

Janne Puustinen

# Sähköasemakiinteistöjen energiatehokkuuden parantaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

28.3.2016

Tekijä Otsikko	Janne Puustinen Sähköasemakiinteistöjen energiatehokkuuden parantaminen
Sivumäärä Aika	34 sivua + 3 liitettä 28.3.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Siirron kunnossapitoinsinööri Mikko Piironen Lehtori Osmo Massinen
<p>Insinöörityön tavoitteena oli parantaa sähköasemakiinteistöjen energiatehokkuutta pienentämällä omakäyttösähkönkulutusta asemalla ilman, että prosessin toimintavarmuudelle aiheutuisi haittaa. Tutkittavina kohteina olivat Koivuhaan ja Honkanummen sähköasemat. Työhön kuului laskennallinen arvioiminen omakäyttösähkönkulutuksen jakautumisesta eri osa-alueiden kesken.</p> <p>Tavoitteena oli myös konkreettisten parannusehdotusten laatiminen energiatehokkuuden parantamiseksi, niin että investoinneilla saavutetuilla säästöillä maksettaisiin mahdolliset muutostyöt ja laitehankinnat. Lopputuloksena ehdotettiin Koivuhaan aseman tuloilmakoneiden muuttamista kiertoilmatoimiksiksi ja Honkanummen asemalla jo valmiina olevien ilmalämpöpumppujen hyödyntämistä lämmityskäytössä.</p> <p>Saavutettuja tuloksia voidaan hyödyntää myös muiden sähköasemien energiatehokkuuden parantamisessa.</p>	
Avainsanat	sähköasemakiinteistö, energiatehokkuus, omakäyttösähkö

Author Title	Janne Puustinen Improving the Energy Efficiency of a Substation Property
Number of Pages Date	34 pages + 3 appendices 28 March 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electrical power engineering
Instructors	Mikko Piironen, Engineer of the transfer maintenance Osmo Massinen, Senior lecturer
<p>The aim of this thesis was to improve energy efficiency of substation property by reducing the consumption of electricity for own use at the station without causing harm to the process. Objects were being examined at Koivuhaka and Honkanummi substations. The work included the calculatory study of the consumption of electricity for own use, balanced among the different sub-regions.</p> <p>The aim was also drawing up concrete suggestions to improve energy efficiency so that savings acquired through investments would pay any modifications and equipment purchases. As a result, suggestion was put forward to modify Koivuhaka ventilation system and to utilize the already existing Honkanummi station heat pumps by setting them to heat mode. The results achieved may also be utilized in improving the energy efficiency in other substations.</p>	
Keywords	substation property, energy efficiency, electrical consumption for own use

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sähköasema	3
3	Energiatehokkuus	6
4	Tutkittavat kohteet	7
4.1	Omakäyttösähkön kulutus VES:n sähköasemilla	7
4.2	Koivuhaan sähköasema	10
4.2.1	Ilmanvaihto	14
4.2.2	Lämmitys	14
4.2.3	Valaistus	15
4.3	Honkanummi	15
4.3.1	Kulutuksen jakautuminen	16
4.3.2	Ilmanvaihto	18
4.3.3	Lämmitys	19
4.3.4	Jäähdytys	19
4.3.5	Valaistus	20
5	Energiatehokkuuden parantaminen	20
5.1	Ilmanvaihto	20
5.1.1	Tarpeenmukainen säätö	21
5.1.2	LTO	21
5.2	Sopiva sisälämpötila	23
5.3	Ilmalämpöpumput	24
5.4	Valaistus	26
6	Toimenpide-ehdotukset	27
6.1	Koivuhaka	27
6.2	Honkanummi	30
6.3	Muut asemat	30
7	Yhteenveto ja päätelmät	31

Liitteet

Liite 1. Hinta-arvio Koivuhaka

Liite 2. Kuvia Koivuhaka

Liite 3. Kuvia Honkanummi

## Lyhenteet

a	Vuosi
COP	Coefficient Of Performance
DC	Tasavirta
GIS	Gas insulated substation
LTO	Lämmöntalteenotto
LVIS	Lämpö, vesi, ilmanvaihto ja sähkö
kWh	Kilowattitunti
MWh	Megawattitunti
RK	Ryhmäkeskus
SCOP	Seasonal Coefficient Of Performance
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö
VE	Vantaan Energia Oy
VES	Vantaa Energia Sähköverkot Oy

## 1 Johdanto

Sähköverkkotoiminta on alueellista monopolitoimintaa, jonka vuoksi toiminnan valvontaa on asetettu hoitamaan Energiavirasto. Sen päätehtävänä on valvoa sähkön siirtohintojen kohtuullisuutta ja ohjata verkkoyhtiötä kehittämään toiminnan tehokkuutta. Toiminnan tehokkuutta voidaan parantaa karsimalla yrityksen operatiivisia kustannuksia, joihin kuuluu muun muassa sähköasemien omakäyttösähkönkulutus.

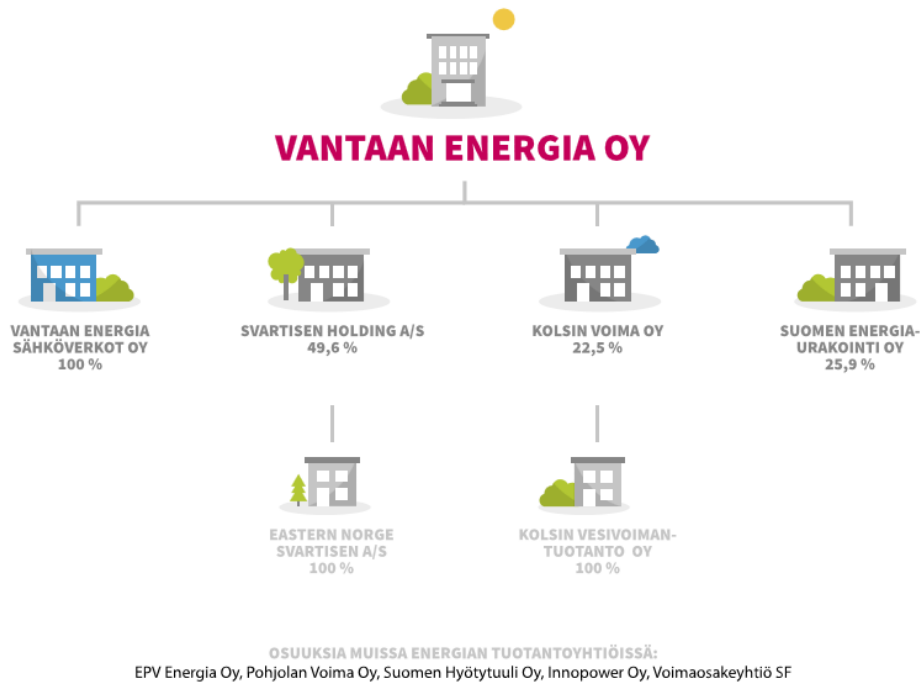
Tämä insinööriyö on tehty Vantaan Energia Sähköverkot Oy:n (VES) siirron kunnossapitotiimille. Se vastaa muun muassa VES:n omistamista sähköasemista ja niiden kunnossapidosta.

Insinööriyön tavoitteena on tutkia mahdollisuuksia pienentää sähköasemien omakäyttösähkönkulutusta VES:n Koivuhaan ja Honkanummen sähköasemilla. Näillä asemilla aikaansaatuja säästötoimenpiteitä voidaan hyödyntää myös muilla VES:n sähköasemilla. Säästömahdollisuuksia ovat lämmitys, ilmanvaihto ja sen tarpeenmukainen säätö sekä valaistus. Tarkoituksena on arvioida omakäyttösähkönkulutuksen jakautumista sähköasemalla ja saada aikaan konkreettisia energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksia.

VES:illä on 13 sähköasemaa, joiden yhteenlaskettu omakäyttösähkön kulutus oli vuonna 2014 1132 MWh.

Vantaan Energia Oy

Vuonna 1910 perustettu Vantaan Energia Oy (VE) on yksi Suomen suurimmista kaupunkienergiayhtiöistä. VE tuottaa ja myy sähköä ja kaukolämpöä sekä tarjoaa teollisuudelle maakaasua. Kaukolämpöä ja sähköä tuotetaan Martinlaakson voimalaitoksessa ja vuonna 2014 valmistuneessa jätevoimalaitoksessa. Vantaan kaupunki omistaa yhtiöstä 60 % ja Helsingin kaupunki 40 %. Vuonna 2014 Vantaan Energia Oy työllisti 344 henkilöä.



Kuva 1 Vantaan Energia Oy [1.]

VE omistaa Vantaan Energia Sähköverkot Oy:n kokonaisuudessaan. Omistusosuudet muista yhtiöistä ovat:

- Svartisen holding a/s 49,6 %
- Kolsin Voima Oy 22,5 %
- Suomen Energia-Urakointi Oy 25,9 %.

Lisäksi VE:lla on osuuksia muissa energian tuotantoyhtiöissä, kuten EPV Energia Oy:ssä ja Pohjolan voima Oy:ssä. [1; 2.]

Taulukko 1. Avainluvut [1.]

	Konserni			Emoyhtiö		
	2014	2013	2012	2014	2013	2012
<b>Liikevaihto, meur</b>	309,2	379	434,3	274	342,3	393,8
<b>Liikevoitto, meur</b>	44,2	37,8	34,7	34,3	26,1	16,5
<b>Liikevoitto, % liikevaihdosta</b>	14,3	10	8	12,5	7,6	4,2
<b>Oman pääoman tuotto-%</b>	16,1	16,3	14,2	18,8	14,5	11,2
<b>Omavaraisuusaste-%</b>	35	35,3	35,2	31,8	32,2	32,8
<b>Bruttoinvestoinnit, meur</b>	74,1	101,9	80,1	58,9	86,8	56,3
<b>% liikevaihdosta</b>	24	26,9	18,4	21,5	25,4	14,3

## Vantaan Energia Sähköverkot Oy

Sähkömarkkinalain muutoksen vuoksi energiayhtiöitä veloitettiin erottamaan sähköverkkotoiminta ja energian myynti toisistaan. Tämän seurauksena perustettiin Vantaan Energia Sähköverkot Oy (VES), joka vastaa Vantaan sähköverkkojen rakentamisesta, käytöstä ja kunnossapidosta. Yhtiö on perustettu vuonna 2006, se aloitti operatiivisen toimintansa 1.1.2007.

Suomessa sähköverkkotoiminta on luvanvaraista monopolitoimintaa ja siihen tarvitaan Energiaviraston myöntämä verkkolupa. Sähkömarkkinalaki asettaa verkkotoiminnan harjoittajalle tasapuolisuus- ja kohtuullisuusvaatimuksia.

VES:illä on 111 750 sähkönsiirtoasiakasta Vantaalla. Sähkönjakeluverkon pituus on 3290 km, josta 87 % on kaapeloitua verkkoa. Tämän ansiosta sähkön toimitusvarmuus on erinomainen keskimääräisen sähkön keskeytysajan ollessa 7,3 minuuttavuosi. [1; 2; 3.]

## 2 Sähköasema

Sähköasema on sähköverkon osa, jossa voidaan muuntaa jännitettä, suorittaa kytkentöjä ja jakaa sähköenergiaa eri johdoille ja kaapeleille. Sähköasemat voidaan jakaa

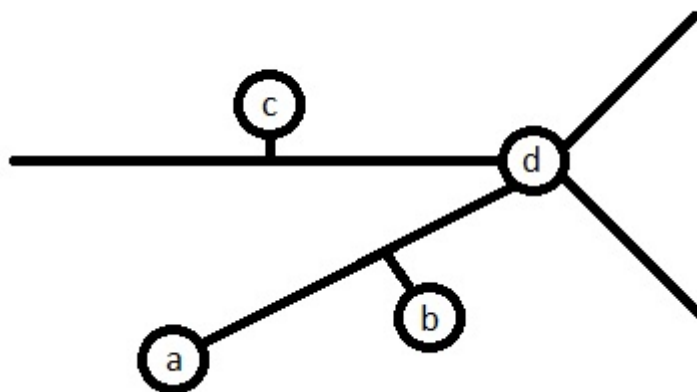
sisältämiensä laitteistojen ja käyttötarkoituksen perusteella muuntoasemiin, kytkinlaitoksiin ja erotinasemiin. Muuntoasemilla voidaan yhdistellä eri jännitetason johtoja muuntajan välityksellä ja kytkinlaitoksella vain saman jännitetason johtoja.

Sähköaseman rakenne voidaan jakaa neljään osaan, joita ovat

- päälaitteisto
- apulaitteisto
- muut-laitteisto
- rakenteet.

Päälaitteisto sisältää esimerkiksi 110 kV ja 20 kV kiskoston ja laitteiston sekä päämuuntajan. Apulaitteiston tehtävänä on tukea päälaitteistoa, joita ovat suojaus- ja ohjausjärjestelmät, omakäyttöjärjestelmä, tasasähköjärjestelmä ja automaatiojärjestelmä. Muita laitteistoja sähköasemalla ovat LVIS-järjestelmä sekä paloilmoitin- ja rikosilmoitinjärjestelmä. Rakenteisiin kuuluvat kiinteistöt ja ulkopuoliset rakenteet, kuten aidat, tiet ja puomit. [4.]

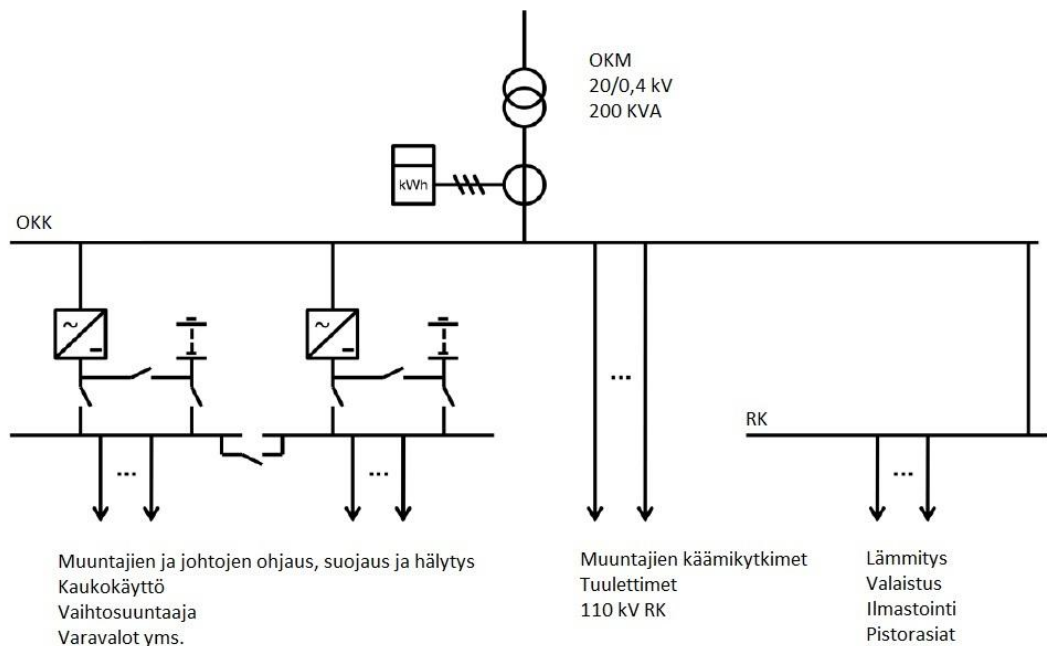
Sähköasema-alueella saavat liikkua normaalisti sähkölaitteista aiheutuvan vaaran tunteva käyttöhenkilökunta. Asiattomilta sähköasemalle pääsy on kielletty ja alueelle pääsy on tehty vaikeaksi aidoilla ja lukoilla. Sähköasema on lakien, määräysten ja asetusten alainen niin käytöltään, suunnittelultaan kuin rakentamiseltaan. Sähköasemat voidaan jakaa sijaintinsa ja merkittävyytensä perusteella johdonpääasemaksi (a), johdonvariasemaksi (b,c) ja solmupisteasemaksi (d) kuvan 2 mukaan.



Kuva 2 Aseman sijainti verkkoon nähden [5.]

## Omakäyttösähkö

Sähköasemilla omakäyttösähkö saadaan 20/0,4 kV:n muuntajasta, joka yleensä on kuivamuuntaja. Muuntajalta sähkö syötetään pääkeskuksen kautta muihin alakeskuksiin kuvan 3 mukaisesti. Kaikilla VES:n sähköasemilla on kaksi toisistaan riippumatonta akustoa, jotka poikkeustilanteissa varmentavat sähkönsyötön järjestelmän toiminnan kannalta kriittisille laitteille.



Kuva 3 Omakäyttösähköjärjestelmä [21.]

Omakäyttökeskuksessa sijaitseva sähkömittari mittaa omakäyttöjärjestelmän kokonaiskulutusta. Tässä opinnäytetyössä mahdolliset energiansäästömahdollisuudet tapahtuvat ryhmäkeskuksen (RK) syöttämissä kohteissa (lämmitys, ilmavaihto ja valaistus). Kuitenkaan RK:n kulutustietoja ei ole suoraan saatavilla, mutta ne saadaan laskettua välillisesti, kun tiedetään omakäyttösähkön kokonaiskulutus ja vähennetään siitä prosessiin liittyvä kulutus (suojareleet, muuntajien jäähdytyspuhaltimet, käämikytkimet).

### 3 Energiatehokkuus

#### Energiatehokkuus

Suoritteen, palvelun, tavarun tai energian tuotoksen ja energiapanoksen välinen suhde. [6.]

#### Energiatehokkuuden parantaminen

Tekninen, ihmisen käyttäytymiseen liittyvä tai taloudellisista muutoksista johtuva energiatehokkuuden lisääntyminen. [6.]

Suomessa Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) on edustaja energiatehokkuuteen liittyvissä asioissa EU:ssa sekä kansainvälisessä yhteistyössä. Sen tarkoituksena on edistää energian tehokasta käyttöä. Yhteistyö ja eri alojen kuuleminen ovat osa TEM:n toimintaa. Energiatehokkuuden kehittämisessä keskeisenä tavoitteena on kasvihuonepäästöjen kustannustehokas vähentäminen. EU:ssa yhteisenä tavoitteena on 20 prosentin parantaminen energiatehokkuudessa vuoteen 2020 mennessä.

Ilmastonmuutoksen hillinnän lisäksi energian säästöllä on myös muita syitä. Nämä ovat tuontienergian tarpeen vähentäminen, energian saatavuuden turvaaminen, energiakustannusten alentaminen sekä ympäristön- ja ilmansuojelu. Tavoitteet päästöjen vähentämisessä edistävät uusiutuvien energiamuotojen käytön osuutta. Sähkön ja lämmön yhteistuotanto, vapaaehtoisten energiatehokkuussopimusten kattavuus ja energiakatselmusten järjestelmällinen toteuttaminen ovat hyviä esimerkkejä tuloksellisesta energiansäästöstä Suomessa. [7.]

Vuonna 2015 on tullut voimaan energiatehokkuuslaki, jossa säädetään energiatehokkuuden edistämiseksi ja parantamiseksi tehtävistä energiakatselmuksista. Laki koskee muun muassa yrityksiä, jotka myyvät tai jakelevat sähköä, kaukolämpöä ja –jäähdytystä tai polttoainetta. Tämä laki velvoittaa yrityksiä edistämään energian tehokasta ja säästäväistä käyttöä asiakkaidensa toiminnassa.

Energiatehokkuuslain neljännessä pykälässä yrityksen energiakatselmuksesta määritellään seuraavasti:

Yrityksen energiakatselmus on järjestelmällinen menettely, jolla saadaan riittävästi tietoa koko konsernin tai yrityksen energiankulutusprofiilista, tunnistetaan

mahdollisuudet kustannustehokkaaseen energiansäästöön, määritetään säästön suuruus ja raportoidaan katselmuksen tuloksista. Yrityksen energiakatselmuksessa otetaan huomioon kaikki yrityksen energiankäyttökohteet, joita ovat rakennukset, teollinen ja kaupallinen toiminta sekä liikenne.

Yrityksen energiakatselmukseen on sisällytettävä erillisiä kohdekohtaisia katselmuksia riittävästä määrästä yrityksen toimintoja, jotta voidaan muodostaa luotettava kuva yrityksen kokonaisenergiatehokkuudesta ja todeta luotettavalla tavalla sen merkittävimmät parantamismahdollisuudet. [6.]

Energiakatselmus on tehtävä vähintään neljän vuoden välein ja siihen liittyy kohdekatselmus. Kohdekatselmuksessa saadaan yksityiskohtaista tietoa energian käyttökohteen energiankulutuksen rakenteesta ja sen avulla voidaan esittää ehdotuksia kustannustehokkaasti toteutettavista energiatehokkuustoimista. [6.]

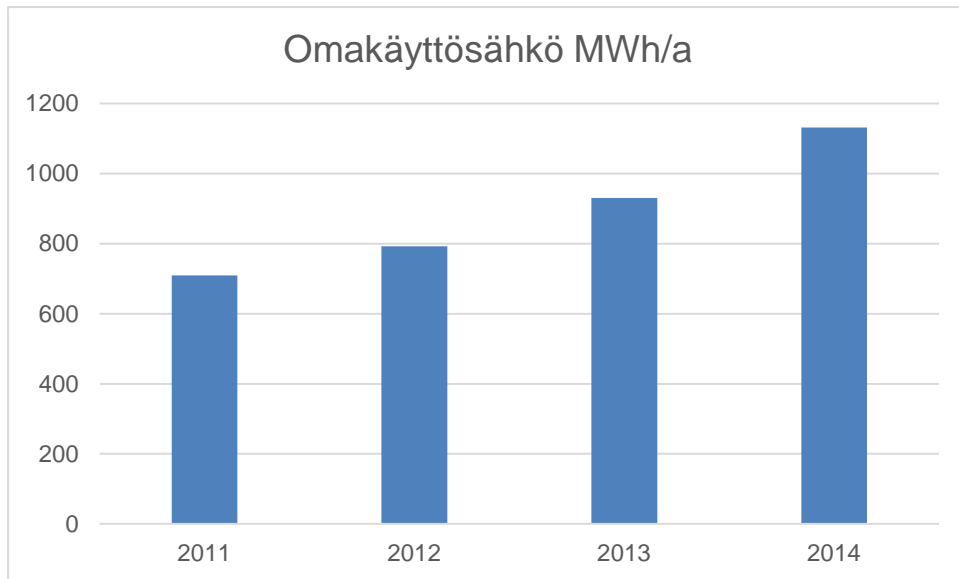
Tämänhetkisen tulkinnan mukaan VES:n kohteet eivät kuulu energiakatselmuksen piiriin, vaikka se lasketaan mukaan VE konserniin, jolle energiakatselmus suurena yrityksenä kuuluu. Kuitenkin VES on mukana alan vapaaehtoisessa energiatehokkuussopimuksessa raportoiden vuosittain tehdyt toimenpiteet oman toiminnan ja asiakkaiden osalta. [8.]

## 4 Tutkittavat kohteet

### 4.1 Omakäytösähkön kulutus VES:n sähköasemilla

Omakäytösähkönkulutus koostuu pääosin seuraavista asioista:

- prosessiin kuuluva tasasähkö (suojareleet, kaukokäyttö, vaihtosuuntaaja, vara-valot)
- päämuuntajien käämikytkimet ja niiden jäähdytyspuhaltimet
- RK (lämmitys, valaistus, ilmastointi, pistorasiat).

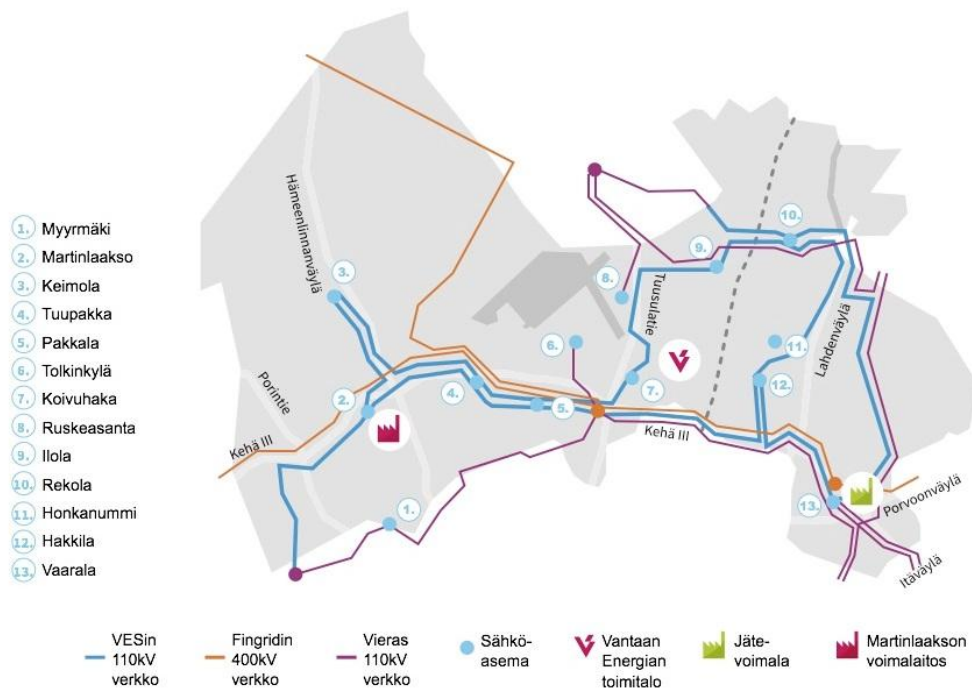


Kuva 4 Omakäyttösähkönkulutus VES:n sähköasemilla

Omakäyttösähkön kokonaiskulutuksen kasvu johtuu lisääntyneistä sähköasemista. Vuonna 2012 Honkanummen asema aloitti toimintansa ja vuoden 2014 alusta lentoaseman asemat Ruskeasanta ja Tolkinkylä tulivat VES:n hallintaan.

Kulutustiedot saadaan asemalla sijaitsevista omakäyttösähkön kulutusmittareista, ja tarkemmat kuukausikohtaiset kulutustiedot VE:n Energiapeili-raportointipalvelun kautta.

VES omistaa 13 sähköasemaa Vantaalla (kuva 5). Kiinteistöt on rakennettu vuosina 1972–2014, joista vanhin on Martinlaakson ja uusin Tuupakan sähköasema. Kaikkien asemien lämmitysmuotona on suora sähkölämmitys, ne on varustettu erilaisilla koneellisilla ilmanvaihtoratkaisuilla.

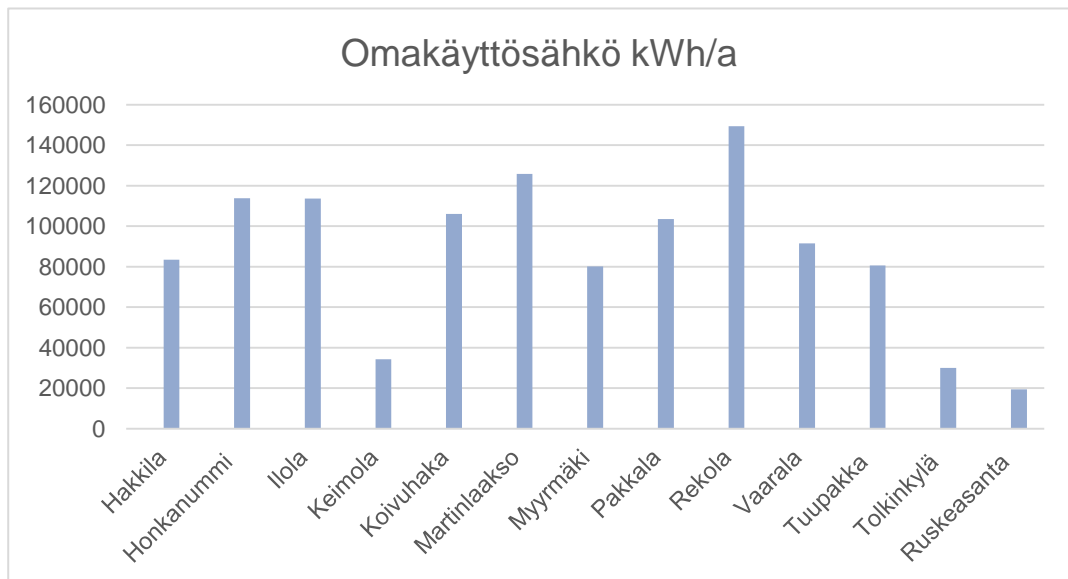


Kuva 5 Sähkösiirtoverkko Vantaalla [2.]

Omakäyttösähkönkulutus VES:n sähköasemilla oli vuonna 2014 kokonaisuudessaan 1135 MWh. Omakäyttösähkön kustannukset saadaan laskettua kaavalla

$$\text{Sähkön kokonaishinta [€]} = \text{Sähkön määrä [MWh]} * \text{Sähkön hinta} \left[ \frac{\text{€}}{\text{MWh}} \right] \quad (1)$$

Kun sähkön hinta on 50 €/MWh, saadaan energian kokonaishinnaksi 56 750 €. Sähkön siirrosta ei synny kustannuksia, koska sähköä siirretään omassa verkossa.

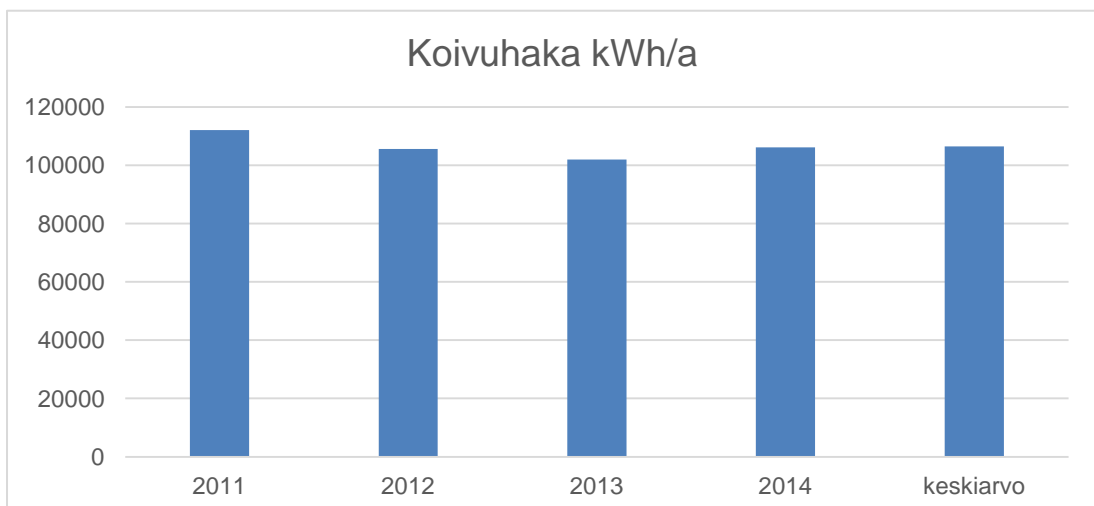


Kuva 6 Omakäyttösähkön kulutus sähköasemilla

Kulutustiedot ovat vuosilta 2011–2014 pois lukien Tuupakan, Tolkinkylän ja Ruskeasannan asemat, joista lukemat ovat vuodelta 2014. Sähköasemien koot, valmistusvuodet, rakennusmateriaalit ja ilmanvaihtoratkaisut eroavat toisistaan, joten kulutuslukujen suora vertailu toisiinsa ei ole mahdollista.

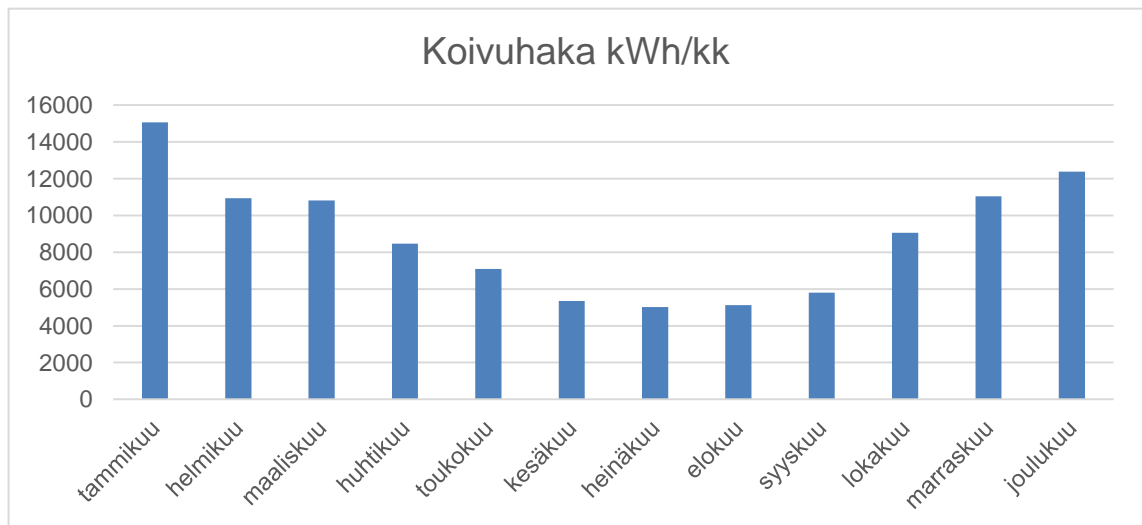
#### 4.2 Koivuhaan sähköasema

Koivuhaan sähköasema on vuonna 1997 rakennettu 110/20 kV:n johdonvarsi-asema. Sähköasemalla on kaksi 110/20 kV:n päämuuntajaa ja ulkotiloissa oleva kytkinkenttä. Lämmitettävä pinta-ala asemalla on 390 m<sup>2</sup> ja tilavuus 1860 m<sup>3</sup>.



Kuva 7 Koivuhaan kulutustiedot 2011-2014

Kulutustiedoista nähdään, että kokonaiskulutus on pysynyt lähes vakiona vaihteluvälin ollessa noin 10 000 kWh/a.

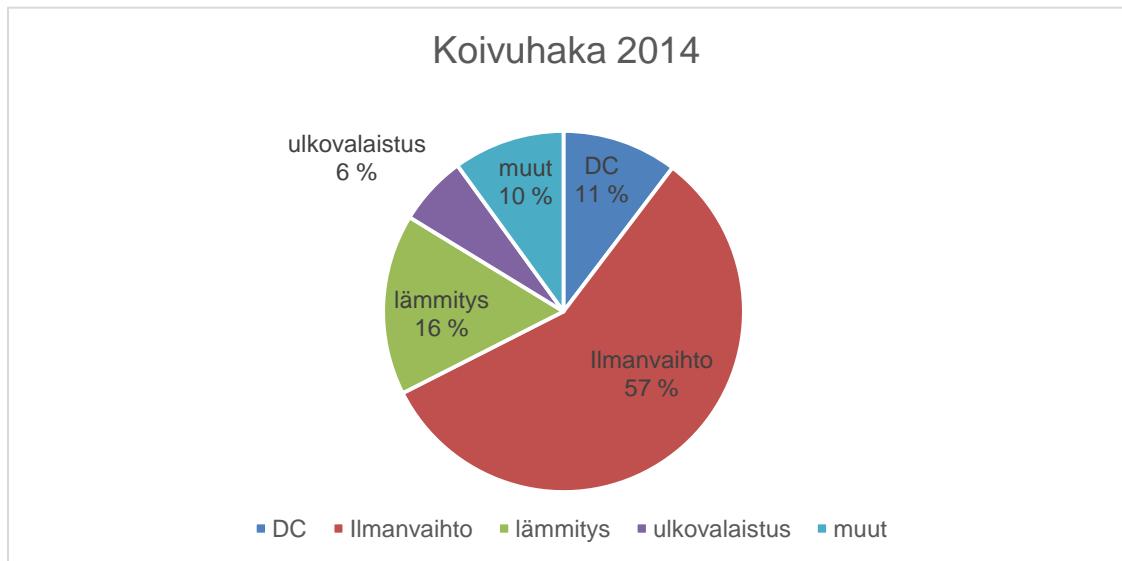


Kuva 8 Koivuhaan kulutustiedot kuukausitasolla 2014 [9.]

Kuukausitason kulutustiedoista voidaan päätellä, että kulutus on verrannollinen ulkolämpötilaan. Heinäkuun ja tammikuun välinen kulutuksen ero on noin 10 000 kWh/kk.

Kulutuksen jakautuminen

Koivuhaan kokonaiskulutus vuonna 2014 oli 106 102 kWh, se jakautui seuraavasti:



Kuva 10 Koivuhaan kulutuksen jakautuminen 2014

Kuvasta nähdään, että suurimmat kulutuksen aiheuttajat olivat ilmanvaihto 57 % ja lämmitys 16 %. Tasasähkön osuus oli 11 %, muut 10 % ja ulkovalaistus 6 %.

Tasasähköjärjestelmien kulutustiedot saatiin asematarkastuksien yhteydessä otetuista akuston varausjännitteiden ja varaajan kuormitusvirtojen keskiarvoista. Tasasähkön osuus oli 10 959 kWh/a. Ulkovalaistus asemalla on varustettu hämäräkytkimellä. Hämärän ajan osuus vuodesta on arvioitu olevan 4000 tuntia. Valaisimien yhteenlaskettu teho oli 1660 W. Hämärän ajan ja valaisintehojen tulosta saatiin ulkovalaistuksen osuudeksi 6640 kWh/a.

Ilmanvaihdon osuus laskettiin puhallintehojen summana, niin että kullekin puhaltimelle annettiin käyttöastekerroin riippuen miten usein puhallin käy. Esimerkiksi tuloilmakoneiden puhaltimille ja akkuhuoneiden poistopuhaltimille annettiin kerroin 1 ja muille puhaltimille, joita ohjataan lämpötilan mukaan, käyttöastekerroin oli 0,6. Yhteenlaskettu puhaltimien energiankulutus käyttökertoimilla painotettuna oli 8322 kWh/a.

Koivuhaan ja Honkanummen ilmanvaihtokoneissa tuloilma lämmitetään tavoitelämpötilaan sähkövastuksilla ja niiden kuluttama sähköenergia lisätään ilmanvaihdon osuuteen. Tuloilman lämmitysenergian tarve lasketaan kaavalla

$$Q_{iv} = t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} \left( (T_{sp} - \Delta T_{puhallin}) - T_u \right) \Delta t / 1000 \quad (2)$$

jossa

$Q_{iv}$	Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, kWh
$t_d$	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntisuhde, h/24h
$t_v$	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhte, vkr/7 vkr
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v, tulo}$	tuloilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$T_{sp}$	sisäänpuhalluslämpötila, °C
$\Delta T_{puhallin}$	lämpötilan nousu puhaltimessa, °C
$T_u$	ulkolämpötila, °C
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuutos kilowattitunneiksi. [10.]

Laskennassa kesä-, heinä-, ja elokuussa ilmanvaihdon jälkilämmityksen oletettiin olevan pois käytöstä, jolloin tuloilman lämmitys ei vienyt sähköenergiaa. Tällöin tuloilman lämpötila saattoi poiketa asetusarvosta.

Lämmitysenergian tarve laskettiin koneille TK1 ja TK2 kuukausitasolla käyttäen ilmatieteenlaitoksen keskimääräisiä ulkolämpötiloja Vantaalla vuonna 2014. [11.] Tuloilmavirrat saatiin ilmanvaihdon suunnittelukuvista. Sisäänpuhalluslämpötilan oletettiin olevan 18 °C ja lämpötilan nousun puhaltimessa 0 °C. Kuukausittaiset energialukemat laskettiin lopuksi yhteen ja yhdessä puhallintehojen kanssa ilmanvaihdon osuudeksi saatiin 60 680 kWh/a.

Muut-osuus saatiin arvioimalla, että se on 10 % vuoden kokonaiskulutuksesta. Tulokseksi saatiin 10 610 kWh/a. Muut-osuuteen kuuluvat muun muassa muuntajien jäähdytyspuhaltimien, perus- ja jätevesipumppujen, lämminvesivaraajien ja sisävalaistuksen energiankulutus. Prosentuaalinen osuus arvioitiin kun tiedettiin laitteiden tehonkulutus ja käyntiajat. Lämmityksen osuus laskettiin vähentämällä kokonaiskulutuksesta ta-sasähkön, ilmanvaihdon, ulkovalaistuksen ja muiden osuus. Tulokseksi saatiin 17 213 kWh/a.

Taulukko 2. Kulutuksen jakautuminen Koivuhaka

	kWh/a
<b>DC (=apusähkö)</b>	10959
<b>Ilmanvaihto</b>	60680
<b>lämmitys</b>	17213
<b>ulkovalaistus</b>	6640
<b>muut</b>	10610
<b>yhteensä</b>	106102

Laskelmien perusteella suurin osa omakäyttösähköstä kuluu ilmanvaihtoon ja tuloilman lämmitykseen. On huomioitava, että edellä lasketulla menetelmällä voidaan ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve laskea, kun kyse on järjestelmästä, jossa käytetään vakioilmavirtaa. [10.] Suodattimien likaantuessa laskee ilmavirta, jolloin myös energiankulutus laskee, mutta sitä ei oteta tässä tilanteessa huomioon.

#### 4.2.1 Ilmanvaihto

Koivuhaan sähköasemalla on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä, jotka ovat pääosin alkuperäisiä rakennusvuodelta 1997. Rakennuksessa on kaksi Enerpacin valmistamaa tuloilmakonetta TF1 ja TF2. Koneen TF1 lämmityspatterin sähköteho on 16 kW ja koneen TF2 20 kW. TF1 palvelee valvomotilaa ja TF2 20 kV hallia. Koneilla luodaan kyseisiin tiloihin ylipaine, joka poistuu valvomossa seinissä olevien siirtoilmasäleikköjen kautta ja 20 kV:n hallissa poistoilmahormin kautta. Lisäksi kiinteistössä on kohdepoistoja ja korvausilmaventtiilejä muun muassa omakäyttömuuntajatilassa, akkuhuoneessa ja wc-tilassa.

#### 4.2.2 Lämmitys

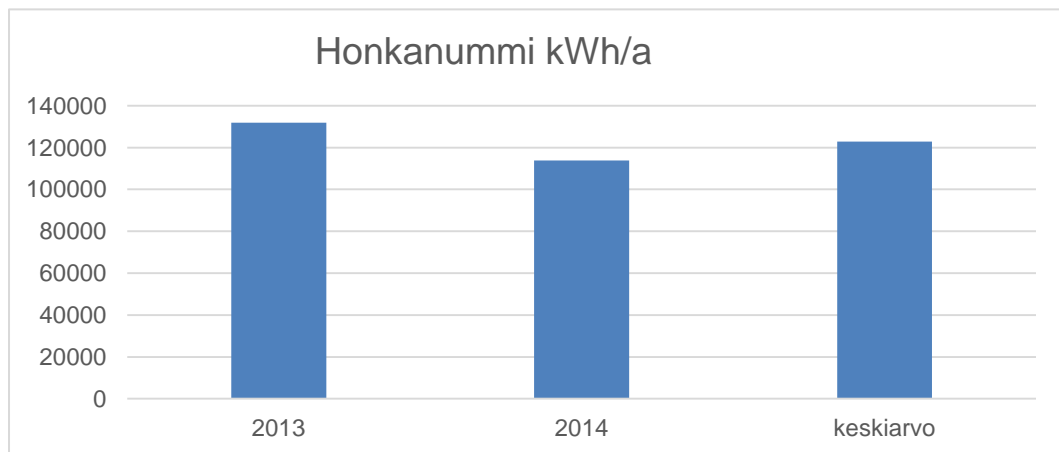
Rakennuksen lämmitykseen käytetään sähköpattereita, säteilylämmittimiä ja lattialämmitystä. Lämmitystä ohjataan seinissä olevilla tilakohtaisilla termostaateilla. Kiinteistön sadevesiviemäri on varustettu itsesäätyvällä saattolämmityskaapelilla, jota ohjataan ryhmäkeskukselta käyttökytkimellä.

#### 4.2.3 Valaistus

Sisävalaistuksessa käytetään loisteputkivalaisimia, joita ohjataan painonapein ja kytkimin. Ulkovalot ovat purkauslamppuvalaisimia, joita ohjataan hämäräkytkimellä. Muuntajabunkkerin turvalat ovat loisteputkivalaisimia, joita ohjataan painonapein ja automaattisesti, mikäli sähköt katkeavat. Vuonna 2014 tehdyssä kuntotarkastuksessa on suositeltu uusittavaksi ulkovalaistus aikavälillä 2019–2021 hinta-arvion ollessa 10 000 €. [12.]

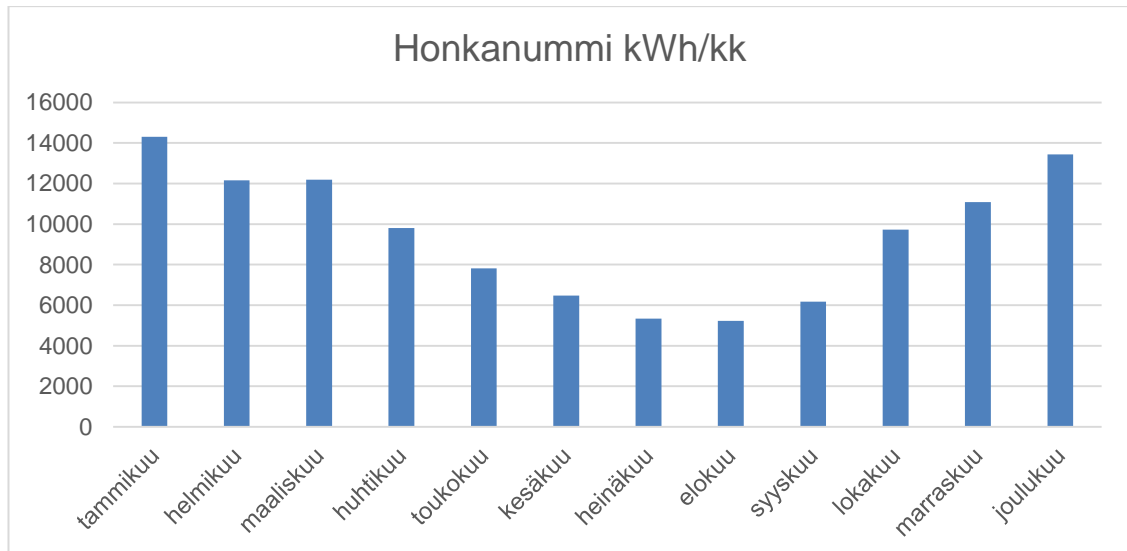
#### 4.3 Honkanummi

Honkanummen sähköasema on rakennettu vuonna 2012. Se on 110/20 kV:n asema, jossa on kaksi 110/20 kV:n päämuuntajaa ja sisätiloihin sijoitettu 110 kV:n kaasueristinen GIS-kojeisto. Lämmitettävä pinta-ala asemalla on 655 m<sup>2</sup> ja tilavuus 4109 m<sup>3</sup>.



Kuva 11 Honkanummen kulutustiedot 2013-2014

Honkanummen kulutustietoja on koossa kahdelta vuodelta ja vuosikulutusten erot ovat noin 18 000 kWh/a. Erot kulutuksessa voivat johtua esimerkiksi ulkolämpötilaeroista vuosien välillä.

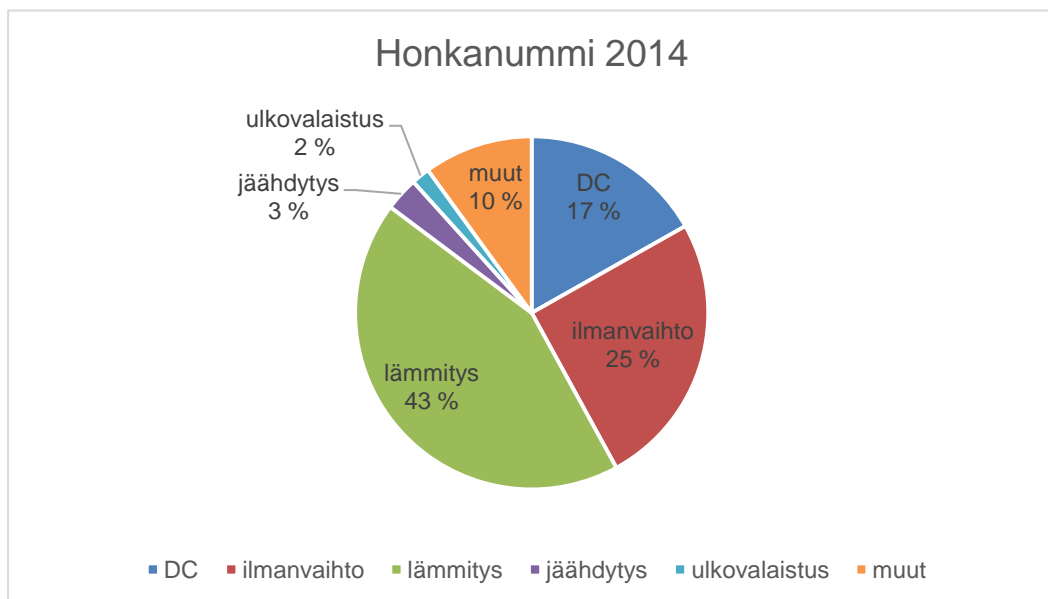


Kuva 12 Honkanummi kulutustiedot kuukausitasolla 2014 [13.]

Kuukausitason kulutustiedoista voidaan päätellä, että kulutus on verrannollinen ulkolämpötilaan. Elokuun ja tammikuun välinen kulutuksen ero on noin 9000 kWh.

#### 4.3.1 Kulutuksen jakautuminen

Honkanummen kokonaiskulutus vuonna 2014 oli 113 763 kWh, se jakautui seuraavasti:



Kuva 13 Honkanummen kulutuksen jakautuminen 2014

Kuvasta nähdään, että myös Honkanummen tapauksessa suurimmat kulutuksen aiheuttajat olivat lämmitys 43 % ja ilmanvaihto 25 %. Tasasähkön osuus oli 17 %, muut 10 %, jäähdytys 3 % ja ulkovalaistus 2 %.

Arvot laskettiin vastaavasti kuin Koivuhaan tapauksessa. Jäähdytyksen osuus laskettiin olettamalla, että jäähdytys on 10 % ajan vuodesta päällä sähkötehon ollessa noin 4 kW. Puhaltimien yhteenlaskettu energiankulutus käyttöastekertoimilla painotettuna oli 18 834 kWh/a. Tuloilman lämmitysenergian laskemisessa kaavassa (2) ulkoilman lämpötila  $T_u$  tilalla käytettiin lämmöntalteenoton jälkeistä tuloilman lämpötilaa, joka saadaan kaavalla

$$T_{lto} = T_u + \frac{\Phi_{lto}}{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo}} \quad (3)$$

jossa

$T_{lto}$	lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila, °C
$T_u$	ulkoilman lämpötila, °C
$\Phi_{lto}$	lämmöntalteenotolla talteenotettu kuukauden keskimääräinen teho, W
$t_d$	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhte, h/24
$t_v$	ilmanvaihtolaitoksen viikottainen käyntiaikasuhte, vkr/7 vkr
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v,tulo}$	tuloilmavirta, m <sup>3</sup> /s

lämmöntalteenotolla talteenotettu teho lasketaan kaavalla

$$\Phi_{lto} = \eta_{a,ivkone} t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,poisto} (T_s - T_u) \quad (4)$$

jossa

$\Phi_{lto}$	lämmöntalteenotolla talteenotettu kuukauden keskimääräinen teho, W
$\eta_{a,ivkone}$	ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton poistoilman vuosihyötysuhde, -
$t_d$	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhte, h/24
$t_v$	ilmanvaihtolaitoksen viikottainen käyntiaikasuhte, vkr/7 vkr
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v,poisto}$	tuloilmavirta, m <sup>3</sup> /s

$T_s$	sisälämpötila, °C
$T_u$	ulkolämpötila, °C

ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton poistoilman vuosihyötysuhteet saatiin konekor-teista ja tulo- ja poistoilmavirrat saatiin ilmanvaihdon suunnittelukuvista.

Taulukko 3. Kulutuksen jakautuminen Honkanummi

	kWh/a
<b>DC (apusähkö)</b>	19132
<b>ilmanvaihto</b>	28686
<b>lämmitys</b>	49145
<b>jäähdytys</b>	3504
<b>ulkovalaistus</b>	1920
<b>muut</b>	11376
<b>yhteensä</b>	113763

#### 4.3.2 Ilmanvaihto

Sähköasema on varustettu koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä. Ase-malla on kaksi Swegonin valmistamaa pyörivällä LTO:lla varustettua ilmanvaihtokonet-ta TK1 ja TK2, jotka palvelevat GIS-hallia, valvomotiloja ja 20 kV hallia. Koneen TK1 sähkölämmityspatterin teho on 7,5 kW ja LTO:n hyötysuhde 83,5 %. Koneen TK2 sähkölämmityspatterin teho on 2,1 kW ja LTO:n hyötysuhde 86,5 %. Lisäksi asemalla on akkutiloille omat kanavapuhaltimet PF1 ja PF2. [14.]



Kuva 14 Tulo- ja poistoilmakone TK1 LTO:lla

#### 4.3.3 Lämmitys

Rakennuksessa on sähkölämmitysjärjestelmä. Lämmittiminä käytetään sähköpattereita, säteilylämmittimiä ja lattialämmitystä kosteissa tiloissa. Räystäskourut on varustettu itsesäätyvillä sulanapitokaapeleilla, joita ohjataan ryhmäkeskukselta käyttökytkimellä. Sähköaseman lämmin käyttövesi tuotetaan 2 kW:n lämminvesivaraajalla.

#### 4.3.4 Jäähdytys

Sähköasema on varustettu kolmella Mitsubishin valmistamalla Ilmalämpöpumpulla, joiden ulkoyksiköt sijaitsevat rakennuksen vesikatolla. Ilmalämpöpumput palvelevat

sähköaseman sisällä sijaitsevia jäähdytysyksiköitä, jotka sijaitsevat GIS-hallissa 2 kpl, 20 kV:n hallissa 2 kpl ja omakäyttömuuntajatilassa 1 kpl. Jäähdyttimien yhteenlaskettu jäähdytysteho on 18,5 kW. Ilmalämpöpumppuja voidaan käyttää myös lämmitykseen.

#### 4.3.5 Valaistus

##### Yleisvalaistus

Sisävalaistuksessa käytetään loiste- ja purkauslamppuvalaisimia, joita ohjataan painonapein ja kytkimin. Ulkovalot ovat purkauslamppuvalaisimia, joita ohjataan hämäräkytkimellä. Lisäksi kiinteistön seinällä on mainosvalaisin, joka toimii myös hämäräkytkimellä. Muuntajabunkkereissa on työvalaisimina LED-valaisimia, joita ohjataan liiketunnistimilla.

##### Turvavalaistus

Turvavalaistukseen käytetään loisteputkivalaisimia, joita ohjataan kytkimin sekä automaattisesti, jos sähkökatkeavat asemalla. [15.]

## 5 Energiätehokkuuden parantaminen

### 5.1 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon tehtävänä on poistaa liiallinen lämpö käyttökohteesta. Se voidaan toteuttaa myös jäähdytyksellä. Ilmanvaihdon tehtäviin kuuluu myös tilojen kuivana ja lämpimänä pito, estettävä tilan likaantuminen ja pidettävä ilmanlaatu tilan käyttötarkoituksen mukaisena. [16.]

Ilmanvaihdon osuus koko sähköaseman energiankulutuksesta on Koivuhaan asemalla 57 % ja Honkanummen asemalla 25 %. Erot johtuvat ilmanvaihtolaitteistojen erilaisuuksista. Honkanummen asemalla on käytössä lämmöntalteenotto, jossa poistoilman lämpöenergialla lämmitetään tuloilmaa. Koivuhaan asemalla lämpöä ei oteta talteen poistuvasta ilmasta.

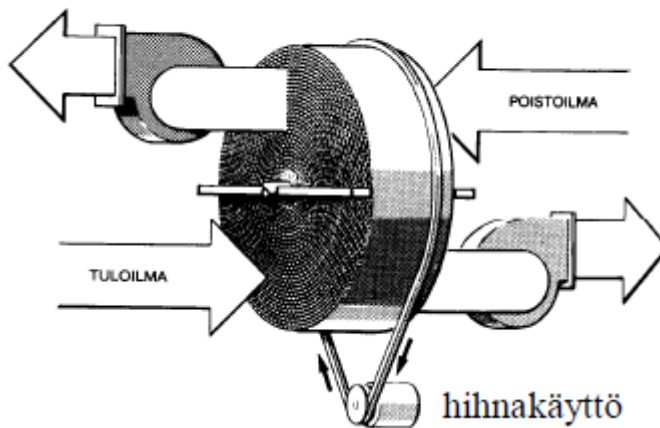
### 5.1.1 Tarpeenmukainen säätö

Sähköasemakiinteistöissä ei työskennellä pysyvästi, vaan tiloissa käydään vain huolto- töiden ja viankorjausten yhteydessä. Kuitenkin sähköaseman ilmanvaihto on säädetty varsin tehokkaaksi. Koivuhaan ja Honkanummen asemilla ilmanvaihtokoneet on aseteltu käymään koko ajan puolikkaalla nopeudella. Ilmanvaihtoa voitaisiin ohjata esimerkiksi hiilidioksidi- ja läsnäoloantureilla tai kytkeä se kulunvalvontaan siten, että ilmanvaihto tehostuu asemalle mentäessä.

### 5.1.2 LTO

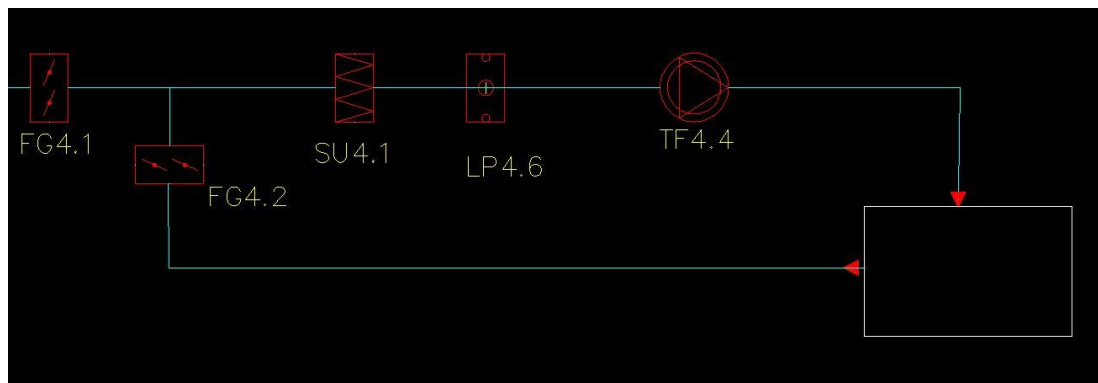
Huomattava osa poistoilman lämpösisällöstä voidaan ottaa talteen ilmastointikoneessa lämmöntalteenoton lämmönsiirtimien avulla. Lämmönsiirto on sitä tehokkaampaa, mitä suurempi lämpötilaero on lämpöä luovuttavan ja vastaanottavan virran välillä. Tästä johtuen lämpimällä poistoilmalla voidaan lämmittää kylmää tuloilmaa. Lämmön talteenotto voidaan toteuttaa esimerkiksi levylämmönsiirtimellä, nestekiertoisella LTO:lla tai pyörivällä LTO:lla. Nestekiertoinen LTO mahdollistaa, että tulo- ja poistoilmakoneet voidaan sijoittaa eri tilaan.

Sähköasemalle sopiva lämmöntalteenottoratkaisu olisi pyörivä LTO. Siinä tulo- ja poistoilma virtaavat vuorotellen saman pyörivän kiekon läpi. Haittapuolena ovat hajujen ja epäpuhtauksien mahdollinen siirtyminen tulo- ja poistoilman välillä. Pyörivällä LTO:lla saavutetaan korkea, jopa 80 %:n hyötysuhde.



Kuva 15 Renegeratiivinen lämmönsiirto [17.]

Lämmöntalteenotto voidaan toteuttaa myös moottoripelleillä siten, että osa poistoilmasta sekoitetaan suoraan tuloilmaan. Tällöin ilmanvaihdon energiataloudellisuus paranee, kun koko tuloilmavirtaa ei tarvitse ottaa ulkoa. Kyseisestä tekniikasta käytetään nimitystä palautusilma tai kiertoilma. [17.]



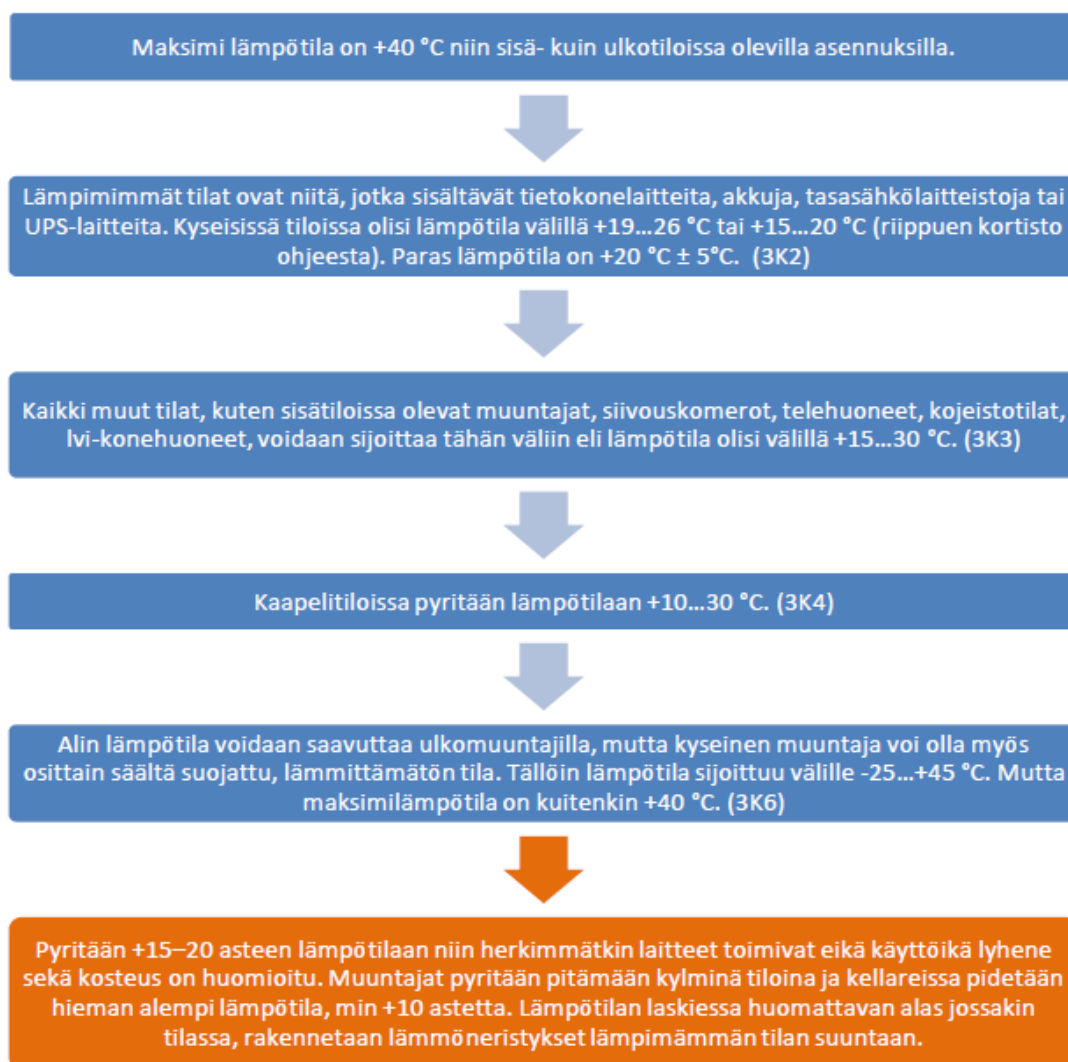
Kuva 16 Kiertoilma

Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 mukaan luokkaan 1 kuuluvan poistoilman, joka sisältää vain vähän epäpuhtauksia ja jotka ovat pääasiallisesti lähtöisin ihmisistä tai rakenteista, voidaan käyttää palautus- ja siirtoilmana. Esimerkkituloina on ilmoitettu toimistotilat ja niiden yhteydessä olevat varastotilat, yleisöpalvelutilat, opetustilat, eräät kokoontumistilat sekä liiketilat, joissa ei ole hajukuormitusta. Lisäksi määräyskokoelmassa on kerrottu, että palautus- ja siirtoilmana voidaan käyttää vain ilmanpuhtaudeltaan samanarvoisten tai puhtaampien tilojen ilmaa, joka ei saa sisältää haitallisia määriä epäpuhtauksia. Palautus- ja kiertoilman käyttö ei saa aiheuttaa epäpuhtauksien, kuten hajujen haitallista leviämistä. [18.]

Tulkinnan mukaan sähköasemalla ei ole merkittäviä epäpuhtauksien lähteitä ja koska tilaa voidaan verrata käytöltään varastotilaan, voidaan kiertoilmaa pitää myös sopivana vaihtoehtona ilmanvaihtoratkaisuksi.

## 5.2 Sopiva sisälämpötila

Minttu-Maaria Lappalainen on tutkinut diplomityössään Talotekniikan ja tilasuunnittelun kehittäminen sähköasemalla (Tampereen teknillinen yliopisto, 2014) sopivaa sisälämpötilaa sähköasemakiinteistössä. Hän päätyi aihetta koskevien ohjeiden, määräysten ja standardien perusteella seuraavaan tulokseen, joka on esitetty kuvassa 17.



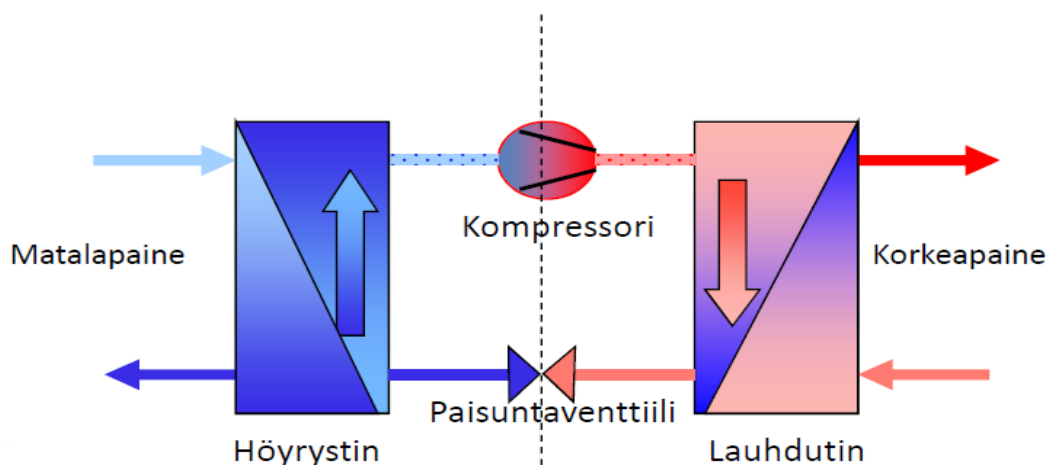
Kuva 17 Sopiva sisälämpötila sähköasemalla [23.]

Suurimmassa osassa VES:n sähköasemista ei ole koneellista jäähdytystä, joten tavoite +15–20 astetta ei täyty. Jäähdytyksen sijasta ilmanvaihto on mitoitettu varsin suureksi, eli sillä saadaan myös jäähdytys aikaiseksi. Kokemusperäisesti on todettu, että lämpötilan noustessa +40 asteen tuntumaan, alkaa muun muassa suojareiden toiminnassa olla ongelmia. [7.]

### 5.3 Ilmalämpöpumput

Lämpöpumpun toiminta perustuu siihen, että ilmasta otettu lämpö höyrystää lämpöpumpussa kiertävän kylmäaineen. Kun nestemäinen kylmäaine muuttuu höyryksi, se

sitoo lämpöenergiaa. Kompressor imee höyrystimen kylmäaineen ja puristaa sen pienempään tilaan. Tällöin kylmäaineen paine ja lämpötila kasvavat. Tämän jälkeen korkeapaineinen kylmäainehöyry johdetaan lauhdutinyksikköön. Huoneilma jäädyttää kylmäainehöyryä, joka muuttuu takaisin nestemäiseksi. Tällöin vapautuu lämpöä. Lopuksi jäädytetty nestemäinen kylmäaine kulkee vielä paineenalennusventtiilin kautta ennen kuin se palaa takaisin höyrystimeen.



Kuva 18 lämpöpumpun toimintaperiaate [19.]

Ilma-ilmalämpöpumpuissa lämpö otetaan ulkoilmasta ja luovutetaan suoraan sisäilmaan. Pumpun sisäyksikön sijoittamisessa on tärkeää, että lämmin ilma pääsee hyvin eri puolille lämmitettävää tilaa.

Lämpöpumppu tarvitsee toimiakseen sähköä. Pumpun hyötysuhdetta kuvataan COP-luvulla (Coefficient Of Performance), joka kertoo kuinka paljon lämpöpumpulla tuotetaan energiaa verrattuna sen käyttämään sähköenergiaan. Tyypillinen lämpötilakerroin ilma-lämpöpumpulle on kaksi, eli vuodessa se tuottaa kaksinkertaisen määrän lämpöä verrattuna sen käyttämään sähköön. Jokaista kW:n sähkötehoa kohden tuotetaan kaksi kW:ta lämmitysenergiaa.

Ilmalämpöpumpun voi säätää toimimaan yhdessä muun lämmityksen kanssa siten, että se tuottaa suuren osan lämmöstä. Esimerkiksi sähköasemalla olevien sähkölämmityspattereiden termostaatit säädetään paria astetta alemmaksi kuin ilmalämpöpumpun asetusarvo. Ilma-ilmalämpöpumpulla voidaan säästää tilojen lämmityksessä keskimää-

rin 20–30 % tai jopa 60–70 % riippuen lämpöpumpun sisäyksikön sijoittelusta. Ilmalämpöpumppujen suorituskyky laskee ulkolämpötilan laskiessa. Yleensä ulkoilmalämpöpumput toimivat pienellä lämpökertoimella lämpötilan laskiessa alle – 20 asteen. Ulkona olevan höyrystinpatterin ajoittainen sulattaminen alentaa myös lämpötilakerrointa.

Ilmalämpöpumpuilla voidaan myös jäähdyttää sisätiloja, jolloin prosessi toimii päinvastoin kuin lämmityskäytössä. Myös jäähdytys kuluttaa sähköä, joten lämmityskaudella saadut säästöt saattavat hävitä kesäaikaan jäähdyttäessä. [20;21.]

COP-arvon ilmoittaminen EN 14511 standardin mukaisesti +7 asteen ulkolämpötilassa ei juurikaan kerro laitteen tehokkuudesta suomen ilmasto-olosuhteissa. Suomessa rakennuksien lämmityskausi alkaa ulkolämpötilan ollessa noin + 12 – + 15 asteessa ja laitteen tulisi toimia vielä - 25 – - 30 asteen pakkasilla. Olennaisempaa on se, että minikäläisen energiansäästön laite antaa koko lämmityskaudella. Tällöin kyse on vuosihyötysuhteesta SCOP:sta (Seasonal Coefficient Of Performance). Laitteen tuottaman energiansäästön kannalta oleellisempaa on sen lämpöteho kuin sen COP-arvo. Mitä alhaisempi ulkolämpötila on sitä suurempi on rakennuksen lämmityksen tarve. Tehokkaat ilmalämpöpumput tuottavat jopa yli 3 kW:n lämpötehon vielä - 15 asteen lämpötilassa. Mitä suurempi lämpöpumpun tuottama lämpöteho saavutetaan alhaisissa ulkolämpötiloissa, sitä vähemmän tarvitsee rakennusta lämmittää muulla lämmitysjärjestelmällä. [24;25.]

#### 5.4 Valaistus

Sisävalaistuksen osuus sähköasemalla on varsin pieni, johtuen aseman miehittämättömyydestä. Tämän takia sisävalaistukselle ei tarvitse tehdä muutoksia. Ulkotiloissa asemilla on ulkokenttien ja bunkkereiden työvalaistus sekä julkisivuvalaistus. Nykyisten monimetallilamppujen energiatehokkuus on kohtuullisen hyvä, joten niiden vaihtaminen järjestelmällisesti uusiin ei ole taloudellista. Mahdolliset säästötoimenpiteet voisivat olla valaisimien rikkoontuessa vaihtaa vanhat purkausvalaisimet LED-lamppuihin.

## 6 Toimenpide-ehdotukset

### 6.1 Koivuhaka

Tuloilmakoneissa TF1 ja TF2 on käytössä tuloilman vakiolämpötilasäätö, jossa koneessa olevan lämpötila-anturin mittaustuloksen perusteella ohjataan sähkölämmityspatterin tehoa niin, että tuloilman lämpötila pysyy asetellussa arvossa. Toimintakaavion mukaan TF1 asetteluarvo on + 22 astetta. Se voitaisiin asetella esimerkiksi +17 asteeseen, jolloin tuloilman lämpötila putoaisi viidellä asteella. Kaavan (2) mukaan laskettuna säästöt olisivat noin 7000 kWh/a eli 12 %. TF2 koneessa asetteluarvo on +17 astetta.

Kyltec Oy:ltä saadun hinta-arvion perusteella 20 kV:n halliin, ja valvomoon hankittavat ilmalämpöpumput maksavat yhteensä 5000 €. Riippuen lähteestä ilmalämpöpumpulla saavutetut säästöt ovat noin 20 – 70 %. Laskuissa on käytetty 50 % säästöä sähkön hinnan ollessa 0,05 €/kWh.

Taulukko 4. Ilmalämpöpumppu 50 %:n säästö

<b>Investoinnit</b>	5000	€
<b>Säästöt</b>	8606	kWh/a
	430	€/a
<b>Takaisinmaksuaika</b>	12	a

Taulukosta 4 nähdään, että ilmalämpöpumpuilla saavutetut säästöt ovat 8606 kWh/a eli 430 euroa vuodessa takaisinmaksuajan ollessa 12 vuotta. Keskimääräinen käyttöikä ilmalämpöpumpulle on 10–15 vuotta. [24.]

Vuonna 2012 VTT teki ilmalämpöpumppuverailun, jossa määritettiin ulkolämpötilasta riippuva liukuva COP-luku eräille ilmalämpöpumpuille. Malliversioksi valittiin Mitsubishi Electricin ilmalämpöpumppu, jonka maksimilämmitysteho on 3,5 kW. Tulosten perusteella ja vuonna 2014 kuukausikohtaisilla keskilämpötiloilla Vantaalla laskettiin vuosikohtainen hyötysuhde.[26.]

Taulukko 5. COP-luku

2014	°C	COP
tammikuu	-7,6	2,5
helmikuu	-0,4	3,4
maaliskuu	1,5	3,7
huhtikuu	5,7	4,7
toukokuu	11	4
kesäkuu	13,6	
heinäkuu	20,3	
elokuu	17,3	
syyskuu	12,1	3
lokakuu	5,7	4,7
marraskuu	2,2	3,6
joulukuu	-1,4	3
	ka	3,62
	%	72

Laskussa oletettiin, että kesä-, heinä- ja elokuussa ei ole lämmitystarvetta. COP-luvulle saatiin keskiarvo 3,62, joka vastaa 72 % säästöä lämmityskuluissa.

Taulukko 6. Ilmalämpöpumppu 72 %:n säästö

<b>Investoinnit</b>	5000	€
<b>säästöt</b>	12458	kWh/a
	623	€/a
<b>Takaisinmaksuaika</b>	8	a

Taulukosta 6 nähdään, että takaisinmaksuaika 72 %:n säästöllä olisi noin 8 vuotta. Koska Koivuhaan sähköaseman lämmitysenergian tarvetta tässä työssä ei erikseen määritetty, on laskuissa oletettu, että ilmalämpöpumpuilla voitaisiin kokonaan tuottaa aseman tarvitsema lämpö. Asia ei kuitenkaan vaikuta lopputulokseen, koska suuremmilla säästöilläkin takaisinmaksuajat ovat varsin pitkiä. Ilmalämpöpumppujen lyhyen käyttöiän, pitkän takaisinmaksuajan ja alhaisen sähkön hinnan vuoksi niiden hankinta ei ole kannattavaa sähköasemalle. Huomioitavaa on, että takaisinmaksuajat nousevat siirtomaksun puuttumisen vuoksi.

Suomen LVIS-Huolto Oy:ltä saadun hinta-arvion perusteella laskettiin seuraavat kannattavuuslaskelmat:

- nykyisten koneiden muuttaminen LTO-koneiksi
- nykyisten koneiden muuttaminen kiertoilmakoneiksi.

Taulukko 7. Tuloilmakoneiden muuttaminen LTO-koneiksi

<b>Investoinnit</b>	30 000	€
<b>Säästöt</b>	44661	kWh/a
	2233	€/a
<b>Takaisinmaksuaika</b>	13	a

Taulukosta 7 nähdään, että tuloilmakoneiden muuttaminen LTO-koneiksi 30 000 euron investoinneilla vuotuiset säästöt ovat 44 661 kWh/a eli 2233 euroa vuodessa takaisinmaksuajan ollessa 13 vuotta.

Taulukko 8. Tuloilmakoneiden muuttaminen kiertoilmakoneiksi

<b>Investoinnit</b>	9 000	€
<b>Säästöt</b>	44661	kWh/a
	2233	€/a
<b>Takaisinmaksuaika</b>	4	a

Taulukosta 8 nähdään, että tuloilmakoneiden muuttaminen kiertoilmakoneiksi 9000 euron investoinneilla vuotuiset säästöt ovat 44 661 kWh/a eli 2233 euroa vuodessa takaisinmaksuajan ollessa 4 vuotta.

Laskelmat säästöistä laskettiin kaavojen (2), (3) ja (4) mukaan käyttäen samoja LTO:n hyötysuhteita kuin Honkanummen ilmanvaihtokoneissa. Kiertoilmakoneiden osalta oletettiin, että moottoripeltejä ohjaamalla tuloilmaa saadaan esilämmitettyä samaan lämpötilaan kuin pyörivällä LTO:lla.

Laskelmien perusteella tuloilmakoneiden muuttaminen kiertoilmakoneiksi olisi järkevää takaisinmaksuajan ollessa 4 vuotta. Lisäksi ilmamäärien säätötyön voisi tehdä kunto-tarkastuksessa suositellun kanavapuhdistuksen yhteydessä. Tuloilmakoneiden puhalltimien muuttamisen taajuusmuuttajakäytöksi ei ole tarpeellista, koska puhallintehot ovat varsin pienet (täysi nopeus 0,9 kW/puhallin ja puolikas nopeus 0,2 kW/puhallin). [27.]

## 6.2 Honkanummi

Honkanummen sähköaseman uutuuden takia varsinaisia hankintoja ei tarvitse tehdä, vaan säästöjä voidaan saada jo olemassa olevilla asioilla. Ilmanvaihtokoneet ovat pakotettu aina käymään puolella nopeudella. Voitaisiin harkita, asetellaanko viikko-ohjelmaan niin, että öisin aseman ilmanvaihtokoneet pyörisivät vielä pienemmällä nopeudella. Asemalla jo valmiina olevien ilmalämpöpumppujen asettelua muutettiin lämmityskäyttöön niin, että sisäyksiköt lämmittävät ilmaa, kun niitä on aikaisemmin käytetty vain jäähdytyksessä. Honkanummen asemallakin voitaisiin kanavapuhdistuksen yhteydessä säätää ilmamäärät.

Taulukko 9. Ilmalämpöpumppu 50 %:n säästö

	24941	kWh/a
<b>Säästöt</b>	1247	€/a

Taulukosta 9 nähdään, että säästöt ovat 24 941 kWh/a eli 1247 euroa vuodessa. Laskussa arvioitiin, että olemassa olevilla ilmalämpöpumpuilla saavutetaan 50 % säästö lämmityskuluissa.

## 6.3 Muut asemat

Muilla asemilla saavutettavat säästöt laskettiin Koivuhaan ja Honkanummen säästöjen mukaan seuraavasti

Taulukko 10. Asemien säästöpotentiaali

	Rakennusvuosi	Tilavuus m <sup>3</sup>	kWh/a/m <sup>3</sup>	Säästöt kWh/a	€/a
<b>Martinlaakso</b>	1972	842	24	20218	1011
<b>Hakkila</b>	1981	825	24	19809	990
<b>Vaarala</b>	1990	1127	5	5214	261
<b>Pakkala</b>	1991	3290	24	78997	3950
<b>Myyrmäki</b>	1992	1648	24	39571	1979
<b>Ilola</b>	1993	2150	24	51624	2581
<b>Tolkinkylä</b>	1993	474	5	2193	110
<b>Koivuhaka</b>	1997	1860	24	44661	2233
<b>Keimola</b>	1998	248	5	1147	57
<b>Rekola</b>	2000	2180	5	10087	504
<b>Ruskeasanta</b>	2000	264	5	1221	61
<b>Honkanummi</b>	2012	4109	6	24941	1247
<b>Tuupakka</b>	2014	5400	6	32776	1639
			<b>yht.</b>	<b>332460</b>	<b>16623</b>

Laskuissa hyödynnettiin Koivuhaan ja Honkanummen asemilta saatuja säästöarvoja siten, että niistä laskettiin energiankulutuksen säästö kuutiota kohden. Samoja arvoja käytettiin vastaavanlaisissa asemissa ja niistä laskettiin aseman tilavuuden avulla takaisin säästöpotentiaali. Vaaralan, Tolkinkylän, Keimolan, Rekolan ja Ruskeasannan säästöpotentiaalın laskennassa käytettiin ilmalämpöpumpuilla saavutettavia säästöjä Koivuhaassa 50 %:n säästöillä. Arvioitu säästöpotentiaali kaikilla VES:n asemilla on noin 332 500 kWh/a eli 16 600 euroa vuodessa.

## 7 Yhteenveto ja päätelmät

Työn tavoitteena oli saada omakäyttösähkönkulutusta pienennettyä ilman, että prosessin toimintavarmuudelle aiheutettaisiin haittaa. Työn yhtenä osana oli olemassa olevien tietojen avulla arvioida kulutuksen jakautumista. Laskelmien mukaan prosessin tarvitsema sähköenergia koko kulutuksesta oli noin 11–17 %, ilmanvaihdon ja lämmityksen osuuden ollessa noin 70 %. Voidaan siis puhua merkittävästä kuluerästä.

Työ aloitettiin arvioimalla laskennallisesti kulutuksen jakautumista sähköasemalla. Kokonaiskulutustiedot saatiin mittaroinnista ja kuukausikohtainen kulutus energiapalvelusta. Lopputuloksena kulutuksen jakautuminen saatiin arvioitua melko tarkasti. Seuraavaksi Koivuhaan asemalle pyydettiin hinta-arviot ilmalämpöpumppujen ja ilman-

vaihtolaitteiden muutoksille. Muutoksilla saavutettavien energiansäästöjen avulla laskettiin takaisinmaksuajat ja päädyttiin ehdotukseen tuloilmakoneen muutokselle kiertoilmatoimiseksi. Muutoksella säästettäisiin ilmanvaihdon energiankulutuksessa noin 45 000 kWh vuodessa ja rahallisesti noin 2200 euroa vuodessa.

Honkanummen aseman rakennusvuoden perusteella asemalle ei päädytty tekemään investointeja, vaan ehdotukset perustuivat olemassa oleviin laitteisiin. Asemalla jo olemassa olevat ilmalämpöpumput otettiin myös lämmityskäyttöön, jolloin saavutettaisiin vuodessa noin 25 000 kWh ja rahallisesti noin 1200 euroa vuodessa. Molemmilla asemille voitaisiin sisälämpötilaksi ja tuloilman lämpötilaksi asetella 17–18 astetta. Lisäksi ilmamäärien säätö voidaan ajoittaa kuntokartoituksessa ehdotettuun kanavapuhdistuksen yhteyteen.

Honkanummen ja Koivuhaan asemista saatujen tietojen avulla voidaan toimenpideehdotuksia hyödyntää myös muilla VES:n asemilla, koska esimerkiksi Koivuhakaa vastaavia asemia löytyy useita. Myös Tuupakan asemalla voidaan jo olemassa olevia ilmalämpöpumppuja käyttää sähkölämmityspattereiden rinnalla lämmityskäytössä.

Energiatehokkuustutkimusta kannattaa jatkaa sähköasemilla, koska potentiaalia energiankulutuksen laskuun on. Laskelmien mukaan VES:n sähköasemien omakäyttösähkökulutuksen säästöpotentiaali on jopa 332 000 kWh/a eli 16 600 €/a. Säästöpotentiaali sähköasemien omakäyttösähkön kokonaiskulutuksesta on noin 29 %. Osana tutkimusta omakäyttösähkönmittaukseen voitaisiin asentaa jälkimittaus, joilla saataisiin tarkkoja tietoja kulutuksen jakautumisesta prosessin ja kiinteistösähkön kesken. Yhtenä potentiaalisena tutkimuskohteena voidaan pitää päämuuntajien häviölämmön hyödyntämistä kiinteistön lämmityksessä esimerkiksi tuloilman lämmityksessä. Ongelmia aiheuttaa muun muassa päämuuntajien etäisyys asemakiinteistöstä ja lämmöntalteenotto.

## Lähteet

- 1 Vantaan Energia Oy, Tietoa konsernista. <<http://www.vantaanenergia.fi/me/vantaan-energia>>. Luettu 18.11.15.
- 2 Vantaan Energia Oy, Yritysesittely. Sisäinen verkkodokumentti. Luettu 18.11.15.
- 3 Vantaan Energia Oy, Sähköverkkotoiminta. <<https://www.tem.fi/energia/sahkomarkkinat/sahkoverkkotoiminta>>. Luettu 18.11.15.
- 4 P. Haveri, Diplomityö, Teknillinen korkeakoulu 2006, s. 110.
- 5 J. Varteva, Sähköasemia opetusmateriaali.
- 6 Finlex, Energiatohokkuuslaki. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141429?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=energiatohokkuuslaki>>. Luettu 05.01.2016.
- 7 M. Piironen, *Kunnossapitoinsinööri*. Haastattelu. 23.12.2015.
- 8 Vantaan Energia Oy, Energiapeili kulutustiedot Koivuhaka 2014. Luettu 10.01.2016.
- 9 Ympäristöministeriö, D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma, rakennuksen energiankulutuksen laskenta ja lämmitystehon tarpeen laskenta, 2012.
- 10 Ilmatieteenlaitos, Tilastoja vuodesta 1961. <<http://ilmatieteenlaitos.fi/tilastoja-vuodesta-1961>>. Luettu 16.01.16.
- 11 Vantaan Energia Sähköverkot Oy, Kuntoarvioraportti Koivuhaka, 2013.
- 12 Vantaan Energia Oy, Energiapeili kulutustiedot 2014 Honkanummi. Luettu 10.01.16.
- 13 Swegon, *Ilmanvaihtokoneet Honkanummi tekniset tiedot*.
- 14 Vantaan Energia Sähköverkot, Kuntoarvioraportti Honkanummi, 2013.
- 15 Sähkö Info Oy, Sähkötilojen ilmanvaihto ja jäähdytys ST 53.61, 2005.
- 16 K. Alanne, Ilmanvaihtotekniikka opetusmateriaali.
- 17 Ympäristöministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, 2011, s. 12 ja 14.

- 18 NIBE, Ilmalämpöpumpun toiminta, 2012.  
<<http://www.tut.fi/smg/tp/kurssit/SMG-4050/2012/lampopumput.pdf>>Luettu 10.01.16.
- 19 Motiva, Tutkittua energiansäästöä ilmalämpöpumpuilla.  
<[http://www.motiva.fi/files/5427/Tutkittua\\_energiansaastoa\\_ilmalampopumpulla.pdf](http://www.motiva.fi/files/5427/Tutkittua_energiansaastoa_ilmalampopumpulla.pdf)>.Luettu 28.01.16.
- 20 Motiva, Lämpöä ilmassa. Lämmitysjärjestelmät ilmalämpöpumput.  
<[http://www.motiva.fi/files/7964/Lampoa\\_ilmassa\\_Ilmalampopumput.pdf](http://www.motiva.fi/files/7964/Lampoa_ilmassa_Ilmalampopumput.pdf)>.Luettu 05.01.16.
- 21 V. Rimali, Sähköasemarakennuksien energiatehokkuus. Aalto yliopisto muokattu kuva, 2010, s 6.
- 22 M.-M. Lappalainen, Talotekniikan ja tilasuunnittelun kehittäminen sähköasemalla. Tampereen teknillinen yliopisto, 2014, s. 46.
- 23 Kaukomarkkinat, Usein kysytyjä kysymyksiä ilmalämpöpumpusta,  
<<http://hub.kaukomarkkinat.fi/fi/energiaratkaisut/ilmalampopumput/usein-kysyttya>>. Luettu 19.02.2016.
- 24 Scanoffice, VTT:n testiraportit,  
<<http://www.scanoffice.fi/fi/tuotteet/tuoteryhmat/ilmalampopumput/raportit-ja-sertifikaatit/vtt-testiraportit>>. Luettu 4.3.2016
- 25 Scanoffice, VTT:n testausraportti Mitsubishi ilmalämpöpumppu,  
<<http://www.scanoffice.fi/sites/default/files/liitetiedostot/vtt-s-06121-12.pdf>>. Luettu 4.3 2016
- 26 VES. Oy, Koivuhaan sähköasema kiinteistökansio, 1997.

## Hinta-arvio Honkanummi

**SUOMEN  
LVIS-HUOLTO OY**

Janne Puustinen

Projekti:  
2016000 Keikat 2016 Keilokoski

Työmaa

### TARJOUS

1

Numero 10273	Päivämäärä 5.2.2016	Asiakasnumero 1609
Toimituspvm	Toimitusaika	Arvioitu kesto (t)
Kohde Vantaan Energia		Myyjä 1 Harri Alastalo
Merkki Janne Puustinen, Vantaan Energia		Työnjohtaja
Viliteenne		Työntekijä 102 Erno Alastalo
Viliteenne Erno Alastalo		

Tuoteno	Tuotenimi	Määrä	Yks	A-hinta	Yht. alv 0%	Yht. sis. alv.
	Tulolimakoneiden muuttaminen kiertolimatolmiksi	2	KPL	4500,00	9000,00	11160,00
	Tulolimakoneiden muuttaminen lto-koneiksi	2	KPL	15000,00	30000,00	37200,00

Janne Puustinen, Vantaan Energia

Hei, tarjoamme teille seuraavasti kahdella eri tapaa toteutettavaksi hallin energiasäästöä.

- Tulolimakoneiden muuttaminen kiertolimatolmiksi.

- Tulolimakoneiden muuttaminen lto-koneiksi.

Yhteensä (€): 39000,00 48360,00

Päiväys: \_\_\_\_\_ Allekirjoitus: \_\_\_\_\_

## Kuvia Koivuhaka



Kuva 2 Tuloilmakoneen ohjaus ja säätö



Kuva 3 Kanavapuhallin

## Kuvia Honkanummi



Kuva 4 Lämmityspattereiden asettelu



Kuva 5 Ilmalämpöpumpun asettelu