

Lassi Mäntylä

KASTELLIN TUTKIMUSKESKUKSEN AUTOMAA-  
TIOSANEERAUKSEN TARKASTELUA



# KASTEELLIN TUTKIMUSKESKUKSEN AUTOMAATIO- SANEERAUKSEN TARKASTELUA

Lassi Mäntylä  
Opinnäytetyö  
21.6.2011  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma Automaatiotekniikka	Opinnäytetyö Insinöörityö	Sivuja 21	+	Liitteitä 4
Suuntautumisvaihtoehto Projekointi	Aika 2011		+	
Työn tilaaja ISS Oy	Työn tekijä Lassi Mäntylä			
Työn nimi Kastellin tutkimuskeskuksen automaatiiosaneerauksen tarkastelua				
Asiasanat Rakennusautomaatio, ISS Oy, Siemens, Energiatehokkuus				

Rakennusautomaatio on työkalu, jolla vaikutetaan rakennusten sisäilmastoon ja valaistukseen sekä myös rakennusten turvallisuuteen. Rakennusautomaatiolla ohjataan ja säädetään rakennuksen teknisiä laitteita ja pyritään minimoimaan energiankulutus ja laitteiden kuluminen, sekä saamaan laitteiden käytöstä paras mahdollinen hyöty.

Tässä työssä tutkittiin Oulussa sijaitsevan Kastellin tutkimuskeskuksen automaatiojärjestelmän saneerauksen vaikutusta kiinteistön energiankulutukseen. Työssä käytiin läpi automaatiojärjestelmän rakenne ja perustoiminnot sekä energiatehokkuuden teoriaa käytiin läpi.

Työn alussa kiinteistössä oli vanha Stenfors Oy:n toimittama järjestelmä joka oli jo vanhentunut. Tämä järjestelmä korvattiin Siemensin DESIGO PX -järjestelmällä. Energiankulutuksen vähentymisestä saatiin alustavia tuloksia, mutta luotettavien tulosten saamiseksi seuranta-aika jäi kuitenkin liian lyhyeksi.

## Sisältö

### TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO .....	5
2 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN RAKENNE JA PERUSTOIMINNOT .....	6
2.1 Ilmastointi .....	8
2.2 Lämmitys .....	8
2.3 Sääto .....	9
3 ENERGIATEHOKKUUS .....	12
4 SIEMENS DESIGO -JÄRJESTELMÄ .....	14
5 AUTOMAATIOSANEERAUS .....	15
6 ENERGIANKULUTUSTIETOJEN VERTAILU.....	17
7 POHDINTA .....	19
LÄHTEET .....	20
LIITTEET .....	<b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b>

Liite 1. Energiankulutustiedot 2008

Liite 2. Energiankulutustiedot 2009

Liite 3. Energiankulutustiedot 2010

Liite 4. Energiankulutustiedot 2011

# 1 JOHDANTO

Rakennusautomaation avulla vaikutetaan rakennusten sisäilmastoon ja va-  
laistukseen sekä myös rakennusten turvallisuuteen. Rakennusautomaatiolla  
ohjataan ja säädetään rakennuksen teknisiä laitteita ja pyritään minimoimaan  
energiankulutus ja laitteiden kulumisen–sekä saamaan laitteiden käytöstä  
paras mahdollinen hyöty.

Opinnäytetyössä tarkastellaan Kastellin tutkimuskeskuksen automaa-  
tiosaneerausta ja sen vaikutusta kiinteistön energian kulutukseen. Saneera-  
us toteutetaan Siemens DESIGO -järjestelmällä.

Työn tilaajana on ISS Palvelut Oy. ISS Palvelut Oy on perustettu Tanskassa  
1901. ISS Palvelut on kiinteistö- ja toimitilapalveluyritys. Se on Suomen kol-  
manneksi suurin yksityinen työnantaja. ISS Palveluiden liikevaihto oli vuonna  
2010 lähes 515 miljoonaa euroa ja henkilökuntaa oli noin 12000. ISS Palve-  
lut on osa kansainvälistä ISS-konsernia, joka toimii 53 maassa. ISS-  
konsernin omistavat pääomasijoitusyhtiöt EQT (55 %) ja Goldman Sachs  
Capital Partners (45 %). ISS Palveluiden osuus kansainvälisen ISS-  
konsernin liikevaihdosta on 5,3 prosenttia. (9.)

## 2 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN RAKENNE JA PERUSTOIMINNOT

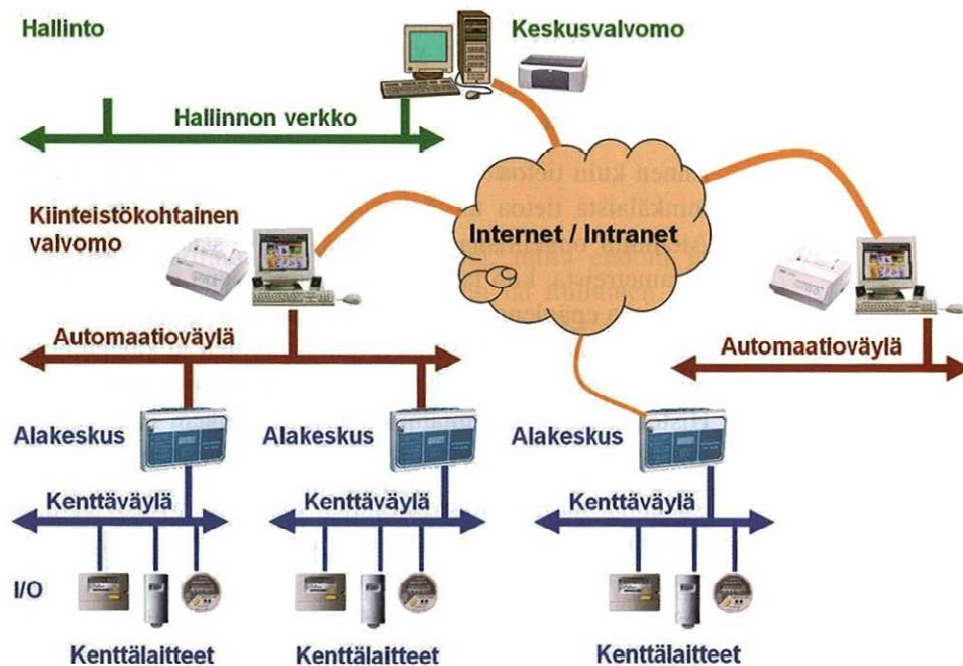
Rakennusautomaatio määritellään erilaisiksi automaattisiksi säätö-, valvonta-, ohjaus- ja hälytystoiminnoiksi, joiden avulla hallitaan kiinteistöjen LVIS-prosesseja. Rakennusautomaatiojärjestelmistä saadaan hyötyä, sillä niiden avulla parannetaan olosuhteita, säästetään energiaa, vähennetään rutiinityötä ja pienennetään sekä taloudellisia että henkilöriskejä. (1, s.27)

Kehitys rakennusautomaatiojärjestelmissä on ollut suhteellisen nopeaa joutuuen digitaalitekniikan nopeasta kehityksestä. Nykyisin käytössä oleviin DDC-laitteisiin (Direct Digital Control) siirryttiin vasta 1980-luvun alkupuolella. Sitä ennen säätimet perustuivat analogisiin komponentteihin ja valvontatoiminnot toteutettiin säätötoiminnoista erillisenä järjestelmänä. Nykyään kaikki säätö- ja ohjaustoiminnot toteutetaan ohjelmallisesti. Ennen eri valmistajilta hankitut järjestelmät käyttivät omia tiedonsiirtoprotokolliaan ja ne olivat lähes aina suljettuja ja epästandardeja. Tänä päivänä järjestelmien välinen integrointi on lisääntynyt yhteisten rajapintojen esim. OPC (open connectivity via open standards) myötä. (1, s. 27.)

Nykyään käytössä olevat rakennusautomaatiojärjestelmät rakentuvat yleensä 3–4 hierarkkisesta tasosta kuvan 1 mukaisesti. Tasot ovat

- hallintajärjestelmä
- valvomotaso
- alakeskustaso
- kenttälaitetaso.

Kahta eri tasoa yhdistää aina jokin tiedonsiirtoratkaisu. (1, s. 27.)



KUVA 1. Rakennusautomaation hierarkia (10, s. 12)

Hallintojärjestelmä toimii linkkinä keskusvalvomosta tai valvomosta kiinteistön muihin tietojärjestelmiin. Hallinnon verkossa siirretään raporttietoja ja laskelmissa hyväksikäytettävää tietoa, jota on usein kerätty eri kiinteistöistä. Fyysisesti hallinnon verkko voi olla kiinteistön mikroja yhdistävä lähiverkko. (1, s. 27.)

Valvomotasolla järjestelmää ohjataan ja valvotaan yleensä PC-laitteistolla, johon on liitetty tulostin hälytystietojen ja raporttien tulostusta varten. Käyttöliittymä on yleensä toteutettu Windows-pohjaisena graafisena käyttöliittymänä. Alakeskusten avulla hoidetaan säätö-, ohjaus- ja valvontaoperaatioita. Alakeskukset sisältävät prosessorin ja muistia, jossa sijaitsevat käyttöjärjestelmä ja säätöohjelmat. Tyypilliseen alakeskukseen kuuluu lisäksi liitännämahdollisuus 30–200 tulo- ja lähtöpisteelle (Input/Output), joihin kenttälaitteet, kuten anturit, venttiilit ja pumput liitetään. (1, s. 28.)

## 2.1 Ilmastointi

Ilmanvaihdon tehtävänä on huolehtia sisäilman puhdistuksesta ja tehdä siitä laadukasta. Ilmasta poistetaan epäpuhtauksia ja kosteutta sekä tuodaan huoneisiin puhdasta, sopivan lämmintä ilmaa. Tällä taataan rakennukselle ja sen käyttäjille turvallinen ja terveellinen sisäilmasto. Tuotava ilma puhdistetaan ilmanvaihtokoneissa olevien suodattimien avulla. Epäpuhtautta ja kosteutta aiheuttavat mm. huoneissa olevat ihmiset, työprosessit ja koneet sekä rakenteista irtoavat tai rakenteiden läpi tulevat epäpuhtaudet. Joissakin tiloissa ilmankosteutta pidetään tasaisena kostuttamalla tuloilmaa. Joskus ilmastointilaitteet hoitavat myös huoneiden lämmityksen tai jäähdytyksen. (2, s. 104.)

## 2.2 Lämmitys

Suomen olosuhteissa rakennusten lämmitys on välttämätöntä. Rakennusten ja ulkoalueiden lämmityksen lisäksi on myös lämmitettävä vettä. Lämpö ei muodostu itsestään, vaan tarvittava lämpö syntyy pitkän prosessin tuotoksena.

Lämmitys vaatii energiaa ja se muodostetaan jollakin pääasiallisella energialähteellä, josta se johdetaan tai lisätään muilla tavoin lämpöä tuottavaan järjestelmään. Kun tarvittava energia on saatu luotua, sitä siirretään tavalla tai toisella rakennukseen, josta se johdetaan lämmöntuotantoon. Tästä se jatkaa kulkuaan rakenteisiin ja mahdollisesti varajaan, jos lämpöä aiotaan varata. (4, s. 14.)



## 2.3 Säätö

Ilmastointijärjestelmän toiminnan kannalta säätötekniikalla on oleellinen merkitys. Hyvin suunniteltu, rakennettu ja vastaanotettu automaatiojärjestelmä on yksi hyvän sisäilmaston perusedellytyksistä. Säätoratkaisut vaikuttavat merkittävästi myös rakennuksen energiatalouteen. (3, s. 245.)

Rakennukseen ja sen ilmastointijärjestelmiin vaikuttaa usein erilaisia häiriötekijöitä, kuten ulkolämpötila ja sen muutokset, ilmankosteus, tuuli ja aurin-  
gonpaiste. Myös rakennusten sisäiset kuormat kuten ihmiset ja laitteet vaikuttavat. Nämä häiriöt vaikeuttavat usein halutun sisäilmaston saavuttamista ja ylläpitämistä. Säädön tarkoituksena on ohjata ilmastointia siten, että näiden häiriötekijöiden vaikutukset pysyvät hallituissa rajoissa. Myös energiataloudelliset tavoitteet tulee ottaa huomioon. Energiatalouden kannalta saattaa tiettyissä tilanteissa olla parempi antaa esim. huonelämpötilan ”liukua” hallitusti asetettujen raja-arvojen välillä kuin pyrkiä kaikissa olosuhteissa ylläpitämään samaa lämpötilaa. (3, s. 245.)

Ilmastoinnin säätöratkaisut perustuvat pääosin takaisinkytkettyyn säätöön. Säätöjärjestelmän perusosa on tällöin säätöpiiri, jonka tehtävänä on pitää säädettävä suure, esimerkiksi tuloilman lämpötila, halutussa arvossa eli asetusarvossa. (3, s. 246.)

Mittaustietoon perustuvalla takaisinkytkennällä säädin päättää tarvittavat korjaustoimenpiteet, joilla prosessia ohjataan säätöpoikkeaman eli asetusarvon ja oloarvon (mittaustieto) erotuksen minimoimiseksi. Säätolaki eli säätötapa määrittelee, miten säädin tämän käytännössä toteuttaa. Yleisimpiä säätötapoja ovat:

- suhteellinen eli P-säätö
- suhteellinen ja integroiva eli PI-säätö
- suhteellinen, integroiva ja derivoiva eli PID-säätö
- kaskadisäätö.

Yksinkertaisimmat prosessit voidaan toteuttaa myös päälle-pois eli on-off säädöllä, mutta sen säätötarkkuus on yleensä huomattavasti edellä mainittuja huonompi. (3, s. 246.)

P-säätö vastaa toiminnaltaan vahvistinta. Säätimen ohjaussuure on suoraan verrannollinen erosuureeseen. Verrannollisuuskerroin määrää säätimen vahvistuksen, joka on samalla P-säätimen keskeinen viritysparametri. Säätölaki on kaavan 1 mukainen. Kiinteistöissä tyypillinen käyttökohde on patteritermostaatti.

$$u(t) = K_p e(t)$$

KAAVA 1

$u(t)$  = säätimen ulostulo eli ohjaussuure hetkellä  $t$

$e(t)$  = erosuure hetkellä  $t$

$K_p$  = vahvistuskerroin

PI-säädön säätölaissa on vahvistuksen lisäksi aikaan verrannollinen termi, jolloin esitys on kaavan 2 mukainen. Kiinteistöissä PI-säätöä voidaan käyttää esimerkiksi lämmitysverkoston lämmitysveden lämpötilan säätämiseen.

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt$$

KAAVA 2

$$K_i = K_p / T_i$$

$u(t)$  = säätimen ulostulo hetkellä  $t$

$e(t)$  = erosuure hetkellä  $t$

$K_p$  = vahvistuskerroin

$K_i$  = integrointiin liittyvä vahvistuskerroin

$T_i$  = integrointi- eli palautusaika

PI-säätimen varsinaisia viritysparametreja ovat vahvistuskerroin tai sen käänteisarvo suhdealue sekä integrointiaika. Integrointiajan kasvattaminen pienentää säätimen kokonaisvahvistusta eli hidastaa säätöpiiriä. Integrointiajan pienentäminen lisää piirin nopeutta ja samalla värähtelyherkkyyttä.

PID-säädön säätölaissa on edellisten lisäksi muutostilanteissa nopeutta lisäävänä terminä derivointi, joka nimensä mukaisesti derivoi erosuuretta. Sitä ainoastaan muutokset aiheuttavat derivointiosan heräämisen. Esitys on tällöin kaavan 3 mukainen. PID-säätöä voidaan käyttää kiinteistössä esimerkiksi käyttöveden lämmityspiirissä.

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad \text{KAAVA 3}$$

$$K_i = K_p / T_i \quad K_d = T_d K_p$$

$u(t)$  = säätimen ulostulo hetkellä  $t$

$e(t)$  = erosuure hetkellä  $t$

$K_p$  = vahvistuskerroin

$K_i$  = integrointiin liittyvä vahvistuskerroin

$K_d$  = derivointiin liittyvä vahvistuskerroin

$T_i$  = integrointi- eli palautusaika

$T_d$  = derivointiaika

Kaskadisäädössä toimii kaksi säätöpiiriä sarjassa (kaskadissa), jolloin ”uloimmaisena” säätöpiirin tehtävänä on ohjata ”sisemmän” säätöpiirin asetusarvoa. Kiinteistöissä kaskadisäätöä voidaan käyttää esimerkiksi ilmastointikoneiden tuloilman lämpötilansäätöön.

### 3 ENERGIATEHOKKUUS

Kioton ilmastosopimus ja Suomen energia- ja ilmastostrategia, jonka tavoitteena on kasvihuonepäästöjen vähentäminen antaa painetta parantaa rakennusten energiatehokkuutta. EU:n rakennusten energiatehokkuutta koskeva direktiivi velvoittaa jäsenmaat energiatodistusten käyttöönottoon. Huolena ovat rakennusten energiankulutuksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt ja energian tuontiriippuvuus. (8, s. 8.)

Energiatehokkuusdirektiivin tavoitteena on parantaa rakennusten energiatehokkuutta ja siten vähentää hiilidioksidipäästöjä viidenneksellä koko EU:n alueella. Direktiivi sisältää kolme osa-aluetta:

- energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset
- energiatodistuksen käyttöönotto
- lämmityskattiloiden ja ilmastointilaitteiden määräaikaistarkastukset (8, s. 8.)

Energiatehokkuuden parantaminen myös kiinteistön omistajan etu, sillä mitä vähemmän energiaa kiinteistö kuluttaa, sitä enemmän omistaja luonnollisesti säästää. (8, s. 2.)

Rakennuksen energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa vähentämällä energiankulutusta ja parantamalla sisäilmaston laatua ja rakennuksen palvelutasoa. Järjestelmien ja teknisten ratkaisujen toimivuus on edellytys sille, että päästään hyvään energiatehokkuuteen, johon rakennuksen automaatiolla voidaan vaikuttaa. (5, s. 2.)

Rakennusautomaatio ja säätölaitejärjestelmät tarjoavat tehokkaita toimintoja lämmityksen, jäähdytyksen, lämpimän käyttöveden ja valaistuslaitteiden jne. säätöön, mikä johtaa parempaan toimintaan ja energiatehokkuuteen. Tarpeettoman energiankulutuksen ja CO<sub>2</sub>-päästöjen vähentämiseksi energian-

säästötoiminnot ja rutiinit voidaan asettaa todellisen energiankulutuksen mukaan riippuen käyttäjän tarpeista. (6, s. 12.)

Tekninen kiinteistöhallinta on osa rakennuksen hallintajärjestelmää ja tuottaa tietoa toiminnasta, ylläpidosta, palveluista ja kiinteistönhallinnasta erityisesti energianhallintaan liittyen. Tiedot ovat esimerkiksi mittauksia, trendikuvaajia, hälytystietoja ja selvityksiä tarpeettomasta energiankulutuksesta. Energianhallinta tarvitsee dokumentaatiota, säätämistä ja ohjausta, seuranta, optimointia, toteamista ja tukemista korjaaville- ja ennalta ehkäiseville toiminnoille, jotta rakennusten energiatehokkuutta voidaan parantaa. (6, s. 12.)

Kiinteistön energiatalous määräytyy kahdesta eri tekijästä, jotka ovat:

- LVI-, jäähdytys- ja sähköjärjestelmien ominaisenergiatalous, joka määräytyy suunnittelu- ja hankintavaiheessa, eikä automaatiojärjestelmällä voida vaikuttaa siihen merkittävästi
- Käytön ja ylläpidon tehokkuus, jossa rakennusautomaatiolla on merkittävä vaikutus energiataloudellisuuteen. Se on keskeinen työkalu käytönmukaisten ohjausten ylläpitoon sekä häiriöiden ja vikaantumisten valvontaan ja paikantamiseen. (7, s. 3.)

## 4 SIEMENS DESIGO -JÄRJESTELMÄ

DESIGO on täysimittainen rakennusautomaatiojärjestelmä, joka pystyy ohjaamaan, valvomaan ja hallitsemaan kaikenlaisia rakennusteknisiä järjestelmiä. Valikoimaan kuuluu seuraavia tuotteita:

- DESIGO INSIGHT-valvomo
  
- DESIGO PX-alakeskukset
  - PX-alakeskukset
  
  - PX-integrointi.
  
  - PX-käyttöpäätteet
  
  - I/O-moduulit
  
- DESIGO RX-huonesäätimet

DESIGO PX on modulaarinen rakennusautomaatio- ja ohjausjärjestelmä, joka on suunniteltu lämmitys-, jäähdytys-, ilmastointi- ja muihin rakennusteknisiin järjestelmiin. Siinä on vapaasti ohjelmoitavat alakeskukset, jotka ovat toimintoiltaan monipuolisia ja helposti laajennettavissa yksittäisen säätöpirin säädöstä aina monipuolisen järjestelmän säätöön, ohjauksen ja valvontaan. Alakeskukset voivat toimia itsenäisesti tai osana valvontajärjestelmää. Standardoidut tiedonsiirtoprotokollat kuten Lon, TCP/IP ja BACnet takaavat järjestelmän avoimuuden ja yhteensopivuuden myös muiden teknisten järjestelmien kanssa. (12.)

## 5 AUTOMAATIOSANEERAUS

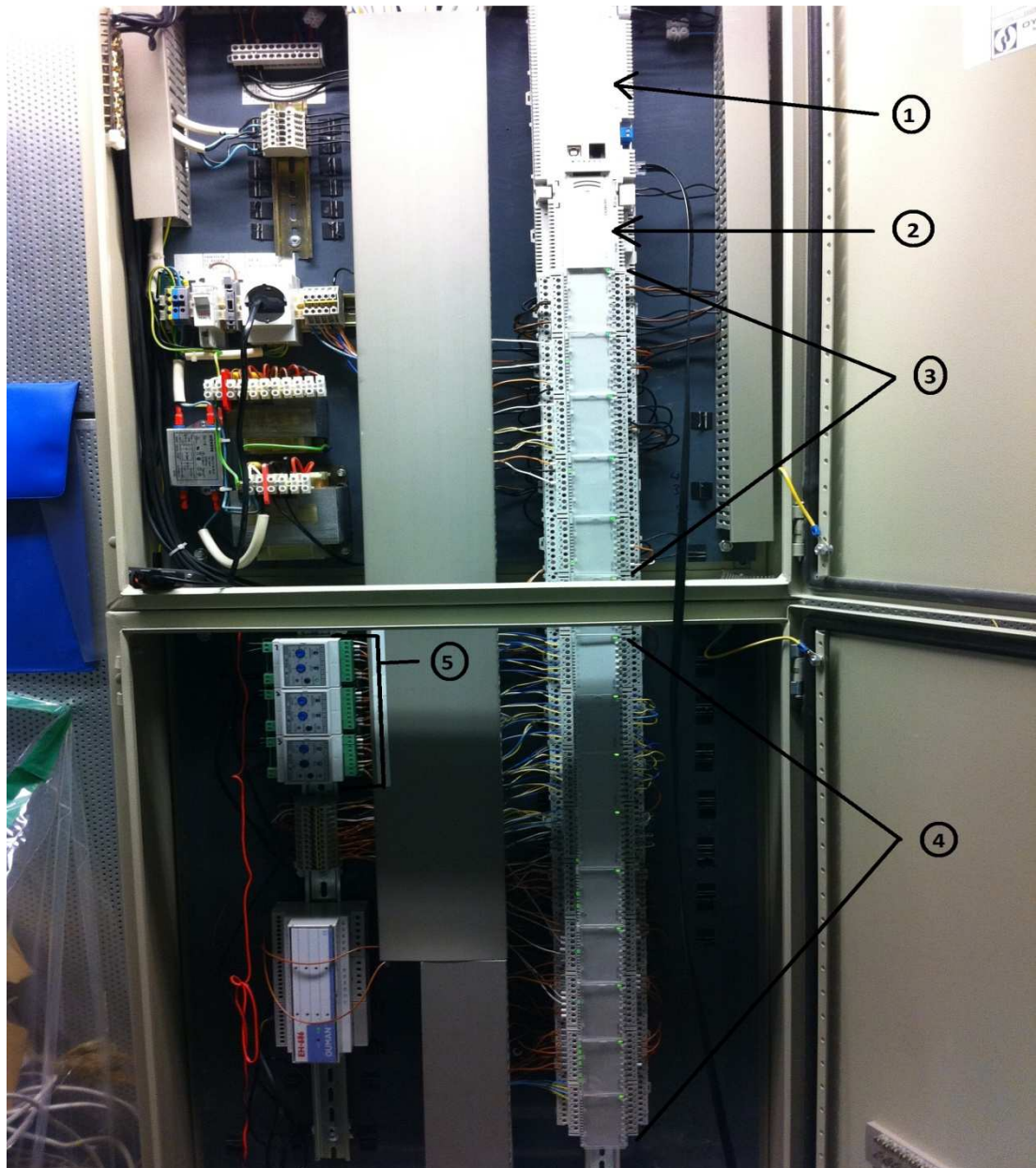
Automaatiosaneerauksen kohteena on Oulussa sijaitseva Kastellin tutkimuskeskus. Kiinteistö on liitetty Oulun kaupungin energialaitoksen kaukolämpöverkostoon. Rakennus on varustettu koneellisella huonekohtaisella ilmanvaihdolla. Tulo- ja poistokojeet on jaettu viiteen eri konehuoneeseen rakennusosittain ja toiminnan mukaisesti.

Kohteessa oli vanha Stenfors Oy:n toimittama järjestelmä. Ikää järjestelmälle oli kertynyt jo lähes 20 vuotta, joten se oli päätetty korvata uudella järjestelmällä, koska ongelmia oli ajan saatossa muodostunut paljon. Järjestelmä oli osittain epäkunnossa: osa pumpuista toimi käsiajolla, säädöt eivät toimineet oikein, automatiikka oli vanhentunut ja kiinteistön työntekijöiltä tuli valituksia sisäilman laadusta. Myös huollon saatavuuden kanssa oli ongelmia.

Automaatiosaneeraus toteutettiin Siemensin DESIGO PX- järjestelmää käyttäen. Alakeskuksissa käytettiin vapaasti ohjelmoitavia DESIGO PCX100.D- yksiköitä joihin liitettiin relemoduuleja TXM1.6R jossa on 6 potentiaalivapaata relälähtöä ja universaalimoduuleja TXM1.8U jossa on 8 universaalia I/O pistettä, jotka voidaan konfiguroida digitaalituloksi, analogituloksi tai analogilähdöksi.

Alakeskuksiin tuli myös PRODUAL JVS 24-jäätymisvaaratermostaatteja. Ne ovat varolaitteita, jotka valvovat ja tarvittaessa säätävät ilmanvaihtokoneen patterin paluueden lämpötilaa ja pyrkii siten estämään vesipatterin jäätyksen.

Alakeskusten asennuksen ja tarvittavien kenttälaitteiden asennuksen suoritti ISS:n automaatioasentaja kuvan 2 mukaisesti.



*KUVA 2. Yhden alakeskuksen valmis asennus*

1. PCX100.D-alakeskus    2. TXS1.12F10-teholähde    3. TXM1.6R-relemoduuli    4. TXM1.8U-universaalimoduuli    5. Pro dual JVS 24-jäätymisvaaratermostaatti



## 6 ENERGIANKULUTUSTIETOJEN VERTAILU

Liitteenä 1, 2, ja 3 olevista kulutusseurantataulukoista voidaan todeta, että 2008–2010 lämmön, sähköenergian ja veden kulutus on noussut joka vuosi. Liitteenä 4 olevasta vuoden 2011 kulutusseurannasta ei vielä näy koko vuoden kulutuksia, mutta neljän kuukauden perusteella tehdyistä taulukoista 1 ja 2 nähdään sähköenergiankulutuksen laskevan aiemmasta vuodesta, mutta lämpöenergian nousevan. Saneerauksella näyttäisi olevan sähköenergiankulutusta vähentävä vaikutus. Sääolosuhteet eli ulkolämpötilan muutokset vaikuttavat myös rakennuksen energian kulutukseen, joten luotettavaa ja tarkkaa tietoa ei näin lyhyellä (4 kk) vertailuajalla saada, vaan siihen tarvittaisiin huomattavasti pidempiaikainen seuranta jota ei tämän työn puitteissa voida tehdä.

*TAULUKKO 1. Sääkorjattu lämpöenergiankulutus Tammikuu-Huhtikuu.*

Sarake1	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Huhtikuu
2008	242,8 MWh	230,4 MWh	204,5 MWh	149,9 MWh
2009	277,7 MWh	245,6 MWh	216,6 MWh	153,8 MWh
2010	278,6 MWh	248,6 MWh	214,0 MWh	139,4 MWh
2011	294,7 MWh	265,1 MWh	246,1 MWh	178,9 MWh

*TAULUKKO 2. Sähköenergiankulutus Tammikuu-Huhtikuu.*

	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Huhtikuu
2008	110,0 MWh	106,5 MWh	108,2 MWh	113,4 MWh
2009	107,7 MWh	108,6 MWh	111,7 MWh	100,1 MWh
2010	109,9 MWh	103,0 MWh	112,1 MWh	106,3 MWh
2011	112,2 MWh	102,3 MWh	110,2 MWh	97,0 MWh

Vuonna 2010 on tehty tutkimus Kotkantie 1 sijaitsevan OAMK:n tekniikan ja kulttuurialan yksiköiden sähköenergiankulutuksesta. Se on samankaltainen toimistotyyppinen rakennus Kastellin tutkimuskeskuksen kanssa. Sen mukaan rakennuksen sähköenergiankulutuksesta talotekniikan osuus on 2/3.

Nämä rakennukset eivät ole täysin vertailukelpoisia, mutta tutkimus antaa viitteitä kuinka suuri osuus LVI-toiminnoilla on rakennuksen sähköenergiakulutukseen. Tämä tukee huomiota saneerauksen vähentävää vaikutusta rakennuksen sähköenergiankulutukseen. (11.)

Uuden järjestelmän toimivuus on parempi, joten kunnossapito ja huolto on helpompi suorittaa. Koska kaikki säädöt toimivat nyt paremmin, sisäilman laatu paranee ja kiinteistössä on miellyttävämpää työskennellä. Tämän työn kirjoitusaikana on kiinteistöön tullut myös valvomo, jolla voidaan järjestelmää ohjata ja säätää paremmin, millä oletettavasti on myös tulevaisuudessa vaikutusta kiinteistön energiankulutukseen.

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyöni tarkoitus oli tarkastella Kastellin tutkimuskeskuksen automaattiosaneerausta ja tutkia sen vaikutuksia kiinteistön energiankulutukseen. Koska en ollut mukana projektissa ihan alusta saakka ja en osallistunut suunnitteluun, työstä muodostui loppujen lopuksi varsin suppea ja teoriapainotteinen.

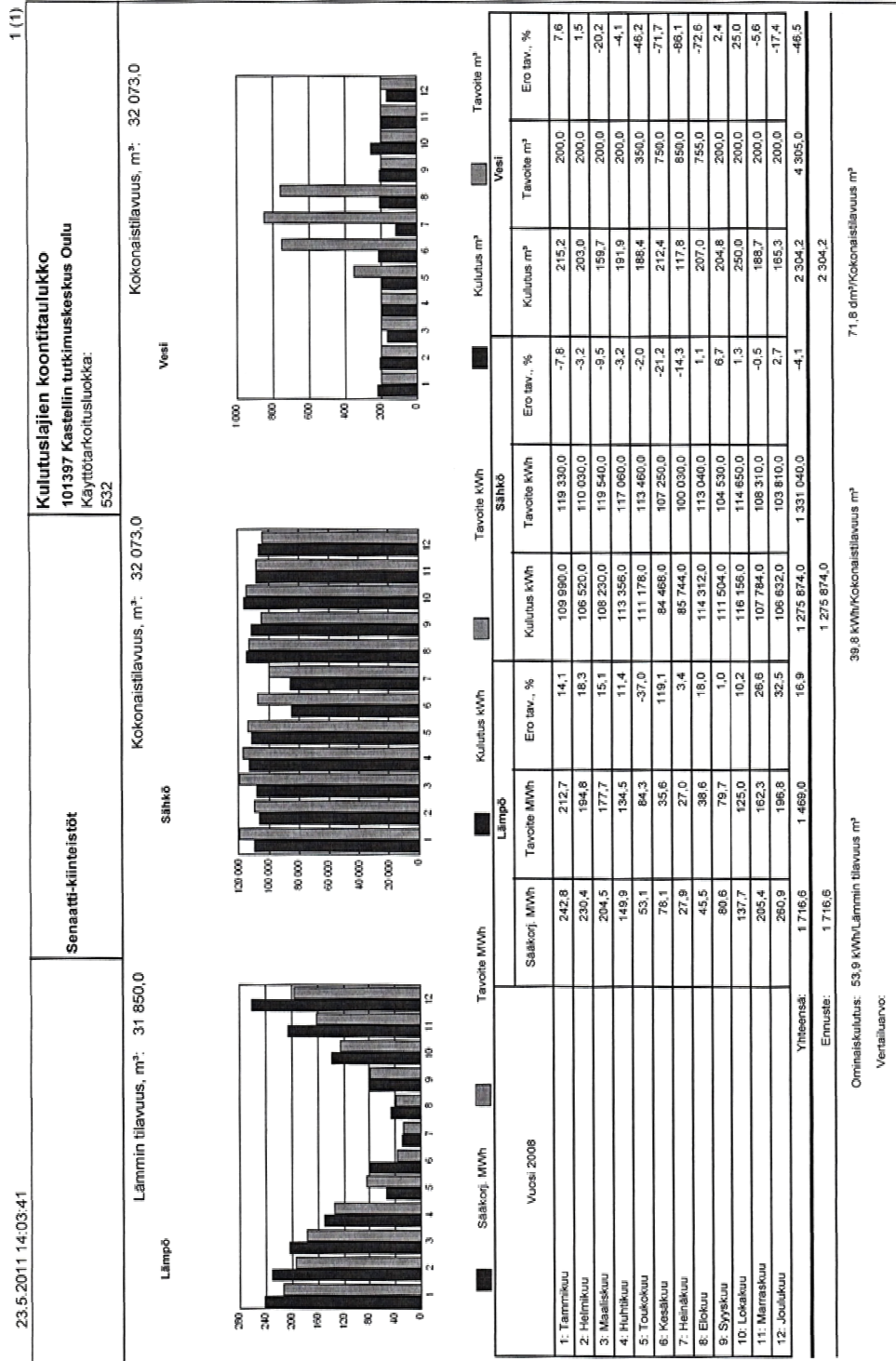
Alustavia tuloksia saneerauksen vaikutuksista energiankulutuksen vähentymiseen saatiin, mutta seuranta-aika jäi liian lyhyeksi. Tarkkojen ja luotettavien tuloksien saamiseksi tarvitaan tulevaisuudessa pidempiaikaista kulutusseurantaa. Muita saneerauksen hyötyjä olivat järjestelmän parempi toimivuus, kunnossapito, parempi sisäilman laatu, huolto ja huollon saataavuus.

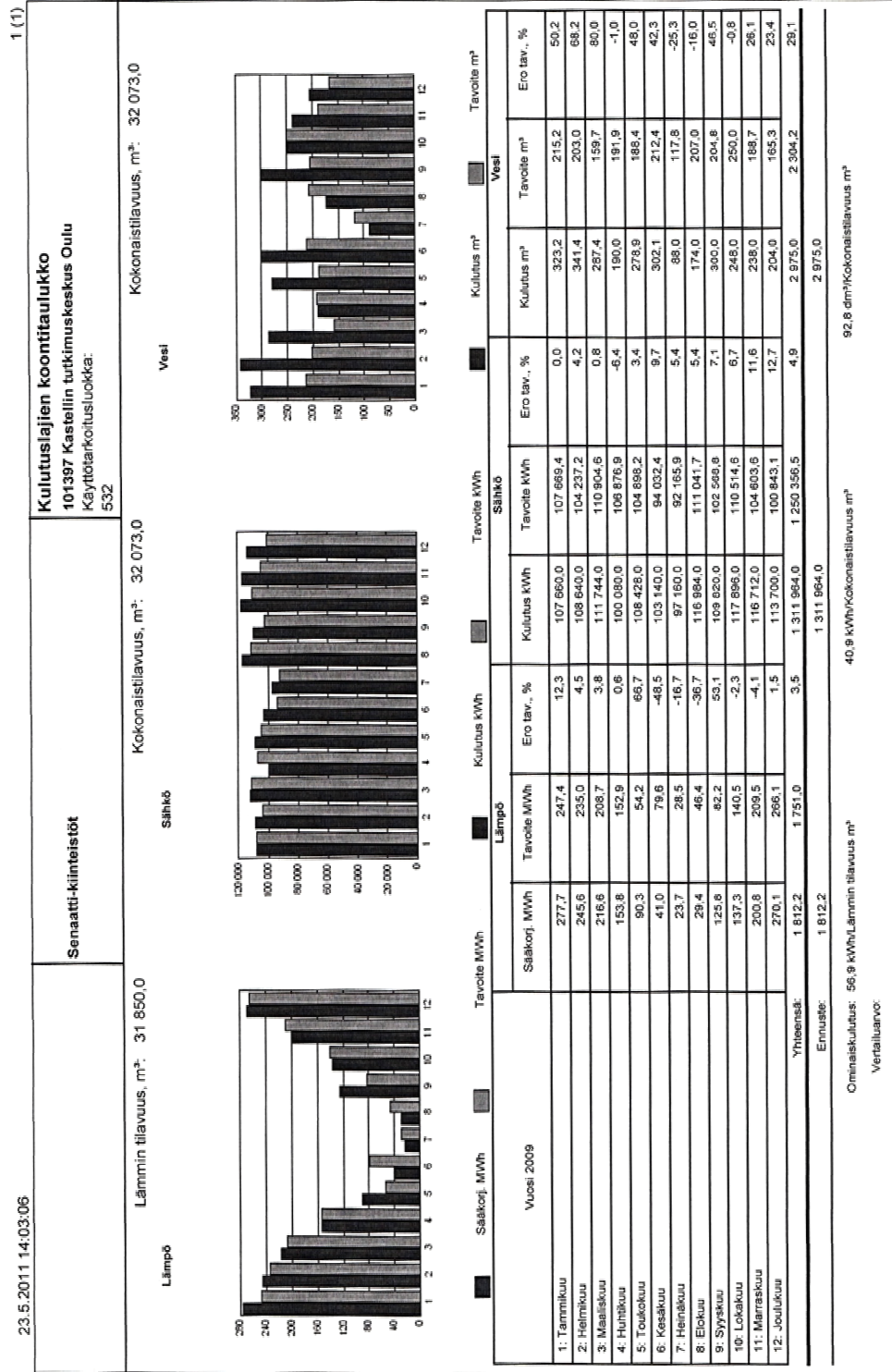
Opintoihin ei sisällynyt rakennusautomaatiota muuta kuin yhden valinnaisen kurssin verran. Aiempaa kokemusta vastaavanlaisen työn tekemisestä ei ollut, joten tämän työn myötä opin uutta rakennusautomaatiojärjestelmän toiminnasta, mistä on toivottavasti myös hyötyä tulevaisuudessa.

## LÄHTEET

1. Koivisto, Pekka 1998. Avoimet rakennusautomaatiojärjestelmät. Tampere: Tammer-paino Oy.
2. Värjä, Pertti – Mikkola, Jukka-Matti 1998. Kuusankoski: Mikro-oppi KY.
3. Seppänen, Olli 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. Forssa: Forssan kirjapaino Oy.
4. Soinela, Arto 2006 Sähkölämmitystekniikan perusteet. Pori. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Insinööriyö.
5. Hyvärinen, Juhani. 2009. Energiatehokkuus ja rakennuksen automaation luokitus [pdf-tiedosto]. Saatavissa: [http://www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/BAFF09\\_Hyvarinen.pdf](http://www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/BAFF09_Hyvarinen.pdf)  
Hakupäivä 30.5.2011.
6. SFS-EN 15232. Rakennusten energiaterveys. Rakennusautomaation vaikutus. 2008. Suomen standardoimisliitto SFS.
7. ST 710.11. Rakennusautomaatiojärjestelmän toiminnallisen tavoitetason määrittäminen. 2004. Sähkötieto ry.
8. Ympäristöministeriö, energiatodistusopas. 2007. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=82328&lan=fi>  
Hakupäivä 30.5.2011.
9. ISS                      Palvelut                      yrityksenä.                      Saatavissa: [http://www.fi.issworld.com/iss\\_palvelut\\_yrityksena/pages/iss\\_palvelut.aspx](http://www.fi.issworld.com/iss_palvelut_yrityksena/pages/iss_palvelut.aspx)  
Hakupäivä 16.5.2011.
10. Kiinteistöjen valvomojärjestelmät. ST-käsikirja 22. 2008. Sähkötieto ry.
11. Huovinen, Jorma 2010 OAMK tekniikan ja kulttuurialan yksiköiden sähköenergiankulutus. Oulu. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Insinööriyö.

12. Siemens DESIGO PX- esite.





1 (1)

9.3.2011 10:28:23

Senaatti-kiinteistöt		Kokonaistilavuus, m <sup>3</sup> : 32 073,0																																																																																																																																																																																																	
Kulutustilauksen koontitaulukko 101397 Kaestellin tutkimuskeskus Oulu Käyttötarkoituksiluokka: 532		Kokonaistilavuus, m <sup>3</sup> : 32 073,0																																																																																																																																																																																																	
Lämmin tilavuus, m <sup>3</sup> : 31 850,0		Sähkö																																																																																																																																																																																																	
Lämpö		Vesi																																																																																																																																																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Lämpö</th> <th colspan="2">Sähkö</th> <th colspan="2">Vesi</th> </tr> <tr> <th>Sääkorj. MWh</th> <th>Tavoite MWh</th> <th>Kulutus kWh</th> <th>Ero tav., %</th> <th>Kulutus m³</th> <th>Ero tav., %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>278,6</td> <td>283,3</td> <td>109 940,0</td> <td>-0,6</td> <td>308,3</td> <td>245,0</td> </tr> <tr> <td>248,6</td> <td>240,8</td> <td>103 028,0</td> <td>-3,2</td> <td>194,4</td> <td>247,0</td> </tr> <tr> <td>214,0</td> <td>220,7</td> <td>112 148,0</td> <td>0,7</td> <td>166,0</td> <td>138,8</td> </tr> <tr> <td>139,4</td> <td>155,9</td> <td>108 429,8</td> <td>-2,0</td> <td>153,0</td> <td>168,2</td> </tr> <tr> <td>93,2</td> <td>78,7</td> <td>131 640,0</td> <td>20,5</td> <td>209,4</td> <td>262,1</td> </tr> <tr> <td>56,4</td> <td>51,1</td> <td>126 632,0</td> <td>31,1</td> <td>240,9</td> <td>400,6</td> </tr> <tr> <td>21,4</td> <td>25,4</td> <td>111 708,0</td> <td>20,3</td> <td>830,3</td> <td>331,1</td> </tr> <tr> <td>56,5</td> <td>37,1</td> <td>138 460,0</td> <td>20,8</td> <td>676,9</td> <td>354,2</td> </tr> <tr> <td>109,4</td> <td>93,8</td> <td>124 452,0</td> <td>16,4</td> <td>331,9</td> <td>219,3</td> </tr> <tr> <td>165,3</td> <td>144,6</td> <td>121 868,0</td> <td>6,5</td> <td>195,7</td> <td>245,7</td> </tr> <tr> <td>216,4</td> <td>200,1</td> <td>112 968,0</td> <td>3,5</td> <td>236,4</td> <td>199,4</td> </tr> <tr> <td>281,0</td> <td>264,4</td> <td>117 088,0</td> <td>10,1</td> <td>214,3</td> <td>163,6</td> </tr> <tr> <td>Yhteensä</td> <td>1 776,0</td> <td>1 285 724,7</td> <td>10,0</td> <td>3 757,5</td> <td>2 975,0</td> </tr> <tr> <td>Ennuste:</td> <td>1 890,3</td> <td>1 414 408,0</td> <td></td> <td>3 757,5</td> <td>26,3</td> </tr> </tbody> </table>		Lämpö		Sähkö		Vesi		Sääkorj. MWh	Tavoite MWh	Kulutus kWh	Ero tav., %	Kulutus m³	Ero tav., %	278,6	283,3	109 940,0	-0,6	308,3	245,0	248,6	240,8	103 028,0	-3,2	194,4	247,0	214,0	220,7	112 148,0	0,7	166,0	138,8	139,4	155,9	108 429,8	-2,0	153,0	168,2	93,2	78,7	131 640,0	20,5	209,4	262,1	56,4	51,1	126 632,0	31,1	240,9	400,6	21,4	25,4	111 708,0	20,3	830,3	331,1	56,5	37,1	138 460,0	20,8	676,9	354,2	109,4	93,8	124 452,0	16,4	331,9	219,3	165,3	144,6	121 868,0	6,5	195,7	245,7	216,4	200,1	112 968,0	3,5	236,4	199,4	281,0	264,4	117 088,0	10,1	214,3	163,6	Yhteensä	1 776,0	1 285 724,7	10,0	3 757,5	2 975,0	Ennuste:	1 890,3	1 414 408,0		3 757,5	26,3	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Lämpö</th> <th colspan="2">Sähkö</th> <th colspan="2">Vesi</th> </tr> <tr> <th>Sääkorj. MWh</th> <th>Tavoite MWh</th> <th>Kulutus kWh</th> <th>Ero tav., %</th> <th>Kulutus m³</th> <th>Ero tav., %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>278,6</td> <td>283,3</td> <td>109 940,0</td> <td>-0,6</td> <td>308,3</td> <td>245,0</td> </tr> <tr> <td>248,6</td> <td>240,8</td> <td>103 028,0</td> <td>-3,2</td> <td>194,4</td> <td>247,0</td> </tr> <tr> <td>214,0</td> <td>220,7</td> <td>112 148,0</td> <td>0,7</td> <td>166,0</td> <td>138,8</td> </tr> <tr> <td>139,4</td> <td>155,9</td> <td>108 429,8</td> <td>-2,0</td> <td>153,0</td> <td>168,2</td> </tr> <tr> <td>93,2</td> <td>78,7</td> <td>131 640,0</td> <td>20,5</td> <td>209,4</td> <td>262,1</td> </tr> <tr> <td>56,4</td> <td>51,1</td> <td>126 632,0</td> <td>31,1</td> <td>240,9</td> <td>400,6</td> </tr> <tr> <td>21,4</td> <td>25,4</td> <td>111 708,0</td> <td>20,3</td> <td>830,3</td> <td>331,1</td> </tr> <tr> <td>56,5</td> <td>37,1</td> <td>138 460,0</td> <td>20,8</td> <td>676,9</td> <td>354,2</td> </tr> <tr> <td>109,4</td> <td>93,8</td> <td>124 452,0</td> <td>16,4</td> <td>331,9</td> <td>219,3</td> </tr> <tr> <td>165,3</td> <td>144,6</td> <td>121 868,0</td> <td>6,5</td> <td>195,7</td> <td>245,7</td> </tr> <tr> <td>216,4</td> <td>200,1</td> <td>112 968,0</td> <td>3,5</td> <td>236,4</td> <td>199,4</td> </tr> <tr> <td>281,0</td> <td>264,4</td> <td>117 088,0</td> <td>10,1</td> <td>214,3</td> <td>163,6</td> </tr> <tr> <td>Yhteensä</td> <td>1 776,0</td> <td>1 285 724,7</td> <td>10,0</td> <td>3 757,5</td> <td>2 975,0</td> </tr> <tr> <td>Ennuste:</td> <td>1 890,3</td> <td>1 414 408,0</td> <td></td> <td>3 757,5</td> <td>26,3</td> </tr> </tbody> </table>		Lämpö		Sähkö		Vesi		Sääkorj. MWh	Tavoite MWh	Kulutus kWh	Ero tav., %	Kulutus m³	Ero tav., %	278,6	283,3	109 940,0	-0,6	308,3	245,0	248,6	240,8	103 028,0	-3,2	194,4	247,0	214,0	220,7	112 148,0	0,7	166,0	138,8	139,4	155,9	108 429,8	-2,0	153,0	168,2	93,2	78,7	131 640,0	20,5	209,4	262,1	56,4	51,1	126 632,0	31,1	240,9	400,6	21,4	25,4	111 708,0	20,3	830,3	331,1	56,5	37,1	138 460,0	20,8	676,9	354,2	109,4	93,8	124 452,0	16,4	331,9	219,3	165,3	144,6	121 868,0	6,5	195,7	245,7	216,4	200,1	112 968,0	3,5	236,4	199,4	281,0	264,4	117 088,0	10,1	214,3	163,6	Yhteensä	1 776,0	1 285 724,7	10,0	3 757,5	2 975,0	Ennuste:	1 890,3	1 414 408,0		3 757,5	26,3
Lämpö		Sähkö		Vesi																																																																																																																																																																																															
Sääkorj. MWh	Tavoite MWh	Kulutus kWh	Ero tav., %	Kulutus m³	Ero tav., %																																																																																																																																																																																														
278,6	283,3	109 940,0	-0,6	308,3	245,0																																																																																																																																																																																														
248,6	240,8	103 028,0	-3,2	194,4	247,0																																																																																																																																																																																														
214,0	220,7	112 148,0	0,7	166,0	138,8																																																																																																																																																																																														
139,4	155,9	108 429,8	-2,0	153,0	168,2																																																																																																																																																																																														
93,2	78,7	131 640,0	20,5	209,4	262,1																																																																																																																																																																																														
56,4	51,1	126 632,0	31,1	240,9	400,6																																																																																																																																																																																														
21,4	25,4	111 708,0	20,3	830,3	331,1																																																																																																																																																																																														
56,5	37,1	138 460,0	20,8	676,9	354,2																																																																																																																																																																																														
109,4	93,8	124 452,0	16,4	331,9	219,3																																																																																																																																																																																														
165,3	144,6	121 868,0	6,5	195,7	245,7																																																																																																																																																																																														
216,4	200,1	112 968,0	3,5	236,4	199,4																																																																																																																																																																																														
281,0	264,4	117 088,0	10,1	214,3	163,6																																																																																																																																																																																														
Yhteensä	1 776,0	1 285 724,7	10,0	3 757,5	2 975,0																																																																																																																																																																																														
Ennuste:	1 890,3	1 414 408,0		3 757,5	26,3																																																																																																																																																																																														
Lämpö		Sähkö		Vesi																																																																																																																																																																																															
Sääkorj. MWh	Tavoite MWh	Kulutus kWh	Ero tav., %	Kulutus m³	Ero tav., %																																																																																																																																																																																														
278,6	283,3	109 940,0	-0,6	308,3	245,0																																																																																																																																																																																														
248,6	240,8	103 028,0	-3,2	194,4	247,0																																																																																																																																																																																														
214,0	220,7	112 148,0	0,7	166,0	138,8																																																																																																																																																																																														
139,4	155,9	108 429,8	-2,0	153,0	168,2																																																																																																																																																																																														
93,2	78,7	131 640,0	20,5	209,4	262,1																																																																																																																																																																																														
56,4	51,1	126 632,0	31,1	240,9	400,6																																																																																																																																																																																														
21,4	25,4	111 708,0	20,3	830,3	331,1																																																																																																																																																																																														
56,5	37,1	138 460,0	20,8	676,9	354,2																																																																																																																																																																																														
109,4	93,8	124 452,0	16,4	331,9	219,3																																																																																																																																																																																														
165,3	144,6	121 868,0	6,5	195,7	245,7																																																																																																																																																																																														
216,4	200,1	112 968,0	3,5	236,4	199,4																																																																																																																																																																																														
281,0	264,4	117 088,0	10,1	214,3	163,6																																																																																																																																																																																														
Yhteensä	1 776,0	1 285 724,7	10,0	3 757,5	2 975,0																																																																																																																																																																																														
Ennuste:	1 890,3	1 414 408,0		3 757,5	26,3																																																																																																																																																																																														
Ominaiskulutus: 59,0 kWh/Lämmin tilavuus m <sup>3</sup>		44,1 kWh/Kokonaistilavuus m <sup>3</sup>																																																																																																																																																																																																	
Vertailuarvo:		117,2 dm <sup>3</sup> /Kokonaistilavuus m <sup>3</sup>																																																																																																																																																																																																	



