

**Pekka Kurunlahti**

## **VEDENPUMPPAUKSEN ENERGIAEHOVUU**

**Esimerkinä Stora Enson Oulun tehdas**

**Opinnäytetyö**

**CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU**

**Sähkötekniikan koulutusohjelma**

**Huhtikuu 2013**

## TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

<b>Yksikkö</b> Tekniikka, Ylivieska	<b>Aika</b> Huhtikuu 2013	<b>Tekijä/tekijät</b> Pekka Kurunlahti
<b>Koulutusohjelma</b> Sähkötekniikan koulutusohjelma		
<b>Työn nimi</b> VEDENPUMPPAUKSEN ENERGIATEHOKKUUS. Esimerkkinä Stora Enson Oulun tehdas		
<b>Työn ohjaaja</b> Yrjö Muilu		<b>Sivumäärä</b> 32 + 5
<b>Työelämäohjaaja</b> Timo Kujanperä		
<p>Opinnäytetyö on tehty Efora Oy:lle. Opinnäytetyössä tavoitteena oli tutkia Stora Enson Oulun tehtaalla tehdasveden pumppauksen energiatehokkuutta. Tutkimus kohdennettiin vuosille 2010, 2011 ja 2012. Työn loppupuolella on laskettu energiansäästöä, jos käytössä olisi jokin muu ajotapa veden pumppaukselle, kuin edellisinä vuosina käytetty. Tarvittavat tiedot kolmelta edelliseltä vuodelta saatiin poimitua tehdastietojärjestelmästä vuorokausikeskiarvoina.</p> <p>Energiansäästöön on mahdollista päästä. Uusilla investoinneilla voidaan säästää energiaa, mutta takaisinmaksuaika voi olla pitkä. Kuukausittaisista keskiarvoista näkee, että pelkällä ajotavan muutoksella saa aikaan energiansäästöä.</p>		
<b>Asiasanat</b> Energiankulutus, Energiansäästö, Pumput		

**ABSTRACT**

<b>CENTRIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b>	<b>Date</b> April 2013	<b>Author</b> Pekka Kurunlahti
<b>Degree programme</b> Electrical engineering		
<b>Name of thesis</b> ENERGY EFFICIENCY OF WATERPUMPING. Example Stora Enso's Oulu Mill		
<b>Instructor</b> Yrjö Muilu		<b>Pages</b> 32 + 5
<b>Supervisor</b> Timo Kujanperä		
<p>The thesis has been made for Efora Oy. The aim of this thesis was to research effectiveness of energy in pumping of factorywater in Stora Enso's Oulu factory. This thesis has been allocated for years 2010, 2011 and 2012. In the end of the thesis energy savings were calculated in case some other driving for waterpumping was used compared to those used before. Data needed from three previous years was collected from the information system of the factory as daily averages.</p> <p>It is possible to reach saving of energy. Using new investments energy can be saved but the repayment period might be long. It can be seen from the monthly averages that only by modifying the way of driving energysavings can be accomplished.</p>		

<p><b>Key words</b> Energy consumption, Energy saving, Pump</p>
---

## **TIIVISTELMÄ**

## **ABSTRACT**

## **SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 STORA ENSO</b>	<b>2</b>
2.1 Nuottasaaren tehdasalueen historiaa ja tätä päivää	2
2.2 Efora	3
<b>3 PUMPUT</b>	<b>5</b>
3.1 Pumpun valinta	5
3.2 Nostokorkeus	5
3.3 Pumpun ominaiskäyrä	6
3.4 Pumpputyypit	7
3.4.1 Dynaamiset pumput	8
3.4.1.1 Keskipakopumput	9
3.4.1.2 Aksiaalipumput	9
3.4.1.3 Sivukanavapumput	10
3.4.1.4 Suihkupumput	10
3.4.1.5 Sysäyspumput	11
3.4.2 Syrjäytyspumput	11
3.4.2.1 Mäntäpumput	12
3.4.2.2 Kalvopumput	12
3.4.2.3 Siipipumput	13
3.4.2.4 Ruuvipumput	13
3.4.2.5 Letkupumput	14
3.4.2.6 Hammaspyöräpumput	14
3.4.3 Muut pumput	15

3.4.3.1	Nostepumput	15
3.4.3.2	Kaasupainepumput	15
3.4.3.3	Sähkömagneettiset pumput	15
3.5	Pumppauksen hyötysuhteet	15
4	PUMPPAUKSEN SÄÄTÖTAVAT	16
4.1	Kuristussäätö	16
4.2	Ohivirtaussäätö	17
4.3	Kierroslukusäätö	17
4.4	On-off-säätö	18
5	PUMPPUJEN KYTKENTÄ	19
5.1	Rinnankytkentä	19
5.2	Sarjaankytkentä	19
6	VEDEN KÄYTTÖ TEHDASALUEELLA	21
6.1	Veden käyttö	21
6.2	Pumput	21
6.2.1	Päävesipumppu 1	21
6.2.2	Päävesipumppu 2	22
6.2.3	Päävesipumppu 3	22
6.2.4	Päävesipumppu 4	22
6.2.5	Päävesipumppu 5	23
6.3	Säätötavat	23
6.3.1	Pinnanmittaukseen perustuva säätö	23
6.3.2	Paineenmittaukseen perustuva säätö	24
6.3.3	Kuristussäätö	24
6.4	Veden kulutus	25
6.5	Energian kulutus	26

<b>7 MUUTOSVAIHTOEHDOT</b>	<b>28</b>
7.1 Pumppujen uusinta	28
7.2 Päävesipumppu 1:n uusinta ja taajuusmuuttajan lisäys	28
7.3 Ajotavan muuttaminen	29
<b>8 JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>30</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>31</b>
<b>LIITTEET</b>	

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössäni tutkin Efora Oy:n toimeksiannosta Stora Enson Oulun tehtaan tehdasveden pumppauksen energiatehokkuutta. Koko Nuottasaaren tehdasalue saa kemiallisesti puhdistetun veden ja mekaanisesti puhdistetun veden eli tehdasveden Oulujoesta. Tehdasvettä käytetään Nuottasaassa kuutiosta reiluun neljään kuutioon sekunnissa. Tehdasveden pumppaukseen on käytössä viisi eri pumppua. Vesi pumpataan alavesisäiliöstä ylävesisäiliöön. Näissä säiliöissä olevan veden pintojen ero on keskimäärin 28,75 metriä.

Energiatehokkuutta laskiessani sain kerättyä historiatietoa tehdastietojärjestelmästä, josta oli mahdollista saada vuorokausikeskiarvoina tietoja useamman vuoden ajalta. Tehdastietojärjestelmä tallentaa tiedot monista mittauksista, kuten pumppujen käyntiajat, moottoreiden ottamat virrat, virtausmittareiden mittausarvot ja venttiilin asentotiedot.

Työ on osa suurempaa kokonaisuutta, joka koskee vesiaseman päivittämistä. Tarkoitus on, että nyt tehtävillä päivityksillä olisi mahdollisuus säästää energiaa. Työn tavoitteena oli selvittää pumppaukseen käytetty energiamäärä ja mahdollinen säästöpotentiaali.

## **2 STORA ENSO**

Stora Enso konsernilla on palveluksessaan noin 30000 henkilöä yli 35 maassa. Tuotantokapasiteetti vuosittain on sellua 4,9 miljoonaa tonnia, paperia ja kartonkia 11,8 miljoonaa tonnia, aaltopahvia 1,3 miljardia neliometriä ja puutuotteita 6 miljoonaa kuutiometriä. Suomessa Stora Ensolla on tuotantoa kahdeksalla paikkakunnalla: Imatralla, Oulussa, Kemissä, Anjalankoskella, Varkaudessa, Heinolassa, Sunilassa ja Uimaharjulla. (Stora Enso lyhyesti.)

### **2.1 Nuottasaaren tehdasalueen historiaa ja tätä päivää**

Nuottasaaren 160 hehtaarin tehdasalueella on Stora Enson lisäksi myös muita yrityksiä. Nämä ovat Efora Oy, Arizona Chemical Oy, Eka Chemicals, Eka Synthomer Oy ja Oplax Oy. Tehdasalue on Oulun keskustan läheisyydessä ja Oritkarin sataman vieressä. (Ojaniemi 2012.)

Oulun tehdas on toiminut jo yli 70 vuotta samassa paikassa. Vuonna 1935 perustettiin Oulu osakeyhtiö eli Oulu Oy. Perustajina olivat Veitsiluoto Oy ja Kajaanin Puutavara Oy. Sellutehdas käynnistyi syksyllä 1937. Sellutehtaalla tuotettiin aluksi valkaisematonta sulfaattisellua. (Ojaniemi 2010.)

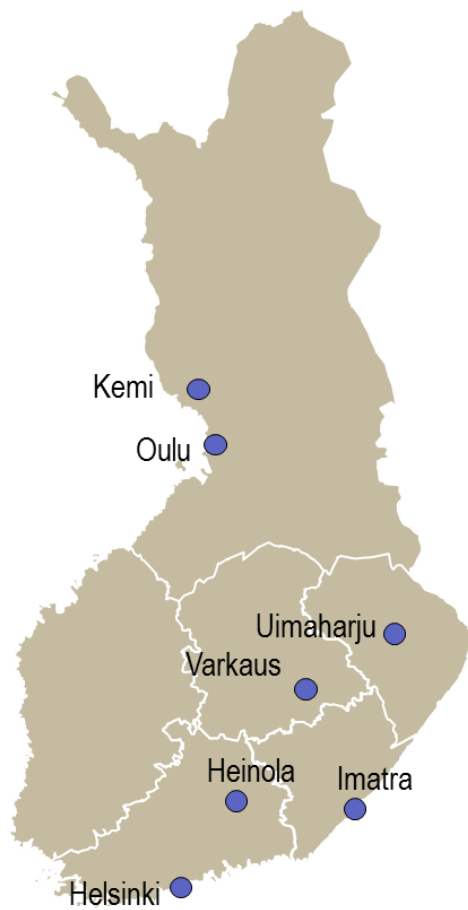
Oulu Oy fuusioitiin Veitsiluoto Oy:öön vuonna 1986. Paperin valmistus alkoi Oulussa vuonna 1991 ensimmäisen paperikoneen ja arkittamon valmistuttua. Vuonna 1996 Veitsiluoto Oy:n ja Enso Gutzeit Oy:n yhdistyttyä Enso Oyj:ksi päätettiin rakentaa toinen paperinvalmistuslinja Ouluun. PK7 käynnistyi vuonna 1997. Tämä melkein kolminkertaisti paperin tuotannon Oulussa 270 000 tonnista 800 000 tonniin vuodessa. Samana vuonna myytiin metsäkemian tehtaot. Vuoden 1998 lopulla syntyi Stora Enso Oyj, kun suomalainen Enso Oyj ja ruotsalainen Stora Kopparbergs Bergslags Ab yhdistyivät. (Ojaniemi 2010.)



## 2.2 Efora

Efora on kunnossapito-, Engineering- ja lisäarvopalveluihin erikoistunut yritys, jonka liiketoimintamalli perustuu ABB Full Service – konseptiin. Efora on teollisuuden tuotantolinjojen elinkaaren hallinnan, tuotantotehokkuuden, häiriöttömän käynnin turvaamisen ja kehittämisen osaaja. (Efora lyhyesti.)

Eforan Omistavat ABB Oy ja Stora Enso Oyj yhdessä. Yhtiö aloitti toimintansa vuoden 2009 alusta. Eforan edeltäjänä toimi Fortek Oy vuodesta 1995 lähtien. Toimipisteet sijaitsevat Helsingissä, Heinolassa, Imatralla, Kemissä, Oulussa, Uimaharjussa ja Varkaudessa. Efora tuottaa kunnossapitopalveluita Stora Enson Veitsiluodon, Oulun, Varkauden, Imatran, Uimaharjun ja Heinolan tehtaille. Sopimus sisältää kunnossapidon, suunnittelu- ja projektitoiminnan sekä teknisen oston, varastotoiminnon ja dokumenttien hallinnan. (Efora lyhyesti.)



KUVIO 1. Eforan toimipisteet Suomessa. (Stenhammar 2008.)

Efora on ABB:n tytäryhtiö, jota ABB hallinnoi soveltaen globaalia ABB Full Service – konseptiaan. Stora Enso omistaa Eforasta 51 prosenttia ja ABB 49 prosenttia. Eforan toiminta perustuu laajaan teollisuusprosessien tuntemukseen, kustannus- ja laatu-tietoiseen palveluun sekä pitkään kokemukseen teollisuuden investointien projektoinnista. (Efora lyhyesti.)

Stora Enso hyötyy ABB:n kanssa tehtävästä yhteistyöstä monin tavoin. Keskeisiä hyötyjä ovat kustannustehokas kunnossapito, teknisten häiriöiden vähentyminen, tuotannon tehokkuuden jatkuva parantuminen ja omaisuuden arvon säilyminen. (Efora lyhyesti.)

## 3 PUMPUT

### 3.1 Pumpun valinta

Pumpun ominaisuuksista tärkeimmät ovat nostokorkeus ja tuotto. Muita valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat ulkoiset mitat, pumpattava aine, tehon tarve, pyörimisnopeus ja hyötysuhde. Tästä johtuen pumppuja on monenlaisia, jotta jokaiseen paikkaan löytyy paras mahdollinen pumppu. (Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, 169 – 170.)

Pumpun ottaman tehontarve kasvaa nostokorkeuden ja tilavuusvirran kasvaessa. Pumpun teoreettisen tehontarpeen voi ilmaista kaavalla. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä & Urpalainen 2008, 139.)

$$P_{teor} = \rho g H Q$$

jossa

$P_{teor}$  = Teoreettinen teho

$\rho$  = pumpattavan aineen tiheys

$g$  = maan vetovoiman kiihtyvyys

$H$  = nostokorkeus vesipatsaana

$Q$  = tilavuusvirta  $m^3/s$

### 3.2 Nostokorkeus

Pumpun tulee tuottaa tarvittava paine, jotta pumpattava aine saadaan liikkeelle putkistossa. Tästä paineesta saadaan nostokorkeus. Putkiston aiheuttama vastus nostaa nostokorkeutta ja pienentää virtausta putkistossa. Nostokorkeus voidaan jakaa dynamiseen nostokorkeuteen ja staattiseen nostokorkeuteen. Pumpun tuottaman paine-eron ja nostokorkeuden välinen yhteys voidaan ilmaista kaavalla. (Borg & Savanne 1985, 32.)

$$\Delta p = \rho * g * H$$

jossa

$\Delta p$  = pumpun tuottama paine-ero

$\rho$  = pumpattavan aineen tiheys

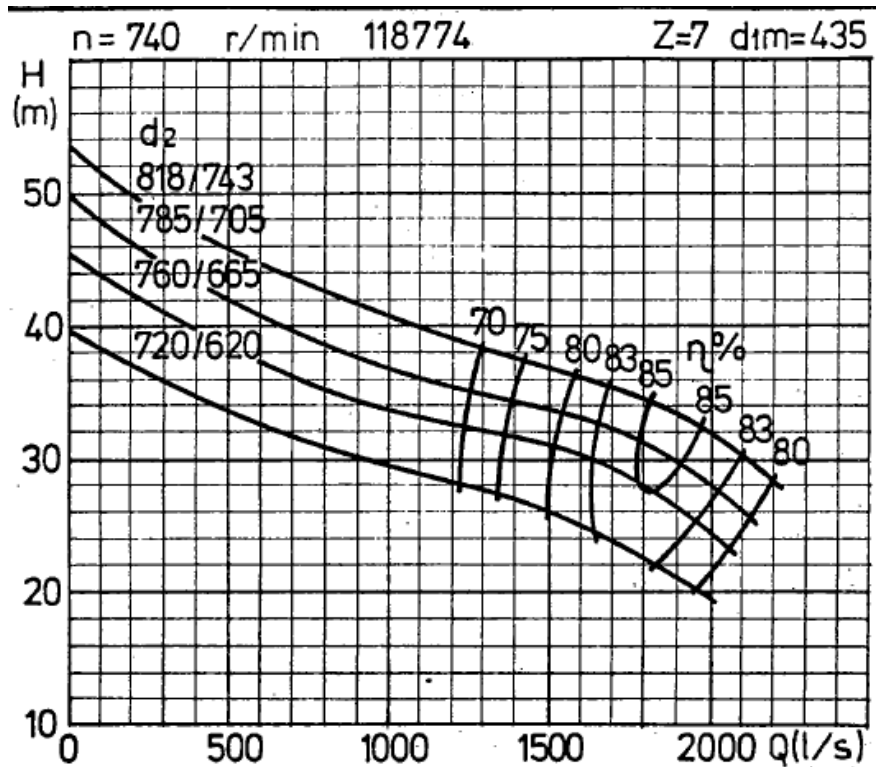
$g$  = maan vetovoiman kiihtyvyys

$H$  = nostokorkeus vesipatsaana

Dynaaminen nostokorkeus muodostuu putkiston virtausvastuksesta. Dynaamiseen nostokorkeuteen vaikuttaa virtaavan nesteen nopeus. Mitä suurempi tilavuusvirta on, sitä suurempi on myös dynaaminen nostokorkeus. Staattinen nostokorkeus muodostuu pumpattavan nesteen pinnan eroista ennen pumppua ja pumpun jälkeen. Staattinen nostokorkeus sisältää myös mahdollisen paine-eron säiliöissä ennen pumppua ja pumpun jälkeen. (Huhtinen, Kettunen, Nurminen & Pakkanen 2000, 221 – 222.)

### 3.3 Pumpun ominaiskäyrä

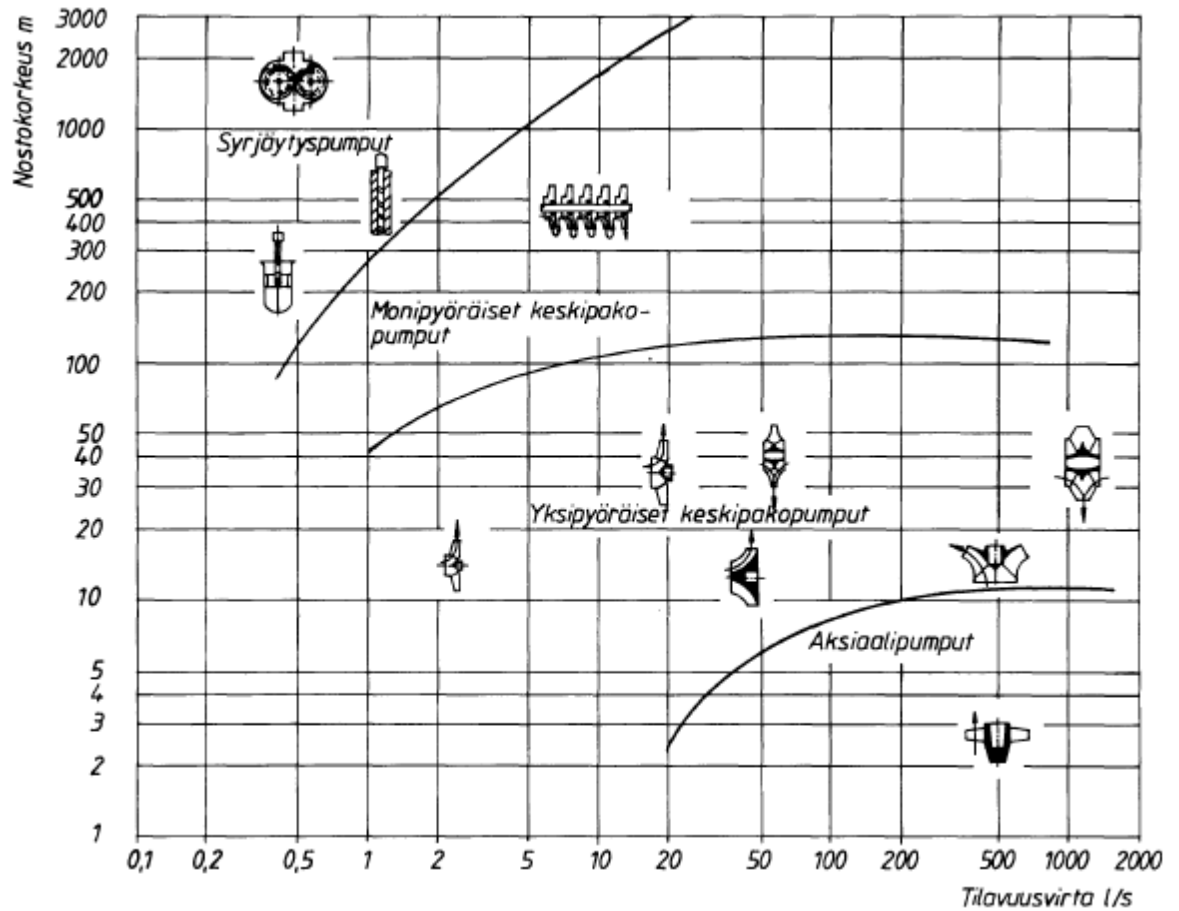
Ominaiskäyrästä näkee nostokorkeuden eli pumpun tuottaman paineen ja tilavuusvirran. Putkistoa suunniteltaessa pitää laskea pumpulle tarvittava nostokorkeus ja pumppaustarpeen mukaan saadaan tilavuusvirta. Pumpun hyötysuhde merkitään pumpun ominaiskäyrään. Ominaiskäyrään vaikuttaa juoksupyörän koko. Usein pumpun valmistaja antaa samalle pumpulle useamman juoksupyörän mukaiset ominaiskäyrät. (Huhtinen ym. 2008, 139.)



KUVIO 2. Päävesipumppu 4 ominaiskäyrä. (Mappi 4669.)

### 3.4 Pumpputyypit

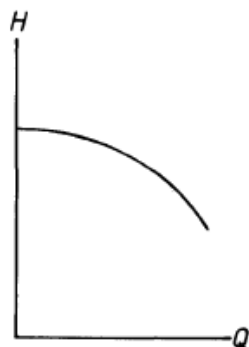
Pumpputyypit voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään niiden toimintaperiaatteen mukaan. Ryhmät ovat: syrjäytyspumput, dynaamiset pumput ja muut pumput. Dynaamisissa pumpuissa on usein pyörivä juoksupyörä ja tasainen pumppauspaine. Syrjäytyspumpuissa paine voi olla sykkivä, johtuen sen rakeenteesta, jossa pumppaus toimii usein kalvolla tai männällä. Yleisesti dynaamisilla pumpuilla päästään suurempiin tilavuusvirtauksiin kuin syrjäytyspumpuilla. Syrjäytyspumpuilla puolestaan on suurempi nostokorkeus kuin dynaamisilla pumpuilla. (SFS 4874, 1982.)



KUVIO 3. Pumpujen tyypilliset toiminta alueet (SFS 4874, 1982.)

### 3.4.1 Dynaamiset pumput

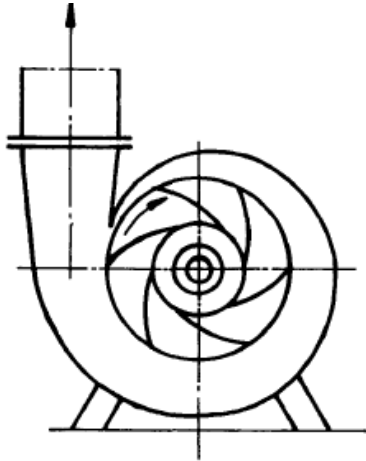
Pumpuissa mekaaninen energia tai liike-energia muutetaan nesteen liike-energiaksi ja paine-energiaksi. Pumpussa tilavuusvirran kasvaessa nostokorkeus pienenee.



KUVIO 4. Dynaamisen pumpun QH-kuvaaja (SFS 4874, 1982.)

### 3.4.1.1 Keskipakopumput

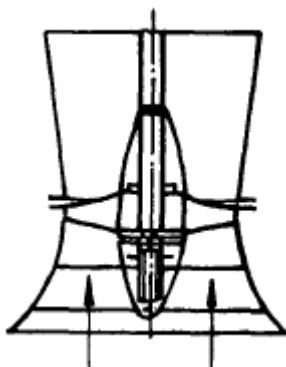
Keskipakopumppu on prosessiteollisuudessa yleisimmin käytetty pumppu. Noin 80 prosenttia prosessiteollisuuden pumppauksista pumpataan keskipakopumppuilla. Pumppua käytetään pumppaamaan alhaisen viskositeetin omaavia nesteitä. Pumppussa neste tulee pyörivän juoksupyörän keskelle, josta keskipakovoima siirtää sen juoksupyörän keskipisteestä poispäin. (Huhtinen ym. 2008, 135 – 136.)



KUVIO 5. Keskipakopumppu (SFS 4874, 1982.)

### 3.4.1.2 Aksiaalipumput

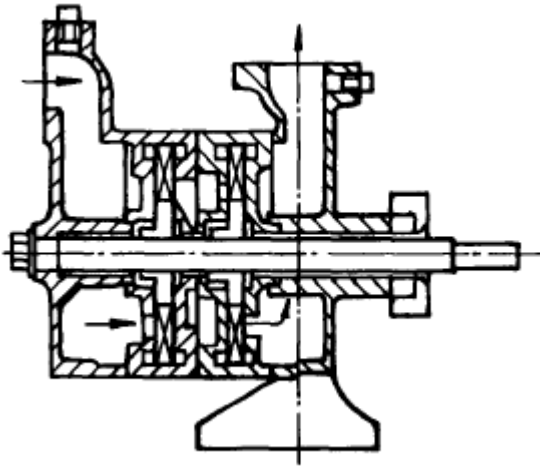
Aksiaalipumppua käytetään samantyyppisille nesteille kuin keskipakopumppua. Aksiaalipumpun tilavuusvirta on suurempi ja nostokorkeus pienempi kuin keskipakopumpussa. Aksiaalipumpussa neste menee akselin suuntaisesti juoksupyörän läpi. (Huhtinen ym. 2008, 136.)



KUVIO 6. Aksiaalipumppu (SFS 4874, 1982.)

### 3.4.1.3 Sivukanavapumput

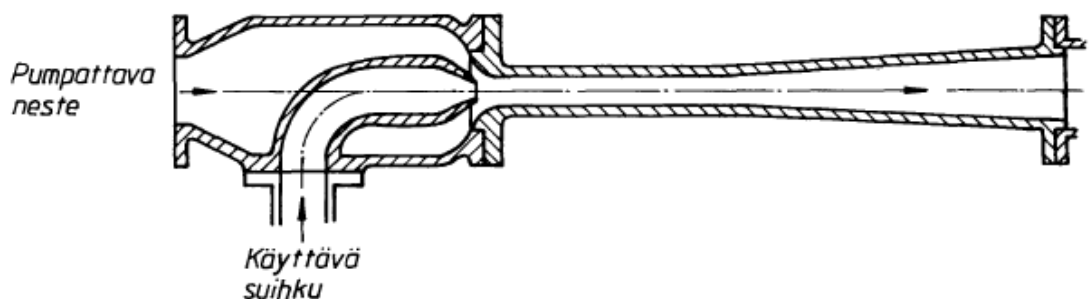
Sivukanavapumppu sopii painesäiliöpumpuksi sen jyrkästä pumppukäyrästä johtuen. Vaatimuksena pumpulle on puhdas pumpattava neste. Pumppua käytetään yleisesti talousvesipumppuna. (SFS 4874, 1982.)



KUVIO 7 Sivukanavapumppu (SFS 4874, 1982.)

### 3.4.1.4 Suihkupumput

Suihkupumppu tarvitsee ylipaineisen nesteen tai kaasun toimiakseen. Pumpun toiminta perustuu alipaineeseen, joka syntyy suuttimessa paineistetun nesteen tai kaasun mennessä siitä läpi. Pumppu on itseimevä, eli se voi nostaa pumpattavan aineen vaikka pumpussa tai pumpun tuloputkessa on ilmaa. (SFS 4874, 1982.)

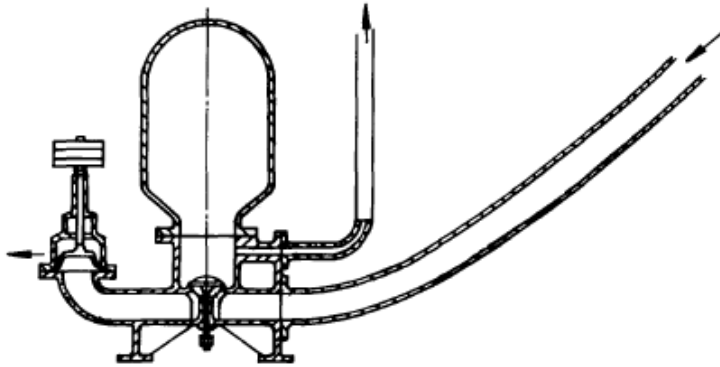


KUVIO 8. Suihkupumppu (SFS 4874, 1982.)



### 3.4.1.5 Sysäyspumput

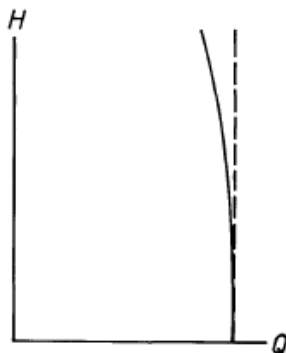
Sysäyspumppu saa toimintaenergian pumpulle tulevan nesteen potentiaalienergiasta. Putouskorkeuden tulee olla vähintään 2 metriä. Toiminta perustuu paineiskuun, joka saadaan aikaan sysäysventtiilin sulkemisella. Tällöin neste menee paineventtiilin läpi painetilaan. (SFS 4874, 1982.)



KUVIO 9 Sysäyspumppu (SFS 4874, 1982.)

### 3.4.2 Syrjäytyspumput

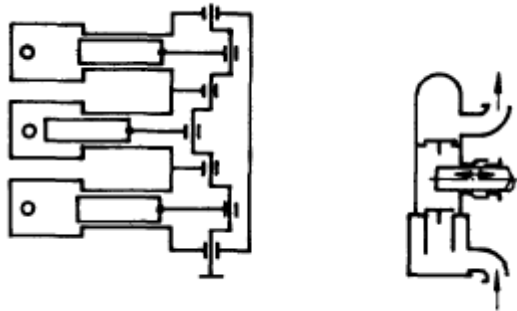
Pumpun syrjäytyselin syrjäyttää pesässä olevan nesteen poistoputkeen. Nostokorkeus ei juurikaan vaikuta tilavuusvirtaan. Syrjäytyspumppu sopii tilanteisiin, joissa nostokorkeuden tulee olla suuri ja tilavuusvirran pieni. Syrjäytyspumppulla voidaan säätää tarkasti pumpattavan aineen tilavuusvirtaa. Syrjäytyspumppuja käytetään usein kemikaalipumppuina. (SFS 4874, 1982.)



KUVIO 10. Syrjäytyspumppun QH-kuvaaja (SFS 4874, 1982.)

### 3.4.2.1 Mäntäpumput

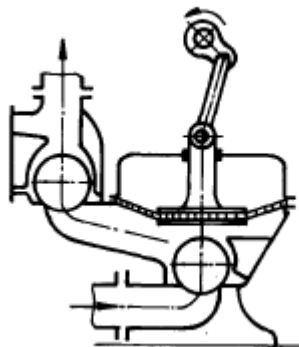
Männän liike muodostaa ensin alipaineen, jolla neste imetään pumpulle. Sen jälkeen mäntä vaihtaa suuntaa ja neste painetaan paineella lähtöputkeen. Mäntäpumppua käytetään paikoissa, joissa tarvitaan tarkkaa annostelua. Se soveltuu kaasuille ja nesteille. Yhdellä männällä varustettu pumppu tuottaa sykkivän paineen. Kaksitoiminen pumppu tuottaa tasaisemman paineen. Siinä männän molemmiin puoliin on pumpattava aine.



KUVIO 11. Mäntäpumppu (SFS 4874, 1982.)

### 3.4.2.2 Kalvopumput

Kalvopumppu toimii samalla periaatteella kuin mäntäpumppu. Sen etuja ovat tiiviyys, jolloin sillä voidaan paremmin pumpata haitallisia kemikaaleja. Kalvopumpuilla voi pumpata likaisempia nesteitä kuin mäntäpumppulla. (SFS 4874, 1982.)



KUVIO 12 Kalvopumppu (SFS 4874, 1982.)

### 3.4.2.3 Siipipumput

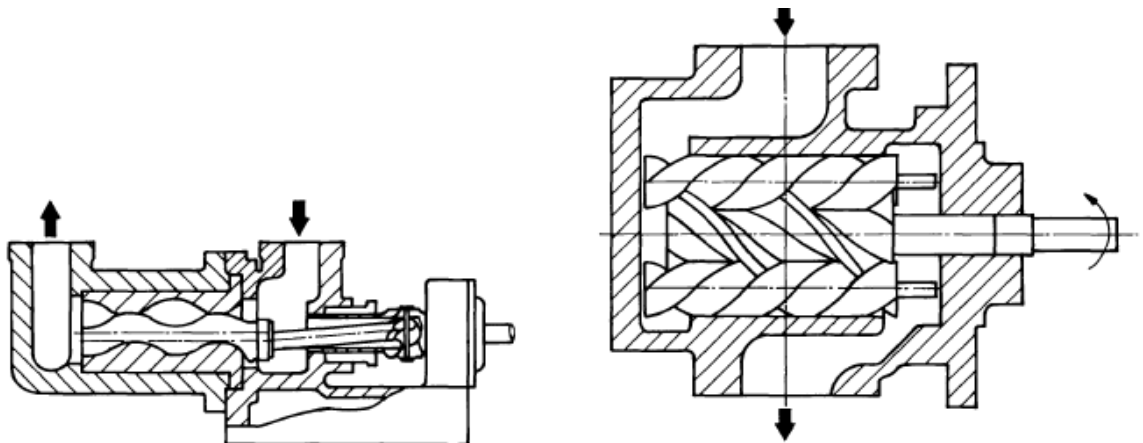
Siipipumpussa on siivillä varustettu roottori ja sylinterimäinen pumpunpesä. Siipipumput ovat itseimeviä. Niiden toiminta perustuu epäkeskeisesti pyörivän roottorin siipien ja roottoripesän väliin syntyviin suljettuihin tiloihin. (SFS 4874, 1982.)



KUVIO 13. Siipipumppu (SFS 4874, 1982.)

### 3.4.2.4 Ruuvipumput

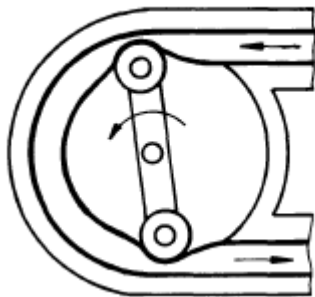
Ruuvipumpussa pyörivä roottori ja siinä olevat kierteet muodostavat suljettuja tiloja pumpun pesän kanssa. Pumpussa voi olla myös useampi ruuvi. Pumppu pump-paa tasaisesti ja pumpattava neste ei sekoitu pumpussa. (SFS 4874, 1982.)



KUVIO 14 Ruuvipumppu (SFS 4874, 1982.)

### 3.4.2.5 Letkupumput

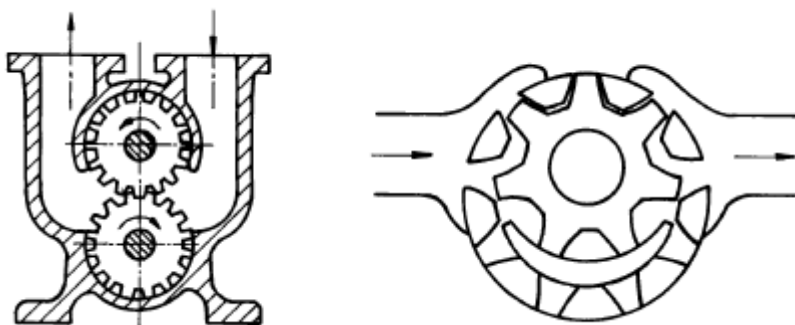
Letkupumpussa pyörii pumpun pesän sisäreunassa letku, jonka päällä pyörii rulla tai rullia, jotka puristavat letkua pesän reunaa vasten. Rullia on yleensä kaksi tai kolme. Letkukierroksia voi pumpussa olla useita. Pumppu soveltuu aineille, jotka eivät saa olla kosketuksessa metalliin. Letkun tulee pumpussa olla läjään painuvaa. (SFS 4874, 1982.)



KUVIO 15. Letkupumppu (SFS 4874, 1982.)

### 3.4.2.6 Hammaspyöräpumput

Kaksi vierekkäin olevaa hammaspyörää ovat pumpun pesää vasten. Neste kulkee hammaspyörän hampaiden välissä pumpun pesää vasten ja poistuu painepuolelle. (SFS 4874, 1982.)



KUVIO 16. Hammaspyöräpumppu (SFS 4874, 1982.)

### **3.4.3 Muut pumpput**

Muihin pumppuihin kuuluu muilla periaatteilla toimivat pumpput.

#### **3.4.3.1 Nostepumpput**

Nostepumpussa pumpattavaan nesteeseen lisätään pumpun alapäähän kaasua, joka on yleensä paineilmaa. Tällöin nesteen tiheys laskee ja se nousee ylöspäin. Pumpussa ei ole kuluvia osia ja se sopiikin hyvin kuluttavien nesteiden pumppaamiseen. Poistoputki ei saa olla paineellinen. (SFS 4874, 1982.)

#### **3.4.3.2 Kaasupainepumpput**

Kaasupainepumpussa neste virtaa vapaasti työsylinteriin, josta sen syrjäyttää painestettu kaasu tai höyry. Pumppu sopii melkein kaikille pumpattaville aineille. (SFS 4874, 1982.)

#### **3.4.3.3 Sähkömagneettiset pumpput**

Sähkömagneettisilla pumpuilla pumpataan nestemäisiä metalleja ja primäärilämmönsiirtonesteitä ydinvoimaloissa. Pumpun toiminta perustuu konduktioon tai induktioon. (SFS 4874, 1982.)

### **3.5 Pumppauksen hyötysuhteet**

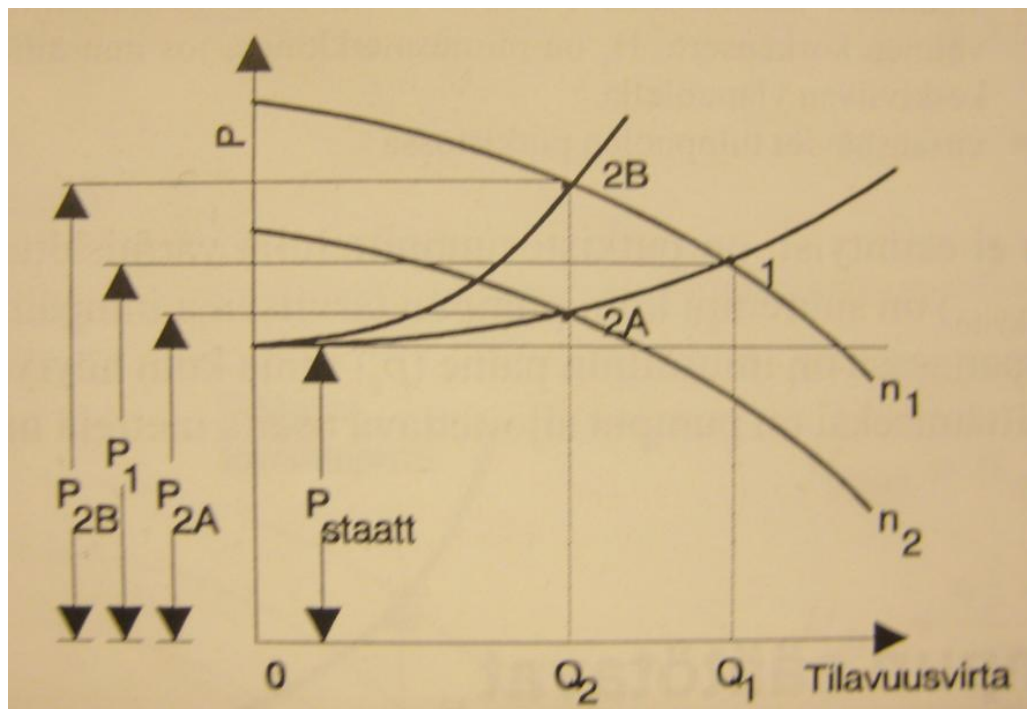
Pumppauksen kokonaishyötysuhteeseen vaikuttaa muidenkin komponenttien hyötysuhteet kuin pumpun hyötysuhde. Taajuusmuuttajalla hyötysuhde on noin 98 %, moottorilla koosta ja IE -hyötysuhdeluokasta riippuen 40-97 % ja keskipakopumppulla yleensä 86 %:sta alaspäin. (ABB 2011.)

## 4 PUMPPAUKSEN SÄÄTÖTAVAT

### 4.1 Kuristussäätö

Kuristussäätö on yksinkertainen säätötapa. Putkistossa painepuolta kuristamalla nostokorkeus kasvaa ja virtaus pienenee. Kuristussäädössä energiaa jää venttiiliin muuttuen ääneksi, lämmöksi ja mahdolliseksi liikkeeksi. Tämän takia kuristussäätö ei ole taloudellinen säätötapa. Kuristamalla säädetyn putkiston hydrostaattinen nostokorkeus nousee jyrkemmin kuin kuristamattomassa putkistossa. Tällöin toimintapiste siirtyy pumpun ominaiskäyrällä vasemmalle. Kuristussäädön rakennuskustannukset ovat halvat, mutta käyttökustannukset korkeat. Kuristussäätö kuluttaa myös venttiiliä. Kuristusventtiili on sijoitettava pumpun jälkeen putkistoon, koska imupuolen kuristus aiheuttaa kavitaatiota. (Huhtinen ym. 2008, 141 – 142.)

Kuviossa 17 pystyakselilla on paine eli nostokorkeus ja vaaka-akselilla tilavuusvirta. Pisteessä 1 on kuristamaton toimintapiste ja kuristettu toimintapiste on pisteessä 2B.



KUVIO 17 Virtauksen kuristussäädön ja kierroslukusäädön esitys ominaiskäyrässä (Huhtinen ym. 2000, 224.)

## 4.2 Ohivirtaussäätö

Ohivirtaussäätö tapahtuu päästämällä pumpun painepuolelta pumpattavaa ainetta takaisin pumpun imupuolelle putkeen tai säiliöön. Aineen lämpiämisen estämiseksi suositellaan kiertoa takaisin säiliöön. Ohivirtausta suurentamalla toimintapiste siirtyy pumpun ominaiskäyrällä oikealle, koska virtaus kasvaa. Nostokorkeus huononee tällä säätötavalla. Ohivirtaussäätöä voi käyttää myös syrjäytyspumpuilla. (Motiva 2011.)

## 4.3 Kierroslukusäätö

Kierroslukusäädössä pumpun tuottoa muutetaan pumpun kierroksilla. Pyörimisnopeutta voidaan muuttaa taajuusmuuttajalla tai nestekytkimellä. Kun pumpun kierrokset ovat lähellä mitoituspistettä, pumpun hyötysuhde ei juuri muutu. Jos kierrosluku on kaukana mitoituspisteestä, huononee myös pumpun hyötysuhde. Taajuusmuuttajalla muutetaan pumpun moottorin syöttöjännitteen taajuutta. Se vaikuttaa moottorin pyörimisnopeuteen ja samalla moottorin pyörittämän pumpun pyörimisnopeuteen. (Motiva 2011.)

Pyörimisnopeuden muutos vaikuttaa pumpun tilavuusvirtaan, nostokorkeuteen ja pumpun ottamaan tehoon affiniteettisääntöjen mukaan. Pumpun tilavuusvirta muuttuu suoraan verrannollisesti pumpun kierroksiin. Pumpun nostokorkeus muuttuu suoraan verrannollisesti pumpun kierrosluvun neliöön. Pumpun tarvitsema teho muuttuu suoraan verrannollisesti kierrosluvun kolmanteen potenssiin. (Huhtinen ym. 2008, 142 – 143.)

Kuviossa 17 pumppukäyrä  $n_1$  on nimelliskierroksilla ja  $n_2$  on alennetulla kierrosnopeudella. Toimintapiste siirtyy pisteestä 1 pisteeseen 2A.

Affiniteettiyhtälöillä voidaan laskea uudella kierrosnopeudella tilavuusvirta, nostokorkeus ja tehontarve.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}, \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2, \quad \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

jossa

Q= tilavuusvirta

n= kierrosluku

H= nostokorkeus

P= teho

#### 4.4 On-off-säätö

On-off-säätö sopii hyvin pumppaukseen, jossa on avoin nestekierto ja säiliössä on ylä- ja alaraja, joiden välissä pinta tulee pitää. On-off-säädön huonona puolena on jatkuvat käynnistykset. Käynnistystehon suuruuteen ja keston vaikuttaa pumpun ja moottorin hitausmomentti. Käynnistysvirta on 5-7 kertainen nimellisvirtaan verrattuna. (Motiva 2011.)

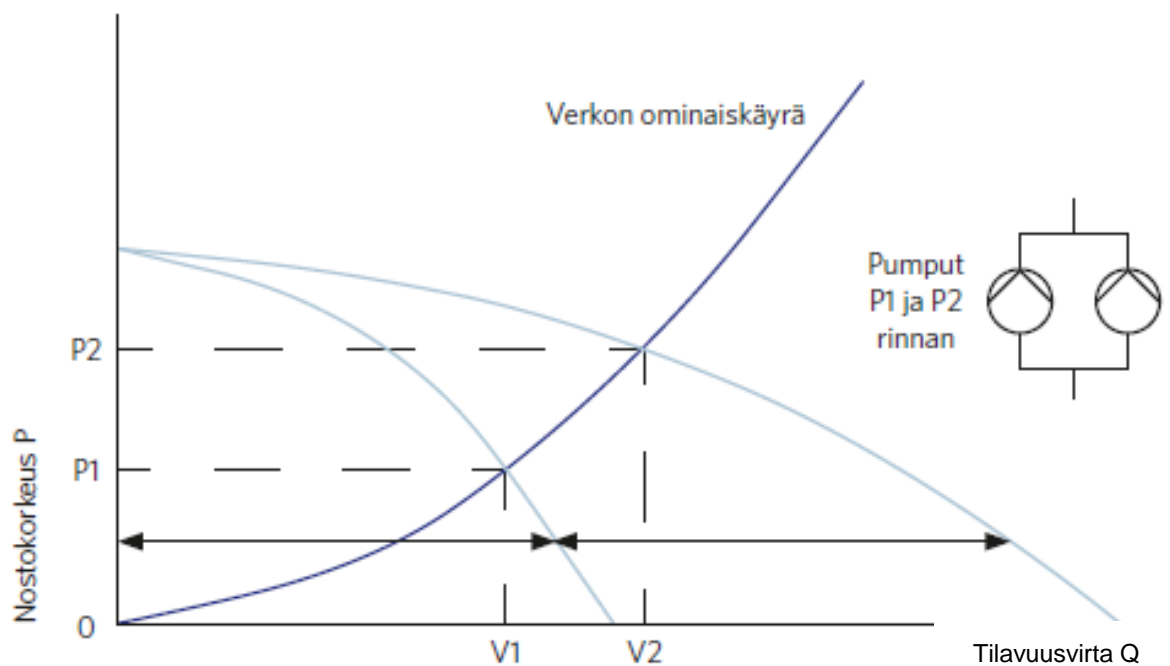
On-off-säätö soveltuu kierroslukusäätöä paremmin käytettäväksi, kun staattinen nostokorkeus on merkittävästi suurempi kuin dynaaminen nostokorkeus. (Tomas Mälkiä 2012, 13 – 14.)



## 5 PUMPPUJEN KYTKENTÄ

### 5.1 Rinnankytkentä

Nostokorkeus pysyy rinnankytketyillä pumpuilla samana kuin yksittäisessäkin pumpussa, mutta tilavuusvirta kasvaa molempien pumpppujen tilavuusvirtauksien summaksi. Jos pumpuilla on yhteinen paineputkisto, ei hyöty ole kovin suuri, jos paineputkessa on suuria virtausvastuksia. Dynaamisen nostokorkeuden suhde koko nostokorkeuteen vaikuttaa rinnankytkennän hyötyyn. Suuren dynaamisen nostokorkeuden osuus pienentää tilavuusvirtausta rinnankytketyissä pumpuissa. Rinnankytketyissä pumpuissa pieni tilavuusvirran muutos ei juuri vaikuta nostokorkeuteen. (Huhtinen ym. 2008, 144.)

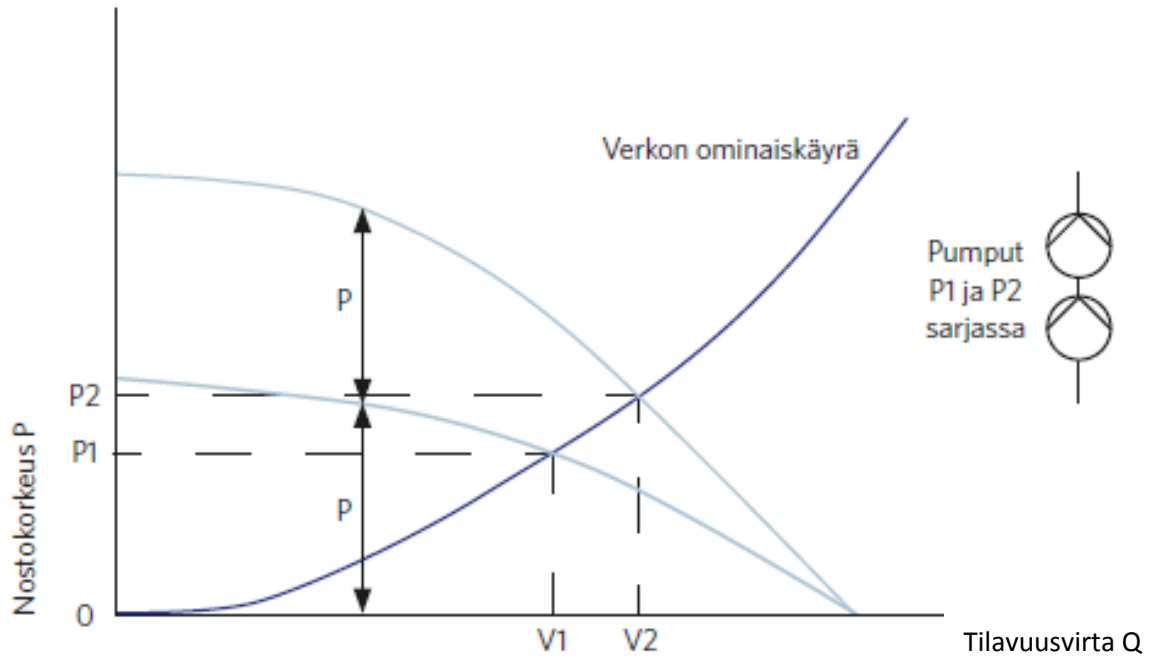


KUVIO 18. Rinnankytketyt pumput (Motiva 2011.)

### 5.2 Sarjaankytkentä

Sarjaankytketyillä pumpuilla saadaan lisättyä nostokorkeutta. Nostokorkeuden lisääminen tällä tavalla voi tulla tarpeelliseksi, jos yhden pumpun nostokorkeus ei

riitä prosessin tarpeisiin. Pumpukäyrä on jyrkkä ja pieni nostokorkeuden muutos ei juuri vaikuta tilavuusvirtaan. (Huhtinen ym. 2008, 144.)



KUVIO 19. Sarjaankytketyt pumput (Motiva 2011.)

## **6 VEDEN KÄYTTÖ TEHDASALUEELLA**

### **6.1 Veden käyttö**

Stora Enson vesilaitokselta toimitetaan tehdasvettä koko tehdasalueelle. Vesilaitoksella tuotetaan kemiallisesti ja mekaanisesti puhdistettua vettä. Vettä käytetään koko alueella 1000 - 4500 l/s. Kemialliselle vesilaitokselle menee mekaanisesti puhdistettua vettä noin 500 l/s. Loppu vesi käytetään mekaanisesti puhdistettuna vetenä eli tehdasvetenä. Tehdasvesiverkoston paine on noin 3 bar ja kemialliselle vesilaitokselle menevän veden paine on noin 2 bar. Veden käyttö on paljon suurempaa kesällä kuin talvella. Kokonaisvesimäärän mittauksessa on jonkin verran heittoa, koska käytetty mittari on iäkäs eikä laitteella ole kalibrointimahdollisuutta. Liitteessä 1 on tehdasveden käyttömäärän vuorokausikeskiarvojen pysyvyysskäyrä.

Vedenpumppausta ohjataan kuivatuskoneen valvomosta Metso DNA -järjestelmällä. Veden pumppaus on tehty automaattiseksi, mutta osalle pumpuista on kuitenkin kentällä käsiajomahdollisuus mahdollisia vikatapauksia varten.

Tehdasveden pumppaukseen on käytössä viisi päävesipumppua, joille nostokorkeudeksi on laskettu 32 metriä vesipatsasta. Matalapainepumppuja on kaksi, joista toinen on varapumppuna. Tarvittaessa on mahdollista saada korkeapainepuolelta vettä säätöventtiilin läpi matalapainepuolelle. Liitteessä 2 on yksinkertaistettu kaavio pumpuista.

### **6.2 Pumput**

#### **6.2.1 Päävesipumppu 1**

Pumppu 1 on vanhin tällä hetkellä käytössä olevista pumpuista. Se on kytketty 400 V:n keskuskesken. Valmistaja on Weise & Monski. Tyypiltään pumppu on oppopesäpumppu 600 t XVII/2. Strömberg Ab:n moottori, jonka nimellisteho on 265 kW,

pyörittää pumppua 992 r/min. Pumpulle on annettu tilavuusvirraksi 583 l/s ja nostokorkeudeksi 32 mvp. Tälle pumpulle on suunniteltu vaihtoa varaosien huonon saatavuuden vuoksi.

### **6.2.2 Päävesipumppu 2**

Pumppu 2 on saanut nykyisen paikan Selke II projektissa vuonna 1988. Sen on valmistanut A. Ahlström Oy, Karhula. Tyypiltään pumppu on oppopesäpumppu PPP-40. Moottori on ABB:n valmistama 200 kW:n moottori. Pumpun pyörimisnopeus on 1480 r/min. Pumpun tehontarve on 155 kW. Pumpun tilavuusvirta on 420 l/s ja nostokorkeus 32 m.

### **6.2.3 Päävesipumppu 3**

Alkuperäinen pumppu 3 on vuodelta 1961 sellutehtaan laajennuksen aikaan tullut pumppu. Nykyisen pumpun asennusvuosi on 1978 koeajopöytäkirjan mukaan. Valmistajana pumpulla on A. Ahlström Oy, Karhula. PTX-80 pumppu on oppopesäpumppu. AEG:n moottorin jännite on 6 kV ja nimellisteho on 500 kW. pyörimisnopeus on 740 r/min. Tilavuusvirta on 1200 l/s 32 m:n nostokorkeudella.

### **6.2.4 Päävesipumppu 4**

Pumppu 4 on uusin pumppu. Se on tullut Nuottasaareen samoihin aikoihin paperikone 7 kanssa. Koeajopöytäkirja on vuodelta 1996. Pumppu on A. Ahlström Oy:n Karhulan tehtaalta. Pumppu on oppopesäpumppu PTZ-80. Moottorina on ABB:n 6 kV:n moottori, jonka nimellisteho on 850 kW. Pumpun tehontarve on 740 kW. Pyörimisnopeus on 740 r/min. Tilavuusvirta on 1900 l/s ja nostokorkeus on 32 m.

### 6.2.5 Päävesipumppu 5

Pumppu 5 on tullut tehtaalle samoihin aikoihin pumppu 2:n kanssa. Pumpun on valmistanut A. Ahlström Oy, Karhula. Pumppu on tyypiltään uppopesäpumppu PTZ-80. Moottorina on Siemensin 6 kV:n moottori. Tehontarve pumpulla on 709 kW ja moottorin nimellisteho on 800 kW. Pyörimisnopeus on 740 r/min. Tilavuusvirta on 1900 l/s ja nostokorkeus on 32 m.

### 6.3 Säädetävät

Tehdasvedelle on olemassa kaksi säätötapaa. Ne ovat pinnanmittaukseen perustuva ja paineeseen perustuva. Yleensä on käytössä pinnanmittaukseen perustuva säätötapa. Tässä tavassa seurataan ylävesisäiliössä olevaa vedenpintaa, joka vaihtelee kulutuksen ja pumppujen tilavuusvirran mukaan. Pinnanmittaukseen perustuvassa säätötavassa käytetään kahta eri säätömuotoa: on-off-säätöä ja kuristussäätöä. Paineeseen perustuvaa säätöä käytetään kun meren pinta on liian alhaalla pumppujen nostokorkeuteen verrattuna. Tällöin käytössä on myös on-off-säätö ja kuristussäätö.

Normaalitilanteessa päävesipumppu 4 tai päävesipumppu 5 on käytössä. Ne ovat toistensa varapumppuja. Kesällä voidaan ottaa käyttöön lisäksi päävesipumppu 3. Päävesipumppu 1 ja päävesipumppu 2 toimivat säätöpumppuina.

#### 6.3.1 Pinnanmittaukseen perustuva säätö

Ylävesisäiliönpinta mitataan alueella +27,500 - +29,600 metriä meren pinnasta. Kun pinta laskee liian alas, käynnistyy päävesipumppu 2. Pinnan jatkaessa laskevista käynnistyy myös päävesipumppu 1. Jos pinta jatkaa laskemista tekee järjestelmä hälytyksen valvomoon ja vaatii käyttäjältä toimenpiteitä, jotta vesi riittäisi. Pinnan noustessa ensin pysähtyy päävesipumppu 2 ja sen jälkeen päävesipumppu 1. Molempien pumppujen ollessa pysähdyksissä ja pinnan jatkaessa nousemistä säädetään säätöventtiiliä, joka sijaitsee käynnissä olevan päävesipumpun jäl-

keisessä putkessa. Jokaisessa pumpulla on oma kuristusventtiili. (Sellutehtaan käyttöohjeet)

### **6.3.2 Paineenmittaukseen perustuva säätö**

Putkistossa on painemittari, joka sijaitsee ylävesisäiliöön menevässä putkessa. Painesäädön ollessa valittuna, ylävesisäiliö eristetään piiristä venttiilillä, joka sijaitsee painemittauksen vieressä ylävesisäiliön puolella. Päävesipumppu 2 käynnistyy, kun mittausarvo on 0,25 bar asetusarvoa pienempi 15 s ajan. Päävesipumppulla 1 käynnistymisehtona on lisäksi 60 s päävesipumppu 2:n käyntiaika. Päävesipumppu 2 pysähtyy, jos paineensäätäjän ohjaus pysyy yhtäjaksoisesti alle 35 % puolen tunnin ajan. Päävesipumppu 1 pysähtyy samasta paineensäätäjän ohjausarvosta, mutta 35 min. viiveellä. (Sellutehtaan käyttöohje.)

### **6.3.3 Kuristussäätö**

Kolmen vuoden ajalta kerättiin niiltä vuorokausilta, jolloin pumppu on käynyt 24 h, venttiilin asennot ja laskettiin kuukausittaiset keskiarvot. Kaikki vuodet olivat erilaisia. Vuosi 2010 näyttää parhaimmalta vuodelta energiansäästön kannalta, eli venttiilit olisivat silloin olleet eniten auki. Huonoin vuosi on 2011, jolloin kolmen pumppun venttiilit saattoivat kuristaa yhtä aikaa. Tämä voi johtua kahdesta syystä. Pumppuja ei ajeta optimaalisella ajotavalla tai veden tarpeessa on todella suuria muutoksia lyhyen ajan sisällä.

Talvikuukausina yleensä yhtä pumppua kuristetaan. Näinä kuukausina on potentiaalia säästää energiaa. Vedentarve alittaa reilusti päävesipumppu 4:n tuoton, vaikka sillä pumpataan lähes jatkuvasti.

Säätöventtiilien asentojen pysyvyyskäyrät ovat tehty vuorokausitasolta. Vuorokausiksi on poimittu ne, jolloin pumppu on käynyt 24 h. Huomio kiinnittyy pumppujen 2, 3 ja 4 säätöventtiileihin, jotka kuristavat virtausta merkittävästi. Pysyvyyskäyrät on esitetty liitteessä 3.

## 6.4 Veden kulutus

Tehdasalueen vedenkulutuksen seurantaan käytetään useita eri paikoissa olevia virtausmittareita. Kaikki Oulujoesta tehdasalueelle tuleva vesi mitataan yhdellä virtausmittarilla. Tämä on ainut mittari, joka mittaa kaiken käytetyn veden. Mittari on kuitenkin vanha ja suuresta veden kulutusmäärästä johtuen mittarin kalibrointi normaalilla virtausalueella ei ole mahdollista. Pumppauksen jälkeisestä vedestä mitataan metsäkemian tehtaille menevä vesi, paperikoneille menevä vesi, sellu ja lipeäosastolle menevä vesi ja reaktiovesialtaalle eli kemialliseen puhdistukseen menevä vesi. Reaktiovesialtaalle menevä vesi on lähes kokonaan matalapainepumpun pumppaamaa vettä. Korkeapainepuolella mittareiden ohi virtaa kuivatukselle menevä vesi, jätevesilaitokselle menevä vesi sekä kuorimolle menevä vesi.

Tehdasvesipumppujen kokonaisvirtaus on saatu laskemalla pumppaamolle virtaavan veden ja kemialliseen puhdistukseen menevän veden erotus. Tiedot on saatavilla vuorokausittain hetkellisarvojen keskiarvona ja niistä laskettiin kuukauden kokonaisvirtaus. Vertaamalla tätä arvoa kolmen vuoden aikana pumpun teoreettiseen pumppausmaksimiin, joka laskettiin pumpun käyntituntien ja tilavuusvirran mukaan, saatiin neljälle kuukaudelle arvo, jossa virtaus on ollut suurempi kuin pumppujen tuotto. Tämä selittyy virtausmittarin epätarkkuudella, tiedonsiirtohäiriöillä tai korkealla merivedenpinnankorkeudella. Pumppujen kokonaispumppauskapasiteetti laskettiin 32 m:n nostokorkeudella.

Pumpun tuoton ja virtauksen välisen eron ja venttiilin asentotiedon välillä on selvä riippuvuus. Tämän perusteella voidaan olettaa, että virtausmittarin epätarkkuus ei ole liian suuri tähän tutkimukseen.

Tehdasveden kulutukseksi vuositasolla laskettiin noin 70 000 000 kuutiota ja kuristamattomien pumppujen tuotoksi lähelle 10 000 000 kuutiota enemmän kahtena ensimmäisenä vuonna ja viimeisenä vuonna ei ollut kuin reilun 2 000 000 kuution erotus. Kuristamattomien pumppujen tuottoa laskettaessa ei otettu huomioon meriveden korkeuden muutoksesta johtuvaa staattisen nostokorkeuden muutosta, vaan tuotto laskettiin 32 m:n nostokorkeudella.

Liitteenä 3 olevasta virtauksen pysyvyyskäyrästä näkee, että suurin veden käyttö-  
määrä on 1500 ja 2000 l:n välillä. Toiseksi suurin määrä on 2500 ja 3000 l:n välillä.  
Asteikkona on käytetty 500 l.

## 6.5 Energiankulutus

Energiankulutus laskettiin kaikille päävesipumpuille virtaprosentin kuukausikes-  
kiarvoa käyttäen. Lisäksi saatiin vertailuksi välijännitepumpuilta joka kuukauden  
kWh-mittari lukema, joka on käyty käsin merkitsemässä ylös. Vertaamalla lasket-  
tua arvoa ja kWh-mittarin arvoa päästiin hyvin lähelle toisiaan. Vuosittain energiaa  
kuluu veden pumppaukseen tutkitulla ajanjaksolla 8 000:sta 9 000:een MWh.

Laskemalla todellisella nostokorkeudella ja tilavuusvirralla teoreettinen energian-  
kulutus nähdään, että energiaa on mahdollista säästää 900:sta 2 000:een MWh  
vuodessa. Tässä laskutavassa pumpun hyötysuhteena on käytetty 85 % ja moot-  
torin hyötysuhteena 93 %.

TAULUKKO 1. Energian käyttö ja tarve

Vuosi	Energia MWh		
	Käytetty	Tarvittava	Säästöpotentiaali
2010	8550	7420	1130
2011	8900	6950	1950
2012	8070	7160	910

Tämä on teoreettinen maksimi energiansäästöille. Käytännössä tähän on mahdo-  
ton päästä, koska pintojen korkeuden vaihtelut vaikuttavat nostokorkeuteen ja nos-  
tokorkeuden muutos vaikuttaa pumpun hyötysuhteeseen. Pumput tulisi olla myös  
mitoitettu oikealle tilavuusvirralle.

Päävesipumppu 1:n ollessa kierroslukusäätöinen ja kapasiteetti nostettuna 740 l/s  
energia voidaan säästää vuosittain 500:sta 1 600:aan MWh. Yhteensä vuosilta



2010 - 2012 olisi ollut mahdollista säästää energiaa 3000 MWh. Säästöä laskettaessa huomattiin kolmen vuoden ajalta 5 kuukautta, joissa vedenkulutuksen kuukausikeskiarvo on pumpun säätöalueen ulkopuolella. Joka kuukaudelle valittiin parhaiten sopivat pumput, joille laskettiin tilavuusvirta ja energiankulutus. Laskettua energiankulutusta vertaamalla mitattuun energiankulutukseen saatiin laskettua energiansäästö. Kierroslukusäätöisenä pumppuna käytettiin pumppua, jonka tilavuusvirta on alueella 380 – 740 l/s.

## **7 MUUTOSVAIHTOEHDOT**

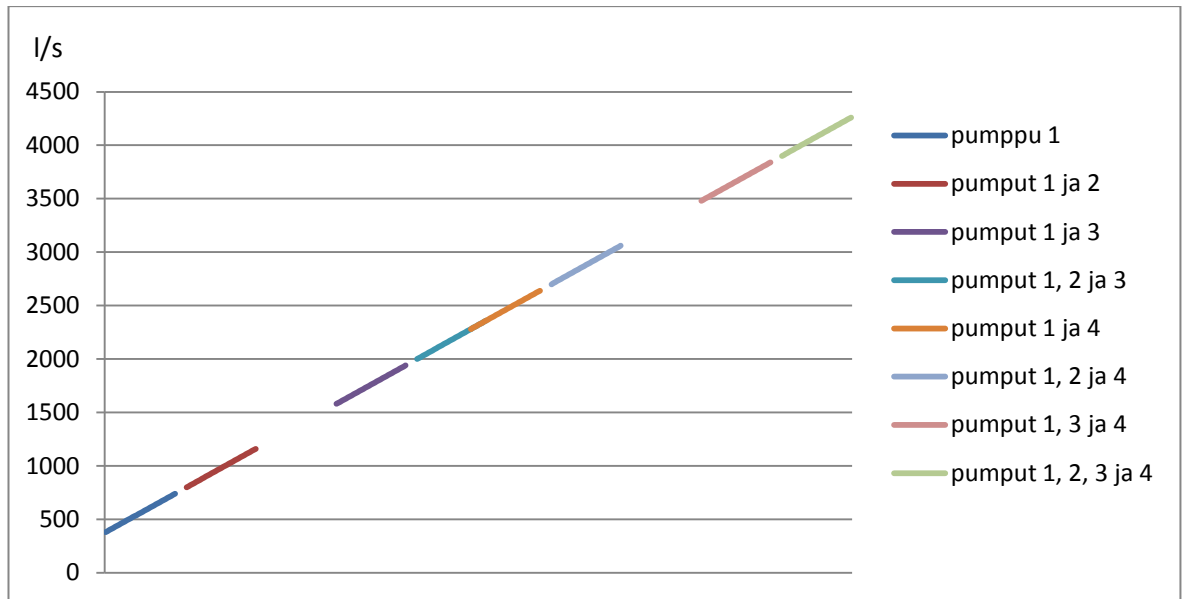
### **7.1 Pumppujen uusinta**

Uusimalla kaikki pumput uusimpaan teknologiaan ja käyttämällä näitä vakio kierrosnopeuspumppuina, saadaan noin 1%:n energiansäästö. Käytössä olevissa moottoreissa on niin hyvät hyötysuhteet, että säästöä ei saada aikaiseksi niiden uusimisella. Tällä hetkellä päävesipumppu 2:n moottorin hyötysuhde on 95,8 %, tehokerroin 0,86 ja pumpun hyötysuhde 84 %. Uusilla vastaavilla ei päästä paljon parempiin tuloksiin. Uusi ABB:n IE3 luokan 200kW:n moottorin hyötysuhde on 96,5 % ja tehokerroin 87 %. Nimellisarvoilla verkosta otettu teho pienenee noin 2 kW. Uudessa pumpussa hyötysuhde ei muutu merkittävästi. Pumpun kulumisesta johtuvaa pumpun hyötysuhteen alenemista ei tässä opinnäytetyössä tutkittu. (ABB 2011; Strömberg.)

### **7.2 Päävesipumppu 1:n uusinta ja taajuusmuuttajan lisäys**

Uusimalla päävesipumppu 1 taajuusmuuttajakäyttöiseksi, on mahdollista parantaa vedenpumpun energiatehokkuutta ja käytävyyttä. Päävesipumppu 1 on tullut käyttöikänsä päähän ja varaosien saanti on huonoa. Pumpun uusinta on kuitenkin ajankohtaista ja löytämällä tähän sopivan kokoinen pumppu taajuusmuuttajakäytöllä energiankulutusta voidaan pienentää.

Yksi vaihtoehto on valita pumppu, jonka nostokorkeus on 42 m, tällöin saadaan pumpulle laajempi säätöalue. Suurempi pumppu tuottaa toki enemmän putkistohäviöitä kuin vanha pienempi pumppu, mutta sillä ei ole tässä merkitystä. Pumpun hyötysuhde pysyy alueella 80 - 85 % ja tilavuusvirta on 380 - 740 l/s. Kaikkia tilavuusvirtauksia ei kuitenkaan voida ajaa, joten sittenkin joudutaan käyttämään päävesipumpulla 2 on-off-säätöä, tai jonkun pumpun tuottoa tulee kuristaa tarpeen mukaan. Ajettavat alueet näkyvät kuviosta 20.



KUVIO 20. Tehdasveden pumppauksen kierroslukusäätöisen pumpun säätöalue

### 7.3 Ajotavan muuttaminen

Muuttamalla ajotapaa talvikuukausina siten, että päävesipumppu 3 toimii pääpumpuna, voidaan säästää kuristuksessa kuluvaa energiaa. Laskemalla kolmen edellisen vuoden tammikuun ja helmikuun keskiarvovirtauksista energiantarve uudelle ajotavalle, jossa on käytössä päävesipumppu 3 ja tarvittaessa päävesipumppu 2 on-off-säädöllä, saadaan energian säästöksi noin 600 MWh. Laskussa käytettiin päävesipumppu 2:n tehona 155 kW ja päävesipumppu 3:n tehona 485 kW. Tehot laskettiin mitoitetusta nostokorkeudesta ja tilavuusvirrasta.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kolmen vuoden ajalta kerätyissä vuorokausikulutuksissa on mittaus- ja tiedonsiirtovirheitä, joita on korjattu manuaalisesti. Todellista säätöpotentiaalia on vaikea arvioida tarkasti, koska kolmen vuoden ajalta ei ole saatavissa mittauksista tuntitason hetkellisarvoja. Vuorokausikeskiarvoista laskettu kuukausikeskiarvo ja kokonaisvirtaus eivät mahdollista tarkkaa tulosta. Tällä tavalla tarkasteltuna jäävät suuret muutokset huomioimatta veden tarpeessa. Suuntaa antavina tuloksia voi kyllä pitää.

Venttiileiden kuristus tulisi minimoida energian säästämiseksi. Venttiileiden kuristukset ovat selvät päävesipumpuilla 2, 3 ja 4. Muilla pumpuilla ei juuri kuristusta tapahdu.

Yhden pumpun muuttaminen kierroslukusäätöiseksi ei voi kattaa koko tarvittavaa säätöaluetta. Kahdella oikein mitoitettulla kierroslukusäätöisellä pumpulla voidaan ajaa kaikki tilavuusvirrat ilman kuristusta. Kahta kierroslukusäätöistä pumpua ei ole kuitenkaan taloudellista hankkia, koska investointikustannukset ovat suuret verrattuna energian säästöön. Jos nyt päädytään muuttamaan päävesipumppu 1 kierrosnopeussäätöiseksi, kannattaa päävesipumppu 3:a uusittaessa miettiä mahdollisesti sen muuttamista kierroslukusäätöiseksi. Investointikustannusten vuoksi sähkökäyttö tulisi tällöin muuttaa välijännitteeltä pienjännitteelle.

Parhaaseen tulokseen päästään, jos venttiilit eivät kurista minkään pumpun virtausta. Nopeat ja suuret vaihtelut veden tarpeessa asettavat säätötavalle haasteita. Jotta kuristussäätö saataisiin kokonaan pois käytöstä, tulee käyttäjän muuttaa ajossa olevaa pumpua tarpeen mukaan. Tämä aiheuttaa käyttäjälle jonkin verran lisää työtä tai ohjausjärjestelmään tulee tehdä muutoksia. On-off-säädöllä on mahdollista päästä kuristamattomiin virtauksiin. Automatiikan edelleen parantaminen edellyttää kuitenkin, että raakaveden virtausmittauksen mittaustarkkuutta ja mittaussuotettavuutta parannetaan.

## LÄHTEET

ABB esite. LV Process performance motors EN 05-2011. Pdf - dokumentti. Saatavissa:

[http://www05.abb.com/global/scot/scot234.nsf/veritydisplay/c4fabac2479e4a1dc125798a0024d79d/\\$file/Catalog%20Process%20perf%209AKK104556%20EN%2005\\_2011%20RevC.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot234.nsf/veritydisplay/c4fabac2479e4a1dc125798a0024d79d/$file/Catalog%20Process%20perf%209AKK104556%20EN%2005_2011%20RevC.pdf). Luettu 20.3.2013.

Borg, H. & Sarvanne, H. 1985. Sarlin uppopumppukirja. 2. painos. Helsinki: Oy E. Sarlin Ab.

Efora arkisto. Mappi 4669.

Efora lyhyesti. www-dokumentti. Efora intranet. Luettu 14.2.2013.

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P. & Pakkanen, H. 2000. Höyrykattilatekniikka. 5., Uusittupainos. Helsinki: Oy Edita Ab.

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2008. Voimalaitostekniikka. Helsinki: Opetushallitus.

Koskelainen, L., Saarela, R. & Sipilä, K. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Energiateollisuus ry.

Motiva. 2011. Energiatehokkaat pumput. Pdf - dokumentti saatavissa: [http://www.motiva.fi/files/5343/Energiatehokkaat\\_pumput.pdf](http://www.motiva.fi/files/5343/Energiatehokkaat_pumput.pdf). Luettu 20.3.2013.

Mälkiä, T. 2012 Suuret pumppaamot Suomessa. Kandidaatintyö Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Ympäristötekniikan koulutusohjelma.

Ojaniemi, S., 2010. Oulun tehdas ennen ja nyt. Www-dokumentti. Stora Enson intranet. Luettu 23.1.2013.

Ojaniemi, S. 2012. Yksi suurimmista ja nykyaikaisimmista. Www-dokumentti. Stora Enson intranet. Luettu 9.1.2013.

Sellun käyttöohjemapit. Stora Enson Intranet.

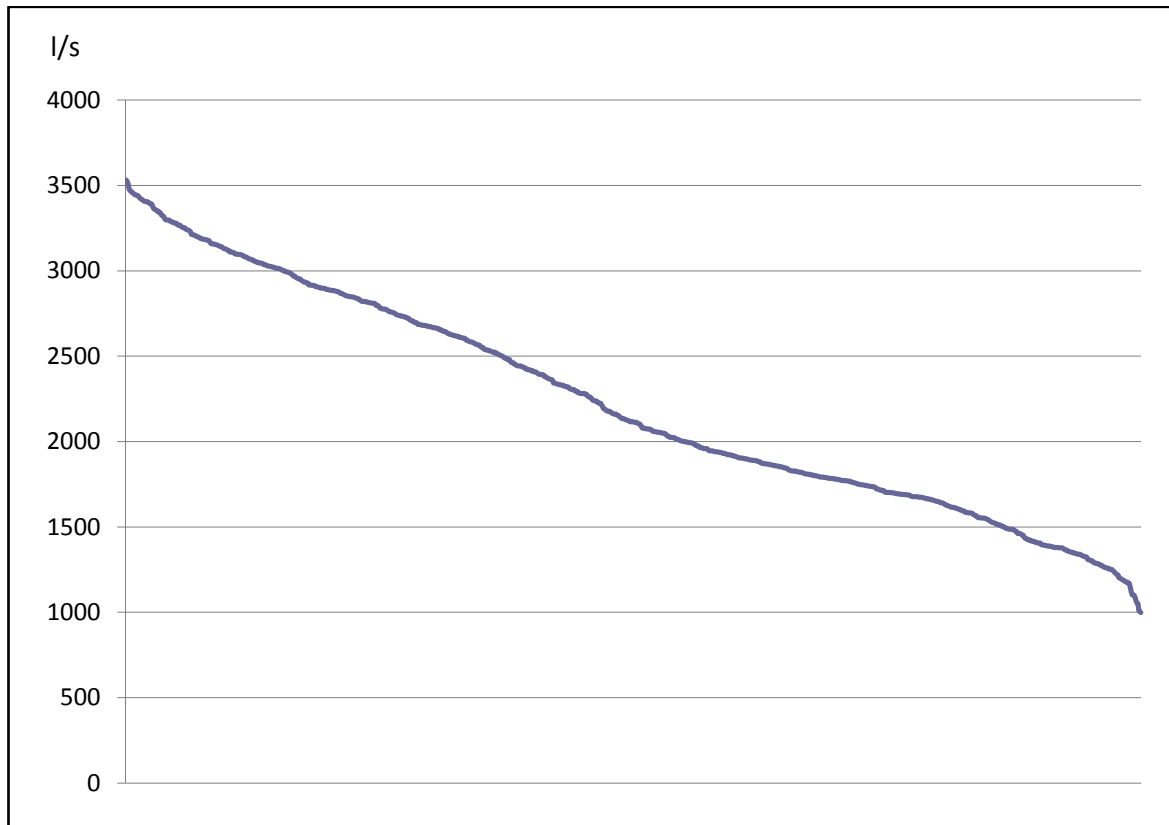
SFS 5342. Pumput. Nesteiden siirtoon käytettyjen pumppujen ryhmittely ja toimintaperiaatteet. 1982. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

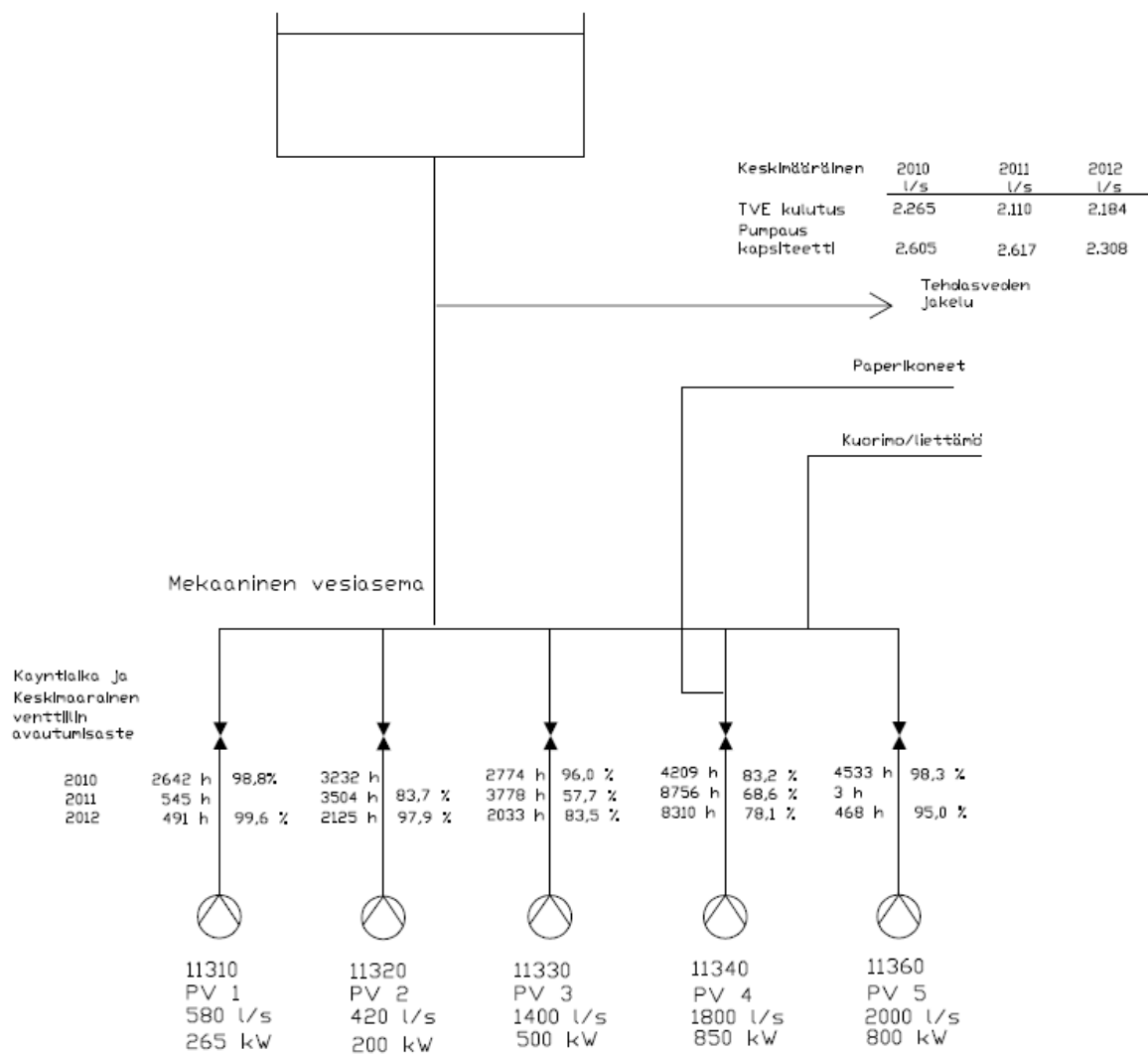
Stenhammar. P. 2008 Efora Yleisesittely –kalvosarja. Muutettu 2013. Luettu 12.2.2013.

Stora Enso. Stora Enso lyhyesti. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.storaenso.com/about-us/stora-enso-in-brief/Pages/Stora-Enso-lyhyesti.aspx>. Luettu 23.1.2013.

Strömberg. Esite HXUR 1 FI86-01. Oikosulkumoottorit.

Tehdasveden virtausmäärän päivittäisten keskiarvojen pysyvyyskäyrä vuosilta 2010 - 2012.

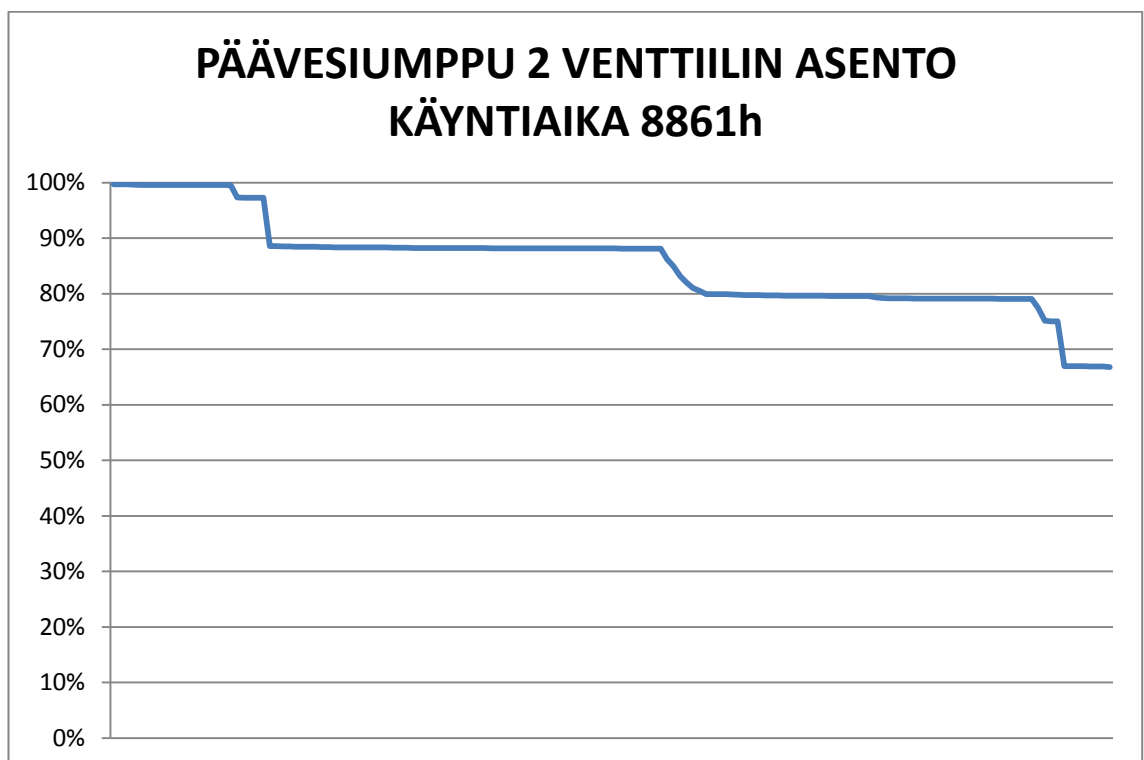
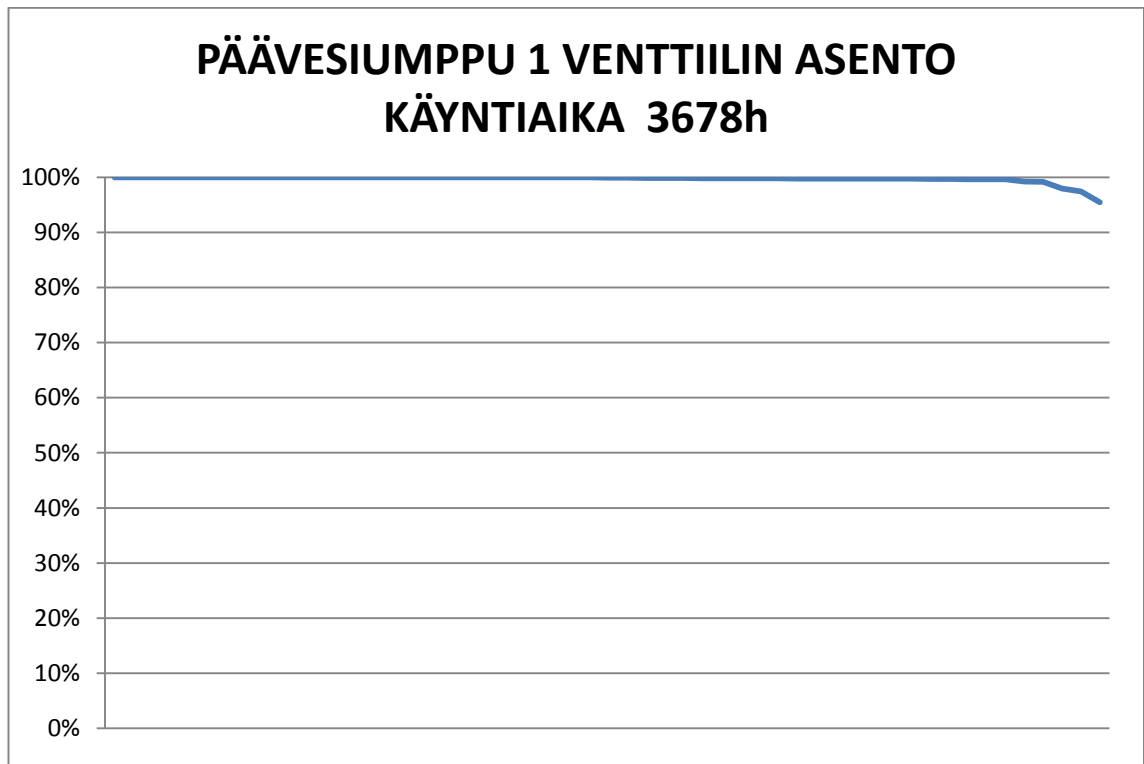




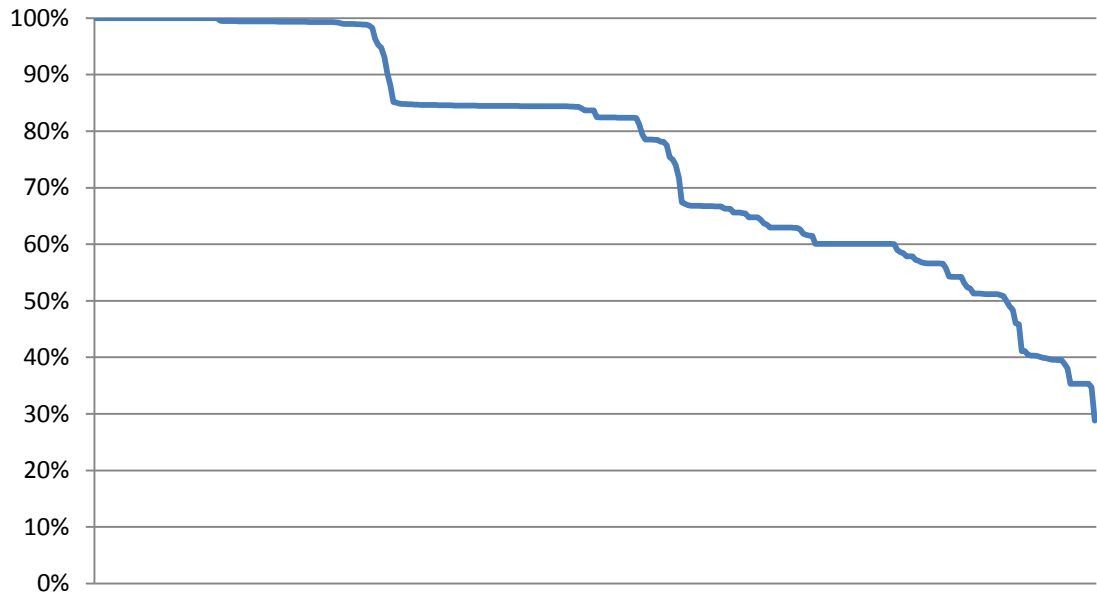
Stora Enso  
 Oulun tehtaat  
 Vesilaitos  
 Tehdasveden  
 Pumppaus



Päävesipumppujen kuristusventtiilien asennon pysyvyyskäyrät ja käyntitunnit kolmen vuoden aikana



### PÄÄVESIUMPPU 3 VENTTIILIN ASENTO KÄYNTIAIKA 8585h



### PÄÄVESIUMPPU 4 VENTTIILIN ASENTO KÄYNTIAIKA 21274h

