

Antti Janhunen

Kiinteistöautomaatiojärjestelmän vaikutus  
kauppa- ja liikennekeskuksen  
energianhallintaan

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Automaatiotekniikka  
Insinöörityö  
8.6.2011

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Antti Janhunen Kiinteistöautomaatiojärjestelmän vaikutus kauppa- ja liikennekeskuksen energianhallintaan 61 sivua 8.6.2011
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaajat	Koulutuspäällikkö Antti Liljaniemi Lehtori Jarmo Tapio
<p>Työssä tutkittiin kiinteistöautomaatiojärjestelmän vaikutusta kauppa- ja liikennekeskuksen energianhallintaan. Tutkimuskohteena oli Helsingin keskustassa sijaitseva Kampin keskus, joka koostuu kauppakeskuksesta, kahdesta liikenneterminaalista, toimisto- ja asuinkiinteistöistä, tavara-asemasta sekä pysäköintihallista.</p> <p>Selvitystyön tavoitteena oli tutkia kiinteistökokonaisuuden automaatiojärjestelmän nykytila sekä tuoda esille mahdollisia korjaus-, kehittämis- ja parannustoimenpiteitä. Lähtökohtina olivat keskuksen energiataloudellisuuden sekä sisäolosuhteiden parantaminen. Tutkimus suoritettiin reilun vuoden mittaisena projektina, jolloin rakennusautomaatiojärjestelmän toiminta eri vuodenaikoina havainnollistui käytännössä.</p> <p>Tutkimustulokset kertovat rakennusautomaatiojärjestelmän toimivuuden vaikuttavan suhteellisen paljon kiinteistön kokonaisenergiankulutukseen. Hyvin hallittu ja ajan tasalla oleva automaatiojärjestelmä säästää kiinteistön ylläpitokuluissa ja on lähes korvaamaton työkalu kiinteistön toimintojen ohjaamisessa. Tutkimuskohteessa saavutetaan todennäköisesti muutaman sadan tuhannen euron vuotuinen säästö automaatiojärjestelmän optimoimisella.</p> <p>Työssä käydään läpi automaatiojärjestelmän lisäksi myös muita kokonaisuuden kannalta energiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä. Kuten lukuisissa muissakin asioissa, kiinteistöjen energiankulutus määräytyy monen eri osatekijän summana.</p> <p>Tulosten perusteella kiinteistöjen ohjausteknisiin järjestelmiin kannattaa kiinnittää huomiota. Yksittäisissä kiinteistöissä saavutettavien säästöjen merkitys valtakunnallisella tasolla on valtava. Toiminnalla autetaan nykyisen ilmastopolitiikan asettamaa päästöjen vähentämistavoitetta. Siitä hyötyvät kiinteistöjen omistajien lisäksi kiinteistöjen käyttäjät sekä koko yhteiskunta.</p>	
Avainsanat	kiinteistöautomaatio, rakennusautomaatio, energiatehokkuus, optimointi

Author	Antti Janhunen
Title	The effect of a building automation system in the energy consumption of a shopping and bus transport center
Number of Pages	61 pages
Date	8 June 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Antti Liljaniemi, Head of Degree Programme Jarmo Tapio, Lecturer
<p>This report is about the effect of a building automation system in the energy consumption of a large shopping and bus transport center. The study was conducted in the Kamppi Center located in Helsinki, Finland. The center is best known for its largest part, shopping center Kamppi, and for its two underground bus traffic terminals. The Kamppi Center includes also three office and apartment buildings, a parcel services center and a parking garage.</p> <p>The main goal of this study is to examine the present state of the automation system that is used to control the functions of the property, and to find out different ways to improve the functionality of automation in order to save money in energy costs. Another purpose of the study is to improve the conditions inside the complex.</p> <p>The results of this study show that the automation system has a huge effect in the energy costs of properties. A well accomplished and specially tuned automation system saves a lot of money needed to upkeep buildings every year. A correctly operating automation system is an indispensable maintenance tool in properties. In Kamppi Center, the approximated saving in energy costs, gained by tuning up the system, is worth several hundred thousand euros in a year.</p> <p>In addition to examining the building automation system, different issues having an effect in the energy consumption of properties, are presented in this report. The energy consumption consists of numerous factors.</p> <p>In the light of the results, it is very profitable to pay attention to the technical control systems of properties. The amount of money saved in one building accumulates into a massive sum on the level of the whole society. Energy saving also helps to tackle the climate change by reducing carbon dioxide emissions. An energy efficient property saves the money of the owners and the tenants, and generates desired savings to the whole society.</p>	
Keywords	automation system used in buildings, energy efficient property automation, reducing carbon dioxide emissions of a house

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kampin keskus	3
2.1	Kampin keskuksen esittely	3
2.2	Kampin keskuksen LVI-tekniikka	6
2.3	Kampin keskuksen automaatiotekniikka	8
2.4	Kampin keskuksen haasteellisuus automaation ohjausten näkökulmasta	10
3	Kiinteistöautomaatio	16
3.1	Kiinteistöautomaatio yleisesti	16
3.2	Kiinteistöautomaation tuomat mahdollisuudet rakennusten ohjauksessa	17
3.3	Kiinteistöautomaatiolla saavutettava optimointi	19
3.4	Optimointi Kampin tapauksessa – työn lähtökohdat	20
4	Kampin automaatiojärjestelmässä havaitut ongelmat	22
4.1	Prosessikohtaiset ongelmat sekä niiden korjausehdotukset	22
4.2	Sähkö	22
4.3	Ilmanvaihto	26
4.4	Lämmitys	33
4.5	Jäähdytys	38
5	Järjestelmässä tehtävillä parannuksilla saavutettavat hyödyt	43
5.1	Energiataloudellisuuden näkökulma	43
5.2	Kiinteistön omistajan näkökulma	44
5.3	Vuokralaisen näkökulma	44
5.4	Kiinteistöhuollon näkökulma	46
6	Kampin kiinteistöautomaatiojärjestelmän tilanne keväällä 2011	47
6.1	Toteutuneet ja suunnitellut toimenpiteet	47
6.2	Toimenpide-ehdotukset	51
6.3	Arvio projektin kokonaissästöistä sekä vaikutuksesta Kampin keskukseseen	53
6.4	Elinkaarimalli kiinteistöautomaation näkökulmasta	55
6.5	Jatkotoimet Kampin automaatiojärjestelmän osalta	58



7 Yhteenveto

59

Lähteet

61

## 1 Johdanto

Nykyään energialla ja erityisesti tämän kulutuksella on suuri merkitys yhteiskunnassa. Tilastokeskuksen ennakkotietojen mukaan vuonna 2010 Suomen kokonaisenergiankulutus oli 402 TWh. Kiinteistöjen vuosittain käyttämä energia on noin 40 prosenttia maan kokonaisenergiankulutuksesta. Monen eri kiinteistön kohdalla on kuitenkin mahdollista alentaa kulutusta useita kymmeniä prosentteja. Tällöin saavutetaan suuret kiinteistökohtaiset vuotuiset säästöt, valtakunnallisesta säästöstä puhumattakaan. Parhaimmat työkalut energianhallintaan antaa toimiva kiinteistöautomaatiojärjestelmä, jolla erilaiset prosessit voidaan virittää toimimaan mahdollisimman hyvin ja energiatehokkaasti.

Tässä tapauksessa tutkimuskohteena on Helsingin keskustassa sijaitseva Kampin keskus, joka käsittää liike- ja liikennekeskuksen lisäksi myös toimisto- ja asuintaloja sekä pysäköintilaitoksen. Tarkoituksena on selvittää keskuksen automaatiojärjestelmän nykytila sekä tuoda esille mahdolliset energiansäästöön tähtäävät parannusehdotukset perusteluineen. Kohteen tekee haasteelliseksi sen monimuotoinen toiminta noin sadan tuhannen päivittäisen kävijän, bussiterminaalien sekä osin 24 tuntia vuorokaudessa auki olevien yleisötilojen johdosta. Työssä pyritään tutkimaan nimenomaan kiinteistöautomaatiojärjestelmän vaikutusta näinkin haasteellisen kohteen energianhallinnassa.

Kampin keskuksen kiinteistökokonaisuuden vuotuiset energiakulut ovat suuret. Tämän johdosta säästötoimenpiteillä saavutettavat prosentuaalisesti pienet säästöt merkitsevät kuitenkin paljon rahaksi muunnettuna. Säästöistä hyötyvät niin kiinteistönomistajat kuin liikekeskuksen vuokralaiset ja asukkaat. Pitkällä tähtäimellä jopa kauppakeskuksen asiakkaat saattavat nähdä tulokset alentuneissa tuote- ja palveluhinnoissa.

Kokonaisuuden kannalta tärkeitä ovat kiinteistöautomaatiosta vastaava henkilökunta, ja optimaalisesti toimivat osaprosessit. Näin massiivisen järjestelmän toimintaa on seurattava jatkuvasti toimintahäiriöiden ja laitevikojen poiskitkemiseksi. Satunnainen käsisäätökään ei ole poissuljettua olosuhteiden muuttuessa esimerkiksi vuodenaikojen

vaihtelun seurauksena. Toimenpiteiden taustalla pääajatuksena on säästöjen lisäksi mahdollisimman hyvien sisäolosuhteiden saavuttaminen ja ylläpito.

Projektin alkuvaiheessa Kampin keskuksen automaatiojärjestelmää on vain tarkkailtu tämän toiminnan selvittämiseksi, järjestelmään tutustumiseksi sekä mahdollisten ongelmakohtien havaitsemiseksi. Järjestelmän laajuuden ja suuruuden johdosta tutustumiseen käytetty aika on melko pitkä. Kone- ja järjestelmäkohtaiset säätökaaviot ovat olleet hyödyllisiä eri koneiden ja järjestelmien oikean toiminnan hahmottamisessa. Tutkimuksen aikana vaihdelleet vuodenaajat, ja näin ollen myös ulkolämpötilat ja -olosuhteet ovat tuoneet järjestelmästä esille tietoa, jota ei olisi pystynyt havaitsemaan lyhyellä tarkasteluajavälillä.

Tässä tutkimusraportissa käydään läpi eri järjestelmissä havaitut ohjaustekniset ja turhaan energiankulutukseen liittyvät ongelmakohtat yleisellä tasolla, muutaman esimerkin havainnollistamana. Laitekohtaisiin ongelmiin ei syvennyttä sen laajemmin.

## 2 Kampin keskus

### 2.1 Kampin keskuksen esittely

Kampin keskus koostuu laskentatavasta riippuen noin 10 eri yhtiön omistamista tiloista. Suurimpana omistajana keskuksessa on Kamppi Center Investments Oy, joka on yhtä kuin kauppakeskus Kamppi (kuva 1). Kauppakeskukseen kuuluu myös Helsingin Sähkötalon alakerran kauppakeskusosa, joka kuitenkin jätetään tarkastelun ulkopuolelle tässä opinnäytetyössä.



Kuva 1: Kauppakeskus Kamppi Narinkkatorin suunnasta kuvattuna. Vasemmalla taustalla näkyvät Kampin keskuksen kuuluvat toimistotornit.

Muita yhtiöitä Kampin keskuksessa ovat liikenneterminaalit Kiinteistö Oy Espoon Terminaali sekä kaukoliikenneterminaali, joka on Helsingin kaupungin omistama ja Matkahuolto Oy:n kanssa yhdessä hallinnoima laitos. Keskukseseen kuuluu myös Salomon Pysäköinti Oy, joka tunnetaan paremmin nimellä P-Kamppi. Muita yhtiöitä

ovat kolme asuinkerrostaloa, As. Oy Helsingin Anna, Salomo ja Fredrik (kuva 2), sekä liikekiinteistöt KOy Helsingin Simontorni, Urhontorni ja Kampintorni. Matkahuolto Oy:n tavara-asema toimii Helsingin kaupungin tiloissa.



Kuva 2: Kampin keskuksen kolme asuinkerrostaloa Tennispalatsinaukion suunnalta kuvattuna.

Kaikkien yhtiöiden yleistä etua sekä asioita hallinnoi Kampin Keskus Oy, johon kuuluu yksi työntekijä, toimitusjohtaja Lasse Vikholm. Toimitusjohtaja Vikholmilla on täysi työ pitää huoli erinäisten sopimusten toteutumisesta muutenkin monimutkaisessa kompleksissa. Kampin keskuksen yhtiöille on luotu jo valmistumisvaiheessa yhteisjärjestelysopimus, jossa määritellään kullekin osapuolelle kuuluvat kulut ja ylläpitovastuut sekä -velvollisuudet.

Kampin keskus kattaa maantieteellisesti Helsingin vanhalta linja-autoasemalta ulottuvan maa-alueen aina Fredrikinkadulle asti (kuva 3). Sähkötalo mukaan luettuna, joka tosin ei kuulu Kampin keskuksen, alue jatkuu jopa Runeberginkadulle asti. Etelä-pohjoissuunnassa tarkasteltaessa rajaavat alueet ovat Salomonkatu sekä Urho



Kekkonen katu. Oman "lisämausteen keitokseen" tuovat monen naapurikiinteistön kanssa jaetut huolto- ja liikennöintiluiskat, joita on yhteensä neljä kappaletta. Näitä ovat Espoon terminaalia palveleva joukkoliikennetunneli, Jaakonkadun ajoluiska, nykyisen Antinkadun luiska sekä Olavinkadun luiska. Edellä mainittujen ajovyölien lisäksi on vielä lukuisia hätäpoistumisteitä Kampin keskuksen ja naapurikiinteistöjen välillä.



Kuva 3: Kuvan keskellä on rakenteilla oleva Kampin keskus vuonna 2005. Vanhan linja-autoaseman takana olevalla Narinkkatorilla on vielä työmaaparakit sekä rakennustarvikkeita. Kauppakeskus Kamppi sekä tämän takana olevat kolme toimisto- sekä asuintaloa ovat kohonneet jo lähes lopulliseen muotoonsa.

Kampin Keskus Oy:n työtaakkaa, kuten myös palveluntuottajien työmäärää, lisäävät monet kulunjakotaulukot, joiden mukaan tietyllä alueella suoritettujen töiden tai esimerkiksi kulutetun energian kulut jaetaan pahimmillaan 11 eri osakkaalle. Onkin erittäin tärkeää olla tietoinen siitä, missä mitään tehdään ja mihin asiaan liittyy. Kampin keskuksessa kiinteistön johdon ja eri palveluntuottajien, ennen kaikkea kiinteistö- ja käyttäjäpalveluita tuottavan yrityksen henkilökunnan välillä onkin oltava todella hyvä ja tehokas yhteistyö.

## 2.2 Kampin keskuksen LVI-tekniikka

Kampin keskus otettiin käyttöön kahdessa erässä, reilun vuoden mittaisella valmistumisajankohdan erolla. Ensimmäinen osa valmistui vuonna 2005. Näin ollen kiinteistöissä käytetty LVI-tekniikkakin on enimmäkseen kyseiseltä vuodelta. IV-laitteet ovat suurimmalta osin lämmöntalteenotolla varustettuja tulo- ja poistoilmakoneita. Erilaisista olosuhteista johtuen, käytössä on myös pelkkiä tulo- tai poistoilmakoneita. Ilman lämmitys on toteutettu joko kaukolämmöllä tai sähköllä. Valintaan on vaikuttanut, onko kone ollut alkuperäisessä suunnitelmassa vai toteutettu jälkikäteen ns. pakon sanelemana. Sähkölämmitteisiä koneita on vain muutama ja nekin ovat ilmamääriltään pienehköjä.

Kampissa on käytetty kolmea erilaista lämmöntalteenottojärjestelmää. Yleisin on tehokkaan hyötysuhteen omaava pyörivä kiekko. Kahta muuta järjestelmää, LTO-kuutiota ja neste-LTO:ta, on suurin piirtein saman verran. Näiden käyttöön ovat vaikuttaneet suuresti koneiden vaikutusalueella olevien tilojen käyttötarkoitus sekä yhtiö, jonka konehuoneessa kone sijaitsee. Lämmöntalteenottokiekkoja on ainoastaan KCI:n omistamissa tiloissa.

Vailla minkäänlaista lämmitystä olevia, suuren ilmamäärän käsittäviä, IV-koneita on bussiterminaaleissa sekä pysäköintilaitoksessa. Tiloihin puhalletaan suoraan ulkoilmaa, ja poistettu ilma puhalletaan suoraan ulos. Terminaalien ilmanvaihto on toteutettu tehokkaiden aksiaalipuhaltimien avulla (kuva 4).



Kuva 4: Kaukoliikenneterminaalin liikennöntialueelle ulkoilmaa puhaltavia aksiaalipuhaltimia.

Lämmitykseen Kampin keskuksessa käytetään kaukolämpöä, jäähdytys hoidetaan kaukokylmällä. Sisätiloja lämmitetään enimmäkseen ilman välityksellä, vesikiertoisia lämpöpattereita sijaitsee ainoastaan ulkoseinillä. Jäähdytys toteutetaan pääosin jäähdyttämällä tuloilmaa. Liiketiloiissa käytetään myös jäähdytyskonvektoreita. Toimistorneissa on lisäksi jäähdytyspalkkeja, joiden läpi tuloilma puhalletaan toimistoon. Erillisiä jäähdytinlaitteita on vain muutamia, ja nekin palvelevat myöhemmin toteutettuja, sijainniltaan kaukana kaukokylmäjohdoista olevia teknisiä tiloja, serverihuoneita jne.

Nykymallin mukaisesti Kampin keskuksen sähkökäytöt ovat lähes poikkeuksetta taajuusmuuttajaohjattuja (kuva 5). Ilman taajuusmuuttajaa ovat ainoastaan nestelämmöntalteenottopiirien ja IV-koneiden lämmityspattereiden kiertovesipumput. Lämmitys- ja jäähdytysvesiverkostojen pumput ovat energiatehokkaasti paine-ero-ohjattuja.



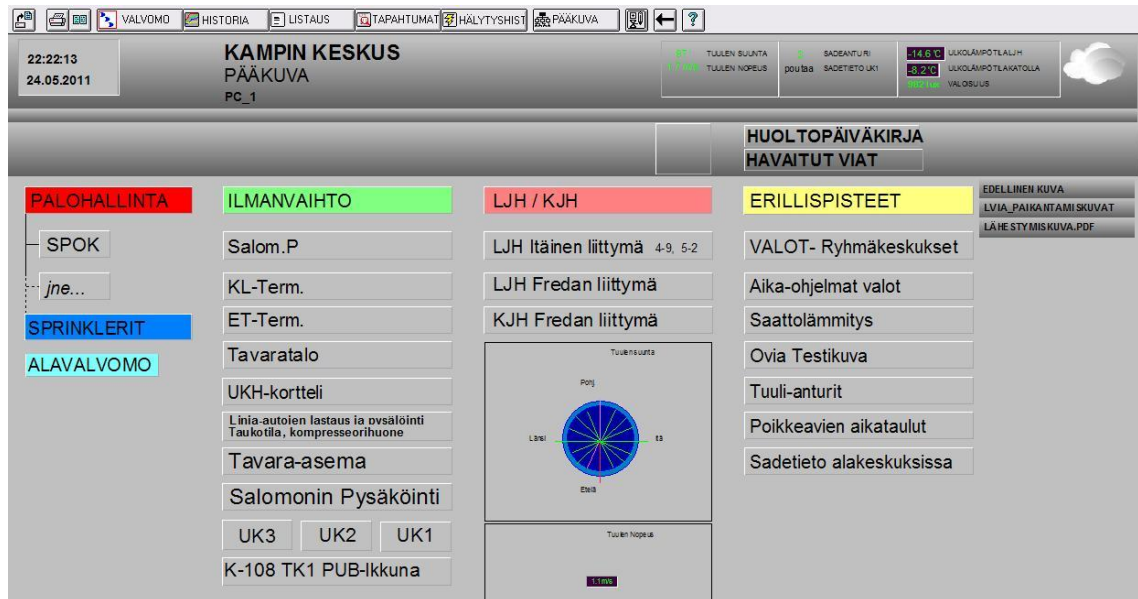


Kuva 5: Yhden ilmanvaihtokoneen sähkö- ja ohjauskeskus. Sähkönsyötön lisäksi kuvassa näkyvät automaatioalakeskus sekä sähkömoottoreita ohjaavat taajuusmuuttajat.

### 2.3 Kampin keskuksen automaatiotekniikka

Kampin keskuksessa on entisen AtmosTech Oy:n toimittama keskitetty kiinteistöautomaatiojärjestelmä, jonka PC-valvomon (AtmosWare) kautta voidaan hallita energianmittausta ja kulunvalvontaa lukuun ottamatta koko Kampin keskuksen kiinteistötekniikkaa (kuva 6). Järjestelmä koostuu PC-valvomosta, joka pitää sisällään prosessien valvomografiikan, sekä alakeskuksista, jotka hallitsevat itse toimintoja. Alakeskuksia on reilusti toista sataa, ja käytössä olevia mittaus-, ohjaus-, säätö-,

hälytys- ja indikointipisteitä on käytössä noin 25 000 kappaletta. Alkuperäisestä suunnitelmasta on vuosien varrella karsittu pois noin 6000 pistettä.



Kuva 6: Kampin keskuksen automaatiojärjestelmän valvomografiikan pääkuva.

Kiinteistötekniikan tavanomaisen ohjauksen lisäksi automaatiojärjestelmällä on toinenkin merkittävä rooli. Kohteen suuren ja monimuotoisen käytön johdosta turvallisuus palotilanteissa on merkittävässä asemassa. Kiinteistöautomaatiojärjestelmä ohjaa paloilmoinlaitteistolta saadun tiedon mukaisesti koko keskusta koskevia savulohkokohtaisia toimintoja. Käytännössä koko Kampin keskuksen toiminta lamautuu toisen vaiheen palohälytyksestä ja järjestelmä käynnistää automaattisesti savunpoiston hälytyksen antaneelta alueelta. Kyseessä on tietävästi koko Suomen laajin ja monimutkaisin kiinteistöautomaation ohjaama paloturvajärjestelmä.

Kampissa käytetään keskuksen sisäisessä tiedonsiirrossa Siemensin OTN-verkkoa (Open Transport Network), johon voidaan liittää eri laitevalmistajien laitteita. Valokuitua tiedonsiirrossa käyttävään OTN-verkkoon onkin liitetty kiinteistöautomaatiojärjestelmän lisäksi kulunvalvonta sekä kameravalvontajärjestelmät.

Automaatiolla hallittavia toimintoja Kampissa ovat lämmitys ja jäähdytys, ilmanvaihto, valaistus, piha- ja saattolämmitykset, juoma-automaatti sekä suihkulähde. Palotilanteiden varalta ohjataan myös palo-ovia, savuverhoja, liukuportaita, hissejä, savunpoistojärjestelmiä, ylipaineistuksia jne. Ohjausten lisäksi saadaan hälytys- ja indikointitietoja sprinklerijärjestelmästä, sähkökeskuksista, muuntamoista, invavessoista sekä muun muassa vallitsevasta ulkoilmasta.

#### 2.4 Kampin keskuksen haasteellisuus automaation ohjausten näkökulmasta

Kiinteistöautomaatioteknisistä laitoksista Kampi ei ole ohjattavuudeltaan suinkaan helpoimmasta päästä. Säädon tekevät erittäin haasteelliseksi Kampin keskuksen monimuotoisuus, avarat toisiinsa yhteydessä olevat tilakokonaisuudet sekä olosuhteet, jotka muuttuessaan saattavat sotkea esimerkiksi koko keskuksen IV-tasapainon. Arvaamattomien olosuhdemuuttujien aikaansaannoksia on melko hankala ennakoida, puhumattakaan niiden yhteisvaikutuksista. Tästä syystä automaatiojärjestelmä on vaikea ohjelmoida hallitsemaan itsenäisesti erilaisia muutoksia, varsinkaan niin, ettei sisäilman laatu pääsisi radikaalisti heikkenemään. Kun käyttäjien järjestämiin olosuhdemuutoksiin lisätään vielä haasteelliset ulkoilmaolosuhteet, on tilanne vähintäänkin monimutkainen.

Tarkasteltaessa yksittäistä keskuksessa toimivaa prosessia, kuten ilmanvaihtokonetta, lämmityspiiriä tai valaistusta, ei mitään tavanomaisuudesta poikkeavaa ohjausongelmaa ole juuri havaittavissa. Kun tarkastelua laajennetaan koskemaan esimerkiksi Espoon terminaalin matkustaja-aulan (kuva 7) ja liikennöintialueen välistä ilmanpainesuhdetta, päädytäänkin jo todella hankalaan yhtälöön. Sen ratkaiseminen ja ylläpitäminen halutuissa arvoissa on käytettävissä olevalla tekniikalla ja alkuperäisellä ohjelmointisuunnitelmalla toisinaan mahdotonta.



Kuva 7: Espoon terminaalin matkustaja-aula.

Espoon terminaalin ulko- ja sisätilojen väliseen ilmanpaineeseen vaikuttavat liikennöintialueen (kuva 8) puolelta joukkoliikennetunnelissa sekä Jaakonkadun varatiellä vallitsevat tuuliolosuhteet, joita sekoittavat tunneleissa liikennöivät linja-autot. Sisäpuolisia muutoksia tuovat kauppakeskuksessa kulloisellakin hetkellä auki tai kiinni olevat ulko-ovet, ulko-ovien kautta sisään jostain suunnasta puhaltava tuuli ja kaukoliikenneterminaalin painetasapaino. Jopa metron liikennöinti ja siitä aiheutuva painemuutos vaikuttavat tarkasteltavaan tasapainoon. Jos lisäksi huomioidaan sisä- ja ulkolämpötilojen eron vaikutus ihmisten tuntemuksiin ja viihtyvyyteen, on tilanne ohjausten näkökulmasta lähes toivoton.





Kuva 8: Espoon terminaalin liikennöintialue.

Sisäänkäyntejä kauppakeskuksessa on toistakymmentä, unohtamatta bussiterminalleja, Sähkötaloa, metroa sekä Forumin yhdyskäytävää (kuva 9). Tilanne muistuttaa reikäjuustoa, jolloin ilman virtaamista keskuksen sisällä eri sisäänkäyntien välillä on mahdotonta ennustaa. Toisin sanoen tämä aiheuttaa keskuksen eri kohtiin erilaisia olosuhteita, joihin pitäisi pystyä vaikuttamaan automaation turvin. Muuten olosuhteet keskuksen eri osissa vaihtelevat liian paljon.



Kuva 9: Kauppakeskuksen Annankadun sisäänkäynti.

Kokonaistarkastelun kannalta tilanne ei ole edellä esitetyn yksinkertainen, vaan tarkasteluun on otettava myös yksittäisten liikkeiden sisällä olevat olosuhteet. Niihin vaikuttavat liikkeiden sisäisten muuttujien lisäksi suuresti yleisten tilojen, kuten käytävien, lämpötila, vetoisuus, ilmanlaatu jne. Liikkeiden olosuhteisiin vaikuttavat toimiala, jolla liike operoi sekä sijainti keskuksessa. Vaatekauppojen suurin ongelma ovat valonheittimet, joita liikkeissä on yleensä runsaasti. Valonheittimet aiheuttavat todella suuren lämpökuorman, joka pitäisi pystyä poistamaan jäähdytyksen turvin mahdollisimman tehokkaasti. Olisi ikävää olla villapaitaostoksilla, mikäli hiki valuisi jo astuessa sisään liikkeeseen, sovittamisesta puhumattakaan.

Mitä kauempana sisäänkäyntikerroksista liike sijaitsee, sitä vähemmän viilentävää ilmvirtaa on tarjolla. Ja päinvastoin, mitä lähempänä sisäänkäyntiä ollaan, sitä suuremmat voivat olla vetoisuuden aiheuttamat ongelmat. Vaateliikkeeseen verrattuna, toista ääripäätä esittää pientavaroita myyvä liike, jonka olisi tultava perusilmanvaihdon turvin toimeen sisäänkäynnin läheisyydessä tai esimerkiksi liikenneterminaalin

matkustaja-aulassa, jossa olosuhteet voivat muodostua tavanomaista vaihtelevammiksi.

Esitetyn mukaisen "sekamelskan" ohjaaminen ja hallinta on melko haasteellista. Etenkin, jos tämän toteuttaa mahdollisimman energiatehokkaasti olosuhteiden pysyessä toleransseissa. Tehtävän tekevät hankalaksi kohteen suuri vuorokautinen kävijämäärä sekä aukioloajat. Espoon terminaali on öisin yleensä kiinni alle kolme tuntia. Osa kaukoliikenneterminaalista on auki kellon ympäri, vuoden jokaisena päivänä.

Kampin kauppakeskusta ja liikenneterminaaleja ajoittain vaivaava vetoisuusongelma johtuu pääosin suurista kävijämääristä. Poiketen monesta muusta kiinteistöstä Kampin ulko-ovet saattavat olla joskus useita tunteja yhtäjaksoisesti auki. Tämä johtuu ihmisvirrasta, joka katkeamattomana letkana liikkuu sisään keskukseen ja sieltä ulos. Nykyisillä oviratkaisuilla ei ilmanvirtausta oviaukkojen kohdalla, etenkin tuulisella säällä, pystytä täysin katkaisemaan.

Edellä esitetyissä esimerkeissä Kampin keskusta ei voida ajatella kokonaisuutena, sillä säätötekniistä tavanomaisuutta edustavat keskukseen kuuluvat toimistokiinteistöt (kuva 10) sekä asuintalot. Näiden olosuhdehallinta on huomattavasti kauppakeskusta ja liikenneterminaaleja helpompaa. Oman lisänsä ohjauskokonaisuuteen antavat kuitenkin massiiviset kauppakeskusta ympäröivät ja liikennöintiluisiin vaikuttavat pihalämmitysjärjestelmät, joiden avulla torjutaan talven liukkautta.





Kuva 10: Urho Kekkosen kadulla sijaitsevat toimistotornit.



### 3 Kiinteistöautomaatio

#### 3.1 Kiinteistöautomaatio yleisesti

Kiinteistöautomaatiojärjestelmän tarkoituksena on hoitaa itsenäisesti keskeisiä kiinteistön lämmitykseen, jäähdytykseen, valaistukseen sekä muihin sähköenergian käyttöön liittyviä prosesseja. Automaatiojärjestelmä ohjaa, säätää, mittaa, indikoi ja valvoo hälytyksiä sekä tallentaa tietoa erilaisista toiminnoista. Pääperiaatteena on ohjata rakennusta mahdollisimman tarkasti ja energiataloudellisesti, kuitenkin sisäolosuhteista tinkimättä. [1, s.11; 2, s. 27; 3, s. 5]

Perinteisesti on käytetty keskitettyä rakennusautomaatiojärjestelmää, jossa kokonaisuutta hallitaan PC-valvomosta. Se on yhteydessä alakeskuksiin, joihin on liitetty kentällä olevat laitteet, kuten toimilaitteet ja anturit. Järjestelmä on kykenevä toimimaan täysin ilman PC-valvomoa. Kaikki ohjelmat ja toiminnot on ohjelmoitu alakeskuksiin, joten ne pystyvät hallitsemaan tilannetta täysin itsenäisesti. Ohjelmoinnin lisäksi PC-valvomon tarkoituksena on näyttää prosessien tila graafisen käyttöliittymän kautta sekä tallentaa eri prosesseista saatava mittaustieto. [1, s. 79-85; 2, s. 50-51; 3, s. 169]

Rakennusautomaatiossa on ollut painetta hajautettuihin järjestelmiin, joissa olisi mahdollista käyttää minkä tahansa laitevalmistajan kenttälaitteita standardoidun tiedonsiirron turvin. Tätä varten on ollut käytössä kymmenen viime vuoden ajan LonWorks-protokolla, joka ei kuitenkaan ole alkanut yleistyä toivotulla tavalla käytössä ilmenneiden teknisten ongelmien johdosta. Siksi näyttääkin siltä, että keskitetyt järjestelmät alakeskuksineen pitävät ainakin toistaiseksi vahvan asemansa kiinteistöautomaation toteutuksessa. Uutena trendinä on kuitenkin tehdä valvomosovellukset internet-pohjaisiksi, jolloin erillistä valvomo-ohjelmistoa ei tarvita. Järjestelmien käyttö onnistuu millä tahansa tietokoneella suoraan internetin välityksellä. LonWorksin korvaavana tiedonsiirtoprotokollana on nykyisin alettu käyttää yhä enemmän BACnet-protokollaa. Aika näyttää, kuinka yleiseksi uusi tiedonsiirtostandardi muodostuu. [1, s. 85; 2, s. 51; 3, s. 150-152, 173; 4]

Kiinteistöautomaatioon tullaan jatkossa liittämään entistä enemmän erilaisia toimintoja eli integroimaan kiinteistöissä käytettyjä erillisjärjestelmiä yhden sovelluksen taakse. Tällaisia voisi olla peruskiinteistöautomaation lisäksi palonvalvontajärjestelmät, kulutusseurantasovellukset, rikosilmoitin- ja kulunvalvontajärjestelmät sekä esimerkiksi henkilöturvajärjestelmä. Integroimalla saavutetaan etuja, joita ovat esimerkiksi säästöt kaapelointi- ja ohjelmistokuluissa, yhden järjestelmäsovelluksen kautta operointi sekä laitteistojen tehokas ja oikea toiminta poikkeustilanteissa. Integraatiota on jo nykyisin havaittavissa automaatio-sovelluksissa. Tulevaisuudessa sen määrä kuitenkin kasvaa huomattavasti. Jatkossa tullaan näkemään myös entistä enemmän tehokkaaseen energianhallintaan liittyviä toimintoja eri järjestelmissä. [1, s. 80; 3, s. 36-39; 4]

### 3.2 Kiinteistöautomaation tuomat mahdollisuudet rakennusten ohjauksessa

Nykyaikaisten kiinteistöjen teknisten laitteiden ja järjestelmien hallinta olisi lähes mahdotonta ilman kiinteistöautomaatiojärjestelmää. Toki ilma saataisiin vaihtumaan ja valot sytytettyä perinteiselläkin tavalla, mutta laitteiden sisältämiä teknisiä mahdollisuuksia mm. energiansäästön näkökulmasta olisi erittäin hankala hyödyntää. Toinen vaihtoehto olisi palkata konemestari ohjaamaan laitteita. Tosin voisi käydä niin, ettei kovinkaan halukkaita säätäjiä löytyisi tehtävään, ja vaikka löytyisi, niin lopputuloksessa ei päästäisi lähellekään automaation tasoa, etenkin jos kyseessä on isompi laitos. Myös pidempiaikaisilta käyttökuluiltaan, automaatiojärjestelmä on huomattavasti vuoroissa toimivaa konemestariporukkaa edullisempi. [1, s. 80]

Hyvin ohjelmoitu automaatiojärjestelmä ohjaa prosesseja mahdollisimman energiatehokkaasti huolehtien siitä, että asetetut sisäolosuhteet toteutuvat parhaimmalla mahdollisella tavalla. Järjestelmään pystyy ohjelmoimaan kullekin kiinteistölle ominaiset toimintatavat, jolloin esimerkiksi turha lämmittäminen tai jäädyttäminen jää pois. Mikä parasta, automaation historiaseurannasta on nähtävissä eri toimintojen toteuma jälkikäteen, kun tutkitaan prosessien toimivuutta tai toimintaa eri olosuhteiden vallitessa. Käytössä on siis riippumaton todistaja, joka saattaa puhua puolesta tai vastaan, tilanteen mukaan. Automaatiojärjestelmä ei myöskään nuku tai ole lomalla, vaan valvoo ja ohjaa kiinteistöä kellon ympäri, vuoden jokaisena päivänä. [1, s. 80]

Suurin automaatiota häiritsevä tekijä on usein ohjelmoija, joka on ohjelmoinut ko. rakennuksen automaatiojärjestelmäpohjaan tai käyttäjä, joka ei osaa tai halua opetella järjestelmän oikeaoppista käyttöä siten, että hallitsisi kaikki ohjelman tuomat mahdollisuudet. On myös tapauksia, joissa järjestelmä vain on niin hankala, ettei sitä opi ilman vuoden mittaista koulutusjaksoa. [4]

Kun kiinteistöautomaatiojärjestelmään on ohjelmoitu rakennuksen tekniikan sisältämät mahdollisuudet kokonaisuudessaan ja käyttäjäkin on sinut järjestelmän kanssa, on automaation käyttö ja sen hyödyntäminen työkaluna parasta mahdollista teknistä kiinteistönhallintaa. Järjestelmä kertoo käyttäjälleen eri prosessien toimivuuden sekä mahdolliset ongelmat ilman, että siihen tarvitsee uhrata päiväkaupalla aikaa. Grafiikkakuvasta tulisi selvittää kertavilkaisulla esimerkiksi LTO-laitteiden laskennallinen huippuhyötysuhde sekä tarkastelun aikainen hyötysuhde. Operaattorin tai järjestelmän käyttäjän on tästä helppo nähdä laitteen toiminnan taso. [5, s. 6]

Lämmöntalteenoton lämpötilahyötysuhde ulkoilmaan voidaan laskea kaavalla:

$$\text{LTO-hyötysuhde } \eta_u = \frac{(T_s - T_u)}{(T_p - T_u)}$$

jossa

$T_u$  = ulkoilman lämpötila

$T_s$  = tuloilman lämpötila LTO:n jälkeen

$T_p$  = poistoilman lämpötila ennen LTO:ta

Vaihtoehtoisesti ja erityisesti IV-koneen tulo- ja poistoilmavirtojen ollessa huomattavan erisuuret voidaan hyötysuhde laskea poistoilman lämpötilan avulla kaavalla:

$$\text{LTO-hyötysuhde } \eta_p = \frac{(T_s - T_{pu})}{(T_p - T_u)}$$

jossa

$T_u$  = ulkoilman lämpötila

$T_p$  = poistoilman lämpötila ennen LTO:ta

$T_{pu}$  = poistoilman lämpötila LTO:n jälkeen ulos

Sisäolosuhteiden vakiona pitäminen vuodenaikojen vaihtelun tai radikaalien sääilmiöiden aikana pitäisi onnistua automaattisen hallinnan lisäksi myös helposti asetuksia muuttamalla ja niin, että kiinteistössä pikemminkin hyödynnetään ulko-olosuhteita kuin yritetään kaikin mahdollisin keinoin taistella niitä vastaan. Tässä tapauksessa voidaan puhua sääennakoinnista, jota voidaan harjoittaa niin operaattorin kuin nykyisin entistä enemmän myös itse automaatiojärjestelmän voimin. Automaatiojärjestelmän merkitys energiansäästäjänä voimistuu päivä päivältä. Enää ei riitä laitteiden hallinta ja ohjaus. Nykyisin tulisi tämän lisäksi tarkastella ja tuottaa tietoa siitä, kuinka hyvin, tehokkaasti ja mahdollisimman pienillä kuluilla ”homma hoituu”. [4]

### 3.3 Kiinteistöautomaatiolla saavutettava optimointi

Automaatiojärjestelmän avulla pääseminen säädettävän kohteen optimointiin voi olla melko hankala saavuttaa ja vaatii järjestelmän ja kohteen todella hyvää tuntemusta. Optimointimalli on kuitenkin asia, johon jokaisen automaatiolaitoksen kanssa tulisi pyrkiä. Kyseisessä mallissa jokainen osaprosessi toimii parhaimmalla mahdollisella tavalla ja pääsee toivottuun lopputulokseen ilman huojuntoja, kohtuuttoman pitkiä säätöaikoja tai mahdollista häirintää muihin ympärillä oleviin prosesseihin. Optimoinnin kannalta pelkästään tämä ei riitä, vaan kokonaisuutta tarkasteltaessa tulee osaprosessien summana päästä vielä mahdollisimman hyvään ja taloudellisen tarkastelun kestävään lopputulokseen. [6, s. 23-24]

Kiinteistöjen kohdalla tämä tarkoittaa sitä, että sisäolosuhteet pysyvät asetusarvoissa niin hyvin, kuin vain on mahdollista. Säädollä saavutettavaan lopputulokseen tulee päästä mahdollisimman pienellä energialla. Jotta tähän päästään, ei kiinteistöstä saa löytyä päällekkäisiä ja vastakkaisia prosesseja lainkaan. Säätimet pitää virittää niin tarkoiksi, etteivät laitteet ala huojua. Kaikki turha on karsittu pois, mutta ohjaustoimintaa on aina tarpeeksi oikeassa paikassa. [6, s. 130-136]

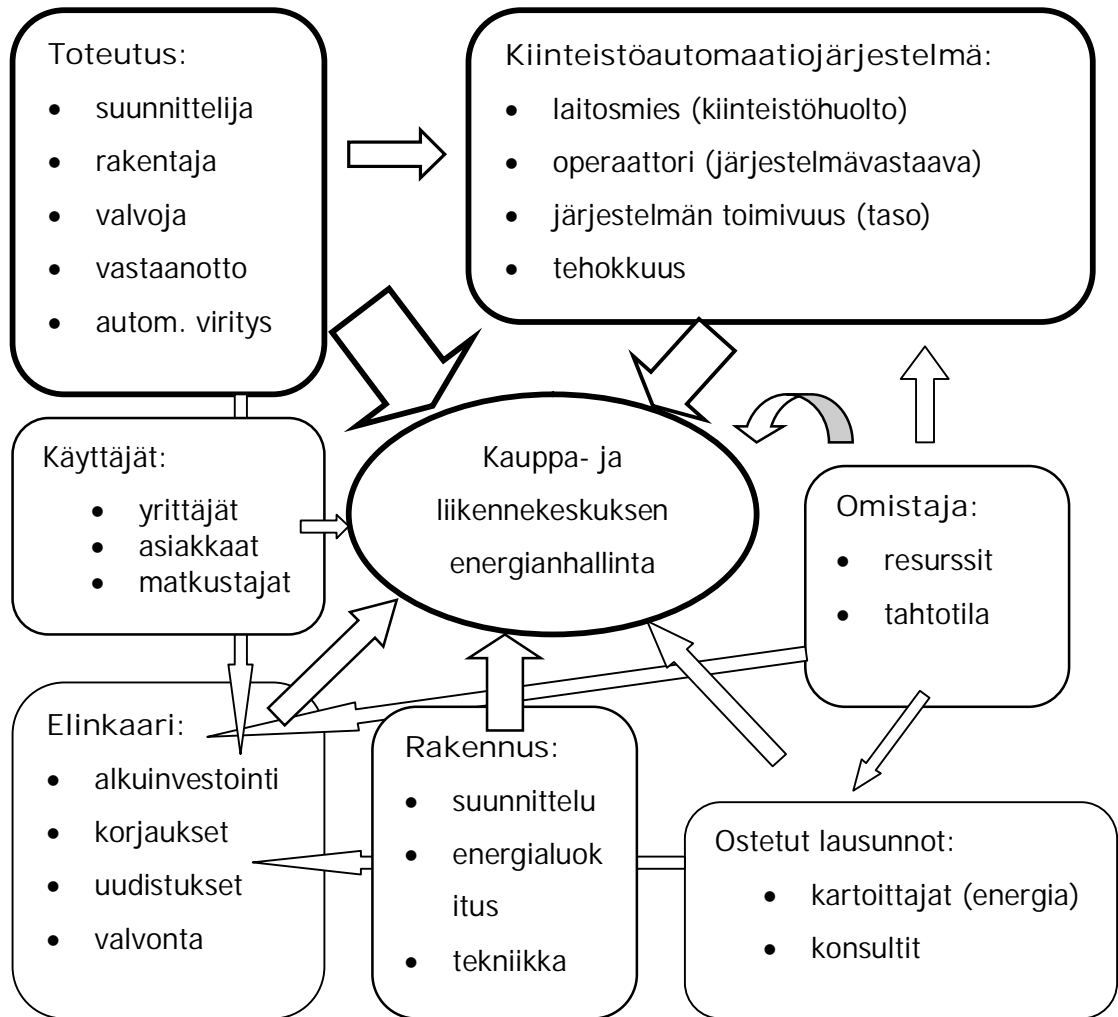
Haluttuun lopputulokseen voi olla hankala päästä johtuen kiinteistössä olevista olosuhteista ja näiden aiheuttajista, joita ei välttämättä ole osattu riittävästi huomioida suunnitteluvaiheessa. Tästä johtuen tekninen laitteisto voi olla alitehoista tai muuten kohteeseen soveltumatonta. Optimointimallissa toimitaan kuitenkin sen mukaan,

mitä on, ja vaikutetaan vaikutettavissa oleviin asioihin. Joskus vain ei päästä tulokseen, joka teoreettisesti olisi kuitenkin mahdollista saavuttaa.

### 3.4 Optimitoiminta Kampin tapauksessa – työn lähtökohdat

Kampin keskuksen valtaisassa kiinteistöautomaatiojärjestelmässä riittää tutkittavaa pidemmäksikin aikaa. Kohteen monimuotoisuus aiheuttaa melko varmasti tilanteita, joissa ei aina olla optimaalisimmassa säädössä. Insinööriyöhön tähtäävä toiminta aloitettiin tutustumalla ja kartoittamalla kiinteistö ja automaatiojärjestelmä. Kun kiinteistö ja rakennusten automaatio olivat tulleet tutuiksi, aloitettiin automaatiojärjestelmän tarkemman toiminnan tarkastelu. Epäkohdat, viat ja mahdolliset puutteet kirjattiin muistiin ja esitettiin asiakkaille eli kiinteistöjen johtohahmoille. Tämän jälkeen toteutettiin käyttäjäpohjaiset korjaustoimenpiteet, joiden yhteydessä tarkennettiin järjestelmän ohjelmointia vaativien vikakohteiden luettelo. Toiminnan päämääränä oli saada kiinteistökokonaisuus toimimaan mahdollisimman optimaalisesti, stabiilin ja tilanteeseen sopivan säädön turvin.

Koko projektin kannalta merkittävimpänä tekijänä on tutkittavan kohteen ymmärtäminen. Tutkimuksen alussa on selvitettävä, mikä on kohteen funktio eli käyttötarkoitus tai toimintatapa. Mikäli kokonaisuutta ei näe eri osatekijöiden kannalta sekä niiden summana, voi korjaavien toimintojen suorittaminen ja suunnittelu muodostua hankalaksi, jopa mahdottomaksi. Kampin keskuksen, ja miksei muidenkin kiinteistöjen, kohdalla on erilaisia tekijöitä, jotka välillisesti tai suoraan vaikuttavat kohteen energianhallintaan. Näitä on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11: Kauppa- ja liikennekeskuksen energianhallintaan vaikuttavat päätekijät sekä niiden keskinäiset vaikutukset.

Tarkasteltaessa kaaviota tai mietittäessä yksittäisiä osatekijöitä alkaa ymmärtää, miten monesta eri asiasta energianhallinnassa on lopulta kyse. Päädytään monimutkaiseen rakennelmaan, jossa vähän jokaisella sidosryhmällä on vaikutusta asiaan. Päätekijät energianhallinnassa ovat rakennuksen toteutus suunnitelmiseen sekä kiinteistöautomaatiojärjestelmä. Osuutta on kuitenkin myös elinkaarimallilla, erityisesti tämän kulujaon toteutumisella, rakennuksen fyysisillä ominaisuuksilla, omistajan näkemyksillä asioista, ulkopuolisten konsulttien vaikutuksista ratkaisuihin sekä jossain määrin myös kiinteistön käyttäjillä. Ratkaisevassa roolissa on kuitenkin kiinteistön jokapäiväisestä ylläpidosta vastaava taho, yleensä huoltoyhtiön laitosmies. Laitosmiehen aktiivisuus kiinteistöautomaation käyttäjänä prosessien tarkkailussa ja järjestelmän säädössä on suurin laitoksen energiankulutukseen vaikuttava yksittäinen tekijä.

## 4 Kampin automaatiojärjestelmässä havaitut ongelmat

### 4.1 Prosessikohtaiset ongelmat sekä niiden korjausehdotukset

Prosessit on jaettu ryhmiin sähkö, ilmanvaihto, lämmitys ja jäähdytys. Koska eri prosesseissa käytetään usein toista prosessia hyödyksi, on otsikoiden alla käyty selkeyden nimissä kokonaisuus läpi, välittämättä prosessikohtaisten rajojen rikkoontumisesta. Käyttäjäperusteiset epäkohdat on korjattu tutkimuksen yhteydessä, mutta esimerkiksi automaatiojärjestelmän ohjelmoimista vaativista toimenpiteistä on tehty kiinteistöjohdolle selvitys, jonka mukaan asioita tulisi korjauttaa.

### 4.2 Sähkö

Suurin havaittu epäkohta sähköön liittyen oli koko keskusta koskenut käyntiaikojen epämääräisyys. Niin valaistus kuin ilmanvaihtokin toimi tarpeettomasti aikoina, jolloin keskuksessa ei juuri ollut edes henkilökuntaa paikalla. Näin isossa kohteessa laitteiden turhan käynnin poistaminen tuo huomattavat säästöt vuositasolla tarkasteltuna. Valaistuksen sekä ilmanvaihdon käyntiajat muutettiin vastaamaan todellista käyttötarvetta. Joissakin tapauksissa esimerkiksi valaistuksen ohjaukset oli lukittu käsin automaatiografiikalta tai jopa sähkökeskuksen nokkakytkimiltä, jolloin aikaohjelmalla ei ollut vaikutusta valaistuksen toimintaan. Tutkimuksen yhteydessä lähtökohtana on ollut prosessien ohjaus automaatiolta käsin, jolloin kaikki käsilukitukset on vaihdettu automaattiasennolle.

Valaistuksen käyntiaikoihin liittyen esimerkkinä mainittakoon kauppakeskuksen ylemmät kerrokset, joissa valot paloivat joko aina tai paikoin jopa 20 tuntia vuorokaudessa (kuva 12). Muutoksen jälkeen valot palavat lähes aukioloaikojen mukaisesti, esimerkiksi arkisin kello 7.45 – 21.15 eli 13,5 tuntia vuorokaudessa. Säästetty aika alkuperäiseen nähden on varovasti arvioituna kahdeksan tuntia. Kun lasketaan kerrosta kohti keskimäärin saavutettu säästö, saadaan pelkän valaistuksen käyntiajat muuttamalla noin 2,56 euron vuorokautinen säästö ja edelleen noin 950 euron säästö vuositasolla. Kerroksia on useita, ja kolme alinta ovat huomattavasti ylempänä olevia suurempia. Tällöin vuotuinen säästö nousee korkeaksi.



Kuva 12: Kauppakeskuksen korkean osan tilat ovat hyvin valoisia ja avaria lasisten ulkoseinien ja kerrosten välillä olevan valoaukon johdosta. Kerrosten valaistuksessa on käytetty pääasiassa ns. lautaslamppuja.

Kauppakeskustakin radikaalimpiin säästöihin päästiin liikenneterminaaleissa, joissa valot paloivat vuorokauden ympäri. Terminaaleissa pystyttiin pudottamaan valaistus kulkuvalotasolle, kunhan otettiin liikenneturvallisuuden näkökulmasta huomioon ajat, jolloin liikennöintiä ei ole tai se on pienimmillään. Espoon terminaalissa valaistus voidaan pudottaa pelkille kulkuvaloille klo 02.30 – 05.00. Arvioitu vuotuinen säästö on reilut 3000 euroa. Kaukoliikenneterminaalissa päästään suurempiin säästöihin (kuva 13). Siellä valaistus on hoidettu pelkillä kulkuvaloilla kello 22.00 – 06.00. Tällä kahdeksan tunnin ajanjaksolla saavutetaan suurella valaisinmäärällä noin 14 000 euron vuotuinen säästö. Laskelmaan on huomioitu ainoastaan liikennöintialueet, ei matkustaja-aulaa, linja-autojen lastaustilaa eikä Matkahuollon tavara-asemaa. Nämä huomioiden saavutettu säästö kasvaa entisestään.





Kuva 13: Kampin kaukoliikenneterminaalin pitkäaikaispysäköinti.

Valaistuksen käyntiaikojen asettamisessa mahdollisimman optimaaliseksi säästetään energian lisäksi myös vähentyneissä lampunvaihtokuluissa, polttimokuluissa sekä nykyvalaisimia vaivaavissa heikkojen elektronisten liitälaitteiden uusimiskuluissa. Kampin kauppakeskuksen valaistus on toteutettu pääasiassa ns. lautasvalaisimilla, joihin on jouduttu lähes poikkeuksetta uusimaan lampunvaihdon yhteydessä myös elektroninen liitälaitte. Tällöin yhden valaisimen kertahuoltokuluiksi tulee osien osalta toistasataa euroa sekä työn osalta sähkömiehen kulut. Lisäksi työssä tarvitaan henkilönostinta. Pelkällä oikein asetetulla aikaohjelmalla saavutetaan siis melkoinen säästö useammallakin tekniikan osa-alueella.

Valaistusta koskevan energiansäästön toteutuksessa ei voi unohtaa keskuksen muita sidosryhmiä. Järjestyksenvalvonta tarvitsee valoa valvontakameroihin sekä siivous pääosin yöllä tapahtuvaa siivousta varten. Näin ollen turvallisuuden ja siisteyden nimissä keskusta ei voi pimentää kokonaan. On siis huolehdittava riittävästä perusvalaistuksesta, jottei keskuksen muiden sidosryhmien työskentely hankaloitu

kohtuuttomasti. Siivouksen osalta voisi tietenkin ohjata kulkuvalojakin siivoussaikataulujen mukaan, joskaan tämä ei ole järkevää, sillä siivousrytmi vaihtelee päivittäin kulloisenkin tilanteen mukaan.

Ilmanvaihdon oikea-aikaisella toiminnalla säästetään sähkön lisäksi myös lämmitys- ja jäähdytyskuluissa. Kun koneita on useita kymmeniä, muodostuu saavutettavaksi säästökäsi jälleen kerran melkoinen summa. On turha vaihtaa ilmaa tiloissa, joissa ei ole ketään paikalla. Ilmanvaihdonkin osalta käyttö tarpeen mukaan on kaikista järkevintä. Energiakulujen lisäksi optimoiduilla käyntiajoilla säästetään myös laitteistoa. Tällöin huoltovälejä voidaan mahdollisesti pidentää, jolloin huoltokulutkin varaosineen ja tarvikkeineen (hihnät, suodattimet, ym.) pienentyvät.

Toimisto- ja asuintorneissa ei ollut kauppakeskukseen ja liikenneterminalleihin rinnastettavaa suurta epäkohtaa aikaohjelmissa. Toimistojen osalta kuitenkin optimoitiin muutamalla tunnilla ilmanvaihdon aikataulua ja valaistuksen sammutuspulsseja. Asuinkiinteistöjen portaikoissa on käytetty valaisintyyppiä, johon sopivat polttimot ovat todella lyhytkestoisia. Liiketunnistimien sytyttämien valojen palamisajaa onkin pidennetty, jotta polttimot eivät syttyisi ja sammuisi aikaisemman tiheän rytmin mukaisesti. Valaisimien kohdalla on tutkittu myös rakenteen muuttamista siten, että polttimon muodostama lämpö pääsisi paremmin ulos valaisimesta. Tämänhetkinen valaisimen sisällä oleva korkea lämpötila saattaa myös osaltaan lyhentää polttimon kestoikää.

Sähköisten saatto- ja pihalämmitysten ulkolämpötilaohjatut käyntirajat on tarkastettu ja monilta osin pienennetty lähemmäksi arvoa 0 °C. On turha lämmittää kouruja ja pihoja, jos ulkolämpötila alkaa poiketa yli viisi astetta nolasta. Rajat on kuitenkin säädetty tapauskohtaisesti mahdollisimman optimaalisiksi. Kampin keskuksen sähkölämmityksiin on asennettu kiinteistöautomaatiojärjestelmän ja lämmityksen väliin vielä Devireg-säädin, joiden toiminta täytyisi tarkastaa erikseen. Oikein toimiva säädin rajoittaa lämmitysten toimintaa automaation sallimissa rajoissa esimerkiksi tilanteissa, joissa lämmitettävä piha-alue onkin kuiva eikä näin ollen vaadi lämmitystä. Tällöin päästään vielä tarkempaan säätöön kuin tämänhetkiselä ulkolämpötilaohjatulla automaatiösäädöllä.

Sähköön ja erityisesti valaistukseen on liittynyt käyntiaikojen lisäksi myös toisenlainen ongelma. Valo-ohjauspisteitä on todella runsaasti laajoista tiloista ja lukuisista valaistusta syöttävistä sähkökeskuksista johtuen. Osa ohjauspisteistä on tuomatta grafiikkakuvaan ja joidenkin vaikutusalue on ilman suurempaa tutkimusta epäselvä. Tuntemattomien pisteiden paikantaminen ja selvitys on työlästä, mutta se on tehtävä, mikäli ohjaukset aiotaan saada kuntoon. Pahiten ohjauspisteissä on ongelmia E-tasolla sekä hätäpoistumistiereiteillä.

#### 4.3 Ilmanvaihto

Ilmanvaihto näyttelee suurta roolia Kampin keskuksen prosessikohtaista energiankulutusta tarkasteltaessa. Suuren tilavuuden käsittävät laajat tilakokonaisuudet vaativat massiivisen ilmanvaihtolaitteiston, jossa pienikin epäkohta säädöissä voi saada aikaiseksi suuren energiankulutuksen lisäyksen (kuva 14). Kampin kauppakeskuksen ja liikenneterminaalien matkustaja-aulojen perusongelma on lämmityksen järjestäminen niin, etteivät lukuisat sisäänkäynnit pudota sisäolosuhteiden laatua talvikausina. Kauppakeskuksessa ei nimittäin ole lämminvesipattereita, lukuun ottamatta ulkoseiniä, mikä tarkoittaa sitä, että suurin osa kauppakeskuksesta on ilmalämmitteinen. Terminaalien odotusauloissa lämmitystä on tehostettu vesikiertoisella lattialämmityksellä. Osa E-tason liikkeistä on varustettu kattoon sijoitetuilla lämmityskonvektoreilla.

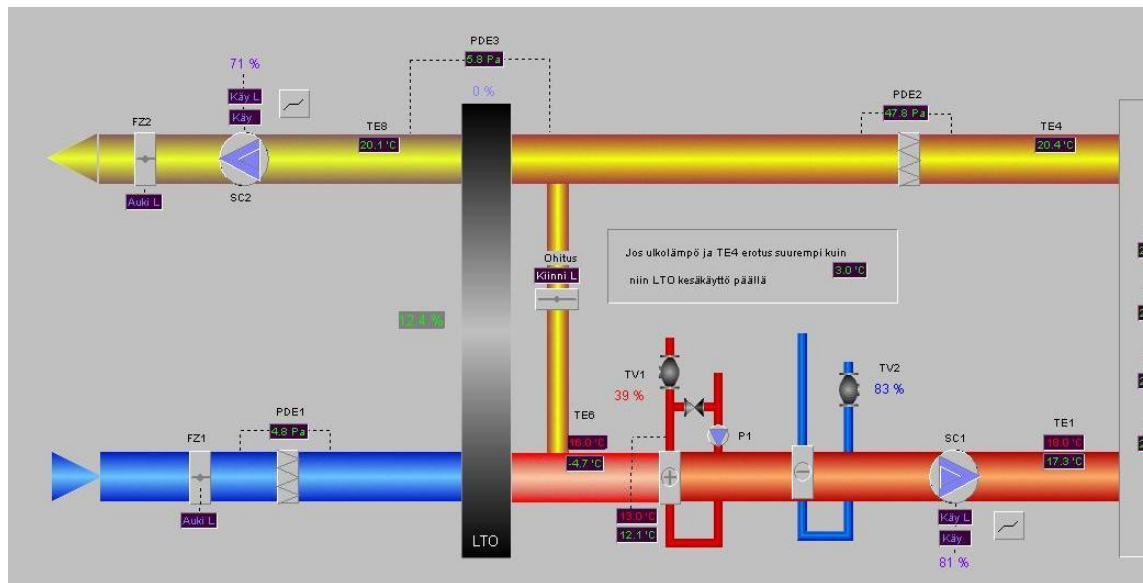


Kuva 14: E-tason yleisötilan korkeus on noin viisi metriä. Keskukseen pääsisäänkäynti sijaitsee kuvaan nähden oikealla, vasemmalla on Espoon terminaalin matkustaja-aula. Taustalla olevasta keltaisesta "Gekkosta" pääsee metroon. Gekkoa vastapäätä ovat kaukoliikenneterminaaliiin johtavat liukuportaat.

Ilmalämmitys on vesikiertoiseen patterilämmitykseen verrattuna kalliimpi tapa lämmittää. Tämän johdosta prosessin tulisi olla mahdollisimman tehokas ja hyvin säädetty. Kampin automaatiojärjestelmän tarkastelun aikana esille tuli lukuisia epäkohtia monen eri yhtiön laitteiden kohdalla.

Eräs silmiinpistävimmistä epäkohdista oli se, että ilmanvaihtokoneessa saattoi olla samanaikaisesti päällä sekä lämmitys että jäähdytys (kuva 15). Joissain tapauksissa edellä mainittujen lisäksi myös lämmöntalteenotto (LTO) oli päällä. Tämä kertoo ongelmista koneiden säätöportaiden ohjelmoinnissa. Ongelman korjaamiseksi jokaisen IV-koneen ohjelma tulee käydä läpi ja tarkastaa säätöportaiden oikeellisuus. Ei ole energiataloudellisesti lainkaan järkevää lämmittää ja jäähdyttää samanaikaisesti. Mikäli jäähdytystarvetta ei ole ja ulkoilma on liian viileää, aloitetaan sisään puhallettavan ilman lämmittäminen LTO-laitteella. Kun lämmöntalteenotto on täysillä eikä

lämmitysteho edelleenkin riittä haluttuun asetusarvoon pääsemiseksi, otetaan käyttöön koneen lämmityspatteri, jolla ilman lämpötila saadaan nostettua oikeaksi.



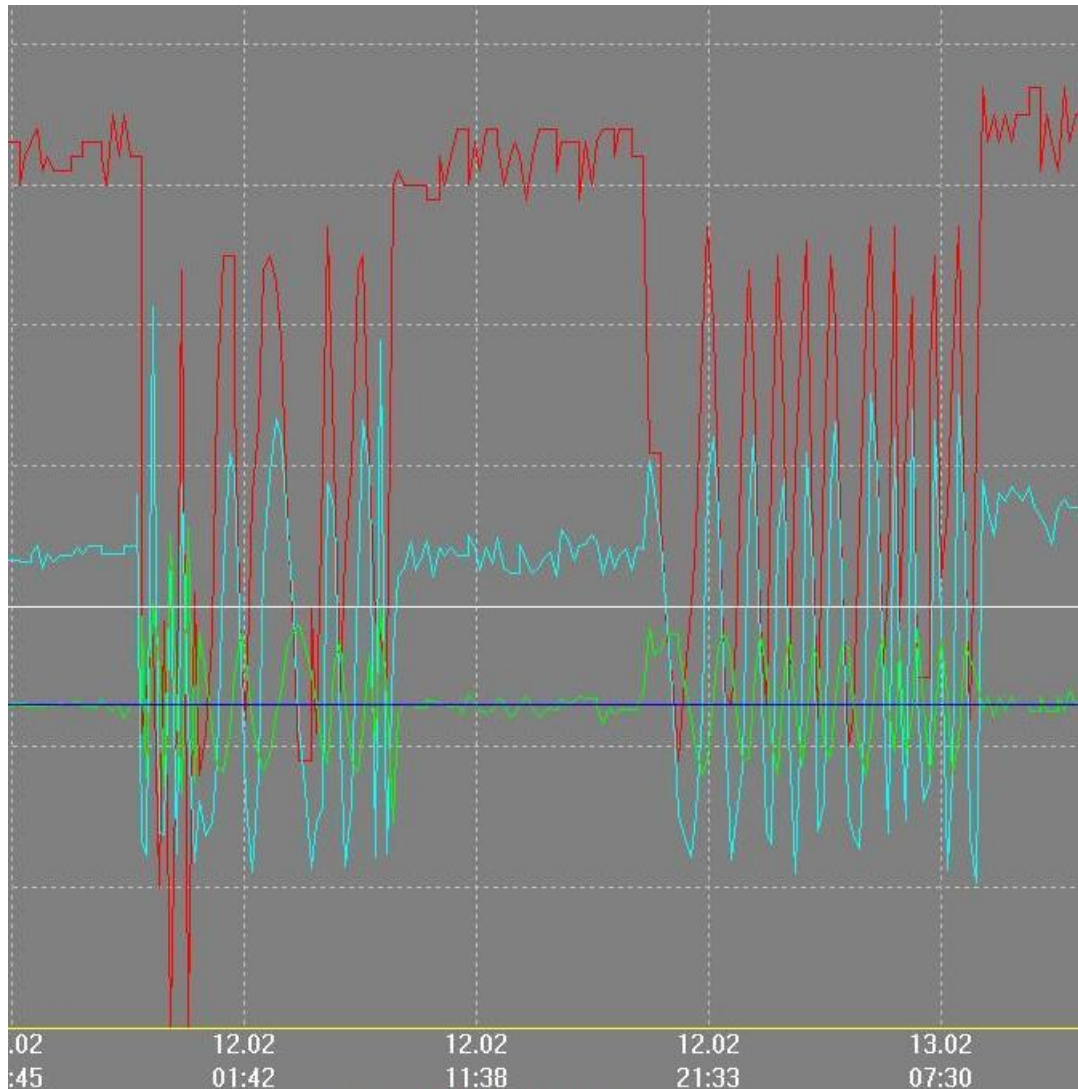
Kuva 15: Eräissä ilmanvaihtokoneissa on päällä samanaikaisesti sekä lämmitys että jäähdytys, LTO on seis. Ulkolämpötila on -8 °C.

Erilaiset päällekkäisyydet olisi poistettavissa ohjelmoimalla koko järjestelmää koskevat, käyttäjän muutettavissa olevat ulkolämpötilarajat, joiden ala- tai yläpuolella ei tiettyjä toimintoja saa tapahtua. Esimerkiksi IV-koneiden jäähdytystoiminto ei saa aktivoitua ulkolämpötilan ollessa alle 16 astetta eikä lämmitystoiminto saa toimia enää 14 lämpöasteen yläpuolella. Tällainen ohjelmointi olisi mahdollista kohteissa, joissa IV-koneet on varustettu LTO-laitteilla. Tosin, mikäli konekohtainen ohjelmointi on kunnossa, ei esitettyä ohjelmaa tarvita lainkaan. Energiankulutuksen näkökulmasta paras tilanne ilmanvaihdon osalta on se, jossa sisäänpuhallettavaa ilmaa ei tarvitse lämmittää kuin korkeintaan LTO:lla. Kesällä helteiden aikaan LTO:ta kannattaa käyttää käänteisesti eli ottaa viileästä ulospuhallusilmasta kylmä talteen ja siirtää sitä liian lämpimään sisäänpuhallusilmaan. LTO:n kesäkäyttö -toiminto on ohjelmoitu Kampin ilmanvaihtolaitteisiin.

Syksyllä ulkoilman viiletessä ja pakkaskauden alkaessa Kampin IV-koneissa havaittiin uusi ongelma. Koneiden tuloilmansäätö alkoi huojua kovilla pakkasilla paikoin niin rajusti (kuva 16), ettei osaa koneista saatu pidettyä automaattisäädöllä käynnissä.



Jäätymissuoja laukoi koneen käyntiä toistuvasti, koska lämmityspatterin paluuveden lämpötila laski alle asetetun raja-arvon. Ainoa keino koneiden käynnissä pitämiseen oli manuaalisäätö, joka tosin satoi operaattorin valvomografikalle lähes pysyvästi.



Kuva 16: Ilmanvaihtokone huojuu käydessään puolinopeudella. Vihreä viiva kuvaa tuloilman lämpötilaa, tummansininen viiva on asetisarvo. Sisäänpuhalluslämpötila huojuu suurimmillaan 15 °C. Vaaleansinisellä kuvattu lämmityspatterin paluuv veden lämpötila käy lähellä 10 °C rajaa.

Syynä havaittuun toimintaan olivat IV-koneiden ohjelmallisten säätimien virheelliset viritysparametrit. Koneille täytyy tehdä askelvastekokeet, joiden mukaan jokaisen koneen viritysparametrit asetetaan uudelleen. On energiataloudellisestikin hyvin kannattamatonta, jos säätö huojuu eikä toimi riittävän stabiilisti. Tuloilmansäätö on kuitenkin automaation näkökulmasta hyvin rauhallisesti käyttäytyvä prosessi.

Pääosa Kampin IV-koneista on sijoitettu rakennusten ylimmissä kerroksissa sijaitseviin IV-konehuoneisiin (kuva 17). Lämmönjakohuoneet ovat kuitenkin normaalikäytännön mukaisesti alhaalla. Pitkistä nousulinjoista ja suuresta konekannasta johtuen on mahdollista, että IV-verkoston lämpötila pääsee hetkellisesti laskemaan tietyissä laitteistojen ylösajotilanteissa aiheuttaen lisää ongelmia koneiden käynnistykseen. Jotta lämmitysverkosto ei kuormittuisi hetkellisesti liikaa ja koneet saataisiin luontevasti käyntiin, on laitteisiin hyvä tehdä muutamia perussäätöjä.



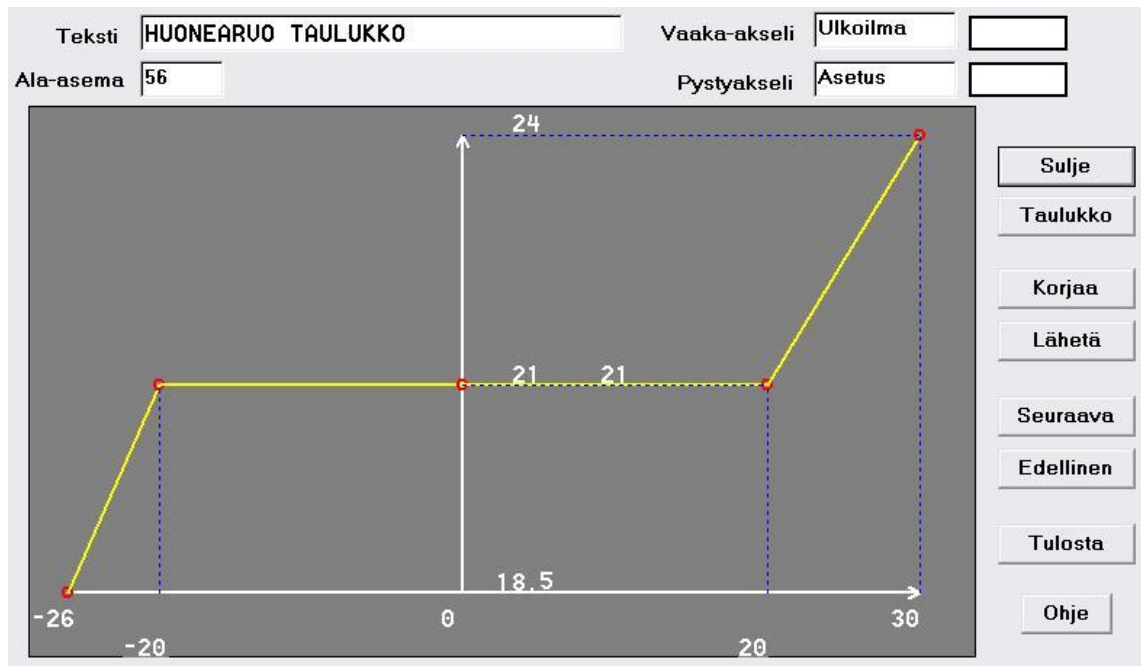
Kuva 17: Kampin keskuksen suurin IV-konehuone.

IV-koneiden käynnistykseen tehdään nk. käynnistysohjelma, jonka aikana laitteen sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvo nostetaan hetkellisesti, esim. 10 minuutin ajaksi, korkeammaksi, kuin mitä todellinen käytönaikainen tarve olisi. Lämpötilaa lasketaan tasaisesti alaspäin, esimerkiksi aste minuutissa. Toimenpiteellä estetään lämmityspatterin paluuveden lämpötilaa laskemasta käynnistyksessä liian alas aiheuttaen jäätymissuojan laukeamisen. Toisena toimenpiteenä taajuusmuuttajiin

ohjelmoidaan pitkä käynnistysramppi, jotta ilmanvaihtokoneen kierrokset nousisivat hitaasti aiheuttaen mahdollisimman pienen muutoksen lämmityspatterin ja edelleen tuloilman lämpötilaan. Ensimmäisen ja toisen toimenpiteen tarkoituksena on auttaa lämpötilansäätöön vaikuttava säädin mukaan prosessiin. Kolmas toimenpide on se, että konemassa ajetaan käyntiin vaiheittain. Ensin käynnistetään muutama kone. Tämän jälkeen, esimerkiksi viiden minuutin kuluttua, käynnistetään seuraavat koneet ja edelleen, kunnes kaikki koneet käyvät. Tällä tasataan koneiden aiheuttaman lämmönvaihtelun määrää lämmityslinjassa sekä vähennetään kiinteistölle kalliiden sähkönkulutuspiikkien aiheutumista. Samanlaista asteittaista ylösajoa käytetään myös valaistuksen ohjauksessa.

IV-koneiden asetusarvoissakin oli havaittavissa epäkohtia. Kampissa koneiden tuloilmansäätö perustuu huoneilmamittausten keskiarvoon ja erillisellä käyrällä säädettävään tavoitehuonelämpötilaan (kuva 18). Kaskadisäädön minimi- ja maksimiarvot eivät välttämättä olleet ideaalisia, ja osa huonemittauksista oli manipuloitu käsin johonkin tiettyyn arvoon. Tämän seurauksena sisäänpuhalluslämpötila oli ainakin ajoittain epäsopiva. Jokaisen IV-koneen asetusarvolämpötilat sekä tavoitteellisen huonelämpötilan käyrä tulee vielä käydä läpi ja asettaa niin, että tilanteeseen sopimaton turha jäähdyttäminen tai lämmittäminen poistuu.





Kuva 18: Huoneasetusarvotaulukko, jossa voidaan määrittellä haluttu ulkolämpötilan mukaan säätävä tavoitteellinen sisälämpötila.

Keskuksen ilmanvaihtokoneita läpikäytäessä olisi hyvä tarkastaa myös asetettujen puhallusnopeuksien säädöt. Joissain tapauksissa koneet eivät seuraa asetettua kanavapaine-ero-ohjetta. Muutamien koneiden täyden ja puolikkaan nopeuden ilmamäärät tai pikemminkin taajuusmuuttajien analogiset ohjausviestit ovat olleet täysin samat. Tällaisessa tapauksessa puolinopeuden käytöstä aikaohjelmassa ei ole hyötyä. Erikoisuutena ilmanvaihtokoneiden ohjauksissa on kuuleman perusteella ruotsalaisen konsulttiryhmän säädöt koneiden puhallusnopeuden muutoksesta ulkolämpötilan funktiona. Säädössä ilmanvaihtokoneiden puhallusnopeudet putoavat ulkoilman viilentyessä, ilmeisesti lämpöenergian säästämiseksi. Teoriassa toiminta on mahdollisesti järkevää, mikäli säätö toteutetaan kylmillä ilmoilla eli pakkasen ollessa reilusti alle nolla celsiusastetta. Tällä hetkellä tehokkailla kiekko-LTO-laitteilla varustettujen koneiden puhallusnopeutta aletaan pudottaa paikoin jopa 20 lämpöasteesta alkaen, jolloin ilmamäärät eivät varmastikaan toteudu suunnitelman mukaan alhaisemmissa ulkolämpötiloissa. Toiminnasta saattaa olla jopa haittaa myös keskuksen jäähtymisen ja sitä kautta sisäolosuhteiden laadun näkökulmasta.

Automaatiojärjestelmän grafiikkakuviin on lisätty lämmöntalteenoton hyötysuhdelaskelma, joka lähes jokaisessa tapauksessa näytti täysin väärää lukemaa. Tähän voi olla syynä ohjelmaan väärin syötetty laskulauseke tai sitten lausekkeen muuttujina käytetyt mittausarvot ovat virheellisiä. Lausekkeet olisi hyvä tarkastaa, sillä hyötysuhdetieto antaa järjestelmän operaattorille hyvää tietoa prosessin toiminnasta ja mahdollisista epäkohdista.

#### 4.4 Lämmitys

Kampin keskuksen lämmittämistä voisi periaatteessa pitää omana "taiteenlajinaan". Kuten aiemmin esitetystä on käynyt ilmi, vaikuttaa keskuksen sisäolosuhteisiin niin monta erilaista, osin arvaamatontakin, muuttujaa, ettei lämmittäminen ole itsestään selvä asia – ainakaan Kampissa.

Peruslämmitysjärjestelmä, eli lämminvesipatterit, toimii suhteellisen hyvin ainakin automaation näkökulmasta. Lämmityskäyrien avulla verkostossa virtaavan veden lämpötilaa voi säätää ja kiertovesipumpuissa on peräti paine-ero-ohjaus, joka muuttaa pumpun pyörimisnopeutta kulloinkin voimassa olevan lämmitystilanteen mukaisesti. Kiertovesipumput siis "aistivat" verkoston paine-eron, joka muuttuu patteriventtiilien auauneisuusasteen mukaan. Järjestelmä on hyvä ja turhaa energiankulutusta vähentävä (kuva 19).



Kuva 19: Erään lämmönjakohuoneen lämpöpaketteja.

Lämmitysjärjestelmän heikkous kauppakeskuksen osalta on siinä, ettei kiertovesipattereita ole kuin lasisilla ulkoseinämillä. Näistäkin pattereista osa on ollut paluulinjastaan kiinni, varmaan keskuksen valmistumisesta lähtien. Sisätilat ovat laajat ja pinta-alaltaan suuret. Pienten lämminvesipattereiden teho ei riitä lämmittämään koko alaa, vaan ainoastaan ikkunoiden läheiset tilat. Suurin osa kauppakeskuksesta on siis ilmalämmitteinen.

Tarkasteltaessa aiemman ja osin vielä nykyisenkin tilanteen mukaista kauppakeskuksessa käytössä ollut toista lämmitysmuotoa päädytään tuulikaappeihin. Ne olivat raportin tarkasteluajoina todella tehokkaasti lämmitetyt. Syynä tähän on varmaankin ollut häiritsevien ilmvirtausten katkaisu, jotka vaivaavat keskusta etenkin talviaikaan. Tehokkaalla lämmittämällä vain on lämmitetty samalla myös Kampin kaupunginosan ulkoilmaa, sillä suuri osa lämmöstä on "karannut harakoille".

Tuulikaapin päätehtävänä on estää tuulen pääsy sisään ja lämmön pääsy suoraan ulos. Kampin suuresta kävijämäärästä johtuen ulko-ovilla on niin suuri ihmisvirta läpi päivän, etteivät ovet ehdi välillä sulkeutua tuntikausiin. Kun ulko-ovia on useampia, joudutaan tilanteeseen, jossa ilma alkaa virrata keskuksen läpi, läpivetona. Tilanteen ratkaisu energiatehokkuuden näkökulmasta ei ole tuulikaapeissa olevien pystysuuntaisten pönttöpuhaltimien käyttäminen suurella nopeudella tai kovalla lämmöllä, ainakaan pitkäaikaisesti. Vetoisuusongelmaan olisi keksittävä toinen ratkaisu.

Yhtenä vetoisuutta poiskitkevänä toimenpiteenä on muuallakin Helsingissä käytetty tuulikaapeissa tapahtuvan kulun ohjaamista ristiin, jolloin ilmavirtaus ei pääse suoraan puhaltamaan sisään, vaan joutuu tekemään "mutkan" matkalla. Tällöin virtauksen katkaiseminen tuulikaapin omilla puhaltimilla voi jopa olla mahdollista. Positiivisia kokemuksia on saatu myös Kampissa, jossa menetelmää on testattu jo parina talvena.

Tuulikaappien sisäänkäyntikohtaisten pönttöpuhaltimien lämpöverkostojen lämmityskäyrät tulee tarkastaa ja yrittää kokemusperusteisesti alentaa niiden tasoa mahdollisimman tehokkaasti lämmönhukan minimoimiseksi. Kaappien lämpötilanturointi on myös syytä tarkastaa, jotta järjestelmä havaitsee todellisen tilanteen eikä tuulikaapin katossa tai lattianrajassa olevaa lämpötilaa.

Tuulikaappien pönttöpuhaltimien puhallusnopeutta sekä lämmitysveden lämpötilaa säädetään ulkolämpötilan mukaan. Tämä on ratkaisu, jota voitaisiin huomattavasti parantaa. Lämmitysveden lämpötilaa on syytä säätää ulkolämpötilan mukaan, mutta puhallusnopeutta tulisi säätää sekä tuulikaapin lämpötilan, kuten nyt jossain määrin jo tehdään, että tuulensuunnan mukaan. Lämmitystä sekä ilmavirtauksen katkaisua tarvitaan keskuksen tuulisella puolella, ei tuulen alapuolella olevalla puolella. Tuulettomalla puolella on aivan turha "huudattaa" tuulikaappikojeita. Riittää, kun kaapin lämpötila pidetään järkevässä lukemassa eli noin 16-18 asteessa. Järjestelyllä saavutettaisiin todennäköisimmin melkoiset säästöt. Niin paljon tuulikaappien avoimista liukuovista pääsee lämpöä ulos. Hyötyä saavutetaan myös säästetyin sähkön, hitaammin tukkeutuvien suodattimien sekä puhaltimien laakereiden säästymisen ansiosta.

Tällä hetkellä tuulikaappien lämmityspuhaltimia ohjataan pareissa, jotka ovat kulkusuuntaan nähden samalla puolella kulkuväylää. Toinen puhaltimista sijaitsee sisemmän ovilehden vieressä ja toinen ulomman ovilehden vieressä. Kulkuväylän molemmilla puolilla ovat puhallinparit. Niiden ohjaukset tulisi muuttaa niin, että yhdellä ohjauspisteellä ohjataan oviaukon molemmilla puolilla olevia puhaltimia, jolloin saadaan käyttöön ovikohtaiset puhaltimet. Tällöin kahden vierekkäisen kulkuväylän tuulikaapeissa olisi mahdollista säätää vain käytössä olevien oviaukkojen puhaltimia. Käyttämättömien oviaukkojen puhaltimet voisi sammuttaa. Saavutettavan energiansäästön lisäksi säästettäisiin aiemmin mainitun mukaisesti myös puhaltimia. Toisten puhaltimien ollessa pois päältä on esimerkiksi niiden suodattimien vaihto kätevää, jolloin ovirikon aikaan on helppo ottaa ilman suurempia keskeytyksiä huollettu puhallinpari käyttöön toimivien ovien kohdalla.

### Luiska- ja pihalämmitykset

Kampin keskuksen ympärillä lämmitetään suuret piha-alueet kaukolämmön avulla. Samaa lämmitysmuotoa käytetään myös kolmessa jyrkässä ajoluiskassa. Lämmitysputkistossa kiertävä vesi lämmitetään pääosin kaukolämmön paluuvedellä, joskin kylmemmillä ilmoilla lämpöä otetaan myös suoraan kaukolämmön kuumemmalta puolelta.

Pihalämmityspiirien kiertovesipumput toimivat ulkolämpötilarajojen puitteissa, jolloin esimerkiksi kesäaikana tapahtuvaa turhaa veden kierrättämistä ei ole. Lämmityspiirien vedenlämpötilaa ohjataan ulkolämpötilojen mukaan. Lämpökäyriä on kaksi kappaletta, poutakeliä varten oleva käyrä sekä sadekäyrä, joka on luonnollisesti asetettu toista korkeammaksi. Luiskien kohdalla on jossain vaiheessa ilmeisesti ajateltu lämmityksen perustuvan luiskan pintalämpötilan ylläpitämiseen. Tämä ei kuitenkaan tunnu toimivan tällä hetkellä.

Ulkopintojen lämmittäminen ei ole kustannustehokasta, mikäli säädetään vain kiertävän veden lämpötilaa tietämättä todellisesta pintalämpötilasta mitään. Tämän johdosta lämmityspiireihin tulisi ehdottomasti lisätä luotettavat pintalämpötila-anturit, joiden avulla turha lämmittäminen voidaan estää. Ehdotukseen on jo tartuttu ainakin ajoluiskien osalta, sillä Jaakon- ja Olavinkadun ajoluiski on asennettu



pintalämpötilamittaus. Samassa yhteydessä on asennettu myös lämmityspiirien menoja paluulinjoihin lämpötila-anturit, jotta putkistossa virtaavan veden lämpötilat tiedetään tarkemmin. Antinkadun luiskassa pintalämpötila-anturi jo olikin, tämän toiminta täytyy vain varmistaa.

Jaakon- ja Olavinkadun ajoluiskissa on lämmityspiirejä maanalaisilta osilta aina katuverkkoon ulottuvalle ulko-osalle asti. Luiskiin ei ilmeisesti ole asennettu pintalämpötila-antureita, koska valuun jätetyt anturiputket ovat poikkeuksetta olleet tyhjiä. Koska maanalaisissa tiloissa ei välttämättä tarvita lämmitystä, on piirien jakotukkien sulut laitettu kiinni niin, että ainoastaan ulkoilmassa oleva liukkain luiskanosa saa lämpöä. Luiskia syöttävät lämmönjakohuoneet ovat kauimmillaan yli sadan metrin päässä, joten on tärkeää tietää ulkona olevalle luiskalle menevän veden lämpötila. Onkin ollut järkevää asentaa anturit myös runkolinjoihin lähelle lämmitettäviä alueita.

Jatkossa luiskien lämmitysohjelma tulee laatia niin, että verkostossa käytetään käyttäjän erilaisilla käyrillä määrittelemää kiertoveden lämpötilaa, sen sijaan lämmitystarve tutkitaan pintalämpötilan mukaan. Tavoitteena on pitää luiskan pintalämpötila vain hieman nollan celsius-asteen yläpuolella lämmönkulutuksen minimoimiseksi. Lumisadetilanteessa verkostoon ajetaan lämpimämpää vettä, jotta lumi saataisiin sulatettua mahdollisimman nopeasti liukastuttamasta ajoluiskaa. Sen sulanapidolla on todella suuri turvallisuuden vaikuttava merkitys, kulkeehan luiskien kautta reilut 700 kaukoliikenteen linja-autovuoroa sekä lukuisia seutuliikenteen vuoroja, jotka käyttävät Espoon terminaalia ja Jaakonkadun väylää väistäessään maanpäällisiä ruuhkia. Luiskat palvelevat bussiliikenteen lisäksi myös Kampin keskuksen sekä muutamien ympäröivien kiinteistöjen huoltoajoliikennettä.

Kauppakeskuksen pihalämmityspiirit toimivat edelleen aikaisemmin esitetyllä tavalla eli ilman pintalämpötilan mittausta. Tilanne on sama kuin yrittäessä pitää auton nopeuden halutussa arvossa ilman nopeusmittaria. Todennäköisesti auto kulkee haluttua nopeutta vain hetkellisesti. Tarkkaa säätö ei missään nimessä ole.

Pintalämpötilamittausten puutteen lisäksi järjestelmää vaivaa toinen merkittävä ongelma. Suhteellisen syvään asennettujen kiertovesipiirien lämmön vaikutus on

nähtävissä pinnassa vasta useita tunteja lämmittämisen aloituksen jälkeen, vaikka verkostossa pidetäänkin peruslämpöä yllä poutasäiden aikana. Automaatiojärjestelmä vaihtaa poutakäyrän sadekäyrälle, kun se huomaa sateen alkaneen. Sankan lumisateen sattuessa kohdalle ollaan pihan pinnan lämmittämisessä auttamattomasti myöhässä. Pinnan saaminen sulaksi vaatii pitkän lämmitysajan, joka taas ei palvele järjestelmän tarkoitusta tehokkaassa liukkauden torjunnassa.

Joissakin lämmityspiireissä on toiminto, jossa sadekäyrä pysyy päällä asetellun ajan sateen päättymisen jälkeen, ennen poutakäyrälle siirtymistä. Käyttäjän muutettavissa olevan viiveajan määrittäminen on täyttä "arpapeliä", koska milloinkaan ei voi tietää sataneen lumen oikeaa sulatusaikaa. Joskus pihat ovat olleet täysin peilijäissä, koska järjestelmä on ollut pouta-asetuksella. Pienen sateen sattuessa taas saatetaan lämmittää tuntikaupalla kuivaa pihaa, jolloin suuria määriä energiaa ja rahaa haaskataan. Järjestelmän käyttämiseksi edes jotenkin järkevästi on operaattorin täytynyt istua tähän asti tiiviisti "ohjaimissa" sääennusteet lähettyvillään, käyden aina silloin tällöin säätöoperaatioiden lomassa katsomassa pihojen ja ajoluiskien todellista tilannetta ja lämmitystarvetta.

Todella hitaasti reagoivan ja hankalasti ohjatun järjestelmän yhdeksi parannukseksi ehdotetaan ennakoivaa sadetietoa, jonka mukaan järjestelmä valmistautuisi tulevaan. Kun tähän vielä lisätään tarkka pintalämpötilan mittausta, on kasassa hyvin hallittu, energiataloudellinen, itseksensä toimiva järjestelmä, joka maksaa kehitysinvestointikulunsa hyvin nopeasti takaisin ja säästää tämän jälkeen "isot rahat" talvikaudessa. Sääennakointitiedon avulla järjestelmä voisi käynnistää lämmityksen ajoissa ennen sadetta, jolloin satava lumi ei jäisi välttämättä lainkaan pihojen pintoihin. Jos lunta kuitenkin tulisi enemmän, pitäisi pintalämpötila-anturi tehokkaamman lämmityksen päällä pintojen sulattamiseksi ja kuivattamiseksi. Lämmitettävien pintojen ollessa suuria olisi myös toimenpiteillä saavutettavien säästöjenkin suuruusluokka melkoinen – useita kymmeniä, ellei jopa satoja tuhansia euroja vuodessa.

#### 4.5 Jäähdytys

Kampin keskuksen jäähdyttämiseen käytetään kaukokylmää. Sisätiloja viilennetään pääosin tuloilman avulla, sisäänpuhalluksen ollessa alhaisimmillaan noin 16 astetta.

Liiketilöjen jäähdytys hoidetaan tuloilman lisäksi erillisillä jäähdytinkonvektoreilla, jotka niin ikään on kytketty kaukokylmän piiriin. Toimistorneissa on käytetty lisäksi passiivijäähdytyspalkkeja, joiden läpi tuloilma vielä puhalletaan.

Jäähdytykset ovat toimineet hyvin lukuun ottamatta Micronet-säätimillä ohjattuja toimintoja. Liike- ja toimistotiloissa on ollut säädinvioista aiheutuneita kuumuusongelmia. Kampin konvektoriohjaukset sekä toimistojen huonesäädöt ovat poikkeuksetta toteutettu Micronet-säätimillä. Kyseiset säätimet ovat aiheuttaneet melko paljon automaatiohuoltotyötä.

Keskukseen on vaihdettu historiansa aikana lähestulkoon jokainen Micronet-säädin. Säätimestä hajoaa yleensä virtalähde. Joskus laite vain kadottaa tietonsa. Yksittäisten säätimien välinen tiedonsiirto on hoidettu säädinväylän avulla. Väylä on herkkä häiriöille, tarkoittaen sitä, että yhdenkin laitteen rikkouduttua on koko väylä ja siihen kytketyt säätimet häiriötilassa. Myös väyläkytkennöissä on ollut parantamisen varaa.

Osassa kauppakeskuksen liiketiloista käytetään niin suuritehoisia kohdevaloja, että erillisjäähdytykseen joudutaan turvautumaan kovimmilla talvipakkasillakin. Samanlainen tilanne on myös toimistotilojen serverihuoneiden suhteen. Serverihuoneiden jäähdytyskoneet lauhduttavat ylimääräisen lämpönsä kiinteistön kylmäverkostoon. Tällaisia tilanteita varten olisi hyvä, jos pystyisi käyttämään ns. vapaajäähdytystä. Tämä ei kuitenkaan ole olemassa olevan laitteiston puitteissa mahdollista, eikä sellaisen rakentaminenkaan kannata ympäri vuoden maksettavien korkeiden kaukokylmän perusmaksujen johdosta.

Serverihuoneiden erillisjäähdytysten kytkennät tulisi tarkastaa ja selvittää, jotta torneista saataisiin talvikaudella kaksi kylmäverkostoa kolmesta pois päältä. Tällä hetkellä talviaikana on pysäytettynä ainoastaan IV-jäähdytysverkko, koska serverihuoneiden jäähdytykset saattavat olla kytkettynä joko konvektorijäähdytysverkostoon tai palkkikylmäverkostoon. Molempien verkostojen pitäminen käytössä yhtäaikaan ei ole taloudellisesti optimaalinen ratkaisu. Mikäli koneita on kytketty molempiin verkostoihin, kannattaisi harkita toiseen verkostoon kytkettyjen laitteistojen siirtoa toiseen verkostoon (kuva 20).



Kuva 20: Kampin keskuksen jäähdytysjärjestelmien kylmäpaketteja.

Tilanteen kauppakeskuksessa tekee hullunkuriseksi juuri talviaika, jolloin samassa liiketilassa, esimerkiksi yläkerroksissa olevassa vaateliikkeessä, pitäisi lämmittää ja jäähdyttää samanaikaisesti. Tilan reunoilla ja erityisesti ulkoseinämällä on viileää, mutta keskellä liiketilaa lämpötila nousee turhankin korkeaksi, juuri voimakkaista kohdevaloista johtuen. Lasisen viileän ulkoseinämän, jonka välittömässä läheisyydessä myymälän takahuone lähes poikkeuksetta on, erottaa myyntitilasta vielä kevyt seinä, jolloin lämpö ei pääse edes kulkeutumaan kunnolla liiketilan sisällä. Kun ongelmatilanteeseen lisätään vielä viileältä E-tasolta parhaimmillaan aina kolmanteen kerrokseen vaikuttava sama IV-kone, on tilanne säätöteknisesti erittäin haasteellinen. Ilmanvaihtokoneella ei voida ajaa kovinkaan viileää ilmaa sisälle, koska muuten E-tasolla, saman koneen vaikutusalueella, olevat työntekijät kärsivät kylmyydestä.

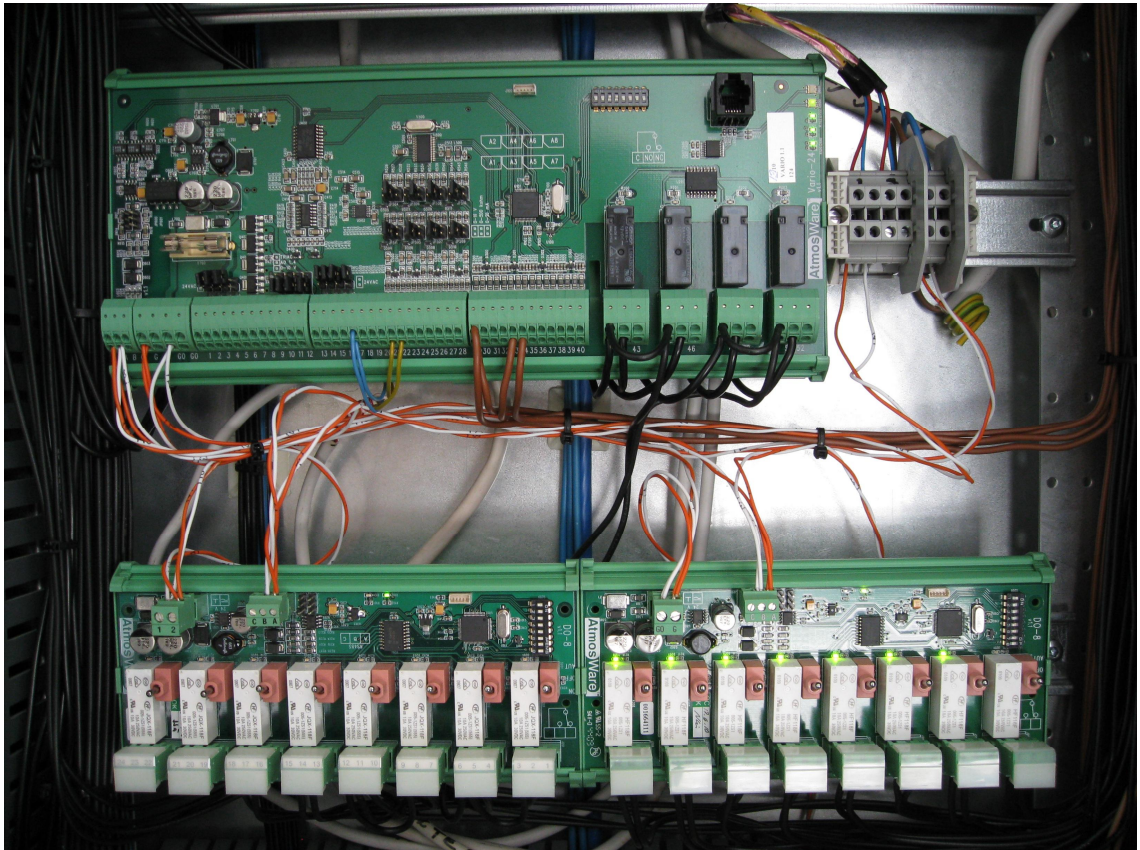
Kauppakeskuksessa pitäisi ehdottomasti olla kerroskohtaiset ilmanvaihtokoneet, jotta tuloilman säätö voitaisiin asettaa vallitsevaan tilanteeseen parhaiten sopivaksi. Lisäksi olisi hyvä, jos liiketilan sisällä olevia lämpökuormia voitaisiin tasata jotenkin järkevästi.

Yhtenä ratkaisuna nykyiseen epätasaisten lämpökuormien tilanteeseen voisi talviaikana olla lämmön jakamisen malli. Tässä lämpöä yritettäisiin saada jaettua esimerkiksi yöaikaan ilmanvaihtokoneen vaikutusalueella oleviin tiloihin pyörittämällä ilmanvaihtokonetta sisäkiertopellin ollessa auki. IV-koneella ei tule lämmittää, vaan ainoastaan saada ilma jakaantumaan tasaisesti ympäri vaikutusaluetta. Poiston imemä kuuma ilma puhallettaisiin takaisin vaikutusalueelle, jolloin saatettaisiin säästää jopa talviaikaisissa patterilämmityskuluissa. Tästä voisi olla paljon hyötyä myös viileähkölle E-tasolle, jolloin sen tiloja lämmitettäisiin ylempien kerrosten ylimääräisellä lämmöllä. Kesällä voidaan turvautua yötuuletukseen, koska silloin ei ole hyvä lämmittää toisten tiloja muiden laitteiden aiheuttamalla lämmöllä.

Keskimääräistä suuremman jäähdystistarpeen voisi laskuttaa erikseen tilan vuokralaiselta, mikäli käytettävissä olisi tilakohtainen mittaus. Tällaista kannattaisi harkita muutamien paljon lämpöä tuottavien vuokralaisten kohdalla. Sama pätee kauppakeskuksen ohella myös serverihuoneiden ympärivuotista jäähdystystä tarvitsevien toimistovuokralaisten suhteen. Eihän periaatteessa ole oikein, että kaikki maksavat muutamien vuokralaisten aiheuttaman ylimääräisen jäähdystistarpeen. Toimenpiteellä vähennettäisiin myös nykyisin kiinteistön kulutukseksi laskettavaa energiantarvetta.

Yksittäisiä Micronet-säätimiä on vaihdettu tai korjattu projektin aikana tilanteen mukaan. Jos tietyllä alueella, kuten esimerkiksi kokonaisuudessa toimistossa tai kauppakeskuksen korkean osan yhdessä kerroksessa, on ollut suhteellisen suuri määrä säädinvikoja päällä, on vanhat säätimet korvattu uusilla Vario-säätimillä (kuva 21). Se ei oikeastaan ole säädin, vaan alakeskukseen kytkettävä ohjainmoduuli. Vanhemmissa Micronet-säätimissä "äly" oli itse säätimessä, kun taas Vario-säätimessä "äly" on alakeskuksen prosessorissa. Uuden Vario-säätimen oletetaan olevan huomattavasti huoltovapaampi kuin Micronet-säätimen.





Kuva 21: Uusi Vario-säädin sekä sen alla DO-moduuleita

## 5 Järjestelmässä tehtävillä parannuksilla saavutettavat hyödyt

### 5.1 Energiataloudellisuuden näkökulma

Kampin keskuksen vuotuiset energiakulut ovat suuret, kaikki mukaan laskettuna noin 3 miljoonaa euroa. Tästä läheskään kaikki eivät ole kiinteistön kuluja, vaan mukana on myös vuokralaisten kuluttama sähkö siirtomaksuineen sekä käytetty vesi, jota ei kiinteistölle kohdistuvana kuluna voi laskea suoraan energiakuluksi. Lämmitys ja jäähdytys muodostavat reilun 800 000 euron kulun, ollen energiamääränä yhteensä vajaa 22 000 MWh. Jäähdytyksen kulutus on noin kolmasosa lämmitykseen verrattuna.

Kampin keskuksen kiinteistöjen kuluttaman sähkön määrää on erilaisista järjestelyistä aiheutuen hankala selvittää, johtuen osittain puutteellisista tiedoista. Varovasti arvioiden voisi kulutuksen kuvitella olevan euroissa puolen miljoonan ja miljoonan välillä. Tästä haarukoiden kiinteistöjen kokonaisenergiankulutukseksi saadaan n. 1,5 miljoonaa euroa, joka sisältää perusmaksut, siirtokulut sekä verot.

Raportissa aiemmin esitettyjen ongelmien, epäkohtien ja puutteiden kuntoon saattamisella päästään vähintäänkin arviolta 10-15 prosentin säästöihin kokonaiskuluissa. Luku ei ole tuulesta temmattu, vaan perustuu projektin aikana muodostuneeseen kokonaiskäsitykseen järjestelmän tilasta sekä sen eri osioissa olevista epäkohdista. On hyvinkin mahdollista, että saavutettu säästö on lopulta nyt arvioitua suurempi.

Tarkkojen, toimenpiteillä saavutettavien säästöjen arviointi on osin hankalaa ja laskentakin melko työlästä niin monen eri asian vaikuttaessa samaan epäkohtaan. Laite- tai prosessikohtainen kulutusseurantakin on paikoin mahdotonta, tarkemman kulutusmittaroinnin puuttuessa. Kokonaissäästön näkee parhaiten vasta toteutuneiden energiakulujen perusteella. Joidenkin toimenpiteiden osalta energiankulutus saattaa jopa lisääntyä. Tällöin taustalla on kuitenkin sisäolosuhteiden huomattava paraneminen. Kokonaisuutta tarkasteltaessa lopullinen energiatase jää kuitenkin alijäämäiseksi nykytilanteeseen verrattuna. Jo toteutuneiden toimenpiteiden pohjalta voi hyvin sanoa, että suuntaus energiakulujen pudottamiseen on oikea.

## 5.2 Kiinteistön omistajan näkökulma

Kiinteistön omistajan näkökulmasta toimenpiteistä on vain hyötyä. Kiinteistöjen energiankulutus putoaa, samoin kuin nykyisin jatkuvasti kasvavat energiakulut. Rakennusten toiminta on kannattavampaa, ja energiaan kohdistettuja varoja voi tarvittaessa siirtää muuhun ylläpitoon tai tähän tähtäävään toimintaan.

Kauppakeskuksen näkökulmasta liiketilojen vuokrauspotentiaali kasvaa parantuneiden sisäolosuhteiden johdosta. Keskusten energialuokituksen mahdollinen paraneminen tuo nykyisin toivottua "vihreää julkisuuskuvaa" vähän kuluttavana keskuksena. Moni liikekiinteistö pyrkii nykyään saamaan ympäristösertifikaatin, joista ainakin kauppakeskus Sellon saama LEED-sertifikaatti on saanut huomattavaa julkisuutta. Vihreä "brändi" on toivottava asia, joka saattaa houkutella entistäkin ympäristötietoisempia asiakkaita.

Yhteiskunnan näkökulmasta projektin tuomat hyödyt ovat niitä, joihin kaikkien kiinteistöomistajien tulisi pyrkiä. Taistelussa ilmastonmuutosta ja hiilidioksidipäästöjä vastaan toiminta on suotavaa ellei suorastaan vaadittavaa. Suomelle asetettujen energiankulutustavoitteiden täyttäminen voi olla hyvinkin haasteellista, mikäli kaikki eivät osallistu "ilmastotalkoisiin" mukaan. Saavutettavaa kuitenkin on, sillä kiinteistöjen energiankulutuksesta voisi hyvinkin leikata valtakunnan tasolla vaatimattomat 10 prosenttia pois.

## 5.3 Vuokralaisen näkökulma

Vuokralaisten näkökulmasta suurimmat edut projektissa ovat sisäolosuhteiden paraneminen sekä mahdollisesti hoitovuokran pieneneminen kiinteistön alentuneiden ylläpitokulujen johdosta. Asiakkaat eivät jaksakaan viettää aikaa ja "shoppailla" tukalan kuumissa liikkeissä, vaatteiden sovittamisesta puhumattakaan. Talvella on tärkeää, etteivät liiketilat ole liian kuumia, varsinkin kun ollaan liikkeellä pakkaskeliin sopivissa ulkovaatteissa. Kesällä taas tilat eivät saa olla liian kylmiä, jotta asiakkaat eivät vilustuisi ostosreissullaan. On siis pyrittävä pitämään kauppakeskuksen ja liiketilojen lämpötilat lähellä normaalia eli 21 celsiusastetta. Hyvät sisäolosuhteet vaikuttavat

melko varmasti jossain määrin kaupankäyntiin. Kauppakeskus ei saa olla paikka, joka ajaa potentiaalisia asiakkaita pois epäedullisilla olosuhteillaan (kuva 22).



Kuva 22: Asiakkaat viihtyvät kauppakeskuksessa hyvien sisäolosuhteiden johdosta. Päällä olevien valaisimien määrää on vähennetty automaattisesti valoisan sään johdosta.

Toinen merkittävä hyöty sisäolosuhteiden parantamisella on liikkeiden henkilökunnan hyvinvointi ja sitä kautta yrittäjän näkökulmasta saatava hyöty. Työteho laskee, mikäli joutuu työskentelemään läkähdyttävissä olosuhteissa. Kylmät ja vetoiset työskentelyolosuhteet taas lisäävät vääjäämättä sairaslomien määrää ja närkästyneisyyttä. Iloinen ja hyvinvoiva työntekijä osaltaan edesauttaa kaupankäyntiä, tarjoten asiakkaalle parasta mahdollista osaamistaan ja asiakaspalvelualttiutta ostotilanteissa.

Ei varmaankaan ole kuvittelua, että merkittävästi alentuneet ylläpitokulut näkyvät myös vuokralaisilta perittävissä vuokrissa. Vuokrat koostuvat nykyisin kahdesta eri osasta, tilavuokrasta sekä ylläpitovuokrasta. Kiinteistön ylläpitokulut vaikuttavat suoraan

ylläpitovuokraan, jonka suuruus määräytyy kiinteistön toteutuneiden kulujen mukaan. Liikkeillä on siis parempi tuotto, kun kohtalaisen isot vuokratulot ovat pienemmät. Tämä osaltaan saattaa lisätä yritysten jatkuvuutta keskuksessa nykyisen kaltaisessa kovassa kilpailutilanteessa. Parhaimmassa tapauksessa yritykset voivat jopa hinnoitella tuotteensa kevyemmin ja näin saada lisää liikevaihtoa. Tällöin asiakkaatkin hyötyvät projektin tuloksista.

#### 5.4 Kiinteistöhuollon näkökulma

Projektin toimenpiteiden johdosta kiinteistöhuollon tehtävien olettaisi helpottuvan ainakin jossain määrin. Ilmanvaihtoa, lämpötiloja, vetoisuutta ja ilmanlaatua koskevien vikailmoitusten määrä todennäköisesti vähenee, kun kaikki havaitut epäkohdat on korjattu ja toiminta saatu säädettyä mahdollisimman optimaaliseksi. Aikaisemmin huolto on ollut melko työllistettyä juuri näihin asioihin liittyvien ilmoitusten kanssa, etenkin jos meneillään on hellekausi tai vaihtoehtoisesti kova pakkaskausi. Kyseisten ilmoitusten selvittely on lisäksi ollut aikaa vievää, koska mahdollista vikaa ja tämän ratkaisua on saanut selvittää monesta eri näkökulmasta. Mikäli ongelma on koskenut Micronet-säädintä, on tehtävän ratkaisu ilman virittelyä ollut monesti mahdotonta ja erikoisosaajaa vaativa. Säädinongelmien väheneminen vähentää luonnollisesti jäädytystä koskevien ongelmien määrää.

Automaatiojärjestelmän parannuksen yhteydessä on tarkastettava kaikki historiaseurannat. Tällöin ns. vähempipätöiset tai päällekkäiset seurannat on hyvä poistaa järjestelmän kuormituksen keventämiseksi. Samalla on myös lisättävä puuttuvat oleelliset seurannat, jotta ongelmatilanteiden selvittely olisi helpompaa ja nopeampaa. Kampin automaatiojärjestelmän historiaseuranta on jo nykyisellään melko kattava.



## 6 Kampin kiinteistöautomaatiojärjestelmän tilanne keväällä 2011

### 6.1 Toteutuneet ja suunnitellut toimenpiteet

Tutkimuksen edetessä Kampin keskuksen automaatiojärjestelmästä on paljastunut lukuisia epäkohtia, jotka korjaamalla järjestelmän ja kiinteistön toimintaa saadaan parannettua huomattavasti. Parasta tuloksissa on se, että keskuksen energiankulutusta voidaan pienentää suhteellisen paljon. Harmillisinta tulosten tarkastelussa on, että osa toimenpiteiden aiheuttamista säästöistä todetaan vasta pidemmällä tarkasteluvälillä. Vahvat arviot kuitenkin osoittavat toimenpiteiden olevan energiataloudellisia.

Tähän mennessä käyntiajat on tarkastettu ja muutettu noin 90-prosenttisesti koko keskuksessa. Säästöä on tullut satojen käyttötuntien edestä viikossa. "Hukassa" olleita ohjauspisteitä on löydetty ja muutettu niin, että jatkossa operointi on paljon helpompaa. Valaistusohjauspisteiden osalta pahiten kesken on E-taso, josta pitäisi luoda kokonaan oma grafiikkasivu tason valaistuksen hallintaa varten. Muissa valo-ohjauksissa tarvetta olisi enää yhdistettyjen pisteohjausten tutkimiseen ja purkamiseen, jotta valojen ohjaus saataisiin pienempiin kokonaisuuksiin. Muutama ohjauspiste on edelleen "sekaisin" tarkoittaen, ettei grafiikalla oleva ohjaus ohjaakaan toivottua valoryhmää. Ryhmät palavat joko koko ajan tai sitten toisten ohjauspisteiden ohjaamina.

Ilmanvaihtokoneiden osalta ohjelmat on tarkastettu lähes kokonaan ja säätöportaiden lisäksi havaittuja ohjelmavirheitä on korjattu. Koneiden käynnistysohjelmia on parannettu ja mm. taajuusmuuttajien käynnistysramppeja on pidennetty. IV-koneiden suodatinvahtihälytyksissä ollut ilmavirtareduoitu painehälytyksen yläraja on poistettu käytöstä, koska tämä aiheutti lukuisia turhia hälytyksiä. Ilmanvaihtokoneiden hyötysuhdelaskentakaavoja ei ole vielä tarkastettu. Suurimmat ongelmat kaavojen suhteen on glykoli-LTO-piireissä. Jokaisen IV-koneen grafiikkakuvaan olisi hyvä lisätä ST-kortissa 710.10 mainittu LTO-piirin suunniteltu maksimaalinen hyötysuhde, johon operaattorin olisi helppo verrata kulloinkin voimassa olevaa tilannetta. Tämä helpottaisi järjestelmän kunnosta tehtävien päätelmien tekoa. Koneiden grafiikkakuvissa voisi olla muitakin hyödyllisiä tietoja, kuten esimerkiksi linkistä aukeava säätökaavio. Ne puuttuvat lähestulkoon kaikista laitteista.

Ongelmallisia Micronet-säätimiä on korjattu ja vaihdettu, jolloin osa jäähdytys- ja valaistusohjausongelmista on saatu poistettua. Säätimet ovat kuitenkin se ”heikoin lenkki”, joka vaikuttaa erityisesti keskuksen liiketiloissa olevien henkilöiden tuntemuksiin ilman laadusta. Mikäli säädin on hajalla tai säätimiä ohjaava väylä on häiriötilassa, jäähdytinkonvektorit eivät toimi tai ovat jumiutuneet ainaisesti päälle. Jäähdytinkonvektorien lisäksi Micronet-säätimien häiriöt vaikuttavat erityisesti valaistukseen.

Lämmitysten osalta tuulikaappien ohjausmuutokset ovat toteuttamatta. Ne olisi hyvä korjata ja testata kesällä, jolloin parannettu toiminta pääsisi heti syksyn ensimmäisillä pakkasilla käytäntöön. Luiskalämmitysten pintamittausprojekti etenee, joskin se on edelleen kesken.

Projektin aikana havaittu automaatioalakeskusten ohjelmaversioiden ikä ja esimerkiksi muistinvarmistusparistojen vaihtotarve on hoidettu ja korjattu suorittamalla alakeskushuolto Kampin keskuksen jokaiseen alakeskukseen (kuva 23). Huollon yhteydessä on paristo vaihdettu, alakeskuksen ohjelmistoversio päivitetty, alakeskusohjelmistosta on otettu varmuuskopio ja se on myös tallennettu alakeskusprosessorin flash-muistiin. Kriittisimmät sähköliitännät on kiristetty ja sähkönsyötön napaisuus on mitattu ja tarvittaessa muutettu. Huollon myötä alakeskushäiriöiden pitäisi vähentyä, ja mahdollisen vian sattuessa on korjaaminen nopeaa kaikkialla käytetyn ohjelmaversioiden ja back up -tiedostojen saatavuuden johdosta. Tutkimuksen yhteydessä löytyi useampia alakeskuksia, joita ei oltu edes määritelty valvomotietokoneen alakeskusluetteloon. Nyt kaikkien olemassa olevien alakeskusten pitäisi olla tiedonsiirtolistoilla niin, että ne jopa kommunikoivat muun järjestelmän kanssa. Yksi alakeskus piti poistaa listoilta, koska todellisuudessa sitä ei ole olemassa.

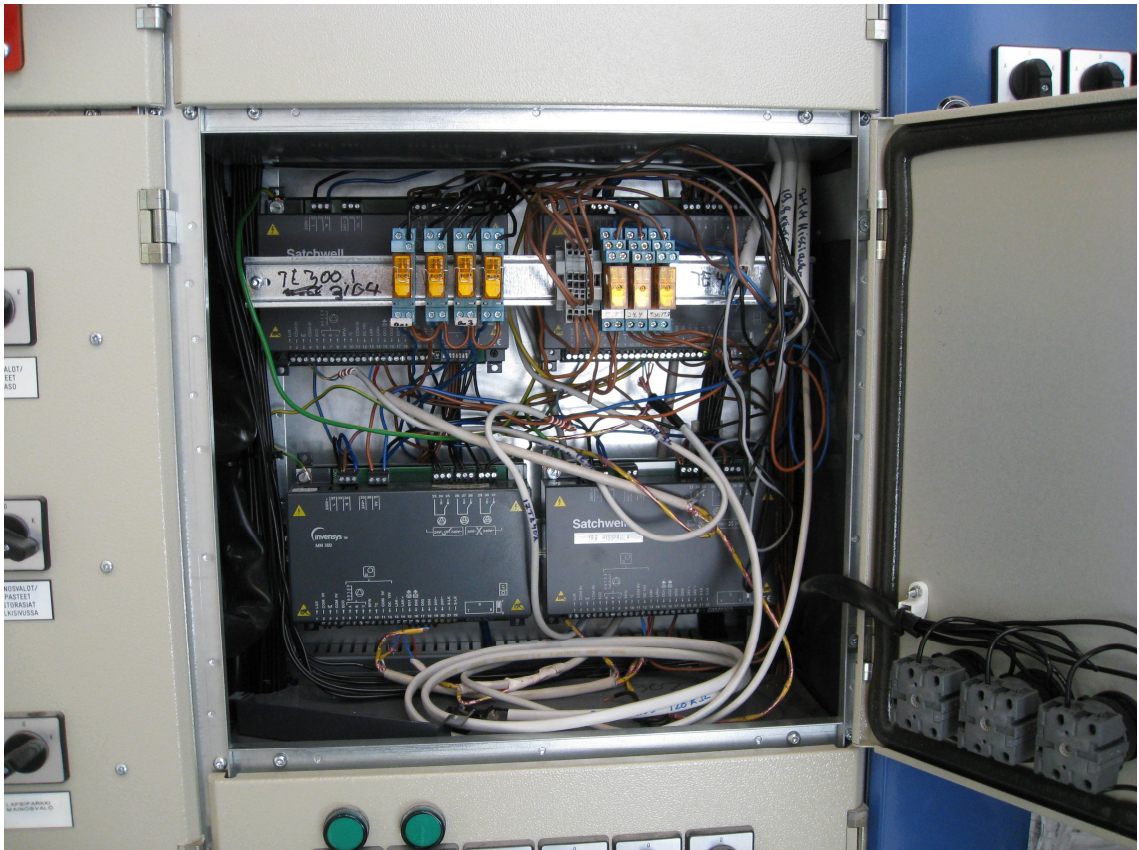


Kuva 23: Atmostech-automaatiojärjestelmän automaatioalakeskus. Sen vasemmassa ovelsa on toiminnoista huolehtiva iC1000-prosessori. Keskellä on I/O-moduleita.

Häiriötilanteita varten Kampin kiinteistöautomaatiojärjestelmän jokainen hälytyspiste pitäisi käydä läpi. Tarkastuksessa olisi selvitettävä onko pisteen jatkohälytysarvo oikea. Tällä varmistettaisiin oikeiden hälytysten siirtyminen huoltoyhtiön valvomoon ja estettäisiin pienemmän prioriteetin hälytyksiä aiheuttamasta turhia päivystyskäyntejä. Hälytyspisteissä on ollut havaittavissa pieniä ongelmia juuri prioriteetin kanssa. Osa tärkeistä hälytyksistä ei välity GSM-modeemin kautta eteenpäin ja osa turhista taas välittyy. Asia on ollut esillä, mutta toimenpiteitä korjaamisen osalta ei ole tehty. Tässä yhteydessä selviäisi myös suurin osa aktiivisista hälytyksistä, joita on tällä hetkellä pysyvästi päällä yli 100 kappaletta. Osa aktiivisten hälytysten laitteista ei ole enää edes olemassa. Listauksen "perkaus" olisi huollon kannalta erityisen tärkeää, sillä toimivasta listauksesta olisi helppo katsoa uudet, akuutit hälytykset.

Projektin vaikutuksia on nähtävissä automaatiojärjestelmän hälytysten esiintymistiheydessä. Syksyllä 2009 vuorokaudessa ylittyi 1000 hälytystapahtuman raja,

kun vuotta myöhemmin vuorokautinen hälytystapahtumamäärä oli alle 200. Molemmissa tapauksissa hälytysten määrää lisäsivät radikaalisti häiriössä olleet Micronet-säätimet (kuva 24). Toiminnalla on kuitenkin ollut järjestelmää parantava vaikutus, sillä turhat hälytykset kuormittavat koko järjestelmän tiedonsiirtoa. Ihannetilanne olisi, jos hälytyksiä olisi näinkin isossa laitoksessa korkeintaan joitain kymmeniä päivässä.



Kuva 24: Sähkökeskukseen on ahtaasti asennettu neljä Micronet-säädintä, joiden johdotuksessa olisi parantamisen varaa.

Palotilanneohjausten tutkimus on osittain kesken. Joidenkin ohjauspisteiden toimintatapa on tarkastettava. On esimerkiksi joitakin savunpoistoluukkuja, jotka aukeavat ohjauspisteen ollessa automaattitilassa, vaikka palotilanneohjauksia ei olekaan päällä. Eräs impulssipuhallin puuttuu grafiikkakuvista kokonaan, osa puhaltimista ei lähde syystä tai toisesta käyntiin. Järjestelmää on myös parannettu tekemällä SPOK-tauluun lisäkytkimiä, joiden avulla toimintoja voidaan toteuttaa, vaikka todellista tilannetta ei olisikaan päällä.

## 6.2 Toimenpide-ehdotukset

Mikäli luiskalämmityksiin lisättävä pintalämpötilanmittaus sekä tähän perustuva prosessisäätö tuottavat toivottua tulosta, ehdotetaan saman järjestelmän lisäämistä myös kauppakeskukselle kuuluviin pihalämmityspiireihin. Saavutettavana hyötynä energiansäästön lisäksi ovat käyttäjäolosuhteiden paraneminen eli pinnan sulana pysyminen. Lisäksi syntyy materiaalisäästöjä, kun tarvitaan vähemmän hiekoitushiekkaa ja sulatusainetta. Mahdollisuudet järjestelmän todenperäiseen ja huomattavasti nykyistä tarkempaan säätöön ovat siis olemassa.

Kauppakeskuksen yleisten aulatilojen ilmanvaihtokoneisiin ja miksei laajemmin keskuksen muihinkin ilmanvaihtokoneisiin olisi ehkä syytä miettiä hiilidioksidin perustuvan ohjaustavan lisäystä. Erityisesti kauppakeskuksen ylemmissä kerroksissa on suhteellisen vähän kävijöitä aamuisin ja tiettyinä muinakin ajankohtina (kuva 25). Tällöin voisi olla hyvä rajoittaa sisään puhallettavan ilman määrää ja saavuttaa sitä kautta energiasäästöjä. Tähän asti ilmamääriä on ohjattu koneiden eri pyörintänopeuksien avulla. On kuitenkin oltava varovainen, jottei vaikeuta entisestään keskuksen ongelmallista ilmanpainetasapainoa. Se voi muuttuessaan aiheuttaa suuria ongelmia sisäänkäyntien läheisyydessä sekä terminaaleissa.





Kuva 25: Kauppakeskuksen ylemmissä kerroksissa liikkuu tiettyinä aikoina päivästä vähemmän asiakkaita. Tällöin ilmanvaihokoneiden tehoa voisi pudottaa esimerkiksi hiilidioksidin perustuvan mittauksen mukaan.

Kauppakeskusta ja liikenneterminaaleja vaivaavaa vetoisuutta voisi lähteä vähentämään ohjaamalla hallitusti painesuhteiden mukaan tiettyjä ilmanvaihokoneita. Operaationa projekti on iso. Se täytyy suunnitella huolella sekä testata jollain tasolla käytännössä ennen lopullista toteuttamistaan. On myös huomioitava toimenpiteiden vaikutusalueella olevat tilat, ettei niiden ilmanvaihto kärsi liikaa tai mene säädettyjen asetusten yli. Toimiessaan järjestelmä vähentäisi tai kasvattaisi terminaaleja ympäröivien tilojen ilmanvaihokoneiden painesuhdetta, jolloin tilanne auttaisi mahdollisesti terminaalien painehallinnassa.

Kiinteistötekniikan energiankulutuksen tutkimiseksi ja hallinnoimiseksi olisi hyvä tehdä muutamia muutoksia. Kulutusmittareita tarvittaisiin lisää, jotta edes konehuonekohtainen kulutus, konekohtaisesta kulutuksesta puhumattakaan, olisi selvillä ja samalla tarkkailtavissa. Mikäli kulutusmittaukset liitettäisiin

rakennusautomaatiojärjestelmään, saisi operaattori ajantasaista, kulutushälytyksillä varustettua tietoa järjestelmän toimivuudesta. Samalla energiankulutukseen vaikuttavien vikojen paikantaminen nopeutuisi huomattavasti. Kampin keskuksessa on omat kulutusmittaus- ja laskutusohjelmat, Lasdat ja Enermet, joita ei kuitenkaan ole linkitetty millään tavalla kiinteistöautomaatioon. Pitäisi tutkia ohjelmien tuottaman tiedon hyödyntämistä automaatiossa, edes jollain tasolla.

Energiankulutukseen suoraan vaikuttavan lämpimän veden kulutusta voisi vähentää säätämällä automaattihanojen virtausta pienemmäksi. Käyttäjiä, kuten liikkeiden henkilökuntaa, toimistotyöntekijöitä ja asukkaita, olisi hyvä opastaa tunnistamaan esimerkiksi vuotava wc-istuin ajoissa, jolloin turha vedenkulutus saadaan nopeasti kuriin.

Koko automaatiojärjestelmään vaikuttava automaatiohuollon puuttuminen olisi korjattava. Keskuksen järjestelmässä saattaa olla lukuisia virheellistä tietoa antavia antureita ja esimerkiksi toimimattomia laitteita, kuten peltejä, toimilaitteita ym., joiden toimintahäiriöitä ei grafiikalta voi huomata tai ne ovat jääneet huomaamatta. Huollolla parannetaan järjestelmän toimintavalmiutta sekä ennaltaehkäistään ennenaikaisia laiterikkoja. Ilmanvaihtokoneiden osalta on esiin tullut tuloilmapeltejä, jotka eivät mene peltimoottorin ohjaamana kiinni. Samalla tulisi tarkastettua muutkin pisteet, kuten indikointipisteet, joissa myös on havaittu ongelmaa.

### 6.3 Arvio projektin kokonaissästöistä sekä vaikutuksesta Kampin keskukseseen

Pienikin poikkeama ison keskuksen säädöissä saattaa aiheuttaa suuren lisälaskun. Kampin tapauksessa järjestelmän tulisi olla "viimeiseen asti hiottu timantti", jonka asentoa vain muutellaan vallitsevaan hetkeen sopivaksi. Jostain syystä tilanne ei ole eikä ollut tämä, ainakaan projektin käynnistysvaiheessa.

Insinööriöprojekti on tuonut Kampin keskukselle tietoa järjestelmän tilasta sekä siinä esiintyvistä ongelmakohdista. Korjattujen asetusarvojen sekä käyntiaikojen lisäksi osa ehdotetuista energiansäästöön tähtäävistä toimenpiteistä on toteutettu. Vielä on kuitenkin matkaa siihen, että voitaisiin puhua optimaalisesti toimivasta järjestelmästä. Tähän mennessä saavutettujen säästöjen tarkkaa määrää on vaikea arvioida. Asia

selviää vasta pidemmän aikavälin tarkastelujakson jälkeen. Sähkön osalta voidaan puhua noin 50-100 tuhannen euron vuosisäästöstä. Lämmityksen puolella saaduista säästöistä on vaikea sanoa mitään. Säästöjä on sielläkin odotettavissa, etenkin jos kaikkien pih- ja katulämmitysten ohjaus- ja säätötavat muutetaan. Kaukokylmän osalta kulutus saattaa jopa nousta, mikäli kaikki kiinteistöjen jäähdytyslaitteet saataisiin toimimaan suunnitellusti.

Säästöksi voidaan laskea myös se, että esimerkiksi joitakin valo-ohjauksia kunnostettaessa käytettiin ja korjattiin olemassa olevaa tekniikkaa muutaman tunnin työpanoksella sen sijaan, että olisi asennettu täysin uutta tekniikkaa laajemmalti (kuva 26). Tällöin kustannukset olisivat olleet merkittävästi korkeampia. Projektin edetessä useampi, kuuleman mukaan aiemmin hankalaksi koettu asia korjaantui suhteellisen helposti. Tähän tietysti vaikutti oikean henkilöstön löytäminen tehtävään.



Kuva 26: Kaukoliikenneterminaalin valo-ohjaukset saatiin korjattua vähäisillä ponnisteluilla. Taustalla näkyy Matkahuollon tavara-asema.

Oletettaessa, että Kampin keskuksen automaatiojärjestelmän prosessit olisivat kunnossa, saattaisi olla vaikea kehittää lisäsäästöjä hyvinkin paljon avoinna olevassa kohteessa. Laitteita ei voi pitää pois päältä, koska niiden tuottamille miellyttävillä sisäolosuhteilla on käyttöä. Tällaisessa tilanteessa pitää hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti kaikki ajankohdat ja tilanteet, jolloin järjestelmän saa ajettua alas. Sellaisia ovat vuosittain vaihtelevasti esiintyvät arkipyhät. Päivinä, jolloin myös kauppakeskus on kiinni, tulee huolehtia, että kaikki mahdolliset virran ja lämmön tai kylmän kuluttajat ovat pois päältä. Arkipyhät ovat päiviä, jolloin julkisessa käytössä olevissa kiinteistöissä tehdään normaalitilanteeseen nähden säästöjä. Yhtään arkipyhää ei tule hukata esimerkiksi unohtuneiden pyhäohjelmointien johdosta.

Kampin kauppakeskuksen energiatehokkuusluokka on tällä hetkellä E, ja tehokkuusluku on 339, eli laitos kuluttaa paljon energiaa. Tunteamatta sen tarkemmin luokituksen tekemiseen kauppakeskuksen kohdalla käytettyjä menetelmiä etenkin kulutustietojen oikeellisuuden osalta voi saatua tulosta pitää jossain määrin suuntaa antavana. Automaatiojärjestelmän parantamisella ja säästöjen onnistuneella saavuttamisella saattaa olla mahdollista nostaa energialuokitusta luokkaan D, jonka yläraja on 280. Tällöin kauppakeskuksen julkisuuskuva vihreämpänä kiinteistönä tuo varmaankin toivottua lisäarvoa. Mahdollisen ympäristösertifikaatin hankkiminenkin helpottuu luokituksen paranemisella. Tässä kohtaa on hyvä muistaa, että energialuokitus ei koske koko keskusta, ainoastaan kauppakeskus Kamppia. Toimistotornien ja asuintalojen osalta päästään melko varmasti parempaan luokitukseen.

#### 6.4 Elinkaarimalli kiinteistöautomaation näkökulmasta

Rakennusten elinkaari kattaa karkeasti suunnittelun, rakentamisen sekä käytön. Elinkaaren aikana suunnittelu sekä rakentaminen vastaavat noin 20-25 prosenttia rakennuksen koko elinkaaren kustannuksista. Loput 75-80 prosenttia kokonaiskuluista kuluvat käytön aikana. Tämän johdosta suunnitteluun ja rakentamiseen tulee investoida hyvin, jotta käytönaikaiset kulut pysyvät maltillisena. Nykyisin panostetaan yhä enemmän matalaenergiakiinteistöihin sekä -ratkaisuihin ja automaatiojärjestelmiin, joilla pystytään hallitsemaan hyvin käytön aikaista energiankulutusta. [4]

Kiinteistöjen rakennusprosessi ei ole rakennusautomaation näkökulmasta paras mahdollinen. Liian usein automaatio on se osatekijä, joka jätetään vähimmälle huomiolle suunnittelussa, aikataulutuksissa, toteutuksissa sekä viimeistelyssä. Automaatioasentaja on usein rakennustyömaan viimeinen henkilö, joka yrittää saada sidottua kokonaisuuden yhteen toimivaksi "paketiksi". Tämän olisi muututtava merkittävästi, mikäli aiotaan rakentaa kokonaistehokas kiinteistö, jossa automaatiolla on ollut määrittävä asema jo suunnittelupöydältä lähtien. Ehkäpä eri järjestelmien integroiminen edesauttaa tilannetta. [4]

Rakennusprojekteilla sekä ylipäätään erilaisilla projektituonteisilla, selkeään lopputulokseen johtavilla toteutuksilla on usein valvoja. Valvojan rooli on merkittävä, mikäli tarkastellaan syntyvän tuotoksen laadun varmistusta sekä toimivuutta. Jostain syystä käy usein niin, että rakennusautomaation valvonta jää vähemmälle huomiolle tai sitä ei ole laisinkaan. Tällainen vaikutelma on tullut useissa uudehkoissa kohteissa kiinteistöautomaatiojärjestelmän toimivuutta tarkasteltaessa. Perusasiat saadaan yleensä toimimaan, mutta koneiden tarkempi virittäminen samoin kuin turhien, huonosta säädöstä aiheutuvien toistuvien hälytysten poistaminen on jäänyt usein hoitamatta. Asialle olisi saatava muutos, jotta alasta vähän tietävä asiakaskin voisi huoletta luottaa saavansa sijoitukselleen vastinetta. Huonosti toteutettua projektia ei tule vastaanottaa, joten luovutuskäytännöissäkkin on varmasti kehittämistä.

Automaatiojärjestelmän ollessa uudesta asti huonosti toimiva ja energiaa kuluttava tulee kiinteistön elinkaaren aikaisista käyttökustannuksista melko korkeat. Automaation omaa elinkaarta tarkasteltaessa olisi järjestelmän tuotettava kiinteistön omistajalle paras mahdollinen hyöty, koska automaation uusimissykli on kiinteistön elinkaarta selkeästi lyhyempi. Järjestelmän uusiminen on arvokasta, joten ei ole toivottavaa, että kiinteistön omistaja maksaa paljon järjestelmästä, joka aiheuttaa kaupan päälle vielä korkeat kiinteistön käyttökustannukset. Tällaisen suuntauksen poistamiseksi on rakennusautomaation valvonnalle ja urakoitsijoiden vastuuttamiselle asetettava tarkemmat kriteerit. Huonosti toimiva automaatiojärjestelmä tulee korjata ja parantaa mahdollisimman nopeasti, jotta saataisiin pelastettua säästöistä ja alhaisista käyttökuluista edes rippeet. Hyvällä automaatiojärjestelmällä säästetään kiinteistön käyttökuluissa automaatiojärjestelmän uusimiseen tarvittavat varat.

Rakennuksen automaatiojärjestelmään vaikuttavat suuresti kiinteistönhuolto sekä automaatiohuolto. Kiinteistönhuolto edustaa automaatiojärjestelmän näkökulmasta käyttäjää, joka operoi järjestelmän avulla kaikkia kiinteistön hallintaan liittyviä toimia. Käyttäjän tulee olla perehtynyt niin ohjattavaan kiinteistöön kuin ohjaavaan järjestelmäänkin, jotta erilaiset toiminnot ja operaatiot sujuvat mutkitta oikein. Peruskiinteistönhuollolla on järjestelmän toimivuuden kannalta merkittävä rooli. Mikäli huollolla on aikaa ja innostusta keskittyä automaatioon, kiinteistön oikeaan toimintaan, energiansäästöön ja toiminnan kehittämiseen, on rakennuksen ylläpito hyvissä kantimissa. Toki tähän vaikuttaa myös omistajan tahtotila antaessaan huollolle resursseja toimia. Huollon ja erityisesti kiinteistön näkökulmasta haasteellista voi olla tietotaidon säilyttäminen ja järjestelmien hyvän tuntemuksen ylläpito henkilövaihdostai huoltoyhtiönvaihtotilanteissa. Nykyisen kaltainen huollon kilpailuttaminen muutaman vuoden välein ei ole jatkuvuuden kannalta paras mahdollinen toimintatapa kiinteistöjen ylläpidossa.

Kiinteistönhuollon lisäksi automaatiohuollolla on myös merkittävä rooli järjestelmien ylläpidossa. Järjestelmässä saattaa esiintyä toimintahäiriöitä, vakaviakin sellaisia, joita ei huomata ajoissa ilman pätevää automaatiohenkilökuntaa. Sopivin välein tapahtuva järjestelmän tarkastus, samoin kuin laitteet läpikäyvä automaatiohuolto, on erittäin järkevää toteuttaa. Tämäkin on asia, joka usein unohtuu kiinteistön ylläpidosta vastaavilta henkilöiltä. Autokaan ei kulje loputtomasti ilman säännöllisiä huoltoja.

Kaikkiin kiinteistössä tapahtuviin automaatioon, kuin muihinkin järjestelmiin liittyviin ylläpidollisiin asioihin, vaikuttaa kiinteistön omistajan ja edelleen kiinteistön johdon näkemykset tulevasta. Arvaamattomin tilanne kiinteistön ylläpidon kannalta on sijoituspohjainen omistussuhde. Asioita ei korjata tai edes yritetä parantaa, jos pyrkimyksenä on vain myydä kohde muutaman vuoden kuluttua maksimaalisella voitolla. Tällöin ei kannata haaskata rahaa myyntivoiton kannalta toissijaisiin asioihin.

Kestävän kehityksen kannalta parasta kiinteistön ylläpitoa on vikojen ja epäkohtien välitön korjaaminen ja kiinteistön kunnon jatkuva tarkkailu. Kiinteistöön investoitu raha säilyttää arvonsa näin ollen mahdollisimman hyvin. Tällöin tulevaa korjaustarvetta ja mahdollista korjausvelkaa ei vain siirretä seuraavalle omistajalle. Tosiasia kaikkien



kiinteistöjen kohdalla on kuitenkin se, että ylläpito vaatii joka vuosi tietyn määrän pääomaa; siitä ei päästä yli eikä ympäri.

#### 6.5 Jatkotoimet Kampin automaatiojärjestelmän osalta

Kampin keskuksen automaatiojärjestelmä on niin iso kokonaisuus, että tämä vaatisi asiaan vihkiytyneen henkilön, operaattorin, huolehtimaan keskuksen automaatiojärjestelmän hallinnoinnista. Operaattori huolehtisi järjestelmien toimivuudesta ja valvoisi erilaisten muutosten toteutumista. Ohjausmuutokset esimerkiksi vuodenaikojen mukaan, voisi operaattori hoitaa kuntoon. Suurin painoarvo operaattorilla olisi kaiken muun lisäksi energiankulutuksen valvonta sekä sen pitäminen mahdollisimman alhaisena. Järjestelmän valvonta esimerkiksi etänä olisi myös suotavaa.

Projektin edetessä asioita on korjattu ja järjestelmän tilaa saatu parannettua. Työtä operaation tiimoilta riittää edelleen, jos vain tahtotila on myönteinen kiinteistön johdon taholta. Energiankulutusta on saatu pudotettua ja reservissä on vielä varaa "kiristää vyötä".

## 7 Yhteenveto

Tämän lopputyön tarkoituksena oli selvittää kiinteistöautomaatiojärjestelmän vaikutus kauppa- ja liikennekeskuksen energianhallintaan. Tutkimuskohteena oli Helsingissä sijaitseva Kampin keskus, joka yleensä tunnetaan parhaiten kauppakeskus Kampista sekä linja-autoliikenneterminaaleista. Työn aikana syvennyttiin keskuksen automaatiojärjestelmään perin pohjin, puututtiin havaittuihin ongelmiin, korjattiin niitä käyttäjätoimenpiteinä niin paljon kuin mahdollista, ja ohjelmoimista vaativista epäkohdista laadittiin useita raportteja kiinteistön johdolle. Myös muita toimintaa mahdollisesti parantavia havaintoja on kirjattu raportteihin (liite 1).

Selvityksessä kävi ilmi, että kiinteistön automaatiojärjestelmän toimivuudella on suuri vaikutus rakennuksen energiankulutukseen. Säästöjä voidaan saavuttaa useamman kymmenen prosentin edestä nykykulutukseen verrattuna. Rakennuksen tekniikka ja alkuperäinen suunnitelma asettavat usein toiminnalle raamit, mutta ainakin Kampin tapauksessa löytyi kohtia, joiden suunnitellun toiminnan hienovarainen muuttaminen parantaa prosessin toimivuutta sekä tuo toivottua säästöä energiankulutuksessa.

Projektin tarkkojen lopputulosten esittäminen on hankalaa, koska kiinteistön mittarointi on toteutettu hyvin yleisellä tasolla. Tarkkoja kuluttajakohtaisia kulutuslukemia ei ole monenkaan esimerkin tapauksessa saatavilla, on vain karkeasti arvioitava saavutetun hyödyn määrä. Todelliset vaikutukset keskuksen kulutuksen alenemisessä ovat nähtävissä vasta pidemmän tarkastelujakson jälkeen toteutuneiden kulutuslukemien muodossa. Tällöinkin kulutusta on vain verrattava aikaisempien vuosien kulutukseen, lämmön kohdalla normeerattuihin lukemiin.

Työn aikana paljastui Kampin keskuksen automaatiojärjestelmän todellinen tila sekä tarve järjestelmän perusteelliselle läpikäymiselle. Saavutettavat säästöt ovat merkittäviä. Vuositasolla voidaan puhua jopa muutaman sadan tuhannen euron säästöstä. Keskuksen osalta projektista on hyötyä alentuneiden energiakulujen lisäksi myös sisäolosuhteiden laadun paranemisena. Kauppakeskus saattaisi myös saada lisäarvoa vihreämpänä ostospaikkana nyky-yhteiskunnan trendien mukaisesti.

Kampin keskuksen automaatiojärjestelmää tulee edelleen kehittää, sillä toimenpiteet jäivät tutkimusajan osalta kesken. Ehdotettujen ja jo hyväksytyjen toimenpiteiden

läpiviennistä tulee huolehtia sekä muutenkin muuttaa järjestelmän päivittäistä valvontaa, jolloin mahdolliset epäkohdat havaittaisiin aiemmin.

Lisäselvityksenä olisi mielenkiintoista nähdä kuinka paljon esimerkiksi hyvinkin epästabiilin säädön omaava ilmanvaihtokone todellisuudessa vaikuttaa kokonaiskuluihin. Tietyn aikakehyksen jälkeen olisi myös mielekästä saada tietää koko projektin vaikutus keskuksen energiakuluihin. Sisäolosuhteiden laadun paranemisen näkökulmasta olisi hyvä olla olemassa mittarointi, jolla muutokset laadussa olisi kätevä esittää. Tässä lopputyöraportissa on myös käsitelty joitakin asioita, joita ei ole vielä esitetty kiinteistökokonaisuuden johdolle.

## Lähteet

- 1 Harju, Pentti. Talotekniikan automaatio, mittaus ja säätö. Hamina: Penan Tieto-Opus Oy, 2006
- 2 Sähkötieto Oy. Avoimet rakennusautomaatiojärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy, 1998
- 3 Värjä, Pertti & Mikkola, Jukka-Matti. Uusi kiinteistöautomaatio. Kuusankoski: Mikro-oppi Ky, 1999
- 4 Rakennusautomaatioseminaari 2011. Leppävaara. Suomen automaatioseura, rakennusautomaatiojaosto. Seminaariesitykset sekä yleinen keskustelu.
- 5 Sähkötieto ry. ST 710.10: Rakennusautomaatiojärjestelmän hyödyntäminen. Espoo: Sähköinfo Oy, 2007
- 6 Kippo, Asko & Tikka, Aimo. Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki: Edita Prima Oy, 2008

