

# Terähtehtaan kiinteistöautomaation modernisointi ja energianhallinta



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Valkeakoski, Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Syksy, 2016

Jaakko Matikainen

Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Valkeakoski

---

<b>Tekijä</b>	Jaakko Matikainen	<b>Vuosi</b> 2016
<b>Työn nimi</b>	Terätehtaan kiinteistöautomaation modernisointi ja energianhallinta	

---

## TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä esitellään kiinteistöautomaation teoriaa ja osallistutaan Valkeakoskella sijaitsevan Valmet Technologies Oy:n jauhimia valmistavan Terätehtaan kiinteistöautomaation modernisoinnin projektiin samalla etsien tehtaalta erilaisia energianhallinnallisia säästökohteita. Ennen kiinteistöautomaatiojärjestelmän modernisoinnin suorittamista on tärkeää selvittää, mitä tulisi parantaa ja mihin kiinnittää huomiota modernisoinnissa.

Vaihtoehtoisia kiinteistöautomaatiojärjestelmiä tutkittiin ja ratkaisut esitellään kahdelta eri valmistajalta. Tehtaan vaihtelevat olosuhteet luovat haasteellisen ympäristön kiinteistöautomaatiojärjestelmälle ja kenttälaitteille, joten selvitystyötä tehtiin nykyisen laitteiston kunnosta.

Lopuksi pohditaan, kumpi kiinteistöautomaatiojärjestelmä sopii tehtaalle paremmin. Lisäksi käydään läpi tehtaalta löydetyt ongelmalliset energiaa kuluttavat kohteet sekä suositellaan parannuskeinoja.

**Avainsanat** Kiinteistöautomaatio, LVI, energianhallinta, energiansäästö

**Sivut** 43 sivua

Degree Programme in Automation Engineering  
Valkeakoski

---

**Author** Jaakko Matikainen **Year** 2016

**Subject** Modernization and energy management of a building automation system at Terätehdas

---

ABSTRACT

The aim of this thesis was to introduce the theory of building automation and to take part in to the modernization project of a building automation system at Terätehdas, which is owned by Valmet Technologies Oy in Valkeakoski, meanwhile surveying the plant as to energy management issues. Before the modernization of the building automation system was carried out, it was important to figure out the key points of consideration and improvement in the modernization project.

An examination of alternative building automation systems was performed and as a conclusion, two systems are presented in this thesis from two different manufacturers. Because of the challenging environment at the plant for the building automation system and field devices due to varying conditions there, a condition assessment of the state of the devices was performed here as well.

The right selection of the building automation system for the plant is discussed here as well. The issues found in energy management are presented here and a proposed decision is recommended.

**Keywords** Building automation, HPAC, energy management, energy saving

**Pages** 43 pages

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TEOLLISUUDEN KIIINTEISTÖAUTOMAATIO .....	2
2.1	Kiinteistöautomaation osa-alueet ja historia.....	2
2.2	Kiinteistöautomaation merkitys ja tavoitteet.....	4
2.3	Kiinteistöautomaation hyödyntäminen energiankulutuksen hallinnassa .....	5
2.4	Kiinteistöautomaatiojärjestelmän rakenne .....	6
2.4.1	Valvomo.....	8
2.4.2	Valvonta-alakeskus.....	8
2.4.3	Kenttälaitteet.....	11
2.4.4	Kaapelointi ja yhteydet.....	17
2.4.5	Säätimet ja säätömuodot .....	18
2.5	Lämmitys, Vesi ja Ilmanvaihto.....	21
2.5.1	Lämmityksen prosessit .....	21
2.5.2	Ilmanvaihdon prosessit .....	22
3	KOHTEEN KIIINTEISTÖAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ .....	25
3.1	Rakenne.....	25
3.2	Järjestelmän laitteet.....	26
4	KIIINTEISTÖAUTOMAATION MODERNISOINTI JA VERTAILU .....	29
4.1	Siemens .....	29
4.2	Schneider Electric kiinteistönhallintajärjestelmä.....	31
4.3	Kustannukset.....	32
5	EHDOTUKSET SÄHKÖNKULUTUKSEN VÄHENTÄMISEKSI.....	33
5.1	Valaistus .....	33
5.2	Lämmitys .....	35
6	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	35
7	POHDINTA.....	36
	LÄHTEET .....	38

## 1 JOHDANTO

Työn tavoitteena on vertailla mahdollisia kiinteistöautomaatiojärjestelmiä terätehtaalle sekä optimoida sähkönkulutusta ja pienentää tehtaan hiilidioksidijalanjälkeä kartoittamalla mahdollisia säästökohteita. Toimeksiantajan toiveena on saada opinnäytetyöstä pohjatutkimusta vanhan kiinteistöautomaatiojärjestelmän uudistamisen eduista ja kannattavuudesta.

Aihe on tärkeä, koska se luo toimeksiantajalle pohjatutkimuksen vanhan kiinteistöautomaatiojärjestelmän uudistamisen eduista ja kannattavuudesta. Pohjatutkimusta voidaan käyttää tehokkaana perusteluna, miksi uudistamiseen kannattaa investoida rahaa.

Työn tilaaja on Valmet Technologies Oy, Valkeakosken terätehdas. Terätehdas on toiminut Valkeakoskella vuosikymmeniä eri isäntäyrytysten alaisuudessa. Terätehtaalla valmistetaan massankäsittelyn laitteiden kulutusosia paperiteollisuudelle. Kulutusosat ovat pääosin jauhinten teriä, joilla massan kuidut käsitellään asiakkaan tarpeiden mukaan. Terätehdas toimittaa tuotteita maailmanlaajuisesti. Valmistus muodostuu valimosta ja koneistamosta. Toimistotilat sekä tehtaan valmistuspuoli luovat kiinteistöautomaatiolle erilaisia haasteellisia ympäristöjä, joihin automaation on mukauduttava ja säädettävä ilmanvaihtoa sekä valaistusta vaihtuvien olosuhteiden mukaan.

Työn tilaaja hakee ratkaisua tehtaalla ongelmiin, jotka johtuvat vanhentuneesta kiinteistöautomaatiojärjestelmästä sekä suuresta energiankulutuksesta ja tästä aiheutuvasta merkittävästä hiilidioksidijalanjäljestä. Vanha kiinteistöautomaatiojärjestelmä olisi syytä uusida lähitulevaisuudessa myös siksi, koska järjestelmän varaosien saatavuus ja tuki lakkaa vuoden 2016 lopulla.

Työn luvuissa 4 ja 5 aion käsitellä kiinteistöautomaation uudistamisesta tulevia hyötyjä ja esitellä eri tahojen tarjoamia kokonaisuuksia sekä kertoa mahdollisista energianhallinnallisista säästötoimenpiteistä. Valmistajilta on pyydetty tarjoukset, jotka on annettu toimeksiantajalle päätöksenteon tueksi.

## 2 TEOLLISUUDEN KIIINTEISTÖAUTOMAATIO

Kiinteistöautomaatio on laaja käsite, joka kattaa monia eri osa-alueita. Tässä luvussa käydään läpi kiinteistöautomaation teoriaa.

### 2.1 Kiinteistöautomaation osa-alueet ja historia

Verrattaessa kiinteistöautomaatiota prosessiautomaatioon huomataan samankaltaisuutta, kuitenkin kiinteistöautomaatio luetaan omaksi osa-alueekseen. Kiinteistöautomaation erottelu on tarpeellista, koska rakennuksien ja kiinteistöjen säädettävät ja valvottavat kohteet ovat erilaisia verrattuna teollisuuden vastaaviin. Kiinteistöautomaatio voidaan jakaa neljään eri osa-alueeseen; asuintalojen automaatio, virastot, koulut ja teollisuuslaitokset, yhdyskuntien laitokset ja keskitetty kiinteistövalvonta. (Värjä & Mikkola 2012, 5.)

#### **Asuintalojen automaatio**

Asuintalojen automaatiojärjestelmällä tarkoitetaan tavallisesti lämmityksen ja valaistuksen toimintojen säätämistä. Automaatiojärjestelmä siis ohjaa lämmityksen ja ilmastoinnin laitteita. Esimerkkejä näistä laitteista ovat lämmityskattila, ilmapumppu tai kaukolämmön lämmönsiirrin. (Värjä & Mikkola 2012, 5.)

#### **Virastot, koulut ja teollisuuslaitokset**

Virastojen, koulujen ja teollisuuslaitosten automaatio on monipuolisempaa kuin tavallisissa asuintaloissa, vaikkakin samankaltaista. Pelkän ilmastoinnin tuloilman lämmityksen lisäksi tuloilmaa jäähdytetään sekä joskus kosteutetaan ja poistoilmasta otetaan lämpöä talteen takaisin tuloilmaan, jolloin puhutaan lämmön talteenotosta. Yleensä virastoja, kouluja ja teollisuuslaitoksia ei käytetä ympäri vuorokauden samalla tavalla kuin asuintaloja, joten energiaa säästääkseen on kiinteistöautomaation optimoitava säätötoimin esimerkiksi ilmanvaihdon ja lämmityksen käyttöä. Työajan ulkopuolella voidaan lämpötilaa laskea sekä vähentää ilmanvaihtoa. Lisäksi teollisuuslaitoksissa ja toimistoissa kiinteistöautomaatio suorittaa kulunvalvontaa, jolla varmistetaan työaikojen noudattaminen ja etteivät asiatomat pääse rakennukseen sisälle. (Värjä & Mikkola 2012, 6.)

#### **Yhdyskuntien laitokset**

Yhdyskuntien laitoksia löytyy kaupungeista ja kunnista, ja niillä tarkoitetaan esimerkiksi vesi- ja jätevesilaitoksia sekä kaukolämpölaitoksia. Edellä mainitut kuuluvat kiinteistöautomaation alueeseen, koska ne ovat yleensä liitettyinä osaksi kiinteistövalvonnan verkkoa. (Värjä & Mikkola 2012, 6.)

## Keskitetty kiinteistönvalvonta

Keskitetyllä kiinteistönvalvonnalla tarkoitetaan esimerkiksi kaupungin omistamien kiinteistöjen valvontaa keskitetysti yksittäisen valvomon kautta. Eri kiinteistöissä, esimerkiksi kouluissa, virastoissa ja vesilaitoksissa sijaitsevat kiinteistökeskukset, jotka toimivat itsenäisesti rakennuksessa. Kiinteistökeskus suorittaa erilaiset ohjaukset sekä säädöt ja toimittaa valvomoon tiedot muun muassa hälytyksistä ja automaatiojärjestelmän toiminnasta. (Värjä & Mikkola 2012, 7.)

## Kiinteistöautomaation historia

Kiinteistöautomaation historian juuret ovat säätötekniikassa. Jo 1900-luvun alussa säätö tehtiin manuaalisesti kentällä paikallisten laitteiden osoittimien perusteella. Ensimmäisen maailmansodan loputtua manuaalinen säätö alkoi vaihtumaan automaattiseen prosessisuureiden säätöön. (Härkönen, Mikkola, Piikkilä, Sahala, Sahlstén, Sandström, Sirviö, Spangar & Sulku 2012, 23.)

Rakennusten ilmanvaihtotekniikka koneellistui 1950-luvulta alkaen, mikä muodosti uudenlaisen tarpeen luotettavasti säätää ja valvoa ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereita. Analogisignaalistandardin 4...20 mA hyväksyminen vuonna 1960 auttoi luomaan tietä kiinteistöautomaatiolle. 1960-luvulla kaupallisten sovelluksien pariin edistynyt puolijohteiden tekniikka toi mukanaan sähköiset säätimet, jotka perustuivat transistoritekniikkaan. Kyseisten säätimien avulla oli mahdollista hallita useamman portaan säätövaatimukset. Samaan aikaan eri polkuja pitkin kehittynyt pneumaattinen tekniikka ei myöskään tuonut valvonta- ja ohjauspuolelle apuja, joten erillisille valvonta- ja ohjausjärjestelmille syntyi markkinatila. Kyseiset järjestelmät toimivat erillään säätölaitteista käyttäen omia antureitaan ja analogisia signaaleja. Haittana tämän kaltaiselle järjestelmälle oli sen luoma kaksoisanturointi ja komponenttien kasvanut määrä, sillä esimerkiksi asetusravuutokset jouduttiin välittämään säätölaitteille moottoripotentiomietrien ja pneumaattisten muuntimien avulla. (Härkönen ym. 2012, 23 – 24.)

1970-luvun öljykriisin myötä syntyi tarve säästää energiaa ja seurata sekä säätää talotekniikan toimia tarkasti, johtuen kaksinkertaisesta öljyn hinnasta. Keskitetty talovalvomo-nimitys syntyi 1970-luvun lopulla, kun ensimmäiset keskitetyt talojen valvontajärjestelmät rakennettiin. Useita taloja liitettiin valvomoon, jossa seurattiin talojen eri toimintoja, kuten hälytys- tai mittatietoja. Järjestelmä toimi analogiatekniikalla, mikä tarkoittaa sitä, että jokainen tieto tuotiin omaa kaapeliparia pitkin lähtöpisteestä valvontakeskukseen. Nämä valvontakeskukset luotiin paikkoihin, joissa sijaitti paljon tekniikkaa, kuten esimerkiksi lämmönjakuhuoneisiin tai sähkö-

huoneisiin. Runkokaapeli saattoi paisua joissain tapauksissa jopa 100-pariseksi, jotta kaikki tiedot saatiin siirrettyä valvonta-alakeskuksesta valvomoon. (Härkönen ym. 2012, 24.)

Kehityksen mahdollisuus toteutui puolijohdetekniikan vaihtuessa kohti digitaalisia signaaleja ja sen mukana tuleva digitalisoituva ohjelmointi ja tiedonsiirto. Markkinoille alkoi tulemaan keskuslaitteita, jotka pohjautuivat pieniin tietokoneisiin. Kyseisiin keskuslaitteisiin liitettiin ohjelmoitavia alakeskuksia digitaalisella tiedonsiirrolla, mikä antoi mahdollisuuden monipuolisiin säätö- ja valvontatoimiin yhdessä järjestelmässä. Aluksi alakeskusten määrä pyrittiin pitämään mahdollisimman pienenä, sillä uusi tekniikka oli vielä tuolloin kallista. Tämä johti pitkiin kaapelointeihin, mikä kuitenkin alkoi vähentyä jo 1990-luvulle mennessä tekniikan halpenemisen johdosta. Säätötekniikka integroitui osaksi valvontajärjestelmää, jolloin alakeskukset olivat vielä riippuvaisia valvomosta. 1990-luvulla alakeskukset alkoivat kuitenkin kehittyä itsenäisiksi yksiköiksi, mikä nosti esille tarpeen hajautetuille järjestelmille. Tekniikan kustannukset ovat nykypäivänä halventuneet jo niin merkittävästi, että automaatiota käytetään kiinteistöissä monipuolisesti ohjaamaan rakennusten eri toimintoja. Kiinteistöautomaatiojärjestelmät tuovat mukanaan merkittäviä säästöjä, joten investointi jopa huonekohtaiseen toteutukseen kannattaa. (Härkönen ym. 2012, 24–26.)

## 2.2 Kiinteistöautomaation merkitys ja tavoitteet

Rakennuksilta vaaditaan nykyään tehokasta energiankäyttöä. Tämä on johtanut rakennusten rakenteellisten muutosten lisäksi muutokseen sähkötekniikan ja LVIA-tekniikan suunnittelussa ja toteutustavassa. Energiansäästön ja tarpeettoman energiankulutuksen minimoimisen tavoittelu johtaa automaation puolella tarkempaan säätöön ja ohjaukseen, esimerkiksi huonetasolla, millä tarkoitetaan kulutusyksiköiden pienentämistä huonekohtaiseksi. Tämä on tehty mahdolliseksi moderneilla säätö- ja valvontajärjestelmillä. Rakennuksen monimutkaisimmatkin järjestelmät saadaan pidettyä optimialueillaan ja energiatehokkuusinvestoinnit maksimoitua oikealla instrumentoinnilla, sopivilla ohjelmistoilla ja valvonnalla. Näin ollen kiinteistöautomaation keskeisimpiin tavoiteisiin kuuluu prosessien säädön ja ohjauksen toteuttaminen suunnitelman mukaan. Tämä tarkoittaa esimerkiksi annettujen asetusarvojen tavoittelemista energiatehokkuuden merkeissä. Kiinteistöautomaatio valvoo taloteknisiä toimintoja mittamalla eri arvoja ja luomalla näistä hälytyksiä käyttäjän tietoon sekä tuottaa tilastoitavaa kulutus- ja energiatehokkuusmateriaalia auttaakseen laitoksen ylläpitoa. Kaikki tieto on lisäksi tuotava käyttäjälle ja ylläpitäjälle selkeän ja ymmärrettävän käyttöliittymän kautta. (Härkönen, ym. 2012, 49.)



### 2.3 Kiinteistöautomaation hyödyntäminen energiankulutuksen hallinnassa

Nykyaikaisen kiinteistöautomaatiojärjestelmän tuoma etu on kyky seurata eri prosessien, kuten sähkö- tai lämmitysenergian kulutusta. Kulutusraportista on nähtävillä yleensä valitun suureen mitattu kulutus, lämmityksen tarveluvuille normaali kulutus, sähkönkulutus, vedenkulutus ja kaukolämpöveden lämpötilan muutos. Seuraamalla rakennuksen energiankulutusta kyetään tekemään arvioita toiminnallisuudesta ja automaation säätötoimenpiteistä. Tehdessä muutoksia automatiikan asetusarvoihin, säätöventtiilien asentoihin ja toimintaan sekä aikaohjelmiin, on tärkeää muistaa edellisten säätöjen vaikutus energiankulutukseen ja esimerkiksi sisäilman laatuun. Näinollen, trendinäyttöjen hyödyntämisen potentiaali on suuri. Lisäämällä alamittareita automatiikkaan, saadaan tarkempi kuva energiankulutuksesta sekä antamalla automatiikan tehtäväksi laskea hyötysuhteita. Esimerkiksi ilmanvaihdon LTO:n eli lämmöntalteenoton hyötysuhteesta voidaan tehdä johtopäätöksiä automatiikan kunnosta. Mikäli hyötysuhde on huono, tulisi harkita kunnossapitotoimenpiteitä. Tavoiteltaessa mahdollisimman pientä energiankulutusta, on kiinnitettävä erityistä huomiota ohjauksiin, jotka perustuvat tilojen käyttöön. Näin varmistetaan, että kiinteistön tilojen laitteistoja käytetään vain silloin, kun niille on tarvetta. Valaistusta, lämmitystä ja jäähdytystä voidaan luonnollisesti vähentää silloin, kun tiloissa ei oleskella. Vaihtoehtoisesti kun tiloja käytetään, tulee edellä mainittujen olosuhteiden olla parhaat mahdolliset. Esimerkiksi silloin, kun tilat ovat tyhjillään, voidaan valaistusta vähentää, kun taas kesäolosuhteissa antaa lämpötilan nousta jäähdytyksen ollessa lepotilassa. Kiinteistön rakenteet asettavat kuitenkin rajoituksia, kuinka paljon olosuhteet saavat vaihdella. Mikäli iso kivirakenteinen kiinteistö päästetään viilenemään liikaa, kulut voivat nousta suuremmiksi kuin säästöt. Lämpötilan nostamiseen takaisin normaalille tasolle kuluu paljon energiaa sillä kivirakenteinen kiinteistö lämpenee hitaasti. (Suomäki & Vepsäläinen 2013, 125–127.)

#### **Energiatodistus**

Ympäristöministeriö on luonut luokitusjärjestelmän, jonka tarkoituksena on ohjata ja kehittää kiinteistöjen energiatehokkuutta. Energiatodistus on graafinen kaavio, jossa määritellään rakennukselle energialuokka eri menetelmillä, riippuen onko kyseessä uudiskohde vai vanha rakennus. Vanhoissa rakennuksissa energialuokitus määritellään toteutuneen kulutuksen avulla, kun taas uudiskohteissa luokituksen määrittely perustuu laskennalliseen menetelmään. Luokittelun asteikko vaihtelee kunkin rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan. Energiatehokkuuden määrittely perustuu E-lukuun, jonka kertoimen lukuarvon avulla huomioidaan eri energiamuotojen vaikutukset ympäristöön ja hyvitetään esimerkiksi aurinkopaneeleista, maalämmöstä tai tuulienergiasta mahdollisesti tuleva oma sähköntuotto. Rakennuksen energiatehokkuuteen vaikuttavat monet eri tekijät, jotka eivät yksittäin muodosta suurta vaikutusta mutta yhdessä rakentavat kokonaisuuden. Näistä keskeisimmät ovat kyky eristää lämpöä ja rakenteellinen tiiviys, lämmöntalteenotto eli LTO ja ilmanvaihdon käyttöajat,

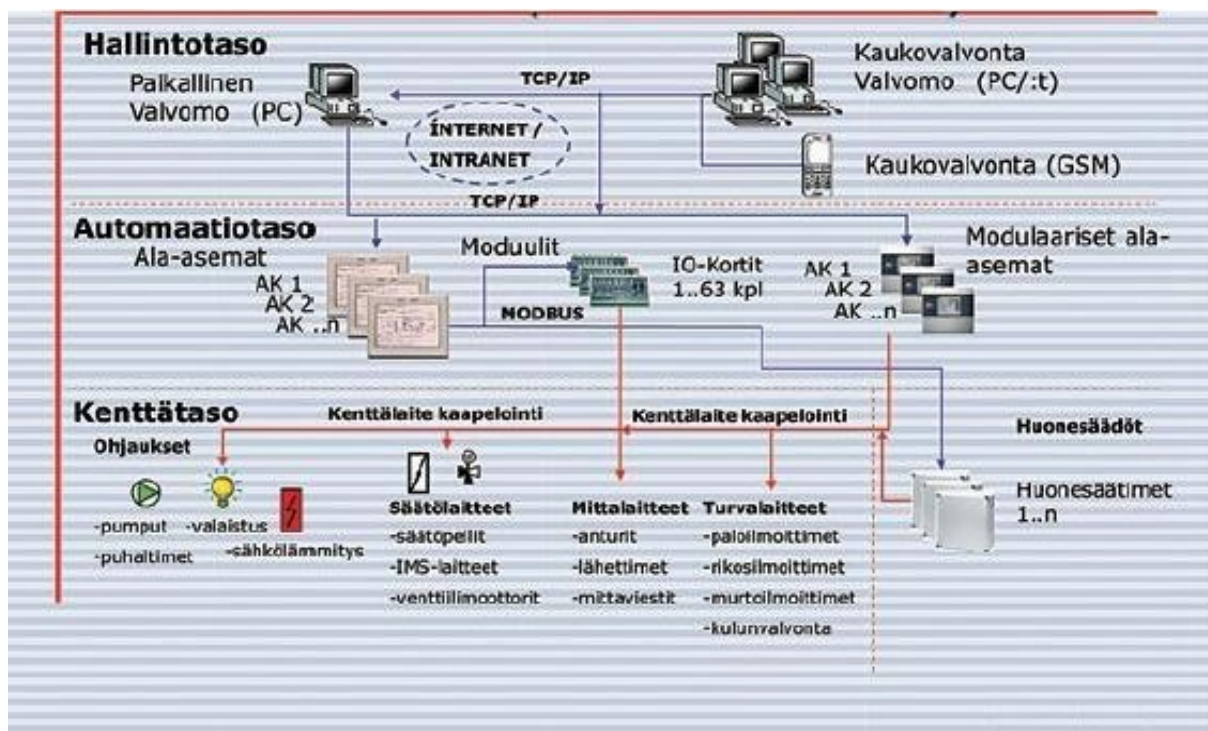
sähkön käytön tehokkuus sekä jäähdytys ja vedenkäyttö. Kiinteistöautomaation rooli on optimoida energiatehokkuus prosessien suunnittelun kautta ja tuoda käyttäjälle ilmi virhekohtat, jotta niistä aiheutuva energian hukka vähenee. Lisäksi kiinteistöautomaation tehtävä on tuottaa tietoa käyttäjälle rakennuksen toiminnasta, jotta ymmärryksen kautta voidaan tätä toimintaa kehittää. (Härkönen yms. 2012, 50–51.)

### **Energiatehokkuuslaki**

Energiatehokkuuslailla tarkoitetaan energiatehokkuuden edistämiseksi säädettyä lakia. Energiatehokkuuslakiin kuuluu suurten yritysten velvoitus tehdä pakollisia energiakatselmuksia neljän vuoden välein. Kyseiseen energiakatselmukseen sisältyy selvitys konsernin toimipaikkojen mahdollisista energiansäästötoimenpiteistä ja energiankulutusprofiili. Lisäksi katselmukseen edellytetään sisältymään kohdekatselmuksia, jotka antavat tarkkaa ja yksityiskohtaista tietoa energiankulutuksesta ja mahdollisista sopivista toimenpiteistä. Yritys, joka on veloitettu pakollisiin katselmiin, on määritelty laissa olemaan työntekijämäärältään yli 250 henkilöä tai liikevaihdoltaan yli 50 miljoonaa euroa. Lisäksi, taseen on oltava yli 43 miljoonaa euroa. Kyseisen yrityksen suuruuden määrittely koskee Suomessa rekisteröityjä konserneja tai yrityksiä sekä kaikki sen Suomessa tai ulkomailla omistuksessa olevien yritysten työntekijät, liikevaihdot ja taseet. (Energiavirasto, 2016)

## **2.4 Kiinteistöautomaatiojärjestelmän rakenne**

Kiinteistön automaatiojärjestelmän rakenne voidaan jakaa kolmeen eri päätasoon; hallintotasoon, automaatiotasoon ja kenttätasoon. Näistä kolmesta tasosta rakennusautomaatiojärjestelmän hierarkiassa hallintotaso on korkeimmalla, kenttätaso alimmaisena ja automaatiotaso edellä mainittujen kahden välissä. Hallintotasoon lasketaan valvomot, automaatiotasoon alakeskukset ja kenttätasoon kaikki kenttälaitteet, esimerkiksi toimilaitteet, säätimet ja anturit. (Härkönen, ym. 2012, 93.)



Kuva 1. Kiinteistöautomaation päätasot (Härkönen ym. 2012, 94).

Kuten kuvassa 1. näkyy, kaikilla järjestelmän eri tasoilla on ennalta määrätty, erilliset tehtävänsä. Hallintotason tehtävä on olla rajapintana käyttäjän ja järjestelmän välillä. Hallintotasoon kuuluvien valvomoiden kautta käyttäjä tarkastelee järjestelmän toimintaa hälytyksien tietojen ja prosessin kuvien avulla. Käyttäjä voi tehdä muutoksia järjestelmään esimerkiksi asettamalla asetusarvoja lämpötilaan ja muuttamalla valaistuksen toimintaa aikaohjelmien avulla. Hallintotason tiedonsiirto ja yhteydet pohjautuvat yleensä LAN-verkkoon, kun etävalvonnassa taas, kuten etävalvomoiden käytössä, kommunikaatio perustuu internetyhteyksiin. Turvallisimman ja luotettavimman yhteyden varmistamiseksi internetissä ja LAN-verkossa turvaudutaan TCP/IP-protokollaan. (Härkönen ym. 2012, 93 – 94.)

Automaatiotasolla sijaitsevat alakeskukset ja niihin kuuluvat I/O-moduulit. Automaatiotasolla kommunikoitaessa käytetään myös yleisesti LAN-verkkoa ja TCP/IP-protokollaa Ethernet-verkossa. Kenttäkaapelointi automaatiotasolla on nykyään standardin CAT 6 kaapelointia, joka mahdollistaa 100 Mb/s nopeuden. Verkossa liikkuva tieto auttaa valvomon käyttäjää tai koostuu alakeskusten välisestä tiedonsiirtotarpeesta. Esimerkkinä ulkolämpötilaa mitataan yleensä vain yksittäisellä anturilla, jonka mittaustietoa käytetään useamman ala-aseman toimesta tarvittaessa. (Härkönen ym. 2012, 94 – 95.)

Kenttätasoon kuuluvat anturit ja toimilaitteet. Anturit mittaavat ja kertovat tietoa prosessien tiloista ja olosuhteista, kuten hiilidioksidi- tai häkäpitoisuuksia, lämpötiloja ulkona ja sisällä rakennuksessa, nesteiden virtauksia ja läsnäoloa. Antureiden alakeskuksille välittämä tieto verrataan alakeskuksilla sijaitsevan älyn toimesta käyttäjän määrittämiin asetusarvoihin ja

tavoitteisiin, jonka jälkeen äly ohjaa järjestelmän toimintaa niin, että asetetut tavoitteet ja asetusarvot täyttyvät. Kenttätasolla voi sijaita myös hajautettua I/O:ta tai itsenäisiä säätimiä, mikä tarkoittaa sitä, että kentälle hajautetut I/O-moduulit kommunikoivat alakeskukseen sarjavyälän avulla. Itsenäiset säätimet taas toimivat yleensä riippumattomasti ala-keskuksesta. Kommunikointi kenttätasolla suoritetaan kenttäväylien avulla, kuten Lon, KNX, ModBus, DALI jne. Väylän valinta riippuu monesta eri asiasta, kuten olosuhteista, urakoitsijasta, asiakkaan valinnoista tai sovelluksesta. (Härkönen ym. 2012, 95. )

#### 2.4.1 Valvomo

Valvomolla tarkoitetaan kiinteistöautomaatiossa pistettä, kuten pöytävalvomossa tietokoneen näyttöä, josta käyttäjä voi tarkkailla ja hallita automaatiojärjestelmää. Näyttöön tuodaan käyttäjälle automaatiojärjestelmän mittauspisteiden tietoja, kuten hälytyksiä, mitattuja arvoja, venttiilien asentoja sekä muita kiinteistöautomaatiojärjestelmään liittyviä tietoja. Lisäksi valvomo-ohjelmistoista, kuten Terätehtaalla käytössä olevasta Desigo Insight:sta, pääsee katsomaan ajastettujen palveluiden ja ohjelmien aikatauluja sekä lukemaan trenditietoja. (Siemens, Desigo Insight valvomo-ohjelmisto n.d.).

Valvomon laitteistot ovat yleisesti PC-laitteita, pöytäkoneita tai kannettavia tietokoneita. Valvomoita on myös mahdollista olla useampia, kytkemällä ne TCP/IP-pohjaisen LAN-verkkoon. Käytettäessä LAN-verkkoa, IP-osoitteelliset alakeskukset on kytketty samaan kyseiseen verkkoon. Mikäli järjestelmän käyttöliittymä on käytettävissä selaimella sekä yhteys kohteeseen muodostetaan internetin kautta, on mahdollista olla yhteydessä järjestelmän valvomoon ja ala-asemiin millä tahansa PC:llä. (Härkönen ym. 2012, 101.)

#### 2.4.2 Valvonta-alakeskus

Valvonta-alakeskus eli VAK on kaappi, jossa sijaitsee rakennusautomaatiojärjestelmän aivot. Alakeskukset ohjailevat siihen liitetyjä rakennuksen eri prosesseja, kuten ilmanvaihtokoneita, lämmönvaihtimia tai valaistuksia. Isoissa rakennuksissa kyseisiä kaappeja voi olla useampia. (Härkönen ym. 2012, 94.)

Alakeskusten rakenteet ovat erilaisia, esimerkkinä modulaarinen alakeskus, kiinteäpistemääräinen alakeskus ja moduulikotelo alakeskuksena. Modulaarisessa alakeskuksesta puhuttaessa tarkoitetaan rakennetta, jossa I/O-moduulit ovat asennettuna DIN-kiskoon, erikseen olevaan kortti-kehikkoon tai moduulipohjiin pistokeliitännällä. Eri I/O-pisteiden tyypeille on omat moduulinsa tai omat yhdistelmäkortit, joihin on mahdollista kytkeä erilaisia pistoketyyppejä. Alakeskuksen CPU-korttiin kytketään moduu-

lit sarjamoitoista sisäistä tiedonsiirtoverkkoa käyttäen. Tyypillisesti yhteen I/O-moduuliin on mahdollista kytkeä 8-40 fyysistä kentällä sijaitsevaa pistettä. Kyseisiin pisteisiin kuuluvat esimerkiksi hälytystulot, lämpötilanturit tai päälle/pois-tyyppiset ohjaukset. Normaalisti modulaarisella alakeskussa on noin 100 pistettä, pisteitä on kuitenkin mahdollista olla useita satoja, mikä on tullut mahdolliseksi CPU-korttien alati kehittyneellä tehokkuudella ja mikroprosessorien perustuvilla I/O-moduuleilla. Modulaarisen alakeskuksen etuina on sen helpon huollettavuuden taso ja muunneltavuus mikäli rakennetaan ala-asemia, joissa on eri määrä pisteitä. (Härkönen ym. 2012, 94, 102.)

Kiinteäpistemääräinen alakeskus koostuu yhdestä tai kahdesta elektroniikkakortista. Yhdessä kortissa samaan korttiin on integroitu myös CPU-osan prosessori ja muisti. Kahdessa kortissa I/O-pisteet ovat omalla kortillaan ja CPU-osa omallaan. I/O-pisteiden eri tyypit (Digital Input, Digital Output jne.) on mahdollista määritellä kiinteinä pisteinä tai olla vapaasti ohjelmoitavissa. Vapaasti ohjelmoitavia pisteitä puhutaan esim. universal input eli UI-pisteistä ja esimerkiksi analog input eli mittausulo voidaan ohjelmoida esimerkiksi hälytyspisteeksi. Kapasiteettia on myös mahdollista laajentaa lisäkorteilla. (Härkönen ym. 2012, 102 – 103.)

Moduulikotelo alakeskukseksi voidaan käyttää, kun I/O-moduulit on hajautettu sarjaväylällä järjestelmän salliessa. Tässä tapauksessa koteloon sijoitetut I/O-moduulit liitetään lähellä sijaitsevaan alakeskukseen, missä sijaitsevat varsinaiset ohjelmat, jotka hallitsevat I/O:ita. Etuna tällaiselle ratkaisulle on muodostuva säästö kustannuksissa. (Härkönen ym. 2012, 103.)

### **Alakeskuskaapit**

Alakeskuksien laitteet sekä muut prosessien ohjauksessa käytetyt laitteet sijoitetaan laitekaappiin. Kaapelointi tuodaan kentältä liittimille, mistä heikko- ja vahvavirtajohtimet vievät kaapelikouruja pitkin alakeskukseen sijaitseviin I/O-liittimiin. Tarvittaessa kentälaitteiden ja alakeskuksen jännitesyöttöjen tarpeisiin on kaapissa erillinen 24 VAC-muuntaja. Alakeskuskaapeista löytyy myös 230 VAC:n pistorasia IT-laitteita varten, virransyötön häiriösuodattimet, pääkytkin ja sulake. Käytettäessä hajautettua I/O:ta, ei varsinaista alakeskuskaappia tarvita. Tällöin moduulit voidaan yhdistää ryhmäkeskukseen, mikä osaltaan minimoi kaapeloinnin tarvetta ja yksinkertaistaa kytkentää. (Härkönen ym. 2012, 104.)

Alakeskukseen liitetään kentälaitteet tulo- ja lähtöpisteisiin. I on input, mikä tarkoittaa tuloa ja O on output eli lähtö. Mikäli puhutaan fyysisistä liityntäpisteistä erotuksena ohjelmallisista pisteistä, tarkoitetaan liityntäpisteitä, jotka jaetaan DI/DO, AI/AO tai pulssilaskentapisteisiin. I/O tietojen lisäksi voidaan käyttää digitaalista verkkoa, minkä avulla voidaan saada enemmän informaatiota kentän tapahtumista, kuten asetusarvoista. (Piikkilä & Sahlstén 2006, 38.)

### **DI-pisteet**

Lyhenne DI tarkoittaa ”Digital Input” eli digitaalinen tulopiste. Digitaalisia tulopisteitä voivat olla esimerkiksi kosketintietoon perustuvat hälytykset ja tilatiedot. Kenttälaitteessa kosketin voi olla avautuva tai sulkeutuva. Jos koskettimen tulotieto on kriittinen, se voidaan liittää analogiapisteeksi käyttäen lisävastusta. Tällöin järjestelmä kykenee erottelemaan oikosulun, kaapelikatkoksen ja normaalin sekä hälytys – tilatiedon toisistaan. Tilatiedot NO ja NC eli ”Normally Open” ja ”Normally closed” käytetään, kun kosketin on lepotilassa. (Härkönen ym. 2012, 105.)

### **DO-pisteet**

Lyhenne DO tarkoittaa ”Digital Output” eli digitaalinen lähtöpiste. Digitaaliset pisteet ovat aina binäärisiä. Digitaalisilla lähdoilla toteutetaan järjestelmän ”on/off”-toiminnot eli päälle ja pois-toiminnot. Ohjaukset suoritetaan DO-moduulilla, usein 230 V releiden kautta. Näin pystytään ohjaamaan koneita suoraan päälle ja pois. Mikäli moduulilla ei ole releitä, välireleiden käyttö on välttämätöntä kuormien ohjaukseen. Ohjaukskomentojen toteutumista on mahdollista valvoa erillisellä DI-tilatietopisteellä, joka seuraa esimerkiksi virtavahdin tai ohjaukskontaktin tilaa. Jos seurattu tilatieto poikkeaa annetusta ohjaukskomentotilasta, järjestelmää antaa valvomoon ristiriitatilasta hälytyksen. DO-moduulille on yleensä sijoitettu LED-merkkivalo kertomaan ohjauksreleen tilan ja paikallisten ohjausten ohjaamiseksi käsikytin. (Härkönen ym. 2012, 105.)

### **AI-pisteet**

Lyhenne AI tarkoittaa ”Analog Input” eli analoginen tulopiste. Analogisiin pisteisiin liitetään esimerkiksi mittausanturit, joiden tulosignaalit ovat yleensä NTC- tai PTC-antureiden lämpötilojen mittausten vastusarvoja tai 0-10 VDC tyyppisiä viestejä, esimerkiksi paineet ja pitoisuudet. Kyseiset viestit skaalataan alakeskuksessa, jotta ne vastaavat antureiden teknisiä arvoja. NTC- ja PTC-antureiden toiminnasta kerron myöhemmin luvussa 2.3.3. Saadun mittauksen tarkkuus riippuu useasta eri asiasta, kuten anturin oikean mittausalueen valinnasta skaalauksessa, A/D-muuntimen tarkkuudesta, joka sijaitsee AI-moduulilla missä mittaukset toteutetaan. Mittaustiedon luotettavuus saadaan varmennettua muokkaamalla ja tarkistamalla mittausalueen, anturin ja sen kaapeloinnin toimivuuden ja kunnon, mittauksen stabiiliisuuden ja perättäisten mittausten keskiarvon heiluvuuden. (Härkönen ym. 2012, 106.)

### **AO-pisteet**

Lyhenne AO tarkoittaa ”Analog Output” eli analoginen lähtöpiste. Analogisella lähdoilla ohjataan jänniteviestillä portaattomasti säätyviä peltejä ja venttiilien toimilaitteita. Alakeskuksen ohjauksarvot, jotka esimerkiksi PID-

säädöllä toimiva ohjelmisto on laskenut, muutetaan analogiseksi jänniteviestiksi. Analoginen ohjausjännite tuotetaan AO-moduulilla, jolla on D/A-muunninpiiri. Mitä enemmän bittejä muuntimessa on, sitä enemmän jännitetasoja ja tarkempi säätö, 8-bittisellä jännitetasoja on 256 ja 10-bittisellä jännitetasoja on 1024. Ohjausarvon jänniteviesti on arvoltaan yleensä noin 0-10 tai 2-10 VDC. Kyseisiä virtaviestilähtöjä käytetään harvemmin rakennusautomaatiossa viestimutoina. Mikäli tietyille analogialähdöille halutaan annettu vakioarvo, tarvitaan moduulille oma prosessori. Tällöin moduulille voidaan ohjelmoida itsenäisiä toimintoja esimerkiksi silloin, kun alakeskus ei anna ohjauskäskyjä esimerkiksi vikaantumisen takia. (Härkönen ym. 2012, 107.)

### **Pulssilaskentapisteet**

Pulssilaskentapisteitä käytetään yleensä erilaisten kulutusmittareiden liittämiseen alakeskukseen. Kulutusmittareita voidaan käyttää esimerkiksi veden tai energian-, tai sähkönkulutuksen seuraamiseen. Mittarin kosketinlähtö antaa pulssin yhtä tiettyä ennalta määrättyä kulutusmäärää kohden, esimerkiksi vedellä yksi pulssi merkitsisi yhtä litraa vettä. Pulssit ynnätään yhteen, tallennetaan pulssinlaskentapisteen muistipaikkaan ja skaalataan kertoimella. Skaalaus suoritetaan, jotta pulssit vastaavat sopivaa oikeaa suuretta, kuten vesilitraa tai kilowattituntia. Käyttäjälle tuodaan valvomoon tai trendinäyttöihin alakeskuksessa ohjelmallisesti laskeumat, esimerkiksi viikko- tai kuukausiarvot. Pulssilaskentapisteille käytetään yleensä DI-moduulia. (Härkönen ym. 2012, 107.)

### 2.4.3 Kenttälaitteet

Kenttälaitteilla tarkoitetaan antureita ja toimiyksikköjä. Antureita on ole-massa useita erilaisia, joilla mitataan ennalta määrättyä suuretta. Toimiyksiköissä on kaksi eri osaa, toimilaite ja toimielin. Toimilaitteet ovat kaksiasentoisia eli, joko päälle ja pois -tyyppisiä tai jatkuvatoimisia eli portaattomasti ohjattavia. Toimilaitetta voidaan ohjata myös kahdella ohjauslähdöllä, jolloin puhutaan kolmitilatoimilaitteesta eli 3-pistehajauksesta. Kolmitilatoimilaitteen ohjaus toteutuu auki-kiinni-seis. (Härkönen ym. 2012, 115, 123–124.)

### **Toimilaitteet ja elimet**

Tavallisesti toimilaite on esimerkiksi säätömoottori tai magneettiventtiilin kela. Toimilaitetta kutsutaan säätömoottoriksi, koska se auttaa ohjaamaan säätöventtiilejä ja säätöpeltejä. Toimielin on taas esimerkiksi venttiili tai ilmapelti. (Värjä & Mikkola 2012, 51.)

Toimilaitteisiin kuuluvia mekaanisia venttiilejä ohjataan auki ja kiinni venttiilikaran avulla karaa kiertämällä tai lineaarisesti. Karan iskunpituus riippuu venttiilin koosta. Kiertyväkaraisia venttiilejä ovat esimerkiksi pallo- ja

läppäventtiilit, lineaarisia ovat esimerkiksi lautasventtiilit. (Härkönen ym. 2012, 124–125.)

### Lämpötila-anturit



Kuva 2. TEK Pt 1000 Produal lämpötila-anturi (Pakmelo Oy n.d.).

Kuvassa 2 on TEK Pt 1000 lämpötila-anturi, jota käytetään ilmanvaihtokoneen kanavan lämpötilojen mittaamiseen. Kenttälaitteisiin luokiteltavia antureita on olemassa runsaasti erilaisiin tarkoituksiin soveltuvia ja erilaisia suureita mittaavia. Kiinteistöautomaation puolelta rakennuksen automaatiojärjestelmään liittyvistä antureista on yleisimmin käytössä lämpötila-antureita. Lämpötila-anturin toiminta perustuu resistanssin vaihtuvuuteen. Resistanssi joko kasvaa lämpötilan noustessa, jolloin puhutaan PTC-anturista, tai laskee lämpötilan noustessa, jolloin puhutaan NTC-anturista. PTC anturin, esimerkiksi Pt1000 anturin elementti on valmistettu platinasta, kun taas NTC anturin, esimerkiksi NTC10k-anturin elementti on valmistettu nikkelistä. PTC- ja NTC-anturit ovat passiiviantureita, sillä niiden toiminnan perustuessa resistanssin vaihtuvuuteen suhteessa lämpötilaan, tarvitaan sen lukemiseen erillinen energianlähde. Lämpötila-antureiden rakenne ja asennustapa vaihtelevat muun muassa lämpötilan, mitattavan väliaineen, asennuspaikan, paineen keston, koteloinnin eli suojausluokan ja toimintanopeuden mukaan. (Härkönen ym. 2012, 115–116.)



## Hiilidioksidianturi



Kuva 3. Ahlbornin valmistama hiilidioksidianturi (PEREL OY n.d).

Hiilidioksidianturit tarkkailevat sisäilman laatua ja, hiilidioksidin lisäksi, ne mittaavat muita ilmassa olevia epäpuhtauksia kuten häkää, ammoniakkia, metaania ja rasvahappoja. Ulkoilmassa hiilidioksidipitoisuudet ovat usein noin 400 ppm luokkaa, kun taas rakennuksen sisäilman hiilidioksidipitoisuuden suurin sallittu taso on 1000 ppm. Hiilidioksidipitoisuutta voidaan mitata ilmasta kemiallisesti tai sähkökemiallisesti, tämän tyyppisten antureiden heikkous on kuitenkin jatkuva huollon tarve. Edellä mainittujen tapojen lisäksi on olemassa optisia menetelmiä hiilidioksidiarvojen mittaamiseen sekä puolijohdeantureita. Optisten menetelmien perusta on infrapunasäteilyn vaimeneminen kulkiessaan hiilidioksidin läpi. Anturin interferenssisuodin vertailee kahta aallonpituutta keskenään, kaasussa vaimenevaa aallonpituutta ja aallonpituutta, johon hiilidioksidi tai muu kaasu ei vaikuta. Näitä kahta vertailemalla määritetään hiilidioksidipitoisuus. Kuvassa 3 on esitettyinä Ahlbornin valmistama hiilidioksidianturi vaihdettavalla mitausalueella. (Värjä & Mikkola 2012, 43.)

## Paine- ja paine-eroanturi



Kuva 4. Takowan paine-eroanturi (Takowa Oy n.d.).

Kuvan 4 anturi on Takowan valmistama pietsosähköinen paine-eroanturi. Paineanturilla mitataan nesteiden tai kaasujen painetta, kun taas paine-eroanturia käytetään esimerkiksi suodattimien tukkoisuuden mittaukseen. Paine- ja paine-eroanturin toiminta perustuu yleisesti anturissa sijaitsevaan mittauskalvoon, johon mitattava paine vaikuttaa ja muodostaa muutoksen tai jännityksen. Muodonmuutos tai jännitys muutetaan sähköiseen muotoon mittaamalla ulkoisia voimia erilaisten elementtien avulla, jotka voivat olla kapasitiivisia, induktiivisia tai pietsosähköisiä. Anturin elementtiin muodostuu ajan myötä siirtymää, jonka takia anturiin on sijoitettu manuaalinen nollauspainike tai nollaus tapahtuu automaattisesti ennalta määrätyn ajanjaksoin. Näin vältetään ajan myötä siirtymän aiheuttamasta mittausvirheestä. (Härkönen ym. 2012, 117.)

## Kosteusanturit ja kosteuslähettimet



Kuva 5. Vaisalan valmistama HMW90-sarjan kosteus- ja lämpötilalähetin (Vaisala n.d.).

Ilman kosteuden mittaukseen rakennuksen ilmassa käytetään kosteusanturia. Kuvassa 5 on esimerkki kosteuslähettimestä. Kosteusanturit ovat

yleensä kapasitiivisia polymeeriantureita, mikä tarkoittaa sitä, että anturin polymeeri sitoo ja vapauttaa vesimolekyyliä ilmasta sitä mukaa kun ilmankosteus kasvaa tai vähenee. Polymeerin itseensä sitoneet vesimolekyylit muuttavat anturin kapasitanssia, jonka anturi muuntaa ulostulojännitteeksi, mikä on verrattavissa vallitsevaan suhteelliseen kosteuteen. (Härkönen ym. 2012, 117.)

### Läsnäoloanturi



Kuva 6. Lähikuva uppoasenteisesta läsnäolotunnistimesta (Sähköteknisen Kaupan Liitto STK n.d.).

Energiansäästön kannalta on tärkeää optimoida rakennuksen lämpö, valaistus ja ilmaprosesseja käytön mukaan. Kuvassa 6 on esitettyä uppoasenteinen läsnäolotunnistin. Läsnäoloantureiden tarkoitus on havaita sisätiloissa olevat ihmiset ja sillä tiedolla auttaa säätämään tilakohtaista ilmanvaihtoa, huoneen lämpötilaa ja valaistusta. Tällä tavalla vältetään kyseisten prosessien turha käyttö, esimerkiksi tyhjän huoneen ilmastointi ja valaistus. Läsnäoloantureiden sijoittelussa on kuitenkin haasteensa, mikäli anturi on liikettä havaitsevaa mallia, voi pitkään paikallaan oleva työpöytänsä ääressä työskentelevä henkilö aiheuttaa virheellisiä toimintoja. Ikku-noista sisään paistava auringonsäteily voi myös harhauttaa infrapuna-antureita. Virheelliset toiminnot ovat kuitenkin vältettävissä oikeaoppisella toimintaherkkyiden ja viiveiden säädöllä. (Härkönen ym. 2012, 119.)

### Virtausmittaukseen käytettävä energiamittari

Energiamittaria käytetään kaukolämpöverkostoissa käytettävän meno- ja paluuvien lämpötilan erotuksen, sekä virtausmäärän laskemiseen. Tuloksia käytetään laskemaan lämmitykseen käytettyä lämpöenergian määrää, jonka perusteella käyttäjää laskutetaan. Virtausmittaukseen käytettiin ennen mekaanista virtauslaskuria samoin, kuin kylmää vettäkin. Nykyään

käytetään magneettista virtausanturia. Magneettisen virtausanturin toiminta perustuu Faradayn induktiolakiin " $E = l\beta v$ " (1)

jossa,

$E$  on syntyvä lähdejännite,

$l$  on kappaleen pituus,

$\beta$  on magneettivuon tiheys ja

$v$  on nopeus.

Tämä tarkoittaa sitä, että anturin ohi virtaava vesi saadaan mitattua eritoten siksi, että vesi käyttäytyy johtimen tavoin. Anturi rakentuu anti-magneettisesta mittausputkesta, jonka sivuilla kulkevissa keloissa kulkee pulssimuotoinen virta. Virta synnyttää magneettikentän, jonka läpi johdin, tässä tapauksessa vesi, kulkee. Näin elektrodeihin, jotka asettuvat putken eristetyille seinämille, indusoituu jännite. (Värjä & Mikkola 2012, 31–32.)

### Taajuusmuuttajat



Kuva 7. Danfoss FC-102 taajuusmuuttaja (Tammiholma Oy n.d.).

Taajuusmuuttajalla ohjataan esimerkiksi vaihtovirtaa käyttävää oikosulkumoottoria ja säädetään kyseisen moottorin nopeutta muuttamalla jännitteen lisäksi jännitteen taajuutta. Kuvassa 7 on esimerkki taajuusmuuttajasta Danfossilta, jonka valmistamia taajuusmuuttajia on käytössä terähtehtaalla. Taajuusmuuttajien käyttö on lisääntynyt viime vuosina niiden hintatason laskiessa, minkä seurauksena investointi taajuusmuuttajiin on tullut perustelluksi energiansäästön kautta. Taajuusmuuttajat liitetään kiinteistöautomaatiojärjestelmiin, joko suorilla I/O-liitännöillä, tai väyläpohjaisella liitännällä. Suora liityntä on vielä yleisin liittämistapa, mutta väyläpohjainen liityntätapa on kasvussa sen tarjotessa lisätietoa, kuten tehonkulutusta. Väyläpohjaisessa liityntätavassa käytetään esimerkiksi Modbus, BACnet tai Lon-väyläratkaisuja. (Härkönen yms. 2012, 127.)

#### 2.4.4 Kaapelointi ja yhteydet

Ensisijaisesti kaapelointia toteuttaessa on toimittava järjestelmän toimitajan antamien neuvojen mukaisesti. Eri järjestelmien välillä on eroja, ja näinollen järjestelmien tarvitsema kaapelointi vaihtelee myöskin. Kenttäkaapeloinnin tarve vaihtelee muun muassa mittausperiaatteen, toimilaitteiden toimintaperiaatteen sekä toimilaitteiden käyttöjännitteen takia. Taulukossa 1. on esitettyinä esimerkkejä yleisesti käytetyistä kaapelityypeistä. (Härkönen ym. 2012, 134.)

Taulukko 1. Esimerkkejä yleisesti käytetyistä kaapelityypeistä. (Härkönen ym. 2012, 134.)

KOHDE	KAAPELI	KAAPELIMALLI
Passiiviset anturit, esimerkiksi lämpötila-anturit	Suojattu kaapeli	NOMAK 2 x 2 x 0,5 + 0,5 tai KLMA n x 0,8 + 0,8
Mittauslähettimet, esimerkiksi painelähetin	Suojattu kaapeli	NOMAK 2 x 2 x 0,5 + 0,5 tai KLMA 3 x 0,8 + 0,8
Toimilaitteet, joiden käyttöjännite on 230 VAC ja 24 VAC	Ei tarvitse suojattua kaapelia	Jos 230 VAC : MMJ 4 x 1,5S, jos 24 VAC, käytetään NOMAK 2 x 2 x 0,5 + 0,5 tai KLMA n x 0,8 + 0,8
Indikoinnit ja hälytykset	Suojattu kaapeli	NOMAK n x 2 x 0,5 + 0,5 tai KLMA n x 0,8 + 0,8
Ohjaukset, joissa käytetään 230 VAC jännitettä	Ei tarvitse suojattua kaapelia	Esimerkiksi MMJ/MMO n x 1,5

#### Valvonta-alakeskusväylien kaapelointi

Valvonta-alakeskusten väliseen tiedonsiirtoon on käytetty yleensä RS 485 standardia avoimilla tai suljetuilla protokollilla. TCP/IP-protokollaa on myös otettu käyttöön tiedonsiirrossa automaatiotasolla. (Härkönen ym. 2012, 135.)

#### Huoneväylät

Huoneväylällä tarkoitetaan topologiaaltaan esimerkiksi ketjumaista huonekohtaisten säätimien yhdistävää verkkoa. Huoneväylässä käytetään yleensä avointa protokollaa, esimerkiksi Modbus, Lon, Bacnet tai EIB, yhtä tai kahta johdinparia käyttäen. Kaapelityyppi vaihtelee käytetyn protokollan mukaan, joko JAMAK, NOMAK tai LONAK. Huoneväylän maksimipituus

on noin 1000 metriä, mikäli käytössä ei ole väylää pidentävää lisälaitetta. (Härkönen ym. 2012, 135.)

#### 2.4.5 Säätimet ja säätömuodot

Säätimien tehtävä kiinteistöautomaatiossa on pitää suure, kuten lämpötila, ilman tai nesteen virtaus käyttäjän asettamassa vakioarvossa tai halutussa vaihtelevassa arvossa ulkoisista häiriötekijöistä huolimatta. Kyseisiä häiriötekijöitä voivat olla esimerkiksi auringonpaiste, tuuli, vaihteleva ulkolämpötila, valaisimet ja koneet tai muut huonetta lämmittävät tekijät kuten ihmiset. (Värjä & Mikkola 2012, 58.)

Säädön optimointi on tärkeää, sillä jo yksittäisen asteen nousu huoneen normaalista lämpötilasta kasvattaa rakennuksen energiankulutusta 4-5 %. Hyvällä säädöllä on Lämpölaitos ry:n mukaan seuraavat vaatimukset. Asetusarvo saa poiketa pysyvästi enintään 2 celsiusastetta. Lämmityksen säätöjärjestelmissä hetkellisesti suurin ero asetusarvoon saa olla enintään 5 celsiusastetta. Ilmastoinnin säätöjärjestelmässä sallittava hetkellinen ero asetusarvoon maksimissaan 10 celsiusastetta. Käyttöveden säätöjärjestelmässä hetkellinen ero asetusarvoon maksimissaan 10 celsiusastetta ja amplitudi jatkuvalla huojunnalle maksimissaan 2 celsiusastetta. Muissa säätöjärjestelmissä suurin sallittu amplitudi jatkuvalla huojunnalle on suurimmillaan 0,5 celsiusastetta, jotta säätö katsotaan hyväksi. (Harju 2012, 8, 111.)

#### **Yksikkösäädin**

Yksikkösäädin on omaan koteloonsa rakennettu säätölaite, joka säätää yksittäistä prosessia, esimerkiksi tuloilmakoneen lämmitystä tai lämmitysverkostoa. Yksikkösäätimeen on tavallisesti liitetty ainakin yksi anturi ja toimilaitteita, joihin säätö suoritetaan kuten säätöventtiilejä tai säätöpeltejä. Yksikkösäätimen etulevyssä on erilaisia nappeja, joilla säädintä ohjataan sekä näyttö. Yksikkösäätimiä on analogisia sekä digitaalisia. Analogisessa säätimessä antureilta tuleva tieto pysyy jatkuvasti tasavirta- tai tasajännitemuodossa. Digitaalisäätimessä taas muunnetaan antureilta tuleva tasajännitetieto digitaaliseen muotoon käyttäen analogia/digitaali-muunninta, jonka jälkeen kyseinen tieto käsitellään mikroprosessorissa ja ohjelmistossa ja viedään toimilaitteisiin takaisin säätimen digitaali/analogia-muuntimen kautta. Digitaalisäätimen vahvuutena on, että se kykenee ohjaamaan useampaa kuin yhtä säätöpiiriä. (Värjä & Mikkola 2012, 58.)

#### **DDC-säädin**

DDC-säädin eli ”Direct Digital Control” on järjestelmäsäädin, jossa säädin on toteutettu ohjelmallisesti ja se on osa tietokoneohjelmaa. Säädettävät laitteet on yhdistetty ala-keskuksissa mikroprosessorilla varustettuihin piirikortteihin. Kyseiset alakeskukset on yhdistetty digitaalisella sarjaväylällä

valvomoon, jossa ohjelmallinen säädin sijaitsee tietokoneella. Säädin tarvitsee tavanomaisten anturien ja toimilaitteiden lisäksi liityntä- ja säätökortit. Liityntäkortin ominaisuutena on sen kyky siirtää informaatiota moolempiin suuntiin. Liityntäkortin analogia/digitaali-muunnin muuntaa mitaustiedon digitaaliseen muotoon ja vie ne säätökortin muistiin. D/A-muunnin lukee tiedon muistista ja ohjaa niillä tasajänniteviestinä toimilaitetta. (Värjä & Mikkola 2012, 59.)

### **Kaksiasentosäädin**

Kaksiasentosäädintä käytetään esimerkiksi sähkölämmittintä ohjaavana termostaattina. Anturin mittaaman lämpötilan laskiessa asetetun arvon alle säädin kytkee lämmitysvastuksen päälle, jolloin lämpötila alkaa nousemaan. Lämpötilan ylittäessä asetetun arvon, lämmitys päättyy. Välyksellistä kaksiasentosäädintä käytetään esimerkiksi kylmälaitteiden kompressoreissa tai öljypolttimissa, koska välyksellä taataan öljypolttimen tai kompressorin ajoittainen lepo. (Värjä & Mikkola 2012, 61.)

### **P-säädin**

P-säädin eli "Proportional controller", tai vertosäädin on yleensä kykenevätön säätämään mittausarvoa asetusarvon suuruiseksi. Sen sijaan P-säätimellä pidetään mittausarvo vahvistuksen mukaan olevalla säätöalueella eli vertoalueella. Vertoalue on siis mittausarvon ja asetusarvon välissä. P-säätimelle on näin ollen ominaista pysyvä säätöpoikkeama. Säätöpoikkeama saadaan pysymään pienenä säätämällä vahvistus suureksi. Haittana on kuitenkin vahvistusta kasvattaessa noussut värähtelyn vaara. (Värjä & Mikkola 2012, 62.)

### **I-säädin**

I-säädin eli "Integral controller", integroiva säädin. I-säätimen tarkoitus on poistaa säätöpoikkeamaa integroimalla mittaus- ja asetusarvon erotusta. I-säätimellä siis pyritään poistamaan P-säätimessä ominaisuutena olevaa säätöpoikkeamaa kunnes säätöpoikkeamaa ei ole, kuitenkin haittana on tällöin sen hitaampi toiminta. (Värjä & Mikkola 2012, 63 – 64.)

### **PI-säädin**

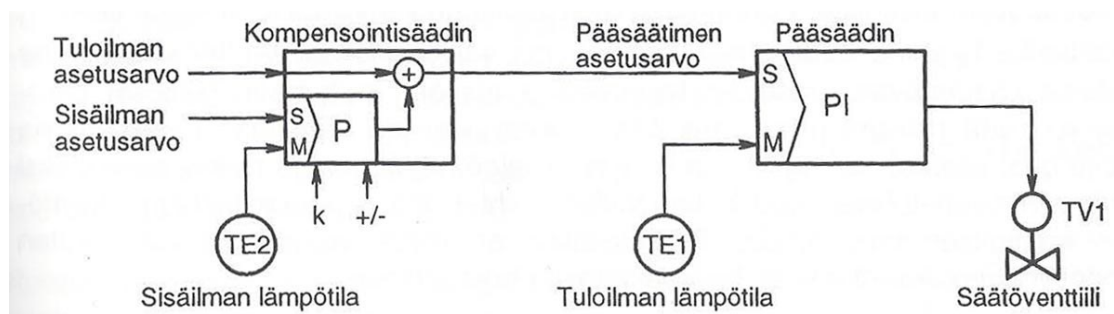
PI-säädin eli "Proportional Integral controller" toimii kuin I-säädin ilman sen hitautta. PI-säätimessä on siis yhdistetty P- ja I-säädön edut. P-säädön havaitessa asetus- tai mittausarvossa muutosta, säätää se nopeasti säätimen lähtöä. Tämän jälkeen säätimen integroiva osa eli I-säädin muuttaa lähtöä kunnes säätöpoikkeama poistuu. Näin päästään eroon vaarallisesta huojunnasta ja askelvasteen tullessa saadaan muutettua mittausarvo lähelle asetusarvoa ilman eroarvoa. (Värjä & Mikkola 2012, 65.)

## PID-säädin

PI-säätimen ominaisuuksia voidaan parantaa lisäämällä siihen derivoiva osa, jolloin muodostuu PID-säädin. PID-säädintä käytetään, mikäli anturit ovat hitaita tai jos säätöpiirissä on kuollutta aikaa eli mittaushitautta. (Värjä & Mikkola 2012, 66.)

## Sarjasäädöt

Prosessiin toimintaan vaikuttaa välillä niin monta suuretta, ettei pelkään antureiden lisääminen riitä. Tällöin on käytettävä useampia säätimiä kytkettynä sarjaan eli yhdistettyinä toisiinsa. Tämän kaltaista säätöä kutsutaan kompensointisäädöksi. (Värjä & Mikkola 2012, 67.)



Kuva 8. Esimerkkikuva sarjakytkenästä kompensoivalla säädöllä (Värjä, Mikkola 2012, 67).

Kuvassa 8 on esimerkki pääsäätimen ja kompensointisäätimen sarjakytkenästä. Esimerkissä kompensointisäädin mittaa sisäilman lämpötilaa anturilla TE2, koska sisäilman lämpötila saattaa nousta esimerkiksi tilassa olevien ihmisten, koneiden tai auringon säteilyn takia. Mikäli kompensointisäädintä ei olisi, pääsäädin ei tietäisi edellä mainituista huoneilman lämpötilaan vaikuttavista muuttujista, jonka seurauksena lämpötila saattaisi nousta liian suureksi. Kompensointisäädin siis laskee pääsäätimen asetusarvoa, mikäli sisäilman lämpötila nousee. Päinvastoin kompensointisäädin korottaa asetusarvoa, mikäli sisäilman lämpötila jäähtyy. (Värjä & Mikkola, 2012, 67.)



## 2.5 Lämmitys, Vesi ja Ilmanvaihto

### 2.5.1 Lämmityksen prosessit

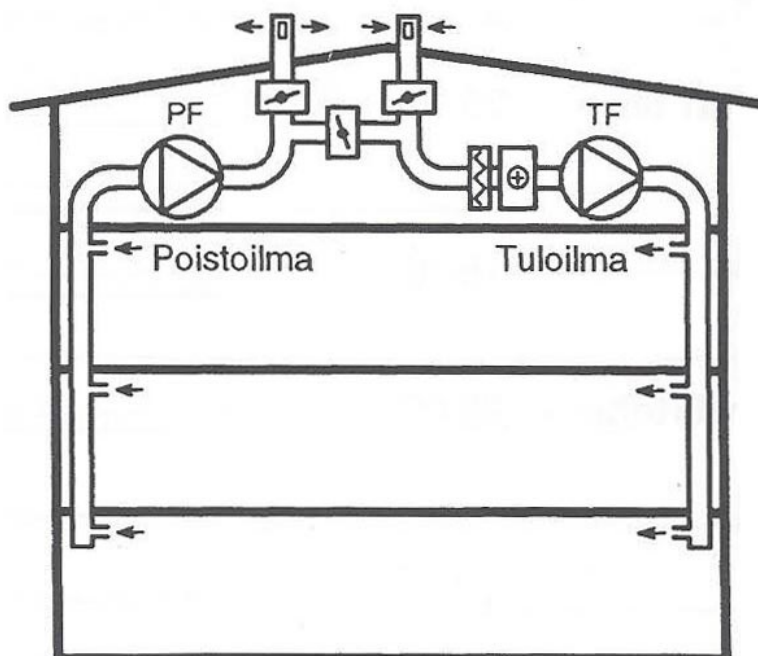
Talojen lämmityksen prosesseja hallitaan lämpökeskuksissa, joissa sijaitsee monenlaista automaatiota hallinnoimassa lämmöntuottoa esimerkiksi öljy- tai maakaasupolttoisissa kattilalaitoksissa tai ohjaamassa lämpöenergian siirtoa kaukolämpöverkosta kiinteistön sisäiseen lämmitysverkkoon. Öljy- tai maakaasupolttoisissa laitoksissa lämmitetään lämpimän käyttöveden verkostoa, patteriverkosta ja ilmastointikojeiden lämmitysverkostoa. Toimintoja tarkkaillaan erilaisin mittarein, anturein ja termostaatein. Automaation osa on valvoa ja tarkkailla eri osien toimintoja, kuten pumppuja, öljypoltinta ja kattilaa sekä hälyttää vikatilanteissa käyttäjälle valvomoon. Kaukolämpökeskuksessa taas kaukolämpöverkoston veden lämpöenergia saadaan hyödynnettyä kierrättämällä vesi lämmönsiirtimessä. Veden määrä sekä tulevan ja lähtevän veden lämpötilat mitataan energiamittarilla, jonka perusteella käytetyn lämpöenergian määrä saadaan laskutettua. Nykyään virtaus mitataan magneettisella virtausanturilla, josta kerroin enemmän luvussa 2.3.3. Säättämällä kaukolämmön virtauksia, saadaan säädettyä eri verkkojen lämpötiloja, kuten lämmitys-, ilmastointi- ja käyttövesiverkoston. Kuten polttolaitoksissa, myös kaukolämpökeskuksessa on automaatiota ja antureita, joka hälyttää esimerkiksi pumppujen vikatiloista ja lämpötilan sekä paineen raja-arvoista. Esimerkkejä antureista ovat lämpötila-anturi eli "Temperature Element, TE", virtausanturi eli "Flow Element, FE" ja "FTQ" eli virtausmäärälaskuri. (Värjä & Mikkola 2012, 9, 31.)

#### Lämmönsiirrin

Lämmönsiirtimellä tarkoitetaan lieriömäistä säiliötä, jonka sisällä kierrätetään kaukolämpöverkoston vettä. Käyttövesi virtaa siirtimen sisällä ruostumattomasta teräksestä tai kuparista tehdyissä putkissa. Kaukolämpöverkoston vesi siis siirtää lämpöenergiaa lämmönsiirtimen sisällä käyttövedeen. Lämmönsiirtimessä on myös säädin, jolla säädetään käyttöveden lämpötilaa rajoittamalla kaukolämpöveden virtausnopeutta. Käyttöveden lämpötilan suositellaan olevan noin +55 celsiusastetta, muttei kuitenkaan yli +60 celsiusastetta. Näin varmistetaan, etteivät bakteerit elä putkistoissa ja, että käyttövesi on käyttäjälle sopivan lämmintä eikä polttavan kuumaa. (Värjä & Mikkola 2012, 79.)

## 2.5.2 Ilmanvaihdon prosessit

Ilmanvaihto, tuloilman lämmitys ja jäähdytys, kosteuden ja lämmön säädöt sekä ilmanvaihtoon liittyvät hälytykset ovat teollisuuden kohteissa erittäin tärkeä osa kiinteistöautomaation prosesseja. Esimerkiksi jäätymisvaaran hälytykset ja puhaltimien seisonnat ovat tärkeitä osia automaation toimintaa. Ilmanvaihdon automaation tarkoitus on tarkkailla rakennuksen sisäisen ilman laatua ja säätää tuloilmakoneita asianmukaisesti, mikäli sisäilmassa havaitaan epäpuhtauksia, kuten kosteutta tai kaasuja. Epäpuhtauksia ja lämmönvaihteluita aiheutuu tehtaissa työprosesseista, koneista, konttoreissa ihmisistä ja laitteistoista sekä esimerkiksi rakennuksen rakenteista läpi tulevat hiukkaset. Kiinteistöön sisälle syötettävää ilmaa on mahdollista kosteuttaa syöttämällä tuloilmaan vesihiukkasia, mikäli ilmankosteutta on pidettävä tasaisena. Joissakin tapauksissa ilmastoinnin laitteistot huolehtivat myös kiinteistön huoneiden lämmityksestä talvella ja jäähdytyksestä kesällä. (Värjä & Mikkola 2012, 104.)



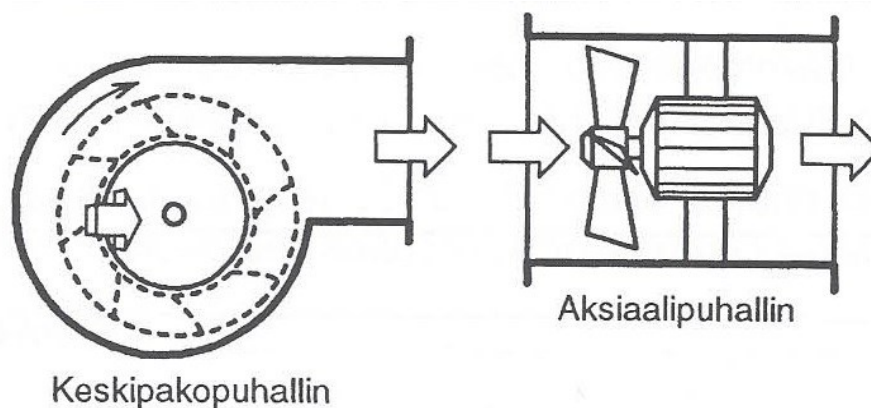
Kuva 9. Kaaviokuva ilmanvaihdon laitteistosta (Värjä & Mikkola 2012, 104).

Kuvassa 9 on esitettyä kiinteistön ilmanvaihdon laitteisto. Tuloilman puolella on nähtävissä ulkopellit, jotka on mahdollista sulkea, mikäli sisäilmaa halutaan kierrättää tai syöttää suoraan ulos. Seuraavana on ilmansuodatin, jolla ilmanlaatu pyritään varmistamaan suodattamalla siitä hiukkasia pois. Suodattimet suodattavat ilmasta pois muun muassa pölyhiukkasia ja ehkäisevät ilmanvaihdon laitteiston likaantumista ja vikaantumisia. Suodattimien kuntoa ja likaantumista voi seurata paine-erolähettimein tai paineanturein. Anturit mittaavat suodattimen likaantumista seuraavaa ilmanpaineen alenemista, sillä mitä likaisempi suodatin on, sitä vähemmän se

päästää ilmaa lävitseen. Näin suodattimen jälkeen muodostuu alipaine ja suodattimen eteen ylipaine. Valitettavasti suodattimella ei saada poistettua hajuja ja kosteutta, sillä suodattimeen jäävät vain hiukkaset. Suodattimen jälkeen on nähtävillä lämmityspatteri, joka toimii joko vedellä, tai sähköllä. Tuloilmaa jäähdytetään, jottei tuloilma kylmentäisi huoneita ja aiheuttaisi ikävää vedon tunnetta. Tuloilman lämpötilaa on mahdollista säätää veden virtausnopeutta rajoittamalla tai sähkölämmitteisessä patterissa vastuksia säätämällä. Patterissa lämpöenergia siirtyy kupariputkista, joissa vesi virtaa, metalliripoihin, jotka lämmittävät niiden ohi virtaavaa ilmaa. Poistoilmakanavassa on taas puhallin ja ulkopelti. Mikäli halutaan säästää lämpöenergiaa, voidaan poistoilmaa kierrättää kiertoilmapellin kautta takaisin tuloilmaan. Haittana tässä on se, että kierrättäessä poistoilmaa tuo se mukanaan osan hajuistaan ja kosteudestaan takaisin, sillä suodatin poistaa vain hiukkaset ilmasta. (Värjä & Mikkola 2012, 104–105.)

### Ilmapuhaltimet

Puhaltimia on ilmanvaihdossa erilaisia. Tulo- ja poistokanaville on oman sa, jotka hoitavat ilman syötön ja imun. Ilman syötössä ja imussa on huolehdittava tasapuolisuudesta, sillä jos esimerkiksi ilmaa imetään kiinteistöstä enemmän kuin sinne syötetään, syntyy kiinteistöön tai huoneeseen alipaine verrattuna ulkoilmaan. Alipaineen takia voi olla esimerkiksi hankalaa avata ulko-ovi, sillä paine-ero luo oveen imevän voiman. Rakennusautomaatiossa lyhenteellä "TF" tarkoitetaan tuloilmapuhallinta ja lyhenteellä "PF" poistoilmapuhallinta. (Värjä & Mikkola 2012, 105.)



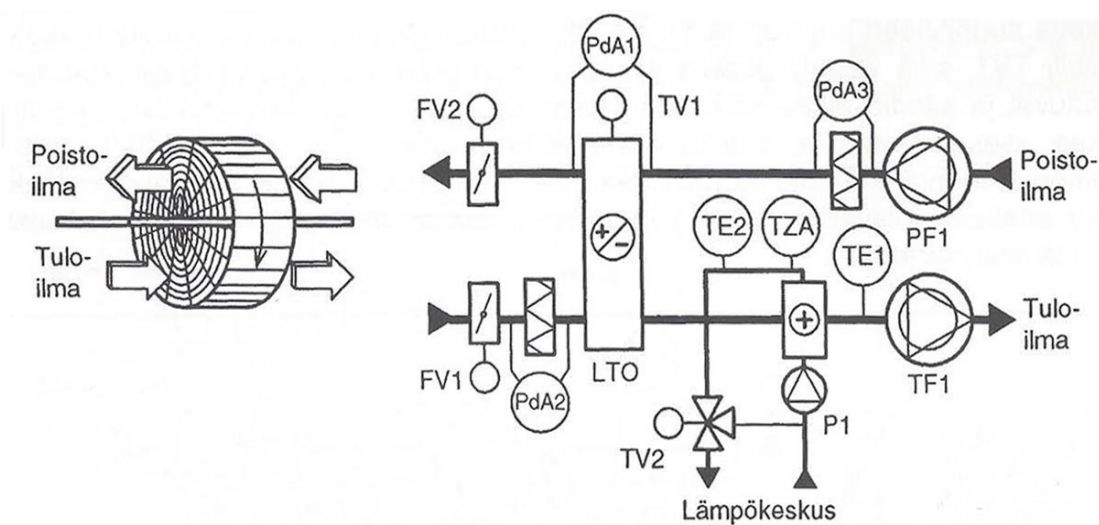
Kuva 10. Keskipako- ja aksiaalipuhallin (Värjä & Mikkola 2012, 104.).

Puhaltimien tyyppejä on erilaisia, kuvassa 10 on esimerkkinä keskipakopuhallin ja aksiaalipuhallin. Keskipakopuhaltimessa on rengasmaisen siipipyörä, jonka voimanlähteenä on oikosulkumoottori. Moottorin pyörimisnopeutta säädetään muuttamalla syöttöjännitettä tai sen taajuutta. Aksiaalipuhaltimessa on potkurimainen siipipyörä, joka puhalttaa ilmaa puhaltimen akselin suuntaisesti. Ilman virtausnopeutta saadaan muutettua säädettävillä ilmapelleillä, jotka kuristavat virtausta, moottorin pyörimisnopeutta säätämällä, tai suurikokoisissa laitoksissa puhaltimien siipien napakulmia säätämällä toimilaitteen avustuksella. Ilmapeltejä on kahta tyyppiä,

säätö- ja sulkupeltejä. Sulkupelti toimii kiertämällä pellin säleet kiinni ja auki, kun taas säätöpellin avulla voidaan säätää ilmanvirtausta ohjaamalla säätöpeltien levyt eri asentoihin. Ulkopeltien toimilaitteissa käytetään akku- tai jousitoimista palautusta, jotta pelti sulkeutuu hätätilanteessa tai sähkökatkoksesta varmasti. (Värjä & Mikkola 2012, 105.)

### Lämmön talteenotto eli LTO

Lämmön talteenotolla tarkoitetaan muuten poistoilman mukana ulos hukkaan heitetyn lämpöenergian kierrätyksestä. Kiertoilmapellein saadaan poistoilmaa kierrätettyä ja lämpöenergiaa palautettua mutta samalla palautuvat epäpuhtaudet, kuten kaasut, hajut ja kosteudet. Tämän takia lämpöenergian talteenottamiseksi on kehitetty toimivampia tapoja. Esimerkkinä tästä menetelmästä on vesi-glykolipattereilla toteutettu lämmön talteenotto eli LTO:ta. Patterit ovat rakenteeltaan lämmityspatterin mukaisia, joissa kupariputken sisällä kierrätetty neste lämpenee metalliripojen läpi virtaavasta ilmasta. Lämpö siirtyy vesi-glykoliseokseen, seos kiertää tuloilman lämmityspatteriin venttiilin kautta ja lämmittää edelleen tuloilmaa. Tällä tavalla poistoilman hiukkaset eivät siis kulkeudu takaisin tuloilmaan ja suodattimia käytetään ehkäisemään LTO-pattereiden likaantumista. Vesi-glykoliseosta käytetään siksi, koska seos ei jäädy ja näin aiheuta rikkoontumista. (Värjä & Mikkola 2012, 111.)



Kuva 11. Pyörivällä lämmönsiirtimellä toimiva LTO (Värjä & Mikkola 2012, 112).

LTO:ta käytetään myös levylämmönsiirtimen ja pyörivän levylämmönsiirtimen muodossa. Kuvassa 11 on nähtävillä pyörivän lämmönsiirtimen toimintaa. Opinnäytetyön kohteena olevan terähtehtaan tuloilmakojeiden lämmöntalteenotto on toteutettu pyörivällä lämmönsiirtimellä. Pyörivässä kiekkomaisessa levylämmönsiirtimessä toinen puoli on poistoilmassa ja toinen puoli tuloilmassa. Kiekon poistoilman puoli lämpenee ja toinen tuloilman puoli kylmenee. Kun kiekkoa pyöritetään ja lämmin puolisko siirtyy

tuloilman puolelle ja kylmä puolisko poistoilman puolelle, tuloilma lämpeenee. Kiekon haittapuolena verrattuna levylämmönsiirtimeen on, että kiekon pyöriessä osa epäpuhtauksista ja kosteudesta siirtyy kiekon mukana tuloilmaan. Kiekon nopeutta säätämällä saadaan säädettyä lämmönsiirron tehoa. Levylämmönsiirtimessä on metallilevyjä, joiden välissä kulkevat tuloilma ja poistoilma. Poistoilman kulkiessa lämmönsiirtimeen metallilevyjen välisten solien kautta, levyt lämpiävät. Tuloilma, joka kulkee toisella puolen levyjä, lämpee tämän seurauksena. Energiansäästön kannalta lämmön talteenoton optimointi ja oikeaoppinen säätö ovat merkittävimpiä kohteita rakennusautomaatiossa, esimerkiksi kompensoivan sarjasäädön eli kaskadisäädön menetelmin. Tällä tarkoitetaan pääsääntöisesti asetusarvon alentamista sisäilman lämpötilan kasvaessa. Toisin sanoen, jos huoneessa on paljon lämpöä säteileviä kohteita, tuloilman lämmitystä vähennetään sisäilman lämpötilan kasvaessa. (Värjä & Mikkola 2012, 111–113.)

### 3 KOHTEEN KIINTEISTÖAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

Kohteessa Valkeakosken terätehtaalla on käytössä Siemensin kiinteistöautomaatiojärjestelmä, joka koostuu Desigo- ja Visonik-järjestelmien laitteista. Vaikka Desigo-laitteiston tuoteperhe on normaalitoimituksessa tulleisuudessaakin, on Visonik-järjestelmä tullut ikänsä vuoksi elinkaarensa päähän ja varaosien saatavuus päättyy vuoden 2016 lopulla. Tämän vuoksi on ajankohtaista modernisoida tehtaan kiinteistöautomaatiojärjestelmä. Tässä luvussa kerron terätehtaan nykyisen kiinteistöautomaatiojärjestelmän rakenteen, laitteiston ja sen toiminnot. Lisäksi seuraavissa luvuissa vertailen kiinteistöautomaatiojärjestelmiä Siemensiltä ja Schneider Electriciltä, jonka jälkeen työn tuloksissa esitän parhaan ratkaisun tehtaan kiinteistöautomaation modernisointiin. Terätehtaan nykyiseen kiinteistöautomaatiojärjestelmään tutustuttiin tehdaskäynneillä opinnäytetyön alussa tutkimalla järjestelmän säätö- ja kytkenäkaavioita sekä katsomalla prosessien toimintaa valvomosta käsin.

#### 3.1 Rakenne

Terätehtaan kiinteistöautomaatiojärjestelmää hallitaan valvomosta, automaatio on sijoitettu kolmeen valvonta-alakeskukseen tehtaalla ja neljäs valvonta-alakeskus sijaitsee uudessa toimistorakennuksessa. Kiinteistöautomaatiojärjestelmä hallitsee myös osaa tuotannonprosessien puhaltimia. Valkeakosken terätehdas on liitetty kaukolämpöverkkoon, ja lämmityksen ja lämpimän käyttöveden hallintalaitteisto ja automaatiojärjestelmä sijaitsevat tehtaan lämmönjakuhuoneessa. Valvomosta ohjailaan terätehtaan

lämpökeskuksen toimintoja automaation avulla, kuten säätelemällä venttiilejä ja tarkkailemalla lämpötila-antureiden, paineantureiden ja virtausantureiden ilmoittamia tietoja. Vanha kiinteistöautomaatiojärjestelmä ei siis ohjaa valaistusta mitenkään, joten ohjauksen suorittaminen olisi hyvä pitää mielessä kiinteistöautomaatiojärjestelmää uusittaessa ottaen huomioon valaisimien suuren määrän. Etäkäyttöä järjestelmässä ei ole.

### 3.2 Järjestelmän laitteet

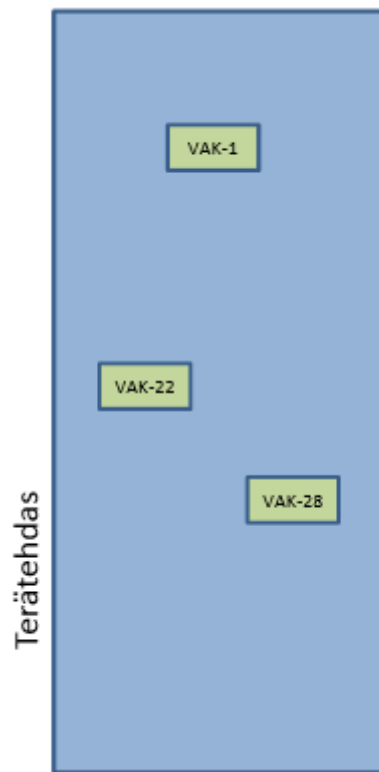
Kohteen kiinteistöautomaatiojärjestelmään kuuluu merkittävä määrä laitteita. Terätehtaan katolla on kaksi suurempaa tuloilmakonetta, jotka hallitsevat tehtaan ilmanvaihtoa sekä lisäksi monia pienempiä puhaltimia ja imureita, joista osa liittyy tuotannonprosesseihin ja osa käsittelee omien tilojensa tuuletusta.

Järjestelmän laitteiden toiminnassa ei ole havaittu vikoja tehtyjen tarkastusten perusteella, joten kiinteistöautomaatiojärjestelmää uusissa ei todennäköisesti ole tarvetta suorittaa merkittäviä toimenpiteitä laitteiden uusimiseen toimivuuden parantamiseksi. Järjestelmän toimivuutta tutkittaessa lämpötilamittauksia suoritettiin toimistoissa, eri huoneissa ja muualla tehtaalla. Eri huoneiden ja tehtaan osien mitatut lämpötilat havaittiin olevan hyvällä tasolla. Lisäksi valvomokuvista tarkkailtiin järjestelmän toimintaa sekä hälytyslokit käytiin läpi. Terätehtaan ilmanvaihdon ja lämmityksen toimivuus toimistotiloissa tarkastettiin mittaamalla huonelämpötiloja infrapunamittarilla ja vertaamalla näitä tuloksia huoneissa olevien antureiden ilmoittamiin lämpötiloihin. Kaikki mitatut lämpötilat olivat toimiston puolella yhteneväisiä valvomoon tuotuihin lämpötilatietoihin, eikä nykyisessä kiinteistöautomaatiojärjestelmässä ollut havaittu viime aikoina häiriöitä tai puutteita, joten järjestelmän laitteisto on tulosten perusteella kunnossa. Mikäli huonelämpötilat olisivat olleet korkeita, voisi siitä päätellä järjestelmässä olevan vikaa, esimerkiksi venttiilivuotoja. Näinollen, ei ole tarpeellista kiinteistöautomaatiota modernisoidessa päivittää kenttälaiteistoa. Tästä huolimatta, järjestelmän hälytyksiä olisi suositeltavaa tarkkailla, sillä mikäli uusia häiriöitä esiintyy tai vikoja ilmenee, on kunnossapidolliset toimenpiteet kannattavaa suorittaa kiinteistöautomaation modernisoinnin yhteydessä.

#### Valvomo

Terätehtaassa kiinteistöautomaatiojärjestelmää valvotaan ja hallinnoidaan kahdella tehtaan PC:llä Desigo Insight-ohjelmalla. Ohjelmistosta pääsee muuttamaan tehtaan ja erillisen toimistorakennuksen LVI-prosessien asetusarvoja ja tarkkailemaan mittausarvoja, kuten energiamittauksia. Etäkäyttöä, kuten Schneider Electricin tarjoamaa eValvomo-ratkaisua, josta kerron myöhemmin lisää, ei ole. Nykyinen ohjelmisto on ulkoasultaan selvästi vanhahtavan näköinen, mikä on oletettavaa ohjelmiston aikakauden tuotteelle.

## Valvonta-alakeskukset



Kuva 12. Valvonta-alakeskusten sijainnit terästehtaalla.

Kuvassa 12 on esitettyä havainnekuva tehtaasta ja modulaaristen valvonta-alakeskusten sijainneista. Tämän lisäksi on VAK-25, joka sijaitsee erillään tehtaasta olevassa toimistorakennuksessa, IV-konehuoneessa. Kyseinen toimistorakennus on tällä hetkellä tyhjiällä. VAK-1 sijaitsee tehtaassa lämmönjakuhuoneessa ja siellä sijaitsee lämpökeskuksen automaatio. VAK-22:ssa on tuloilmakojeiden, kiertoilmapuhaltimien ja poistoilmapuhaltimien automaatiota. VAK-28:ssa on samoin tuotannonprosessien liittyvien puhaltimien automaatiota sekä tuloilmakoneiden automaatiota. VAK-25:ssa sijaitsee toimistorakennuksen LVI-järjestelmän automaatio.



Kuva 13. Visonik BPS prosessoriyksikkö (Siemens 2004).

Terähtehtaan kiinteistöautomaatiojärjestelmässä on käytössä kuvassa 13 esitettynä olevia Visonik-järjestelmän prosessoriyksikköjä, jotka on sijoitettu valvonta-alakeskuksiin. Visonik BPS prosessoriyksikkö on ohjelmoitavissa oleva DDC-säädin kiinteistöautomaatiojärjestelmiin, joka on itsenäinen prosessoriyksikkö kiinnipainettavilla ohjelma- ja tiedonsiirtokorteilla. Kuten olen aikaisemmin todennut, Visonik-sarjan laitteiden varaosien saatavuus Siemensiltä lakkaa vuoden 2016 lopussa, joten kyseisten laitteiden uusiminen järjestelmässä on tarpeellista.

### **Kenttälaitteet**

Tehtaan kiinteistöautomaatiojärjestelmän kenttälaitteisiin kuuluu erilaisia antureita kuten lämpötila-antureita, paine-eroantureita ja virtausmittareita. Lisäksi on erilaisia toimilaitteita ja -elimisiä kuten jousella varustettuja ilmapeltien toimimootteja, sähköisiä venttiilien toimimootteja ja itse venttiilejä. Tehtaan nykyiseen kiinteistöautomaatiojärjestelmään on liitetty myös taajuusmuuttajia suorilla I/O-liitynnöillä, jotta erilaisten moottorien nopeutta päästään muuttamaan.

Lämpötila-antureita käytetään ilmanvaihtokanavien lämpötilojen tarkkailuun kanavalämpötila-anturein, huonelämpötilojen mittauksiin, patteriverkoston veden lämpötilan tarkkailuun ja ulkolämpötilojen mittauksiin. Paine-eroantureilla mitataan esimerkiksi ilmanvaihtokanavien suodattimien likaisuutta, mikä on tärkeää, sillä tällä tavalla estetään mahdollisesti vaarallisten tilanteiden syntyminen suodattimien tukkeuduttua. Paine-eroantureita käytetään myös esimerkiksi tehtaan pyörivän lämmönsiirtimen huurtumisen havaitsemiseen. Mikäli huurtumista havaitaan, paine-erohälytys hälyttää ja lämmönsiirtimen pyörimisnopeutta vähennetään.



## 4 KIINTEISTÖAUTOMAATION MODERNISOINTI JA VERTAILU

Tässä luvussa esittelen ja vertailen vaihtoehtoja terätehtaan kiinteistöautomaation modernisoinnille. Toimeksiantajalle on tärkeää, että kiinteistöautomaation uudistamista toteuttaessa eri valmistajien tarjoamia ratkaisuja on tutkittu. Näin ollen, esittelen Siemensin lisäksi kilpailevalta valmistajalta kiinteistöautomaatiojärjestelmäratkaisun terätehtaalle. Lisäksi valmistajilta on pyydetty tarjousta ratkaisujen toteuttamisen kustannuksista ja kyseinen tarjous on esitetty opinnäytetyön toimeksiantajalle heidän päätöksensä tueksi. Opinnäytetyön menetelmäosuus koostuu siis nykyisen kiinteistöautomaatiojärjestelmän kartoittamisesta, eri valmistajien tarjoamien kiinteistöautomaatiojärjestelmien vertailemisesta ja tulosten esittämisestä toimeksiantajalle. Lisäyksenä kiinteistöautomaation modernisointiin terätehtaalta on etsitty mahdollisia energiankulutuksellisia ongelmakohtia, joihin olisi syytä etsiä ratkaisua lisätutkimusten myötä.

### 4.1 Siemens

Vaihtoehtona terätehtaan kiinteistöautomaatiojärjestelmän uudistamiselle on Siemensin nykyisen järjestelmän modernisointi Siemensin Desigo PX-sarjan laitteita käyttäen. Tehtaan valvomo-ohjelmisto Desigo Insight ja valvomon serveri-laitteisto päivitettäisiin myös uusimpaan versioon. Tämä vaihtoehto tarvitsisi yhden kappaleen PXC100.E.D prosessoreita ala-keskuksia kohden, yhden kappaleen sovittimia nykyiselle I/O:lle ala-keskuksia kohden, tarvittavat ohjelmistomuutokset ja laiteasennukset sekä muutokset valvomon kuviin.



Kuva 14. Desigo PXC100.D/-E.D automaatioyksikkö (Siemens 2016b).

Kuvassa 14 on esitettyä Siemensin PXC- sarjan PXC100.D/-E.D prosessori. Kyseessä on modulaarinen, vapaasti ohjelmoitava automaatioyksikkö, jota käytetään LVI- ja rakennusautomaatiolaitoksissa. Nimellisjännite laitteelle

on AC 24 V ja nimellistaajuus on 50/60 Hz. Laitteen pariston kesto aika on 4 vuotta. Siihen sisältyvät valvomotoiminnot kuten aikaohjelmat, trenditoiminnot, kaukokäyttö, pääsuojaus ja hälytysten käsittely. Laite pystyy toimimaan itsenäisesti ja se voidaan liittää osaksi järjestelmää. Laitteeseen on myös mahdollista liittää Siemensin PXM-käyttöpaneeli, jota voidaan käyttää Desigo PX-automaatioyksikön ohjaukseen ja tietojen katseluun paikan päällä. Käyttöpaneeli toimii yhdellä painettavalla kiertonupilla. Käyttöpaneeleista on eri malleja, jotka eroavat toimintojensa puolesta toisistaan. (Siemens 2016b.)

Automaatioyksiköihin on säätö- ja ohjaustoimintojen lisäksi integroitu valvomotoimintoja, jotka ovat vapaasti ohjelmoitavissa. Kyseisiä toimintoja ovat hälytysten käsittely, johon sisältyy verkon laajuinen hälytysten reititys. Lisäksi on aikaohjelmia, trenditoimintoja, kaukokäyttötoiminto ja verkon laajuinen pääsuojaus, yksilöllisesti määriteltävillä käyttäjäprofiileilla ja käyttäjälukilla. (Siemens 2016b.)

Tiedonsiirto suoritetaan avoimessa väyläjärjestelmässä, jossa on käytössä BACnet-vakioprotokolla. Integroituna on peer-to-peer-vertaistiedonsiirtomuihin järjestelmän automaatioyksiköihin ja yhteydet mahdolliseen PXM-käyttöpäätteeseen. Siirtonopeutena on käyttäen LON-bus 78 kbps, ethernet/IP taas 10/100 MBit/s. (Siemens 2016b.)

## **Edut**

Uudistamalla vanhan Siemensin Visonik-järjestelmän Siemensin Desigo PX-sarjan laitteistolla mahdollistaa vanhan Visonik I/O:n jättämisen ennalleen. Näin kaapelointi ja asennustyöt jäävät pieniksi ja ainoastaan laitteiden asennus on tarpeellista. Asennustyön vähetessä myös osaltaan mahdolliset asennusvirheet vähenevät ja uuden järjestelmän testauksen tarve pienenee. Näin ollen käyttökatkosaika järjestelmää vaihtaessa lyhenee, mikä on positiivista. Mikäli Visonik I/O:ssa ilmenee vikaa, kun varaosien saatavuus loppuu, I/O:t ovat korvattavissa nykyaikaisemmilla I/O:illa. Lisäksi Siemens tarjoaa Advantage Navigator –palvelua, jossa pääsee seuraamaan esimerkiksi trendinäyttöjä kiinteistön toiminnasta.

## 4.2 Schneider Electric kiinteistönhallintajärjestelmä

Vaihtoehtona terätehtaan kiinteistöautomaatiojärjestelmän uusimiseksi on Schneider Electricin Smart Struxure-kiinteistönhallintajärjestelmä. Schneider Electric valikoitui ehdokkaaksi heidän kokemuksensa takia teollisuuden kiinteistöissä. Prosessi aloitettiin tapaamisella Schneiderilla, jolloin tehtaalta saatuja kaavioita käytiin läpi ja sopivaa ratkaisua pohdittiin. Kuvassa 15 on esitettyinä Schneider Electricin Smart Struxure -ratkaisuun kuuluva automaatioserveri sekä käyttöliittymä.



Kuva 15. Schneider Electric Smart Struxure -ratkaisu (Schneider Electric, 2016b).

Tämän jälkeen aloitettiin tapaamiset tehtaalla paikanpäällä, jotta saataisiin selkeä käsitys siitä, mikä olisi parhain ja kustannustehokkain ratkaisu Valmetin toimeksiantajien sekä Schneider Electricin yhteyshenkilöiden kanssa. Selvää oli, että tehtaan nykyisen järjestelmän energiatehokkuutta olisi mahdollisuus parantaa. Mikäli halukkuutta ei olisi heti, jätettäisiin mahdollisuus tulevaisuuden ratkaisuille.

Tehdastapaamisilla saatiin asiaan selkeyttä. VAK:ien etäyhdistäminen suunniteltiin tehtäväksi, esimerkiksi ADSL -yhteydellä kiinteällä IP-osoitteella tai Tosibox-etäyhteyslaitteen avulla, johtuen erillisen toimistorakennuksen tilanteesta ja sen tulevaisuudesta. Tosibox-etäyhteyslaitte mahdollistaa kiinteistöautomaatiojärjestelmän yhdistämisen esimerkiksi valvomoon etänä kiinteällä IP-osoitteella. On mahdollista, että toimistorakennuksen kiinteistöautomaation valvonta siirretään terätehtaalta muualle tulevaisuudessa, jolloin yhdistys Tosiboxin tai 3G -yhteyden avulla on järkevintä. Näin vältetään fyysisten johdotusten käsittely ja yhteyden siirto on mahdollista hoitaa ohjelmallisesti, käytännössä vain käyttäjätunnuksien vaihdolla, joten kustannuksissa säästetään ja käytettävyys paranee huomattavasti. Samalla voidaan hyödyntää etäkäyttöä muihinkin tehtaan valvonta-alakeskuksiin ja koko järjestelmään.

Yhteenvetona Schneider Electricin ratkaisumallissa olemassa olevat alakeskukset saneerattaisiin Struxure Ware –laitteilla ja alakeskusten vanhat CPU:t korvattaisiin Schneider Electricin automaatioservereillä. Alakeskuskaapit havaittiin sopivan kokoisiksi, joten kaappeja ei olisi tarpeen vaihtaa uusiin. Alakeskukset liitettäisiin Schneider Electricin tarjoamaan eValvomo -ratkaisuun ja grafiikkakaaviot uudistettaisiin. Ratkaisun mahdollisessa toteutuksessa olemassa olevat kenttälaitteet hyödynnettäisiin, laitteisto kuitenkin testattaisiin saneerauksen yhteydessä ja rikkiäiset laitteet vaihdettaisiin uusiin, mikäli niitä löytyisi.

### **eValvomo**

eValvomo tarkoittaa Schneider Electricin valvomoratkaisua. eValvomo ratkaisussa kunkin eValvomoon liitetyn kohteen tietokanta sijaitsee Schneider Electricin palvelimilla, jolloin valvomoa päästään käyttämään suoraan omalla tietokoneella. eValvomon vahvuutena on sen tuoma mahdollisuus päästä käyttämään valvomotoimintoja etänä, esimerkiksi kyky tarkastaa jokin järjestelmän hälytys ja tehdä vasta sitten päätös, tarvitaanko mahdollisissa huoltotoimenpiteissä läsnäoloa. Lisäksi on mahdollista saada monipuoliset käyttö- ja raportointipalvelut osana ePalvelua. (Schneider Electric 2016a.)

### **Edut**

Schneider Electricin tarjoama ratkaisu kiinteistöautomaation modernisoinnille tuo mukanaan etuja ottaen huomioon tehtaan järjestelmän tilanteen. Mikäli uusi toimistorakennus siirtyy nykyisen kiinteistöautomaatiojärjestelmän valvonnan alaisuudesta muualle, ei Schneider Electricin tarjoamassa ratkaisussa tarvitsisi tehdä fyysisiä asennustoimenpiteitä, jolloin kustannuksissa säästetään. Kuten Siemensin, niin Schneider Electricin ratkaisussakin kaapelointi ja asennustyöt jäävät pieniksi, ja terätehtaan vanhat valvonta-alakeskuskaapit voidaan käyttää hyödyksi. Lisäksi Schneider Electricin järjestelmissä ala-keskuksissa on monipuoliset yhdistysvalmiudet eri protokolliin. Alakeskusjärjestelmissä on myös lyhyt käyttökatoaika vaihtotöiden yhteydessä, sillä laitteiston vaihto ja lisäys on nopeaa.

## **4.3 Kustannukset**

Modernisoitaessa kiinteistöautomaatiojärjestelmää, toimeksiantajalle on tärkeää pitää kustannukset alhaisina. Näinollen vanhan kiinteistöautomaatiojärjestelmän valvonta-alakeskuksille tulevat johdotukset ja valvonta-alakeskuksilta lähtevät johdotukset laitteille on kannattavaa jättää ennalleen. Tämä käy toteen niin Siemensin, kuin Schneider Electricin esittämässä järjestelmissä. Kuitenkin, kiinteistöautomaatioprojektiin kuuluvan uuden toimistorakennuksen tuoman ongelman ratkaisu ratkaistaan paremmin Schneider Electricin toimesta. Yhdistämällä uuden toimistorakennuksen

kiinteistöautomaatiojärjestelmän valvonta-alakeskuksen esimerkiksi Tosi-boxilla tai 3G-etäyhteydellä terätehtaan kiinteistöautomaatiojärjestelmään ja edelleen valvomoon, säästytään mahdollisilta kustannuksilta tulevaisuudessa, mikäli uusi toimistorakennus poistuu terätehtaan valvonnan alaisuudesta. Langattoman yhteyden siirto käy huomattavasti helpommin ja edullisemmin, kuin fyysisten johdotusten.

## 5 EHDOTUKSET SÄHKÖNKULUTUKSEN VÄHENTÄMISEKSI

Tässä luvussa esittelen terätehtaalla tehdyn kartoituksen perusteella päätellyt energianhallinnalliset kohteet ja ehdotukset toimenpiteisiin. Kiinteistöautomaation modernisoinnin yhteydessä on kannattavaa etsiä ongelmakohtia ja hakea näihin ratkaisua, jotka voidaan toteuttaa kiinteistöautomaation modernisoinnin yhteydessä tai lähitulevaisuudessa. Etsittäessä ongelmakohtia tehtaalta haastateltiin työntekijöitä ja heidän mielipiteensä otettiin huomioon siksi, että kartoittaessa ongelmakohtia ei välttämättä huomata kaikkea joko kellonajasta, vuorokaudesta tai vuoden ajasta johdun. Eri LVI-kohteiden ja valaistuksen energiatehokkuus pohjautuu kokonaisuutena oikeaoppiseen mitoittamiseen, säädön tarkkuuteen ja kunnolliseen eristykseen. Tässä projektissa keskityin edellä mainituista asioista mitoittamiseen ja säädön tarkkuuteen.

### 5.1 Valaistus

Kunnollinen valaistus on elintärkeää työskentelytiloissa ja tehtaalla onkin runsaasti lamppeja varmistamassa valaistuksen riittävyyden. Tällä hetkellä tehtaan valaistuksella ei ole ohjausta vaan lamput laitetaan päälle ja pois vanhanaikaisesti kytkimestä painamalla. Tämä aiheuttaa sen, että valaistus on jäänyt useasti päälle turhaan silloinkin, kun tehtaalla ei ole ollut läsnäoloa. Tehtaan siirryttyä 5-vuorotyöhön, olisi tärkeää ohjata valaistusta automaattisesti niin, että valot pidetään päällä niissä osissa rakennusta, joissa on työläisiä. Terätehtaalla tehdään koneistamon puolella 5-vuorotyötä, mikä tarkoittaa sitä, että työtä tehdään tehtaalla vuorokauden ympäri. On kuitenkin olemassa osia tehtaanrakennuksessa, joissa ei ole läsnäoloa ympäri vuorokauden. Näin ollen, ei ole kannattavaa pitää kyseisissä osissa tehdasta esimerkiksi valaistusta tai ilmanvaihtomureita päällä yöikaan.

Tehtaalla on tuotantotiloissa 111 kappaletta todelliselta ottoteholtaan noin 455 Watin suurpainenatriumvalaisinta katonrajassa, jotka jakaantuvat tehtaan eri puolille seuraavalla tavalla: koneistamon puolella on 59

kappaletta, uunin puolella on 31 kappaletta ja valimon puolella 21 kappaletta. Olosuhteet vaihtelevat luonnollisesti tehtaan eri osissa, valimon ja uunin puolella on katonrajassa suuremmat lämpötilan vaihtelut, kuin koneistamon puolella. Näinollen nykyisten valaisimien vaihtaminen energiatehokkaampiin, valonlähteen valaistusteholtaan vastaaviin led-teollisuusvalaisimiin vaatisi lisämittauksia valimon ja uunin puolelta, sillä tuotannonprosessin ollessa käynnissä ei päästy suorittamaan lämpötila- tai hiukkasmittauksia. Haastattelujen mukaan valimon katonrajassa voi esiintyä jopa 70 celsiusasteen lämpötiloja, mikä on led-valaisimelle haasteellista. Koneistamon puolelta katonrajasta mitattiin vaihtelevasti noin reilun 20 celsiusasteen lämpötiloja, mitkä ovat paljon suotuisampia lämpötiloja led-valaisimille, esimerkiksi Purson Snep Linear M -valaisimelle (Purso, 2016). Kyseinen valaisin on ottoteholtaan 115 W SNEP-liitäntälaitteen kanssa, jolloin se käyttää huomattavasti vähemmän virtaa, kuin nykyinen valaisin. On huomioitavaa, että valmistajien ilmoittamien valonlähteiden nimellistehot eivät suoraan kerro valaisimien energiankulutuksen suuruutta. Valaisimien ottotehot kertovat valaisimen kokonaisuudessaan sähköverkosta ottaman tehon, jolloin saadaan selville valaisimen energiankulutus. Valaistuksen laitteiden päivittämisen haasteista huolimatta, kuten aiemmin totesin, valaistuksen ohjauksen suorittaminen olisi kannattavaa tehdä kiinteistöautomaation modernisoinnin yhteydessä tai myöhemmin tulevaisuudessa.

$$P_t = P \cdot T \cdot n \quad (2)$$

,jossa

P = valaisimen ottoteho,

T = valaisimen polttotunnit ja

N = valaisimien lukumäärä

Kaavaan sijoittamalla saadaan:

$$455,4 \text{ Wattia} \cdot 40 \text{ h} \cdot 52 \text{ kpl} = 947,232 \text{ kWh}$$

Yllä on esimerkkilaskenta sähkönkulutuksesta tilanteesta, jolloin valaistus on viikon ajan ollut yön yli päällä tehtaan osissa, joissa ei valaistusta tarvita. On huomioitavaa, että johtuen valaisimien suuresta määrästä, jo yhden viikon yöaikainen turha valaisimen poltto kuluttaa suuren määrän sähköä ja kasvattaa sähkölaskua. Tämäkin ongelma voitaisiin ratkaista asentamalla valvonta-alakeskuksiin kellokytkin ohjaamaan sisävalaistusta pois päältä tarpeettomina aikoina ja ulkovalaistusta puolestaan valoisuusmittarein. Tehtaalle sisään tuleva luonnonvalo on hyvin vähäistä, johtuen ikkunoiden koosta ja asettelusta seinään katonrajaan. Mikäli luonnonvaloa olisi mahdollista hyödyntää myös sisällä, valoisuusmittarein toteutettu valaistuksen ohjaus olisi suositeltavaa, johtuen vuodenaikoina vaihtelevasta valon määrästä, jolloin kellokytkimien ajastimien pitäminen ajan tasalla on tarpeelloman työlästä.

## 5.2 Lämmitys

Energiatehokkaassa lämmityksessä tärkeintä on säädön kohtuullinen tarkkuus. Kuitenkaan erittäin tarkan säädön toteuttaminen ei ole aina kannattavaa sillä, esimerkiksi ihminen ei kykene havaitsemaan pieniä lämpötilanmuutoksia. Näinollen, ei ole aina taloudellisesti kannattavaa, kohteesta riippuen, suorittaa liian tarkkoja säätöjä. Energiateollisuus ry on asettanut suosituksia suurimpiin sallittuihin säätöpoikkeamiin, joista kerron myöhemmin lisää.

Tehtyjen havaintojen ja valvomon ohjelmiston mukaan, niin ilmastointikoneverkoston, kuin patteriverkostonkin menoveden mitattu lämpötila oli muutaman asteen korkeampi, kuin asetusarvoin haluttu arvo. Tarkalleen ilmastointikoneverkoston lämpötila oli, kahtena eri päivänä tarkastettuna, 4,5 celsiusastetta korkeampi kuin asetusarvo. Niin ikään, patteriverkoston lämpötila oli 3 astetta asetusarvoa korkeampi. Energiateollisuus ry:n julkaisun K1/2013 suosituksien mukaan, suurin pysyvä poikkeama asetusarvosta on +/- 2 celsiusastetta, ja suurin hetkellinen poikkeama asetusarvosta on lämmityksen säätöjärjestelmissä +/- 5 astetta, lisäksi suurin sallittu jatkuva huojunta käyttöveden säätöjärjestelmissä on +/- 2 celsiusastetta ja muissa säätöjärjestelmissä 0,5 celsiusastetta (Energiateollisuus ry 2014).

Huolimatta siitä, että poikkeamat eivät ole suuria, tulisi kuitenkin muistaa, että veden ja ilman lämmittäminen yli halutun arvon kuluttaa aina ylimääräistä energiaa. Lisäksi, mitä isompi kiinteistö on kyseessä, sitä isommaksi kustannukset kasvavat. Näinollen patteriverkoston ja ilmastointikoneverkoston lämpötilapoikkeamiin olisi suositeltavaa puuttua kiinteistöautomaation modernisoinnin yhteydessä tai lähitulevaisuudessa. Esimerkiksi säätimien tai säädön epätarkkuuteen ja viallisen kenttälaitteen, kuten anturin, huolto on kannattavaa suorittaa kiinteistöautomaatiojärjestelmän modernisoinnin yhteydessä.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Yhteenvetona kiinteistöautomaation modernisointi terätehtaalla on ehdottomasti suoritettava mahdollisimman nopeasti jo pelkästään siksi, että vanhan järjestelmän vikaantuessa ei ole saatavilla korvaavia vara-osia. Järjestelmän valitseminen kahden kilpailevan eri valmistajan välillä on kuitenkin asiakkaasta, tässä tapauksessa toimeksiantajasta, kiinni. Erot eivät ole kustannusten kannalta ajateltuina suurina, joten on kiinnitettävä huomiota itse järjestelmien tuomiin asiakohtiin ja siihen, mitkä ovat asiakkaan mielipyyksiä järjestelmää kohtaan.

Uudistaessa järjestelmää, olisi myös järkevää tarkastaa IV- ja patteriverkostojen lämpötilojen mittausrvojen poikkeamat ja selvittää, onko syy esimerkiksi viallisessa säädössä vai laitteistossa. Lisäksi, mikäli mahdollista, olisi kannattavaa modernisoida valaistus vanhoista valaisimista modernimpiin ja energiatehokkaampiin led-valaisimiin ja suorittaa valaistuksen ohjaus esimerkiksi kellokytkimin ja valoisuusmittarein.

Jatkotoimenpiteinä olisi tärkeää jatkaa opinnäytetyössä suoritettua tehtaan kartoituksen perusteella esille tuotujen kohteiden määrittämistä. Suoritettujen mittausten perusteella, led-valaistuksen asentamista koneistamon puolelle ei ole estettä olosuhteita ajatellen. Valimon ja uunin puolelta kuitenkin tarvitaan lisämittauksia tuotantoprosessien ollessa käynnissä, mikäli led-valaistus halutaan tuoda sinne. Jatkotutkimuksia ajatellen olisi myös suositeltavaa suorittaa laskentaa valaisimien päivityksen kannattavuudesta, sillä aikataulullisesti ei ollut mahdollista suorittaa taloudellista kustannuslaskentaa. Laskennassa tulisi ottaa huomioon valojen ohjaukseen investoinnin kannattavuuden ja led-valaistukseen siirtymisen kannattavuuden. Siirryttäessä led-valaistukseen, on tärkeää suorittaa lämpötilamittauksia ja hiukkasmittauksia tehtaassa valimon puolelta, jotta varmistuttaisiin, etteivät led-valaisimien elinkaaret lyhene merkittävästi vaihtelevien olosuhteiden vuoksi. On myös huomioimisen arvoista, että ohjauksen tekeminen aiheuttaa suorittamistavasta riippuen kuluja esimerkiksi vaadittavan ohjelmoinnin ja asennuskulujen myötä. Valaistuksen ohjaus voi suorittaa DALI-väylää hyödyntäen käyttäen kellokytkimin aikaohjelmaa, liikkeentunnistimin tai valoisuusmittarein. Luonnollisesti kerääntyvä energiansäästö näkyy konkreettisesti pienentyvänä sähkölaskuna.

## 7 POHDINTA

Aikataulullisesti opinnäytetyöprojekti eteni suunnitellusti. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuoda toimeksiantajalle tulevan kiinteistöautomaatiojärjestelmän modernisoinnin projektiin vaihtoehto vanhan järjestelmän valmistajan tarjouksen lisäksi ja samalla tutkia tehtaassa nykyisen järjestelmän toimintaa sekä tuoda esille vikakohtia. Edellä mainituissa tavoitteissa mielestäni onnistuttiin. Opinnäytetyön yhteydessä suoritettavat mittaukset ovat luotettavia ja valideja. Kuitenkin lisämittauksia vaadittaisiin esimerkiksi valaistuksen päivittämisen tarpeisiin eri tuotannonprosessien ollessa käynnissä, sillä mittauksia ei ollut mahdollista suorittaa silloin.

Projektissa mukana olo oli mielestäni erittäin mielenkiintoista. Tarjousten pyytäminen valmistajilta ja suunnittelu yhteistyössä toimeksiantajien sekä valmistajien kanssa oikean järjestelmän valitsemiseksi oli antoisaa. Myöhemmin vanhan järjestelmän kartoitus sekä laitteiden toimintaan perehtyminen ja vikakohteiden etsintä näytti kiinteistöautomaation ja talotek-



niikan kiinnostavuuden kokonaisuuden laajuutensa puolesta. Olisin mielelläni jatkanut projektia asennus- ja toteutusvaiheeseen saakka, mutta aikataulullisesti siihen ei ollut mahdollisuutta.

Lopuksi haluaisin kiittää HAMK:lta ohjaajaani Timo Väisästä antamastaan tuesta sekä Valkeakosken Valmetilta Jussi Savolaista ja Sanna Hakalaa mahdollisuudesta olla mukana tämän projektin toteuttamisessa sekä Siemensiltä ja Schneider Electriciltä yhteyshenkilöitä, jotka olivat mukana edesauttamassa projektin etenemistä.

## LÄHTEET

Energiateollisuus ry, Lämmönkäyttötoimikunta (2014). Rakennusten kaukolämmitys, määräykset ja ohjeet. Haettu 26.10.2016 osoitteesta [http://energia.fi/sites/default/files/julkaisuk1\\_2013\\_20140509\\_0.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/julkaisuk1_2013_20140509_0.pdf)

Energiavirasto (2016). Suurten yritysten pakolliset katselmukset. Haettu 10.11.2016 osoitteesta <https://www.energiavirasto.fi/suurten-yritysten-pakolliset-katselmukset>

Harju, P. (2014). *Talotekniikan perusteet*. Kouvola: Penan tieto-opus.

Härkönen, P., Mikkola, J., Piikkilä, V., Sahala, A., Sahlstén, T., Sandström, B., Sirviö, A., Spangar, T. & Sulku, J. (2012). *Rakennusautomaatiojärjestelmät*. Espoo: Sähköinfo.

PAKMELO Oy (n.d). Kanava-anturi TEK PT 1000 Produal. Haettu 13.10.2016 osoitteesta <http://www.pakmelo.fi/tuote/kanava-anturi-tek-pt-1000/>

PEREL Oy (n.d). Hiilidioksidianturi Ahlborn FYA600CO2. Haettu 13.10.2016 osoitteesta [https://verkkokauppa.perel.fi/44326959/Hiilidioksidianturi\\_Ahlborn\\_FYA600CO2](https://verkkokauppa.perel.fi/44326959/Hiilidioksidianturi_Ahlborn_FYA600CO2)

Piikkilä, V., & Sahlstén, T. (2006). *Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät*. Espoo: Sähköinfo.

Purso Oy (n.d). Linear M – Energiansäästäjän yleisvalaisin. Haettu 31.10.2016 osoitteesta <http://www.snep.fi/fi/tuotteet/valaisimet/linear-m/>

Schneider Electric (2016a). Kiinteistöautomaatio – ylläpitosopimukset. Haettu 8.11.2016 osoitteesta [http://www.schneider-electric.fi/sites/finland/fi/tuotteet-palvelut/palvelut/yllapitosopimukset\\_kiinteistoautomaatio.page](http://www.schneider-electric.fi/sites/finland/fi/tuotteet-palvelut/palvelut/yllapitosopimukset_kiinteistoautomaatio.page)

Schneider Electric (2016b). Smart Struxure solution. Haettu 17.11.2016 osoitteesta <http://www.schneider-electric.com/en/product-range/62111-smartstruxure-solution/>

Siemens (2004). Building process station BPS. Haettu 6.10.2016 osoitteesta [https://www.downloads.siemens.com/download-center/d/Building-Process-Station-BPS-NetBPS-BPS1---\\_21344\\_hq-en.pdf?mandator=ic\\_bt&segment=HQ&fct=downloadasset&pos=download&id1=21344](https://www.downloads.siemens.com/download-center/d/Building-Process-Station-BPS-NetBPS-BPS1---_21344_hq-en.pdf?mandator=ic_bt&segment=HQ&fct=downloadasset&pos=download&id1=21344)

Siemens (n.da). Desigo Insight -valvomo-ohjelmisto. Haettu 15.9.2016 osoitteesta [http://www.siemens.fi/fi/infrastructure\\_and\\_cities/talotekniikka/rakennusautomaatio/saatolaitteet\\_ja\\_jarjestelmat/desigo\\_insight\\_valvomo.htm](http://www.siemens.fi/fi/infrastructure_and_cities/talotekniikka/rakennusautomaatio/saatolaitteet_ja_jarjestelmat/desigo_insight_valvomo.htm)

Siemens (n.db). Desigo PX -alakeskukset. Haettu 04.10.2016 osoitteesta [http://www.siemens.fi/fi/infrastructure\\_and\\_cities/talotekniikka/rakennusautomaatio/saatolaitteet\\_ja\\_jarjestelmat/px\\_alakeskukset.htm#toc-1](http://www.siemens.fi/fi/infrastructure_and_cities/talotekniikka/rakennusautomaatio/saatolaitteet_ja_jarjestelmat/px_alakeskukset.htm#toc-1)

Suomäki, J., & Vepsäläinen, S. (2013). *Talotekniikan automaatio – Käyttäjän opas*. Helsinki: Kiinteistöalan Kustannus Oy ja kirjailijat.

Sähköteknisen Kaupan Liitto STK (n.d). Luxomat PD4-M-DALI/DSI-FP läsnäolotunnistin uppoasennukseen. Haettu 13.10.2016 osoitteesta <http://www.sahkonumerot.fi/2603013/>

Takowa Oy (n.d). PSE Paine-eroanturi. Haettu 13.10.2016 osoitteesta <http://www.takowa.fi/fi/tuotteet/paine/pse-paine-eroanturi>

Tammiholma Oy (n.d). Taajuusmuuttaja Danfoss FC-102 2,2 kW. Haettu 13.10.2016 osoitteesta <http://www.tammiholma.fi/tuote/taajuusmuuttaja-danfoss-fc-102-22-kw-2/>

Vaisala (n.d). HMW90 –sarjan kosteus- ja lämpötilalähettimet vaativiin ilmanvaihdon sovelluksiin. Haettu 13.10.2016 osoitteesta <http://www.vaisala.fi/fi/products/humidity/Pages/HMW90.aspx>

Värjä, P., & Mikkola, J. (2012). *Uusi kiinteistöautomaatio: Automaatio- ja säätötekniikka*. Kuusankoski: Mikro-oppi