

Kari Luotonen

ENERGIANKULUTUKSEN JA ENERGIAEHOVOKKUUDEN  
MITTAROINNIN SUUNNITTELU MERIKARVIAN SAHALLE

Sähkötekniikan koulutusohjelma  
2012

## ENERGIANKULUTUKSEN JA ENERGIATEHOKKUUDEN MITTAROINNIN SUUNNITTELU MERIKARVIAN SAHALLE

Luotonen, Kari  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2012  
Ohjaaja: Nieminen, Esko  
Sivumäärä: 36  
Liitteitä: 14

Asiasanat: energiankulutus, energiatehokkuus, mittaus, kuivaamo, sähkö, lämpö

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella energiankulutuksen ja energiatehokkuuden mittarointi Metsä Wood Oy:n Merikarvian sahan kuivaamoille. Opinnäytetyön tekeminen kyseisestä aiheesta tuli aiheelliseksi, sillä energiankulutuksen jakautuminen Merikarvian sahan kuivaamoilla oli heikosti tunnettu. On kuitenkin tiedetty, että laadusta tinkimätön ja oikeanlainen puun kuivausprosessi vaatii paljon energiaa. Opinnäytetyö suoritettiin kevään 2012 aikana.

Opinnäytetyön alussa eli teoreettisessa osiossa selvitetään kuivaamotoimintaa yleisesti sekä toimintaa ylläpitämää lämmöntuotantoa että kuivausprosessissa kuluvaa sähkönkulutusta. Kuivaamotoimintaa kuvaava osuus nojautui miltei täysin Merikarvian sahan henkilökunnan kanssa käytyihin haastatteluihin. Lähtökohtana tämän opinnäytetyön tekemiseen oli kuivausprosesseihin tehtyjen muutosten aiheuttamien vaikutusten selvittäminen, mikä tulisi onnistumaan tämän mittaroinnin avulla.

Suunnitelmaosuuden alussa selvitetään energiankulutuksen mittaroinnin nykytilaa. Merikarvian sahalla on järjestetty kokonaissähkönkulutukselle mittaus ja lämmönkulutuksen osalta mittaus käsitti kuivaamoille sekä kaukolämpöverkostoon kulkeutuvan lämmön. Suunnitelmaosuudessa selvitettiin myös mittaroinnin toteutukseen tarvittavia komponentteja, joita koskevia tietoja selvitettiin suoraan laitemyyjiltä ja laitevalmistajilta.

Tämän opinnäytetyön haasteellisin osuus oli miettiä erilaisia vaihtoehtoja mittaroinnin toteuttamiseen. Vaihtoehtoja tuli paljon, vaikka järjestelmävaihtoehdot eivät toimintaperiaatteiltaan juurikaan olleet toisiaan erilaisempia. Myös komponentteja koskevat valinnat olivat vaikeita, koska laitevalikoima on nykyään laaja. Kokonaiskustannusten arvioiminen oli myös haastellista.

# THE PLANNING OF MEASUREMENT OF ENERGY CONSUMPTION & ENERGY EFFICIENCY IN MERIKARVIA'S SAWMILL

Luotonen, Kari

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical Engineer

May 2012

Supervisor: Nieminen, Esko

Number of pages: 36

Appendices: 14

Keywords: energy consumption, energy efficiency, measurement, kiln, electric, heat

---

The purpose of this thesis was to design energy consumption and energy efficiency metering to the kilns of Metsä Wood ltd. Merikarvia's sawmill. The making of this thesis about that very subject has become appropriate because the dividing of energy consumption was weakly known in Merikarvia's sawmill's kilns. Nevertheless, it is known that the quality of uncompromising and the right kind of wood drying process requires a lot of energy. This thesis was accomplished during the spring of 2012.

In the beginning of thesis's the theoretical section was explained the drying operation in general, the heat production which maintaining the drying operation and also drying operation's consumed electrical energy. Almost everything in the section of explanation of the drying operation based on the interviews with Merikarvia's sawmill's staff. The starting point of making this thesis was to examine the effects caused by the making of modifications to the drying process which will succeed with this metering system.

The current state of energy consumption was explained in the beginning of the design section. The total electrical consumption was organized and the heat consumption measurement consisted of the heat migration to kilns and heating network. In the beginning of the design section was also explained the components required in measurement system, informations about them were asked straight from equipment and hardware vendors.

The most challenging part of this thesis was to figuring out different alternatives to implementing the measurement system. Alternatives became much more, even if the different systems alternatives didn't separate from each other much. The selections of the components were also challenging because of the large scale of the equipment range. In addition, The assessing the total costs of measurement system was also quite challenging.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	MERIKARVIAN SAHA.....	7
3	MERIKARVIAN SAHAN KUIVAAMOT .....	8
3.1	Kuivauksen lämpöenergia.....	10
3.2	Kuivaustekniikka .....	11
4	SAHAN KUIVAAMOIDEN ENERGIANKULUTUS .....	13
4.1	Kuivaamoiden sähkönkulutus.....	14
4.2	Kuivaamoiden lämmönkulutus .....	16
5	ENERGIANKULUTUKSEN MITTAUKSEN SUUNNITTELU KUIVAAMOILLE .....	17
5.1	Sähkönkulutuksen mittaroinnin periaate ja vaihtoehdot kuivaamoille.....	17
5.1.1	Kuivaamoyksikkökohtainen sähkönkulutuksen mittarointi .....	18
5.1.2	Moottorikohtainen sähkönkulutuksen mittarointi .....	18
5.2	Lämpöenergiankulutuksen mittaus kuivaamoilla .....	19
6	SUUNNITTELUSSA KÄYTETTÄVÄT KOMPONENTIT .....	19
6.1	Sähkönkulutuksen mittaroinnin komponentit .....	19
6.2	Lämpöenergian mittaroinnin komponentit .....	21
6.3	Mittausyksiköt.....	22
7	MITTAUSJÄRJESTELMÄN MITOITUS JA KUSTANNUSARVIO.....	25
7.1	Sähkönkulutusmittauksen komponenttien mitoituservio moottorikohtaisessa mittausjärjestelmässä .....	25
7.2	Sähkönkulutusmittauksen komponenttien mitoituservio kuivaamoyksikkökohtaisessa mittausjärjestelmässä .....	27
7.3	Lämmönkulutusmittauksen komponenttien mitoituservio .....	27
7.4	Tiedonkeruulaitteiden mitoituservio.....	28
7.5	Sähkönkulutusmittauksen komponenttien kustannuserviot.....	29
7.5.1	Kustannuserviot moottorikohtaisessa mittausjärjestelmässä.....	30
7.5.2	Kustannuserviot kuivaamoyksikkökohtaisessa mittausjärjestelmässä ....	30
7.6	Lämmönkulutusmittauksen komponenttien kustannuserviot .....	31
7.7	Tiedonkeruulaitteiden kustannuserviot.....	32
7.7.1	Tiedonkeruulaitteiden kustannuserviot moottorikohtaisessa mittausjärjestelmässä.....	32
7.7.2	Tiedonkeruulaitteiden kustannuserviot kuivaamoyksikkökohtaisessa mittausjärjestelmässä.....	33
7.8	Yhteenveto kustannuservioista .....	33
8	YHTEENVETO .....	34

9 LOPUKSI.....	35
LÄHTEET.....	36
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella energian käytön eli energiatehokkuuden- ja kulutuksen mittaus- ja seurantajärjestelmä kuivaamotoiminnan yhteyteen Metsä Wood Oy:n Merikarvian sahalle. Kuivaamotoiminta vie sahan kokonaissähönkulutuksesta 60 % ja kokonaislämmönkulutuksesta n. 90 % eli kokonaisenergiankulutus on varsin suuri. Kuivauksessa käytetyn energian jakautuminen kuitenkin oli melko heikosti tunnettu Merikarvian sahalla. Tästä syystä mittaroinnin kehittämisen kuivaamotoiminnan yhteyteen on tarpeellista hyvään energiatehokkuuteen pyrittäessä.

Energiankulutusmittauksen suunnittelussa otetaan ensisijaisesti huomioon mittaroinnin tehokkuus. Tiedonkeruun vaivattomuus ja kerätyn tiedon luotettavuus tulevat olemaan tärkeämpiä mittaroinnilta vaadittavia ominaisuuksia. Merikarvian sahalla on käytössä kanava- ja kamarikuivaamot: kanavakuivaamo käsittää 9 kuivauskanavaa ja kamarikuivaamo 8 kuivauskanavaa, joiden energiankulutusta mittaroinnilla tullaan seuraamaan. Tiedonsiirron häiriöttömyyteen tulee panostaa hyvään tiedon luotettavuuteen pyrittäessä. Kuivaamoiden ympäristöolosuhteet luovat haasteensa mittaroinnin kehittämiseen, koska kosteus ja lämpötila saattavat olla useasti korkeita. Tällöin mittaroinnissa käytettävien komponenttien ja kaapeleiden valinnassa tulee ottaa huomioon juuri nämä edellä mainitut seikat, joten valintojen tulee suosia häiriösuojattuja tuotteita.

Yhtenä lähtökohtana tämän opinnäytetyön tekemiselle on selvittää tehtaan mittaroinnin nykytila. Tässä selvityksessä kartoitetaan jo olemassa olevaa mittausjärjestelmää, sen tehokkuutta ja selektiivisyyttä. Uuden järjestelmän liittämisen mahdollisuus vanhan olemassa olevan mittausjärjestelmän rinnalle pyritään selvittämään. Lisäksi suunniteltavan ja jo olemassa olevan järjestelmän yhteistoiminnan vaikutus tiedonkeruun tehokkuuteen ja luotettavuuteen pyritään tuomaan esiin.

## 2 MERIKARVIAN SAHA

Merikarvian sahan historia on pitkä. Se rakennettiin vuonna 1972 nykyiselle paikalleen Merikarvian satamaan. Sahalaitoksen rakentamisesta vastasi Kouhi Oy, jonka perustajina olivat Kosti ja Risto Kouhi. Vuonna 1990 silloinen sahayritys teki konkurssin, jolloin Oy Botnia Wood Ab vuokrasi sahalaitoksen Kouhi Oy:n konkurssipesältä. Vuonna 1991 Oy Botnia Wood Ab kuitenkin lopulta myös osti sahalaitoksen samaiselta konkurssipesältä.

Vuonna 1995 perustettiin Oy Metsä Timber Ltd, johon myös Merikarvian saha fuusioitui. Myös sahausmateriaalissa tuli muutoksia, sillä vuonna 1998 tuotanto alkoi siirtymään kuusesta mäntyyn, ja tultaessa vuoteen 1999 tuotanto oli siirtynyt 100%:sti mäntyyn. Tällöin myös Merikarvian satamasta tuli periaatteessa käyttämätön, sillä isoja kuusilaivauksia ei enää suoritettu.

Vuonna 2000 sahan nimi muuttui Finnforest Oyj, Solid Wood Division, Merikarvian sahaksi, mutta sahan nimi muuttui jälleen vuonna 2006 - Metsäliitto Osuuskunta Puutuoteteollisuus, Merikarvian saha. Vuonna 2012 sahalaitos sai nykyisen nimensä Oy Metsä Wood, Merikarvian saha. Finnforest on kuitenkin säilynyt tuotenimenä, koska se on hyvä brändi.



Kuva 1. Merikarvian saha nykyisellä paikallaan.

Historiallisesti tuotantomääristä voidaan todeta, että tuotantomäärä sahatavarassa vuonna 1993 oli 136 900 m<sup>3</sup> ja vuonna 2009 se oli 220 000 m<sup>3</sup> eli kasvu on nousujohteinen.

Merikarvian sahan päämarkkinat sijaitsevat Pohjois-Afrikassa, Iso-Britanniassa, kotimaassa sekä Japanissa. Tilatun ja toimitetun sahatavaran pääkäyttökohteet ovat puusepänteollisuus, höyläys, hirsitaloteollisuus, huonekaluteollisuus sekä liimapuulevyt ja -palkit. (MLO Merikarvian sahan esite, 2009)

### 3 MERIKARVIAN SAHAN KUIVAAMOT

Merikarvian sahalla käytetään sahatavaran kuivaukseen lämminilmakuivausta. Tämä on yleisemmin käytetty kuivausmuoto, kun sahatavara kuivataan kanava- ja kamarikuivaamoissa. Kanavakuivaamon kuivaus perustuu jatkuvatoimiseen kuivaukseen eli kuivaustilasta otetaan kuiva sahatavarapaketti ulos samalla täyttäen sitä kuivaamattomalla eli märällä sahatavarapakettilla. Kamarikuivaamosta käytetään nimitystä keratäyteinen kuivaamo eli kuivaustila taasen täytetään ja tyhjennetään kerralla.

Kanavakuivaamon etuina ovat suurempi sahatavaran kapasiteetti sekä soveltuvuus pienemmän sahatavaran eli lautojen ja soirojen kuivaukseen. Kamarikuivaamon parhaimpana etuna on kyky suuremman sahatavaran kuivaukseen: ns. sydäntavaran eli lankkujen ja parrujen kuivaus. Lisäksi kamarikuivauksella saadaan hallitumpi loppukosteus sekä koko erän kerralla valmistuminen. (Haastattelut, Merikarvian sahan henkilökunta, 2012)





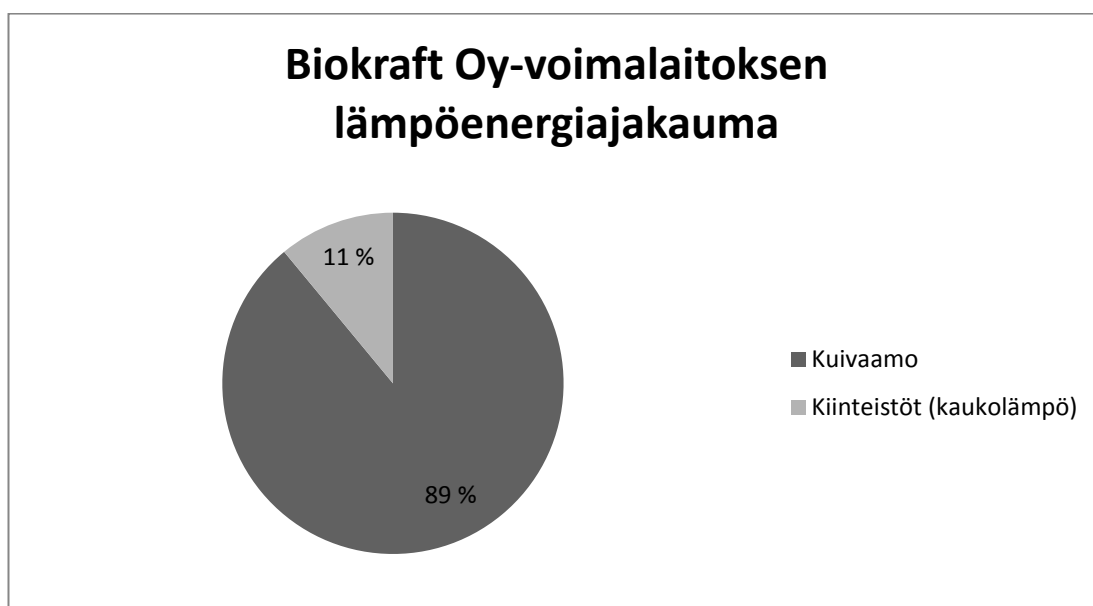
Kuva 2. Merikarvian sahan kanavakuivaamo (Kuva: Kari Luotonen, 2012)



Kuva 3. Merikarvian sahan kamarikuivaamo (Kuva: Kari Luotonen, 2012)

### 3.1 Kuivausprosessin lämpöenergia

Puun kuivaaminen vie suurimman osan Merikarvian sahan kokonaislämmönkulutuksesta. Merikarvian sahall on kanava- ja kamarikuivaamot, jotka kukin saavat kuivausprosessiin tarvittavan lämpöenergiansa eri tavoin. Kanavakuivaamoilla tapahtuvassa kuivausprosessissa käytetään pääsääntöisesti sahalaitoksen alueella sijaitsevalla Biokraft Oy-voimalaitoksella tuotettua energiaa, jonka lähteenä käytetään tukkien kuoriketta, sahanpurua ja lisäksi harvoin haketta biopolttoaineita. Kamarikuivaamoiden lämpöenergia tuotetaan sahan omalla höyrykattilalla, jonka polttoaineena käytetään kevyttä polttoöljyä. Kuivaamotyypistä ja kuivattavasta puutuotteesta riippuen lämpöenergiaa kuluu n. 215-300 kWh sahatavarakuutiota kohden. (Haastattelut, Merikarvian sahan henkilökunta, 2012)



Kuva 4. Biokraft Oy-voimalaitoksen lämpöenergiajakauma

Kuvassa 3. on esitetty Biokraft Oy:n voimalaitoksen tuottama lämpöenergia ja sen jakauma prosentteina kanavakuivaamoiden kuivausprosessille sekä sahan kiinteistöille että kaukolämpöverkoston.



Kuva 5. Biokraft Oy- voimalaitos (Kuva: Kari Luotonen, 2012)

### 3.2 Kuivaustekniikka

Kanavakuivaamoilla käytettävä lämpöenergia saadaan aikaan Biokraft Oy:n voimalaitoksella. Sen tuottama lämpö kulkeutuu paineistettuna kuumana vetenä sahan kulutuspiisteisiin. Kulutuspiisteet käsittävät kanava- ja kamarikuivaamon, sahan kiinteistöt ja kaukolämpöverkoston. Kuivaamoilla paineistettu kiertovesi kiertää kiertovesipumppujen avulla lämpöpattereissa, joista lämpö siirretään kuivaamon ilmaan kiertoilmapuhaltimien avulla. Kuivaamon sisällä syntyy lämpimän ilman konvektioita, jotka kulkevat rimoitettujen sahatavarapakettien läpi. Tällöin lämmin ilmavirta höyrystää sahatavarasta veden, joka siirretään kuivaustilasta pois poistoilmapuhaltimien avulla lämmönvaihtimen läpi. Lämmönvaihtimella esilämmitetään kuivaustilaan syötettävä korvausilma. Lämpönsä luovuttanut paineistettu kiertovesi palaa kiertovesiverkoston paluukiertoon. (Haastattelut, Merikarvian sahan henkilökunta, 2012)





Kuva 6. Kiertovesiverkoston kanavakuivaamon vintillä (Kuva: Kari Luotonen, 2012)

Kuvassa 6 näkyy oikealla alhaalla kiertovesipumppu (teho 1,5 kW), jonka avulla lämmin kiertovesi kiertää lämpöpatterissa kuivaamon sisällä.

Kamarikuivaamolla käytetään lisäksi matalapaineista höyryä. Se ohjataan suoraan kamarin sisään kuivauksen aloitus- ja lopetusvaiheessa tasaamaan kuivausprosessia. Lämmöntuottajana käytetään höyrykattilaa, jonka polttoaineena käytetään kevyttä polttoöljyä. Paineistetun kiertoveden siirtäminen kamarikuivaamon lämpöpattereille on periaatteeltaan sama kuin kanavakuivaamolla. (Haastattelut, Merikarvian sahan henkilökunta, 2012)



Kuva 7. Kamarikuivaamon kiertoilmapuhaltimia (Kuva: Kari Luotonen, 2012)

Kuvassa 7 näkyy 3 kpl kamarikuivaamon kiertoilmapuhaltimia, tehoiltaan 15 kW. Kuva on otettu erään kamarin sisältä kiertoilmapuhaltimen vaihdon yhteydessä. Yhden kiertoilmapuhaltimen elinikä on keskimäärin n. 5 vuotta ankarien lämpötilojen vuoksi, vaikka sekä kamari- että kanavakuivaamolla käytetäänkin erikoisvalmisteisia oikosulkumoottoreita.

#### 4 SAHAN KUIVAAMOIDEN ENERGIANKULUTUS

Kuten johdannossa mainittiin, kuivaamot vievät suuren määrän energiaa. Lämpöä ja sähköä kuluu suuresti, jotta kuivausprosessista saadaan halutunlainen. Energiankulutuksella on myös suuri merkitys kuivatun sahatavaran laatuun. Jos sahatavara ylikuivataan, energiaa kuluu turhaan ja sahatavaran laatu kärsii, esim. laudoista tulee vääristyneitä ja niissä voi esiintyä halkeamia. Jos taas sahatavara alikuivataan, saha-

tavaratuotteiden loppukosteus jää suuremmaksi, jolloin vastaan tulevat laatuksiteerit joita esim. ulkomaanvientiin suunnatuissa sahatavaratuotteissa noudatetaan tarkoin. Energiansäästöön pyrittäessä prosessin tunteminen on tärkeää, sillä säästötoimenpiteillä saatetaan tehdä enemmän haittaa kuin hyötyä.

#### 4.1 Kuivaamoiden sähkönkulutus

Merikarvian sahalla mittaus kokonaissähkönkulutuksen osalta on toteutettu. Koko sahalaitoksen sähkönkulutus on päivätasolla yleensä kymmenien megawattituntien luokkaa eli keskimäärin n. 40-50 MWh/päivä, kuukausitasolla lukemat ovat 1300-1400 MWh. Kesälomien ja niiden aikana suoritettujen kunnossapitotoimien aikana kokonaissähkönkulutus on luonnollisesti huomattavasti alhaisempi eli n. 3-4 MWh/päivä tilanteessa, kun koko sahalaitos on pysäyksissä. (Haastattelut, Merikarvian sahan henkilökunta, 2012) (Merikarvian sahan energiankulutusseuranta, 2012)

Sahalaitoksen kesälomat päättyvät portaittain eli tehtaan eri osastot palaavat töihin n. viikon jäljessä toinen toistaan. Tukkilajittelu alkaa toimintansa ensimmäisenä saaden viikossa tukkikentälle sahausreserviä tarpeeksi sahattavaksi. Tukit kuoriin kuorimossa, sahataan vannesahoilla, pelkkahakkureilla ja jakosahalla laudoiksi ja lankuiksi. Sahattu puumateriaali lajitellaan ja rimoitetaan sahatavarapaketeiksi kuivattavaksi kuivaamoilla. Ennen vuosittaisen kuivaamotoiminnan alettua lomien jälkeen sähkönkulutukseen tulee tuntuva nousu: kokonaissähkönkulutus Merikarvian sahalla on päivätasolla keskimäärin n. 14 MWh ennen sahatavarakuivausta, jonka aloitettua toimintansa kokonaissähkönkulutukseen tulee n. 20 MWh korotus kasvattaen siis kokonaissähkönkulutuksen n. 34-35 MWh/päivä. Kuivaamoilla käytetyt lämpimän ilman kierrättämiseen tarkoitetut kiertoilmapuhaltimet sekä höyrypoistopuhaltimet ovat pitkälti suurempia sähkönkuluttajia kuivausprosessissa. Kanavakuivaamolla on 28 kpl kiertoilmapuhaltimia tehoiltaan 22-45 kW ja 9 kpl höyrypoistopuhaltimia tehoiltaan 7,5-11 kW. Kamarikuivaamolla on joka kahdeksassa kamarissa kolme kpl kiertoilmapuhaltimia tehoiltaan 15 kW, poistopuhaltimia kamarikuivaamolla ei ole. Lisäksi kuivaamoiden kuormiensiirtäjät eli sahatavarakuuljettimet vievät osuutensa kuivaamoiden sähkönkulutuksesta, vaikka osuudet ovatkin vain murto-osia puhaltimien sähkönkulutuksesta. (Haastattelut, Merikarvian sahan henkilökunta, 2012)



Kuva 8. Kanavakuivaamon kuormansiirtotekniikka (Kuva: Kari Luotonen, 2012)

Kuvasta 8 selviää kanavakuivaamolla käytetyn kuormansiirtotekniikan periaate. Kuivaamaton ja kuivattu rimoitettu sahatavara siirretään kanavakuivaamolla rullakuljettimien avulla. Jokaisen kanavan kuormansiirtoon on rakennettu nelirivinen rullakisko, jonka keskimmäiset kiskostot ovat tehty vetäviksi oikosulkumoottorien ja rullaketjujen avulla. Rullien ajo tapahtuu kuvassa näkyvien ohjauskapuloiden kautta. Kyseinen järjestelmä on stabiili raskaille kuormille sekä helpottaa niiden siirtelyä seuraaviin toimenpiteisiin.

Merikarvian sahan kuivaamoiden suuri sähkönkulutus johtuu lähes katkeamattomasta kuivausprosessista. Niin kuten edellä mainittiin, kanavakuivaamot ovat lähes yksinomaan jatkuvatoimisia sekä kamarikuivaamon käyttö Merikarvian sahalla on myös katkeamatonta. Kuivaamoiden puhallinmoottorit ovat käytännössä käynnissä yötä päivää vuosittain eli käyttötunteja kuivausprosesseihin tulee n. 8000 h/vuosi. Siksi ne huolletaan kesäseisäkin aikana perusteellisesti, jotta kuivaus olisi katkeamaton prosessi. (Haastattelut, Merikarvian sahan henkilökunta)

Kuten edellä mainittiin, koko Merikarvian sahalaitoksen mittarointi sähkökulutuksen osalta on toteutettu. Vaikka sen avulla voidaan tehdä yleismaailmallisia päätelmiä sähkökulutuksen jakaantumisesta sahalaitoksessa, yksityiskohtaisemmat kulu-tustiedot jäävät vääjäämättä saamatta. Siksi mittaroinnin suunnittelu ja asentaminen kuivaamoiden sähkökulutuksen mittaukseen on rationaalista pelkästään jo kuivaamotoiminnan suuren sähkökulutuksen takia.

#### 4.2 Kuivaamoiden lämmönkulutus

Kuten edellä mainittiin, puutuotteiden kuivaus eli saattaminen haluttuun kosteusarvoon vaatii suuresti lämpöenergiaa. Täysin yksityiskohtaista tietoa lämpöenergian kulutuksesta Merikarvian sahan kuivaamoilla ei ole saatavilla johtuen puutteellisesta mittaroinnista. Biokraft Oy- voimalaitoksesta lähtevän paineistetun kuuman kierto-veden kokonaislämpöenergian mittausta on toteutettu. Vuonna 2011 voimalaitoksen tuottamasta 42254 MWh:n kokonaiskäyttöenergiasta kuivausprosesseihin kului n. 40080 MWh lämpöenergiaa. Kuukausitasolla kuivaukseen käytetty lämpöenergia oli keskimäärin n. 3400 MWh. (Haastattelut, Merikarvian sahan henkilökunta) (Merikarvian sahan energiankulutusseuranta, 2012)

Lämmönkulutuksen seuranta kuivaamoilla on tärkeää, kun pyritään hyvään energia-tehokkuuteen. Näin pysytään ajantasalla kaikista muutoksista prosessissa sekä siihen tehtyjen muutosten vaikutuksista. Lisäksi kuivaamoiden rakenteisiin tehtyjen korjaus- ja muutostöiden vaikutusten havainnointi helpottuu, jolloin mahdollisiin läm-mönkulutusarvojen vaihteluihin voidaan puuttua nopeammin.



## 5 ENERGIANKULUTUKSEN MITTAUKSEN SUUNNITTELU KUIVAAMOILLE

Mittaroinnin suunnittelu ja järjestäminen sähkön- ja lämmönkulutuksen osalta Merikarvian sahan kuivaamoille on tämän opinnäytetyön päätarkoitus. Nykyinen kokonaissähkön- ja lämmönkulutusta mittaava järjestelmä ei ole tiedonkeruultaan tarpeeksi kattava ja tehokas hyvään energiatehokkuuteen pyrittäessä. Yksityiskoh- taisemmat kulutusarvot ovat tällöin tarpeen.

### 5.1 Sähkönkulutuksen mittaroinnin periaate ja vaihtoehdot kuivaamoille

Mittaroinnin pitää kattaa kanava- ja kamarikohtaisen sähkönkulutuksen seurannan siten, että mittaus käsittää kuivaamoyksikön tai moottorikohtaisen sähkönkulutuksen. Tällöin suunnitelmaan luodaan samalla erilaisia vaihtoehtoja mittaroinnin toteutusta- voiksi. Kuivaamoyksikkö käsittää yhden kanava- tai kamarikuivurin ja moottorikohtaisuus tarkoittaa jokaisen kuivausprosessissa käytetyn oikosulkumoottorin sähkön- kulutuksen mittausta.

Perusrakenteeltaan suunniteltava sähkönkulutuksen mittarointi on identtinen mo- lemmissa mittausjärjestelmävaihtoehdoissa. Kanava- ja kamarikuivaamoiden sähkö- keskuksiin asennetaan mittausyksiköt, jotka keräävät kulutuspisteisiin asennetuilta mittausyksiköiltä mittausdatan. Kaikki saatu data on mahdollista kerätä niiden tie- dontallennusmahdollisuuden avulla. Lisäksi kulutusarvojen reaaliaikainen monito- rointi on mahdollista. Mittausyksikköjen yhtenä tärkeänä ominaisuutena voidaan pi- tää mittausarvojen tallennuskapasiteettia, jonka suuruus valitaan budjetoinnin mu- kaan.

Kuten mittausjärjestelmissä on vaihtoehtoja, myös kuivaamoiden sähkönkulutuksesta saatujen mittausarvojen seurantaan ja arkistointiin voidaan luoda vaihtoehtoja. Mit- tausyksiköt liitetään tehtaan sisäiseen tietoliikenneverkkoon, jolloin sen keräämä mit- tausdata on luettavissa esim. verkon järjestelmävalvojan tietokoneelta siihen asen- netun mittausyksikön käyttöön tarkoitettun ohjelmiston avulla. Tällöin kyseisestä jär- jestelmästä käytettäisiin nimitystä tehtaan sisäistetty sähkönkulutuksen seurantajär-

jestelmä. Mittausyksikköjen keräämän mittausdatan käsittely ja lajittelu voidaan myös antaa ulkoisen elimen hoidettavaksi. Mittausdata lähetetään kyseisiin tehtäviin erikoistuneelle palveluntarjoajalle, joka käsittelee ja lajittelee asiakkaan etänä lähetämät sähkönkulutuksen mittausarvot asiakkaan ja palveluntarjoajan välisen sopimuksen mukaisesti. Tässä suunnitelmassa ei huomioida ulkoisen elimen eli palveluntarjoajan käytöstä aiheutuvia kustannuksia.

#### 5.1.1 Kuivaamoyksikkökohtainen sähkönkulutuksen mittarointi

Kuten edellä mainittiin, kuivaamoyksikkö käsittää yhden kanava- tai kamarikuivaamolla olevan ns. kuivurin. Jokaisen kuivaamoyksikön ohjaus tapahtuu niiden oma-kohtaisista sähkökeskuksista. Kuivaamoyksikkökohtaisen sähkönkulutuksen mittaroinnilla vaihtovirran mittaus asennetaan jokaisen kuivaamoyksikkökeskuksen pääsähkösyöttöön pääkytkimen jälkeen. Virranmittaus voidaan toteuttaa yksivaiheisena, sillä kuormat kolmivaihemootoreita sisältävässä järjestelmässä ovat miltei täysin symmetrisiä, mutta kolmivaihemittaus on myös mahdollista sen ollessa aiheellista. Virranmittaukseen käytetään virtamuunninta, joka alentaa mitattavan vaihtovirran mittausyksikölle turvalliselle tasolle. Virtamuunnin asennetaan vaihejohtimen ympärille, jolloin ne ovat myös helposti huollettavissa tai vaihdettavissa uuteen vanhan vioittuessa. Kanava- ja kamarikuivaamoilla ovat omat mittauspääyksikkönsä, jotka mittaavat määritettyjen yksikkökohtaisten kulutusasteiden (kuivaamoyksikön pääsähkösyöttö) sähkönkulutusta.

#### 5.1.2 Moottorikohtainen sähkönkulutuksen mittarointi

Kuivaamoiden moottorikeskusten kautta tapahtuu kuivauksessa käytetyn lämpimän ilman kierrättämiseen tarkoitettujen kiertoilmapuhaltimien, poistopuhaltimien ja kiertovesipumppujen ohjaus. Mittarointi asennettaisiin keskuksissa jokaisen kiertoilmapuhaltimen, poistoilmapuhaltimen ja kiertovesipumpun moottorilähdön yhteyteen mitaten vaihtovirtaa. Kaikki edellä mainitut moottorikäytöt ovat kolmivaiheisia oikosulkumootoreita, mutta mittaus voidaan ottaa vain yhdestä vaiheesta kuivaamoyksikkökohtaisen järjestelmän tavoin kuormien ollessa symmetrisiä ehjissä oikosulkumootoreissa.

Virranmittauksessa käytetään virtamuunninta kuten kanava- ja kamarikohtaisessa mittarointijärjestelmässä. Moottorikohtaisella järjestelmällä saadaan helposti selville myös kuivaamoyksikkökohtainen sähkönkulutus suorittamalla yhteenlaskentaa moottorikohtaisella mittaroinnilla saaduilla mittauservoilla.

## 5.2 Lämpöenergiankulutuksen mittaus kuivaamoilla

Kuivaamoilla paineistettu kiertovesi kiertää lämpöpattereissa kiertovesipumppujen kautta. Kokonaiskulutuksen osalta mittarointi on järjestetty, lisäksi kokonaiskulutus on myös laskettavissa kulutusarvoista, mutta yksityiskohtainen mittaus puuttuu. Mittarointi asennettaisiin ennen lämpöpatteria kiertovesi- ja paluuvesiputkeen. Kuten edellä mainittiin, Merikarvian sahalla sahatavaran kuivaamiseen lämpöenergiaa kuluu keskimäärin n. 215-300 kWh yhtä sahatavarakuutiota kohden.

# 6 SUUNNITTELUSSA KÄYTETTÄVÄT KOMPONENTIT

Merikarvian sahan kuivaamoille suunniteltavassa energiankulutuksen mittaroinnissa käytettävät komponentit tulee valita kuivaamoympäristö huomioon ottaen. Kuivaamoympäristössä on monia häiriötekijöitä, kuten esim. kuumuus, kosteus ja höyry, jotka luovat haasteensa herkille mittauskomponenteille. Siksi valittavien ja käytettävien komponenttien tulee olla tarpeeksi häiriösuojattuja sekä kotelointiluokiltaan riittäviä kyseisiin olosuhteisiin.

## 6.1 Sähkönkulutuksen mittaroinnin komponentit

Kuten edellä mainittiin, sähkönkulutuksen mittaroinnin toteuttamiseen tulee vaihtoehtoja eli mittaus käsittää joko kanava-/kamariyksikkökohtaisen tai moottorikohtaisen sähkönkulutuksen seurannan. Peruseriaatteeltaan sähkönkulutusarvojen seurannassa käytetään silti samanlaisia komponentteja eli mittarointivaihtoehdot eivät vai-

kuta komponenttien valintaan juurikaan. Kanava- /kamariyksikkökohtaisessa mittausjärjestelmässä yksi kulutuspiiste käsittää yhden kanava- /kamariyksikön sähkönsyötön, josta mittaus otetaan yksivaiheisesti koska virtakuormat ovat symmetrisiä kolmivaiheoikosulkumoottoreita sisältävissä järjestelmissä.

Moottorikohtaisessa mittausjärjestelmässä yhdeksi kulutuspiisteeksi määritetään yhden kuivausprosessissa käytetyn oikosulkumoottorin sähkönsyöttö, josta mittaus otetaan myös kanava-/kamariyksikkökohtaisen mittausjärjestelmävaihtoehdon tapaan yksivaiheisesti, koska kunnossaolevassa oikosulkumoottorissa kuormat ovat symmetrisiä. Molemmissa vaihtoehdoissa sähkönkulutuksen selvittämiseen käytetään virtamuuntimia, jotka valitaan kunkin kulutuspiisteen mukaan eli virtamuuntimet valitaan tarvittavien muuntosuhteiden mukaan, koska esim. kanavakuivaamossa on käytössä eri tehoisia kiertoilmapuhaltimia.

Virtamuuntimien muuntosuhteet ovat tässä mittarointisuunnitelmassa n. 50 A/20 mA – 300 A/20 mA- luokkaa. Virtamuuntimien kotelointiluokaksi riittää IP20, koska ne asennetaan sähkökeskuskaappien sisälle vaihejohtimien ympärille eli tässä suunnitelmassa käytetään läpivirtaustoiminnallisia virtamuuntimia. Näin ne ovat tarpeeksi suojattuja kuivaamoympäristöön.



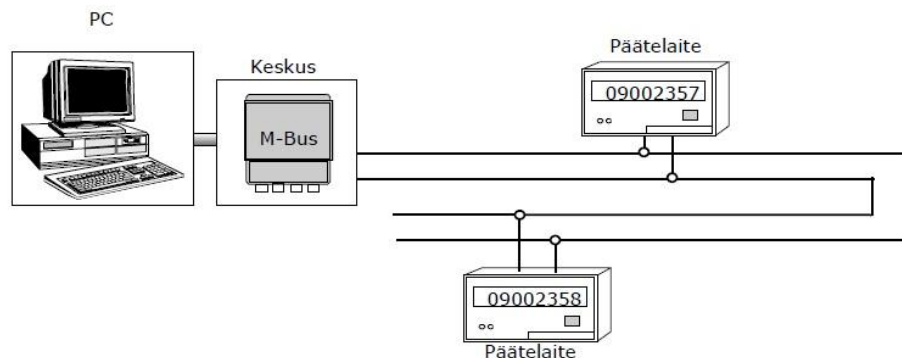
**Kuva 9.** Läpivirtaustoimintoinen virtamuunnin, jonka tyyppisiä muuntimia tässä suunnitelmassa käytetään. Niiden muuntosuhteet määräytyvät mitattavan kohteen mukaan (Kuva: [www.elfaelektronikka.fi](http://www.elfaelektronikka.fi))

## 6.2 Lämpöenergian mittaroinnin komponentit

Merikarvian sahan kuivaamoilla käytetty lämpöenergia mittaroidaan kustakin kana-va-/kamariyksiköstä lämpömäärälaskinten avulla. Lämpömäärälaskimen suorittama mittaus koostuu virtausmittarista, meno- ja paluuvesiputkiin asennetuista lämpötilantureista sekä itse laskimesta, johon edellä mainitut komponentit liitetään. Lämpömäärälaskimeen voidaan konfiguroida pulssilähdöt kaikille sen mittaamille suureille, esim. lämpöenergialle (kWh- tai MWh- energiayksikkönä).

Tässä suunnitelmassa käytetään lämpömäärälaskimia, joissa on datalogger- ominaisuudet eli se voi tallentaa mittauskomponenttien lähettämää mittausdataa. Mitattuja kulutusarvoja on mahdollisuus lukea sekä tallentaa niitä laskimesta suoraan tietokoneelle analysointia ja tilastointia varten laskimessa olevan M-Bus ®- väyläliitännän avulla. Tällöin laskimeen asennetaan lisäkortti, jonka avulla mittaustiedot on mahdollista lukea M-Bus- osoitteella tai ID- osoitteella M-Bus- keskusyksiköltä joka on liitetty tietokoneeseen. Alla olevasta kuvasta selviää M-Bus- väylän toimintaperiaate.

### TOIMINTAPERIAATE



Kuva 10. M-Bus- järjestelmän toimintaperiaate (Kuva: Saint-Gobain Pipe Systems)

Tiedonsiirto tapahtuu vain keskusyksikön käskystä ja on mahdollista vain yhteen suuntaan kerrallaan kysely-vastaus- periaatteella eli lämpömäärälaskimet eivät kommunikoi keskenään. Keskusyksiköltä mittaustiedot voidaan lukea siihen liitetyn modeemin avulla etäluentana tietokoneelta tai paikallisesti näytöltä optisen tiedonsiirto-liitännän (RS232 tai USB) esim. M-Bus ®- tai Mini-Bus ®- ohjelmistoilla. (PolluTherm- lämpömäärälaskimen käyttö- ja asennusohjeet 2007) ( M-Bus- verkon rakenne 2012)

Virtausmittari asennetaan sekoitusventtiilin jälkeen lämpöpatterin menopuolelle. Lämpötilamittaukset eli tässä tapauksessa Pt100- anturit asennetaan menovesiputkeen ennen sekoitusventtiiliä sekä kuumen kiertoveden kulutuspisteen eli lämpöpatterin jälkeen ennen kiertovesipumppua. Virtausmittarissa on osoitettu virtaussuunta, joka on syytä huomioida sitä asennettaessa. Tällöin varmistutaan heti mittausjärjestelmän toimivuudesta.

Pt100- anturien asennuksessa käytetään suojataskuja, jolloin anturi ei pääse välittömään kosketukseen mitattavan aineen kanssa. Anturit on syytä asentaa putken keskilinjan myötäisesti. Lisäksi Pt100- anturien kaapelit on syytä sijoittaa vähintään n. 0,3 m etäisyydelle verkkojännitekaapeloinneista sekä muista mahdollisista häiriölähteistä mittauksen luotettavuuden varmistamiseksi. Laskin voidaan asentaa siihen liitettävien mittauskomponenttien läheisyyteen edellä mainittua seikkaa huomioiden. Lämpömäärälaskimen mukana toimitetaan tarkat asennus- ja käyttöohjeet. (PolluTherm-lämpömäärälaskimen käyttö- ja asennusohjeet 2007)

### 6.3 Mittausyksiköt

Jotta mittausjärjestelmässä käytettyjen mittauskomponenttien mittaamaa suuretta voidaan lukea ja taltioida, tarvitaan mittapäätteitä eli mittausyksiköitä. Mittausyksiköt antavat kulutuspisteisiin asennetuille mittauskomponenteille käyttöjännitteen, joka on tavallisesti 10...40 VDC. Tässä suunnitelmassa mittapäätteinä käytetään tiedonkeruulaitteita eli dataloggereita. Dataloggerit voidaan periaatteessa jättää itsenäisesti keräämään mittausdataa halutuilta kulutuspisteisiin asennetuilta komponenteilta. Dataloggereissa on analogiatuloja (esim. 4...20 mA- virtaviestille) sekä digitaali-I/O:ta, jotka tekevät dataloggereista tuloiltaan monitoimisia tiedonkeruulaitteita. Analogiatuloihin liitetään mittauksessa käytettyjä mittauskomponentteja jokaisen mittauskohteen vaatima lukumäärä. Esimerkiksi kanavakuivaamon 1. kuivaamoyksikössä on seitsemän oikosulkumoottoria, jolloin mittaus otetaan kunkin moottorilähdön 1. vaihejohtimesta. Tällöin virtamuuntimia tarvitaan oikosulkumoottoreita vastaava lukumäärä eli seitsemän. Mikäli itse dataloggerin tulokanavat käyvät riittämättömiksi, dataloggeriin on mahdollisuus liittää kanavalaajennusmoduuli, jolloin se

lisää yhden dataloggerin kanavamäärää moduulissa olevien kanavien verran. Toimikseen kanavalaajennusmoduuli liitetään dataloggerin yhteen tulokanavaan.



Kuva 10. Datalogger, jota mittausjärjestelmän suunnittelussa käytetään. Kuvasta selviää dataloggerin rakenne ja kotelointi sekä liitännät loggeriin liitettäville mittauskomponenteille. (Kuva: Elkome Oy)



Kuva 11. Kuvassa on kanavalaajennusmoduuli, jonka avulla dataloggerin tulokanavamäärä voidaan kasvattaa esim. 20 tulokanavan verran. (Kuva: Elkome Oy)

Dataloggereilla on yhtenä ominaisuutena nimensä mukaisesti kyky tallentaa mittausdataa siihen ennalta asetetulta aikaväliltä (tallennuskapasiteetti 128 Mb – 1 Gb). Dataloggerit voidaan liittää lähiverkkotekniikan eli Ethernet- portin avulla tehtaan sisäiseen tietoliikenneverkkoon reittimien kautta (10 Mbps, TCP/IP- protokolla). Lähiverkossa kukin dataloggeri tunnistetaan niiden omien IP- osoitteiden avulla. Käyttöliittymä toimii tällöin esim. internet- selainpohjaisesti eli dataloggereihin on integroitu WEB Server (esim. Internet Explorer 9, Google Chrome jne.). Käyttöliittymän ja sitä kautta dataloggereiden hallintaan ja konfigurointiin tarkoitetun ohjelman avulla voidaan monitoroida suoraan tietokoneelta dataloggereiden saamia hetkelliskulutusrvoja jopa reaaliaikaisesti. Monitorointi eli kulutusarvojen seuranta onnistuu WEB Serverin avulla esim. erikseen kustakin dataloggereihin määritellyistä mittauskanavista, jotka on konfiguroitu mittaamaan jotain suuretta mittausjärjestelmässä. Dataloggerin tallentaman mittausdatan siirto onnistuu juuri tämän palvelinomaisen ohjelman avulla FTP- tiedonsiirtona. Lisäksi kyseinen toimenpide voidaan automatisoida siten, että tiedonsiirto tapahtuu esim. kaksi kertaa päivässä.

Edellä mainittu ohjelmisto ei vaadi erillistä asennusta, vaan se toimii edellä mainituin tavoin selainpohjaisesti useimmissa käyttöjärjestelmissä, myös omat halutunlaiset web-sivut ovat konfiguroitavissa. Tällä tavoin voidaan seurata esim. tiettyä mittauskohdetta. Tässä suunnitelmassa käytetään dataloggereita, joissa on myös USB-liitäntä paikallista mittausdatan siirtoa varten esim. USB- muistitikulle sekä paikalliskonfigurointia varten. Lisäksi USB- muistitikulla voidaan lisätä dataloggerin muistikapasiteettia, mikäli dataloggerin omasta kapasiteetista tulee riittämätön.

Dataloggereihin voidaan myös muodostaa langaton etäyhteys niihin integroitujen 3G- modeemien kautta. Etäyhteydellä saadaan myös monitoroitua dataloggereiden saamia kulutusarvoja sekä tallennettua tietokoneelle loggereiden keräämää mittausdataa. Lisäksi laitteen etäyhteydellinen konfigurointi on mahdollista integroidun modeemin avulla. Modeemi tarvitsee verkossa toimiakseen SIM-kortin, joka toimitetaan laitteen mukana. SIM-kortti ei tarvitse olla kiinteällä IP- osoitteella varustettu, sillä dataloggerin integroitu 3G- modeemi tukee dynaamista DNS:a (Domain Name System), joka antaa laitteelle verkossa paremmin ja helpommin tunnistettavissa olevan nimen. Tässä suunnitelmassa kuitenkin käytetään modeemittomia datalogger-



malleja, koska tiedonsiirto toteutetaan Ethernet- tekniikalla eli tehtaan lähiverkossa. Tilattujen dataloggereiden mukana toimitetaan tarkat ja helpot asennus- ja käyttöohjeet. (Dataloggerit, Elkome Online Oy 2012)

## 7 MITTAUSJÄRJESTELMÄN MITOITUS JA KUSTANNUSARVIO

Merikarvian sahalle suunniteltavan energiankulutuksen ja –tehokkuuden mittausjärjestelmän toteutuksen yhtenä tärkeänä sen budjetointiin liittyvänä asiana voidaan pitää turhien kustannusten välttämistä. Samalla on kyse myös järjestelmän oikeasta mitoituksesta, jottei järjestelmää turhaan ylimitoiteta. Mittausjärjestelmän toteutukseen tarvittavien eri komponenttien lukumäärä on syytä selvittää tai arvioida mahdollisimman tarkasti etukäteen edellä mainittujen seikkojen vuoksi. Tässä suunnitelmassa huomioidaan kustannukset pääasiassa vain komponenttien osalta.

### 7.1 Sähkönkulutusmittauksen komponenttien mitoitusarvio moottorikohtaisessa mittausjärjestelmässä

Aluksi selvitettiin kuivausprosessissa käytettyjen oikosulkumoottoreiden lukumäärä. Kanavakuivaamolla on tällä hetkellä käytössä yhteensä 49 kpl kolmivaiheoikosulkumoottoria, joiden sähkönkulutusta tullaan mittaamaan. Kamarikuivaamolla on taas tällä hetkellä yhteensä 32 kpl edellä mainitun kaltaisia sähkömoottoreita. Kanavakuivaamon osalta tarvittavien laitteiden ja komponenttien mitoitus on tärkeätä, koska siellä käytössä olevien oikosulkumoottorien tehoissa ja sitä kautta virroissa on enemmän kirjoa kuin kamarikuivaamolla. Kamarikuivaamolla on käytössä vain 15 kW:n kiertoilmapuhaltimia ja 1,5 kW:n kiertovesipumppuja, kun taas kanavakuivaamolla on käytössä 22 – 45 kW:n kiertoilmapuhaltimia. Seuraavasta taulukosta selviää kanavakuivaamolla käytettävien oikosulkumoottorien käyttökohteet sekä lukumäärät.

<b>Moottorikäyttö</b>	<b>Moottorin teho ja I<sub>N</sub></b>	<b>Lukumäärä</b>
Kiertoilmapuhallin	22 kW; 44 A	8
Kiertoilmapuhallin	30 kW; 62 A	8
Kiertoilmapuhallin	37 kW; 66 A	2
Kiertoilmapuhallin	45 kW; 95 A	10
Kiertovesipumppu	1,5 kW; 3,5 A	12
Poistopuhallin	7,5 kW; 15 A	4
Poistopuhallin	11 kW; 22,5 A	5
		<b>yht. 49 kpl</b>

**Kuva 12.** Kanavakuivaamolla käytetyt oikosulkumoottorit käyttökohteineen sekä lukumäärineen.

Kanavakuivaamon osalta virranmittaukseen tarvitaan 49 kpl virtamuuntimia. Virtamuuntimet on syytä mitoittaa taulukossa esitettyjen oikosulkumoottorien nimellisvirtojen mukaan, sillä alimitoitettu virtamuunnin ei anna oikeaa virtatietoa ja ylimitoitettusta virtamuuntimesta koituu turhia kustannuksia. Toisaalta oikosulkumoottorien käynnistysvirrat ovat tavallisesti 5-7- kertaisia nimellisvirtaan verrattuna. Tällöin virtamuuntimet joudutaan ylimitoittamaan, mikäli halutaan mitata tarkasti myös käynnistyksessä kuluva sähkö. Ensiksi mainitun seikan perusteella esimerkiksi 22 kW:n kiertoilmapuhaltimien kohdalla, joilla nimellisvirta on 44 A, pitää valita 50 A/20 mA- muuntosuhteen omaava virtamuunnin. Jos lisäksi halutaan mitata kyseisen kiertoilmapuhaltimen käynnistysvirta, täytyy valita n. 300 A/20 mA- muuntosuhteeltaan oleva virtamuunnin. Suunnitelmassa käytettävien virtamuuntimien toisiopuolen virta saa olla korkeintaan 20 mA dataloggerien analogiatulojen virtaviestikestoisuuden vuoksi. (Elfa Distrelec:n www-sivut)

Kamarikuivaamolla jokaisessa kuivaamoyksikössä eli kuvurissa on vakiollinen määrä kiertoilmapuhaltimia (3 kpl, 15 kW, I<sub>N</sub>=32 A/puhallin) ja kiertovesipumppuja (1 kpl, 1,5 kW, I<sub>N</sub>=3,5 A). Kuivaamoyksikköjä on 8 kpl eli käytettävien kiertoilmapuhaltimien lukumäärä on 24 kpl ja kiertovesipumppujen 8 kpl. Tarvittavien virtamuuntimien lukumäärä kamarikuivaamolla on siis edellä esitetty määrä eli 32 kpl. Kiertoilmapuhaltimien vakiollinen teho eli 15 kW asettaa helpomman mitoituksen virtamuuntimille, samoin myös kiertovesipumppuille. Tällöin kiertoilmapuhaltimien virtamittaukseen valitaan 40 A/20 mA- muuntosuhteen omaava virtamuunnin tai käynnistysvirta huomioonottaessa täytyy valita n. 200 A/20mA- muuntosuhteinen virtamuunnin.

## 7.2 Sähkönkulutusmittauksen komponenttien mitoitusarvio kuivaamoyksikkökohtaisessa mittausjärjestelmässä

Kuten edellä mainittiin, kuivaamoyksikkökohtainen sähkönkulutusmittaus on peruseriaaiteeltaan samanlainen kuin moottorikohtaisessa mittausjärjestelmässä. Erona on vain vähäisempi kulutusasteiden lukumäärä kuin moottorikohtaisessa mittausjärjestelmässä. Kanavakuivaamolla kulutusasteita on siis 9 kpl ja kamarikuivaamolla 8 kpl. Virtamittaus voidaan toteuttaa joko yksivaiheisena tai kolmivaiheisena. Yksivaihemittauksessa kanavakuivaamolla tarvittavien virtamuuntimien lukumäärä on 9 kpl ja kamarikuivaamolla tarvittava lukumäärä on siis 8 kpl. Kolmivaiheisena toteutettavassa mittauksessa kanavakuivaamolla tarvittavien virtamuuntimien lukumäärä on 27 kpl ja kamarikuivaamolla lukumäärä on 24 kpl.

Käytettävien virtamuuntimien valinnassa pitää käyttää ensiövirraltaan huomattavasti suurempia virtamuuntimia kuin moottorikohtaisessa mittausjärjestelmässä. Kussakin kuivaamoyksikössä on vain vakioitehoisia moottoreita eli kaikki kiertoilmapuhaltimet ovat siis saman tehoisia. Näin ollen tarvittavat virtamuunnintyyppit ovat helposti selvitetävissä, mutta tässä suunnitelmassa kuivaamoyksikkökohtaisen mittausjärjestelmän osalta käytetään 400 A/20 mA- muuntosuhteeltaan olevia virtamuuntimia. Kyseinen virtamuunnin riittää kattamaan virranmittauksen myös kiertoilmapuhaltimien käynnistysvirran mittauksen ja monitoroinnin osalta.

## 7.3 Lämmönkulutusmittauksen komponenttien mitoitusarvio

Kuten edellä mainittiin, kuivaamoilla kuluva lämpöenergia mitataan lämpöäärälaskimien ja siihen liitettävien komponenttien mittauskokonaisuuden avulla. Tarvittavien lämpöäärälaskimien lukumäärän määrää periaatteessa kuivaamoilla olevat lämpöenergian kulutusasteet, jotka tässä tapauksessa määritellään kuivaamoyksiköiden sisällä oleviksi lämpöpattereiksi. Kanavakuivaamolla lämpöpattereita on käytössä 12 kpl ja kamarikuivaamolla on 8 kpl. Lämmönkulutuksen mittaukseen tarvitaan edellä mainittujen lukumäärien perusteella 20 kpl lämpöäärälaskimia komponentteineen. Käytettävät komponentit tulee olla oikein mitoitettu kiertoveden lämpötila huomioon ottaen. Erityistä huomiota tulee kiinnittää virtausmittareihin, koska ne liitetään läm-

pöpattereihin meneviin kiertovesiputkiin. Tällöin virtausmittarin virtausputken ja kiertovesiputken halkaisijat tulee olla samat. Lisäksi jokaiseen lämpömäärälaskimeen tarvitaan M-Bus- väyläkortit sekä kanava- ja kamarikuivaamolle M-Bus- keskusyksiköt. (PolluTherm- lämpömäärälaskimen käyttö- ja asennusohjeet 2007)

#### 7.4 Tiedonkeruulaitteiden mitoitusarvio

Tiedonkeruulaitteilla tarkoitetaan tässä suunnitelmassa dataloggereita. Dataloggerien mitoituksessa tulee määrällisesti ottaa huomioon niiden tulokanavat, joihin kulutus-pisteisiin asennetut mittauskomponentit liitetään. Kuten edellä mainittiin, dataloggerien tulokanavamäärät ovat laajennettavissa kanavalaajennusmoduulien avulla.

Moottorikohtaisessa mittausjärjestelmävaihtoehdossa tarvittava tulokanavamäärä on suurempi kuin kuivaamoyksikkökohtaisessa mittausjärjestelmässä. Kanavakuivaamolla dataloggereilta vaadittava tulokanavamäärä on kokonaisuudessaan 49 kpl ja kamarikuivaamolla 32 kpl. Myös moottorikeskusten fyysinen sijainti kanava- sekä kamarikuivaamorakennuksissa on hyvä ottaa huomioon. Esimerkiksi kanavakuivaamolla moottorikeskukset sijaitsevat kuivaamorakennuksen yläkerroksessa periaatteessa kolmessa eri ryhmittymässä eli keskuskaapistoissa siten, että jokaisessa ryhmittymässä on yleensä kolmen kanavakuivaamoyksikön moottorikeskukset. Tällöin kuhunkin keskusryhmittymään voidaan hankkia oma dataloggeri, jonka tulokanavamäärää voidaan tarvittaessa kasvattaa kanavalaajennusmoduulilla. Kamarikuivaamon osalta dataloggerien sijoittelussa on enemmän edesauttavia seikkoja kuten kamarikuivaamon yhtenäisempi sähkökeskus, jossa sijaitsevat kaikki kamarikuivaamon moottoriohjaukset.

Tarvittavien tulokanavien lukumäärä on siis pienempi kuivaamokohtaisessa mittausjärjestelmävaihtoehdossa. Dataloggereilta kyseisessä järjestelmävaihtoehdossa vaaditaan kanavakuivaamolla yksivaihemittauksessa 9 kpl tai kolmivaihemittauksessa 27 kpl tulokanavia. Kamarikuivaamoiden osalta vaaditaan yksivaihemittauksessa 8 kpl tai kolmivaihemittauksessa 24 kpl tulokanavia. Dataloggerien sijoittelussa on syytä noudattaa samaa periaatetta kuin moottorikohtaisessa mittausjärjestelmävaihtoehdossa.



Kuva 11. Kamarikuivaamon sähkökeskus. (Kuva: Kari Luotonen, 2012)

### 7.5 Sähkönkulutusmittauksen komponenttien kustannusarviot

Moottorikohtainen ja kuivaamoyksikkökohtainen mittausjärjestelmä erottuvat toisistaan mitattavien kulutuspisteiden perusteella. Ensiksi mainittu mittausjärjestelmävaihtoehto on mittauksen suhteen yksityiskohtaisempi eli siinä kulutuspisteitä on huomattavasti enemmän, koska jokaisen kuivausprosessissa käytetyn oikosulkumoottorin sähkönkulutus mitataan. Kuivaamoyksikkökohtaisessa mittausjärjestelmässä mitataan ainoastaan jokaisen kuivaamoyksikön sähkönkulutus kokonaisuudessaan. Virtamuuntimiin liittyvät kustannukset eli niiden kappalehinnat tässä suunnitelmassa on tarkastettu ELFA Distrelec- elektroniikka-alan tuotteita tarjoavan yrityksen internet-sivuilta ([www.elfaelektroniikka.fi/](http://www.elfaelektroniikka.fi/)) sekä samaisesta yrityksestä puhelintiedustella.

### 7.5.1 Kustannusarviot moottorikohtaisessa mittausjärjestelmässä

Kanavakuivaamon osalta moottorikohtaisessa mittausjärjestelmävaihtoehdossa tarvittavien virtamuuntimien lukumäärä on 49 kpl. Edellä mainitun yrityksen tuotevalikoimasta kiertoilmapuhaltimille (28 kpl) valitaan LEM:n valmistamat APR 100 B420L- malliset virtamuuntimet, joiden ensiönimellisvirta on kolmiportaisesti säädettävissä luokkiin 50 A, 75 A ja 100 A. Edellä mainitun virtamuuntimen avulla saadaan mitattua kiertoilmapuhaltimien käynnistyksessä kuluva virta sen suuren ensiönimellisvirran vuoksi. Kyseisen virtamuuntimen kappalehinta ELFA:n verkko-kaupassa on 156.00 €. Tilattaessa vähintään 5 kpl kyseisiä virtamuuntimia, kappalehinnaksi muodostuu 144.00 €. Tällöin kiertoilmapuhaltimiin tarvittavien virtamuuntimien kokonaiskustannukseksi muodostuu n. 4000 €. Poistopuhaltimille valitaan LEM:n AT 50 B420L - malliset virtamuuntimet, joita tarvitaan 9 kpl. Niiden kappalehinta on 82.70 € eli kokonaiskustannukseksi niille muodostuu n. 750 €. Kiertovesipumppujen mittaukseen valitaan myös samankaltaisia virtamuuntimia kuin poistopuhaltimille, tarvittava lukumäärä on 12 kpl. Tällöin niiden kokonaiskustannukseksi muodostuu n. 1000 €. Kaikkien kanavakuivaamolla tarvittavien virtamuuntimien yhteiskustannusarvioksi muodostuu n. 5700 €.

Kamarikuivaamolla moottorikohtaisessa mittausjärjestelmävaihtoehdossa tarvittava virtamuuntimien lukumäärä on 32 kpl. Kyseisiksi virtamuuntimiksi kamarikuivaamon kiertoilmapuhaltimille (24 kpl) voidaan tilata samankaltaisia virtamuuntimia kuin kanavakuivaamon kiertoilmapuhaltimille. Tällöin niiden kokonaiskustannukseksi muodostuu n. 3500 €. Kiertovesipumppujen mittaukseen tarvitaan 8 kpl virtamuuntimia. Kyseisiksi virtamuuntimiksi valitaan LEM:n AT 10 B420L- malliset virtamuuntimet, joiden kappalehinta on 68.80 €. Tällöin niiden osalta kokonaiskustannukseksi muodostuu n. 550 €. Kaikkien kamarikuivaamolla tarvittavien virtamuuntimien yhteiskustannusarvioksi muodostuu n. 4050 €

### 7.5.2 Kustannusarviot kuivaamoyksikkökohtaisessa mittausjärjestelmässä

Kanavakuivaamolla tarvittava virtamuuntimien lukumäärä on yksivaihemittauksessa 9 kpl ja kolmivaihemittauksessa 27 kpl. Käytettäväksi virtamuuntimeksi valitaan

edellä mainitun yrityksen markkinoima LEM:n APR 400 B420L- mallinen virtamuunnin. Sen ensiönimellisvirta on säädettävissä kolmeen eri portaaseen – 200 A, 300 A ja 400 A. Tilattaessa vähintään 5 kpl kyseisestä virtamuunninta kappalehinnaksi määräytyy 158 €. Yksivaihemittauksessa kokonaiskustannusarvioksi muodostuu n. 1400 € ja kolmivaihemittauksessa kokonaiskustannusarvioksi muodostuu n. 4300 €.

Kamarikuivaamolla yksivaihemittauksen osalta tarvittava virtamuuntimien lukumäärä on 8 kpl ja kolmivaihemittauksessa tarvitaan 24 kpl. Virtamuuntimeksi valitaan sama virtamuunninmalli kuin kanavakuivaamolle valittu. Tällöin yksivaihemittauksessa kokonaiskustannusarvioksi muodostuu n. 1250 € ja kolmivaihemittauksessa kokonaiskustannusarvioksi muodostuu n. 3800 €.

#### 7.6 Lämmönkulutusmittauksen komponenttien kustannusarviot

Sekä kanava- että kamarikuivaamoilla käytetään samaa mittaustekniikkaa lämmönkulutusarvon saamiseksi. Kuten edellä mainittiin, lämmönkulutusmittaus toteutetaan lämpömäärälaskimien avulla. Tässä suunnitelmassa tullaan käyttämään Sensus Metering Systems- yrityksen valmistamia PolluTherm- lämpömäärälaskimia sekä niiden käyttöön tarkoitettuja M-Bus- väyläkortteja ja M-Bus- keskusyksikköjä, joita markkinoi Saint-Gobain Pipe Systems Oy ([www.sgps.fi](http://www.sgps.fi)). Kyseisen yrityksen hinnaston mukaan kyseisen lämpömäärälaskimen kappalehinta on 546.00 € (Alv. 0 %), johon sisältyvät Pt100- lämpötila-anturit sekä niiden halutun putkikoon mukaiset suojataskut, energialle ja vesimäärälle potentiaalivapaa ulostulo ja virtausmittari. Kanavakuivaamolla on lämmönkulutuspeisteitä 12 kpl ja kamarikuivaamolla on 8 kpl. Tällöin kanavakuivaamolle tarvittavien lämpömäärälaskimien kokonaiskustannusarvioksi muodostuu n. 6500 € (Alv. 0%). Kamarikuivaamolle tarvittavien lämpömäärälaskimien kokonaiskustannusarvioksi muodostuu n. 4400 € (Alv. 0%). M-Bus- keskusyksikköjen kappalehinta on 1320 €, tarvittava määrä on 2 kpl, tällöin niiden kokonaiskustannukseksi tulee 2640 €. M-Bus- väyläkortin kappalehinta on 67.00 € (Alv. 0%) ja tarvittava määrä on 20 kpl, jolloin niiden kokonaiskustannukseksi muodostuu 1340 € (Alv. 0%). Tällöin kuivaamoille tarvittavien komponenttien yhteiskustannusarvioksi muodostuu n. 14800 € (Alv. 0%)

## 7.7 Tiedonkeruulaitteiden kustannusarviot

Moottorikohtaisessa mittausjärjestelmävaihtoehdossa tiedonkeruulaitteilta eli tässä tapauksessa dataloggereilta vaaditaan enemmän tulokanavia kuin kuivaamoyksikkökohtaisessa mittausjärjestelmävaihtoehdossa. Kuten edellä mainittiin, kanavakuivaamolla on moottorikeskukset kolmessa eri keskusryhmittymässä - kanavakuivaamorakennuksen ylä- ja huoltokerroksen molemmissa päädyissä sekä keskellä. Tällöin kanavakuivaamolle on järkevää asentaa jokaiseen moottorikeskusryhmittymään oma dataloggeri, jonka tulokanavia voidaan laajentaa kanavalaajennusmoduulin avulla. Kyseinen asennusjärjestely on järkevin, mutta samalla myös kustannuksellisesti paras ratkaisu koska kanavalaajennusmoduulit ovat hinnoiltaan halvempia kuin dataloggerit itse. Tällöin ei tarvitse hankkia useita dataloggereita samaan moottorikeskusryhmittymään. Kamarikuivaamolle voidaan sen yhtenäisemmän sähkökeskuksen vuoksi hankkia yksi tulokanaviltaan runsaampi dataloggeri, jonka tulokanavia voidaan myös lisätä liittämällä siihen kanavalaajennusmoduuli. Tässä suunnitelmassa tullaan käyttämään kotimaisen Elkome Online- yrityksen ([www.elkome.fi](http://www.elkome.fi)) markkinoimia DataTaker- dataloggereita sekä kanavalaajennusmoduuleita.

### 7.7.1 Tiedonkeruulaitteiden kustannusarviot moottorikohtaisessa mittausjärjestelmässä

Kanavakuivaamolla moottorikohtaisessa mittausjärjestelmässä dataloggereilta vaadittavien analogiatulokanavien lukumäärä on n. 50 kpl. Tällöin jokaiseen keskusryhmittymään asennetaan oma dataloggeri sekä tarvittaessa yksi kanavalaajennusmoduuli, joka lisää dataloggerin tulokanavamäärä 20 kanavalla. Tässä suunnitelmassa kanavakuivaamolla käytetään DataTaker DT 80M- dataloggerimallia (15 kpl analogiatuloja) sekä DataTaker CEM20- kanavalaajennusmoduulia. Elkome Onlinen hinnastojen mukaan DT 80M- dataloggerin kappalehinta on 2821 € (Alv. 0 %) ja CEM20- kanavalaajennusmoduulin kappalehinta on 854 € (Alv. 0%). Tällöin dataloggerien sekä kanavalaajennusmoduulien kokonaiskustannusarvioksi muodostuu n. 11000 € (Alv. 0%).



Kamarikuivaamolla tarvittavien analogiatulokanavien lukumäärä on 32 kpl. Tällöin sinne voidaan hankkia edellä mainittujen seikkojen perusteella DataTakerin DT 85M- dataloggerimalli (16...48 analogiatuloa), jonka kappalehinta 3675 € (Alv. 0%) sekä CEM20- kanavalaajenusmoduuli. Tällöin niiden kokonaiskustannusarvioksi muodostuu n. 4500 € (Alv. 0%). Kaikkien tarvittavien tiedonkeruulaitteiden yhteiskustannusarvioksi moottorikohtaisessa mittausjärjestelmässä muodostuu n. 15000 € (Alv. 0%).

#### 7.7.2 Tiedonkeruulaitteiden kustannusarviot kuivaamoyksikkökohtaisessa mittausjärjestelmässä

Kanavakuivaamolla kuivaamoyksikkökohtaisessa mittausjärjestelmässä datalogge-reilta vaadittavien analogiatulokanavien lukumäärä yksivaihemittauksessa on 9 kpl ja kolmivaihemittauksessa 27 kpl. Molemmissa edellä mainitussa vaihemittausvaihdossa kuhunkin moottorikeskusryhmittymään riittää DataTakerin DT80M- dataloggerimalli (analogiatuloja 15 kpl.). Tulokanavia voi tarvittaessa lisätä CEM20- kanavalaajenusmoduulilla (kustannuksia tässä tilanteessa ei huomioida). Tällöin kanavakuivaamolle hankittavien tiedonkeruulaitteiden kokonaiskustannusarvioksi kuivaamoyksikkökohtaisessa mittausjärjestelmässä muodostuu n. 8400 € (Alv. 0%).

Kamarikuivaamolla tarvittavien analogiatulokanavien lukumäärä on yksivaihemittauksessa 8 kpl ja kolmivaihemittauksessa 24 kpl. Yksivaihemittauksella toteuttavalla järjestelmällä voidaan hankkia yksi DataTakerin DT80M- dataloggerimalli, mutta kolmivaihemittauksella pitää hankkia DT80M:n lisäksi myös CEM20- kanavalaajenusmoduuli tulokanavien lisäämiseksi. Tällöin yksivaihemittauksella toteutetun järjestelmän kustannusarvioksi muodostuu n. 2800 € (Alv. 0%) ja kolmivaihemittauksessa kokonaiskustannusarvioksi muodostuu n. 3600 € (Alv. 0%).

#### 7.8 Yhteenvedo kustannusarvioista

Kuten kustannusarvioista voi huomioida, moottorikohtaisen mittausjärjestelmään liittyvät kaikki arviot ovat korkeampia kuin kuivaamoyksikkökohtaisen mittausjärjestelmän kohdalla. Kaikenkaikkiaan koko moottorikohtaisen mittausjärjestelmän yh-

teiskustannusarvioksi muodostuu n. 39000 € (osittain Alv. huomioitu). Kuivaamoyksikkökohtaisen mittausjärjestelmän yhteiskustannusarvioksi edellä mainittujen tietojen perusteella muodostuu n. 29000 € (yksivaihemittaus) tai n. 35000 (kolmivaihemittaus), molemmissa arvioissa Alv. osittain huomioitu. Tässä suunnitelmassa ei ole huomioitu asennus- ja kaapelointikustannuksia. Liitteissä 10 ja 11 on listattuna kaikki moottorikohtaisen ja kuivaamoyksikkökohtaisen mittausjärjestelmän sähkönkulutuspittauskomponenttien kustannukset. Liitteessä 12 on listattuna lämpömäärälaskinten kustannukset. Molempien mittausjärjestelmävaihtoehtojen kokonaiskustannusarvot ovat liitteessä 13.

## 8 YHTEENVETO

Merikarvian sahan kuivaamoilla energiankulutus on yksityiskohtaisesti melko heikosti tunnettu. Tämän opinnäytetyön perusteella kuivaamoiden energiankulutusta voidaan seurata sekä tilastoida myöhempää käyttöä varten. Edellä mainitut mittausjärjestelmävaihtoehdot erottuvat toisistaan niiden avulla saatujen mittausarvojen yksikohtaisuuksien vuoksi. Kuivaamoyksikkökohtaisella mittausjärjestelmällä voidaan saada yksityiskohtaisimmillaan erikseen jokaisen kuivaamoyksikön kokonaisenergiankulutusarvot. Moottorikohtaisen mittausjärjestelmän suurin etu perustuu juuri sen kykyyn mittaroida yksityiskohtaisemmin energiankulutusarvoja kulutuspisteistä.

Lisäksi molemmissa mittausjärjestelmävaihtoehdoissa vastaan tulee kustannukselliset seikat. Moottorikohtainen mittausjärjestelmä on mittaukseltaan laajempi, mutta tällöin myös tekniikaltaan vaativampi ja sitä kautta myös kustannuksiltaan korkeampi kuin kuivaamoyksikkökohtainen mittausjärjestelmä. Viimeksi mainitulla järjestelmällä saadaan hyvä ja yleiskäsitys kuivaamoiden energiankulutuksesta, mutta yksityiskohtaisemmat mittaustiedot jäävät saamatta.

Molemmat järjestelmävaihtoehdot ovat siis kelvollisia mittaamaan ja monitoroimaan energiankulutusta Merikarvian sahan kuivaamoilla. Hyvän energiankulutusselvityksen avulla saadaan selville myös mitattujen kohteiden energiatehokkuus. Myös kaik-

ki muutokset kuivausprosessissa sekä kuivaamorakenteisiin tehtyjen muutosten/korjaustöiden vaikutukset lämmön- ja sähkönkulutukseen saadaan mitattujen kulusarvojen avulla selville, kun niitä verrataan esimerkiksi mitattuihin arvoihin (referenssiarvot) ennen tehtyjä muutoksia. Mittausjärjestelmän valinnassa voidaan ottaa huomioon joko mittausarvojen yksityiskohtaisuus tai kustannukset.

## 9 LOPUKSI

Pidin tämän opinnäytetyön tekemistä kiinnostavana sekä auttavana asiana aikomukselleni suuntautua sähkösuunnittelualalle. Tekemäni opinnäytetyön myötä opin ottamaan huomioon monta toisiinsa vaikuttavaa asiaa yhtä aikaa. Erilaisten mittauskomponenttien vertailu ja valinta oli haastellista, koska laitevalikoima on erittäin laaja.

Tämän opinnäytetyön valinnasta ja kehittämisestä kiitokset kuuluvat kouluni sähkötekniikan koulutusohjelmajohtajalle Petteri Pulkkiselle, joka myös auttoi opintojeni viemisessä loppuun. Kiitokset kuuluvat opinnäytetyöohjaajalleni Esko Niemiselle ja Merikarvian sahan tehdaspäällikölle Jarkko Vihervuorille opinnäytetyöhön liittyvistä ohjauksesta ja neuvoista. Kiitokset saavat myös Merikarvian sahan sähkökunnossapitoesimies Arto Sipilä sekä Merikarvian sahan sähköasentajat hyvistä neuvoista. Kiitän myös Merikarvian tasaamon työnjohtajaa Harri Tattaria lukuisista haastatteluista liittyen opinnäytetyöhöni. Suurimmat kiitokset kuitenkin kuuluvat kihlatulleni Anninalle, joka tuki ja ymmärsi minua tämän opinnäytetyöprosessin ajan.

## LÄHTEET

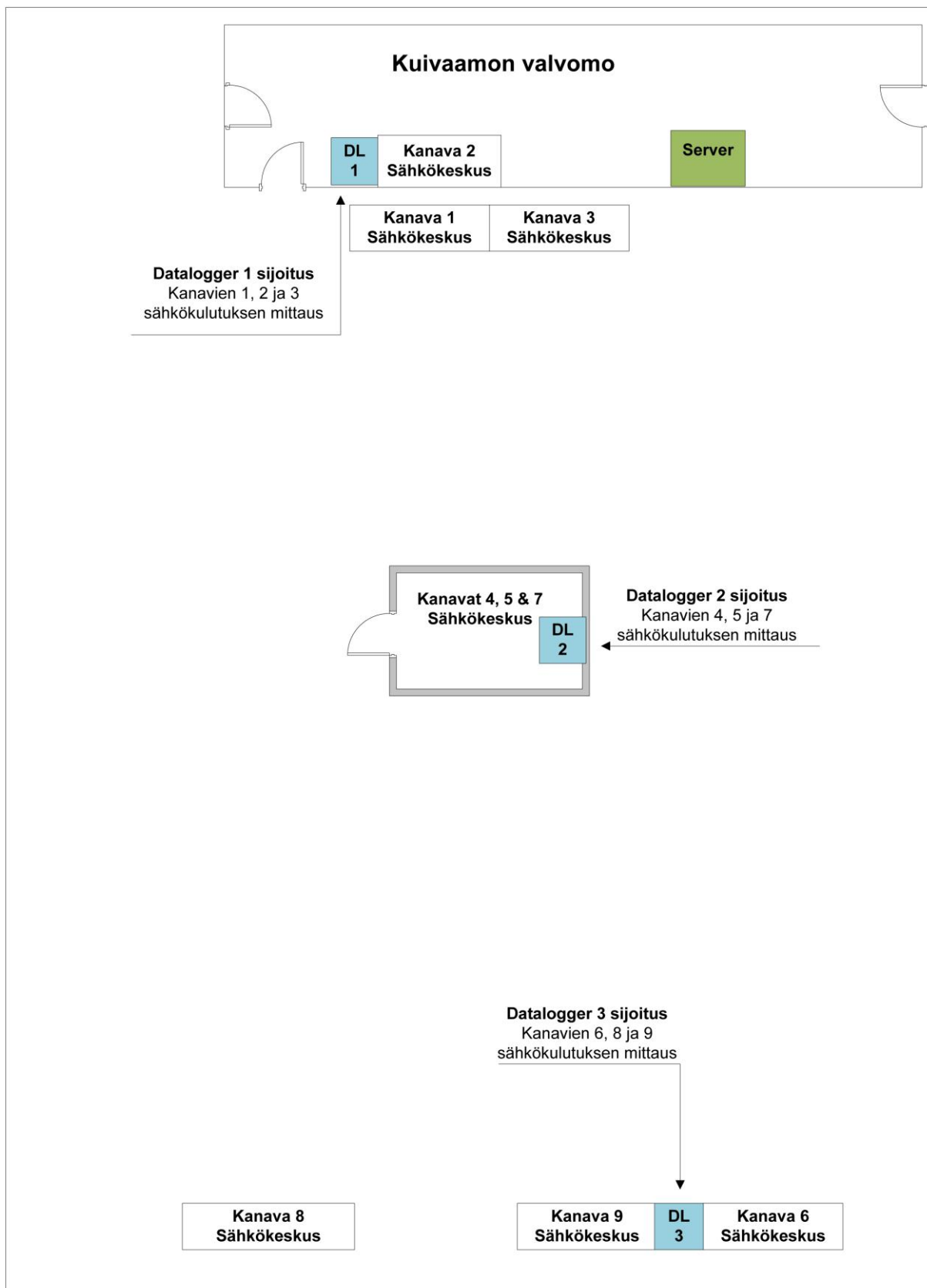
Haastattelut, Merikarvian sahan henkilökunta, 2012. Tehdaspäällikkö Jarkko Viher-  
vuoren sekä sahan tasaamon työjohtaja Harri Tattarin kanssa käydyt henkilöhaastat-  
telut kevään 2012 aikana.

PolluTherm- lämpömäärälaskimen käyttö- ja asennusohjeet 2007. Viitattu  
10.04.2012. Saint-Gobain Pipe Systems Oy.  
[www.sgps.fi/linkkitiedosto.asp?taso=2&id=196](http://www.sgps.fi/linkkitiedosto.asp?taso=2&id=196)

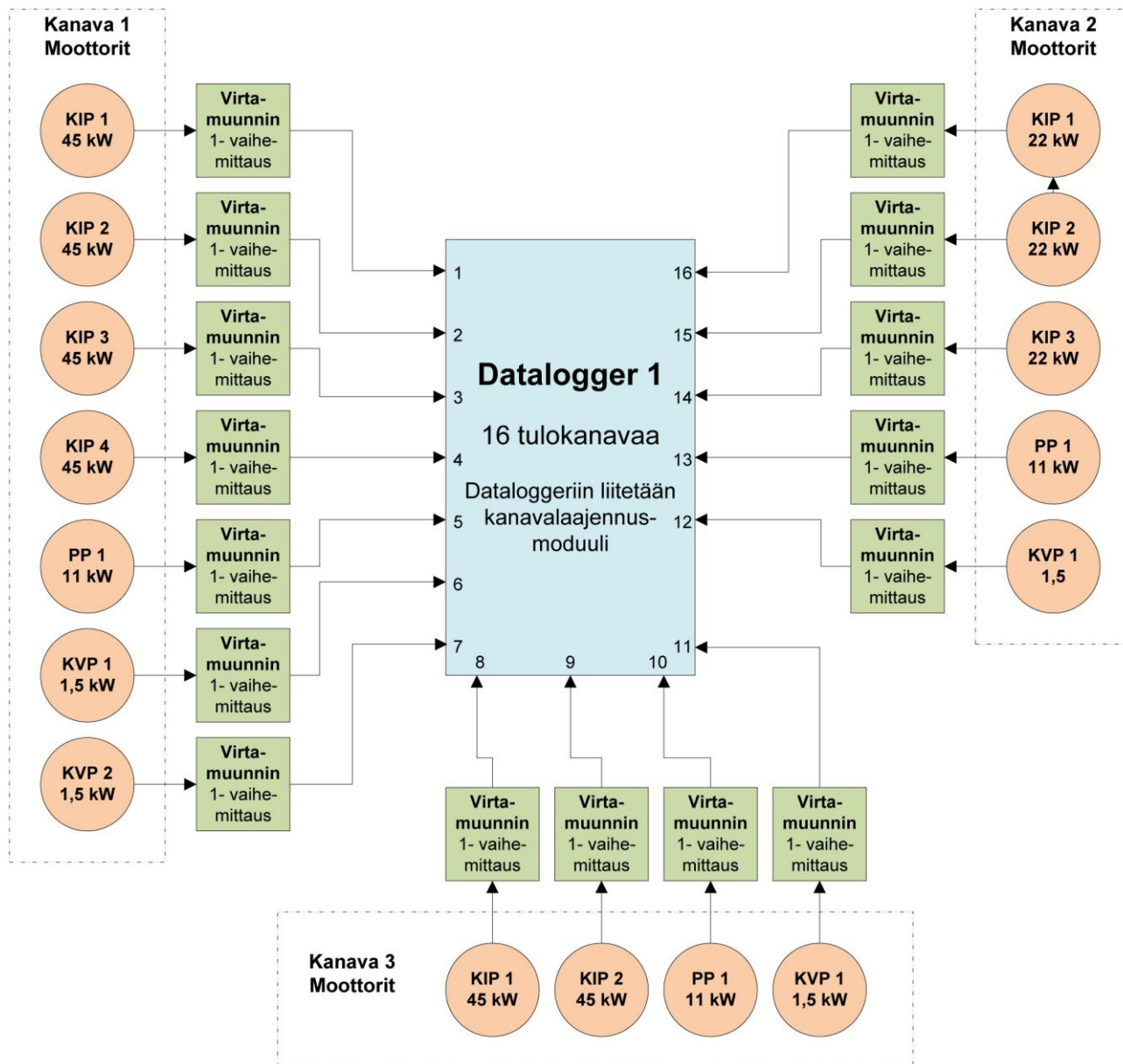
M-Bus- verkon rakenne. Saint-Gobain Pipe Systems Oy:n www-sivut:  
<http://www.sgps.fi/sivu.asp?taso=4&id=6>

Dataloggerit, Elkome Online Oy 2012. Dataloggerien esittely: Elkome Onlinen  
www-sivut. [www.elkome.fi/web/index.php/Etusivu/Ratkaisut/Anturit-ja-  
mittauslaitteet/Dataloggerit](http://www.elkome.fi/web/index.php/Etusivu/Ratkaisut/Anturit-ja-mittauslaitteet/Dataloggerit)

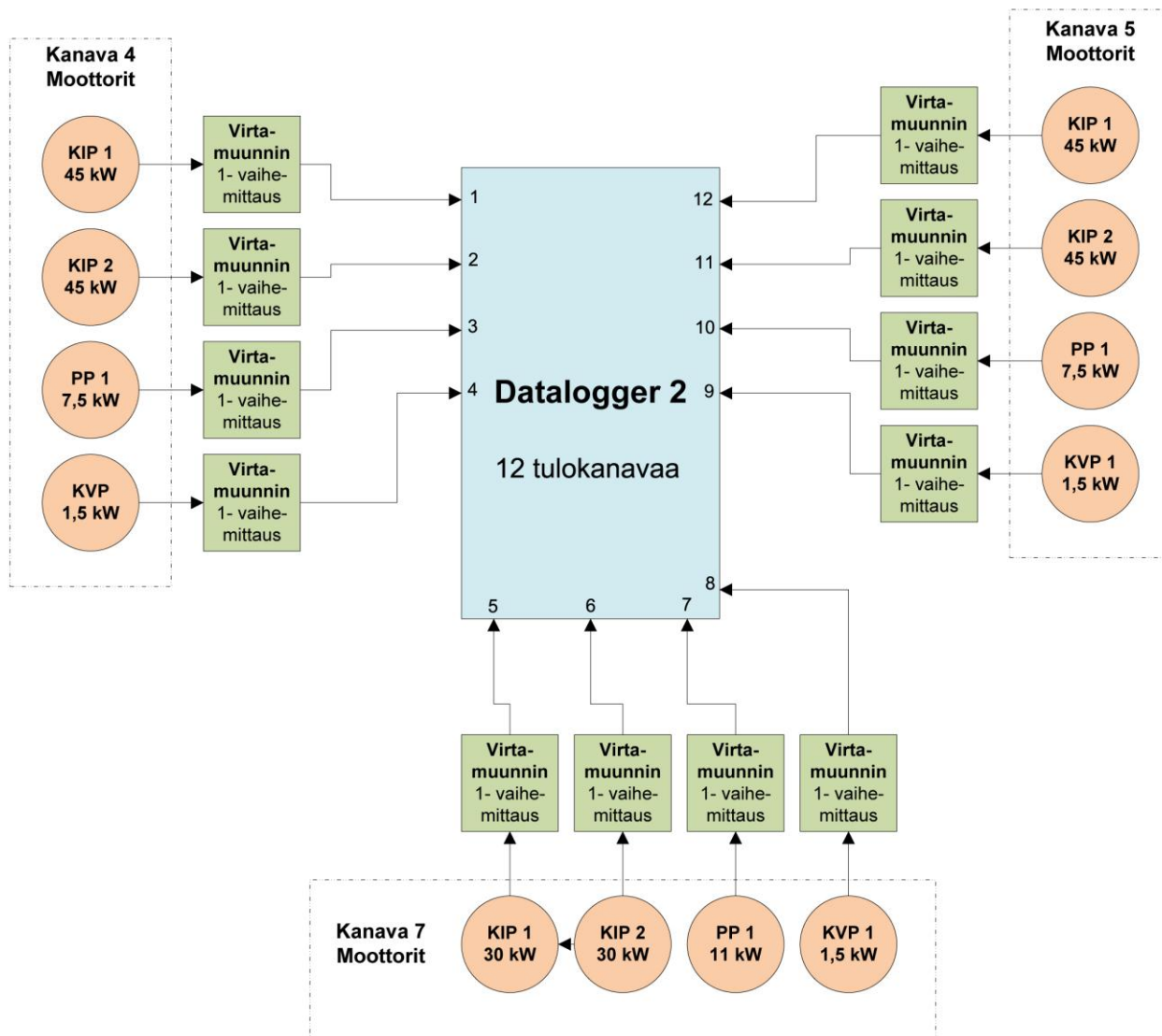
Elfa Distrelec:n www-sivut. Virtamuuntimien datalehdet:  
[www.elfaelektronikka.fi/elfa3~fi\\_fi/elfa/init.do?manu=L#manu=man\\_lem](http://www.elfaelektronikka.fi/elfa3~fi_fi/elfa/init.do?manu=L#manu=man_lem)

**Dataloggerien sijoitukset kanavakuivaamolla**

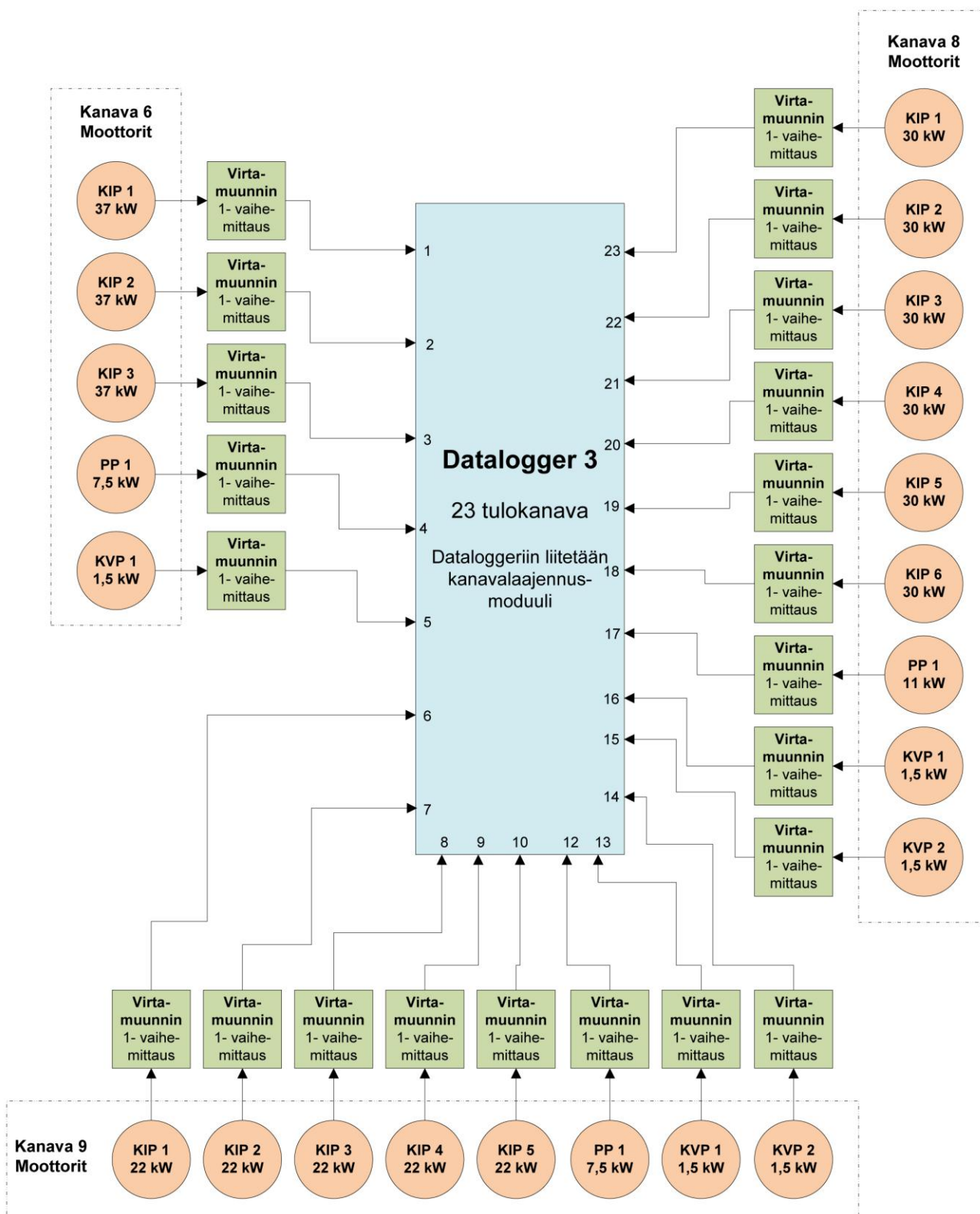
## Datalogger 1 kytkennät



## Datalogger 2 kytkenät

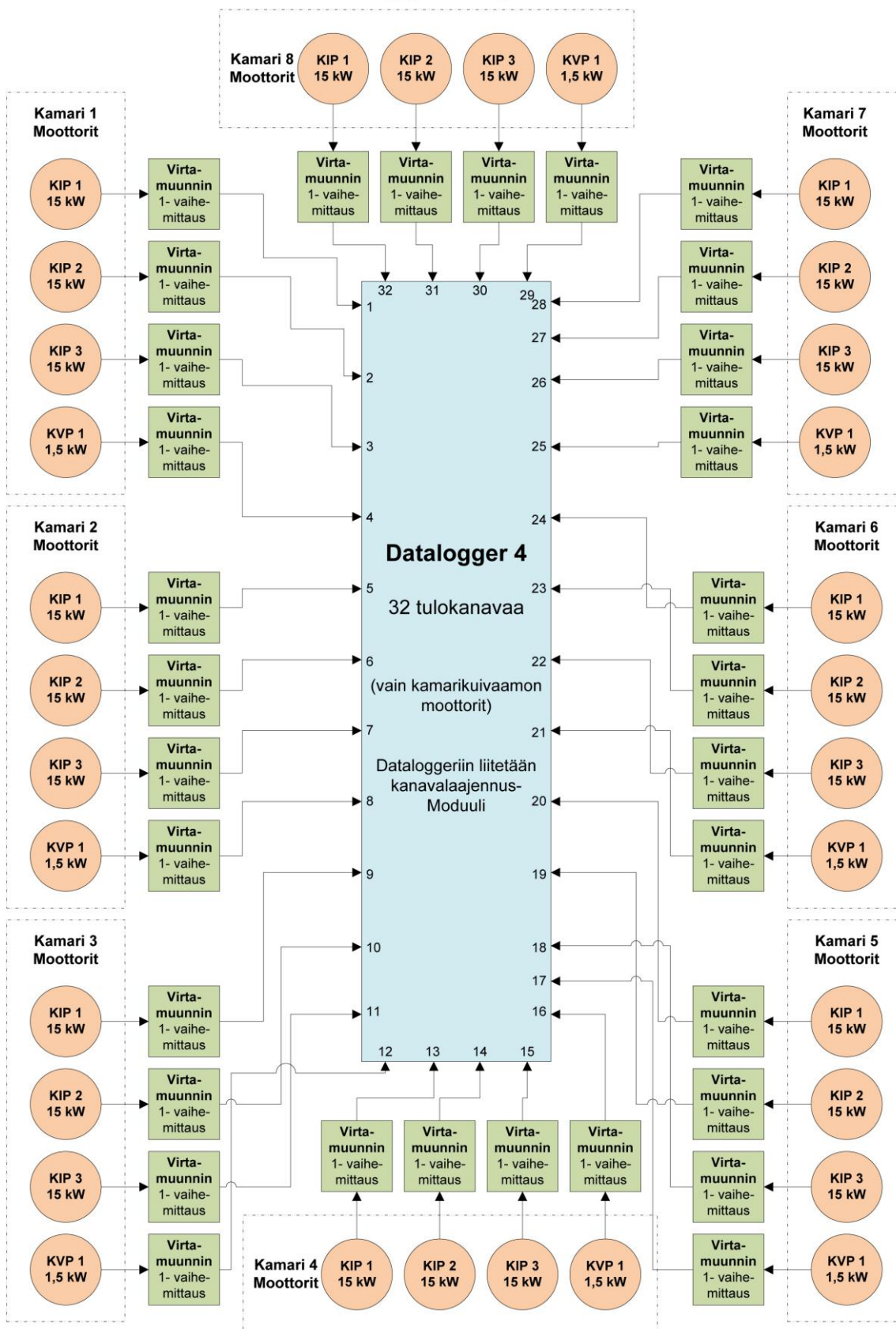


## Datalogger 3 kytkenät



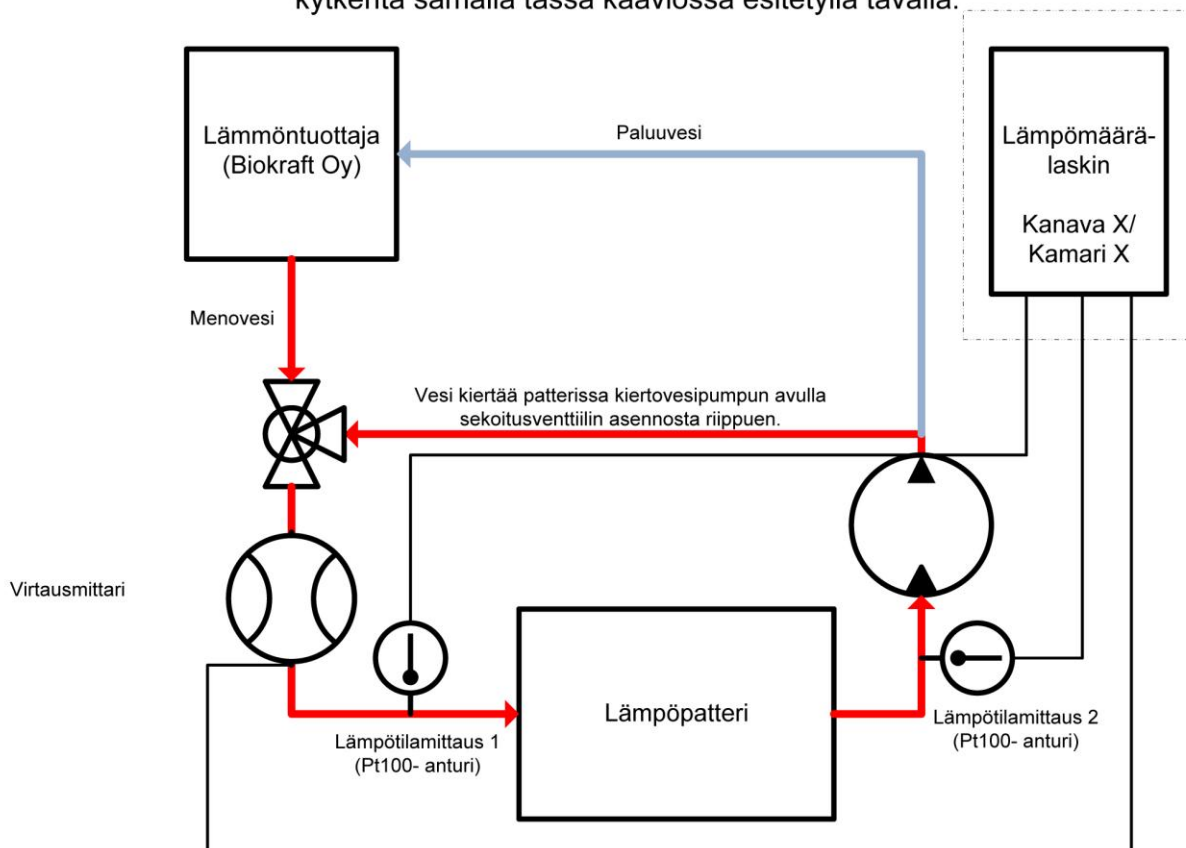


## Datalogger 4 kytkennät



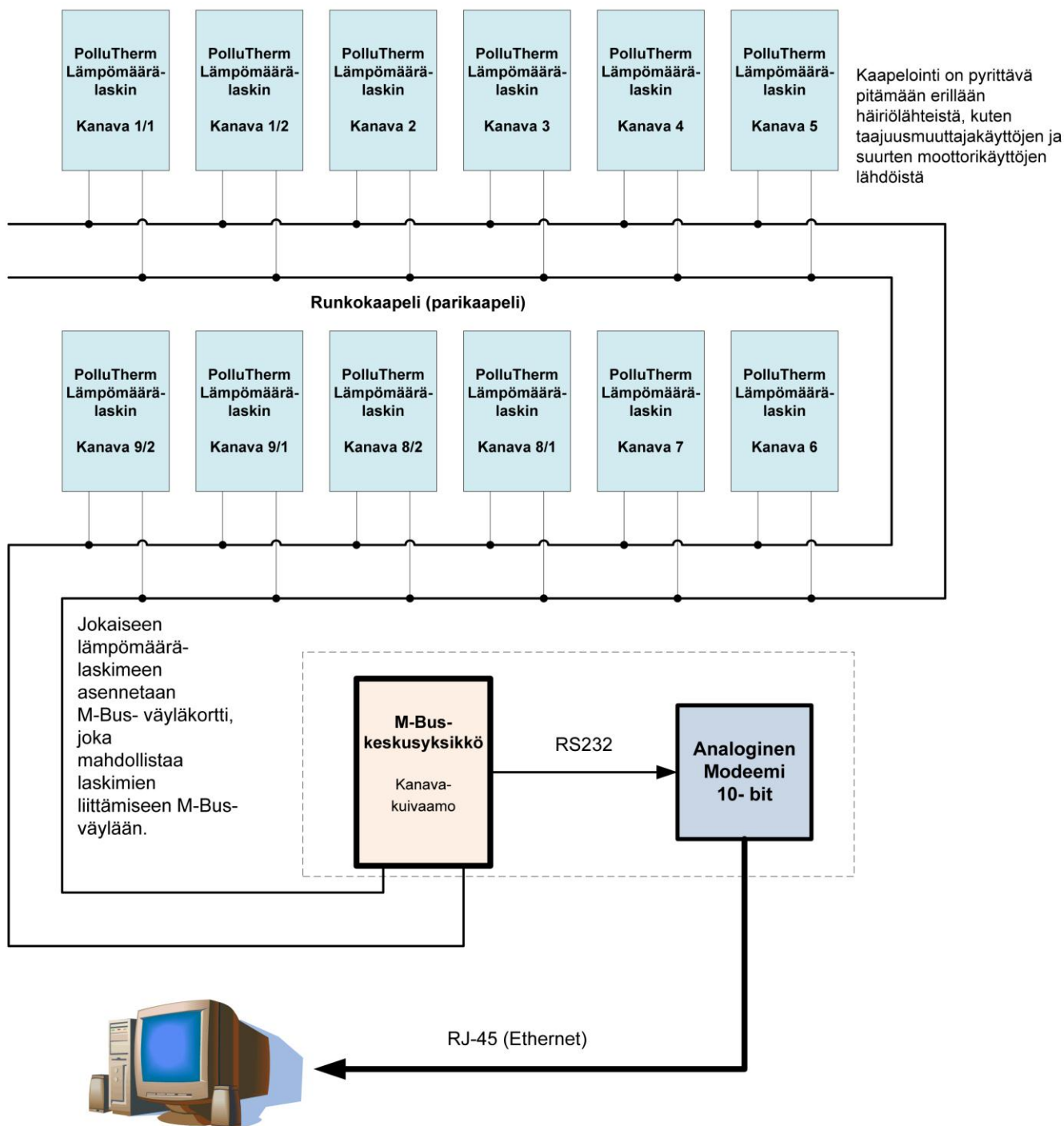
## Lämpömäärälaskimien toimintaperiaate ja liitäntä

Kaikkien mittausjärjestelmässä olevien laskimien kytkentä samalla tässä kaaviossa esitetyllä tavalla.



## Kanavakuivaamon lämpömittalaskimien kytkennät

Lämpömittalaskimien  
käyttöjännite = 230 VAC

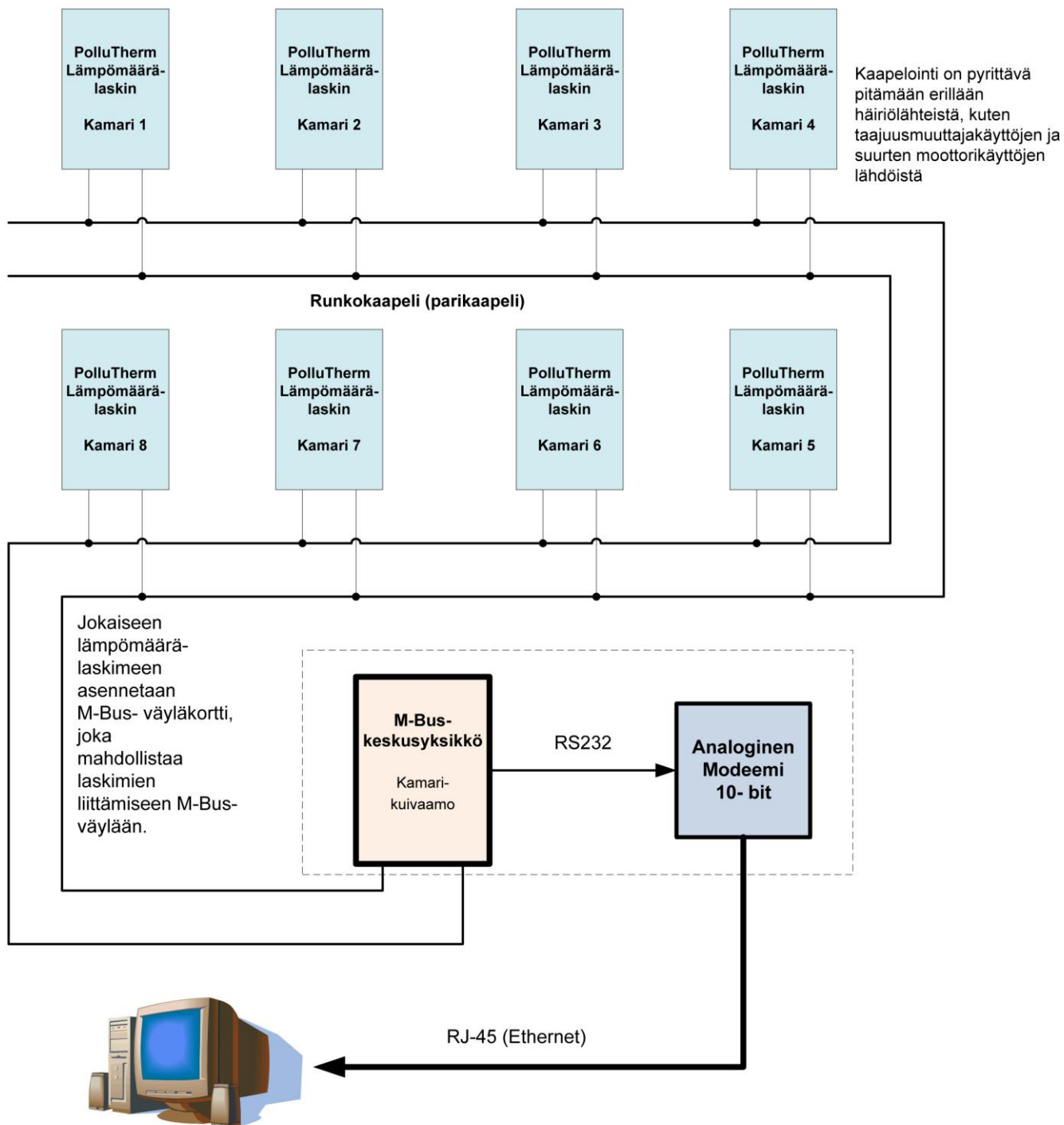


Tehtaan lähiverkkoon liitetty tietokone, johon asennettu Fservice- ohjelmisto. Sen avulla on mahdollista lukea yhtä, useampia tai kaikkia mittareita automaattisesti.

Ohjelma muuttaa niin haluttaessa luennan tuloksen EXCEL-CSV -muotoon tallentuen samalla. Ohjelma voidaan liittää puhelinmodeemiin. Loggeritoiminnalla on mahdollista lisäksi seurata kulutusprofiilia. Kyseinen ohjelmisto on ladattavissa ilmaiseksi Saint-Gobain Pipe Systems Oy:n www-sivuilta.

## Kamarikuivaamon lämpömittalaskimien kytkennät

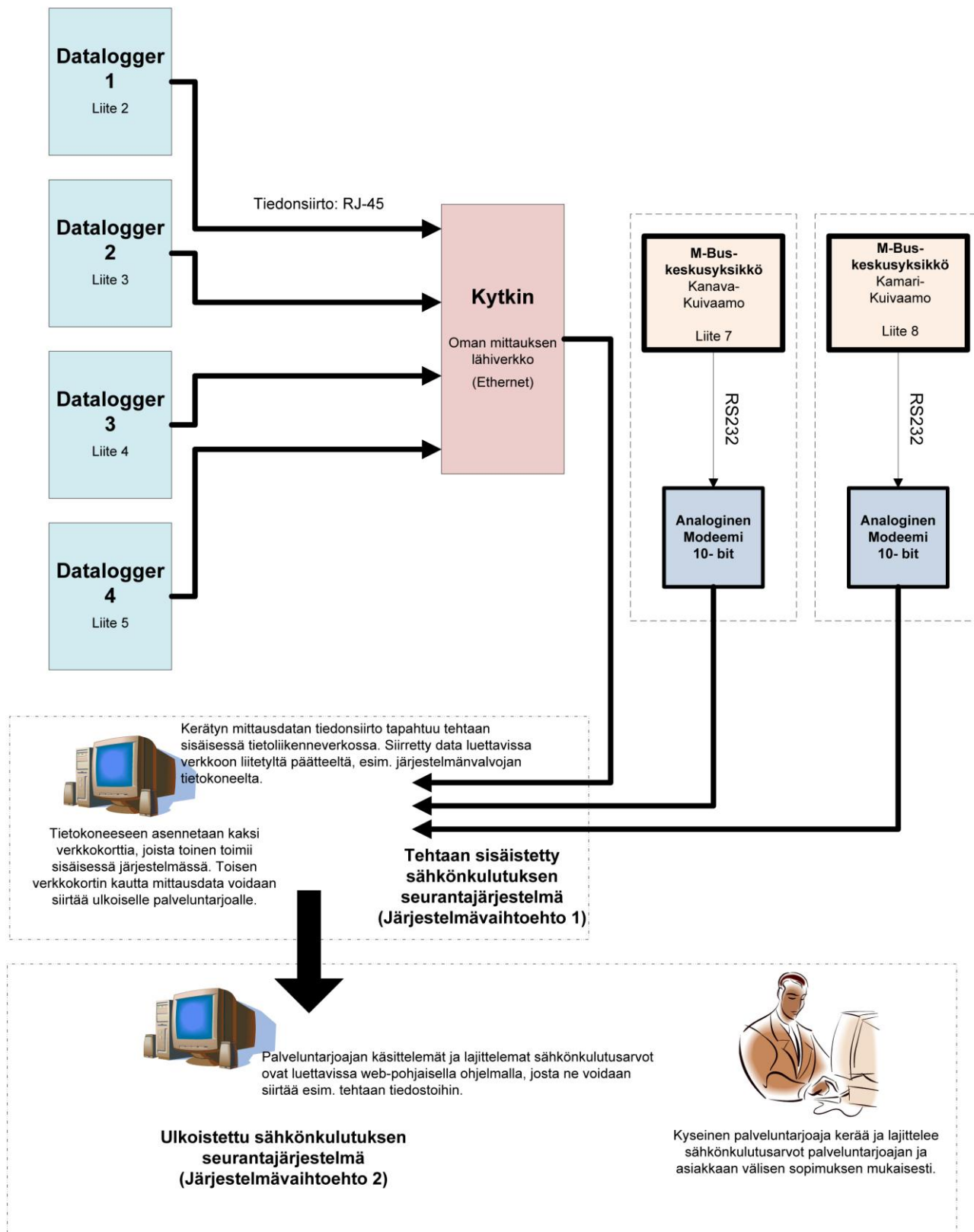
Lämpömittalaskimien  
käyttöjännite = 230 VAC



Tehtaan lähiverkkoon liitetty tietokone, johon asennettu Fservice- ohjelmisto. Sen avulla on mahdollista lukea yhtä, useampia tai kaikkia mittareita automaattisesti.

Ohjelma muuttaa niin haluttaessa luennan tuloksen EXCEL-CSV -muotoon tallentuen samalla. Ohjelma voidaan liittää puhelinmodeemiin. Loggeritoiminnalla on mahdollista lisäksi seurata kulutusprofiilia. Kyseinen ohjelmisto on ladattavissa ilmaiseksi Saint-Gobain Pipe Systems Oy:n www-sivuilta.

## Mittausjärjestelmien tiedonkeruuperiaate





### **Kanavakuivaamo (Moottorikohtainen järjestelmä)**

<b>Kiertoilmapuhaltimet</b>	<b>Lukumäärä</b>	<b>Virtamuunninmalli</b>	<b>Virtamuunnin/kpl-hinta</b>
22 kW	8 kpl	LEM APR 100 B420L	156.00 €
30 kW	8 kpl	LEM APR 100 B420L	156.00 €
37 kW	2 kpl	LEM APR 100 B420L	156.00 €
45 kW	10 kpl	LEM APR 100 B420L	156.00 €
			<u>yht. 4000 €</u>
<b>Poistopuhaltimet</b>			
7,5 kW	4 kpl	LEM AT 50 B420L	82.70 €
11 kW	5 kpl	LEM AT 50 B420L	82.70 €
			<u>yht. 750 €</u>
<b>Kiertovesipumput</b>			
1,5 kW	12 kpl	LEM AT 50 B420L	82.70 €
			<u>yht. 1000 €</u>
<b>Kanavakuivaamon virtamuuntimien yhteiskustannusarvio:</b>			<b><u>5 700 €</u></b>
<b>Tiedonkeruulaitteet</b>			
Datalogger	3 kpl	DataTaker DT 80M	2 821 €
Kanavalaajennusmod.	2 kpl	DataTaker CEM20	854 €
<b>Kanavakuivaamon tiedonkeruulaitteiden yhteiskustannusarvio:</b>			<b><u>10 000 €</u></b>

### **Kamarikuivaamo (Moottorikohtainen järjestelmä)**

<b>Kiertoilmapuhaltimet</b>	<b>Lukumäärä</b>	<b>Virtamuunninmalli</b>	<b>Virtamuunnin/kpl-hinta</b>
15 kW	24 kpl	LEM APR 100 B420L	156.00 €
			<u>yht. 3500 €</u>
<b>Kiertovesipumput</b>			
1,5 kW	8 kpl	LEM AT 10 B420L	68.80 €
			<u>yht. 550 €</u>
<b>Kamarikuivaamon virtamuuntimien yhteiskustannusarvio:</b>			<b><u>4 050 €</u></b>
<b>Tiedonkeruulaitteet</b>			
Datalogger	1 kpl	DataTaker DT 85M	3 675 €
Kanavalaajennusmod.	1 kpl	DataTaker CEM20	854 €
<b>Kamarikuivaamon tiedonkeruulaitteiden yhteiskustannusarvio:</b>			<b><u>4 500 €</u></b>

**Kanavakuivaamo (Kuivaamoyks.koht. järjestelmä)**

Kuivaamoyksiköt	Virtamuunninmalli	Virtamuunnin/kpl-hinta	
9 kpl (1-vaihemittaus)	LEM APR 400 B420L	158 €	yht. 1400 €
27 kpl (3-vaihemittaus)	LEM APR 400 B420L	158 €	yht. 4300 €
Tiedonkeruulaitteet	Lukumäärä	Dataloggerimalli	Datalogger/kpl-hinta
Datalogger	3 kpl	DataTaker DT80M	2 821 €
			yht. 8400 €
<b>Kanavakuivaamo kuivaamoyks.koht. järjestelmä yhteiskustannusarvio:</b>			<b>9800 € / 12700 €</b>

**Kamarikuivaamo (Kuivaamoyks.koht. järjestelmä)**

Kuivaamoyksiköt	Virtamuunninmalli	Virtamuunnin/kpl-hinta	
8 kpl (1-vaihemittaus)	LEM APR 400 B420L	158 €	yht. 1250 €
24 kpl (3-vaihemittaus)	LEM APR 400 B420L	158 €	yht. 3800 €
Tiedonkeruulaitteet	Lukumäärä	Dataloggerimalli	Datalogger/kpl-hinta
Datalogger	1 kpl	DataTaker DT80M	2 821 €
Kanavalaajennusmod.	1 kpl	DataTaker CEM20	854 €
<b>Kamarikuivaamo kuivaamoyks.koht. järjestelmä yhteiskustannusarvio:</b>			<b>4100 € / 7500 €</b>

### **Kanavakuivaamo (Lämpömäärälaskimet)**

Lämpömäärälaskinmalli	Lukumäärä	Laskin/kpl-hinta		
PolluTherm	12	546 €		<u>yht. 6500 €</u>
<b>M-Bus- keskusyks.malli</b>	<b>Lukumäärä</b>	<b>Yksikkö/kpl-hinta</b>		
M-Bus 60	1	1 320 €		<u>yht. 1320 €</u>
<b>Väyläkortti</b>	<b>Lukumäärä</b>	<b>Kortti/kpl-hinta</b>		
M-Bus	12	67 €		<u>yht. 800 €</u>
<b>Kanavakuivaamo lämpömäärälaskinten yhteiskustannusarvio:</b>				<b>8 600 €</b>

### **Kamarikuivaamo (Lämpömäärälaskimet)**

Lämpömäärälaskinmalli	Lukumäärä	Laskin/kpl-hinta		
PolluTherm	8	546 €		<u>yht. 4400 €</u>
<b>M-Bus- keskusyks.malli</b>	<b>Lukumäärä</b>	<b>Yksikkö/kpl-hinta</b>		
M-Bus 60	1	1 320 €		<u>yht. 1320 €</u>
<b>Väyläkortti</b>	<b>Lukumäärä</b>	<b>Kortti/kpl-hinta</b>		
M-Bus	8	67 €		<u>yht. 530 €</u>
<b>Kamarikuivaamo lämpömäärälaskinten yhteiskustannusarvio:</b>				<b>6 300 €</b>

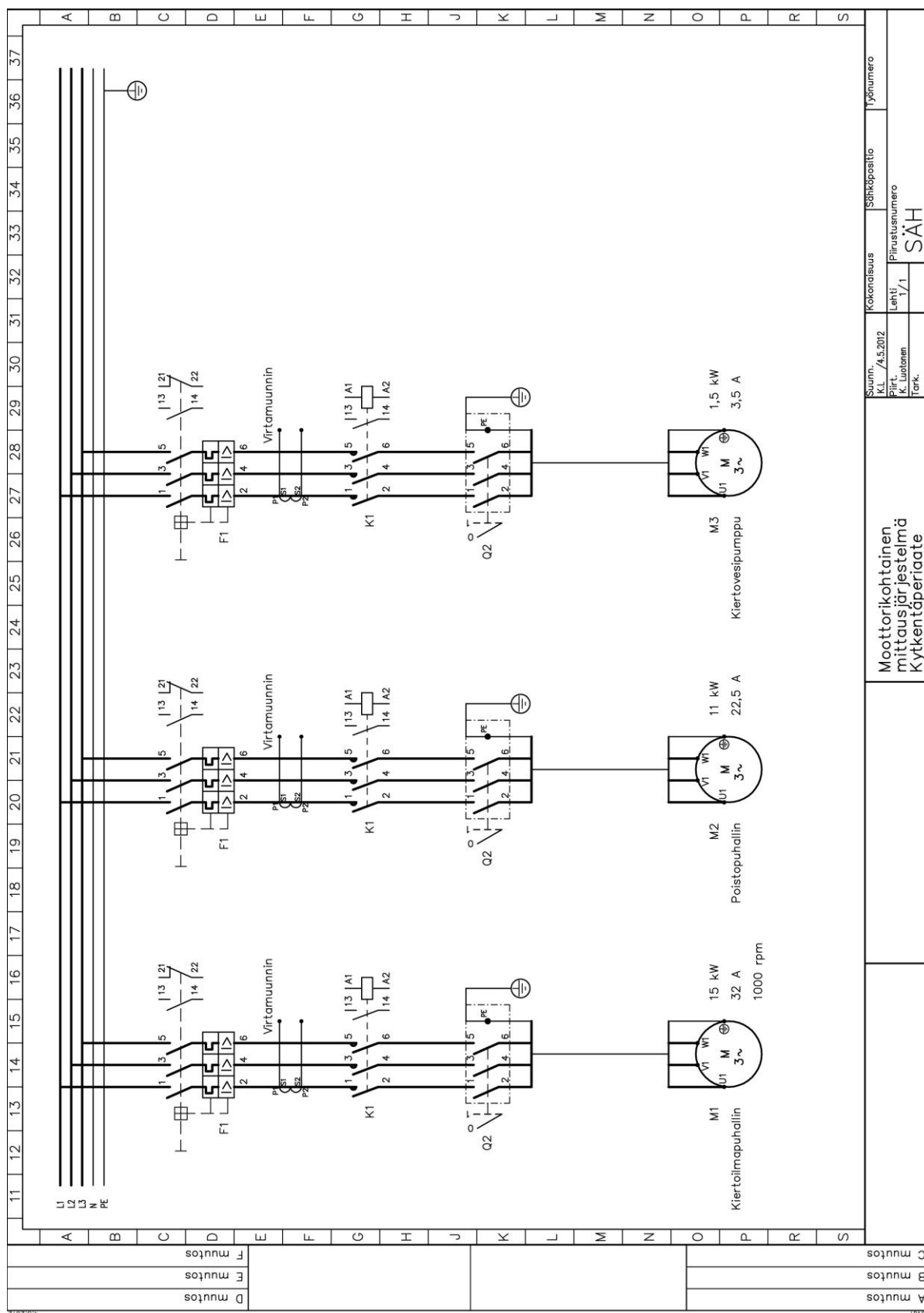


### Moottorikohtainen mittausjärjestelmä

Kanavakuivaamon virtamuuntimien yhteiskustannusarvio:	<u>5 700 €</u>
Kanavakuivaamon tiedonkeruulaitteiden yhteiskustannusarvio:	<u>10 000 €</u>
Kamarikuivaamon virtamuuntimien yhteiskustannusarvio:	<u>4 050 €</u>
Kamarikuivaamon tiedonkeruulaitteiden yhteiskustannusarvio:	<u>4 500 €</u>
Kanavakuivaamo lämpömäärälaskinten yhteiskustannusarvio:	<u>8 600 €</u>
Kamarikuivaamo lämpömäärälaskinten yhteiskustannusarvio:	<u>6 300 €</u>
	<u>yht. 39000 €</u>

### Kuivaamoyks.kohtainen mittausjärjestelmä

Kanavakuivaamo kuivaamoyks.koht. järjestelmä yhteiskustannusarvio:	9800 € / 12700 €
Kamarikuivaamo kuivaamoyks.koht. järjestelmä yhteiskustannusarvio:	4100 € / 7500 €
Kanavakuivaamo lämpömäärälaskinten yhteiskustannusarvio:	<u>8 600 €</u>
Kamarikuivaamo lämpömäärälaskinten yhteiskustannusarvio:	<u>6 300 €</u>
	<u>yht. 29000 € / 35000 €</u>



4.5.2012

Kierr1

A	U	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
B	L2																											
C	L3																											
D	N																											
E	PE																											
F																												
G																												
H																												
J																												
K																												
L																												
M																												
N																												
O																												
P																												
Q																												
R																												
S																												

A muutos		C muutos	
B muutos		D muutos	
E muutos		F muutos	
Suunn. K.L. / 4.5.2012		Kokonaissuus	
Piirt. K. Luotanen		Sähköposito	
Tark. 1/1		Piiustusnumero	
		SÄH	
		Työnnumero	

Moottori-kohtainen mittausjärjestelmä kytkentäperiaate