutus, jonka perusteella laskettiin sähköenergian kulutus. Ensimmäisen mittauksen sähköenergian kulutukseksi mitattiin 52,5 kW.

Taulukko 13. Ilmanvirtausmittaustulokset, kuivaamo 19, 2. mittaus.

<b>KUIVAAMO 19, KANAVA</b>		
1,2 m/s	1,4 m/s	1,0 m/s
1,0 m/s	1,5 m/s	0,9 m/s
0,8 m/s	1,5 m/s	0,9 m/s

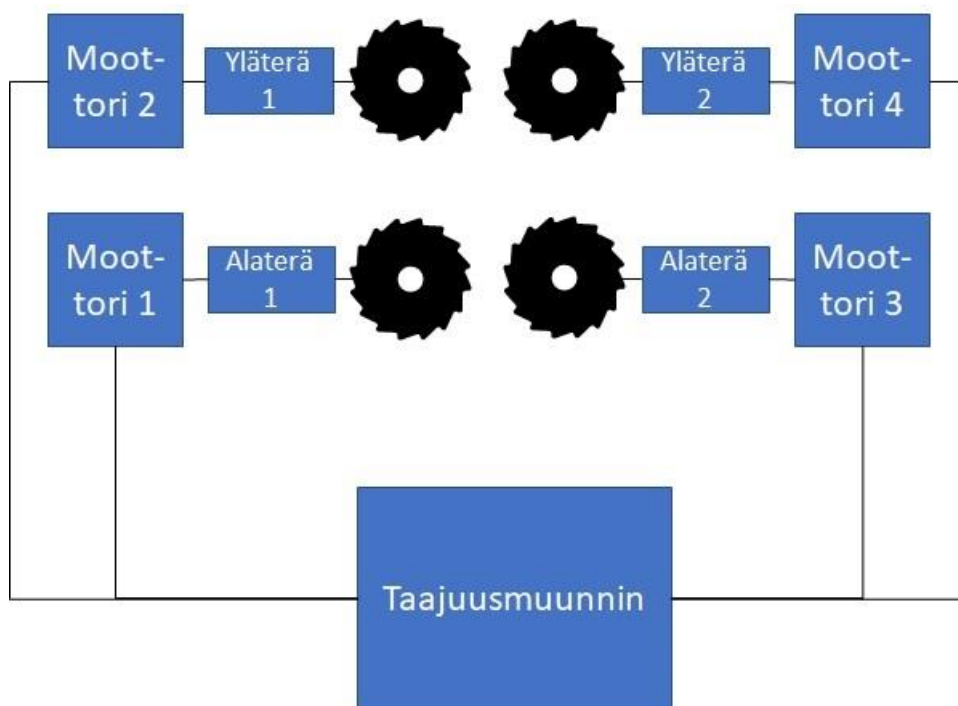
Taulukosta 13 voidaan huomata eri sahatavaralaadun vaikutus virtaukseen sahatavarapinon eri osissa. Tuloksista voidaan olettaa, että eri paksuinen sahatavara vaikuttaa ilman ohjautuvuuteen. Toisessa otoksessa kuivattava sahatavara oli laadultaan 34 mm paksua. Kiertoilmapuhaltimien sähköenergian kulutus laski noin 13 %, ollen 45,5 kW.



Sahatavarakuormissa oli havaittavissa rimoitusvirheitä. Kun kuivattavan sahatavaran väleistä puuttuu rima, on todennäköistä, että vaikutus ilman ohjautuvuuteen on vastaavanlainen kuin eri paksuisella sahatavaralla. Voidaan siis päätellä, että rimoituksen onnistumisella on selvä vaikutus sahatavaran kuivausprosessin laatuun, nopeuteen, sekä sähköenergian kulutukseen.

## 6.2 Sahalaitos

Sahalinjan kaikkia moottoreita ohjataan taajuusmuuntimien kautta. Sahalinjan jakosahassa on neljä terää, joilla jokaisella on oma moottorinsa, ja joita kaikkia ohjataan yhden taajuusmuuntimen kautta. Sahan henkilökunnalta saatujen tietojen mukaan toisen puolen ylä- ja alaterä pyörivät suurimman osan ajasta ilman kuormitusta. Sähkövirtamittausten perusteella jatkuvasti toiminnassa olevan puolen sähkövirrankulutus on 90-95 ampeeria, kun samaan aikaan kuormittamattomana olevan puolen sähkövirrankulutus on noin 60-65 ampeeria. Jakosahan nykyinen ohjausperiaate on kuvattuna kuvassa 4.



Kuva 4. Jakosahan nykyinen ohjausperiaate.

## 7 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

### 7.1 Lämmitysjärjestelmät

Seikun sahalla ei ole lämpöenergian mittaukselle alamittareita kulutuskohteittain. Toimenpide-ehdotuksena on lämpömäärämittareiden asentaminen kulutuskohteisiin. Lämpöenergian kulutuksen helpomman eriteltävyyden vuoksi tulisi lämpömäärämittarit asentaa mittaamaan kuivaamoiden kokonaisenergiankulutusta, sekä ainakin yhden korkean kamarikuivaamon sekä yhden kanavakuivaamon energiankulutusta. Lisäksi lämpömäärämittari tulisi asentaa myös saharakennuksen ja tasaamon lämmönvaihdinkeskuksiin.

Ottamalla käyttöön M-Bus-järjestelmä, voidaan lämpömäärämittareiden lisäksi järjestelmään yhdistää myös sähkö- ja vesimittarit. M-Bus-järjestelmä mahdollistaa kulutustietojen reaaliaikaisen lukemisen, jonka on osoitettu parantavan yritysten energiatehokkuutta tehokkaamman seuraamisen vaikutuksesta. Kulutusmittarit ovat osa energiatehokkuutta edistävää energiatehokkuusjärjestelmää, eikä niille täten ole laskettavissa konkreettista takaisinmaksuaikaa. Jatkuvatoimisen kulutusseurannan on todettu parantavan energiatehokkuutta. Se myös auttaa tulevien energiansäästötoimenpiteiden määrittelyssä. Energiansäästötoimenpiteelle ei ollut saatavilla asennuskustannusarviota.

### INVESTOINTITARVE

Taulukko 14. Lämpömäärämittareiden ja M-Bus-järjestelmän investointikustannus.

Toimenpide	Säästö sähkö MWh/a	tCO <sub>2</sub>	Säästö lämpö MWh/a	tCO <sub>2</sub>	Säästöarvio €/a	Investointi €	TMA a
Lämpömäärämittarit (5 kpl) M-Bus-järjestelmällä	-	-	-	-	-	5888	-

## 7.2 Vesi- ja viemärijärjestelmät

Seikun sahalla ei ole erillisiä kulutusmittareita vedenkulutukselle. Tällä hetkellä koko kiinteistön vedenkulutusta seuraa ja laskuttaa Corenso Oy. Toimenpide-ehdotuksena on asentaa alamittarit vedenkulutukselle kulutuskohteittain, esimerkiksi toimistorakennukseen, ruokalaan, saharakennukseen, sekä kuivaamolle ja tasaamorakennukseen tuleviin vesijohtoihin. Oletuksena on, että sahan todellinen vedenkäyttö on pienempi kuin Corenson arvioima määrä.

Liittämällä vesimittarit lämpömäärämittareille hankittavaan M-Bus-järjestelmään, voidaan veden kulutusta seurata reaaliaikaisesti samasta järjestelmästä kuin lämpöenergian kulutustakin. Kulutusmittarit ovat osa energiatehokkuusjärjestelmää, eikä niille täten ole laskettavissa konkreettista takaisinmaksuaikaa. Jatkuvatoimisen kuluks seurannan on todettu parantavan energiatehokkuutta. Se myös auttaa tulevien energiansäästötoimenpiteiden määrittelyssä.

### INVESTOINTITARVE

Taulukko 15. Investointikustannus veden kulutusmittareille M-Bus-väyläkortilla.

Toimenpide	Säästö sähkö MWh/a	tCO <sub>2</sub>	Säästö lämpö MWh/a	tCO <sub>2</sub>	Säästöarvio €/a	Investointi €	TMA a
Vedenkulutusmittarit (5 kpl) M-Bus-väyläkorteilla	-	-	-	-	-	1080	-

### 7.3 Ilmanvaihtojärjestelmät ja jäähdytys

#### PROSESSI-ILMANVAIHTO

Kuivaamoiden 11-19 lämmöntalteenottopattereissa oli kennoissa silmin havaittavissa olevia reikiä korvausilmanottoaukosta tarkasteltuna. Reiät vaikuttavat merkittävästi ilmanpoistoon, sillä ilma kulkee sieltä mistä sen on helpointa kulkea. Poistoilmapuhaltimien moottoreita ei ohjata taajuusmuuntimien kautta. Kun poistoilmapuhallin on käynnissä, on sen imuteho 5 m<sup>3</sup>/s. Poistettavan ilman määrää säädetään säätöpeltien avulla, jolloin patterin ja säätöpellin kertavastukset edesauttavat korvausilman siirtymistä suoraan poistoilman sekaan. Toimenpide-ehdotuksena on korvata lämmönvaihtimet uusilla vastaavanlaisilla lämmönvaihtimilla.

Takaisinmaksuajan laskelmissa on huomioitu ainoastaan suoraan lämmönvaihtimesta saatavat noin 14 % lämpöenergian säästöt. Kuivausprosessin lämmöntarpeen vähentämistä ja kuivauskapasiteetin kasvamista ei ole huomioitu laskelmissa, sillä niiden arvioiminen luotettaviksi tekijöiksi laskelmiin on mahdotonta. Selvää kuitenkin on, että takaisinmaksuaika on todellisuudessa merkittävästi lyhyempi kuin mitä laskelmissa on osoitettu.

#### KUIVAUSILMAN AERODYNAAMINEN OHJAUS

Kuivausilma ei jakaannu tasaisesti kuivattavan sahatavaran väleihin. Pyöristämällä painepuolen sisäkulma, pienennetään kertavastusta ja terävän kulman aiheuttamaa pyörrettä. Sisäkulman pyöristäminen ohjaa kuivausilman paremmin sahatavaralle ja kuivausilman nopeus suurenee. Myös puhaltimien sähkötehon tarve laskee.

#### INVESTOINTITARVE

Taulukko 16. Lämmönvaihtimien uusimisen kuivausilman ohjauksen investointitarve.

Toimenpide	Säästö sähkö MWh/a	tCO <sub>2</sub>	Säästö lämpö MWh/a	tCO <sub>2</sub>	Säästöarvio €/a	Investointi €	TMA a
Kuivausilman ohjaus (per kuivaamo)	30	5	-	-	1500	3000	2
Kanavakuivaamoiden 15-18 LTO-kennostojen vaihto	-	-	3322	585	41500	291800	7,0

## 7.4 Sähköjärjestelmät

### **KULUTUSSEURANTAJÄRJESTELMÄ**

Seikun sahalla on olemassa sähkönkulutusmittaukselle alamittareita. Toimenpide-ehdotuksena on päivittää alamittarit yhteensopiviksi M-Bus-järjestelmän kanssa ja linkittää ne saman tiedonkeruujärjestelmän piiriin lämmön ja veden alamittareiden kanssa. Sähkönkulutuksen jatkuvatoiminen seuranta parantaa energiatehokkuutta. Se myös auttaa tulevien energiasäästötoimenpiteiden määrittelyssä.

### **JAKOSAHAN TAAJUUSMUUNTAJA**

Jakosahassa pyörii jatkuvatoimisesti molempien puolien moottorit. Toisen puolen moottorit pyörivät suurimman osan ajasta ilman kuormitusta. Toimenpide-ehdotuksena on asentaa toisen puolen moottoreille oma ohjauksensa taajuusmuuntajan kautta.

### **VALAISTUS**

Varasto- ja sahatavarahallien valaistus on toteutettu suurimmaksi osaksi 125 ja 250 watin elohopeavalaisimilla. Elohopeavalaisimet ovat korvattavissa energiatehokkaammilla relumina-monimetallivalaisimilla.

### **INVESTOINTITARVE**

Taulukko 17. Sähköjärjestelmien investointitarve.

Toimenpide	Säästö sähkö MWh/a	tCO <sub>2</sub>	Säästö lämpö MWh/a	tCO <sub>2</sub>	Säästöarvio €/a	Investointi €	TMA a
Jakosahan lisätaajuusmuuntaja toisen puolen moottoreille	113	20	-	-	5653	20000	3,5
Elohopeavalaisimien korvaaminen monimetallivalaisimilla	29	5	-	-	1450	17220	11,9
Sähkönkulutusalamittarit (6) M-Bus-väylään	-	-	-	-	-	1200	-
<b>YHTEENSÄ</b>	142	25	-	-	7103	38420	-

## 7.5 Rakenteet

### **KUIVAAMOIDEN OVIAUKOT**

Kuivaamoiden ulko-ovien keskellä olevan vaakasuuntaisen sauman kylmäsilta saataisiin vanhoissa ovissa korjattua tiivistemassalla, jonka päälle asennettaisiin lisäeristeeksi esimerkiksi lauta. Ilmatiivis saumakohta ja laudan merkittävästi heikompi lämmönjohtokyky alumiiniin verrattuna riittäisivät korjaustoimenpiteeksi vanhojen ovien akuuttiin lämpöhäviöön. Merkittävää suoraa lämpöhäviön korjaamisesta saatavaa rahallista säästöä ei synny, mutta toimenpide pidentää ovien ja niitä ympäröivien rakenteiden käyttöikää merkittävästi.

Vuoden keskilämpötilaa käyttäen ympäristöön säteilee ovien rakenteiden reuna- ja saumakohdista arviolta noin 1 MWh lämpöenergiaa vuodessa. Ovien lämpöhäviölaskelmaan ei ole sisällytettyä vuotokohdista karkaavan höyryn aiheuttamaa lämpöhäviötä, joka on merkittävästi suurempi. Ulos karkaavan höyryn aiheuttama lämpöhäviö on laskelmissa arvioitu viisikymmenkertaiseksi säteilyyn verrattuna. Todellisuudessa höyryn mukana karkaava lämpöhäviö on todennäköisesti merkittävästi suurempi.

Toimenpide-ehdotuksena on tiivistää ovien saumakohdat ja eliminoida kylmäsilat lisäeristein.

### **YLÄPOHJA**

Kuivaamoiden vintillä on höyryvuotojen seurauksena kastunut villaa noin 100 m<sup>2</sup> alueella. Märän villan lämmöneristyskyky on huono ja tällöin muodostuu merkittäviä lämpöhäviöitä. Lisäksi yläpohjassa on noin 60 m<sup>2</sup> alueella ympäristöön verrattuna selvästi huonommin eristäviä alueita. Toimenpide-ehdotuksena on vaihtaa märät villat esimerkiksi Finnfoam-lämmöneristeisiin sekä lisätä eristettä kylmäsiltojen kohdalle.

## INVESTOINTITARVE

Taulukko 18. Kuivaamorakennusten investointikustannukset.

Toimenpide	Säästö sähkö MWh/a	tCO <sub>2</sub>	Säästö lämpö MWh/a	tCO <sub>2</sub>	Säästöarvio €/a	Investointi €	TMA a
Kuivaamoiden ovien tiivistäminen ja kylmäsiltojen eliminointi	-	-	51	9	640	8000	12,5
Yläpohjan märkien villojen vaihtaminen Finnfoamiin ja Finnfoamin lisääminen havaittuihin kylmäsiltoihin	-	-	65	11	811	2900	3,6
<b>YHTEENSÄ</b>	-	-	116	20	1505	10470	-

## 7.6 Yhteenvedo investoinneista

Taulukko 19. Yhteenvedotaulukko investointitarpeista.

Toimenpide	Säästö sähkö MWh/a	tCO <sub>2</sub>	Säästö lämpö MWh/a	tCO <sub>2</sub>	Säästöarvio €/a	Investointi €	TMA a
Kanavakuivaamoiden 15-18 LTO-kennostojen vaihto	-	-	3322	585	41500	291800	7,0
Kuivausilman ohjaus (per kuivaamo)	30	5	-	-	1500	3000	2,0
Lämpömäärämittarit (5) M-Bus-järjestelmällä	-	-	-	-	-	5888	-
Vedenkulutusmittarit (5) M-Bus-väyläkorteilla	-	-	-	-	-	1080	-
Sähkönkulutusalamittarit (6) M-Bus-väylään	-	-	-	-	-	1200	-
Jakosahan lisätaajuusmuuntaja toisen puolen moottoreille	113	20	-	-	5653	20000	3,5
Elohopeavalaisimien korvaaminen monimetallivalaisimilla	29	5	-	-	1450	17220	11,9
Kuivaamoiden ovien tiivistäminen ja kylmäsiltojen eliminoiminen	-	-	51	9	640	8000	12,5
Yläpohjan märkien villojen vaihtaminen Finnfoamiin ja Finnfoamin lisääminen heikosti eristävälle alueelle	-	-	65	11	811	2900	3,6
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>172</b>	<b>25</b>	<b>3438</b>	<b>605</b>	<b>51554</b>	<b>351088</b>	<b>-</b>