



# **SÄÄTÖJÄRJESTELMÄT JA ENERGIANSÄÄSTÖ**

Kari Hettula

Opinnäytetyö

Elokuu 2010

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Talotekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tampereen ammattikorkeakoulu

**TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU**

**Tampere University of Applied Sciences**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma, talotekniikka

Tekijä	Kari Hettula
Työn nimi	Säätöjärjestelmät ja energiansäästö
Sivumäärä	32 sivua + liitteet 10 sivua
Valmistumisaika	08/2010
Työn ohjaaja	Diplomi-insinööri Veijo Piikkilä, TAMK
Työn Tilaaja	Kiinteistö Oy Tierankatu 8 Turku, valvojana toimitusjohtaja Juha Kujala, Sähkö-Max Oy

---

## Tiivistelmä

Työn tarkoituksena oli selvittää Turussa sijaitsevan Kiinteistö Oy Tierankatu 8:n energiankulutuksia ja etsiä kyseisessä kohteessa energian säästömahdollisuuksia säätöjärjestelmien avulla. Energiankulutus on kiinteistön suurin menoerä, ja omistajan intressinä on saada menoja pienennettyä parantamalla kiinteistön energiatehokkuutta.

Työssä lähdettiin liikkeelle tutkimalla nykyinen lämmitysjärjestelmä ja keräämällä energiankulutustietoja edellisiltä vuosilta. Olemassa oleva lämmitysjärjestelmä tuntuikin haasteelliselta, koska kiinteistössä on kolme erillistä öljypoltinkattilajärjestelmää. Lisäksi tutkittiin myymälän valaistusjärjestelmä, joka vaatii omistajan mielestä pikaista uudistamista. Energiakulutustietojen keräämisen ja analysoinnin jälkeen laskettiin kiinteistön energiatehokkuus ja energiatehokkuusluokka. Laskenta suoritettiin rakentamismääräyskokoelma D5:n mukaan. Myymälän valaistuksen osalta laskettiin nykyisen valaistusjärjestelmän kulutus ja tehtiin suunnitelmat ja laskelmat järjestelmän uusimiseksi ja ohjauksen parantamiseksi.

Energiankäytön tehostamisella ja toimivalla säätämällä saadaan aikaan säästöjä. Investoimalla säätöjärjestelmiin parannetaan myös viihtyvyyttä työpaikalla. Sopiva lämpötila ja valaistustaso ovat hyvän työskentelyilmapiirin perusedellytyksiä.

---

Avainsanat	Energiatehokkuus, energiatodistus, säätöjärjestelmät, energiansäästö.
------------	---

TAMK University of Applied Sciences  
Electrical Engineering, house technique

Writer	Kari Hettula
Thesis	Control systems and energy saving
Pages	32 pages + 10 appendices
Graduation time	08/2010
Thesis Supervisor	Master of Science in Engineering Veijo Piikkilä, TAMK
Co-operating Company	The real estate company Tierankatu 8 Turku, guardian Managing director Juha Kujala, Sähkö-Max Oy

---

## **Abstract**

Purpose of this study was to investigate the real estate company located Tierankatu 8 in Turku energy consumption and find that the potential for savings in energy control systems. Energy consumption is building the largest expenditure item and the owner has an interest in improving energy efficiency and savings through the application building.

Work was started by examining the current heating system, and collecting energy consumption data from previous years. Existing heating system seemed challenging, because the property has three separate oil burner boiler system. It also examined the shop lighting system, which requires the owner believes that urgent reform. Energy consumption in data collection and analysis were calculated after real estate and energy efficiency, energy efficiency class. The calculation of the Building regulations D5's view. Shop lighting for the existing lighting system was calculated on consumption and made the plans and calculations of the system to renew and improve governance.

Better energy efficiency and an imposition of a measure to achieve savings. By investing in the control systems will also improve comfort in the workplace. Suitable temperature and lighting levels are the good working of the basic conditions.

---

Keywords	Energy efficiency, energy certificate, control systems, energy saving.
----------	---

# 1 Sisällysluettelo

Tiivistelmä .....	9
Abstract .....	10
1 Sisällysluettelo .....	11
2 Lyhenteiden ja merkkien selitykset .....	13
3 Johdanto .....	14
3.1 Tausta .....	14
3.2 Tavoite .....	14
4 Työn kuvaaminen .....	8
5 Kulutukset .....	8
5.1 Öljyn kulutus .....	8
5.2 Sähkön kulutus .....	9
6 Energiatehokkuus .....	11
6.1 Taustaa .....	11
6.2 Lainsäädäntö .....	11
7 Energiatodistus .....	12
7.1 Uudisrakennuksen energiatodistus .....	12
7.2 Olemassa olevan rakennuksen energiatodistus .....	13
8 Energiatehokkuusluku .....	13
9 Energiatehokkuusluvun laskenta kohteessa .....	15
9.1 Rakennuksen lämmitysenergian kulutus .....	15
9.2 Lämmityksen ominaiskulutus .....	16
9.3 Rakennuksen kiinteistö sähköenergian kulutus .....	17
9.4 Energiatehokkuusluku .....	17
10 Lämmitysjärjestelmä .....	18
11 Säädin .....	18
12 Lämmönsäätöjärjestelmät .....	19
12.1 Säätimen tehtävät .....	19
12.2 Säätöpiiri .....	19
12.3 Kiinteistöautomaation säätimien tyypit .....	21
12.3.1 P-säädin .....	21
12.3.2 I-säädin .....	22
12.3.3 PI-säädin .....	22
12.3.4 PID-säädin .....	23

13	Valaistusjärjestelmä.....	23
13.1	Nykyinen järjestelmä .....	23
13.2	Suunniteltu järjestelmä .....	24
14	Valaistuksen säätöjärjestelmät .....	25
14.1	Yleistä.....	25
14.2	Loistevalaisimien säätö .....	25
14.2.1	DALI – osoitteellinen digitaaliohjaus .....	26
14.2.2	DSI – osoitteeton digitaaliohjaus.....	27
14.2.3	Suora painikeohjaus .....	28
14.2.4	Analoginen 1-10 V ohjaus.....	29
15	Tulokset.....	30
16	Lähteet.....	32
17	Liitteet .....	32

## 2 Lyhenteiden ja merkkien selitykset

$\Sigma A$	Rakennuksen bruttopinta-ala, brm <sup>2</sup> .
ET-luku	Rakennuksen energiatehokkuusluku, kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi
<i>I-säätö</i>	Integral Control.
<i>IR-ohjain</i>	Infrapuna-ohjain.
$PA_{\text{lämmitys,osto}}$	Rakennuksen ostettavaa lämmitysenergiaa vastaava polttoainemäärä, polttoaineen mittayksikkö.
<i>PI-säätö</i>	Proportional Integral Control.
<i>PID-säätö</i>	Proportional Integral Derivative Control.
<i>P-säätö</i>	Proportional Control.
$Q_{\text{jäähdytys, tilat}}$	Rakennuksen tilojen jäähdytysenergiankulutus, kWh/vuosi.
$Q_{\text{lämmitys}}$	Toteutunut lämmitysenergian kulutus, kWh/vuosi.
$Q_{\text{lämmitys,osto}}$	Rakennuksen ostettavan lämmitysenergian kulutus, kWh.
$Q_{\text{polttoaine,omin}}$	Käytetyn polttoaineen tehollinen lämpöarvo, kWh/polttoaineen mittayksikkö.
$Q_{\text{lämm, norm}}$	Rakennuksen normitettu lämmitysenergian kulutus, kWh/vuosi.
$S_{Nvpkunta}$	Normaalikuukauden tai vuoden(1971–2000) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla.
$S_{\text{toteutunutvpkunta}}$	Toteutunut lämmitystarveluku kuukausi- tai vuositasolla vertailupaikkakunnalla.
$W_{\text{laitesähkö}}$	Rakennuksen laitteiden sähköenergiankulutus, kWh/vuosi.
$W_{\text{kiinteistösähkö}}$	Rakennuksen kiinteistösähköenergiankulutus, kWh/vuosi.
$\eta_{\text{lämmitys}}$	Lämmityslaitteen vuosihyötysuhde.

## 3 Johdanto

### 3.1 Tausta

Tutkittava kohde, Kiinteistö Oy Tierankatu 8, sijaitsee Turussa Itäharjun kaupunginosassa. Kiinteistö on rakennettu alun perin veneveistämöksi 60-luvulla ja laajennettu 70-luvun alussa. Tällä hetkellä kiinteistössä toimii sähkötarvike- ja valaisinmyymälä Sähköextra Oy ja sähköasennusliike Sähkö-Max Oy. Kiinteistö on osittain kaksikerroksinen. Rakennuksen pohjan ala on n. 1450 m<sup>2</sup> ja kokonaisala n. 2000 m<sup>2</sup>. Tästä alasta on Sähköextran myymälä- ja varastokäytössä n. 1200 m<sup>2</sup>, Sähkö-Maxin toimisto- ja varastokäytössä n. 500 m<sup>2</sup> ja vuokrattavaa toimistotilaa on n. 300 m<sup>2</sup>, joka on ollut tyhjiillään syksystä asti. Kiinteistön omistaa Kauko Lindström perheineen. Myös kiinteistössä toimivat yritykset ovat Lindströmien.

Energiankulutus on kiinteistön suurin menoerä ja energiahinnat ovat olleet jatkuvassa nousussa. Kiinteistön omistajan tavoite on löytää säästöjä energiankulutukseen.

### 3.2 Tavoite

Työn tarkoituksena oli hakea säästöjä kiinteistön energiankulutukseen. Työssä tarkasteltiin energian kulutustietoja edellisiltä vuosilta ja tutkittiin lämmitysenergian tehostamista säätötoimenpiteitä parantamalla. Lisäksi sähköenergian kulutuksen vähentämiseksi selvitettiin myymälän valaistuksen uusimista ja säätöjärjestelmän parantamista.

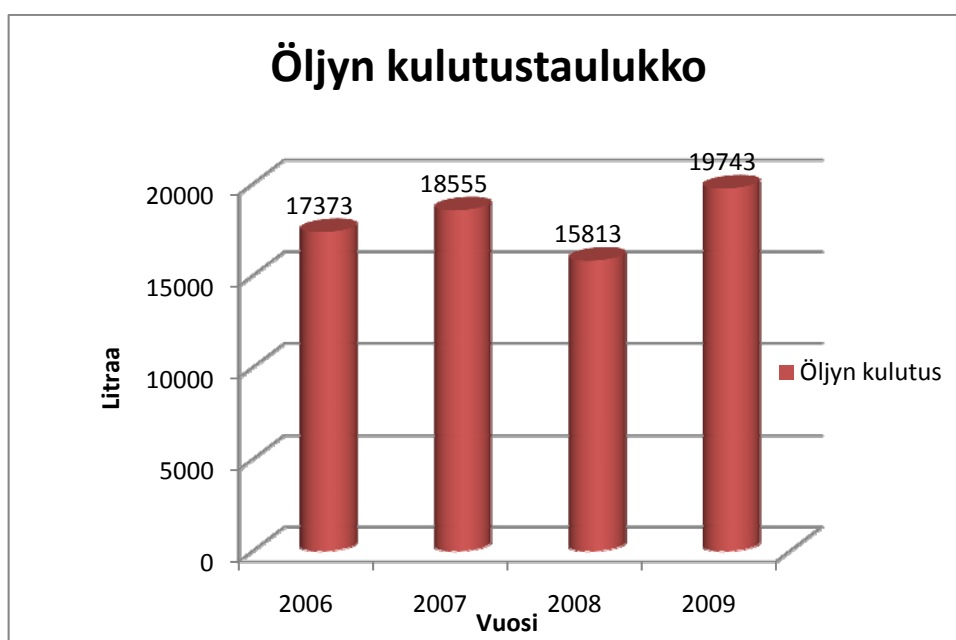
## 4 Työn kuvaaminen

Kiinteistöstä ei ollut käytettävissä kunnollisia pohjakuvia edes paperiversiona, joten aluksi kiinteistö mitoitettiin, minkä perusteella pohjakuvat (liitteet 1 ja 2) piirrettiin CADS-suunnitteluohjelmalla tulevaisuuttakin ajatellen. Pohjakuvat kiinteistöstä liitteenä (liite 1, 2). Öljyn- ja sähkökulutuksista kerättiin edellisiltä vuosilta kulutustietoja ja koottiin niistä yhteenvedot vertailupohjaksi energian pitkäaikaiskulutuksien seurantaan. Näistä tuloksista analysoimalla ja laskemalla selvitettiin kiinteistön energiatehokkuus. Sähkökulutuksen vähentämiseen haettiin keinoja uusimalla myymälän valaistus ja tehostamalla sen ohjausta.

## 5 Kulutukset

### 5.1 Öljyn kulutus

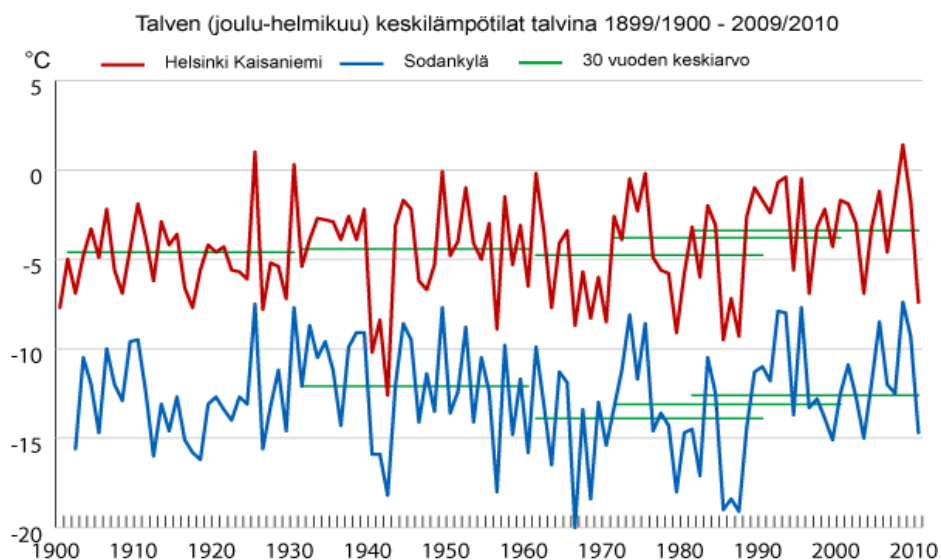
Öljyn kulutuksen selvittämiseksi kulutustietoja kerättiin öljylaskuista neljältä edelliseltä vuodelta, että saatiin vertailutietoa pidemmältä ajanjaksolta. Kulutustiedot kirjattiin taulukkoon ja vuosikulutukset on esitetty kuviossa 1. Öljyn keskivuosikulutus on viimeisen neljän vuoden aikana ollut keskimäärin 17 800 litraa/vuosi. Öljyn keskihinta on kyseisenä aikana ollut 0,62 €/litra ja lämmitykseen on kulunut vuodessa keskimäärin 11 000 €/vuosi.



Kuvio 1. Kiinteistö Oy Tierankatu 8 öljynkulutustaulukko.



Öljyn kulutus seuraa melko hyvin talvien keskilämpötiloja. Kuviosta 2 huomataan, että talvi 09–10 on ollut ilmatieteenlaitoksen tilastojen mukaan keskimääräistä kylmempi, toisaalta talvi 07–08 oli ennätyslämmin. Kiinteistön öljyn kulutus on myös ollut huipussaan talvella 09–10.



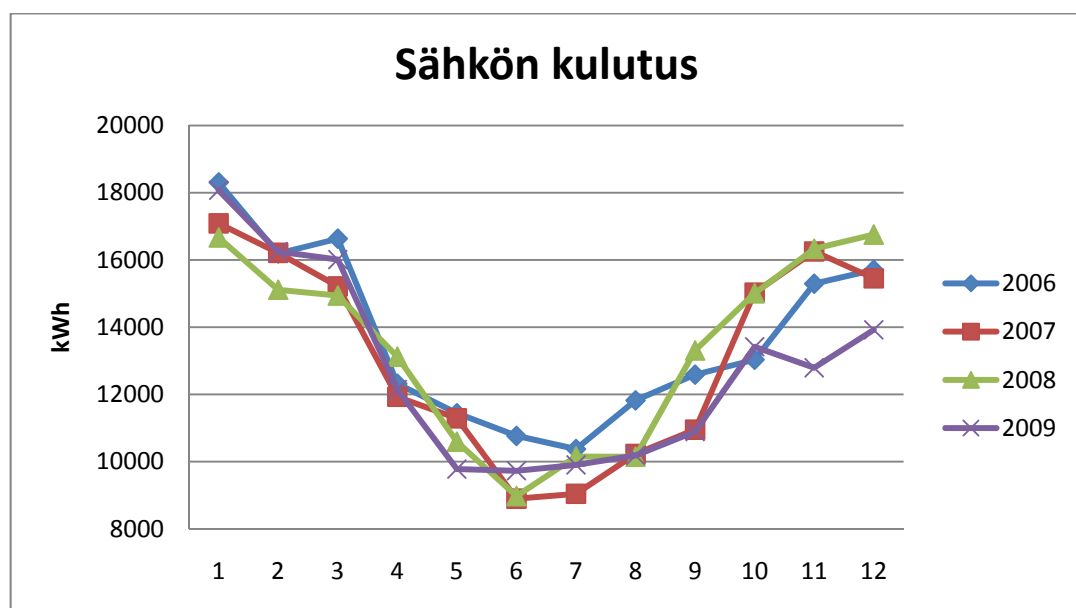
Kuvio 2. Talven keskilämpötilat (*Ilmatieteenlaitos*).

## 5.2 Sähkön kulutus

Sähköenergian kulutuksen selvittämiseksi pyydettiin sähköyhtiöltä kulustietoja energian kulutuksesta. Turku Energialta toimitettiin viimeisen neljän vuoden kulustiedot kuukausitasolla. Niistä laskettiin keskiarvokulutukset kuukausi- ja vuositasolla. Sähköenergian vuosikulutuksen keskiarvo on ollut viimeisen neljän vuoden aikana 159 100 kWh/vuosi. Sähköenergian keskihinta on ollut 6,09 snt/kWh ja sähköenergian kokonaiskustannus keskimäärin 12 000 €/vuosi. Taulukkoon 1 on koottu sähköenergian kulutukset vuosittain ja näistä tuloksista on koottu sähköenergian kulutusjakaumakäyrät kuvioon 3. Sähkön kulutus on ollut neljänä viime vuotena suunnilleen samanlaista. Kulutuksen väheneminen vuoden 2009 lopussa selittyy suurimmaksi osaksi sillä, että yksi vuokralainen lähti pois syyskesällä 2009 ja n. 300 m<sup>2</sup>:n toimistotilat ovat olleet tyhjillään siitä asti.

Taulukko 1. Sähköenergiankulutukset vuosina 2006–2009.

<b>Sähköenergian kulutustaulukko</b>				
Vuosi	Sähkönkulutus keskiarvo kWh/kk	Sähkönkulutus kWh/vuosi	Sähkön hinta snt/kWh	Sähkön hinta €/vuosi
2006	13707	164485	5,63	11297
2007	13133	157591	6,25	11947
2008	13426	161112	6,23	12521
2009	12759	153108	6,25	12179
Keskiarvo	13256	159074	6,09	11986



Kuvio 3. Sähköenergian kulutusjakauma.

## 6 Energiatehokkuus

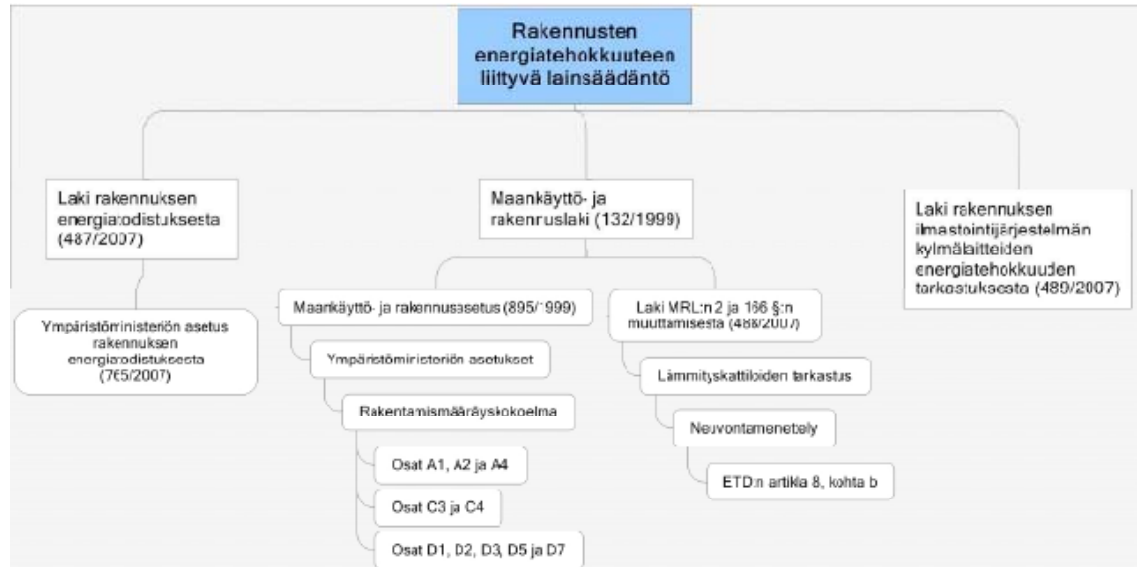
### 6.1 Taustaa

Rakennusten energiatehokkuuden parantamisen taustalla on Kioton ilmastopuolitus ja Suomen energia- ja ilmastostrategia, jonka tavoitteena on kasvihuonepäästöjen vähentäminen. EU:n energiatehokkuusdirektiivi velvoittaa jäsenmaat energiatodistusten käyttöönottoon. Direktiivin tavoitteena on parantaa rakennusten energiatehokkuutta ja siten vähentää hiilidioksidipäästöjä viidenneksellä koko EU:n alueella (*Ympäristöministeriö energiatodistusopas 2007, 02.07.2009, 8*). Direktiivi sisältää kolme osa-aluetta:

- energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset
- energiatodistuksen käyttöönotto sekä
- lämmityskattiloiden ja ilmastointilaitteiden määräaikaistarkastukset.

### 6.2 Lainsäädäntö

Laki rakennuksen energiatodistuksesta (487/2007) ja laki rakennuksen ilmastointijärjestelmän kylmälaitteiden energiatehokkuuden tarkastamisesta (489/2007) tulivat voimaan vuoden 2008 alussa (*energiatodistusopas 2007, 8*). Laeilla saatetaan voimaan direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta (2002/91/EY). Lisäksi samaan aikaan tulivat voimaan ympäristöministeriön asetukset rakennuksen energiatodistuksesta (765/2007) ja energiatehokkuuden laskentamenetelmästä (*Suomen rakentamismääräyskokoelma D5*). Nämä pohjautuvat standardiin (SFS-EN 15217), jossa määritellään energiatehokkuuden laskenta ja energialuokka. Energiatehokkuuden perusvaatimustaso määritellään ympäristöministeriön antamissa rakentamismääräyksissä (*Suomen rakentamismääräyskokoelma D3*). Rakennuksen vaipparakenteita koskevat lämmöneristysvaatimukset määritellään osassa C3 (*Suomen rakentamismääräyskokoelma C3*) ja vaatimuksen rakennuksen ilmanvaihdon poistoilmasta talteen otettavalle lämpömäärälle osassa D2 (*Suomen rakentamismääräyskokoelma D2*). Kuviossa 4 on esitetty rakennuksen energiatehokkuuteen liittyvän lainsäädännön rakenne.



Kuvio 4. Rakennuksen energiatehokkuuteen liittyvä lainsäädäntö (*Energiatodistusopas 2007, 9*)

## 7 Energiatodistus

Energiatodistuksella verrataan rakennuksen energiatehokkuutta muihin vastaaviin rakennuksiin. Energiatehokkuus määritellään uusissa kohteissa laskennallisesti ja vanhoissa kohteissa toteutuneiden energiakulutusten perusteella. Ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten energiatodistuksesta (765/2007) säädetään energiatehokkuuden laskentamenetelmästä, energiatodistummalleista sekä erillisen energiatodistuksen laatijan pätevyydestä (*Energiatodistusopas 2007, 10*).

### 7.1 Uudisrakennuksen energiatodistus

Yleensä kaikilta uudisrakennuksilta edellytetään energiatodistusta rakennuslupamenettelyn yhteydessä. Rakennuslupahakemukseen liitettävässä energiaselvityksessä on oltava pääsuunnittelijan antama energiatodistus. Uudisrakennuksen energiatodistus perustuu laskennalliseen energiankulutukseen. Energiatodistus on voimassa enintään kuuden asunnon uudisrakennuksilla (pienet asuinrakennukset) 10 vuotta ja muilla rakennuksilla neljä vuotta (*Energiatodistusopas 2007, 10*).

## 7.2 Olemassa olevan rakennuksen energiatodistus

Energiatodistus edellytetään yleensä kaikilta rakennuksilta myynnin tai vuokrauksen yhteydessä. Energiatodistus on aina rakennus- tai rakennusryhmäkohtainen eikä esimerkiksi asuntokohtainen. Energiatodistuksen voi antaa pätevyitynyt energiakatselmoija energiakatselmuksen yhteydessä, tai erillisen energiatodistuksen antaja, joka täyttää säädetyt pätevyysvaatimukset, tai yhtiön isännöitsijä tai hallituksen puheenjohtaja isännöitsijätodistuksen osana, mutta pienillä asuinrakennuksilla (enintään kuuden asunnon asuinrakennuksilla) energiatodistuksen voi antaa vain pätevyitynyt erillisen energiatodistuksen antaja, jonka pätevyysvaatimukset on määritelty energiatodistusasetuksessa. Olemassa olevan rakennuksen energiatodistus perustuu toteutuneeseen energiankulutukseen, mutta pienillä asuinrakennuksilla (enintään kuuden asunnon asuinrakennuksilla) energiatodistus perustuu aina laskennalliseen energiankulutukseen. Energiakatselmuksen yhteydessä annettu- ja erillinen energiatodistus ovat voimassa 10 vuotta. Isännöitsijätodistukseen sisältyvä energiatodistus päivitetään kerran vuodessa ja se on voimassa kuten isännöitsijätodistus (*energiatodistusopas 2007, 15*).

## 8 Energiatehokkuusluku

Rakennuksen energiatehokkuus ilmoitetaan energiatodistuksessa energiatehokkuusluvulla (ET-luku) ja sen perusteella määräytyvällä energiatehokkuusluokalla (A–G). Nämä luokat määräytyvät rakennuksen käyttötarkoituksen perusteella seuraavien rakennustyyppien mukaan (*Energiatodistusopas 2007, 10*):

- Pienet asuinrakennukset (enintään 6 asuntoa asuinrakennuksessa tai- rakennusryhmässä)
- Suuret asuinrakennukset
- Toimistorakennukset
- Liikerakennukset
- Opetusrakennukset
- Päiväkodit
- Terveystoimintarakennukset
- Kokoontumisrakennukset
- Uimahallit
- Muut.

Taulukko 2. Energiatohokkuusluvut- ja luokat eri rakennustyypeillä (*Reinikainen Erja 2008 Rakennuksen energiatodistus ja energiaselvitys*).

Rakennustyyppi	Energiatohokkuusluokka energiatohokkuusluokineen (kWh/bm <sup>2</sup> /vuosi)						
	A	B	C	D	E	F	G
Toimistot	-90	91- 110	111- 130	131- 170	171- 230	231- 320	321-
Liikerakennukset	-140	141- 180	181- 220	221- 280	281- 360	361- 440	441-
Opetusrakennukset	-120	121- 150	151- 190	191- 230	231- 300	301- 400	401-
Päiväkodit	-140	141- 180	181- 230	231- 300	301- 390	391- 500	501-
Terveystieteiden rakennukset	-160	161- 200	201- 260	261- 340	341- 450	451- 600	601-
KokoonntumISRakennukset	-110	111- 140	141- 180	181- 240	241- 330	331- 450	451-
Uimahallit	-300	301- 410	411- 530	531- 670	671- 860	861- 1200	1201-
Muut rakennukset	-110	111- 150	151- 200	201- 280	281- 420	421- 660	661-

Energiatohokkuusluku saadaan jakamalla rakennuksen tarvitsema vuotuinen energiamäärä rakennuksen bruttopinta-alalla (*Energiatodistusopas 2007, 23, 24*). Vuotuinen energiamäärä on lämmitys-, sähkö- ja jäähdytysenergian yhteenlaskettu kulutus. Energiatohokkuusluku lasketaan pienissä asuinrakennuksissa kaavalla:

$$ET = \frac{\sum [Q_{\text{lämmitys}} + W_{\text{laitesähkö}} + Q_{\text{jäähdytys,tilat}}]}{\sum A} \text{ (kWh/bm}^2\text{/vuosi)}$$

ja muissa rakennuksissa kaavalla:

$$ET = \frac{\sum [Q_{\text{lämmitys tai } Q_{\text{lämm,norm}}} + W_{\text{kiinteistösähkö}} + Q_{\text{jäähdytys,tilat}}]}{\sum A} \text{ (kWh/bm}^2\text{/vuosi)}$$

Rakennuksen lämmitysenergiamäärä ( $Q_{\text{lämmitys}}$  ja  $Q_{\text{lämm,norm}}$ ) on tilojen lämmityksen ja lämpimän käyttöveden lämmityksen yhteenlaskettu kulutus. Se ei sisällä kiinteistökohtaisen eikä kiinteistön ulkopuolisen energiantuotannon häviöitä. Lämmitysenergian kulutus lasketaan käyttäen säävyöhyke 3 (Jyväskylä-Luonetjärvi) mukaisia säätietoja ja toteutunut lämmitysenergiankulutus muunnetaan vastaamaan Jyväskylän normaalivuoden mukaista lämmitystarvelukua.

Sähköenergian määrään lasketaan pienellä asuinrakennuksella aina koko laitesähköenergian kulutus ( $W_{\text{laitesähkö}}$ ) ja muille rakennuksille lasketaan tai mitataan kiinteistösähköenergian kulutus ( $W_{\text{kiinteistösähkö}}$ ).

Jäähdytysenergian määrä ( $Q_{\text{jäähdytys, tilat}}$ ) otetaan mukaan vain, jos rakennus on varustettu jäähdytysjärjestelmällä.

## 9 Energiätehokkuusluvun laskenta kohteessa

### 9.1 Rakennuksen lämmitysenergian kulutus

Kiinteistön lämmitystapa on öljylämmitys, joka on toteutettu kolmella erillisellä keskusöljypoltinkattilalla, joista myymälän- ja varaston lämmitys on toteutettu ilmapuhalluslämmityksellä ja toimistotilojen lämmitys vesikiertoisella öljypoltinkattilajärjestelmällä.

Kiinteistön lämmitysenergian kulutuksen selvittämiseksi lasketaan öljystä saatava lämmitysenergia. Taulukkoon 3 on kerätty kiinteistön öljyn kulutustiedot ja lasketut energian kulutukset. Laskentaohjeet, kaavat ja taulukot polttoaineiden tehollisista lämpöarvoista ja lämmöntuottolaitteiden vuosihyötysuhteista löytyvät Suomen rakentamismääräyskokoelmasta D5. Kiinteistön ostettavaa polttoainemäärää  $PA_{\text{lämmitys,osto}}$  vastaava lämmitysenergia  $Q_{\text{lämmitys,osto}}$  saadaan kaavalla:

$$Q_{\text{lämmitys,osto}} = PA_{\text{lämmitys,osto}} \times Q_{\text{polttoaine,omin}}$$

$$Q_{\text{lämmitys,osto}} = 17870 \text{ dm}^3 \times \frac{10 \text{ kWh}}{\text{dm}^3} = 178700 \text{ kWh}$$

Kevyen polttoöljyn tehollinen lämpöarvo  $Q_{\text{polttoaine,omin}}$  on (D5, taulukko 3.2) mukaan  $10 \text{ kWh/dm}^3$ .

Rakennuksen lämmitysenergiankulutus  $Q_{\text{lämmitys}}$  saadaan kaavalla:

$$Q_{\text{lämmitys}} = Q_{\text{lämmitys,osto}} \times \eta_{\text{lämmitys}}$$

$$Q_{\text{lämmitys}} = 178700 \text{ kWh} \times 0,87 = 155500 \text{ kWh/vuosi}$$

Öljykattilan enintään  $35 \text{ kW}$  vuosihyötysuhde  $\eta_{\text{lämmitys}}$  on (D5, taulukko 3.1) mukaan  $0,87$ .

Näistä laskemalla saadaan kiinteistön lämmitysenergiankulutukseksi neljän vuoden keskiarvolla laskettuna  $155\,500 \text{ kWh}$  vuodessa.

Taulukko 3. Kiinteistön lämmitysenergiataulukko.

Lämmitysenergiataulukko							
Vuosi	Vuosikulutus $P_{\text{lämmitys,osto}} /$ Litraa	Öljyn hinta €/litra	Öljyn hinta €/vuosi	Lämmitysenergia $Q_{\text{lämmitys,osto}} /$ kWh	Lämmitysenergia $Q_{\text{lämmitys}}$ Öljypoltin>35kW/ kWh	Lämmitys- tarveluku $S_{\text{toteutunutvpkunta}}$	Lämmitysenergian normeerattu kulutus $Q_{\text{norm}}$ kWh/vuosi
2006	17373	0,62	10841	173730	151145	3709	201228
2007	18555	0,59	10935	185550	161429	3714	214629
2008	15813	0,70	10990	158130	137573	3524	192774
2009	19743	0,58	11431	197430	171764	4028	210569
Keskiarvo	17871	0,62	11049	178710	155478	3744	205075

## 9.2 Lämmityksen ominaiskulutus

Lämmitysenergian kulutus normitetaan vertailupaikkakunnan ja lämmitystarveluvun mukaan. Lämmitystarveluvulla verrataan eri ajanjaksoina saman rakennuksen lämmitysenergiankulutuksia ja eri paikkakunnilla sijaitsevien rakennusten kulutuksia. Laskennan vertailupaikkakuntana käytetään Jyväskylää ja eri paikkakunnille on laskettu erilaiset lämmitystarveluvut ja kertoimet. Vertailulämmitystarvelukuina käytetään normaalivuoden 1971–2000 keskiarvolukuja, jotka on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Vertailulämmitystarveluvut (*Motivan lämmitystarveluvut–taulukko*)

### Lämmitystarveluvut 1971–2000

Vertailupaikkakunta	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi
Maarianhamina	599	577	559	424	216	36	7	22	160	320	433	543	3 896
Helsinki Kaisaniemi	657	619	574	404	169	12	2	15	144	331	468	594	3 989
Turku	667	629	582	399	170	19	4	23	170	352	488	612	4 115
Helsinki-Vantaa	691	647	593	402	165	18	4	27	185	364	502	631	4 229
Pori	680	639	589	413	189	25	5	29	195	364	500	627	4 255
Tampere-Pirkkala	734	681	614	411	186	29	6	39	211	382	537	672	4 502
Lahti Laune	737	686	615	419	172	25	6	36	215	394	533	674	4 512
Vaasa	732	667	620	445	215	33	9	47	221	397	535	667	4 588
Lappeenranta	771	702	624	425	177	26	6	34	204	404	548	691	4 612
Kuopio	820	748	657	468	213	34	8	43	216	415	579	742	4 943
Jyväskylä	789	727	650	464	217	43	13	63	251	427	576	725	4 945
Joensuu	837	762	670	479	231	43	12	55	237	434	598	759	5 117
Oulu	829	749	674	484	263	49	11	62	243	442	606	758	5 170
Kajaani	867	783	695	502	260	59	21	82	266	460	630	795	5 420
Sodankylä	964	840	759	570	358	113	55	150	330	545	742	911	6 337
Ivalo	947	823	752	575	387	153	76	157	328	545	744	894	6 381

Kiinteistön lämpimän käyttöveden kulutus on vähäistä, joten sen lämmitysenergiamäärän laskenta voidaan jättää pois, joten tämän Turussa olevan kiinteistön normeerattu ominaisenergiankulutus lasketaan kaavalla:

$$Q_{\text{norm}} = \frac{S_{\text{Nvpkunta}}}{S_{\text{toteutunutvpkunta}}} \times Q_{\text{lämmitys}} \times K_2$$

$$Q_{\text{norm}} = \frac{4115}{3744} \times 155500 \text{ kWh} \times 1,2 = 205100 \text{ kWh/vuosi}$$



### 9.3 Rakennuksen kiinteistösähköenergian kulutus

Muissa kuin asuinrakennuksissa kiinteistösähköenergia sisältää rakennuksen kaiken mitatun sähköenergian vähennettynä mahdollisella jäähdytysenergialla. Tässä kiinteistössä ei ole jäähdytyslaitteistoja, joten kiinteistösähköenergian kulutus saadaan suoraan kulutetusta sähkölukemasta. Sähköenergian vuosikulutuksen keskiarvo on ollut viimeisen neljän vuoden aikana 159100 kWh/vuosi.

### 9.4 Energiatehokkuusluku

Toimisto/liikerakennuksen energiankulutus on ET-luvun laskennassa rakennuksen lämmitysenergian, kiinteistösähkön ja tilojen jäähdytysenergian yhteenlaskettu kulutus. Kohteessa ei ole jäähdytyslaitteistoja, joten laskennassa otetaan huomioon vain lämmitys- ja kiinteistösähköenergia. ET-luku lasketaan kaavalla:

$$ET - luku = \frac{\sum [Q_{lämm, norm} + W_{kiinteistösähkö}]}{\sum A} =$$

$$\frac{[205100kWh/vuosi + 159100kWh/vuosi]}{2050brm^2} = \frac{178kWh}{brm^2} /vuosi$$

Energiatehokkuusluku 178 kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi on toimistorakennuksessa energiatehokkuusluokassa E. Liitteessä 3 energiatodistus kohteesta, todistus ei ole laillisesti pätevä, koska laatijalla ei ole pätevyyttä tehdä virallista energiatodistusta.

## 10 Lämmitysjärjestelmä

Kiinteistön lämmitysjärjestelmä on erittäin sekava, koska kiinteistöä on laajennettu ja, koska sen käyttötarkoitus on muuttunut. Lämmitys on toteutettu kolmella erillisellä öljypoltinkattilajärjestelmällä. Myymälän lämmitys on toteutettu omalla öljypoltin-ilmalämmityksellä, jossa öljypolttimena on Bentone vuodelta 97, jonka teho on 6,0-17,3 kg/h. Polttimon säätimenä on itse rakennettu termostaatti–kello–ohjaus. Varaston lämmitys on toteutettu vastaavalla järjestelmällä. Toimistotilojen lämmitys on toteutettu öljypoltin-vesikiertolämmityksellä, jossa polttimena on Oilon Junior ja kattilana Jäspi Eco-40 sekä säätimenä on Jämä Kombiterm jet. Näiden kolmen erillisen lämmitysjärjestelmän ylläpitäminen ja säätäminen taloudellisesti on hankalaa. Lisäksi myymälän lämmitykseen kovaääninen ilmalämmitys ei ole paras mahdollinen.

Yhden asteen muutos huonelämpötilassa merkitsee 5 %:n muutosta energiankulutuksessa, joten lämmityksen säätäminen on helppo tapa säästää energiaa. Kohteessa on vanha Kombiterm–säädin, jossa ei ole aikaohjelmointia, joten säätimen vaihtaminen nykyaikaiseen säätimeen olisi taloudellisesti järkevää. Toimisto- ja varastotilojen säätö on paikallista, eikä säätöjen toimivuutta ja ohjelmointia ole tutkittu.

## 11 Säädin

Säädin tarkoittaa teknistä laitetta, jolla säädetään suuretta haluttuun arvoon ja pyritään pitämään saavutettu arvo stabiilina. Säädin on yksinkertaisimmillaan esimerkiksi vesihana, jolla veden tulo säädetään sopivaksi. Elektroniikka ja automatiikka ovat mahdollistaneet yhä tarkempien säätimien kehittämisen. Säädin voi olla yksinkertaisimmillaan itsenäisesti toimiva paikallissäädin, tai se voi olla osana prosessia, jota ohjataan ja valvotaan keskitetysti automaatiojärjestelmällä.

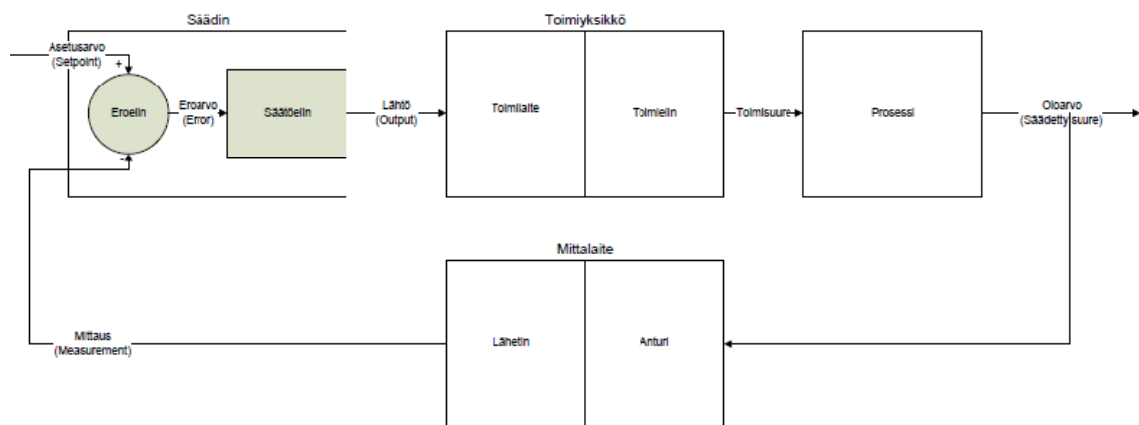
## 12 Lämmönsäätöjärjestelmät

### 12.1 Säätimen tehtävät

Lämmönsäätöjärjestelmässä säätimen tehtävä on pitää lämpötila halutussa vakioarvossa tai ohjelman mukaisessa arvossa erilaisista häiriötekijöistä huolimatta. Häiriötekijöitä ovat vaihteleva ulkolämpötila, tuuli, auringonpaiste, tilaan lisälämpöä tuovat ihmiset, valaisimet ja koneet.

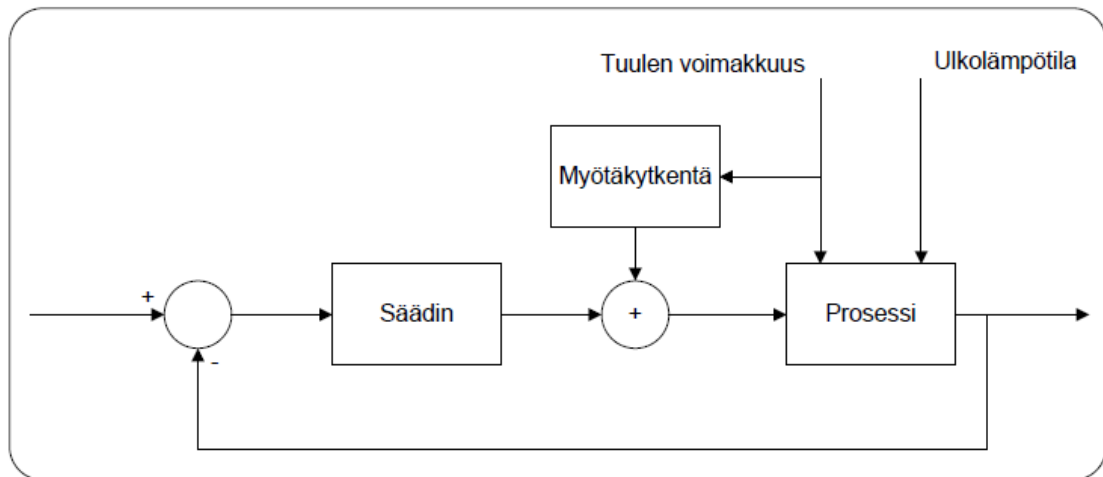
### 12.2 Säättöpiiri

Takaisinkytketyn säätöjärjestelmän periaatteellinen rakenne on esitetty kuviossa 5. Takaisinkytketyssä säädössä oloarvon (säädetty suure) halutaan seuraavan asetuarvoa (setpoint). Mittausanturilla mitataan oloarvoa, mittalähetin muuttaa mittaussignaalin sopivaan muotoon ja lähettää sen eroelimelle. Eroelin muodostaa asetuarvosta ja mittaussuureesta (measurement) eroarvon (error), joka on säätimen tulosuure. Säätimen lähtösuure ohjaa toimilaitteen välityksellä säädettyä prosessia.



Kuvio 5. Takaisinkytketyn säätöjärjestelmän periaatteellinen rakenne.

Myötäkytkennällä pyritään ottamaan etukäteen huomioon häiriön aiheuttama virhe prosessin oloarvossa ja kompensoimaan häiriön vaikutus lisäämällä säätäjän lähtöön häiriön mittauksesta määritetty uusi myötäkytkentätermi jo ennen kuin häiriön vaikutus näkyy prosessin oloarvossa. Myötäkytkentää eli kompensointia ei koskaan käytetä yksin, vaan täydentämään takaisinkytkettyä säätöä. Kuviossa 6 on esitetty häiriötekijöinä tuuli ja ulkolämpötila, myötäkytkennällä kompensoidaan tuulen vaikutusta myötäkytkennällä.



Kuvio 6. Myötäkytkennän periaatteellinen rakenne.

## 12.3 Kiinteistöautomaation säätimien tyypit

### 12.3.1 P-säädin

P-säätö (Proportional control) eli suhteuttava säätö on perussäätömuoto. P-säädin ei pyri säätämään mittausarvoa asetusarvon suuruiseksi, vaan pitää sen vahvistuksen mukaan määräytyvällä säätöalueella eli vertoalueella (*Värjä&Mikkola 2008, 62*). Sen vuoksi asetus- ja mittausarvot ovat harvoin yhtä suuria. Niiden välistä eroa sanotaan pysyväksi säätöpoikkeamaksi. P-säätimen toimitus  $u(t)$  on suoraan verrannollinen eroisuureeseen  $e(t)$ :

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

$K_p$  on vahvistus, jota muutetaan. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että häiriö, joka kompensoituaakseen vaatii toimitussuureeseen pysyvän muutoksen, aiheuttaa myös eroisuureeseen pysyvän muutoksen. P-säätö reagoi nopeasti muutoksiin. Kiinteistöissä tyypillisin P-säätimen käyttökohde on patteritermostaatti (kuvio 7). Se ei pysty pitämään lämpötilaa aivan vakiona, vaan saattaa jättää pienen säätöpoikkeaman.



Kuvio 7. Danfoss-patteritermostaatti.

### 12.3.2 I-säädin

I-säädin (integral control) integroi asetus- ja mittausarvon välistä eroarvoa ja muuttaa lähtöään niin kauan, että eroarvo poistuu (Värjä&Mikkola 2008, 63). I-säätimen kaava saadaan puolittain integroimalla P-säätimen kaava:

$$u(t) = u(0) + \int_0^t k * e(t) dt$$

I-säädin ei korjaa lähtöään kovin nopeasti muutostilanteen alkuvaiheessa, koska pienillä ajan hetkillä erosuureen  $t$  integraalin arvo ei poikkea paljoa alkuarvostaan. I-säädin tuo säätöön tarkkuutta. Lämmitysverkoston säätämiseen käytetään tavallisesti I- tai PI-säätöä jotta menoveden lämpötila pysyy asetusarvon suuruisena eikä säätöpoikkeamaa jää.

### 12.3.3 PI-säädin

PI-säätö (proportional integral control) on yleisin käytössä oleva säätömuoto kiinteistöautomaatiojärjestelmissä. Siinä on yhdistetty P- ja I-säätöjen edut. P-säätö muuttaa heti säätimen lähtöä, kun se havaitsee asetus- tai mittausarvon muuttuneen. Sen jälkeen I-säätö muuttaa lähtöä niin kauan, että säätöpoikkeama poistuu (Värjä&Mikkola 2008, 65). PI-säätö on siis nopea ja tarkka säätömuoto. PI-säätimen toimisuureen lauseke muodostuu kahdesta osasta, erosuureeseen verrannollisesta P-termistä ja erosuureen aikaintegraaliin verrannollisesta I-termistä:

$$u(t) = K \left( e(t) + \frac{1}{T_1} \int_0^t e(t) dt \right)$$

$T_1$  on säätimen integrointi-aika. Jos integrointi-vaikutus on viritetty varovasti, ts.  $T_1$  on suuri, toimii säädin aluksi P-säätimen tapaan ja vasta muutostilan loppuvaiheessa alkaa integrointi-vaikutus näkyä säädettävässä suureessa, ja toimitusmuure muuttuu niin kauan, että erosuure laskee nolnaan. PI-säädössä ei siis jää pysyvää säätöpoikkeamaa säädettävään suureeseen.

### 12.3.4 PID-säädin

PID-säätöä (proportional integral derivate control) käytetään, jos säätöpiirissä on huomattavaa mittaushitautta. D-säätö on ennakoiva säätö, joka reagoi erosuureen muutoksiin. PI-säätimen ominaisuuksia voidaan parantaa lisäämällä siihen D-osa (Värjä&Mikkola 2008, 66). PID-säädin muuttaa lähtöviestiään niin kauan, että mittaesarvo palautuu asetusarvon suuruiseksi. PID-säätimen toimisuureen lauseke on kolmiosainen:

$$u(t) = K \left( e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right)$$

$T_d$  on derivointiaikavakio. Derivoiva termi toimii eräänlaisena ennustajana, sillä se ottaa huomioon erosuureen muuttumisnopeuden. Jos positiivinen erosuure on kasvamassa, se vahvistaa P- ja I-termien vaikutusta, jos se taas on pienenemässä, erosuure heikentää näiden vaikutusta. PID-säädin on yleisesti käytetty säätömuoto teollisuudessa.

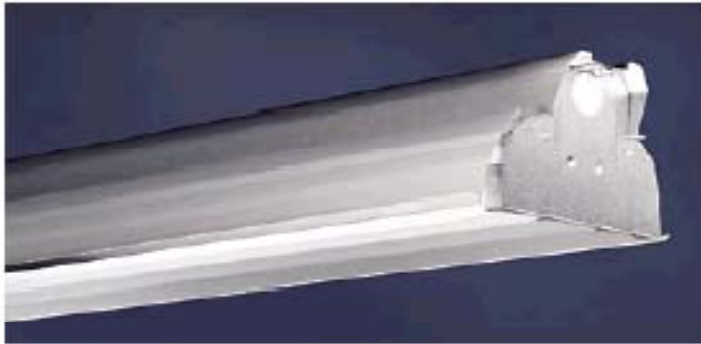
## 13 Valaistusjärjestelmä

### 13.1 Nykyinen järjestelmä

Myymäln valaistus on toteutettu valaisinripustuskiskoon sijoitetuilla loistevalaisimilla, jotka ovat 2x58 W:n heijastimella varustettuja runkovalaisimia. Valaisimet on sijoitettu valaisinripustuskiskoihin viiteen riviin noin 3 m:n korkeuteen. Valaisimia on yhteensä 34 kpl ja niiden tarkka sijoittelu löytyy liitteestä 4, jossa myös kerrottu mitatut valaistusvoimakkuusarvot. Valaistusvoimakkuudet mittasin pilvisenä päivänä ja silloinkin oli valaistusvoimakkuus standardin EN 12464-1 liiketilojen myyntialueen 300 Luxin ja kassa-alueen 500 Luxin arvoja korkeammat. Myymälän reunoilla valaistusvoimakkuus oli päivänvalon takia hyvinkin korkea, jopa yli 1000 Luxia, joten päivänvaloanturilla ja valoisuusohjauksella säästäisi valaistuskustannuksista. Valaisimien kokonaisteho on 4,5 kW ja vuosikulutus 10:n tunnin päivittäisellä poltto-illalla on 11 700 kWh/vuosi. Tämä maksaa vuodessa noin 700 €. Valaistuksen ohjaus on manuaalinen: ensimmäinen töihin tulija sytyttää valot katkaisijasta ja illalla viimeinen sammuttaa ne.

## 13.2 Suunniteltu järjestelmä

Myyvälän valaistuksen uusimiseksi tutkittiin kohteeseen soveltuvia valaisinvaihtoehtoja. Päädyttiin Fagerhult 32851 Inducon 2x49W-loistevalaisimeen (kuvio 8). Kyseinen valaisin on T5-putkinen perusheijastinvalaisin. Siihen on saatavissa lisävarusteena säädettävä liitäntälaite.

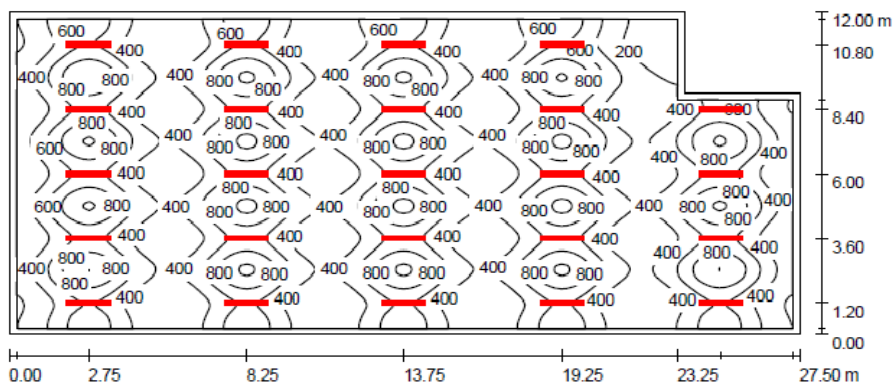


W	kg	mm	Liitäntälaite	Heijastin	Til.nro
FDH ( T16 )					
Valaisimet ilman ritilää					
2x45/49	2,8		EL		32851

Kuvio 8. Fagerhult 32851 Inducon 2x49W-loistevalaisin.

Dialux-valaistussuunnitteluohjelmalla suunniteltiin myymälään uusi valaistus (liite5) käyttämällä edellä esiteltyä Fagerhultin loistevalaisinta. Mitoituksessa apuna käytettiin standardin EN 12464-1 valaistusvaatimuksia liiketiloissa. Kuviossa 9 havainnollistetaan suunnitelman valaisinsijoittelu ja valaistusvoimakkuudet suunnittelusta (mittaustulokset liitteessä X). Riittävä valaistusvoimakkuus saavutetaan 24:llä 2x49 W:n loistevalaisimella, kun tällä hetkellä tila valaistetaan 34:llä 2x58 W:n loistevalaisimella. Suunniteltujen valaisimien kokonaisteho on 2,55 kW. Vuosikulutus samalla päivittäisellä 10:n tunnin käytöllä on 6600 kWh/vuosi. Kustannuksena tämä on 400 €/vuosi.

### Tila / Yhteenveto



Kuvio 9. Valaisinsijoittelu ja valaistusvoimakkuudet.



## 14 Valaistuksen säätöjärjestelmät

### 14.1 Yleistä

Valaistuksen säätämiseen on paljon erilaisia vaihtoehtoja tarpeen mukaan.

Säätämällä saadaan luotua eri tilanteisiin soveltuvia valaistusratkaisuja. Yleisin säätöjärjestelmä kotiloissa on himmennin, jolla säädetään tietyn valaisimen valaistustehoa. Säätöjärjestelmien kehittyessä on tullut mukaan vakiovalosäätöjä ja tilanneohjauksia. Säätöjärjestelmillä pyritään luomaan optimaalinen valaistustaso, joka ottaa huomioon käyttötarkoituksen ja ulkoiset olosuhteet.

### 14.2 Loistevalaisimien säätö

Loistevalaisimien säätö on mahdollista vain silloin, kun ne on varustettu valonsäätöön sopivilla liitälaitteilla. Loistelamppujen säätöön on yleisesti käytössä neljä eri ohjausperiaatetta, eli tapaa, jolla toteutetaan tiedonsiirto säätimen ja valaisimessa olevan elektronisen liitälaitteen välillä (*Fagerhultin valaistuskirja 2009–2010, 501*).

Ohjausperiaatteet ovat seuraavat:

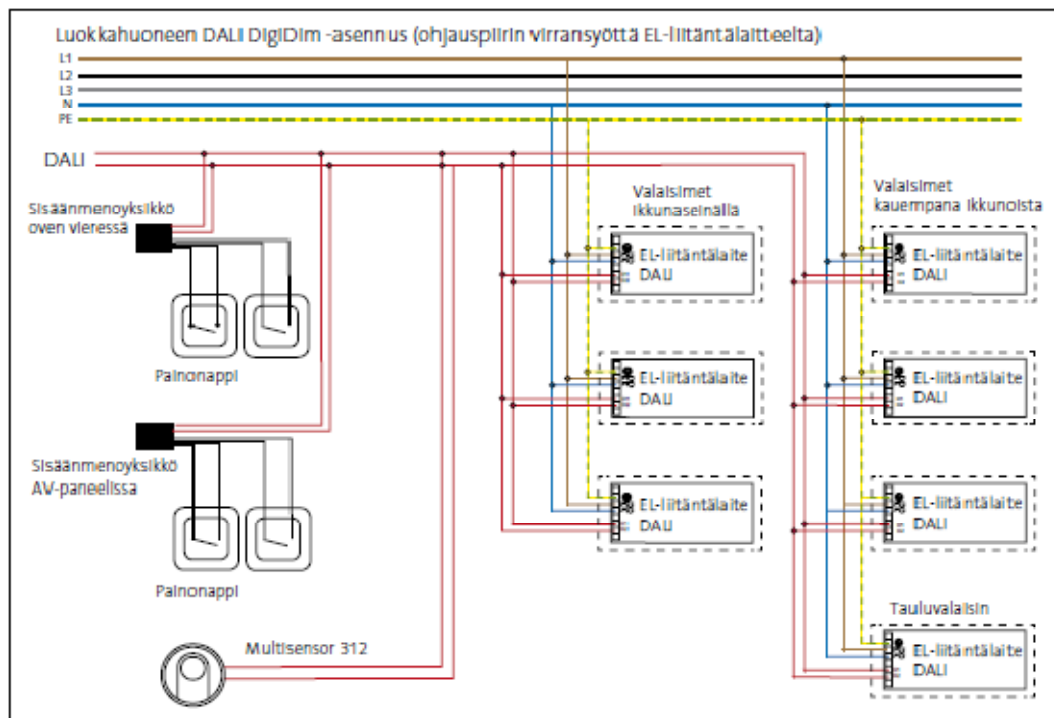
- DALI - osoitteellinen digitaaliohjaus
- DSI - osoitteeton digitaaliohjaus
- Suora painikeohjaus
- Analoginen 1-10V:n ohjaus

Taulukko 5. Eri ohjausperiaatteiden vertailu (*Fagerhultin valaistuskirja 2009–2010, 501*).

Ominaisuus	DALI	DSI	Suora painikeohjaus	1 -10 V
Osoitteellinen	64 os.	Ei	Ei	Ei
Ryhmäosoitteita	16 ryhmää	Ei	Ei	Ei
Tilanneohjaus	16 tilannetta	Ohjaimella	Ohjaimella	Ohjaimella
Logaritminen säätö	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Riippuu valmistajasta
Ohjausvirtapiirin polariteetti	Vapaa	Vapaa	Vapaa	Sidottu
Sammutus ohjausvirtapiiristä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
Johtimia valaisimeen	5	5	4 tai 5	5
Ohjausvirtapiirin pituus	300 m	250 m	jopa yli 300 m	300 m
Monikanavaisuus vaatii keskusyksikön	Ei	Kyllä	Yksikanavainen	Kyllä

### 14.2.1 DALI – osoitteellinen digitaaliohjaus

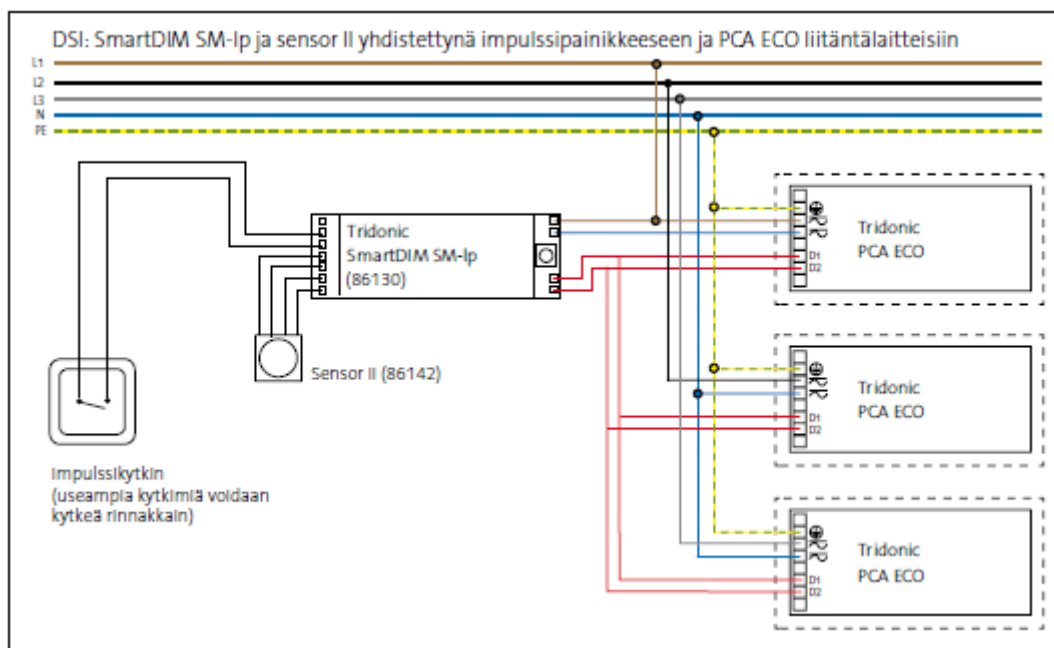
DALI (Digital Addressable Lighting Interface) on standardoitu (EN 60929) digitaalinen osoitteellinen ohjausjärjestelmä elektronisille liitäntälaitteille. DALIn taustalla ovat kaikki Euroopan johtavat liitäntälaitteiden valmistajat Helvar, Osram, Philips ja Tridonic. Järjestelmän ohjaus- ja säätötiedot välitetään digitaalisesti väylässä. Ohjausväylä tarvitsee erillisen tehollähteen. Monikanavainen ohjausjärjestelmä on toteutettavissa yhdellä ohjausvirtapiirillä, mikä säästää kaapelointikustannuksissa. Osoitteellisuus mahdollistaa erikseen samassa ohjausväylässä olevien liitäntälaitteiden ohjauksen. Järjestelmä vaatii ennen toimintaa ohjelmoimisen, joka tapahtuu painikkeilla, kaukosäätimellä tai tietokoneella (*Fagerhultin valaistuskirja 2009–2010, 502*).



Kuvio 10. DALI-ohjausjärjestelmän esimerkkikytkentä (*Fagerhultin valaistuskirja 2009–2010, 503*).

### 14.2.2 DSI – osoitteeton digitaaliohjaus

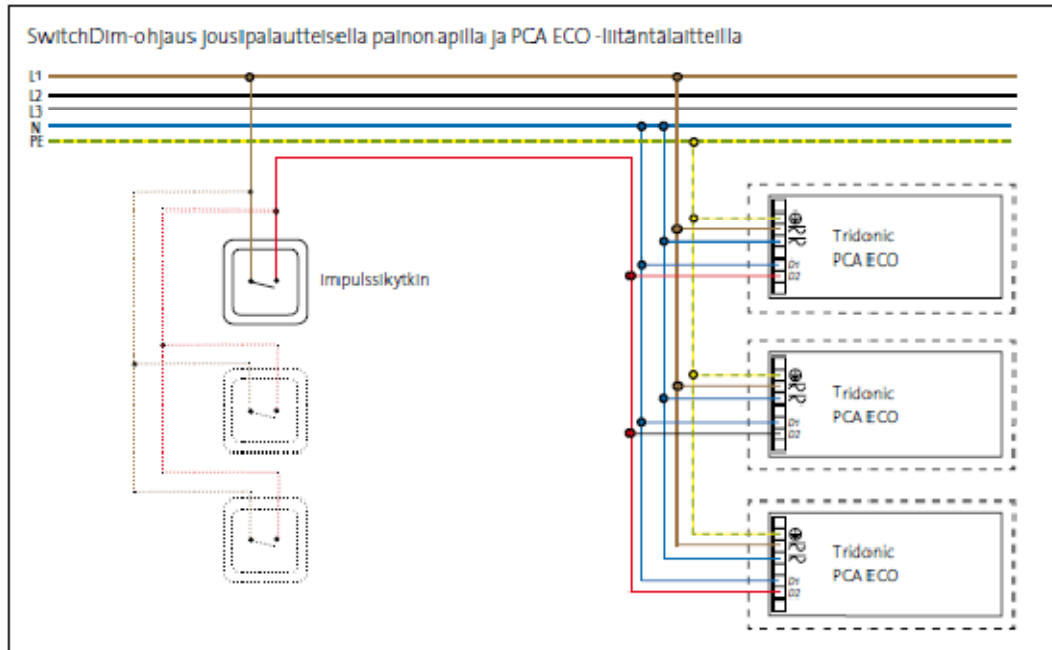
Tridonic toi 90-luvun alussa markkinoille digitaalisen DSI-ohjausjärjestelmän. DSI-digitaaliohjauksessa säätötiedot välitetään valaisimen liitäntälaitteelle osoitteetonta digitaalisignaalia käyttäen. Digitaalisen ohjauksen ansiosta kaikki valaisimet säätävät samalla tavalla. Ohjausvirtapiirin pituus ei vaikuta säätötulokseen. Järjestelmää voidaan ohjata vakiovalo- ja läsnäolotunnistimilla, painikekytkimellä ja IR-ohjaimella sekä sulkeutuvalla koskettimella. Järjestelmä ei edellytä ohjelmointia, mutta tilanne- ja vakiovalo-ohjauksessa tilanteet ja valotasot joudutaan tallentamaan järjestelmän muistiin (*Fagerhultin valaistuskirja 2009–2010, 506*).



Kuvio 11. DSI-ohjausjärjestelmän esimerkkikytkentä (*Fagerhultin valaistuskirja 2009–2010, 506*).

### 14.2.3 Suora painikeohjaus

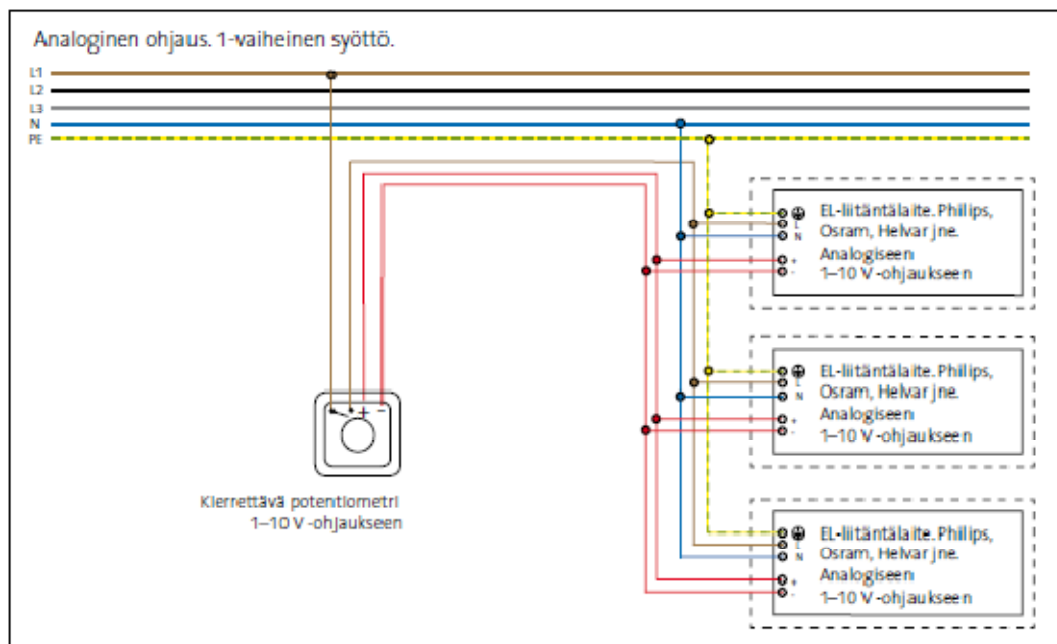
Suora painikeohjaus (Switch/Dim) on vaiheen kautta tapahtuva impulssiohjaus. Siinä Ohjaussignaali lähetetään vaihetta pitkin liitäntälaitteelle tavallisella palautusjousella varustetulla kytkimellä. Tämä ohjausjärjestelmä on edullisin ja yksinkertaisin tapa säätää valaistusta, koska mitään lisälaitteita ei tarvita, vaan painikkeella säädetään liitäntälaitetta suoraan (*Fagerhultin valaistuskirja 2009–2010, 508*).



Kuvio 12. Suoran painikeohjauksen esimerkkikytkentä (*Fagerhultin valaistuskirja 2009–2010, 509*).

### 14.2.4 Analoginen 1-10 V:n ohjaus

Analoginen 1-10 V:n tasajänniteohjaus on standarsoitu (EN 60929) ohjausjärjestelmä. Järjestelmässä liitäntälaitetta ohjataan 1-10 V:n tasajännitesignaalilla. Liitäntälaite muodostaa tarvittavan ohjausvirran itse ja ohjaimeksi riittää yksinkertaisimmillaan pelkkä potentiometri. 1-10 V:n ohjauksella on yksinkertaista toteuttaa pieniä kokonaisuuksia, joissa tarvitaan pelkkää valotason säätömahdollisuutta (*Fagerhultin valaistuskirja 2009–2010, 512*).



Kuvio 13. Analogisen ohjausjärjestelmän esimerkkikytkentä (*Fagerhultin valaistuskirja 2009–2010, 512*).

## 15 Tulokset

### 15.1 Lämmitysjärjestelmä

Lämmityksen säätöjärjestelmän uusimisella saadaanärkevin kustannuksin säästöjä lämmitysenergian kulutukseen. Joidenkin arvioiden mukaan säätöjärjestelmän uusinnalla ja oikeilla säädöillä päästään jopa 20-40 %:n säästöihin energian kulutuksessa.

Kohteen lämmityksen säätämiseen löytyy esim. Oumanilta toimiva lämmönsäädin EH-203 (kuvio14), sen monipuolisuuden ja laajennettavuuden vuoksi. EH-203 on digitaalinen lämmönsäädin, johon on mahdollista lämmitys- ja käyttöveden säätämisen lisäksi mahdollisuus kytkeä ulkopuolisia tuloja ja lähtöjä, kuten kohteen kaksi ilmalämmitysjärjestelmää. Lisäksi säätimessä on etäkäyttömahdollisuudet tulevaisuutta varten esim. LON-protokollaa käyttäviin valvomoratkaisuihin.



Kuvio 14. EH-203 lämmönsäädin.

EH-203 säätimen ja kohteeseen tarvittavien antureiden hintaluokka on noin 1000 euroa ja asennustöiden arvio noin 200 euroa. Kohteen öljynkulutuksen keskiarvohinta on ollut vuodessa noin 11000 euroa, joten säätöjärjestelmän uusimisella saadaan nopeasti kuoletettua investoinnit ja säästää vuosittaiseen öljynkulutukseen.

Valaistusjärjestelmän uusimisella ei päästä yhtä nopeisiin investointien kuoletusaikoihin kuin lämmitysjärjestelmässä, mutta toisaalta valaistuksen uusiminen vaikuttaa viihtyvyyteen ja toiminnallisuuteen.

## 15.2 Valaistusjärjestelmä

Nykyisten valaisimien vuosikulutus on 11700 kWh ja suunniteltujen valaisimien vastaavasti 6600 kWh/vuosi, tästä tulee säästöä vuodessa noin 300 euroa. Uusien valaisimien kulutus on laskettu samalla käyttöajalla, kuin nykyisten valaisimien, vaikka suunnitelmassa on käyttää ohjauksessa päivänvaloanturia, jolla säädetään valaisimien tehoa auringonvalon mukaan. Tästä saadaan säästöä energiankulutukseen, mutta vuositasolla ei päästä kuitenkaan suuriin euromääräisiin säästöihin.

Valaisimien uusiminen kustantaa noin 3000 euroa, josta valaisimien osuus on 2000 euroa, ohjauslaitteiden 500 euroa ja asennustyön 500 euroa. Kuoletusaika on näin ollen 7-8 vuotta, mutta silti valaisimien uusinta on kannattava toimenpide, koska vanhat valaisimet ovat jo huonossa kunnossa ja vaativat kuitenkin usein korjaustoimenpiteitä.

## 15.3 Yhteenveto

Energian käytön tehostamisella saadaan helposti säästöjä aikaan. Tässäkin työssä tutkittavilla lämmityksen säätöjärjestelmän ja myymälän valaisinjärjestelmän uusimisilla kiinteistön energiatehokkuusluku putoaa 178:stä 160:een ja energiatehokkuusluokka nousee D-luokkaan.

## 16 Lähteet

*Ilmatieteenlaitos. [online][viitattu 26.03.2010] Saatavissa:*

[http://www.fmi.fi/saa/tilastot\\_25.html](http://www.fmi.fi/saa/tilastot_25.html)

*Motiva lämmitystarveluvut taulukko [online][viitattu 01.04.2010] Saatavissa:*

[http://www.motiva.fi/files/1482/Lammitystarveluvut\\_1971\\_2000-taulukko.pdf](http://www.motiva.fi/files/1482/Lammitystarveluvut_1971_2000-taulukko.pdf)

*Reinikainen Erja 2008. Rakennuksen energiatodistus ja energiaselvitys.*

*[pdf][online][viitattu 01.04.2010] Saatavissa:*

<http://arkkitehtuuri.tkk.fi/oppituolit/ro/Energiatodistus%20ja%20selvitys.pdf>

*Suomen rakentamismääräyskokoelma C3. Ympäristöministeriön asetus rakennusten lämmöneristyksestä 2008.*

*Suomen rakentamismääräyskokoelma D2. Ympäristöministeriön asetus rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 2008.*

*Suomen rakentamismääräyskokoelma D3. Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta 2007.*

*Suomen rakentamismääräyskokoelma D5. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskennasta 2007.*

*Ympäristöministeriö energiatodistusopas 2007 [pdf][online][viitattu 01.04.2010]*

*Saatavissa:*

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=105735&lan=fi>

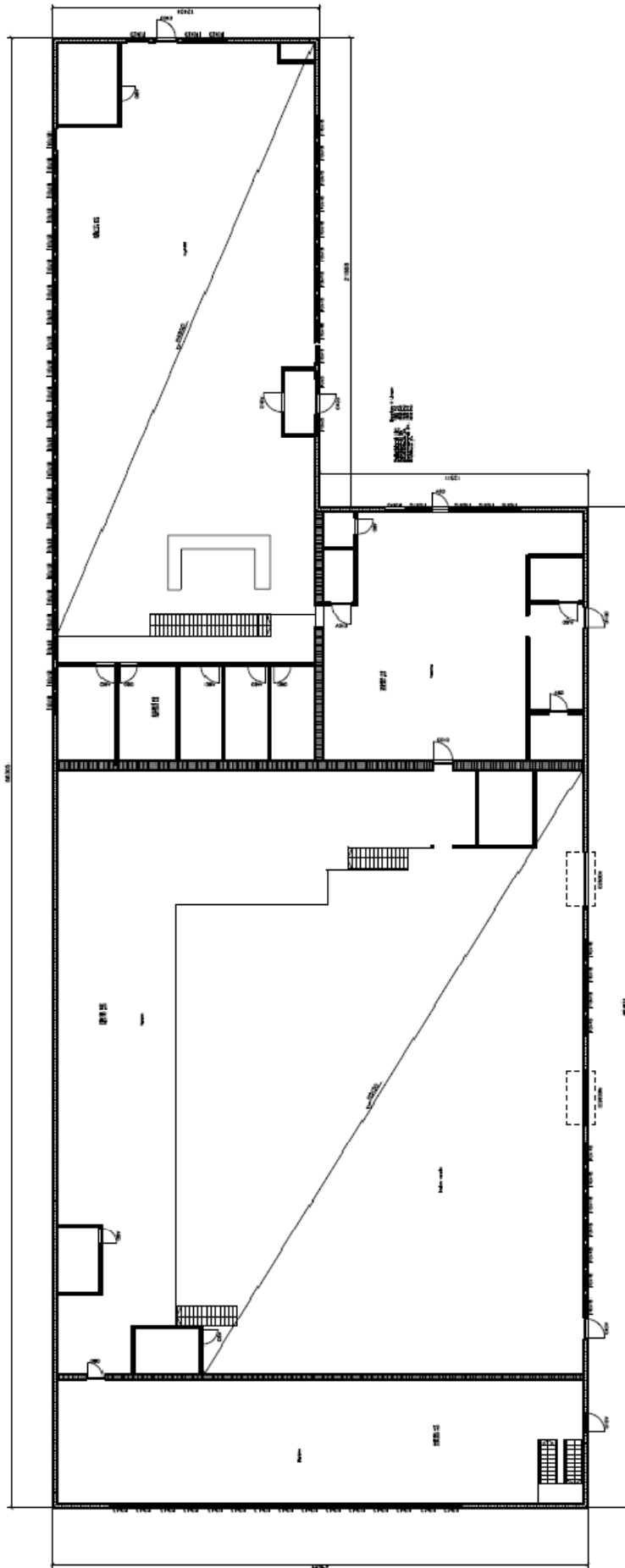
*Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 765/2007.*

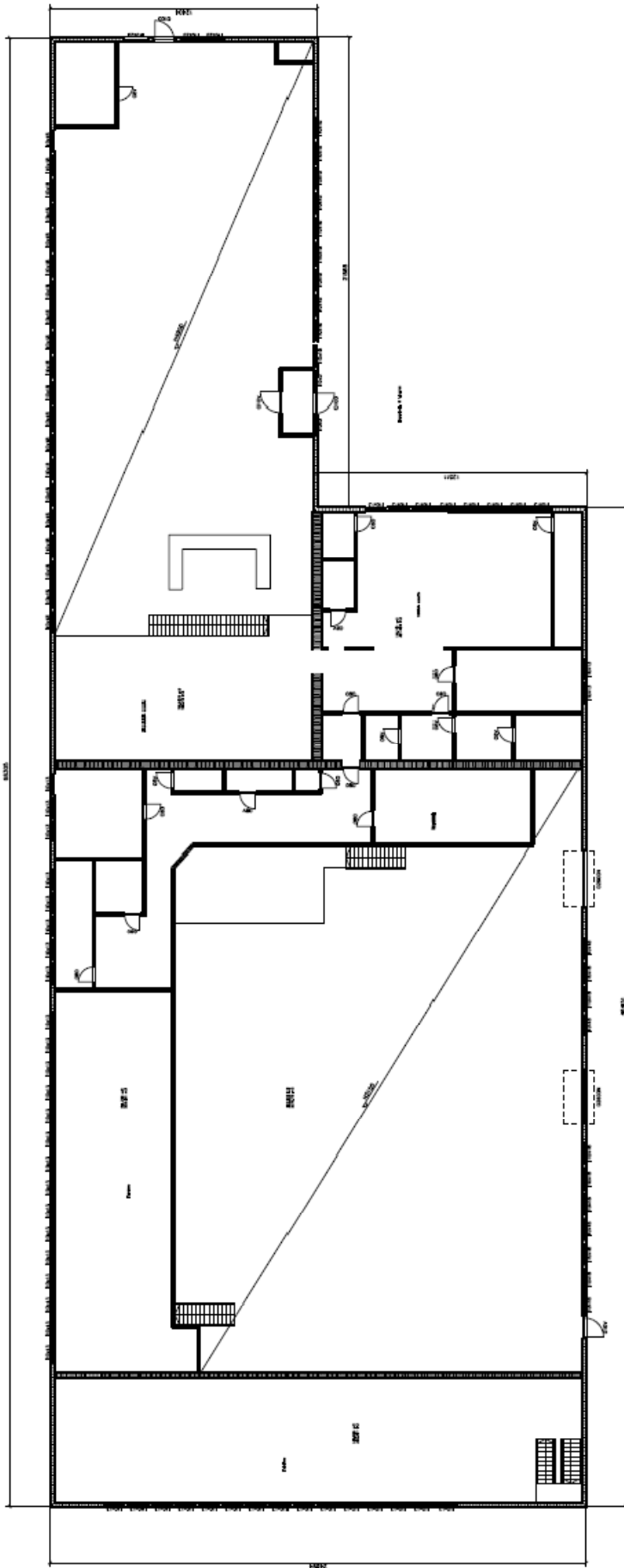
*Värjä Pentti & Mikkola Jukka-Matti 2008. Uusi kiinteistöautomaatio, Kuusankoski Mikro-oppi ky.*

## 17 Liitteet

Liite1	Pohjakuva 1.kerros
Liite2	Pohjakuva 2.kerros
Liite3	Energiatodistus
Liite4	Myymälän nykyinen valaistus
Liite5	Myymälän valaistussuunnitelma







# ENERGIATODISTUS

Liite 3

## Rakennus

Rakennustyyppi: Toimistorakennus

Valmistumisvuosi: 1970

Rakennustunnus:

Osoite: Tierankatu 8  
20520 Turku

## Energiatodistus on annettu

- rakennuslupamenettelyn yhteydessä ja perustuu laskennalliseen kulutukseen
  - energiakatselmuksen yhteydessä ja perustuu toteutuneeseen kulutukseen
  - erillisen tarkastuksen yhteydessä ja perustuu toteutuneeseen kulutukseen
- Tehty tutkintotyön ohessa

ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka
- 90		
91 - 110		
111 - 130		
131 - 170		
171 - 230		
231 - 320		
321 -		

*Paljon kuluttava*

Rakennuksen energiatehokkuusluku (ET-luku, kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi):

**178**

Energiatehokkuusluvun luokitteluasteikko: Toimistorakennukset

## Todistuksen antaja:

Kari Hettula  
Varsojankatu 9  
20460 Turku

## Allekirjoitus:

## Todistuksen tilaaja:

Kiinteistö Oy Tierankatu 8  
Tierankatu 8  
20520 Turku

## Todistuksen antamispäivä:

30.4.2010

## Viimeinen voimassaolopäivä:

30.4.2020

# RAKENNUKSEN ENERGIANKULUTUS

## Energiatehokkuusluvun laskenta

Lämmitysenergian kulutus *	205 100 kWh/vuosi
Kiinteistösähkön kulutus	159 000 kWh/vuosi
Jäähdytysenergian kulutus *	kWh/vuosi
<b>Yhteensä</b>	<b>364 100 kWh/vuosi</b>
Rakennuksen bruttoala	2 050 brm <sup>2</sup>
<b>Rakennuksen energiatehokkuusluku</b>	<b>178 kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi</b>

\* Uudisrakennuksen energiankulutus lasketaan käyttäen RakMk D5 Liite 1 säävyöhyke III (Jyväskylä-Luonetjärvi) mukaisia säätietoja.

## Toteutuneet energian ja veden kulutukset

Kulutuskohte	Kulutus	Yksikkö	Vuosi
<b>Lämmitysenergia</b>			
Öljylämmitys	17 870	l	ka
<b>Kiinteistösähkö</b>			
Mitattu kiinteistösähkö	159 100	kWh	ka
<b>Jäähdytysenergia</b>			
Kaukojäähdytys		kWh	
Jäähdytysenergia		kWh	
<b>Vedenkulutus</b>			
Kokonaiskulutus		m <sup>3</sup>	
Lämpimän veden kulutus		m <sup>3</sup>	

## Toteutuneiden kulutusten muuntaminen energiatehokkuusluvun laskentaa varten

Vertailupaikkakunta:	Turku
Normaaliavuoden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla:	4115
Vuoden ka lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla:	3744
Paikkakuntakohtainen korjauskerroin Jyväskylään k2:	1,2
Lämmöntuottojärjestelmän hyötysuhde:	0,87

## Rakennuksen sisäilmasto sekä ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmä

Painovoimainen ilmanvaihto	<input checked="" type="checkbox"/>	Ulkoilmaventtiilit	<input type="checkbox"/>
Koneellinen poistoilmanvaihto	<input type="checkbox"/>	Tuloilman suodatus	<input type="checkbox"/>
Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto	<input type="checkbox"/>	Lämmöntalteenotto	<input type="checkbox"/>
Lämmönjakotapa: vesipatterit, ilmalämmitys		Jäähdytys	<input type="checkbox"/>
Ilmanvaihdon ilmavirrat on mitattu ja todettu riittäviksi vuonna			<input type="checkbox"/>
Ilmanvaihtojärjestelmä on puhdistettu ja tasapainotettu vuonna			<input type="checkbox"/>
Ilmastoinnin kylmälaitteiden kunto ja energiatehokkuus on tarkastettu vuonna			<input type="checkbox"/>
Lämmitysjärjestelmä on tasapainotettu vuonna			<input type="checkbox"/>

## HUOMIOT JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

### Ulkoseinät ja ikkunat

\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*

Toimenpide-ehdotus	Arvioitu energiansäästö (kWh/vuosi)		
	Lämpö	Sähkö	Kylmä
*	*	*	*
*	*	*	*
*	*	*	*

### Ylä- ja alapohja

\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*

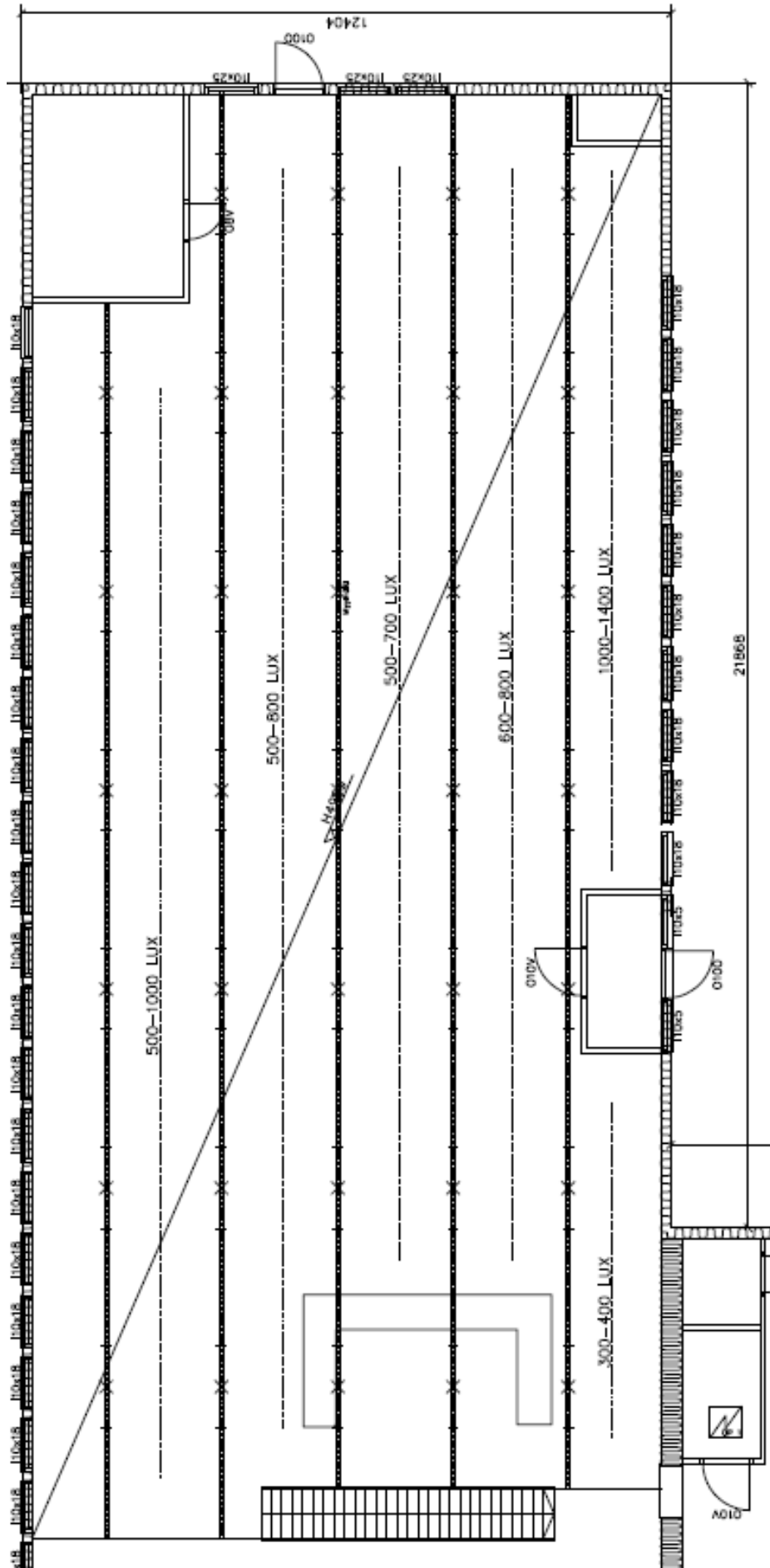
Toimenpide-ehdotus	Arvioitu energiansäästö (kWh/vuosi)		
	Lämpö	Sähkö	Kylmä
*	*	*	*
*	*	*	*
*	*	*	*

### Tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät

\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*

Toimenpide-ehdotus	Arvioitu energiansäästö (kWh/vuosi)		
	Lämpö	Sähkö	Kylmä
Säätöjärjestelmän uusiminen	30 000	*	*
*	*	*	*
*	*	*	*





Liite 4

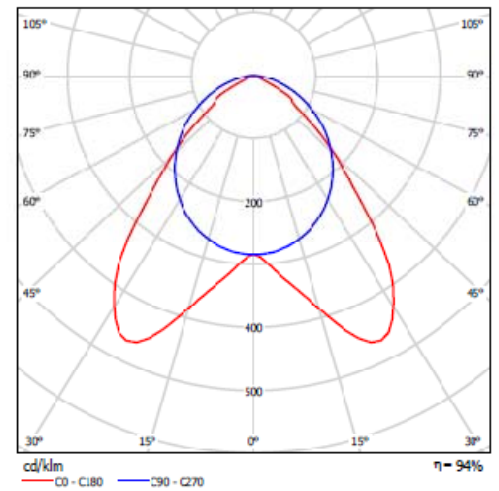
**Projekti 1**

Tekijä  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**Fagerhult 32851 Inducon Wide beam 2xT5 49W / Valaisintietoarkki**



Valaistu alue 1:



Valaisinten luokittelu CIE: 100  
Elektronikkakomponenttien valovirakoodi: 58 91  
99 100 94

For product details please visit [www.fagerhult.com](http://www.fagerhult.com)

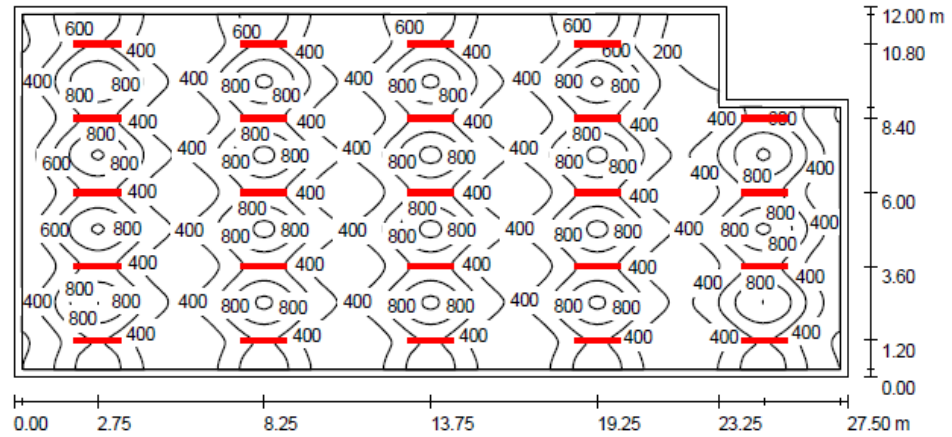
Valaistu alue 1:

Häikäisyarvot UGRN mukaan											
h Katto	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	30
h Seinä	50	30	50	30	30	50	30	50	30	50	30
h Lattia	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Tilan koko X Y	Näkökulma jokittain Lampun keskilinjan					Näkökulma jokittain Lampun keskilinjan					
7x4	7x4	18.1	19.3	18.4	19.5	19.7	21.6	22.7	21.8	22.6	23.1
3x1	3x1	15.0	19.0	18.2	19.3	19.5	22.8	23.0	23.1	24.1	24.4
4x4	4x4	17.9	18.9	18.2	19.1	19.4	23.2	24.2	23.6	24.5	24.8
6x4	6x4	17.8	18.7	18.2	19.0	19.3	23.4	24.3	23.8	24.6	24.9
8x4	8x4	17.8	18.6	18.2	18.9	19.3	23.4	24.3	23.8	24.4	24.9
12x4	12x4	17.8	18.6	18.1	18.9	19.2	23.4	24.2	23.8	24.5	24.9
4x4	2x4	18.7	19.7	19.0	19.9	20.2	21.6	22.5	21.9	22.8	23.1
3x4	4x4	18.6	19.4	18.9	19.7	20.0	22.9	23.7	23.3	24.0	24.4
4x4	4x4	18.5	19.2	18.9	19.5	19.9	23.4	24.1	23.8	24.4	24.8
6x4	6x4	18.4	19.0	18.8	19.4	19.8	23.6	24.2	24.0	24.6	25.0
8x4	8x4	18.4	18.9	18.8	19.3	19.7	23.7	24.2	24.1	24.6	25.0
12x4	12x4	18.3	18.8	18.8	19.3	19.7	23.7	24.2	24.1	24.4	25.0
8x4	4x4	18.5	19.1	18.9	19.4	19.9	23.3	23.8	23.7	24.1	24.6
6x4	6x4	18.4	18.9	18.9	19.3	19.8	23.5	24.0	24.0	24.4	24.9
8x4	8x4	18.4	18.8	18.9	19.2	19.7	23.6	23.9	24.0	24.4	24.9
12x4	12x4	18.4	18.7	18.6	19.2	19.7	23.8	23.9	24.0	24.4	24.9
12x4	4x4	18.5	19.0	18.9	19.4	19.8	23.3	23.8	23.7	24.1	24.6
6x4	6x4	18.4	18.8	18.9	19.2	19.7	23.5	23.9	24.0	24.4	24.8
8x4	8x4	18.4	18.7	18.8	19.2	19.7	23.5	23.8	24.0	24.3	24.8
Käytännölliset sijoituspaikat: etäisyys seinästä: etäisyys lattiasta: 0											
S = 1.0H		+1.5 / -3.1					+0.8 / -1.1				
S = 1.5H		+3.0 / -4.7					+1.3 / -2.2				
S = 2.0H		+3.2 / -19.3					+1.6 / -2.6				
Valmistusluokka		BK02					BK02				
Korjuehtokäsi		0.4					5.8				
Korjuehtokäsi suhteessa BK00:n korjuehtokäsiin											



Tekijä  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## Tila / Yhteenvedo



Tilan korkeus: 4.900 m, Asennuskorkeus: 2.900 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava  
1:197

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	532	82	1046	0.155
Lattia	20	493	111	790	0.225
Katto	70	85	56	99	0.657
Seinät (6)	50	143	54	1200	/

**Käyttötaso:**

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 128 x 128 Pisteet  
Reuna-alue: 0.250 m

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	24	Fagerhult 32851 Inducon Wide beam 2xT5 49W (1.050)	8600	106.0
			Yhteensä: 206400	2544.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: 8.00 W/m<sup>2</sup> = 1.50 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Pohjapinta-ala: 318.00 m<sup>2</sup>)

Tekijä  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## Tila / Syöttöprotokolla

Käyttötason korkeus: 0.850 m  
Reuna-alue: 0.250 m

Huoltokerroin: 0.80

Tilan korkeus: 4.900 m  
Pohjapinta-ala: 318.00 m<sup>2</sup>



Pinta	Rho [%]	von ( [m]   [m] )	nach ( [m]   [m] )	Pituus [m]
Lattia	20	/	/	/
Katto	70	/	/	/
Seinä 1	50	( 0.000   0.000 )	( 27.500   0.000 )	27.500
Seinä 2	50	( 27.500   0.000 )	( 27.500   9.000 )	9.000
Seinä 3	50	( 27.500   9.000 )	( 23.500   9.000 )	4.000
Seinä 4	50	( 23.500   9.000 )	( 23.500   12.000 )	3.000
Seinä 5	50	( 23.500   12.000 )	( 0.000   12.000 )	23.500
Seinä 6	50	( 0.000   12.000 )	( 0.000   0.000 )	12.000