KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma / Energia- ja ympäristötekniikka

Jari Johansson

KA-2 SÄHKÖKÄYTTÖJEN ENERGIATEHOKKUUS

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

JOHANSSON JARI	Kartonkikoneen sähkökäyttöjen energiatehokkuus
Insinöörityö	39 sivua + 11 liitesivua
Työn ohjaaja	Osaamisalapäällikkö TkL Markku Huhtinen
Toimeksiantaja	Stora Enso Oyj
Maaliskuu 2010	
Avainsanat	energiatehokkuus, energiakustannukset, sähköenergia, sähkömoottorit, paperiteollisuus, kartonkiteollisuus

Työssä tutkittiin Stora Enson Kaukopään tehtaiden kartonkikone 2 prosessiin liittyvien suurimpien sähkökäyttöjen energiatehokkuutta. Tutkimuksen tavoitteena oli löytää kannattavia kehityskohteita energiatalouden parantamiseksi. Sähköteknisten ratkaisujen lisäksi työssä kartoitettiin myös prosessien ajotapoja, sekä niiden kehittämisen tuomia mahdollisuuksia energiatehokkuuden parantamiseksi. Tavoitteena oli myös saada tutkimustyöstä selkeästi vaiheistettu prosessi, joka voidaan toistaa muiden konelinjojen kohdalla.

Tarkasteluun valittiin konelinjan kaikki yli 50 kW:n suorakäyttömoottorit, yhteensä 72 kpl. Tutkimusmenetelmänä käytettiin konelinjan automaatiojärjestelmän tallentaman tiedon analysointia. Valittujen sähkökäyttöjen moottorin virtakuormia sekä käyttöihin liittyviä prosessimittaustietoja tallennettiin automaatiojärjestelmästä 55 päivän ajalta. Joidenkin käyttöjen osalta analyysi tehtiin kertamittauksiin perustuen. Näiden tietojen perusteella määriteltiin sähkökäyttöjen energiankulutus sekä sähkökäytön toiminta-aste.

Työn tuloksiin perustuen annettiin toimenpide-esitykset parannuskohteista. Jauhatuksen säätötavan muuttaminen energian ominaiskulutukseen perustuvaksi osoittautui kaikkein lupaavimmaksi parannustoimenpiteeksi. Muutoksella voidaan säästää huomattavasti energiaa jauhettavan massan sekä kartongin tasalaatuisuuden samalla parantuessa. Toinen parannusesitys oli yhden jauhimen pysäyttäminen uuden jauhatussäätötavan käyttöönoton jälkeen. Jauhimen pysäyttäminen säästää energiaa tyhjäkäyntitehon verran, ja samalla parantaa huoltotoimien mahdollisuuksia käynnin aikana jauhimia vuorottelemalla. Kolmantena kohteena esitettiin kirkassuodospumppauksen energiatehokkuuden uusintatarkastelua prosessiin tekeillä olevien muutosten jälkeen. Näiden toimenpide-esityksien lisäksi työssä kehitettiin vaiheittainen prosessimalli kartonki- tai paperikonelinjan sähkömoottorikäyttöjen energiatehokkuuden kartoittamiseksi.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU
University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering

JOHANSSON, JARI	Energy Efficiency of Electric Drives in a Board Machine
Bachelor's Thesis	39 pages + 11pages of appendices
Supervisor	Markku Huhtinen, Lic.Sc.
Commissioned by	Stora Enso Oyj
March 2010	
Keywords	energy efficiency, energy cost, electric power, electric motor, paper industry, board industry

This study examines the energy efficiency of electric drives in Board Machine 2 at Stora Enso Kaukopää Mill. The target of the study was to find out profitable ways to improve the energy economy. The methods of operating the process were investigated to find out if there was any potential for improvements. Another target was to develop a reproducible process for investigating the energy efficiency of the production line.

All the electric drives with over 50 kW direct-drive engines, 72 in number, were chosen for this study. A process data logger was used to store the needed data during 55 days. In some cases, single measurements were made to analyze the state of the drive.

As the results of this study, three recommendations were given to improve the energy efficiency. The first one was to start using the control based on specific energy consumption in refining the pulp. This would be the best way to avoid over-refining, and simultaneously significant energy savings could be achieved. The second recommendation concerns birch-refining: it would be advisable to stop one refiner after the specific energy control has been utilized. Thirdly, new calculations should be made for clear filtration pumping once the changes in the process have been completed.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO 6

1.1 Työn taustaa 6
1.2 Teollisuuden energiankulutus 6
1.3 Teollisuuden energian hinta 8
1.4 Stora Enso Oyj Imatran tehtaat 8
1.5 Kartonkikone 2 9

2 SÄHKÖMOOTTORIKÄYTÖT 11

2.1 Suorakäyttömoottori 12
2.2 Taajuusmuuttajakäyttö 13
2.3 Oikosulkumoottorien hyötysuhdeluokitus 14

3 TUTKITTAVIEN KOHTEIDEN RAJAUS JA TIEDON KERÄILY 14

3.1 Moottorin tyyppi 14
3.2 Moottorin teho 15
3.3 Tietojen keräily 15

4 KEINOJA ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI 16

4.1 Käytön varustaminen taajuusmuuttajalla 16
4.2 Jaksottainen käyttö tai prosessilaitteen kahdentaminen 16
4.3 Moottorin tarkempi mitoitus 17
4.4 Pumpun tai juoksupyörän uudelleenmitoitus 17

5 TIEDON KÄSITTELY JA ANALYSOINTI 17

5.1 Sähkökäytön virtakuorman mittaus ja tehon laskenta 17
5.2 ABB Pump Save -ohjelma 18
5.3 ABB Fan Save -ohjelma 19
5.4 Prosessien tarkastelu energiatehokkuuden näkökulmasta 19

5.4.1 Jauhimet ja kuiduttimet 19
5.4.2 Lajittimet 23

5.4.3 Sekoittimet 24
5.4.4 Imupumput 26
5.4.5 Puhaltimet 28
5.4.6 Pumput 30
5.4.7 Tuotantoprosessista riippumaton pohjakulutus 34
6 TULOKSET 35
6.1 Prosessin kulkukaavio 35
6.2 Toimenpide-esitykset 36
6.2.1 Jauhatuksen EOK-säädön käyttöönotto 36
6.2.2 Jauhinmoottorin pysäytys 37
6.2.3 Tyhjöjärjestelmän tutkimuksen päivittäminen 37
6.2.4 Kirkkaan suodoksen pumppauksen muutokset 37
7 YHTEENVETO 38
LIITTEET
Liite 1. Jauhimet
Liite 2. Lajittelu
Liite 3. Sekoittimet
Liite 4. Imupumput
Liite 5. Puhaltimet
Liite 6. Pumput
Liite 7. Mittauspöytäkirja
Liite 8. Pump Save -lomake KP-538-102
Liite 9. Pump Save -lomake KP-538-137
Liite 10. Pump Save -lomake KP-538-590
Liite 11. Pump Save -lomake KP-568-624

1 JOHDANTO

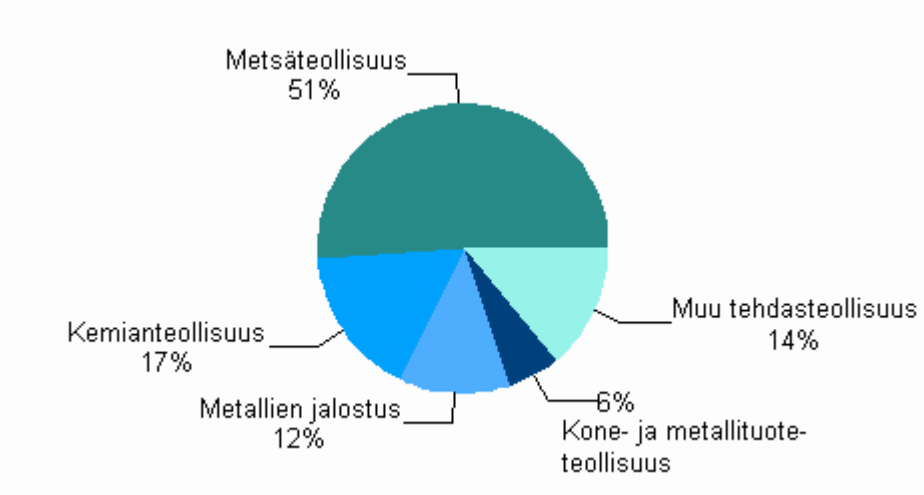
1.1 Työn taustaa

Paperiteollisuuden merkittävimmät kustannustekijät ovat kiistatta raaka-aineet ja energia. Raaka-aineista puu sekä vesi ovat vaikutukseltaan suurimmat tekijät. Juuri puun sekä veden saatavuus ovat antaneet Suomelle maailmanlaajuisesti merkittävän aseman paperin ja kartongin valmistajana. Nykyisin myös energian osuus on muodostunut yhä tärkeämmäksi tekijäksi alan teollisuuden kannattavuuden kannalta. Energiaan liittyy myös kuljetuskustannusten kasvava merkitys, koska valtaosa Suomen paperista ja kartongista viedään suurten kulutuskohteiden lähelle jatkojalostukseen, tyypillisesti Keski-Eurooppaan.

Paperiteollisuuden oma energiantuotanto tukee etenkin suurten tehdasintegraattien kannattavuutta. Paperi- ja kartonkikoneilla tarvitaan kuivatusenergiaksi höyryä, ja sen vuoksi kaikilla tuotantolaitoksilla on oltava jonkinlainen kattilalaitos. Sulfaattiselluloosan valmistuksessa syntyy huomattava määrä energiaa keittokemikaalien kierron kautta soodakattiloissa. Korkeapaineinen höyry muutetaan sellutehtaan voimalaitoksella sähköenergiaksi, ja matalapainehöyry on hyödynnettävissä prosessien lämpöenergiatarpeisiin kuten paperin tai kartongin sylinterikuivatukseen. Lauhteiden lämpöenergia voidaan hyödyntää lämmönvaihtimen kautta prosessiveden lämmitykseen, tehdasrakennusten lämmitykseen sekä kaukolämmön tuottamiseen. Myös puuraaka-aineen mekaanisessa käsittelyssä syntyy huomattava määrä polttokelpoista jätettä. Teollisuuslaitoksessa on usein myös kiinteän polttoaineen kattila jossa poltetaan oman tuotannon polttoon kelpaava jae sekä mahdollisesti myös ulkopuolelta hankittua kiinteää polttoainetta.

1.2 Teollisuuden energiankulutus

Teollisuuden sähkön käyttö Suomessa on suuruusluokaltaan noin puolet koko maan kulutuksesta. Taantumavuonna 2009 teollisuus käytti sähköä 37,3 TWh, joka oli 20,9 % pienempi verrattuna vuoteen 2008. Suurin vähennys 32,7 % tapahtui metsäteollisuudessa, joka käytti vuonna 2009 19,1 TWh. Metsäteollisuuden osuus on 51 % koko teollisuuden sähköenergian kulutuksesta. Vuoden 2009 teollisuuden sähkönkäyttötilastot on esitetty kuvassa 1. (1.)



Kuva 1. Sähkön kokonaiskäyttö teollisuudessa 2009 (1).

Suomen paperi- ja kartonkitehtaat ovat lähes poikkeuksetta useita vuosikymmeniä sitten rakennettuja. Rakennusvaiheen mitoituksissa ei energiatalous ole ollut määräävä tekijä, ja esimerkiksi pumppuja sekä putkistoja suunniteltaessa on käytetty huomattavan suuria ylitystoleransseja. Tämä on toisaalta mahdollistanut laitoksille huomattavia tuotannon kasvuja, mutta toisaalta suurta hukkaenergiaa ajettaessa suurilla pumpuilla kuristettuja venttiilejä vasten. Vähintään tuotannon kasvua vastaavasti ovat ympäristövaatimukset ja energian säästötarpeet vaatineet vesikiertojen sulkemista, eli veden käytön vähentämistä. Myös sähkökäyttöjen tekninen kehitys antaa nykypäivänä suuria mahdollisuuksia energiatehokkuuden parantamiseen.

Tänä päivänä kaikki teollisuuslaitokset joutuvat etsimään kustannussäästöjä energiatehokkuutta parantamalla. Teollisuuden energiasäästösopimusjärjestelmä uudistettiin vuoden 2007 lopulla, jolloin astui voimaan siirtymäkauden jälkeen vuoteen 2016 ulottuva energiatehokkuussopimus. Elinkeinoelämän energiatehokkuussopimus on Työ- ja elinkeinoministeriön vastuualueella, ja puitesopimukset on tehty kunkin sopimukseen liittyneen yrityksen kanssa. Puitesopimuksen liitteenä on alakohtainen toimenpideohjelma. Myös Stora Enso on mukana energiatehokkuussopimuksessa, joka velvoittaa viemään energiatehokkuusasiat osaksi yrityksen johtamisjärjestelmää. Energiatehokkuussopimuksen toimenpiteiden tavoitteena on ensisijaisesti pienentää energian ominaiskulutusta tuotettua yksikköä kohden, joten keinot ovat moninaiset. Nettotuotannon lisäys ilman lisäenergian tarvetta johtaa samalla energian ominaiskulutuksen pienenemiseen, joten kaikkein tuottavimpia parannuksia ovat tuotantolinjojen hyötysuhteiden parantamiseen johtaneet toimenpiteet.

1.3 Teollisuuden energian hinta

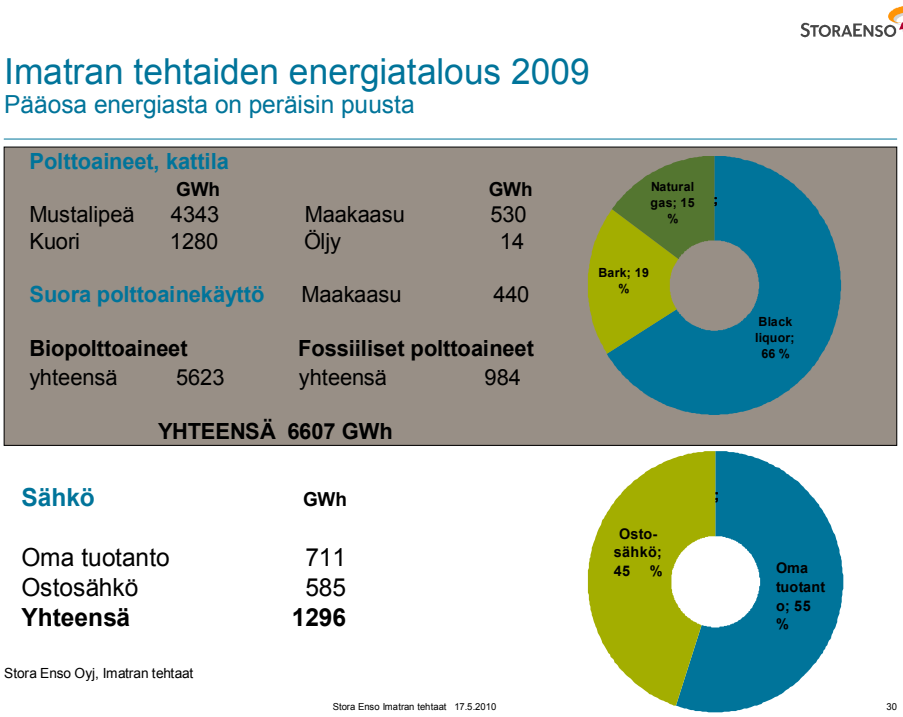
Suomen suurteollisuudelta ei ole tilastoitua energian keskihintatietoa viimeisiltä vuosilta. Tämän työn kustannus- ja kannattavuuslaskelmissa käytetään viimeisintä tilastoitua keskisuurten yritysten sähköenergian keskihintaa, joka oli vuoden 2009 jälkipuolen tilastossa 68,30 eur/MWh (2). Käytännössä tämä ei kuitenkaan ole hinta, jolla suurteollisuus operoi sähkömarkkinoilla. Metsäteollisuuden kohdalla kaupankäynti voi olla kaksisuuntaista. Tuotantolaitosten vajaakäyntitilanteissa voidaan osa tuotettavasta sähköenergiasta myydä sähkön jakeluverkkoon.

1.4 Stora Enso Oyj Imatran tehtaat

Imatran tehtaat muodostuvat kahdesta tehdasyksiköstä. Kaukopään tehtaista sekä Tainiokosken tehtaista. Tällä hetkellä integraatissa on käynnissä yhteensä 4 kartonkikonetta sekä 2 paperikonetta. Kartonki- ja paperikoneiden lisäksi sellutehtaat ja CTMP laitos valmistavat massoja omille konelinjoille sekä markkinamassaksi. Kartonkikoneiden tuotteet käytetään nestepakkaus-, kuppi-, ja graafisiin loppukäyttöihin.

Imatran tehtaat on maailman suurin kuluttajapakkauskartonkitehdas. Paperin ja kartongin vuosituotantokapasiteetti on 1 080 000 tonnia. Massojen tuotantokapasiteetti on yhteensä 1 300 000 tonnia vuodessa. Lisäksi tehdasintegraatissa jalostetaan kartonkia PE-päällystyskoneilla joiden vuosikapasiteetti on 345 000 tonnia. Imatran tehtaiden tuotannosta 93 % viedään ulkomaille, josta Euroopan osuus on yli 70 %. Stora Enson vakituisia työntekijöitä Imatran tehtailla on 1020 henkeä. Lisäksi tehtaalla työskentelee satoja henkilöitä esimerkiksi kunnossapito- ja puhtaanapitoyhtiöiden palveluksessa. (2.)

Vuonna 2009 Imatran tehtaat käyttivät polttoaine-energiaa yhteensä 6607 GWh, josta 85 prosenttia oli biopolttoainetta. Sähkön tuotanto oli omalla voimalaitoksella 711 GWh, joka vastasi noin 55 prosenttia kokonaissähköntarpeesta. Loput 585 GWh jouduttiin ostamaan sähkömarkkinoilta. Kuvan 2 esittämästä Imatran tehtaiden energiatalouden kaaviosta havaitaan että suurin osa energiasta saadaan puuperäisistä polttoaineista. (2.)



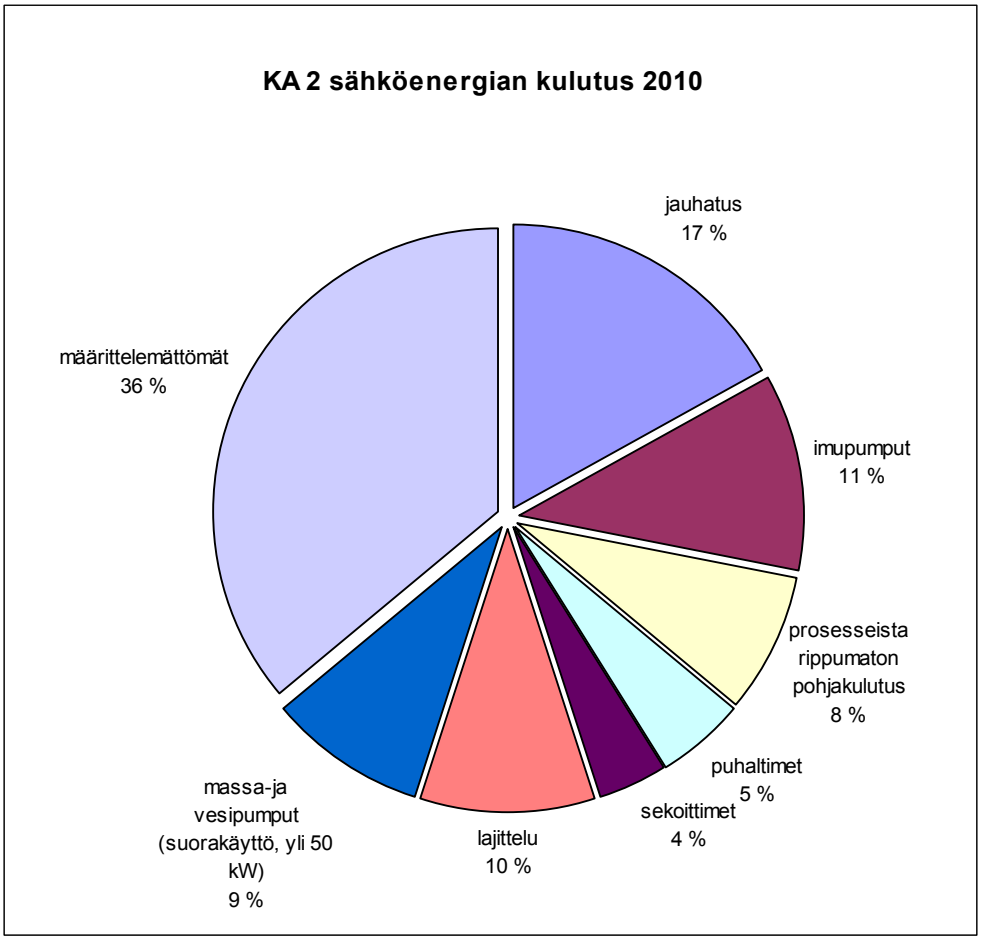
Kuva 2. Imatran tehtaiden energiatalous 2009 (2).

1.5 Kartonkikone 2

Kaukopään kartonkikone 2 on rakennettu vuonna 1956, ja viimeinen kattava koneuusinta on tehty vuonna 1990. Vuonna 2005 on tehty lisäksi mittava laadunparannusinvestointi. Valmistettavat tuotteet ovat kolmikerroskartonkeja, joiden raaka-aineena kaikilla laaduilla ovat mänty- sekä koivusulfaattiselluloosa. Osassa tuotteista käytetään lisäksi kemitermohierrettä (CTMP). Päällystysyksiköitä on 4 kpl, joilla kartonki tuotettavasta lajista riippuen päällystetään valkoisella pigmenttipäällysteellä joko toiselta tai molemmilta puolilta. Koneella tuotetaan korkealaatuista graafista kartonkia sekä kuluttajapakkauskartonkia vaativiin painatuskohteisiin. Pieni osa tuotannosta menee myös kuppikartonkikäyttöön. Tuotteiden neliöpainoalue on 170–400 g/m2. Kartonkikoneen trimmileveys on 5600 mm, ja ajonopeusalue 200–550 m/min.

Kartonkikone 2 sähköenergian käyttö kartonkitonnia kohden on ollut suuruusluokaltaan 0,5–0,6 MWh/t. Tätä voidaan pitää tyypillisenä päällystävän kolmikerroskartonkikoneen sähkönkulutuksena. Ominaiskulutukseen vaikuttaa voimakkaasti kartonkikoneen käyntiaste, jonka myötä tietenkin myös kartongin tuotantomäärä vaihtelee.

Kartonkikone 2 energian käytön jakautumisesta saatiin yksityiskohtaisempaa lisätietoa tätä opinnäytetyötä tehtäessä. Eri prosesseihin kuluva energia määritettiin prosessin ohjausjärjestelmiä ja tietopankkijärjestelmiä hyväksi käyttäen kohdassa 3.3 esitettävällä tavalla. Tutkimuksen mukainen sähköenergian käyttö on esitetty kaaviokuvassa 3.



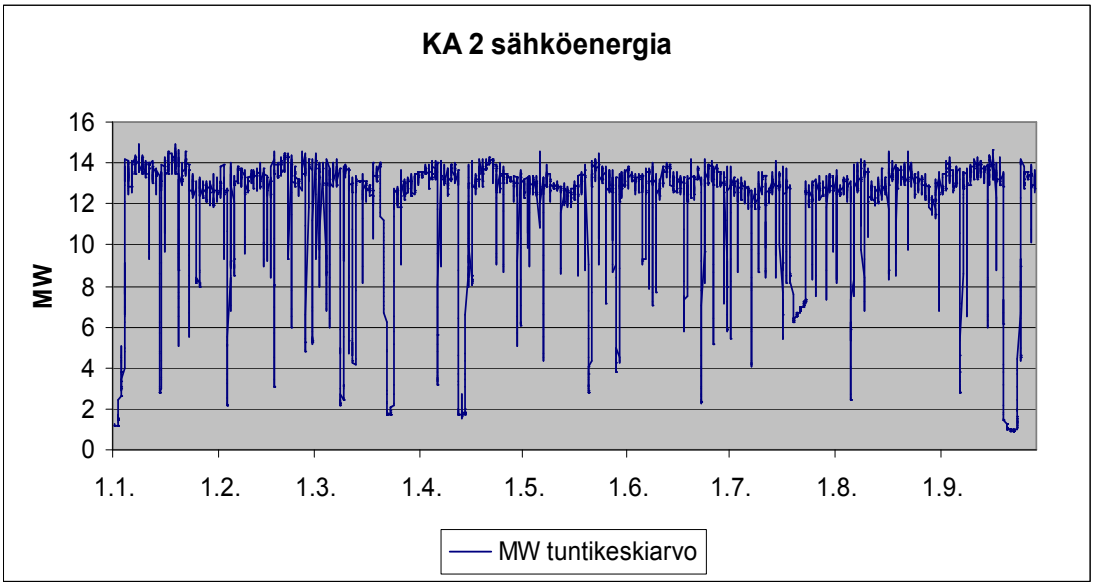
Kuva 3. KA-2 sähkönkulutuksen jakautuminen 2010

Määrittelemättömien osuus on yli kolmannes konelinjan kokonaisenergian kulutuksesta. Osuuden pääasialliset kulutuskohteet ovat suuritehoisia taajuusmuuttajalla varustettuja käyttöjä, jotka rajautuivat tämän opinnäytetyön tarkastelun ulkopuolelle. Tällaisia kohteita ovat kartonkikoneen käyttöryhmien sähkömoottorit, jauhatussäiliöiden pumppujen sekä kaikkien kerrosten peränsyöttöpumppujen sähkökäytöt. Näiden suurten käyttöjen lisäksi määrittelemättömään osuuteen kuuluu kymmeniä alle 50 kW:n sähkökäyttöjä, joita ei myöskään tässä työssä tarkastella.

Tässä insinöörityössä tarkastellaan Stora Enson Kaukopään kartonkikone 2 prosessien suurimpien sähkökäyttöjen energiatehokkuutta sekä pyritään löytämään kannattavia

kehityskohteita energiatalouden parantamiseksi. Työssä tutkitaan teknisten ratkaisujen lisäksi myös prosessien ajotapoja ja niiden kehittämisen antamia mahdollisuuksia energian ominaiskulutuksen vähentämiseksi. Yhtenä tavoitteena on myös saada tutkimustyöstä selkeästi etenevä vaiheistettu prosessi, joka voidaan toistaa myös muiden konelinjojen kohdalla.

Tutkittavien sähkökäyttöjen energiatehokkuuden määrittämiseen käytetään automaatiojärjestelmän tallentamaa prosessitietoa kuten virtausmittaukset, venttiilien asennot ja sähkömoottorin ottama vaihevirta. Kuvassa 4 on esitetty prosessin tiedonkeräilyjärjestelmän tuntikeskiarvotietoihin perustuva kuvaaja sähköenergian kulutuksen vaihtelusta tammi-syyskuussa 2010.



Kuva 4. KA-2 sähköenergian kulutus

2 SÄHKÖMOOTTORIKÄYTÖT

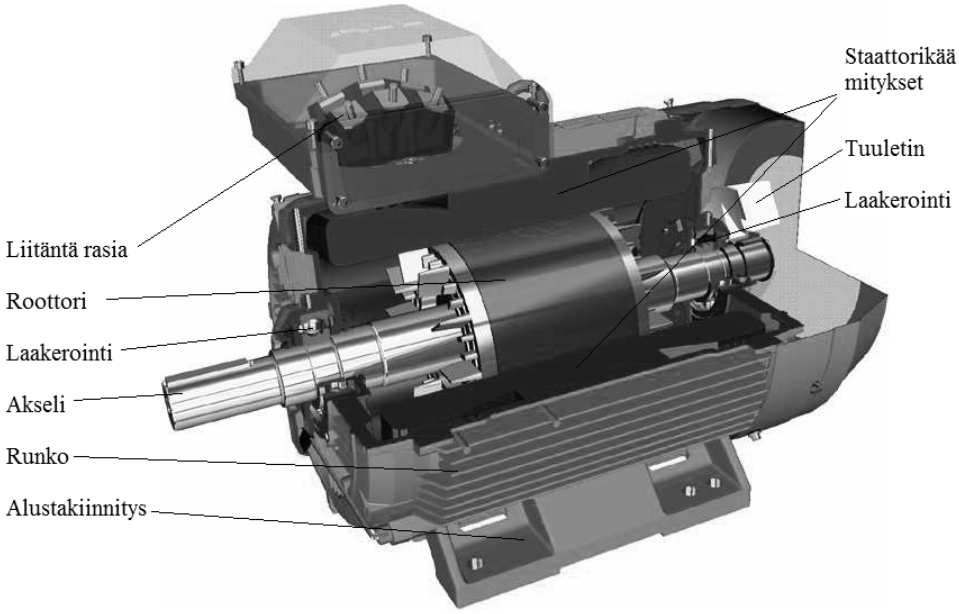
Sähkömoottorikäytöllä tarkoitetaan laitekokonaisuutta joka sisältää sähkömoottorin kaapelointeineen, mahdollisen taajuusmuuttajan sekä moottorisuojareleen. Lisäksi käytön pyörittämä laite (pumppu/puhallin) voimansiirtolaitteineen kuuluu osana käyttöön.

Teollisuuden sähkömoottorina käytetään tyypillisesti oikosulkumoottoria joka on yksinkertaisen rakenteensa ansiosta suosittu voimakone. Sen käyttöä ovat aiemmin ra-

joittaneet huonot pyörimisnopeuden säätömahdollisuudet. Oikosulkumoottorin pyörimisnopeuteen voidaan vaikuttaa muuttamalla moottorin:

- syötettävän vaihtosähkön taajuutta
- käämityksen napalukua
- jättämää jättämäenergian säädön avulla

Oikosulkumoottorin tärkeimmät osat ovat roottori, staattorikäämitys ja akseli laakerointeineen. Lisäksi moottorissa on sähköliitäntä, moottorituuletin ja alustakiinnitys. Kuva 4 esittää tyypillistä oikosulkumoottoria. Roottorin käämityksen päät ovat oikosuljettuja, josta johtuu moottorityypin nimitys. Staattorikäämitys on normaalisti kolmivaiheinen käyttävän sähköverkon mukaisesti.



Kuva 4. Oikosukumoottori ABB (4).

2.1 Suorakäyttömoottori

Suoralla sähkönsyötöllä varustetun sähkömoottorin pyörimisnopeutta ei voida portaattomasti säätää, vaan moottoria ohjataan vain ON/OFF -kytkennällä. Tällaisen moottorin pyörittämää käyttöä kutsutaan myös vakionopeuskäytöksi. Moottorin pyörimisnopeutta voidaan synkronisesti muuttaa käämityksen napalukua muuttamalla, mutta tämä rakenteellinen keino on rajoitettu vain muutamalle nopeusalueelle. Moottorin käyt-

tämän laitteen pyörimisnopeutta voidaan säätää esimerkiksi vaihdelaatikon tai nestekytkimen avulla. Tällöin kuitenkin sähkömoottori pyörii koko ajan vakionopeudella.

2.2 Taajuusmuuttajakäyttö

Taajuusmuuttajalla voidaan moottorin pyörimisnopeutta säätää portaattomasti. Muuttamalla syöttävän vaihtosähkön taajuutta voidaan moottorin synkronisen pyörimisnopeuden piste siirtää haluttuun arvoon. Tämä vaikuttaa suoraan moottorin pyörimisnopeuteen.

Taajuusmuuttaja koostuu:

- Tasasuuntaajasta, jonka tehtävä on muuttaa vaihtovirta tasavirraksi.
- Välipiiristä, jonka tehtävänä on toimia energiavarastona.
- Vaihtosuuntaajasta, jonka tehtävä on tehdä välipiirin tasasähköstä moottorin tarvitsemaa vaihtosähköä halutulle taajuudelle.
- Ohjauselektroniikasta, joka huolehtii taajuusmuuttajan säädöstä. Yksinkertaisessa skalaarisäädössä pyörimisnopeutta ohjataan vaihtosuuntaajan lähtötaajuutta muuttamalla.
- Suotimista.

Taajuusmuuttajien kehitys on ollut nopeaa viime vuosikymmeninä. Kehityksen on mahdollistanut tehoelektroniikan komponenttien, sekä mallinnuksesta huolehtivien prosessoreiden tehostuminen. Ensimmäiset taajuusmuuttajat toteutettiin suhteellisen hankalalla tyristoritekniikalla. Tällä hetkellä tekniikka perustuu IGBT (Insulated Gate Biopolar Transistor) -tekniikkaan. Nykyisin käytössä on jo neljännen sukupolven IGBT, jolla voidaan toteuttaa jopa 5000 kW:n tehoinen taajuusmuuttaja 690 V jännitteellä. Tekniikan kehittyminen on tuonut mukanaan taajuusmuuttajan huomattavasti pienentyneen tilantarpeen sekä hankintakustannuksen. (5.)

2.3 Oikosulkumoottorien hyötysuhdeluokitus

Kansainvälinen sähköalan standardoimisjärjestö (International Electrotechnical Commission, IEC) on julkaissut vuonna 2008 uuden energiatehokkuuteen liittyvän maailmanlaajuisen standardin sähkömoottoreille. IEC 60034-30 määrittelee ja yhdenmukaistaa uudet IE (International Efficiency) -hyötysuhdeluokat:

- IE 1 = Standard
- IE 2 = High
- IE 3 = Premium

Verrattaessa uusia luokkia eurooppalaiseen EFF-luokitukseen IE1 vastaa EFF2-luokkaa ja IE2 vastaa EFF1-luokkaa. Luokitus kattaa 2-, 4- ja 6-napaiset moottorit tehoalueella 0,75–375 kW alle 1000 V jännitteellä ja 50 tai 60 Hz taajuudella. Standardi selkeyttää sähkömoottorivalmistajien sekä myös moottorien käyttäjien toimintaa yhtenäisen ja helposti ymmärrettävän hyötysuhdeluokituksen muodossa kansainvälisesti. (6.)

3 TUTKITTAVIEN KOHTEIDEN RAJAUS JA TIEDON KERÄILY

3.1 Moottorin tyyppi

Tarkastelun ulkopuolelle rajattiin konelinjan taajuusmuuttajalla varustetut sähkömoottorit. Taajuusmuuttajakäyttö on tyypillisin tapa käyttää moottoria laajalla toiminta-alueella energiatehokkaasti säätämällä moottorin pyörimisnopeutta sähköteknisesti. Rajaus tämän kartoituksen ulkopuolelle on aiheellista tehdä, koska voidaan olettaa että taajuusmuuttajakäyttöjen energiatehokkuus on suhteellisesti huomattavasti parempi verrattuna suorakäyttöisiin moottoreihin. Taajuusmuuttajalla varustettu käyttö on nykytekniikalla energiatehokkain vaihtoehto, kun käyttö toimii laajalla säätöalueella.

3.2 Moottorin teho

Ensimmäiseen tarkasteluun valittiin kartonkikone 2:n yli 50 kW:n suorakäyttöisellä sähkömoottorilla varustetut käytöt. Tutkittavia tehoalueen 55–500 kW moottoreita oli yhteensä 72 kpl. Kappalemäärät teholuokittain esitetään taulukossa 1.

Taulukko 1. Tutkittavat moottorit teholuokittain

Moottorin teho	**kW**	55	75	90	110	132	160	200	250	315	400	500	**Yht kpl**
Lukumäärä	**kpl**	4	11	9	11	8	2	5	2	7	3	10	**72**

3.3 Tietojen keräily

Verrattaessa moottoriluetteloon liittyviä sähkökäyttöjä ja prosessijärjestelmästä kerättävää tietoa, voitiin huomata, että tiedonkeruu kattaa vain pienen osan tarpeesta. Jotta tietoa saataisi kerättyä riittävästi, täytyi keräily saada käyntiin pikaisesti. Aikataulun kiireellisyyteen liittyi tässä vaiheessa myös useiden avainhenkilöiden kesäloman lähestyminen, joten keräilyn alulle saattaminen meni melko karkealla lajittelulla. Kun luettelo oli lajiteltu, laitettiin 8.7.2010 pyyntö prosessitiedon keräilystä ATK-tukeen. Mainittakoon että KA-2 prosessitietojärjestelmän siirtokapasiteetti on erittäin rajoitettua, joten lista oli pidettävä kohtuullisena. Kaikkia kyseisiin käyttöihin liittyviä mittauksia ja säätöpiiritietoja ei keräilyyn saataisi. Tiedonkeruuseen kytkettiin 115 mittausta, joista suurin osa on sähkömoottorin virtakuormia. Loput keräilyyn pyydetyistä muuttujista olivat virtausmittaustietoja sekä venttiilien ja säätöpiirien ohjaus- ja asetusarvotietoja.

Pyydettyjen mittausten keräily käynnistyi 20.7.2010. Kun kuukauden päästä keräilyn aloituksesta tarkastettiin onnistumista, voitiin havaita, että osa muuttujista keräilee 0 % mittausta. Tätä selvitettäessä havaittiin, että kaikista moottoreista ei siirretä virtatietoa XD-järjestelmään. Näistä käytöistä tarvittavat mittaustiedot hankitaan mittaamalla

moottorivirrat hetkellisinä mittauksina sähkökeskuksesta. Tarvittaessa toistetaan mittaukset eri prosessitilanteissa.

4 KEINOJA ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI

Prosessista riippuen käytettävissä on erilaisia keinoja energiatehokkuuden parantamiseksi. Kohdassa 2.3 esiteltiin oikosulkumoottoreiden uusi hyötysuhdeluokitus. Moottorikäyttöihin investoitaessa tulee kaikissa tapauksissa huomioida moottorin hyötysuhdeluokitus. Tämän lisäksi on käytettävää prosessia tarkasteltava laajemmin, jotta voidaan arvioida, onko prosessin tai olosuhteiden muuttaminen tarpeen jollakin muulla tavalla.

4.1 Käytön varustaminen taajuusmuuttajalla

Kun käytettävä prosessi toimii laajalla säätöalueella, tulee usein kyseeseen moottorin pyörimisnopeuden säätäminen taajuusmuuttajalla suorakäyttömoottorille tyypillisen kuristussäädön sijaan. Taajuusmuuttajien hintojen lasku viimeisten vuosikymmenten aikana on johtanut siihen, että investointien yhteydessä lähes aina säädettävät prosessit varustetaan taajuusmuuttajakäytöllä. Yhä useammin investoinnin tarve lähteekin energiatehokkuuden parantamisesta, jolloin käytön muuttaminen taajuusmuuttajalle voi olla itse investoinnin peruste.

Pumppu- ja tuuletinsovelluksissa taajuusmuuttajat voivat pienentää energiankulutusta jopa 60 prosenttia. Kun pumpun tai puhaltimen nopeus puolitetaan, kuluu energiaa noin kahdeksasosa täydellä nopeudella pyörivään laitteeseen verrattuna. Taajuusmuuttajakäytön eduksi on luettava myös se, että taajuusmuuttajakäytöllä voidaan saavuttaa helposti 5–20 prosentin nopeuslisäys sähkömoottorin nimellispyörimisnopeuteen verrattuna ilman uusia investointeja. Tämä laajentaa entisestään käyttöaluetta myös mitoitusvaiheessa huippuarvoihin varauduttaessa. (7.)

4.2 Jaksottainen käyttö tai prosessilaitteen kahdentaminen

Jos prosessissa on suuret erot vaadittavan huipputehon tarpeessa verrattuna normaalitilan tarpeeseen, on tyypillinen tapa hoitaa huippukuormitus eri laitteella, ja normaalitilanteen matala kuormitus energiatehokkaalla pienemmällä laitteella. Tähän soveltuu myös kaksi- tai moninopeuksinen käyttö, jossa moottorikäämityksen napaisuutta

muuttamalla aikaansaadaan kaksi tai joissakin tapauksissa useampia synkronisia pyörimisnopeuksia. Taajuusmuuttajatekniikan kehityttyä nykytasolleen tämä ei yleensä ole kannattava vaihtoehto.

4.3 Moottorin tarkempi mitoitus

Jos käyttö toimii jatkuvasti selvässä yli- tai alikuormitustilassa, eikä tiedossa ole tulevaa prosessimuutosta joka korjaa käytön oikealle alueelle, on käytön uudelleen mitoitus usein kannattava toimenpide. Korjatun mitoituksen lisäksi lisäsäästöä on saavutettavissa uusien korkean hyötysuhteen moottoreiden kautta. Tällaisessa tilanteessa saattaa muuttua myös moottorin runkokoko, mikä aiheuttaa lisätöitä ja kustannuksia uuden moottoriperustuksen sekä mahdollisesti myös vaihdelaatikon ja käytettävän laitteen uusinnan muodossa. Myös varalaitteiden valikoima on huomioitava jos lähdetään hyvin tarkasti optimoimaan jokaista käyttöä.

4.4 Pumpun tai juoksupyörän uudelleenmitoitus

Joissakin tapauksessa voidaan energiatehokkuutta parantaa muuttamalla käytettävää laitetta siten, että sen toimintapiste muuttuu energiatehokkaammalle alueelle. Jos esimerkiksi pumppu on kohteeseen liian suuri, käy sähkökäyttö yleensä huonolla hyötysuhdealueella, mikä aiheuttaa turhaa energian kulutusta. Tyypillinen muutos on pumpun juoksupyörän uudelleen mitoitus tai joissakin tapauksessa pumpun tai puhaltimen uusinta. Tärkeää olisi välttää tehon hukkaamista pumppaamalla kuristettua venttiiliä vasten tai kierrättämällä prosessia pelkästään ylimitoituksen vuoksi.

Ali- ja ylimitoitustilanteissa tulee myös tarkastella käytössä olevaa putkistoa. Alimitoitettu putkisto aiheuttaa käytön energiatehokkuuden heikkenemistä suuren putkistohäviön muodossa.

5 TIEDON KÄSITTELY JA ANALYSOINTI

5.1 Sähkökäytön virtakuorman mittaus ja tehon laskenta

Moottorin ottaman tehon määrittäminen voidaan tehdä moottorin virtakuorman mittauksen perusteella. Automaatiojärjestelmän keräämän tai yksittäisiin mittauksiin perustuvan virtakuormituksen arvoa verrataan moottorin nimellisvirtaan, josta voidaan las-

kea moottorin ottama akseliteho. Moottorin hyötysuhde eri toimintapisteissä vaihtelee jonkin verran, mutta tämä hyötysuhteen vaihtelu ilmenee riittävällä tarkkuudella moottorivalmistajan ilmoittamista osakuorma-arvoista. Oikosulkumoottorin hyötysuhde ei merkittävästi alene nimellispisteestään kun pysytään yli 50 % virtakuormituksessa. Automaatiojärjestelmän tallentama virtatieto ilmoitetaan prosentteina nimellisvirrasta.

Moottorin tietyssä virtakuormassa ottama teho saadaan kaavasta:

$$P = U * I * \sqrt{3} * \cos\varphi$$

jossa:

P = teho (yksikkö = watti, W)

U = jännite (yksikkö = voltti, V)

I = virta A (yksikkö = ampeeri, A)

cosφ = moottorin tehokerroin nimellisvirralla, moottorivalmistajan ilmoittama

Tässä työssä tarkasteltavien moottoreiden nimellistehot saatiin SAP-järjestelmän moottoritiedoista. Käytettävä jännite tutkittavissa moottoreissa on 660 V tai 690 V. Moottorin kilpitiedoista saatiin yksityiskohtaiset cosφ -arvot sekä nimellisvirrat. Milloin kilpitietoja ei ollut saatavissa, käytettiin yleispätevää moottorikäyttöjen kojevalintataulukkoa, josta voidaan lukea moottorin nimellisvirta jännitteen sekä kierrosnopeuden mukaan. Näiden perusteella voidaan estimoida moottorin akseliteho kyseisessä toimintapisteessä.

5.2 ABB Pump Save -ohjelma

ABB:n internet-sivulta on saatavissa helppokäyttöinen työkalu pumppukäyttöjen energiatehokkuuden nykytilan vertaamiseksi taajuusmuuttajakäyttöön. Lähtötiedoiksi tarvitaan pumpun ja moottorin teknisten ominaisuuksien lisäksi pumpun prosessista toteutuneet virtaustiedot, eli kuinka suuren osan käyntiajasta pumppausprosessi käy eri toimintapisteissään. Näiden tietojen sekä vuosittaisen käyntiajan perusteella laske-

taan vuosittainen energian kulutus nykytilassa sekä taajuusmuuttajan lisäämien jälkeen. (8.)

Sähköenergian hinta, CO2-päästöjen hinta sekä investoinnin hinta sekä takaisinmaksulle vaadittava korkokanta syötetään myös taulukkoon, jonka jälkeen voidaan tarkastella vuosisäästöä euroissa sekä investoinnin takaisinmaksuaikaa.

Ohjelman tekijä korostaa, että tämä Excel-pohjainen taulukkotyökalu antaa vain suuntaa antavia tuloksia. Investoinnin tarkkoihin kannattavuuslaskelmiin täytyy käyttää muita menetelmiä.

5.3 ABB Fan Save -ohjelma

Edellistä työkalua vastaava ABB:n taulukko-ohjelma jolla oli tarkoitus tutkia puhallinkäyttöjen energiatehokkuutta. Tutkittavien puhaltimien prosesseista ei ollut käytettävissä ohjelman tarvitsemia ilmamäärien mittauksia, joten tämä menetelmä jäi tällä kertaa käyttämättä.

5.4 Prosessien tarkastelu energiatehokkuuden näkökulmasta

Seuraavaksi tutkittiin luettelon moottoreiden käyttämät prosessit. Kartonkitehtaan prosesseilla on erilainen vaikutus lopputuotteen laatuun tai koneen ja tuotteen ajettavuuteen. On pidettävä mielessä että laitteiden energiatehokkuuden parantaminen ei saa aiheuttaa prosessin ajettavuudelle tai tuotteen laadulle haittoja. Myös odotettavissa olevat lisäkapasiteetin tarpeisiin on varauduttava prosesseja tarkasteltaessa. Seuraavassa jaotellaan sähkömoottorikäytöt erilaisiin prosesseihin. Kussakin kohdassa arvioidaan prosessin nykyistä ajotapaa sekä sen vaikutusta prosessin häiriöttömään toimintaan tai lopputuotteen laatuun. Ajotavan muuttamisen mahdollisuus sekä sen vaikutus energiatehokkuuteen otetaan tässä vaiheessa tarkasteluun.

5.4.1 Jauhimet ja kuiduttimet

Paperi- ja kartonkimassojen jauhatukseen käytetään merkittävä osa konelinjan sähköenergiasta. Kuidut muokataan toivottujen paperiominaisuuksien mukaiseksi nimenomaan jauhatusenergian avulla. Jauhimeen syötetty massa ajetaan pyörivien jauhinterien raosta, jolloin kuidun ominaisuuksia pyritään muokkaamaan joustavaksi ja sitou-

tumiskykyiseksi, yleensä kuitenkaan katkaisematta kuitua. Jauhatuksen tehoa säädetään jauhinterien välistä rakoa (= teräkuormitusta) muuttamalla

Jauhatuksen prosessisäätöä voidaan ajaa usealla tavalla. Yksinkertaisin tapa on ajaa jauhinta tehosäädöllä eli vakiokuormalla. Tällöin terien kuormitusmoottorit pyrkivät pitämään jauhimen ottaman tehon vakiona riippumatta virtaavan massan määrästä.

Tyypillinen ajotapa on EOK-säätö (energian ominaiskulutus, KWh/t). Tämä ajotapa on suhdesäätö, jossa jauhatuksen energia suhteessa läpivirtaavan massan määrään pidetään aseteltuna vakiona. Säädön tarkkuuteen vaikuttaa voimakkaasti virtaus- ja sakeusmittauksien tarkkuus sekä niiden tasaisuus.

Kehittynyt tapa säätää jauhatusta on ns. SR-säätö. Jauhetusta massasta mitataan SR-arvo (Shopper Riegler) on line -mittauksena. Arvo kuvaa massan sisältävän veden suotautumisvastusta tietyllä aikajaksolla. Mitä pidemmälle jauhettu massa on kyseessä, sen korkeampi on SR-luku. Tällä säätötavalla lähestytään jauhetun massan käyttäytymistä kartonkikoneella, sekä jauhatusasteen vaikutusta kartongin laatuun. Jatkuvatoimisten mittalaitteiden suuri kalibrointi- ja huoltotarve on aiheuttanut vaihtelua ja epävarmuutta säädön toiminnassa, ja säätötavasta on kartonkikone 2:lla luovuttu jo vuosia aiemmin.

Tällä hetkellä vallitseva tapa jauhatuksen ajamiseen on jauhatus vakioteholla. Ongelmana vakioteholla ajamisessa on jauhatuksen pitäminen tasaisena reseptien ja tuotannon muuttuessa. Tällä ajotavalla aiheutetaan jauhatusasteen voimakasta vaihtelua ajotilanteiden mukaan. Saman ajotilanteen toistettavuus kärsii myös, kun käytetään vakiotehosäätöä. Alijauhatus näkyy yleensä kartongin laatuarvoissa esimerkiksi heikentyneenä Z-suuntaisena lujuutena, jolloin jauhatustasoa korjataan ylöspäin. Jos massaa taas jauhetaan liikaa, menetetään ylijauhatuksen energian lisäksi myös mahdollisesti kartongin vedenpoistoon sekä kuivatukseen ylimääräistä energiaa massan lisääntyneen vedenpidätyskyvyn myötä. Samalla heikennetään myös kartongin paksuutta ja jäykkyysominaisuuksia. Pidemmälle jauhetuilla kuiduilla saavutetaan tiiviimpi rakenne, ja tämä johtaa ongelmiin tuotteen laatuarvojen saavuttamiseksi. Tehosäätöä käytettäessä on suuri vaara ajautua tilanteeseen jossa jatkuvasti jauhetaan vähän liikaa.

Jauhimelle on määritetty tyhjäkäyntikuorma eli energia, joka kuluu jauhinkäytön pyöritykseen ilman terien kuormittamista. KA-2 -jauhimien pyörittämiseen tarvitaan tyh-

jäkäyntienergiaa 40 kW jauhinta kohden. Tämä on EOK-laskennan nollataso, jolla ei aikaansaada prosessille mitään lisäarvoa. Nykyaikaisella jauhintekniikalla tätä osuutta on pyritty pienentämään hukkaenergian minimoimiseksi. Vuositasolla KA-2 kunkin jauhimen tyhjäkäyntienergia on noin 300 MWh. KA-2 jauhimien kytkentämahdollisuuksia on useita. Jauhimia on yhteensä 8 kpl. Lisäksi hylky sekä CTMP-massa kuidutetaan ennen jauhatusta.

Jauhimilta ja kuiduttimilta kerättiin 10 minuutin keskiarvomittauksia aikavälillä 20.7.2010–13.9.2010 yhteensä 1 324 tunnin ajalta. Tämä tarkoittaa hieman yli 55 vuorokauden mittausaikaa. Laitteiden käyntiaste on laskettu vähentämällä kuormitusten 0-mittaukset täydestä käyntiajasta. Keskiarvokuorma on käyntiajan kuormitusmittausten keskiarvo. Laitteiden mittausajan kytkennät sekä käyntitiedot on esitetty taulukossa 2:

Taulukko 2. Jauhimet ja kuiduttimet

Laite	Moottorin teho	Kytkentä	Käyntiaste	Keskiarvo kuormitus	Energian kulutusarvio
Jauhin 1 KP-538-111	500 kW	Koivu 1+3	91,5 %	52,3 %	2200 MWh/a
Jauhin 2 KP-538-112	500 kW	Koivu 1+3	91,5 %	54,2 %	2300 MWh/a
Jauhin 3 KP-538-113	500 kW	Koivu 2	91,0 %	51,1 %	2200 MWh/a
Jauhin 4 KP-538-114	500 kW	Hylky	91,4 %	57,9 %	1800 MWh/a
Jauhin 5 KP-538-115	500 kW	Mänty 1+3	91,4 %	57,7 %	2500 MWh/a
Jauhin 6 KP-538-116	500 kW	Mänty 1+3	91,4 %	56,7 %	2400 MWh/a
Jauhin 7 KP-538-117	500 kW	(Mänty 2) ei käytössä	0 %	0 %	0 MWh/a
Jauhin 8 KP-538-118	500 kW	SYTM	40,4 %	49,3 %	900 MWh/a

CTMP-kuidutin KP-538-119	315 kW	CTMP	53,8	40,7 %	700 MWh/a
Hylkykuidutin KP-568-627	315 kW	Hylky	91,4 %	74,9 % (kerta-mittaus)	2000 MWh/a

Kaikkien jauhimien kohdalla nähdään, että keskimääräinen kuormitustaso on alle 60 %. Tämä tarkoittaa sitä, että jauhatuksessa on paljon kapasiteettia hyödynnettäväksi kasvavalle tarpeelle tai toisaalta energian säästömahdollisuuksia ajotapamuutosten myötä. Yhteenlaskettu jauhatuksen ja kuidutuksen vuotuinen energiakulutus on noin 17 000 MWh, joka vastaa 17 % konelinjan sähköenergian käytöstä.

Massojen jauhatustason vaihtelun tutkimiseksi nykyisellä ajotavalla tutkittiin 6 kk:n ajalta (6.4.2010–6.10.2010) tuntikeskiarvotiedot jauhatuksen EOK:n vaihtelusta ja samalta aikaväliltä laboratoriossa Pulp Expertillä määritetyt SR-mittaukset. Näitä verrattiin jauhatuksen SR-ohjearvoihin eri tuotteiden ajo-ohjeissa. Tarkastelu osoittaa, että jauhatuksen tasovaihtelu on huomattavaa. Lisäksi ohjearvot eivät vastaa nykykäytäntöä. Vaihtelu- ja keskiarvotiedot on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Massojen jauhatus.

Massa	SR - vaihtelu	SR - keskiarvo	Jauhatuksen ohje SR	EOK vaihtelu kWh/t	EOK keski-arvo kWh/t
Mänty 1+3	18–33	25	28–32	130–280	191
Koivu 1+3	14–22	19	21–23	30–80	53
Koivu 2	12–25	17	18–22	10–120	35
Hylky	14–23	18	vakio 160 kW	5–26	13
CTMP	17–24	21	27–30	20–120	50

5.4.2 Lajittimet

Massan ja pigmenttiraaka-aineiden epäpuhtauksien poistoon käytetään erilaisia lajittimia. Energian kulutuksen kannalta merkittäviä ovat suuret painesihtirummut, joiden reikien tai rakojen läpi akseptimassa johdetaan ennen rainan muodostamista viiralle. Rummun energiantarpeen muodostaa sihtirummun lähellä pyörivien roottorisiipien sähkömoottorikäyttö.

Vielä suuremman lajittelun energiamäärän tarvitsee moniportainen keskipakovoimaan perustuva pyörrepuhdistuslaitos, jonka läpi laimeaa massaa pumpataan 3- tai 4-portaisessa käsittelyssä. Hyväksyttävä jae, 1-portaan aksepti palautetaan viirakaivolle lyhyeen kiertoon syötettäväksi. Poistettava jae, 3- tai 4-portaan rejekti poistetaan rejektinkäsittelyyn. Kaikki muut jakeet kiertävät lajittelun eri portaissa kunnes päätyvät kierrosta ulos jommastakummasta päästä. Pyörrepuhdistuksessa massa saatetaan pyörivään liikkeeseen pyörrepuhdistinkartioissa, ja keskipakovoiman vaikutuksesta raskaammat epäpuhtaudet ajautuvat ulkokehältä poistettavaan rejektijakeeseen.

Lajittelun sähkökäytöiltä kerättiin 10 minuutin keskiarvomittaustietoa 1 327 tunnin ajalta. Mittausten mukaan lajittelun sähkökäytöt käyvät keskimäärin 55–83 % virtakuormalla, joten kaikki sähkömoottorit ovat kohtalaisen hyvällä hyötysuhdealueellaan. Pyörrepuhdistuslaitoksen optimointi tehdään ensisijaisesti prosessiteknisin perustein. Lajittelua ajetaan lähes täydellä kapasiteetilla, mikä tarkoittaa sitä että pumppuja ei ole mahdollista vaihtaa pienemmäksi eikä pyörimisnopeussäädettäväksi. Pyörrepuhdistuslaitosten säätöventtiilit ovat 80 % auki, jolloin virtausta ei juurikaan kuristeta. Virtausmittauksia ei linjoissa ole. Lajittelua säädetään painemittauksien perusteella. Kaskadikytkettyä moniportaista järjestelmästä ei voi ottaa yksittäistä pumppukäyttöä energiatekniseen tarkasteluun selvittämättä koko prosessia. Optimointi tehdään aina alan asiantuntijan toimesta. Tämän opinnäytetyön yhteydessä ei lajitteluun esitetä energiataloudellisia parannustoimenpiteitä.

Lajittelun arvioitu energiankulutus vuodessa on 9 900 MWh, joka vastaa noin 10 % konelinjan kokonaiskulutuksesta. Taulukossa 4 on esitetty lajittelun kytkennät sekä käyntiasteen ja keskiarvokuormituksen perusteella lasketut energian kulutukset.

Taulukko 4. Lajittelu.

Laite	Moottorin teho	Kytkentä	Käyntiaste	Keskiarvo kuormitus	Energian kulutusarvio
Syöttöpumppu KP-538-201	250 kW	1. kerros PP1-porras	96,7 %	86,1 %	1 900 MWh/a
Konesihti KP-538-213	110 kW	1. kerros konesihti	95,9 %	68,3 %	700 MWh/a
Syöttöpumppu KP-538-221	315 kW	2. kerros PP1-porras	95,4 %	58,7 %	1 650 MWh/a
Konesihti KP-538-233	110 kW	2. kerros konesihti	94,4 %	64,7 %	650 MWh/a
Syöttöpumppu KP-538-236	90 kW	2. kerros PP2-porras	95,4 %	68,4 %	600 MWh/a
Syöttöpumppu KP-538-241	250 kW	3. kerros PP1-porras	96,8 %	77,6 %	1 800 MWh/a
Konesihti KP-538-253	110 kW	3. kerros konesihti	95,9 %	78,6 %	800 MWh/a
Lajitin KP-568-647	90 kW	Hylyn karkealajitin	95,0 %	55,0 %	450 MWh/a
Lajitin KP-568-648	132 kW	Hylyn ensiölajitin	91,5,0 %	76,7 %	850 MWh/a
Lajitin KP-568-649	75 kW	Hylyn toisiolajitin	91,4 %	77,0 %	500 MWh/a

5.4.3 Sekoittimet

Sekoittimia käytetään massa-, vesi- ja kemikaalisäiliöissä, jotta sekoitettava aine pysyisi homogeenisena eikä aiheuttaisi prosessiin häiriöitä. Suurimmat sekoitinkäytöt ovat lähes aina suorakäyttöisiä johtuen prosessin jatkuvasta sekoitustarpeista. Nopeussäätö taajuusmuuttajakäytöllä aiheuttaisi riskin myös moottorin heikomman käynnistysmomentin kautta.

Säiliösekoittajien oma tyyppinsä on pulpperisekoitin, jossa säiliön alaosassa pyörivän roottorin tehtävä on hajottaa kartonkia tai sellua eri prosessivaiheissaan takaisin kiertoon syötettäväksi massaksi. Tällainen prosessi on monissa tapauksissa jaksottaista, ja on tarpeetonta pyörittää suuria sekoittajia täydellä kapasiteetilla koko ajan. Taajuusmuuttajaa ei näissäkään yleensä käytetä, enemmänkin käytössä on ajotapa, jossa on useampia sekoittajia joita ohjataan käyntiin ja seis automaattisesti ajotilanteen mukaan.

Kartonkikone 2:n tutkimukseen valittiin moottorikoon perusteella yhteensä 10 sekoitinkäyttöä, joista 6 on pulpperisekoittajia ja 3 muiden säiliöiden sekoittajia. Säiliösekoittajien tietoja käsiteltäessä käytettiin 10 minuutin keskiarvotietoja 1 326 tunnin ajalta. Pulpperisekoittajat ovat käynnissä ja kuormituksella vain kartonkikoneen katko- ja päänvientitilanteissa, joten energiankulutuksen säästöpotentiaalin löytäminen pienistä käyntiajasta johtuen on lähes mahdotonta. Jaksottaisesta käynnistä johtuen pulpperisekoittajien kuormituslaskelmissa käytettiin yhden minuutin keskiarvotietoja 1 080 tunnin ajalta. Näin saatiin tarkennettua käyntiasteen rajat sekä kuormitushuippujen arvot.

Sekoittimien yhteenlaskettu energiankulutus vuodessa on noin 4 300 MWh/a. Tämä edustaa 4 % konelinjan sähköenergian kulutuksesta. Sekoittimien sähkökäytöt toimivat asianmukaisella tavalla sekä prosessin että energiatalouden näkökannalta. Taulukossa 5 esitetään sekoittimien käyntiasteet ja kuormitukset sekä niiden perusteella arvioitu energiankulutus.

Taulukko 5. Sekoittimet.

Laite	Moottorin teho	Kytkentä	Käyntiaste	Keskiarvo kuormitus	Energian kulutusarvio
Sekoitin KP-568-511B	90 kW	Puristin-pulpperi	3,3 %	53,1 %	15 MWh/a
Sekoitin KP-568-511A	90 kW	Puristin-pulpperi	3,2 %	50,1 %	15 MWh/a
Sekoitin KP-568-514B	315 kW	Kalanteri-pulpperi	7,0 %	52,0 %	110 MWh/a

Sekoitin KP-568-514A	315 kW	Kalanteri-pulpperi	7,0%	50,9 %	110 MWh/a
Sekoitin KP-568-521	55 kW	Päällystämät-tömän hylyn säiliö	99,9 %	56,9 %	300 MWh/a
Sekoitin KP-568-527	75 kW	Säiliö M7	67,9 %	76,1 %	400 MWh/a
Sekoitin KP-538-601B	400 kW	Konepulpperi	50,2 %	63,2 %	1 200 MWh/a
Sekoitin KP-538-601A	400 kW	Konepulpperi	50,3 %	62,1 %	1 150 MWh/a
Sekoitin KP-538-628	55 kW	Hylyn jauha-tussäiliö	99,1 %	65,6 %	350 MWh/a
Sekoitin KP-538-108	110 kW	Säiliö M14	98,0 %	65,6 % (kerta-mittaus)	650 MWh/a

5.4.4 Imupumput

Imupumpuista yleisimmin käytetty tyyppi on NASH-vesirengaspumppu, joissa pyörivän roottorin ja pumpun ulkokehän vesirenkaan avulla muodostetaan alipaine tyhjöjärjestelmään. Alipainepumput ovat suuria kooltaan sekä energiankulutukseltaan. Imupumppujen tiivisteveden tarve on suuri, ja kierrätyksen mahdollisuutta rajoittaa kiertävän veden lämpeneminen sekä tyhjöjärjestelmästä vedenerottajien ohi kiertoon tuleva kuitu ja hienoaine. Veden lämpeneminen kierrossa aiheuttaa tehohäviöitä imupumpulla.

Ecopump Oy on kartoittanut KA-2:n tyhjöjärjestelmä vuonna 2008. Kartoitus oli tarpeen, kun tutkittiin mahdollisuuksia imutelan imupumpun KP-538-613:n pysäyttämistä huoltoa varten. Kyseinen pumppu on toinen KA-2:n suurista 500 kW:n käytöllä varustetuista pumpuista. Vuodon korjauksen ajaksi imutelan tyhjö piti järjestää muiden pumppujen kautta. Kartoituksen esittämät muutostyöt tehtiin vuonna 2009, jolloin KP-538-613 pysäytettiin korjausta varten. Korjauksen jälkeen ei pumppua ole otettu uu-

delleen käyttöön Pysäyttämisen seurauksena tyhjöjärjestelmän energiankulutus pieneni 25 %. Tutkimusraportissa otetaan kantaa myös koko tyhjösysteemin energiatehokkuuteen. Raportin mukaan tyhjöjärjestelmän kokonaishyötysuhde on joiltakin osin edelleen heikko. Tasoimulaatikoiden tyhjöjärjestelmän hyötysuhteeksi on määritetty 27 % (pumppu 538-612), ja formerin tyhjöjärjestelmän hyötysuhteeksi vain9 % (½ pumpusta 538-614). Muilta osin tyhjösysteemin hyötysuhteet ovat olleet 32–45 %.

KA-2:lla on yhteensä 8 imupumppua, joista 7 on kytketty käyttöön. Näiden kokonaisvuosikulutus 11 000 MWh/a vastaa 11 % konelinjan sähköenergian vuosikulutuksesta. Sähkökäyttöjen virtakuormat ovat moottoreiden osalta hyvällä hyötysuhdealueella. Energian säästömahdollisuuksien löytämiseksi tulisi tyhjöjärjestelmän kartoitus toistaa nykytilassaan.

Taulukko 6. Imupumput

Laite	Moottorin teho	Kytkentä	Käynti-aste	Keskiarvo-kuormitus	Energian kulutusarvio
Imupumppu KP-538-612	200 kW	Imulaatikot	96,2 %	63,1 %	1 100 MWh/a
Imupumppu KP-538-613	500 kW	Imutela, ei käytössä	0 %	0 %	0
Imupumppu KP-538-614	315 kW	Formeri + imutelat	96,1 %	71,9 %	2 000 MWh/a
Imupumppu KP-538-615	500 kW	Puristimen imutela	96,6 %	65,5 %	2 850 MWh/a
Imupumppu KP-538-616	200 kW	1-pur. ala-huopalaatikot	96,6 %	86,2 %	1 550 MWh/a
Imupumppu KP-538-617	200 kW	1-pur. ylä-huopalaatikot	96,6 %	74,0 %	1 350 MWh/a
Imupumppu KP-538-618	200 kW	3-pur. huopa-laatikot	96,6 %	77,7 %	1 400 MWh/a
Imupumppu KP-538-619	110 kW	1-puristin pitovyöhyke	96,6 %	76,5 %	750 MWh/a

5.4.5 Puhaltimet

Puhaltimia käytetään kartonkikoneella haihtuneen veden poistamiseen huuvasta kuivatusosan poistopuhaltimilla. Myös huuvan ilmatasapainon säätelyyn tarvitaan tuloilma- ja taskupuhaltimia. Tyhjöpuhaltimilla tuotetaan alipainetta joihinkin viiraosan imukammioihin. Tehdassalin ilmastoinnissa ja lämmityksessä käytetään poisto-, siirto- ja korvausilmapuhaltimia. Lisäksi puhaltimia tarvitaan päällystyksen kuivatuksen ilmakiertosysteemeissä.

Tämän työn rajausten mukaan tutkitaan seuraavat puhallinmoottorikäytöt:

- päällystyksen ilmakuivainten puhaltimet, 6 kpl
- lämmön talteenoton poistopuhaltimet, 3 kpl
- taskutuuletuspuhaltimet, 4 kpl.

Puhaltimien kohdalla ei virtatiedon keräily järjestelmään onnistunut lainkaan. Tarkastelua varten tehtiin puhallinkäytöiltä kertamittaukset virtakuorman määrittämiseksi. Puhaltimet käyvät jatkuvasti samoilla kierroksilla ja vakio ilmamäärällä, joten kertamittaus antaa tilanteesta edustavan kuvan. Kuivatuksen tehonsäätö tehdään ilman lämpötilaa muuttamalla. Lämpötilamittauksista saatiin onnistuneet keräilyt, joten näiden puhaltimien käyntiaste voitiin selvittää kiertoilman lämpötilan perusteella. Puhallinkäyttöjen mittaustulokset esitetään taulukossa 7.

Taulukko 7. Puhaltimet.

Laite	Moottorin teho	Kytkentä	Käynti-aste	Keskiarvo-kuormitus (kertamittaus)	Energian kulutus-arvio
Kiertoilma-puhallin KP-538-477	132 kW	Ilmakuivain 1	21,7 %	81,3 %	210 MWh

Kiertoilma-puhallin KP-538-480	132 kW	Ilmakuivain 2	31,4 %	76,1 %	300 MWh
Kiertoilma-puhallin KP-538-487	110 kW	Ilmakuivain 3A	60,2 %	73,7 %	450 MWh
Kiertoilma-puhallin KP-538-490	110 kW	Ilmakuivain 3B	60,3 %	85,6 %	530 MWh
Kiertoilma-puhallin KP-538-493	110 kW	Ilmakuivain 4A	46,3 %	84,7 %	400 MWh
Kiertoilma-puhallin KP-538-496	110 kW	Ilmakuivain 4B	62,5 %	63,6 %	410 MWh
Taskupuhallin KP-538-461	90 kW	Taskutuuletus 1	90 % (arvio)	44,6 %	330 MWh
Taskupuhallin KP-538-462	90 kW	Taskutuuletus 2	90 % (arvio)	65,2 %	490 MWh
Taskupuhallin KP-538-463	90 kW	Taskutuuletus 3	90 % (arvio)	56,5 %	430 MWh
Taskupuhallin KP-538-464	90 kW	Taskutuuletus 4	90 % (arvio)	51,1 %	390 MWh
Poistopuhallin KP-538-435	75 kW	LTO-torni 1	90 % (arvio)	64,1 %	410 MWh
Poistopuhallin KP-538-436	75 kW	LTO-torni 2	90 % (arvio)	62,8 %	400 MWh
Poistopuhallin KP-538-437	75 kW	LTO-torni 3	90 % (arvio)	55,1 %	350 MWh

Tutkittujen puhallinkäyttöjen sähköenergian vuosikulutus on yhteensä noin 5 100 MWh. Tämä on noin 5 % konelinjan käyttämästä sähköenergiasta. Puhaltimien virta-kuormien mukaan kokonaisuus näyttää siltä, että mitoitukset ovat oikealla alueella, ja

sähkömoottorit käyvät hyvällä hyötysuhteella. Ilmamääriin ja puhaltimien ajotapaan ei tässä opinnäytetyössä oteta kantaa.

5.4.6 Pumput

Massan ja veden pumppausprosesseja on kartonkikonelinjassa useita kymmeniä. Näiden käyttämä kokonaisenergia on merkittävä, mutta yksittäisiä suuria käyttöjä ei ole kovinkaan montaa. Moni suurista pumppukäytöistä on varustettu taajuusmuuttajalla, joten niitä ei tämän työn yhteydessä käsitellä. Tämän työn rajausperusteiden mukaisia yli 50 kW suorakäyttömoottorilla varustettuja massa- ja vesipumppuja löytyi yhteensä 15 kpl.

Pumppujen energiatehokkuutta tarkasteltiin ABB:n Pump Save -työkalun avulla niiltä osin kun pumpattavan aineen virtaustiedoista oli mitattavissa menetelmään soveltuvaa keräilytietoa. Tällaisia pumppukäyttöjä oli yhteensä 4 kpl. Koska menetelmällä lasketaan myös investoinnin kannattavuutta takaisinmaksuajan muodossa, tarvitsee myös investointikustannus määritellä. Kokemuspohjaiset budjettitason arviot kyseisten käyttöjen muuttamiseksi taajuusmuuttajakäyttöisiksi pyydettiin kunnossapitoyhtiö Eforan projektiosastolta. Huomattavaa on, että kun käyttöön asennetaan taajuusmuuttaja, joudutaan usein myös sähkömoottori vaihtamaan. Taajuusmuuttajakäyttöön soveltuvan moottorin edellytetään olevan vahvistetulla käämityksellä varustettu. Taulukossa 8 on eritelty kunkin käytön investointikustannusarviot eriteltynä moottorin, taajuusmuuttajan, kaapeloinnin, suunnittelun sekä muiden kustannusten osalta. Energiansäästön laskentatyökalun tulokset esitetään taulukossa 9.

Taulukko 8. Taajuusmuuttajakäytön investointikustannukset.

Laite	Moottori	Taajuusmuuttaja	Kaapelointi	Suunnittelu, automaatio yms.	Kustannusvaraus 10 %	Kustannus yhteensä
KP-538-102 75 kW	4,2 k€	10,5 k€	3,0 k€	2,7 k€	2,0 k€	22,4 k€
KP-538-137 132 kW	7,1 k€	16,5 k€	4,0 k€	2,7 k€	3,0 k€	33,3 k€

KP-538-590 75 kW	4,2 k€	10,5 k€	3,0 k€	2,7 k€	2,0 k€	22,4 k€
KP-568-624 55 kW	3,6 k€	9,4 k€	2,5 k€	2,7 k€	1,8 k€	20,0 k€

Taulukko 9. Massa- ja vesipumput / Pump Save

Laite	Moottorin teho	Käynti-aste	Energian-kulutus	Taajuus-muuttajakäytön energiakulutus & säästö	Investointi-kustannus / koroton takaisinmaksuaika
KP-538-102 koivu pump-paussäiliöstä	75 kW	86,9 %	274 MWh/a	96 MWh/a säästö 69 % 178 MWh/a	22 400 eur takaisinmaksuaika 1,8 a
KP-538-137 CTMP M25 säiliöstä	132 kW	36,5 %	104 MWh/a	33 MWh/a säästö 68 % 71 MWh/a	33 300 eur takaisinmaksuaika 6,8 a
KP-538-590 LTO-kierrätys-pumppu	75 kW	98,7 %	223 MWh/a	229 MWh/a ei säästöä	22 400 eur ei takaisinmaksua
KP-568-624 hylky suhteu-tussäiliöstä	55 kW	91,0 %	266 MWh/a	212 MWh/a säästö 20,6 % 55 MWh/a	20 000 eur takaisinmaksuaika 5,3 a

Kuten taulukosta ilmenee, ei tällä menetelmällä tutkituilla pumpuilta löytynyt riittävästi säästöpotentiaalia taajuusmuuttajan hankkimiseksi. Paras koroton takaisinmaksuaika oli käytöllä KP-538-102, 1,8 vuotta. Koska suurteollisuuden energian hinta on jonkin verran laskelmissa käytettyä alhaisempi, kasvaa takaisinmaksuaika pidemmäksi. Toinen huomioitava seikka on se, että laskennassa on käytetty takaisinmaksuajan korkokantaa 0 %, joka ei tietenkään riitä. Investoitavalle pääomalle vaaditaan todellisuudessa myös korkoa.

Käytöllä KP-538-102 on vielä riittävän hyvä hyötysuhde säästöpotentiaaliin nähden. Hyvä suhteellinen energian säästö (69 %) ei riitä näin pienellä käyttöasteella kuolettamaan korkeita kiinteitä kustannuksia.

Käytön KP-538-137 suhteellinen energiansäästö on myös hyvä, mutta tämän investoinnin kannattavuus kaatuu liian pieneen vuotuiseen käyntiaikaan käyttöasteen ollessa vain 36,5 %. Pieni käyntiaste johtuu siitä, että CTMP-massaa käytetään vain osassa kartonkikoneen tuotteista.

Käytöt KP-538-590 sekä KP-568-624 käyvät nykyisillään koko ajan hyvällä hyötysuhdealueellaan tasaisella virtauksella. Tästä johtuen ei näillekään löydy järkevää takaisinmaksuaikaa.

Kuten aiemminkin on todettu, on taajuusmuuttajakäyttö parhaimmillaan silloin, kun pumppu käy huomattavan suuren osan ajasta hyvin alhaisessa toimintapisteessä, mutta reserviä tarvitaan huipputilanteita varten. Oikosulkumoottori käy yleensä hyvällä hyötysuhteella jo 50 % kuormasta lähtien.

Pumppukäyttöjen moottoreilta saatiin virtatiedot onnistuneesti tallennettua 8 sähkökäytön osalta. Pulppereiden pumppauksien jaksottaisen luonteen vuoksi kyseisten 4 pumppukäytön virtakuormat tutkittiin 1 minuutin keskiarvoilla, jotta tiedot olisivat tarkempia. Tiedot kerättiin 1 080 – 1 092 tunnin ajalta. 3 suuremmalla käyntiasteella toimivaa käyttöä tutkittiin normaalisti 10 minuutin keskiarvoilla 1 336 tunnin ajalta.

7 käytön kohdalla jouduttiin laskelmat tekemään kertamittauksiin perustuen, ja 2 pienehköä käyttöä ei mittauksen aikana ollut käynnissä. Näiden kahden käytön virtakuormat jäivät kokonaan mittaamatta. Taulukossa 10 esitetään näiden massa- ja vesipumppujen käyttöjen yhteenveto.

Taulukko 10. Massa- ja vesipumput / virtatiedot.

Laite	Moottorin teho	Kytkentä	Käyntiaste	Keskiarvo kuormitus	Energian kulutus arvio
Pumppu KP-538-271	160 kW	Kiertovesisäiliö	99,5 %	37,6 %	550 MWh/a

Pumppu KP-538-585	110 kW	Suotimen suihkuvesi	96,0 %	89,1 %	870 MWh/a
Pumppu KP-568-503	400 kW	Nokkakyypin massa-pumppu 1	5,7 %	53,8 %	110 MWh/a
Pumppu KP-568-504	110 kW	Nokkakyypin massa-pumppu 2	95,0 %	68,6 %	630 MWh/a
Pumppu KP-568-512	75 kW	Puristinpulpperin pumppu	3,6 %	60,1 %	20 MWh/a
Pumppu KP-568-515	132 kW	Kalanteripulpperin pumppu 1	6,2 %	34,2 %	30 MWh/a
Pumppu KP-568-602	315 kW	Konepulpperin pumppu	49,0 %	43,5 %	650 MWh/a
Pumppu KP-568-522	90 kW	Päällystämättömän hylyn säiliön pumppu	94,4 %	62,8 %	500 MWh/a
Pumppu KP-538-272	160 kW	Kiertovesisäiilön pumppu 2	90,0 %	53,7 % (kertamittaus)	730 MWh/a
Pumppu KP-538-274	75 kW	Kiertovesisäiilön pumppu 3	90,0 %	54,9 % (kertamittaus)	370 MWh/a
Pumppu KP-538-581	75 kW	Telojen suihkuvesipumppu	90,0 %	84,6 % (kertamittaus)	540 MWh/a
Pumppu KP-568-535	132 kW	Hylkysaostimen suodossäiliön pumppu	38,0 %	84,4 % (kertamittaus)	390 MWh/a
Pumppu KP-568-537	132 kW	Hylkysaostimen suodossäiliön pumppu	51,3 %	84,4 % (kertamittaus)	530 MWh/a
Pumppu KP-568-801	132 kW	Samean suodoksen pumppu	90,0 %	88,1 % (kertamittaus)	930 MWh/a
Pumppu KP-568-811	200 kW	Kirkkaan suodoksen pumppu 2	90,0 %	78,4 % (kertamittaus)	1330 MWh/a
Pumppu KP-568-814	55 kW	Kiertoveden varastosäiliön pumppu	36,5 %	xx,x % (ei käynnissä)	130 MWh/a
Pumppu KP-568-529	75 kW	Hylyn palautus-pumppu M7-M23	3,0 %	xx,x % (ei käynnissä)	20 MWh/a

Edellä esitettyjen, eri tavalla arvioitujen massa- ja vesipumppujen yhteenlaskettu energiankulutus on noin 9 200 MWh/a, joka vastaa noin 9 % KA-2 sähköenergian vuosikulutuksesta.

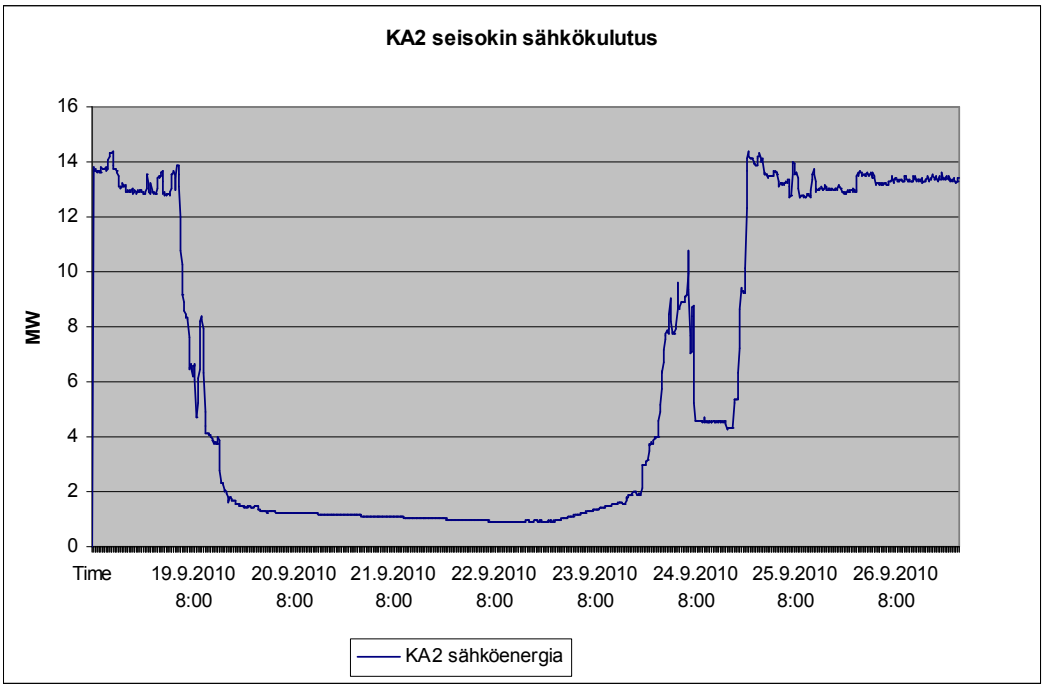
Pulpperipumppujen osalta energiatehokkuuteen ei ole tarvetta puuttua pienten käyntiasteiden puolesta. Samoin on useimpien pienehköjen vesipumppujen kohdalla. Energiatehokkuuden parantamisen kannalta parhaat kehittämismahdollisuudet löytyvät kirkkaan suodoksen pumppausprosessista.

Kirkkaan suodoksen pumppauksen epätaloudellisuus ei ilmene suoraan virtamittauksista, eikä vielä virtauksen säädöistäkään prosessijärjestelmästä katsottuna. Virtauksen säätöventtiili toimii hyvällä säätöalueella noin 70 % asennossa, mutta paikan päältä katsottuna on pumppaus voimakkaasti kuristettu käsiventtiilillä. Tarkemmin tutkittaessa koko osaprosessi kärsii heikosta energiataloudesta pumppauksen, lämpöenergian sekä vesikierron osalta. Alimitoitetun kaarisihdin takia ei kirkassuodosta pystytä ottamaan talteen suihkuvedeksi arviolta kuin 40 %. Loput noin 60 % vedestä jää hyödyntämättä, ja se lasketaan jätevesisysteemiin. Tällä ajotavalla menetetään kirkassuodoksen sisältämä lämpöenergia, ja samalla avataan vesikiertoa poistamalla kiertovettä jätevesiin.

5.4.7 Tuotantoprosessista riippumaton pohjakulutus

Integraattiseisokin aikana nähtiin konelinjan sähkön kulutusmittauksesta se määrä sähköenergiaa, joka kuluu ilman, että mikään tuotantoprosessi on käynnissä. Seisokissa oli massaprosessien nollatilan lisäksi myös täydellinen vesikatko.

Seisokin aikaiseen peruskulutukseen kuuluu tuotanto- ja valvomotilojen sekä toimistojen valaistukseen ja ilmastointiin kuluva energia. Seisokin aikainen sähkön kulutus oli noin 1 MW, joka edustaa noin 8 % tuotannon aikaisesta kulutuksesta. Kuvassa 9 on esitetty seisokin sähköenergian kulutus KA-2 osalta.

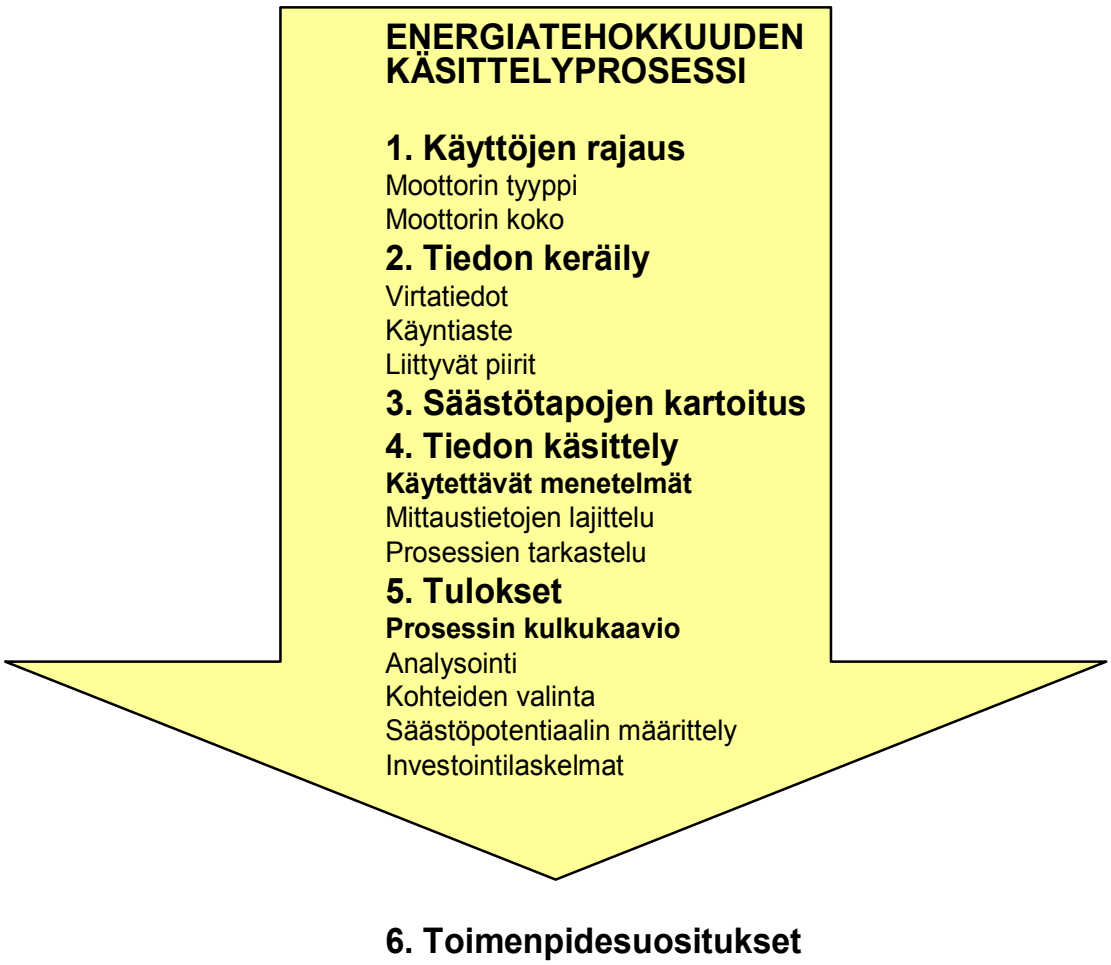


Kuva 5. KA-2 seisokin aikainen sähkönkulutus.

6 TULOKSET

6.1 Prosessin kulkukaavio

Mittaustuloksien lisäksi työn tarkoituksena oli kehittää vaiheistettu prosessi konelinjan sähkökäyttöjen energiatehokkuuden tutkimista helpottavaksi työkaluksi. Käsittelyprosessi on esitetty kuvassa 6. Jokseenkin vastaavalla tavalla etenee tämän opinnäytetyön raporttiosuus.



Kuva 6. Tutkimusprosessin kulku

6.2 Toimenpide-esitykset

Työn tuloksia tarkasteltaessa voidaan löytää kolme eri parannuskohdetta. Näiden kohteiden energiatehokkuutta voidaan kohtuullisilla muutoksilla, jopa ilman investointeja, parantaa tuntuvasti.

6.2.1 Jauhatuksen EOK-säädön käyttöönotto

Jauhatuksen ajaminen suhdesäädöllä tasoittaa prosessivaihteluita sekä sitä kautta tuotteen laatua. Kun tuotereseptien SR-ohjeet päivitetään nykytarvetta vastaavaksi, voidaan aloittaa koeajojakso sopivien EOK-asetusarvojen hakemiseksi. Kuten aiemmin on esitetty, massojen jauhatusaste sallii nykytilassa huomattavan suurta vaihtelua. Onkin järkevää lähteä suoraan keskiarvoja pienemmistä asetuksista. Jos oletetaan, että massojen jauhatusenergiaa voisi pudottaa kautta linjan 10 prosenttia, vastaisi se vuosi-

tasolla yli 1 700 MWh:n energiasäästöä. Tässä työssä käytetyn energiahinnan mukaan se tarkoittaisi lähes 120 000 euron vuosisäästöä.

6.2.2 Jauhinmoottorin pysäytys

Toinen jauhatukseen liittyvä ajotapamuutos on kerrosten 1 ja 3 koivumassan jauhatuksen muuttaminen yhdelle jauhimelle. Nykyisin kyseisessä kohteessa ajetaan aina kahdella jauhimella, joiden keskimääräiset virtakuormat ovat noin 52–54 % tasolla. Nykyinen keskimääräinen jauhatusaste voidaan saavuttaa yhdellä jauhimella, kun huomioidaan jauhimen tyhjäkäyntiteho 8 % nimellistehosta. Yhden jauhimen ajotilanteessa nykyinen taso saavutettaisiin siis suunnilleen jauhinta nimellisteholla ajettaessa. Ennen tämän ajotavan käyttöönottoa on automaatiojärjestelmään asetettua jauhintehon ylärajaa muutettava korkeammaksi (rajoitettu 400 kW tehoon). Kun aiemmin mainittu EOK-säädön käyttöönotto on tehty, alenee myös tämän massajakeen jauhatuksen energiatarve. Tämä antaa säätövaraa yhden jauhimen ajotavalle. Toinen jauhin tässä ajomallissa jää varalla käynnin aikaista huoltoa varten.

6.2.3 Tyhjöjärjestelmän tutkimuksen päivittäminen

Tyhjöjärjestelmän todellinen hyötysuhde ja mahdollisuudet sen kehittämiseen tulee tutkia asiaan perehtyneen yrityksen toimesta soveltuvilla laitteilla. Aiemmin kuvatussa imujärjestelmän muutoksessa saavutettiin erittäin suuria säästöjä melko yksinkertaisilla toimilla. Tämän jälkeenkin jäi hyötysuhteeseen vielä huomattavasti parantamisen varaa. Uusintatutkimus nykytilassa antaa tarkan kuvan järjestelmän kehittämisen säästöpotentiaalista.

6.2.4 Kirkkaan suodoksen pumppauksen muutokset

Pumppukäyttö KP-568-811 on selvästi ylimitoitettu nykyiseen prosessitilanteeseen. Pumpulla on useampi käyttökohde, ja siltä vaaditaan huomattavaa nostokorkeutta sen toimiessa tarvittaessa nollavesisäiliön pinnanvarmistuspumppuna. Virtaus suihkuvesisuodatukseen on kuristettu käsiventtiilillä voimakkaasti, jolloin automaattiventtiili on saatu säätöalueelleen. Kyseiseen kohteeseen suunnitellaan parhaillaan suihkuvesisuodatuksen kapasiteetin lisäystä, jolloin tarjoutuu mahdollisuus koko osaprosessin energiatehokkuuden parantamiselle. Samassa yhteydessä tulisi tutkia myös mahdollisuus sähkökäytön muutokseen taajuusmuuttajakäyttöiseksi. Kun tarkastelu teh-

dään samassa yhteydessä muutosprojektin kanssa, saavutetaan kustannusetuja myös suunnittelu- ja asennustöissä kokonaisuutena.

7 YHTEENVETO

Työn määrittely- ja sopimusvaiheissa oletettiin sähkökäyttöjen hyötysuhteen kehityspotentiaalin muodostuvan suorakäyttöisten sähkömoottoreiden muuttamisesta taajuusmuuttajakäyttöisiksi. Tutkimuksen perusteella tämä työ on kartonkikone 2:lla jo pääosiltaan tehty. Konelinjalta ei löytynyt selvästi yhtään suorakäyttöä jonka muuttaminen taajuusmuuttajakäyttöiseksi antaisi selkeästi hyvän takaisinmaksun investoinnille.

Selviä kehityskohteita löytyi kuitenkin prosessin ajotavasta etenkin jauhatuksen kohdalla. Jauhatuksen säätötavan muuttaminen antaa hyötyä energiasäästön lisäksi myös prosessin ajettavuuteen jauhatusasteen pysyessä tasaisena. Tällä on suora vaikutus vedenpoistoon koko konelinjan matkalla. Lisäksi kartongin laatuarvojen kannalta on tärkeää jauhatuksen pysyminen vakiona.

LÄHTEET

1. Teollisuuden energiankäyttötilasto. 2010. Tilastokeskus. Saatavissa: http://www.tilastokeskus.fi/til/tene/2009/tene_2009_2010-10-27_tie_001_fi.html [viitattu 27.10.2010].

2. Teollisuuden energiatilastot 2009 jälkipuoli. 2010. Eurostat. Saatavissa: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-QA-10-022/EN/KS-QA-10-022-EN.PDF [Viitattu 26.10.2010].

3. Imatran tehtaiden esitysaineisto. 2010. Stora Enso. Saatavissa: http://imatramills/avoin/Esitysaineisto/IMT/Imatran_tehtaat.ppt [Viitattu 26.10.2010].

4. ABB oikosulkumoottorit.2009. ABB. Esite.

5. Sähkötekniikka nyt / taajuusmuuttaja. 2010. LUT Energia. Saatavissa: http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/electrical_engineering/articles/inverter/Sivut/Default.aspx [Viitattu 26.10.2010].

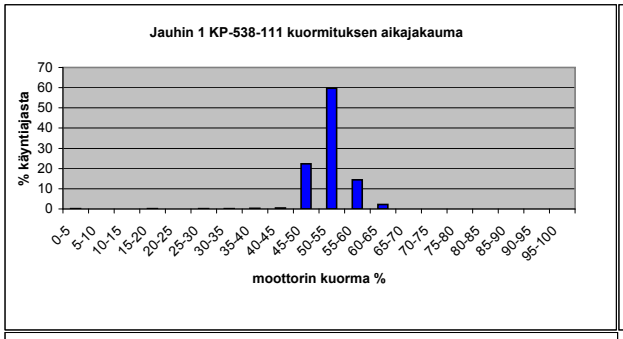
6. IEC 60034-30 hyötysuhdeluokat. 2009. ABB. Saatavissa: http://library.abb.com/global/scot/scot259.nsf/veritydisplay/771ad0dbf69f9a3fc12575b70045fcff/$File/TM025%20FI%20Rev%20A%202009_highres.pdf [Viitattu 26.10.2010].

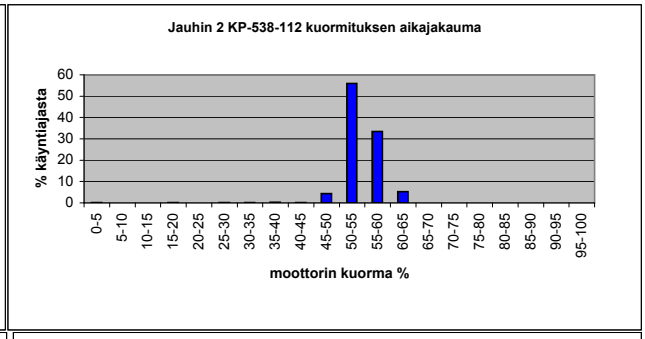
7. Energiatehokkuus. 2009. ABB. Saatavissa: http://www.abb.fi/cawp/db0003db002698/ae3607e564dc19a9c12573d70041f292.aspx [Viitattu 26.10.2010].

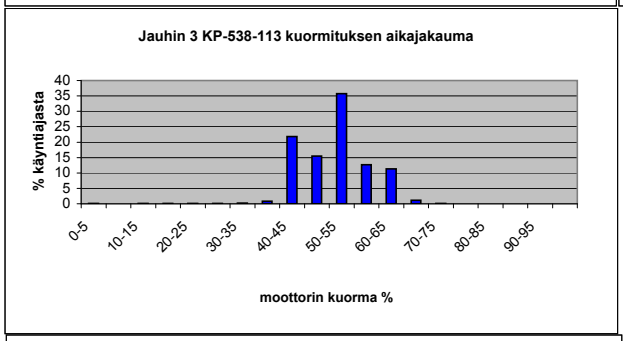
8. Pump Save. 2009. ABB. Saatavissa: http://www.abb.fi/product/ap/seitp322/24b03100d005c31ac1256e040043f4c1.aspx?country=US [Viitattu 26.10.2010].

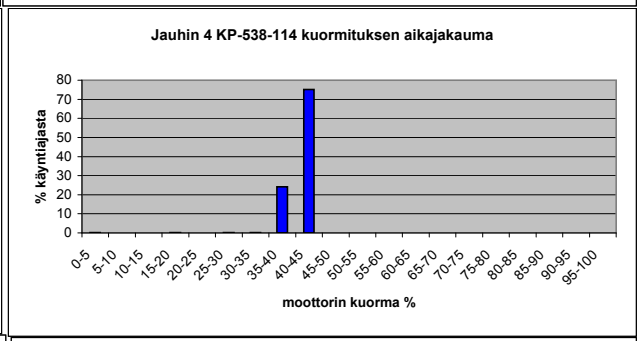
JAUHIMET LIITE 1

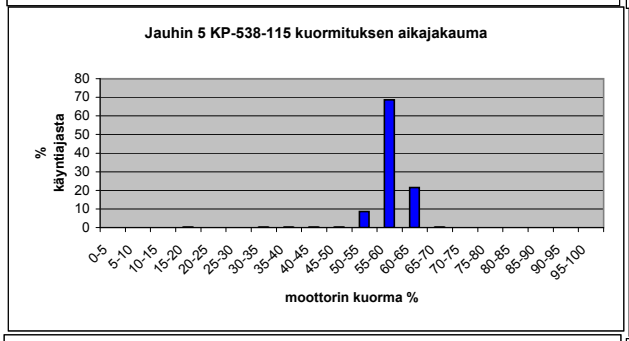
		Jauhin 1 Koivu 1+3 KP-538-111	Jauhin 2 Koivu 1+3 KP-538-112	Jauhin 3 Koivu 2 KP-538-113	Jauhin 4 Hylky KP-538-114	Jauhin 5 Mänty 1+3 KP-538-115	Jauhin 6 Mänty 1+3 KP-538-116	Jauhin 7 (Mänty 2) KP-538-117	Jauhin 8 Syöttömassa KP-538-118	Kuidutin CTMP KP-538-119	Kuidutin Hylky KP-568-627	yhteensä
jännite	V	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	
nimellisteho	kW	500	500	500	500	500	500	500	500	315	315	
nimellisvirta	A	510	510	510	510	510	510	510	510	315	315	
tehokerroin	cosfii	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,87	0,87	
Mittaukset yht	kpl	7947	7947	7947	7947	7947	7947	7947	7947	7947	7947	
kok.aika	h	1324	1324	1324	1324	1324	1324	1324	1324	1324	1324	
0-mittauksia	kpl	678	679	717	684	681	681	7947	4714	4714	684	
seis osuus %	%	8,5	8,5	9,0	8,6	8,6	8,6	100,0	59,3	59,3	8,6	
seis.aika	h	113	113	119	114	113	113	1324	785	785	114	
käyntiaste %	%	91,5	91,5	91,0	91,4	91,4	91,4	0,0	40,7	40,7	91,4	
kuorm. keskiarvo	%	52,3	54,2	51,1	40,9	57,7	56,7	0	49,3	57,8	74,9	
keskiteho	kW	281	291	274	219	309	304	0	264	189	245	
vuosikulutus	**MWh**	**2248**	**2329**	**2184**	**1756**	**2479**	**2436**	**0**	**942**	**675**	**1964**	**17012**

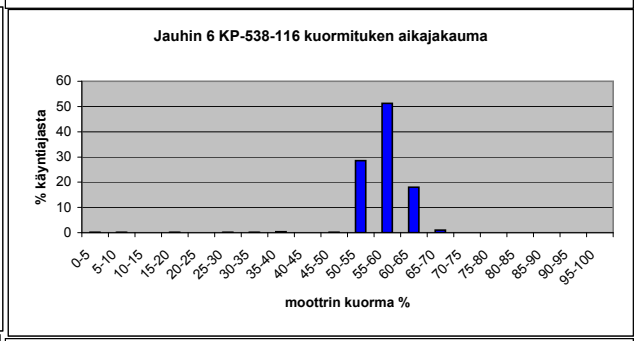


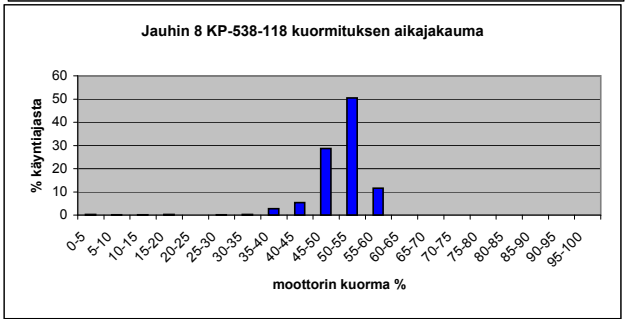


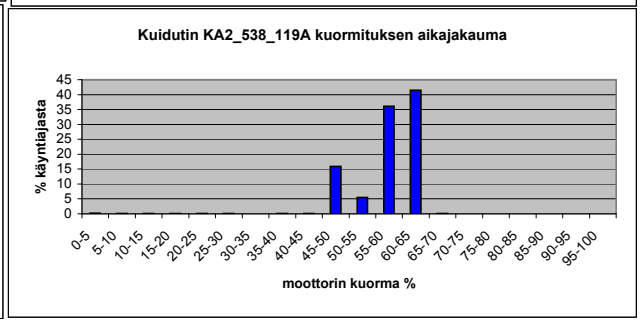






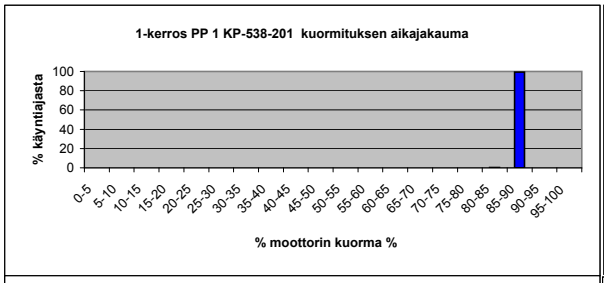


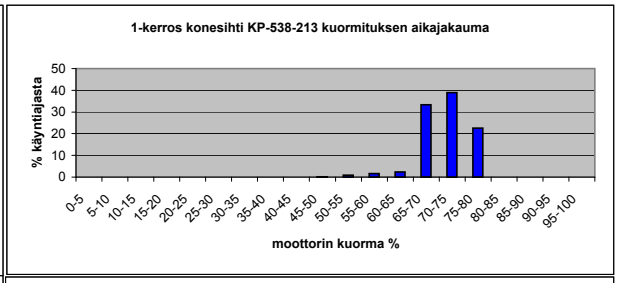


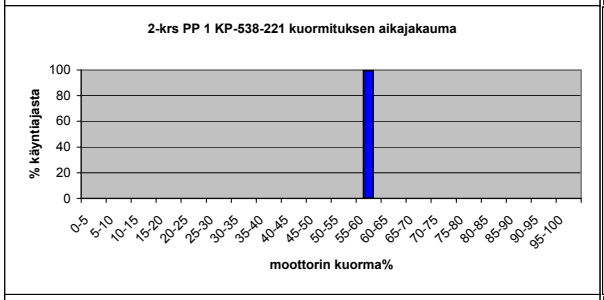


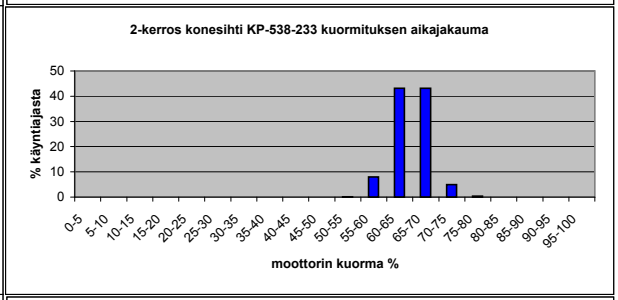
LAJITTELU LIITE 2

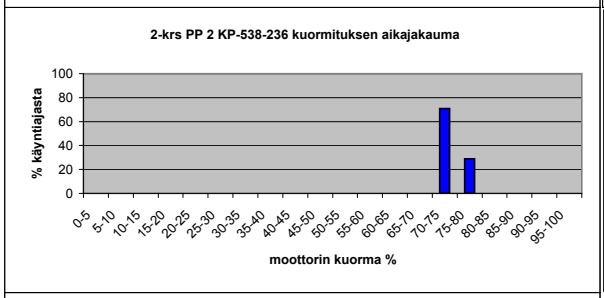
		Pumppu PP 1/1 KP-538-201	Sihti Konesihti 1 KP-538-213	Pumppu PP 2/1 KP-538-221	Sihti Konesihti 2 KP-538-233	Pumppu PP2/2 KP-538-236	Pumppu PP 3/1 KP-538-241	Sihti Konesihti 3 KP-538-253	Lajitin h-karkealaj. KP-568-647	Lajitin h-ensiöjaj KP-568-648	Lajitin h-toisiolaj. KP-568-627	yhteensä yhteensä
jännite	V	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	
nimellisteho	kW	250	110	315	110	90	250	110	90	132	75	
nimellisvirta	A	261	129	316	125	92	272	111	92	139	78	
tehokerroin	cosfii	0,84	0,79	0,89	0,82	0,87	0,84	0,89	0,89	0,83	0,86	
Mittaukset yht	kpl	7959	7959	7959	7959	7959	7959	7959	7959	7959	7959	
kok.aika	h	1327	1327	1327	1327	1327	1327	1327	1327	1327	1327	
0-mittauksia	**kpl**	**250**	**324**	**364**	**443**	**364**	**251**	**327**	**394**	**679**	**683**	
seis osuus %	%	3,1	4,1	4,6	5,6	4,6	3,2	4,1	5,0	8,5	8,6	
seis.aika	h	42	54	61	74	61	42	55	66	113	114	
käyntiaste %	%	96,9	95,9	95,4	94,4	95,4	96,8	95,9	95,0	91,5	91,4	
kuorm. keskiarvo	**%**	**86,1**	**68,3**	**58,7**	**64,7**	**74,4**	**77,6**	**78,6**	**55**	**76,7**	**77**	
keskiteho	kW	226	83	197	79	71	212	93	54	106	62	
vuosikulutus	**MWh**	**1914**	**699**	**1649**	**656**	**595**	**1798**	**780**	**448**	**847**	**494**	**9880**

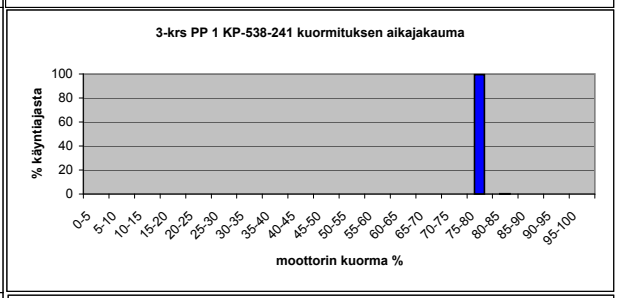


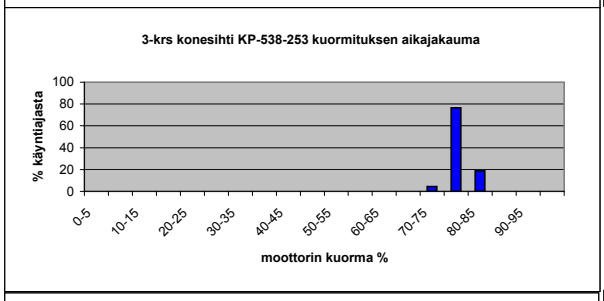


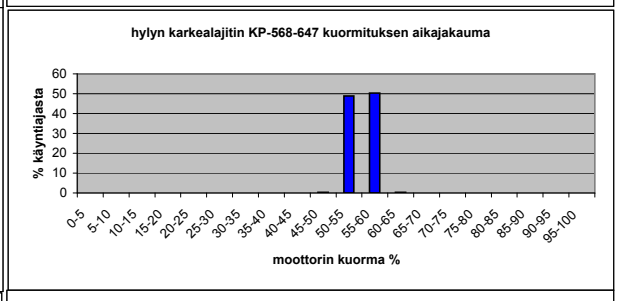


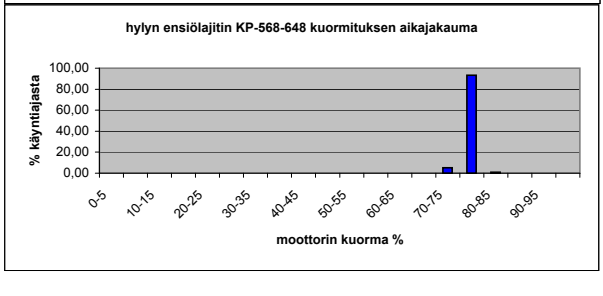


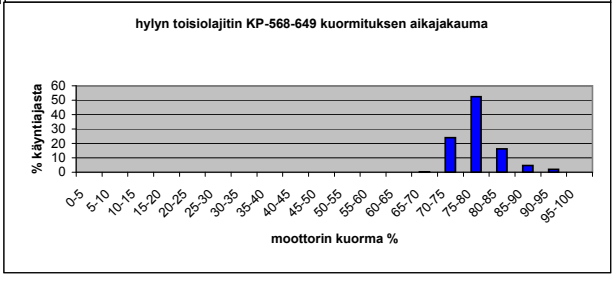






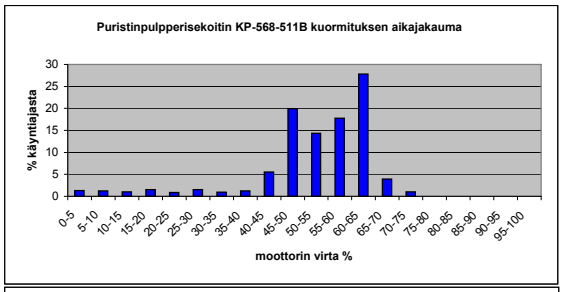


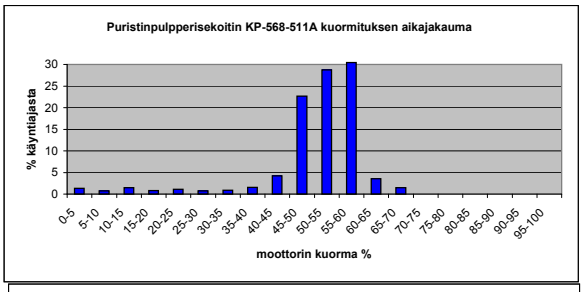


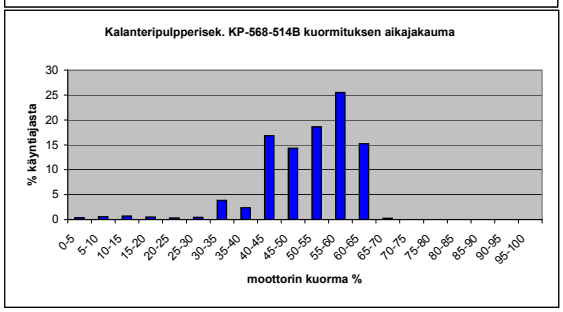


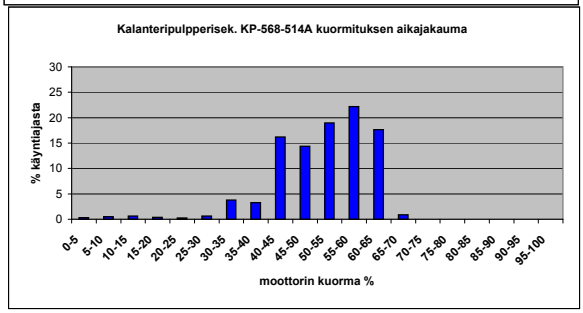
SEKOITTIMET LIITE 3

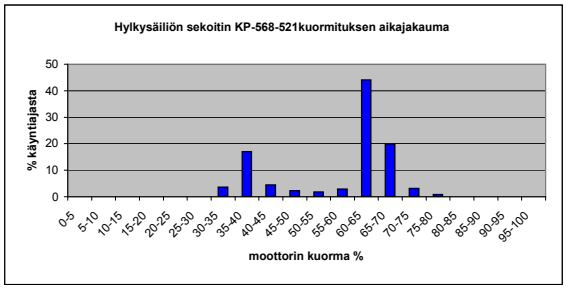
		Sekoitin puristinpulpp KP-538-511B	Sekoitin puristinpulpp KP-538-511A	Sekoitin kalanteripulpp KP-538-514B	Sekoitin kalanteripulpp KP-538-514A	Sekoitin hylkysäiliö KP-568-521	Sekoitin säiliö M7 KP-568-527	Sekoitin konepulpperi KP-568-601B	Sekoitin konepulpperi KP-568-601A	Sekoitin h-jauhatuss. KP-568-628	Sekoitin säiliö M14 KP-538-108	yhteensä
jännite	V	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	
nimellisteho	kW	90	90	315	315	55	75	400	400	55	110	
nimellisvirta	A	92	92	316	316	57	78	397	397	57	111	
tehokerroin	cosfii	0,89	0,89	0,89	0,89	0,88	0,89	0,89	0,89	0,88	0,88	
Mittaukset yht	kpl	64801	64802	64803	64803	7958	7958	64803	64803	7958	1	
kok.aika	h	1080	1080	1080	1080	1326	1326	1080	1080	1326		
0-mittauksia	**kpl**	**62679**	**62743**	**60244**	**60236**	**1**	**2557**	**32256**	**32209**	**69**		
seis osuus %	%	96,7	96,8	93,0	93,0	0,0	32,1	49,8	49,7	0,9	2,0	
seis.aika	h	1045	1046	1004	1004	0	426	538	537	12		
käyntiaste %	%	3,3	3,2	7,0	7,0	100,0	67,9	50,2	50,3	99,1	98,0	
kuorm. keskiarvo	**%**	**53,1**	**50,1**	**52**	**50,9**	**56,9**	**76,1**	**63,2**	**62,1**	**65,6**	**65,6**	
keskiteho	kW	52	49	175	171	34	63	267	262	39	77	
vuosikulutus	**MWh**	**15**	**14**	**108**	**106**	**299**	**375**	**1174**	**1155**	**341**	**657**	**4244**

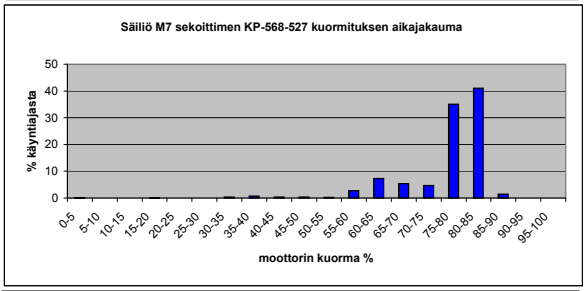


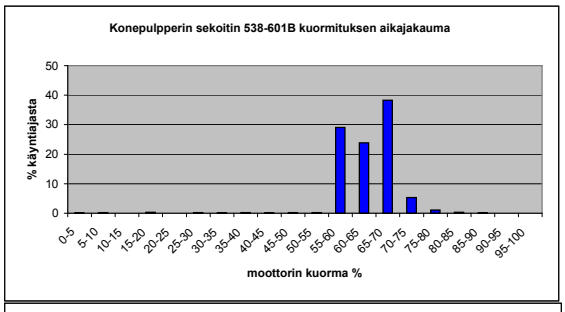


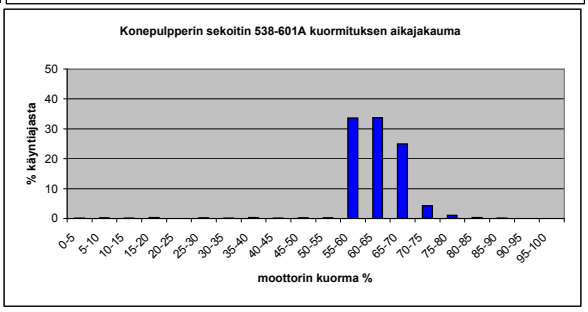


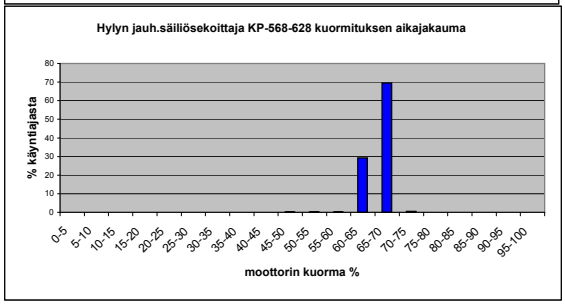






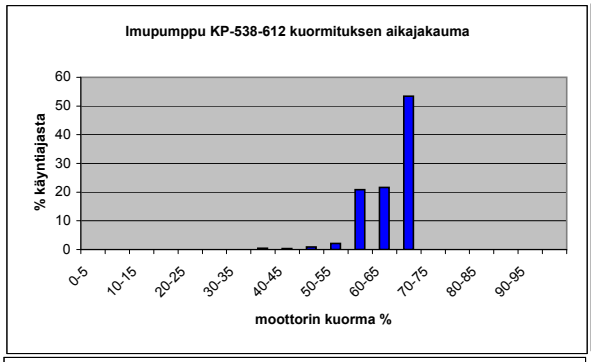


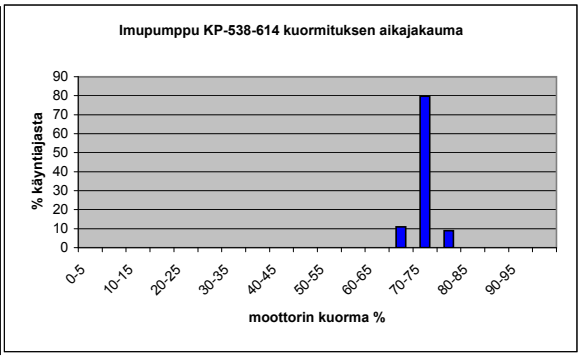


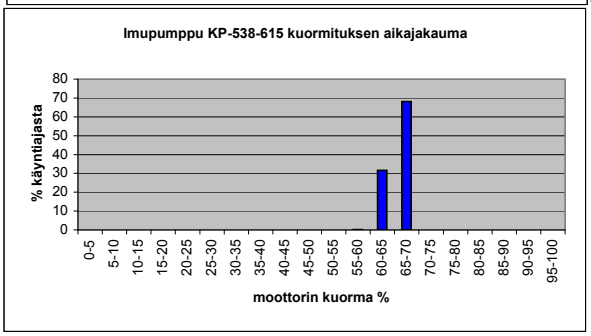


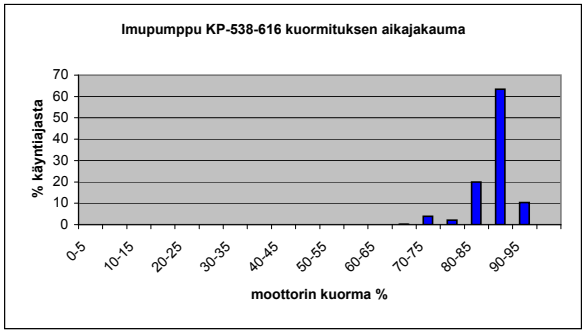
IMUPUMPUT LIITE 4

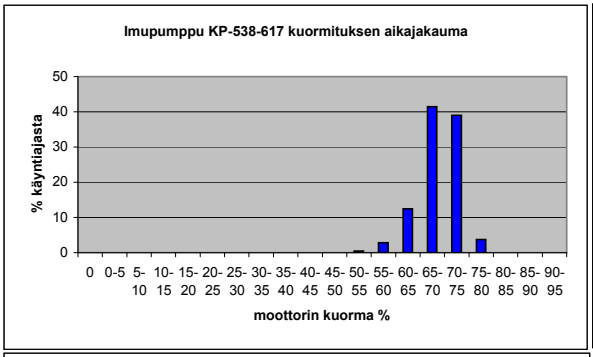
		Imupumppu Imulaatikot KP-538-612	Imupumppu (imutela) KP-538-613	Imupumppu Form+imutelat KP-538-614	Imupumppu Pur. Imutela KP-538-615	Imupumppu 1PRA-huopal. KP-538-616	Imupumppu 1PRY-huopal. KP-538-617	Imupumppu 3PR huopal. KP-538-618	Imupumppu 1-pur.pitov. KP-538-619	yhteensä
jännite	V	660	660	660	660	660	660	660	660	
nimellisteho	kW	200	500	315	500	200	200	200	110	
nimellisvirta	A	208	510	325	510	208	208	208	117	
tehokerroin	cosfii	0,89	0,88	0,88	0,88	0,89	0,89	0,89	0,84	
Mittaukset yht	kpl	8021	8021	8021	8021	8021	8021	8021	8021	
kok.aika	h	1337	1337	1337	1337	1337	1337	1337	1337	
0-mittauksia	**kpl**	**308**	**8021**	**310**	**272**	**272**	**272**	**272**	**272**	
seis osuus %	%	3,8	100,0	3,9	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	
seis.aika	h	51	1337	52	45	45	45	45	45	
käyntiaste %	%	96,2	0,0	96,1	96,6	96,6	96,6	96,6	96,6	
kuorm. keskiarvo	**%**	**63**	**0**	**71,9**	**65,5**	**86,2**	**74**	**77,7**	**76,5**	
keskiteho	kW	133	0	235	336	182	157	164	86	
vuosikulutus	**MWh**	**1123**	**0**	**1980**	**2844**	**1544**	**1325**	**1392**	**727**	**10934**

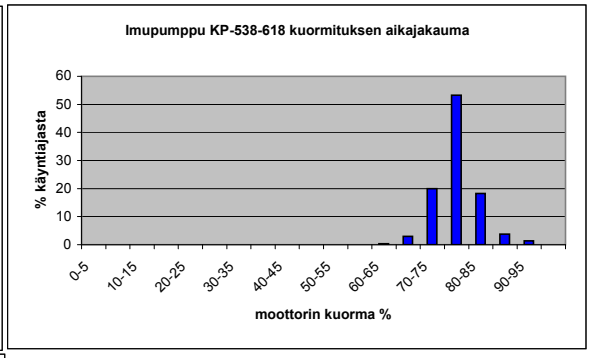


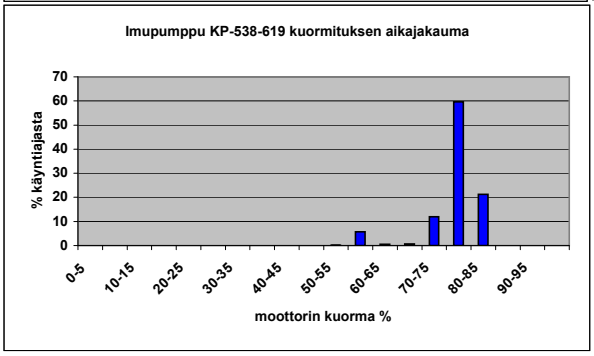












PUHALTIMET LIITE 5

		Puhallin taskutuul. KP-538-461	Puhallin taskutuul. KP-538-462	Puhallin taskutuul. KP-538-463	Puhallin taskutuul. KP-538-464	Puhallin poisto KP-538-435	Puhallin poisto KP-538-436	Puhallin poisto KP-538-437	yhteensä poistot & taskutuul.
jännite	V	690	690	690	690	690	690	690	
nimellisteho	kW	90	90	90	90	75	75	75	
nimellisvirta	A	92	92	92	92	78	78	78	
tehokerroin	cosfii	0,86	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	
Mittaukset yht	kpl								
kok.aika	h								
0-mittauksia	**kpl**								
seis osuus %	%	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
seis.aika	h								
käyntiaste %	%	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	
kuorm. Keskiarvo	**%**	**44,6**	**65,2**	**56,5**	**51,1**	**64,1**	**62,8**	**55,1**	
keskiteho	kW	42	62	54	49	52	51	45	
vuosikulutus	**MWh**	**332**	**492**	**426**	**385**	**410**	**402**	**352**	**2799**

		Puhallin Ilmakuiv. 1 KP-538-477	Puhallin Ilmakuiv. 2 KP-538-480	Puhallin Ilmakuiv. 3A KP-538-487	Puhallin Ilmakuiv. 3B KP-538-490	Puhallin Ilmakuiv. 4A KP-538-493	Puhallin Ilmakuiv. 4B KP-538-496	yhteensä ilmakuivaimet	**YHTEENSÄ KAIKKI PUHALTIMET**
jännite	V	690	660	660	690	690	660		
nimellisteho	kW	132	132	110	110	110	110		
nimellisvirta	A	134	142	118	111	111	118		
tehokerroin	cosfii	0,86	0,87	0,86	0,88	0,88	0,87		
Mittaukset yht	kpl	1320	1320	1320	1320	1320	1320		
kok.aika	h	1320	1320	1320	1320	1320	1320		
0-mittauksia	**kpl**	**1034**	**905**	**526**	**524**	**708**	**495**		
seis osuus %	%	78,3	68,6	39,8	39,7	53,6	37,5		
seis.aika	h	1034	905	526	524	708	495		
käyntiaste %	%	21,7	31,4	60,2	60,3	46,4	62,5		
kuorm. Keskiarvo	**%**	**81,3**	**76,1**	**73,7**	**85,6**	**84,7**	**63,6**		
keskiteho	kW	112	107	85	100	99	75		
vuosikulutus	**MWh**	**213**	**296**	**450**	**528**	**402**	**409**	**2297**	**5096**

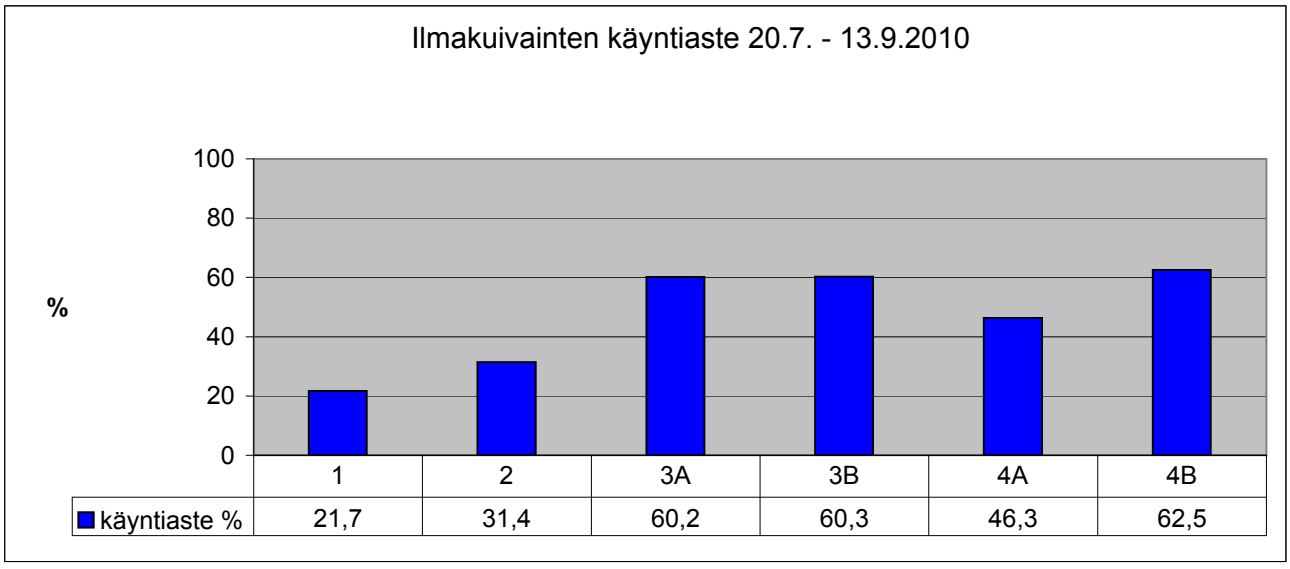


ABB PUMP SAVE ohjelmalla määritetyt		Pumppu koivu pumppausäiliöstä KP-538-102	Pumppu CTMP M25 säiliöstä KP-538-137	Pumppu LTO kierrätyspumppu KP-538-590	Pumppu hylky suhteutussäiliöstä KP-568-504	yhteensä Pump Save
jännite	V	690	690	690	690	
nimellisteho	kW	75	132	75	55	
nimellisvirta	A	77	135	77	57	
tehokerroin	cosfii	0,86	0,87	0,86	0,86	
Mittaukset yht	kpl	8014	8014	8014	8014	
kok.aika	h	1336	1336	1336	1336	
0-mittauksia	**kpl**	**1052**	**5095**	**104**	**726**	
seis osuus %	%	13,1	63,6	1,3	9,1	
seis.aika	h	175	849	17	121	
käyntiaste %	%	86,9	36,4	98,7	90,9	
kuorm. keskiarvo	**%**					
keskiteho	kW					
vuosikulutus	**MWh**	**274**	**132**	**223**	**266**	**895**

KERTAMITTAUS		Pumppu 2 kiertovesis. KP-538-272	Pumppu 3 kiertovesis. KP-538-274	Pumppu telojen sv KP-538-581	Pumppu hylkysaost.suo KP-568-535	Pumppu hylkysaost.suo KP-568-537	Pumppu 1 samea suod. KP-568-801	Pumppu kirkas suod. KP-568-811	Pumppu kiertovesi KP-568-814	Pumppu hylyn palautus KP-568-529	yhteensä kertamitt.
jännite	V	690	690	690	690	690	690	690	690	660	
nimellisteho	kW	160	75	75	132	132	132	200	55	75	
nimellisvirta	A	164	82	78	135	135	135	204	57	81	
tehokerroin	cosfii	0,88	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,88	0,87	0,86	
Mittaukset yht	kpl	1	1	1	3673	3673	1	1	1	0	
kok.aika	h				612	612					
0-mittauksia	**kpl**				**2279**	**1790**					
seis osuus %	%	10,0	10,0	10,0	62,0	48,7	13,6	10,0	63,5	95,0	
seis.aika	h				380	298					
käyntiaste %	%	90,0	90,0	90,0	38,0	51,3	86,4	90,0	36,5	5,0	
kuorm. keskiarvo	**%**	**53,7**	**54,9**	**84,6**	**84,4**	**84,4**	**88,1**	**78,4**	**70,2**		
keskiteho	kW	93	46	68	117	117	122	168	42		
vuosikulutus	**MWh**	**730**	**365**	**535**	**389**	**526**	**925**	**1326**	**133**		**4929**

VIRTAMITTAUS KERÄILY		Pumppu 1 kiertovesis. KP-538-271	Pumppu suotimen sv KP-538-585	Pumppu 1 nokkakyyppi KP-568-503	Pumppu 2 nokkakyyppi KP-568-504	Pumppu puristinpulpp. KP-568-512	Pumppu 1 kalanteripu KP-568-515	Pumppu konepulpperi KP-568-602	Pumppu hylkysäiliö KP-568-522	yhteensä keräilymitt.	**yhteensä massa- ja vesipumput**
jännite	V	690	690	660	660	690	690	690	690		
nimellisteho	kW	160	110	400	110	75	132	315	90		
nimellisvirta	A	163	111	397	118	78	135	316	92		
tehokerroin	cosfii	0,86	0,87	0,89	0,86	0,86	0,87	0,89	0,87		
Mittaukset yht	kpl	8014	8021	65532	8014	65532	65532	64801	8014		
kok.aika	h	1336	1337	1092	1336	1092	1092	1080	1336		
0-mittauksia	**kpl**	**44**	**320**	**61820**	**402**	**63153**	**61455**	**31772**	**452**		
seis osuus %	%	0,5	4,0	94,3	5,0	96,4	93,8	49,0	5,6		
seis.aika	h	7	53	1030	67	1053	1024	530	75		
käyntiaste %	%	99,5	96,0	5,7	95,0	3,6	6,2	51,0	94,4		
kuorm. keskiarvo	**%**	**37,6**	**89,13**	**53,8**	**65,5**	**60,08**	**34,2**	**43,5**	**62,8**		
keskiteho	kW	63	103	217	76	48	48	146	60		
vuosikulutus	**MWh**	**549**	**865**	**108**	**632**	**15**	**26**	**653**	**497**	**3345**	**9169**

Toimintopaikka	aika	virta	Toimintopaikan nimi	teho	konenumero	xd sivu
KP-538-102	13.10.2010	**54**	KA2 KOIVUMASSAN PUMPPAUSSÄILIÖN PUMPPU	75,000 kW	IM_708-932	2.2
KP-538-108	15.10.2010	**67**	KA2 SÄILIÖN M14 SEKOITIN	110,000 kW	IM_600-029	2.2
KP-538-137	ei pyörinyt		KA2 SÄILIÖN M25 MASSAPUMPPU	132,000 kW	IM_703-046	2.3
KP-538-272	13.10.2010	**88**	KA2 KIERTOVESISÄILIÖN PUMPPU 2	160,000 kW	IM_603-369	2.7.1
KP-538-274	13.10.2010	**45**	KA2 KIERTOVESISÄILIÖN PUMPPU 3	75,000 kW	IM_603-425	2.7.1
KP-538-435	15.10.2010	**50**	KA2 LÄMMÖNTALTEENOTTOTORNI 1	75,000 kW	IM_601-457	4.6
KP-538-436	15.10.2010	**49**	KA2 LÄMMÖNTALTEENOTTOTORNI 2	75,000 kW	IM_706-321	4.6
KP-538-437	15.10.2010	**43**	KA2 LÄMMÖNTALTEENOTTOTORNI 3	75,000 kW	IM_700-810	4.6
KP-538-461	13.10.2010	**41**	KA2 TASKUTUULETUSPUHALLIN 1	90,000 kW	IM_607-290	4.6
KP-538-462	13.10.2010	**60**	KA2 TASKUTUULETUSPUHALLIN 2	90,000 kW	IM_602-248	4.6
KP-538-463	13.10.2010	**52**	KA2 TASKUTUULETUSPUHALLIN 3	90,000 kW	IM_706-284	4.6
KP-538-464	13.10.2010	**47**	KA2 TASKUTUULETUSPUHALLIN 4	90,000 kW	IM_602-256	4.7
KP-538-477	13.10.2010	**109**	KA2 ILMAKUIVAIMEN 1 KIERTOILMAPUHALLIN	132,000 kW	IM_708-024	5.8
KP-538-480	13.10.2010	**108**	KA2 ILMAKUIVAIMEN 2 KIERTOILMAPUHALLIN	132,000 kW	IM_602-405	5.8
KP-538-487	13.10.2010	**87**	KA2 ILMAKUIVAIMEN 3A KIERTOILMAPUHALLIN	110,000 kW	IM_706-822	5.9
KP-538-490	13.10.2010	**95**	KA2 ILMAKUIVAIMEN 3B KIERTOILMAPUHALLIN	110,000 kW	IM_606-799	5.9
KP-538-493	13.10.2010	**94**	KA2 ILMAKUIVAIMEN 4A KIERTOILMAPUHALLIN	110,000 kW	IM_602-427	5.10
KP-538-496	13.10.2010	**75**	KA2 ILMAKUIVAIMEN 4B KIERTOILMAPUHALLIN	110,000 kW	IM_602-429	5.10
KP-538-581	13.10.2010	**66**	KA2 TELOJEN SUIHKUVESIPUMPPU	75,000 kW	IM_605-154	3.15
KP-538-590	13.10.2010	**46**	KA2 LÄMMÖNTALTEENOTON KIERRÄTYSPUMPPU	75,000 kW	IM_603-615	3.15
KP-568-535	ei pyörinyt		KA2 HYLKYSAOSTIMEN SUODOSSÄIL. PUMPPU 1	132,000 kW	IM_601-539	2.4.1
KP-568-537	13.10.2010	**114**	KA2 HYLKYSAOSTIMEN SUODOSSÄIL. PUMPPU 3	132,000 kW	IM_606-372	2.4.2
KP-568-624	13.10.2010	**51**	KA2 HYLYN SUHTEUTUSSÄILIÖN PUMPPU	55,000 kW	IM_601-773	2.5
KP-568-627	13.10.2010	**236**	KA2 HYLKYKUIDUTIN	315,000 kW	IM_601-645	2.6
KP-568-801	13.10.2010	**119**	KA2 SAMEAN SUODOKSEN PUMPPU	132,000 kW	IM_605-780	2.7.2
KP-568-811	21.10.2010	**160**	KA2 KIRKKAAN SUODOKSEN PUMPPU 2	200,000 kW	IM_607-806	2.7.2
KP-568-814	ei pyörinyt		KA2 KIERTOVEDEN VARASTOSÄILIÖN PUMPPU 2	55,000 kW	IM_606-912	2.7.1

PumpSave 4.4 Energiansäästölaskuri pumpuille

Kieli: Finnish

Systeemitiedot

Nesteen tiheys	950 kg/m³	Stattinen nostokorkeus	1 m

Pumpun tiedot

Tilavuusvirta	500 m³/h => 138,9 l/s	Hyötysuhde	88 %
Nim. nostokorkeus	30 m	Maksimi nostokorkeus	40 m

Nykyinen säätömenetelmä

Kuristussäätö

Moottorin ja syötön tiedot

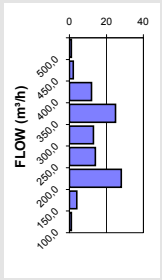
Syöttöjännite	690 V	525/550/575/600/660/690 V
Moottorin teho	75 kW	Moottorin teho 48,5 kW mukaan lukien +10% marginaali
Moottorin hyötysuhde	92,0 %	

Virtausjakauma

Vuotuiset käyttötunnit: 7 308 h

1 %	=	73,08 h	nimellisellä virtaamalla
2 %	=	146,16 h	90% virtaamasta
12 %	=	876,96 h	80% virtaamasta
25 %	=	1827 h	70% virtaamasta
13 %	=	950,04 h	60% virtaamasta
14 %	=	1023,12 h	50% virtaamasta
28 %	=	2046,24 h	40% virtaamasta
4 %	=	292,32 h	30% virtaamasta
1 %	=	73,08 h	20% virtaamasta

100



Mittayksiköt

Tekijä:	JAJ / LIITE 8
Asiakas:	KA2
Pumpun tunniste	KP-538-102

Säätö AC käytöllä: ACS55

No suitable type found.

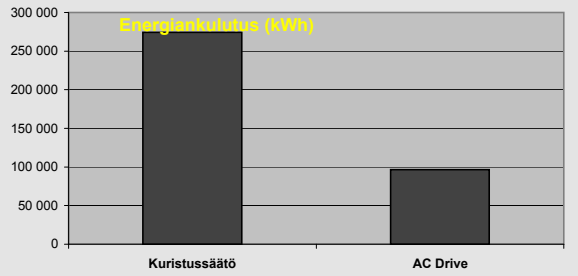
Tulokset

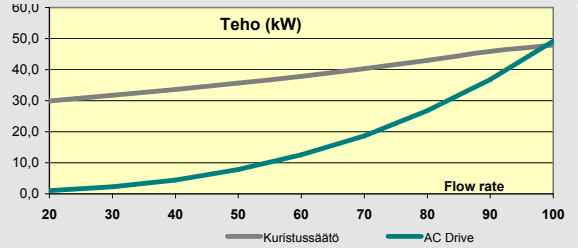
Säästö prosentteina	64,9 %	
Vuottuinen energiankulutus		
nykymenetelmällä	274	MWh
parannetulla menetelmällä	96	MWh
Energiansäästö	178	MWh
CO2 alenema	89	t
CO2 päästö	0,5	kg/kWh

Investoinnin tiedot

Valuutta	EUR	
Energian hinta	0,069	EUR/kWh
Investointikustannus	22 400	EUR
Korkokanta	0 %	
Pitoaika	10	vuotta

Energiankulutus





Kannattavuus

Vuotuinen säästö	12 272	EUR
Takaisinmaksuaika	1,8	vuotta
Nykyarvo	100 318	EUR

PumpSave 4.4 Energiansäästölaskuri pumpuille

Kieli: Finnish

Systeemitiedot

Nesteen tiheys	950 kg/m³	Stattinen nostokorkeus	10 m

Pumpun tiedot

Tilavuusvirta	400 m³/h => 111,1 l/s	Hyötysuhde	88 %
Nim. nostokorkeus	36 m	Maksimi nostokorkeus	50 m

Nykyinen säätömenetelmä

Kuristussäätö

Moottorin ja syötön tiedot

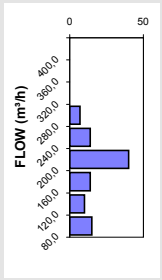
Syöttöjännite	690 V	525/550/575/600/660/690 V
Moottorin teho	132 kW	Moottorin teho 46,6 kW mukaan lukien +10% marginaali
Moottorin hyötysuhde	92,0 %	

Virtausjakauma

Vuotuiset käyttötunnit: 3 024 h

	% =	0 h	nimellisellä virtaamalla
	% =	0 h	90% virtaamasta
	% =	0 h	80% virtaamasta
7	% =	211,68 h	70% virtaamasta
14	% =	423,36 h	60% virtaamasta
40	% =	1209,6 h	50% virtaamasta
14	% =	423,36 h	40% virtaamasta
10	% =	302,4 h	30% virtaamasta
15	% =	453,6 h	20% virtaamasta

100



Mittayksiköt

Tekijä:	JAJ / LIITE 9
Asiakas:	KA2
Pumpun tunniste	KP-538-137

Säätö AC käytöllä: ACS55

No suitable type found.

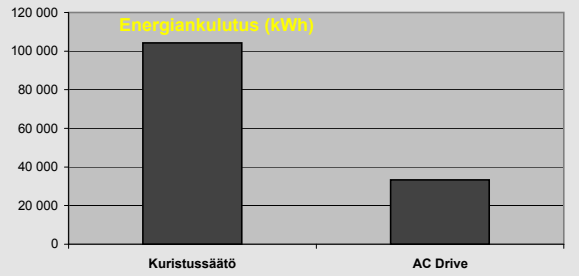
Tulokset

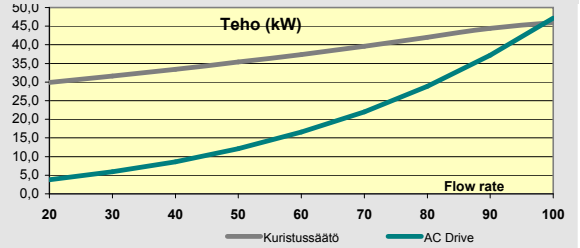
Säästö prosentteina	68,0 %	
Vuottuinen energiankulutus		
nykymenetelmällä	104	MWh
parannetulla menetelmällä	33	MWh
Energiansäästö	71	MWh
CO2 alenema	35	t
CO2 päästö	0,5	kg/kWh

Investoinnin tiedot

Valuutta	EUR	
Energian hinta	0,069	EUR/kWh
Investointikustannus	33 300	EUR
Korkokanta	0 %	
Pitoaika	10	vuotta

Energiankulutus





Kannattavuus

Vuotuinen säästö	4 894	EUR
Takaisinmaksuaika	6,8	vuotta
Nykyarvo	15 638	EUR

PumpSave 4.4 Energiansäästölaskuri pumpuille

Kieli: Finnish

Systeemitiedot

Nesteen tiheys	1 000	kg/m³	Stattinen nostokorkeus	1 m

Pumpun tiedot

Tilavuusvirta	200	m³/h	Hyötysuhde	88 %
	=> 55,6 l/s			
Nim. nostokorkeus	40	m	Maksimi nostokorkeus	60 m

Nykyinen säätömenetelmä

Kuristussäätö

Moottorin ja syötön tiedot

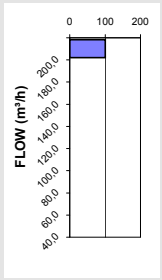
Syöttöjännite	690 V	525/550/575/600/660/690 V
Moottorin teho	75 kW	Moottorin teho 27,3 kW mukaan lukien +10% marginaali
Moottorin hyötysuhde	92,0 %	

Virtausjakauma

Vuotuiset käyttötunnit: 8 290 h

100 %	=	8290 h	nimellisellä virtaamalla
%	=	0 h	90% virtaamasta
%	=	0 h	80% virtaamasta
%	=	0 h	70% virtaamasta
%	=	0 h	60% virtaamasta
%	=	0 h	50% virtaamasta
%	=	0 h	40% virtaamasta
%	=	0 h	30% virtaamasta
%	=	0 h	20% virtaamasta

100



Mittayksiköt

Tekijä:	JAJ /LIITE 10
Asiakas:	KA2
Pumpun tunniste	KP-538-590

Säätö AC käytöllä: ACS55

No suitable type found.

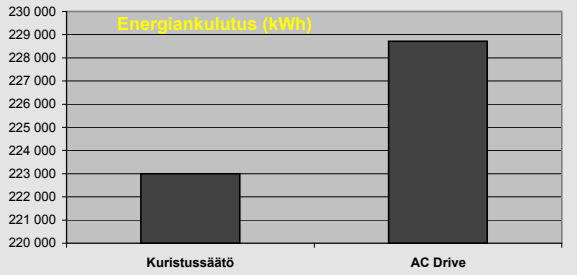
Tulokset

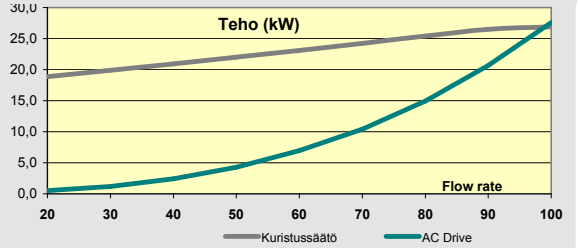
Säästö prosentteina	-2,6 %	
Vuottuinen energiankulutus		
nykymenetelmällä	223	MWh
parannetulla menetelmällä	229	MWh
Energiansäästö	-6	MWh
CO2 alenema	-3	t
CO2 päästö	0,5	kg/kWh

Investoinnin tiedot

Valuutta	EUR	
Energian hinta	0,069	EUR/kWh
Investointikustannus	22 400	EUR
Korkokanta	0 %	
Pitoaika	10	vuotta

Energiankulutus





Kannattavuus

Vuotuinen säästö	-395	EUR
Takaisinmaksuaika	-56,8	vuotta
Nykyarvo	-26 345	EUR

PumpSave 4.4 Energiansäästölaskuri pumpuille

Kieli: Finnish

Systeemitiedot

Nesteen tiheys	950	kg/m³	Stattinen nostokorkeus	1 m

Pumpun tiedot

Tilavuusvirta	360	m³/h => 100 l/s	Hyötysuhde	88 %
Nim. nostokorkeus	33	m	Maksimi nostokorkeus	44 m

Nykyinen säätömenetelmä

Kuristussäätö

Moottorin ja syötön tiedot

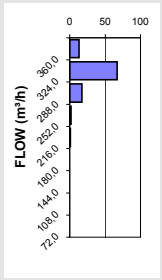
Syöttöjännite	690 V	525/550/575/600/660/690 V
Moottorin teho	55 kW	Moottorin teho 38,4 kW mukaan lukien +10% marginaali
Moottorin hyötysuhde	95,0 %	

Virtausjakauma

Vuotuiset käyttötunnit: 7 644 h

13 %	=	993,72 h	nimellisellä virtaamalla
67 %	=	5121,48 h	90% virtaamasta
17 %	=	1299,48 h	80% virtaamasta
2 %	=	152,88 h	70% virtaamasta
1 %	=	76,44 h	60% virtaamasta
%	=	0 h	50% virtaamasta
%	=	0 h	40% virtaamasta
%	=	0 h	30% virtaamasta
%	=	0 h	20% virtaamasta

100



Mittayksiköt

Tekijä:	JAJ / LIITE 11
Asiakas:	KA2
Pumpun tunniste	KP-568-624

Säätö AC käytöllä

ACS55

No suitable type found.

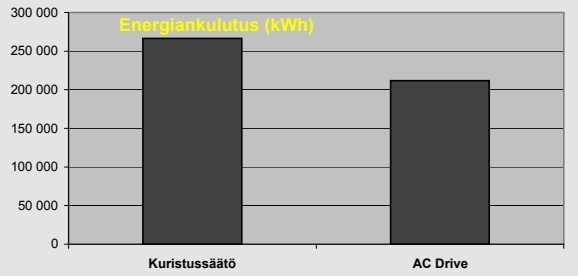
Tulokset

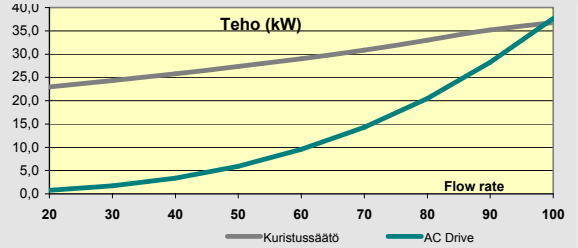
Säästö prosentteina	20,6 %	
Vuottuinen energiankulutus		
nykymenetelmällä	266	MWh
parannetulla menetelmällä	212	MWh
Energiansäästö	55	MWh
CO2 alenema	27	t
CO2 päästö	0,5	kg/kWh

Investoinnin tiedot

Valuutta	EUR	
Energian hinta	0,069	EUR/kWh
Investointikustannus	20 000	EUR
Korkokanta	0 %	
Pitoaika	10	vuotta

Energiankulutus





Kannattavuus

Vuotuinen säästö	3 780	EUR
Takaisinmaksuaika	5,3	vuotta
Nykyarvo	17 799	EUR

ABB