

RAKENNUKSEN SIMULOIDUN ENERGIANKULUTUKSEN  
VERTAAMINEN TOTEUTUNEeseen

Jussi Jaakola  
Opinnäytetyö  
20.12.2010  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
<b>Talotekniikka</b>	<b>Insinöörityö</b>	<b>29</b>	<b>+</b>	<b>1</b>
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
<b>Suunnittelu</b>	<b>2010</b>			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
<b>Oulun seudun ammattikorkeakoulu</b>	<b>Jussi Jaakola</b>			
Työn nimi				
<b>Rakennuksen simuloidun energiankulutuksen vertaaminen toteutuneeseen</b>				
Avainsanat				
<b>Riuska, energiankulutus</b>				

Opinnäytetyössä verrataan Oulun seudun ammattiopiston liiketalouden yksikön toteutunutta energiankulutusta Riuska-ohjelmalla simuloituun energiankulutukseen. Lisäksi työssä analysoidaan syitä mahdollisille eroavaisuuksille.

Työ on toteutettu Progman Oy:n Comfort & Energy -paketilla, johon kuuluvat MagiCAD Room ja Riuska. Roomilla tehdään rakennuksen pohjapiirustuksen päälle rakennuksesta kolmiulotteinen mallinnus, joka siirretään Riuskaan. Riuskassa mallinnukseen syötetään parametreja rakennuksesta olevien pohjatietojen perusteella, joista ohjelma simuloi rakennuksen energiakäyttämisen.

Simulaation tulos lämmitysenergian osalta poikkeaa toteutuneesta kulutuksesta 18 %. Suurin syy tähän on kiinteistösähkön kulutus, joka on simulaatiossa vain 67 % toteutuneesta sähkön kulutuksesta. Sähkölaitteiden aiheuttamat lämpökuormat ovat siis todellisuudessa huomattavasti suuremmat kuin simulaatiossa, mikä tarkoittaa, että simulaatiossa nämä lämpökuormat on korvattu kaukolämpöenergialla.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	5
2 KOHDE.....	7
2.1 Sijainti ja käyttö.....	7
2.2 Tekniset tiedot.....	8
2.3 Talotekniikka.....	11
3 OHJELMISTO.....	14
3.1 MagiCAD Room.....	14
3.2 Riuska.....	16
4 TULOKSET.....	18
4.1 Kohteen toteutuneet kulutustiedot.....	18
4.2 Lämmitysenergian kulutuksen normeeraus sääoloihin.....	20
4.3 Simuloitujen tulosten vertaaminen toteutuneisiin.....	24
4.3.1 Lämmitysenergia.....	24
4.3.2 Sähköenergia.....	26
5 YHTEENVETO.....	27
LÄHTEET.....	29
LIITTEET	
Liite 1 Energiankulutus	

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä simuloidaan Oulun Kaukovainiolla sijaitsevan Oulun seudun ammattiopiston liiketalouden yksikön energiakäyttäytyminen Riuska-ohjelmalla. Rakennuksen simuloitua energiakäyttäytymistä verrataan rakennuksen todelliseen energiakäyttäytymiseen niiltä osin, kuin se on mahdollista. Lisäksi työssä analysoidaan mahdollisia eroavaisuuksia energiakäyttäytymisen välillä.

Opinnäytetyön aihe liittyy nykyisin ympäri maailmaa käynnissä olevaan ilmastonmuutoksen vastaiseen työhön. Viime kädessä työn tavoitteena onkin Oulun seudun ammatillisen koulutuksen kuntayhtymän (OSEKK) kiinteistöjen energiankulutuksen vähentäminen. OSEKK solmi vuonna 2007 sopimuksen Kauppa- ja teollisuusministeriön kanssa OSEKK:n kiinteistöjen energiankulutuksen vähentämisestä 9 prosentilla vuodesta 2008 vuoteen 2016. Maailman kokonaisenergiankulutuksesta rakennusten käytön ja rakentamisen osuus on noin 40 %, joten parannukset energiatehokkuudessa tällä sektorilla ovat merkittäviä myös kokonaisenergiankulutuksen osalta.

Rakennuksen energiakäyttäytyminen tarkoittaa tässä tapauksessa rakennuksen lämmitysenergiaa, sähköenergiaa sekä käyttöveden lämmitykseen kuluva energiaa. Lämmitysenergia tarkoittaa lämpöenergiaa, joka käytetään korvaamaan rakennuksen vaipan läpi ulkoilmaan johtuva lämpöenergia sekä ilmanvaihdon ja vuotoilman mukana poistuva lämpöenergia. Kaukolämpöenergia jaetaan rakennuksen lämmittämiseen vesikiertoisten radiaattoreiden ja ilmanvaihtokoneiden lämmityspatterien kautta. Tässä rakennuksessa lämmitysenergia tarkoittaa kaukolämmöstä saatua lämpöenergiaa. Lisäksi osa ostetusta kaukolämmöstä kuluu käyttöveden lämmitykseen. Sähköenergia tarkoittaa rakennuksen sähkölaitteiden käyttämiseen tarvittavaa energiaa. Sähköenergiaa ovat esimerkiksi tietokoneiden ja valaistuksen käyttämiseen tarvittu energia. Sähköenergia otetaan yleisestä sähköverkosta. Osa sähköenergiasta päätyy myös lämmitykseen, koska sähkölaitteet ja valaistus tuottavat päällä ollessaan myös lämpöenergiaa, josta käytetään nimitystä lämpökuorma.

Opinnäytetyö on toteutettu laatimalla ensin kolmiulotteinen mallinnus rakennuksesta MagiCAD Room -ohjelmalla. Tämän jälkeen mallinnus on siirretty Riukseen IFC-tiedostona. Riuskassa mallinnukseen on syötetty energiakäyttämiseen vaikuttavat tiedot, kuten ilmanvaihdon tiedot, seinien materiaalit, yms. Riuskan käyttämisestä simuloitaessa koekohdetta käsittelee Jari Näränen (2010) OAMK:n opinnäytetyössään, kun tässä työssä käsitellään Riuskalla simuloituja tuloksia.

## 2 KOHDE

### 2.1 Sijainti ja käyttö

Opinnäytetyön koekohteena on Oulun seudun ammattiopiston liiketalouden yksikkö. Rakennus on valmistunut vuonna 2003. Yksikössä koulutetaan datanomeja ja merkonomeja. Rakennuksessa työskentelee noin 680 opiskelijaa sekä 70 henkilökunnan jäsentä. Liiketalouden yksikkö sijaitsee Oulun Kaukovainiolla osoitteessa Kotkantie 2. Kuvassa 1 on kohteen pohjoisseinä. (Oulun seudun ammattiopisto - Kaukovainion yksikkö, liiketalous.)



*KUVA 1. Oulun seudun ammattiopiston liiketalouden yksikön pohjoisseinä*

Rakennuksen tiloista suurin osa on opetustiloja, joista noin kolmasosa on tietokonehuoneita. Kellarikerroksessa on kuntosalina toimiva väestönsuoja sekä suihku- ja sosiaalityötiloja. Kolmannen kerroksen itäpäädyssä ovat henkilökunnan työhuoneet. Lisäksi rakennuksessa on suuri, kahden kerroksen korkuinen aulatila, jossa on myös kahvio. Keittiötä rakennuksessa ei ole, vaan ruokailu

hoidetaan koekohteeseen yhteydessä olevassa Oulun seudun ammattiopiston tekniikan yksikön ruokalassa. Myös liiketalouden yksikön kirjasto sijaitsee tekniikan yksikön rakennuksessa. Kirjasto ja ruokala eivät ole mukana rakennuksen energiasimulaatiossa.

## **2.2 Tekniset tiedot**

Rakennuksessa on kolme kerrosta: kellarikerros, katolla sijaitseva ilmastointikonehuone sekä kaksikerroksinen lasisilta, joka yhdistää rakennuksen vieressä sijaitsevaan tekniikan yksikköön. Kerrosten yhteenlaskettu bruttopinta-ala on 5 020 m<sup>2</sup>, mikä tarkoittaa että pinta-alassa on mukana myös seinäkohtien pinta-alat. Rakennuksen huonepinta-ala on 4 714 m<sup>2</sup>. Rakennuksen rakennustilavuus on 21 200 m<sup>3</sup>. Rakennuksen ulkoseinäateriaali on teräspoimulevyverhottua teräsbetonia lukuun ottamatta aulatilán kohdalla olevaa lasiseinää. (Rakennusselitys. 2003.)

Taulukoissa 1 - 4 on rakennuksen vaipan osien: ulkoseinien, perusmuurien, alapohjien, yläpohjien, ovien ja ikkunoiden pinta-alat sekä U-arvot eli lämmönläpäisykertoimet. U-arvo tarkoittaa lämpötehoa, joka johtuu rakenteen läpi ulkoilman ja rakennuksen sisäilman välillä. Pienempi U-arvo tarkoittaa pienempää lämpöenergian johtumista rakenteen läpi.

Taulukossa 1 on esitelty rakennuksen seinien pinta-alat ja lämmönläpäisykertoimet.

*TAULUKKO 1. Ulkoseinien ja perusmuurien pinta-alat ja lämmönläpäisykertoimet (Rakennusselitys. 2003.)*

Seinä	Pinta-ala [m <sup>2</sup> ]	U-arvo [W/m <sup>2</sup> K]
US 1, ei-kantava ulkoseinä	461,1	0,28
US 1.1, ei-kantava ulkoseinä	158,1	0,28
US 2, ei-kantava ulkoseinä	147,7	0,26
US 3, kantava ulkoseinä	553,0	0,26
US 4, ulkoseinä Vss:n kohdalla	96,7	0,28
PM 1, kellaritilan perusmuuri 0-1 m maanpinnan alapuolella	41,6	0,26
PM 1, kellaritilan perusmuuri 1-2 m maanpinnan alapuolella	108,0	0,20
PM 2, Vss:n perusmuuri 0-1 m maanpinnan alapuolella	37,5	0,26
PM 2, Vss:n perusmuuri 1-2 m maanpinnan alapuolella	82,5	0,20

Taulukossa 2 on esitelty rakennuksen alapohjien pinta-alat ja lämmönläpäisykertoimet.

*TAULUKKO 2. Maanvaraisten alapohjien pinta-alat ja lämmönläpäisykertoimet (Rakennusselitys. 2003.)*

Alapohja	Pinta-ala [m <sup>2</sup> ]	U-arvo [W/m <sup>2</sup> K]
Maanvarainen laatta, reuna-alue	129,0	0,26
Maanvarainen laatta, sisäalue	597,1	0,20
Väestönsuojan alapohja	562,1	0,20
Yhdyskäytävän alapohja	34,9	0,26



Taulukossa 3 on esitelty rakennuksen yläpohjien pinta-alat ja lämmönläpäisykertoimet.

*TAULUKKO 3. Ulkoilmaa vasten olevien yläpohjien pinta-alat ja lämmönläpäisykertoimet (Rakennusselitys. 2003.)*

Yläpohja	Pinta-ala [m <sup>2</sup> ]	U-arvo [W/m <sup>2</sup> K]
Yläpohja yleensä	1 232,3	0,15
Iv-konehuoneen yläpohja	165,8	0,22
Yhdyskäytävän yläpohja	34,8	0,15

Taulukossa 4 on esitelty rakennuksen ikkunoiden ja ovien pinta-alat ja lämmönläpäisykertoimet.

*TAULUKKO 4. Ikkunoiden ja ulko-ovien pinta-alat ja lämmönläpäisykertoimet (Rakennusselitys. 2003.)*

Tyyppi	Pinta-ala [m <sup>2</sup> ]	U-arvo [W/m <sup>2</sup> K]
Ikkunat, etelä	476,6	1,4
Ikkunat, pohjoinen	233,4	1,4
Ikkunat, länsi	16,7	1,4
Ikkunat, itä	34,9	1,4
Ovet	36,2	1,4
Lasiseinä	373,2	1,1

## 2.3 Talotekniikka

Rakennuksen ilmanvaihto hoidetaan kahdella tulo- ja poistoilmakoneella: TK01 ja TK02 joissa molemmissa on regeneratiivinen pyörivä lämmönsiirrin. Lisäksi rakennuksessa on neljä poistoilmakonetta: PK03, PK04, PK05 ja PK06. Simulaation pohjatietona käytettiin rakennuksen ilmastointisuunnitelmaa, jonka pohjalta simulaatioon syötettiin rakennuksen huonekohtaiset ilmavirrat. Ilmanvaihtokoneiden ilmavirrat on esitetty taulukossa 5. Poistoilmakoneiden kohdalla on kaksi poistoilmavirtaa, joista toinen on ilmavirta rakennuksen käyttöaikana ja toinen yöaikana. Taulukossa on esitetty myös tulo- ja poistoilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenoton teoreettiset hyötysuhteet. Hyötysuhteet kuvaavat prosentuaalisesti lämpöenergian siirtymistä poistoilman ja tuloilman välillä.

*TAULUKKO 5. Ilmanvaihtokoneiden ilmavirrat ja lämmöntalteenoton teoreettiset hyötysuhteet*

Laitetunnus	Tuloilmavirta [m <sup>3</sup> /s]	Poistoilmavirta [m <sup>3</sup> /s]	Lto:n teor. hyötysuhde %
TK01	5,5	5,5	73
TK02	9,8	9,8	73
PK03		0,35 / 0,18	
PK04		0,17 / 0,09	
PK05		0,49 / 0,24	
PK06		0,03	

Taulukossa 6 on kuvattuna rakennuksen ilmanvaihtokoneiden käyntiajat päivittäin ja viikoittain. Loma-aika käsittää kesäloman sekä syys-, joului- ja hiihtolomat.

*TAULUKKO 6. Ilmanvaihtokoneiden käyntiajat*

Laitetunnus	Opiskeluaika	Loma-aika	Käyntiaika [vrk/viikko]
TK01	6.30–21.00	8.00–15.00	5
TK02	6.30–21.00	8.00–15.00	5
PK03	6.30–21.00	8.00–15.00	7
PK03 yöaika	21.00–6.30	15.00–8.00	7
PK04	6.30–21.00	8.00–15.00	7
PK04 yöaika	21.00–6.30	15.00–8.00	7
PK05	6.30–21.00	8.00–15.00	7
PK05 yöaika	21.00–6.30	15.00–8.00	7
PK06	0.00–24.00		7

Taulukossa 7 esitetään ilmanvaihtokoneiden puhaltimien tehot. Tehot tarkoittavat käytännössä ilmanvaihtokoneiden toimintaan tarvittavaa sähkötehoa, jonka tuottamiseen tarvittava energia ostetaan yleisestä sähköverkosta. Tulo- ja poistoilmakoneiden (TK01 ja TK02) tehot on esitetty tuloilmapuolen puhaltimen tehona ja poistoilmapuolen puhaltimen ottamana tehona. Huippuimurien (PK03, PK04, PK05 ja PK06) tehot on esitetty rakennuksen käyttöaikana otettavana tehona sekä sulkeissa olevana yöajan tehona.

*TAULUKKO 7. Ilmanvaihtokoneiden sähkötehot*

Laitetunnus	Teho [kW]	
	Tulo	Poisto
TK01	11,0	7,5
TK02	18,5	15,0
PK03		0,1 (0,65)
PK04		0,12 (0,04)
PK05		0,65 (0,11)
PK06		0,1

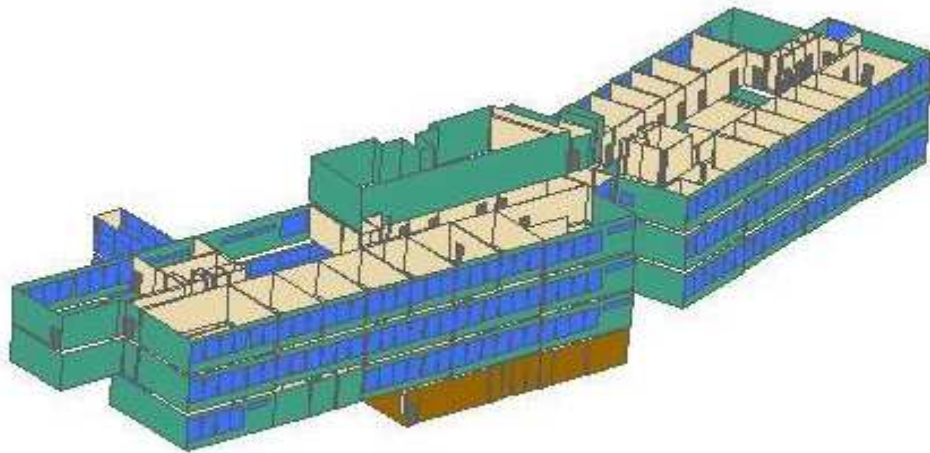
Rakennuksen lämmitysenergia saadaan kaukolämmöstä. Lämmönjako tapahtuu vesikiertoisten radiaattoreiden kautta lukuun ottamatta kellarin kosteita tiloja, joissa on vesikiertoinen lattialämmitys. Osalla kaukolämpöenergiasta lämmitetään lisäksi tuloilmaa, johon lämpöenergia siirretään ilmanvaihtokoneiden vesikiertoisilla lämmityspattereilla. Taulukossa 8 on esitetty kohteen vesipumppujen sähköverkosta ottamat tehot. Taulukossa 8 esitetyt tehot eivät kuitenkaan suoraan kuvaa niiden osuutta energiankulutuksesta, koska pumput eivät ole käynnissä samanpituisia aikoja.

*TAULUKKO 8. Vesipumppujen sähkötehot*

Pumppu	Teho [kW]
Lämmitys (patteriverkosto)	0,1
Lämmitys (patteriverkosto)	0,2
Käyttövesi	0,4
Iv-koneen lämmityspatterit	0,79
Radiaattorit	0,25
Lattialämmitys	0,2
Lämmin käyttövesi	0,14

### 3 OHJELMISTO

Työ on toteutettu kahdella ohjelmalla: MagiCAD Roomilla ja Riuskalla. MagiCAD Roomia käytetään tässä tapauksessa koekohteen pohjapiirustuksen päälle tehtävään kolmiulotteiseen mallinnukseen, joka siirretään IFC-tiedostomuodossa (Industry Foundation Classes) Riuskaan. Riuskassa rakennuksesta olevia tietoja syötetään parametreiksi, joista ohjelma simuloi kohteen energiakäyttötymisen. Kuvassa 2 on kohteen kolmiulotteinen mallinnus Riuskan esittämänä.

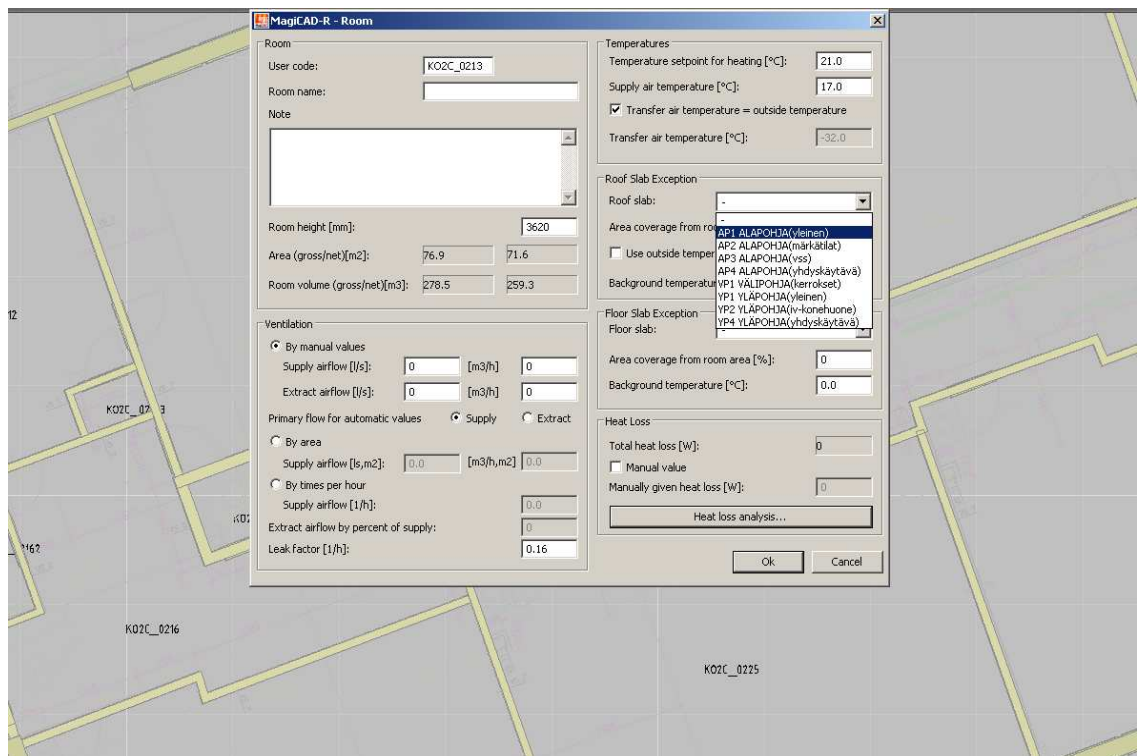


*KUVA 2. Koekohteen kolmiulotteinen mallinnus*

#### 3.1 MagiCAD Room

MagiCAD on suomalaisen Progman Oy:n tekemä suunnitteluohjelma. Ohjelma pohjautuu yhdysvaltalaisen Autodesk-yrityksen suosittuun AutoCAD-ohjelmaan. Room on MagiCAD:n sovellus, joka on tarkoitettu rakennusten kolmiulotteiseen mallintamiseen. Geometristen ulottuvuustietojen ohella MagiCAD Room on tietokanta, joka sisältää rakenteiden lämmönläpäisykertoimet, lämpöhäviötiedot ja huoneiden ilmanvaihtotiedot. Progman Oy vastaa myös ohjelman myynnistä ja tuesta.

Roomin käyttö aloitetaan tuomalla ohjelmaan kohteen pohjapiirros. Projektia aloittaessa syötetään ensin pohjatietopankkiin kohteen eri rakenteiden lämmönläpäisykertoimet ja paksuudet. Tämän jälkeen kolmiulotteiset rakenteet piirretään oikeisiin kohtiin rakennuksen pohjapiirroksen päälle. Rakenteiden luomisen jälkeen huoneet määritellään omiksi tiloikseen, joiden tietopankkeihin sijoitetaan ilmanvaihtotiedot, lämpötilatiedot ja ylä- ja alapohjien tiedot. Room laskee tietojen pohjalta tilojen lämpöhäviöt. Tilan tietopankki ohjelmassa on esitetty kuvassa 3.



KUVA 3. Tilatietojen määrittäminen MagiCAD Roomissa

## 3.2 Riuska

Riuska on suomalaisen Insinööritoimisto Olof Granlund Oy:n kehittämä ohjelma, jota myy ja tukee Progman Oy. Ohjelma perustuu yhdysvaltalaiseen DOE2.1E-simulointiohjelmaan. Riuskaa myydään Comfort & Energy -pakettina yhdessä edellä mainitun MagiCAD Roomin kanssa. Työssä on käytetty Riuskan versiota 4.5.14.

Riuska on tarkoitettu rakennuksen energiakäyttämisen simulointiin. Riuskalla voidaan laskea rakennuksen energiankulutus, kuten tässä työssä on tehty olemassa olevalle rakennukselle. Ensisijaisesti ohjelma on kuitenkin tarkoitettu uudisrakennuksien simulointiin. Ohjelmaa voidaan käyttää myös rakennusteknisten ja taloteknisten järjestelmien mitoittamiseen ja vertailuun. Ohjelmalla voidaan lisäksi simuloida rakennuksen olosuhteita eri ulkoilma-olosuhteilla ja suunnitteluratkaisuilla.

Riuskaan kopioituvat jo Roomissa syötetyt rakenteiden mitat ja lämmönläpäisykertoimet, joista Riuska laskee rakenteiden läpi ulkoilmaan johtuvan lämpöenergian. Riuskaan syötetään myös rakennuksen LVI-tekniikan laitteiden tiedot, joista ohjelma laskee sähkönkulutuksen ja muut energiakäyttämiseen vaikuttavat asiat. Lämpökuormat ohjelmassa määritellään antamalla tiloille tilatyypit, jonka mukaan oletuskuormat huoneisiin määrittyvät. Yleisnäkymä Riuskasta on esitetty kuvassa 4.

**RiUSKA - 2: Kotikantie 2 (RiUSKA) Kotikantie2.rsk**

Projekti: 22.6.2009/energia / Kotikantie2  
 Laskentatapa: 1: 22.6.2009/energia - Perustapaus  
 Säähdot: Suomi, Oulu / Suomi, Oulu, tammikuu

**Tilaymitys**

- Rakenne (5)
  - Kerros (5)
    - kerros 4 - (12000 mm)
    - kerros 3 - (8000 mm)
    - kerros 2 - (4000 mm)
    - kerros 1 - (0 mm)
    - katso - (-4000 mm)
  - Jäjestelmä
    - Ilmanvaihdon palvelualueet
      - Ilmanvaihto, palvelualue
      - Ilmanvaihto, palvelualue
    - Sähkön tilaymitys
      - Sähkö, tilaymitys

**Tilat**

Kerros	Tunnus	Nimi	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	dm <sup>2</sup> /s max	dm <sup>2</sup> /s min	dm <sup>2</sup> /s m <sup>2</sup> max	dm <sup>2</sup> /s m <sup>2</sup> min	W	W/m <sup>2</sup>	1.7h	°C/m	Tyyppi	Lähtötaso	Muokkaa
12000	JNU	K02A_0401	130.7	473.1	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.00	Likaiset	Penus	
12000	JNU	K02A_0402	20.6	74.6	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.00	Likaiset	Penus	
8000	K02C_0301	-	83.0	300.5	415	415	5.0	5.0	0	0.0	0.16	0.00	Koukutusilla	Hyvä	
8000	K02C_0302	-	15.0	53.7	74	74	3.9	3.9	0	0.0	0.16	0.00	Tornisto	Hyvä	
8000	K02C_0303	-	14.9	54.0	58	58	3.9	3.9	0	0.0	0.16	0.00	Tornisto	Hyvä	
8000	K02C_0304	-	1.4	5.1	0	0	0.1	0.1	0	0.0	0.16	0.00	Likaiset	Penus	
8000	K02C_0305	-	1.9	7.0	0	0	0.1	0.1	0	0.0	0.16	0.00	Likaiset	Penus	
8000	K02C_0306	-	27.9	101.1	140	140	5.0	5.0	0	0.0	0.16	0.00	Koukutusilla	Hyvä	
8000	K02C_0307	-	14.9	54.0	58	58	3.9	3.9	0	0.0	0.16	0.00	Tornisto	Hyvä	
8000	K02C_0308	-	30.5	110.3	152	152	5.0	5.0	0	0.0	0.16	0.00	Koukutusilla	Hyvä	
8000	K02C_0309	-	20.9	75.5	104	104	5.0	5.0	0	0.0	0.16	0.00	Koukutusilla	Hyvä	
8000	K02C_0310	-	72.4	262.1	72	72	1.0	1.0	0	0.0	0.16	0.00	Tornistokäytävä	Hyvä	
8000	K02C_0311	-	129.2	464.2	138	128	1.0	1.0	0	0.0	0.16	0.00	Tornistokäytävä	Hyvä	
8000	K02C_0312	-	60.4	218.5	302	302	5.0	5.0	0	0.0	0.16	0.00	Koukutusilla	Hyvä	
8000	K02C_0313	-	29.9	109.3	150	150	5.0	5.0	0	0.0	0.16	0.00	Koukutusilla	Hyvä	
8000	K02C_0314	-	30.0	108.5	150	150	5.0	5.0	0	0.0	0.16	0.00	Koukutusilla	Hyvä	
8000	K02C_0315	-	30.0	108.5	150	150	5.0	5.0	0	0.0	0.16	0.00	Koukutusilla	Hyvä	
8000	K02C_0316	-	29.9	109.2	150	150	5.0	5.0	0	0.0	0.16	0.00	Koukutusilla	Hyvä	
8000	K02C_0317	-	30.0	108.7	150	150	5.0	5.0	0	0.0	0.16	0.00	Koukutusilla	Hyvä	
8000	K02C_0318	-	29.9	108.4	150	150	5.0	5.0	0	0.0	0.16	0.00	Koukutusilla	Hyvä	
8000	K02C_0319	-	62.6	225.5	313	313	5.0	5.0	0	0.0	0.16	0.00	Koukutusilla	Hyvä	
8000	K02C_0320	-	26.5	96.1	26	26	1.0	1.0	0	0.0	0.16	0.00	Tornistokäytävä	Hyvä	
8000	K02C_0321	-	14.9	53.9	58	58	3.9	3.9	0	0.0	0.16	0.00	Tornisto	Hyvä	
8000	K02C_0322	-	22.8	82.4	89	89	3.9	3.9	0	0.0	0.16	0.00	Tornisto	Hyvä	
8000	K02C_0323	-	22.9	82.8	89	89	3.9	3.9	0	0.0	0.16	0.00	Tornisto	Hyvä	
8000	K02C_0324	-	15.1	54.5	59	59	3.9	3.9	0	0.0	0.16	0.00	Tornisto	Hyvä	
8000	K02C_0325	-	15.0	54.2	58	58	3.9	3.9	0	0.0	0.16	0.00	Tornisto	Hyvä	
8000	K02C_0326	-	15.1	54.8	59	59	3.9	3.9	0	0.0	0.16	0.00	Tornisto	Hyvä	
8000	K02C_0327	-	30.5	110.5	119	119	3.9	3.9	0	0.0	0.16	0.00	Tornisto	Hyvä	
8000	K02C_0328	-	41.9	151.5	163	163	3.9	3.9	0	0.0	0.16	0.00	Tornisto	Hyvä	
8000	K02C_0329	-	19.2	69.7	19	19	1.0	1.0	0	0.0	0.16	0.00	Tornistokäytävä	Hyvä	
8000	K02C_0330	-	10.1	36.5	39	39	3.9	3.9	0	0.0	0.16	0.00	Tornisto	Hyvä	
8000	K02C_0331	-	11.9	43.2	46	46	3.9	3.9	0	0.0	0.16	0.00	Tornisto	Hyvä	
8000	K02C_0332	-	122.4	443.0	122	122	1.0	1.0	0	0.0	0.16	0.00	Tornistokäytävä	Hyvä	
8000	K02C_0333	-	1.7	6.1	0	0	0.1	0.1	0	0.0	0.16	0.00	Likaiset	Penus	
8000	K02C_0334	-	1.7	6.0	0	0	0.1	0.1	0	0.0	0.16	0.00	Likaiset	Penus	
8000	K02C_0335	-	2.3	8.2	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.16	0.00	Likaiset	Penus	
8000	K02C_0336	-	21.7	79.5	22	22	1.0	1.0	0	0.0	0.16	0.00	Tornistokäytävä	Hyvä	
8000	K02C_0337	-	9.2	33.5	9	9	1.0	1.0	0	0.0	0.16	0.00	Tornistokäytävä	Hyvä	
8000	K02C_0338	-	75.6	273.9	76	76	1.0	1.0	0	0.0	0.16	0.00	Tornistokäytävä	Hyvä	
8000	K02C_0340	-	14.6	52.4	47	47	1.4	1.4	0	0.0	0.16	0.00	Tornisto	Hyvä	

**Tilan rakenteet** | Tilan kuuma-tila | W-paistotila

Nimi	Kiipistötyyppi	Tila	m <sup>2</sup>	Suuruus [T]	Katteisuus [T]	Ikkuina [m <sup>2</sup> ]	Ovi [m <sup>2</sup> ]	Uusi katto...
Välipohja	VP 01		130.700			180		
Ulkokatto	VP 01	JNU	130.700	↑	0	0		
V53	VS 01		35.150	↑	→	90	2.541	Muokkaa
US1.1	US11	JNU	0.508	↑	340	→	90	Poista
V56	US1	JNU	12.041	↑	270	→	90	
V56	US1	JNU	5.689	↑	0	→	90	1.911
V56	US1	JNU	12.041	↑	90	→	90	
V56	US1	JNU	8.421	↑	0	→	90	
V56	US1	JNU	4.783	↑	90	→	90	

**Rakenteiden ovet ja ikkunat**

Nimi	Kiipistötyyppi	Tila	m <sup>2</sup>	Uloitus [mm]	Puite	Sälek.	Pölytöisyys	Lipat	Uusi
									Muokkaa
									Poista

Ulkokäsnne | Välikäsnne | Maanvaranen | Ikkuina | Ovi

Tiedoston koko: 2 MB

KUVA 4. Yleisnäkymä RiUSka-ohjelmasta



## 4 TULOKSET

### 4.1 Kohteen toteutuneet kulutustiedot

Riuskalla simuloituja tuloksia on verrattu koekohteessa vuonna 2008 toteutuneisiin kulutuksiin. Taulukossa 9 on esitetty kiinteistöön vuonna 2008 ostetun sähkön, kaukolämmön sekä käyttöveden määrät.

*TAULUKKO 9. Vuoden 2008 sähkön, kaukolämmön ja käyttöveden kulutus kuukausittain*

Kuukausi	Q <sub>sähkö</sub> [kWh]	Q <sub>kl</sub> [MWh]	V <sub>kv</sub> [m <sup>3</sup> ]
Tammikuu	41 162	75,1	81
Helmikuu	41 217	74,6	81
Maaliskuu	35 597	73,2	54
Huhtikuu	42 293	48,1	83
Toukokuu	38 418	23,2	80
Kesäkuu	24 963	5,5	19
Heinäkuu	21 326	2,7	15
Elokuu	46 054	6,3	108
Syyskuu	44 893	26,0	105
Lokakuu	46 614	39,8	106
Marraskuu	46 785	64,1	107
Joulukuu	41 504	62,5	65
Yhteensä	470 826	501,1	904

Ostetussa kaukolämpöenergian määrässä on mukana myös käyttöveden lämmittämiseen kulunut energiamäärä. Käyttöveden lämmittämiseen kulunut energiamäärä voidaan arvioida kaavalla 1 (RakMK. 2007, 26).

$$Q_{\text{lkv}} = \frac{\rho c V_{\text{lkv}} (T_{\text{lkv}} - T_{\text{kv}})}{3600}$$

KAAVA 1

$Q_{\text{lkv}}$	käyttöveden lämmittämiseen kulunut energiamäärä [kWh]
$\rho$	veden tiheys 1000 kg/m <sup>3</sup>
$c$	veden ominaislämpökapasiteetti 4,2 kJ/kg°C
$V_{\text{lkv}}$	lämpimän käyttöveden osuus käyttöveden kokonaiskulutuksesta [m <sup>3</sup> ]
$T_{\text{lkv}}$	lämpimän käyttöveden lämpötila [°C]
$T_{\text{kv}}$	käyttöveden lämpötila [°C]

Taulukossa 10 on laskettu kuukausittain lämpimän käyttöveden määrä sekä sen lämmittämiseen kuluva kaukolämpöenergia. Lämpimän käyttöveden määrä on arvioitu Motivan ohjeella, jonka mukaan opetusrakennuksissa lämpimän käyttöveden määräksi voidaan arvioida 30 % koko käyttöveden määrästä (Motiva - Laskukaavat: lämmin käyttövesi). Lisäksi taulukossa on esitetty kaukolämpöenergian määrä vähennettynä käyttöveden lämmitykseen kuluvalle energialla. Jäljelle jäävä kaukolämpöenergian määrä on rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluvan kaukolämpöenergian määrä.

*TAULUKKO 10. Ostettu kaukolämpöenergia ja käyttövesi, arvioitu lämpimän käyttöveden kulutus ja lämmittämiseen käytetty energia sekä arvioitu rakennuksen lämmitykseen käytetty energiamäärä*

Kuukausi	Q <sub>kl</sub> [MWh]	V <sub>kv</sub> [m <sup>3</sup> ]	V <sub>lkv</sub> [m <sup>3</sup> ]	Q <sub>lkv</sub> [MWh]	Q <sub>lämmitys</sub> [MWh]
Tammikuu	75,1	81	24,3	1,418	73,7
Helmikuu	74,6	81	24,3	1,418	73,2
Maaliskuu	73,2	54	16,2	0,945	72,3
Huhtikuu	48,1	83	24,9	1,453	46,6
Toukokuu	23,2	80	24,0	1,400	21,8
Kesäkuu	5,5	19	5,7	0,333	5,2
Heinäkuu	2,7	15	4,5	0,263	2,4
Elokuu	6,3	108	32,4	1,890	4,4
Syyskuu	26,0	105	31,5	1,838	24,2
Lokakuu	39,8	106	31,8	1,855	38,0
Marraskuu	64,1	107	32,1	1,873	62,2
Joulukuu	62,5	65	19,5	1,138	61,4
Koko vuosi	501,1	904	271,2	15,820	485,3

## 4.2 Lämmitysenergian kulutuksen normeeraus sääoloihin

Kohteen toteutuneet kulutustiedot ovat vuodelta 2008 ja Riuskalla simuloitaessa on käytetty normaalivuotta Oulun alueella. Normaalivuosi tarkoittaa energialaskennassa alueen lämpötilojen keskiarvoa vuosien 1971 ja 2000 välillä. Taulukossa 11 on esitetty kuukausittaiset keskilämpötilat Oulun alueella vuodelle 2008 ja normaalivuodelle. Kuten taulukosta 11 nähdään, on keskilämpötilojen ero vertailuvuosille huomattava etenkin kylmimpinä kuukausina eli tammi- ja helmikuussa.

TAULUKKO 11. Oulun alueen kuukausittaiset keskilämpötilat normaalivuodelle ja vuodelle 2008

Kuukausi	KESKILÄMPÖTILA	
	Normaalivuosi	2008
Tammikuu	-10,60	-3,75
Helmikuu	-12,20	-3,48
Maaliskuu	-2,58	-3,96
Huhtikuu	0,20	2,38
Toukokuu	10,30	7,80
Kesäkuu	14,90	12,73
Heinäkuu	15,00	15,21
Elokuu	14,80	12,88
Syyskuu	7,97	8,02
Lokakuu	1,73	5,48
Marraskuu	-0,59	-0,40
Joulukuu	-6,90	-0,92
Koko vuosi	2,67	4,33

Simuloidun tuloksen ja toteutuneen tuloksen saaminen vertailukelpoiseksi edellyttää energiankulutusten normeeraamista samoihin säätietoihin. Normeeraus toteutetaan kaavalla 2 (Energiatodistusopas. 2007, 34). Tässä tapauksessa normeeraus toteutetaan normeeraamalla simuloitu lämmitysenergian kulutus Oulun vuoden 2008 säätietoihin.

$$Q_{\text{lämmitys, norm.}} = \frac{S_{2008}}{S_{\text{nv}}} Q_{\text{lämmitys, nv}}$$

KAAVA 2

$Q_{\text{lämmitys, norm}}$	vuoden 2008 säätietoihin normeerattu lämmitysenergian kulutus [MWh]
$S_{2008}$	lämmitystarveluku vuodelle 2008 [°Cd]
$S_{\text{nv}}$	lämmitystarveluku normaalivuodelle [°Cd]
$Q_{\text{lämmitys, nv}}$	lämmitysenergian kulutus normaalivuodelle [MWh]

Taulukossa 12 on esitelty vertailuvuosien lämmitystarveluvut ja simuloitu lämmitysenergiankulutus sekä normaalivuodelle että normeerattuna vuoden 2008 säätietoihin. Lämmitystarveluku lasketaan päiväkohtaisesti, ja se tarkoittaa ulkolämpötilan ja sisälämpötilan erotusta. Lämmitystarvelukua laskettaessa käytetään yleisimmin sisälämpötilana 17 °C:ta. Kuukauden tai vuoden lämmitystarveluku saadaan laskemalla siihen kuuluvien päivien lämmitystarveluvut yhteen. Suomessa lämmitystarvelukuja laskee ja tilastoi ilmatieteenlaitos.

TAULUKKO 12. Lämmitysenergian kulutuksen normeeraaminen vuoden 2008 sää tietoihin

Kuukausi	Lämmitystarveluku [°Cd]		Lämmitysenergia [MWh]	
	Normaalivuosi	2008	Normaalivuosi	2008 norm.
Tammikuu	829	643	129	100
Helmikuu	749	594	110	87
Maaliskuu	674	650	73	70
Huhtikuu	484	439	49	44
Toukokuu	263	285	24	26
Kesäkuu	49	128	15	15
Heinäkuu	11	56	15	15
Elokuu	62	128	15	15
Syyskuu	243	270	28	31
Lokakuu	442	357	59	47
Marraskuu	606	522	75	64
Joulukuu	758	538	110	78
Koko vuosi	5 170	4 608	702	592

Riuskan simuloima käyttöveden lämmitykseen kulunut kaukolämpöenergian määrä on koko vuodelle 15,7 MWh, joka ei ole mukana lämmitysenergian laskennassa. Normeeraus on jätetty suorittamatta kesäloma-ajalta, koska simuloinnissa käytettyyn normaalivuoteen verrattuna kesäloma-ajan lämmitystarve oli huomattavasti suurempi vuonna 2008. Normeerauslaskennassa kesäloma-ajan lämmitysenergiankulutus yli kaksinkertaistuisi, koska lämmitystarveluku kesäloma-ajalta vuonna 2008 on yli kaksinkertainen normaalivuoteen verrattuna. Normeerauksen toteuttamatta jättäminen kesäloma-ajalta on perusteltua, koska rakennuksessa ei ole silloin toimintaa, joten myöskään lämmitystarvetta ei ole.

### 4.3 Simuloitujen tulosten vertaaminen toteutuneisiin

Työssä verrataan Riuskalla simuloitua energiankulutusta ja koekohteen vuoden 2008 toteutunutta energiankulutusta. Energiankulutus on jaettu lämmitysenergiaan, kiinteistösähköön ja käyttöveden lämmitykseen. Riuska mahdollistaisi huomattavan paljon tarkemman energiakäyttötymisvertailun, mutta vertailu joudutaan rajaamaan tähän rakennuksesta käytettävissä olevien todellisten kulutustietojen vuoksi. Liitteenä on Riuskalla simuloitu energiankulutus ohjelmasta saatavana Microsoft Excel -dokumenttina.

#### 4.3.1 Lämmitysenergia

Simuloitu lämmitysenergian kulutus on 18 % toteutunutta lämmitysenergian kulutusta suurempi. Todennäköisin selittävä tekijä lämmitysenergian kulutuksen erolle on todellisen sähkön kulutuksen suuruus verrattuna simuloituun sähkön kulutukseen. Toteutunut sähköenergian kulutus on 49 % simuloitua sähkön kulutusta suurempi. Suurempi sähkön kulutus tarkoittaa myös suurempaa sähkölaitteiden tai valaistuksen tuottamaa lämpöenergiaa, joka on pois kaukolämmöstä otettavasta lämmitysenergiasta. Tätä tukee myös se että, opetusrakennuksissa lämpökuormien osuus tilojen lämmityksessä on huomattava sähkölaitteiden suuren määrän takia. Esimerkiksi Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D5 on arvioitu, että valaistuksen ja sähkölaitteiden tuottama lämpökuorma opetusrakennuksissa on 44 kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi (RakMK D5. 2003, 42), joka tarkoittaisi koekohteessa noin 220 MWh:a eli huomattavaa energiamäärää, josta valtaosa myös hyödynnetään lämmityksessä.

Toinen lämmitysenergian kulutuksen eroa selittävä tekijä on kesäloma-aika, jolle Riuskan laskema lämmitysenergian kulutus on yhteensä 35 MWh enemmän kuin toteutunut lämmitysenergian kulutus. Simuloitu lämmitysenergian kulutus on yli kolminkertainen kesäkuukausilta, mikä on suuri verrattuna muiden kuukausien eroihin. Eron syy on rakennuksen käyttämättömyys kesäaikana, minkä vuoksi lämmittämiseksi ei ole tarvetta.

Simuloitu käyttöveden lämmitykseen kuluva energiamäärä on lähes sama kuin toteutunut. Tässäkään tapauksessa ei tosin ole käytettävissä tarkkaa energiamäärää vaan käyttöveden lämmitykseen kulunut energia on arvioitu 30 prosentiksi koko käyttöveden määrästä. Taulukossa 13 on esitetty toteutunut ja simuloitu lämmitysenergian kulutus ja käyttöveden lämmittämiseen kulunut energiamäärä kuukausittain.

*TAULUKKO 13. Simuloitu ja toteutunut lämmitysenergian kulutus, simuloitu käyttöveden lämmittämiseen kulunut energiamäärä ja arvio toteutuneesta käyttöveden lämmittämiseen kuluneesta energiamäärästä*

Kuukausi	Lämmitysenergia [MWh]		LKV [MWh]	
	RIUSKA	Toteutunut	RIUSKA	Toteutunut
Tammikuu	100	74	1,3	1,4
Helmikuu	87	73	1,2	1,4
Maaliskuu	70	72	1,3	0,9
Huhtikuu	44	47	1,3	1,5
Toukokuu	26	22	1,3	1,4
Kesäkuu	15	5	1,3	0,3
Heinäkuu	15	2	1,3	0,3
Elokuu	15	4	1,3	1,9
Syyskuu	31	24	1,3	1,8
Lokakuu	47	38	1,3	1,9
Marraskuu	64	62	1,3	1,9
Joulukuu	78	61	1,3	1,1
Koko vuosi	592	485	15,7	15,8



### 4.3.2 Sähköenergia

Simuloitu sähkön kulutus on 67 % toteutuneesta sähkönkulutuksesta. Sähkönkulutusta verrattaessa ongelmana on kulutuksen jakautuminen useaan osa-alueeseen. Sähköä kuluu valaistukseen, taloteknisiin laitteisiin sekä tietoteknisiin ja muihin sähkölaitteisiin. Koekohteessa ei mitata sähkön käytön jakaumaa, vaan saatavilla on ainoastaan koko rakennuksen kuluttaman sähkön määrä. Riuskan eri sähkön kulutuksen osa-alueille arvioimia kulutuksia on mahdollista muokata, mutta koska eriteltyjä todellisia kulutustietoja ei ole, on mahdotonta muuttaa simuloitua sähkön kulutusta todellista vastaavaksi.

TAULUKKO 14. Simuloitu ja toteutunut sähkönkulutus

Kuukausi	Sähkö [MWh]	
	RIUSKA	Toteutunut
Tammikuu	33	41
Helmikuu	28	41
Maaliskuu	31	36
Huhtikuu	30	42
Toukokuu	33	38
Kesäkuu	14	25
Heinäkuu	7	21
Elokuu	19	46
Syyskuu	28	45
Lokakuu	33	47
Marraskuu	31	47
Joulukuu	30	42
Koko vuosi	317	471

## 5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli verrata Riuska-ohjelmalla simuloitua Oulun seudun ammattiopiston liiketalouden yksikön energiakäyttäytymistä rakennuksen todelliseen energiakäyttäytymiseen. Tarkoituksena oli myös pohtia syitä mahdollisille eroille simuloitujen ja todellisten kulutustietojen välillä.

Riuskalla simuloitut tulokset vastasivat lämmitysenergiankulutuksen osalta hyvin toteutunutta kulutusta, kun taas kiinteistösähkön osalta ero on huomattavan suuri. Lämmitysenergian kohdalla ero energiankulutuksessa selittyy sähkölaitteiden lämpökuormaeroilla, mutta sähkönkulutuksen eroja voidaan vain arvailla. Sähköenergian osalta olisi mielenkiintoista tietää toteutuneen kulutuksen jakautuminen eri osa-alueisiin, jolloin myös simulaatiosta olisi voitu tehdä tarkempi. Etenkin tarkan sähkönkulutuksen vaikutus lämpöenergian kulutukseen olisi ollut mielenkiintoista tietää.

Työn haastavin osa oli Riuskan käyttäminen, koska ohjelmaa käytettiin ensimmäistä kertaa koulullamme eikä aiempaa kokemusta ohjelman käytöstä ollut hyödynnettävissä. Riuska ei ole näin jälkeempäin ajateltuna erityisen haastava ohjelma, mutta koulutus ohjelman käyttöön olisi tuonut varmuutta ja nopeutta simuloinnin suorittamiseen.

Rakennuksen toteutuneiden kulutustietojen vähäisyys aiheutti turhautumista, koska käytännössä ainoa vertailukelpoinen asia on tilojen lämmittämiseen kuluneen kaukolämpöenergian määrä. Lämmitysenergian vertailukelpoisuuttakin tosin vähentävät puutteet sähköenergian kulutustiedoissa, koska lämpökuormien vaikutus tilojen lämmityksessä on niin huomattava. Kulutustietojen vähäisyys ei ole vain kyseistä kohdetta koskeva puute, vaan esimerkiksi sähkönkäytön jakauman mittaaminen on harvinaista ja sitä suoritetaan lähes yksinomaan tutkimukseen tarkoitetuissa rakennuksissa.

Energiakäyttäytymisen simuloinnin pääasiallisena tarkoituksena on Riuskan hyödyntäminen rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi. Ohjelman

hyödyntäminen on kyseisessä olemassa olevassa kohteessa kuitenkin hankalaa, koska mahdollisimman tarkat tiedot sähkön käytön jakautumisesta olisivat myös energian kulutuksen vähentämiseksi tärkeitä. Käytännössä ainoa energian käytön tehostamistoimenpide, johon Riisua on mahdollista näillä pohjatiedoilla hyödyntää, on rakennuksen ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen energiataloudellinen optimointi.

## LÄHTEET

Energiatodistusopas. 2007. Rakennuksen energiatodistus ja energiatehokkuusluvun määrittäminen. Ympäristöministeriö.

Motiva - Laskukaavat: lämmin käyttövesi. Saatavissa:

[http://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/energiankayton\\_tehostaminen/kiinteistojen\\_energianhallinta/kulutuksen\\_normitus/laskukaavat\\_lammin\\_kaytovesi/](http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kaytovesi/).

Hakupäivä 8.10.2010.

Näränen, Jari 2010. Valmisteilla oleva opinnäytetyö.

Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, talotekniikan yksikkö. Opinnäytetyö.

Oulun seudun ammattiopisto - Kaukovainion yksikkö, liiketalous. Saatavissa:

<http://www.osao.fi/index.php?1886>. Hakupäivä 8.10.2010.

Progman - MagiCAD Room. Saatavissa:

<http://www.progman.fi/fi/magicad-fi/applications-fi/room-fi>. Hakupäivä 8.10.2010.

Rakennusselitys, Oulun kauppaoppilaitoksen uudisrakennus. 2003.

Arkkitehtitoimisto Pekka Lukkaroinen Oy.

RakMK D5. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D5.

Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta.

Ympäristöministeriö.

RIUSKA - Granlund. Saatavissa:

<http://www.granlund.fi/palvelut/granlund-ohjelmistot/riuska/>.

Hakupäivä 8.10.2010

Sandholm, Sami 2008. Energiakulutuserävion laskenta ja vertailu

toteutuneeseen kulutukseen. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, talotekniikan yksikkö. Opinnäytetyö.

