
ENERGIANSÄÄSTÖPOTENTIALI RAUTAVAARAN KUNNAN KIINTEISTÖKANNASSA

Joni Torvinen

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto



Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Joni Torvinen	
Työn nimi Energiansäästöpotentiaali Rautavaaran kunnan kiinteistökannassa	
Päiväys 4.3.2011	Sivumäärä/Liitteet 59/3
Ohjaaja(t) Diplomi-insinööri Risto Rissanen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Erikoistutkija Kari Nissinen (VTT)	
Tiivistelmä <p>Tässä opinnäytetyössä tutkittiin Rautavaaran kunnan kiinteistökannan lämmön-, sähkön- ja vedenkulutusta vuosien 2006 ja 2008 väliseltä ajalta. Tavoitteena oli selvittää, ovatko kiinteistöjen kulutukset liian suuria, ja laskea tarvittaessa kiinteistöille säästöpotentiaali ja esittää keinoja lämmitys- ja sähköenergian- sekä vedenkulutuksen säästämiseksi. Lisäksi perehdyttiin kunnan kiinteistöautomaation tasoon ja keinoihin parantaa sitä.</p> <p>Kiinteistöjen toteutuneita ominaiskulutuksia verrattiin useisiin eri vertailukohteisiin, muun muassa itse laskettuihin tavoitekulutuksiin. Mikäli kulutukset olivat liian suuria, laskettiin kyseisille kiinteistöille lämmönkulutuksen säästöpotentiaali tietyillä säästötoimenpiteillä. Näiden säästötoimenpiteiden aiheuttamat kustannukset laskettiin, jolloin saatiin selville kannattavimmat toimenpiteet lämmitysenergian säästämiseksi. Lisäksi esitettiin toimenpiteitä, joilla voidaan säästää sähkön- ja vedenkulutuksissa.</p> <p>Kiinteistöautomaation tason parantamiseksi tutustuttiin erään toisen kaupungin järjestelmään ja alan kirjallisuuteen. Tuloksena voitiin esittää alustavia toimenpiteitä automaatioasteen parantamiseksi.</p> <p>Työn avulla selvitettiin Rautavaaran kunnan kiinteistökannasta ne kiinteistöt, joissa säästöpotentiaalia on, sekä keinot, joilla säästöjä kannattaa alkaa tavoitella. Myös kiinteistöautomaatioasteen parantamiseksi saatiin selville alustavat toimenpide-ehdotukset, joita voi kehittää haluttuun suuntaan.</p>	
Avainsanat lämpö, sähkö, vesi, energiankulutus, energiansäästö	
Luottamuksellisuus julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Joni Torvinen			
Title of Thesis Energy Saving Potential in the Buildings Owned by the Municipality of Rautavaara			
Date	4 March 2011	Pages/Appendices	59/3
Supervisor(s) Mr Risto Rissanen, Master of Science in Technology			
Project/Partners Mr Kari Nissinen, Special Researcher (VTT)			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to find out if there was any energy saving potential in the buildings that are owned by the municipality of Rautavaara, and then to find the best ways to save energy in these buildings. Another part of this thesis was to find ways to improve the state of automation in these buildings.</p> <p>Finding out the energy saving potential was done by calculating the ideal consumption of heat, electricity and water for the buildings involved in this study, and then by comparing the actual consumptions of the buildings to these ideal consumptions. The actual consumptions were also compared to some reference consumptions. After the comparisons energy saving potentials were calculated for those buildings that according to the comparisons had some energy saving potential. Also the expenses of different energy saving methods were calculated.</p> <p>The result of all these calculations was information about the buildings that have energy saving potential and also information about energy saving methods which will offer the highest savings in energy consumption at the lowest price. Also the ways to improve the state of automation in the buildings were found out.</p>			
Keywords heat, electricity, water, energy consumption, energy saving			
Publicity public			

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Teknologian Tutkimuskeskuksen VTT kanssa Rautavaaran kunnalle. Työ vaati paljon tutustumista rakennusten energiankulutuksen muodostumiseen ja laskentaan. Tämän vuoksi työ tarjosi paljon haasteita. Iso kiitos työn valmistumisesta kuuluukin VTT:n erikoistutkija Kari Nissiselle, jonka neuvoista oli paljon apua työtä tehdessä. Savonia-ammattikorkeakoulusta kiitän työn ohjaajaa diplomi-insinööri Risto Rissasta. Haluaisin kiittää myös Rautavaaran kunnan edustajaa Heikki Koskeloa ja VTT:n toista edustajaa erikoistutkija Timo Kauppista. Lopuksi vielä erityiskiitos kihlatulle tuesta ja ymmärryksestä.

Kuopiossa 4.3.2011

Joni Torvinen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
1.1	Rautavaaran kunta	8
1.2	Työn tavoitteet	8
2	RAKENNUSTEN ENERGIANKULUTUKSEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	9
2.1	Lämmönkulutus	9
2.1.1	Rakennuksen tilojen vaatima lämmitysenergia	9
2.1.2	Lämpimän käyttöveden vaatima lämmitysenergia	10
2.2	Sähkönkulutus	10
2.3	Vedenkulutus	11
2.4	Tyypillisiä säästötoimenpiteitä	11
3	TUTKIMUSKOHTEET	13
3.1	Lämmönkulutukset	14
3.2	Sähkönkulutukset	16
3.3	Vedenkulutukset	18
4	VERTAILU	19
4.1	Vertailuaineistot	19
4.1.1	Tilastollinen vertailuaineisto	19
4.1.2	Laskennallinen vertailuaineisto	19
4.2	Vertailun suorittaminen	21
4.3	Vertailun tulokset	22
5	SÄÄSTÖPOTENTIAALI KIIINTEISTÖISSÄ	23
5.1	Lämmönsäästöpotentiaalin laskenta	23
5.1.1	Motivan laskuri	23
5.1.2	Itse laadittu laskentataulukko	26
5.1.3	Muu laskenta	27
5.2	Lämmönsäästöpotentiaali valituissa kiinteistöissä	27
5.3	Sähkönsäästö	36
5.4	Vedensäätö	37
5.5	Lämmönsäästötoimenpiteiden kustannukset	38
6	KIIINTEISTÖAUTOMAATIO	44
6.1	Kiinteistöautomaation käyttö	44
6.2	Kiinteistöautomaatiojärjestelmien rakenne	44
6.2.1	Järjestelmätyypit	44
6.2.2	Järjestelmän osat	46
6.3	LonWorks-väylätekniikka	49
6.4	Kiinteistöautomaatio Rautavaaran kunnan kiinteistöissä	53
7	YHTEENVETO	55

LIITTEET

Liite 1 Toteutuneet lämmönkulutukset

Liite 2 Toteutuneet sähkönkulutukset

Liite 3 Toteutuneet vedenkulutukset

1 JOHDANTO

1.1 Rautavaaran kunta

Rautavaara on Itä-Suomen lääniin kuuluva kunta, joka sijaitsee noin 100 kilometriä Kuopiosta ja 50 kilometriä Nilsiästä pohjoiseen. Kunta on perustettu 12. syyskuuta vuonna 1874, jolloin se virallisesti erosi Nurmeksesta. Asutusta Rautavaaralla on ollut kuitenkin jo 1600-luvun alusta saakka. (Rautavaara.)

Asukkaita Rautavaaralla ja siihen kuuluvissa Kangaslahden, Suojärven ja Ylä-Luostan ympäryskylissä on noin 2000. Pääelinkeinoina tässä luonnonläheisessä kunnassa ovat metsä- ja maatalous. Pinta-alaa Rautavaaran kunnalla on noin 1200 km^2 . Kunnan kiinteistökanta muodostuu pääasiassa koulu- ja palvelurakennuksista sekä vuokra-asunnoista. (Rautavaara.)

1.2 Työn tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on perehtyä Rautavaaran kunnan kiinteistöjen lämmön-, sähkön- ja vedenkulutukseen. Työssä tutkitaan toteutunutta energiankulutusta kiinteistökohtaisesti vuosien 2006 - 2008 ajalta ja verrataan sitä eri lähteistä koottuihin vertailulukuihin. Lisäksi vertaillaan jokaisen kiinteistön laskennalliseen energiankulutukseen. Laskennallinen energiankulutus eri kiinteistöille lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 ohjeiden mukaan. Työ on osa Teknologian Tutkimuskeskuksen VTT (entinen Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus) ENEFIR-projektia.

Opinnäytetyössä perehdytään myös eri menetelmiin, joilla rakennusten energiankulutusta saadaan pienennettyä ja energiatehokkuutta parannettua. Niille kiinteistöille, joiden energiankulutuksessa on parannettavaa, lasketaan myös korjatut kulutukset soveltaen näiden eri korjaustoimenpiteiden tarjoamia mahdollisia säästöjä. Näiden laskelmien pohjalta laaditaan myös suositukset erilaisista energiansäästömenetelmistä eri kiinteistöille.

Työssä perehdytään lisäksi kiinteistöautomaatioon ja siihen, kuinka sitä voitaisiin hyödyntää Rautavaaran kunnan kiinteistökannassa.

2 RAKENNUSTEN ENERGIANKULUTUKSEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D5 on esitetty varsin kattavasti, mistä tekijöistä rakennusten lämmön-, sähkön- ja vedenkulutus muodostuvat. Seuraavassa esitellään näiden kulutusten muodostumista.

2.1 Lämmönkulutus

Rakennusten lämmitysenergian tarve määräytyy rakennuksen tilojen vaatiman lämmitysenergian sekä lämpimän käyttöveden vaatiman lämmitysenergian perusteella (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta).

2.1.1 Rakennuksen tilojen vaatima lämmitysenergia

Rakennuksen tilojen vaatima lämmitysenergia koostuu seuraavista tekijöistä

- 1) rakenteiden johtumishäviöihin kuluva energia
- 2) vuotoilman lämmitykseen kuluva energia
- 3) ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia
- 4) rakennuksen lämmitysjärjestelmän häviöihin menevä energia
- 5) sisäisistä lämpökuormista (ihmiset, valaistus jne.) saatava lämpöenergia.

Rakenteiden johtumishäviöt muodostuvat rakennuksen ulkoseinien, ylä- ja alapohjan sekä ikkunoiden ja ovien läpi tapahtuvista lämpöhäviöistä. Näihin rakennuksen eri osien läpi tapahtuviin häviöihin vaikuttaa kyseisten osien pinta-alat ja rakenteelliset ominaisuudet, tarkemmin sanottuna rakenteiden lämmönläpäisykertoimet. Lisäksi johtumishäviöiden suuruuteen vaikuttaa ulkoilman lämpötila eli rakennuksen maantieteellinen sijainti. (YmpMa rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta.)

Vuotoilman lämmitykseen kuluvaan energiaan vaikuttavat rakennuksen tiiviys eli ilmapitävyys, tilavuus ja ulkolämpötila (YmpMa rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta).

Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia riippuu ilmanvaihdon vuorokautisesta ja viikoittaisesta käyntiaikasuhteesta, ulkolämpötilasta, poistoilmavirrasta ja mahdollisen lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhteesta (YmpMa rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta).

Rakennuksen lämmitysjärjestelmän häviöt puolestaan muodostuvat koko lämmitys­järjestelmän kehitys-, jakelu-, luovutus-, säätö- ja varaajahäviöistä (YmpMa rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta).

Sisäisistä lämpökuormista saadaan lämpöenergiaa, joka täytyy myös ottaa huomioon lämmitysenergian kulutuksessa (tämä siis pienentää lämmitysenergiantarvetta). Sisäistä lämpökuormaa ja lämmitysenergiaa saadaan rakennuksen tilojen lämmitys­järjestelmän häviöistä, lämpimästä käyttövedestä ja sen lämmitys­järjestelmästä, valais­tuksesta, sähkölaitteista, ilmanvaihtojärjestelmästä sekä ihmisistä. (YmpMa rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta.)

2.1.2 Lämpimän käyttöveden vaatima lämmitysenergia

Lämpimän käyttöveden vaatima lämmitysenergia koostuu

- 1) käytetyn lämpimän veden lämmitysenergiasta
- 2) käyttöveden lämmitys­järjestelmän häviöihin menevästä energiasta.

Käytetyn lämpimän veden tarvitsemaan lämmitysenergiaan vaikuttaa eniten se, kuinka paljon lämmintä vettä käytetään. Lisäksi siihen vaikuttavat kylmän ja lämpimän käyttöveden lämpötilat.

Käyttöveden lämmitys­järjestelmän häviöt syntyvät käyttöveden lämmittämiseen käytettävissä lämmönkehityslaitteissa, varaajissa sekä järjestelmän kiertojohdoissa. Hieman näistä häviöistä saadaan rakennukseen sisäisenä lämpökuormana. (YmpMa rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta.)

2.2 Sähkönkulutus

Kiinteistöjen sähköenergiankulutus muodostuu myös useista tekijöistä, jotka voidaan jakaa useisiin tekijöihin samoin kuin lämmitysenergiankulutukseen vaikuttavat tekijät­kin. Sähköenergiankulutuksen perustan muodostavat sähkölaitteiden vaatima sähkö­energia, lämmitykseen käytettävä sähköenergia sekä mahdollinen jäähdytyksen käyt-

tämä sähköenergia. (YmpMa rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta.)

Läheskään kaikissa rakennuksissa ei ole käytössä erillistä jäähdytysjärjestelmää, joten jäähdytykseen käytetty sähköenergian määrä on yleensä hyvin pieni. Lämmitykseen käytettävä sähköenergia puolestaan riippuu täysin kyseessä olevan kiinteistön lämmitysmuodosta (esimerkiksi alue- tai kaukolämpö tai sähkölämmitys).

Laitteiden sähkönkulutus vaihtelee siis eniten eri kiinteistöjen välillä ja vaikuttaa eniten kiinteistöjen sähkönkulutukseen. Laitteiden sähkönkulutus voidaan vielä jakaa kiinteistön valaistuksen, ilmanvaihdon ja muiden laitteiden, kuten tietokoneiden, sähkönkulutukseen. Edellä mainittujen suuruus riippuu paljon kiinteistön käyttötarkoituksesta (onko kyseessä toimistorakennus, liiketila, asuinrakennus jne.), koska eri kiinteistöissä on erilaiset laitteet ja eri käyttäjät. (YmpMa rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta.)

2.3 Vedenkulutus

Vedenkulutus kiinteistössä huomioidaan jo lämmitysenergiankulutusta tutkittaessa, koska käyttöveden lämmittäminen vaatii lämmitysenergiaa. Vedenkulutuksen suuruuteen vaikuttavia syitä on kuitenkin syytä tutkia tarkemmin. Kunkin kiinteistön vedenkulutus riippuu lähes täysin kiinteistön käyttötarkoituksesta sekä kiinteistöä käyttävien vedenkäyttötottumuksista. Pieni vaikutus vedenkulutukseen on myös kylpyhuoneyms. kalusteilla. (YmpMa rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta.)

2.4 Tyypillisiä säästötoimenpiteitä

Rakennusten energian- ja vedenkulutuksen pienentämiseksi löytyy keinoja useista lähteistä. Lisäksi on saatavilla erilaisia laskureita, joilla eri toimenpiteillä saavutettavat säästöt voidaan laskea. Tässä työssä perehdyttiin yleisimpiin säästötoimenpiteisiin ja niiden tarjoamiin säästömahdollisuuksiin.

Säästötoimet voidaan jakaa käyttötekniisiin toimenpiteisiin sekä investointeihin. Alettaessa pohtia rakennukselle energiansäästötoimenpiteitä, tutkitaan ensin käyttötekniiset toimenpiteet, joiden jälkeen kannattaa miettiä investointeja. Ennen kuin investoin-

teja kiinteistössä tehdään, on kuitenkin syytä suorittaa tarkempi energiataloudellinen analyysi kohdekiinteistössä, eli siis tutkia, mikä energiataloudessa on vikana ja mitä tehtävällä investoinnilla voidaan saavuttaa. (Kanerva & Lappalainen 1980, 117.)

Käyttöteknisillä toimenpiteillä tarkoitetaan niitä toimenpiteitä, joita varten ei tarvitse tehdä laiteinvestointeja. Niitä voidaan yleensä suorittaa huollon yhteydessä, mutta jotkin niistä saattavat vaatia esimerkiksi laitteiston kuluosan osan vaihtamista. Tyypillisiä ja merkittävimpiä käyttötekniisiä toimenpiteitä ovat ilmanvaihdon käyntiaikojen ja ilmamäärien säätäminen, lämmitysverkoston perussäätö, valaistuksen ohjaus, sisälämpötilan pudottaminen kiinteistön käyttöaikana ja käyttöajan ulkopuolella, käyttöveden paineen alentaminen sekä ikkunoiden ja ovien tiivistäminen. (Korjaustieto, Käyttötekniset toimenpiteet; Rakennushallitus 1981, 9 - 10.)

Kun käyttötekniset toimenpiteet on tutkittu, jäävät jäljelle siis investoinnit, jotka voidaan vielä jakaa pienempiin ja suurempiin investointeihin. Pieniksi investoinneiksi voidaan laskea mm. ylä- ja alapohjan sekä ulkoseinien lisäeristämiset ja ikkunoiden ja ovien vaihdot. Suuremmat investoinnit liittyvät yleensä ilmanvaihtojärjestelmään tehtäviin parannuksiin, esimerkkinä lämmöntalteenoton lisääminen järjestelmään. Lisäksi kiinteistön lämmitysjärjestelmään voidaan tehdä muutoksia, kuten asentaa ilma- tai maalämpöpumppu tai liittää kiinteistö kaukolämmitysverkostoon. (Kanerva & Lappalainen 1980, 116 - 117; Korjaustieto, Käyttötekniset toimenpiteet; Rakennushallitus 1981, 10.)

Suunniteltaessa ja toteutettaessa näitä energiansäästötoimenpiteitä on tärkeää muistaa myös ottaa huomioon kiinteistöjen sisäilman laatu ja siitä annetut määräykset. Aina kiinteistöihin tehtävillä parannuksilla ei välttämättä haetakaan (pelkästään) energiansäästöä, vaan asumismukavuuden parannusta. (Kanerva & Lappalainen 1980, 116 - 117; Korjaustieto, Käyttötekniset toimenpiteet; Rakennushallitus 1981, 9.)

3 TUTKIMUSKOHEET

Tässä työssä tutkitaan 23:a Rautavaaran kunnan omistamaa kiinteistöä tai kiinteistökokonaisuutta, esimerkiksi joitain rivitaloryhmiä käsitellään kokonaisuutena. Tutkittavat kiinteistöt ovat pääasiassa 1970- ja 1980-luvuilta, mutta myös uudempia ja vanhempia rakennuksia on mukana. Kiinteistöjen tilavuus on yhteensä 90 459 m³ ja bruttopinta-ala 27 316 brm². Tutkittava kiinteistökanta koostuu rivi- ja kerrostaloista, muutamasta omakotitalosta ja paritalosta, paloasemista, oppilaitoksista, terveydenhoitorakennuksista, monitoimihallista, kirjastosta, varstorakennuksesta ja toimistorakennuksesta. Suurin osa tutkimuskohteista kuuluu aluelämmityksen piiriin, mutta kaksi kiinteistöistä on öljy- ja kaksi sähkölämmitteisiä. Nämä tutkittavan kiinteistökan- nan ominaisuudet on taulukoitu (TAULUKKO 1).

TAULUKKO 1. Tutkittava kiinteistökanta

Tunnus	Rakennustyyppi	Rakennus- vuosi	Lämmitys- muoto	Tilavuus (m ³)	Bruttoala (brm ²)
Rautaharju 1 & 2	Kerrostalo	1975	Aluelämpö	10 020	2 242
Kivikumpu	Rivitalo	1978	Aluelämpö	1 024	350
Kotitien rivitalot	Rivitalo	1976	Aluelämpö	1 814	670
Vanha paloasema	Liike-/asuinrak.	1950	Aluelämpö	850	236
Rautarinne	Rivitalo	1951	Aluelämpö	1 000	333
Oppilasasuntola	Kerrostalo	1965	Aluelämpö	4 900	1 057
Yläasteen opettaja-asuntola	Kerrostalo	1965	Aluelämpö	3 000	770
Yläasteen paja	Oppilaitos/työpaja	1991	Aluelämpö	1 740	580
Vanhainkoti	Vanhainkoti	1991	Aluelämpö	3 030	1 010
Terveyskeskus	Terveyskeskus	1991	Aluelämpö	6 630	2 213
Monitoimitalo	Monitoimihalli	1988	Aluelämpö	12 000	4 000
Yläaste ja lukio	Oppilaitos	1991	Aluelämpö	8 105	2 670
Ensola	Rivitalo	1978	Aluelämpö	1 440	480
Ala-aste	Oppilaitos	1954	Aluelämpö	8 380	2 840
Kirjasto	Kirjasto	1976	Aluelämpö	2 335	778
Rautala	2-kerr. omakotitalo	1958	Öljy	540	170
Teknisen toimen varasto	Varasto	1987	Sähkö	805	217
Suojala 1 & 2	2-kerr. omakotitalo	-	Sähkö	366	122
Kiviharju	Rivitalo	1998	Aluelämpö	840	260
Uusi paloasema	Paloasema	1980	Öljy	3 480	611
Virastotalo	Toimistorakennus	1990	Aluelämpö	13 890	4 630
Mäntylä 1 & 2	Rivitalo	1978	Aluelämpö	3 200	1 107
Palola	1-kerr. paritalo	1962	Aluelämpö	1 070	240

3.1 Lämmönkulutukset

Tutkimuksen kohteista lämmitysenergiankulutustiedot saatiin 15 kiinteistöstä vuosilta 2005 – 2008, sekä kuudesta vuodelta 2009. Kolmen kiinteistön lämmitysenergiankulutustietoja ei saatu.

Saatuja lämmönkulutuslukemia ei voida suoraan verrata eri lähteistä hankittuihin vertailuarvoihin, vaan ne täytyy ”normalisoida” eli sääkorjata samoihin olosuhteisiin kuin valitut vertailuarvot. Sääkorjauksen suorittamiseen on muutamia, hieman toisistaan poikkeavia ohjeita. Tässä työssä sääkorjaus suoritettiin käyttäen samaa menetelmää kuin Kuntaliiton tilastoinnissa. (Ruokojoki 2009; Motiva Oy, Kulutuksen normitus.)

Saadut lämmönkulutustiedot oli jo valmiiksi normalisoitu Kuopion tasoon kaukolämmön-toimittajan puolesta, joten ensin täytyi selvittää, kuinka ko. toimittaja suorittaa normalisoinnin ja siten laskea kiinteistöjen **normalisoimattomat kulutukset**. Lämmön-toimittajan normalisointitapa selvitettiin puhelinhaastattelulla. Kun kyseinen normalisointitapa oli selvitetty, laskettiin normalisoimattomat kulutukset kaavalla

$$Q_{tod.} = \frac{S_{vpkunta}}{S_{Nvpkunta}} * (Q_{norm.} - Q_{lkv}) + Q_{lkv} \quad (3.1)$$

jossa

$S_{vpkunta}$ on vertailupaikkakunnan (Kuopio) toteutunut lämmitystarveluku vuositasolla.

$S_{Nvpkunta}$ on vertailupaikkakunnan normaalivuoden lämmitystarveluku.

$Q_{norm.}$ on kiinteistön normalisoitu lämmönkulutus.

Q_{lkv} on kiinteistön lämpimän käyttöveden vaatima lämmitysenergia. (Motiva Oy, Kulutuksen normitus.)

Tämän jälkeen voitiin normalisoida kiinteistöjen lämmönkulutukset Kuntaliiton menetelmän mukaisesti. Kyseisen menetelmän mukaan lämmönkulutukset normalisoidaan Jyväskylän ja normaalivuoden 1961–1990 tasoon kertomalla jokaisen tarkasteltavan vuoden normalisoimattomat kulutukset $Q_{tod.}$ normalisointikertoimella. Normalisointikerroin riippuu tarkasteltavasta kiinteistöstä siten, että julkisille rakennuksille normalisointikerroin lasketaan kaavalla

$$\frac{S_{NJkl}}{S_{vpkunta}} * 0,8 + 0,2 \quad (3.2)$$

ja asuinrakennuksille kaavalla

$$\frac{S_{NJkl}}{S_{vpkunta}} * 0,7 + 0,3 \quad (3.3)$$

Edellä mainituissa kaavoissa

S_{NJkl} on Jyväskylän normaalivuoden lämmitystarveluku ja

$S_{vpkunta}$ on vertailupaikkakunnan vuosikohtainen lämmitystarveluku. (Ruokojoki 2009.)

Laskennassa tarvittavat lämmitystarveluvut (entiset astepäiväluvut) ovat myös eräänlaisia korjauskertoimia, joiden avulla voidaan verrata eri paikkakunnilla sijaitsevien rakennusten tai saman rakennuksen eri vuosien kulutuksia toisiinsa. Varsinaista lämmitystarvelukujen laskentaa ei tässä käydä tarkemmin läpi. Niiden käytön perustana on se, että rakennuksen lämmönkulutus on lähes täysin riippuvainen sisä- ja ulkolämpötilojen välisestä erotuksesta. Lämmitystarveluvut voidaan laskea niin vuorokausi-, kuukausi-, kuin vuositasollakin. Esimerkiksi kuukausittainen lämmitystarveluku laskeaan summaamalla halutun kuukauden päivittäisten sisä- ja ulkolämpötilojen erotus. Vuosittainen lämmitystarveluku on puolestaan kyseisen vuoden kuukausittaisten lämmitystarvelukujen summa. Normaalivuoden lämmitystarveluku on kyseisen ajanjakson (tässä siis 1961 – 1990) lämmitystarvelukujen keskiarvo. (Motiva Oy, Kulutuksen normitus.)

Kun jokaisen vuoden kulutukset saatiin sääkorjattua Jyväskylän ja normaalivuoden 1961 – 1990 tasoon, laskettiin vielä vertailua varten kiinteistökohtaiset vuosittaiset lämmön ominaiskulutukset. Ominaiskulutukset laskettiin sekä rakennustilavuutta, että bruttopinta-alaa kohti. Näin saadut ominaiskulutukset ja suhteelliset muutokset vuosittain löytyvät liitteessä 1 olevasta taulukosta. Seuraavassa taulukossa (TAULUKKO 2) on pieni otanta liitteestä 1.

TAULUKKO 2. Sääkorjatut ominaiskulutukset ja niiden suhteellinen muutos (osa liitteen 1 taulukosta)

Kiinteistö	2006		2007		Muutos vuoteen 2006 verrattuna (%)
	kWh/m ²	kWh/m ³	kWh/m ²	kWh/m ³	
Rautaharju 1 & 2	224,89	50,32	232,20	51,96	3,25 %
Kivikumpu	212,27	72,55	225,74	77,16	6,35 %
Kotitien rivitalot	181,63	67,09	188,80	69,74	3,95 %
Vanha paloasema	245,60	68,19	252,18	70,02	2,68 %
Rautarinne	154,10	51,31	129,80	43,22	-15,77 %

Joillain kiinteistöillä on havaittavissa selkeitä muutoksia lämmönkulutuksessa. Syitä näihin muutoksiin tiedusteltiin, ja kaikkiin kulutusten nousuihin ja laskuihin löytyy selitys. Seuraavassa on esitetty lyhyesti poikkeamat ja selitykset niihin

- Yläasteen opettaja-asuntolan pienentyneen lämmönkulutuksen taustalla on kiinteistössä tehty remontti, jonka takia rakennus on ollut osittain tyhjillään
- Terveyskeskuksella tehty remontti ilmeisesti aiheutti vuodesta 2007 vuoteen 2008 tippuneen lämmönkulutuksen, mutta myös pientä virhettä kulutustiedoissa epäiltiin
- Yläasteen ja lukion sekä Ala-asteen nousseiden lämmönkulutusten syyksi epäiltiin vähentyneitä oppilasmääriä
- Ensolan nousseen lämmönkulutuksen taustalla on kiinteistön noussut vuokra-aste. (Koskelo 2010.)

3.2 Sähkönkulutukset

Kaikkien kiinteistöjen sähkönkulutustiedot saatiin vuosilta 2006 – 2009. Sähkönkulutuslukemissa on muutamia huomioitavia seikkoja

- Kiviharjun rivitalossa on jokaisessa asunnossa oma kulutusmittarinsa ja lisäksi erikseen mittari ”kiinteistösähkölle”
- Oppilasasuntolassa on yhteinen mittari, jonka lukemasta menee sähköä oppilasasuntolaan 28 %, yläasteelle ja lukioon 42 %, yläasteen pajalle 17 % ja opettajien asuntolaan 13 %
- Terveyskeskuksen mittarista menee 80 % terveystalokselle ja 20 % vanhainkodille
- Kerrostalojen osalta on ilmoitettu vain ns. kiinteistösähkön kulutus. Sama pätee myös rivitaloille. (Suihkonen 2010.)

Sähkönkulutustiedoille ei normalisointia tarvitse suorittaa, vaan riittää, että lasketaan saaduista kulutuslukemista kiinteistökohtaiset ominaiskulutukset rakennustilavuutta ja bruttopinta-alaa kohti. Sähkön ominaiskulutukset ja suhteelliset muutokset vuositasona ovat liitteen 2 taulukossa. Alla pieni otanta kyseisestä liitteestä (TAULUKKO 3).

TAULUKKO 3. Sähkön ominaiskulutukset ja niiden suhteellinen muutos (osa liitteen 2 taulukkoa)

Kiinteistö	2006		2007		Muutos vuoteen 2006 verrattuna (%)
	kWh/m ²	kWh/m ³	kWh/m ²	kWh/m ³	
Rautaharju 1 & 2	16,56	3,71	17,13	3,83	3,44 %
Kivikumpu	41,62	14,23	40,62	13,88	-2,40 %
Kotitien rivitalot	33,45	12,35	35,29	13,04	5,50 %
Vanha paloasema	65,63	18,22	64,07	17,79	-2,38 %

Myös sähkönkulutuksessa on joitain huomattavia muutoksia. Jokaisessa kohteessa kulutuspoikkeamaan löytyy jälleen kuitenkin järkevä selitys. Seuraavassa on käyty lyhyesti läpi sähkönkulutuksessa esiintyneet poikkeamat ja syyt niihin

- Kotitien rivitaloihin on lisätty asuntokohtaiset ilmastoinnit, mikä on aiheuttanut sähkönkulutuksen lisääntymistä
- Oppilasasuntolan kasvaneeseen sähkönkulutukseen on syynä kiinteistöön tulut pesulayrittäjä
- Yläasteen pajan kasvanut sähkönkulutus johtuu uusista työstökoneista ja valaistuksen tehostamisesta
- Vanhainkodin ja Terveyskeskuksen sähkönkulutus oli vuonna 2006 todella vähäistä nousten sen jälkeen voimakkaasti. Syyksi tähän epäiltiin osaltaan kiinteistöihin tehtyä remonttia, mutta myös virhettä kulutustiedoissa
- Yläasteen ja lukion tiloihin tullut ATK-luokka on nostanut kyseisen kiinteistön sähkönkulutusta vuosien 2006 ja 2007 välillä noin 36 %
- Ensolan lisääntyneen sähkönkulutuksen aiheuttajana on vuokra-asteen kasvu
- Kirjaston tasaisesti laskenut sähkönkulutus aiheutui kiinteistön sähköjärjestelmän vioista ja laitteiden uusimisesta
- Rautalan pienen käytön taustalla on kiinteistön käyttötapa. Vain taksikuskit käyttävät kiinteistöä sosiaalituloinaan
- Palolassa sähkönkulutus oli vuonna 2006 nollassa. Tällöin sähkö meni toisen mittarin kautta. (Koskelo 2010.)

3.3 Vedenkulutukset

Tutkimuskohteiden vedenkulutustiedot saatiin vain vuodelta 2009 (Palolan vuodelta 2008). Työssä sovittiin kuitenkin tehtäväksi olettamus, ettei kiinteistöjen vedenkulutuksessa ole tarkastelujakson aikana tapahtunut merkittäviä muutoksia.

Myöskään vedenkulutuslukemia ei tarvitse vertailun suorittamiseksi normalisoida, koska ilmastolliset olosuhteet eivät juuri vaikuta vedenkulutukseen. Saaduista kulutuslukemista voitiin siis suoraan laskea kiinteistökohtaiset ominaiskulutukset, jotka vedenkulutukselle laskettiin vain rakennustilavuutta kohti. Koska käytettävissä oli vain yhden vuoden kulutukset, ei myöskään suhteellisia kulutusmuutoksia laskettu. Kiinteistökohtaiset veden ominaiskulutukset on taulukoitu kuten lämmön ja sähkön vastaavat. Koko taulukko on liitteessä 3 ja alla on pieni poiminta kyseisestä taulukosta (TAULUKKO 4).

TAULUKKO 4. Veden ominaiskulutukset vuosittain (osa liitteen 3 taulukkoa)

Kiinteistö	2006	2007	2008
	litraa/m ³	litraa/m ³	litraa/m ³
Rautaharju 1 & 2	265,37	265,37	265,37
Kivikumpu	633,79	633,79	633,79
Kotitien rivitalot	440,46	440,46	440,46
Vanha paloasema	374,06	374,06	374,06

Muutaman kiinteistön kohdalla vedenkulutuksen suuruus aiheutti lisäselvityksiä. Syyt poikkeamiin vedenkulutuksessa on käyty läpi seuraavassa

- Rautalan pieni kulutus aiheutuu kiinteistön vähäisestä käytöstä
- Kiinteistössä Suojala 1 & 2 on vedenkulutus melko suurta. Syyksi tähän epäiltiin puhtaasti käyttäjien kulutustottumuksia
- Palolan suuren vedenkulutuksen taustalla on lämmitysjärjestelmässä ollut vuoto. (Koskelo 2010.)

4 VERTAILU

4.1 Vertailuaineistot

4.1.1 Tilastollinen vertailuaineisto

Erityyppisten rakennusten lämmön, sähkön ja veden ominaiskulutusten vertailemiseksi löytyy paljon aineistoa useista eri lähteistä. Tässä työssä päädyttiin vertailuaineistojen tutkimisen jälkeen käyttämään vertailuun vain Suomen Kuntaliiton vuosittain laatimia, ”Kuntien omien rakennusten lämmön, sähkön ja veden kulutus”-tilastoja. Valintaan vaikutti eniten se, että muut käytettävissä olleet aineistot olivat 1970- ja 1980-luvuilta, joten erityisesti lämmön ja sähkön ominaiskulutusten vertaaminen niihin ei olisi ollut järkevää. Lämmönkulutus on noista ajoista pienentynyt huomattavasti parantuneen rakennusteknisen osaamisen myötä ja sähkönkulutus puolestaan kasvanut lisääntyneiden sähkölaitteiden johdosta.

Kuntaliiton tilastoista käy ilmi eri rakennustyyppien (rivitalo, varastorakennus, sairaala,...) vuosittaiset ominaiskulutukset rakennustilavuutta kohti laskettuna usean eri vuoden ajalta. Ominaiskulutukset on tilastoitu koko Suomen rakennuskannan keskiarvona sekä useiden eri kuntien ominaiskulutuksina. Kyseisissä tilastoissa lisäksi kerrotaan selvästi, mihin tasoon lämmönkulutukset on normalisoitu (Jyväskylä, normaalivuosi 1961 – 1990). Nämäkin tilastot eivät tarjoa täydellistä vertailukohtaa, vaan ne toimivat parhaiten suurien kulutuserojen tarkastelussa. Tilastoja laativan Jorma Ruokojoen mukaan olisikin tärkeää, että kulutuksia seurattaisiin kuntakohtaisesti ja joka kuukausi. (Ruokojoki 2009.)

Näistä Kuntaliiton jokavuotisista tilastoista valittiin vertailuaineistoksi siis eri kiinteistötyyppien ominaiskulutukset vuosilta 2006 – 2008. Nämä valitut ominaiskulutukset on laskettu koko Suomen kiinteistökannasta. (Ruokojoki 2009.)

4.1.2 Laskennallinen vertailuaineisto

Vertailua varten laskettiin myös jokaiselle kiinteistölle ohjeelliset ominaiskulutukset lämmön, sähkön ja veden osalta. Laskennan perustana käytettiin aiemmin mainitun Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 tarjoamia ohjeita. D5 opastaa yksi-

tyiskohtaisesti, kuinka erilaisten kiinteistöjen energiantarpeen laskenta suoritetaan.

Ohjeessa käydään läpi

- 1) energiankulutuksen
- 2) rakennuksen tilojen lämpöhäviöenergioiden
- 3) käyttöveden lämmitystarpeen
- 4) lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöenergioiden
- 5) laitesähkönkulutuksen
- 6) lämpökuormien ja
- 7) lämmitystehon laskenta kiinteistöille.

Ohje tarjoaa lisäksi eri kiinteistötyypeille ominaiset vedenkulutuslukemat, joita laskennassa myös hyödynnettiin. (YmpMa rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta.)

Laskentaan tarvittiin myös tietoa kiinteistöistä, joille laskenta aiottiin suorittaa. Kiinteistöistä täytyi selvittää mm. pinta-alat, lämmitysmenetelmät ja lämmön talteenottoon liittyvät asiat. Lisäksi tehtiin jonkin verran oletuksia ja yksinkertaistuksia laskennan helpottamiseksi. Esimerkiksi seinä- ja ikkunapinta-alat arvioitiin, kuten myös rakenteiden lämmönläpäisykertoimet.

Varsinaista laskentaa varten laadittiin Excel-laskentataulukko, johon syötettiin D5:n ohjeiden mukaiset laskentamenetelmät, jokaiselle kiinteistölle omalle välilehdelle. Näin pystyttiin helposti tarvittaessa muuttamaan laskennassa tarvittavia tietoja kiinteistöistä, esimerkiksi rakenteiden lämmönläpäisykertoimia.

Laaditun laskentataulukon avulla saatiin selville kunkin kiinteistön laskennalliset lämmön, sähkön ja veden ominaiskulutukset. Lisäksi saatiin laskettua kiinteistöjen laskennalliset energiatehokkuusluvut. Nämä laskentatulokset eivät kuitenkaan ole täysin tarkkoja johtuen edellä mainituista oletuksista ja yksinkertaistuksista. Ne ovat kuitenkin hyvin suuntaa antavia, joten niitäkin käytettiin vertailussa. (YmpMa rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta.)

4.2 Vertailun suorittaminen

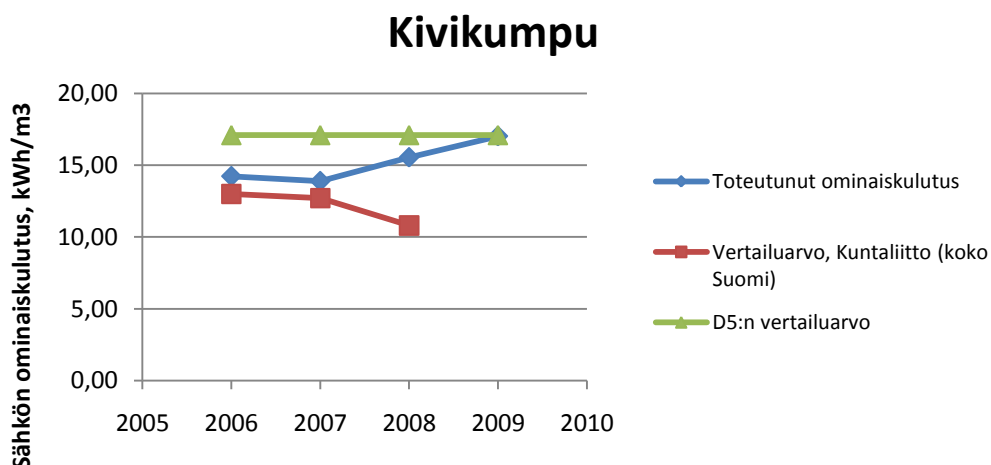
Tutkimukseen kuuluvien kiinteistöjen toteutuneita ominaiskulutuksia vuosilta 2006 – 2008 verrattiin edellä mainittuihin tilastolliseen ja laskennalliseen vertailuaineistoon.

Vertailu suoritettiin laatimalla kolme keskenään samanlaista Excel-laskentataulukkoa, lämmön-, sähkön- ja vedenkulutuksen vertailuun jokaiselle omansa. Laskentataulukoihin tehtiin jokaiselle tutkittavalle kiinteistölle oma välilehtensä, johon sijoitettiin kiinteistön toteutuneet ominaiskulutukset, tilastolliset ominaiskulutukset sekä laskennalliset ominaiskulutukset. Näitä arvoja verrattiin keskenään ja laskettiin niiden väliset erot kilowattitunteina rakennuskuutiota kohti sekä niiden välinen prosentuaalinen ero. Alla olevassa kuvassa (KUVA 1) on esimerkki kyseisistä laskentataulukoista. Kyseessä on Kivikummun rivitalon sähkön ominaiskulutuksen vertailu. Ero ominaiskulutuksissa laskettiin vain toteutuneen ominaiskulutuksen ja Kuntaliiton arvon väliltä, samoin prosentuaalinen ero.

O22									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1									
2	SÄHKÖ:								
3									
4	Kivikumpu			Lämmitettävä					
5	Rakennustyyppi	Rivitalo		Tilavuus	1 024 m3				
6	Rakennusvuosi	1978		Pinta-ala	350 m2				
7	Rakennusten lukum.	1		Bruttoala	350 brm2				
8									
9									
10	Sähkönkulutus, kWh/m3	2006	2007	2008	2009				
11	Tot. vuosikulutus, kWh	14 568	14 216	15 913	17 422	Nämä mittaustuloksiin perustuvia kulutuksia.			
12	Tot. ominaiskulutus, kWh/m3	14,23	13,88	15,54	17,01	Nämä Kuntaliiton tilaston arvoja.			
13	Koko Suomi (asuinrakennus.)	13,00	12,70	10,80	-	Laskettu D5 taul. 7.1 mukaan.			
14	Arvioitu kulutus	17,09	17,09	17,09	17,09				
15									
16	Ero, kWh/m3	1,23	1,18	4,74	-	Mitatun ominaiskulutuksen ero Kuntaliiton tilastojen arvoon.			
17	Ero-%	9,44 %	9,31 %	43,89 %	-				
18									

KUVA 1. Poiminta sähkön ominaiskulutuksen vertailuun laaditusta Excel-laskentataulukosta

Näistä taulukon arvoista piirrettiin myös kuvaaja (KUVA 2), jonka avulla näkee nopeasti mahdolliset suuret erot ominaiskulutuksissa.



KUVA 2. Ominaiskulutusten kuvaaja vertailuun laaditusta laskentataulukosta

4.3 Vertailun tulokset

Koska tilastolliset ja laskennalliset vertailuarvot eivät olleet täysin sopivia, kiinnitettiin vertailun tuloksia tarkasteltaessa huomio suuriin (yli 15 %) eroihin toteutuneiden ja vertailukulutusten välillä. Jos erot olivat epäilyttävän suuria (100 % tai enemmän), kysyttiin näihin liittyen mahdollisia syitä (lisäselvitykset kohdissa 3.1, 3.2 ja 3.3).

Vertailun tuloksena saatiin selville ne kiinteistöt, joiden lämmön-, sähkön- ja/tai vedenkulutukseen puuttamalla olisi mahdollista saavuttaa säästöjä. Alla olevaan taulukoon (TAULUKKO 5) on koottu ne kiinteistöt, joiden kulutuksista löydettiin parantamisen varaa.

TAULUKKO 5. Kiinteistöt, joiden lämmön-, sähkön- ja/tai vedenkulutuksessa on parannettavaa

Kiinteistö	Parannettavaa		
	Lämpö	Sähkö	Vesi
Kivikumpu	X	X	X
Kotitien rivitalot	-	X	-
Vanha paloasema	X	-	X
Yläasteen paja	X	X	-
Vanhainkoti	-	-	X
Monitoimitalo	-	X	-
Yläaste ja lukio	X	-	-
Ensola	X	-	X
Kirjasto	X	-	-
Teknisen toimen varasto	-	X	-
Suojala 1 & 2	-	X	X
Kiviharju	X	-	X
Palola	-	-	X

5 SÄÄSTÖPOTENTIAALI KIINTEISTÖISSÄ

5.1 Lämmönsäästöpotentiaalin laskenta

Niille kiinteistöille, joille vertailu osoitti olevan parannettavaa energian- ja/tai vedenkulutuksen suhteen, suoritettiin säästöpotentiaalin laskenta tietyillä säästötoimenpiteillä. Laskentaan käytettiin kolmea eri menetelmää ja valitut säästötoimenpiteet riippuivat laskentatavasta. Nämä laskenta- ja säästömenetelmät keskittyvät lähinnä lämmitysenergian säästöihin. Säästöpotentiaalia sähkön- ja vedenkulutuksessa käsitellään myöhemmin erikseen.

Laskennassa huomioitiin kiinteistöjen ominaisuudet siten, ettei ikkunoiden vaihtoa laskettu sellaisille kohteille, joista oli tiedossa vähän aikaa sitten tehty ikkunaremontti. Myöskään ilmanvaihdon lämmöntalteenoton rakentamisen tuomia säästöjä ei laskettu, mikäli kiinteistössä jo ennestään oli lämmöntalteenottolaitteisto.

5.1.1 Motivan laskuri

Motiva Oy tarjoaa Internet-sivuillaan käytettäväksi asuinrakennusten energiaavustusten hakemista varten laadittua, toimenpidekohtaista laskuria. Laskuri on siis laadittu käytännössä vain asuinrakennuksia varten, mutta sitä hyödynnettiin tässä työssä myös muun tyyppisten kiinteistöjen lämmönsäästöpotentiaalin tutkimiseen. (Motiva Oy, Asuinrakennusten energiakorjauksien toimenpidelaskuri.)

Aluksi laskurissa valitaan suoritettavat korjaustoimenpiteet (KUVA 3). Tämän jälkeen aukeaa varsinainen laskuri. Siihen syötetään ensin tarkasteltavan kiinteistön perustiedot, mm. rakennusvuosi ja –tilavuus, kerrosten ja asukkaiden lukumäärät, nykyinen lämmitysjärjestelmä ja niin edelleen (KUVA 4). Näiden tietojen syötössä jouduttiin tekemään esimerkiksi asukasmäärien suhteen hieman olettamuksia, mutta ne eivät vaikuttaneet juurikaan laskennan oikeellisuuteen. (Motiva Oy, Asuinrakennusten energiakorjauksien toimenpidelaskuri.)

Motiva

Asuinrakennuksen toimenpidekohtainen energiataloudellinen tarkastelu

[Uusi laskuri](#) | [Laskurin käyttöohje](#) | [Laskurin käyttö energia-avustuksia haettaessa](#) | [Laskurin toimintaperiaate](#)

Tehtävät korjaukset:
Valitse toimenpide tai toimenpiteet ja paina "näytä laskentalomake"

- 2) Ikkunoiden kunnostaminen ja lisälasin tai etuikkunan lisäys
- 3) Ikkunoiden uusiminen (U-arvoltaan enintään 1,1 W/m² K)
- 5) Ulkoseinän lisäeristäminen, vahvuus vähintään 100mm mineraalivillaa (tai vastaava muu eriste)
- 6) Yläpohjan yläpuolinen lisäeristäminen, vähintään 150mm mineraalivillaa (tai vastaava muu eriste)
- 7) Ilmanvaihdon ja lämmitysjärjestelmän perussäätö
- 9) Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton rakentaminen
- 10) Liittyminen kauko- tai aluelämmitykseen
- 11) Lämmitysjärjestelmän muuttaminen maalämpöpumpulla toimivaksi keskuslämmitysjärjestelmäksi
- 12) Lämmitysjärjestelmän muuttaminen pellettejä tai muuta puuperäistä polttoainetta käyttäväksi keskuslämmitysjärjestelmäksi
- 13) Aurinkolämpöjärjestelmän lisääminen käyttöveden tai tilojen lämmitysjärjestelmään
- 14) Lämmitysjärjestelmän täydentäminen ilmalämpöpumpulla
- Huoneistokohtaiset vesimittarit

KUVA 3. Motivan laskurin aloitussivu (Motiva Oy, Asuinrakennusten energiakorjauksien toimenpidelaskuri).

Laskennan lähtötiedot: Kaikki lähtötiedot pitää antaa, että laskuri toimii

Rakennusvuosi	<input type="text"/>
Rakennustilavuus ?	<input type="text"/> m ³
Kerrosten lukumäärä	<input type="text"/> kpl
Asukkaiden lukumäärä	<input type="text"/> hlö
Nykyinen lämmitysjärjestelmä	Valitse: <input type="text"/>
Nykyinen lämmitysenergian kulutus ?	<input type="text"/> MWh
Nykyinen ilmanvaihtojärjestelmä ?	Valitse: <input type="text"/>
Lämmitysenergian hinta ?	<input type="text"/> snt/kWh
Kiinteistösähkön hinta	<input type="text"/> snt/kWh
Nykyinen keskimääräinen sisälämpötila ?	<input type="text"/> °C
Normaalivuoden S17 lämmitystarveluku ?	Valitse: <input type="text"/> Kd

KUVA 4. Motivan laskuri, tarkasteltavan kiinteistön perustiedot (Motiva Oy, Asuinrakennusten energiakorjauksien toimenpidelaskuri).

Laskuri arvioi annettujen lähtötietojen perusteella tarkasteltavan kiinteistön nykyisiä ominaisuuksia, esimerkiksi rakenteiden lämmönläpäisykertoimia ja sisälämpötilaa. Näille voi kuitenkin syöttää todelliset, mahdollisesti tiedossa olevat arvot. Tämän jälkeen laskuri opastaa, kuinka voi arvioida näiden ominaisuuksien suuruudet tehtyjen toimenpiteiden jälkeen (KUVA 5). Suoritettujen toimenpiteiden ja syötetyn energianhinnan perusteella laskuri arvioi säästöt vuodessa megawattitunteina (MWh) sekä

euroina (KUVA 6). (Motiva Oy, Asuinrakennusten energiakorjauksien toimenpidelaskuri.)

				1	2	3	4	5	6	7
En. av. nro	Energiansäästötoimenpide	Muuttuja	Yksikkö	Oletusarvot annettujen tietojen perusteella	Normaali ominaisuuksien vaihteluväli	Rakennuksen oikeat ominaisuudet ennen muutoksia	Rakennuksen oikeat ominaisuudet muutosten jälkeen	Vuosi-kulutus ennen muutoksia	Vuosi-kulutus muutosten jälkeen	Vuosi-kulutus-muutos
Rakennuksen ulkovaippa										
5	Ulkoseinän lisäeristäminen	Pinta-ala	m ²							
	Seinätyyppi 1	U-arvo	W/m ² ,K		0.2-0.7					
	Seinätyyppi 2	Pinta-ala	m ²							
		U-arvo	W/m ² ,K							
6)	Yläpohjan lisäeristäminen	Pinta-ala	m ²							
		U-arvo	W/m ² ,K		0.1-0.45					
Ilmanvaihtojärjestelmä										
7)	Ilmanvaihdon perussäätö	Ilmanvaihtuvuus tunnissa	1/h	0.5	0.3-0.7					
8)	Korvausilmaventtiilien asennus		Tehty/ei							
Lämmitysjärjestelmä, käyttövesi ja uusiutuvat energialähteet										
7)	Lämmitysverkoston perussäätö	Lämmityskauden sisälämpötila	°C	22	21-24					

Yhteenveto energiankulutusmuutoksista

KUVA 5. Motivan laskuri (Motiva Oy, Asuinrakennusten energiakorjauksien toimenpidelaskuri).

Taloudellisuustarkastelu

Hyötylämmitysenergian kulutusmuutos:	
Ostetun lämmitysenergian kulutusmuutos:	
Kiinteistösähkön kulutusmuutos (sis. ilmalämpöpumpun sähköä):	
Lämmitysenergiakustannusten muutos:	
Kiinteistösähkön kustannusten muutos:	
Energia- ja vesikustannusmuutokset yhteensä:	
Investointikustannukset:	
Vuotuiset huolto- ja kunnossapitokustannusmuutokset:	
Energia- ja vesikustannusmuutokset:	
Yksinkertainen takaisinmaksuaika:	

Tarkasteltujen toimenpiteiden selostus sekä taloudellisuustarkasteluun liittyvät tarpeelliset tiedot

Laske Tulostus

KUVA 6. Motivan laskuri, säästöjen tarkastelu (Motiva Oy, Asuinrakennusten energiakorjauksien toimenpidelaskuri).

Säästötoimenpiteet, joita tällä Motivan laskurilla tutkittiin, olivat

- 1) ikkunoiden vaihto 3-lasisiin selektiivilasilla
- 2) ulkoseinien lisäeristäminen, eristysaineena 100 mm mineraalivillaa
- 3) yläpohjan yläpuolinen lisäeristäminen, eristysaineena 150 mm mineraalivillaa
- 4) ilmanvaihdon perussäätö
- 5) ilmanvaihdon lämmön talteenoton rakentaminen
- 6) liittyminen aluelämmitykseen
- 7) edellä mainittujen yhdistelmä.

5.1.2 Itse laadittu laskentataulukko

Tutkittavien kohteiden lämmönsäästöpotentiaalin laskentaan käytettiin myös aiemmin mainittua (4.1.2), itse laadittua Excel-laskentataulukkoa. Tällä laskentataulukolla säästöpotentiaalin laskenta suoritettiin muuttamalla taulukossa säästötoimenpiteestä riippuen eri arvoja ja vertaamalla aiempaa energiankulutusta muutosten jälkeiseen kulutukseen. Aiemmin arvioitiin, ettei tällä itse laaditulla laskentataulukolla päästä täysin todellisiin kulutuksiin. Alkuperäisen lasketun kulutuksen ja muuttuneen kulutuksen välisen eron, toisin sanoen säästöpotentiaalin, pitäisi kuitenkin melko hyvin vastata todellisuutta, koska molemmissa laskentatapa on sama.

Tällä tavalla laskettiin säästöpotentiaali seuraaville toimenpiteille

- 1) ikkunoiden vaihto
- 2) ulkoseinien lisäeristäminen
- 3) yläpohjan lisäeristäminen
- 4) ilmapitävyyden parantaminen
- 5) lämmön talteenoton rakentaminen ilmanvaihtojärjestelmään
- 6) maa- tai ilmalämpöpumpun lisääminen
- 7) edellä mainittujen yhdistelmä.

Nämä toimenpiteet valittiin VTT:n tekemän *Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaali* -tutkimuksen perusteella (Holopainen, Hekkanen, Hemmilä & Norvasuo 2007).

5.1.3 Muu laskenta

Kolmas keino lämmönsäästöpotentiaalin laskemiseksi löydettiin Kajaanin ammattikorkeakouluun tehdystä opinnäytetyöstä *Asuinkiinteistöjen energiatalous ja ylläpito Siikalatvan kunnassa* (Leskinen 2010). Kyseisessä opinnäytetyössä oli tutkittu erilaisia säästötoimenpiteitä kiinteistöille sekä näiden toimenpiteiden tarjoamia prosentuaalisia säästöjä verrattuna alkuperäiseen kulutukseen. Tässä työssä päädyttiin käyttämään hyväksi seuraavia toimenpiteitä

- 1) yhden asteen sisälämpötilan pudotus (säästö noin 5 % lämmitysenergiasta)
- 2) lämmitysverkoston perussäätö (säästö noin 10–15 % lämmitysenergiasta)
- 3) ikkunoiden ja ovien vaihto, ilmatiiviyden parantaminen (säästö noin 10 – 15 % lämmitysenergiasta)
- 4) lämmön talteenoton rakentaminen (säästö noin 20 – 25 % lämmitysenergiasta).

Säästöarvioita tarkasteltiin tässä laskentatavassa vielä tapauksittain ja arvioitiin kunkin kiinteistöön tarkempi prosentuaalinen säästö kiinteistön ominaisuuksien mukaan (Leskinen 2010).

5.2 Lämmönsäästöpotentiaali valituissa kiinteistöissä

Kun lämmönsäästöpotentiaalit vertailun perusteella valituille kiinteistöille saatiin edellä mainituilla menetelmillä laskettua, koottiin ne jälleen uuteen Excel-laskentataulukoon, jokainen tutkittu kiinteistö omalle välilehdelle. Laskentataulukossa eroteltiin eri laskentatavat toisistaan ja merkittiin jokaisen laskentatavan kunkin toimenpiteen tuottama energiansäästö vuodessa sekä euroina että megawattitunteina alkuperäiseen kulutukseen verrattuna. Säästö euroina laskettiin yksinkertaisesti kaavalla

$$\text{Säästö (e/a)} = \text{Säästö (MWh/a)} * \text{Lämpöenergian hinta (e/MWh)} \quad (5.1)$$

Lämpöenergian hinta (5,28 snt/kWh) saatiin aluelämmöntoimittajan toimittamista kiinteistöjen lämmönkulutustiedoista. Lisäksi laskettiin lämmönkulutuksen suhteellinen muutos verrattuna alkuperäiseen. Saadut tulokset koottiin vielä oheiseen taulukoon (TAULUKKO 6).

TAULUKKO 6. Valittujen kiinteistöjen lämmönsäästöpotentiaalit

	Kivikumpu			Kotitien rivitalot			Vanha paloasema		
Laskentatapa	MWh/a	e/a	%	MWh/a	e/a	%	MWh/a	e/a	%
Motivan laskuri	17,8	940	23	30,2	1595	25	25,8	1362	43
Oma lask.taul.	17,0	899	22	31,5	1662	26	18,1	956	30
Muu laskenta	35,2	1860	45	55,0	2906	45	27,2	1435	45
	Yläasteen paja			Vanhainkoti			Monitoimitalo		
Laskentatapa	MWh/a	e/a	%	MWh/a	e/a	%	MWh/a	e/a	%
Motivan laskuri	5,7	301	5	44,5	2350	46	86,9	4588	28
Oma lask.taul.	3,5	183	3	24,0	1267	25	83,8	4433	27
Muu laskenta	29,1	1534	25	43,6	2302	45	78,0	4121	25
	Yläaste ja lukio			Ensola			Kirjasto		
Laskentatapa	MWh/a	e/a	%	MWh/a	e/a	%	MWh/a	e/a	%
Motivan laskuri	129,9	6859	29	23,3	1230	23	17,2	908	19
Oma lask.taul.	105,8	5585	23	23,5	1241	23	90,1	4759	97
Muu laskenta	113,5	5992	25	46,0	2429	45	41,8	2209	45
	Tekn.toim. varasto			Suojala 1 & 2			Kiviharju		
Laskentatapa	MWh/a	e/a	%	MWh/a	e/a	%	MWh/a	e/a	%
Motivan laskuri	12,1	639	-	7,8	412	-	7,3	385	9
Oma lask.taul.	29,2	1541	-	5,4	287	-	6,0	318	7
Muu laskenta	0,5	28	45	0,6	31	45	1,2	63	45

Taulukossa on joihinkin kohtiin merkitty prosentuaaliseen säästöön vain ”-”. Syynä tähän on se, että näissä tapauksissa laskenta antoi säästökseen yli 100 % eli säästöt olisivat olleet suuremmat kuin tähänastinen kulutus eikä se ole mahdollista. Laskennassa on siis näissä tapauksissa tapahtunut jokin virhe. Tämä esiintyy vain niillä kiinteistöillä, joiden lämmönkulutus ei ollut tiedossa (Teknisen toimen varasto ja Suojala 1 & 2). Puutteellinen lämmönkulutustieto siis aiheuttaa näiden kiinteistöjen virheet. Seuraavaan taulukkoon (TAULUKKO 7) on vielä koottu eri laskentatavoilla laskettu säästöpotentiaali valituissa kiinteistöissä yhteensä.

TAULUKKO 7. Valittujen kiinteistöjen säästöpotentiaali yhteensä

Laskentatapa	Säästöpotentiaali kiinteistöissä yhteensä	
	euroa/vuosi	MWh/vuosi
Motivan laskuri	30 434	576,4
Oma lask.taul.	59 295	1 123,0
Muu laskenta	34 285	649,3

Eri laskentatapojen tuottamat lämmönsäästöpotentiaalit ovat keskenään melko samansuuruisia kiinteistöillä Kivikumpu, Kotitien rivitalot, Vanha paloasema, Yläasteen paja, Vanhainkoti, Monitoimitalo, Yläaste ja lukio sekä Ensola. Näillä kiinteistöillä siis vähintään kaksi eri laskentatapaa tuotti lähes samansuuruiset säästöpotentiaalit, minkä perusteella voidaan pitää laskentaa onnistuneena. Tämä voidaan tulkita myös siten, että itse laadittu laskentataulukkin toimii hyvin. Sen sijaan muilla kiinteistöillä, joille lämmönsäästöpotentiaali laskettiin, vaihtelevat lasketut säästöpotentiaalit enemmän. Tähän on luultavasti syynä näiden kiinteistöjen puutteelliset lämmönkulutustiedot. Selvää selitystä Kirjaston säästöpotentiaalivaihteluille ei sen sijaan ole.

Edellä olevassa taulukossa (TAULUKKO 6) on siis merkittynä kiinteistöjen lämmönsäästöpotentiaalit, mikäli kaikki tarkastellut toimenpiteet suoritetaan. Tarkastellaan seuraavaksi vielä hieman tarkemmin, millaisiin säästöihin yksittäisillä toimenpiteillä on mahdollista päästä. Kiinteistökohtaiset suhteelliset ja euromääräiset säästöt vuotta kohti koottiin kiinteistöjen mukaan jaettuihin taulukoihin, jokaiselle kiinteistölle laadittiin siis oma taulukonsa (TAULUKKO 8 - TAULUKKO 18). Kohteet Teknisen toimen varasto ja Suojala 1 & 2 jätettiin näistä taulukoista pois niiden puutteellisten lämmönkulutustietojen takia. Näihin taulukoihin on toimenpiteet merkitty vain numerotunnuksella. Numeroiden merkitykset ovat

- 1) ikkunoiden vaihto
- 2) ilmanvaihdon lämmöntalteenoton rakentaminen
- 3) ulkoseinien lisäeristäminen
- 4) yläpohjan lisäeristäminen
- 5) ilmanvaihdon perussäätö
- 6) ilmapitävyyden parantaminen
- 7) sisälämpötilan pudottaminen 1 °C
- 8) lämmitysverkoston perussäätö.

Merkintä ”-”, tarkoittaa, ettei valitulla laskentatavalla ole määritetty säästöjä kyseiselle toimenpiteelle. Täytyy myös ottaa huomioon, että kunkin taulukon jälkeen on otettu

kantaa vain toimenpiteiden tarjoamiin säästöihin eikä lainkaan siihen, kuinka ne voivat vaikuttaa asumismukavuuteen.

TAULUKKO 8. Eri toimenpiteillä saavutettavat suhteelliset ja euromääräiset säästöt kohteessa Kivikumpu

	KIVIKUMPU					
	Säästö %			Säästö e/a		
Toimenpide	Motiva	Oma	Muu	Motiva	Oma	Muu
1	1,5	2,2	10,0	63,4	91,3	413,3
2	8,2	10,0	20,0	337,9	411,3	826,6
3	6,9	1,9	-	285,1	78,1	-
4	6,1	2,8	-	253,4	116,7	-
5	0,0	-	-	0,0	-	-
6	-	4,9	-	-	201,7	-
7	-	-	5,0	-	-	206,6
8	-	-	10,0	-	-	413,3

Tästä taulukosta (TAULUKKO 8) nähdään hyvin, millaisia säästöjä toimenpiteet tarjoavat verrattuna toisiinsa Kivikummun kiinteistössä. Lämmöntalteenoton rakentaminen (2), ulkoseinien lisäeristäminen (3) ja yläpohjan lisäeristäminen (4) vaikuttavat tarjoavan suurimmat säästöt. Myös oman laskentataulukon mukaan kiinteistön ilmapiitävyyden tiivistämisellä (6) voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä. Sisälämpötilan pudottaminen (7) ja lämmitysverkoston perussäätö (8) vaikuttavat myös hyviltä toimenpiteiltä. Niiden tarjoamien säästöjen arviointiin täytyy tosin suhtautua pienellä varauksella, sillä laskentaan käytettiin vain aiemmin mainitun opinnäytetyön mukaisia kiinteitä prosenttiosuuksia alkuperäisestä kulutuksesta. Sen sijaan ikkunoiden vaihto ja ilmanvaihdon perussäätö eivät vaikuttaisi tarjoavan merkittävästi säästöjä.

TAULUKKO 9. Eri toimenpiteillä saavutettavat suhteelliset ja euromääräiset säästöt kohteessa Kotitien rivitalot

Toimenpide	KOTITIEN RIVITALOT					
	Säästö %			Säästö e/a		
	Motiva	Oma	Muu	Motiva	Oma	Muu
1	1,6	2,7	10,0	105,6	174,2	645,9
2	9,2	12,1	20,0	596,6	783,6	1291,8
3	6,9	1,9	-	443,5	123,0	-
4	7,0	3,5	-	448,8	223,9	-
5	0,0	-	-	0,0	-	-
6	-	5,5	-	-	356,9	-
7	-	-	5,0	-	-	322,9
8	-	-	10,0	-	-	645,9

Edeltävän taulukon (TAULUKKO 9) mukaan Kotitien rivitaloille pätee sama kuin edellä Kivikummun kiinteistölle. Myöskään täällä ei ikkunoiden vaihdolla ole saavutettavissa suuria vuosittaisia säästöjä.

TAULUKKO 10. Eri toimenpiteillä saavutettavat suhteelliset ja euromääräiset säästöt kohteessa Vanha paloasema

Toimenpide	VANHA PALOASEMA					
	Säästö %			Säästö e/a		
	Motiva	Oma	Muu	Motiva	Oma	Muu
1	13,6	4,6	10,0	433,0	145,2	318,9
2	16,9	10,2	20,0	538,6	324,2	637,8
3	20,7	5,1	-	660,0	161,0	-
4	8,3	3,4	-	264,0	108,8	-
5	0,0	-	-	0,0	-	-
6	-	6,8	-	-	217,0	-
7	-	-	5,0	-	-	159,4
8	-	-	10,0	-	-	318,9

Myös Vanhalla paloasemalla vaikuttaisivat toimenpiteet 2, 3, 4, 6, 7 ja 8 tarjoavan hyvin säästöjä. Kyseisessä kiinteistössä kuitenkin myös ikkunoiden vaihdolla voisi olla saavutettavissa melko paljon säästöjä.

TAULUKKO 11. Eri toimenpiteillä saavutettavat suhteelliset ja euromääräiset säästöt kohteessa Yläasteen paja

Toimenpide	YLÄASTEEN PAJA					
	Säästö %			Säästö e/a		
	Motiva	Oma	Muu	Motiva	Oma	Muu
1	0,0	1,6	10,0	0,0	96,6	613,6
2	-	-	-	-	-	-
3	1,1	0,0	-	68,6	0,0	-
4	3,7	0,0	-	227,0	0,0	-
5	0,1	-	-	5,3	-	-
6	-	1,4	-	-	86,1	-
7	-	-	5,0	-	-	306,8
8	-	-	10,0	-	-	613,6

Yläasteen pajalle ei laskettu lämmöntalteenoton rakentamisen vaikutusta, koska kyseistä kiinteistöstä sellainen jo löytyy. Vaikuttaa siltä, että tässä kiinteistössä merkittävimmät säästöt ovat tarjolla sisälämpötilan pudotuksella (7) sekä lämmitysverkon perussäädöllä (8). Muut toimenpiteet eivät säästöjä liiemmin tarjoa.

TAULUKKO 12. Eri toimenpiteillä saavutettavat suhteelliset ja euromääräiset säästöt kohteessa Vanhainkoti

Toimenpide	VANHAINKOTI					
	Säästö %			Säästö e/a		
	Motiva	Oma	Muu	Motiva	Oma	Muu
1	1,2	1,9	10,0	63,4	96,6	511,6
2	20,6	12,2	20,0	1056,0	626,2	1023,2
3	12,0	0,7	-	612,5	34,9	-
4	15,3	3,7	-	781,4	188,5	-
5	0,0	-	-	0,0	-	-
6	-	6,3	-	-	321,0	-
7	-	-	5,0	-	-	255,8
8	-	-	10,0	-	-	511,6

Vanhainkotiin pätee sama kuin Kotitien rivitaloihinkin. Lämmöntalteenoton rakentamisella (2) saatavat säästöt vaikuttavat melko suurilta, samoin Motivan laskurin mukaan ulkoseinien ja yläpohjan lisäeristäminen (3 ja 4).

TAULUKKO 13. Eri toimenpiteillä saavutettavat suhteelliset ja euromääräiset säästöt kohteessa Monitoimitalo

Toimenpide	MONITOIMITALO					
	Säästö %			Säästö e/a		
	Motiva	Oma	Muu	Motiva	Oma	Muu
1	0,7	4,0	10,0	121,4	659,5	1648,3
2	-	-	-	-	-	-
3	8,3	0,7	-	1367,5	115,6	-
4	18,8	8,0	-	3094,1	1316,3	-
5	0,0	-	-	5,3	-	-
6	-	14,2	-	-	2332,2	-
7	-	-	5,0	-	-	824,2
8	-	-	10,0	-	-	1648,3

Monitoimitalon säästöpotentiaali vaikuttaa yksittäisilläkin toimenpiteillä melko suurelta johtuen mm. suuresta alkuperäisestä lämmönkulutuksesta ja suurista ulkoseinien pinta-aloista. Lämmöntalteenotto kiinteistöstä jo löytyy, mutta lisäeristämiset (3 ja 4) sekä ilmapitävyyden parantaminen (5) vaikuttavat tarjoavan isot säästöt.

TAULUKKO 14. Eri toimenpiteillä saavutettavat suhteelliset ja euromääräiset säästöt kohteessa Yläaste ja lukio

Toimenpide	YLÄASTE JA LUKIO					
	Säästö %			Säästö e/a		
	Motiva	Oma	Muu	Motiva	Oma	Muu
1	7,0	6,9	10,0	1673,8	1659,0	2396,6
2	-	-	-	-	-	-
3	16,2	2,4	-	3891,4	582,9	-
4	5,4	5,2	-	1298,9	1245,0	-
5	0,0	-	-	0,0	-	-
6	-	8,8	-	-	2097,7	-
7	-	-	5,0	-	-	1198,3
8	-	-	10,0	-	-	2396,6

Kohteessa Yläaste ja lukio on myös saavutettavissa suuriakin säästöjä jo yksittäisillä toimenpiteillä. Lähestulkoon kaikki toimenpiteet tarjoavat yli tuhannen euron vuosittaiset säästöt. Poikkeuksen muodostavat lämmöntalteenoton rakentaminen (2), sillä kohteessa on jo lämmöntalteenotto, ja ilmanvaihdon perussäätöä (5).

TAULUKKO 15. Eri toimenpiteillä saavutettavat suhteelliset ja euromääräiset säästöt kohteessa Ensola

Toimenpide	ENSOLA					
	Säästö %			Säästö e/a		
	Motiva	Oma	Muu	Motiva	Oma	Muu
1	0,7	2,3	10,0	37,0	124,1	539,9
2	7,7	10,5	20,0	417,1	563,9	1079,7
3	5,9	2,1	-	316,8	110,9	-
4	6,6	3,0	-	353,8	159,5	-
5	0,1	-	-	5,3	-	-
6	-	5,2	-	-	282,5	-
7	-	-	5,0	-	-	269,9
8	-	-	10,0	-	-	539,9

Ensolassa tilanne on samankaltainen kuin Kotitien rivitaloilla, vain ikkunoiden vaihto (1) ja ilmanvaihdon perussäätö (5) eivät tarjoa merkittäviä säästöjä.

TAULUKKO 16. Eri toimenpiteillä saavutettavat suhteelliset ja euromääräiset säästöt kohteessa Kirjasto

Toimenpide	KIRJASTO					
	Säästö %			Säästö e/a		
	Motiva	Oma	Muu	Motiva	Oma	Muu
1	4,2	4,7	10,0	205,9	230,7	490,8
2	7,9	74,7	20,0	385,4	3664,3	981,6
3	7,9	1,9	-	385,4	95,0	-
4	4,1	5,6	-	200,6	276,7	-
5	0,0	-	-	0,0	-	-
6	-	10,0	-	-	492,1	-
7	-	-	5,0	-	-	245,4
8	-	-	10,0	-	-	490,8

Kirjastolle kaikki tarkastellut toimenpiteet lukuun ottamatta ilmanvaihdon perussäätöä (5) tarjoavat säästöjä useamman sata euroa vuosittain.

TAULUKKO 17. Eri toimenpiteillä saavutettavat suhteelliset ja euromääräiset säästöt kohteessa Kiviharju

Toimenpide	KIVIHARJU					
	Säästö %			Säästö e/a		
	Motiva	Oma	Muu	Motiva	Oma	Muu
1	-	0,8	10,0	0,0	35,9	432,5
2	2,8	5,7	20,0	121,4	245,5	865,1
3	0,1	0,0	-	5,3	0,0	-
4	2,6	0,0	-	110,9	0,0	-
5	0,1	-	-	5,3	-	-
6	-	0,8	-	-	36,4	-
7	-	-	5,0	-	-	216,3
8	-	-	10,0	-	-	432,5

Kiviharjun tapauksessa ei oikeastaan mikään toimenpide tarjoa merkittäviä säästöjä. Poikkeuksena voidaan mainita lämmitysverkoston perussäätö (8).

TAULUKKO 18. Eri toimenpiteillä saavutettavat suhteelliset ja euromääräiset säästöt kohteessa Palola

Toimenpide	PALOLA					
	Säästö %			Säästö e/a		
	Motiva	Oma	Muu	Motiva	Oma	Muu
1	10,4	3,5	10,0	411,8	139,9	397,0
2	15,2	7,6	20,0	601,9	301,5	794,0
3	16,2	5,3	-	644,2	210,1	-
4	8,3	2,8	-	327,4	111,9	-
5	0,0	-	-	0,0	-	-
6	-	7,0	-	-	277,2	-
7	-	-	5,0	-	-	198,5
8	-	-	10,0	-	-	397,0

Yllä olevan taulukon (TAULUKKO 18) mukaisesti Palolan kiinteistössä jokainen toimenpide lukuun ottamatta ilmanvaihdon perussäätöä (5) antaa mahdollisuuden huomattaviin säästöihin.

Yleisesti ottaen saavutettavista säästöistä voidaan saatujen tulosten perusteella tehdä muutamia havaintoja. Tuloksista huomataan, ettei ilmanvaihtojärjestelmän perussäätö yksinään saa aikaan säästöjä. Se onkin lämmitysjärjestelmän perussäädön kanssa suoritettava yleensä aina, kun jotain toimenpiteitä kiinteistössä tehdään.

Lämmitysjärjestelmän perussäätö sen sijaan voi yksinäänkin aikaansaada jopa 10 %:n säästön lämmönkulutuksessa. Lisäksi sisälämpötilan pudottaminen 1 °C:lla säästää lämmityskuluissa noin 5 %. Merkittävimpanä säästötekijänä voidaan puolestaan pitää ilmanvaihdon lämmöntalteenoton rakentamista, edellyttäen ettei kohdekiinteistössä sellaista vielä ole ja mikäli tilannetta tarkastellaan puhtaasti lämmönsäästön kannalta. Myös ulkoseinien ja yläpohjan lisäeristämisillä voidaan saada aikaan merkittäviä säästöjä, samoin kiinteistöjen ilmapitävyuden parantamisella. Ikkunoiden vaihto sen sijaan tarjoaa vain muutamissa kohteissa huomattavia säästöjä, mutta sillä saavutettavat hyödyt voivat olla asumismukavuuden puolella.

5.3 Sähkönsäästö

Jotta kiinteistöjen sähkönsäästöpotentiaalit saataisiin laskettua, täytyisi olla tarkat tiedot tämän hetken laitteista ja valaistuksista käyttöaikoiheen. Näiden selvittäminen ei tämän työn puitteissa ollut mahdollista, joten sähkönsäästöpotentiaalia ei kiinteistöille tässä työssä laskettu. Sen sijaan tässä kohtaa käsitellään tarkemmin kiinteistöille mahdollisia sähkönsäästötoimenpiteitä.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaisesti kiinteistöjen sähkönkulutus muodostuu siis laitteiden, lämmityksen ja jäähdytyksen sähkönkulutuksesta. Lämmityksen osuus on käytännössä käsitelty jo edellä lämmönsäästön yhteydessä. Laitteiden sähkönkulutus on sen sijaan se osa, jota kannattaa tutkia tarkemmin säästöjen toivossa. (YmpMa rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta.)

Laitteiden sähkönkulutuksen muodostavat valaistuksen, ilmanvaihdon ja muiden laitteiden kulutukset. Muilla laitteilla tarkoitetaan tässä esimerkiksi lämmitysverkoston pumppuja, talosaunoja, hissejä, autolämmityspaikkoja, pihavalaistusta sekä huoneistöjen laitteita, kuten liettä, televisiota ja pesukoneita. Nämä toki riippuvat kiinteistötyypistä, sillä toimistorakennuksessa laitteet ovat määrältään ja tyypiltään varsin erilaiset kuin asuinrakennuksissa. (YmpMa rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta.)

Valaistuksessa voi säästää valaistuksen oikealla mitoituksella, hyvillä suunnitteluratkaisuilla (epäsuora tai suora valaistus), erilaisilla valaistuksen ohjaustavoilla (esimerkiksi läsnäolo- ja päivänvalo-ohjaus) sekä sopivilla laitevalinnoilla. Oma osansa on myös kiinteistön käyttäjien käyttötottumuksilla. (Shemeikka ym. 1996, 42 - 48.)

Säästöjä ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutuksessa puolestaan voi saavuttaa pääasiassa vähentämällä ilmanvaihtoa, kun rakennuksella on vähemmän käyttöä. Tämä tapahtuu ilmanvaihdon käyntiaikoja lyhentämällä ja moninopeuksisilla ilmanvaihtolaitteilla vähentämällä ilmanvaihtokoneen nopeutta. Ilmanvaihdon vähentäminen säästää myös lämpöenergiaa. Tässä täytyy kuitenkin huomioida, että ilmanvaihto on silti riittävää ja määräystenmukaista (0,5 kertaa/tunti). Myös ilmanvaihtolaitteiden hyötysuhteella on suuri merkitys sähkösäästöä ajatellen. (Kanerva & Lappalainen 1980, 113; Korjaustieto, Käyttökäytännöt; Shemeikka ym. 1996, 23.)

Laitteiden sähkönkulutuksessa säästöt kertyvät lähinnä laitteiden energiataloudellisuudesta sekä käyttötottumuksista (onko esimerkiksi televisio päällä 2 vai 10 tuntia vuorokaudessa).

5.4 Vedensäästö

Myöskään vedenkulutukselle ei säästöpotentiaalia tässä työssä laskettu, vaan käydään vain läpi keinoja säästää vedenkulutuksessa. Säästämällä vedenkulutuksessa saavutetaan säästöjä todennäköisesti myös lämmönkulutuksessa, sillä käyttöveden kulutuksen pienentyessä pienenee myös lämpimän veden kulutus pienentäen puolestaan lämmitysenergiatarvetta. (Kanerva & Lappalainen 1980, 114 - 115.)

Vedenkulutuksessa säästökeinot ovat melko vähäiset. Tärkeimpänä ja helpoimpana säästökeinona ovat asukkaiden tai kiinteistön käyttäjien kulutustottumukset, joku saattaa käyttää vettä 270 litraa vuorokaudessa siinä missä toinen pärjää 90 litralla. Säästöjä voidaan saavuttaa myös alentamalla lämpimän käyttöveden lämpötilaa. Riittävä lämpötila on noin 55 °C. Lämpimän käyttöveden lämpötilaa voi pudottaa yöajaksi vielä hieman alemmas vähentäen näin lämmitystarvetta. Myös käyttöveden paineen alentamisella voidaan saada aikaan säästöjä. (Kanerva & Lappalainen 1980, 84 - 85; Korjaustieto, Käyttövesi; Kauppa- ja teollisuusministeriö 1988, 31 - 33.)

Mikäli kiinteistöön on tulossa putkiremontti, kannattaa sen yhteydessä harkita tehtäväksi hieman suurempia vedenkulutukseen vaikuttavia säästötoimenpiteitä. Putkiremontin yhteydessä voi tarvittaessa lisätä lämminvesiputkiston eristystä ja toteuttaa myös huoneistokohtaisen vedenkulutuksen mittauksen, joka varmasti saa asukkaat kiinnittämään enemmän huomiota kulutustottumuksiinsa. (Kanerva & Lappalainen 1980, 85; Korjaustieto, Käyttövesi; Kauppa- ja teollisuusministeriö 1988, 32.)

Vettä säästävät kalusteet ovat myös mahdollinen keino säästää vedenkulutuksessa. Näillä saavutettavat säästöt riippuvat kuitenkin suuresti kulutustottumuksista. Kaikki lähtee siis vedenkuluttajista itsestään. (Kanerva & Lappalainen 1980, 115; Korjaustieto, Käyttövesi; Kauppa- ja teollisuusministeriö 1988, 31.)

5.5 Lämmönsäästötoimenpiteiden kustannukset

Valituille lämmönsäästötoimenpiteille arvioitiin myös kustannuksia. Arvioinnissa käytettiin apuna *Talonrakennuksen kustannustieto*-kirjasarjan vuoden 2009 painosta (Haahtela & Kiiras 2009.) Kyseistä kirjasarjaa julkaistaan vuosittain ja sen julkaisu aloitettiin jo vuonna 1980 (aluksi nimellä *Rakennuttajan ja suunnittelijan kustannustieto*). Kyseinen kustannustietojärjestelmä on laadittu, jotta voitaisiin hallita ja kehittää rakentamiseen liittyvää taloutta ja laskentaa. Sen avulla voidaan mm. laskea olemassa olevien rakennusten nykyarvoja, uudisrakentamisen kustannuksia sekä myös korjausrakentamisen kustannuksia. Julkaisusta löytyy myös eri menetelmien ja toimenpiteiden hinnat eri puolilla Suomea. Tämä julkaisu valittiin kattavuutensa vuoksi tueksi säästötoimenpiteiden kustannusten laskentaan. (Haahtela & Kiiras 2009, 13 - 15.)

Kaikille lämmönsäästötoimenpiteille ei kuitenkaan pystytty tämän julkaisun avulla kustannuksia arvioimaan. Niistä toimenpiteistä, joilla säästöt laskettiin, kustannuksia ei arvioitu ilmanvaihdon perussäädölle, sisälämpötilan pudotukselle eikä lämmitysverkoston perussäädölle. Vaikkei näiden kustannuksia saada tarkemmin arvioitua, voidaan niiden kuitenkin todeta olevan melko pieniä ja yksinkertaisia säästötoimenpiteitä, joiden kustannukset jäävät alhaisiksi.

Muille säästötoimenpiteille kustannukset arvioitiin siten, että apuna käytetystä teoksesta etsittiin kuhunkin säästötoimenpiteeseen kuuluvat toimenpiteet ja rakenteet kustannuksineen. Kustannukset on teoksessa esitetty yleisesti muodossa e/m^2 tai e/kpl . Ne on myös taulukoitu kolmelle eri alueelliselle hintatasolle. Näistä eri hintatasojen hinnoista valittiin aina edullisin ja kyseinen hinta vielä korjattiin tammikuun 2011 tasoon käyttäen ns. Haahtela-hintaindeksiä. Tämä hintaindeksi kuvaa hintatason muuttumista ja sen avulla voidaan arvioida rakennusten ja rakentamisen uudis-, korjaus- ja nykyhintoja eri vuosina ja eri alueilla Suomessa. Teoksesta valituilla hinnoilla oli hintaindeksinä 73,0 ja korjaus suoritettiin hintaindeksin tasoon 66,0. Tämä hintaindeksin taso (66,0) saatiin Haahtela-kustannuksen Internet- sivuilta ja se kuvaa hintatasoa tammikuussa 2011 halvan rakentamisen hintaindeksialueella. Erilaisia hintaindeksialueita on käytössä kaikkiaan kuusi ja Rautavaara arvioitiin kuuluvaksi

näistä siis alueeseen 6. Lisäksi toimenpiteiden hinnoissa on varsinaisten korjaustoimenpiteiden kustannusten ohella huomioitu myös korjausrakentamisessa keskimääräistä tasoa olevat rakennuttajan kustannukset, työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset, lisä- ja muutostyövaraukset sekä urakoitsijoiden normaalit katteet. Hinnat ovat arvonlisäverottomia (eli alv = 0 %). Tarkastellaan vielä seuraavassa tarkemmin, kuinka kustannukset näille säästötoimenpiteille laskettiin. (Haahtela & Kiiras 2009, 13 - 15; Haahtela 2010.)

Ikkunoiden vaihdolle arvioitiin tehtäviksi toimenpiteiksi ja hankittaviksi rakenteiksi

- puuikkunoiden purku ja karmien irrotus, hinta $26 \text{ e}/\text{m}^2$
- uudet ikkunat, keskikoko $1,5 \text{ m}^2$, U-arvo $1,4 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, hinta $225 \text{ e}/\text{m}^2$
- selektiivilasi, lisähinta $20 \text{ e}/\text{m}^2$.

Pinta-aloina käytettiin kunkin kiinteistön ikkunapinta-aloja. Ikkunoiden vaihdon kiinteistökohtaiset kustannukset vuoden 2009 tasossa laskettiin siis näillä hinnoilla siten, että edellä lueteltujen toimenpiteiden ja rakenteiden hinnat laskettiin yhteen ja kerrottiin sitten kunkin kiinteistön ikkunoiden pinta-alalla. Korjaus tammikuun 2011 halvan rakentamisen alueen hintatasoon tehtiin kaavalla

$$kust. 2011 = \frac{hintaind.2011}{hintaind.2009} * kust. 2009 \quad (5.1)$$

Tällä samalla menetelmällä laskettiin myös muiden säästötoimenpiteiden kustannukset. Lämmöntalteenoton rakentamiselle arvioitiin hankittaviksi rakenteiksi ja tehtäviksi toimenpiteiksi

- varsinainen lämmöntalteenottolaite pyörivällä kiekolla, kojekoko 1 (ilmavirta $0,5 - 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$), hinta $7600 \text{ e}/\text{kpl}$
- lämmöntalteenoton lisääminen, kojekoko 1...3, hinta $645 \text{ e}/\text{kpl}$
- lämmöntalteenottolaitteiden säätölaitteet, hinta $2100 \text{ e}/\text{kpl}$.

Kappalemäärinä käytettiin kaikille kiinteistöille, joille lämmöntalteenoton rakentamista tutkittiin, yhtä kappaletta. Toisin sanoen näille kiinteistöille laskettiin yhden lämmöntalteenottolaitteiston rakentamisen aiheuttamia kustannuksia.

Ulkoseinien lisäeristämiseksi ei löydetty muita tehtäviä toimenpiteitä kuin ”lisälämmöneristys Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C3 ohjeiden mukaisesti”. Hintaa tällä toimenpiteellä on $9 \text{ e}/\text{m}^2$. Myöskään yläpohjan lisäeristämiseksi ei löytynyt kuin yksi toimenpide, ”mineraalivillan lisäys ilman rakennemuutoksia”, hintana $4,7 \text{ e}/\text{m}^2$.

Ilmapitävyyden parantamiseksi ei löytynyt kuin kaksi toimenpidettä, ”ikkunan tiivisteiden uusiminen, ikkunan keskikoko $1,5 \text{ m}^2$, hinta $12,3 \text{ e/m}^2$ ” ja ”ikkunakarmin tilkinnän korjaus, ikkunan keskikoko $1,5 \text{ m}^2$, hinta $8,7 \text{ e/m}^2$ ”. Lisäksi mahdollisia tehtäviä toimenpiteitä olisivat esimerkiksi yläpohjan ja seinien sekä alapohjan ja seinien välisten liitoskohtien tiivistäminen, mutta näille ei löydetty kustannuksia. Nämä molemmat toimenpiteet jäävät turhiksi, mikäli kohdekiinteistöön vaihdetaan ikkunat.

Kuten aiemmin mainittiin, niin ilmanvaihdon ja lämmitysverkoston perussäädöille sekä sisälämpötilan pudottamiselle ei onnistuttu löytämään sopivia toimenpiteitä kustannuksineen, joten niille ei saatu kustannuksia laskettua. Alla on vielä esitetty taulukoissa kunkin toimenpiteen kustannukset eri kiinteistöissä sekä toimenpiteen takaisinmaksuaika (TAULUKKO 19 - TAULUKKO 23).

TAULUKKO 19. Ikkunoiden vaihdon kustannukset kiinteistöissä vuoden 2011 hintatasolla laskettuna

Kiinteistö	Ala/määrä, johon toimenpide kohdistuu (m^2 tai kpl)	Kustannukset (e)	Takaisinmaksuaika (a)
Kivikumpu	49,0	17 408	225
Kotitien rivitalot	93,8	33 324	238
Vanha paloasema	37,8	13 429	45
Yläasteen paja	87,0	30 908	320
Vanhainkoti	151,5	53 823	673
Monitoimitalo	600,0	213 162	546
Yläaste ja lukio	427,2	151 771	79
Ensola	67,2	23 874	296
Kirjasto	116,7	41 460	134
Teknisen toimen varasto	24,0	8 526	161
Suojala 1 & 2	18,3	6 501	283
Kiviharju	36,4	12 932	360
Palola	36,0	12 790	40

TAULUKKO 20. Lämmöntalteenoton rakentamisen kustannukset kiinteistöissä vuoden 2011 hintatasolla laskettuna

Kiinteistö	Ala/määrä, johon toimenpide kohdistuu (m ² tai kpl)	Kustannukset (e)	Takaisinmaksuaika (a)
Kivikumpu	1	13 562	36
Kotitien rivitalot	1	13 562	20
Vanha paloasema	1	13 562	27
Vanhainkoti	1	13 562	15
Ensola	1	13 562	28
Kirjasto	1	13 562	20
Teknisen toimen varasto	1	13 562	19
Suojala 1 & 2	1	13 562	95
Kiviharju	1	13 562	74
Palola	1	13 562	24

TAULUKKO 21. Ulkoseinien lisäeristämisen kustannukset kiinteistöissä vuoden 2011 hintatasolla laskettuna

Kiinteistö	Ala/määrä, johon toimenpide kohdistuu (m ² tai kpl)	Kustannukset (e)	Takaisinmaksuaika (a)
Kivikumpu	420	4 955	27
Kotitien rivitalot	660	7 787	27
Vanha paloasema	280	3 304	8
Yläasteen paja	430	5 073	148
Vanhainkoti	540	6 371	20
Monitoimitalo	1050	12 389	17
Yläaste ja lukio	1000	11 799	5
Ensola	600	7 079	33
Kirjasto	480	5 663	24
Teknisen toimen varasto	325	3 835	36
Suojala 1 & 2	200	2 360	17
Kiviharju	300	3 540	1 341
Palola	360	4 248	10

TAULUKKO 22. Yläpohjan lisäeristämisen kustannukset kiinteistöissä vuoden 2011 hintatasolla laskettuna

Kiinteistö	Ala/määrä, johon toimenpide kohdistuu (m2 tai kpl)	Kustannukset (e)	Takaisinmaksuaika (a)
Kivikumpu	350	2 157	12
Kotitien rivitalot	670	4 128	12
Vanha paloasema	236	1 454	8
Yläasteen paja	580	3 574	31
Vanhainkoti	1010	6 223	13
Monitoimitalo	4000	24 646	11
Yläaste ja lukio	2670	16 451	13
Ensola	480	2 958	12
Kirjasto	778	4 794	20
Teknisen toimen varasto	217	1 337	10
Suojala 1 & 2	122	752	17
Kiviharju	260	1 602	29
Palola	240	1 479	7

TAULUKKO 23. Ilmapitävyyden parantamisen kustannukset kiinteistöissä vuoden 2011 hintatasolla laskettuna

Kiinteistö	Ala/määrä, johon toimenpide kohdistuu (m2 tai kpl)	Kustannukset (e)	Takaisinmaksuaika (a)
Kivikumpu	49,0	1 349	7
Kotitien rivitalot	93,8	2 582	7
Vanha paloasema	37,8	1 041	5
Yläasteen paja	87,0	2 395	28
Vanhainkoti	151,5	4 171	13
Monitoimitalo	600,0	16 518	7
Yläaste ja lukio	427,2	11 761	6
Ensola	67,2	1 850	7
Kirjasto	116,7	3 213	7
Teknisen toimen varasto	24,0	661	4
Suojala 1 & 2	18,3	504	7
Kiviharju	36,4	1 002	28
Palola	36,0	991	4

Yllä olevista taulukoista voidaan huomata, että ilmapitävyuden parantaminen on kyseisistä toimenpiteistä yleisesti ottaen edullisin. Myös ulkoseinien ja yläpohjan lisäeristämisen kustannukset jäävät melko alhaisiksi. Poikkeuksen tähän muodostavat kohteet Yläaste ja lukio sekä Monitoimitalo, joissa kaikki kolme toimenpidettä ovat selvästi muita kohteita kalliimmat. Lämmöntalteenoton rakentamisen kustannukset arvioitiin kaikissa kiinteistöissä tässä samansuuruisiksi, vaikka todellisuudessa ne eivät sitä tule olemaan. Kustannukset tulevat vaihtelemaan täysin kiinteistöittäin sen mukaan, kuinka helppoa tai hankalaa lämmöntalteenoton rakentaminen on kuhunkin kiinteistöön. Lisäksi lämmöntalteenoton rakentamisen arvioiduista kustannuksista voidaan sanoa, että ne vaikuttavat melko pieniltä, joten arvioinnissa on todennäköisesti jäänyt jotain huomioimatta. Ikkunoiden vaihdon kustannukset puolestaan joissain tarkastelluista kiinteistöistä (erityisesti Yläaste ja lukio sekä Monitoimitalo) vaikuttavat kasvavan todella suuriksi, joten tässäkin on syytä epäillä virhettä. Tämän tarkemmin ei kustannuksiin kuitenkaan tässä pureuduta.

6 KIINTEISTÖAUTOMAATIO

Tässä luvussa käydään läpi kiinteistöautomaation (eli rakennusautomaation) perusteita, periaatteita ja käyttöä sekä yleisesti käytettävää LonWorks-väylätekniikkaa. Lisäksi perehdytään Rautavaaran kunnan kiinteistökannan automaation tasoon ja pohditaan hieman, kuinka tilannetta voisi parantaa.

6.1 Kiinteistöautomaation käyttö

Kiinteistöautomaatiolla tarkoitetaan kiinteistön olosuhteiden ja LVIS-prosessien hallintaan vaadittavia, itsestään tapahtuvia eli automaattisia toimenpiteitä. Näitä toimenpiteitä ovat esimerkiksi

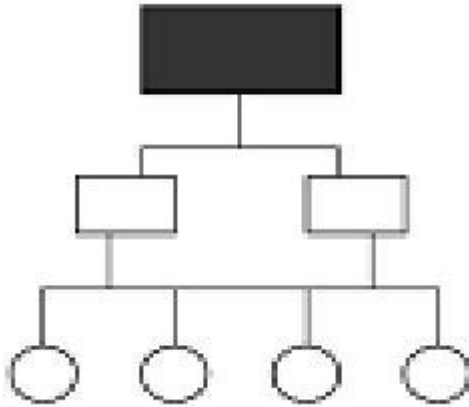
- valaistuksen
- ilmanvaihdon
- lämmityksen
- jäähdytyksen
- ovien ja ikkunoiden lukitusten

ohjaukset ja säädöt, kiinteistöjen kulunvalvonta sekä energiankäytön hallinta esimerkiksi sähkönkäytön huipputehoa rajoittamalla. Näillä toimenpiteillä voidaan kiinteistöautomaation avulla siis huolehtia kiinteistöjen turvallisuudesta ja energiataloudesta. Kiinteistöautomaatiojärjestelmää voidaan hyödyntää myös kiinteistöjen palontorjunnassa ja murtosuojauksessa. Lisäksi kiinteistöautomaatiolla voidaan vähentää kiinteistöhuollon rutiininomaista työtä, kuten ovien lukituksia manuaalisesti. (Älykäs rakennusautomaatio 2009.)

6.2 Kiinteistöautomaatiojärjestelmien rakenne

6.2.1 Järjestelmätyypit

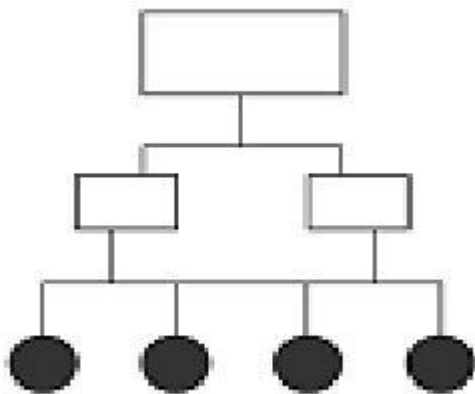
Aiemmin kiinteistöautomaatiojärjestelmät ovat olleet keskitettyjä eli niin sanottuja hierarkkisia järjestelmiä (KUVA 7), joissa jokainen erillisjärjestelmä (LVI, valaistus, ovien lukitukset yms.) on tarvinnut oman ohjauksensa. Nämä keskitetyt järjestelmät rakentuvat monista tasoista, joissa ylempi taso ohjaa alempien tasojen toimintaa. (Sähkötieto ry 1998, 27 - 29.)



KUVA 7. Keskitetty järjestelmä (Älykäs rakennusautomaatio 2009).

Yllä olevassa kuvassa (KUVA 7) on kuvattu keskitetyn järjestelmän rakennetta. Tummennettu suorakulmio edustaa keskusvalvomoa, joka on tällaisen järjestelmän ylin taso ja joka näin ollen lopulta ohjaa koko järjestelmän toimintaa. Valkoiset suorakulmiot kuvassa ovat alakeskuksia ja ympyrät kenttälaitteita. Koska jokainen erillisjärjestelmä vaatii tässä rakenteessa oman ohjauksensa, ei keskitetyssä järjestelmässä ole ollut juurikaan mahdollisuuksia saada aikaan selkeitä kokonaisuuksia, joita olisi helppo hallita. (Älykäs rakennusautomaatio 2009.)

Nykyään kiinteistöautomaatiojärjestelmissä on pääasiallisesti siirrytty avoimiin, hajautettuihin järjestelmiin (KUVA 8), joissa järjestelmän osien toiminta ei ole riippuvaisista muista osista, vaan kaikki järjestelmän osat toimivat itsenäisesti. Avoimuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä lyhyesti sanottuna sitä, että kaikkien laitevalmistajien on mahdollista tehdä laitteita, jotka sopivat järjestelmään. Näin ollen järjestelmien suunnittelijat ja urakoitsijat eivät joudu sitoutumaan yhteen ainoaan laitetoimittajaan, vaan voivat käyttää useiden eri valmistajien tuotteita tarpeen mukaan. Yleisimmin hajautetuissa järjestelmissä käytetään Suomessa Echelon Corporationin LonWorks-tekniikkaa, jota käsitellään tarkemmin myöhemmin. (Älykäs rakennusautomaatio 2009; Sähkötieto ry 2006, 16 - 20; Kiinteistöautomaation väyläratkaisut.)



KUVA 8. Hajautettu järjestelmä (Älykäs rakennusautomaatio 2009).

Rakenne hajautetussa järjestelmässä on siis yllä olevan kuvan (KUVA 8) mukainen. Selkeimpänä erona keskitettyyn järjestelmään verrattuna on se, että järjestelmän ”älykyys” on keskusvalvomon sijaan hajautettu kenttälaitteille, joita kutsutaan myös solmuiksi. Nämä solmut ovat täysin kykeneväisiä myös keskustelemaan, eli vaihtamaan tietoja keskenään. Hajautetussa järjestelmässä väyliä käytetäänkin vain ohjelmointia ja tiedon siirtoa varten. Lisäksi mainittakoon, että tällaisessa järjestelmässä tieto lähetetään vain niihin osiin järjestelmää, jotka kyseistä tietoa tarvitsevat. (Älykäs rakennusautomaatio 2009; Sähkötieto ry 2006, 16 - 20; Kiinteistöautomaation väyläratkaisut.)

6.2.2 Järjestelmän osat

Kiinteistöautomaatiojärjestelmät rakentuvat useista eri osista, joilla jokaisella on oma tehtävänsä. Järjestelmän muodostavat yleensä, järjestelmätyypin mukaan, valvomo, alakeskukset, kenttälaitteet, tiedonsiirtoverkko sekä tarvittavat ohjelmistot. Seuraavassa käsitellään valvomoita, alakeskuksia, kenttälaitteita, tiedonsiirtoverkkoja ja ohjelmistoja. (KH 17-00195 1994, 4 - 5.)

Kenttälaitteet ovat sananmukaisesti ”kentällä” (huonetiloissa, vesiputkissa, ilmanvaihtokanavissa jne.) sijaitsevia laitteita, jotka voidaan vielä jakaa mittauselimiin ja toimilaitteisiin. Mittauselimet ovat joko passiivisia antureita tai aktiivisia lähettämiä. Passiiviset anturit välittävät mittautustietoja eteenpäin muun muassa siten, että mittautustiedon perusteella niiden sähköinen resistanssi muuttuu, jolloin prosessin säädin mittaa tapahtuneen muutoksen. Aktiivisessa lähettimessä puolestaan on itsessään passiivinen anturi ja erillinen lähetinosa, jolla mittautustieto lähetetään eteenpäin säätimelle. Mitta-

uselimistä kiinteistöautomaatiossa käytetyimpiä ovat erilaiset lämpötila-anturit, esimerkiksi ulko- ja sisälämpötila-anturit. Lämpöantureiden lisäksi muita yleisesti käytettyjä mittauselimiä ovat sisäilmanlaadun tarkkailussa käytettävät kosteus- ja hiilidioksidianturit, ulkoilman tarkkailuun (ja sitä kautta lämmityksen säätöön) käytettävät aurinko- ja tuulianturit, sekä veden ja ilman paineiden mittaamiseen käytettävät paineanturit. (Harju 2003, 25; KH 17-00195 1994, 4 - 5.)

Toimilaitteet, toiselta nimeltään toimimoottorit tai säätömoottorit, ovat kenttälaitteita, jotka tarvitsevat toimiakseen apuvoimaa. Käytettävä apuvoima on tavallisesti painetta (pneumaattinen toimilaite) tai sähköä (sähkömekaaninen, sähkömagneettinen tai sähköhydraulinen toimilaite). Käytössä on lisäksi termisiä toimilaitteita, joiden toiminnan perustana on lämpölaajenemisen aiheuttama liike. Toimilaitteita käytetään ohjaamaan säätöön tarvittavia toimielimiä, esimerkiksi säätöventtiilejä ja -peltejä. Yhdessä toimilaitteet ja toimielimet muodostavat toimiyksikön. (Harju 2003, 30 - 32; KH 17-00195 1994, 5.)

Alakeskukset (vaihtoehtoisesti ala-asemat) ovat itsenäisiä prosessoriasemia, joihin kenttälaitteet ovat yhteydessä. Alakeskusten tehtävänä onkin kenttälaitteiden välityksellä liittää kiinteistöautomaatiojärjestelmään ne prosessit, joita valvotaan, ohjataan ja säädetään. Alakeskuksia on yleensä järjestelmässä useita johtuen siitä, että niihin voi yleensä liittää vain rajallisen määrän kenttälaitteita. Kuitenkin, mikäli käytössä on hajautettu järjestelmä, ei alakeskuksia tarvita ollenkaan, koska kenttälaitteet ovat ”älykkäitä”. Keskitetyssä järjestelmässä samaan järjestelmään kuuluvat alakeskukset liitetään paitsi koko järjestelmän valvomoon, myös toisiinsa. Yleisin sijoituspaikka alakeskuksille on lämmönjakohuoneissa tai vaihtoehtoisesti ilmastointikonehuoneissa. Tähän on syynä se, että näissä kyseisissä tiloissa on yleensä eniten laitteita, joita täytyy valvoa. Alakeskusten tyypillisiä toimintoja ovat tietojen käsittely (prosessori), ohjaukset saatujen tietojen perusteella, hälytykset, mittaukset mittauselimiä avulla, sekä erilaiset säädöt. (Harju 2003, 86 - 95; KH 17-00195 1994, 4 - 5.)

Valvomo edustaa kiinteistöautomaatiojärjestelmän ylintä tasoa. Vaikka keskitetyssä järjestelmässä järjestelmän älykkyys on alakeskustasolla, on tiedon järjestelmän tilasta, ohjauksista, säädöistä ja niin edelleen on tultava myös valvomoon saakka. Myös hajautettuun järjestelmään kuuluu valvomo, vaikka kenttälaitteet ovatkin älykkäitä. Kun järjestelmässä on yksi keskusvalvomo, helpottuu järjestelmän tilan tarkkailu sekä ohjauksen ja säätöjen tekeminen huomattavasti. Vaikka kiinteistöautomaatiojärjestelmän piiriin kuuluisi kymmeniä rakennuksia, voi järjestelmän valvomo olla hyvinkin pelkistetty, esimerkiksi vain yksi tietokone, jolla voi saada yhteyden alakeskuksiin, ja

tulostin raporttien tulostamiseen. Valvomon laitteita käytetään välittämään annettuja käskyjä järjestelmän laitteille ja keräämään, muokkaamaan ja esittämään kenttälaitteilta saatavaa tietoa. Valvomosta käsin voidaan siis ohjata järjestelmän piiriin kuuluvia lämmityksiä, valaistuksia, ilmanvaihtoa, lukituksia ynnä kaikkea muuta, mitä järjestelmään kuuluu. (Harju 2003, 95 - 96; Sähkötieto ry 1998, 28 - 29; KH 17-00195 1994, 4 - 5.)

Kiinteistöautomaatiojärjestelmään kuuluvilla ohjelmistoilla puolestaan tarkoitetaan erilaisia prosessinhallintaan käytettäviä ohjelmistoja. Tällaisia ohjelmistoja ovat muun muassa alakeskusten aika-, säätö- ja energianhallintaohjelmat, joiden avulla hallitaan kenttälaitteiden toimintaa. Kiinteistöautomaatiojärjestelmän ohjelmistoihin voidaan laskea kuuluvaksi myös taustaohjelmistot, jotka voivat olla esimerkiksi huolto- ja kunnossapito-ohjelmistoja sekä energiankäytöstä raportoivia ohjelmistoja. Lisäksi erittäin tärkeä osa kiinteistöautomaatiojärjestelmää on valvomon tietokoneella käytettävä, koko järjestelmän toimintaa ohjaava ja tarkkaileva ohjelmisto ja sen graafinen käyttöliittymä. Edellä mainitut taustaohjelmistot ovatkin yleensä osa tätä valvomon ohjelmistoa. Tällä valvomon tietokoneella olevalla ohjelmistolla voidaan siis hoitaa kaikkien järjestelmän piiriin kuuluvien kiinteistöjen ohjaukset ja säädöt sekä tietojen ja mittaus-tulosten käsittely. Tällainen ohjelmisto on esimerkiksi Schneider Electric'in TAC Vista. (KH 17-00195 1994, 4; Kummala & Seppänen.)

Kiinteistöautomaatiojärjestelmässä järjestelmän eri tasot (kenttälaitteet, alakeskukset, valvomot ja mahdollinen, laajempi hallintojärjestelmä) sekä niiden väliset yhteydet muodostavat järjestelmän tiedonsiirtoverkon. Perinteisessä järjestelmässä tiedonsiirtoverkon rakenne on hieman erilainen kuin avoimessa, hajautetussa järjestelmässä. Perinteisessä järjestelmässä kenttälaitteet ovat yhteydessä alakeskuksiin kenttäväylän välityksellä. Alakeskukset puolestaan yhdistetään toisiinsa ja kiinteistökohtaiseen valvomoon automaatiiväylän kautta. Kiinteistökohtaiset valvomot voivat olla edelleen yhdistettynä useamman kiinteistön käsittävään keskusvalvomoon useilla eri menetelmillä, esimerkiksi Internetin välityksellä. Keskusvalvomo taas on osa laajempaa hallinnon verkkoa. Hajautetussa järjestelmässä tiedonsiirtoverkon rakenne on sikäli erilainen, ettei siinä ole alakeskuksia, vaan älykkäät kenttälaitteet ovat yhteydessä toisiinsa kenttäväylän välityksellä, esimerkiksi läsnäoloanturi valaistukseen. Yleisin Suomessa hajautetuissa järjestelmissä käytettävä kenttäväyläratkaisu on aiemmin mainittu LonWorks, jota käsitellään myöhemmin. Kenttälaitteet ovat toistensa lisäksi yhteydessä myös suoraan kiinteistön valvomoon, josta käsin koko järjestelmää voidaan hallita. Kiinteistön valvomo puolestaan on perinteistä järjestelmää vastaavalla tavalla yhteydessä laajempaan, useamman kiinteistön keskusvalvomoon, joka on

osa hallintojärjestelmää. Tyypillisimmät tiedonsiirtoverkossa käytettävät tiedonsiirtomenetelmät voidaan jakaa

- langallisiin, joita ovat
 - koaksiaalikaapeli
 - kierretty pari, ts. symmetrinen kaapeli
 - optiset kuidut
- ja langattomiin, joita taas ovat esimerkiksi
 - radioverkko
 - IR-verkko, jossa on oltava näköyhteys laitteiden välillä.

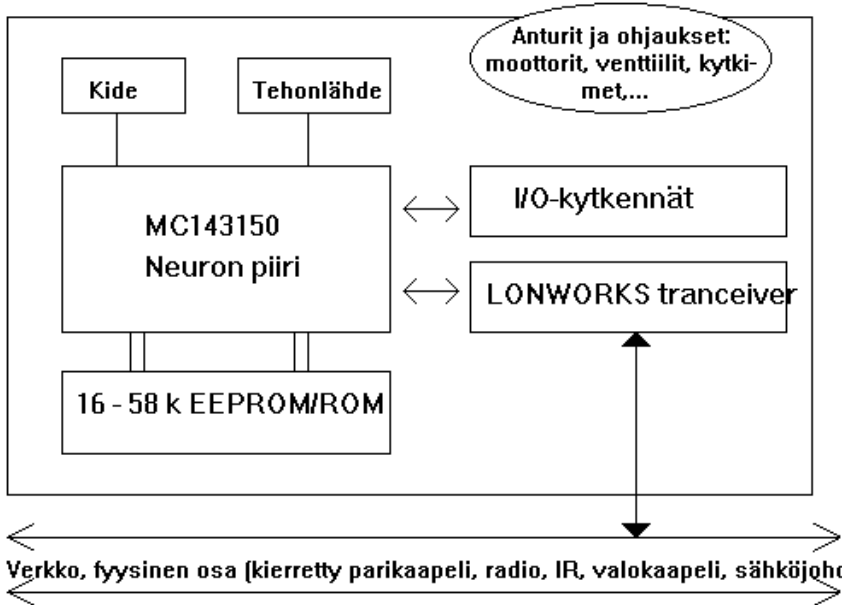
Lisäksi tiedonsiirto voidaan toteuttaa datasähkön (PLC, Powerline Communications) avulla hyödyntämällä jo olemassa olevaa sähköverkkoa. (Harju 2003, 87 - 99; Sähkötieto ry 1998, 50 - 54; Sähkötieto ry 2006, 98 - 103; Kummala & Seppänen.)

6.3 LonWorks-väyläteknikka

Kenttäväylä on digitaalinen, kaksisuuntainen väyläliityntäinen tiedonsiirtoratkaisu, joka yhdistää älykkäät mittaus- ja ohjauslaitteet, muun automaation, näytöt ja käyttöliittymät (Sähkötieto ry 2006, 32). Kenttäväyläteknikan käyttö edellyttää yleensä älykkäitä kenttälaitteita. Kenttäväylien toteuttamiseen avoimissa, hajautetuissa järjestelmissä on olemassa useita erilaisia väyläteknikoita, esimerkiksi EHS, EIB, MatIBUS ja LonWorks. Näistä LonWorks on Suomessa valikoitunut niin sanotuksi avainteknologiaksi ja tästä syystä siihen perehdytään tässä työssä hieman tarkemmin. Kuten aiemmin mainittiin, LonWorks-teknologian on kehittänyt amerikkalainen Echelon Corporation. Teknologiaa hyödynnetään rakennusautomaation lisäksi myös muun muassa teollisuusautomaatiossa ja ajoneuvoissa. Kiinteistöautomaatiossa LonWorks-teknikkaa käytetään esimerkiksi valaistuksen, lämmityksen, ilmastoinnin, kulunvalvonnan ja sähkönjakelun ohjaamiseen. Kyseisen tekniikan sydämeksi voidaan sanoa Neuron-piiriä, joka on älykkäissä kenttälaitteissa sijaitseva mikropiiri, jossa kenttälaitteen eli **solmun** älykkyys sijaitsee. LON-verkossa olevat solmut osaavat itsenäisesti suorittaa niille annettuja tehtäviä, kuten säätöjä ja ohjauksia. Lisäksi ne pystyvät tarkkailemaan omaa tilaansa mahdollisten häiriöiden varalta. (Älykäs rakennusautomaatio 2009; Sähkötieto ry 2006, 219 - 220; Kiinteistöautomaation väyläratkaisut.)

Solmun rakenne on syytä käydä tarkemmin läpi. Solmussa sijaitsee siis Neuron-piiri, jossa solmun älykkyys on. Lisäksi solmuun kuuluvat lähetin/vastaanotin, toiselta nimeiltään väyläsovitin (transceiver), elektroniikka, joka on aina sovelluksesta riippuvai-

nen, virtalähde sekä Neuron-piirin prosessorin ja solmun väyläsovittimen tahdistamiseen käytettävä kide. Solmun rakenne on esitetty myös alla olevassa kuvassa (KUVA 9). Kuvassa I/O-kytkennöillä tarkoitetaan sovelluskohtaista elektroniikkaa. (Sähkötietory 1998, 180 - 183.)



KUVA 9. Solmun rakenne (Älykäs rakennusautomaatio 2009).

Solmut ovat yhteydessä verkkoon väyläsovittimen välityksellä. Väyläsovittimia on erilaisia, parikaapelia, sähköverkkoa ja radiotaajuutta käyttäviä. Lisäksi väyläsovittimia on myös muille tiedonsiirtomedioidelle, kuten valokuidulle ja infrapunalle. Solmussa käytettävä väyläsovittintyyppi riippuukin siis LON-verkossa käytettävästä tiedonsiirtomediasta. LON-verkossa käytetään pääasiassa siirtomediaa kierrettyä johdinparia, sähköverkkoa tai radiotaajuutta, yleisin näistä on kierretty johdinpari. Näiden lisäksi käytössä voi olla koaksiaalikaapeli, infrapunaverkko tai valokuitu. (Sähkötietory 1998, 199; Kiinteistöautomaation väyläratkaisut.)

LON-verkon solmut keskustelevat keskenään lähettämällä toisilleen viestejä eli verkosanomia. Jokaiselle solmulle on määritetty oma, 48-bittinen osoitteensa, joka on tallennettu solmun Neuron-piiriin. Osoitteen perusteella viestit toimitetaan oikeaan solmuun. Viestityyppinä on erilaisia, muun muassa kuitattu viesti, vasteviesti, toistettu viesti ja kertaviesti. Rakenteeltaan viestit voidaan jakaa viiteen osaan

- 1) viestin vastaanottavan solmun osoite
- 2) lähettävän solmun osoite
- 3) viestityyppi
- 4) standardimuuttujan numero
- 5) lähtömuuttujan (output-muuttujan) lukuarvo. (Sähkötieto ry 1998, 190 - 192; Kiinteistöautomaation väyläratkaisut).

Keskustelu solmujen välillä noudattaa LonTalk-protokollaa. Tämä protokollan eli yhteyskäytännön ansiosta eri laitteiden ja ohjelmien väliset yhteydet ovat mahdollisia. Protokollan toimintaa voidaan kuvastaa esimerkillä, jossa solmu A lähettää viestin verkkoon solmulle B, joka reagoi saamaansa viestiin ja tarpeen vaatiessa (viestityypistä riippuen) myös vastaa siihen protokollan vaatimalla tavalla. LonTalk-protokolla asennetaan kaikkiin Neuron-piireihin niiden valmistusvaiheessa. Näin varmistetaan se, että eri laitevalmistajien laitteet pystyvät keskustelemaan keskenään. Protokollan perustana on CSMA-tekniikka, jota on muokattu siten, että se pyrkii ennustamaan verkossa tapahtuvaa liikennettä tavoitteena näin välttää verkon ruuhkautumista. Tässä tekniikassa verkon solmut tarkkailevat verkossa tapahtuvaa liikennettä ja havaitessaan väylän olevan vapaa ne lähettävät viestinsä eteenpäin protokollan mukaisesti. Mikäli LonTalk-protokollaa tarkastellaan käyttäjän näkökulmasta, sen voidaan ajatella olevan joukko tarvittaessa käytettäviä palveluja. Koska protokolla on rakenteeltaan ISO:n (International Standards Organization) OSI-mallin mukainen, on OSI-mallin eri kerroksille määritetty niiden tarjoamat palvelut (TAULUKKO 24). (Sähkötieto ry 1998, 192 - 193; Sähkötieto ry 2006, 219 - 225.)

TAULUKKO 24. LonTalk-protokollan tarjoamat palvelut OSI-mallin eri kerroksilla (Sähkötieto ry 1998, 193.)

Numero	OSI- kerros	Protokollan tarjoama palvelu
7	Sovellus	Standardiverkkomuuttujakirjasto
6	Esitystapa	Verkkomuuttujien käyttömahdollisuus, vieraiden kehysten välitys
5	Yhteysjakso	Kysely/vastaus- palvelu, aidontaminen, verkko- hallinta
4	Kuljetus	Eri viestityypit, aidontaminen, toisen samanlaisen viestin havaitseminen
3	Verkko	Sanomien osoitus, reititinmäärittelyt
2	Siirtoyhteys	Kehystäminen, kehysten purku, CRC- virheentarkistus, ennustava CSMA, törmäyksen välttäminen, valittava törmäyksentunnistus
1	Fyysinen	Eri tiedonsiirtomedioiden tuki

Kuten yllä olevasta taulukosta (TAULUKKO 24) huomataan, on protokollan sovelluskerrokselle eli kerrokselle 7 määritetty standardimuuttujakirjasto. Standardit verkkomuuttujat (Standard Net Variable Type, SNVT) on määritelty ja numeroitu LonTalk-protokollaan tarkasti, koska solmujen toisilleen lähettämässä viesteissä käytetään näitä verkkomuuttujia. Verkkomuuttujien standardoinnin ansiosta eri laitevalmistajien tuotteiden yhteensopivuus on mahdollista. Tyypiltään käytettävät verkkomuuttujat voivat olla Input- tai Output-muuttujia. Ne voidaan "sita" toisiinsa täysin vapaasti, toisin sanoen yksi verkkomuuttuja voidaan sitoa useaan eri solmuun ja vastaavasti yhteen solmuun voidaan sitoa useita eri verkkomuuttujia. Output-tyypin muuttuja toimii siten, että sille voidaan antaa jokin arvo, jolloin kyseinen muuttuja lähtee verkkoa pitkin automaattisesti niihin solmuihin, jotka kyseiseen muuttujaan on sidottu. Input-tyyppinen muuttuja puolestaan voi päivittyä automaattisesti verkon välityksellä. Kun Input-muuttuja päivittyy, osoittaa käyttöjärjestelmä jokaisessa solmussa muutoksen, joka muuttujassa on tapahtunut. Näin saadaan siis järjestelmän tilanmuutokset viestittyä kyseistä tietoa tarvitseville solmuille. (Sähkötieto ry 1998, 191 - 192; Kiinteistöautomaation väyläratkaisut.)

6.4 Kiinteistöautomaatio Rautavaaran kunnan kiinteistöissä

Tätä työtä aloitettaessa Rautavaaran kunnan kiinteistöjen kiinteistöautomaatioaste ei ollut kovin korkealla tasolla. Varsinainen kiinteistöautomaatiojärjestelmä oli vain Yläasteen ja lukion kiinteistöissä sekä Terveyskeskuksella. Yläasteen ja lukion järjestelmänä on kymmenen vuotta vanha Computecin järjestelmä ja Terveyskeskuksella puolestaan yhden vuoden ikäinen YIT:n/Computecin järjestelmä. Näiden lisäksi tulossa on Lepolan kiinteistö (uusi, tulossa oleva kiinteistö, joka ei ollut mukana tässä tutkimuksessa), johon tulee kiinteistöautomaatiojärjestelmäksi TAC:n (nykyään osa Schneider Electriciä) toimittama järjestelmä. Isommista kiinteistöistä Virastotalon ilmanvaihtokoneet ovat kellon perässä ja niitä ohjataan Åhmanin yksikkösäätimillä. Myös Monitoimitalon ilmanvaihtokoneet ovat kellon perässä ja niidenkin ohjaus on toteutettu yksikkösäätimillä. Kehitettävää tällä saralla olisi siis paljon.

Työhön liittyen käytiin tutustumassa myös noin 10 000 asukkaan kaupunkiin ja sen kiinteistöautomaatiojärjestelmään, jotta saataisiin hieman näkökulmaa siihen, kuinka kiinteistöautomaation voi järjestää kunnan kiinteistöissä ja kuinka se kannattaisi mahdollisesti hoitaa Rautavaaralla. Kyseisellä kaupungilla on kattava palvelu/etävalvontasopimus Schneider Electricin kanssa muutamista kaupungin kiinteistöistä. Kyseiseen palvelusopimukseen kuuluvat muun muassa ala-aste, terveyskeskus, vanhusten palvelukeskus ja kulttuuritalo. Lisäksi tämän palvelusopimuksen piiriin ollaan mahdollisesti lisäämässä päiväkotia, liikuntahalli ja uimahalli. Tähän palvelusopimukseen kuuluu, että Schneider Electricin edustaja valvoo ja säätää etäkäyttönä näiden sopimuksen piiriin kuuluvien kiinteistöjen ilmanvaihtoa, lämpötiloja ynnä muita kiinteistöjen LVIS-prosesseja, sekä sitä kautta optimoi kyseisten kiinteistöjen energiankäyttöä. Näiden palvelusopimukseen kuuluvien kiinteistöjen lisäksi myös muissa kiinteistöissä on kiinteistöautomaatiojärjestelmiä (Schneider Electricin toimittama). Näiden muiden kiinteistöjen, muun muassa kyläkoulujen, automaatiojärjestelmiä voidaan ohjata kaupungintalolla sijaitsevasta etävalvontakeskuksesta. Kiinteistöt kuuluvat siis kaikki saman järjestelmän piiriin, minkä ansiosta esimerkiksi kiinteistöhoitajien työmäärä on vähentynyt merkittävästi.

Edellä lyhyesti esitellyn kaltainen malli vaikutti todella toimivalta ja hyvin järjestelmälliseltä keinolta kiinteistöautomaation toteuttamiseksi kunnan kiinteistöissä. Tällainen malli voisi tulla kysymykseen myös Rautavaaran kohdalla. Toki Rautavaara on selvästi pienempi kunta kuin kyseinen tarkastelun kohde, mutta kuitenkin järjestelmän periaate on erittäin toimiva ja sitä voisi tarvittaessa muokata paremmin Rautavaaran tarpeisiin vastaavaksi. Rautavaaralla kiinteistöautomaation tilannetta voisi parantaa

erityisesti koettamalla saada suurimmat kiinteistöt, kuten Yläaste ja lukio, Terveyskeskus, Vanhainkoti, Monitoimitalo, Virastotalo ja tulossa oleva Lepolan kiinteistö samaan kiinteistöautomaatiojärjestelmään. Nämä kiinteistöt olisi hyvä saada järjestelmään siksi, että ne ovat isoja ja niissä on paljon hallintaa vaativia LVIS-prosesseja. Tällä järjestelmällä voisi olla keskusvalvomo esimerkiksi Virastotalolla, josta käsin voitaisiin hallita kaikkia järjestelmän piiriin kuuluvia kiinteistöjä. Mikäli näin laajaan järjestelmään ei haluta vielä lähteä, voisi ensimmäisiä harkittavia toimenpiteitä olla esimerkiksi jonkinasteisen kiinteistöautomaatiojärjestelmän saaminen Monitoimitalolle ja Virastotalolle. Näitä kiinteistöjä käytetään paljon ja niissä on siten myös paljon hallintaa ja säätöä vaativia prosesseja. Myöhemmin tilannetta voisi kehittää edellä mainitun esimerkin suuntaan sovittamalla eri kiinteistöjen automaatiojärjestelmät yhteen, laajempaan järjestelmään.

Mikäli kiinteistöautomaation tasoa päädytään nostamaan vähitellen, voi ongelmaksi muodostua järjestelmien kilpailutuksen pakko. Vaikka kilpailutettaessa eri toimittajien järjestelmiä määritettäisiin tarkasti järjestelmältä vaadittavat ominaisuudet, ei silti ole takeita siitä, että järjestelmät olisivat keskenään yhteensopivia. Lisäksi mikäli päädytään useiden eri toimittajien järjestelmiin, joutuvat kiinteistöhuollon henkilöt opettelemaan käyttämään useita erilaisia järjestelmiä. Hyvänä puolena vaiheittaisessa automaatioasteen nostossa sen sijaan on esimerkiksi pienempi kertainvestoinnin tarve, eli kiinteistöautomaatiojärjestelmän hankkiminen yhteen tai kahteen kiinteistöön kerrallaan ei tule niin kalliiksi kuin koko laajan järjestelmän hankinta kerralla.

Jos päädytään hankkimaan yksi, laajempi kiinteistöautomaatiojärjestelmä kerralla, voi ongelmaksi muodostua juuri investoinnin suuruus. Tämä vaihtoehto voi toisaalta maksaa itsensä takaisin järjestelmän tarjoamien energiansäästömahdollisuuksien ja kiinteistöhuoltotöiden yksinkertaistumisen kautta. Yhden, laajemman järjestelmän etuna on myös se, ettei tarvetta monien, erilaisten järjestelmien opetteluun ole, vaan kaikkea voidaan hallita yhden järjestelmän avulla. Molemmissa tavoissa (kertainvestointi ja vaiheittainen automaatioasteen nosto) on hyvänä puolena energiansäästömahdollisuus kiinteistöissä, erityisesti lämmön- ja sähkönkulutuksessa.

7 YHTEENVETO

Tutkimuksen tuloksena saatiin selville muun muassa laskennan kautta ne Rautavaaran kunnan kiinteistöt, joiden lämmön-, sähkön- ja/tai vedenkulutuksessa on parannettavaa, kun niitä verrataan tutkimuksessa käytettyihin vertailuaineistoihin. Kulutusten vertailuun täytyy kuitenkin muistaa suhtautua hieman kriittisesti vertailuaineiston, laskennan pienen epätarkkuuden ja hieman puutteellisten kiinteistöjen tietojen takia. Kiinteistöjä, joiden kulutuksissa on parannettavaa, ovat

- Kivikumpu
- Kotitien rivitalot
- Vanha paloasema
- Yläasteen paja
- Vanhainkoti
- Monitoimitalo
- Yläaste ja lukio
- Ensola
- Kirjasto
- Teknisen toimen varasto
- Suojala 1 & 2
- Kiviharju
- Palola.

Kyseisille kiinteistöille saatiin laskettua myös suuntaa antavat lämmönsäästöpotentiaalit erilaisilla lämmönsäästötoimenpiteillä. Kuten yhteenvetotaulukosta (TAULUKKO 7) nähdään, on kiinteistökannan lämmönsäästöpotentiaali tämän tutkimuksen mukaan noin 35 000 euroa/vuosi ja 600 MWh/vuosi.

Näille tutkituille säästötoimenpiteille arvioitiin myös niiden kustannuksia, kunkin toimenpiteen tarjoamia säästöjä suhteutettuna kyseisen toimenpiteen kustannuksiin ja toimenpiteiden takaisinmaksuaikojen. Näin saatiin selville ne toimenpiteet, jotka tarjoavat parhaan säästön lämmönkulutuksessa edullisimpaan hintaan. Nämä suositellimmat ja lyhimmän takaisinmaksuajan omaavat toimenpiteet ovat yläpohjan ja ulkoseinien lisäeristämiset sekä kiinteistön ilmatiiviyden parantaminen. Näitä toimenpiteitä tehtäessä täytyy kuitenkin muistaa sisäilmanlaatua koskevat määräykset. Niiden mukaan ilman on päästävä vaihtumaan kiinteistössä riittävästi, eli liikaa ei saa eristää.

Sähkön- ja vedenkulutuksille ei laskettu säästöpotentiaalia, mutta niihinkin haettiin mahdollisia säästötoimenpiteitä. Vedenkulutuksessa päädyttiin siihen, että suurin merkitys kulutukseen on käyttötottumuksilla. Sähkönkulutukseen puolestaan voidaan vaikuttaa kiinteistötyypin mukaan eri tavoin. Esimerkiksi ilmanvaihdon ja valaistuksen sekä sähkölaitteiden energiatehokkuus ovat merkittäviä tekijöitä sähkönkulutuksessa. Myös käyttötottumuksilla on merkitystä.

Myös kiinteistöautomaatiosta löydettiin jo nopeasti asiaan perehtymällä parannettavaa. Kiinteistöautomaation aste on Rautavaaralla tällä hetkellä melko alhainen. Kunnassa on kuitenkin joitain isoja kiinteistöjä, joissa on paljon säätöä ja ohjausta vaativia LVIS-prosesseja ja joissa ei tällä hetkellä ole kiinteistöautomaatiojärjestelmää (Monitoimitalo ja Virastotalo). Nämä kiinteistöt olisi hyvä saada automaatiojärjestelmään, jolloin niiden energiankulutusta (sähkö ja lämpö) voitaisiin paremmin hallita ja vähentää samalla kiinteistönhuoltohenkilöstöltä vaadittavaa työn määrää. Paras vaihtoehto kiinteistöautomaatioasteen parantamiseksi olisi hankkia kerralla laaja järjestelmä, johon kaikki keskeiset kiinteistöt liitettäisiin. Kyseisen järjestelmän keskusvalvomo voisi olla esimerkiksi Virastotalolla ja sieltä käsin kiinteistönhuoltohenkilöstö voisi tietokoneen välityksellä hoitaa kaikkien järjestelmään kuuluvien kiinteistöjen lämmön, ilmanvaihdon ja valaistuksen ohjaukset, ovien lukitukset sekä paljon muuta. Tällainen järjestely on muualla havaittu toimivaksi.

Lopullisena yhteenvetona voidaan siis todeta, että Rautavaaran kunnalla on sellaisia kiinteistöjä, joiden energian- ja vedenkulutuksessa on selvästi parannettavaa. Säästöpotentiaalia löytyy kymmeniä tuhansia euroja ja erityisesti nyt, kun lämmön hinta on noussut tasaisesti, olisi tärkeää puuttua tiedossa oleviin epäkohtiin lämmönkulutuksen suhteen. Lisäksi kiinteistöautomaatioasteen parantamiseen on Rautavaaralla kova tarve. Alustavat, suuntaa antavat toimenpide-ehdotukset näiden tilanteiden parantamiseksi saatiin työn avulla selville, joten tehty tutkimus on hyödyksi Rautavaaran kunnalle.

LÄHTEET

Rautavaaran kunnan www-sivu. Tietoa kunnasta [viitattu 5.12.2010]. Saatavissa: <http://www.rautavaara.fi>.

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta 19.6.2007. *Suomen rakentamismääräyskokoelma D5*. Ympäristöministeriö [viitattu 15.7.2010]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf>.

Ruokojoki, J. 2009. *Kuntien omien rakennusten lämmön, sähkön ja veden kulutus vuonna 2008* [verkkajulkaisu]. Kuntaliitto [viitattu 17.12.2010]. Saatavissa: <http://www.kunnat.net/link.asp?path=1;29;356;117046;117109;117112;160753>.

Motiva Oy. Julkinen sektori. Energiankäytön tehostaminen. Kiinteistöjen energianhallinta. Kulutuksen normitus. Mitä ovat lämmitystarveluvut [viitattu 17.12.2010]. Saatavissa: <http://www.motiva.fi/>.

Korjaustieto. Taloyhtiöt. Energiatehokkuus. Energiakorjaukset. Käyttötekniset toimenpiteet [viitattu 29.12.2010]. Saatavissa: <http://www.korjaustieto.fi/>.

Rakennushallitus 1981. *Energiansäästöohjeet suunnittelijoille*. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Kanerva, V. & Lappalainen, M. 1980. *Kaupunkien rakennuskannan energiatalous*. Helsinki: Kirjapaino Oy Nova.

Motiva Oy. Koti ja asuminen. Taloyhtiöt. Asuinrakennusten energiakorjauksien toimenpidelaskuri [viitattu 3.1.2011]. Saatavissa: <http://www.motiva.fi/>.

Holopainen, R., Hekkanen, M., Hemmilä, K. & Norvasuo, M. 2007. *Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit* [atk-tallenne]. VTT tiedotteita 2377 [viitattu 3.1.2011].

Leskinen, P. 2010. *Asuinkiinteistöjen energiatalous ja ylläpito Siikalatvan kunnassa*. Kajaani: Kajaanin ammattikorkeakoulu. Kajaanin ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö [viitattu 20.12.2010]. Saatavissa: <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/12997/Asuinkiinteistojen%20energiatalous%20ja%20yllapito%20Siikalatvan%20kunnassa.pdf?sequence=1>.

Shemeikka, J., Kosonen, R., Hoving, P., Laitila, P., Pihala, H. & Laine, T. 1996. *Rakennuksen sähköenergiankulutuksen tavoitearvot*. VTT tiedotteita 1756. Espoo: VTT Offsetpaino.

Korjaustieto. Taloyhtiöt. Energiatohokkuus. Energiankulutus. Käyttövesi [viitattu 9.1.2011]. Saatavissa: <http://www.korjaustieto.fi/>.

Kauppa- ja teollisuusministeriö 1988. *Tehokkaan energiankäytön opas taloyhtiön hallitukselle*. 2. painos. Helsinki: VAPK.

Haahtela, Y. & Kiiras, J 2009. *Talonrakennuksen kustannustieto*. Helsinki: Haahtela-kehitys Oy.

Haahtela 2010. *Haahtela-hintaindeksi* [verkkójulkaisu]. Haahtela-kehitys Oy [viitattu 16.1.2011]. Saatavissa: <http://www.haahtela.fi/Taku/Takutiedote%20I%202011.pdf>.

Harju, P 2003. *Talotekniikan automaatio*. Kouvola: Penan Tieto-Opus Ky.

Sähkötieto ry 1998. *Avoimet rakennusautomaatiojärjestelmät*. Sähkötekniset tietojärjestelmät- kirjasarja. Espoo: Sähköinfo Oy.

Koskelo, Heikki 2010. Rautavaaran kunnan edustaja. 4.10.2010. Haastattelu [sähköpostiviesti] [viitattu 21.12.2010].

Älykäs rakennusautomaatio 2009 [oppimateriaali]. Savonia- ammattikorkeakoulu. Tekniikka, Kuopio. [atk-tallenne].

KH 17-00195 *Rakennusten LVI- järjestelmien säätötekniikka* 1994. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Sähkötieto ry 2006. *Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät*. ST-käsikirja 21. Espoo: Sähköinfo Oy.

Kummala, J. & Seppänen, M. *Tiedonsiirtoa rakennusautomaatiossa* [verkkodokumentti]. [viitattu 28.1.2011]. Saatavissa: <http://robo.cop.fi/kurssit/markus/tiedrak2.html>.

Kiinteistöautomaation väyläratkaisut [oppimateriaali]. Kajaanin ammattikorkeakoulu [viitattu 28.1.2011]. Saatavissa: http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/KAT_KIINTEIST%C3%96AUTOMATION%20V%C3%84YL%C3%84RATKAISUT.ppt%20%5BCompatibility%20Mode%5D.pdf.

Suihkonen, Riitta 2010. Rautavaaran kunnan edustaja. 27.8.2010. Haastattelu [sähköpostiviesti] [viitattu 21.12.2010].

www.savonia.fi



Kiinteistö	2006			2007			Muutos vuoteen 2006 verrattuna			Muutos vuoteen 2007 verrattuna		
	kWh/m ²	kWh/m ³	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ³	kWh/m ³	(%)	kWh/m ²	kWh/m ³	(%)	kWh/m ²	kWh/m ³
Rautaharju 1&2	16,56	3,71	17,13	3,83	3,44 %	16,19	3,62	-5,49 %				
Kivikumpu	41,62	14,23	40,62	13,88	-2,40 %	45,47	15,54	11,94 %				
Kotitien rivitalot	33,45	12,35	35,29	13,04	5,50 %	40,83	15,08	15,70 %				
Vanha paloasema	65,63	18,22	64,07	17,79	-2,38 %	57,43	15,94	-10,36 %				
Rautarinne	31,50	10,49	28,17	9,38	-10,57 %	27,67	9,22	-1,77 %				
Oppilasarvontola	46,11	9,95	62,84	13,55	36,28 %	63,68	13,74	1,34 %				
Yläasteen opettaja-asuntola	29,39	7,54	40,05	10,28	36,27 %	40,59	10,42	1,35 %				
Yläasteen paja	51,02	17,01	69,53	23,18	36,28 %	70,46	23,49	1,34 %				
Vanhainkoti	3,39	1,13	38,52	12,84	1036,28 %	42,81	14,27	11,14 %				
Terveyskeskus	6,19	2,06	70,33	23,47	1036,19 %	78,15	26,09	11,12 %				
Monitoimitalo	36,28	12,09	47,34	15,78	30,49 %	48,55	16,18	2,56 %				
Yläaste ja lukio	27,38	9,02	37,31	12,29	36,27 %	37,82	12,46	1,37 %				
Ensola	30,81	10,27	28,59	9,53	-7,21 %	34,83	11,61	21,83 %				
Ala-aste	17,39	5,89	18,44	6,25	6,04 %	19,92	6,75	8,03 %				
Kirjasto	29,60	9,86	26,14	8,71	-11,69 %	24,82	8,27	-5,05 %				
Rautala	20,02	6,30	10,25	3,23	-48,80 %	10,84	3,41	5,76 %				
Kiviharju	13,66	4,23	17,22	5,33	26,06 %	17,61	5,45	2,26 %				
Uusi paloasema	42,43	7,45	41,84	7,35	-1,39 %	40,28	7,07	-3,73 %				
Mäntylä 1&2	20,58	7,12	19,12	6,61	-7,09 %	20,49	7,09	7,17 %				
Palola	0,00	0,00	2,73	0,61	-	39,01	8,75	1328,94 %				
Teknisen toimien varasto	82,60	22,27	81,70	22,02	-1,09 %	82,65	22,28	1,16 %				
Suojala 1&2	130,84	43,61	121,08	40,36	-7,46 %	123,66	41,22	2,13 %				
Virastotalo	30,33	10,11	25,90	8,63	-14,61 %	31,29	10,43	20,81 %				

Liite 3

Kiinteistö	2006	2007	2008
	litraa/m3	litraa/m3	litraa/m3
Rautaharju 1&2	265,37	265,37	265,37
Kivikumpu	633,79	633,79	633,79
Kotitien rivitalot	440,46	440,46	440,46
Vanha paloasema	374,06	374,06	374,06
Rautarinne	159,00	159,00	159,00
Oppilasasuntola	132,65	132,65	132,65
Yläasteen opettaja-asuntola	166,67	166,67	166,67
Yläasteen paja	16,09	16,09	16,09
Vanhainkoti	439,60	439,60	439,60
Terveyskeskus	266,37	266,37	266,37
Monitoimitalo	19,75	19,75	19,75
Yläaste ja lukio	41,33	41,33	41,33
Ensola	931,94	931,94	931,94
Ala-aste	53,46	53,46	53,46
Kirjasto	53,10	53,10	53,10
Rautala	20,37	20,37	20,37
Kiviharju	600,00	600,00	600,00
Uusi paloasema	19,25	19,25	19,25
Mäntylä 1&2	385,63	385,63	385,63
Palola	645,79	645,79	645,79
Teknisen toimen varasto	17,39	17,39	17,39
Suojala 1&2	527,32	527,32	527,32
Virastotalo	44,78	44,78	44,78