



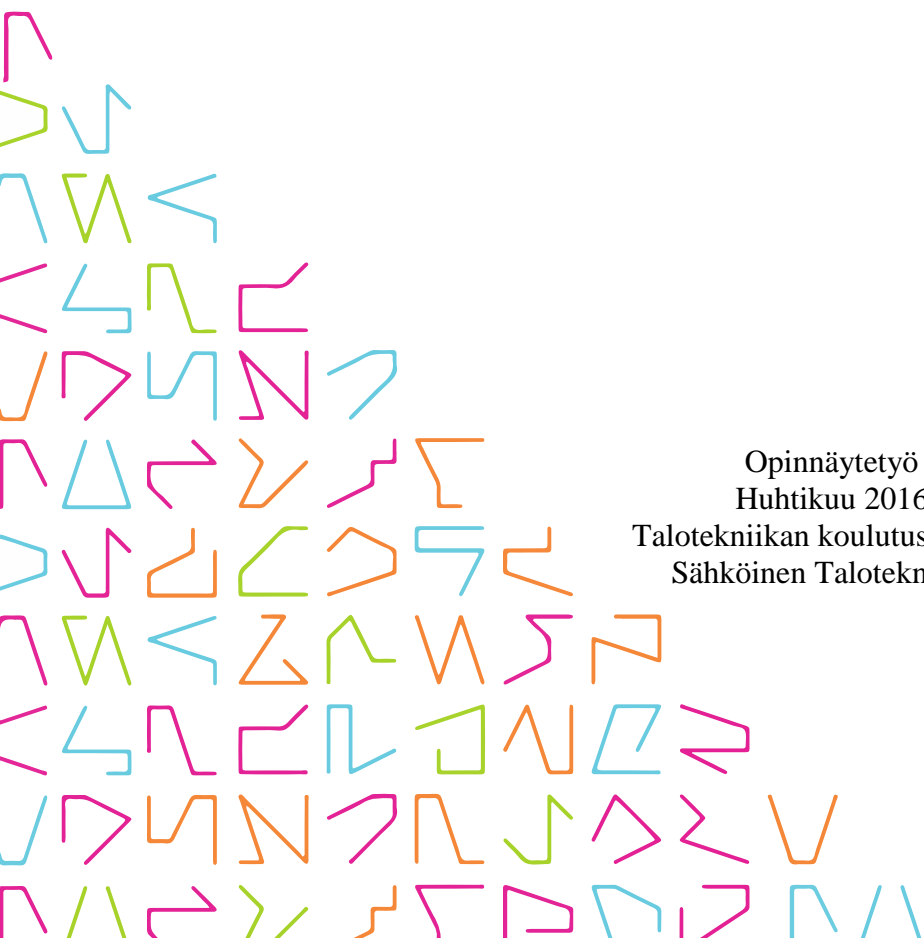
TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# **AUTOMAATION VAIKUTUS ENERGIA- HOKKUUTEEN PIRKANMAAN PALVELURA- KENNUKSISSA**

COMBI-projekti

Sami Mikkola

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2016  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Sähköinen Talotekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Sähköinen talotekniikka

MIKKOLA SAMI:

Automaation vaikutus energiatehokkuuteen Pirkanmaan palvelurakennuksissa  
COMBI-projekti

Opinnäytetyö 53 sivua, joista liitteitä 5 sivua  
Huhtikuu 2016

---

Opinnäytetyössä perehdyttiin rakennuksen energiatehokkuuteen rakennusautomaation näkökulmasta tutustumalla standardiin SFS-EN 15232:2012 ja luokittelemalla viisi Pirkanmaalla sijaitsevaa palvelurakennusta standardin mukaisiin automaation tehokkuusluokkiin.

Työ tehtiin Tampereen ammattikorkeakoululle osana COMBI-projektia, jossa on muun muassa tarkoitus kerätä tietoa nykyisistä palvelurakennuksista ja kehittää tapoja sekä ratkaisuja niiden energiatehokkuuden parantamiseksi uusia nollaenergiavaatimuksia silmällä pitäen. Opinnäytetyö sijoittuu COMBI-projektissa työpakettiin 4 ”Talotekniikka ja energiantuotanto” ja sen tutkimusosioon 4.6 ”Kiinteistöautomaatioratkaisuiden kehittäminen ja sähkötehojen hallinta”.

Luokittelun tuloksista voidaan todeta, että keskimäärin näiden viiden kohteen automaation tehokkuudessa ei ole suuria eroja; kaikki kohteet sijoittuvat luokkien C ja B väliin. Standardia SFS-EN 15232:2012 ei tällä hetkellä käytetä Suomessa suunnittelussa. Kohteiden luokittelun aikana kävi ilmi, että luokituksen kirjaimellinen tulkinta saattaa olla hankalaa ja epäkäytännöllistä. Luokitusta voitaneen käyttää sovelletusti esimerkiksi tilaajan ja suunnittelijoiden kesken keskusteltaessa taloteknisten järjestelmien yhteensovittamisesta ja energiatehokkuustavoitteista suunnittelun alkuvaiheessa.

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services Engineering  
Electrical Building Services

**MIKKOLA SAMI:**

Impact of automation on energy efficiency in municipal service buildings in Pirkanmaa  
COMBI project

Bachelor's thesis 53 pages, appendices 5 pages  
April 2016

---

The purpose of this thesis was to concentrate on the energy efficiency of buildings from the perspective of building automation by studying the standard SFS EN 15232:2012 and categorizing five municipal service buildings according to the efficiency classes described in the standard.

The work was commissioned by Tampere University of Applied Sciences as part of COMBI project whose goals are to collect information about existing municipal service buildings and to develop ways and solutions to improve the energy efficiency new zero-energy requirements in mind. This thesis is part of COMBI project's work package 4 "Building services and energy production" and its research section 4.6 "Development of Building Automation solutions and management of electrical power".

The results show that there are no major differences between these five municipal service buildings. The efficiency class is between C and B. The standard is currently not in regular use as part of the planning in Finland and during classification it was revealed that it could be difficult and impracticable to use the whole standard as part of planning, but some parts of it could be used jointly by the customer and planners when discussing the energy efficiency of building services systems.

---

Key words: building automation, automation, energy efficiency

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	PALVELURAKENNUSTEN NZEB-TAVOITTEET.....	7
2.1	Lähes nollaenergiarakentaminen .....	7
2.2	COMBI-hanke .....	8
3	RAKENNUSTEN ENRGIATEHOKKUUS JA AUTOMAATION OSUUS SIIHEN.....	10
3.1	Rakennusten energiatehokkuus.....	10
3.2	Automaation osuus energiatehokkaassa rakennuksessa .....	11
3.3	Standardi SFS EN 15232 .....	12
3.3.1	Standardin mukainen tehokkuusluokitus .....	13
3.3.2	Kerroinmenetelmä.....	14
3.3.3	Standardin käytön ongelmakohdat.....	15
4	AUTOMAATIO CASE-KOhteissa .....	16
4.1	Case-kohteiden automaation tutkiminen .....	16
4.2	Lämmityksen ohjaus .....	16
4.2.1	Lämmönluovutuksen ohjaus .....	17
4.2.2	Lämmönjakeluverkon meno- tai paluuveden lämpötilan säätö .....	17
4.2.3	Säädetty kiertovesipumpun ohjaus verkostossa.....	18
4.2.4	Lämmityksen (lämmönjakelun tai lämmönluovutuksen) aikatauluohjaus .....	19
4.2.5	Lämmöntuottolaitteen ohjaus polttojärjestelmissä ja kaukolämmityksessä.....	22
4.2.6	Lämmöntuottolaitteen ohjaus lämpöpumppujärjestelmissä.....	23
4.2.7	Lämmöntuottolaitteiden vuorottelu.....	23
4.3	Lämpimän käyttöveden tuoton ohjaus.....	24
4.3.1	Lämpimän käyttöveden säiliön lämpötilan ohjaus, kun lämmitetään lämmöntuottolaitteella.....	24
4.3.2	Lämpimän käyttöveden kiertovesipumpun ohjaus.....	25
4.4	Jäähdytyksen ohjaus .....	26
4.4.1	Lämmönluovutuksen ohjaus .....	26
4.4.2	Jakeluverkon meno- tai paluuveden kylmän veden lämpötilan säätö.....	27
4.4.3	Säädetty kiertovesipumpun ohjaus.....	28
4.4.4	Jäähdytyksen (jakelu tai lämmönluovutuksen) aikatauluohjaus.....	29
4.4.5	Lämmityksen ja jäähdytyksen samanaikaisen käytön estäminen .....	30
4.4.6	Erillinen ohjaus jäähdytyskoneelle .....	31
4.4.7	Jäähdytyskoneikon vuorottelukäyttö.....	31

4.5	Ilmanvaihdon ja ilmastoinnin ohjaus .....	32
4.5.1	Huoneen ilmavirran ohjaus .....	32
4.5.2	Ilmanvaihtokoneen ilmavirran tai paineen ohjaus .....	34
4.5.3	LTO:n poistoilman puolen huurtumisen eston ohjaus .....	34
4.5.4	Lämmöntalteenottimen yllilämmittämisen esto .....	35
4.5.5	Ulkoilman käyttö jäädytykseen.....	36
4.5.6	Tuloilman lämpötilan säätö.....	36
4.5.7	Kosteuden hallinta.....	37
4.6	Valaistuksen ohjaus .....	38
4.6.1	Läsnäolon mukaan ohjattu valaistus .....	38
4.6.2	Ohjaus päivänvalon mukaan .....	40
4.7	Varjostinten ohjaus .....	42
4.8	Tekninen kodin- ja kiinteistönhallinta .....	42
4.8.1	Koti- ja kiinteistöjärjestelmien vikailmaisoin ja tuki näiden vikojen diagnoosiksi.....	43
4.8.2	Energiankulutuksen, sisäolosuhteiden ja parannusehdotuksien raportointi .....	43
4.9	Luokituksen yhteenveto .....	44
5	POHDINTA.....	46
	LÄHTEET.....	47
	LIITTEET .....	48
	Liite 1. Rakennuksen automaation energiatehokkuusluokitus .....	48

## 1 JOHDANTO

Suomessa, kuten myös muualla Euroopassa, tavoitteena on hiilidioksidipäästöjen vähentäminen ja energiatehokkuuden parantaminen ilmastonmuutoksen ehkäisemiseksi. EU:n asettama yleistavoite on energiatehokkuuden lisääminen 20 prosentilla vuoteen 2020 mennessä. EU:n kokonaisenergiankulutuksesta 40 prosenttia on rakennusten aiheuttamia, joten isona osana energiankulutuksen pienentämistä on rakennusten energiatehokkuuden parantaminen. (2010/31/EU).

Euroopassa EPBD direktiivi määrää, että 31. päivään joulukuuta 2020 mennessä kaikki uudet rakennukset ovat lähes nollaenergiarakennuksia ja 31. päivän joulukuuta 2018 jälkeen uudet rakennukset, jotka ovat viranomaisten käytössä ja omistuksessa, ovat lähes nollaenergiarakennuksia, joten Suomessa on tehtävä rakentamismääräyksiin muutoksia parin vuoden sisällä. (2010/31/EU).

Tämän työn tarkoituksena on kerätä tietoa Pirkanmaan alueen palvelurakennusten rakennusautomaatiosta ja verrata niitä standardin SFS-EN 15232:2012 ”Rakennusten energiatehokkuus. Rakennusautomaation, säädön ja kiinteistöhoiton vaikutus energiatehokkuuteen” sisältämään luokitukseen osana COMBI-projektia.

## 2 PALVELURAKENNUSTEN NZEB-TAVOITTEET

### 2.1 Lähes nollaenergiarakentaminen

EU:n rakennusten energiatehokkuusdirektiivin mukaisesti Suomessa ollaan valmistautumassa lähes nollaenergiarakentamiseen määrittelemällä, mitä ”lähes nollaenergia” tarkoittaa Suomen olosuhteissa ja asettamalla rajat sen mukaisesti. Tätä varten on tehty ja tehdään monia selvityksiä ja tutkimuksia, kuten FinZEB, VTT:n ”Rakennusautomaatio rakentamisen sääntelyssä” ja käynnissä oleva COMBI-hanke.

Energiatehokkuusdirektiivi määrittelee ”lähes nollaenergiarakennuksen” rakennukseksi, jolla on erittäin korkea energiatehokkuus ja sen kuluttama lähes olematon tai vähäinen energia katetaan mahdollisimman suurelta osalta uusiutuvista lähteistä peräisin olevalla energialla. (2010/31/EU).

Suomessa ollaan siirtymässä lähes nollaenergiarakentamiseen seuraavalla aikataululla:

- 2016: Lähes nollaenergiarakentamista koskevat määräykset tulevat lausunnolle
- 2017: Rakentamisen energiatehokkuusvaatimukset annetaan lähes nollaenergiarakennuksille
- 1.1.2018: Uudet rakentamisen energiatehokkuusvaatimukset astuvat voimaan
- 1.1.2019: Viranomaisten käyttöön tulevien julkisten uusien rakennusten tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia
- 1.1.2021: Kaikkien uusien rakennusten tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia (Vinha, COMBI-hankkeen yleisesittely, 2)

Tällä hetkellä uudet määräykset koskevat vain uudisrakentamista, mutta korjausrakentamisessa on tavoitteena edistää käytäntöjä, joilla voidaan päästä kohti lähes nollaenergiarakennuksia (Vinha, COMBI-hankkeen yleisesittely, 2.)

## 2.2 COMBI-hanke

COMBI-hankkeessa keskitytään palvelurakennusten energiatehokkuuteen ja sen parantamiseen liittyvien ongelmien ratkointaan. Palvelurakennuksilla tässä projektissa tarkoitetaan päiväkoteja, kouluja ja vanhustenkoteja (COMBI-hanke: etusivu 2016).

Keskeisiä tavoitteita hankkeessa on:

- Tarkastella palvelurakennusten energiatehokkuuden parantamista lähes nollaenergiatasoon kokonaisvaltaisesti.
- Parantaa palvelurakennusten energiatehokkuutta siten, että valitut ratkaisut täyttävät myös niille asetetut muut vaatimukset ja tavoitteet.
- Saada aikaan tutkimustuloksia, jotka luovat yrityksille uusia liiketoimintamahdollisuuksia, nostavat yritysten osaamistasoa ja selkeyttävät niiden käytäntöjä energiatehokkaaseen rakentamiseen liittyen.
- Tuottaa tutkimustietoa lähes nollaenergiatasoa olevien palvelurakennusten arkkitehtonisista, tilallisista ja toiminnallisista ratkaisumalleista.
- Kehittää palvelurakennusten rakenneratkaisuja, korjausvaihtoehtoja ja toteutustapoja vaipparakenteiden energiatehokkaaseen toteuttamiseen sekä uudis- että korjauskohteissa.
- Kehittää palvelurakennusten energiatehokkaita taloteknisiä ratkaisuja lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien, ilmanvaihdon, valaistuksen sekä sähkön oma-tuotannon osalta.
- Selvittää millä tavoin uusiutuvan energian etätuotanto voidaan ottaa huomioon sekä palvelurakennusten että muiden rakennusten energiatehokkuustarkasteluissa.
- Kehittää rakentamisen prosesseja energiatehokkuuden näkökulmasta.
- Tuottaa tutkimustietoa energiankulutuksen pienentäminen vaikutuksista kustannuksiin ja optimoida eri ratkaisuvaihtoehtoja.
- Laatia suositukset lähes nollaenergiarakennusten energiatehokkuusvaatimuksille palvelurakennusten osalta Suomen olosuhteissa.
- Jakaa tietoa palvelurakennusten energiankulutuksen pienentämisen vaikutuksista sekä valituista ratkaisuista kunnille, ministeriöille ja yrityksille.  
(COMBI-hanke: etusivu 2016)

COMBI-hankkeessa on viisi eri työpakettia, joissa neljässä keskitytään palvelurakennusten energiatehokkuuden parantamiseen eri näkökulmista. Tarkasteltavat näkökulmat eri työpaketeissa ovat seuraavat (COMBI-hanke: etusivu 2016):

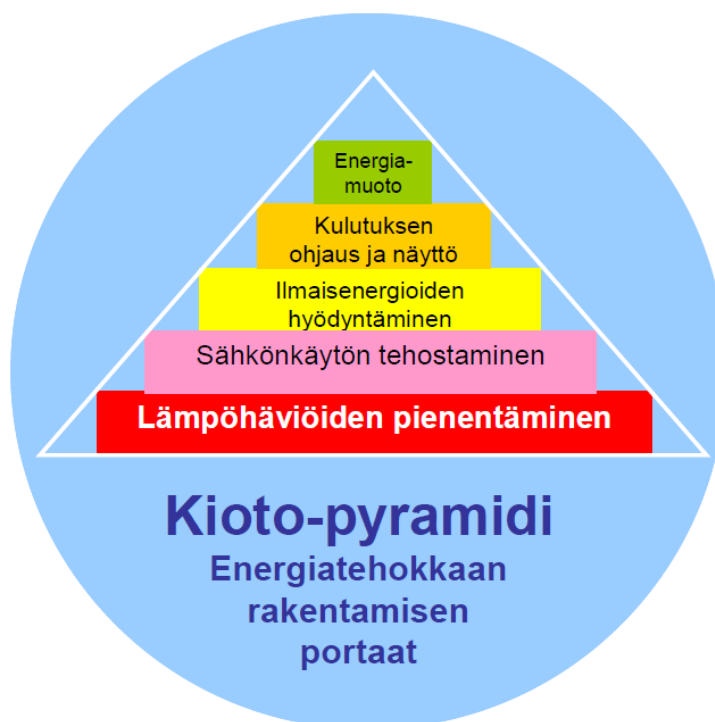


- Työpaketti 1: ”Organisointi ja viestintä”. Työpaketissa ei ole varsinaista tutkimista. (COMBI-hanke: työpaketti 1 2016).
- Työpaketti 2: ”Arkkitehtuuri ja tilat”. Tässä työpaketissa tutkitaan energiatehokkuuden parantamismahdollisuutta jo kaavoitus- ja arkkitehtisuunnitteluvaiheessa erilaisilla tilaratkaisuilla ja selvitetään näiden vaikutusta kokonaisuuteen. (COMBI-hanke: työpaketti 2 2016).
- Työpaketti 3: ”Rakenteet ja sisäilma”. Työpaketissa tutkitaan eri rakenteiden ominaisuuksia ja toimintaa sekä sisäilman laatua. (COMBI-hanke: työpaketti 3 2016).
- Työpaketti 4: ”Talotekniikka ja energiantuotanto”. Työpaketissa tutkitaan, millaisilla taloteknisillä ratkaisuilla saadaan parannettua rakennusten energiatehokkuutta. Työpaketissa tutkitaan myös uusiutuvan energian etätuotantoon liittyviä kysymyksiä. (COMBI-hanke: työpaketti 4 2016).
- Työpaketti 5: ”Rakentamisen prosessit”. Työpaketissa käsitellään energiatehokkaan rakentamisen prosessia ja sen hallintaa. Työpaketissa on myös mukana korjausrakentaminen. (COMBI-hanke: työpaketti 5 2016)

### 3 RAKENNUSTEN ENRGIATEHOKKUUS JA AUTOMAATION OSUUS SIIHEN

#### 3.1 Rakennusten energiatehokkuus

Rakennusten energiatehokkuuden ydin on kokonaisuuden hallinta sekä sen valvonta ja ylläpitäminen. Kioton ilmastopimuksen pohjalta tehty pyramidi (kuva 1) esittää peruslähtökohdat erilaisten energiatehokkuutta parantavien keinojen tärkeyteen ja järjestykseen niiden huomioon ottamisessa. Perustana energiatehokkaassa rakentamisessa on lämpöhäviöiden pienentäminen. Tässä keskeisiä asioita ovat muun muassa hyvä lämmöneristys ja tiiviys sekä ikkunoiden aurinkosuojaus. Seuraava askel on tehostaa energiankulutusta. Ilmaisenergioiden tehokas hyödyntäminen tulee sen jälkeen ja neljäntenä on energiankulutuksen näyttö ja ohjaus. Viimeisenä portaana on rakennuksen vähäisen energiankulutuksen kattava energiantuotantomuodon valinta, joka nykyisellään pitäisi olla mahdollisimman monesti uusiutuvasta lähteestä. (Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen, 6)



Kuva 1. Kioto-pyramidi. (Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen, 9).

### 3.2 Automaation osuus energiatehokkaassa rakennuksessa

Energiatehokkaan kokonaisuuden saavuttamisessa keskeistä on rakenne- ja talotekniikan yhteensovittaminen. Talotekniikan osalta tärkeässä roolissa ovat muun muassa lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmä, lämpimän käyttöveden valmistus, laadukas ja riittävä valaistus, olosuhteiden raportointi ja järjestelmien valvonta. Näissä kaikissa automaatiojärjestelmillä on vähintään välillisesti merkittävä rooli taaten muun muassa tarpeenmukaisen ohjauksen ja järjestelmien yhteensopivuuden, mahdollistaen näin rakennuksen energiankulutuksen alenemisen. Ilman oikein toimivia automaatiotratkaisuja voi energiatehokkaiksi suunniteltujen taloteknisten ratkaisuiden hyödyt jäädä saamatta ja kokonaisenergiankulutus olla suurempi kuin alun perin on suunniteltu. (Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen, 6-7)

Kuvan 1 portaiden osa-alueilla ja erityisesti kolmella keskimmaisella portaalla on laitteiden ja laitteistojen ohjauksella ja valvonnalla tärkeä rooli. Puutteelliset tai vääränlaiset ohjaukset ja niiden valvonnan epäonnistuminen johtaa vääjäämättä energiankulutuksen kasvuun. Taulukossa 1 on listattuna Kioton pyramidin portaille liittyviä automaatio-toimintoja. Pyramidin jokaiseen portaaseen liittyy jokin automaatiota vaativa säätö- tai ohjaustoiminto. Ylimmällä portaalla arvioidaan energiankulutukseen sopivia energiamuotoja ja energiantuotantoratkaisuita, joiden vuorottelua riippuen energiatehokkuuksista ohjataan ja valvotaan automaatiolla. (Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen, 7)

Taulukko 1. Kioton-pyramidin tasoihin liittyviä automaatiotoimintoja. (Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen, 7).

Kioto-pyramidin porras	Esimerkki rakennuksen automaation vaikutuskeinoista
Energiamuoto	Raportointi energialajeittain, kullakin hetkellä tehokkaimman energiamuodon valinta, rakennuksen E-luvun laskenta
Kulutuksen ohjaus ja näyttö	Huoneolosuhteiden säätö ja ohjaus, käyttölaitteet, laitteiden ja järjestelmien energiatehokas automaattinen käyttö
Ilmaisenergioiden hyödyntäminen	Lämmöntalteenoton ohjaus, vapaajäähdytys, dynaaminen lämmityksen ja jäähdytyksen ohjaus
Sähkönkäytön tehostaminen	Energiankäytön optimointi, tarpeenmukaiset olosuhteet tiloissa ja painetasot ilman ja veden siirrossa
Lämpöhäviöiden pienentäminen	Tarpeenmukaiset lämpötilatasot käyttöveden ja lämmitysveden siirrossa, aurinkosuojaus

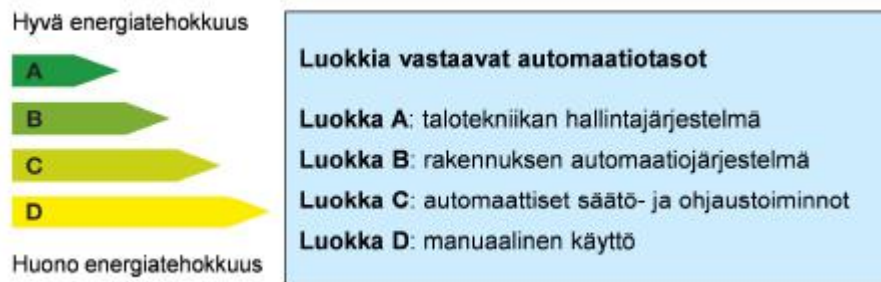
### 3.3 Standardi SFS EN 15232

Standardi SFS-EN 15232:2012 ”Energy performance of buildings. Impact of building automation, controls and building management”, suomeksi ”Rakennusten energiatehokkuus. Rakennusautomaation, säädön ja kiinteistönhoidon vaikutus energiatehokkuuteen” on päivitetty versio ensimmäisestä Eurooppalaisesta automaation energiatehokkuutta käsittelevästä standardista, jonka tavoitteena on kuvata rakennusautomaation ja teknisen kiinteistönpidon vaikutuksia rakennusten energiankulutukseen sekä ohjata niiden avulla rakennusten energiankäyttöä. Standardi määrittelee rakennusautomaation ja teknisen ylläpidon energiatehokkuuteen vaikuttavat osa-alueet ja esittää tapoja arvioida niiden vaikutusta rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen. (SFS-EN 15232:2012, 4-5).

Kohderyhmiksi standardi määrittelee muun muassa rakennusten omistajat, arkkitehdit, insinöörit ja viranomaiset, jotka voivat käyttää standardia apuvälineenä suunnittelun alkuvaiheessa, korjausrakentamisessa tai olemassa olevan rakennuksen automaatiotason määrittelyyn (SFS-EN 15232:2012, 5.)

### 3.3.1 Standardin mukainen tehokkuusluokitus

Standardi jakaa rakennuksen automaation neljään eri tehokkuusluokkaan A-D kuvan 2 mukaisesti. Luokista A vastaa energiatehokkuudeltaan parasta automaatiotasoa ja D huonointa. (SFS-EN 15232:2012, 20).



Kuva 2. Rakennuksen automaation tehokkuusluokat. (Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen, 9)

Standardin tehokkuusluokka D vastaa manuaalista rakennuksen automaatiota ja siinä ei ole otettu huomioon rakennuksen energiankulusta vähentäviä seikkoja. Tämän luokan ratkaisut ovat yleensä käsikäyttöisiä, kuten käsikäyttöiset valaisimien kytkimet. Tämän luokan järjestelmät pitäisivät perusparantaa ja uusia rakennuksia tähän luokkaan ei pitäisi rakentaa. (Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen, 9).

Standardin tehokkuusluokka C on referenssitaso eli vastaa tavanomaista automaatiota, joka toteuttaa automatisoidut säätö- ja ohjaustoiminnot. Rakentamismääräysten mukaisesti toteutetut rakennukset pitäisivät täyttää keskimäärin C-luokan kriteerit. Tässä luokassa ratkaisut ovat yleensä keskitettyjä. Asetusarvot ja säädöt perustuvat vakioasetusarvoon, ulkolämpötilaan tai aikaan. (Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen, 9; SFS-EN 15232:2012, 23–27).

Standardin tehokkuusluokka B vastaa rakennuksen automaatiojärjestelmää. Tämän luokan edellytyksenä on, että tietyt automaatoratkaisut ovat toteutettu luokkaa C energiatehokkaammin. Luokassa B on siirrytty keskitetyistä ratkaisusta huonekohtaisiin järjestelmiin ja niiden säätöön. (Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen, 9; SFS-EN 15232:2012, 23–27). Tämä luokka vastaa Suomen suositustasoa (Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen, 11.)

Standardin tehokkuusluokka A vastaa rakennuksen kokonaisvaltaista talotekniikan hallintajärjestelmää. Tässä luokassa tärkeät energiatehokkuuteen liittyvät rakennusautomaation osa-alueet ovat huomioitu laajasti. Järjestelmien ohjaukset ovat toteutettu tarvepohjaisesti, eri järjestelmät kommunikoivat keskenään, olosuhteiden ja vikojen seuranta sekä raportointi ovat kattavia. (Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen, 10). Luokka A on Suomessa tavoitetaso (Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen, 11.)

### **3.3.2 Kerroinmenetelmä**

Standardi esittelee menetelmiä, joita voidaan käyttää arvioitaessa rakennusautomaation vaikutusta energiankulutukseen. Kerroinmenetelmä on näistä nopea ja yksinkertainen. Siinä rakennuksen laskettu energiankulutus kerrotaan tehokkuusluokkaa vastaavilla kertoimilla, jotka vaihtelevat eri rakennustyypeillä. Kertoimia muutamille rakennustyypeille on esitetty taulukossa 2. Taulukon kertoimien perusteella A-luokan rakennus kuluttaa noin 10–30 prosenttia vähemmän energiaa kuin C-luokan rakennus. Vastaavasti tehoton D-luokan rakennus voi kuluttaa referenssitasoa huomattavasti enemmän energiaa. (Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen, 15).

Taulukko 2. Kerroinmenetelmän kertoimet tehokkuusluokittain. (Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen, 17).

	D	C	B	A
	tehoton	tavanomainen	edistynyt	tehokas
<b>Asuinrakennukset- kaikki tyypit</b>				
$f_{BAC,hc}$ Lämmitys- ja jäähdytysenergia	1,10	1	0,88	0,81
$f_{BAC,el}$ Valaistus- ja laitesähköenergia	1,08	1	0,93	0,92
<b>Muut rakennukset - toimistot</b>				
$f_{BAC,hc}$ Lämmitys- ja jäähdytysenergia	1,51	1	0,80	0,70
$f_{BAC,el}$ Valaistus- ja laitesähköenergia	1,10	1	0,93	0,87
<b>Muut rakennukset - koulut</b>				
$f_{BAC,hc}$ Lämmitys- ja jäähdytysenergia	1,20	1	0,88	0,80
$f_{BAC,el}$ Valaistus- ja laitesähköenergia	1,07	1	0,93	0,86

### 3.3.3 Standardin käytön ongelmakohdat

Standardissa listataan automaatiotoimintoja ja luokitellaan ne eri luokkiin. Kaikenlainen luokittelu vaatii yleensä yksinkertaistuksia ja standardi jättää tiettyjen kohtien tulkitsemisen käyttäjälle. Tästä voi seurata, että toinen standardin käyttäjä voi luokitella tietyn automaation osa-alueen eri luokkaan kuin toinen ja molempien luokittelut voivat olla kuitenkin standardin puitteissa oikeassa.

Tilanne, jossa syntyy tulkinnanvaraa, on erityisesti toisarvoisten tilojen arviointi. Standardi ei määrittele tarkasti minkälaisia tiloja suunnittelija voi rajata pois, jos halutaan saavuttaa tietty tehokkuusluokka jossakin standardin listaamassa järjestelmässä. (Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen, 29).

Esimerkiksi valaistuksen ohjauksessa päivänvalon mukaan on perusteltua jättää siivouskomerot ja vastaavat tilat pois arvioitaessa kyseistä kohtaa, mutta standardi ei varsinaisesti estä suunnittelijaa tekemästä karkeampiakin rajoituksia.

## **4 AUTOMAATIO CASE-KOhteissa**

### **4.1 Case-kohteiden automaation tutkiminen**

Työssä tutkittiin COMBI-projektissa mukana olevien viiden Pirkanmaalla sijaitsevan palvelurakennuksen rakennusautomaatiota ja luokiteltiin ne standardin mukaisiin luokkiin. Tutkimuksen perustana käytettiin saatavissa olevia suunnitelmia. Kohteet päätettiin jättää opinnäytetyössä anonyymeiksi ja niihin viitataan vain numeroilla 1-5. Kohteet 1-4 ovat uudempia rakennuksia, jotka ovat valmistuneet muutaman vuoden sisään tai juuri valmistumassa. Kohde 5 on huomattavasti vanhempi rakennus, jonka talotekniikkaan suoritettiin perusparannuksia.

Standardin automaation tehokkuusluettelossa on kohtia, jotka eivät koske yhtäkään tarkasteltavaa rakennusta ja täten ne ovat jätetty pois. Tehokkuusluokat vaihtelevat hieman asuinrakennusten ja muiden rakennusten välillä. Palvelurakennukset sijoittuvat muihin rakennuksiin, joten asuinrakennusten tehokkuusluokkia ei tässä käsitellä. Standardin taulukko on kokonaisuudessaan alkuperäisenä englanninkielisenä liitteessä 1.

### **4.2 Lämmityksen ohjaus**

Jokaisen kohteen päälämmöntuottotapana on kaukolämpö. Lämmönluovutukseen käytetään kohteissa yksi ja kaksi vesikiertoista lattialämmitystä sekä vesiradiaattoreita. Kohteissa kolme ja neljä on käytössä pelkästään vesikiertoinen lattialämmitys. Kohteessa viisi on käytössä patterilämmitys. Samassa kohteessa verkostot on voitu jakaa osiin.



#### 4.2.1 Lämmönluovutuksen ohjaus

Lämmönluovutuksen ohjauksen automaation tehokkuusluokat jakaantuvat taulukon 3 mukaisesti luokkiin A-D. Tässä osa-alueessa jäädään D luokkaan, jos rakennuksen huonelämpötiloja ei ohjata automaattisesti. Luokkaan C päästään, jos kohteen huonelämpötiloja ohjaa keskusohjaus esimerkiksi ulkolämpötilan perusteella. B-luokassa huoneiden lämpötiloja täytyy ohjata huonekohtaisesti termostaattiventtiilillä tai elektronisella ohjaimella, luokassa A vaaditaan säätimeltä säätimen ja rakennusautomaation välinen kommunikointi. Luokassa A vaaditaan myös tarpeenmukaista säätöä läsnäoloon perustuen. (SFS-EN 15232:2012, 13).

Taulukko 3. Lämmönluovutuksen ohjauksen luokat. (SFS-EN 15232:2012, 23)

Vaatus	Luokka
Ei automaattista säätöä	D
Automatisoitu keskusohjaus	C
Huonekohtainen säätö	B
Kommunikoiva yksittäisen huoneen tarpeenmukainen säätö	A

Kohteiden 1, 2 ja 3 huoneet, joissa on käytössä lattialämmitys, on varustettu huonetermostaateilla. Kohteiden 1, 2 ja 5 lämmityspatterit on varustettu termostaateilla. Näillä järjestelmillä päästään tehokkuusluokkaan B. Kohteessa 4 lattialämmitystä ohjaa väylällä rakennusautomaatioon yhdistetty säädin, joten tämän kohteen lämmönluovutuksen ohjauksen tehokkuusluokaksi tulee A.

#### 4.2.2 Lämmönjakeluverkon meno- tai paluuvien lämpötilan säätö

Lämmönjakeluverkon meno- tai paluuvien lämpötilan säädön automaation tehokkuusluokat jakaantuvat taulukon 4 mukaisesti luokkiin A, C ja D. Tässä osa-alueessa jäädään D-luokkaan, jos meno- tai paluuvien lämpötilaa ei säädetä automaattisesti. C-luokassa lämpötilaa säädetään ulkolämpötilan perusteella, tarkoittaen, että meno- tai paluuvien lämpötilan asetusarvo muuttuu ulkolämpötilan muuttuessa, tällä pyritään laskemaan verkostossa kiertävän veden lämpötilaa eli vähentämään veden lämmitykseen kulunutta

energiaa. Luokka A vaatii lämpötilan tarpeenmukaista ohjausta perustuen sisälämpötilaan. (SFS-EN 15232:2012, 13).

Taulukko 4. Lämmönjakeluverkon meno- tai paluuveden lämpötilan säädön luokat. (SFS-EN 15232:2012, 23)

Vaatus	Luokka
Ei automaattista säätöä	D
Ulkolämpötilan mukaan ohjautuva lämpötilan säätö	C
Tarpeenmukainen ohjaus	A

Kaikissa kohteissa menoveden lämpötilan asetusarvoa muutetaan ulkolämpötilan perusteella eli siis tehokkuusluokan C mukaisella menetelmällä. Lisäksi kohteessa 3 pois-toilmalämpöpumpulla luovutetaan lämpöä toisen lattialämmitysverkoston paluuveteen, mikäli järjestelmässä kiertävän nesteen lämpötila on korkeampi kuin lattialämmitysverkoston asetusarvo.

#### 4.2.3 Säädetty kiertovesipumpun ohjaus verkostossa

Säädetyin kiertovesipumpun ohjauksen automaation tehokkuusluokat jakaantuvat taulukon 5 mukaisesti luokkiin A-D. D-luokkaan jäädytään, jos pumpussa ei ole ollenkaan automaattista säätöä eli esimerkiksi pumppu olisi päällä koko ajan tai käyttö manuaalisesti. Päälle / pois – ohjaus oikeuttaa luokkaan C eli luokkaan päästään yksinopeuksisella pumpulla. B-luokka vaatii pumpulta mahdollisuutta useampaan eri tilaan ja A-luokka vaatii käytännössä taajuusmuuttajaohjattua pumppua tai EC-moottoria vakio tai muuttuvalla paine-erolla. Tavoitteena tässä osa-alueessa on vähentää pumpun tarvitsemää apuenergiaa. (SFS-EN 15232:2012, 13).

Taulukko 5. Säädetyt kiertovesipumpun ohjauksen luokat. (SFS-EN 15232:2012, 23)

Vaatus	Luokka
Ei automaattista säätöä	D
Päälle / pois-ohjaus	C
Monitilaohjaus	B
Pyörimisnopeussäätö	A

Kaikissa kohteissa on käytössä vähintään yksi pyörimisnopeussäädöllä varustettu pumppu, kohteessa 1 on rinnalla yksinopeuksinen pumppu ja kohteessa 5 kaksi pyörimisnopeussäätöistä pumppua toimii vuorotellen. Kaikki ratkaisut oikeuttavat tehokkuusluokkaan A ja yleisesti voidaan sanoa, että Suomessa varsinkin isompien rakennusten lämmönjakoverkostoihin ei asenneta muita kuin pyörimisnopeussäätöisiä pumppuja.

#### 4.2.4 Lämmityksen (lämmönjakelun tai lämmönluovutuksen) aikatauluohjaus

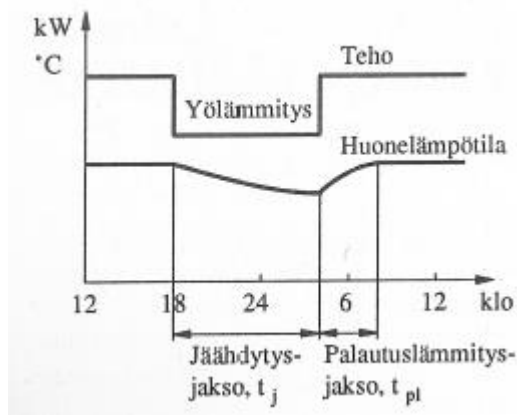
Lämmityksen aikatauluohjauksen automaation tehokkuusluokat jakaantuvat taulukon 6 mukaisesti luokkiin A-D. Tässäkin luokassa jäädään tasolle D, jos ei ole automaattista säätöä. C-luokassa riittää automaattinen säätö aseteltavilla rajoilla ja B-luokkaan nouseen vaaditaan aikataulun optimointi. A-luokassa ohjaus on tarpeen mukaan. Tällä tähdätään huonelämpötilojen ja järjestelmän toiminta-ajan laskemiseen. (SFS-EN 15232:2012, 14).

Taulukko 6. Lämmityksen aikatauluohjauksen luokat. (SFS-EN 15232:2012, 23)

Vaatus	Luokka
Ei automaattista säätöä	D
Aikaohjattu automaattinen säätö aseteltavilla rajoilla	C
Aikataulutettu automaattinen säätö optimoiduilla aloitus- ja lopetusajoilla	B
Automaattinen säätö tarpeen arvioinnilla	A

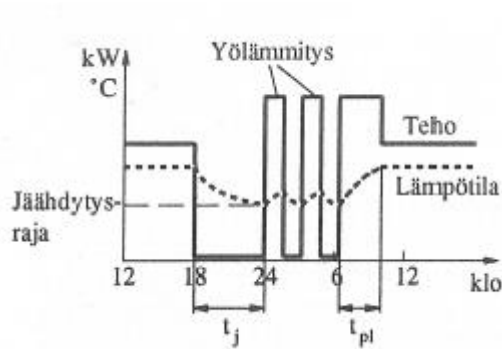
Missään tarkasteltavassa kohteessa ei lämmönjakelulle tai -luovutukselle ollut määritetty aikataulutusta, joten kaikille kohteille tulee tästä osa-alueesta D-luokka. Muutamien kohteen suunnitelmissa oli määritelty kesäaikainen kierron sulkeminen, mutta tulkinta on, että tässä kohdassa on kyseessä päivittäisestä aikataulutuksesta.

Päivittäinen aikataulutus voidaan toteuttaa määrittämällä kaksi erillistä lämmitysverkoston lämmityskäyrää, jossa verkoston lämpötilan asetusarvo määräytyy käyttöajan ulkopuolella ”Yölämmitys”-käyrältä, jolloin verkostossa kiertävä veden lämmittämiseen kuluu vähemmän energiaa, mutta on kuitenkin riittävä ylläpitämään tarvittava huonelämpötila terveeseen rakennuksen kannalta. Kuviossa 1 on edellä kuvattua tilannetta vastaava lämmitystehon ja huonelämpötilan riippuvuus. (Seppänen 2001, 417).



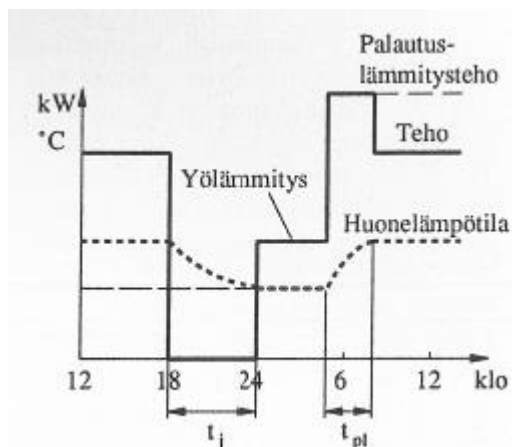
Kuvio 1. Aikataulutettu lämmitys lämmitystehon pienentämisellä. (Seppänen 2001, 418)

Kuvioissa 2 on kuvattuna aikataulutetun lämmityksen toinen ohjaustapa. Siinä rakennuksen käyttöajan ulkopuolella lämmitys suljetaan kokonaan kunnes saavutetaan määritetty minimilämpötila. Tämä lämpötila pidetään koko jakson ajan käynnistämällä välillä lämmitys täydelle teholle. (Seppänen 2001, 417).



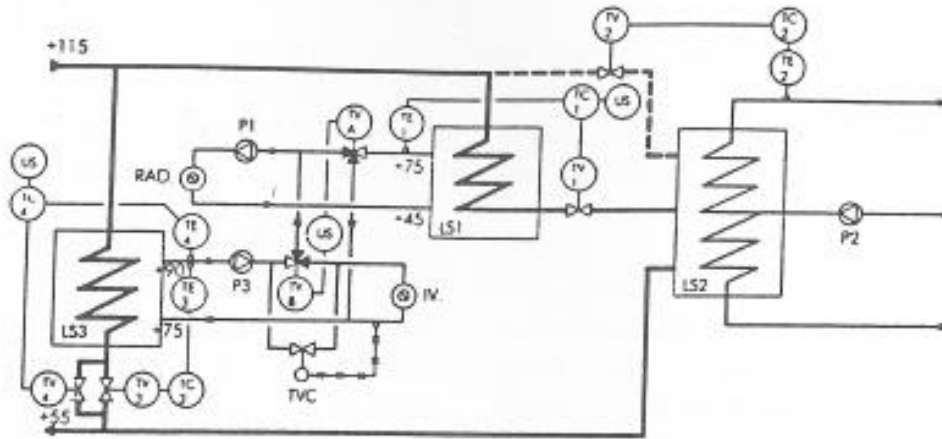
Kuvio 2. Aikataulutettu lämmitys lämmityksen sulkemisella. (Seppänen 2001, 418)

Kuviossa 3 on esitetty kahden edellisen aikatauluohjauksen yhdistelmä. Siinä rakennuksen käyttöajan loputtua lämmitys suljetaan, mutta jatkuvan päälle/pois-syklin sijasta lämmitys asetetaan yölämmitysteholle kun minimi huonelämpötila saavutetaan. (Seppänen 2001, 417).



Kuvio 3. Aikataulutettu lämmitys toteutettuna lämmityksen sulkemisella ja yölämmityksellä. (Seppänen 2001, 418)

Aikataulutustavasta huolimatta, ennen rakennuksen käyttöajan alkamista, täytyy huonelämpötila nosta takaisin käytönajan lämpötilaan palautuslämmitysjaksolla. Palautuslämmitysjakson pituus riippuu saatavilla olevasta palautuslämmitystehosta ja lämmityksenjakotavasta. Perinteisellä radiaattorilämmityksellä huonelämpötila voidaan saavuttaa nopeasti, mutta matalalämpö radiaattoreilla ja lattialämmityksellä palautuslämmitysjakso voi venyä pitkäksi, jolloin saavutettu energiasäästö voi jäädä pieneksi. (Seppänen 2001, 420–424). Kuvassa 3 on esitetty palautuslämmitystehon lainaus kierrättämällä patteriverkoston vettä ilmanvaihdon lämmönsiirtimien kautta.



Kuva 3. Patteriverkoston veden kierrätys ilmanvaihdon lämmönsiirtimen kautta. (Sepänen 2001, 424)

#### 4.2.5 Lämmöntuottolaitteen ohjaus polttojärjestelmissä ja kaukolämmityksessä.

Lämmöntuottolaitteen ohjauksen automaation tehokkuusluokat jakaantuvat taulukon 7 mukaisesti luokkiin A ja D polttojärjestelmissä ja kaukolämmityksessä. Vakiolämpötilalla jäädään luokkaan D, kun A luokassa lämpötilantaso voidaan ohjata kahdella eri tavalla, joko ulkolämpötilan tai kuormien mukaan. Tavoitteena on vähentää tuottolaitteen toimintalämpötilaa. (SFS-EN 15232:2012, 14).

Taulukko 7. Lämmöntuottolaitteen ohjauksen luokat. (SFS-EN 15232:2012, 23)

Vaatus	Luokka
Vakiolämpötila	D
Ulkolämpötilan mukaan ohjattu lämmöntuoton lämpötilataso	A
Kuormien mukaan ohjattu lämmöntuoton lämpötilataso	A

Tämän kohdan vaatimus ei täysin päde, Suomessa lämmönsiirtoaineen lämpötilataso lämmöntuottolaitteessa määräytyy pääasiassa lämpimän käyttöveden lämpötilan mukaan. Kaukolämpölaitokselta tulevan veden lämpötila riippuu ulkolämpötilasta, mutta yksittäisen rakennuksen rakennusautomaatiolla tähän ei pysty vaikuttamaan, joten tämä kohta jätettiin luokittelematta. Varaajan lämpötilatasoa säädetään säätämällä virtausnopeutta.

#### 4.2.6 Lämmöntuottolaitteen ohjaus lämpöpumppujärjestelmissä

Lämmöntuottolaitteen ohjauksen automaation tehokkuusluokat jakaantuvat taulukon 8 mukaisesti luokkiin A, B ja D lämpöpumppujärjestelmissä. Periaate ja tavoitteet on samat lukuun ottamatta ulkolämpötilan mukaan ohjaamista, joka lämpöpumpuilla tippuu luokkaan B. (SFS-EN 15232:2012, 14).

Taulukko 8. Lämmöntuottolaitteen ohjauksen luokat lämpöpumppujärjestelmissä. (SFS-EN 15232:2012, 23)

Vaatus	Luokka
Vakiolämpötila	D
Ulkolämpötilan mukaan ohjattu lämmöntuoton lämpötilataso	B
Kuormien tai tarpeen mukaan ohjattu lämmöntuoton lämpötilataso	A

Kohteen 3 poistoilmalämpöpumppu ottaa lämpönsä rakennuksen keittiön poistoilmasta ja luovuttaa lämmön lattialämmitysverkostolle, jos verkoston paluuveden lämpötilan asetusarvo on matalampi. Tämä paluuveden asetusarvo on sama ulkolämpötilasta riippuva kuin menoveden lämpötila, joten tehokkuusluokaksi tästä tulee B, vaikka toisaalta itse poistoilmalämpöpumpun järjestelmässä kiertävän nesteen lämpötila riippuu keittiön lämpökuormasta.

#### 4.2.7 Lämmöntuottolaitteiden vuorottelu

Lämmöntuottolaitteiden vuorottelun automaation tehokkuusluokat jakaantuvat taulukon 9 mukaisesti luokkiin A-D. Tästä osa-alueesta saatava luokitus perustuu siihen, miten lämmöntuottolaitteiden vuorottelu on hoidettu. D-luokassa vuorottelu perustuu ainoastaan laitteiden käyntiaikoihin. Luokassa C otetaan huomioon lämmityskuormat ja B-luokkaan lisätään tarpeen huomioon ottaminen. A-luokassa lämmöntuottolaitteiden vuorottelun ohjaus ottaa huomioon energiatehokkuuden ja käyttää aina parhaimman energiatehokkuuden omaavaa lämmöntuottotapaa esimerkiksi aurinkolämpö, maalämpö ja fossiiliset polttoaineet. (SFS-EN 15232:2012, 14).

Taulukko 9. Lämmöntuottolaitteiden vuorottelun ohjauksen luokat. (SFS-EN 15232:2012, 23)

Vaatus	Luokka
Järjestys ainoastaan käyntiaikojen mukaan	D
Järjestys ainoastaan lämmityskuormien perusteella	C
Järjestys kuormien ja tarpeen mukaan	B
Järjestys tuottolaitteiden energiatehokkuuden mukaan	A

Kohdetta 3 lukuun ottamatta kaikkien lämmitysverkostojen lämmöntuottotapana on pelkästään kaukolämmitys. Kohteessa 3 on edellä mainittu poistoilmalämpöpumppu toisessa lattialämmitysverkostossa, toinen verkosto on pelkästään kaukolämmöllä lämmitettävä. Huolimatta siitä, että poistoilmalämpöpumppu tuottaisikin verkoston paluuveteen lämpöä, on kaukolämmitys toiminnassa aina, tarvittaessa sen virtausnopeutta vain säädetään varaajassa. Tästä johtuen luokka ei voi olla parempi kuin D. Voisi jopa harkita tässä kohtaa tämän osa-alueen luokittelematta jättämistä, koska kyseessä ei ole vuorottelu, jossa vain toinen tuottotapa olisi toiminnassa kerrallaan.

### 4.3 Lämpimän käyttöveden tuoton ohjaus

Tämän standardin soveltamisen ongelmia Suomen käytäntöihin havaittiin varsinkin lämpimän käyttöveden tuoton ohjauksen tehokkuusluokissa. Suomessa lämmin käyttövesi pidetään 55–65 °C välissä, jotta saadaan estettyä mahdollinen bakteerien kasvu. (THL: Legionella, ympäristötekijät ja torjunta-mahdollisuudet 2016).

#### 4.3.1 Lämpimän käyttöveden säiliön lämpötilan ohjaus, kun lämmitetään lämmöntuottolaitteella

Lämpimän käyttöveden säiliön lämpötilan ohjauksen automaation tehokkuusluokat A-D on esitetty taulukossa 10. Tämän osa-alueen vaatimus ei kuitenkaan täysin päde Suomessa, koska Suomessa lämpimän käyttöveden lämpötilan tulee olla koko ajan vähintään 55 °C.



Taulukko 10. Lämpimän käyttöveden säiliön lämpötilan ohjauksen luokat. (SFS-EN 15232:2012, 24)

Vaatus	Luokka
Automaattinen on / off -ohjaus	D
Automaattinen on / off -ohjaus ja varaamisen aikakytkin	C
Automaattinen on / off -ohjaus ja latausaikakytkin sekä tarvepohjainen syöttö tai usean anturin monitasoinen ohjaus varaajasäiliöille	B
Automaattinen on / off -ohjaus, latausaikakytkin, tarvepohjainen syöttö tai paluulämpötilan säätö ja usean anturin monitasoinen ohjaus varaajasäiliöille	A

Kohteissa ei varsinaisesti ole säiliötä lämpimälle käyttövedelle vaan vesi lämpenee lämmönsiirtimessä, täten tämä kohta jätettiin luokittelematta. Tutkittavien kohteiden tapauksessa lämmönsiirtimessä tapahtuvaa lämmitystä ohjataan säätämällä kaukolämmön virtausnopeutta siirtimessä.

#### 4.3.2 Lämpimän käyttöveden kiertovesipumpun ohjaus

Lämpimän käyttöveden kiertovesipumpun ohjauksen automaation tehokkuusluokat A, B ja D on esitetty taulukossa 11. Luokitus tässä osa-alueessa riippuu onko kohteen kiertovesipumpulla aikaohjausta vai ei. A-luokkaan tarvitaan tarvepohjaista ohjausta perustuen vedenkäytön määrään. (SFS-EN 15232:2012, 15).

Taulukko 11. Lämpimän käyttöveden kiertovesipumpun ohjauksen luokat. (SFS-EN 15232:2012, 24)

Vaatus	Luokka
Ilman ohjelmoitua aikaohjausta	D
Ohjelmoitu aikaohjaus	B
Tarvepohjainen ohjaus	A

Kuten edellinen lämpimän käyttöveden osa-alue, tämänkin kohdan vaatimus ei varsinaisesti päde Suomeen. Suomessa ei käytetä kiertovesipumpun ohjelmoitua aikaohjausta, jotta veden lämpötila ei putoa missään vaiheessa liian alhaiseksi. Kaikissa kohteissa lämpimän käyttöveden kiertovesipumppu käy jatkuvasti, joka jättää tämän kohdan luokkaan D.

#### **4.4 Jäähdytyksen ohjaus**

Jäähdytyksien osalta suunnitelmien tarkkuus vaihteli eniten ja joissakin kohteissa ei suunnitelmista käynyt täysin selväksi järjestelmän ohjaukset. Kohdetta 5 lukuun ottamatta koko jäähdytyksen olisi voinut jättää luokittelematta, koska jäähdytetyt tilat käsittivät pienen osan kohteiden kokonaisuudesta (SFS-EN 15232:2012, 22.) Jäähdytyksen ohjauksen osio ei koske ollenkaan kohdetta 3, koska kyseisessä kohteessa ei ole jäähdytystä.

Kohteessa 1 vain keittiön IV-koneen tuloilmaa jäähdytetään vedenjäähdytysjärjestelmällä. Järjestelmässä on ulos asennettava kompressorilauhdutin. Kohteessa 2 on käytössä vedenjäähdytin, joka palvelee kahta IV-konetta ja teletilan puhallinkonvektoria eri piireillä. Nämä kaksi IV-konetta palvelevat rakennuksen keittiötä sekä hallinto ja terveydenhuoltotiloja, myös päiväkodin osuutta palvelevassa IV-koneessa on suunnitelmassa varaus jäähdytyspatterille. Kohteessa 4 10 kW SPLIT-jäähdytyskone palvelee keittiötä. Kohteessa 5 tuloilmaa IV-koneiden tuloilmaa jäähdytetään järvivedellä ja tarvittaessa vedenjäähdytyskoneikolla.

##### **4.4.1 Lämmönluovutuksen ohjaus**

Jäähdytyksen lämmönluovituksen ohjauksen automaation tehokkuusluokat A-D on esitetty taulukossa 12. Luokat ja niiden vaatimukset ovat samat kuin lämmityksen lämmönluovituksen ohjauksessa eli D-luokassa ei lämmönluovitukselle ole automaattista säätöä, C-luokassa ohjaus on hoidettu keskusohjauksella, B-luokassa jäähdytykselle on huonesäätimet ja A-luokassa huonesäätimessä on yhteys rakennusautomaatioon ja ohjaus hoidetaan tarpeenmukaisesti läsnäoloon perustuen. (SFS-EN 15232:2012, 16).

Taulukko 12. Jäähdytyksen lämmönluovutuksen ohjauksen luokat. (SFS-EN 15232:2012, 25)

Vaatus	Luokka
Ei automaattista säätöä	D
Automatisoitu keskusohjaus	C
Huonekohtainen säätö	B
Kommunikoiva yksittäisen huoneen tarpeenmukainen säätö	A

Kaikissa kohteissa rakennusautomaatio antaa käyntiluvan jäähdytyskoneelle, muuten koneikon oma automatiikka rakennusautomaation valvomana hoitaa kohteissa koneen komponenttien ohjauksen. Käyntilupien perusteena on joko ulkolämpötila, sisälämpötila tai IV-koneen aikaohjelma. Keskitetty ohjausperuste oikeuttaa kaikki kohteet C-luokkaan tässä osa-alueessa.

#### 4.4.2 Jakeluverkon meno- tai paluuvien kylmän veden lämpötilan säätö

Jakeluverkon meno- tai paluuvien kylmän veden lämpötilan säädön automaation tehokkuusluokat jakaantuvat taulukon 13 mukaisesti luokkiin A, C ja D. Luokassa D lämpötila pidetään vakiona. Luokassa C veden lämpötilaa ohjataan ulkolämpötilan perusteella, tällä pyritään pitämään kiertävän veden lämpötila mahdollisimman korkealla eli vähentämään veden jäähdytykseen kuluva energiaa ja A luokassa on tarpeenmukainen ohjaus perustuen sisälämpötilaan. (SFS-EN 15232:2012, 14).

Taulukko 13. Jakeluverkon meno- tai paluuvien kylmän veden lämpötilan säädön luokat. (SFS-EN 15232:2012, 25)

Vaatus	Luokka
Vakiolämpötilasäätö	D
Ulkolämpötilan mukaan ohjautuva lämpötilan säätö	C
Tarpeenmukainen ohjaus	A

Kohdetta 1 lukuun ottamatta verkossa kiertävän veden lämpötila pidetään vakioasetusarvossa, tämä asetusarvo on kohteissa +7 °C. Kohteessa 1 asetusarvo voi vaihdella välillä 7-12 °C riippuen ulkolämpötilasta. Tästä osa-alueesta kohteille 2, 4 ja 5 tulee siis D-luokka ja kohteelle 1 luokka C.

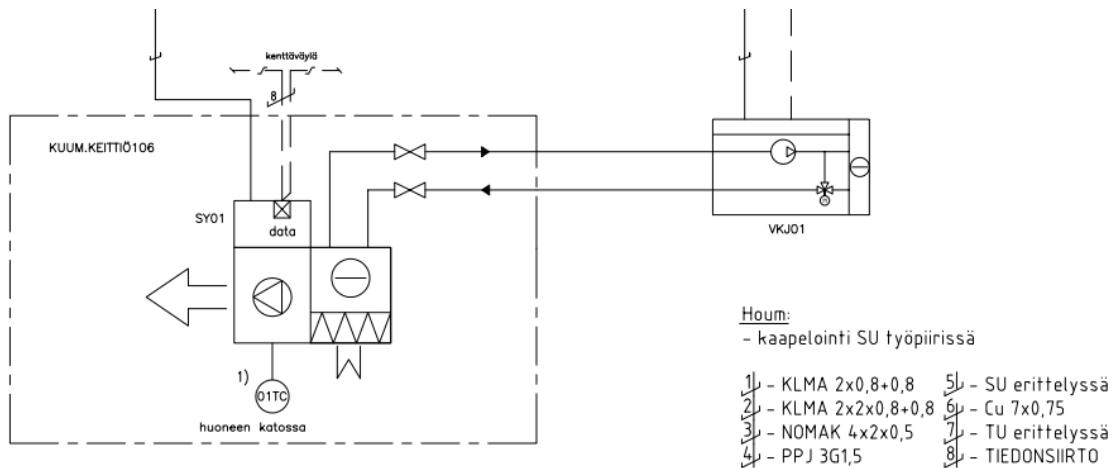
#### 4.4.3 Säädetty kiertovesipumpun ohjaus

Säädetyin kiertovesipumpun ohjauksen automaation tehokkuusluokat jakaantuvat taulukon 14 mukaisesti luokkiin A-D. Luokitus on sama kuin lämmityksessä eli D-luokkaan jäädyään, jos pumpussa ei ole ollenkaan automaattista säätöä, päälle / pois – ohjaus oikeuttaa luokkaan C eli luokkaan päästään yksinopeuksisella pumpulla. B-luokka vaatii pumpulta mahdollisuutta useampaan eri tilaan ja A-luokka vaatii taajuusmuuttajaohjattua pumpua tai EC-moottoria. Tavoitteena tässä osa-alueessa on vähentää pumpun tarvitsemaa apuenergiaa. (SFS-EN 15232:2012, 17).

Taulukko 14. Säädetyin kiertovesipumpun ohjauksen luokat jäähdytyksessä. (SFS-EN 15232:2012, 25)

Vaatus	Luokka
Ei automaattista säätöä	D
Päälle / pois-ohjaus	C
Monitilaohjaus	B
Pyörimisnopeussäätö	A

Kohteissa 2 ja 5 jäähdytysverkostossa on käytössä pyörimisnopeussäätöiset pumput, joten näiden osalta päästään A-luokkaan. Kohteessa 1 on yksinopeuksinen pumpu, joten kohteessa jäädyään C-luokkaan. Kuvassa 4 on kohteen 4 jäähdytyksen komponentit kuvattuna säätökaaviossa. Säätökaavio on kohteiden jäähdytyksen säätökaavioista yksinkertaisin ja sen sanalliset selostukset ovat myös lyhyimmät. Kuvasta nähdään, että lauhduttimen ja höyrystimen välillä on kompressori. Kompressorin toimintaa ei ole kuvattu mitenkään, joten tämän kohteen kyseinen osa-alue on jätettävä C-luokkaan.



Kuva 4. Kohteen 4 SPLIT jäähdytyksen säätökaavio.

#### 4.4.4 Jäähdytyksen (jakelu tai lämmönluovutuksen) aikatauluohjaus

Jäähdytyksen aikatauluohjauksen automaation tehokkuusluokat jakaantuvat taulukon 15 mukaisesti luokkiin A-D. Luokitus on sama kuin lämmityksen aikatauluohjauksessa eli luokassa D ei ole automaattista säätöä. C-luokassa on automaattinen säätö aseteltavilla rajoilla ja B-luokassa aikataululla on optimoidut aloitus- ja lopetusajat. A-luokassa ohjaus on tarpeen mukaan. Tällä tähdätään huonelämpötilojen nostamiseen ja toiminta-ajan laskemiseen. (SFS-EN 15232:2012, 17).

Taulukko 15. Jäähdytyksen aikatauluohjauksen luokat. (SFS-EN 15232:2012, 25)

Vaatus	Luokka
Ei automaattista säätöä	D
Aikaohjattu automaattinen säätö aseteltavilla rajoilla	C
Aikataulutettu automaattinen säätö optimoiduilla aloitus- ja lopetusajoilla	B
Automaattinen säätö tarpeen arvioinnilla	A

Kuten lämmityksen aikatauluohjauksessakin, ei jäähdytyksenkään osalta ole käytössä aikatauluohjausta. Tämä osa-alue menee siis kaikilla kohteilla luokkaan D.

#### 4.4.5 Lämmityksen ja jäähdytyksen samanaikaisen käytön estäminen

Lämmityksen ja jäähdytyksen samanaikaisen käytön estämisen automaation tehokkuusluokat A, B ja D on esitetty taulukossa 16. Luokassa D järjestelmiä ohjataan itsenäisesti ja ne voivat tuottaa lämmitystä ja jäähdytystä samanaikaisesti. Luokassa B samanaikaisuus on pyritty minimoimaan asetusarvoilla. Luokassa A ohjaus on hoidettu niin, etteivät samanaikainen lämmitys ja jäähdytys ole mahdollista. (SFS-EN 15232:2012, 17).

Taulukko 16. Lämmityksen ja jäähdytyksen samanaikaisen käytön estämisen luokat. (SFS-EN 15232:2012, 25)

Vaatus	Luokka
Ei kytkentää	D
Osittainen kytkentä	B
Täydellinen kytkentä	A

Tulkinnanvaraista tässä kohdassa on, että mitä lämmityksellä tässä kohdassa tarkoitetaan, sitä ei ole yksiselitteisesti määritelty standardissa. Lämmityksellä voidaan tarkoittaa IV-koneen lämmityspatteria tai rakennuksen muuta lämmitysjärjestelmää, kuten lattialämmitystä. Tässä tulkinnaksi otettiin, että lämmityksellä ja jäähdytyksellä tarkoitetaan ilmanvaihdon lämmitystä ja jäähdytystä.

Vain kohteen 4 suunnitelmissa on erikseen mainittuna, että lämmitystä ja jäähdytystä ei saa tapahtua samanaikaisesti, joten se menee suunnitelmiin perustuen A-luokkaan. IV-koneissa lämmityspatteri ja jäähdytyspatteri eivät normaalitilanteessa ole käytössä samanaikaisesti, joten muutkin kohteet voidaan luokitella A-luokkaan. Lämmöntarpeen kasvaessa jäähdytyspatterin venttiili suljetaan ja lämmitys hoidetaan LTO:lla ja avaamalla lämmityspatterin venttiiliä. Lämmöntarpeen laskiessa järjestys on päinvastainen. Jos lämmityksessä otettaisiin huomioon lattia- ja patterilämmitys, jäisivät kaikki kohteet D-luokkaan.

#### 4.4.6 Erillinen ohjaus jäähdytyskoneelle

Jäähdytyskoneen erillisen ohjauksen automaation tehokkuusluokat A, B ja D on esitetty taulukossa 17. Luokassa D tuottolaitteella on vakiolämpötila, Luokassa B lämpötilataso riippuu ulkolämpötilasta ja luokassa A lämpötilataso perustuu kuormitukseen, tämä sisältää ohjauksen huonelämpötilojen mukaan. Tavoitteena on minimoida tuottolaitteen toimintalämpötila. (SFS-EN 15232:2012, 17).

Taulukko 17. Jäähdytyskoneen erillisen ohjauksen luokat. (SFS-EN 15232:2012, 25)

Vaatus	Luokka
Vakiolämpötila	D
Ulkolämpötilan mukaan ohjattu lämpötilataso	B
Kuormituksen mukaan ohjattu lämmöntuoton lämpötilataso	A

Standardin osa-alueista tämä oli suunnitelmien kannalta haastavin. Kohteen 1 suunnitelmiin oli kirjattu, että nestejäähdytyspiirin lämpötila pidetään asetusarvossaan ohjaamalla piirin venttiiliä ja jäähdyttimen puhaltimia, myös kohteen 5 suunnitelmiin oli kirjattu, että vedenjäähdyttimen lauhduttimelle menevä vesi pidetään asetusarvossa, muiden kohteiden suunnitelmissa ei ollut mitään mainintaa. Tästä osa-alueesta kaikille tulee luokaksi D.

#### 4.4.7 Jäähdytyskoneikon vuorottelukäyttö

Jäähdytyskoneikon vuorottelun automaation tehokkuusluokat A-D on esitetty taulukossa 18. Luokitus on sama kuin lämmöntuottolaitteiden vuorottelussa eli D-luokassa vuorottelu perustuu ainoastaan laitteiden käyntiaikoihin. Luokassa C otetaan huomioon lämmityskuormat ja B-luokkaan lisätään tarpeen huomioon ottaminen. A-luokassa lämmöntuottolaitteiden vuorottelun ohjaus ottaa huomioon energiatehokkuuden ja käyttää aina parhaimman energiatehokkuuden omaavaa jäähdytystä, kuten ulkoilma, järvi-vesi ja kylmäkoneet. (SFS-EN 15232:2012, 17).

Taulukko 18. Jäähdytyskoneikon vuorottelukäytön luokat. (SFS-EN 15232:2012, 25)

Vaatus	Luokka
Järjestys ainoastaan käyntiaikojen mukaan	D
Järjestys ainoastaan kuormien perusteella	C
Järjestys kuormien ja tarpeen mukaan	B
Järjestys tuottolaitteiden energiatehokkuuksien mukaan	A

Kyseessä on samankaltainen tilanne kuin lämmöntuoton vuorottelussa. Kohteessa 5 vedenjäähdytyskone ylläpitää jatkuvasti verkoston veden tarpeellista lämpötilaa huolimatta siitä onko järvivettä käytössä vai ei. Luokaksi tästä on annettava siis D.

#### 4.5 Ilmanvaihdon ja ilmastoinnin ohjaus

Kohteita palvelee eri määrä ilmastointikoneita, joissa voi olla erilaisia ohjaustapoja, tämä osaltansa vaikeuttaa standardin tulkintaa. Tulkinnessa on pyritty keskittymään ilmanvaihtokoneisiin, jotka palvelevat isointa osaa kiinteistöstä tai tiloja, jotka ovat merkittävässä osassa kiinteistön jokapäiväisessä käytössä ja esimerkiksi pelkkää keittiötä palveleva IV-kone on saatettu rajata pois.

Kohteissa 1 ja 4 on käytössä kolme IV-konetta, joista yksi palvelee pelkästään keittiötä. Kohteessa 2 on jaettu useampaan palvelualueeseen ja käytössä yhteensä 12 IV-konetta. IV-koneita, jotka palvelevat yksittäisiä tiloja on muun muassa tekninen tila, liikuntasali ja keittiö. Purunpoistoon on yksi IV-kone. Kohteessa 3 on kaksi IV-konetta, joista toinen on keittiölle. Kohteen 5 tiloja palvelee yhteensä 4 IV-konetta. Ylivoimaisesti eniten IV-koneissa oli pyöriviä lämmönsiirtimiä.

##### 4.5.1 Huoneen ilmapirran ohjaus

Huoneen ilmapirran ohjauksen automaation tehokkuusluokat A-D on esitetty taulukossa 19. Luokassa D järjestelmä toimii jatkuvasti tai on ohjattu manuaalisesti, luokassa C järjestelmä toimii aikaohjelman ohjaamana, B-luokassa järjestelmän toiminta perustuu läsnäoloon. Tämä toiminto voi perustua esimerkiksi valojen kytkemiseen tai erilliseen



läsnäoloanturiin. Luokassa A ilmavirtaa ohjataan tarpeen mukaan. Tarpeenmukaisuus voi perustua hiilidioksidi-, VOC- tai muuhun mitattuun haitallisen yhdisteen tasoon. (SFS-EN 15232:2012, 18).

Taulukko 19. Huoneen ilmavirran ohjauksen luokat. (SFS-EN 15232:2012, 26)

Vaatus	Luokka
Ei automaattista ohjausta	D
Aikaohjaus	C
läsnäolosäätö	B
Tarpeenmukainen säätö	A

Yksittäisen kohteen huoneilla voi olla eri tapoja ohjata tuloilmavirtaa. Luokituksessa on käytetty määräävänä tekijänä tietyn tavan osuutta kokonaisuudesta, erikseen voidaan pohtia, onko tietty ilmavirran ohjaustapa parempi tietylle tilalle, vaikka sen tehokkuusluokka olisi eri.

Kohteissa 1 ja 2 ilmavirran määrä perustuu aikaohjelmaan suurimmassa osassa huoneita, kohteessa 1 vain yhdessä huoneessa on hiilidioksidianturi ja kohteessa 2 neljässä huoneessa ilmavirran määrä perustuu huoneen hiilidioksiditasoon tai lämpötilaan, joten ilmavirran ohjauksen tehokkuusluokka on C näissä kohteissa.

Kohde 3 ja 4 saavat tästä osa-alueesta A-luokan. Molemmissa kohteissa huoneiden ilmavirtaa kasvatetaan, kun hiilidioksiditaso nousee. Kohteessa 3 lähes jokaisessa huoneessa on hiilidioksidianturi, mutta kohteen 4 luokitus on tulkinnanvaraisempi. Käytävien, eteistilojen ja erilaisten saniteettitilojen lisäksi yhteensä noin 100 m<sup>2</sup>:ä pienryhmä- ja toimistotiloja on ilman hiilidioksidianturia, yksittäisen pienryhmätilan ollessa noin 10 neliömetrin kokoinen.

Kohde 5 on käyttötarkoitukseltaan muita kohteita huomattavasti erilaisempi, suurimman osan sen tiloja ollessa käytössä jatkuvasti. Rakennuksen IV-koneet käyvät jatkuvasti tuottaen saman ilmavirran tiloihin jatkuvasti, joten tämän kohteen huoneen ilmavirran ohjaus jää tehokkuusluokkaan D.

#### 4.5.2 Ilmanvaihtokoneen ilmavirran tai paineen ohjaus

IV-koneen ilmavirran tai paineen ohjauksen automaation tehokkuusluokat A-D on esitetty taulukossa 20. D-luokassa ei ole ohjausta ja IV-kone tuottaa jatkuvasti maksimi kuorman ilmavirtaa. C-luokassa IV-kone tuottaa maksimi kuorman päällä ollessaan. B-luokassa ilmavirtaa tai painetta ohjataan monitilaohjauksella ja A-luokassa virtausta tai painetta säädetään riippuen huoneiden tarpeesta. (SFS-EN 15232:2012, 18).

Taulukko 20. IV-koneen ilmavirran tai paineen ohjauksen luokat. (SFS-EN 15232:2012, 26)

Vaatus	Luokka
Ei ohjausta	D
Ajan mukaan on / off – ohjattu	C
Monitilaohjaus	B
Automaattinen virtauksen tai paineen mukainen säätö	A

Jokaisessa kohteessa rakennusautomaatiojärjestelmä ohjaa puhaltimien pyörimisnopeutta siten, että paine kanavissa pysyy asetusarvossaan. Automaattinen ilmavirran tai paineen ohjaus oikeuttaa luokkaan A. Nykyään IV-koneissa käytetään pyörimisnopeussäätöisiä puhaltimia, joten tämä osa-alue on hyvin usein A-luokkaa.

#### 4.5.3 LTO:n poistoilman puolen huurtumisen eston ohjaus

Huurtumisen eston ohjauksen automaation tehokkuusluokat A ja D on esitetty taulukossa 21. Yksiselitteisesti luokassa D ei IV-koneella ole huurtumisen estoa ja A-luokassa LTO:n ohjauksella estetään sen jäätymisen. (SFS-EN 15232:2012, 18).

Taulukko 21. LTO:n huurtumisen eston luokat. (SFS-EN 15232:2012, 26)

Vaatus	Luokka
Ei toimintoa	D
Automaattinen huurtumisen estosäätö	A

Kohdetta 3 lukuun ottamatta huurtumisen esto on toteutettu kaikissa kohteiden IV-koneissa. Huurtumisen esto on niin yleinen tämän kokoluokan IV-koneissa, että on mahdollista, että kyseissä kohteissa huurtumisen esto on vain jäänyt kirjaamatta suunnitelmiin. Kyseisen kohteen LTO:n poistupuolen yli kuitenkin suunnitelmien mukaan mitataan paine-eroa.

Huurtumisen esto toteutetaan mittaamalla paine-eroa poistupuolelta LTO:n yli ja paineeron kasvaessa yli raja arvon, säädetään LTO:n käyttö minimiin riippuen LTO:n tyypistä. Pyörivässä LTO:ssa pyörimisnopeus asetetaan minimiin, levylämmöntalteenottimesa avataan ohituspelti ja suljetaan LTO:n peltiä ja nestekiertoisessa LTO:ssa säädetään kierron venttiiliä.

#### 4.5.4 Lämmöntalteenottimen yllämmittämisen esto

Lämmöntalteenottimen yllämmittämisen eston automaation tehokkuusluokat A ja D on esitetty taulukossa 22. Yksiselitteisesti luokassa D LTO:n yllämmittämistä ei estetä ja luokka on A, jos yllämmittämislle on estotoiminto. (SFS-EN 15232:2012, 18).

Taulukko 22. Lämmöntalteenottimen yllämmittämisen eston luokat. (SFS-EN 15232:2012, 26)

Vaatus	Luokka
Ei rajoitustoimintoa	D
Yllämmittämisen esto	A

Kaikissa kohteissa on yllämmittämisen esto eli osa-alue on kaikilla A-luokassa. Yllämmittäminen estetään ohjaamalla LTO:n lämmitystehoa IV-koneen tuloilman lämpötilan perusteella.

#### 4.5.5 Ulkoilman käyttö jäähdytykseen

”Ulkoilman käyttö jäähdytykseen”-tehokkuusluokat A-D on esitetty taulukossa 23. D luokassa ei käytetä ulkoilmaa hyödyksi jäähdytykseen. C-luokassa sisäilmaa jäähdytetään ulkoilmalla yöllä, jos huonelämpötila on tarpeeksi korkealla sekä sisä- ja ulkolämpötilojen välinen ero on tarpeeksi suuri. A-luokassa ulko- ja/tai kiertoilmaa käytetään jatkuvasti koneellisen jäähdytyksen minimoimiseksi. (SFS-EN 15232:2012, 18).

Taulukko 23. Ulkoilman käyttö jäähdytykseen luokat. (SFS-EN 15232:2012, 26)

Vaatus	Luokka
Ei säätöä	D
Yöjäähdytystoiminto	C
Ilmaisjäähdytystoiminto	A
Ulko- ja kiertoilmojen määrien ohjaus koneellisen jäähdytyksen minimoimiseksi	A

Tähänkin kohtaan vaikuttavat IV-koneiden määrä ja palvelualueet, mutta yleisenä vaatimuksena on, että suurin osa tiloista tulee jäähdyttää. Kohdetta 5 lukuun ottamatta kaikissa kohteissa on käytössä yöjäähdytys, joten luokaksi kohteille 1-4 tulee C-luokka. Kohteessa 5 ei ole käytössä yöjäähdytystä, koska IV-koneet toimivat jatkuvasti, ja rakennus on ympärivuorokautisessa käytössä. Täten kohde 5 on ainoana luokassa D.

#### 4.5.6 Tuloilman lämpötilan säätö

Tuloilman lämpötilan säädön automaation tehokkuusluokat A-D on esitetty taulukossa 24. D-luokassa tuloilman lämpötilalle ei ole säätöä. C-luokassa tuloilman lämpötila pidetään vakioasetusarvossa, jota voidaan muuttaa vain manuaalisesti. B-luokassa tuloilman lämpötilan asetusarvo muuttuu lämpötilan funktiona esimerkiksi lineaarisesti. A-luokassa tuloilman lämpötila riippuu kuormista eli tuloilman lämpötilaa muutetaan esimerkiksi huoneiden poistoilmojen lämpötilan mukaan. (SFS-EN 15232:2012, 18).

Taulukko 24. Tuloilman lämpötilan säädön luokat. (SFS-EN 15232:2012, 26)

Vaatus	Luokka
Ei säätöä	D
Vakioasetusarvo	C
Muuttuva ulkolämpötilan mukaan kompensoitu asetusarvo	B
Muuttuva kuorman mukaan kompensoitu asetusarvo	A

Kohde 5 on ainoa, jossa tuloilman lämpötilan asetusarvo riippuu ulkolämpötilasta eli on B-luokassa, muissa kohteissa tuloilman asetusarvo riippuu poistoilmasta ja täten ne ovat tässä osa-alueessa A-luokassa. Eroa on kuitenkin hieman mittauksessa. Kohteissa 1, 2 ja 3 poistoilman lämpötila mitataan vasta, kun kaikkien tilojen poistoilma on koottuna eli asetusarvon määrittävä anturi on TE30. Kohteessa 4 toinen IV-koneista toimii samalla periaatteella kuin kohteessa 3, mutta toisessa mitataan valittujen huoneiden keskiarvon perusteella.

#### 4.5.7 Kosteuden hallinta

Kosteuden hallinnan automaation tehokkuusluokat A, C ja D on esitetty taulukossa 25. Luokassa D ei voida vaikuttaa automaattisesti ilman kosteuteen. C-luokassa voidaan välttää tulo- tai huoneilman kosteuden saavuttamasta kastepistettä. Luokassa A tulo- tai huoneilman kosteus pidetään asetusarvossaan. (SFS-EN 15232:2012, 19).

Taulukko 25. Kosteuden hallinnan luokat. (SFS-EN 15232:2012, 26)

Vaatus	Luokka
Ei automaattista säätöä	D
Kastepisteohjaus	C
Suora kosteuden hallinta	A

Missään kohteissa ei ole kosteuden hallinnassa automaattista säätöä, joten D-luokkaan jäädyään tässä osa-alueessa. Suunnitteluvaiheessa järjestelmän muodostamaa kosteusolosuhteita tarkkaillaan Mollier-diagrammista. Mahdollista ylimääräistä kosteutta poistetaan lähinnä kondenssivesialtailla.

## 4.6 Valaistuksen ohjaus

Nykyään lähes kaikissa uusissa julkisissa rakennuksissa on käytössä jonkinlainen valaistuksen ohjaus. Ohjaus on voitu toteuttaa yksinkertaisimmillaan suoraan rakennusautomaatiosta tulevana sytytys/sammutuspulssina tai omalla älykkäällä valaistusohjauksella, kuten DALI-järjestelmällä. Tutkituista kohteista kaikissa paitsi yhdestä kohteesta voitiin todeta, että käytössä oli ainakin osassa rakennusta valaistuksenohjaus, joka perustui DALI-järjestelmään.

### 4.6.1 Läsnaolon mukaan ohjattu valaistus

Valaistuksen ohjauksen automaation tehokkuusluokat jakaantuvat taulukon 26 mukaisesti luokkiin A, C ja D. D-luokassa valaisimia ohjataan manuaalisesti päälle ja pois. Luokassa C vaaditaan manuaalisen ohjauksen lisäksi automaattinen sammutus, joka sammuttaa valaistuksen vähintään kerran päivässä, tyypillisesti illalla. A-luokassa valo- ja ohjaa mahdollisen manuaalisen käytön lisäksi liiketunnistin. (SFS-EN 15232:2012, 19).

Taulukko 26. Läsnaolon mukaan ohjatun valaistuksen luokat. (SFS-EN 15232:2012, 27)

Vaatus	Luokka
Manuaalinen päällä/pois-kytkin	D
Manuaalinen päällä/pois-kytkin + automaattinen sammutus viiveen jälkeen	C
Automaattinen tunnistin	A

Tämän lisäksi valojen sammumiseen on seuraavat ehdot A-luokassa:

- Automaattisesti pois: Jos valoja ei ole sammutettu käsin, liiketunnistin sammuttaa valot täysin viimeistään viiden minuutin kuluttua viimeisestä liikehavainnosta.
- Himmennetyksi pois: Jos valoja ei ole sammutettu manuaalisesti, järjestelmä himmentää valot viimeistään viiden minuutin kuluttua viimeisestä liikehavainnosta maksimissaan 20 prosenttiin normaalista tasosta. Valojen tulee sammua täysin viiden minuutin kuluttua edellä mainitusta viimeisestä liikehavainnosta. (SFS-EN 15232:2012, 19).

Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että oli valojen sammumisella tietty porras ennen kokonaan sammumista tai ei, pitää valojen olla täysin sammuneita viimeistään viiden minuutin kuluttua liikkeen loppumisesta.

Kohteet 1 ja 4 on toteutettu valtaosin liiketunnistuksella ja tilanteilla, mutta A-luokkaan ei näitten kohteiden ratkaisuilla päästä johtuen standardin sammumisaikavaatimuksesta. Kohteessa 2 huoneita ohjataan tilanneohjaksella ja aikaohjelma sammuttaa kaikki valot. Valojen sammumisen jälkeen käytävien valaistus toimii liiketunnistuksella. Kaikki edellä mainitut ratkaisut ovat C-luokkaa. Kohteesta 3 oli saatavilla sähköasennuksista tasokuvat, josta voitiin nähdä valaistuksen olevan toteutettu tavallisilla kytkimillä, mahdollisesti sammutuksesta ei ole tietoa. Kohteessa 5 on käytävien ja muiden yleisten tilojen valaistus toteutettu tilanneohjauksella, rakennusautomaatiosta aikaohjelmilla ja liiketunnistimilla, mutta asukkaiden tilat toimivat perinteisillä kytkimillä. Asukkaiden tilat muodostavat huomattavan osan rakennuksesta, joten kahden viimeksi mainitun kohteen osalta tulee D-luokka. Kohteiden 1 ja 4 tiputtaminen pelkästään luokkaan B, olisi myös perusteltua, koska sammutusviiveet ovat niissä kuitenkin ohjelmoitu melko lyhyiksi. Yleisesti sammutusviiveet ovat näissä luokkaa 10–15 minuuttia.

#### 4.6.2 Ohjaus päivänvalon mukaan

Valaisimien päivänvalolla ohjauksen automaation tehokkuusluokat jakaantuvat taulukon 27 mukaisesti luokkiin A ja C. Luokitus on yksinkertaisesti joko C jos ei ole ohjausta ja A jos valaisimia ohjataan päivänvalolla. Tavoitteena on vähentää valaisimien kuluttamaa energiaa ja näin mahdollisesti myös pidentää valaisimien käyttöikä. (SFS-EN 15232:2012, 19).

Taulukko 27. Päivänvalon mukaan ohjatun valaistuksen luokat. (SFS-EN 15232:2012, 27)

Vaatus	Luokka
Ei automaattista säätöä	C
Automaattinen säätö	A

Kohteissa 1 ja 4 on päivänvalo-ohjaus käytössä suuressa osassa tiloja, vain käytävillä ja muilta päivänvalo-ohjauksen kannalta toisarvoisimmissa tiloissa ei ohjausta ole, joten näiden osalta päästään A-luokkaan. Kohteessa 3 päivänvalo-ohjausta ei ole ollenkaan ja kohteessa 5 ohjaus on niin pienessä osassa, ettei sitä voida ottaa huomioon. Nämä kaksi kohdetta menevät selkeästi C-luokkaan. Kohde 2 on ongelmallisinta tarkasteltavista kohteista päivänvalo-ohjauksen kannalta, koska kohteessa on käytössä päivänvalo-ohjaus, mutta vain osassa tiloja. A-luokitus voidaan kyllä perustella, sillä päivänvalo-ohjaus on käytössä tiloissa, jotka hyötyvät siitä eniten ja niissä on myös eniten toimintaa. Kuvissa 5 ja 6 on kohteet valaistuksenohjauksen tavat merkittynä alueittain. Violetilla merkityissä huoneissa on käytössä päivänvalo-ohjaus.

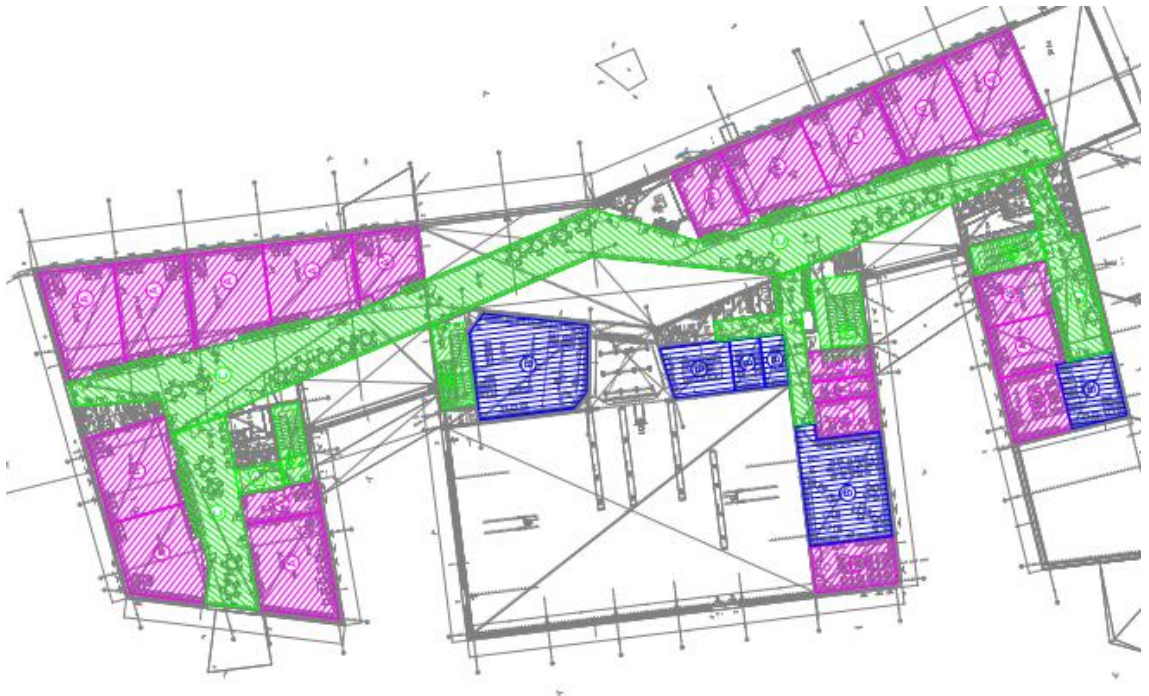
Ensimmäisessä kerroksessa luokahuoneet ja päiväkodin ryhmätilat, jotka ovat ulkoseinää vasten, ovat varustettu päivänvalo-ohjauksella. Isoon saliin olisi ollut myös mahdollista käyttää päivänvalo-ohjausta.





Kuva 5. Kohteen 2 valaistuksen ohjauksen alueet kerroksessa 1.

Toisessa kerroksessa päivänvalo-ohjausta hyödynnetään laajasti ja täysin hyödyntämättömiä ikkunaseinällistä tilaa ei juuri ole.



Kuva 6. Kohteen 2 valaistuksen ohjauksen alueet kerroksessa 2.

## 4.7 Varjostinten ohjaus

Varjostinten ohjauksen automaation tehokkuusluokat jakaantuvat taulukon 28 mukaisesti luokkiin A-D. D-luokkaan jäädään, jos varjostimia ohjataan manuaalisesti tai manuaalisesti moottorin avustuksella. Molemmissa tapauksissa energiansäästö riippuu käyttäjästä. C-luokkaan vaaditaan automaattinen säätö, jonka avulla vähennetään sisätilojen lämpenemistä ja jäähtymisen tarvetta. A-luokassa varjostimien säätö on yhdistetty valaistuksen ja LVI:n säätöön. Tällä pystytään optimoimaan energiankäyttö käytössä olevissa ja tyhjiissä huoneissa. Yleisesti automaattisen varjostuksen tavoitteena on ulkoa tulevien lämpökuormien ja jäähtytstarpeen vähentäminen mahdollistaen kuitenkin valaisimien päivänvalo-ohjauksen. (SFS-EN 15232:2012, 19).

Taulukko 28. Varjostinten ohjauksen luokat. (SFS-EN 15232:2012, 27)

Vaatus	Luokka
Manuaalinen toiminto	D
Moottoritoiminen manuaalinen säätö	D
Moottoritoiminen automaattinen säätö	C
Yhdistetty valo/kaihdin/LVI-säätö	A

Suomessa käytetään edelleen lähes täysin manuaalista ohjausta kaihtimissa ja myöskään missään tarkasteltavassa kohteessa ei ollut automaattista tai moottoroitua ohjausta, joten luokka on kaikissa kohteissa tässä osa-alueessa D.

## 4.8 Tekninen kodin- ja kiinteistöhallinta

Saatavilla olevissa suunnitelmissa ei juuri ollut eritelty vaatimuksia rakennusautomaatio- ja valvomojärjestelmille. Yleisesti rakentamismääräyskokoelman D3 määrittää vaatimuksia energiankulutuksen mittaukselle, kuten ilmanvaihdon ja valaistuksen energiankulutuksen mittauksen (RaMK D3, 16–17.) Tampereella Tampereen Tilakeskuksella on omat ohjeensa rakennusautomaation toteuttamiseen. Ohjeissa määritetään muun muassa järjestelmäkohtaiset mittaukset, hälytykset ja väyläprotokollat. (Rakennusautomaatiojärjestelmä suunnitteluohje).

#### 4.8.1 Koti- ja kiinteistöjärjestelmien vikailmaisun ja tuki näiden vikojen diagnostiikalle

Tehokkuusluokat A ja D vikailmaisulle ja diagnostiikalle on esitetty taulukossa 29. Yksinkertaisesti, jos mainittuja ominaisuuksia järjestelmässä ei ole, tulee tehokkuusluokaksi D ja jos ko. ominaisuudet löytyvät, tehokkuusluokka on A.

Taulukko 29. Vikailmaisun ja diagnostiikan luokat. (SFS-EN 15232:2012, 27)

Vaatus	Luokka
Ei	D
Kyllä	A

Julkisina rakennuksina tutkittujen kohteiden rakennusautomaatio on yhdistettynä tilaajan valvomoon. Näissä järjestelmissä on laaja hälytysjärjestelmä etenkin LVI-järjestelmien eri prioriteetin vioille ja ongelmille. Näitä ovat muun muassa ristiriitahälytykset, ylä- ja alarajahälytyksen ja muita huoltoon liittyviä ei kiireellisiä vikailmaisuita. Näiden puitteissa kaikki rakennukset voidaan luokitella tältä osin A-luokkaan.

#### 4.8.2 Energiankulutuksen, sisäolosuhteiden ja parannusehdotuksien raportointi

Tehokkuusluokat A ja C energiankulutuksen, sisäolosuhteiden ja parannusehdotusten raportoinnille on esitetty taulukossa 30. Kuten edellisessäkin kohdassa, jos kyseisiä raportoinnin ominaisuuksia järjestelmässä ei ole, tulee luokaksi D ja jos ko. ominaisuudet löytyvät, tulee luokaksi A.

Taulukko 30. Raportoinnin luokat. (SFS-EN 15232:2012, 27)

Vaatus	Luokka
Ei	C
Kyllä	A

Parannusehdotusten raportointia ei ole missään järjestelmässä ja jos suurimmassa osassa kohteita ei sisäolosuhteita mitata, niin niille ei ole myöskään raportointia käytössä. Tarkkojen raportointitietojen puutteen vuoksi tässä osa-alueessa pääpaino on kohdistettu energiankulutuksen ja sisäolosuhteiden mittaamisen laajuuteen ja luokituksen perustana on käytetty mahdollisuutta kyseisten asioiden raportointiin kohteissa.

Lämmitysverkostokohtainen energianmittaus on käytössä kohteissa 1, 2 ja 4. Valaistusta mitataan kohteissa 3 ja 4. Kaikki edellä mainitut mittaukset on määriteltävä väylän kautta rakennusautomaatioon, joten kyseisistä mittauksista on mahdollista tehdä raportteja. Sisäolosuhteista tietoa ja raportteja olisi mahdollista saada kohteesta 4 rakennusautomaatioon yhdistetyn huonesäätimen kautta. Myös kohteissa 2 ja 3 on useissa tiloissa lämpötila ja/tai hiilidioksidimittauksia.

Näiden mittauksiin perustuen voidaan tulkita, että tästä osa-alueesta varmimmin kohde 5 menee C-luokkaan ja kohde 4 A-luokkaan. Myös kohteille 2 ja 3 voidaan antaa A-luokka. Tulkinnanvaraisin näistä on kohde 1, jossa on verkostokohtainen mittaus, mutta valaistuksen energiankulutuksen mittaukseen ei ole edes mahdollisuutta. Näin ollen voidaan katsoa, että on perusteltua antaa kohteelle C-luokka.

#### **4.9 Luokituksen yhteenveto**

Taulukossa 31 on koottuna luokituksen tulokset. Vaikka hajontaakin löytyy, rinnakkain vertaamalla huomataan monien osa-alueiden samankaltaisuus eri kohteiden välillä. Tämä johtuu muun muassa totutusta tavasta toteuttaa järjestelmien ohjauksia, kuten varjostinten ohjauksen manuaalinen hallinta.

Taulukko 31. Yhteenveto luokituksesta.

Osa-alue	KOHDE				
	1	2	3	4	5
Lämmänluovutuksen ohjaus	B	B	B	A	B
Lämmönjakeluverkon meno- tai paluuveden lämpötilan säätö	C	C	C	C	C
Säädetty kiertovesipumpun ohjaus lämmitysverkostossa	A	A	A	A	A
Lämmityksen aikatauluohjaus	D	D	D	D	D
Lämmöntuottolaitteiden ohjaus lämpöpumppujärjestelmissä	Ei luok.	Ei luok.	B	Ei luok.	Ei luok.
Lämmöntuottolaitteiden vuorottelu	Ei luok.	Ei luok.	D	Ei luok.	Ei luok.
Lämpimän käyttöveden kiertovesipumpun ohjaus	D	D	D	D	D
(Jäähdytyksen) lämmönluovutuksen ohjaus	C	C	Ei luok.	C	C
Jakeluverkon meno- tai paluuveden kylmän veden lämpötilan ohjaus	C	D	Ei luok.	D	D
Säädetty kiertovesipumpun ohjaus jäähdytysverkostossa	C	A	Ei luok.	C	A
Jäähdytyksen aikatauluohjaus	D	D	Ei luok.	D	D
Jäähdytyksen ja lämmityksen samanaikaisen käytön estäminen	A	A	Ei luok.	A	A
Erillinen ohjaus jäähdytyskoneelle	D	D	Ei luok.	D	D
Jäähdytyskoneikon vuorottelukäyttö	Ei luok.	Ei luok.	Ei luok.	Ei luok.	D
Huoneen ilmastin ohjaus	C	C	A	A	D
Ilmanvaihtokoneen ilmastin tai paineen ohjaus	A	A	A	A	A
LTO:n poistoilman puolen huurtumisen eston ohjaus	A	A	D	A	A
Lämmöntalteenottimen yllälämmittämisen esto	A	A	A	A	A
Ulkoilman käyttö jäähdytykseen	C	C	C	C	D
Tuloilman lämpötilan säätö	A	A	A	A	B
Kosteuden hallinta	D	D	D	D	D
Läsnäolon mukaan ohjattu valaistus	C	C	D	C	D
Ohjaus päivänvalon mukaan	A	A	C	A	C
Varjostinten ohjaus	D	D	D	D	D
Koti- ja kiinteistöjärjestelmien vikailmais ja vikojen diagnostiikka	A	A	A	A	A
Energiankulutuksen, sisäolosuhteiden ja parannusehdotusten raportointi	C	A	A	A	C

Määrittelemällä jokaisen kohteen luokille keskiarvo, voidaan nähdä, etteivät ne poikkea kovin paljoa toisistaan. Keskiarvot kohteiden automaation tehokkuusluokille ovat:

- Kohde 1: C ½ (2,5)
- Kohde 2: C ½ (2,6)
- Kohde 3: C ½ (2,5)
- Kohde 4: B – (2,7)
- Kohde 5: C + (2,2)

Keskiarvoista voidaan kuitenkin nähdä, että kohde 5, joka on vanhin case-kohteista, sai huonoimman keskiarvon ja päinvastoin kohde 4, joka on uusin ja vasta valmistumassa sai parhaimman keskiarvon. Keskiarvon laskenta toteutettiin antamalla jokaiselle kirjaimelle pistearvo. A = 4, B = 3, C = 2 ja D = 1. Näistä laskettiin keskiarvo ja se muutettiin kirjainmuotoon pyöristämällä lähimpään neljännekseen. Keskiarvo numeerisesti yhden desimaalin tarkkuudella on jokaisen kohteen kirjainkeskiarvon jälkeen suluissa.

## 5 POHDINTA

Opinnäytetyössä tutkittiin COMBI-hankkeen viiden case-kohteen rakennusautomaation sijoittumista standardin SFS EN 15232:2012 tehokkuusluokitukseen. Tutkimuksessa kävi ilmi, että talotekniset ratkaisut ovat toteutettu hyvin samankaltaisesti kaikissa kohteissa ja täten ne sijoittuvat lähekkäin luokkien C ja B välille. Näiden viiden kohteen perusteella voidaan todeta, että kaikki uudet palvelurakennukset pystyttäisiin saamaan lähelle B-luokkaa.

Tehokkuusluokituksen parantaminen vaatisi panostusta muun muassa seuraaviin asioihin:

- Kommunikointi: kaikkien säätimien ja taloteknisten järjestelmien tulisi kyetä kommunikoimaan keskenään energiankäytön optimoimiseksi, oli sitten kyseessä KNX, Modbus, Bacnet tai mikä tahansa muu väylätekniikka.
- Tarpeenmukaisuus: asetusravot ja ohjaukset tulisi perustua yhä enemmän tarpeenmukaisuuteen, oli sitten kyseessä valaistus tai tuloilman lämpötila. Tarpeenmukaisuuden perustana voi olla monia eri asioita, kuten huonelämpötila, läsnäolo tai hiilidioksidi. Myös riittävään sisäolosuhteiden mittaukseen ja raportointiin tulisi kiinnittää huomiota

Standardin luokituksen kirjaimellinen käyttö ei välttämättä johda järkeviin ja mielekkäisiin ratkaisuihin. Esimerkiksi valaistuksen A-luokan sammumisviivekriteeri on lähes mahdoton toteuttaa järkevästi auloissa, käytävillä ja muissa vastaavissa tiloissa. Käyttäjien tarpeen ja kyvyt eivät myöskään välttämättä tulisi huomioitua, jos standardia tulkittaisiin kirjaimellisesti.

Jatkokehityksenä tämän aiheen pohjalta voisi laatia ohjeistusta ja muita apuvälineitä suunnittelijoiden ja muiden tahojen välille, jotta rakennusautomaation energiansäästö-potentiaali saataisiin kokonaisuudessaan käyttöön, kuitenkin huomioiden tilojen käyttäjät mahdollisimman hyvin. Vertailua voisi myös suorittaa standardissa esitettyjen eri laskentamenetelmien kautta saadun energiankulutuksen ja todellisen energiankulutuksen välillä.

## LÄHTEET

COMBI-hanke. Luettu 2.3.2016. <http://www.tut.fi/fi/tietoa-yliopistos-ta/laitokset/rakennustekniikka/tutkimus/rakennetekniikka/rakennusfysiikka/combi/index.htm>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU. 2010.

SFS-EN 15232:2012. Energy performance of buildings. Impact of building automation, controls and building management. Suomen standardoimisliitto SFS ry.

Seppänen, O. 2001. Rakennusten lämmitys. 2. uusittu painos. Helsinki: Suomen LVI-yhdistysten liitto

Tampereen kaupunki. Rakennusautomaatiojärjestelmä suunnitteluohje. 2013. [http://www.tampere.fi/tilakeskus/material/JZx7LP7ys/Rakennusautomaatiojarjestelma-suunnitteluohje\\_200813.pdf](http://www.tampere.fi/tilakeskus/material/JZx7LP7ys/Rakennusautomaatiojarjestelma-suunnitteluohje_200813.pdf)

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos THL. Legionella, ympäristötekijät ja torjuntamahdollisuudet. Luettu 5.3.2016.

[www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/legionellabakteerit-vesijarjestelmissa/ymparistotekijat-ja-torjuntamahdollisuudet](http://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/legionellabakteerit-vesijarjestelmissa/ymparistotekijat-ja-torjuntamahdollisuudet)

Vinha, J. COMBI-hankkeen yleisesittely. Luettu 1.3.2016.

<http://www.tut.fi/cs/groups/public/@1912/@web/@p/documents/liit/x150382.pdf>

Ympäristöministeriö. Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen. Perusteet ja opas 2012.

Ympäristöministeriö. Suomen rakennusmääräyskokoelma D3. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012.

## **LIITTEET**

Liite 1. Rakennuksen automaation energiatehokkuusluokitus





Table 2 (continued)

		Definition of classes							
		Residential				Non residential			
		D	C	B	A	D	C	B	A
<b>2</b>	<b>DOMESTIC HOT WATER SUPPLY CONTROL</b>								
2.1	Control of DHW storage temperature with integrated electric heating or electric heat pump								
	0	Automatic control on / off							
	1	Automatic control on / off and charging time release							
	2	Automatic control on / off and charging time release and multi-sensor storage management							
2.2	Control of DHW storage temperature using heat generation								
	0	Automatic control on / off							
	1	Automatic control on / off and charging time release							
	2	Automatic control on / off, charging time release and demand-oriented supply or multi-sensor storage management							
	3	Automatic control on / off, charging time release, demand-oriented supply or return temperature control and multi-sensor storage management							
2.3	Control of DHW storage temperature, varying seasonally: with heat generation or integrated electric heating								
	0	Manual selected control with charging pump on / off or electric heating							
	1	Automatic selected control with charging pump on / off or electric heating and charging time release							
	2	Automatic selected control with charging pump on / off or electric heating, charging time release and demand-oriented supply or multi-sensor storage management							
	3	Automatic selected control with heat generation, demand-oriented supply and return temperature control or electric heating, charging time release and multi-sensor storage management							
2.4	Control of DHW storage temperature with solar collector and heat generation								
	0	Manual selected control of solar energy or heat generation							
	1	Automatic control of solar storage charge (Prio. 1) and supplementary storage charge							
	2	Automatic control of solar storage charge (Prio. 1) and supplementary storage charge and demand-oriented supply or multi-sensor storage management							
	3	Automatic control of solar storage charge (Prio. 1) and supplementary storage charge, demand-oriented supply and return temperature control and multi-sensor storage management							
2.5	Control of DHW circulation pump								
	<i>Continuous operation, time switch program controlled or demand-oriented on / off</i>								
	0	Without time switch program							
	1	With time switch program							
	2	Demand-oriented control							



Table 2 (continued)

		Definition of classes							
		Residential				Non residential			
		D	C	B	A	D	C	B	A
<b>4</b>	<b>VENTILATION AND AIR CONDITIONING CONTROL</b>								
4.1	Air flow control at the room level								
	0	No automatic control							
	1	Time control							
	2	Presence control							
	3	Demand control							
4.2	Air flow or pressure control at the air handler level								
	0	No automatic control							
	1	On off time control							
	2	Multi-stage control							
	3	Automatic flow or pressure control							
4.3	Heat recovery exhaust air side icing protection control								
	0	Without defrost control							
	1	With defrost control							
4.4	Heat recovery control (prevention of overheating)								
	0	Without overheating control							
	1	With overheating control							
4.5	Free mechanical cooling								
	0	No automatic control							
	1	Night cooling							
	2	Free cooling							
	3	H,x- directed control							
4.6	Supply air temperature control								
	0	No automatic control							
	1	Constant set point							
	2	Variable set point with outdoor temperature compensation							
	3	Variable set point with load dependant compensation							
4.7	Humidity control								
	0	No automatic control							
	1	Dewpoint control							
	2	Direct humidity control							

Table 2 (continued)

		Definition of classes							
		Residential				Non residential			
		D	C	B	A	D	C	B	A
<b>5</b>	<b>LIGHTING CONTROL</b>								
5.1	Occupancy control								
	0 Manual on/off switch	■	■			■			
	1 Manual on/off switch + additional sweeping extinction signal	■	■	■		■	■		
	2 Automatic detection	■	■	■	■	■	■	■	■
5.2	Daylight control								
	0 Manual	■	■	■		■	■		
	1 Automatic	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>6</b>	<b>BLIND CONTROL</b>								
	0 Manual operation	■				■			
	1 Motorized operation with manual control	■	■			■			
	2 Motorized operation with automatic control	■	■	■		■	■		
	3 Combined light/blind/HVAC control	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>7</b>	<b>TECHNICAL HOME AND BUILDING MANAGEMENT</b>								
7.1	Detecting faults of home and building systems and providing support to the diagnosis of these faults								
	0 No	■	■			■			
	1 Yes	■	■	■	■	■	■	■	■
7.2	Reporting information regarding energy consumption, indoor conditions and possibilities for improvement								
	0 No	■	■			■	■		
	1 Yes	■	■	■	■	■	■	■	■

Lähde: SFS EN 15232:2012, 23–27