Lappeenrannan teknillinen yliopisto

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

BH10A0202 Energiatekniikan kandidaatintyö

Teollisuuden pumppausjärjestelmät ja niiden kehittämismahdollisuudet

Industrial pumping systems and development opportunities

Työn tarkastaja: Esa Vakkilainen

Työn ohjaajat: Juha Alamäki, Simo Hammo

Lappeenranta 20.2.2017

Pauli Nieminen

TIIVISTELMÄ

Opiskelijan nimi: Pauli Nieminen

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyön ohjaajat: Juha Alamäki, Simo Hammo

Kandidaatintyö 2017

40 sivua, 12 kuvaa, 5 taulukkoa

Hakusanat: pumppausjärjestelmä, energiatehokkuus, kunnonvalvonta, asiakastarpeet

Tämän kandidaatintyön päätavoitteina on käsitellä teollisuuden pumppausjärjestelmiä ja pohtia keinoja, joilla niitä voidaan kehittää mahdollisimman tehokkaasti nykyisillä toimintatavoilla sekä digitalisoitumisen myötä. Työn avulla voidaan tunnistaa uusia liiketoimintamahdollisuuksia, joita ABB voi hyödyntää pumppausjärjestelmien palveluntarjoajana.

Työssä pohditaan, miten pumput saadaan luotettaviksi ja tehokkaiksi. Työssä selvitetään pumppauksista aiheutuvia kustannuksia ja esitetään keinoja, joilla niitä voidaan vähentää. Toimivan ja kannattavan pumppausjärjestelmän mahdollistamiseksi, tarkastellaan myös energiatehokkuuden ja kunnonvalvonnan vaikutusta pumppausprosesseihin. Lopussa esitetään oleelliset asiakastarpeet ja pohditaan keinoja, joilla niihin voidaan vastata parhaiten.

Asiakkaiden priorisoimat asiat täytyy olla tiedossa ja niihin pitää vastata lisäarvoa tuottavilla tavoilla. ABB:lla täytyy olla asiantuntevaa osaamista pumppujen toiminnasta, mitoituksesta, ajamisesta, säätämisestä, kunnonvalvonnasta sekä järjestelmien muista komponenteista. Asiantuntemuksen avulla voidaan paikantaa pumppausjärjestelmien säästöpotentiaali ja tiedostaa, milloin järjestelmiin tarvitaan lisäinvestointeja, ja milloin toimintatapojen muutokset riittävät. Työssä esitetään pumppausjärjestelmien kartoituspalvelu, jonka ympärille ABB voi jatkossa kehittää sovelluskohtaisia palveluitaan.

Teollisuuden pumppausjärjestelmien valtavan käytönaikaisen energiantarpeen vuoksi niiden jatkuva kehittäminen on välttämätöntä. Asiakas osaa vaatia enemmän palveluiltaan, tiedostaen paremmin järjestelmiensä kehityskohteet. Asiakaslähtöinen yhteistyö on avainasemassa onnistuneelle liiketoiminnalle, yritysten liiketoimintamallien muuttuessa ja digitalisoitumisen myötä.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

SISÄLLYSLUETTELO

SYMBOLILUETTELO 5

1 JOHDANTO 6

2 TYÖN TAUSTAA 7

2.1 ABB Oy 8

2.2 Pumppausjärjestelmien merkitys ABB:lle 8

2.3 Teollisuuden käyttökohteet 9

3 PUMPUT 11

3.1 Keskipakopumpun rakenne ja toimintaperiaate 11

3.2 Ominaiskäyrä ja toimintapiste 13

3.3 Teho ja hyötysuhde 14

3.4 Säätö- ja kytkentätavat 15

3.4.1 Kuristussäätö 16

3.4.2 Ohivirtaussäätö 16

3.4.3 On/off-säätö 16

3.4.4 Pyörimisnopeussäätö 17

3.4.5 Rinnan ja sarjaan kytkentä 18

4 KUSTANNUKSET 19

5 ENERGIATEHOKKUUS 22

5.1 Vaikuttavat tekijät 22

5.2 Energiansäästölaskuri 23
6 KUNNONVALVONTA 26
6.1 Mittauslaitteet 28
6.2 Taajuusmuuttajan tuottama lisäarvo 29
7 ASIAKASLÄHTÖINEN KEHITYS 31
7.1 Asiakastarpeet 31
7.2 Arvon tuottaminen 32
7.3 Pumppausjärjestelmien kartoituspalvelu 35
8 JOHTOPÄÄTÖKSET 37
LÄHDELUETTELO 39

SYMBOLILUETTELO

Roomalaiset aakkoset

a	tehokkuuden parannus	[%]
b	osuus	[%]
E	energia	[MWh]
E_s	ominaisenergia	[kWh/m^3]
g	putoamiskiihtyvyys	[m/s^2]
H	nostokorkeus	[m]
h	hinta	[€]
h_s	ominaishinta	[€/MWh]
P	teho	[W]
p	paine	[Pa]
Q	tilavuusvirta	[m^3/s]
s	säästöt	[€]

Kreikkalaiset aakkoset

ρ	tiheys	[kg/m^3]
η	hyötysuhde	[-]

Alaindeksit

aks	akseli
e	sähkö
m	moottori
p	pumppu
s	säätö

1 JOHDANTO

Pumpuilla siirretään nestettä ja nostetaan sen painetta eri prosessien vaatimilla tavoilla. Pumput mahdollistavat isojen sellumassojen siirtämisen metsäteollisuudessa, turvaavat voimalaitosten jäähdytysveden saannin, toimivat öljynjalostusteollisuuden kulmakivenä ja suoriutuvat lukuisista muista tehtävistä. Runsaiden käyttökohteidensa vuoksi pumput kuluttavat maailmanlaajuisesti karkeasti viidesosan teollisuuden moottorikäyttöisestä sähköenergiasta (Brunner ja Waide 2011, 18.) ja kymmenesosan koko maailman sähköenergiasta (Motiva 2011, 5.). Digitalisoituminen, innovaatiot sekä uudet palvelustrategiat tarjoavat lukuisia mahdollisuuksia pumppujen käytön tehostamiseen ja näin sähkönkulutuksen merkittävään vähentämiseen. Tästä syystä pumppausjärjestelmien jatkuva kehittäminen tulisi olla monen teollisuuden toimijan yksi tärkeimmistä prioriteeteista.

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on käsitellä teollisuuden pumppausjärjestelmiä ja pohtia keinoja, joilla niitä voidaan kehittää mahdollisimman tehokkaasti nykyisillä toimintatavoilla sekä digitalisoitumisen myötä. Työn avulla voidaan tunnistaa myös uusia liiketoimintamahdollisuuksia, joita ABB voi hyödyntää pumppausjärjestelmien palveluntarjoajana.

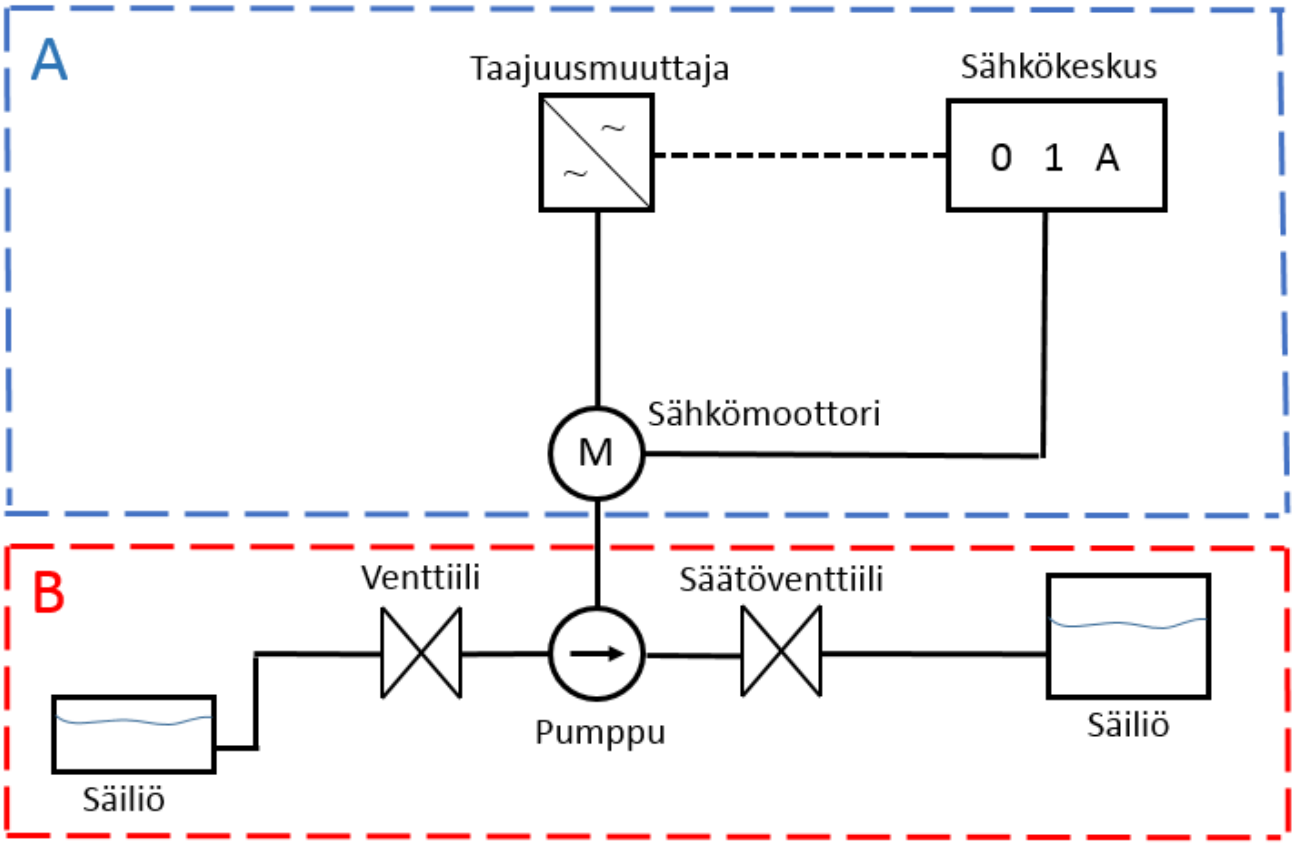
Työssä pohditaan pumppausjärjestelmien merkitystä ABB:lle sekä teollisuuden asiakkaille. Tämän lisäksi työssä selvitetään pumppauksen kustannuksia ja pohditaan keinoja, joilla niitä voidaan vähentää. Toimivan ja kannattavan pumppausjärjestelmän ylläpitämiseksi, tarkastellaan myös energiatehokkuuden ja kunnonvalvonnan vaikutusta pumppausprosesseihin. Lopuksi esitetään konkreettinen toimintaehdotus, jonka ympärille ABB voi kehittää uusia palveluitaan pumppausjärjestelmien luotettavuuden ja tehokkuuden lisäämiseksi.

Työ on tehty yhteistyössä ABB:n ja Lappeenrannan teknillisen yliopiston kanssa. Työssä painotetaan asiakaslähtöisten keinojen lisäämistä, jotta teollisuuden pumppausjärjestelmiä voidaan edistää. Jatkuvasti kehittyvillä toimintatavoilla vahvistetaan ABB:n ja asiakkaiden välistä yhteistyötä, minkä avulla voidaan varmistaa kilpailukyky palveluiden tarjoajana nyt ja tulevaisuudessa.

2 TYÖN TAUSTAA

Pumppauksen toimivuutta, energiatehokkuutta ja kunnonvalvontaa tarkasteltaessa on tärkeää ottaa huomioon koko pumppausjärjestelmä kokonaisuutena. Pumppausjärjestelmän energiatehokkuuteen vaikuttaa eniten pumpun, putkiston sekä sähkömoottorin mitoitus ja energiatehokkuus. Luotettavuutta edistetään säännöllisillä huolloilla, kunnonvalvonnalla, sekä ennaltaehkäisevillä toimenpiteillä pumppausjärjestelmän optimaalisen käytön varmistamiseksi.

Tässä työssä tarkastellaan erityisesti pumpun ja pumppausprosessin roolia pumppausjärjestelmässä. Kuvassa 2.1 on tyypillisen pumppausjärjestelmän lohkokaavio, jossa taajuusmuuttaja on vaihtoehtoinen komponentti. Kuvan A-osuus kuvaa ABB:n ydintoimintaa pumppausjärjestelmien suhteen. Tässä työssä tarkastellaan enemmän kuvan B-osiota, eli pumppua ja pumppausprosessia.



Kuva 2.1: Pumppausjärjestelmän lohkokaavio

2.1 ABB Oy

ABB on johtava teknologian edelläkävijä, jonka tarjonta kattaa niin sähköistystuotteet, robotit ja liikkeenohjauksen kuin teollisuusautomaation ja sähköverkkoratkaisut. Asiakkaat ovat teollisuus-, energia-, liikenne- ja infrastruktuurialoilla. ABB toimii yli 100 maassa ja työllistää noin 135 000 henkilöä. Suomessa ABB toimii noin 20 paikkakunnalla. Tehdaskeskittymät sijaitsevat Helsingissä, Vaasassa, Porvoossa ja Haminassa. Suomessa ABB työllistää noin 5 000 henkilöä, minkä lisäksi ABB on pääkaupunkiseudun suurin teollinen työnantaja. (ABB 2017)

ABB syntyi vuonna 1988, kun ruotsalainen ASEA ja sveitsiläinen BBC Brown Boveri yhdistyivät. ABB:n suomalainen historia alkaa jo vuodesta 1889, kun Oy Strömberg Ab perustettiin. Oy Strömberg Ab siirtyi ASEAN omistukseen vuonna 1987, minkä jälkeen ABB syntyi vuotta myöhemmin.

2.2 Pumppausjärjestelmien merkitys ABB:lle

Suomessa ABB valmistaa ja myy paljon erilaisia taajuusmuuttajia, sekä sähkömoottoreita. ABB:n Drives- ja Motors and Generators -liiketoimintayksiköissä keskitytään niiden valmistukseen ja kehitykseen. ABB ei ole pumppujen valmistaja, mutta pumppujen lisääntyvä tarve edistää moottoreiden ja taajuusmuuttajien myyntiä, sillä pumpun käytössä tarvitaan usein ABB:n sähkömoottoria ja taajuusmuuttajaa.

Pumppuvalmistajat on suuri asiakasryhmä ABB:lle, minkä vuoksi on tärkeää tietää pumppuihin liittyvistä liiketoimintamahdollisuuksista, jotka voivat seurata pumppausjärjestelmiin kohdistuvien haasteiden eliminoimisesta ja mahdollisuuksien hyödyntämisestä. Tämän lisäksi on tärkeää tietää jo ennalta, millaisia tarpeita asiakkailla on pumppausjärjestelmiensä suhteen. Tiedon avulla voidaan luoda ja kehittää palveluita sekä tuotteita asiakkaan näkökulmasta. Kuvasta 2.1 nähdään, miten esimerkiksi ABB:n sähkömoottori voidaan kytkeä tyypilliseen teollisuudessa käytettyyn keskipakopumppuun.

Kuva 2.1: Keskipakopumppu kytkettynä sähkömoottoriin (Promaint 2015)

ABB:lla on useita pumppujen toimintaan liittyviä ohjelmistoja. Pumpun hyötysuhteen tai toimintapisteen voi määrittää helposti niiden avulla, jotta pumppu toimisi luotettavasti ja tehokkaasti. Sen lisäksi esimerkiksi EnergySave-ohjelmiston avulla voidaan määrittää vuotuiset energiansäästöt ja taajuusmuuttajan investoinnin takaisinmaksuaika pumppausprosessia tarkastelemalla. EnergySave-ohjelmistoa on tarkasteltu enemmän luvussa 5.

2.3 Teollisuuden käyttökohteet

Pumppausjärjestelmiä käytetään teollisuudessa aina kun nestettä täytyy siirtää tai muuttaa sen vallitsevaa tilaa. Teollisuuden eri prosesseissa käytettävä nesteen määrä on valtava ja näin myös pumppujen sekä pumppausjärjestelmien tarve on suuri. Pumput soveltuvat monen eri nesteen pumppaamiseen aina jätevedestä öljynjalostusprosesseihin ja kemianteollisuuden tarpeisiin.

Pumppuja tarvitaan monissa teollisuus- ja yhdyskuntasovelluksissa, erityisesti erilaisten tuotteiden valmistusprosesseissa, joissa pumput kuluttavat sähköenergiaa merkittävästi. Sähkönkulutuksen kokoluokan selvittämiseksi pumpun kuluttamaa sähköenergiaa voidaan verrata eri teollisuuden alojen laitosten kuluttamaan kokonaissähköenergiaan. Taulukkoon 2.1 on koottu pumppujen kuluttaman

sähköenergian osuus koko laitoksen sähköenergiankulutuksesta. Taulukon lukuarvot on määritetty valtaosan Yhdysvaltojen tuotantolaitosten energiavirtojen avulla (Department of Energy 2010).

Taulukko 2.1: Pumppujen sähkönkulutuksen osuus eri teollisuudenalojen laitosten kokonaissähkönkulutukseen verrattuna

Alumiini	2 %
Sementti	6 %
Kemikaalit	19 %
Tietokone ja elektroniikka	6 %
Metallien jalostus	9 %
Ruoka ja juoma	11 %
Metsä ja puu	31 %
Valimot	3 %
Lasi	8 %
Rauta ja teräs	4 %
Koneet	10 %
Öljynjalostus	59 %
Muovit ja kumi	9 %
Tekstiilit	12 %
Kuljetuskalusto	8 %
Koko teollisuus	18 %

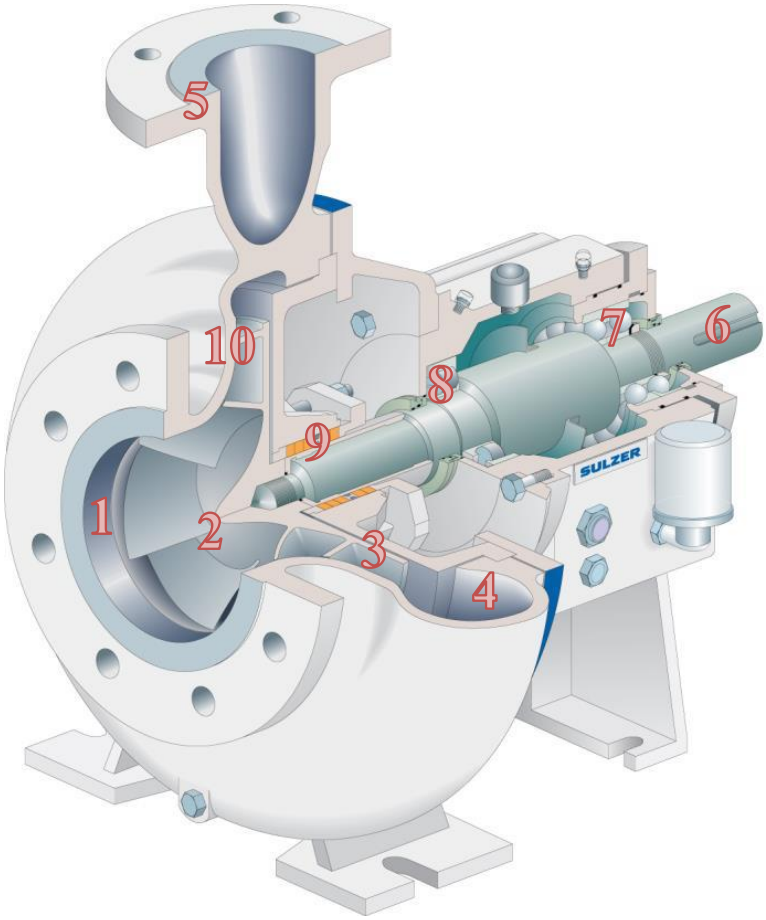
Taulukon 2.1 avulla nähdään, missä teollisuudenaloista pumppujen kehityspotentiaali voi olla suurimmillaan. Esimerkiksi öljynjalostuksessa, metsäteollisuudessa sekä kemikaaliteollisuudessa pumppujen kuluttaman sähköenergianosuus on erityisen suuri laitosten toiminnan kannalta. Pumppujen osuus laitosten sähkönkulutuksesta voi vaihdella huomattavasti myös samalla teollisuudenalalla. Tähän vaikuttaa merkittävästi esimerkiksi pumppujen tehokkuus, luotettavuus ja säätötavat. Tämän vuoksi ABB:n tuottamilla palveluilla ja tuotteilla pumppausjärjestelmiin voidaan vaikuttaa merkittävästi laitosten kannattavuuteen.

3 PUMPUT

Pumppu on mekaaninen laite, jolla siirretään väliaineita, useimmiten nesteitä. Pumpulla muutetaan nesteelle annettu liike-energia paine-energiaksi, minkä avulla neste saadaan prosessin kannalta tarvittavaan tilaan. Erilaisia pumpputyyppejä on useita, mutta yleisimpiä ovat erilaiset keskipako-, aksiaali-, diagoneali-, mäntä- sekä kiertopumput (Ryti 1976, 361.).

3.1 Keskipakopumpun rakenne ja toimintaperiaate

Keskipakopumppu on teollisuuden yleisimmin käytetty pumpputyyppi. Sen osuus käytetyistä teollisuuden pumpuista on noin 80 % (Motiva 2011, 7). Sen runsas käyttö perustuu sen laajaan soveltuvuuteen eri nesteiden pumppauksessa. Kuvassa 3.1 on Sulzerin tyypillinen keskipakopumppu. Kuvaan on numeroitu pumpun keskeisimmät osat ja ne on listattu taulukkoon 3.1.



Kuva 3.1: Keskipakopumppu ja sen tärkeimmät osat (Sunair 2017)

Taulukko 3.1: Keskipakopumpun tärkeimmät osat

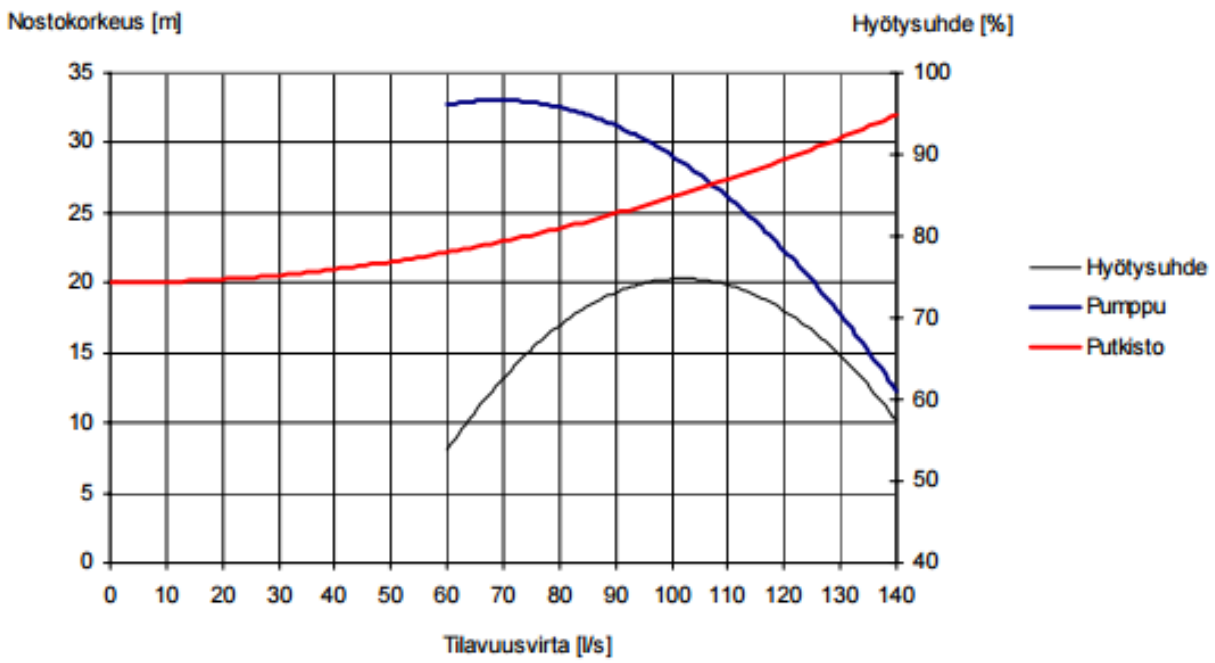
	Osan nimi
1	Pesä
2	Juoksupyörä
3	Juoksupyörän siivet
4	Kierukkapesä
5	Paineyhde
6	Akseli
7	Laakeripesä
8	Vierintälaakerit
9	Tiivisteet
10	Tiivisterengas

Tyypillisesti sähkömoottori on kytkettynä pumppuun, ja se tuo akselille tarvittavan tehon pumpun pyörittämiseksi. Tämän jälkeen akseli välittää tehon kytkimestä juoksupyörään. Pumpun toimiessa pyörä antaa nesteelle kehän tangentin suuntaisen nopeuskomponentin, jolloin nesteen paine pyörässä kasvaa keskipakovoiman vaikutuksesta. Sen ansiosta neste pääsee paineputkeen ja voittaa korkeus-eron, virtausvastukset ja vastassa olevan paineen. Nesteen poistuessa juoksupyörän kehältä pyörän keskustaan virtaa uutta nestettä imuputken alapäässä vaikuttavan paineen ansiosta. Tätä seuraa jatkuva virtaus pumpun lävitse. Juoksupyörän jälkeen neste virtaa ympäröivään kierukkapesään, jonka tehtävä on vastaanottaa nestevirta ja ohjata se paineyhteen kautta paineputkeen. (Wirzenius 1977, 52.)

Juoksupyörän ja pesän välillä täytyy olla rako, jotta pyörä voi pyöriä pesässä. Tämän välyksen kautta nestettä pääsee vuotamaan painepuolelta takaisin pyörän imupuolelle. Siitä seuraa sisäistä häviötä, joka heikentää pumpun suorituskykyä. Vuotovirtausta pyritään rajoittamaan tekemällä pyörän ja pesän välinen rako pieneksi. Välyksen kohtaan pumpun pesään sijoitetaan tiivisterengas, jonka avulla välys voidaan järjestää tarvittavan kokoiseksi. Kulunut tiivisterengas on yleensä vaihdettava, jotta pumpun suorituskyky säilyy hyvänä. Pyörivän akselin ja kiinteän pesän välillä täytyy olla myös tietty välys. Akselin läpimenoreikä tiivistetään tiivisteillä, jotta neste ei pääsisi sitä kautta vuotamaan ulos pumpusta tai ettei ilmaa pääsisi vuotamaan pumpun sisään. (Wirzenius 1977, 53.)

3.2 Ominaiskäyrä ja toimintapiste

Pumput mitoitetaan niin, että ne toimivat prosessin kannalta parhaalla mahdollisella hyötysuhteella. Kun pumppua käytetään vakiopyörimisnopeudella, sen tehontarve, nostokorkeus, hyötysuhde ja tarvittava imukorkeus riippuvat tilavuusvirrasta. Kuvasta 3.2 nähdään nostokorkeuden, eli käytännössä pumpulta saadun tehon, lasku tilavuusvirran kasvaessa. Pumpun ominaiskäyrään ja toimintapisteen paikkaan vaikuttaa virtausmäärä, pumpun teho, nostokorkeus, sekä putkiston häviöt. Pumpun ominaiskäyrä kuvaa pumpun toimintaa prosessissa. Toimintapiste on pumpun ja putkiston ominaiskäyrien leikkauspiste. Toimintapisteen avulla saadaan määritettyä pumpun ideaaliset toiminta-arvot, joilla pumpun tehokkuus on parhaimmillaan. (Motiva 2011, 9.)



Kuva 3.2: Tyypillisen pumpun ja putkiston ominaiskäyrät sekä hyötysuhdekäyrä (Taskinen 2010, 6.)

Tarkasteltaessa kuvan 3.2 tapausta, saadaan pumpun toimintapisteen avulla tilavuusvirraksi 107 litraa sekunnissa ja nostokorkeudeksi 27 metriä. Hyötysuhdekäyrän avulla nähdään pumpun hyötysuhteen olevan kyseisessä toimintapisteessä 75 prosenttia. Jos prosessin olosuhteet muuttuvat, myös pumpun toimintapiste muuttuu. Tämän vuoksi on tärkeää tarkistaa pumpun toimintapiste sopivin väliajoin, jotta pumpun käyttö olisi mahdollisimman tehokasta.

3.3 Teho ja hyötysuhde

Pumpun tarvitsemaan tehoon vaikuttavat pumpattavan aineen tiheys, tilavuusvirta, nostokorkeus, putoamiskiihtyvyys ja pumpun hyötysuhde yhtälön 1 mukaisesti. Vaihtoehtoisesti tiheyden, putoamiskiihtyvyyden ja nostokorkeuden voi korvata paineella yhtälön 2 mukaisesti.

Tilavuusvirtaan ja nostokorkeuteen voidaan vaikuttaa tehostamalla pumppausjärjestelmää. Hyötysuhteeseen vaikutetaan valitsemalla käyttöarvoihin soveltuvin pumppu. Pumpattava aine ja sen ominaisuudet määräytyvät tarvittavan prosessin mukaan, joten niihin ei pääsääntöisesti voi vaikuttaa. (Motiva 2011, 14)

$$P_{\text{aks}} = \frac{\rho \cdot Q \cdot H \cdot g}{\eta_p} \tag{1}$$

Jossa	P_{aks}	Pumpun akseliteho	[W]
	ρ	Pumpattavan aineen tiheys	[%]
	Q	Tilavuusvirta	[m^3/s]
	H	Nostokorkeus	[m]
	g	Putoamiskiihtyvyys	[m/s^2]
	η_p	Pumpun hyötysuhde	[%]

$$P_{\text{aks}} = \frac{Q \cdot p}{\eta_p} \tag{2}$$

Jossa	p	Paine	[Pa]

Pumpun hyötysuhde vaihtelee useimmiten välillä 20-90 %:a. Pienillä tuotoilla myös hyötysuhde on alhainen. Kun pumpataan nesteitä, joiden viskositeetti tai tiheys on suurempaa kuin veden, pumpun tehontarve kasvaa. Pumppua valittaessa on tärkeää tarkastaa, että pumppu toimii mahdollisimman hyvän hyötysuhteen alueella valitussa mitoituspisteessä ja toiminta-alueella. Täten pumpun hankinnassa voidaan vaikuttaa pumpun hyötysuhteeseen parhaiten valitsemalla oikea käyttöpiste pumpun mitoituspisteeksi sekä huomioimalla pumpun tarvittava toiminta-alue. (Motiva 2011, 16)

Pumpun hyötysuhteeseen vaikuttavat hydrauliset-, vuoto- ja mekaaniset häviöt. Häviöt aiheutuvat esimerkiksi venttiileistä, putkiston komponenteista, taivutuksista sekä jako- ja liitoskohdista. Kun

pumpun akseliteho on saatu laskettua pumpun hyötysuhteen avulla, pumpun ottama sähköteho saadaan yhtälön 3 mukaisesti.

$$P_{\mathrm{e}} = \frac{P_{\mathrm{aks}}}{\eta_m \cdot \eta_s} \tag{3}$$

Jossa	P_{e}	Pumpun ottama sähköteho	[W]
	η_{m}	Sähkömoottorin hyötysuhde	[%]
	η_{s}	Säädön hyötysuhde	[%]

Maailmanlaajuisesti moottorikäyttöisestä sähkönkulutuksesta kuluu 19 %:a erilaisiin pumppauksiin (Brunner ja Waide 2011, 18.). Tämän vuoksi on tärkeää etsiä erilaisia keinoja sähkönkulutuksen vähentämiseen. Usein pumpun oikea mitoitus riittää huomattaviin säästöihin sähkönkulutuksessa ja näin pumppujen käyttämää sähköenergiaa saadaan vähennettyä merkittävästi.

3.4 Säätö- ja kytkentätavat

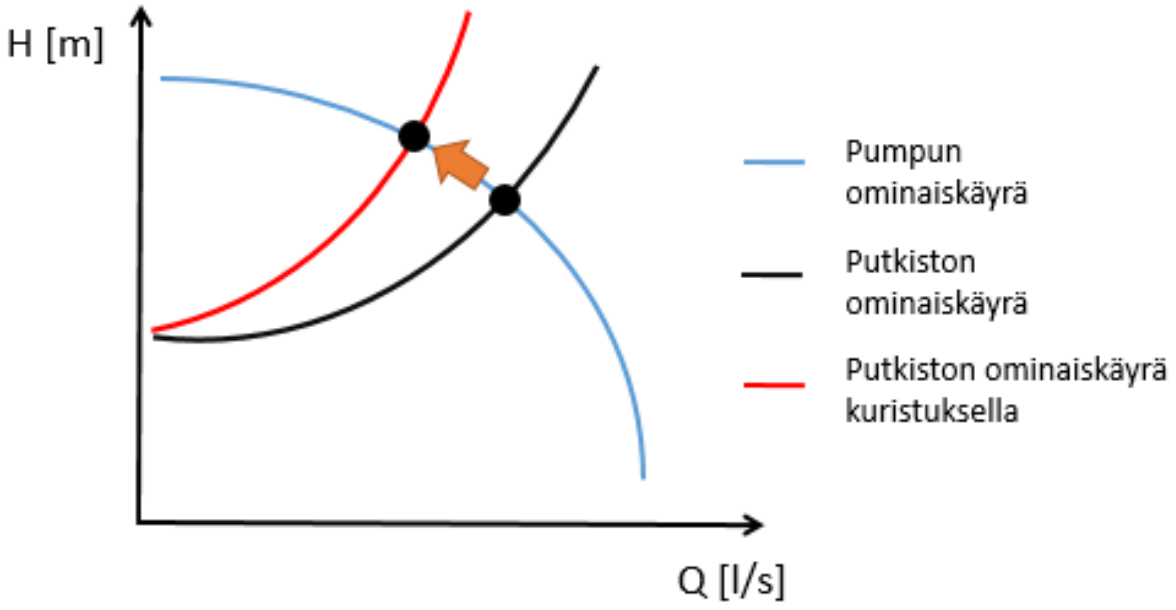
Pumppua voi säätää ja ajaa monella eri tavalla pumppaustarpeesta riippuen. Pumpun säätötavan valintaan voi vaikuttaa esimerkiksi pumppausprosessi, energiatehokkuus, huoltovarmuus tai käyttäjäkokemus. Säätötapa kannattaa valita tarkoin, sillä se vaikuttaa paljon pumppausprosessin hyötysuhteeseen, sekä energiatehokkuuden kautta suoraan kustannuksiin.

Pumppu ja sähkömoottori ovat usein suorakäyttöisiä, eli kytkettyinä suoraan sähkökeskukseen, jos pumppua ei tarvitse säätää. Suorakäyttöisten pumppujen etuna on niiden luotettavuus ja niitä suositaan esimerkiksi silloin, kun ei haluta ylimääräisiä sähkökomponentteja pumppausjärjestelmiin tai säätötarpeen ollessa pieni. Toisaalta, kun pumppua tarvitsee säätää, taajuusmuuttaja kannattaa asentaa säätämään sähkömoottorin pyörimisnopeutta ja sitä kautta myös pumpun pyörimisnopeutta energiatehokkuuden varmistamiseksi. ABB:n kokemuksen mukaan taajuusmuuttajan hyötysuhde on noin 98 % mallista riippuen, mutta säätämisessä koituvat säästöt tekevät sen käytöstä kannattavaa. Taajuusmuuttajan avulla voidaan myös säätää pumppausprosessi mahdollisimman vähäkulutteiseksi, jos prosessia ei tarvitse ajaa maksiminopeudella.

3.4.1 Kuristussäätö

Kuristussäätö on hyvin perinteinen säätötapa. Suurta osaa pumppausprosesseista on säädetty kuristussäädöllä jo vuosikymmeniä, vaikka energiankulutuksen kannalta se ei olekaan kannattavin ratkaisu. Säätö kohdistuu putkistoon, jossa paineputkessa oleva säätöventtiili suljetaan osittain. Tällöin

puristus ja nostokorkeus kasvavat ja tilavuusvirta pienenee. Virtausta rajoitetaan venttiilillä kasvattaen painehäviötä, jolloin tilavuusvirtaa voidaan säätää. Tätä kautta pumppauksen häviöt kasvavat ja pumpun hyötysuhde kärsii, mutta pumppua voi ajaa vakionopeudella. Kuristussäädön vaikutus toimintapisteeseen nähdään kuvasta 3.2.



Kuva 3.2: Kuristussäädön vaikutus pumpun toimintapisteeseen

3.4.2 Ohivirtaussäätö

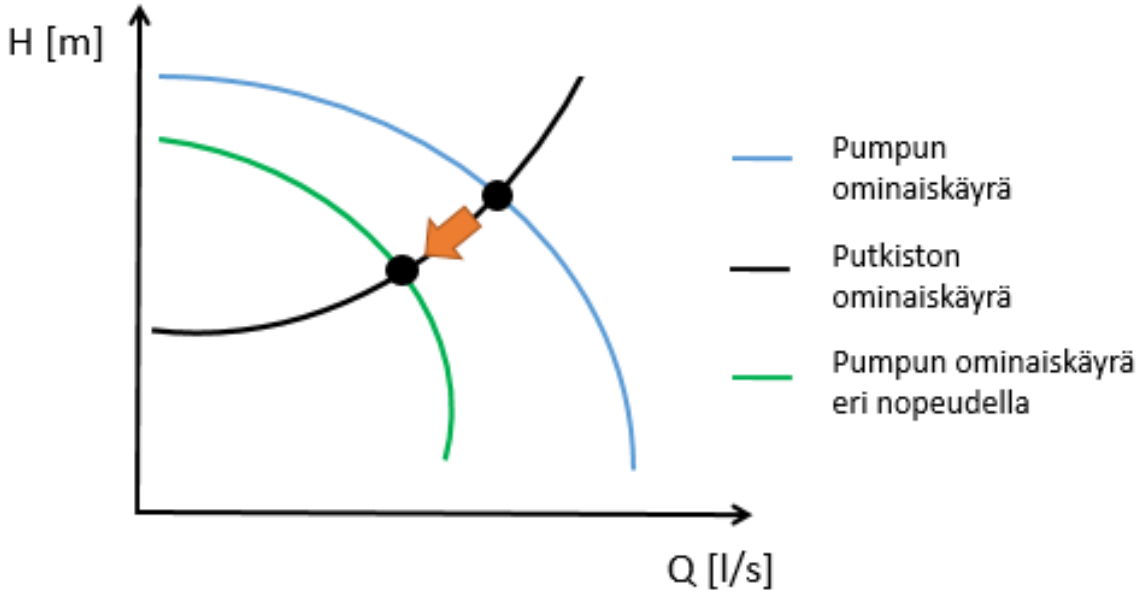
Ohivirtaus on yksi pumpun häviöllisimmistä säätötavoista. Sitä voidaan käyttää esimerkiksi silloin kun nesteen virtausta pitää rajoittaa ilman, että nesteen ominaisuudet muuttuvat. Ohivirtaussäätöä käytettäessä osa virtauksesta johdetaan pumpun painepuolelta takaisin imupuolelle, jolloin pumppu kierrättää osan nesteestä edestakaisin. Kierrätetty neste muuttuu käytännössä tehohäviöksi, minkä vuoksi tämä säätötapa ei ole kovin kannattava.

3.4.3 On/off-säätö

Nimensä mukaisesti on/off-säädöllä tarkoitetaan pumpun kytkemistä päälle ja pois päältä. Pumppua ajetaan yleensä parhaan hyötysuhteensa alueella suurella teholla, kunnes pumppu voidaan laittaa pois päältä. On/off-säätöä käytetään esimerkiksi silloin kun paine tai pinta säiliössä halutaan pitää tiettyjen rajojen sisällä. Tämä säätötapa on toimiva silloin kun pumppausprosessin nopeutta ei tarvitse säätää.

3.4.4 Pyörimisnopeussäätö

Pyörimisnopeussäätö on nykyään pumpun suosituin ja ylivoimaisesti energiatehokkain säätötapa. Tähän säätötapaan tarvitaan taajuusmuuttajaa pumpun pyörimisnopeuden säätämiseen. Siitä koituu lisäinvestointi, mutta sen takaisinmaksuaika on kuitenkin melko lyhyt. Taajuusmuuttajalla muutetaan pumpun käyttämän sähkön taajuutta, jolloin pystytään vaikuttamaan suoraan sähkömoottorin pyörimisnopeuteen, ja siten myös pumpun pyörimisnopeuteen (Motiva 2011, 9.). Pyörimisnopeutta säätämällä pumpun kierrosluvut voidaan pitää lähellä mitoituspistettä eri virtausmäärillä, jolloin pumpun hyötysuhde pysyy korkeana. Tällä säätötavalla voidaan vastata vaihteleviin pumpun tuotantovaatimuksiin, sekä tuottaa hyvinkin paljon vaihteleva virtaus. Kuvassa 3.3 näkyy, miten pyörimisnopeussäätö vaikuttaa pumpun toimintapisteeseen.



Kuva 3.3: Pyörimisnopeussäädön vaikutus pumpun toimintapisteeseen

Pyörimisnopeussäätöön voidaan käyttää vaihtoehtoisesti myös nestekytkimiä. Niitä on vieläkin käytössä monissa laitoksissa niiden luotettavuuden vuoksi. Nestekytkin ei ole herkkä muusta ohjaustekniikasta tuleville häiriöille, mutta sen suosiota laskee toimintarajoitukset sekä suuret kunnossapitokustannukset (Motiva 2011, 9.). Tämän lisäksi taajuusmuuttajien jatkuva kehitys ja lisääntyvä suosio vähentävät nestekytkimien tarvetta.

3.4.5 Rinnan ja sarjaan kytkentä

Pumput toimivat parhaiten kohtuullisen lähellä niiden mitoituspistettä. Pumput voidaan saada toimimaan paremmin optimialueillaan järjestelmissä, joissa tarvittava tilavuusvirta ja nostokorkeus vaihtelevat suuresti, kytkemällä pumput joko rinnan tai sarjaan. Rinnankäytössä neste johdetaan molempien pumppujen imupuolelle erikseen ja nesteet yhtyvät painepuolella. Tällöin pumpattu vesimäärä kasvaa nostokorkeuden pysyessä lähes samana. Kahden pumpun rinnanajosta saatu hyöty ei ole välttämättä kovin suuri, jos paineputki on ahdas ja sisältää suuria virtausvastuksia. Kaksi erikokoista pumppua voidaan kytkeä rinnan, jos niitä ei ajeta samanaikaisesti. Sarjakäytössä pumput kytketään peräkkäin, jolloin neste voidaan ohjata edellisen pumpun painepuolelta seuraavan imupuolelle. Sarjaan kytketyissä pumpuissa tuottoa vastaavat nostokorkeudet lasketaan yhteen. (Motiva 2011, 10-11.)

4 KUSTANNUKSET

Pumppujen kustannukset jakautuvat investointiin, energiankulutukseen, kunnossapitoon ja tuotannonmenetyksiin. Pumppausjärjestelmästä ja -prosessista riippuen kyseiset kustannukset jakautuvat hieman eri tavoin. Lähes kaikissa pumppausjärjestelmissä on yhteistä kuitenkin se, että investointikulut ovat melko pieniä energiankulutuksesta aiheutuviin kuluihin nähden. Kuvassa 4.1 on tyypillisen teollisuuspumpun elinkaarikustannusten jakauma.

Kuva 4.1: Tyypillisen teollisuuspumpun elinkaarikustannusten jakauma (Promaint 2016)

Kuvan 4.1 avulla voidaan todeta, että pumpun käytöstä aiheutuvat kustannukset muodostavat merkittävimmän osuuden koko elinkaarikustannuksista. Tästä syystä huonon hyötysuhteen pumppu kuluttaa investoinnissa säästyvät kustannukset moninkertaisesti vuosien varrella. Vastaavasti käyttökustannuksissa voidaan säästää huomattavasti ajamalla pumppua hyvän hyötysuhteen alueella.

Pumppauksen käytöstä aiheutuvissa kustannuksissa voi säästää myös pitämällä nostokorkeuden mahdollisimman pienenä. Pumpun tarvitsemaan nostokorkeuteen voidaan vaikuttaa putkiston painehäviöitä pienentämällä, jakamalla pumppausta pienemmille apupumpuille, säätämällä pumppausta energiatehokkaasti ja muuttamalla prosesseja mahdollisuuksien mukaan. (Motiva 2011, 14.)

Pumpun tehostamisesta koituvat säästöt voidaan tuoda konkreettisesti esiin esimerkkilaskun avulla. Tyypillisen nettolämpöteholtaan 250 MW sellutehtaan vuosittaiseksi sähkönkulutukseksi voidaan arvioida noin 270 GWh vuodessa (Itä-Suomen Ympäristölupavirasto 2006, 28.). Pumppujen on todettu kuluttavan noin 30 %:a koko laitoksen sähköenergiasta metsäteollisuudessa, jolloin pumppujen vuosittainen sähkönkulutus olisi 81 GWh vuodessa. Sähkön hankintahinta voi olla tyypillisesti Suomessa esimerkiksi 32 €/MWh (Nordpool 2017). Pumppuihin kuluvat kustannukset voidaan laskea yhtälön 4 avulla.

$$h = E \cdot h_s \tag{4}$$

Jossa	h	Pumppujen kuluttaman sähkön hinta	[€]
	E	Pumppujen tarvitsema energia	[MWh]
	h_s	Verkkoon myytävän sähkön ominaishinta	[€/MWh]

Sijoittamalla arvot yhtälöön 4, saadaan pumppujen vuosittain kuluttaman sähkön hinnaksi:

$$h = 81\,000\ MWh \cdot 32 \frac{€}{MWh} = 2\,592\,000\ €$$

Pumppujen kuluttama sähköenergia tulee vuosien varrella melko kalliiksi. Pumppujen käytöstä koituviin kustannuksiin voidaan kuitenkin vaikuttaa erilaisilla toimenpiteillä ja lisäinvestoinneilla. Pumpun säätötapa vaikuttaa merkittävästi sähkönkulutukseen. Tämän vuoksi taajuusmuuttajan asennuksesta koituvat pumppausprosessin energiansäästöt voivat olla jopa useita kymmeniä prosentteja sovelluksesta riippuen. Tämän lisäksi erittäin korkeanluokan energiatehokkuutta vastaavan sähkömoottorin, IE3 tai IE4, vaihtaminen vanhan sähkömoottorin tilalle vähentää pumppausprosessin sähkönkulutusta tyypillisesti useita prosentteja. Pumpun oikeanlainen mitoitus parhaan hyötysuhteensa alueelle vähentää pumpun häviöitä merkittävästi ja tällöin myös sähkönkulutus pienenee.

Tehtaissa voi olla satoja tai tuhansia pumppuja ja pumppausjärjestelmiä. Pumpuista osan säästöpotentiaali on toisia enemmän. Keskittymällä varsinkin tehtaan isokokoisimpien pumppujen tehostamiseen, koituvat säästöt voivat olla merkittävät. Isoina pumppuina voidaan ajatella esimerkiksi yli 30 kW pumppuja. Näiden kuluttama sähköteho voi ABB:n kokemuksen mukaan olla jopa 90 % laitoksen kaikista pumpuista, vaikka pienempiä pumppuja olisikin lukumäärällisesti enemmän. Oletetaan, että

edes puolet tehtaan isoista pumpuista saadaan toimimaan 20 %:a tehokkaammin esimerkiksi säätötapaa parantamalla, sähkömoottoria päivittämällä, tai mitoittamalla pumppu uudelleen. Tällöin pumpun tehostamisesta koituvat vuotuiset säästöt saadaan yhtälön 5 avulla.

$$s = h \cdot a \cdot b \tag{5}$$

Jossa	s	Pumpun tehostamisesta koituvat vuotuiset säästöt	[€]
	a	Energiatehokkuuden parantaminen pumpuissa	[%]
	b	Osuus tehtaan tehostetuista pumpuista	[%]

Sijoittamalla arvot yhtälöön 5, saadaan sähkönkulutuksen vähentämisen vuotuisiksi säästöiksi:

$$s = 2\,592\,000\ € \cdot 20\ \% \cdot 45\ \% = 233\,280\ €$$

Säästöt olisivat merkittäviä vuositasolla, koko pumpun elinkaaresta puhumattakaan. Isokokoisissa tehtaissa pumppujen kuluttama sähköenergia voi olla moninkertainen, jolloin säästöt olisivat myös merkittävästi suurempia. Pumppujen tehostaminen ei kuitenkaan ole aina yksinkertaista tai vaivatonta. Haastavinta on selvittää, missä pumpuissa tai prosessin osa-alueissa on suurin säästöpotentiaali ja kuinka paljon sitä on. Tämän vuoksi täytyy jatkuvasti kehittää tehokkaampia keinoja pumppausjärjestelmien säästöpotentiaalin paikantamiseen ja sen suuruuden selvittämiseen.

5 ENERGIATEHOKKUUS

Pumput kuluttavat suuren osan teollisuusprosessissa prosessiin tarvittavasta sähköenergiasta, minkä vuoksi pumppausprosessin tehostaminen on yksi tärkeimmistä tavoista vähentää sähkönkulutusta teollisuusprosesseissa. Pumppausprosessin tehostamiseksi on tärkeää tietää, miten käyttö- ja kunnossapitokustannuksia voidaan vähentää, sillä ne ovat huomattavasti hankintakustannuksia suurempia.

5.1 Vaikuttavat tekijät

Pumppauksen energiatehokkuuteen vaikuttaa esimerkiksi pumppauksen käyttö ja säätötapa, putkiston kunto, pumpun mitoitus, pumppujen sähkömoottorit, pumppujen huolto, kunnonvalvonta sekä pumppausprosessin kertavastukset. Kertavastukset, kuten venttiilit tai putkimutkat, synnyttävät paine-eron, joka lisää pumppaustehon tarvetta. Pumppaustehon lisääntyvä tarve, tuoton pysyessä samana, kasvattaa pumppauksen häviöitä.

Pumppauksen säätötavalla voidaan vaikuttaa suoraan pumppausprosessin häviöihin ja kykyyn vastata vaihteleviin pumppaustarpeisiin. Pumppausprosessin häviöitä voidaan laskea myös varmistamalla putkistojen hyvä kunto. Putkiston tulisi olla tiivis ja venttiileistä ja muista kertavastuksista tulevat häviöt pitäisi saada minimoitua. Pumppauksen energiatehokkuutta voidaan lisätä myös vähentämällä turhaa ylimääräistä pumppausta. Osa pumpuista voidaan sammuttaa kokonaan määräajaksi sekä erilaisten jäähdytys-, tiivistys-, ja huuhteluvesien vedenkulutusta voidaan vähentää prosessia häiritsemättä.

Pumpun mitoitus ja toimintapiste vaikuttavat merkittävästi pumpun hyötysuhteeseen. Hyötysuhdetta laskee usein pumpun ylimitoitus, joka johtuu usein tarpeesta lisätä varomarginaali mitoituslaskelmiin. Pumpun ylimitoituksella varmistetaan pumpun luotettava toimivuus ja jätetään tuotannolle mahdollinen kasvuvara. Samalla kuitenkin tingitään hyvin paljon pumppauksen energiatehokkuudesta. Ylimitoitus voidaan korjata esimerkiksi pienentämällä pumpun juoksupyörää tai hankkimalla uusi pumppu.

Pumppausjärjestelmän energiatehokkuuden arviointiin käytetään ominaisenergiaa E_s. Ominaisenergian avulla nähdään, kuinka tehokkaasti nestettä voidaan siirtää pumpulla. Ominaisenergia lasketaan yhtälön 6 mukaisesti.

$$E_\mathrm{s} = \frac{P_\mathrm{e}}{Q} \tag{6}$$

Jossa E_s pumpun ominaisenergia [kWh/m^3]

Lappeenrannan teknillisen yliopiston laboratoriossa mitattiin keskipakopumpun toiminta-arvoja veden pumppauksessa. Kun keskipakopumppua ajettiin sähköteholla 11 kW, tilavuusvirta oli 150 m^3/h. (Punnonen 2016) Tällöin pumpun ominaisenergia saadaan sijoittamalla arvot yhtälöön 6:

$$E_s = \frac{11\,kW}{150\,\frac{m^3}{h}} = 0{,}07\,\frac{kWh}{m^3}$$

Mitä pienempi pumpun ominaisenergia on, sitä tehokkaammin nestettä voidaan siirtää. Tässä tapauksessa pumppu kuluttaa 0,07 kilowattituntia kuutiometriä kohden. Tapauksen pumppu siirtää vajaa 15 kuutiometriä vettä yhdellä kilowattitunnilla sähköä. Pumppausprosessia tehostamalla ominaisenergiaa voitaisiin pienentää ja tällöin nestettä voitaisiin siirtää enemmän kilowattituntia kohden.

5.2 Energiansäästölaskuri

ABB:lla on monia ohjelmistoja, joiden avulla voidaan määrittää toimivia ja tehokkaita pumppausjärjestelmiä. Yksi niistä on EnergySave, jonka avulla voidaan arvioida taajuusmuuttajan asentamisesta koituvia energiansäästöjä. EnergySave-laskuri tarkastelee energiansäästöjä ideaalissa tilanteessa, mutta laskurin avulla saa silti hyvän yleiskäsityksen taajuusmuuttajan mahdollisista hyödyistä, kun suunnitellaan pumppausjärjestelmiä käytännössä.

Taulukkoon 5.1 on koottu pumppausjärjestelmän oleellisimmat tiedot, kuten virtaus, nostokorkeus, aikaisempi säätötapa ja kuormituskäyrä. Laskuriin syötetyt tiedot on arvioitu ABB:n esimerkkipumppauksen perusteella. Taajuusmuuttajan investointikustannukseen sisältyy verollinen hankintahinta sekä asennus- ja käyttöönottokustannukset. Tietojen avulla EnergySave-laskuri laskee ideaaliselle tapaukselle vuotuiset energiansäästöt ja taajuusmuuttajan takaisinmaksuajan, jotka ovat näkyvissä kuvassa 5.1.

Taulukko 5.1: EnergySave-ohjelmistoon valitut asetukset

Nimellinen virtaama	1100 m3/h	**Säätötapa**	Kuristussäätö
Nimellinen nostokorkeus	33 m	**Kuormituskäyrä**	Normaalijakauma
Enimmäisnostokorkeus	44 m	**100 % virtaus**	5 %
Staattinen painekorkeus	1 m	**90 % virtaus**	10 %
Pumpunhyötysuhde	88 %	**80 % virtaus**	15 %
Nesteen tiheys	1000 kg/m3	**70 % virtaus**	20 %
Tarvittava moottoriteho	123,6 kW	**60 % virtaus**	20 %
Moottoriteho	130 kW	**50 % virtaus**	15 %
Moottorinhyötysuhdeluokka	IE1	**40 % virtaus**	10 %
Käyttöjännite	400 V	**30 % virtaus**	5 %
Vuotuiset käyttötunnit	8760 h	**ABB:n tuoteperheet**	ACQ810
Energian hinta	0,1 €/kWh	**Investointikustannus**	7 500,00 €
CO_2 päästöjen muuntokerroin	0,5 kg/kWh		

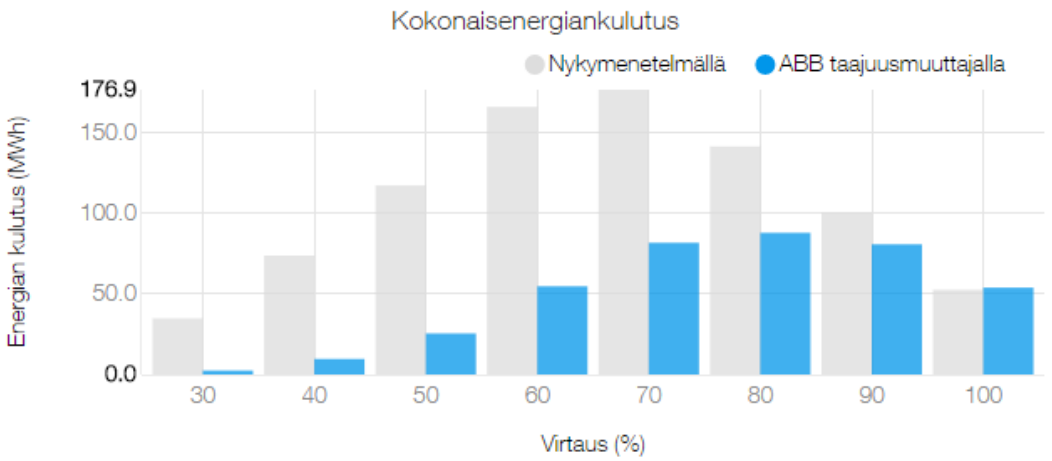


ABB:n tuoteperheet	ACQ810-04-240A-4
Vuotuiset energiansäästöt	467.0 MWh
Vuotuinen energiankulutus nykyisellä ohjausmenetelmällä	864.1 MWh
Vuotuinen energiankulutus ABB-taajuusmuuttajaohjauksella	397.0 MWh
Vuotuinen energiansäästöprosentti	54 %
Vuotuiset sähköenergiansäästöt	46 701 €
Suora takaisinmaksuaika	1 kuukausi, 28 päivää
CO_2-päästövähennys	234 t/vuosi

Kuva 5.1: EnergySave-työkalun avulla lasketut vuotuiset energiansäästöt (ABB 2017)

Kuvasta 5.1 huomataan vuotuisen sähköenergiansäästön olevan vajaa 47 000 €, eli moninkertainen taajuusmuuttajan investointikustannukseen verrattuna. Tämä johtuu lähinnä siitä, että taajuusmuuttajalla voidaan säätää prosessia huomattavasti kuristussäätöä tehokkaammin. Virtauksen ollessa 100 %:a, kuristussäädön energiankulutus on hieman vähäisempää taajuusmuuttajakäyttöön verrattuna. Muulloin taajuusmuuttajan energiankulutus on huomattavasti vähäisempää. Taajuusmuuttajan takaisinmaksuaika on vain noin kaksi kuukautta tässä esimerkkitapauksessa, mutta jos pumppausprosessin säätötarve vähenee, taajuusmuuttajan takaisinmaksuaika pitenee. Siitä huolimatta taajuusmuuttajan hankinta erityisesti tämän kaltaiseen säädettävään prosessiin on varsin kannattavaa.

Taajuusmuuttajaa voidaan joskus pitää riskitekijänä prosessille. Aikaisemmin taajuusmuuttajiin saattoi tulla melko usein vikoja tai ongelmia, jotka koituivat kalliiksi tuotannonmenetysten vuoksi. Tämä on osasyy siihen, miksi taajuusmuuttajalta saatuihin ideaalisiin vuosisäästöihin suhtaudutaan usein hyvin kriittisesti. Nykyään kuitenkin taajuusmuuttajien luotettavuuteen on voitu panostaa entistä enemmän, jolloin taajuusmuuttajat pikemminkin lisäävät pumppausjärjestelmien luotettavuutta. Taajuusmuuttajalta saatujen tietojen avulla voidaan nykyään lisätä sekä pumppausprosessin luotettavuutta, että sen energiatehokkuutta. Tästä syystä taajuusmuuttajan käyttö on usein järkevää myös järjestelmissä, joissa pumppua ei tarvitse säätää.

6 KUNNONVALVONTA

Kunnonvalvonta on osa kunnossapitoa, jossa arvioidaan käynnissä olevan koneen tai laitteen kuntoa erilaisilla analyyseilla ja teknisillä mittausmenetelmillä. Kunnonvalvonnan tavoitteena on määrittää koneen tai laitteen jäljellä oleva luotettava käyttöaika. Kunnonvalvonnan avulla pyritään saamaan ennakoitavaa tietoa alkavasta vikaantumisesta, jotta voidaan välttää odottamattomasta laiterikosta johtuvat tuotannon seisokit sekä taloudelliset menetykset. Tarvittavat korjaukset pyritään aikatauluttamaan suunniteltuihin seisokkeihin. Kunnonvalvonta voi olla joko jatkuvaa tai määrävälein tehtävää. (MIP 2017)

Pumppu on suunniteltu ja testattu toimimaan luotettavasti ja turvallisesti siinä käyttökohteessa, mihin se on tarkoitettu. Pumpussa on painetta kantavia rakenteita ja pyöriviä osia, jolloin mahdollisuus vaaratilanteisiin on olemassa. Tästä syystä laitteiden kuntoa tulee valvoa ja kuluvat osat täytyy vaihtaa säännöllisesti tai tarpeen tullessa. Alla olevassa kuvassa 6.1 on keskipakopumpun huoltoon saapuva ja huollettu tiiviste. (Promaint 2014)

Kuva 6.1: Huollettu ja huoltoon saapuva tiiviste (Promaint 2014)

Pumpun käynnin aikana on seurattava säännöllisesti pumpun spiraalipesän, laakeripesän, akselitiivisteen, tiivistepesän sekä moottorin lämpötiloja. Seuraamalla pumpun ääniä ja värähtelyä sekä pumpun nostamaa painetta, virtausmääriä ja moottorin tehontarvetta saa hyvän käsityksen laakereiden ja muiden kuluvien osien kunnosta ja kulumisesta. Tämän avulla voidaan ennakoida esimerkiksi välyksen säätötarve tai osien vaihtotarve. (Promaint 2014)

Pumpun yleisimmät huoltoa vaativat kohteet ovat akselitiiviste, laakeri ja juoksupyörä. Akselitiiviste vikaantuu helposti, jos pumpun käytössä tai ohjauksessa ilmenee ongelmia. Tiivistys voi pettää, jos pumpattavaa nestettä ei ole pumpun sisällä tai tiivistysvesilinja on suljettuna. Lisäksi tiivistepinnoissa voi olla voimakasta kulumista, jos pumpattavassa nesteessä on paljon epäpuhtauksia. Laakeroinnissa ilmenevät ongelmat ja viat voivat johtua liiallisesta voitelusta tai voitelun puutteesta, mekaanisista ongelmista värähtelyn ja lämpötilan noustessa, tai korroosiosta. Syitä tähän voi olla esimerkiksi tekemättä jäänyt kytkimen linjaus, pumpun väärä ajopiste tai paineellisen veden joutuminen laakerointiin pumpun pesun yhteydessä. (Promaint 2014)

Juoksupyörän kuntoon vaikuttaa usein pumpun kavitointi, jota voidaan ehkäistä kunnonvalvonnan avulla. Kavitointia ilmenee pumpussa, jos pumpattavan nesteen paine jossain kohdassa alittaa paineesta ja lämpötilasta riippuvan kylläisen paineen. Tällaisessa tilassa nesteeseen syntyy höyrykuplia, joiden tiivistyminen jälleen nesteeksi paineen noustessa aiheuttaa nopean tilavuuden pienenemisen. Tällöin neste iskeytyy pumpun pintaa vasten suurella nopeudella. Tällaisten iskujen toistuva osuminen samalle alueelle pumpussa kuluttaa pintoja ja aiheuttaa pumpun yllättävän nopean toimintakyvyn heikkenemisen. (Wirzenius 1977, 100.)

Pumppaavien osien kuluminen voi johtua myös pumpun väärästä toimintapisteestä, väärästä pyörimisnopeudesta, vääräntyyppisestä tai -kokoisesta juoksupyörästä, tai väärästä pumpun tai tiivisteiden materiaaleista. Loppukäyttöpaikalle tehdystä asennuksesta saattaa vielä jälkikäteen ilmetä virheitä, jotka huomataan vasta pumpun käyttöönoton jälkeen. Tällaisia virheitä voivat olla esimerkiksi pumpun linjauksen puute, moottorin väärä pyörimissuunta, putkistojen tuennat ja kiinnitykset sekä suorittamatta jäänyt pumpun kiinnityksen tarkistus. Pumpun tukkeutuminen voi olla myös syynä pumpun rikkoutumiseen tai tuotto-ongelmiin erityisesti jätevesisovelluksissa. Pumpun sisään päässeet isot epäpuhtaudet saattavat jumittua juoksupyörän siipien väliin ja aiheuttaa epätasapainoa. Pumpattava neste voi myös kerrostua pumppaavien osien pinnoille, jolloin pumpun tuotto vähenee selvästi. Virtaus pyritäänkin pitämään mahdollisimman tasaisena, jotta neste kulkeutuu hyvin pumpun lävitse. Huomioitavaa on myös, että pumpattavassa nesteessä saattaa ilmetä odottamatonta kaasu- ja ilmapitoisuuden kasvua, jolloin virtaus ja nostokorkeus laskevat. Tällöin pumpun tuotto romahtaa, jos sitä ei ole otettu ennalta huomioon. (Promaint 2014)

6.1 Mittauslaitteet

Onnistunut kunnonvalvonta perustuu pumpun osien tarkkailuun, niihin tehtyihin ennaltaehkäiseviin toimenpiteisiin ja mahdollisten tulevien vikojen ennakointiin. Tällöin pumpun osien elinkaari pitenee ja vältetään prosessin ylimääräisiä alasajoja. Säännöllisiä pumpun vikaantumisen ennaltaehkäiseviä toimenpiteitä ovat muun muassa lämpötilan- ja tärinän mittaukset, laakereiden säännöllinen voitelu, akseli- ja muiden tiivisteiden seuranta, tehon tarkkailu, pinnallinen pesu, korroosio- ja kulumistarkastukset, painepuolen paineen tarkkailu, venttiiliä vasten pumppaamisen estäminen, sekä mahdollisten vuotojen etsintä pumpussa ja putkistossa.

Pumppujen kunnonvalvontaan käytetään sekä kiinteitä, että kannettavia mittauslaitteita. Kiinteitä mittauslaitteita ovat esimerkiksi virtaus-, virta-, jännite-, paine-, sekä tehomittarit. Sen lisäksi käytetään muun muassa paine-, pyörimisnopeus- ja lämpötilaosoittimia, sekä kiihtyvyys- että tärinäanturreita. Kiinteät mittauslaitteet lähettävät mittausdatan yleensä valvomoon, jossa sitä voidaan tarkastella ja arvioida.

Kannettavilla mittauslaitteilla käydään pumpun vieressä ottamassa mittausdata ja sen avulla nähdään suoraan tarvittavia tunnuslukuja pumpun toiminnasta. Kannettavia mittauslaitteita ovat esimerkiksi värinämittauslaitteet, lämpötilamittarit, pyörimisnopeusmittarit, melumittarit ja ultraäänimittauslaitteet. Kuvasta 6.2 nähdään, miten pumpun värinämittaus voidaan suorittaa. Värinämittarilla voidaan valvoa pumpun laakereiden ja muiden pyörivien osien kuntoa.

Kuva 6.2: Pumpun värinämittaus Fluke 805 värinämittarilla (Fluke 2017)

Pumpun ottama teho eri toimintapisteissä tulisi tarkistaa säännöllisin väliajoin, jotta voidaan varmistaa pumpun toimivan energiatehokkaasti ja luotettavasti. Pumpuilla on myös tietyt hälytysrajat toiminta-arvoilleen, joiden avulla saadaan selville pumpun mahdollinen haitallinen toiminta.

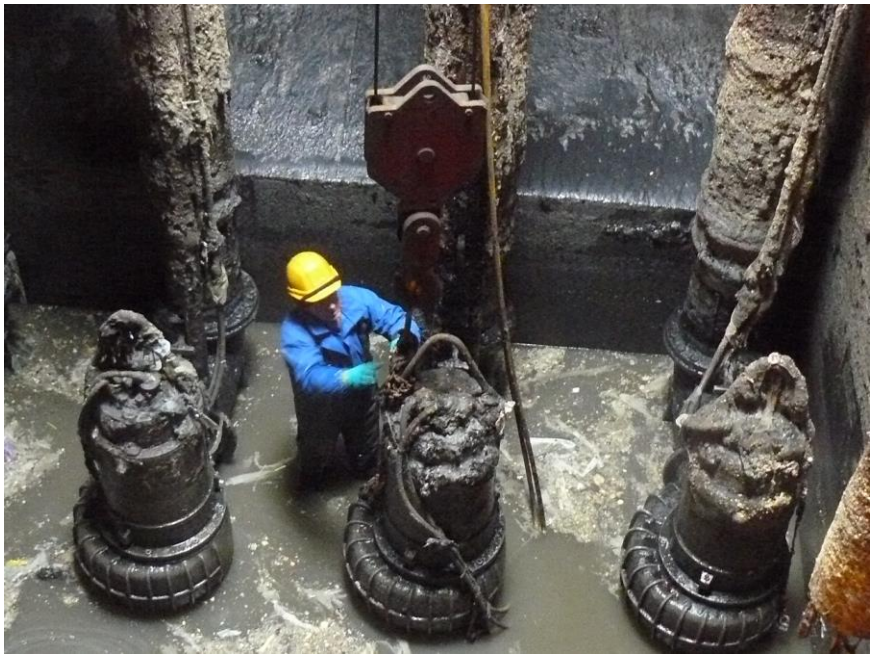
6.2 Taajuusmuuttajan tuottama lisäarvo

Usein pumppausjärjestelmään on liitettynä taajuusmuuttaja, jolta saadaan pumpun, moottorin ja pumppausprosessin mittaustietoja. Niiden avulla voidaan huomata pumpun ja moottorin huollon tarpeet sekä mahdolliset vikaantumiset. Tämän lisäksi taajuusmuuttaja havaitsee pumpun haitallisen ja tehottoman toiminnan ja taajuusmuuttajalta saatujen tietojen perusteella voidaan tehdä tarvittavat jatkotoimenpiteet ongelmien ratkaisemiseksi. Varsinkin uusissa pumppausjärjestelmissä taajuusmuuttajia suositaan siitä saadun älyn ja järjestelmien automatisoitumisen vuoksi. Pumppausjärjestelmän muidenkin komponenttien ollessa ajan tasalla, taajuusmuuttajan asentaminen onnistuu varsin huolettomasti.

Taajuusmuuttaja helpottaa pumppujen kunnonvalvontaa merkittävästi. Taajuusmuuttajalla saadaan näkyviin koko pumppukäyrä, jonka avulla nähdään heti jos käyrä muuttuu ajan kuluessa lisääntyneiden kertavastusten, virtauksen tai paineen vuoksi. ABB:n taajuusmuuttajien kehityspäällikön mukaan taajuusmuuttajilta saadaan tietoon heti muun muassa oikosulku, ylivirtaus, tarvittavat moottoritiedot, pumpun lämpötilat, sulkusuojaus, vuotoindikaatiot ja kuluminen. Tämän lisäksi taajuusmuuttaja voi toimia energiatehokkuusmittarina, edellyttäen että pumpun toimintapiste tunnetaan vääntömomentin ja pyörimisnopeuden avulla. Taajuusmuuttajaa hyödyntämällä saadaan selville onko pumppu mitoitettu oikein ja toimiiko se parhaan hyötysuhteen alueella.

Taajuusmuuttajan avulla voidaan määrittää tarkat pumpun läpi kulkevat virtausmäärät sekä ajaa pumppua virransäästötilassa silloin kun tuotannontarve on pieni. Taajuusmuuttajan käytön kannattavuutta täytyy kuitenkin tarkastella aina sovelluskohtaisesti. Esimerkiksi jätevesisovelluksissa virtausnopeuden optimointi saattaa lisätä pumpun riskiä mennä tukkoon irtoaineksen tullessa aikaisempaa pienemällä nopeudella pumpun lävitse. Tämä ongelma voidaan kuitenkin ratkaista tarkoituksenmukaisella taajuusmuuttajalla, kuten ABB:n ACQ810-mallilla. Taajuusmuuttaja havaitsee virtaushäiriöt ja lian kerääntymisen juoksupyörään. Tällöin taajuusmuuttaja voi puhdistaa pumpun juoksupyörän ajamalla nestettä muutaman kerran edestakaisin. Tälläinen toiminto olisi tullut tarpeelliseksi kuvan

6.3 jätevesilaitoksessa, jossa pumput menivät tukkoon taajuusmuuttajan laskettua prosessin virtausnopeutta. Ajan myötä irtoaines kerääntyi pumpun juoksupyörään, sillä aineen liike-energia ei enää riittänyt pumpun läpäisemiseen.



Kuva 6.3: Jätevesilaitoksen pumppujen tukkeutuminen olisi voitu estää paremmalla taajuusmuuttajalla (Emerson 2016)

Pumppausjärjestelmän mittaustietojen hyödyntämisessä kannattaa käyttää pilvipalveluita, jotta pumpun käyttöhistoriaa sekä toiminta-arvoja voidaan analysoida helposti ja tehokkaasti. Tämän avulla voidaan lisätä hyviä kunnonvalvontapalveluita erilaisten varoitusten, hälytysten ja toimenpiteiden tarkkailuun ja suorittamiseen etänä. Taajuusmuuttaja voi lähettää tarvittavat tiedot suoraan analysoitaviksi ja prosessoida osaa tiedoista itsekin. Pilvipalveluiden ja teollisen internetin hyödyntäminen pumppausjärjestelmissä onnistuu ilman taajuusmuuttajaa, mutta sen avulla järjestelmien hyödyntämisestä tulee huomattavasti helpompaa.

7 ASIAKASLÄHTÖINEN KEHITYS

Teollisuudessa asiakkaiden vakiintuneisiin toimintatapoihin vaikuttaa monet asiat, kuten laitosten ja pumppausjärjestelmien käyttökohteet, käyttäjäkokemukset, järjestelmien nykyinen tila sekä uuden teknologian hyödyntämistarve. Tässä luvussa pohditaan, minkälaisia tarpeita asiakkailla on, miten ne voidaan selvittää, sekä miten niihin voidaan vastata järjestelmien kehittämiseksi. Tämän lisäksi esitetään pumppausjärjestelmien kartoituspalvelu, jonka avulla voidaan tuottaa asiakkaille konkreettista lisäarvoa.

7.1 Asiakastarpeet

Asiakkaat kiinnittävät huomionsa pumppausjärjestelmissä useaan eri asiaan. Tämän vuoksi on tärkeää panostaa asioihin, joita asiakkaat priorisoivat. Pumppausjärjestelmän tärkeimpinä ominaisuuksina on usein pidetty tuotanto- ja huoltovarmuutta. Pumppauksen täytyy toimia moitteettomasti suunnitelluilla toiminta-arvoilla ja tuotantokatkoksilta pitää pystyä välttymään. Säännöllisillä huolloilla varmistetaan se, että järjestelmä ei kohtaa ylimääräisiä alasajoja, joista aiheutuisi suuria taloudellisia menetyksiä. Tästä syystä on tärkeää tuoda esiin kunnonvalvonnasta koituvat hyödyt ja osoittaa, miten kunnonvalvontaa hyödyntämällä voidaan välttyä tuotannonkatkoksilta.

Monet asiakkaat menevät tuotannossaan tuote edellä, jolloin tuotantotehokkuus vaikuttaa merkittävästi yrityksen menestykseen. Asiakkaan täytyy pystyä tuottamaan tiettyjä tuotteita, kuten paperirullia, halutulla volyymillä, jolloin tässä tapauksessa sellun pumppaustarve määräytyy sen mukaan. Volyymin vaihtelevuuden vuoksi pumppujen luotettava ja tehokas säätäminen on hyvin tärkeää. Pumppua kannattaa voida ajaa pienemmällä teholla erityisesti silloin, kun pumppaustarve on vähäistä sähkönkulutuksen hillitsemiseksi.

Energiatehokkuutta tarkastellaan yleensä vasta sen jälkeen, kun pumppausjärjestelmä toimii tuotantovarmasti ja -tehokkaasti. Siitä huolimatta energiatehokkuuteen kannattaa kiinnittää huomiota, sillä yhä useimmissa pumppausjärjestelmissä energiatehokkuuden avulla voidaan vaikuttaa merkittävästi sekä tuotantovarmuuteen, että tuotantotehokkuuteen. Tästä hyvä esimerkki on taajuusmuuttajan käyttö pumppauksen säädössä. Tällöin energiatehokkuus lisääntyy ja sähkönkulutus pienenee, säädettävä virtaus kuormittaa vähemmän pumppua, pumpun toiminta-arvojen seuraaminen helpottuu sekä pumppu säilyy pitkään hyvänä tuottaen virtausta halutulla tavalla.

Koko pumppausjärjestelmä sisältää pumpun, putkiston, sähkömoottorin ja taajuusmuuttajan lisäksi sähköjohdot, anturit, venttiilit ja muut tarvittavat komponentit. Pumppausjärjestelmän hankinnan lisäksi se täytyy asentaa, testata ja ottaa käyttöön. Tästä syystä koko järjestelmän uusiminen kerralla voi tuntua melko isolta investoinnilta. Aina ei kuitenkaan tarvitse vaihtaa kaikkia komponentteja hyvän järjestelmän saamiseksi, sillä usein vanhojakin järjestelmiä voidaan hyödyntää varsin hyvin yhteensopivuuksien sallimissa rajoissa.

Asiakkaan on hyvä myös tiedostaa, että pumppausjärjestelmä ei välttämättä ole tehokas ainoastaan pumpun, sähkömoottorin ja taajuusmuuttajan toimiessa energiatehokkaasti. Putkiston, venttiileiden ja muiden kertavastusten rooli koko pumppausjärjestelmän energiatehokkuudessa on merkittävä. Kertavastuksista koituvat häviöt saattavat ylittää muiden komponenttien energiatehokkuudesta koituvat säästöt. Tämän vuoksi pumppausjärjestelmää täytyy tarkastella kokonaisuutena ja pitää huoli, että muutokset todella lisäävät koko järjestelmän energiatehokkuutta ja helpottavat energiankulutuksen hallintaa.

Taloudelliset ratkaisut voivat olla, ja usein ovatkin, pumppausjärjestelmän parhaat ratkaisut. Ratkaisut pitää kuitenkin pystyä toteuttamaan ilman liian monimutkaisia järjestelmiä sekä tinkimättä järjestelmien luotettavuudesta ja tuotantotehokkuudesta. Laitosten pumppausjärjestelmiin panostamalla saadaan usein haluttuja muutoksia, sillä pumppauksiin tehdyillä parannuksilla on merkittävän suuri vaikutus laitosten toimintaan kokonaisuutena.

7.2 Arvon tuottaminen

Asiakasarvon lisäämiseksi täytyy kehittää ideoita ja toimintatapoja, jotka ovat entisiä parempia tai yhtä hyviä ja edullisempia. Pumppausjärjestelmien suhteen ABB:lla on huomattu asiakkaiden arvostavan erityisesti asioita, jotka tekevät pumppujen toiminnasta vaivattomampaa, luotettavampaa ja tehokkaampaa. Näitä ominaisuuksia kehittämällä voidaan tuoda lisäarvoa asiakkaiden pumppausjärjestelmiin.

Asiakasarvo koostuu perinteisesti tuotteen tai palvelun ominaisuuksista, maineesta ja asiakassuhteesta. Tuotteen tai palvelun tärkeimpiä ominaisuuksia ovat toimivuus, laatu, hinta ja aika. (Kaplan ja Norton 1996, 74.) Maineeseen vaikuttaa eniten lupausten pitäminen ja muiden suositukset. Asiakassuhdetta voidaan kehittää yhteistyötä lisäämällä ja riittävällä yhteydenpidolla.

Pumppujen toiminnasta voidaan tehdä vaivattomampaa ja luotettavampaa panostamalla esimerkiksi kunnonvalvontaan ja palveluihin. Digitalisaatio, eli digitaalisten teknologioiden yleistyminen, luo uusia mahdollisuuksia lisäarvoa tuottaviin ratkaisuihin. Kunnonvalvonnan ja palveluiden tukemiseksi voidaan hyödyntää esimerkiksi teollista internetiä. Teollisella internetillä tarkoitetaan internet-verkon soveltamista laitteisiin ja koneisiin, joita voidaan ohjata, mitata ja tarkkailla internet-verkon yli. Teollisen internetin avulla voidaan tehostaa etävalvonta-palveluja, prosessoida ja analysoida mittauksissa saatuja tietoja sekä kehittää muita palveluita ennennäkemättömällä tavalla. Monelle asiakkaalle teollinen internet -konsepti on monimutkainen ja sen soveltaminen vaatii vahvaa tietoteknistä asiantuntemusta. Tämä lisää ABB:n mahdollisuuksia luoda uusia palveluita ja hyödyntää vahvaa asiantuntemustaan tämän konseptin ympärillä.

ABB:n tuottamat palvelut voisivat sisältää esimerkiksi pumppausjärjestelmien kartoituksen, tarvittavien mittalaitteiden ja komponenttien asennukset, pumppausjärjestelmien valvonnan, huollot ja kunnossapidon sekä järjestelmien päivitykset ja kehityksen. Sen sijaan, että asiakas ostaisi laitteiston ja ylläpitäisi sitä itse, asiakas voisi myös ostaa palveluina koko pumppausjärjestelmän, tai osia siitä. Mahdollisuuksia sopiviin palveluihin on rajattomasti ja teollisen internetin hyödyntäminen tuo palveluihin uusia ulottuvuuksia tiedonsiirron joustavuuden ja tehokkuuden ansiosta.

Pumppujen toiminnan tuotanto- ja energiatehokkuuden lisäämiseksi täytyy tehdä lisäinvestointeja tai muuttaa vakiintuneita toimintatapoja. Ennen kaikkea täytyy paikantaa oleellisten pumppujen säästöpotentiaali ja selvittää sen suuruus. Lisäinvestointien takaisinmaksuaika täytyy myös pystyä osoittamaan realistisissa tilanteissa ideaalisten tilanteiden lisäksi. Kun näytetään tapauksia toimivista lisäinvestoinneista ja tarkastellaan riskejä avoimesti ja kriittisesti, voidaan tuoda esiin oleellisia ongelmia ja toimenpiteitä niiden ratkaisemiseksi. Tämän lisäksi pilottijärjestelmien tekeminen asiakkaille auttaa asiakasta huomaamaan konkreettisesti toimisivatko ne myös isommassa mittakaavassa. Tämän seurauksena myös yhteistyöhalukkuuden määrä voi lisääntyä huomattavasti.

Pumppausjärjestelmien energiatehokkuuden lisäämisen yleisin ja yksinkertaisin lisäinvestointi on taajuusmuuttajan hankinta osaksi järjestelmää, jossa sitä ei jo ole. Luvussa 5 tarkasteltiin taajuusmuuttajan tuomia säästöjä, minkä perusteella voidaan todeta, että taajuusmuuttajan asennus mahdollistaa pumppausjärjestelmän merkittävän säästöpotentiaalin. Kuvassa 7.1 on pumppausjärjestelmä, jossa taajuusmuuttajat ohjaavat rinnankytkettyjä keskipakopumppuja. Taajuusmuuttajilla voidaan

ajaa pumppuja parhailla mahdollisilla toiminta-arvoilla. Sen lisäksi taajuusmuuttajilta saatujen mittaustietojen avulla voidaan valvoa pumppujen oikeellista toimintaa ja reagoida nopeasti mahdollisiin yllättäviin tilanteisiin.

Kuva 7.1: Taajuusmuuttajat ohjaamassa rinnankytkettyä pumppausprosessia (ABB 2014, 4-5.)

Taloudellinen hyöty lisääntyy toimintatapoja muuttamalla esimerkiksi silloin, kun pumppua ajetaan hyvällä hyötysuhteella lähellä sen mitoituspistettä, prosessia säädetään energiatehokkaammilla tavoilla, tai silloin kun investoidaan järjestelmiin ja palveluihin, jotka maksavat itsensä takaisin ajan kuluessa. On tärkeää muistaa, ettei aina tarvitse kehittää uutta, jotta saadaan lisättyä järjestelmien kannattavuutta. Jo nyt on olemassa paljon järjestelmiä, joita ei käytetä tietyissä laitoksissa esimerkiksi niiden suosion, monimutkaisuuden, asiakkaan kokemattomuuden, tai tietämättömyyden vuoksi.

Asiakkaan arvostamat asiat täytyy pystyä selvittämään, sillä vain silloin voidaan luoda tarvittavia tuotteita ja palveluita. ABB:lla on käytössä palvelukonsepti, jonka avulla asiakastarpeet selvitetään asiakkaiden kanssa ja tarvittavat ratkaisut kehitetään yhdessä. Konseptin ydin on yhteistyölaboratorio, missä keskustellaan avoimesti asiakkaan haasteista, mahdollisuuksista ja suunnitelmista. Pohdintojen avulla luodaan toimintasuunnitelma ja yhteistyöehdotuksia, joiden pohjalta jatkossa kehitetyt tuotteet ja palvelut tehdään suoraan asiakkaan tarpeiden mukaisesti, eikä toisinpäin. Yhteistyölaboratorion avulla kehitetyt tuotteet ja palvelut keskittyvät pääosin digitalisaation tuomiin haasteisiin ja

mahdollisuuksiin. ABB:lla on vahva asiantuntemus teollisen internetin soveltamisesta erilaisiin toimintaympäristöihin ja käyttötarkoituksin, joten asiantuntemusta voidaan soveltaa myös pumppausjärjestelmiin. Taulukkoon 7.1 on koottu yhteenvetona tärkeimmät pumppausjärjestelmien asiakastarpeet ja toimintatavat, joilla asiakasarvoa voidaan lisätä.

Taulukko 7.1: Tyypillisimmät asiakastarpeet pumppausjärjestelmissä ja asiakasarvon lisäämisehdotukset

Asiakastarpeet	Asiakasarvon lisääminen
Luotettavuus	·Kunnonvalvonta ·Teollinen Internet ·Palvelut
Tuotantotehokkuus	·Lisäinvestoinnit ·Toimintatapojen muutokset pilottien avulla
Energiatehokkuus	·Taajuusmuuttajat ·Tehokkaat sähkömoottorit ·Pumpun ja putkiston mitoitus
Vaivattomuus	·Palvelut ·Yhteistyö ·Teollinen Internet

7.3 Pumppausjärjestelmien kartoituspalvelu

Pumppuasiakkaiden tarpeisiin vastaamiseksi ABB:lla voidaan luoda uusia palveluita, kuten pumppausjärjestelmien kartoituspalvelu. Kartoituspalvelun tavoitteena on selvittää oleelliset tiedot asiakkaan pumppausjärjestelmistä ja niihin kohdistuvista haasteista ja mahdollisuuksista. Tiedon avulla voidaan kehittää yhteinen toimintasuunnitelma yhteistyön lisäämiseksi ja lisäarvon tuottamiseksi.

Aluksi asiakas lähettää ABB:lle tarvittavat laitetiedot pumpuista, sähkömoottoreista, muista pumppausjärjestelmän komponenteista sekä sen aikaisesta kunnonvalvonnasta ja kytkennöistä. Sen jälkeen ABB analysoi laitetiedot ja perehtyy laitoksen toiminnan kannalta tarpeellisiin asioihin, kuten turvallisuuden tai tuotannon lisävaatimuksiin. Analysoinnin jälkeen ABB haastattelee asiakasta selvittäen asiakastarpeet, mahdolliset ongelmakohdat ja tutustuu laitoksen eri toimintatapoihin. ABB voi tutustua paremmin pumppausjärjestelmiin ja nähdä käytännönläheisesti niihin kohdistuvat haasteet ja mahdollisuudet, jos haastattelu tapahtuu paikanpäällä tuotantolaitoksessa. Tämän jälkeen asiakas lähettää ABB:lle pumppujen käyttödatan, josta selviää muun muassa pumppujen energiankulutus, vikaantumiset, käyttöaste ja säätötavat. Lopuksi käyttödatan perusteella muodostetaan säästölaskelma

ja suositus, johon kuuluvat erilaiset toimintatavat tai lisäinvestoinnit. Säästölaskelma ja suositus muodostavat yhteisen toimintasuunnitelman tuotteen tai palvelun käyttöönottamiseksi, kehittämiseksi, tai luomiseksi. Kartoituspalvelun vaiheet on koottu vielä taulukkoon 7.2.

Taulukko 7.2: Pumppausjärjestelmän kartoituspalvelun vaiheet

	Kuka	**Mitä/Mikä**	**Sisältö**
1	Asiakas lähettää	Laitetiedot	·Pumppu- ja moottoriluettelot ·Kunnonvalvonta- ja kytkentälistat
2	ABB analysoi	Analyysi	·Perehtyminen laitetietoihin ja laitoksen toimintaan
3	ABB haastattelee	Haastattelu	·Asiakastarpeiden, ongelmakohtien sekä toimintatapojen selvittäminen
4	Asiakas lähettää	Pumppujen käyttödata	·Energiankulutus, vikaantumiset ·Käyttöaste, säätötavat
5	ABB ehdottaa	Säästölaskelma ja suositus	·Yhteinen toimintasuunnitelma ·Lisäarvo palveluilla tai tuotteilla

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Teollisuuden pumppausjärjestelmien käytön valtavan energiantarpeen vuoksi niiden jatkuva kehittäminen on välttämätöntä. Käytönaikaisten kustannusten takia järjestelmän luotettavuus ja energiatehokkuus ovat keskeisissä rooleissa teollisten laitosten kannattavuutta tarkasteltaessa. Järjestelmien kehitystä sekä kustannusten vähentämistä voidaan edistää parhaiten asiakaslähtöisillä toimintatavoilla. Pumppuasiakkaan prioriteetit tulee tiedostaa ja keskeisimmät ongelmakohdat täytyy selvittää ja ratkaista yhteistyön avulla. Lisäksi on erityisen tärkeää paikantaa pumppausjärjestelmien säästöpotentiaali ja arvioida sen suuruus jatkotoimenpiteitä varten.

Pumppausjärjestelmien kehittämiseksi ABB:lla täytyy olla asiantuntevaa osaamista pumppujen toiminnasta, mitoituksesta, ajamisesta, säätämisestä, kunnonvalvonnasta sekä järjestelmän muiden komponenttien vaikutuksesta pumppausprosessiin. Lisäksi asiakastarpeet täytyy selvittää, jotta tuotteet ja palvelut voidaan kehittää asiakkaiden mieltymysten mukaisesti. Mahdollisesti voidaan myös tehdä pilottijärjestelmiä, jolloin hyödyt voidaan osoittaa asiakkaille konkreettisesti.

Asiakkaat arvostavat pääsääntöisesti pumppausjärjestelmiä, joiden käyttäminen on luotettavaa, tuotantotehokasta, energiatehokasta ja vaivatonta. Lisäarvon tuottamiseksi voidaan ehdottaa asiakkaille toimintatapojen muutoksia ja lisäinvestointeja, jolloin myös pumppausjärjestelmistä aiheutuvat kustannukset vähentyvät.

Tärkeimmät toimintatapojen muutokset kohdistuvat pumpun käyttöön, säätötapoihin, mitoituksiin ja kunnonvalvonnan hyödyntämiseen. Pyörimisnopeussäätö on huomattavasti energiatehokkaampaa kuristussäätöön verrattuna. Kun tuotannontarve vastaa pumpuilta saatua tehoa, häviöt vähenevät oleellisesti. Kunnonvalvonnan avulla voidaan puolestaan minimoida tuotannonmenetyksiä järjestelmien luotettavuuden ja elinkaaren pituuden kasvaessa. Pumppausjärjestelmän kehityksessä taajuusmuuttajat, korkean luokan energiatehokkuutta vastaavat sähkömoottorit, kunnonvalvonnan mittauslaitteet ja palvelut, sekä järjestelmän muut tarvittavat komponentit ovat tärkeimpiä lisäinvestointeja.

ABB:lla on jo olemassa lukuisia tuotteita ja palveluita, joita voidaan hyödyntää pumppausjärjestelmien kehittämisessä ja laitosten kannattavuuden lisäämisessä. Asiakkaat voivat tilata esimerkiksi taajuusmuuttajia, sähkömoottoreita, kunnonvalvontaa ja huoltopalveluita omien pumppausjärjestelmiensä edistämiseksi. Tarve uusille tuotteille ja erityisesti palveluille kasvaa jatkuvasti pumppausjärjestelmien uudistuessa, laitosten liiketoimintamallien muuttuessa sekä digitalisoitumisen myötä. Sen

seurauksena palveluita ja tuotteita voidaan luoda ja kehittää ennennäkemättömällä tavalla, varsinkin teollista internetiä hyödyntämällä. Monia mahdollisuuksia lisäävä trendi kehittää asiakkaiden näkemyksiä ja toiveita lisäarvosta, jota erilaisiin järjestelmiin voidaan tuottaa. Teollisen internetin avulla voidaan esimerkiksi tehostaa etävalvonta-palveluita ja analysoida dataa aivan uudessa mittakaavassa. Tästä syystä pumppausjärjestelmien toimintaan, luotettavuuteen ja tehokkuuteen vaikuttavia uhkia ja mahdollisuuksia voidaan ennakoida jatkossa entistä helpommin.

Asiakas osaa vaatia yhä enemmän palveluiltaan, tiedostaen paremmin asiat, jotka ovat kehityksen tarpeessa. Asiakkaan ja palveluntarjoajan välisen onnistuneen yhteistyön merkityksen vahvistuessa, asiakaslähtöiset toimintatavat ovat tulevaisuudessa välttämättömiä onnistuneelle liiketoiminnalle. Tästä syystä tämän työn avulla on kehitetty yksinkertainen pumppausjärjestelmien kartoituspalvelu. Tämän pohjalta ABB voi kehittää yksityiskohtaisempia palveluita tuottaen lisäarvoa asiakkailleen. Pumppausjärjestelmien kehittäminen asiakkaan näkökulmasta mahdollistaa ABB:lle merkittävän roolin palveluntarjoajana, yhdessä teollisuuden tärkeimmistä kehityskohteista.

LÄHDELUETTELO

ABB: ABB industry specific drives, ACQ 810 0.37 to 500 kW Catalog [Verkkojulkaisu], s. 4-5, 2014. [Viitattu Tammikuu 2017]. Saatavissa: https://library.e.abb.com/public/607195aca11cd4fac1257cd30023aa5b/ACQ810_catalog_3AUA0000160101_EN_RevA.pdf

ABB: ABB Suomessa [ABB:n www-sivut], 2017. [Viitattu Tammikuu 2017]. Saatavissa: http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa

ABB: EnergySave calculator [ABB:n www-sivut], 2017. [Viitattu Tammikuu 2017]. Saatavissa: http://new.abb.com/drives/energy-efficiency/energysave-calculator

Brunner C. ja Waide P.: Energy-efficiency policy opportunities for electric motor-driven systems [Verkkojulkaisu], s.18, 2011. [Viitattu Tammikuu 2017]. Saatavissa: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EE_for_ElectricSystems.pdf

Department of Energy: Manufacturing energy and carbon footprints [Verkkojulkaisu], 2010. [Viitattu Tammikuu 2017]. Saatavissa: https://energy.gov/eere/amo/manufacturing-energy-and-carbon-footprints-2010-mecs

Emerson: Report by Scottish Water on Intelligent Pump Control Trial at Levenhall Sewage Pumpung Station [Verkkojulkaisu], 2016. [Viitattu Tammikuu 2017]. Saatavissa: http://www.emersonindustrial.com/en-US/controltechniques/newsandevents/presscenter/pressreleases/Pages/scottishwateripc.aspx

Fluke: Fluke 805 Vibration Meter [Fluke:n www-sivut], 2017. [Viitattu Tammikuu 2017]. Saatavissa: http://en-us.fluke.com/products/vibration-meters-and-laser-alignment-tools/fluke-805-vibration.html

Itä-Suomen Ympäristölupavirasto: ISY-2004-Y-259-Päätös [Verkkojulkaisu], s.28, 2006. [Viitattu Helmikuu 2017]. Saatavissa: www.ymparisto.fi/download/noname/%7BAD997643-B244-40B2-90FD-808130790E95%7D/83435

Kaplan, R. ja Norton D.: The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action, s. 74, Boston, 1996. ISBN 0-87584-651-3

MIP: Kunnonvalvonta [MIP:n www-sivut], 2017. [Viitattu Tammikuu 2017]. Saatavissa: http://www.mip.fi/cms/fi/mittalaitteet/kunnonvalvonta

Motiva: Energiatehokkaat pumput [Verkkojulkaisu], s. 5-16, 2011. [Viitattu Tammikuu 2017]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/5343/Energiatehokkaat_pumput.pdf

Nordpool: System Price [Nordpool:n www-sivut], 2017. [Viitattu Tammikuu 2017]. Saatavissa: http://www.nordpoolspot.com/

Promaint: Keskipakopumppujen mitoituksen ja käytön haasteet [Verkkojulkaisu], 2015. [Viitattu Tammikuu 2017]. Saatavissa: http://www.promaintlehti.fi/Kunnonvalvonta-ja-kayttovarmuus/Keskipakopumppujen-mitoituksen-ja-kayton-haasteet/(offset)/6

Promaint: Luotettava pumppaus ei toteudu itsestään [Verkkojulkaisu], 2014. [Viitattu Tammikuu 2017]. Saatavissa: http://www.promaintlehti.fi/Kunnonvalvonta-ja-kayttovarmuus/Luotettava-pumppaus-ei-toteudu-itsestaan

Promaint: Pumppukäyttöjen optimointi teollisen internetin avulla [Verkkojulkaisu], 2016. [Viitattu Tammikuu 2017]. Saatavissa: http://www.promaintlehti.fi/Kunnonvalvonta-ja-kayttovarmuus/Pumppukayttojen-optimointi-teollisen-internetin-avulla/(offset)/15

Punnonen, P.: Laboratoriotyö ”Keskipakopumpun toiminta-arvojen mittaus” [Verkkojulkaisu], 2016. [Viitattu Tammikuu 2017]. Saatavissa: http://moodle.lut.fi/pluginfile.php/180146/mod_resource/content/7/TYOOHJE_2016marraskuu.pdf

Ryti H.: Koneoppi Osa 1. Staattiset koneet, s. 361, Espoo, 1976. ISBN 951-671-141-3

Sunair: AHLSTAR process pumps [Sunair:n www-sivut], 2017. [Viitattu Tammikuu 2017]. Saatavissa: http://www.sunair.com/section_247_AHLSTAR-Process-Pumps.cfm

Taskinen, E.: Energiankulutuksen vähentäminen jäähdytyspiirin pumppausprosessissa [Diplomityö], s. 6, 2010. [Viitattu Tammikuu 2017]. Saatavissa: http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/63817/nbnfi-fe201009222495.pdf?sequence=3

Wirzenius A.: Keskipakopumput, s. 52-53 ja 100, Tampere, 1977. ISBN 951-9316-01-9