

Samppa Lallukka

# Jätevedenpuhdistamon energianseuranta- järjestelmä

Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

30.12.2014

Tekijä Otsikko	Samppa Lallukka Jätevedenpuhdistamon energianseurantajärjestelmä
Sivumäärä Aika	32 sivua + 6 liitettä 30.12.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	energia- ja ympäristötekniikka
Ohjaaja	tutkintovastaava Tomi Hämäläinen sähköinsinööri Juha-Pekka Manninen
<p>Insinööriyön tavoitteena oli parantaa Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymän Viikinmäen jätevedenpuhdistamon sähköenergian seurantajärjestelmää. Työ koostuu teoreettisesta viitekehuksesta ja käytännön osuudesta. Teoreettisessa osuudessa keskitytään jätevedenpuhdistamon sähköenergian kulutuskohteisiin ja prosessinseurantajärjestelmään. Käytännön osuudessa selvitetään sähköenergian seurannan nykytila ja toteutetaan esiin tulleet kehitystarpeet prosessinseurantajärjestelmän parantamiseksi.</p> <p>Energianseurantajärjestelmän nykytilan kartoituksen yhteydessä saatiin selville, että olemassa olevien verkkoanalysointilaitteiden ja taajuusmuuttajien olemassaoloa ei hyödynnetä tarpeeksi hyvin. Yhdistämällä molempien energiankulutustiedot ja rajaamalla kulutuskohdeet päästäisiin tarkkoihin yksityiskohtaisiin kulutustietoihin. Prosessinseurantajärjestelmässä ei ollut hyödynnetty energiatietojen esitysmahdollisuutta.</p> <p>Opinnäytetyössä ehdotetaan visuaalista esitystapaa prosessinseurantajärjestelmän sähköenergian kulutustietojen seuraamisen helpottamiseksi. Prosessista saadaan irti tärkeitä jätevedenpuhdistamon toimintakokonaisuutta edistäviä tietoja, kun kaikki järjestelmässä olevat mittauspisteet on hyödynnetty. Tilastollisista energiaraporteista on myös mahdollista saada totuudenmukaisia ja riittävän tarkkoja, kun valtaosa koko Viikinmäen jätevedenpuhdistamon energiankulutuskohteista on tiedossa.</p> <p>Työssä esitetään jätevedenpuhdistamon sähköenergian seurannan täsmentämiseen ja prosessinseurantajärjestelmän visuaaliseen toteutukseen liittyviä ehdotuksia. Lisäksi työssä käsitellään mittaustulosten muuntamista julkisiksi raporteiksi ja niiden toteuttamiseen vaadittavia tietoteknisiä työkaluja.</p>	
Avainsanat	jätevedenpuhdistus, energianseuranta, prosessiautomaatio

Author(s) Title	Samppa Lallukka Energy Management System
Number of Pages Date	32 pages + 6 appendix 30 December 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Machine and production engineering
Specialisation option	Energy and environmental technology
Instructor(s)	Tomi Hämäläinen, Lecturer Juha-Pekka Manninen, Electrical engineer
<p>The objective of this Bachelor's thesis is to improve the electricity tracking system at Helsinki environment services authority's Viikinmäki waste water treatment plant. This thesis consists of theoretical and practical parts. The theoretical part focuses on waste water treatment plant's electricity consumption targets and the process tracking system. In the practical part, the current state of electricity tracking is discussed and the development solutions for the process monitoring system are implemented.</p> <p>It was discovered in the mapping of the current state of HSY's energy tracking system that the existing network analyzers and frequency converters are not utilized to their full potential. An accurate and detailed consumption data can be created by combining the energy consumption data produced by the network analyzers and frequency converters and by defining the electricity consuming appliances. Previously, the process monitoring system did not utilize the possibility of visualizing the energy consumption data.</p> <p>The thesis proposes a visual presentation of the energy consumption data to make it easier to monitor the consumption information. Important information that improves the operations of the whole waste water treatment are discovered when all the measuring points of the monitoring system are utilized. When the majority of Viikinmäki's energy consumption information is known, it is possible to create accurate and almost real time statistics and energy reports from the plant.</p> <p>This thesis includes suggestions on specifying the treatment plant's electricity consumption monitoring and implementing the visual representations of the process monitoring system. In addition, this thesis also proposes how to modify the measurement results into public reports and discusses the IT-tools required to create the reports.</p>	
Key words	Waste water purification, energy monitoring, process automation

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Viikinmäen jätevedenpuhdistamon energiankulutus	2
2.1	Jätevedenpuhdistus	3
2.2	Voimalaitos	5
2.3	Energiavero	7
3	Sähköenergian kulutuksen seuranta	8
3.1	Seurannan merkitys	8
3.2	kWh-mittarit	10
3.3	Verkkoanalysointimetrit	11
3.4	AC- Taajuusmuuttajat moottorikäytössä	12
4	Prosessiautomaatiojärjestelmä	14
5	Sähköverkko	16
6	Mittauspisteiden rajaaminen	17
6.1	Yleistä mittauksista	17
6.2	Mittauspisteiden tunnuksset	19
6.3	Alueelliset kulutustiedot	19
7	Mittausten esittäminen prosessiautomaatiojärjestelmässä	22
8	Mittaustulosten raportointi	27
9	Yhteenveto	30
	Lähteet	32

### Liitteet

Liite 1. Viikinmäen jätevedenpuhdistusprosessi

Liite 2. Energiaverkko

Liite 3. Sähköenergian kokonaiskulutus kuukausitasolla

Liite 4. Sähköenergian kokonaiskulutus vuositasolla

Liite 5. Keskusten sijainnit

Liite 6. Sähköjakelun yleiskaavio

## Lyhenteet

BOD	Orgaaninen lika-aines.
HSY	Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä.
MWM	Motoren-Werke Mannheim. Kaasumootoreita valmistava saksalainen yritys.
OCP	OCP-indeksi. Kertoo vesistöön johdettavan jäteveden laadusta orgaanisen aineen, typen ja fosforin kuormituksen suhteen.
ORC	Organic Rankine cycle. Orgaaniseen Rankinen kierto prosessiin perustuva turbiinikoneisto, joka hyödyntää pakokaasun lämpöenergian.
YTV	Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta.

## 1 Johdanto

Energiankulutuksen seuranta yhteiskunnassamme on tärkeässä asemassa kehittäessämme jo olemassa olevia järjestelmiä. Uudenlainen teknologia on mahdollistanut paremman energiankulutuksen seurannan myös sähköverkoissa. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä tilasi tämän insinööriyön 2014, jotta Viikinmäen jätevedenpuhdistamon sähköenergiankulutuksen seuranta saataisiin tuotua ajan tasalle dokumentti- ja prosessiautomaatiotasolla.

HSY haluaa ylläpitää tarkkaa tietoutta yrityksen sisäisestä energiankulutuksesta. Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla on paljon suuria sähkölaitteita, jotka kuluttavat merkittäviä määriä energiaa. Seuraamalla energiankulutusta sähköverkkoon asennettavilla verkkoanalysointilaitteilla, jätevedenpuhdistusprosessista saadaan aikaisempaa paremmin selville aluekohtaisia kulutustietoja.

Jäteveden puhdistuksen sivutuotteista saadaan myös tuotettua energiaa: lämpöä, sähköä ja biokaasua. Energiamittauksien avulla saadaan selville, paljonko voimalaitoksen energiantuotantoprosessi kuluttaa sähköä verrattuna tuotetun sähkön määrään. Energiaomavarainen toiminta on tärkeää, ja se on ympäristölle hyväksi.

Insinööriyössä pyritään selvittämään mahdollisuuksia sähköenergiankulutustietojen suoraan raportointiin prosessiautomaatiojärjestelmää hyväksikäyttäen. Metson hallinnoima ja ylläpitämä DNA-prosessiautomaatiojärjestelmä käsittelee Viikinmäen jätevedenpuhdistamon prosessissa tapahtuvat mittaukset ja tilatiedot. Järjestelmässä tapahtuu jatkuvasti muutoksia, ja niitä valvotaan näyttöpäätteiltä. Automaatiikka ylläpitää tarkkaa seuranta lähes reaaliajassa kaikista prosessissa olevista toimilaitteista.

Työssä tehdään selvitys laitoksen sähköverkon sisältämistä laitteistoista ja niiden sijainneista. Selvityksen pohjalta kartoitetaan merkittävimmät kulutuskohteet ja toteutetaan sähköenergian mittausverkoston visualisoiminen prosessiautomaatiojärjestelmään. Visualisoimisen lisäksi mittauksien ja verkoston kokonaisuuden muodostamista päällekkäisyyksistä johtuen joudutaan toteuttamaan laskutoimituksia, joiden avulla energiankulutuksesta saadaan enemmän tarkempaa tietoa. Energiankulutustietojen esittämiseksi laaditaan myös raporttipohjat, joiden avulla mittaustiedoista saadaan luo-

tua kuvaajia halutulle aikavälille. Mahdollisista kehitysehdotuksista verkoston parantamiseksi kerrotaan työssä.

HSY

Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä on perustettu 1.1.2010, jolloin Helsingin, Vantaan, Espoon ja Kauniaisten vesilaitoksen ja Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunnan jätehuollon YTV sekä seutu- ja ympäristötieto yhdistivät toimialueensa. HSY on siitä lähtien toiminut ympäristön hyväksi jätehuollon ja vesihuollon toimialoilla, sekä seutu- ja ympäristötiedon ja tukipalveluiden tulosalueilla. Vedenpuhdistus, jätevedenpuhdistus, sekä vesijohto- ja viemäriverkosto sisältyvät vesihuollon toimialaan.

Henkilökuntaa HSY:llä on eri toimialoilla yhteensä noin 750, joista noin 420 kuuluu vesihuollon toimialueeseen. Noin 130 heistä työskentelee jätevedenpuhdistuksessa. HSY:n jätevedenpuhdistamot sijaitsevat Espoon Suomenojalla ja Helsingissä Viikinmäessä. Kyseessä on kaksi Suomen suurinta jätevedenpuhdistamoa, joilla puhdistetaan Helsingin metropolialueen noin 1,2 milj. asukkaan jätevedet. Määrä vastaa yli 20 %:a koko Suomen asukkaista. Molemmilta laitoksilta puhdistettu jätevesi ohjataan itämereen purkutunneleita pitkin. (Reinikainen 2014)

Viikinmäen jätevedenpuhdistamo on käyttöönotettu 1994 ja se on Pohjoismaiden suurin sekä tehokkain jätevedenpuhdistamo. Puhdistamon koko prosessi tapahtuu kallion sisään louhitussa luolastossa, josta kulkee vuosittain läpi noin 96 milj. m<sup>3</sup> jätevettä. Jätevedestä eroteltu liete mädätetään, ja siitä muodostuu biokaasua. Kaasumootorit tuottavat biokaasusta sähköä ja lämpöä. Puhdistettu vesi ohjataan 16 km pitkään purkutunneliin, joka päättyy 8 km:n päähän Helsingin eteläkärjestä 20 m:n syvyyteen Katajanluodon edustalle.

## **2 Viikinmäen jätevedenpuhdistamon energiankulutus**

Taustaa

Tämä osio käsittelee Viikinmäen jätevedenpuhdistamon energiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä, joiden olemassa olo on huomioitava sähköenergianseurantaa tutkittaessa ja kehitettäessä. Viikinmäen jätevedenpuhdistamon laitosalue sisältää useita sähköenergiaa kuluttavia laitteita laajalla alueella. Sähköä tuotetaan jatkuvasti käsiteltävästä

biokaasusta, ja se kuuluu välittömästi jätevedenpuhdistamon toiminnan ylläpitämiseen. Loput tarvittavasta sähköenergiasta hankitaan muualta verkosta.

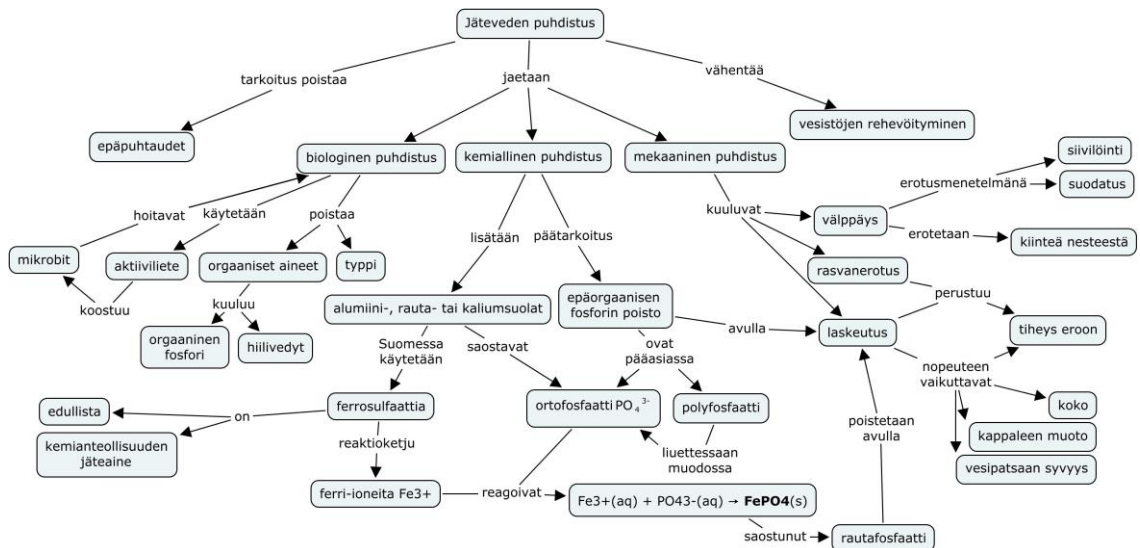
Kaikki tässä luvussa mainitut asiat ovat lähtökohtaisia syitä energian seurannan kehittämisen edistämiseksi. Jätevedenpuhdistusprosessin ja kiinteistöjen sähköenergian seurannan avulla kehitetään laitoksen toimintaa energiatehokkaammaksi. Voimalaitoksen avulla voidaan toimia mahdollisimman energiaomavaraisesti ja ympäristöystävällisesti luonnollisen kiertokulun kautta tuotetulla energialla. Energia vaikuttaa laitoksen toimintaan kustannuksien myötä, jolloin täytyy miettiä, kuinka energiakapasiteettia on taloudellista kontrolloida.

## 2.1 Jätevedenpuhdistus

Jätevedenpuhdistusprosessi koostuu useasta eri vaiheesta. Nämä useat vaiheet jäteveden synnyn ja loppusijoituksen välillä kuluttavat energiaa. Suuria vesimassoja täytyy liikuttaa kaukaa järkevästi sijoitetuille puhdistuslaitoksille. Laitokset joutuvat vielä siirtämään tulevan jäteveden oikealle korkeustasolle, josta puhdistusprosessi on hyvä aloittaa. Puhdistusprosessissa kiinteät aineet erotetaan välppäämällä. Ylimääräinen kiintoaine siirretään välpäästä jatkokäsittelyyn. Seuraavaksi vedestä poistetaan jäljelle jääneet kiintoainepartikkelit esiselkeytyksellä omassa altaassaan. Esiselkeytyksestä vesi siirretään ilmastukseen, jossa veteen puhalletaan ilmaa ja liuenneet aineet hapetuvat. Viimeisenä jälkiselkeytyksessä erotellaan jäljelle jäänyt saostunut aine. Puhdistettu vesi pumpataan takaisin mereen tai jokiin. (Puhtaan veden tekijät 2014.)

Kuva 1 esittää jätevedenpuhdistusprosessin periaatteet ja eri puhdistusmenetelmät projektikaaviona.





Kuva 1. Jätevedenpuhdistusprosessi (Gabata 2014).

Viikinmäen jätevedenpuhdistuslaitosta kutsutaan DN-prosessiksi. Puhdistusprosessi koostuu mekaanisesta, kemiallisesta ja biologisesta puhdistusvaiheesta (liite 1). Mekaanisessa puhdistuksessa erotetaan kiintoaine välppäämällä ja saostamalla. Hiekanerotuksessa veteen lisätään ferrosulfaattia, jotta jäteveden seassa oleva fosfori saostuisi helpommin. Tätä kutsutaan kemialliseksi puhdistukseksi. Prosessin loppupäässä on biologinen puhdistus, jossa jätevedestä poistetaan typpi. Poisto tapahtuu ensin aktiivilieteprosessissa denitrifikaatio-nitrifikaatioperiaatteella ja myöhemmin biologisissa denitrifikaatiosuodattimissa. Biologisissa suodattimissa käytetään metanolia nitraatin pelkistämiseksi ja välillä prosessiin lisätään kalkkia, jotta nitrifikaatioprosessin alkaliteettitaso pysyy oikeana. (HSY:n julkaisu 2/2014: 10-11.)

Useilta sadoilta erillisiltä pumpaamoilta tulevat jätevedet pumpataan Viikinmäen tulopumppaamoon. Tulopumppaamossa on yksi ruuvipumppu (110 kW) ja kahdeksan keskipakopumppua (8x350 kW), jotka siirtävät jätevettä välppäykseen. Kokonaisenergiankulutuksesta Viikinmäellä tulopumppaamon osuus on arviolta noin 15 %, mikä tekee tulopumppauksesta merkittävän kulutuskohteen. Tulevan veden määrä kasvaa aina asutuksen ja teollisuuden lisääntyessä, mutta suurimman äkillisen muutoksen aiheuttaa hulevesi. Sateisuus tekee kuormitukseen hetkellisen piikin, kun kaduilta poistuva hulevesi pumpataan Viikinmäkeen puhdistettavaksi. Päivittäisellä tasolla puhdistettavan jäteveden määrä voi lähes kolminkertaistua huleveden takia. Vuonna 2013 tulopumput joutuivat pumpaamaan yhteensä 96,3 milj. m<sup>3</sup>, johon sähköenergiaa kului arviolta noin 5,9 GWh. (HSY:n julkaisu 2/2014: 29.)

Lähes saman verran sähköenergiaa puhdistusprosessissa kuluu lietteen linkoukseen. Vedestä erotettu raaka- ja ylijäämäliete mädätetään. Mädätyksen jälkeen liete kuivataan neljällä 200 kW:n kuivauslingolla. Vuonna 2013 kuivattua yhdyskuntajätevesilietettä muodostui 63 270 tonnia, jonka käsittelyyn kului merkittävä määrä sähköenergiaa. 93 % kuivatusta lietteestä jatkojalostettiin edelleen viher- ja maatalouskäyttöön sopivaksi mullaksi Metsäpirtin mullan toimesta. (HSY:n julkaisu 2/2014: 30.)

Biologisessa puhdistusprosessissa tapahtuva ilmastus vaatii suuria määriä ilmaa. Ilma syötetään suurilla kompressoreilla ilmastusaltaan pohjassa oleviin hienokuplailmastiimiin. Veteen muodostuneet pienet ilmakuplat siirtävät hapetta veteen ylläpitäen biologista puhdistusprosessia. Ilmastukseen käytettävät kompressorit ovat suurin yksittäinen sähköenergian kulutusalue Viikinmäellä. Yhteensä viisi 630 kW:n ilmastuskompressoria tuottaa vuorotellen tarvittavan ilmamäärän biologiseen puhdistusprosessiin. Vuonna 2013 ilmastuskompressorit kuluttivat arviolta noin 12,15 GWh sähköä, joka on noin 31 % kokonaissähkökulutuksesta. (HSY:n julkaisu 2/2014: 29.)

Lisäksi jätevedenpuhdistamon sisällä tapahtuvia pienempiä pumppauksia on paljon, ja ne kuluttavat jatkuvasti paljon sähköä. Prosessin lopussa oleva suodatinlaitos sijaitsee sen verran matalalla, että sieltä poistuva vesi on pumpattava ensin riittävän ylös. Nostokorkeus vaihtelee hieman, mutta pysyy alle 2 m:n tuntumassa. Poistotunnelissa vesi kulkee painovoimaisesti ja vapautuu avomerelle 20 m:n syvyyteen. Lisäksi luolan sisällä oleva jätevedenpuhdistuslaitos vaatii riittävän ilmanvaihdon ja valaistuksen työskentelyturvallisuuden ylläpitämiseksi. Ilmanvaihtokoneet ja valaistus ovat myös merkittäviä kulutuskohteita. (HSY:n julkaisu 2/2014: 29.)

Edellä mainitut sähkökulutukseen liittyvät kohdekohtaiset kulutustiedot ovat peräisin Viikinmäen jätevedenpuhdistamon mittauksista, ja niitä on verrattu vuoden 2013 kokonaiskulutukseen prosentuaalisten osuuksien laskemiseksi. Tiedot ovat arvioita, joiden todentaminen tapahtuu, kun energianseurantajärjestelmä saadaan valmiiksi.

## 2.2 Voimalaitos

HSY:n tavoitteena on toimia mahdollisimman energiaomavaraisesti ja kuluttaa mahdollisimman vähän fossiilisilla polttoaineilla tuotettua energiaa. Viikinmäessä toimitaan tällä hetkellä lämmön osalta täysin omavaraisesti ja sähköenergian osalta noin 69 %:sesti. Omavaraisuusastetta nostetaan koko ajan energiatehokkuutta parantamalla.

Jätevedenpuhdistuksen sivutuotteena saatavasta lietteestä mädättämällä tuotetaan suuria määriä biokaasua (13,3 milj. m<sup>3</sup> 2013). Biokaasua poltetaan kaasumootoreilla (11,4 milj. m<sup>3</sup> 2013) ja lämpökattiloilla (1,6 milj. m<sup>3</sup> 2013), loput tuotetusta biokaasusta joudutaan polttamaan ylijäämäpolttimilla (0,3 milj.m<sup>3</sup> 2013). Polttoprosessissa syntyvä hiilidioksidi on osa luonnon kiertokulkua, ja siksi se tulkitaan hiilivapaaksi. (Biokaasusta energiaksi 2011.)

Voimalaitoksen energiantuotanto koostuu nykyään viiden kaasumoottorin ja ORC:n kokoonpanosta. Yksi 8-sylinterinen 820 kW:n moottori toimii diesel- ja kaasukäyttöisesti, ja sitä käytetään toistaiseksi varavoimakoneena. Kaksi näistä kaasumoottoreista on alkuperäisiä MWM:n valmistamia 12-sylinterisiä 700 kW:n kaasutekniikalla toimivia moottoreita. 2013 neljännen alkuperäisen moottorin korvasi MWM:n 16-sylinterinen 1560 kW:n moottori. Viides moottori on vuonna 2009 hankittu 12-sylinterinen 1060 kW:n moottori. Toimintaperiaatteeltaan moottorit ovat kipinäsytytteisiä ottomoottoreita. (HSY 2014.)

ORC-järjestelmä on kytkettynä 1,5 MW:n kaasumoottorin pakokaasujärjestelmään, josta hyödynnetään palamistuotteen lämpötila. Orgaaniseen Rankinen kiertoprosessiin perustuvan turbiinikoneiston sisältämä työaine määritellään kohteeseen sopivaksi lämpötila-alueiden mukaan. Viikinmäen ORC-järjestelmässä kiertää tolueeni. Pakokaasujen kuumuus aiheuttaa laitteiston lämmönsiirtimessä tolueenin höyrystymisen. Höyrystymisen seurauksena järjestelmän turbiini alkaa pyöriä ja akselin päässä oleva generaattori hyödyntää vielä osan pakokaasujen sisältämästä energiasta. Valmistajan antama hyötysuhde laitteelle on 15,7 %, joka saadaan pakokaasun sisältämän lämpöenergian ja ORC-laitteiston tuoton suhteesta. Lauhtunut tolueeni jää kiertoan ORC-järjestelmään. (Viikinmäen jätevedenpuhdistamon energiantuotannon tehostaminen 2014.)

Kokonaissähköenergian tuotanto Viikinmäellä vuonna 2013 oli 27,2 GWh ja lämpöenergian 35,4GWh. Kaikki tuotettu sähköenergia on lähtöisin biokaasunpoltosta. Lämpö on peräisin kaasumoottoreista, polttokattiloista ja lämmöntalteenotosta. Vuoden 2013 lämmönkulutuksen osalta Viikinmäen jätevedenpuhdistamo oli täysin omavarainen. Lämmöstä 28,6 GWh tuotettiin kaasulla ja loput 6,8 GWh lämmöntalteenotolla. Sähkökulutuksesta jouduttiin ostamaan loput 12,1 GWh sähköverkosta, jolloin kokonaiskulutukseksi muodostui 39,2 GWh. (HSY:n julkaisu 2/2014: 29.)

### 2.3 Energiavero

Voimalaitoksen sähköenergiantuotannossa on paljon sähköenergiaa kuluttavia osia, jotka tulee ottaa huomioon, kun halutaan selvittää Tullin energiaverotusohjeen mukainen veronalainen sähköenergia. Kun voimalaitoksen generaattoreiden tuotannon nimellisteho ylittää 2000 kVA:n rajan, on sähkön tuottaja sähköverovelvollinen aina silloin, kun sähkön siirtoa tapahtuu sähköverkkoon. Itse tuotettu sähköenergia tulee veronalaiseksi, vaikka sen käyttäjä olisikin sama kuin sähkön tuottaja. Sähköenergian tuotantoon kulunut sähköenergia eli voimalaitoksen omakäyttösähkö on täysin veroton. Jäljelle jäävästä osuudesta joutuu kuitenkin maksamaan sähkövero. Sähköveron määrä lasketaan aina yhdelle verokaudelle (kuukausi) kerrallaan. Lopullinen verotuspäätös tehdään verkkoyhtiön kanssa, ja tarvittaessa tullin ohjeistuksella. Vaikka energiaverotusohjeen mukaiset käytännöt eivät tule voimaan Viikinmäessä, täytyy voimalaitoksen omakäyttösähkön olla tarkkaan selvillä vastaisuuden varalle. (Tulli 2014: 9,12.)

Voimalaitoksen omakäyttösähkön erottaminen koko voimalaitosalueen sähkökulutuksesta on haastavaa. Sähköenergian mittauksia tulee olla niin paljon, että laissa määrättyjen omakäyttösähkoon kuulumattomien kojeiden sähkökulutus saadaan selville ja niin eroteltua kokonaiskulutuksesta. Jos tarkkaan mittaukseen ei ole mahdollisuutta, on erotus selvitettävä matemaattisesti laskemalla. Omakäyttölaitteiksi luokitellaan kaikki ne laitteet, jotka voimalaitos tarvitsee sähkön- ja lämmöntuottamiseen ja tuotantovalmiuden ylläpitämiseen, ja lisäksi ne laitteet, jotka ehkäisevät voimalaitoksesta aiheutuvia ympäristöhaittoja. (Tulli 2014: 13.)

Kauppa ja teollisuusministeriön 1.5.2003 antamassa asetuksessa 309/2003 annettujen tarkempien säädöksiensä mukaan voimalaitoksen omakäyttösähkoon ei kuulu pysäköintialueen ja muun kuin voimalaitosprosessiin kuuluvien valaistusten sähköenergian kulutus. Polttoaineen jalostamiseen, sekä käytetyn polttoaineen käsittelyyn kulunut sähköenergia on omakäyttösähköä. (Kauppa- ja teollisuusministeriön...2003)

Jos voimalaitos siirtää tuottamaansa sähköä markkinoille valtakunnan sähköverkkoon, se on silloin velvollinen suorittamaan 1. luokan sähköveron omatuotannostaan koko verokaudelta. Voimalaitos on oikeutettu hankkimaan omakäyttösähkösä verottomasti omasta tuotannostaan, tai sähköverkosta. Voimalaitos on oikeutettu verottomaan omakäyttösähkoon myös niiltä verokausilta, joilta sähköntuotantoa ei välttämättä edes olisi-kaan. Tässä tapauksessa laitoksen tulee olla ilmoittautunut sähköverovelvolliseksi.

Lisäksi yhdistelmätuotantolaitokset eivät saa toimia pelkkinä lämmöntuottajina, etenkin silloin, jos sähköntuotanto ei olisi edes mahdollista. (Tulli 2014: 13.)

Lisäksi laitoksen sähkön- ja lämmöntuotantoon liittyvien tuotto- ja kulutuslukujen täytyy olla tarkkaan selvillä, kun Viikinmäen jätevedenpuhdistamo aikoo tulevaisuudessa hankkia Ekosähkö-merkinnän. Ekomerkinnän tarkoituksena on kannustaa ihmisiä hankkimaan energiaa uusiutuvista energianlähteistä. Ekosähkökriteerien täyttymisen ylläpitämiseksi täytyy voimalaitoksen yhteistuotannon hyötysuhteen (vuoden keskiarvo) olla vähintään 75 %. Ekosähkökriteerien 2014 mukaan hyötysuhde on sähkön ja mekaanisen energian tuotannon ja hyötylämpötuotoksen summa jaettuna sähkön, mekaanisen energian ja lämmön tuotantoon käytetyllä polttoainepanoksella yhteistuotantoprosessissa bruttosähkön sekä mekaanisen energian tuotannossa. (EKOenergia-verkosto ja -merkki 2014: 12.)

### **3 Sähköenergian kulutuksen seuranta**

#### **3.1 Seurannan merkitys**

Useat julkiset organisaatiot ovat tehneet energiankulutuksen seurantaa jo monia vuosia. Kulutusta on seurattu laskutetun määrän mukaan tai hyödyntämällä organisaation sisäisiä energianseurantamittareita ja niiden mahdollisia alamittareita, joista tarpeelliset tiedot on kerätty talteen. Organisaatiot hyödyntävät seurantatietoja ja laativat niistä tarpeellisia energiankulutukseen liittyviä raportteja, joilla he pystyvät toteuttamaan kulu- tusvertailua. Tässä osiossa paneudutaan tarkemmin energianseurantaan käytettäviin mittareihin ja mittausmenetelmiin.

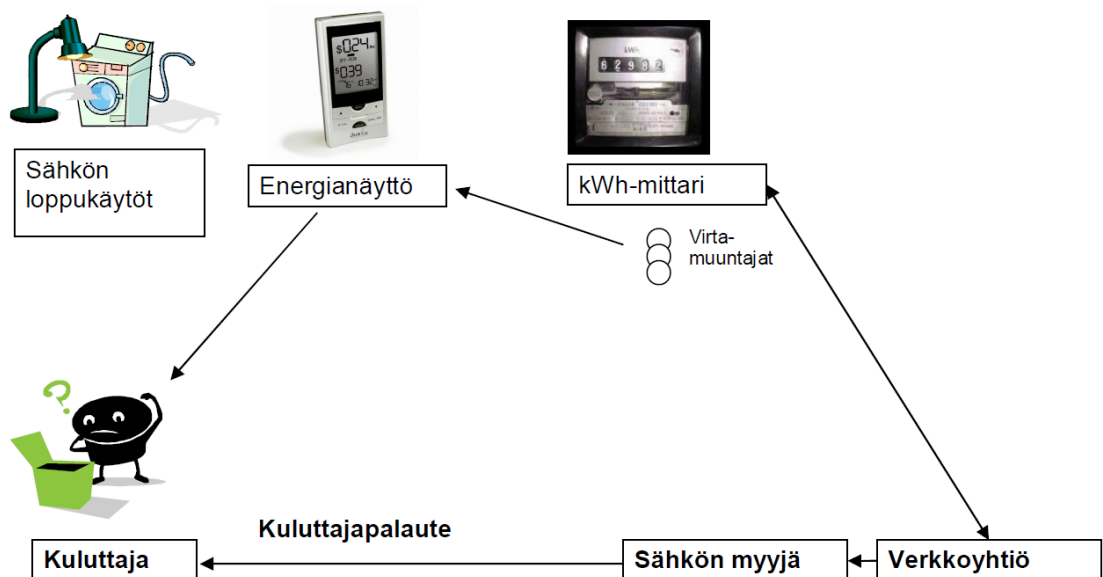
Energiankulutuksen seurannassa on todettu, että vuosittaisella tasolla yksittäisien koh- teiden kulutustiedoissa voi olla suuriakin muutoksia. Nämä muutoksia aiheuttavat teki- jät voivat olla ilmastollisiin asioihin liittyviä tai vastaavasti organisaation sisällä tapahtu- neita muutoksia. Vastaavasti muutoksia saattaa syntyä tilastoinnissa aiheutuneista virheistä. Järjestelmän kulutuksessa on tapahtunut muutoksia, mutta niitä ei muisteta tai niistä on tehty vuosien aikana huonoja kirjanpitoja. Tämänlaisten muutosten muiste- lu jälkeinpäin on hankalaa, ja siksi välitön dokumentointi onkin tärkeää. Usein energi- ankulutuksen seurantaan ei sisällytetä pieniä yksityiskohtaisia kulutusmuutoksia, eikä

niistä myöskään tehdä suurempia selvityksiä, etenkin jos muutokset eivät ole poikkeuksellisia.

Vanhoissa rakennuksissa ja kiinteistöissä tapahtuu eniten muutoksia energiankulutuksen suhteen niissä tehtävien saneeraustöiden takia. Lähtökohtaisesti uudet rakennukset kuluttavat enemmän, koska niitä rakennettaessa on ollut tarkemmat laatu- ja toimilaittevaatimukset. Vanhojen kiinteistöjen päivittäminen samalle tasolle tuo energiankulutukseen nousua, koska toimilaitemäärä kasvaa. (Energia-Ekono Oy 1999.)

Asiamukaisella kiinteistön käytöllä ja ylläpidolla on valtava merkitys energiankulutukselle. Jos rakennuksessa oleskelevat ihmiset osaavat toimia vastuuntuntoisesti ja viisaasti, voivat he vaikuttaa energiankulutukseen suuresti. Lisäksi ammattitaitoinen henkilöstö ja kiinteistön hallinnointi ovat avainasemassa.

Usein kiinteistöjen energiakatselmuksien pohjalta voidaan selvittää, mihin kulutuskohteisiin tulisi puuttua, ja alkaa sen pohjalta muuttaa toimintatapoja tai laitteistoja. Kulutusseurannalla voidaan havainnoida tavoitteellista muutosta ja selvittää poikkeamia. Kuvassa 2 havainnollistetaan kuinka energiankulutukseen voidaan vaikuttaa energianäyttöjen avulla. Lisäksi toimenpiteiden onnistumisen kannalta on tärkeää informoida ja pitää käyttäjähenkilökunta ajan tasalla tapahtuvista muutoksista, jotta epätietoisuuden aiheuttamilta ongelmilta vältytään. (Motiva 2014.)



Kuva 2. Energianäyttöjärjestelmän rakenne ja osat (VTT 2010).

### 3.2 kWh-mittarit

Kilowattituntimittarit on tarkoitettu sähköenergian mittaamiseen. Usein mittarit sijaitsevat kiinteistöjen sähköpääkeskuksissa, ja niiden tarkoituksena on mitata sähköenergian tuottajalle tarpeellista tietoa kohteen energiankulutuksesta, jotta kohteen laskutus onnistuu oikeudenmukaisesti. Kotitalouksilta mitataan yleensä vain pätöteho. Pätöteholla tarkoitetaan vaihtosähköpiirissä kulutettua todellista, eli työtä tekevää sähköenergiaa. Suuremmissa laitoksissa joissa loistehon määrä alkaa olla huomattava, laskutetaan sekkin. Loisteho muodostuu vaihtosähköpiirin kuorman ja siirtoverkon välillä olevaksi värähtelyksi, eikä se kykene tekemään työtä. Loisteho kuitenkin kuormittaa siirtojohtoja aiheuttamansa virran takia.

Pätöteho voidaan laskea tehollisen jännitteen ja tehollisen virran sekä tehokertoimen avulla. Yhtälöstä

$$P = U * I * \cos\varphi, \quad (1)$$

$P$  on pätöteho (W)

$U$  on jännite (V)

$I$  on virta (A)

$\cos\varphi$  on tehokerroin. (Hietalahti 2014: 25.)

Jos jännitteet ovat sini-muotoisia, voidaan loisteho laskea tehollisen virran ja tehollisen jännitteen sekä niiden vaihe-eron tulona. Yhtälöstä

$$Q = U * I * \sin\varphi, \quad (2)$$

$Q$  on loisteho (VAr)

$U$  on jännite (V)

$I$  on virta (A)

$\sin\varphi$  on vaihe-ero. (Hietalahti 2014: 25.)

Vanhempien kWh-mittareiden toiminta perustui kahden magneetin alumiinikiekkoon kohdistaman voiman seurauksena. Magneetit muodostavat pyörrevirtoja, jotka saavat alumiinikiekkon pyörimään. Toinen alumiinikiekkon puoli on magnetoitu, jotta pyörimisnopeus ei kasvaisi liian suureksi. Kiekkon pyöriminen on suoraan verrannollinen magneeteista kulkevaan sähköenergian määrään. Kiekkon pyörimisliikkeen avulla hammasratakoneisto siirtää tiedon mekaanisesti toimivalle mittaristolle. Kuvassa 3 on vanhan-

toimintaperiaatteen kWh-mittari yhdestä Viikinmäen pääkeskuksesta. Mittarit kytketään suoraan keskukseseen ilman muuntajia, kun sähkövirta on alle 63 A. Virran kasvaessa liian suureksi, täytyy mittari erottaa virta- ja joissain tapauksissa jännitemuuntajien avulla. (AC meters 2014.)



Kuva 3. Pääkeskuksen kWh-mittari Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla.

Nämä vanhat mittarit ovat lähes kokonaan kadonneet kiinteistöistä uusien vuosien 2009–2013 käyttöönotettujen etäluettavien mittareiden myötä (Työ- ja elinkeinoministeriö 2009). Toimintaperiaate uusissa kWh-mittareissa on täysin elektroninen, ja ne toimivat mikroprosessoriperiaatteella. Jokaisesta vaiheesta mitataan erikseen virta ja jännite. Näiden tietojen pohjalta mittari kykenee laskemaan kulutetun tehon watteina. Lisäksi kun mittauksen aikavälit otetaan selville, saadaan lasketuksi kWh-lukema. (SFS 2009.)

### 3.3 Verkkoanalysaattorit

Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla on käytössä Siemensin valmistamia Sentron PAC -mallisia verkkoanalysointilaitteita, joita esitellään tässä kappaleessa. Keskuksiin on asennettu kahta eri mallia, PAC 3200 ja PAC 4200. Pääsääntöisesti kaikki pääkeskukset on kalustettu PAC 4200 -mallilla, ja alakeskuksissa on PAC 3200 -mallisia verkko-



analysaattoreita. Energianseurantajärjestelmä koostuu useista mittauksista, jotta kulu- tuskohde voidaan paikantaa järkevästi. (Siemens 2014.)

#### Siemens Sentron PAC 4200

Laitteella pystytään seuraamaan ainoastaan vaihtojännitteistä sähköverkkoa. Verkko- analysaattori on kooltaan kompakti, ja sen voi asentaa keskuksen kanteen tai DIN- kiskoon sovitekappaleita käyttämällä. Laite on suunniteltu teollisuuden energiankulu- tustietojen ja sähkönlaadun tarkkailuun. Laite kerää sähköverkosta useita (noin 200) tietoja, kuten jännite-, virta- ja energiatietoja. Mittaustiedot ovat IEC 61557-12 -mittauslaite standardin mukaisia, minkä takia laite soveltuu mainiosti osaksi teollisuus- järjestelmää. Useiden kytkentäominaisuuksien vuoksi laitteen voi yhdistää helposti osaksi isompaa energianseurantajärjestelmää.

Käyttöliittymä analysaattorissa on yksinkertainen. Navigointi näytön esittämässä vali- koissa tapahtuu näppäimiä painamalla. Valikoissa voi muuttaa analysaattorin asetuksia ja tarkastella eri arvoja sähköverkon tilasta. Analysaattori on mahdollista kytkeä LAN- verkkoon normaalilla ethernet-kaapelilla ja lisäksi Profibus DP- tai Modbus RTU -kenttäväyliin laajennuskappaleen avulla. Näiden kytkentöjen kautta laite on helppo sisällyttää osaksi laajempaa prosessinseurantajärjestelmää. (Siemens 2009.)

Verkkoanalysaattorin kytkentä keskuksen tapahtuu suhteellisen helposti, ilman sen suurempia muutoksia. Keskuksen kanteen tehdään (92x92 mm) reikä, joten sille tulee olla tilaa. Tämän jälkeen tarvitsee enää tehdä johdotukset ja kytkeä laite haluamallaan tavalla osaksi laajempaa järjestelmää (liite 2). (Power management 2009.)

Sentron PAC 3200 ei eroa 4200 -mallista kovinkaan paljoa, mutta on kuitenkin toimin- nallisilta ominaisuuksiltaan pikkuveli. Muun muassa tarkemmat sähköverkon tiedot jää- vät näkemättä, eikä tiedon tallennusta ole. (Power management 2009.)

### 3.4 AC- Taajuusmuuttajat moottorikäytössä

AC-taajuusmuuttajia käytetään kolmivaihemoottoreiden nopeussäädöissä. Nopeus- säädöissä käytettävät taajuusmuuttajakäytöt ovat toimintaominaisuuksiltaan energiate- hokkaampia kuin kaksinopeusmoottorit tai muut ohjaustavat. Taajuutta säätämällä pyö- rimisnopeutta saadaan muutettua järkevästi, niin että sähkömoottorin toimintaominais-

suudet pysyvät tehokkaina. Takaisinkytkentä kykenee ylläpitämään sähkömoottorin suorituskyvyn matalillakin pyörimisnopeuksilla vääntömomenttia säätämällä. Takaisinkytkennällä tarkoitetaan moottorikäytöissä sitä, kun asennettu automaatiolaitteisto seuraa moottorin tilaa ja vaatii sitä kautta sähkömoottoria ohjaavaa yksikköä toimimaan eri tavalla. (Hietalahti 2012: 116.)

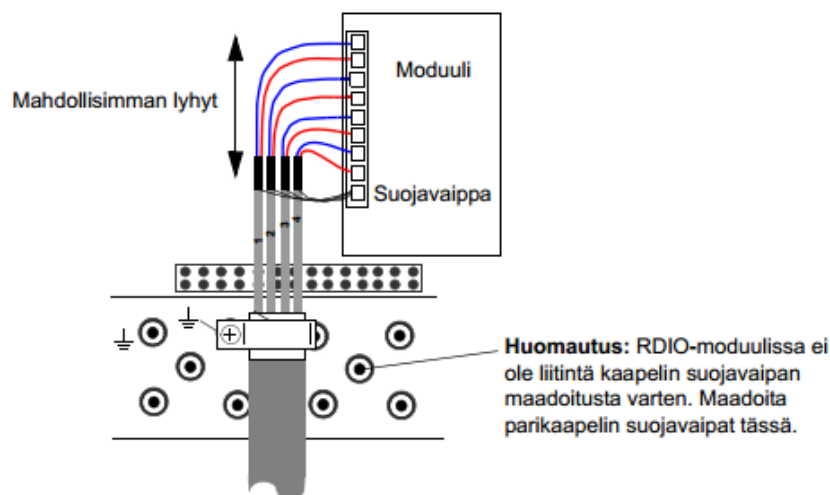
Taajuusmuuttajat ovat olleet viime aikoina paljon esillä kohteissa, joissa on ollut tarvetta uusia sähkömoottoreiden ohjausjärjestelmiä. Suuri osa (yli 65 %) teollisuuden kuluttamasta sähköenergiasta kuluu sähkömoottorikäytöissä. Vanhat järjestelmät eivät kykene kovinkaan tarkkoihin muutoksiin ja energiatehokkaisiin toimintoihin. Taajuusmuuttajilla pystytään hallitsemaan kaikkia sähkömoottorin toimintaan liittyviä oleellisia toimintoja. Lisäksi uudenaikaisen teknologian ansiosta kaikki taajuusmuuttajat ovat kompaktin kokoisia ja suurin osa niistä pystytään kytkemään prosessia seuraavaan kenttäväylään. Taajuusmuuttajat sopivat hyvin vaihtosähköllä toimiviin kolmivaihemoottoreihin, kuten: pumput, puhaltimet, hissit, paperikoneiden voimansiirrot, kuljettimet ja useat muut vaihtosähköön pohjautuvat sähkömoottorilaitteistot.

Taajuusmuuttajilla ohjataan yleensä yksittäisiä sähkömoottoritoimilaitteita, joiden teho/toimintamalli on vaihteleva. Tämän takia uusimmat vesipumput ja ilmanvaihtopuhaltimet ovat taajuusmuuttajaohjattuja, sillä niiden vaihtelevat kuormat aiheuttavat hyvin paljon vaihtelua toimintavaatimuksiin. Taajuusmuuttaja kykenee reagoimaan havaitsemaansa muutokseen moottorin tilanseurannan avulla, ja kykenee siten lisäämään vääntömomenttia tai pyörimisnopeutta tarpeen vaatiessa. Monipuolisten ominaisuuksiensa ansiosta taajuusmuuttajat ovat erittäin energiatehokkaita verrattaessa aiempiin sovelluksiin. Varsinaisesti taajuusmuuttaja ei ole itsessään mikään energiansäästäjä, vaan sen avulla sähkömoottoreista pystytään tekemään entistäkin parempia toimint ominaisuuksiltaan ja energiatehokkuudeltaan. Kyseisten käyttöjen aiheuttamat säästöt ovat merkittäviä ja niiden takaisinmaksuaika on hyvin pieni. Joissain tapauksissa taajuusmuuttaja maksaa itsensä takaisin jo alle vuodessa. Arviolta alle kymmenen prosenttia maailman moottorihjauksista on toteutettu taajuusmuuttajilla. Teollisuuden ja muiden merkittävien toimijoiden toteuttaessaan energiansäästötavoitteitaan, ovat taajuusmuuttajat kulutuksen vähentämisen kannalta tärkeässä asemassa. (ABB 2008.)

## Taajuusmuuttajat ACS600, ACS800 ja Vacon

ABB:n valmistamat ACS600- ja ACS800-tuotesarjan tuotteet ja Vaconin taajuusmuuttajat ovat olleet uusimpia hankintoja Viikinmäen jätevedenpuhdistamon taajuusmuuttajalaitteistosta. Tässä työssä käsitellään juuri näitä taajuusmuuttajia, koska ne ovat ominaisuuksiltaan uusimmat taajuusmuuttajat laitoksessa ja ne on mahdollista kytkeä Metso DNA -prosessiautomaatiojärjestelmään. Kuvassa 4 esitetään ACS taajuusmuuttajan kytkentämalli väyläverkkoon.

### I/O- ja kenttäväylämoduulien kaapelointi



Kuva 4. Väyläkaapelin kytkentä ACS-taajuusmuuttajaan (ACS 800 2008).

## 4 Prosessiautomaatiojärjestelmä

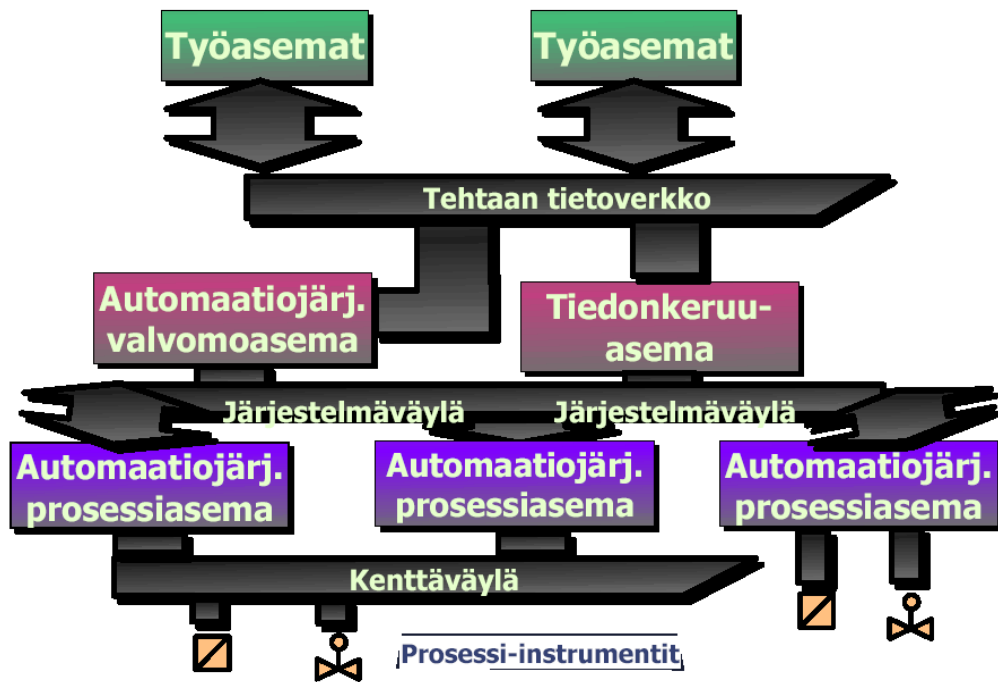
Prosessiautomaatio on yksi teollisuusautomaation alakohta. Prosessiautomaatiojärjestelmään kuuluvia laitteita ovat muun muassa mittalaitteet, toimilaitteet ja tietokonepohjaiset automaatiojärjestelmät, sekä ohjelmistot ja niihin sisällytetyt menetelmät. Menetelmiin kuuluvat mm. loogiset operaatiot ja päättely, säätötekniikka, suodatus, visualisointi ja vikadiagnostiikka. Tässä opinnäytetyössä keskitytään prosessiautomaatiojärjestelmän visualisointiin. Toinen teollisuusautomaation alakohta on kappaletavara-automaatio, joka nimensä mukaisesti käsittää selvästi eroteltavien kappaleiden hallintaan ja käsittelyyn liittyvää automaatiotekniikkaa. (Prosessiautomaatio 2004.)

Prosessiautomaatiossa tarkastelun kohteena ovat virtaavien aineiden käsittelyyn erikoistuneet tekniikat. Näitä aineita voivat olla esimerkiksi nesteet, kaasut, liete ja jauhemaiset aineet. Prosessiautomaatio voidaan jakaa vielä kahteen alakohtaan, jotka ovat panosprosessi ja jatkuvan prosessin automaatio. Jatkuvan prosessin tarkoituksena on lukea prosessin tilaa ja ohjata sitä haluttuun suuntaan. Jokaisella ajanhetkellä on tavoitteena saavuttaa paras mahdollinen prosessin tila häiriöistä huolimatta. Panosprosessilla tarkoitetaan hieman vaihtelevampaa prosessia, jossa lopputuotteen laatu riippuu järjestelmän oikeaoppisesta annostelu- ja käsittelykyvystä. Toisin sanoen järjestelmä yrittää noudattaa jatkuvasti oikeaa reseptiä, saavuttaakseen oikean lopputuotteen. (Panosautomaatio 2004.)

Viikinmäen jätevedenpuhdistamo käsittää molemmat alakohdat prosessiautomaation käsittävistä alueista. Voimalaitos toimii jatkuvana prosessina ja jätevedenpuhdistus toimii panosprosessi-periaatteella. Jätevedenpuhdistuksessa lopputuotteen halutut pitoisuudet voidaan saavuttaa oikeaa reseptiä noudattamalla. Prosessissa jäteveteen annostellaan metanolia, kalkkia, ferrosulfaattia ja ilmaa mahdollisimman puhtaan veden aikaansaamiseksi.

Prosessiautomaation toiminnan aikaansaamiseksi käytetään tietotekniikkaa ja tietoverkkoja. Nykyaikainen järjestelmä koostuu useista tietokoneista, joilla jokaisella on oma tehtävänsä. Tietoverkkojen avulla nämä tietokoneet kykenevät kommunikoimaan keskenään tässä hajautetussa järjestelmässä. Mittalaitteet kertovat automaatiojärjestelmälle prosessin tilasta ja niiden ansiosta järjestelmä voi ohjata toimilaitteita järkevästi. Nykyaikaisissa älykkäissä toimilaitteissa on oma mikroprosessorinsa, joka kykenee käsittelemään paljon tietoa itsenäisesti. Kytkemällä näitä laitteita kenttäväylään saadaan prosessista paljon enemmän tietoa, jolloin järjestelmän laitteet kykenevät kommunikoimaan entistä paremmin. Lisäksi ihmiset pystyvät tarkkailemaan väylään kytkettyjen laitteiden tietoja järjestelmän näyttöpäätteiden kautta. (Prosessiautomaatio 2004.)

Kaikkia prosessiautomaatiojärjestelmän laitteita, jotka on toteutettu siten, että prosessia valvova ihminen hyötyy niiden olemassaolosta, kutsutaan valvomolaitteiksi. Suuri osa laitteista onkin rakennettu ihmisen tarvitsemaa käyttöliittymää varten. Käyttöliittymän avulla henkilöstö kykenee hallitsemaan lähes koko laitospokonaisuutta valvomosta käsin. Kuvassa 5 esitetystä prosessiautomaatiojärjestelmän yleisrakenteesta pystyy havainnoimaan, kuinka valvomossa istuva henkilökunta saa tiedon laitteiden tilasta. (Prosessiautomaatio 2004.)



Kuva 5. Prosessiautomaatiojärjestelmän yleisrakenne (Prosessiautomaatio 2004, Harri Aaltonen).

Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla käytetään Metso DNA -prosessi automaatiojärjestelmää. Koko laitoksen automaatio löytyy yhdestä järjestelmästä, jolla pystytään hallitsemaan sähkökäyttöjä ja seuraamaan prosessin tilaa visuaalisesta käyttöjärjestelmästä. Visuaalisen toteutuksen ansiosta prosessissa ilmenevät viat ja häiriöt on helppo paikallistaa. Järjestelmä kerää myös historiatietoa tapahtumista ja laitteistojen toiminoista.

## 5 Sähköverkko

Viikinmäen jätevedenpuhdistamon sähköverkko koostuu useasta jännitealueesta. Pääverkon jännite on 20 kV, ja se kuuluu keskijännitealueeseen. Jännitettä alennetaan tarvittuun 6,3 kV:n keskijännitteeseen, tai 690 V:n tai 400 V:n pienjännitteeseen sopivilla muuntajakoneistoilla. Sähköverkon jännitetasojen monimuotoisuus johtuu voimalaitoksen generaattorilaitteistosta. Järjestelmään asennettujen verkkoanalysointilaitteiden sijainti on aina muuntajan takana, joten mahdolliset muuntajahäviöt eivät näy pääkeskusten mittauslukemissa. Verkon rakenne on rengasmainen, näin varmistetaan että vikaantumistilanteissa sähkönsyöttö onnistuu myös varayhteyksiä tai vaihtoehtoista

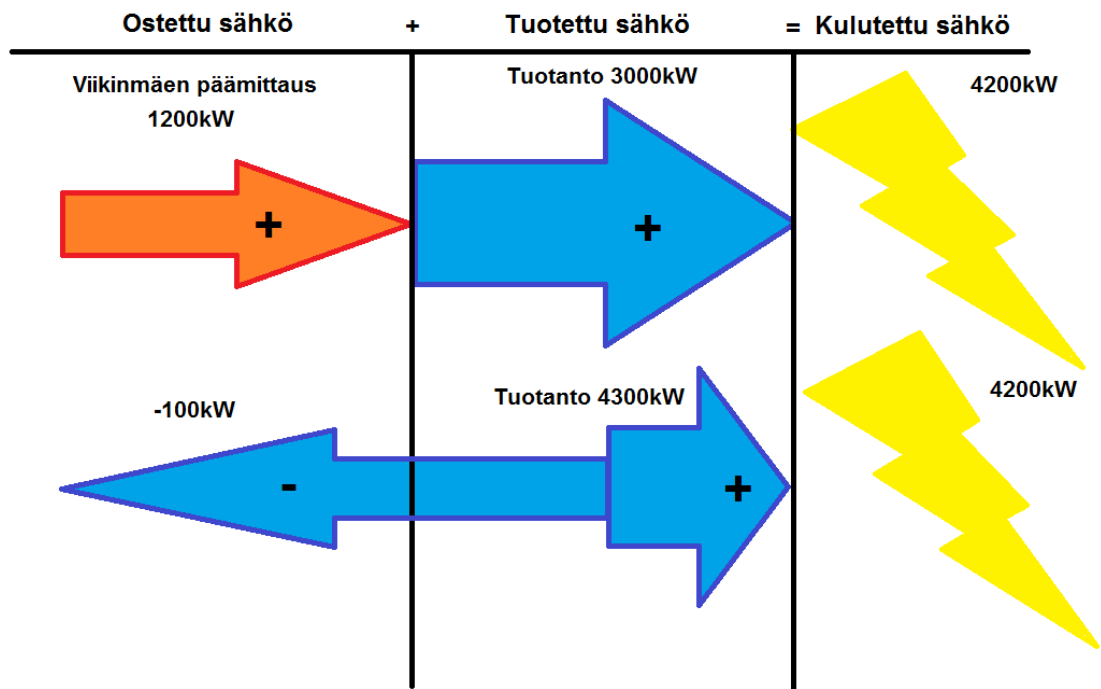
reittiä pitkin. Pääsyötöllekin on olemassa varayhteys Vanhastakaupungista. Sähköverkko on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 6.

## 6 Mittauspisteiden rajaaminen

### 6.1 Yleistä mittauksista

Energianseurantajärjestelmä on rakennettu Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle vuonna 2013. Laitteistoa ei ole vielä hyödynnetty riittävän hyvin, eikä mittapisteiden sijainneista ja kohteista ole rakennettu selkeää kokonaiskuvaa. Laitoksella on asennettuna useita Siemensin Sentron PAC 4200 - ja 3200 -verkkoanalysointilaitteita. Näiden usean verkkoanalysointilaitteen avulla voidaan tarkkailla jätevedenpuhdistamon sähköenergiankulutusta jo hyvin tarkasti. Tarkan mittaustuloksen lisäksi on kuitenkin tärkeää saada selkeä ja nopea käsitys sähköenergiaa mittaavien analysointilaitteiden piiriin kuuluvasta laitteistosta.

Lähtökohtana tarkkailussa on aina koko jätevedenpuhdistamon energiankulutus. Loput jätevedenpuhdistamossa olevat kulutukset ovat tässä tapauksessa vain jokin osa tästä kokonaiskulutuksen summasta. Tarkkailussa täytyy kuitenkin huomioida kaasuvoimalaitos, joka tuottaa sähköä. Tämä voimalaitoksen tuottama sähkö saattaa aiheuttaa virheen mittaustuloksissa. Siksi onkin järkevää, että tuotettua sähköenergiaa mitataan jo generaattoreilta. Jokaisen generaattorin järjestelmään kuuluu tarkat sähköenergian mittauspisteet. Kaasumoottoreiden ja ORC:n tuotto kulutetaan jätevedenpuhdistamolla ja loppu tarvittavasta sähköenergiasta ostetaan Helsingin Energialta. Kokonaiskulutus laitoksella on siis Helsingin energialta ostetun sähkön, kaasumoottoreilla tuotetun sähkön ja ORC:n tuoton summa. Kuvasta 6 nähdään että tilanne on aina tämä, vaikka sähköä siirtyisikin valtakunnan sähköverkkoon. Energialukema Metson automaatiojärjestelmässä muuttuu etumerkin luvusta, kun sähkövirran kulkusuunta muuttuu, joten summalausekkeen lopputuloksessa täytyy ottaa huomioon laskun piirissä olevien generaattoreiden ja ORC:n etumerkki, ettei tuotantolaitteiden kesken tapahdu vähennyksiä jonkin ollessa pois päältä. Ostetun sähkön lukemalla etumerkillä ei ole merkitystä lopputuloksen kannalta.



Kuva 6. Laitoksen tuotannon vaikutus kokonaiskulutukseen laskemiseen.

Eri sähkökulutuskohteiden erottaminen laitoksen järjestelmästä vaatiikin jo hieman tarkempaa selvitystyötä. Asiaa täytyy tarkastella sähkönjakelukaavion ja keskuskaavioiden kautta, sillä sähkölaitteiden sijainnit laitoksella eivät yksinään kerro, mihin keskuskeskseen laite on kytketty ja minkä verkkoanalysointin mittauksen alaisuuteen laite kuuluu. Verkkoanalysointia on asennettu jätevedenpuhdistamolle yhteensä 43, joista 21 kappaletta on PAC 4200 ja 22 kappaletta PAC 3200. 4200-mallit on asennettu mittaamaan pääkeskusten energiankulutusta ja 3200-mallit pienempiä sähkökeskuksia tai isoja yksittäisiä kulutuskohteita. Hierarkiatasolla ajateltuna mittauspisteiden käsitäminen helpottuu. Ylimmällä tasolla jätevedenpuhdistamon energiankulutusta mittaa päämittaus. Päämittauksesta haaraututaan alemmas PAC 4200 -analysointilaitteille, jotka toimivat sähköpääkeskusten mittareina. Loput mittaukset sijaitsevat näiden pääkeskusmittauksien alapuolella. Liitteessä 2 on esitetty energiaverkon hierarkiarakenne ja luettelo rakennepuun laitteista.

Insinööriöprosessia varten tehdyn hierarkiarakennepuun ansiosta päästään helpommin selvyyteen energiankulutustietojen alkuperästä. Kokonaiskuvaa mittauksien muodostumisesta on vaikeaa saada selville muilla tavoin. Tämä yksittäinen kuva auttaa laitoksen kulutustietojen selvityksessä ja mittaustuloksien tarkkailussa. Puurakenne seuraa sähkökeskusten järjestystä ja päättyy keskusten lähtöihin kytkettyihin taajuusmuuttajiin. Taajuusmuuttajista on valittu ne, joista voidaan poimia tehotieto kenttä-

väylän kautta. Rakenteesta selviää kuitenkin muutamia mittauksia, jotka yhtyvät samaan alempaan mittaukseen. Näissä tapauksissa alakeskukselta on vaadittava katkaisijätieto, jotta tiedetään miltä keskukselta kyseinen sähköenergia laitteelle ohjataan. Näitä katkaisijätietoja tarvitaan, kun alueellisista kulutuksista tehdään tarkkoja. Hierarkiapuun avulla tehdyt rajaukset alueellisiin kulutuksiin vaativat kuitenkin yksinkertaisia laskutoimituksia automaatiojärjestelmään. Kaikkien aluekulutuksien summan tulisi aina vastata ostosähkön ja tuotetunsähkön summaa, jolloin tiedetään mitattavan kaikkea laitoksen kulutusta. Vertailussa on otettava kuitenkin huomioon muuntajien ja kaapeleiden aiheuttama häviö, joka saadaan selville aiemmin mainittua menetelmää käyttäen. Edellytyksenä on kuitenkin mittalaitteiden jatkuva virheetön toiminta.

## 6.2 Mittauspisteiden tunnuksot

Sähköenergian mittauspisteiden nimeäminen on toteutettu lähes samaa periaatetta käyttäen kuin keskusten. Keskustunnus muodostuu kolmesta kirjaimesta ja kahdesta numerosta. Ensimmäinen kirjain ilmaisee keskuksen sijainnin rakennuksessa aluetunnusjärjestelmän mukaisesti. Toinen kirjain ilmaisee, mitä jännitetasoa keskus on: B= 20 kV, D= 6 kV, E= 3 kV, G= 660 V, K= 380 / 220 V, L= 24 - 110 V, N= tasasähkö, I= instrumentointi ja R= rakennusautomaatio. Kolmas kirjain ilmaisee keskuksen käyttötarkoituksen: M= moottorikeskus, K= muu jakelukeskus, X= ristikytkentä- ja riviliitinkeskus, Y= pistorasiakeskus, L= prosessiasema, C= keskusyksikkö, S= instrumentoinnin kenttäkotelo, P= valvomon pulpetti, T= valvomon taulu ja A= valvomon apulaisetila. Ensimmäinen ja toinen numero ovat juoksevia numeroita. Esimerkiksi AKK01 on A-alueen 380 / 220 V jakelukeskus 1. Vastaavasti kyseisen keskuksen energiamittauksen tunnus on 5AKK01B1, jossa 5 tarkoittaa laitoksen tunnusta automaatiojärjestelmässä ja B1 lopussa tarkoittaa B-kennoa ja 1. riviä ylhäältä alaspäin mentäessä. Tunnusjärjestelmä on käytössä Viikinmäen jätevedenpuhdistamon alueella ja siitä on olemassa ohjeistus.

## 6.3 Alueelliset kulutustiedot

*Valvomo- ja huoltorakennuksen AKK01 -keskuksen PAC 4200 -mittaus 5AKK01B1 käsittää kaiken tämän alueen kiinteistösähkön. Alamittauksia ovat PAC 3200 5AKK01B2 ilmanvaihtokoneet ja 5AKM01B1 keittölaitteet. Lisäksi alueeseen kuuluu MKU02 UPS keskuksen PAC 3200 -mittaus 5MKU02A1. Alueen kokonaiskulutukseksi*



saadaan täten 5AKK01B1 + 5MKU02A1. Alamittauksia voidaan hyödyntää tarvittaessa lisäinformaation lähteinä.

*Voimalaitoksen* kokonaiskulutuksessa on kiinnitettävä huomiota tuotetun sähköenergian määrään ja suuntaan. Pääkeskuksia alueella on kaksi, BKK01 ja BKK02. BKK01:n kokonaiskulutus on 5BKK01B1 + ORC:n tuotto. BKK02:n kulutus saadaan lasketuksi seuraavasti: generaattoreiden tuotto – 5BDK0108A + 5BDK0101. Alueen kokonaiskulutus on siis näiden kahden laskutoimituksen summa. BKK02 on suoraan kaasumotto-reiden omakäyttösähkö.

*Lietteenvarastoinnin ja mädättämön* alueen kokonaiskulutus koostuu mittauksista 5MGK01B1, 5MKK21B1, 5MGK02B1 ja 5MKK01B1. 5MGK01B1 -mittauksesta on kuitenkin vähennettävä 5MKU02B1 -mittauksen tieto, koska se kuuluu valvomo- ja huoltorakennuksen kulutukseen. Kokonaiskulutus alueelle on siis 5MGK01B1 + 5MKK21B1 + 5MGK02B1 + 5MKK01B1 – 5MKU02B1.

*Esikäsittely*-alueen kokonaiskulutus koostuu neljästä mittauksesta 5GGK01B1 + 5GGK02B2 + 5GGK03B1 + 5GKK01B1.

*Käytävät ja tunnelit* -alueella on kaksi pääkeskusmittausta, joten kokonaiskulutus on 5EGK01B1 + 5EKK01B1.

*Koneisto- ja laitetilat* -alue käsittää kaikki viisi ilmastuskompressoria ja keskuksat KGK01, KGK02, KGK03, KKK21 ja KGK04. Kokonaiskulutus on siis 5KGK01B1 + 5KGK02B1 + 5KGK03B1 + KKK21B1 + 5KGK04B1 + 5KDK018A + 5KDK019A + 5KDK013A + 5KDK014A + 5KDK015A. Jälkimmäiset viisi tunnusta ovat ilmastusilma-kompressoreita.

*Biologisen käsittelyn* alueen sähkönkulutus selviää 5NGK0104A -mittauksella.

Alueellisten mittausten lisäksi halutaan selvittää eri prosessialueiden kulutuksia. Nämä mittausperiaatteet tulee kuitenkin pitää erillään automaatiojärjestelmässä, koska lue-mat ovat laskettu eri perustein. Alueiden kulutustietoihin sisältyy kaikki mahdollinen sähkön kulutus, kun taas prosessiin rajatessa käsitetään ainoastaan laitteisto, joka tekee työtä jätevedenpuhdistuksen hyväksi. Prosessin alueellistaminen vaatii huomattavasti enemmän laskutoimituksia kuin aluekohtaiset kulutukset.

Prosessialueiden kokonaisuus alkaa tulopumppauksesta. Tulopumppaus 1 käsittää kaikki kahdeksan tulevanjätevedenpumppua, jotka ovat kaikki erillisten mittausten alaisuudessa. T1 kokonaiskulutus on siis kaikkien näiden kahdeksan pumpun mittaus-tietojen summa. Tulopumppaus 2 on ruuvipumppaus, joka johdetaan Pihlajanmäen suunnalta. Tämä T2 on mitattu myös omalla PAC 3200 verkkoanalysaattorilla, joka on ainut kohteen mittaus-tieto, koska ruuvipumppuja on vain yksi.

Välppäys, hiekanerotus ja esi-ilmastus käsittävät esikäsitteystä sopivan kokoisen pro-sessialueen yhdeksi kokonaiskulutuskohteeksi. Tarkempia alueellisia kulutustietoja alueelta on hankala saada, koska toimilaitteet ovat pienikokoisia ja niissä ei ole mitta-ustietomahdollisuutta. Esiselkeytyksestä on mahdollista erotella prosessin kulutus omaksi mittauskokonaisuudeksi. Lisäksi edellä mainituilla alueilla on yhteinen esikäsit-telyn kiinteistösähkömittaus, johon sisältyy muun muassa valaistus, pistorasiat ja nos-to-ovet.

Ilmastus on jätevedenpuhdistamon aluekulutuksista merkittävin. Tämä alue kuuluu koneisto- ja laiteiloihin, joissa suurimmat kulutuskojeet, ilmastusilmakompressorit, si-jaitsevat. Ilmastuksen kokonaiskulutukseen lasketaan kaikki viisi ilmastusilmakompres-soria, joista jokainen on mitattu erikseen. Lisäksi alueen kulutukseen kuuluu kiinteis-tösähkö. Jälkiselkeytyksen laitteistot ovat mitattu kahdella mittauksella, joista muodos-tuu jälkiselkeytyksen aluekulutus. Ylijäämäliete ja lämmönsiirtokoneisto kuuluvat yhden mittauksen alaisuuteen. Poistoilmakoneisto saadaan mitatuksi yhdellä verkkoanaly-saattorilla.

Luolaston kiinteistösähkö on mitattu yhdellä verkkoanalysaattorilla. Mittauksesta tulee kuitenkin erottaa muutamia prosessiin kuuluvia pumppuja, jolloin kiinteistösähkö saa-daan erotettua prosessista. Nämä pumput ovat ferrosulfaatin pumppauksia, jotka ovat oma kokonaisuutensa. Metanolin pumppaus on myös oma osa-alueensa, joka erote-taan kiinteistösähköstä.

Biologinen suodatus on jätevedenpuhdistusprosessissa myös merkittävä kulutuskohte, koska puhdistettu jätevesi on pumpattava poistotunneliin pienellä vaihtelevalla nosto- korkeudella. Poistopumput ovat oma kulutuksen kohteensa, ja niitä on kaikkiaan seit-semän. Lisäksi muun biologisen suodatuksen kulutus voidaan laskea vähentämällä poistopumppaukseen kuluva sähköenergia pääkeskuksen kokonaisenergian kulutuk-sesta.

Mädättämön alueella erotellaan lietteen kuivauslingot omaksi alueekseen, joka on hyvin merkittävä. Kiinteistösähkö on oma alueensa ja muu lietteen käsittelyyn ja mädätykseen kuuluva prosessi omansa. Voimalaitoksella mitataan ainoastaan kiinteistösähkö ja omakäyttösähkö.

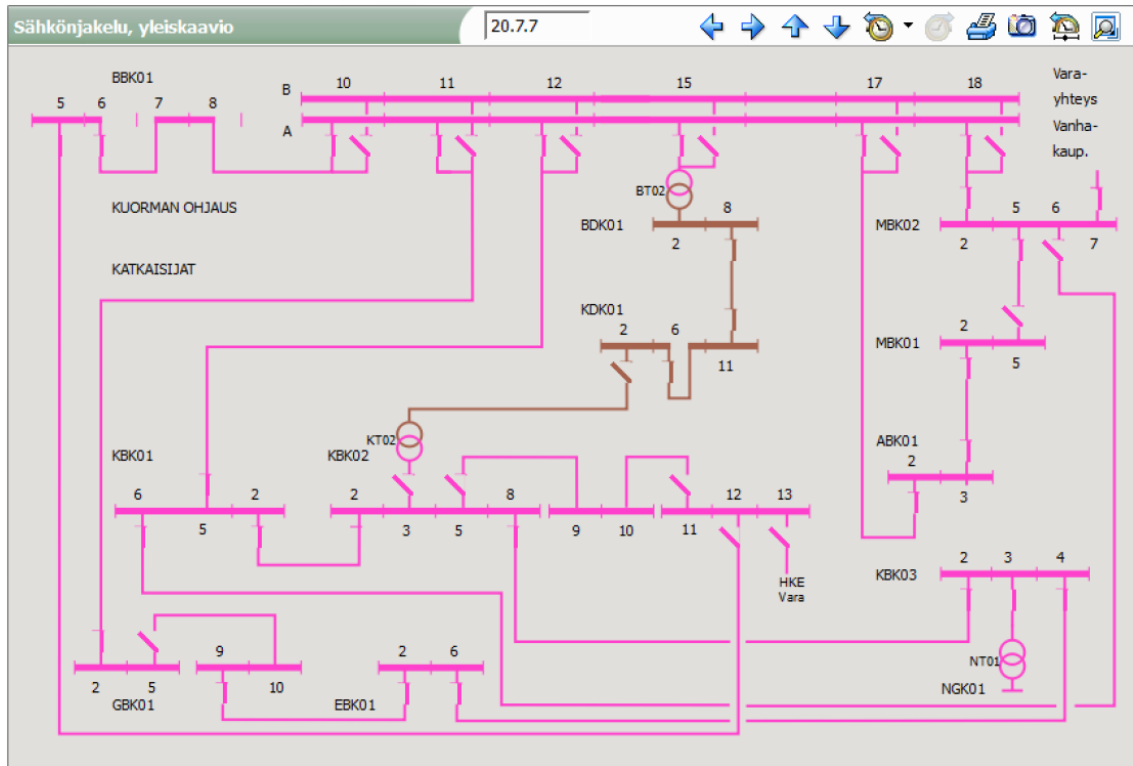
## **7 Mittausten esittäminen prosessiautomaatiojärjestelmässä**

Jätevedenpuhdistamon koko prosessia voidaan hallita prosessiautomaatiojärjestelmän kautta muutamilla painalluksilla. Hälytyksiä ilmenee aina silloin, kun jotain merkittävää prosessissa menee vikaan. Puhdistamon tilannetta seurataan jatkuvasti laitoksen valvomosta ja sitä voi seurata myös kaikilta tietokoneilta, joilla on pääsy laitoksen sisäiseen verkkoon. Prosessin parissa työskentelevä henkilökunta hyötyy järjestelmän käytöstä merkittävän paljon, sillä ongelmat havaitaan suurimmaksi osaksi ruudulta. Ominaisuuksiltaan järjestelmän ulkoasu on räätälöity Viikinmäen jätevedenpuhdistamon käyttöön. Prosessin jokainen osa-alue on mallinnettu järjestelmään vastaamaan todellista laitosta ja siihen on lisätty toimintoja ja mittauksia. Metso DNA mahdollistaa usean eri kuvan luomisen järjestelmään, joten pääkuva voi olla koko laitoksesta, josta pääsee siirtymään tarkempiin osa-alueisiin ja lopulta yhteen toimilaitteeseen.

Laajaan prosessiin mahtuu paljon mittauksia ja toimilaitteita. Jotta hallintajärjestelmästä saataisiin selkeä, täytyy prosessi jakaa alueisiin ja toimialoihin. Esimerkiksi sähköverkko tulee pitää erillään muusta prosessista. Sähköverkon on tarkoitus mallintaa katkaisijoiden asennot, jotta keskusten ja verkon tila saadaan selville. Prosessin puolella on puolestaan tarkoitus seurata toimilaitteiden ja käsiteltävän aineen tilaa. Prosessissa käsiteltävän aineen täytyy edetä riittävällä nopeudella, jotta ei muodostuisi tilannetta, jossa jätevettä ei ehdittäisi käsitellä. Vaihtelevan jätevesimäärän takia kuormitus ja puhdistustulos muuttuvat aina hieman. Prosessia seuraamalla voidaan päätellä, milloin toimintoja on lisättävä ja milloin hiljennettävä. Energianseuranta automaatiojärjestelmään liitettynä toimii näissä tapauksissa prosessin lisätyökaluna. Tarkoituksena on yhdistää hieman sähköjärjestelmän toimintaa prosessin seurantaan ja toisinpäin. Energianseurannan parantamisen myötä sekoitetaan hieman tätä alkuperäisasetelmaa.

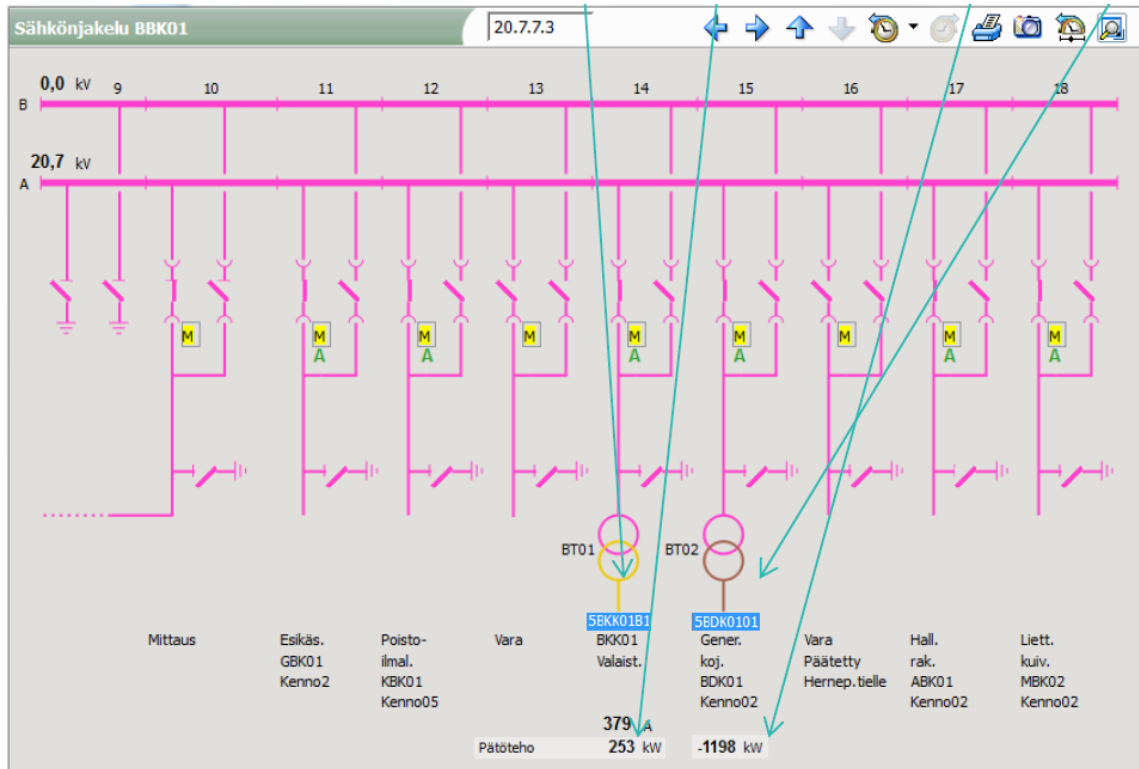
Kuvassa 7 esiintyy Metso DNA:han lisätty sähköjakelun yleiskaavio, jossa on esitetty koko jätevedenpuhdistamon sähköverkko. Kuvasta pääsee siirtymään syvemmälle pääkeskustasolle, jossa ilmenevät valitun tason kennostojen numerot ja syötön koh-

teet. Muutamissa kohteissa on ilmoitettu myös mitattuja virta- ja jännitelukemia. Nämä on ilmoitettu usein niiden muuntajien kohdalla, joista syöttö jatkuu pääkeskukselle. Tätä pidemmälle ei sähkönjakelukaaviossa automaatiojärjestelmässä päästä.



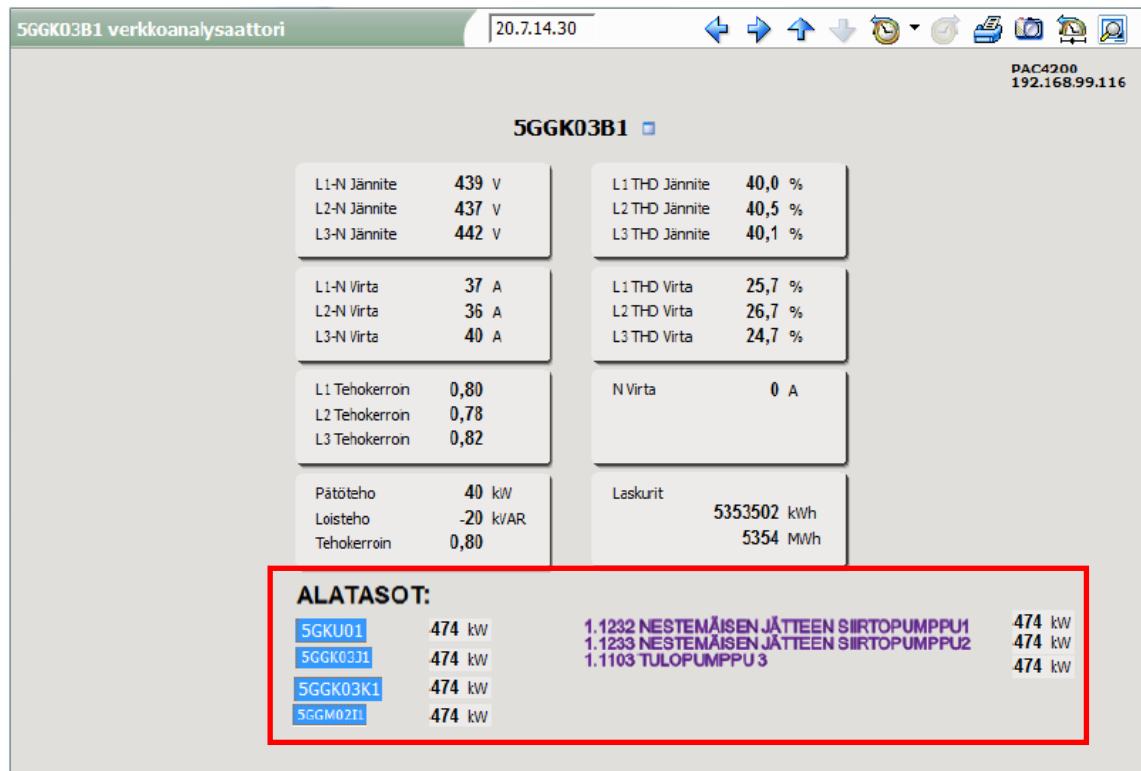
Kuva 7. Jätevedenpuhdistamon sähkönjakelun yleiskaavio.

Sähkönjakelukaaviossa ilmenee jo ostosähkönmittauspiste ja sen ilmoittamat lukemat. Kaikki pääkeskuksien mittaukset on myös mahdollista lisätä sähkönjakelukaavioon, jolloin verkkoanalysointilaitteiden mittaukset tulevat näkyviin niiden oikealle sijainnilleen automaatiojärjestelmässä. Mittauspisteiden lisäämisestä sähkönjakelukaavioon ja niille asetettavista toiminnoista laadittiin ohjeistus, jonka mukaan kuvat tulisi muokata järjestelmään (kuva 8).



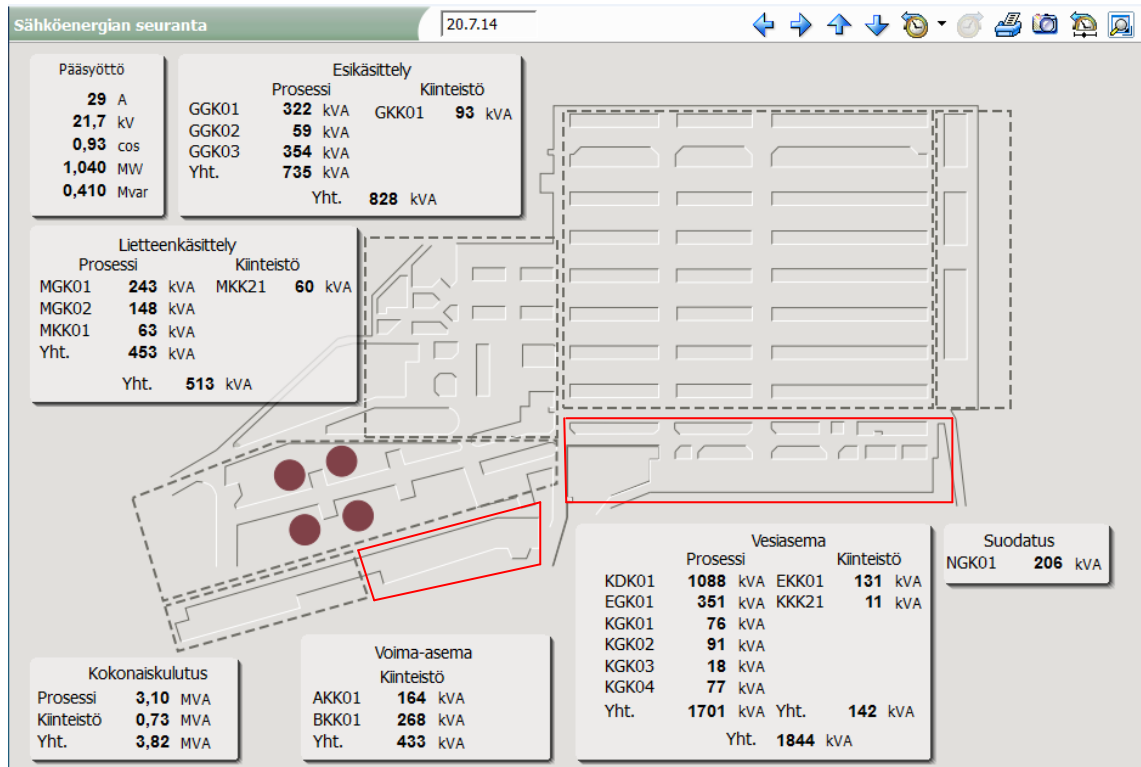
Kuva 8. Jätevedenpuhdistamon sähkönjakeluun liittyvän kuvamuutoksen esimerkki.

Sähkönjakelukaavioon lisättyjen lukematietojen ja mittauspisteiden funktiona on esittää energian kulku verkon eri osa-alueissa. Verkkoanalysointien tarkempiin tietoihin on mahdollista päästä kiinni klikkaamalla hiirellä mittauksen tunnusta sähkönjakelun yleiskaaviossa. Tämä ohjeistuksessa laadittu toiminto helpottaa verkon rakenteen ymmärtämistä, sillä siirryttäessä verkkoanalysointin omaan kuvaan, nähdään tarkempien mittauspisteiden lisäksi myös mittauksen alatasot. Alatasot lisätään ohjeistuksen kaltaisella tavalla ja ne ovat samat, jotka näkyvät jo aiemmin mainitussa hierarkiarakenteessa. Kuvassa 9 näkyvästä verkkoanalysointin omasta kuvasta on myös mahdollisuus siirtyä alatasoihin painamalla niiden tunnuksia. Jokaisen alatason käyttämä sähköenergia on myös ilmoitettu tunnuksen vieressä. Verkkoanalysointien tunnistamista helpotetaan lisäämällä niihin teksti mitattavasta kohteesta.



Kuva 9. Jätevedenpuhdistamon verkkoanalysointoriin liittyvän kuvamuutoksen esimerkki.

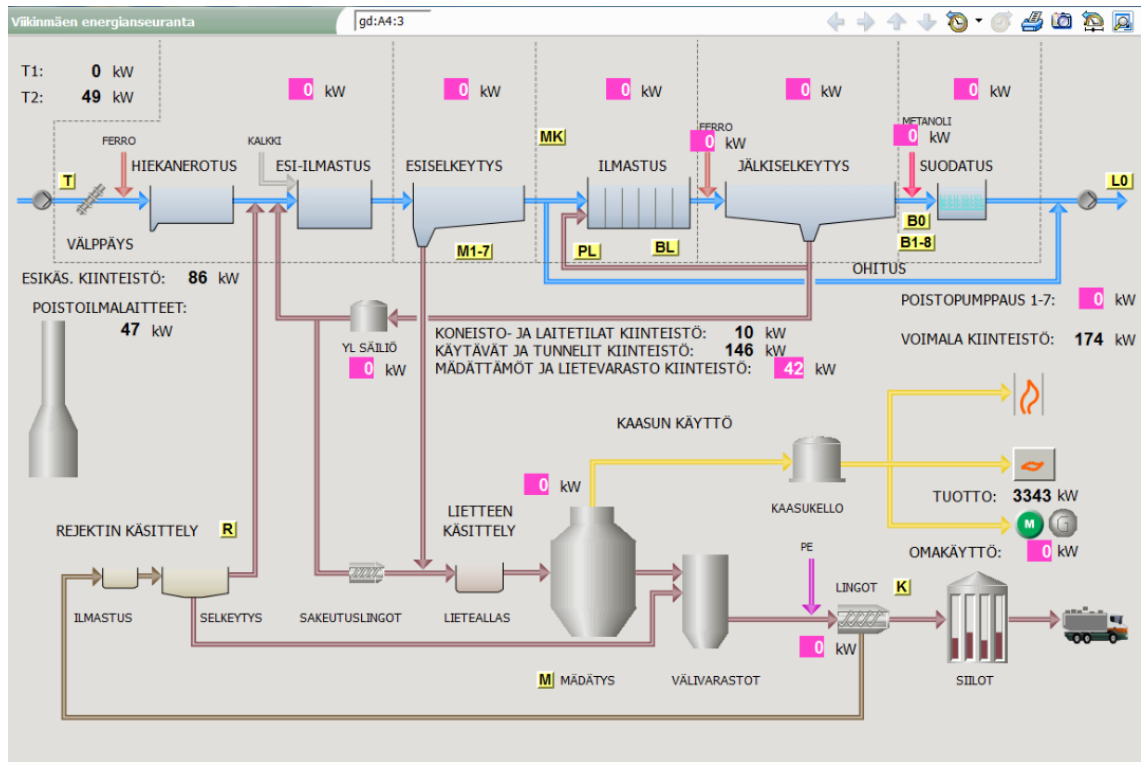
Mittausalueiden rajaamiseksi ja havainnoimisen helpottamiseksi on laadittu kuva, jossa on koko jäteveden puhdistamo alueittain. Kuvaan tehdään rajaukset edellisen kappaleen ohjeistuksen mukaisesti, parantaen alueellisten kulutustietojen täsmällisyyttä. Ensimmäisessä aluekuvassa on esitetty kaikki pääkeskusmittaukset alueittain, ja siinä näkyvät myös sähköenergiatiedot. Kuvaan toteutetaan ohjeistuksen mukaiset muutokset, jolloin tunnuksista pääsee analysointoreiden omiin kuviin ja kuvasta klikkaamalla alueellisiin tarkempiin kuviin. Lisäksi laskennallisesti selvitetty kVA-lukemat muutetaan mittauksien kW-pätötehoiksi. Kuva 10 toimii alueellisen sähköenergiankulutuksen pääkuvana.



Kuva 10. Jätevedenpuhdistamon sähköenergian seurantaan liittyvän kuvamuutoksen esimerkki.

Kuvan alueisiin mentäessä saadaan selville yhden alueen tarkat mittauksen kohteet ja niiden kulutustiedot. Lisäksi kuvaan lisätään erillisinä teksteinä yksittäiset laitteet, joista on mahdollista poimia sähköenergiankulutustietoja järjestelmään. Kuvat toimivat ikään kuin karttoina, jolloin laitoksen henkilökunnan on helppo saada selville vikaantuneen laitteen sijainti ja syöttävä keskus. Kaikki keskuskeskukset on esitetty laitoksen yhdessä paikannuskuvassa (liite 5), jota apuna käyttäen laitoksen keskuskeskukset voidaan jakaa alueisiin kuvan 10 kaltaisesti.

Prosessin sähköenergianseurannan rajaus kuva 11 esitetään lähes samalla tavalla kuin sähköenergian seurantakuva, mutta siinä olevat alueet ovat määritellyt prosessin kulun ehdoin. Rajaukset on määritellyt aiemmin mainitun prosessin rajauksen ehdoin, jolloin kuvassa esiintyvät sähköenergian kulutustiedot sisältävät useiden mittauksien summan. Kuvassa käytettyjä ja niihin luotuja kulutuslukemia lisätään tarvittaessa muuallekin prosessin kuviin. Tällaisia ovat esimerkiksi tulopumppaus- ja poistopumppausalueen täsmällisemmät kuvat.



Kuva 11. Jätevedenpuhdistamon prosessin energian seurantaan liittyvä kuvamuutos.

Kaikki kuvat tehdään ja ehostetaan Metso Picture designer -kuvankäsittelyohjelmaa käyttäen ja mittaustietojen summalukemat toteutetaan järjestelmään Metson henkilökunnan toimesta.

## 8 Mittaustulosten raportointi

Mittauksia on raportoitu aiemminkin, mutta niiden tulokset ovat olleet laskennallisia. Laskennalliset tulokset ovat lähellä todellisia, mutta niissä on kuitenkin eroa mitattuun. Jännite ja virta on mitattu verkosta aiemminkin muutamista kohtaa, jotta pätötehon laskeminen on ollut mahdollista. Todellisen pätötehon laskennassa  $\cos\phi$  muuttuu jatkuvasti. Nämä laskennalliset arvot perustuvat kiinteään  $\cos\phi$ -arvoon (kaava 1). Kun kertoimena käytetään kiinteää arvoa muuttuvan sijasta, voi pitkällä aikavälillä lopputulokseen tulla huomattavia eroja. Siemensin verkkoanalysointorit mittaavat jatkuvaa pätötehoa todellisella  $\cos\phi$ -arvolla, jolloin saadaan selville todellinen pätöteho. Kun prosessiautomaatiojärjestelmän historiatiedot ovat tallentuneet onnistuneesti järjestelmään, voidaan sähköenergiaan liittyviä tietoja poimia tietokannasta halutuilta ajanjaksoilta. Tämä helpottaa halutun raportin toteuttamista, kunhan on tiedossa mitä mittauksia raportissa halutaan hyödyntää.



Prosessiautomaatiojärjestelmästä voidaan tarkastella mittauksien tietoja analysoimalla niiden historiaa IA-tietokannoista. IA:lla tarkoitetaan Metso DNA:n informaatioaktiiviteetikantaa, jossa sijaitsevat mittauksien historiapositiot ja hälytyshistoria. Kun historia ei tallennu järjestelmään, sen voi havaita visualisoidulta näytöllä Metso DNA:sta. Toiminnassa olevat mittaukset piirtävät analysointi-ikkunaan halutun ajanjakson mittauskuvaajan. Kuvaajista on helppo havaita vika mittalaitteessa, sillä silloin kuvaaja ei ole piirtynyt tarkkailun kohteena olevalla ajanhetkellä. Jos väylässä olisi vika, näkyy sekin katkoksenä kuvaajassa. Mittalaitteen ollessa kunnossa ja vian ollessa jossain muualla, piirtyvät energiankulutustiedot todellisina tietokantaan vian korjauksen jälkeen. Tämä johtuu verkkoanalysointin omasta muistista, joka varmistaa realistisen mittaustuloksen sen avulla. Raportoinnissa verkkoanalysointin historiatiedot ovat varsin luotettavia, kunhan mittalaite on ollut toiminnassa valitulla ajanjaksolla. Mittaustuloksen tarkkuuteen vaikuttaa historiatietokannasta valitun position mittaustarkkuus. Vaihtoehtoja tietokannassa ovat päiväkeskiarvo, tuntikeskiarvo ja 10 s:n mittaussykli. Eroa epätarkimman ja tarkimman mittaustuloksen välillä on vuoden mittaustuloksella noin 0,4 %. Tulos saatiin selville vertailemalla vuoden 2013 kulutustietoja päiväkeskiarvo mittauksella ja 10 s:n mittauksella.

Energianseurantajärjestelmän kehittämisen myötä kaikkien alueellisten mittausten ja niiden historiapositioiden summatietojen seurannasta on mahdollista luoda automatisoituja raportteja. Luomalla yhden pohjan DNA report designer -ohjelmalla raportin ulkoasusta, voidaan sama raportti päivittää ajan tasalle yhdellä napinpainalluksella ja tarvittaessa eri mittauspisteiden tiedoilla. Raportinluontiohjelmisto poimii mittaustiedot historiatietokannasta ja hyödyntää niitä raportin laskennassa. Laskennassa valitaan haluttu mittaustulosten ajanjakso ja muodostetaan tämän ajanjakson valituista mittauksista raportti tai kuvaaja. Kuvaajien ja tietojen päivittäminen report designerillä vaatii harjaantunutta otetta ohjelmiston kanssa. Osa toiminnasta vaaditaan skript-komentoja. Lisäksi mittaustulosten oikean ulkoasun aikaansaaminen saattaa vaatia muunnoskertoimia ja esitysmuotoasetuksien muuntamista.

Jos halutaan esittää laitoksen kokonaiskulutustietoja, täytyy mittauksista valita oikea positio ja tietää alkuperäisen arvon esitysmuoto. Esimerkkinä insinööriyössä käytetään jätevedenpuhdistamon sähköenergian kokonaiskulutusta, joka tullaan esittämään jätevedenpuhdistamon infonäytöillä reaaliajassa. Näytetty lukema muodostuu ostosähkön ja tuotetun sähkön summasta. Luvut muodostuvat kahden mittauksen päiväkeskiarvotiedoista, jotka on laskettu kuukausien ja vuosien ajanjaksoille (liitteet 3 ja 4). Ajanjak-

sojen summattiedot kerrotaan muuntokertoimella, jotta MW- ja kW-lukemat saadaan muutettua MWh-lukemaksi. Arvot ovat laskettu ja niistä selvitetään prosentuaaliset muutostiedot edelliseen vuoteen nähden. Muutoksen suunta edelliseen vuoteen nähden selviää prosentti lukeman etumerkistä ja väristä. Vihreä väri ja miinusmerkki kuvastavat parannusta, eli energian kulutus on vähentynyt. Punainen väri viittaa puolestaan energiankulutuksen kasvuun, joka ei ole haluttavaa. Ennuste on muutosprosentin edellyttämä arvo loppuvuoden tavoitteeksi. Kaikki arvot päivittyvät jokaisella raportin lukukerralla Metson järjestelmän kautta Mycommunity palveluun tallennettuun raporttiin. Avauksen aikana raportti laskee kaikki siihen luodut laskut ja toteuttaa sille määritellyt ehdot, jolloin visuaalinen ulkonäkö ja arvot vastaavat haluttua. Vuoden vaihtuessa kaikki vuosiluvutkin päivittyvät. Tämä tekee raportista täysin automatisoidun.

Valmiit raportit esitetään jätevedenpuhdistamon infonäytöillä. Niiden seurantaan pystyvät koko laitoksella työskentelevä henkilökunta ja vierailevat ryhmät. Päivittäin päivittyvät kuvaajat ja lukemat edesauttavat henkilökuntaa huomaamaan ajoissa tapahtuvia kulutusmuutoksia, jolloin energiankulutukseen voidaan puuttua varhaisessa vaiheessa. Alueellisten kulutusten raportteja voidaan hyödyntää vuosiraporteissa. Jätevedenpuhdistamon tunnusluvuista voidaan myös laatia raportteja, ja niihin voi sisältyä useita mittauksia ja lukemien muunnoslaskuja. Mittauslukemien ei siis tarvitse olla ainoastaan energiankulutustietoja, vaan siihen voidaan yhdistää jäteveden puhdistukseen liittyviä puhdistus- ja virtaamalukemia.

Sähkönkulutuksen tunnuslukuja:

- Käsiteltyä jätevesikuutiota kohden Wh / m<sup>3</sup>
- Asukasta kohden vuodessa kWh / a
- Ilmastuskompressoreiden kulutus puhdistettua jätevesikuutiota kohden Wh / m<sup>3</sup>
- Tulopumpppauksen sähkönkulutus Wh / m<sup>3</sup>
- Prosessialueiden sähkönkulutus erikseen alueittain Wh / m<sup>3</sup>
- Sähkönkulutus mädätyksessä tuotettua kaasua kohden Wh / m<sup>3</sup>
- Voimalaitoksen omakäyttö tuotettua MWh:a kohden kWh / MWh
- Sähkönkulutus poistettua BOD-kiloa kohden kWh / kgBOD (Biologisesti hajotava orgaaninen aines)
- Poistettua typpikiloa kohden kWh / kgN
- Poistettua fosforikuormaa kohden kWh / t OCP
- Aktiivilietevaiheen kWh / kgBOD ja kWh / kgN

- Suodatus ilman poistopumppausta kWh / kgN
- Määttyksen kulutus lietemäärää kohden kWh / m<sup>3</sup> ja kWh / tnTS (kuiva-aine)
- Kuivauksen kulutus käsiteltyä lietemäärää kohden kWh / m<sup>3</sup> ja kWh / tnTS

(Reinikainen 2014.)

## 9 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä keskityttiin parantamaan HSY:n Viikinmäen jätevedenpuhdistamon energianseurantajärjestelmää. Pääpaino kehitystyössä oli prosessiautomaation mittaustulosten visualisoinnissa ja alueellisten kulutusten selvitystyössä. Visuaalisten energiankulutustietojen myötä jätevedenpuhdistamolla kyetään hallinnoimaan sähköenergiankulutusta paremmin. Laitoksen valvomonäyttöiltä kyetään tarkastelemaan sähköenergian kulutusta alueittain ja mittauskohtaisesti. Lisäksi kyetään tarkastelemaan mittausajanjaksoja, minkä pohjalta laitoksen henkilöstö kykenee havaitsemaan poikkeukselliset kulutuskohteen ja toimimaan energiatehokkuutta parantaen. Uusia investointeja on helpompi määrittää jatkossa, sillä kulutustietojen muutokset kyetään havainnoimaan nopeasti, eikä niissä tarvitse tukeutua enää laskennallisiin teoreettisiin arvioihin. Pätötehot mittauskohteissa ovat realistisia arvoja, jotka päivittyvät kymmenen sekunnin aikaväleihin. Sähköenergianseurantalukemat ovat ilmoitettu kilowatteina.

Seurantajärjestelmän kehitystyön ohella, tehtiin sähköenergian kokonaiskulutusta seuraavat raportit. Raportit toteutettiin Metson Report designer -ohjelmistoa käyttäen. Raporteissa seurataan jätevedenpuhdistamon sähköenergian kokonaiskulutusta kuukausitasolla ja vuositasolla. Kuukausittainen kulutuksenseurantaraportti esittää muutokset sähköenergiankulutuksessa edellisen vuoden vastaaviin kuukausiin nähden. Jos vuoden kaikkia kulutustietoja ei ole vielä olemassa, esitetään raportissa toteuman mukainen ennuste loppuvuodeksi. Vuositasolla tarkastellaan viiden vuoden ajanjakson sähköenergiankulutustapahtumia, joissa tiedot ovat eroteltu vuosittain. Molemmat raportit esittävät myös sähköenergian kokonaiskulutuksen muutoksen suunnan prosenttilukemana raportissa. Report designer -ohjelmiston ansiosta raportista on ollut mahdollista tehdä automatisoitu, joten jokaisella raportin avauskerralla tapahtuu päivitys nykytilaan. Raportit esitetään Viikinmäen jätevedenpuhdistamon info TV -näyttöillä, jolloin kaikki laitoksella kykenevät seuraamaan kulutuksen muutosta ja sitä kautta tekemään oman osuutensa energiansäästö tavoitteiden saavuttamiseksi.

Insinööriyön tavoitteiksi asetetut uudistukset toteutettiin työn edetessä. Energianseuranta tulee kuitenkin kehittää jatkossa, sillä laitteistojen uusimisien yhteydessä niitä tulee lisätä prosessiautomaatiojärjestelmän seurantaan. Lisäksi mittauspisteitä tulee lisätä tarvittaessa. Henkilökunnan tulee seurata laitoksen energiankulutusta ja korjata vikaantuneita mittalaitteita niitä havaitessaan. Jos laitteisto vikaantuu, ei energianseuranta kyetä toteuttamaan insinööriyön esittämällä tavalla. Laitteiston vikaantuminen ei kuitenkaan aiheuta jätevedenpuhdistusprosessin toimintaan liittyviä häiriötiloja, joten vikaantuminen ei ole kriittisimmällä tasolla. Järjestelmän päätavoitteena on edesauttaa HSY:tä parantamaan energiatehokkuutta jätevedenpuhdistuksessa.

Jatkosovelluksia insinööriyön kehittämiseksi on muutama. Sähköenergiankulutusta seurataan valvomonäytöiltä, joilta voidaan määrittellä, paljonko laitoksen halutaan kuluttavan. Puhdistettavan jäteveden määrä tulee kuitenkin huomioida, jotta prosessi toimii riittävällä tehokkuudella. Laitteistoja voidaan sammuttaa tarvittaessa ja sen avulla vähentää sähköenergiankulutusta laitoksella halutuilla ajanjaksoilla. Kun pystytään määrittämään seuraavan päivän jätevesimäärä, kyettäisiin arvioimaan ostettavan sähkön osuus. Laitos voisi ostaa sähköä spot-markkinoilta edulliseen hintaan, ja tarvittaessa tuottamaan sähköä ja kuluttamaan vähemmän kun hinnat ovat korkealla. Puhdistustulosten raportoinneissa hyödynnettäviä tunnuslukuja voitaisiin lisätä automaatiojärjestelmän yhteyteen. Puhdistusprosessin mittaustulokset yhdistettäisiin energiankulutustietoihin, jolloin saataisiin jätevedenpuhdistamolle tärkeitä tunnuslukuja selville. Lukemissa yhdistyvät puhdistustulos ja siihen kulutettu sähköenergia.

Tulevaisuudessa kun taajuusmuuttajakäyttöjä tulee lisää ja niitä kytketään osaksi automaatiojärjestelmää, päästään entistäkin tarkempiin energiankulutuslukemiin. Nykyisellä tasolla päästään koko laitoksen pääkeskuksien energiankulutustietoihin käsiksi, ja jätevedenpuhdistuksen kannalta merkittävimpiin yksittäisiin kulutuskojeisiin. Jatkuvan kehityksen myötä päästäisiin mahdollisesti erotelemaan myös valaistus alueittain ja jätevedenpuhdistuslinjakohtaiset kulutukset tarkemmin.

## Lähteet

ABB. 2008. verkkodokumentti. Mikä taajuusmuuttaja on.  
<<http://www.abb.fi/cawp/db0003db002698/d5b664f5dd909412c1257291003ef7cc.a spx>>. Luettu 8.11.2014.

AC meters. 2014. verkkodokumentti. Electrokinetica.  
<<http://www.electrokinetica.org/d1/4/2.php>>. Luettu 20.11.2014.

ACS 800. Laiteopas. Helsinki 2008: ABB Oy.

Biokaasusta energiaksi. 2011. Verkkodokumentti. HSY.  
<<http://www.hsy.fi/vesi/ymparisto/biokaasua/Sivut/default.aspx>>. Luettu 15.10.2014.

EKOenergia-verkosto ja -merkki. 2014. verkkodokumentti. EKOenergy.  
<[http://www.ekoenergy.org/wp-content/uploads/2013/06/Ekoenergy\\_Text\\_Finnish.pdf](http://www.ekoenergy.org/wp-content/uploads/2013/06/Ekoenergy_Text_Finnish.pdf)>. Luettu 8.12.2014.

Energia-Ekono Oy. 7/1999. Verkkodokumentti. Julkisten palvelujen energiatehokkuuden arviointi ja seuranta.  
<<http://www.tts.fi/tts/linkki2/files/julk07.pdf>>. Luettu 12.10.2014.

Gabata, Laura. 2014. Verkkodokumentti. Jätevedenpuhdistus.  
<<http://jatevedenpuhdistus.files.wordpress.com/2014/03/jc3a4tevedenpuhdistussimppeli.jpg>>. Luettu 9.11.2014.

Hietalahti, Lauri. Säädetyt sähkömoottorikäytöt. Vantaa 2012: Hansa print Oy.

HSY:n julkaisuja. 2/2014. Jätevedenpuhdistus pääkaupunkiseudulla 2013. Helsinki 2014: Edita Prima Oy.

HSY. Verkkodokumentti. Tiedote.  
<[http://www.vvy.fi/files/3681/Korhonen\\_Riikka.pdf](http://www.vvy.fi/files/3681/Korhonen_Riikka.pdf)>. 2014. Luettu 20.10.2014.

Kauppa ja teollisuusministeriön asetus voimalaitosten omakäyttölaitteista. 309/2003.

Motiva. 29.7.2014. Verkkodokumentti. Kiinteistöjen energianhallinta.  
<[http://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/energiankayton\\_tehostaminen/kiinteistojen\\_energianhallinta](http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta)>. Luettu 6.10.2014.

Panosautomaatio. 2004. verkkodokumentti. Suomen Automaatioseura ry.  
<[www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/Panosautomaatio.doc](http://www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/Panosautomaatio.doc)>. Luettu 2.11.2014.

Power management. 2009. Sentron PAC power monitoring devices for all measuring task 2009. Siemens.

Prosessiautomaatio. 2004. verkkodokumentti. Suomen Automaatioseura ry.  
<<http://www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/Prosessiautomaatio.pdf>>. Luettu 2.11.2014.

Puhtaan veden tekijät. 2014. Verkkodokumentti. Vesilaitosyhdistys.  
<[http://www.vvy.fi/files/3740/VVY\\_puhtaan\\_veden\\_tekijat\\_netti.pdf](http://www.vvy.fi/files/3740/VVY_puhtaan_veden_tekijat_netti.pdf)>. Luettu 3.11.2014.

Reinikainen, Kari. 2014. Viikinmäki, HSY, Helsinki. Keskustelu 28.11.2014.

SFS. Sähköenergian mittauss. Helsinki 2009: 620-2.

Siemens. 2009. Tuotetiedote. Säästöjä energiankulutuksen mittaamisella.  
<<http://www.kauppalehti.fi/5/i/yritykset/lehdisto/hellink/tiedote.jsp?selected=kaikki&oid=20090301/12363495564230&industry=&>>. Luettu 23.10.2014.

Siemens. 2014. Verkkodokumentti. Energian- ja tehonmittaus: verkkoanalysointit.  
<[http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/pienjanitekojeet/energianjakelu/energian\\_ja\\_tehonmittaus\\_sentron\\_pac.htm](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/pienjanitekojeet/energianjakelu/energian_ja_tehonmittaus_sentron_pac.htm)>. Luettu 23.10.2014.

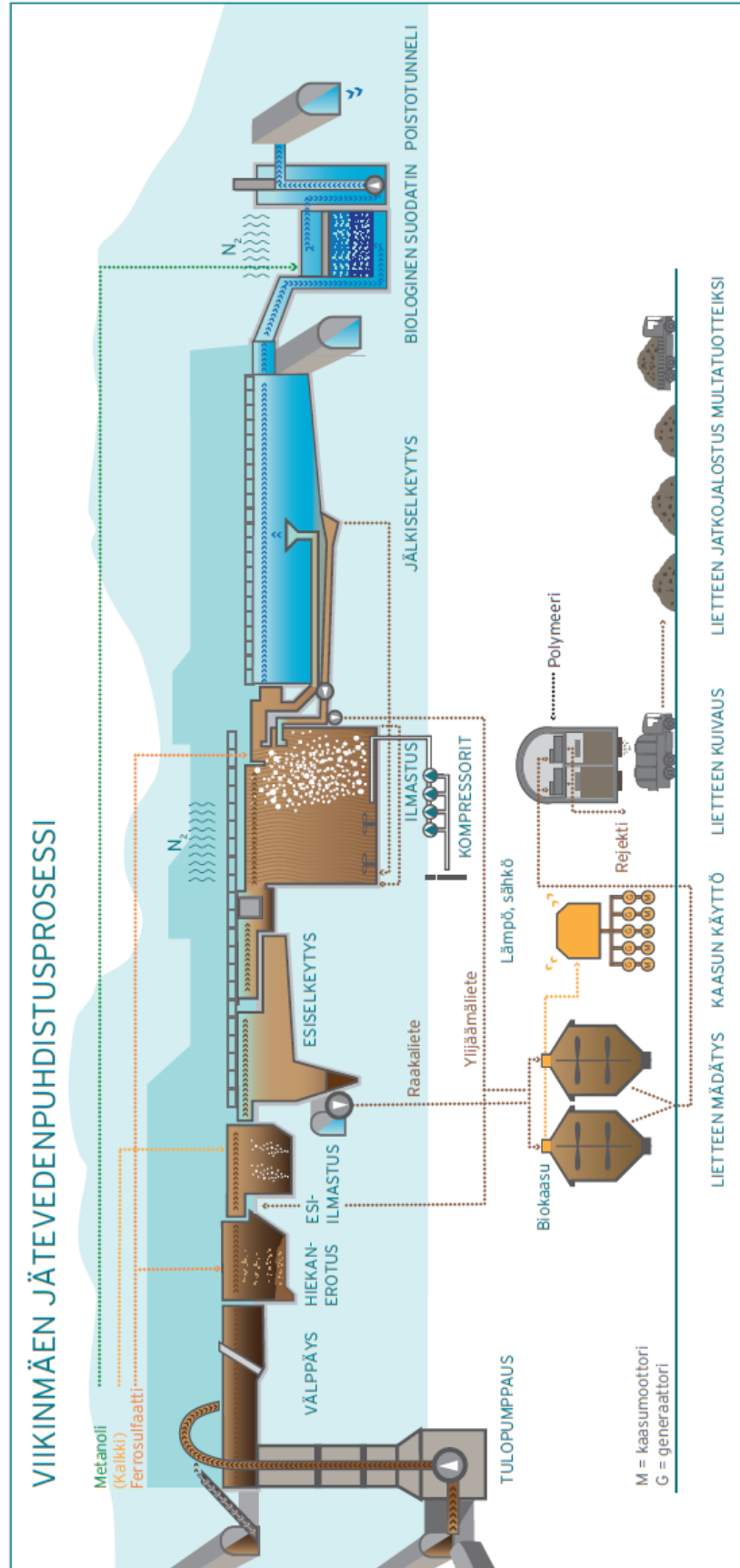
Tulli. 9.5.2014. Verkkodokumentti. Energiaverotusohje.  
<<http://www.tulli.fi/fi/yrityksille/verotus/valmisteverotettavat/energia/lisatietoa/energiaverotusohje.pdf>>. Luettu 12.10.2014.

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2009. Verkkodokumentti. Sähkönkulutuksen mittauksen uudistus.  
<[http://www.tem.fi/files/21782/sahkonkulutuksen\\_mittauksen\\_uudistus050209.pdf](http://www.tem.fi/files/21782/sahkonkulutuksen_mittauksen_uudistus050209.pdf)>. Luettu 23.10.2014.

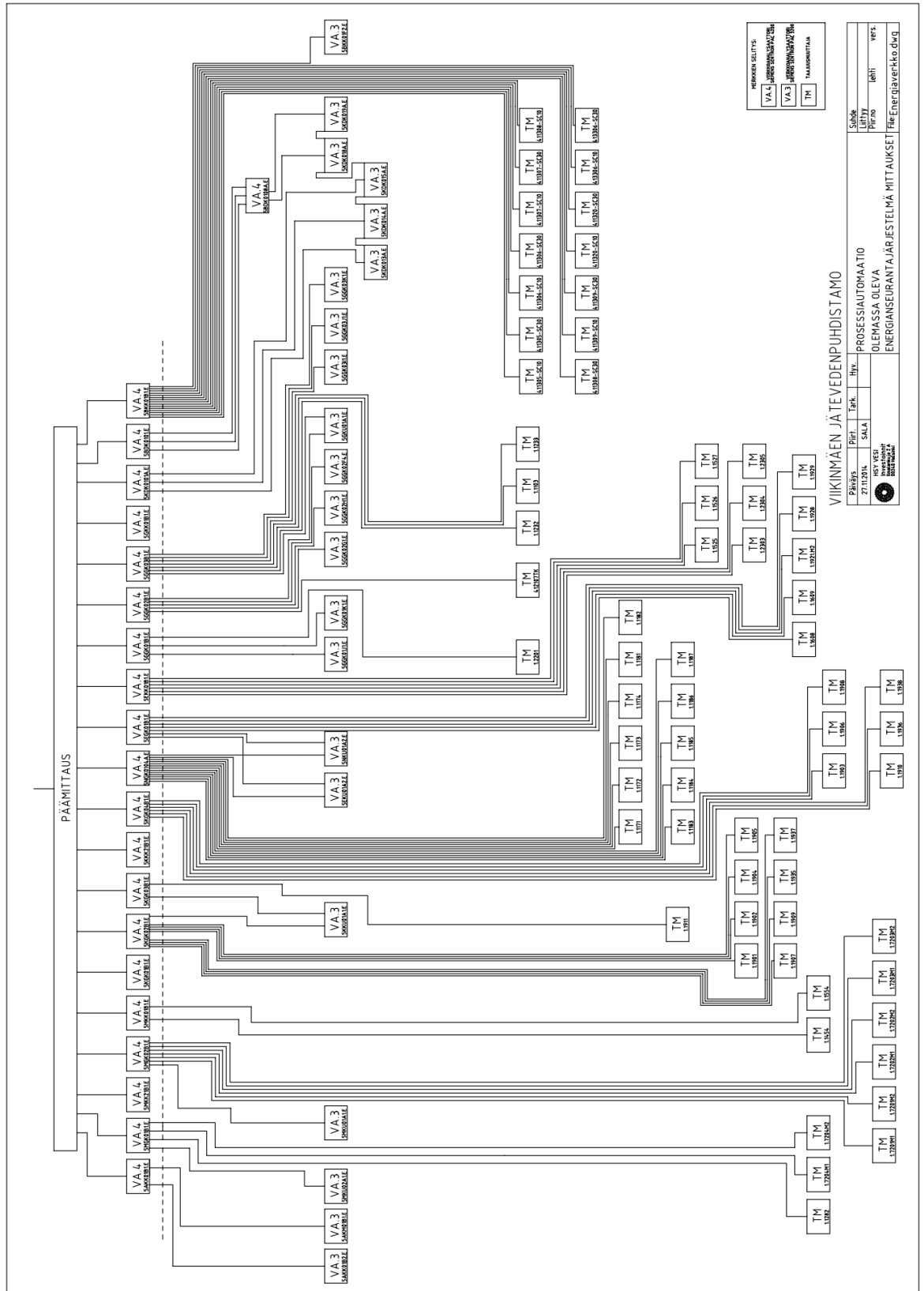
Viikinmäen jätevedenpuhdistamon energiantuotannon tehostaminen. Verkkodokumentti. HSY.  
< [http://www.vvy.fi/files/3649/Korhonen\\_Riikka.pdf](http://www.vvy.fi/files/3649/Korhonen_Riikka.pdf)>. 21.5.2014. Luettu 22.10.2014.

VTT. 2010. Verkkodokumentti. Energianäytöt uutena sähkön kuluttajapalautteen muotona.<[http://www.ece.hut.fi/enete/VTT\\_ENETE\\_Energianaytot\\_220910.pdf](http://www.ece.hut.fi/enete/VTT_ENETE_Energianaytot_220910.pdf)>. Luettu 12.10.2014.

Viikinmäen jätevedenpuhdistusprosessi



# Energiaverkko





<b>ENERGIAVERKKO</b>		
VERKKOANALYSAATTORIT		
5AKK01B1.E	Siemens Sentron PAC 4200	Halli ja korjaamo. A-rakennus
5MGK01B1.E	Siemens Sentron PAC 4200	Lietteen mädätys ja pumppaus. Mädättämö
5MKK21B1.E	Siemens Sentron PAC 4200	Valaistus. Mädättämö
5MGK02B1.E	Siemens Sentron PAC 4200	Lietteen kuivaus. Mädättämö
5MKK01B1.E	Siemens Sentron PAC 4200	Lietteen kuivaus prosessi. Mädättämö
5KKG01B1.E	Siemens Sentron PAC 4200	Poistoilmalaitteet. Koneisto- ja laitetilat
5KKG02B1.E	Siemens Sentron PAC 4200	Lietelaitteisto ja pumppaus. Koneisto- ja laitetilat
5KKK21B1.E	Siemens Sentron PAC 4200	Valaistus. Koneisto- ja laitetilat
5KKG03B1.E	Siemens Sentron PAC 4200	Lämmön talteenotto ja ilmastus. Koneisto- ja laitetilat
5KKG04B1.E	Siemens Sentron PAC 4200	Tuloilmalaitteisto. Koneisto- ja laitetilat
5NGK0104A.E	Siemens Sentron PAC 4200	Typenpoisto. Biologinen-suodatin
5EGK01B1.E	Siemens Sentron PAC 4200	Jälkiselkeytyks. Käytävät ja tunnelit
5EKK01B1.E	Siemens Sentron PAC 4200	Valaistus. Käytävät ja tunnelit
5GGK01B1.E	Siemens Sentron PAC 4200	Tulopumppaamo ja esikäsitteily. Esikäsitteily
5GGK02B1.E	Siemens Sentron PAC 4200	Tulopumppaus ja esikäsitteily. Esikäsitteily
5GGK03B1.E	Siemens Sentron PAC 4200	Esiselkeytyks. Esikäsitteily
5GKK01B1.E	Siemens Sentron PAC 4200	Valaistus. Esikäsitteily
5BDK0101.E	Siemens Sentron PAC 4200	Generaattorikojeisto. Voimalaitos
5BKK01B1.E	Siemens Sentron PAC 4200	Valaistus. Voimalaitos
5BDK0108A.E	Siemens Sentron PAC 4200	KDK01 Ilmastuskompressorit
5KDK0101A.E	Siemens Sentron PAC 4200	Kenno 2. Koneisto- ja laitetilat
5KDK013A.E	Siemens Sentron PAC 3200	HV-turbo 1. Koneisto- ja laitetilat
5KDK014A.E	Siemens Sentron PAC 3200	HV-turbo 3. Koneisto- ja laitetilat
5KDK015A.E	Siemens Sentron PAC 3200	HV-turbo 5. Koneisto- ja laitetilat
5KDK018A.E	Siemens Sentron PAC 3200	HV-turbo 2. Koneisto- ja laitetilat
5KDK019A.E	Siemens Sentron PAC 3200	HV-turbo 4. Koneisto- ja laitetilat
5GGK01J1.E	Siemens Sentron PAC 3200	Tulopumppu 1. Esikäsitteily
5GGK01K1.E	Siemens Sentron PAC 3200	Tulopumppu 2. Esikäsitteily
5GGK02G1.E	Siemens Sentron PAC 3200	Tulopumppu 5. Esikäsitteily
5GGK02H1.E	Siemens Sentron PAC 3200	Tulopumppu 6. Esikäsitteily
5GGK03I1.E	Siemens Sentron PAC 3200	Tulopumppu 4. Esikäsitteily
5GGK03J1.E	Siemens Sentron PAC 3200	Tulopumppu 7. Esikäsitteily

5GGK03K1.E	Siemens Sentron PAC 3200	Tulopumppu 8. Esikäsittely
5GGK02F4.E	Siemens Sentron PAC 3200	Tulevan jäteveden ruuvipumppu. Esikäsittely
5EKU01A2.E	Siemens Sentron PAC 3200	UPS-keskus. Käytävät ja tunnelit
5GKU01A1.E	Siemens Sentron PAC 3200	UPS-keskus. Esikäsittely
5KKU01A1.E	Siemens Sentron PAC 3200	UPS-keskus. Koneisto- ja laitetilat
5MKU01A1.E	Siemens Sentron PAC 3200	UPS-keskus. Mädättäjä
5MKU02A1.E	Siemens Sentron PAC 3200	UPS-keskus. A-rakennus
5NKU01A2.E	Siemens Sentron PAC 3200	UPS-keskus tyhenpoisto. Biologinen suodatin
5BKK01F2.E	Siemens Sentron PAC 3200	ORC-laitteiston tehomittaus
5AKK01B2.E	Siemens Sentron PAC 3200	A-rakennus ilmanvaihto
5AKM01B1.E	Siemens Sentron PAC 3200	Keittiölaitteet. A-rakennus
TAAJUUSMUUTTAJAT		
1.1282	2.2CX6G2N0	RAAKALIETEVÄLPPEEN SIIRTOPUMPUN TAAJUUSMUUTTAJA
1.7204M1	ACS60402606-000C0000901	KUIVAUSLINGON (4) KÄYTTÖMOOTTORIN TAAJUUSMUUTTAJA
1.7204M2	ACS60100406-S00C1200901	KUIVAUSLINGON (4) APUKÄYTTÖMOOTTORIN TAAJUUSMUUTTAJA
1.7201M1	ACS60402606-000C0000901	KUIVAUSLINGON (1) KÄYTTÖMOOTTORIN TAAJUUSMUUTTAJA
1.7201M2	ACS60100406-S00C1200901	KUIVAUSLINGON (1) APUKÄYTTÖMOOTTORIN TAAJUUSMUUTTAJA
1.7202M1	ACS60402606-000D0000901	KUIVAUSLINGON (2) KÄYTTÖMOOTTORIN TAAJUUSMUUTTAJA
1.7202M2	ACS60100406-S00D1200901	KUIVAUSLINGON (2) APUKÄYTTÖMOOTTORIN TAAJUUSMUUTTAJA
1.7203M1	ACS60402606-000C0000901	KUIVAUSLINGON (3) KÄYTTÖMOOTTORIN TAAJUUSMUUTTAJA
1.7203M2	ACS60100406-S00C1200901	KUIVAUSLINGON (3) APUKÄYTTÖMOOTTORIN TAAJUUSMUUTTAJA
1.1454	ACS60100603S00D1200001	LIETTEEN KUIVAUSLINGON SYÖTTÖPUMPPU 4 TAAJUUSMUUTTAJA

1.1554	ACS60100063S00D1200001	POLYMEERIN ANNOSTELU-PUMPPU 4 TAAJUUSMUUTTAJA
1.1901	ACS800-01-0016-7+B056+K454	LÄMMÖNSIIRTIMENSYÖTTÖ-PUMPUN TAAJUUSMUUTTAJA
1.1902	ACS800-01-0016-7+B056+K454	LÄMMÖNSIIRTIMENSYÖTTÖ-PUMPUN TAAJUUSMUUTTAJA
1.1903	ACS800-01-0016-7+B056+K454	LÄMMÖNSIIRTIMENSYÖTTÖ-PUMPUN TAAJUUSMUUTTAJA
1.1904	ACS800-01-0011-7+E200+K454	KIERTOVIESTIPUMPUN TAAJUUSMUUTTAJA
1.1905	ACS800-01-0011-7+E200+K454	KIERTOVIESTIPUMPUN TAAJUUSMUUTTAJA
1.1906	ACS800-01-0011-7+E200+K454	KIERTOVIESTIPUMPUN TAAJUUSMUUTTAJA
1.1907	ACS800-01-0011-7+E200+K454	KIERTOVIESTIPUMPUN TAAJUUSMUUTTAJA
1.1908	ACS800-01-0011-7+E200+K454	KIERTOVIESTIPUMPUN TAAJUUSMUUTTAJA
1.1909	ACS800-01-0011-7+E200+K454	KIERTOVIESTIPUMPUN TAAJUUSMUUTTAJA
1.1910	ACS800-01-0011-7+E200+K454	KIERTOVIESTIPUMPUN TAAJUUSMUUTTAJA
1.1935	ACS800-01-0011-07+B056+E200+K454+L503+P9	KIERTOVIESTIPUMPUN TAAJUUSMUUTTAJA
1.1936	ACS800-01-0011-07+B056+E200+K454+L503+P9	KIERTOVIESTIPUMPUN TAAJUUSMUUTTAJA
1.1937	ACS800-01-0011-07+B056+E200+K454+L503+P9	KIERTOVIESTIPUMPUN TAAJUUSMUUTTAJA
1.1938	ACS800-01-0011-07+B056+E200+K454+L503+P9	KIERTOVIESTIPUMPUN TAAJUUSMUUTTAJA
1.1911	75CX6A2N0	KORKEAPAINEHUUHTELUVESIPUMPPUJEN 1 JA 2 TAAJUUSMUUTTAJA (TEKNISEN VEDEN)
1.1171	ACS60101206 H00D1200901	1.1171 PESUVEDEN POISTOPUMPPU 1:N SÄHKÖMOOTORIN TAAJUUSMUUTTAJA
1.1172	ACS60101206 H00D1200901	1.1172 PESUVEDEN POISTOPUMPPU 1:N SÄHKÖMOOTORIN TAAJUUSMUUTTAJA

1.1173	ACS60100406 H00D1200901	1.1173 SELKEYTYNEEN PESU- VEDEN POISTOPUMPPU 1:N SÄHKÖMOOTTORIN TAA- JUUSMUUTTAJA
1.1174	ACS60100406 H00D1200901	1.1174 SELKEYTYNEEN PESU- VEDEN POISTOPUMPPU 1:N SÄHKÖMOOTTORIN TAA- JUUSMUUTTAJA
1.1181	CO90CX6G2N0	1.1181 BIOLOGISEN SUODAT- TIMEN POISTOPUMPPU 1:N SÄHKÖMOOTTORIN TAA- JUUSMUUTTAJA
1.1182	CO90CX6G2N0	1.1182 BIOLOGISEN SUODAT- TIMEN POISTOPUMPPU 2:N SÄHKÖMOOTTORIN TAA- JUUSMUUTTAJA
1.1183	CO90CX6G2N0	1.1183 BIOLOGISEN SUODAT- TIMEN POISTOPUMPPU 3:N SÄHKÖMOOTTORIN TAA- JUUSMUUTTAJA
1.1184	CO90CX6G2N0	1.1184 BIOLOGISEN SUODAT- TIMEN POISTOPUMPPU 4:N SÄHKÖMOOTTORIN TAA- JUUSMUUTTAJA
1.1185	CO90CX6G2N0	1.1185 BIOLOGISEN SUODAT- TIMEN POISTOPUMPPU 5:N SÄHKÖMOOTTORIN TAA- JUUSMUUTTAJA
1.1186	CO90CX6G2N0	1.1186 BIOLOGISEN SUODAT- TIMEN POISTOPUMPPU 6:N SÄHKÖMOOTTORIN TAA- JUUSMUUTTAJA
1.1187	NXS01256A2L0SSFA1A20000C 5	1.1187 BIOLOGISEN SUODAT- TIMEN POISTOPUMPPU 7:N SÄHKÖMOOTTORIN TAA- JUUSMUUTTAJA
1.1608	ACS60100116S00D1200901	PALAUTUSLIETEPUMPPU 8 TAAJUUSMUUTTAJA
1.1609	ACS60100116S00D1200901	PALAUTUSLIETEPUMPPU 9 TAAJUUSMUUTTAJA
1.1921M2	ACS60100706-B00D1200901	UUSI ILMAST. KIERR.PUMPPU (LINJA 1) TAAJUUSMUUTTAJA
1.1928	ACS60100206-S00D1200901	ILMASTUKSEN KIERRÄTYS- PUMPPU 8 TAAJUUSMUUTTA- JA
1.1929	ACS60100206-S00D1200901	ILMASTUKSEN KIERRÄTYS- PUMPPU 9 TAAJUUSMUUTTA- JA

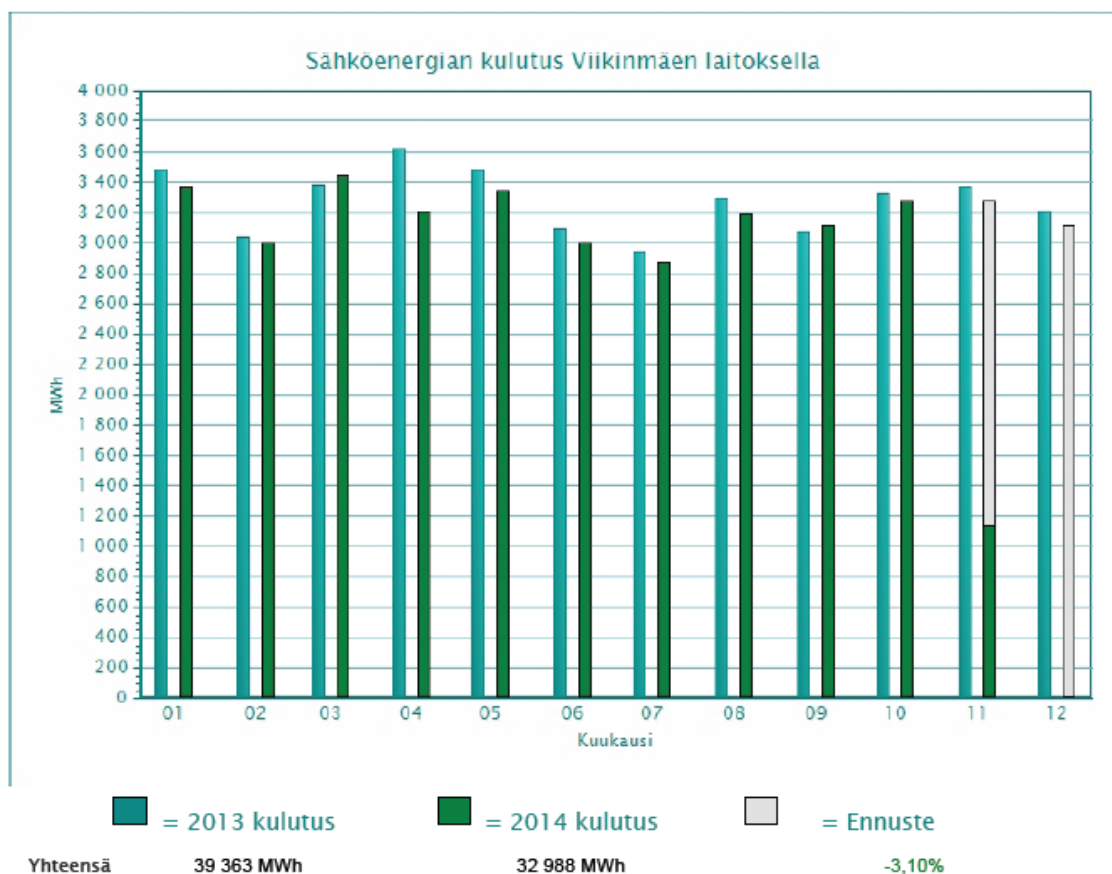
1.1525	ACS8000100033+E200+K454	3. PISTEEN KEMIKAALIN AN-NOSTELUPUMPUN 1 TAAJUUSMUUTTAJA
1.1526	ACS8000100033+E200+K454	3. PISTEEN KEMIKAALIN AN-NOSTELUPUMPUN 2 TAAJUUSMUUTTAJA
1.1527	ACS8000100033+E200+K454	3. PISTEEN KEMIKAALIN AN-NOSTELUPUMPUN 3 TAAJUUSMUUTTAJA
1.2303	ACS800010003+E200+K454	LAIMENNETUN METANOLIN SYÖTTÖPUMPPU 1:N TAAJUUSMUUTTAJA
1.2304	ACS800010003+E200+K454	LAIMENNETUN METANOLIN SYÖTTÖPUMPPU 2:N TAAJUUSMUUTTAJA
1.2305	ACS800010003+E200+K454	LAIMENNETUN METANOLIN SYÖTTÖPUMPPU 3:N TAAJUUSMUUTTAJA
1.2201	160CX6A0N0	ESI-ILMASTUKSEN KOMPRESSORIEN TAAJUUSMUUTTAJA
412107TK	ACS800-01-0050-7+B056	TULOILMAKOJEEN TAAJUUSMUUTTAJA
1.1232	ACS60100166 S00D1200901	1.1232 NESTEMÄISEN JÄTTEEN SIIRTOPUMPPU1:N TAAJUUSMUUTTAJA
1.1103	ACS800-04-0550-7+E210+ON664	TULOPUMPPU 3 TAAJUUSMUUTTAJA
1.1233	ACS60100166 S00D1200901	1.1233 NESTEMÄISEN JÄTTEEN SIIRTOPUMPPU2:N TAAJUUSMUUTTAJA
411305-SC10	ACS800-01-0016-3+B056+E200+L500+L503+P90	TULOILMAKONEEN TAAJUUSMUUTTAJA
411305-SC30	ACS800-01-0016-3+B056+E200+L500+L503+P90	POISTOILMAKONEEN TAAJUUSMUUTTAJA
411306-SC10	ACS800-01-0016-3+B056+E200+L500+L503	TULOILMAKONEEN TAAJUUSMUUTTAJA
411306-SC30	ACS800-01-0016-3+B056+E200+L500+L503	POISTOILMAKONEEN TAAJUUSMUUTTAJA
411307-SC10	ACS800-01-0016-3+B056+E200+L500+L503+P90	TULOILMAKONEEN TAAJUUSMUUTTAJA
411307-SC30	ACS800-01-0016-3+B056+E200+L500+L503+P90	POISTOILMAKONEEN TAAJUUSMUUTTAJA

411308-SC10	ACS800-01-0016-3+B056+E200+L500+L503+P90	TULOILMAKONEEN TAAJUUSMUUTTAJA
411308-SC30	ACS800-01-0016-3+B056+E200+L500+L503+P90	POISTOILMAKONEEN TAAJUUSMUUTTAJA
411309-SC10	ACS800-01-0016-3+B056+E200+L500+L503+P90	TULOILMAKONEEN TAAJUUSMUUTTAJA
411309-SC30	ACS800-01-0016-3+B056+E200+L500+L503+P90	POISTOILMAKONEEN TAAJUUSMUUTTAJA
411320-SC10	ACS800-01-0016-3+B056+E200+L500+L503+P90	TULOILMAKONEEN TAAJUUSMUUTTAJA
411320-SC30	ACS800-01-0009-3+B056+E200+L500+L503+P90	HUIPPUIMURIN TAAJUUSMUUTTAJA
413306-SC10	ACS800-01-0003-3+B056+E200+L500+L503+P90	TULOILMAKONEEN TAAJUUSMUUTTAJA
413306-SC30	ACS800-01-0003-3+B056+E200+L500+L503+P90	HUIPPUIMURIN TAAJUUSMUUTTAJA

## Sähköenergian kokonaiskulutus kuukausitasolla



# Sähköenergian kokonaiskulutus kuukausitasolla



Tiedosto: Sähköenergian  
kokonaiskulutus

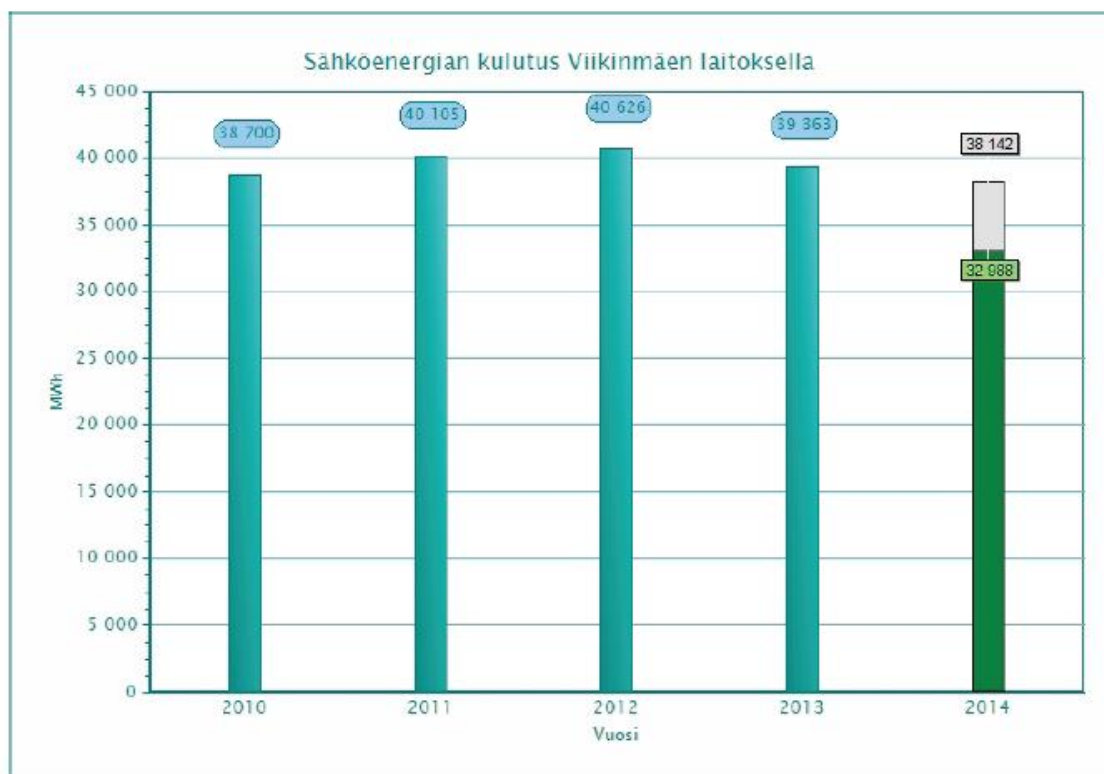
Tulostusaika: 15:48 12.11.2014

Sivu: 1 (2)

Kuukaudet	Kuukauden aikana käytetty sähköenergia 2013	Kuukauden aikana käytetty sähköenergia 2014	Kulutuksen muutos %
tammikuu	3 488 MWh	3 372 MWh	-3,31%
helmikuu	3 040 MWh	2 999 MWh	-1,36%
maaliskuu	3 384 MWh	3 453 MWh	2,04%
huhtikuu	3 620 MWh	3 214 MWh	-11,20%
toukokuu	3 484 MWh	3 348 MWh	-3,92%
kesäkuu	3 095 MWh	3 000 MWh	-3,08%
heinäkuu	2 946 MWh	2 878 MWh	-2,34%
elokuu	3 298 MWh	3 196 MWh	-3,11%
syyskuu	3 083 MWh	3 119 MWh	1,17%
lokakuu	3 329 MWh	3 277 MWh	-1,56%
marraskuu	3 379 MWh	1 132 MWh	
joulukuu	3 215 MWh		
Yhteensä	39 363 MWh	32 988 MWh	-3,10%



## Sähköenergian kokonaiskulutus vuositasolla

Sähköenergian  
kokonaiskulutus  
vuositasolla

= Toteutunut kulutus

= Ennuste

Muutos viime vuoteen verrattuna: -3,10%

# Keskusten sijainnit

