

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Talotekniikka

Jarno Lintunen

Opinnäytetyö

Johnson Controls rakennusautomaatiojärjestelmän tiedonkeruu ja raportointi

Työn ohjaaja: Diplomi-insinööri Veijo Piikkilä
Työn tilaaja: PAK Melo Oy, valvoja toimitusjohtaja Mauri Elo
Tampere 1/2010

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Talotekniikka

Tekijä(t)	Jarno Lintunen
Työn nimi	Johnson Controls rakennusautomaatiojärjestelmän tiedonkeruu ja raportointi
Sivumäärä	50 sivua + 16 liitesivua
Työn valmistumis- kuukausi ja vuosi	3/2010
Työn ohjaaja	Diplomi-insinööri Veijo Piikkilä
Työn tilaaja	PAK Melo Oy toimitusjohtaja Mauri Elo

TIIVISTELMÄ

Työ käsitteli rakennusautomaatiojärjestelmän tuomia mahdollisuuksia kiinteistöjen energiankulutuksen seurannassa. Työssä kehitettiin Johnson Controlsin rakennusautomaatiojärjestelmään tiedonkeruu- ja raportointisovellus, jolla tiedot saatiin Exceliin raportointia varten.

Tiedonsiirto toteutettiin Supervision – valvomo-ohjelman trenditiedoista. Trenditiedot muokattiin tekstityyliseksi, jonka jälkeen Excelin ulkoisten tietojen tuonti ominaisuudella saatiin tiedot siirrettyä automaattisesti Exceliin raportointia varten.

Työn tarkoituksena oli vastata rakennuttajien tarpeisiin energiankulutuksen raportoinnin suhteen. Energiankulutuksen hillitseminen on noussut erittäin tärkeäksi kriteeriksi monilla aloilla, niin myös rakennusautomaatioalalla. Työn avulla voidaan luoda kattavia energiankulutuksen seurantaraportteja, joiden avulla voidaan puuttua kiinteistöjen energiankulutukseen entistä tehokkaammin.

Energian säästämisen kannalta tärkeintä on tietää, kuinka paljon energiaa kuluu mihinkin ja kuinka paljon sitä pitäisi kulua. Työssä perehdyttiin myös kulutuksen normitukseen sekä ominaiskulutuksiin, jotka mahdollistavat kiinteistöjen keskinäisen vertailun. Työssä käytiin läpi myös energiankulutuksen kannalta tärkeimmät talotekniset laitteistot.

Työssä perehdyttiin myös nykyisiin rakennusautomaatiojärjestelmien energiatehokkuusluokituksiin sekä SFS 15323 -standardin tuomiin mahdollisuuksiin energian säästöpotentiaalnin määrittämisessä.

Avainsanat Rakennusautomaatio, kulutusseuranta, energiankulutus, talotekniikka, energialuokitus, normitus, ominaiskulutus

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Talotekniikka

Writer(s)	Jarno Lintunen
Thesis	Johnson Controls buildingautomationsystems information cathering and reporting
Pages	50 pages + 16 appendices
Month and Year of Completion	3/2010
Thesis Supervisor	Master of Science in engineering Veijo Piikkilä
Co-operating Company	PAK Melo Oy managing director Mauri Elo

ABSTRACT

This work handles possibilities in buildings energy consumptions tracking brought by buildingautomationsystems. In this work an information cathering and reporting system is developed to Johnson Controls buildingautomation system. System makes it possible to bring measuring data to Excel for extra processing.

Data transfer was executed from a Supervision supervisor programs trend data. Trend data was edited to doc-format which makes it possible to read trend data outside the Supervision program. After making the data to doc-format it is possible to automatically transfer data to Excel for extra processing.

The purpose of this work is to respond to builders needs to develop better ways to energy consumption tracking. This work makes it possible to create comprehensive reports of buildings consumption which allows us to intervene to it more effectively.

To save energy you need to know how much energy you use and where you use it. This work also gets acquainted to standardising of energy consumption and specific consumptions. These things make it possible to compare different buildings energy consumptions together. Work also handles most important technical systems in buildings from the view of energy consumption.

Work also takes a look to standard SFS 15323. This standard contains information of buildingautomationsystems energy efficiency classification.

Keywords Buildingautomation, consumption tracking, energy consumption, energy classification, specific consumption

Esipuhe

Tämä työ on tehty PAK Melo Oy:lle vuoden 2010 alussa. Työn aiheen sain kyseisen yhtiön toimitusjohtaja Mauri Elolta. Haluaisinkin kiittää PAK Melon väkeä ja erityisesti Mauri Eloa työn aiheesta sekä tuesta ja avustuksesta työn eri vaiheissa.

Haluaisin myös kiittää työni valvojaa DI Veijo Piikkilää. Veijolta sain hyviä vinkkejä työni kehittämiseen.

Lopuksi haluaisin vielä kiittää avopuolisoani, joka jaksoi olla tukenani ja joka kannusti minua tekemään työni kunniallisesti loppuun. Kiitokset hänelle kuuluu myös työni kieliasun tarkistuksesta.

Tampereella 10.03.2010

Jarno Lintunen

Sisällysluettelo

Termit ja lyhenteet	7
1 Johdanto	9
2 Rakennusautomaatio	10
3 Energiankulutuksen seuranta	11
3.1 Rakennusautomaatiojärjestelmä energianseurannassa	13
3.2 Energiankulutuksen raportointi	14
3.2.1 Normeerattu kulutus	14
3.2.2 Ominaiskulutus eli energiatehokkuusluku	17
3.2.3 Esimerkkiraportti	19
3.3 Taloteknisten järjestelmien energiankulutus	19
3.3.1 Ilmastointikone	20
3.3.2 Lämmitys- ja käyttövesiverkosto	21
3.3.3 Muiden sähkölaitteiden energiankulutus	21
3.4 Energiankulutusten jakautuminen kiinteistöissä	22
3.5 Rakennusautomaatiojärjestelmän hyödyntäminen	23
4 Rakennusautomaatiojärjestelmien energialuokitus	25
5 Trendit	27
5.1 Trendipisteet	27
5.2 Trendien hyödyntäminen	28
6 Johnson Controls rakennusautomaatiojärjestelmät	29
6.1 DX-Sarja	29
6.2 FX-Sarja	31
7 Johnson Controlsin valvomo-ohjelmisto	34
7.1 Supervision 3.0	34
7.1.1 Hälytykset	35
7.1.2 Aikaohjelmat	36
7.1.3 Tietojensiirto	37
7.1.4 Trendit	37
8 Tiedonsiirron toteutus	38
8.1 Supervision tiedonsiirrossa	38
8.2 Excel tiedonsiirrossa	41

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Talotekniikka

9 Loppusanat	46
Lähdeluettelo.....	48
Liitteet	50

Termit ja lyhenteet

- AI: Analoginen sisääntulo esim. vastusarvot, 0 - 10 V jännite tai 4 - 20 mA virtaviesti.
- AO: Analoginen ulostulo, esim. 0 - 10 V tai 4 - 20 mA.
- Astetarveluku: Kulutuksen normeeraukseen käytettävä kerroin.
- DDC-säätö: DDC (direct digital control) säätöpiiri toteutetaan alakeskuksen ohjelmistolla tai yksikkösäätimen prosessorilla numeerisena laskentana [3].
- DI: Digitaalinen sisääntulo 1/0, eli kärkitieto.
- DO: Digitaalinen ulostulo 1/0, eli ohjaus.
- Historiatallennus: Tietokoneohjelma, joka tallentaa siihen osoitetut mittaukset tai tilatiedot määrävälein jatkuvasti [3].
- LTO Ilmastointikoneen lämmöntalteenotto
- Normeeraus: Kulutustiedoille tehtävä toimenpide, jolla kulutustiedoista saadaan vertailukelpoisia.
- Ominaiskulutus: Normeerattu vuosikulutus jaettuna rakennuksen tilavuudella, käytetään myös nimitystä energia-
tehokkuusluku (ET-luku).

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Talotekniikka

- Trend-ohjelma: Seurantaohjelma on ohjelma, joka tulostaa näyttölle tai paperille haluttua suuretta. Mahdollistaa arvojen reaaliaikaisen seurannan. Ohjelmistossa on myös historiatoiminto, jonka avulla voidaan tarkastella jotakin tiettyä aikajaksoa [3].

- VAK: Rakennusautomaatiojärjestelmän valvomoalakeskus, joka on kenttälaitteiden liityntäkeskus, jossa tieto käsitellään [3].

- Väylä: Kenttälaitteet, toimilaitteet, alakeskukset ja kiinteistövalvomot toisiinsa yhdistävä rakennusautomaatiolaitteiston tiedonsiirtoyhteys, joka yleisimmin toteutetaan parikaapelilla.

1 Johdanto

Työssä perehdytään rakennusautomaatiojärjestelmän raportointi- sekä tilastointimenetelmien parantamiseen Johnson Controlsin Supervision 3.0 valvomoympäristössä. Tavoitteena on luoda Exceliin pohjautuva raportointimenetelmä, joka selkeyttäisi ja helpottaisi huoltohenkilöstön järjestelmän käyttöä. Samalla järjestelmä toimisi apuna kiinteistöjen energiankulutuksen seurannassa ja täten auttaisi luomaan entistä energiantehokkaampia kiinteistöjä.

Järjestelmällä pyritään luomaan selkeitä kaavioita kulutustiedoista viikoittain, jolloin kiinteistöjen energiankulutuksen seuranta helpottuu ja mahdollisiin ongelmiin pystyttäisiin puuttumaan nopeasti. Myös erilaisten järjestelmämuutosten vaikutusten seuranta tulisi helpommaksi.

Tulevaisuudessa energiahallinta on entistä tärkeämpää monilla aloilla, myös kiinteistöjen ylläpidossa. Järjestelmien vaatimuksia kiristetään jatkuvasti myös raportoinnissa. Tästä on hyvänä esimerkkinä Pöyry Building Services Oy:n rakennusautomaatiojärjestelmän työselostus, joka on tehty Anttilan Logistiikkakeskukseen Keravalle (Liite 1). Tästä työselostuksesta ilmenee hyvin, miten kattavaa energiankulutuksen seurantaa rakennusautomaatiojärjestelmiltä tullaan tulevaisuudessa vaatimaan.

2 Rakennusautomaatio

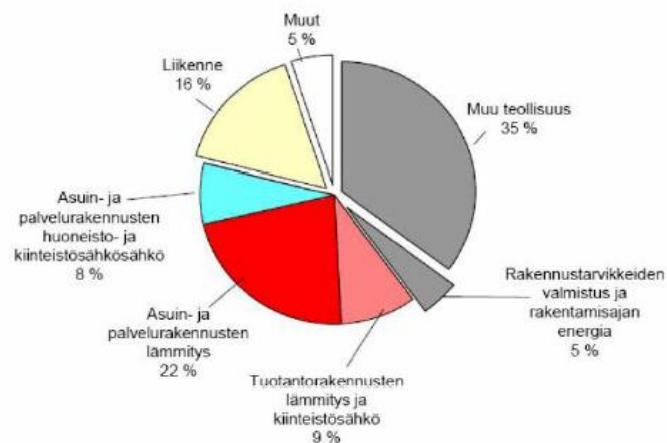
Rakennusautomaatiojärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, joka valvoo ja ohjaa rakennusten eri toimintoja sekä prosesseja. Rakennusautomaatiojärjestelmä jakautuu kolmeen eri tasoon: alimmalla tasolla ovat kenttälaitteet, toisella tasolla ovat alakeskukset ja ylimmällä tasolla huoltohenkilöstön tärkein työkalu eli valvomo. Rakennusautomaatiojärjestelmän toimintoja ovat esimerkiksi erilaisten suureiden mittaukset kuten lämpötilat, hiilidioksidiarvot, valoisuusarvot ja energian- ja vedenkulutuksen seuranta. Toimintoja ovat myös erilaisten järjestelmien ohjaukset kuten valaistus, murtoilmoitus ja kulunvalvonta. Muita toimintoja ovat laitteiden ja kojeiden ohjaukset ja säädöt esimerkiksi IV-koneet, lämmönjaot ja erillispoistot. Lisäksi järjestelmä hoitaa sekä hälytys- että valvontatehtävät. Rakennusautomaatiojärjestelmä huolehtii tietojen keräämisestä, raportoinnista sekä tilastojen tekemisestä, tähän rakennusautomaatiojärjestelmän osioon työssä paneudutaan. Järjestelmä mahdollistaa myös kiinteistöjen valvonnan keskitetysti yhdestä valvomosta tai vaikka kotoa internetin kautta. [1], [2], [5]

Rakennusautomaatiojärjestelmä on parhaimmillaan suureksi avuksi huoltohenkilöstölle ja sillä voidaan saavuttaa suuriakin taloudellisia hyötyjä kiinteistöjen ylläpidossa. Järjestelmän etuna on myös kiinteistöjen parantuvat olosuhteet. Automaatiojärjestelmä tosin vaatii käyttäjältään paneutumista laitteistojen ja järjestelmien toimintoihin sekä mahdollisuuksiin, jotta siitä saadaan paras hyöty irti. Työssä pyritään edesauttamaan huoltohenkilökunnan järjestelmän käyttöä tuomalla Exceliin automaattisesti selkeät viikoittaiset raportit järjestelmän tilasta sekä energiankulutuksesta. Rakentamisessa on jo jonkin aikaa pyritty tekemään vähemmän energiaa kuluttavia ratkaisuja. Myös rakennusautomaatiossa on kiinnitetty huomiota energiankulutukseen, kuten Pöyry Building Services Oy:n työselostuksesta ilmenee (Liite 1). Tulevaisuudessa kattavat ja selkeät energiaraportit tulevat olemaan tärkeä osa kiinteistöjen energiahallintaa. [1], [2]

3 Energiankulutuksen seuranta

Kiinteistöjen energiatehokas käyttö on viime vuosina noussut useiden kiinteistönomistajien pääprioriteetteihin. Tärkeimpinä tekijöinä tähän ovat vaikuttaneet energian hinnan nousu, ihmisten valveutuminen ympäristöasioissa sekä tekniikan tuomien mahdollisuuksien tiedostaminen ja hyödyntäminen. Kiinteistöjen ylläpitokustannuksista noin 40 % koostuu energiakustannuksista. Kaikesta tuotetusta energiasta noin 39 % kuluu rakennusten lämmittämiseen ja sähkönkulutukseen, kuten kuvaajasta 1 käy ilmi. Energiankulutukseen voidaan vaikuttaa lukuisilla eri tavoilla. Energiankulutukseen puuttamalla säästetään sekä rahaa että luontoa. Energiankäytön vähentämisessä tulee kuitenkin tarkkaan harkita ja pohtia sen vaikutuksia käyttömukavuuteen. [8]

Energian loppukäyttö Suomessa 2003, Yhteensä 308 TWh



Kiinteistöjen ja rakennusten osuus Suomen energian loppukäytöstä on lähes 40 %



Lähde: http://www.tem.fi/files/18696/Tuomaala_Rakennussektori.pdf

Kuvaaja 1: Energian loppukäytön jakautuminen Suomessa. [14]

Energianseurantajärjestelmä tulee tehdä yksilökohtaisten tarpeiden mukaiseksi. Järjestelmän rakentaminen aiheuttaa kustannuksia rakennuttajalle, joten energiaseurannan mittaukset ja hyödyt tulee pystyä perustelemaan. Lisäksi pitää pystyä esittämään arvioita niiden odotettavissa olevasta takaisinmaksuajasta. Myös jälkeenpäin pitää pystyä esittämään tehdyn in-

vestoinnin hyödyt. Tähän tarkoitukseen rakennusautomaatiojärjestelmän raportointiohjelmat ovat erittäin hyvä esitystapa. [4]

Seurantajärjestelmän tarkoitus ei ole suoraan kertoa ongelma- tai vikakoh-
taa, vaan se tuo esille muutokset koko järjestelmän tilassa. Hyvin suunnit-
teltu ja toteutettu järjestelmä toki pystyy rajaamaan vikaa jollekin tietylle
alueelle. Pelkkä ilmoitus kulutus seurannan alkamisesta voi jo itsessään
vaikuttaa ihmisten asenteisiin ja kulutustottumuksiin. Itse seuranta ei ai-
heuta lisäkustannuksia; ainoastaan tietojen tulkinta ja käsittely vie hieman
huoltohenkilöstön aikaa. Hyvin suunniteltu ja toteutettu sekä selkeä rapor-
tointijärjestelmä säästää huoltohenkilöstön aikaa ja motivoi käyttämään
järjestelmää. Huono järjestelmä jää helposti käyttämättömäksi. [4]

Kulutuksenseuranta voidaan jakaa eri luokkiin. Seuranta voidaan tehdä
reaaliaikaisesti, jolloin trendeillä pystytään tarkasti määrittämään hetkelli-
siä kulutuspiikkejä. Hetkellistä seuranta on hyvä käyttää ongelma- ja vi-
katilanteissa. Kulutuksia voidaan tarkastella myös eri viikonpäivien tasol-
la, jolloin pystytään erittelemään eri päiville tyypilliset kulutukset ja saa-
daan tietoja kulutushuippujen ajoittumisesta. Pitkäaikaisessa seurannassa
käytetään kuukausi- ja vuositasoista seuranta, jolloin voidaan vertailla eri
kuukausien kulutuksia usean vuoden ajalta. Pitkäaikainen seuranta on tär-
keää, kun pyritään määrittelemään kiinteistölle normaalin kulutuksen ta-
soa. Kuten liitteestä 1 käy ilmi, joissakin kohteissa vaaditaan rakennusau-
tomaatiojärjestelmältä jo useiden vuosien kulutustietojen tallennusmahdol-
lisuutta.

3.1 Rakennusautomaatiojärjestelmä energianseurannassa

Rakennusautomaatiojärjestelmiin liitetään joissakin kohteissa kulutustieto- ja sähkö-, lämpö- sekä vesimittauksista. Joissakin tapauksissa voidaan järjestelmään liittää energiamittauksia myös ilmastoinnista, LTO:sta sekä jäähdytyksistä. Näillä mittauksilla käyttäjälle voidaan tehdä lähes reaaliaikainen raportointijärjestelmä, joka lisää mahdollisuuksia vaikuttaa energiankäyttöön sekä poikkeamiin puuttumiseen. Mittaukset tulisi tehdä väylään liitettävällä mittarilla, jolloin saadaan luotettavaa tietoa kulutuksesta. Pulssimittauksen ongelmana ovat mahdolliset häiriöt ja keskeytykset yhteydessä, mittauskohteen ja VAKin välillä, esimerkiksi VAKin sammuminen. Tässä tapauksessa kaikki kulutus VAKin poissaolon aikana jää huomioimatta, kun taas väylässä oleva mittari pystyy päivittämään ajan tasalle kulutustiedot vian poistuttua. [3]

Kulutustietoja tulisi vertailla kuukausittain, jolloin siitä tulee huoltohenkilöstölle rutiini. Isännöitsijä voi myös niin halutessaan jättää raporttien seurannan alan ammattilaisille, jolloin järjestelmän käyttö ja hyödyt ovat kaikista parhaiten käytössä. Jos kulutuksissa huomataan eroja, tulisi ensimmäisenä vertailla kiinteistön mahdollisia käytön muutoksia, jotka näkyvät ilmastointikoneiden käyntiaikalukemista. Jo yhden asteen muutos lämpötilan asetusarvoihin vaikuttaa rakennuksen energiankulutukseen noin 5 %. Jos käyntiajat sekä lämpötilat ovat normaalit, kannattaa seuraavaksi tarkastaa mahdolliset LTO-viat, jotka näkyvät hyötysuhdelaskelmista. Tukkeutuneet suodattimet aiheuttavat myös ongelmia, mutta ne liittyvät enemmän sisäilman laatuun kuin energiankulutukseen. Tämän jälkeen kannattaa tarkastaa mahdolliset auki jääneet ikkunat ja ovet. Jos vikaa ei ole löytynyt vielä tässäkään vaiheessa, kannattaa tarkastaa säätöjen toiminta, jossa vika voi olla esimerkiksi lämmitys- ja jäähdytysportaan päällekkäisessä toiminnassa. Ilmastointikone voi olla asetettu puhaltamaan niin kylmää, että patteriverkosto joutuu yllilämmittämään tilaa. Veden kulutuksessa muutokset johtuvat usein auki jääneistä hanoista tai vuotavista vesikalusteista. [3], [4]

3.2 Energiankulutuksen raportointi

Energiankulutuksen seuranta pohjautuu käsitykseen rakennuksen normaalista energiankulutuksesta. Kulutuksenseurantaa on pyrittävä tekemään pitkällä aikavälillä, jolloin saadaan käsitys kunkin rakennuksen normaalista kulutuksesta. Kulutustiedot, erityisesti lämmityksessä, on pyrittävä ”normeeraamaan” vallitsevien ulko-olosuhteiden mukaan paikkakunta aseluvun suhteen, jotta voidaan saada vertailukelpoisia tuloksia. Normeerauksesta on esitetty lisätietoa kappaleessa 3.2.1. [5]

Kulutuksista voidaan raportoida hyvin monella tapaa. Pylväsdiagrammit ovat hyvin selkeitä kulutustietojen esityksissä. Niitä voidaan verrata vaikka koko ajan keskiarvoihin tai vaikka eri viikonpäivien keskiarvoihin. Kulutustietoja pystytään vertailemaan ulkolämpötilojen mukaan. Ne voidaan myös niin halutessa muuttaa euromääräisiksi, kunhan vain järjestelmään asettaa euromääräisen hinnan yksikköä kohden. Kuukausi- ja vuosikulutuksia pitää myös voida vertailla, kuten liitteessä 1 esitetään. Energiankulutuksen arviointi uudessa kohteessa, varsinkin muissa kuin asuinrakennuksissa, on erittäin vaikeaa ja yleensä luotettavan vertailuarvon saanti vie aikaa. [3], [4], [8]

3.2.1 Normeerattu kulutus

Normeerauksessa kulutusta korjataan kulutusaikaa vastaavalla lämmitystarveluvulla. Normeerattu kulutus mahdollistaa rakennuksen energiankulutuksen vertaamisen eri kuukausina ja vuosina, vuodenajasta ja ulkolämpötilasta riippumatta. Normitus mahdollistaa myös eri paikkakunnilla sijaitsevien kohteiden vertailun. [5], [11]

Lämmitystarveluku saadaan, kun sisälämpötilasta vähennetään ulkolämpötila. Sisälämpötilana laskuissa käytetään yleisesti $+17^{\circ}\text{C}$, joka on ilmoitettu Motivan verkkosivuilla. Tässä on otettu huomioon erillisten sisäisten ja

ulkoisten lämmönlähteiden vaikutukset. Kuukauden lämmitystarveluku on vuorokausittaisten lämmitystarvelukujen summa ja vuotuinen lämmitystarveluku on taas kuukausittaisten summa. Saatu lämmitystarveluku suhteutetaan normaalikuukauden tai vuoden lämmitystarvelukuun, jotka ovat saatavissa muun muassa Motivan sivuilta. Normaalit lämmitystarveluvut on tehty tarkastelemalla eri paikkakuntien lämpötiloja vuosina 1971–2000. [5], [11]

Päävertailupaikkakuntana käytetään Jyväskylää. Kuntakohtaisten korjauskertoimien avulla voidaan jokainen kohde normeerata Jyväskylän mukaan, jolloin ne tulevat keskenään vertailukelpoisiksi. Nykyään ilmatieteen laitos käyttää jo 16:ta eri vertailupaikkakuntaa, jotka ovat Maarianhamina, Helsinki-Kaisaniemi, Helsinki-Vantaa, Turku, Pori, Tampere, Lahti, Vaasa, Lappeenranta, Kuopio, Jyväskylä, Joensuu, Oulu, Kajaani, Sodankylä ja Ivalo. Esimerkiksi Tampereen normaali lämmitystarveluku on 4502, ja vaikkapa Ylöjärven korjauskerroin Tampereeseen on 0,99. Ylöjärven korjauskerroin Jyväskylään on 1,08. [5], [11], [12]

Lämmityksen katsotaan loppuvan keväällä, kun vuorokauden keskilämpötila nousee yli +10°C, ja katsotaan alkavan syksyllä, kun vuorokauden keskilämpötila laskee alle +12°C. Kulutuksesta pyritään vähentämään myös kaikki vakiokuormat, kuten lämminkäyttövesi, ennen vertailua. Lämpimän käyttöveden kulutus on helpoin arvioida lämmitysjakson ulkopuolisen ajan kulutuksen perusteella, mutta se on myös mahdollista laskea seuraavalla kaavalla (kaava1). [5], [12]

$$Q = p \times c_p \times V \times (t_2 - t_1) / 3600 \quad (\text{Kaava1})$$

Q = Lämpimän käyttöveden kulutus

p = Veden tiheys (1000 kg/m³)

c_p = Veden ominaiskapasiteetti (4,2 kJ/kg °C)

V = Lämmitetyn veden kulutus (m³)

t₂ = Lämmitetyn veden lämpötila (norm. 55 °C)

t_1 = Lämmitettävä veden lämpötila (norm. 5-10 °C)

3600 = Yksikkömuunnoskerroin (kJ→kWh)

Kulutuksen mittauksissa käytetty tarkastelujakso on yleisesti kuukausi ja vuosi. Rakennusautomaatiojärjestelmässä on yleensä ulkolämpötilat helposti saatavilla, mutta jos näin ei ole, niin myös ilmatieteenlaitokselta on lämmitystarvelukuja saatavilla. Seuraavassa on kaava normeerattuun lämmityskulutukseen (kaava 2). Kaavan 2 kulutus voidaan tehdä vertailukelpoiseksi muiden paikkakuntien suhteen, jolloin kaavaan pitää lisätä vielä kertoimeksi paikkakunta-kohtainen korjauskerroin k_1 , joka muuttaa kulutuksen oman alueen vertailupaikkakunnan mukaiseksi. Korjauskertoimella k_2 kulutus voidaan muuttaa Jyväskylän mukaiseksi. Tarvittavat lämmitystarveluvut ja korjauskertoimet saa muun muassa Motivan ja Ilmatieteenlaitoksen sivuilta. Liitteessä 2 on Motivan tuottama materiaali kulutuksen normituksesta. Liitteessä on myös vertailupaikkojen lämmitystarveluvut, eri paikkakuntien korjauskertoimet sekä muutamia laskuesimerkkejä. [5], [12]

$$Q_{norm} = \frac{T_{norm}}{T_{tot}} \times (Q_{kok} - Q_{lkv}) + Q_{lkv} \quad (\text{Kaava 2})$$

Q_{norm} = Normeerattu lämmityksenkulutus

T_{norm} = Normaalivuoden/kuukauden lämmitystarveluku
kyseessä olevalla paikkakunnalla

T_{tot} = Vuoden/kuukauden toteutunut lämmitystarveluku

Q_{kok} = Koko lämmitysenergiankulutus

Q_{lkv} = Lämmitysenergian kulutus lämpimään käyttöveteen

3.2.2 Ominaiskulutus eli energiatehokkuusluku

Kun normeerattu vuosikulutus jaetaan rakennuksen tilavuudella, saadaan rakennuksen ominaiskulutus, joka on toiselta nimeltään energiatehokkuus eli ET-luku. Rakennuksille määritetään usein ominaiskulutustavoitteet, joihin pyritään. Rakennusten ominaiskulutuksien avulla voidaan vertailla eri rakennusten ja rakennustyyppien kulutuksia keskenään, kuten taulukoista 1 - 3 käy ilmi. Ominaiskulutustietoja vertailtaessa pitää kuitenkin muistaa, että jokainen rakennus on erilainen toiminnoiltaan ja teknisiltä ratkaisuiltaan. [5], [13]

Ominaiskulutustietoja on kerätty lämmityksen lisäksi myös sähkön ja veden osalta. Motiva ylläpitää energiakatselmustietokantaa, johon on tallennettu noin 4500 rakennuksen ominaiskulutukset. Taulukoissa rakennukset ovat jaettu vain tyyppin mukaan, huomioon ei ole otettu rakennusvuotta, eikä rakennuksen kokoa. Seuraavissa taulukoissa on esiteltyinä Motivan keräämät lämmön-, sähkön- sekä vedenkulutukset yleisimmille rakennustyypeille mediaaniarvoina. Kyseisiä tietoja vaaditaan mukaan raportointiin myös Pöyry Building Service Oy:n laatimassa automaatiotyöselostuksessa (Liite 1). [5], [13]

Taulukko 1: Taulukossa on erityyppisten kohteiden keskimääräisiä lämmön ominaiskulutuksia. [13]

LÄMPÖ

Rakennuksen tyyppi	Kohteita kpl	Lämmön ominaiskulutus kWh / m ³
Myymläarakennukset	87	28,5
Toimistorakennukset	338	34,8
Terveystoimintarakennukset	48	58,1
Päiväkodit	107	56
Yleissivistävät oppilaitokset	294	41,8

Taulukko 2: Taulukossa on erityyppisten kohteiden keskimääräisiä sähkön ominaiskulutuksia. [13]

SÄHKÖ

Rakennuksen tyyppi	Kohteita kpl	Sähkön ominaikulutus kWh / m ³
Myymläarakennukset	87	30,8
Toimistorakennukset	338	23,4
Terveystoimistorakennukset	48	25,2
Päiväkodit	107	19,7
Yleissivistävät oppilaitokset	294	11,8

Taulukko 3: Taulukossa on erityyppisten kohteiden keskimääräisiä veden ominaiskulutuksia. [13]

VESI

Rakennuksen tyyppi	Kohteita kpl	Veden ominaikulutus dm ³ / m ³
Myymläarakennukset	87	53
Toimistorakennukset	338	63
Terveystoimistorakennukset	48	262
Päiväkodit	107	230
Yleissivistävät oppilaitokset	294	88

3.2.3 Esimerkkiraportti

Esimerkkiraportti on Pöyry Building Services Oy:n tekemä raportointiesimerkki, joka on liitteen 1 automaatiotyöselostuksesta. Taulukon 4 kaltaista raportointia vaaditaan tulevaisuudessa monissa kohteissa.

Taulukko 4: Liitteen 1 Pöyry Building Services Oy:n tekemä malliesimerkki rakennusautomaatiojärjestelmän raportointiin liittyvästä tiedonkeruutaulukosta.

Vuosi	Lämpömäärä toteutunut	Normalisoitu		Lämmitystarve		Ominais- kulutus	Kustannukset Yhteensä	Kaukolämpö		Tilaus- teho	
		Kulutus	Tavoite	Erotus	Kuluva			Normaali	Energia		Perus
1999	kWh	kWh	kWh	%	°CD	°CD	kWh/Rm ³	€	€	€	kW/h
Tammikuu	15454		11000								
Helmikuu	5366		10000								
Maaliskuu	3566		9000								
Huhtikuu	4678		8888								
Toukokuu	16778		7890								
Kesäkuu	12567		6788								
Heinäkuu	9976		7899								
Elokuu	7755		7890								
Syyskuu	13333		12000								
Lokakuu	14456		13456								
Marraskuu	15554		15555								
Joulukuu	13556		12000								
Yhteensä:	133039	0	122366	0	0	0	0	0	0	0	0

3.3 Taloteknisten järjestelmien energiankulutus

Kiinteistöjen rakennusautomaatiojärjestelmään voidaan usein liittää myös koko kiinteistön kulutustietojen lisäksi yksittäiset isoimmat kulutuskohdet, kuten ilmastointikoneet, jäähdytyskoneet ja niiden kulutustiedot. Tällä tavoin saadaan tietoon myös kiinteistön taloteknisten järjestelmien toiminnan tila, ja ongelmatapauksissa pystytään rajaamaan ongelmakohdat. Seuraavissa kappaleissa on eritelty eri taloteknisten järjestelmien energianseurantaan liittyviä tietoja. [3]

3.3.1 Ilmastointikone

IV-koneen energiankulutus voidaan mallintaa matemaattisesti, kun tiedetään koneen mittauspöytäkirjoissa ilmoitettu ilmamäärä, ulko- tai LTO:n jälkeinen lämpötila, koneen käyntiaika, sisäänpuhalluslämpötila sekä koneen sähköteho (kaava 3).

$$\begin{aligned} \text{Ilmanvaihdon energiankulutus} &= (\text{kojeen ilmamäärä (m}^3/\text{s)}) * \\ &1,2 \text{ (kg/m}^3) * 1 \text{ (kJ/kgK)} * \text{lämpötilaero (K)} + \\ &\text{koneen ottama sähköteho (W)} * \text{käyttöaika (h)} \end{aligned} \quad (\text{Kaava 3})$$

Mikäli ilmastointikoneessa on muuttuva nopeuksinen ohjaus, tulee myös keskimääräinen ilmamäärä laskea. [3]

Ilmastointikoneen toinen tärkeä mitattava arvo on LTO:n hyötysuhde. LTO:n toiminta vaikuttaa erittäin paljon kiinteistön energiankulutukseen, joten sen jatkuva toiminta ja oikea viritys ovat erittäin tärkeitä. LTO:n toimintaa on helpoin tarkkailla luomalla valvomoon ja raportointiohjelmaan LTO:n hyötysuhdearvo. Hyötysuhdearvot ovat LTO-kennolla n.70 % ja LTO-kiekolla n.80 %. LTO:n hyötysuhde voidaan laskea joko ulkoilmasta tai poistoilmasta (kaava 4 ja kaava 5). [3]

$$\text{LTO:n hyötysuhde ulkoilmaan } \eta_u = \frac{(T_s - T_u)}{(T_p - T_u)} \quad (\text{Kaava 4})$$

T_u = Ulkoilman lämpötila

T_s = Tuloilman lämpötila LTO:n jälkeen

T_p = Poistoilman lämpötila ennen LTO:ta

$$\text{LTO:n hyötysuhde poistoilmaan } \eta_p = \frac{(T_s - T_{pu})}{(T_p - T_u)} \quad (\text{Kaava 5})$$

T_u = Ulkoilman lämpötila

T_p = Poistoilman lämpötila ennen LTO:ta

T_{pu} = Poistoilman lämpötila LTO:n jälkeen ulos

3.3.2 Lämmitys- ja käyttövesiverkosto

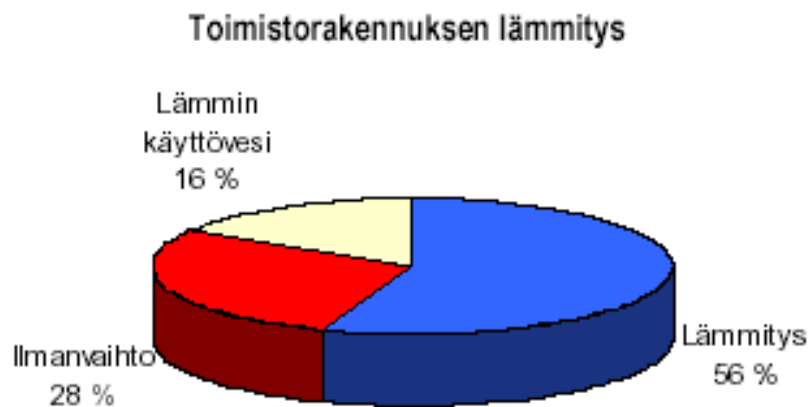
Lämmitys- ja käyttövesiverkoston energiankulutusten seuraamiseen vaaditaan meno- ja paluuveden lämpötilaero sekä vesimäärän mittaukset. Vesimäärän mittaus vaatii putkistoihin erillisen virtausmittarin. Katso lämpimän käyttöveden kulutuksen kaava kappaleesta 3.2.1, kaava 1. [3]

3.3.3 Muiden sähkölaitteiden energiankulutus

Sähkölaitteiden energiankulutus saadaan selville seuraamalla laitteiden käyttöaika ja selvittämällä laitteen teho käsin mittaamalla tai laitteen tiedoista katsomalla. Suurien kokonaisuuksien energiankulutuksen seuranta on helpoin toteuttaa erillisellä rakennusautomaatiojärjestelmään liitettävällä energiamittarilla. Esimerkiksi valaistusryhmiin voidaan liittää omat energiamittarit, jolloin pystytään liittämään valaistusryhmien kulutustiedot suoraan rakennusautomaatiojärjestelmään. Sähkölaitteista ja laitteistoista voidaan tehdä myös oma osionsa energianseurantajärjestelmään, jolloin voidaan seurata ja havaita viat sekä muutokset myös näissä järjestelmissä. Järjestelmään voidaan myös luoda euromääräinen seuranta, josta käyttäjä näkee selkeästi eri osioiden kulut ja voi vertailla järjestelmämuutoksien vaikutusta. [3]

3.4 Energiankulutusten jakautuminen kiinteistöissä

Energiankulutus kiinteistöissä voidaan jakaa käytännössä kolmeen osaan. Energiankulutuksen osia ovat jäähdytys, lämmitys ja sähkönkulutus. Energiankulutuksen osat voidaan jakaa edelleen pienempiin osiin. Lämmitykseen lasketaan kuuluvan tilojen lämmitys, tuloilman lämmitys sekä käyttöveden lämmitys. Jäähdytys voidaan jakaa tilojen jäähdytykseen ja tuloilman jäähdytykseen. Sähköenergian kulutus koostuu valaistuksesta, laitesähköstä sekä muusta LVI-sähköstä. Kuvaaja 2 esittää lämmitysenergian jakautumisen toimistorakennuksessa, ja kuvaajasta 3 nähdään sähköenergian kulutuksen jakautuminen toimistorakennuksessa. [14]



Kuvaaja 2: Toimistorakennuksen lämmitysenergian jakautuminen. [14]



Kuvaaja 3: Toimistorakennuksen sähköenergian jakautuminen. [14]

3.5 Rakennusautomaatiojärjestelmän hyödyntäminen

Rakennusautomaatiojärjestelmän mittauksia voidaan helposti käyttää ohjaamaan tiloja niiden käyttöasteiden mukaan. Tilojen ohjaukset voivat käsittää joko yksittäisiä toimistohuoneita tai isompien tilojen ohjauksia. Esimerkiksi tilojen ilmastointia voidaan ohjata hiilidioksidianturien mukaan, lämmityksiä ja valaistusta liiketunnistimilla, valaistuksen ohjaukseen voidaan myös käyttää valoisuusantureita niin sisä- kuin ulkotiloissakin. Kuten kuvaajasta 2 ja 3 voi nähdä, potentiaalisia säästökohteita kiinteistöissä ovat lämmitys, valaistus ja ilmanvaihto. Rakennusautomaatiolla voidaan vaikuttaa lämmityksen, valaistuksen sekä ilmanvaihdon kulutukseen huomattavasti. [3]

Lämmityksessä toimiva automaatio ja oikein viritetty järjestelmä ovat erittäin tärkeitä. Toimivalla lämmönsäädöllä vältetään turhalta lämmittämiseltä ja saadaan lämpöhäviöt mahdollisimman pieniksi. Toimivat säädöt lisäksi parantavat sisäolosuhteita huomattavasti. Lämmityksessä voidaan energiaa säästää myös muun muassa yöpudotuksella, jolloin tilojen sisä-

lämpötilaa lasketaan yön ajaksi. Toimistotiloissa lämpötilan pudotusta on mahdollista käyttää myös viikonlopun yli. [3]

Valaistuksen osuus sähkönkulutuksessa on hyvin merkittävä, joten myös siihen tulee kiinnittää huomiota rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelun yhteydessä. Valaistukseen voidaan automaatiojärjestelmillä vaikuttaa monella tapaa. Valaistuksia voidaan ohjata liiketunnistimilla, valoisuusantureilla sekä kello-ohjelmilla. Liiketunnistimilla vältetään tilanteilta, joissa valot voivat unohtua päälle. Valoisuusantureilla voidaan ulkovaloja ohjata syttymään kun siihen on tarve. Tällöin vältetään turhalta ulkovalojen käytöltä. Valoisuusantureita on alettu käyttämään myös sisävalaistuksen ohjaukseen, jolloin voidaan sisävalaistusta automaattisesti pienentää, kun ulkona on riittävän valoisaa. Mahdollista on myös käyttää sisävalaistuksen ohjaukseen sisätiloihin asennettavia valoisuusantureita. Kello-ohjelmilla voidaan esimerkiksi sammuttaa ulkovalot yön ajaksi. [3]

Ilmastointia voidaan hallinnoida erittäin monipuolisesti automaatiojärjestelmällä. Ohjatut taajuusmuuntajakäytöt tuovat huomattavia etuja sekä sähkön- että lämmitysenergiankulutuksessa verrattuna vanhoihin yksinopeuskäyttöihin. Ilmastointikoneille on monenlaisia energiansäästöominaisuuksia rakennusautomaatiojärjestelmissä. Talviaikaan lämpötilan laskiessa alle asetusarvon koneet yleensä pudotetaan pienemmälle nopeudelle, jolloin säästetään sekä sähköä että lämpöä. Ilmastointikoneissa voidaan kesäisin käyttää myös yöjäähdytystä, jolloin tilat saadaan viilennettyä yön aikana, eikä viilennykseen tarvitse käyttää jäähdytyskoneita. [3]

Rakennusautomaatiojärjestelmää on myös joissakin tapauksissa alettu käyttämään huollon apuna. Kun koneista voidaan mitata käyntiaikoja sekä kuormituksia, mahdollistaa tämä sen, että kyetään selvittämään koneiden käyttöasteet. Huolto ohjeiden mukaisten huolto aikarajojen lähestyessä, voidaan rakennusautomaatiojärjestelmästä tehdä automaattinen huoltoilmoitus kyseiseen koneeseen.

4 Rakennusautomaatiojärjestelmien energialuokitus

Vuoden 2008 alussa julkaistiin englanninkielinen standardi SFS-EN 15232, joka määrittelee rakennusautomaatiojärjestelmille omat energialuokitukset niiden energiatehokkuuden perusteella. Standardi käsittelee rakennusautomaation ja kiinteistönhoidon sekä hallinnan vaikutusta rakennusten energiatehokkuuteen. Se antaa keinot laskea ja arvioida rakennusautomaation vaikutusta energiankulutukseen. Standardi jakaa järjestelmät neljään eri energiatehokkuusluokkaan D:stä A:han. [15], [16]

- D-luokka vastaa tehotonta rakennusautomaatiojärjestelmää, joka tulee kunnostaa ja jollaisia ei saa enää rakentaa (manuaalikäyttö).
- C-luokka vastaa tavallista rakennusautomaatiojärjestelmää, jossa on automaattinen ohjaus ja säätö.
- B-luokka vastaa kehittyntä rakennusautomaatiojärjestelmää, joka sisältää kiinteistönhallintaa tukevia ominaisuuksia (rakennuksen automaatiojärjestelmä)
- A-luokka vastaa korkean energiatehokkuuden mahdollistavaa rakennusautomaatio- ja kiinteistönhallintajärjestelmää.

Energialuokkaa määriteltäessä rakennusautomaatiojärjestelmästä huomioidaan esimerkiksi lämmitys, ilmastointi, jäähdytys, lämminkäyttövesi sekä valaistus, hyvin hoidettuna nämä mahdollistavat kiinteistönhallinnan- ja energian tehokkaan käytön. Kiinteistönhallinnasta huomioidaan energialuokitusta määriteltäessä saatavat tiedot toiminnoista, ylläpidosta, energianhallinnasta, energiamittauksista, trendeistä sekä hälytyksistä ja muusta tarpeellisesta. [15], [16]

Laskentamalli energialuokkien määrittämiseen on erittäin työläs, ja vaatii runsaasti pohjatietoja rakennuksesta ja rakennusautomaatiojärjestelmästä.

Helpompi tapa rakennusautomaatiojärjestelmän energiatehokkuuden määrittämiseen on se, että käytetään arviointilomaketta ja kertoimia. Arviointimallissa täytetään lomake, johon on määritelty eri rakennusautomaatiojärjestelmät ja niiltä vaadittavat ominaisuudet, joilla saavutetaan tietyt energialuokitukset (Liite 3). Kun lomake on täytetty ja energialuokka määritetty, voidaan rakennusautomaatiojärjestelmän vaikutus energiankulutukseen määrittää. Liitteessä 4 on taulukot, joilla voidaan määrittää energiatehokkuuskerroin halutuille rakennuksille niiden energialuokan mukaisesti. Energiatehokkuuskerroin saadaan lämmitykselle, jäähdytykselle sekä sähkönkulutukselle. Energiatehokkuuskertoimella voidaan korjata vastaavien rakennusten keskiarvon mukaisia ominaiskulutuksia, joita on esitettyinä kappaleessa 3.2.2. Saadun lopputuloksen avulla voidaan vertailla energiansäästöpotentiaalia mahdollisiin lisäkustannuksiin, jolloin voidaan arvioida lisäinvestointien kannattavuutta. [15], [16]

5 Trendit

Trendiseurannalla tarkoitetaan prosessien suureiden seuraamista ja tallentamista. Trendit voidaan jakaa dynaamisiin ja historiatrendeihin. Dynaamisilla trendeillä seurataan mittauksia reaaliaikaisesti ja niiden käytetään lähinnä laitosten virityksiin, toimintakokeisiin sekä järjestelmien optimointiin. Historiatrendeillä voidaan seurata mittauksia pitkänkin ajan takaa ja niitä käytetään lähinnä ongelmatilanteissa vikojen määrittämiseen. Tietokoneiden talletuskapasiteetin kasvaessa on tullut mahdolliseksi liittää kaikki mittauspisteet trendiseurantaan. Trendit toimivat kiinteistöhoitajan apuvälineenä ongelmatilanteissa sekä mahdollistavat hyvän sisäilmaston ja energiataloudellisuuden optimoinnin. [3], [5], [6]

5.1 Trendipisteet

Trendipisteiden valinnassa pitää pyrkiä ottamaan seurantaan kaikki merkittävät pisteet. Trendipisteitä on parempi olla liikaa kuin liian vähän. Kun trendipisteet on valittu huolella, voidaan jälkepäinkin luoda kattavia historiatrendejä eri järjestelmän osista. Myös erilaisia ohjauksia ja laskennallisia asetusarvoja on hyvä liittää trendiseurantaan. [3], [5], [6]

Historiatrendien asettelussa tulee kiinnittää huomiota eri arvojen tallennusväliin. Tallennusvälin tulee olla riittävän lyhyt, jotta voidaan seurata järjestelmän toimintaa, mutta turhan tiheällä seurannalla kulutetaan turhaan levykapasiteettia. Tallennusväli tulee harkita tapauskohtaisesti. Dynaamisissa trendeissä tulee tallennusvälin olla huomattavasti historiatrendejä lyhyempi, jotta saadaan aikaiseksi hyvä, reaaliaikainen seuranta. Historiatrendien tallessapitoaika tulee olla vähintään kuukausi, jotta järjestelmästä saadaan riittävän kattava kuva, ja jotta pystytään tekemään energiankulutuksen seurantaa. Usein historiatrendien tallennusaika on kuitenkin huomattavasti kuukautta pidempi, esimerkiksi Supervisionissa kyseinen aika on yksi vuosi. [3], [5], [6]

5.2 Trendien hyödyntäminen

Trendejä voidaan käyttää hyväksi järjestelmien virityksessä. Dynaamisen trendiseurannan avulla voidaan tehdä, joko askelvaste- tai jatkuvan värähtelyn viritys. Historiatrendien käyttömahdollisuudet ovat erittäin laajat. Tavallisten vikatapausten lisäksi trendien avulla voidaan tehdä mitä monipuolisimpia kulutusraportointiohjelmia. Monet valvomo-ohjelmistot mahdollistavat trenditietojen siirron Exceliin, jossa näitä voidaan vapaasti muokata kaavioiksi ja raporteiksi. Eri tietoja voidaan tuoda samaan taulukkoon, jolloin voidaan vaikka verrata energiankulutusta ulkolämpötilan suhteen. Pöyry Building Services Oy:n tekemä työselostus esittää hyvin miten monipuolisia raportointimahdollisuuksia trendiseurannan avulla voidaan toteuttaa (Liite 1). [3], [5], [6]

6 Johnson Controls rakennusautomaatiojärjestelmät

Johnson Controlsilla on kaksi eri rakennusautomaatiojärjestelmää. Vanhempi järjestelmä on nimeltään DX ja uudempi FX. Kummatkin järjestelmät perustuvat ohjelmoitavaan logiikkaan. Väylänä Johnson Controlsilla on N2Open, joka on yleisesti käytössä oleva väylä tyyppi. Kummankin sarjan laitteisiin on saatavilla myös LON FTT 10-väyläkortti, jolla voidaan liittyä LON-verkkoon. DX- ja FX-laitteet ovat yhteensopivia keskenään, jolloin esimerkiksi FX sarjan säätimeen voidaan liittää DX-sarjan lisäyksiköitä. [7]

6.1 DX-Sarja

DX-sarjan pääsädin sisältää kahdeksan AI-, DI- ja AO-pistettä sekä kuusi DO-pistettä. Yhteen säätimeen voidaan liittää maksimissaan kahdeksan lisäyksikköä. Pääsäätimet voidaan liittää yhteen N2Open-väylää käyttäen, jolloin saadaan luotua laajoja rakennusautomaatio kokonaisuuksia. DX-sarjan ohjelma toteutetaan ohjelmamoduuleilla, joita ovat esimerkiksi PID-säätimet, ajastimet, laskimet ja vertailijat. Loogiset kytkennät toteutetaan amerikkalaislähtöisellä tikapuumallilla. DX-sarjan laitteilla tehty VAK on esitelty kuvassa 1. Kuvassa 2 sekä 3 on esitelty DX-sarjan ohjelmointi ohjelmaa. DX-sarjan lisäyksiköt ovat seuraavanlaiset: [7]

XP-9102 = 6 AI-pistettä + 2 AO-pistettä

XP-9103 = 8 DI-pistettä

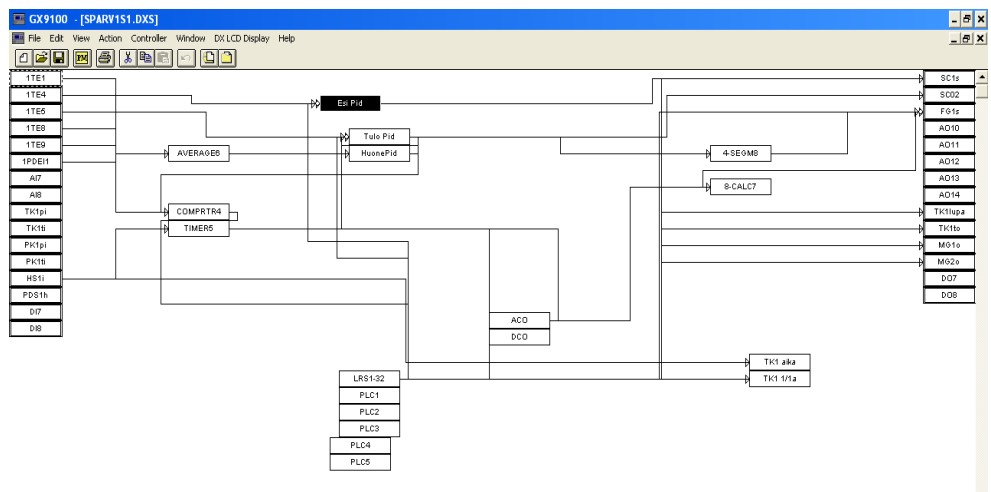
XP-9104 = 4 DI-pistettä + 4 DO-pistettä

XP-9105 = 8 DO-pistettä

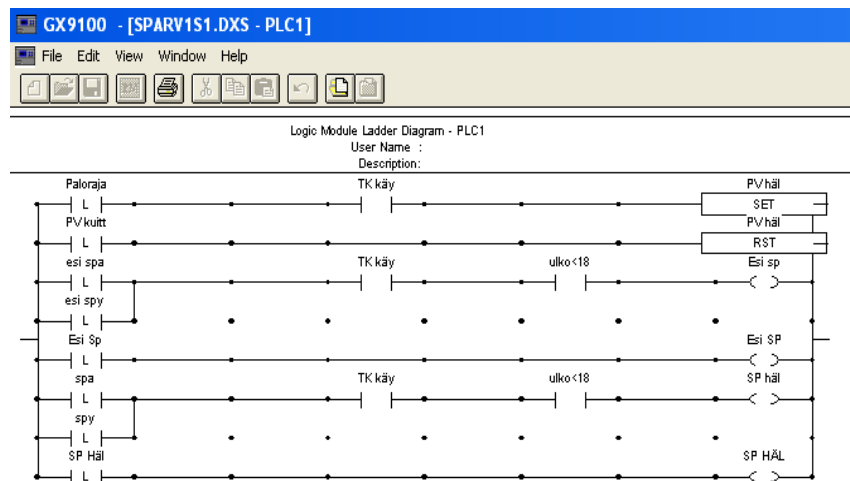
XP-9106 = 4 DO-pistettä



Kuva 1: Kuvassa on erääseen saneerauskohteeseen DX-järjestelmällä tehty valvomoalakeskus. Kuvassa oikealla on pääsäädin ja vasemmalla alhaalla säätimeen kytketyt lisäyksiköt.



Kuva 2: Kuvassa DX:n ohjelmoinnissa käytettävä DX-tool. Kuvassa on ohjelmamoduuleilla tehty ohjelma, jossa vasemmassa reunassa on input pisteet, oikeassa reunassa output pisteet ja välissä ohjelma.



Kuva 3: Kuvassa edellisestä kuvasta avattu PLC-lohko, joka sisältää tikapuumallilla tehdyt loogiset kytkennät.

6.2 FX-Sarja

FX-sarja koostuu useista erikokoisista säädin yksiköistä, joita ovat FX16, FX15, FX14, FX7 sekä lisäyksiköistä XM14 ja XM7. FX-sarjaan voidaan liittää myös DX-sarjan lisäyksiköitä. FX-sarjan säätimiä saa joko näytöllisinä tai ilman näyttöä. Sarjaan saa myös erillisiä näyttöyksiköitä. Säätimiin saa joko N2Open, LON tai BACnet väyläkortin. Järjestelmä voidaan myös halutessa tehdä internetpohjaiseksi Niagara-järjestelmällä. Ohjelmointi on FX-sarjassa kehittyneempi kuin DX-sarjassa. Toimintoja on paljon lisää, ja tikapuumallista on siirrytty FBD- eli toimintalohko-ohjelmointiin. FX-sarjan laitteilla tehty VAK on esitelty kuvassa 4. Kuvassa 5 sekä 6 on esitelty FX-sarjan ohjelmointi ohjelmaa. FX-sarjan säätimissä on seuraavanlaiset pisteet:

FX16 = 6 AI-pistettä + 4 AO-pistettä + 8 DI-pistettä + 9 DO-pistettä

FX15 = 6 AI-pistettä + 4 AO-pistettä + 8 DI-pistettä + 9 DO-pistettä

FX14 = 6 AI-pistettä + 2 AO-pistettä + 12 DI-pistettä + 9 DO-pistettä

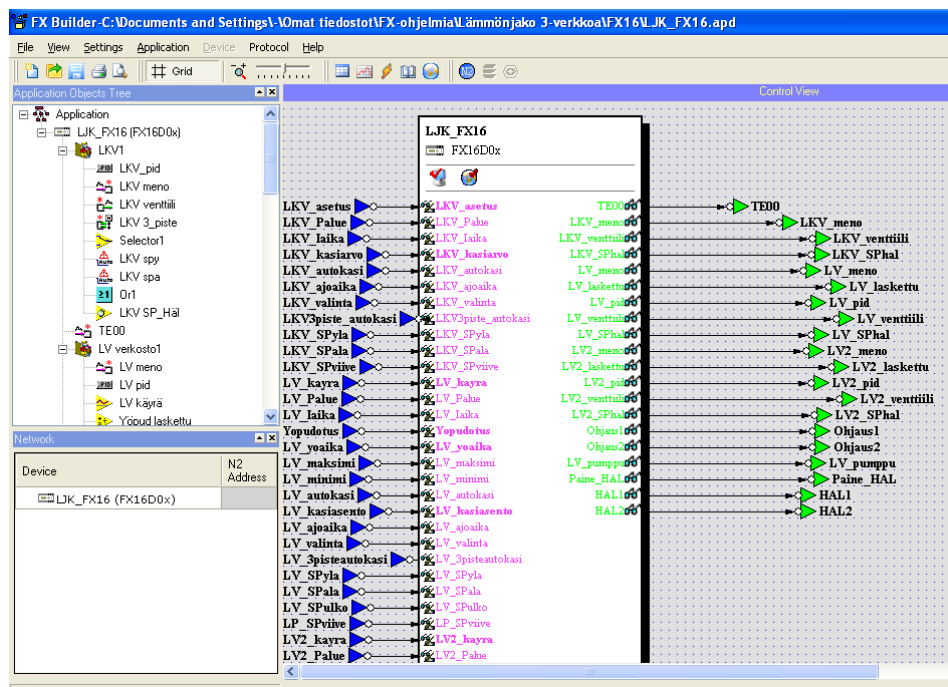
FX07 = 4 AI-pistettä + 2 AO-pistettä + 5 DI-pistettä + 6 DO-pistettä

XM14 = 6 AI-pistettä + 4 AO-pistettä + 12 DI-pistettä + 9 DO-pistettä

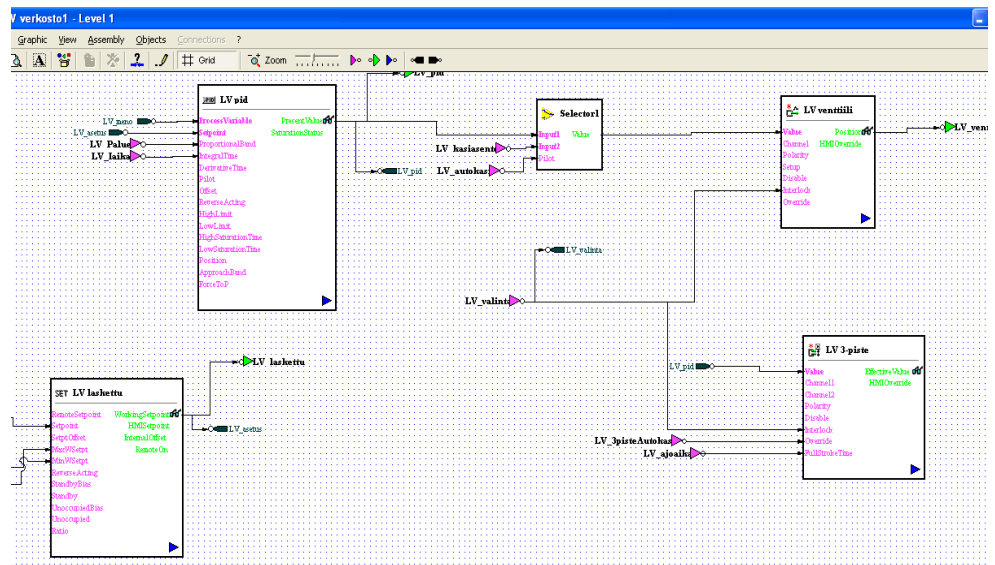
XM07 = 5 AI-pistettä + 3 AO-pistettä + 4 DI-pistettä + 6 DO-pistettä



Kuva 4: Kuvassa on erään kohteen valvomoalakeskus. Säätimet ovat keskellä vasemmalta alkaen FX16, FX7, FX7 sekä FX14.



Kuva 5: Kuvassa FX-järjestelmän ohjelmoinnissa käytettävä FX-Builder. Kyseisessä kuvassa FX14 säädin, jossa vasemmalla sisään tuodut tiedot ja oikealla lähtevät tiedot.



Kuva 6: Kuvassa on FBD-lohkoilla tehdyt kytkennät ja ohjelmat. FBD-lohkoja voi luoda vapaasti itse, jolloin joka kerta ei tarvitse koko ohjelmointia aloittaa alusta, vaan voi käyttää valmiiksi luotuja lohkoja.

7 Johnson Controlsin valvomo-ohjelmisto

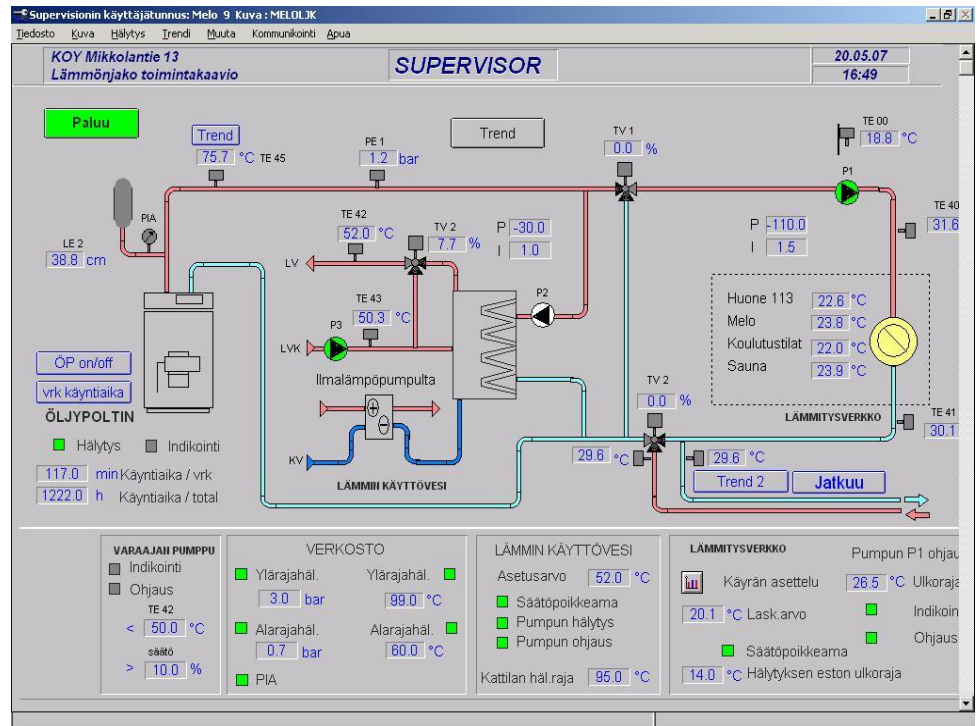
Varsinkin suuriin rakennusautomaatiokohteisiin liittyy olennaisena osana valvomo. Valvomo muodostaa rajapinnan ihmisen ja rakennusautomaatiojärjestelmän välille, ja täten on kiinteistöhoitajan tärkein työkalu. Valvomoja on lukuisia erilaisia, ja lähes jokaisella laitevalmistajalla on oma valvomo-ohjelmistonsa. Valvomon oikea ja tehokas käyttö on tärkeää kiinteistön hoidon ja energiankulutuksen kannalta. Valvomo-ohjelmat ovat usein hyvin monipuolisia ohjelmia, mutta valitettavan usein ominaisuudet jäävät käyttämättä suunnittelijan ja käyttäjän osaamattomuuden takia. Yleisesti valvomo on rakennuksessa kiinteästi oleva PC, mutta nykyään on kovaa vauhtia yleistymässä järjestelmät, joilla valvomo voidaan tehdä internetpohjaiseksi. [5]

7.1 Supervision 3.0

Supervision 3.0 on Johnson Controlsin viimeisin valvomo-ohjelmisto, se on PC-pohjainen keskitetty graafinen käytönohjausjärjestelmä. Valvomolla voidaan ohjata monenlaisia järjestelmiä, kuten ilmastointi-, lämmitys- ja jäädytysjärjestelmiä. Valvomo liitetään järjestelmän N2Open väylään IU-9100 protokollamuuntimen välityksellä. Valvomo voidaan asentaa yleisimpiin Windows-käyttöjärjestelmiin. Valvomo ohjelma koostuu graafisista kuvista, joiden välillä liikutaan graafisten painikkeiden avulla. Graafisiin kuvapohjiin tuodaan näkyviin eri pisteiden tilat ja arvot. Esimerkki käyttöliittymästä on esitetty kuvassa 7. Graafisen käyttöliittymän välityksellä voidaan myös muuttaa järjestelmän tilaa. [9], [10]

Supervision-ohjelma pitää sisällään lukuisia käytön kannalta tärkeitä ominaisuuksia, kuten hälytykset, aikaohjelmat, trendit, tietojen siirrot säätimien välillä, laskinominaisuudet, OPC-serverin tuen, etäkäyttötuen sekä tulostusmahdollisuuden. Seuraavassa on käyty läpi hieman yleisimmin käy-

tehtäviä ominaisuuksia sekä esitelty lopputyönkannalta tärkeimmät Supervision-ohjelmassa tehtävät toimenpiteet. [9],[10]



Kuva 7: Kuvassa on valvomo-ohjelma eräästä öljypoltimesta ja siihen liittyvästä lämmönjakoprosessista. Kuvasta näkee esimerkiksi mittausarvot, asetusarvot sekä hälytysrajat.

7.1.1 Hälytykset

Supervisionissa voidaan ohjelmoida jokainen analoginen ja digitaalinen piste hälytyspisteeksi. Hälytykset nähdään hälytyshistoria-tiedostosta sekä aktiiviset hälytykset-tiedostosta. Hälytysten määrittäminen on esitetty kuvassa 8. Hälytyksistä voidaan ottaa myös automaattinen tulostus. Hälytyksiä voidaan järjestelmään luoda maksimissaan 300. Hälytykset tehdään kolmeen eri prioriteetti tasoon, pri1, pri2 sekä pri3, joista pri1 on kiireisin hälytys. Prioriteettiluokan 1 hälytykset voidaan lähettää edelleen gsm-viestinä. [9], [10]

Hälytysten määrittäminen

Hälytys kohde: # 20

Säädin #: 001 V1s1

Digitaalinen pis:

Analoginen pis:

Piste: LRS13

Käyttäjän osoite: TK19

Järjestelmä nimi: Palovaara

Talleta

Peruuta

Ylä-raja txt: Hälytys

Normaali txt: Normaali

Hälytys luokka: 1 Ryhmä:

Yksikkö: Invert:

JOKU Häi.Txt

Sulje

Kuva 8: Supervisionin hälytysten asetus- ja muokkausikkuna.

7.1.2 Aikaohjelmat

Ohjelmassa on myös käytössä laajat aikaohjelmamahdollisuudet. Ohjelmaan voidaan tuoda Windowsin aika- ja kalenteriohjelmat. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää dx- tai fx-järjestelmän aikaohjelmia. Suositeltavaa on käyttää säätimen omaa aikaohjelmaa, jolloin valvomokoneen sammuminen ei aiheuta aikaohjelman katkeamista. Viikko-ohjelman avulla voidaan tehdä esimerkiksi ilmastointikoneiden viikoittaiset käyntiaikaohjelmat. [9], [10]

7.1.3 Tietojensiirto

Erittäin tärkeä ominaisuus valvomossa on tietojensiirto säätimien välillä. Ilman tätä ominaisuutta suurten järjestelmien toteuttaminen olisi erittäin hankalaa. Tietojensiirtoa käytetään paljon esimerkiksi ulkolämpötilojen siirtoon, jolloin yksi anturi riittää koko järjestelmään. [9], [10]

7.1.4 Trendit

Tutkintotyön kannalta tärkein ominaisuus valvomossa on trendien luonti. Valvomossa voidaan kytkeä kaikki digitaaliset ja analogiset pisteet trendiseurantaan. Trendejä voidaan tarkastella tekstinä, käyrinä tai pylväsdia-grammeina. Arvojen kirjausväli on tavallisella trendillä viisi minuuttia ja pikatrendillä yksi sekunti, jota voidaan käyttää maksimissa viisi minuuttia. Trendikanavia valvomossa on 32, joihin jokaiseen saadaan talletettua neljän pisteen trenditiedot. Trendikanavat tallennetaan viikoittaisiin tiedosto-ihin, joten ne pysyvät tallessa vain vuoden. Halutessa voidaan trenditiedot tallentaa automaattisesti tekstitiedostoksi, jolloin on mahdollista pitää trendeistä pidemmän ajan seuranta. Energianseurantaan on olemassa kaksi omaa trendikanavaa, joilla saadaan tarkempaa tietoa energiankulutuksesta. [9], [10]

8 Tiedonsiirron toteutus

Suurimpana kynnyksenä kattavan kulutusseurannan luomisessa on toimivan ja automaattisen tiedonsiirtoväylä toteuttaminen Supervisionista Exceeliin. Valmista tiedonsiirtomahdollisuutta järjestelmien välillä ei ole, joten siirto aiheuttaa hieman päänvaivaa.

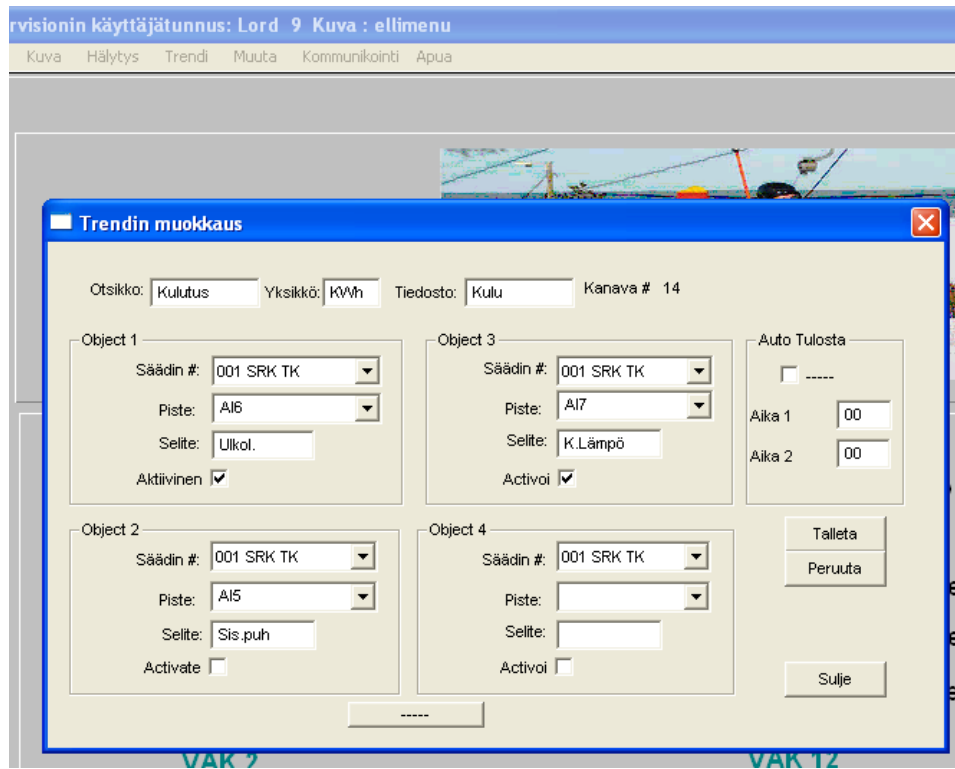
Supervision tallentaa valitut trendit viiden minuutin välein koko viikon kattavaan tiedostoon, joka pysyy tallessa vuoden. Kyseistä tiedostoa vain ei valitettavasti ole mahdollista lukea Exceeliin. Lukukelpoisen tiedoston luontiin on kuitenkin olemassa toinen keino, sillä Supervisionista löytyy ominaisuus, joka mahdollistaa tietojen automaattisen tallennuksen tekstitiedostoksi (.txt). Supervisionin omat ohjeet kyseisen toiminnon luomiseen ovat valitettavasti väärin, mutta seuraavassa kappaleessa 8.1 on selkeät ohjeet automaattisen tallennuksen luomiseen. Tekstitiedosto on helppo siirtää muokattavaksi Exceeliin, kuten kappaleesta 8.2 ilmenee.

8.1 Supervision tiedonsiirrossa

Tässä kappaleessa on selkeästi esitettyä tiedonsiirron eri vaiheet Supervisionissa, joilla saadaan aikaiseksi automaattisesti tallentuva, trenditiedoista muodostuva tekstitiedosto. Kappale toimii samalla ohjeena Supervisionin kanssa työskenteleville, jolloin kyseistä ominaisuutta voitaisiin hyödyntää laajemminkin..

Tiedonsiirto alkaa trendien luomisella. Valitsemalla yläpalkista Trendi ja Muokkaa, avautuu kuvan 9 mukainen näyttö. Trendien muokkaustilassa määritellään trenditiedostoon tulevat mittauspisteet, joita voi olla maksimissaan neljä jokaista tiedostoa kohti, kuten esimerkiksi ulkolämpötila, lämmönkulutus ja sähkönkulutustietoja. Tärkeää tässä vaiheessa on huomioida tiedoston nimi. Tiedostolle annettu nimi tulee tallennuksen yhteydessä osaksi tallennetun tiedoston nimeä, jota taas tarvitaan edelleen kun

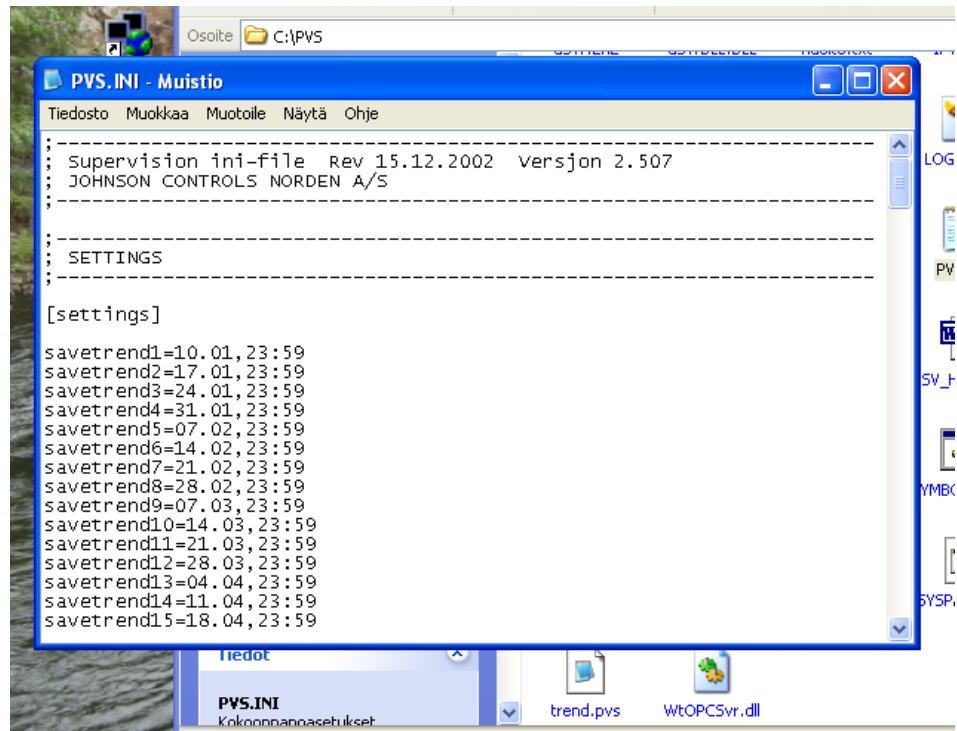
tiedostoa siirretään Exceeliin. Kun eri kohteissa käytetään samoja tiedostonimiä, voidaan niissä käyttää myös samoja valmiiksi tehtyä Excel-pohjia, jolloin säästytään paljolta työltä.



Kuva 9: Trendin luomiseen ja muokkaamiseen käytettävä ikkuna.

Kun trendit ovat luotu, on vuorossa automaattisen talletuksen teko. Talletuksen asetus tehdään PVS.INI tiedostossa, kuten kuvassa 10 näkyy. Tiedostoon pitää kirjoittaa [settings] kohdan alle savetrend1=10.01,23:59, savetrend2=17.01,23:59 ja niin edelleen. Tällä komennolla tallentuu jokainen luotu trendi C/PVS/LOG kansioon tekstitiedostona haluttuna ajankohdantana. Tiedoston nimeksi muodostuu esimerkiksi 2009_Kulu_W51.txt. Niessä ensimmäisenä tulee vuosi, jonka jälkeen tulee tallennetulle trendille annettu nimi ja lopuksi tulee tallennettu viikko. Tulevien viikkojen tiedostot voi myös tehdä valmiiksi kyseisen kansion alle jo etukäteen, jolloin tiedostojen linkitys Exceeliin voidaan myös tehdä jo etukäteen valmiiksi. Tällä pystytään vähentämään käytössä olevan kulutusseurannan vaatimia toimenpiteitä ja järjestelmä saadaan automatisoitua mahdollisimman pitkälle. Sopiva talletusväli voi olla viikko tai kuukausi. Savetrend komen-

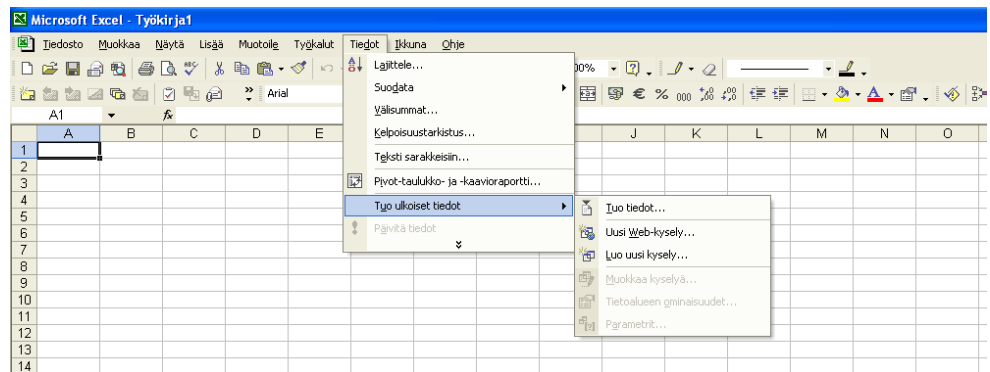
non jälkeen oleva luku ei tarkoita tallennettavaa trendikanavaa vaan on vain tallennuksessa käytettävä juokseva luku. Kun halutut ajankohdat ovat määritetty, tulee tiedosto tallentaa. On myös erittäin tärkeää muistaa tässä vaiheessa avata valvomo-ohjelmisto uudelleen, jotta tehdyt muutokset astuvat voimaan.



Kuva 10: PVS-tiedostoon tehtävät muutokset automaattista tallennusta varten.

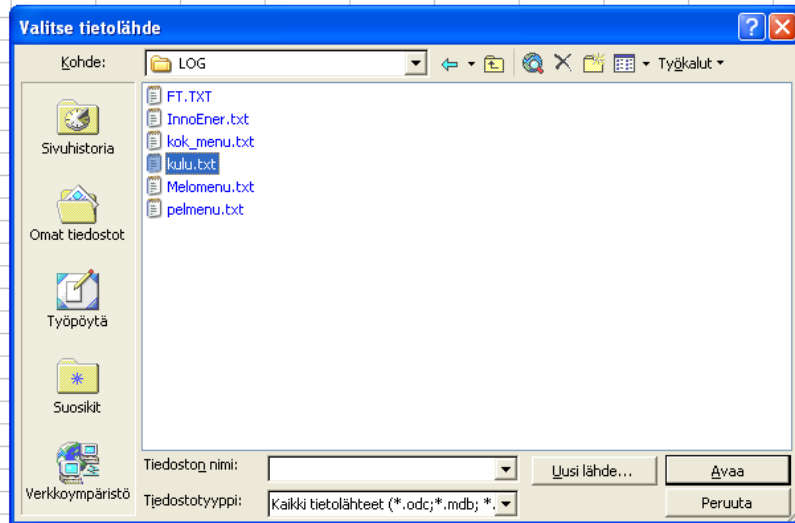
8.2 Excel tiedonsiirrossa

Tämä kappale esittelee Excelissä tehtävät toiminnot, joilla mahdollistetaan automaattinen tiedonsiirto Supervisionin ja Excelin välillä. Excel-ohjelmisto toimii kulutusseurannan raportoivana osana. Excelin monipuoliset laskenta- ja taulukointimahdollisuudet tekevät ohjelmasta oivallisen työkalun kulutuksen seurannassa ja raportoinnissa. Tärkein ominaisuus tietojenkeruun kannalta ohjelmassa on kuitenkin automaattinen tietojen haku muista tiedostoista. Automaattinen tietojen haku mahdollistaa sen, että Exceliin voidaan hakea jatko muokkaamista varten 8.1 kappaleen mukaiset C/PVS/LOG kansioon muodostuneet trenditiedostot. Tiedonsiirron toteutus alkaa avaamalla tyhjä Excel-tiedosto. Excelissä valitaan kuvan 11 mukaisesti Tiedot → Tuo ulkoiset tiedot → Tuo tiedot.



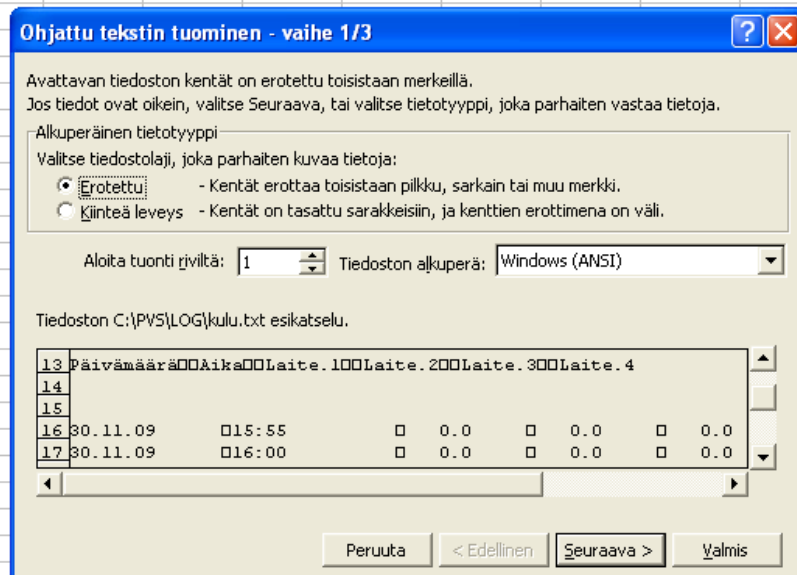
Kuva 11: Tiedonsiirron aloitus Excelissä.

Seuraavana vaiheena haetaan siirrettävä tiedosto kuvan 12 mukaisesti C/PVS/LOG kansioista. Tulevien viikkojen kohdalle kannattaa tehdä tyhjä, oikeannimiset tiedostot valmiiksi, jolloin voidaan niidenkin linkitys tehdä jo etukäteen.

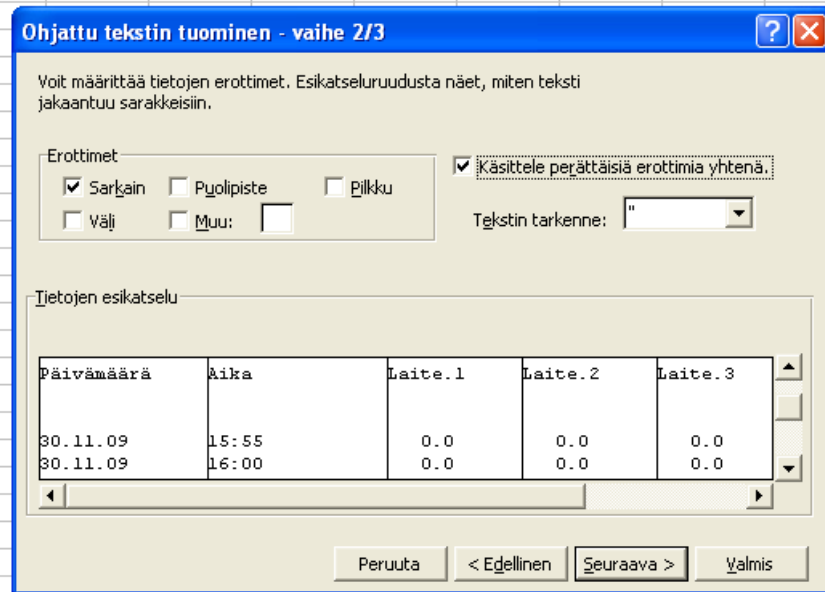


Kuva 12: Siirrettävien tiedostojen linkitys Exceliin.

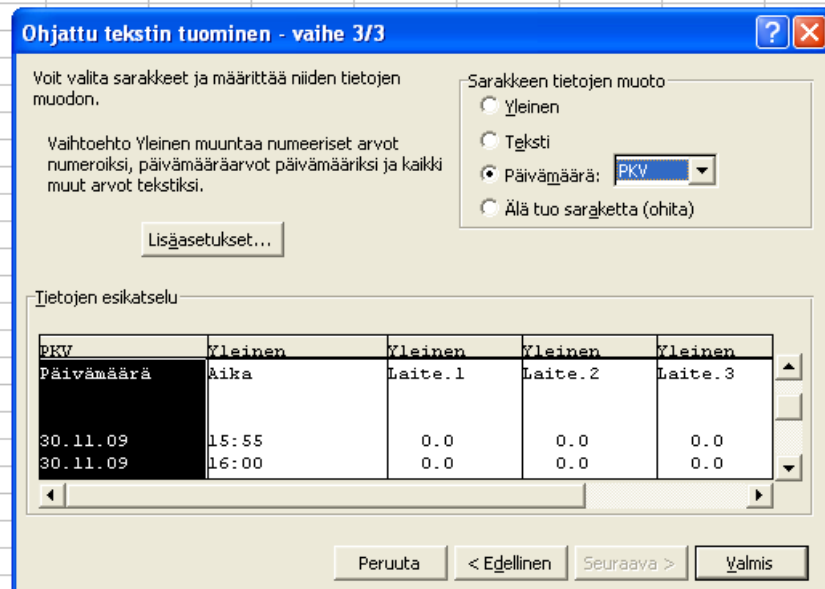
Kun tiedot on linkitetty Exceliin tulee eteen kolmevaiheinen ohjattu tiedontuonti toiminto. Näistä kolmesta valikosta tulee asetukset muuttaa kuvien 13, 14, 15 ja 16 mukaisiksi.



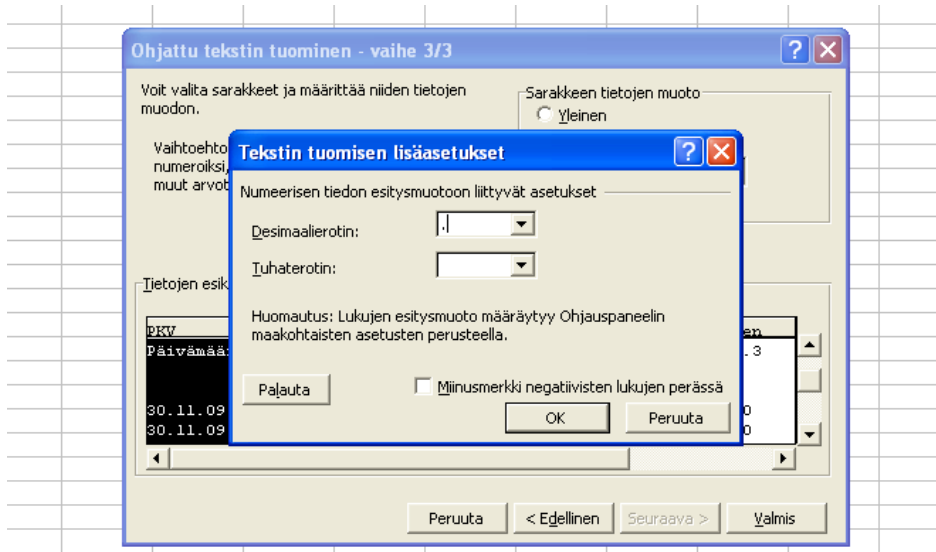
Kuva 13: Tiedon asemointi ja tekstin alkuperä.



Kuva 14: Tiedon jako sarakkeisiin. Muokkaa haetun tiedon halutunlaiseksi Excel-tilukoksi.

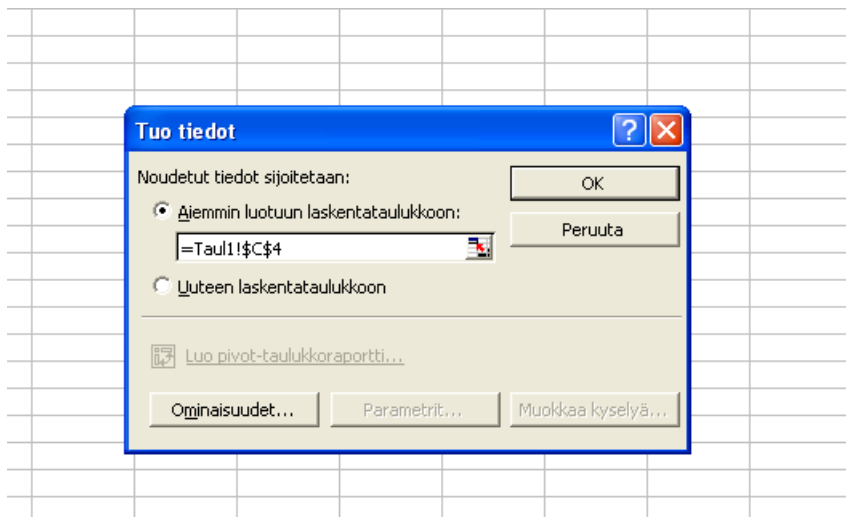


Kuva 15: Muokkaa sarakkeiden tiedot halutunlaisiksi. Päivämäärät, numerot ja tekstit tulee muokata tässä vaiheessa.



Kuva 16: Kuvan 15 lisäasetukset kohdasta tulee seuraavanlainen valikko, jossa pitää muistaa käydä muuttamassa desimaalierotin pilkusta pisteeksi.

Lopuksi valitaan tietojen tuonti jo luotuun tiedostoon kuvan 17 mukaan, jolloin saadaan haetut tiedot tuotua Exceliin.



Kuva 17: Tietojen tuonti valmiiseen tyhjään tiedostoon.

Lopputuloksena saadaan taulukon 5 mukainen seuranta lista, josta kulutus-tietoja on helppo lähteä muokkaamaan asiakkaan haluamaan suuntaan.

Yläaste		4					
Kulutus MWh		Period: 2009 v.45					
Laite.1 : Kulutus							
Laite.2 :							
Laite.3 : Ulko							
Laite.4 :							
Ulkolämpötilan keskiarvo 2,2375 °C							
Kulutus W45 8 MWh		Päivämäärä	Aika	Laite.1	Laite.2	Laite.3	Laite.4
		2.11.2009	0:00	325	0	3,2	0
		2.11.2009	0:05	325	0	3,2	0
		2.11.2009	0:10	325	0	3,1	0
		2.11.2009	0:15	325	0	3,2	0
		2.11.2009	0:20	325	0	3,2	0
		2.11.2009	0:25	325	0	3,2	0
		2.11.2009	0:30	325	0	3,1	0
		2.11.2009	0:35	325	0	3,2	0
		2.11.2009	0:40	325	0	3,2	0
		2.11.2009	0:45	325	0	3,2	0
		2.11.2009	0:50	325	0	3,3	0
		2.11.2009	0:55	325	0	3,3	0
		2.11.2009	1:00	325	0	3,3	0
		2.11.2009	1:05	325	0	3,2	0
		2.11.2009	1:10	325	0	3,2	0
		2.11.2009	1:15	325	0	3,3	0
		2.11.2009	1:20	325	0	3,3	0

Taulukko 5: Tiedon siirron lopputuloksena saatu Excel-tilaus.

Tiedonsiirtoa ei kannata tehdä vaihe vaiheelta joka viikolle erikseen. Tiedonsiirtotoiminnon tekoa voi helpottaa kahdella eri tavalla. Kun on kerran luonut yhdestä viikosta toimivan Excel-tilauksen, voi tätä tilaukkoa monistaa muille viikoille. Monistetusta tilauksesta tosin pitää muistaa vaihtaa lähdetiedosto uuteen. Toinen tapa nopeuttaa Excel-tilauksen luontia on käyttää nauhoitettua makroa, joka tekee tiedonsiirron luonnin automaattisesti.

Tiedonsiirron toteuttamisen jälkeen jäljelle jää vain loppuraportin muodostaminen. Loppuraportti muodostetaan hyödyntämällä Excel-ohjelmiston laskentafunktioita sekä graafisia tilauksia. Tässäkin voi käyttää halutessaan apuna Excelin makro-ominaisuutta.

9 Loppusanat

Energiankulutukseen kiinnitetään jatkuvasti enemmän huomiota. Tämä aiheuttaa väistämättä sen, että myös kiinteistöjen energiankulutus on näinä aikoina suurennuslasin alla. Jotta EU:n määrittämään tavoitteeseen pienentää kokonaisenergiankulutusta 20 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä päästää, pitää myös kiinteistöjen hoidossa havahtua tekemään töitä kyseisen asian eteen.

Energiankulutukseen on erittäin vaikea vaikuttaa, jos siitä ei ole olemassa kunnollisia ja vertailukelpoisia tietoja. Laadukkaat ja monipuoliset raportoinnit sekä reaaliaikaiset seurannat kiinteistöissä tulevat lähivuosina yleistymään erittäin paljon. Toivottavasti myös ihmisten asenteissa tapahtuu muutoksia, jotta voimme hyödyntää tehokkaammin talotekniikkaa ja tätä kautta hyödyntää olemassa olevat kiinteistöjen energiansäästöpotentiaalit.

Rakennusautomaatiojärjestelmien kehittyminen mahdollistaa erittäin kattavat kulutusseurannat ja tarvepohjaiset ohjaukset, joiden avulla kiinteistön kulutuksia voidaan kontrolloida ja vertailla erittäin laajasti. Kulutusten normeeraus sekä ominaiskulutukset mahdollistavat laajan vertailun asuntotyypeittäin, jolloin saadaan laaja vertailupohja kulutustietoihin.

SFS 15232 standardi mahdollistaa nyt myös rakennusautomaatiojärjestelmien energiansäästöpotentiaalien määrittämisen sekä järjestelmien energialuokitukset. Tämä mahdollistaa investointien hyötyjen laskennan melko tarkasti jo ennen varsinaista investoinnin tekoa.

Johnson Controls-järjestelmään on tulevaisuudessa välttämätöntä saada toimiva ja luotettava energianseurantajärjestelmä. Jo nyt joissakin urakoissa pakolliseksi muodostunut seurantajärjestelmä rajaa pois mahdollisuuden tarjota urakkaa Johnson Controlsilla. Työni ei ole valmis ratkaisu energiankulutuksen raportointiin, mutta se antaa hyvän pohjan laajan ra-

portointijärjestelmän luontiin. Kehitystä työssä vaaditaan vielä laajan materiaalin helppoon jatko käsittelyyn, sekä vuoden vaihtumisen aiheuttamiin ongelmiin tallennus päivien suhteen. Tätä työtä kehittämällä on mahdollista vastata rakennuttajien kysyntään. Kyseistä järjestelmää voidaan myös muokata useisiin eri käyttötarkoituksiin, kuten huoltotarveilmoitusten tekemiseen.

Lähdeluettelo

- [1] Piikkilä, Sahlsten – 2006. Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät ST-käsikirja 21, 9-10.
- [2] Värjä, Mikkola – 2008. Uusi kiinteistöautomaatio, Automaatio- ja säätötekniikka, 5.
- [3] Sähkötieto ry – 2007. ST 710.10, Rakennusautomaatiojärjestelmän hyödyntäminen, 3-8.
- [4] Sähkötieto ry – 2007. ST 95.81, Energian kulutuksen seuranta, 1-3.
- [5] Piikkilä – 2008. Kiinteistöjen valvomojärjestelmät ST-käsikirja 22, 9-14, 44-49, 70-75.
- [6] Piikkilä – 2001. Rakennusautomaatiojärjestelmät ST-käsikirja 17, 121-123.
- [7] Johnson Controls – 2000, DX-9100 Configuration Guide, 5-10.
- [8] Myyryläinen – 2008, Elinkaariajattelu kiinteistönpidossa, 47-52.
- [9] Johnson Controls – 2009, Supervision 3.0 Asennusohje, 1-54.
- [10] Johnson Controls – 2009, Supervision Käyttöohje, 1-12.
- [11] http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normeeraus/mita_ovat_lammitystarveluvut / 30.12.2009
- [12] http://www.motiva.fi/files/2070/Lammitystarve_2005_0607_high.pdf / 30.12.2009

- [13] [http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmuksiset/tilastotietoa_katselmuksista/palvelusektorin_ominaiskulutuksia / 30.12.2009](http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmuksiset/tilastotietoa_katselmuksista/palvelusektorin_ominaiskulutuksia/)
- [14] Piia Sormunen – Talotekniikka ja energiatehokkuus, Granlund Oy:n luentomateriaali
- [15] Suomen standardisoimisliitto SFS – 2008, SFS-EN 15232 Rakennusten energiatehokkuus, rakennusautomaation vaikutus, 5, 12-21, 46-47.
- [16] Hyvärinen –Energiatehokkuus ja rakennuksen automaation luokitus, VTT:n luentomateriaali

Liitteet

1. Pöyry Buildin Service Oy:n rakennusautomaatio sähköselostus
2. Motivan lämmitystarveluvut
3. SFS 15232 Energialuokituksen arviointi taulukot
4. SFS 15232 Kulutuksen korjauskertoimet energialuokkien mukaan



Pöyry Building Services Oy

RAKENNUSAUTOMAATIO-61111213.LQ01

JÄRJESTELMÄN TYÖSELOSTUS

31.8.2009

48(65)

- alakeskusmoduulien vioittuminen
- häiriöt tiedonsiirrossa
- varmistettujen hälytys- ja käyttötilapisteiden kenttäkaapeloinnin katkos tai oikosulku (varmennus voidaan toteuttaa vastuksilla)
- mittausviestin poistuminen järkevyyalueelta (irrationaalinen mittausviesti ei saa ohjata tai säätää)
- akkujen tai pariston varauksen lasku alle sallitun rajan

5.10 Raportointiohjelmat

Järjestelmän tulee sisältää seuraavassa esitetyt raportointiohjelmat kuvatussa laajuudessa.

Raportit on voitava tulostaa valinnaisesti joko käyttöpäätteelle tai raporttikirjoittimelle pyydettyä tai aikaohjelman ohjaamana automaattisesti. Raporteille annetaan selväkielinen nimi, joka tulostetaan raportin yhteydessä. Tulostuksessa on oltava myös päivämäärä ja kellonaika. Raportit on hyväksyttävä rakennuttajalla ennen niiden ohjelmointia järjestelmään.

5.10.1 Perusraportit

Perusraportteja ovat yhteenvetolistaukset, joista käyttäjä saa nopeasti selville laitoksen tilanteen. Valmiiksi ohjelmoituna tulee olla vähintään seuraavat listaukset

- voimassaolevat hälytykset
- kaikkien järjestelmän pisteiden tulostus
- vapaasti valittavan ryhmän listaus tai pistekoodin perusteella ryhmitelty pisteiden tulostus
- aikaohjelmien tulostus käyntiaikoinen.

Järjestelmä tallentaa raportit kuukauden ajalta. Käyttäjällä on mahdollisuus määritellä myös muun pituinen tietojen tallennusaika.

Raporteissa tulostetaan määrämittauksiin perustuvat kulutustiedot. Raportointijakson pituus on 1 kuukausi. Raportoinnin on mahdollistettava vertailut kuukausitasolla edellisen vuoden kulutustietoihin. Lisäksi raporteissa tulostetaan yhteenveto kuluvan vuoden alusta.

Raporttien kulutustiedot on tallennettava siten että niistä näkyy kuluva vuosi ja vähintään yksi edellinen vuosi.

Raporttien lopullinen muoto ja tulostustavat määritellään yhdessä käyttäjän kanssa ennen niiden ohjelmointia valvontalaitteistoon.



Pöyry Building Services Oy

RAKENNUSAUTOMAATIO-61111213.LQ01

JÄRJESTELMÄN TYÖSELOSTUS

31.8.2009

49(65)

5.10.2 Lämpöenergia

- kulutettu lämpöenergia
- kulutettu ominaiskulutus
- mitattu astepäiväluku, laskentajakso 1 tunti
- astepäiväluvulla normeerattu kulutus
- aseteltavissa oleva tavoitekulutus

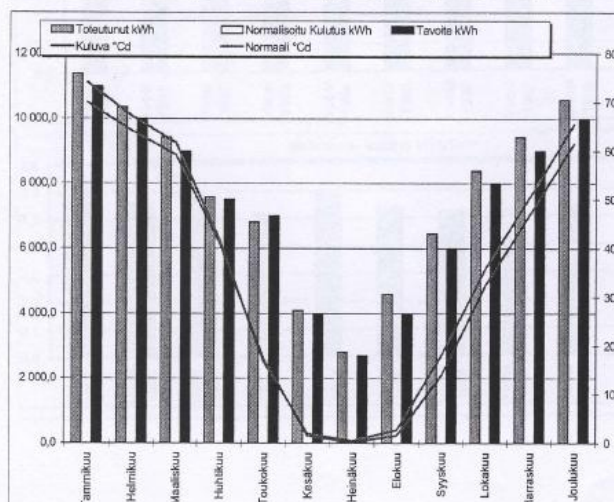
Raportin muoto ja tulostusasu määritellään tarkemmin tilaajan kanssa ennen raporttien laatimista.

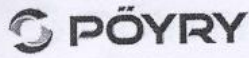
Lämpöenergian absoluuttiset kulutusarvot on tallennettava kovalevyille siten että tuleva jatko käsittely taulukkolaskentaohjelmistolla on mahdollista.

Kiinteistö Oy

Kaukolämpöenergia ja lämmitystarveluku

Vuosi 1999	Lämpönsäätö Toteutunut kWh	Normaalisoitu			Lämmitystarve		Ominais- kulutus kWh/Rm3	Kustannukset/ Yhteensä mk	Kaukolämpö		Tilau- teho kWh
		Kulutus kWh	Tavoite kWh	Eroitus %	Kuluvu °Cd	Normaali °Cd			Energia mk	Perus mk	
Tammikuu	11 381,3		11 000,0		741	700		0,0			
Heinäkkuu	10 357,0		10 000,0		672	642		0,0			
Maaliskuu	9 424,9		9 000,0		617	582		0,0			
Huhtikuu	7 576,6		7 500,0		418	411		0,0			
Toukokuu	6 804,7		7 000,0		168	174		0,0			
Kesäkuu	4 102,3		4 000,0		20	15		0,0			
Heinäkuu	2 812,5		2 700,0		5	2		0,0			
Elokuu	4 583,8		4 000,0		27	16		0,0			
Syyskuu	6 453,2		6 000,0		181	139		0,0			
Lokakuu	8 398,5		8 000,0		358	324		0,0			
Marraskuu	9 438,3		9 000,0		504	468		0,0			
Joulukuu	10 582,2		10 000,0		655	615		0,0			
Yhteensä:	81 925,2	0,0	86 200,0	0,0	4 366	4 096	0,0	0	ka. 0,0	ka. 0,0	ka. 0,0





Pöyry Building Services Oy

RAKENNUSAUTOMAATIO-61111213.LQ01
JÄRJESTELMÄN TYÖSELOSTUS

31.8.2009

50(65)

Malli 1.

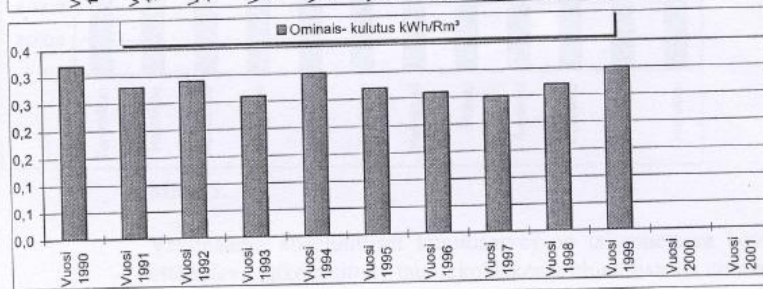
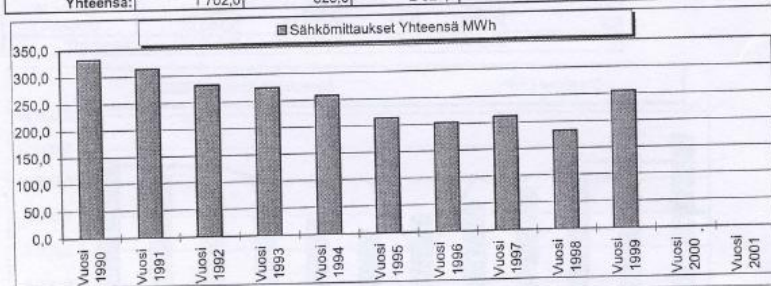
5.10.3 Sähköenergia

- kulutettu energia
- aseteltavissa oleva tavoitekulutus

Raportin tulee olla seuraavan esimerkin mukainen tai vastaava:

Kiinteistö Oy Pätösähköenergiankulutus

12 Vuoden vertailu Vuosi	Sähkölmittaukset			Ominais- kulutus kWh/Rm ²	Kustannukset Yhteensä mk/a	Energian Keskkihinta mk/MWh
	Päiväsähkö MWh	Yösähkö MWh	Yhteensä MWh			
1990	198,0	134,2	332,2	0,3		0,0
1991	187,0	126,8	313,8	0,3		0,0
1992	176,0	105,8	281,8	0,3		0,0
1993	184,0	90,9	274,9	0,3		0,0
1994	192,0	66,4	258,4	0,3		0,0
1995	176,0	38,0	214,0	0,3		0,0
1996	161,0	41,4	202,4	0,3		0,0
1997	167,0	45,4	212,4	0,3		0,0
1998	109,0	73,9	182,9	0,3		0,0
1999	152,0	103,1	255,1	0,3		0,0
2000	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0
2001	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0
Yhteensä:	1 702,0	825,8	2 527,8	ka. 0,2	0	ka. 0,0





Pöyry Building Services Oy

RAKENNUSAUTOMAATIO-61111213.LQ01

JÄRJESTELMÄN TYÖSELOSTUS

31.8.2009

51(65)

Malli 2.

Sähköenergian absoluuttiset kulutusarvot on tallennettava kovalevyllä siten että tuleva jatkokäsittely taulukkolaskentaohjelmistolla on mahdollista.

5.10.4 Vesimäärä

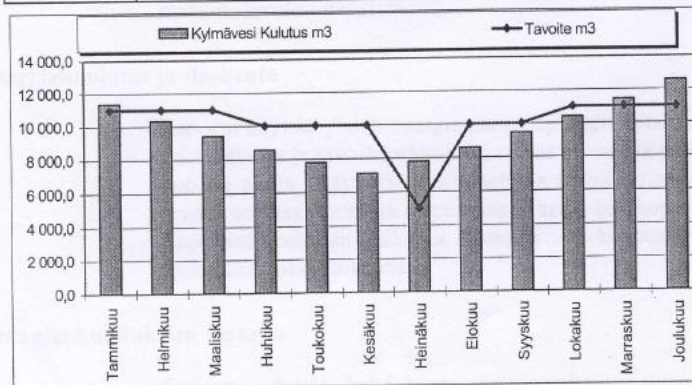
- kulutettu vesimäärä
- asettavissa oleva tavoitekulutus

Raportin tulee olla seuraavan esimerkin mukainen tai vastaava:

Kiinteistö Oy

Kylmävesikulutus

Vuosi 1999	Kylmävesi			Ominais kulutus l/Rm ³	Kustannukset Yhteensä mk
	Kulutus m ³	Tavoite m ³	Erotus %		
Kuukausi					
Tammikuu	11 381,3	11 000,0	3,5	#REF!	0,0
Helmiokuu	10 357,0	11 000,0	-5,8	#REF!	0,0
Maaliskuu	9 424,9	11 000,0	-14,3	#REF!	0,0
Huhtikuu	8 576,6	10 000,0	-14,2	#REF!	0,0
Toukokuu	7 804,7	10 000,0	-22,0	#REF!	0,0
Kesäkuu	7 102,3	10 000,0	-29,0	#REF!	0,0
Heinäkuu	7 812,5	5 000,0	56,3	#REF!	0,0
Elokuu	8 593,8	10 000,0	-14,1	#REF!	0,0
Syyskuu	9 453,2	10 000,0	-5,5	#REF!	0,0
Lokakuu	10 398,5	11 000,0	-5,5	#REF!	0,0
Marraskuu	11 438,3	11 000,0	4,0	#REF!	0,0
Joulukuu	12 582,2	11 000,0	14,4	#REF!	0,0
Yhteensä:	114 925,2	121 000,0	-5,0	#REF!	0



Malli 3.

Vesimäärän absoluuttiset kulutusarvot on tallennettava kovalevyllä siten että tuleva jatkokäsittely taulukkolaskenta ohjelmistolla on mahdollista.



Pöyry Building Services Oy

RAKENNUSAUTOMAATIO-61111213.LQ01

JÄRJESTELMÄN TYÖSELOSTUS

31.8.2009

52(65)

Kaikkien energia- ja vesimittareiden, jotka liittyvät kiinteistön valvontajärjestelmään, urakoitsija huolehtii mittareiden yhteensopivuudesta.

5.11 Raporttien tulostusmuoto

5.11.1 Energiankulutus, 12 vuotta

Raportti näyttää yhden energianmittauspisteen kuukausittaisen energiankulutuksen maks. 12 vuoden ajalta. Raportissa tehdään laskenta vuosittaisista kokonais-, minimi- ja keskiarvo sekä maksimikulutuksista.

5.11.2 Astepäiväluvulla normalisoitu energiankulutus

Raportti näyttää yhden energianmittauspisteen kuukausittaiset mittaus-, tavoite- ja normalisoidut kulutukset (mitattu arvo * normaali astepäiväluku / mitattu astepäiväluku) sekä normitetun ja tavoitekulutuksen erotus arvona ja prosentteina vähintään 2 vuoden ajalta.

Käyttäjän on määriteltävä tavoitekulutus ja normaalivuoden astepäiväluku (jos samaa tavoitearvoa tarvitaan muissa raporteissa, arvo on kopioitava manuaalisesti). Jos astepäivälukua ei lasketa alakeskuksessa, se pitää voida syöttää taulukkopohjaan manuaalisesti.

Raportissa tehdään laskenta vuosittaisista kokonais-, minimi-, keski- ja maksimiarvokulutuksista.

5.11.3 Energiankulutus ja -laskenta

Raportti näyttää yhden energianmittauspisteen mitatun ja tavoitekulutuksen sekä mitatun ja tavoitekulutuksen erotus arvona ja prosentteina vähintään 3 vuoden ajalta. Käyttäjän on annettava tavoitekulutus (jos samaa tavoitearvoa tarvitaan muissa raporteissa, arvo on kopioitava manuaalisesti). Raportissa tehdään laskenta vuosittaisista kokonais-, minimi-, keski- ja maksimiarvokulutuksista.

5.11.4 Energiankulutusten vertailu

Raportti näyttää kahdeksan energianmittauspisteen kuukausikulutuksen yhden vuoden ajalta. Raportissa tehdään laskenta vuosittaisista kokonais-, minimi-, keski- ja maksimiarvokulutuksista.



Pöyry Building Services Oy

RAKENNUSAUTOMAATIO-61111213.LQ01

JÄRJESTELMÄN TYÖSELOSTUS

31.8.2009

53(65)

5.11.5 LTO:n hyötysuhde (Optio)

Raportti näyttää kysytyjen pisteiden lämmöntalteenoton hyötysuhteen.

5.11.6 Mittausraportti (Optio)

Raportti näyttää pisteiden minimi-, keski-, maksimi- ja hetkellinen arvo halutulta ajalta. Vähintään 8000 arvoa/piste, vähintään 40 pistettä/raportti.

5.11.7 Käyntituntilaskenta (Optio)

Raportti näyttää kojeiden käyntituntien sen hetkiset arvot (yksi arvo/piste). Käyntituntilaskenta on tehtävä alakeskusohjelmassa.

5.11.8 Pisteraportti (Optio)

Raportti näyttää pisteiden hetkelliset arvot, vähintään 50 pistettä/ raportti. Raporttiin otetaan pisteen senhetkinen arvo, eikä sitä päivitetä raportin käynnistyksen jälkeen.

5.11.9 Lämpötilaraportti (Optio)

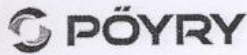
Raportti näyttää yhden vuorokauden ajalta tunnin välein tilastoidut mittauspisteet graafisessa- ja taulukkomuodossa. Raportissa on kaksi vapaata pistettä ja kolme muuta pistettä (esim. huonelämpötilat), joista lasketaan myös keskiarvo.

5.11.10 Kaukolämpöraportti, 1 kuukausi

Raportti näyttää yhden kuukauden ajalta vuorokauden välein tilastoidun laskuripisteen kulutuksen graafisessa- ja taulukkomuodossa. Lisäksi raportissa pitää olla huipputehon maksimi-arvo jokaiselta päivältä (tunninhuipputeho).

5.11.11 Sähkönkulutusraportti, 1 kuukausi

Raportti näyttää yhden kuukauden ajalta vuorokauden välein tilastoidun laskuripisteen kulutuksen graafisessa ja taulukkomuodossa. Lisäksi raportissa pitää näkyä huipputehon maksimi-arvo jokaiselta päivältä (tunninhuipputeho).



Pöyry Building Services Oy

RAKENNUSAUTOMAATIO-61111213.LQ01

JÄRJESTELMÄN TYÖSELOSTUS

31.8.2009

54(65)

5.11.12 Vedenkulutusraportti, 1 kuukausi

Raportti näyttää yhden kuukauden ajalta vuorokauden välein tilastoidun laskuripisteen kulutuksen graafisessa ja taulukkomuodossa. Lisäksi raportissa pitää näkyä huipputehon maksimiarvo jokaiselta päivältä (tunninhuipputeho).

5.12 Tiedon tallennus ja tallennetun tiedon tulostus

5.12.1 Tiedontallennusohjelmat

Keskusyksikön ohjelmistoon tulee sisältyä tiedontallennusohjelmisto, jolla voidaan tehdä mittausseurantaa ts. tallentaa järjestelmään liitettyjen valvontapisteiden mittaus- ja tilatietoja myöhempää tarkastelua varten.

Seurantapisteet voivat olla mitä tahansa järjestelmään liitettyjä valvontapisteitä, parametreja, laskentatuloksia, kumuloituja kulutusmittauksia, tms.

Seurantapisteiden tallennusaikaväli on oltava vapaasti aseteltavissa piste tai tulostusryhmäkohtaisesti alueella 5s...24h tai vähintään seuraavissa portaissa:

Mittausseuranta tulee voida tulostaa graafisella käyränpiirto-ohjelmalla käyrä- ja pylväsdiagrammeina.

5.12.2 Käyrä- ja pylväsdiagrammit

Käyrä- ja pylväsdiagrammit on voitava laatia siten, että ne käyttävät lähtötietoina tiedontallennusohjelmien avulla tallennettua mittaustietoa ja reaaliajassa muuttuvia suureita (esim. askelvaste) Diagrammit tulostetaan väripäätteen X-Y-koordinaatistolle, jossa X-akselina on aika tai toinen mittausarvo (esim. Y-akselilla patteriverkoston menoveden lämpötila, X-akselilla ulkolämpötila).

Diagrammit on voitava esittää samassa asteikossa esitettävissä tulostusryhmissä, joissa kussakin on vähintään 4 eri värillä esitettyä seurantapistettä. Ryhmien lisäksi voidaan myös esittää yksittäisiä käyriä.

Ennalta tallennettuja tulostusryhmiä on oltava vähintään 20 tai milloin yksittäisille mittauksille ei ole omaa tulostusmahdollisuutta, on tulostusryhmiä oltava vähintään 100. Tulostusryhmien on oltava käyttäjän helposti muutettavissa.

Esitettävät mittauspisteet on voitava tekstittää vapaasti vähintään 20 merkillä tai pistetunnuksella.



Pöyry Building Services Oy

RAKENNUSAUTOMAATIO-61111213.LQ01

JÄRJESTELMÄN TYÖSELOSTUS

31.8.2009

55(65)

Kunkin tulostuksen Y- ja X-akseli on voitava skaalata vapaasti. Skaalaus voi lisäksi toimia myös automaattisesti, jolloin asteikko määräytyy piirrettävän suureen maksimi- ja minimiarvojen perusteella. Y-akseli skaalataan alku- ja loppuarvot antamalla. X-akseli skaalataan antamalla tulostuksen aloitusajankohta ja akselin pituus. Jos aloitusajankohtaa ei anneta, tulostaa ohjelma automaattisesti viimeiset tiedot akselin pituudeksi tallennetulta ajalta.

Tulostusparametrit, kuten akselien skaalaus ja ryhmien ryhmittely, on voitava tallentaa ennalta siten, ettei niitä tarvitse käyrätulostusta pyydetessä enää erikseen määrätä. Tällöin tiedot tulostuvat automaattisesti käyrän nimellä pyydetessä pyytämishetkestä X-akselin pituuden verran taaksepäin.

Urakkaan sisältyy mittausseurantaan määramittauksiin ohjelmoitujen pisteiden/raporttien käyrä- tai pylvästulostusten ohjelmointi järjestelmään tilaajan myöhempään antamien määritysten mukaisesti.

Urakkaan kuuluu myös koekäyttötilanteessa otettujen seurantietojen tulostaminen käyrämuodossa.

5.13 Graafinen käyttöliittymä

Graafisella käyttöliittymällä tarkoitetaan valvomolaitteistolle laadittuja paikannus-, periaatekaavio- ja prosessikuvia, joiden avulla valvottavien kohteiden ja prosessin toimintoja operoidaan. Käyttöliittymän tarkoituksena on havainnollistaa paremmin valvottavat kohteet ja parantaa niiden informatiivisuutta.

Käyttöliittymän rakenne ja toimintafilosofia **on suunniteltava tarkoin tilaajan kanssa** ennen grafiikkakuvien laatimista, jotta kaikilla alueille tulee samansisältöinen käyttöliittymä.

Graafiset kaavionäytöt laaditaan kaikista järjestelmän piiriin liitettävistä kohteista rakennuttajan määrittelemien kaaviokuvien perusteella. Suuremmista laitoksista laaditaan selvyuden vuoksi useampiosainen näyttö.

Kuvasta toiseen on voitava siirtyä osoittamalla "hiirellä" ns. siirtymäpistettä tai symbolia.

Hälytys- ja vikatilanne ilmaistaan kaaviossa symbolin värin vaihtumisella punaiseksi. Kuvasta näkyvät vain vaara- ja kiirehälytykset.

Prosessikaaviot laaditaan käyttäen apuna symbolikirjastoa. Symbolikirjastoon on laadittu mallit yleisimmistä prosessiteknisistä piirrosmerkeistä. Symboleita on voitava sijoittaa halutuille paikoille prosessikaavioihin.

Lämmitystarvelukujen hyödyntäminen

Taustaa lämmitystarveluvuista ja normittamisesta

Mihin lämmitystarvelukua käytetään

Lämmitystarveluvun (engl. degree day) avulla korjataan toteutuneesta lämmitysenergian kulutuksesta, jotta voidaan verrata todellista suoran rakennuksen eri kausien tai vuosien lämmitystä ja eri kausien alvein rakennusten ominaiskuluksia.

Lämmitystarveluvun käyttö rakennuksen lämmitystarpeen arvioinnissa perustuu siihen, että rakennuksen lämmityksen kulua energiankulutuksen ja lämpötilan vertaamalla sisä- ja ulkoilmajälkeen erotetaan.

Miten lämmitystarvelukua lasketaan?

Lämmitystarvelukua saadaan laskemalla yhteen kukin kauden pitempien sisä- ja ulkoilmajälkeen erotus. Yleisimmän käytettävän lämmitystarvelukua S₁₇, joka lasketaan +17°C:kin olehtimen sisälämpötilan ja ulkoilmajälkeen erotuksen perusteella.

Rakennuksen lämmitysenergian tarvea pienentävät erilaiset säänsäätimet kuten valaistusta, lämpöä ja laitteita, mikä vaihtelee lämmitystarpeen suhteen. Näiden lämmityksen hyödyntämisen energiankulutuksen laskemista laskemalla sisälämpötilan +17°C:ta todellisen sisälämpötilan erot.

Kauden lämmitystarvelukua vuorokauden lämmitystarvelukujen summa ja vuoden lämmitystarvelukua on vuosittainen kausittainen lämmitystarvelukun summa. Mitä kyl-

mempi vuosi on, sitä suurempi on kyseisen vuoden lämmitystarvelukua.

Vertailuvuoteen eli normaali vuoden lämmitystarvelukua käytetään vuosien 1971-2000 keskimääräinen lämmitystarvelukua vertailupäikkäkkäällä. Aikaisemmin vertailuvuoteen oli 1961-1990.

Lämmitystarveluvun laskemista ei ole luonnontilassa, joiden keskilämpötila on keuhalla yli +10°C ja nykyään yli +12°C. Täällä oletetaan, että kiinteistöjen lämmitys laitetetaan ja oletetaan ulkoilmajälkeen yhtäsuureksi tai alimmaksi mahdolliseksi.

Mitä pitää normittajia kulutuksia seurattaessa huomoida

Normittajien tavoitteena on estää rakennuksen energiankulutuksen seurata ja ohjata kohti energiatehokasta toimintaa. Energiankulutuksen mittauksen ja raportoinnin lähy kulukon uuen epävarmuustekijä. Tämä tuo osittain epävarmuutta myös lämmitystarvelukujen hyödyntämiseen, mikä tulee ottaa huomioon eri tilastoja ja tilastotietoa tulostamiseen. Yksittäisten lähtöjen ajat huomattava korostaa kiinteistöjen kulutustiedon eli säikäystyöjä.

Lämmin käyttövesi

Käyttöveden lämmittämiseen tarvittava energia ei ole järkevästi riippuvainen ulkoilmajälkeen. Tämä vuosi on osuus lämmitystarvelukua normittavasta lämmitysenergiankulutuksesta.

Varmistajan käytettävien lämmitystarpeen vastoin energiankulutuksen lisäksi käyttöveden kiertojäleen lämpökuivaus edellyttää käyttöveden lämmittämisen tarvittavan energian. Kiertojäleen lämpökuivaus on usein merkittävä. Varustajan vanheissa rakennuksissa varmistajan lämpötilan käyttöveden lämmitykseen kulua energiankäyttöä ja kiertojäleen lämpökuivaus saattaa olla huomattava.

Jos lämpötilan käyttöveden lämmitysenergiankulutusta ei mitata erikseen, se voidaan arvioida. Arviointitapa riippuu käytettävistä lämmitysenergiankulutuksesta ja lämmitystarvelukua. Jos lämpötilan käyttöveden energiantarve vaihtelee suuresti.

Tyyppi A - Yläkeräilyjärjestelmällä oletetaan lämpötilan käyttöveden kulutuksen ja kiertojäleen lämpökuivaus olevan noin 10 - 40 % arviointivuosittain vuorokauden keskimääräisestä.

Tyyppi B - Lämpötilan käyttöveden erotteen (sisäisen kiertojäleen lämpökuivaus) voi arvioida laskemalla keskimääräinen kuukausittainen kuukausittainen energiankulutuksen perusteella. Edellytyksenä on, että rakennuksen lämmitys ei ole päällä. YH kymmenen arviointi yksittäisen vuorokauden potentiaalisen alustannan potkemaat ovat keskimääräinen energiankulutuksen kausittainen summa.

Tyyppi C - Jos kulutusta lämmityksen käyttöveden mittauksella, sen lämmittämiseen kulunut energia voidaan laskua kaavalla 6.

$$\text{Kaava 6} \quad Q = \rho \cdot c_p \cdot V \cdot (t_2 - t_1) / 3 \text{ 600}$$

Q	veden lämmittämiseen kulutettu energia (kWh)
ρ	veden tiheys (1000 kg/m ³)
c_p	veden ominaislämpökapasiteetti (4,2 kJ/kg°C)
V	vedenkuivaus (m ³)
t ₁	lämmityksen veden lämpötila, tyypillisesti 55 °C
t ₂	lämmittävää veden lämpötila, tyypillisesti 7...10 °C
3 600	ylösikäännoikkaita (kWh/kWh)

Esimerkki 1

Rovaniemellä sijaitsevan asuinrakennuksen mitattu kokonaislämmitysenergiankulutus vuonna 2004 oli 680 MWh ja vedenkuivaus 2 200 m³. Asukkaista oli 165. Rakennuksen tilavuus on 12 000 m³.

Lämpötilan käyttöveden osuus on noin 35 % kokonaislämmitysenergiatarpeesta. Tällöin Q_{lämmitys} = 0,35 * 680 MWh = 238 MWh.

Esitteen etusivulta saadaan:

Rakennuksen vertailupäikkäkkäältä on Sodankylä, jonka normaali vuoden 1971-2000 lämmitystarvelukua S_{17,normaali} on 6 337.

Rakennuksen korjauskerroin vertailupäikkäkkäältä (k_c) on Sodankylään on 1,09 ja korjauskerroin Jyväskylään (k_j) on 0,85.

Ilmatieteen laitoksesta saadaan:

Sodankylän lämmitystarvelukua vuonna 2004 eli 5910.

Pohdintaa:

Toteutunut lämmitystarvelukua vuonna 2004 on Sodankylään pienempi kuin normaali vuoden 1971-2000 lämmitystarvelukua, joten vuosi 2004 oli heikommaksi lämpötilaksi.

Rakennuksen vertailupäikkäkkäältä Sodankylään on kylmämpi ilmastoinnaksi Rovaniemellä (kerroin k_c on suurempi kuin yksi).

Valkoanmaalla vertailupäikkäkkäällä Jyväskylässä on laudempi ilmastoinnaksi Rovaniemellä (kerroin k_j on pienempi kuin yksi).

Lämmitysenergiankulutuksen normitus

Lämmitystarveluvut 1971-2000

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi
Maarianhamina	599	577	593	424	218	98	7	22	260	320	493	543	3 896
Haikiniemi, Kaskinen	657	629	574	404	269	122	2	25	244	392	489	594	3 909
Turku	667	623	592	399	170	28	4	23	210	392	488	612	4 225
Haikiniemi-Vantaan	692	647	593	402	285	18	4	27	285	364	502	635	4 229
Peri	680	639	589	413	289	25	6	29	235	364	500	627	4 268
Tampere	734	682	624	421	299	29	6	39	211	382	537	672	4 902
Lahti	737	686	625	428	272	28	8	38	225	394	535	674	4 922
Vantaa	732	687	620	446	245	33	9	47	221	397	536	687	4 988
Lappeenranta	771	702	624	429	277	26	6	34	204	404	548	692	4 822
Kuopio	820	748	697	489	213	34	8	49	216	415	579	742	4 943
Jyväskylä	789	727	690	484	217	43	13	63	281	427	576	726	4 949
Jamensu	827	762	670	478	222	43	12	68	237	424	598	739	6 227
Oulu	829	748	674	464	283	49	11	62	245	442	606	798	5 170
Kajaani	867	793	695	502	280	59	21	82	266	460	630	796	5 420
Sodankylä	965	840	793	570	398	113	66	150	330	546	742	911	6 337
Yhteis	847	823	792	575	387	153	76	157	328	545	744	894	6 385

Normittavuuden 1971-2000 lämmitystarvelukua ja vastaavat kausittaiset lämmitystarveluut vertailupäikkäkkäällä.

Jos vertast omaan rakennuksen energiankulutusta eri ajankohdilla, niin otavalla tavalla kaava 1 kytäytännön tällöin.

Jos halutaan verrata eri puolilla Suomen alvein rakennusten kulutuksia, normita so Jyväskylään, kaava 2.

Jos halutaan verrata saman alueen rakennusten kulutuksia, normita so vertailupäikkäkkäällä, kaava 3.

Jos kyitäytän on rakennuksen rakennusmaastajatehtävään laskema kiinteistökohtainen lämmitystarvelukua, voidaan kaavan 4 avulla laskua paikkakunnan normaali vuoden lämmitystarvelukua. Tällöin rakennuksen kulutukset saadaan normittettua tarkimmin kaavan 5 avulla.

Energiankulutuksen normitus Jyväskylään

Rakennuksen normittettu energiankulutus valtakunnalliseen vertailupäikkäkkäällä Jyväskylään saadaan vuosittain kuukausittaisella seuraavasti:

$$\text{Kaava 2} \quad Q_{\text{norm}} = K_c \cdot (S_{\text{norm}} / S_{\text{normi}}) \cdot Q_{\text{normi}} + Q_{\text{normi}} \cdot Q_{\text{normi}}$$

K_c paikkakunta-kohtainen korjauskerroin Jyväskylään, joka lähtee arvostaan taakasta S_{normi} normaali vuoden tilin kauden (1971-2000) lämmitystarvelukua vertailupäikkäkkäällä S_{normi} normaali vuoden tilin kauden (1971-2000) lämmitystarvelukua vuosi- tai kuukausittaisella vertailupäikkäkkäällä.
Q_{normi} normittamaton lämmitysenergiankulutus vuosi- tai kuukausittaisella vertailupäikkäkkäällä.
Q_{normi} normittamaton lämmitysenergiankulutus vuosi- tai kuukausittaisella vertailupäikkäkkäällä.

Kun kulutukset normittetaan valtakunnalliseen vertailupäikkäkkäällä Jyväskylään, voidaan esim. eri puolilla maata sijaitsevien rakennusten lämmitysenergian ominaiskuluksia verrata toisiinsa.

Energiankulutuksen normitus vertailupäikkäkkäällä

Rakennuksen normittettu energiankulutus oman alueen vertailupäikkäkkäällä saadaan vuosittain kuukausittaisella seuraavasti:

$$\text{Kaava 3} \quad Q_{\text{norm}} = K_c \cdot (S_{\text{norm}} / S_{\text{normi}}) \cdot Q_{\text{normi}} + Q_{\text{normi}} \cdot Q_{\text{normi}}$$

K_c paikkakunta-kohtainen korjauskerroin vertailupäikkäkkäällä, joka lähtee arvostaan taakasta.
S_{normi} normittamaton lämmitysenergiankulutus vuosi- tai kuukausittaisella vertailupäikkäkkäällä.
Q_{normi} normittamaton lämmitysenergiankulutus vuosi- tai kuukausittaisella vertailupäikkäkkäällä.
S_{normi} normittamaton lämmitysenergiankulutus vuosi- tai kuukausittaisella vertailupäikkäkkäällä.

Energiankulutuksen normitus omalle paikkakunnalle

Jos kyitäytän on rakennuksen rakennusmaastajatehtävään laskema kiinteistökohtainen toteutunut lämmitystarvelukua, niin kaavan 4 avulla voidaan mitata rakennuksen ajaintaikkakunnan normaali vuoden lämmitystarvelukua.
Kunsa normaali vuoden tilin -vuoden S_{normi} lämmitystarvelukua saadaan kertomalla k_c ja vertailupäikkäkkäällä normaali vuorokauden tilin -vuoden lämmitystarveluvun avulla. Tämän jälkeen rakennuksen kulutus saadaan tarkimmin normittettua kaavan 5 avulla.

$$\text{Kaava 4} \quad S_{\text{normi}} = S_{\text{normi}} / K_c$$

$$\text{Kaava 5} \quad Q_{\text{norm}} = S_{\text{normi}} / S_{\text{normi}} \cdot Q_{\text{normi}} + Q_{\text{normi}} \cdot Q_{\text{normi}}$$

S_{normi} kunnan normaali vuoden lämmitystarvelukua kaavalla 4.
S_{normi} rakennusmaastajatehtävään laskema kiinteistökohtainen lämmitysenergiankulutus k_c kunnassa.
Q_{normi} normittamaton lämmitysenergiankulutus vuosi- tai kuukausittaisella vertailupäikkäkkäällä.

Normitus peruskavalla

Kun verrataan saman rakennuksen energiankulutusta eri ajankohdilla, rakennuksen normittettu vuosikuluus S_{normi} saadaan kaavalla 1

$$Q_{\text{normi}} = S_{\text{normi}} / S_{\text{normi}} \cdot Q_{\text{normi}} + Q_{\text{normi}} \cdot Q_{\text{normi}} = (6337 / 5910) \cdot (680 - 238) \text{ MWh} + 238 \text{ MWh} = 712 \text{ MWh}$$

Rakennuksen ominaiskulutus (lämpöteho) on 59,3 kWh/m²

Normitus Jyväskylään

Rakennuksen normittettu vuosikuluus Suomen vertailupäikkäkkäällä Jyväskylään saadaan kaavalla 2

$$Q_{\text{normi}} = K_c \cdot (S_{\text{normi}} / S_{\text{normi}}) \cdot Q_{\text{normi}} + Q_{\text{normi}} \cdot Q_{\text{normi}} = 0,85 \cdot (6337 / 5910) \cdot (680 - 238) \text{ MWh} + 238 \text{ MWh} = 641 \text{ MWh}$$

Rakennuksen ominaiskulutus (lämpöteho) on 53,4 kWh/m²

Normitus vertailupäikkäkkäällä

Rakennuksen normittettu vuosikuluus Sodankylään saadaan kaavalla 3

$$Q_{\text{normi}} = K_c \cdot (S_{\text{normi}} / S_{\text{normi}}) \cdot Q_{\text{normi}} + Q_{\text{normi}} \cdot Q_{\text{normi}} = 1,09 \cdot (6337 / 5910) \cdot (680 - 238) \text{ MWh} + 238 \text{ MWh} = 755 \text{ MWh}$$

Rakennuksen ominaiskulutus (lämpöteho) on 62,9 kWh/m²

Esimerkki 2

Mysäntien sijaitseva rakennus on rakennusmaastajatehtävään laskema kiinteistökohtainen toteutunut lämmitystarvelukua vuonna 2004 lämmitysenergiankulutus 4005. Rakennuksen tilavuus on 2100 m³.

Kokonaislämmitysenergiankulutus on 85 MWh, jota lämpötilan käyttöveden osuus on 35 % (29,7 MWh).

Esitteen etusivulta saadaan:

Mysäntien vertailupäikkäkkäältä on Turku, jonka normaali vuoden 1971-2000 lämmitystarvelukua S_{17,normaali} on 4 115.

Normitus omalle paikkakunnalle

Koska tiedossa on rakennusmaastajatehtävään laskema kiinteistökohtainen toteutunut lämmitysenergiankulutus, voidaan energiankulutuksen normitus tehdä kaavan 5 avulla. Mysäntien normaali vuoden lämmitysenergiankulutus saadaan kaavalla 4

$$S_{\text{normi}} = S_{\text{normi}} / K_c = 4 \text{ 115} / 0,97 = 4 \text{ 243}$$

Rakennuksen vuoden 2004 energiankulutus saadaan näin normittamiseksi tarkimmin kaavalla 5

$$Q_{\text{normi}} = S_{\text{normi}} / S_{\text{normi}} \cdot Q_{\text{normi}} + Q_{\text{normi}} \cdot Q_{\text{normi}} = 4 \text{ 243} / 4 \text{ 005} \cdot (85 - 29,7) \text{ MWh} + 29,7 \text{ MWh} = 68 \text{ MWh}$$

Rakennuksen arvioitu kulutus (lämpöteho) on 42,0 kWh/m²

Lisätietoja

- Toteutuneet vertailupäikkäkkäällä lämmitystarveluut saa joko kuukausittain tai vuosittain so Ilmatieteen laitoksen
- Matkusteluunumerosta 0600-06001, hinta 3,01 e/min + pvm
- rakennus- ja kiinteistöalan fakspalvelunumerosta 0800-16211, hinta 5,01 e / faksi-ilhetys.

Fakspalvelussa seurantaluvut saa myös viikkotasoisesti.

Verkkopalvelu, Aki, Tammelin Bengt ja Sarkkila, Seppo. Tilastojen lämmitystarvelukujen Suomeen 1971-2000. Ilmatieteen laitos, Ilmatieteenlaitos Suomessa 2004-2. ISSN 1458-4538. 32 s.

www.motiva.fi/kulutuksennormitus

Normittamisesta on saatavissa lisätietoja Ilmatieteen laitoksen sivustalla: www.motiva.fi/kulutuksennormitus tai puhelimitse numerosta 0600-06001. Ilmatieteen laitos, Ilmatieteenlaitos Suomessa 2004-2. ISSN 1458-4538. 32 s.

8.2 BAC efficiency factor for thermal energy $f_{BAC,HC}$

The BAC efficiency factors in Table 8 and Table 9 for thermal energy (heating and cooling) are classified depending on the building type and the efficiency class the BAC/TBM system is related to. The factors for efficiency class C are defined to be 1 as this class represents a standard functionality of BAC and TBM system. The use of efficiency classes B or A always leads to lower BAC efficiency factors, i.e. an improvement of building performance.

Table 8 — BAC/TBM Efficiency factors $f_{BAC,HC}$ – Non-residential buildings

Non-residential building types	BAC efficiency factors $f_{BAC,HC}$			
	D	C (Reference)	B	A
	Non energy efficient	Standard	Advanced	High energy performance
Offices	1,51	1	0,80	0,70
Lecture hall	1,24	1	0,75	0,5 ^a
Education buildings (schools)	1,20	1	0,88	0,80
Hospitals	1,31	1	0,91	0,86
Hotels	1,31	1	0,85	0,68
Restaurants	1,23	1	0,77	0,68
Wholesale and retail trade service buildings	1,56	1	0,73	0,6 ^a
Other types: - sport facilities - storage - industrial buildings - etc.		1		
^a These values highly depend on heating / cooling demand for ventilation).				

Table 9 — BACS/TBM efficiency factors $f_{BAC,HC}$ – Residential buildings

Residential building types	BAC efficiency factors $f_{BAC,HC}$			
	D	C (Reference)	B	A
	Non energy efficient	Standard	Advanced	High energy performance
Single family houses Apartment block Other residential buildings or similar residential buildings	1,10	1	0,88	0,81

8.3 BAC efficiency factor for electric energy $f_{BAC,el}$

Electric energy in this context means lighting energy and electric energy required for auxiliary devices as defined in Table 7 but not electric energy for the equipment. The BAC efficiency factors in Table 10 and Table 11 for electric energy (i.e. lighting energy and electric energy required for auxiliary devices but not electric energy for the equipment) are classified depending on the building type and the efficiency class the BAC/TBM system is related to. The factors for efficiency class C are defined to be 1 as this class represents a standard functionality of BAC and TBM system. The use of efficiency classes B or A always leads to lower BAC efficiency factors, i.e. an improvement of building performance.

Table 10 — BAC/TBM Efficiency factors $f_{BAC,el}$ – Non-residential buildings

Non-residential building types	BAC efficiency factors $f_{BAC,el}$			
	D	C (Reference)	B	A
	Non energy efficient	Standard	Advanced	High energy performance
Offices	1,10	1	0,93	0,87
Lecture hall	1,06	1	0,94	0,89
Education buildings (schools)	1,07	1	0,93	0,86
Hospitals	1,05	1	0,98	0,96
Hotels	1,07	1	0,95	0,90
Restaurants	1,04	1	0,96	0,92
Wholesale and retail trade service	1,08	1	0,95	0,91
Other types: - sport facilities - storage - industrial buildings - etc.		1		

Table 11 — BACS/TBM efficiency factors $f_{BAC,el}$ – Residential buildings

Residential building types	BAC efficiency factors $f_{BAC,e}$			
	D	C (Reference)	B	A
	Non energy efficient	Standard	Advanced	High energy performance
Single family houses Multi family houses Apartment block Other residential buildings or similar residential buildings	1,08	1	0,93	0,92