

Hotellin energiatehokkuus

Ilmanvaihto ja automaatio

Tytti Laasonen

OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2024

Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähköinen talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähköinen talotekniikka

LAASONEN, TYTTI
Hotellin energiatehokkuus
Ilmanvaihto ja automaatio

Opinnäytetyö 34 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Kesäkuu 2024

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia Fidelix Oy:n asiakkaan hotelli kiinteistön ilmanvaihtoa sekä automaation toimintaa ja antaa niistä mahdollisia energiatehokkuuden parantamisehdotuksia. Asiakaskohde oli 1970-luvulla rakennettu hotelli kiinteistö, jossa energiankulutus on vastaavanlaisiin kohteisiin nähden suuri. Työssä perehdyttiin kiinteistön ilmanvaihtolaitteiston ja automaation toiminnan nykytilanteeseen.

Ilmanvaihdon osalta käsiteltiin pääasiassa puutteellista lämmöntalteenottoa ja selvitettiin mahdollisia järjestelmiä sen toteuttamiseksi. Ilmanvaihdon lämmöntalteenottojen lisäyksen haasteeksi ilmeni tulo- ja poistoilmakoneiden hajautetut sijainnit. Tämän myötä ainoaksi mahdolliseksi lämmöntalteenottoratkaisuksi osoittautui nestekiertoinen järjestelmä.

Automaation osalta keskityttiin ilmanvaihdon tarpeenmukaiseen ohjaukseen, jonka optimoinnilla pystytään vaikuttamaan kohteen energiankulutukseen. Tutkimustyön aikana osoittautui, että rakennusautomaatioon tulisi lisätä hiilidioksidiohjausta ja mahdollisesti älykäs lämmityksenohjausjärjestelmä Fidelix EcoSmart.

Asiasanat: energiatehokkuus, ilmanvaihto, automaatio

ABSTRACT

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

LAASONEN, TYTTI
Energy Efficiency of a Hotel
Heat Recovery and Building Automation

Bachelor's thesis 34 pages, appendices 5 pages
June 2024

This thesis aimed to investigate the energy efficiency of a hotel building owned by customer of Fidelix Oy. The scope of the study was limited to ventilation system heat recovery and operation of the automation system.

The theoretical section explores different ventilation systems, heat recovery systems, building automation and its purpose in the control of ventilation. The research was conducted by a review of various sources including books and different websites.

The results stated that the only possible heat recovery solution for the ventilation systems in the hotel building would be a run-around coil system. That is because supply and extract air machines are placed on different floors. The results also suggest that carbon dioxide control should be taken into consideration for ventilation control. An intelligent automation system like Fidelix EcoSmart would also be a good solution for saving energy.

Key words: energy efficiency, heat recovery, building automation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	ILMANVAIHTO	7
	2.1 Sisäilmasto.....	7
	2.2 Ilmanvaihtojärjestelmät	8
	2.3 Lämmöntalteenotto	10
3	RAKENNUSAUTOMAATIO	14
	3.1 Ilmanvaihdon ohjaus	14
	3.1.1 Tuloilman lämpötilan säätö.....	15
	3.1.2 Hiilidioksidipitoisuuteen perustuva säätö	16
	3.1.3 Aikaohjaukset	17
	3.2 Fidelix EcoSmart.....	17
	3.2.1 Toiminta.....	17
	3.2.2 Säästöpotentiaali	20
	3.3 Hotellihuoneen käytön integrointi rakennusautomaatioon	20
4	KOHTEEN NYKYTILA	23
	4.1 Ilmanvaihto.....	23
	4.2 Kaukolämpöenergian kulutus.....	24
	4.3 Automaatio.....	25
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	27
	LÄHTEET	28
	LIITTEET	30
	Liite 1. Tuloilmakoneen TK17 säätökaavio	30
	Liite 2. Tuloilmakoneen TK17 toiminnanselostus	31

LYHENTEET JA TERMIT

INDIKOINTI	Tilatieto, joka ilmoittaa laitteen päällä ja poissaolon
IV	Ilmanvaihto
LTO	Lämmöntalteenotto, otetaan poistoilmasta lämpöenergiaa, joka siirretään tuloilmaan
PF	Poistoilmapuhallin
PK	Poistoilmakone
TE	Lämpötilamittaus
TK	Tuloilmakone, usein käytetään myös tulo- ja poistoilmakoneista jollei toisin mainittu
VAK	Valvonta-alakeskus

1 JOHDANTO

”Energiatehokkuuden kehittämisen keskeisenä tavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen kustannustehokas vähentäminen (Työ- ja elinkeinoministeriö n.d.)”. Suomen kaikesta energiankulutuksesta lähes 40 % tapahtuu rakennuksissa, joiden kasvihuonepäästöt vastaavat yli 30 % Suomen päästöistä. Noin 80 % rakennuksen elinkaaren päästöistä syntyy energiankulutuksesta sen käytön aikana. Ilmanvaihdon osuus lämpö- ja sähköenergian kokonaiskulutuksista voi olla jopa 50 prosenttia. (Tuomainen 2020.) Eurooppalainen ilmastolaki (2021), jossa Euroopan unioni on sitoutunut pienentämään nettokasvihuonekaasupäästöjä vuoden 1990 tasosta minimissään 55 prosenttia vuoteen 2030 mennessä, velvoittaa myös Suomea energiatehokkuustoimiin. Lisäksi uudistettu energiatehokkuusdirektiivi EED (2023) ottaa kantaa rakennusten automaation ja ohjausjärjestelmien tärkeyteen energiatehokkuuden parantamisessa ja ylläpitämisessä.

Opinnäytetyön tavoitteena on Fidelix Oy:n asiakaskohteen energiatehokkuuden parantaminen. Työssä perehdytään ilmanvaihtoon ja sen automaation toimintaan, sekä annetaan mahdollisia ehdotuksia energian säästämiseksi. Tutkittava kohde on 1970-luvulla valmistunut hotellikiinteistö, jonka ilmanvaihdon vanhimmat osat ja laitteet ovat myös tuolta ajalta. Kiinteistön energiankulutus on suuri verrattuna muihin vastaavanlaisiin kiinteistöihin, minkä takia asiakkaalla on tavoitteena saada kulutusta optimoitua ilman tarkempaa säästötavoitetta.

Energiakartoituksen tulokset käydään työryhmän kanssa läpi ja niiden perusteella asiakkaalle annetaan parannusehdotuksia automaatioaseneeraustarjouksen läpikäynnin yhteydessä. Opinnäytetyössä sovelletaan energiatehokkuuden parantamiskeinoja tarkasteltavaan kohteeseen, mutta ei perehdytä energiatehokkuustoimien aiheuttamiin kustannuksiin tai laskennallisesti selvennetä niiden hyötyjä.

2 ILMANVAIHTO

2.1 Sisäilmasto

Hyvä sisäilmasto on ihmisille tärkeää ja se vaikuttaa ihmisten viihtyvyyteen. Sisäilmaston epäpuhtauksien ja muiden haitallisten tekijöiden vaikutukset ihmisiin ovat henkilökohtaiset. Ne riippuvat yksilön terveydentilasta, iästä, herkkyydestä, altistusajan pituudesta sekä muista kuormituksista. Tästä syystä raja-arvoja hyvälle sisäilmastolle on vaikea asettaa. (Seppänen & Seppänen 2007, 11.) Sisäilmastolla tarkoitetaan sisätilojen fysikaalisten ja kemikaalisten tekijöiden muodostamaa kokonaisuutta. Ilmanvaihdon tavoite on ylläpitää sisätilojen käyttötarkoitusta vastaavaa sisäilmaa. Sisäilmasto koostuu lämpöolosuhteista, ilman kosteudesta ja laadusta, säteilyolosuhteista, sähköisistä ominaisuuksista, valaistuksesta ja melusta. (Seppänen 1988, 3.)

Lämpöolosuhteet ovat ilmanvaihdon mitoituksen kannalta tärkeä ottaa huomioon. Niihin lukeutuu säteilyolosuhteet, ilman ja pintojen lämpötilat, lämpötilaerot ja vaihtelut, ilman liike sekä kosteus. (Seppänen 1988, 3.) Liian korkea tai matala lämpötila voi aiheuttaa terveydellisiä haittoja. Korkeiden lämpötilojen on todettu muun muassa helleaaltojen aikaan aiheuttavan sydänkohtausten määrän kasvua. Korkeat lämpötilat vaikuttavat myös ihmisten henkiseen ja fyysiseen suoriutuskykyyn. Matalissa lämpötiloissa etenkin vanhusten ja sairaiden kehot voivat alijäähtyä. Suuri ilman virtaaminen sisätiloissa eli veto aiheuttaa nopeaa lämmönvaihtumista iholla. Ilmanvaihdon sijoitus voi vaikuttaa vedon syntymiseen, joten esimerkiksi huonekalujen sijoitus kannattaa huomioida vedontunteen välttämiseksi. Ilman kosteus taas vaikuttaa limakalvoissa ja hengityselimissä, vaikei varsinaista kosteutta tuntevaa aistia muuten ihmisellä olekaan. (Seppänen & Seppänen 2007, 15-22.)

Säteilyolosuhteista ainoastaan lämpösäteily on vuorovaikutuksessa ilmanvaihdon kanssa, koska sillä on vaikutusta kehon lämpötasapainoon. Valaistus voi aiheuttaa myös lämpösäteilyä. Sisäilmastoon vaikuttaa myös röntgensäteily, ultraviolettisäteily, näkyvä valo, infrapunäsäteily sekä erilaiset radioaallot. (Seppänen 1988, 3.)

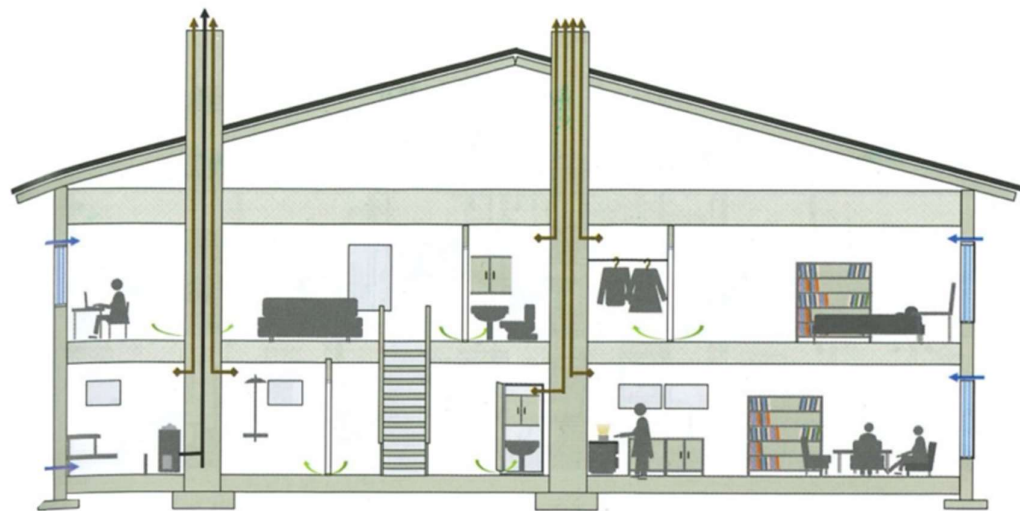
Sisäilmaston sähköiset ominaisuudet ovat ilmanvaihdon kanssa yhteydessä. Mikäli sisäilman ionipitoisuus on suurempi kuin ulkoilmalla, on ionipitoisuudella vaikutusta ihmisen hyvinvointiin. (Seppänen 1988, 3.) Ionipitoisuuden ollessa suuri, ihmiset vaikuttavat voivan paremmin. Vaikkakin tutkimukset, joissa on lisätty negatiivisia ioneja sisäilmaan ionisaattoreiden avulla ovatkin ristiriitaisia. (Sisäilmayhdistys ry n.d.) Muita vähemmän tunnettuja sisäilmaston sähköisiä ominaisuuksia ovat sähkö- ja magneettikentät (Seppänen 1988, 3).

2.2 Ilmanvaihtojärjestelmät

Ilmanvaihdon tarkoituksena on luoda rakennuksen käyttäjälle sopiva sisäilman laatu, sillä se vaikuttaa ihmisten terveyteen ja on näin ollen tärkeää. Sen avulla poistetaan ilmasta kosteutta, epäpuhtauksia ja kuljetetaan puhdas ilma sisätiloihin. (Hengityслиitto ry 2021, 3.)

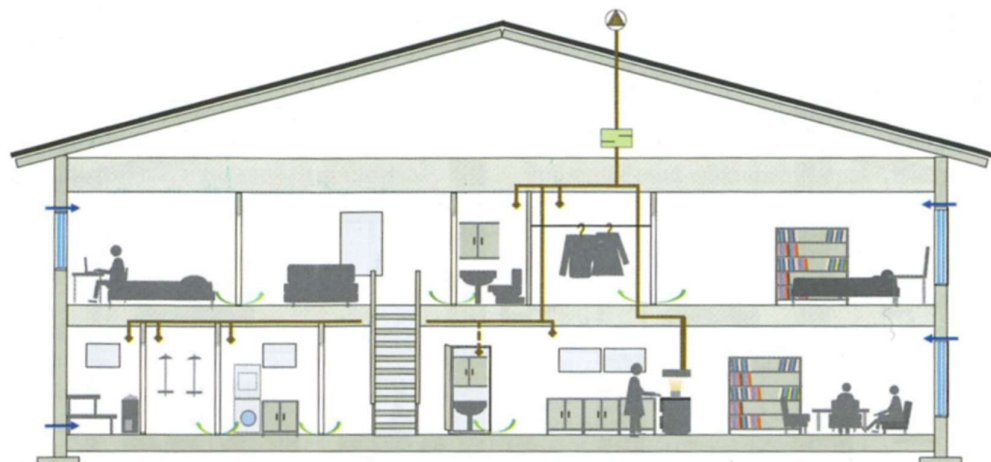
Ilmanvaihto perustuu paine-eroihin, jonka seurauksena sisäilma siirtyy suuripaineisena ulos matalampaa painetta kohti. Paine-erot syntyvät korkeus- ja lämpötilaerojen ansiosta, joilla on merkitystä painovoimaista ilmanvaihtoa käytettäessä. Rakennuksissa voidaan käyttää myös koneellista ilmanvaihtoa, jolloin paine-ero syntyy koneellisesti puhaltimien avulla. (Lassila 2014.)

Painovoimainen ilmanvaihto on ollut 1970-luvulle asti vallitsevassa asemassa, joten siihen törmää vielä saneerauskohteissa. Järjestelmän toiminta perustuu poistoilmaventtiileihin, jotka sijoitetaan yleensä keittiöön, pesuhuoneeseen, pukuhuoneeseen ja saunaan. Poistoilmaventtiilien kautta ilma johdetaan kanavaa tai hormia pitkin vesikatolle. Kuvassa 1 painovoimaisen ilmanvaihdon periaatekaavio. Tässä ilmanvaihtotavassa ilman paine-erot ovat merkittävässä asemassa. (Sandberg 2014, 114.)



KUVA 1. Painovoimaisen ilmanvaihdon periaatekuva (Sandberg 2014, 115.)

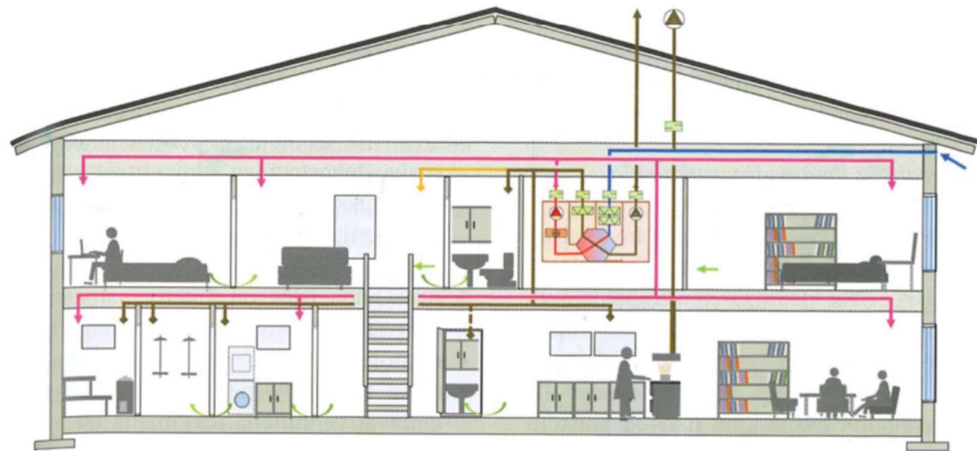
Koneellisia ilmanvaihtojärjestelmiä on kahdenlaisia. Niitä ovat poistoilmanvaihtojärjestelmät sekä tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmät. Poistoilmanvaihtojärjestelmissä alueen poistoilma on koneellinen ja korvausilma on hoidettu esimerkiksi ovien raoilla, jolloin ilma tulee muista huoneista. Tämän voi havaita kuvasta 2. Näitä järjestelmiä käytetään yleensä WC-tiloissa ja keittiöissä. Tulo- ja poistoilmajärjestelmissä tulo- ja poistoilma toimivat koneellisesti. (Sandberg 2014, 115-116.)



KUVA 2. Koneellisen poistoilmanvaihdon periaatekuva (Sandberg 2014, 116.)

Tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmissä on hajautettua ja keskitettyä ilmanvaihtojärjestelmää. Hajautetuissa järjestelmissä ilmanvaihto toteutetaan huoneisto-

kohtaisilla koneilla. Tuloilma tuodaan ulkoseinästä ilmanvaihtokoneelle ja poistoilma johdetaan vesikatonalle. Tämä järjestelmä on yleinen asuinkerrostaloissa, mutta suurissa rakennuksissa sitä saatetaan käyttää myös nousukuilujen tilan säästämiseksi. Keskitetyssä järjestelmässä kaikilla huoneistoilla on yhteinen ilmanvaihtokone. Järjestelmä on mahdollista tehdä huoneistokohtaisin tai yhteisin ilmanvaihtokanavin. Kuvassa 3 yhteisin kanavin toteutettu keskitetty ilmanvaihto. Yhteisin kanavin toteutetussa järjestelmässä huoneistokohtaiset ilmvirran säädöt ei ole mahdollisia. (Sandberg 2014, 123-125.)

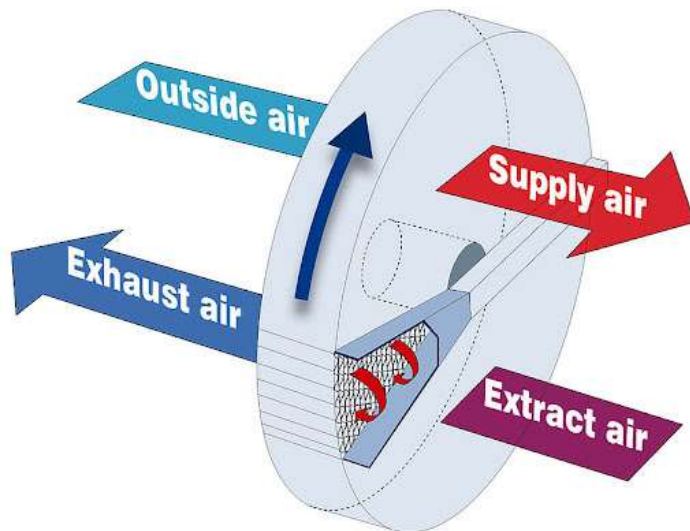


KUVA 3. Keskitetyn koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon periaatekuva (Sandberg 2014, 119.)

2.3 Lämmöntalteenotto

Ilmanvaihtokoneet on nykyään usein varustettu lämmöntalteenotolla, jonka tarkoituksena on hyödyntää poistoilmassa olevaa lämpöä tuloilman lämmitykseen. Lämmöntalteenottojärjestelmiä on yleisesti käytössä kolmea erilaista. On pyöriä lämmönsiirtimiä, levylämmönsiirtimiä ja nestekiertoisia lämmöntalteenottoja. (Swegon n.d.b.)

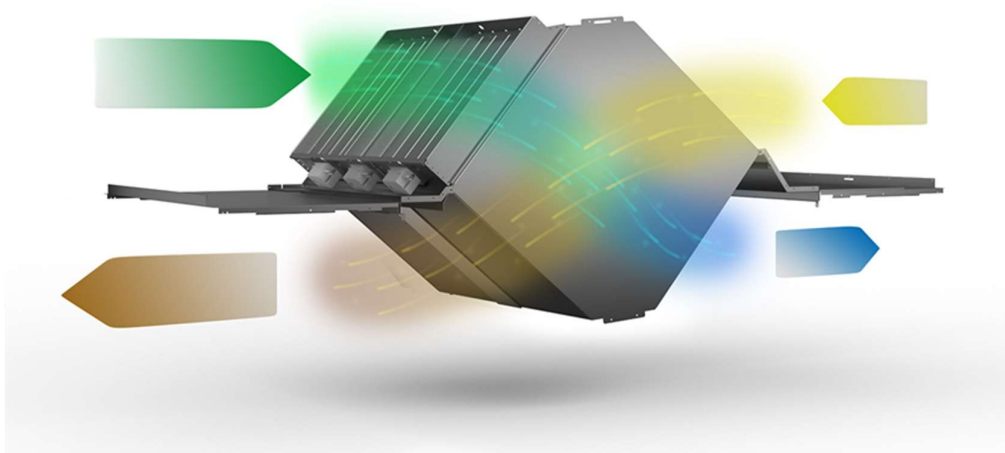
Pyörivän lämmönsiirtimen eli kiekkolämmönsiirtimen toiminta perustuu pyörivään monilokeroiseen kiekkoon, jonka läpi tulo- ja poistoilmavirrat kulkevat (kuva 4). Poistoilma luovuttaa lämpöä kiekon massaun, jolloin kiekko lämpenee. Lämpö siirtyy kylmempään tuloilmaan kiekon pyörähtäessä tuloilman puolelle, jolloin ilma lämpenee. (Harju 2008, 73.)



KUVA 4. Pyörivä lämmönsiirrin (Klingenberg n.d.)

Huono puoli pyörivässä siirtimessä on, että poistoilmasta saattaa siirtyä epäpuh-
tauksia ja kosteutta tuloilmaan. Tätä yritetään ehkäistä pienellä erotteluvyöhyk-
keellä eli niin sanotulla puhditussektorilla, joka on tulo- ja poistoilmavirtojen vä-
lillä. Pyörivien lämmönsiirtimien hyötysuhde on jopa 85%. (Harju 2008, 73.)

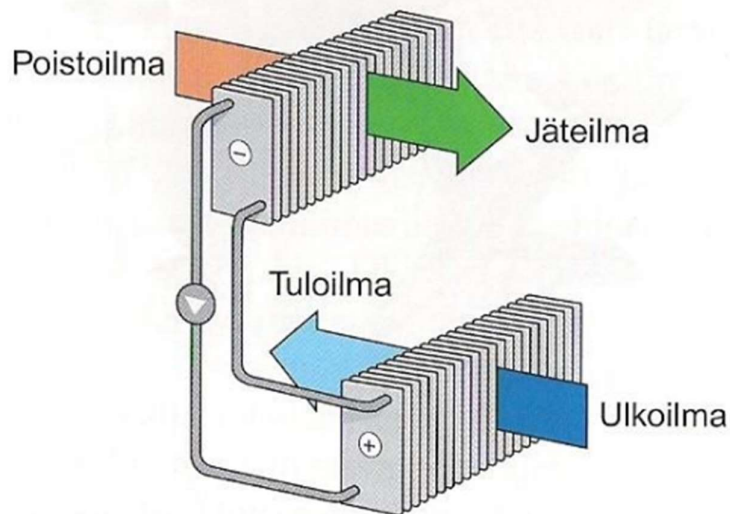
Levylämmönsiirtimen toiminta on esitetty kuvassa 5, jossa vihreä nuoli on rai-
tisilma, sininen tuloilma, keltainen poistoilma ja ruskea jäteilma. Järjestelmän toi-
minta perustuu alumiinilevyrivistöön, joka muodostaa ilmanavia. Poistoilma
kulkee joka toisen kanavan läpi luovuttaen lämpöä levyihin, joista lämpö siirtyy
tuloilmaan, sen virratessa levyjen läpi vastakkaisella puolelle. (Swegon n.d.a.)



KUVA 5. Levylämmönsiirrin (Swegon n.d.b.)

Levylämmönsiirtimen rakenteen ansiosta tulo- ja poistoilmavirrat pysyvät täysin erillään, joka mahdollistaa järjestelmän käytön sellaisten tilojen ilmanvaihtokoneissa, joiden ilmasta voisi helposti siirtyä hajuja poistoilmaan (Swegon n.d.a). Levylämmönsiirtimet ovat herkkiä huurtumaan siellä liikkuvan kostean poistoilman ja kylmän tuloilman takia. Tästä syystä järjestelmä vaatii ohituspellin sulatusta varten. Hyötysuhde on suhteellisen hyvä ollessaan 55-65 % luokkaa. (Harju 2008, 74.)

Nestekiertoinen lämmöntalteenotto tapahtuu pattereilla, jotka on asennettu tulo- ja poistoilmakanaviin. Näiden pattereiden välillä kiertää jäätymätön neste esimerkiksi vesi-glykoliseos, joka ottaa lämpöä poistoilmasta ja luovuttaa sen tuloilmaan (kuva 6). (Swegon n.d.c.)



KUVA 6. Nestekiertoinen lämmöntalteenotto (Sandberg 2014)

Levylämmönsiirtimien tavoin nestekiertoinen LTO sopii myös hyvin ilmanvaihtojärjestelmiin, joissa ei haluta siirtää hajuja tai muita epäpuhtauksia poistoilmasta tuloilmaan. Sitä voidaan käyttää siis esimerkiksi saniteettitilojen ja keittiöiden ilmanvaihtojärjestelmissä. Lisäksi nestekiertoista LTO-järjestelmää voidaan käyttää kohteissa, joissa tulo- ja poistoilmakoneet on sijainniltaan hajautettu. Kiekkotai levylämmönsiirtimillä tämä ei ole mahdollista, sillä ne voidaan asentaa vain koneisiin, joissa tulo- ja poistoilmakoneet on sijoitettu päällekkäin tai vierekkäin. Nestekiertoisella LTO-järjestelmän hyötysuhde on 40-60%, joka on huomatta-

vasti pienempi kuin muilla järjestelmillä. Huonon hyötysuhteen lisäksi järjestelmän huonoja puolia on sen herkkä huurtuminen, jota voidaan kuitenkin ehkäistä ohjelmoimalla laitteistolle huurteenesto. Nestekiertoisen LTO-järjestelmän patte- reita tulee likaisemmissa kohteissa puhdistaa säännöllisesti. (Kääriäinen 2024.)

3 RAKENNUSAUTOMAATIO

Ilmanvaihtojärjestelmät tulee varustaa laitteilla, jotka mahdollistavat järjestelmien toiminnan, säädön, valvonnan ja ohjauksen (Talotekniikkainfo 2023). Nämä laitteet muodostavat automaatiojärjestelmän, jonka avulla muun muassa ilmanvaihtoa on mahdollista ohjata ja valvoa säätökaavioissa esitetyllä tavalla.

Toimivalla automaatiojärjestelmällä on vaikutusta tilojen mukavuuteen ja viihtyvyyteen sekä sillä voidaan vaikuttaa kiinteistön energiankulutukseen ja energiatehokkuuteen monella tapaa. Se mahdollistaa lämmityksen, jäähdytyksen, ilmanvaihdon ja valaistuksen tarpeenmukaisen ohjauksen reaaliaikaisesti. Tällöin energiankulutusta voidaan optimoida niinä aikoina, kun rakennus ei ole käytössä tai muuten sisäilmaolosuhteiden salliessa. (Helvis 2023.)

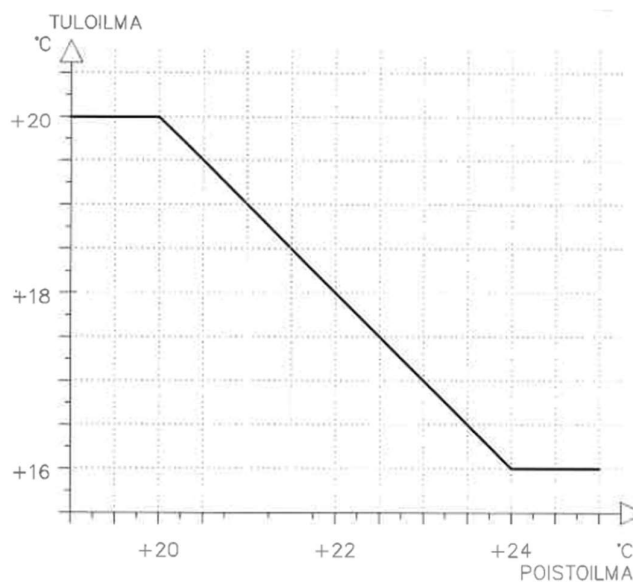
Automaation avulla kiinteistöille voidaan myös mahdollistaa kohteiden etäseuranta ja hälytysten tarkastelu. Tämä helpottaa kohteiden huoltoa ja ylläpitoa sekä vähentää kuluja, sillä vikatilanteita voidaan ratkaista myös menemättä kohteelle fyysisesti. (Helvis 2022.)

3.1 Ilmanvaihdon ohjaus

Automaation avulla ilmanvaihtokoneesta mitataan tavallisesti raitis-, tulo-, poisto- ja jäteilman lämpötilaa. Muita ilmanvaihtokoneilta automaatioon tuotavia tietoja on yleensä tulo- ja poistoilmapuhaltimien indikoinnit ja ohjaukset sekä säätövies- tit, mikäli puhaltimet säätyvät portaattomasti, sekä tulo- ja poistoilmapeltien ohjaukset. Muutkin mittausratkaisut ovat mahdollisia. Esimerkiksi lämmöntalteen- oton ja lämmityspatterin väliin sijoitettavan lämpötilamittauksen avulla voidaan tarkastella LTO:n lämmitystehon riittävyyttä ulkolämpötilan suhteen.

3.1.1 Tuloilman lämpötilan säätö

Ilmanvaihtoa voidaan ohjata tuloilman lämpötilasäädöllä, joka voidaan toteuttaa kompensointi- ja vakiosäätönä. Kompensointisäätö perustuu tuloilman lämpötilan asetusarvon säätöön poistoilman lämpötilan asetusarvon avulla. Säätö tapahtuu niin, että poistoilmasta mitattavan huonelämpötilan perusteella tuloilman lämpötilan asetusarvo muuttuu, joko matalammaksi tai korkeammaksi, jos poistettavan ilman lämpötila on suurempi tai pienempi, kuin sen asetusarvo. (Suomäki & Vepsäläinen 2013, 82.) Säätö tapahtuu automaatiojärjestelmään asetettavan lämpötiläkäyrän mukaisesti, josta esimerkki kuvassa 7. Kuvassa x-akselilla poistoilman lämpötilan asetusarvo ja y- akselilla tuloilman asetusarvo.



KUVA 7. Esimerkki lämpötilan säätökäyrästä (Tutkittavan kohteen säätökaavio)

Vakiosäätöisessä ilmanvaihtojärjestelmässä ilmanvaihdosta mitataan pelkästään tuloilman lämpötilaa ja säädetään sitä. Säädön huonopuoli on, ettei se mahdollista energiansäästöä, sillä säädössä ei oteta huomioon tiloissa olevaa lämpötilaa. (Suomäki & Vepsäläinen 2013, 82.)

Jotta tuloilman lämpötilasäätö on mahdollista, liitetään ilmanvaihtojärjestelmään lämmityspattereita ja mahdollisesti lämmöntalteenottojärjestelmä. Jos ilmanvaihtokoneessa on useita eri lämmitysjärjestelmiä, ohjataan ne päälle eri portaina. Portaiden avulla ilmanvaihtojärjestelmä säädetään eli viritetään niin, että tuloil-

man asetusarvo pysyy mahdollisimman tasaisena. Jokainen porrassuunnitelma tulee automaatiojärjestelmän avulla virittää erikseen, jotta ilmanvaihtojärjestelmä on mahdollisimman energiatehokas, eikä tuloilman lämpötila huoju.

Tuloilmanlämpötilaa voidaan säätää monella tapaa ja ohjaus portaitakin saattaa olla erilaisia. Lämpötilaa voidaan kuitenkin säätää esimerkiksi seuraavanlaisesti:

Ulkolämpötilan UT01TE00 ollessa ennalta aseteltua rajalämpötilaa korkeampi (esim. +16) koneella pyritään pitämään tuloilman lämpötila TE10 poistoilman lämpötilaan TE30 verrannollisessa arvossa kuvan 1 mukaisesti. Lämmöntarpeen kasvaessa säätöohjelma ohjaa ensimmäisenä portaana tulo ja poistoilmapuhaltimen tehoa asetellulla välillä (esim. 30..100%), toisena portaana jäähdytyspatterin venttiiliä TV50, kolmantena portaana ohjaa käyntiin LTO-pumpun PU02 sekä ohjaa LTO-venttiiliä TV60 ja neljäntenä portaana ohjaa lämmityspatterin venttiiliä TV40 (Tarkasteltavan kohteen tuloilmakoneen TK17 toimintaselostus)

Tarkasteltavana olevan kohteen tuloilmakoneen TK17 säätökaavio on liitteessä 1 ja toiminnaselostus liitteenä 2.

3.1.2 Hiilidioksidipitoisuuden perustuva säätö

Energiatehokkuuden mukana ilmanvaihdon ohjaukseen on tullut hiilidioksidi eli CO₂ säätö. Se mahdollistaa ilmanvaihdon reaaliaikaisen tehonsäädön tiloissa tapahtuvan toiminnan mukaan. Säätö voi epäonnistua, jos tiloissa olevat hiilidioksidianturit on väärin sijoitettu tai niitä on liian vähän. Hiilidioksidiohjaus yksinään ei ota huomioon tilojen lämpö- ja kosteuskuormaa. (Suomäki & Vepsäläinen 2023, 83-84.) Usein hiilidioksidipitoisuuden perustuvan ohjauksen rinnalla käytetäänkin lämpötilaohjausta. Ilmanvaihdon tehokkuuden säätö tapahtuu sen määrää ja nopeutta nostamalla (Suomäki ja Vepsäläinen 2023, 83).

Hiilidioksiditehostus lämpötilaohjauksen rinnalla voi olla seuraavanlainen:

Huoneilman hiilidioksidipitoisuus QE20 pyritään pitämään asetellussa arvossa. Hiilidioksidipitoisuuden kasvaessa säätöohjelma ohjaa taajuusmuuttajien välityksellä tulo- ja poistoilmapuhaltimien tehoa asetellulla välillä (esim. 30-100%). Taajuusmuuttajien hiilidioksidin ja lämpötilasäädöistä on voimassa se kumman pyynti on suurempi. (Tarkasteltavan kohteen tuloilmakoneen TK17 toimintaselostus.)

3.1.3 Aikaohjaukset

Ilmanvaihdon ohjauksiin, voidaan käyttää aikaohjelmia. Ilmanvaihdon aikaohjelmissa on yleensä kolme eri tasoa: pois päältä, puoli- ja täysteho. Joitakin rakennusten osia palvelevat ilmanvaihtokoneet saatetaan yöajaksi ohjata kokonaan pois päältä. Esimerkiksi hotelleissa tällaisia tiloja saattaa olla ruokasalit ja kokoustilat. Aamulla ruokasalissa koneiden säätö voidaan ohjata puoliteholle esimerkiksi kello viidestä kello seitsemään, sillä tuohon aikaan henkilökunnan saapuessa ilmanvaihdon tarve on vähäistä. Loppupäiväksi kello seitsemästä eteenpäin, kun ruokasalissa on aamupalasta iltaan enemmän käyttäjiä, voidaan ilmanvaihto ohjata täysteholle. Jos ilmanvaihtonohjauksiin on käytetty lämpötila ja hiilidioksidiohjausta, voidaan aikaohjelman kautta ohjata konetta puoliteholla ja ohjelmoida muut ohjaukset ohittamaan aikaohjelman määräys, kun tilan ilmanvaihdon tarve kasvaa.

3.2 Fidelix EcoSmart

Monien kiinteistöjen ilmanvaihtokoneiden nestekiertoiset lämmityspatterit ovat merkittävä ja paljon lämmitysenergiaa kuluttava osa. Tästä syystä lämmitysjärjestelmästä pattereille menevän veden tarpeenmukainen säätö on tärkeää. Tässä kappaleessa tutustutaan Fidelixin älykkääseen lämmityksenohjausjärjestelmään EcoSmartiin, joka mahdollistaa IV-verkoston menoveden lämpötilan reaaliaikaisen säädön. Tässä kappaleessa järjestelmän toimintaa kuvataan teoriasolla, eikä perehdytä sen rakenteeseen tai ohjelmointiin. Lisäksi käydään esimerkkikohteiden avulla läpi EcoSmart-järjestelmän lisäyksellä saatavaa mahdollista säästöä.

3.2.1 Toiminta

Jokainen kiinteistö on yksilö, joka varastoi ja luovuttaa energiaa rakenteistaan eri tavalla sekä reagoi eri tavoin lämpötilan muutoksiin. Fidelix EcoSmart on älykäs lämmityksenohjausjärjestelmä, mikä perustuu oppivaan algoritmiin. Sen avulla

järjestelmä ennakoi muuttuvien sisä- ja ulko-olosuhteiden vaikutukset rakennuksessa ja huomioi ne lämmityksen ohjauksessa. Järjestelmän ohjaus hyödyntää kiinteistön lähimmältä havainnointiasemalta saatavaa sääennustetietoa ja muuttaa ulkolämpötilapohjaisen säädön ennakoivaksi huonelämpötilasäädöksi. Tällöin suora ulkolämpötilariippuvuus häviää ja ulkoanturin sijainnin merkitys pienenee. EcoSmart mahdollistaa toiminnallaan pienemmän energiankulutuksen ja tasaisena pysyvät huonelämpötilat, mahdollistaen samalla aikataulujen käytön tilojen lämpötilojen pudotukselle. (Fidelix Oy 2023.)

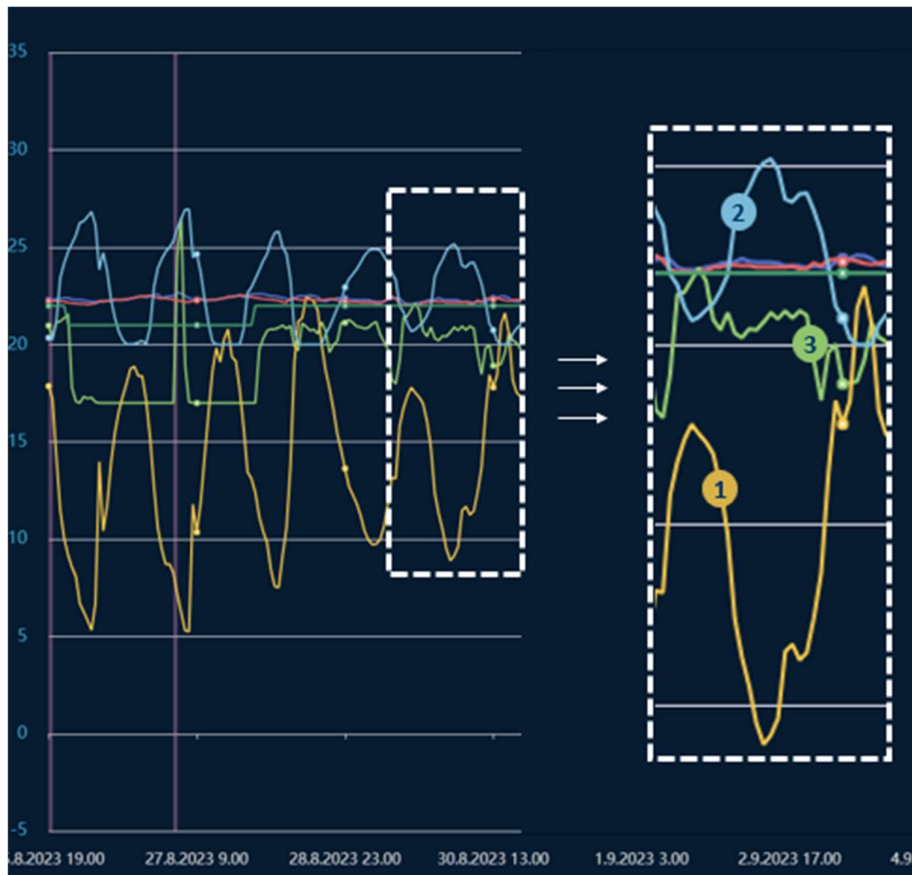
EcoSmart voidaan lisätä saneeraus- tai uudisrakennukseen, jonka talotekniset järjestelmät on liitetty Fidelixin automaatioon. Kun älykäs järjestelmä liitetään automaatioon, tulee varmistaa, että kiinteistössä on tarpeeksi huonelämpötilamittauksia. Rakennukseen lisättävät anturit voidaan liittää perinteisesti alakeskukseen tai suoraan pilvialustaan IoT-antureina eli verkkoon liitettävänä laitteina. Kohteen automaatio ohjelmoidaan niin, että lämmitysverkoston menoveden säätö muuttuu ulkolämpötilaan perustuvaksi säädöksi, jos yhteys EcoSmart palvelimelle katkeaa. (Fidelix Oy 2023.)

Älykäs järjestelmä kerää tunnin välein, noin 3 viikon ajan, tietoa sääennusteesta, kiinteistön ja lämmitysverkoston lämpötilamittauksista sekä menovedenlämpötiloista. Tämän jälkeen se luo kiinteistön käyttäytymismallin, joka laskee lämmitysverkostojen menovesille optimaaliset lämpötilat vuorokauden jokaiselle tunnille. Malliin yhdistetään sääennuste, joka ottaa ilman lämpötilan lisäksi huomioon auringonsäteilyn, ilman kosteuden, tuulensuunnan ja nopeuden. Käyttäytymismalli mahdollistaa tasaisen sisälämpötilan kaikissa sääolosuhteissa, sillä se muuttaa asetusrvoa tunnin välein myös mallin luonnin jälkeen. (Fidelix Oy 2023.)

Järjestelmän ennakoiva toiminta näkyy kuvan 8 kuvaajasta ja sen suurennoksesta kuvasta 9. Niistä voidaan havaita perinteisen asetusarvon (2) ja EcoSmartin asetusarvon (3) välinen ero. Perinteinen asetusarvo on huomattavasti tasaisempi, kun EcoSmart asetusarvo, joka seuraa ulkolämpötilaa. Kuvan 8 ylemmästä kuvaajasta voidaan myös havaita sisälämpötilan (4) tasaisuus EcoSmartin ollessa käytössä. (Fidelix Oy 2023.)



KUVA 8. Yleinen kuvaaja EcoSmartin käyttäytymisestä (Fidelix Oy 2023.)



KUVA 9. Suurennos edellisestä kuvasta (Fidelix Oy 2023.)

3.2.2 Säästöpotentiaali

Kiinteistön lämmönhallintaa tasapainottamalla ja yllämmitystä välttämällä kiinteistön energiankustannuksissa voidaan saavuttaa jopa 20 % säästö (Fidelix Oy n.d.). Taulukossa 1 on esimerkkejä siitä millaisia säästöjä EcoSmartin avulla voidaan saavuttaa. Esimerkkikohteiden tarkastelujakson pituudesta ei ole varmuutta (Fidelix Oy 2023). Taulukosta voidaan kuitenkin huomata, ettei säästö täysin korreloidu kohteen koon kanssa, vaan perustuu kohteen kulutukseen. Esimerkkikohteen 1 energian säästöstä voidaan päätellä, että kohteen lämmitys ennen EcoSmartin lisäystä on ollut melko tarpeenmukainen muihin kohteisiin verrattuna. Kuitenkin pienelläkin säästöllä saadaan EcoSmartin avulla suuria rahallisia säästöjä pitkällä aikavälillä, sillä järjestelmä maksaa itsensä takaisin melko nopeasti.

TAULUKKO 1. EcoSmart-esimerkkikohteiden toteutuneet säästöt (Fidelix Oy 2023).

	Esimerkki 1	Esimerkki 2	Esimerkki 3
Lämmitetty tilavuus (m ²)	46030	48110	40652
Normeerattu vuosikulutus (MWh)	855	864	884
Toteutunut säästö (kauko- ja maalämpöenergiasta)	7 %	17 %	20 %
Kokonaissäästö (MWh)	60	147	177
Kokonaissäästö (€/a)	2730	9000	10800
Investoinnin takaisinmaksu (a)	0,8	0,2	0,2

Järjestelmän takaisinmaksuaika on kohdekohtaista, sillä se riippuu investoinnin ja ostettavan energian hinnasta. Investoinnin hinta on riippuvainen muun muassa lisättävien järjestelmänosien määrästä. Energian hintaan vaikuttaa esimerkiksi kaukolämpö- ja sähkösopimus.

3.3 Hotellihuoneen käytön integrointi rakennusautomaatioon

Hotellihuoneiden käytöstä voidaan tuoda läsnäolotieto automaatiojärjestelmään. Tiedolla hallitaan huoneiden lämmitystä ja jäähdytystä sekä ohjataan ilmanvaih- tokoneiden toimintaa. Lämmityskaudella huoneen ollessa pois käytöstä voidaan

lämpötilan asetusarvoa muuttaa halutun hystereesin eli muuttujan verran matalammaksi, kun huoneen ollessa käytössä. Jäähdytyskaudella mahdollisesti halutaan estää kokonaan jäähdytyksen kytkeytyminen päälle, kun huone ei ole asiakaskäytössä. Integraatio eli tiedon liittäminen automaatiojärjestelmään on mahdollista, joko hotellin varausjärjestelmän kautta tai tuomalla huonekohtaisilta ryhmäkeskuksilta paikallaolotieto automaatioon.

Varausjärjestelmän integrointi automaatioon on tavoista monipuolisempi vaihtoehto. Sen avulla voidaan asiakaskäytön lisäksi tuoda tarkka tieto muun muassa siivouksista. Siivouksen ajaksi voidaan ohjata automaation avulla ilmanvaihtokoneet kokonaan pois päältä, jotta petivaatteista irtoava pöly ei lisäisi ilmanvaihtokanavien nuohoustarvetta. Varausjärjestelmän integrointi mahdollistaa myös jäähdytysten ja lämmitysten kytkemisen päälle ennen vieraan saapumista, jolloin tilaan tullessa huonelämpötila on optimaalinen. Lisäksi järjestelmän avulla voidaan ohjata varauksia jaksottaisesti tiettyihin osiin hotellia, sen ollessa vajaalla käytöllä. Tällöin voidaan rakennuksen tyhjiin huoneisiin mahdollistaa suurempi hystereesi lämmitykselle tai jäähdytykselle. (Somero 2024.)

Paikallaolotiedon tuominen ryhmäkeskuksen kautta automaatioon onnistuu esimerkiksi korttikytkimen avulla, joka on monissa hotelleissa valmiina ohjaamassa valaistuksen päälle kytkemismahdollisuutta. Kuvassa 10 on esimerkki hotellin korttikytkimestä. Kytkimen koteloon on sisälle asennettu mekaaninen kytkin, joka painuu alas ja sulkee koskettimen, kun kortti painetaan kytkinkoteloon.



KUVA 10. Hotellihuoneen korttikytkin (Tytti Laasonen 2024)

Tilatiedon tuominen ei mahdollista lämmityksen tai jäähdytyksen päälle kytkeytymistä etukäteen, eikä sen avulla ole suoraa mahdollisuutta jaksottaa varauksia tiettyihin osiin hotellia. Lämmitysten hystereesit ovat käytössä siihen asti, kunnes tilaan tullaan ja korttikyttimeen asetetaan kortti indikoimaan huoneen käytössä oloa. Vastaavasti myös jäähdytys kytkeytyy päälle vasta, kun huoneeseen mennään. Tämän järjestelmän rinnalla voidaan siivouksien ajaksi ohjata ilmanvaihtokoneita pois päältä käyttämällä aikaohjausta, sillä hotellin siivoukset tapahtuvat usein samaan aikaan päivästä. Tällaisen ohjelmointi voi kuitenkin heikentää asiakasmukavuutta, mikäli vierailijat haluavat pidentää uloskirjautumisaikaa tai viihtyvät hotellissa useamman päivän. Korttikyttimeen käyttö on kahdesta vaihtoehdosta yksinkertaisempi toteutukseltaan.

4 KOHTEEN NYKYTILA

4.1 Ilmanvaihto

Rakennuksessa on yhteensä 15 ilmanvaihtokonetta, joiden palvelualueet jakautuvat seuraavasti

- TK01 ja TK02 Hotellihuoneet & käytävät
- TK03 Aulat
- TK04 Ravintola
- TK05 Kabinetit
- TK06 Yökerho
- TK07 Parturi ja Squash
- TK08 Uimahalli
- TK09 Kongressisali
- TK11 ja TK11PK01 Kokoushuoneet
- TK12 Keittiö
- TK13 Pub
- TK14 Sosiaalitilat
- TK16 Autohalli
- TK17 Talvipuutarha

Osalla koneiden palvelualueista poistoilmakoneita, joissa on useita poistoilmapuhaltimia. Näitä koneita ovat

- Koneilla 01 ja 02 on omien poistokoneiden lisäksi yhteinen poistoilmapuhallin PK01PF01
- Koneella 13 on kaksi poistoilmapuhallinta PF01 ja PF02
- Koneilla 03, 06 ja 14 on kaikilla kolme omaa poistoilmapuhallinta PF01, PF02 ja PF03
- Koneella 09 on viisi poistoilmapuhallinta PF01, PF02, PF03, PF04 ja PF05
- Koneella 11 on neljä poistoilmapuhallinta PF01, PF02, PF03 ja PF04

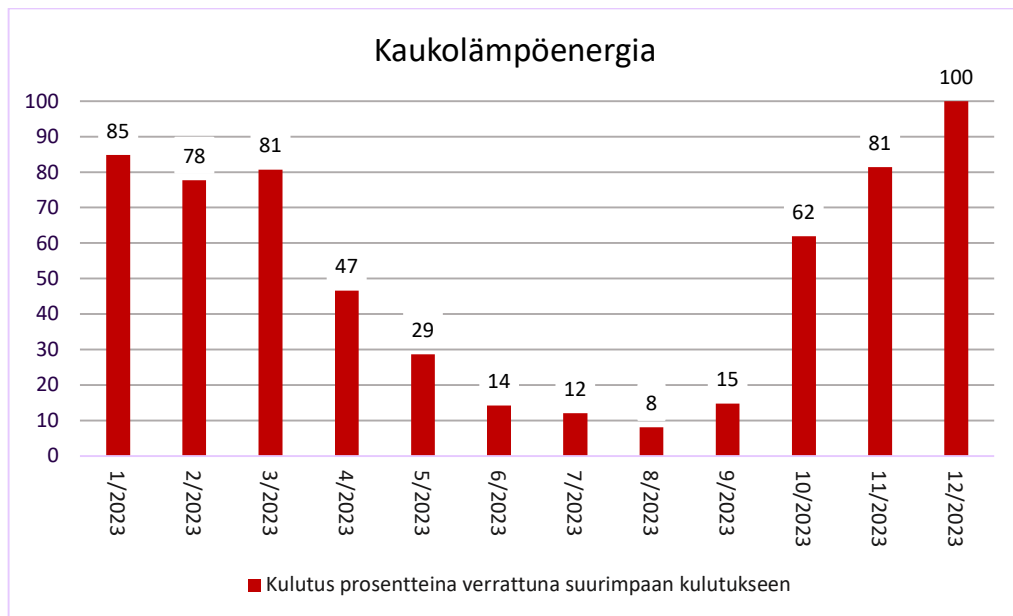
Tulo- ja poistoilmakoneet 1 ja 2 on uusittu vuonna 2012 automaattiosaneerauksen yhteydessä. Muiden koneiden uusimisen haasteena on tulo- ja poistoilmakonei-

den hajautetut sijainnit. Tuloilmakoneet sijaitsevat rakennuksen pohjakerroksessa ja poistoilmakoneet rakennuksen ylimmässä kerroksessa. Tästä syystä suuri osa ilmanvaihdosta on edelleen toteutettu alkuperäisillä rungoilla, eikä niihin ole lisätty lämmöntalteenottoa. Ilmanvaihtokoneet TK01 ja TK02 ottavat lämpöä lämmöntalteenottojärjestelmästä, johon lämpöä otetaan talteen poistoilmakoneelta PK01 sekä tuloilmakoneiden TK03 ja TK08 poistoilmasta. Koneilla TK11 ja TK17 on omat lämmöntalteenottojärjestelmät. Kaikki lämmöntalteenotto on toteutettu nestekiertoisilla järjestelmillä.

Lämmönjako, sprinkleri- ja jätehuoneessa sekä tavaran vastaanottotilassa on huonekohtaiset poistoilmavaihdot. Lisäksi kiinteistössä on yhdeksän kiertoilmakonetta.

4.2 Kaukolämpöenergian kulutus

Kiinteistön lämpöenergian kulutus alkusyksystä, kun ilmanvaihdon tuloilman lämmityksen tarve on vähäistä, eroaa huomattavasti talven kylmien säiden kulutuksesta. Tämä voidaan havaita kuviosta 1, jossa näkyy kaukolämpöenergian kulutukset kuukausittain vuodelta 2023. Kulutukset on ilmoitettu prosentteina verraten suurimpaan kulutukseen. Suurin kulutus on ollut joulukuussa, jolloin ulkolämpötila oli matalimmillaan. Kuviossa 2 on esitetty vuoden 2023 lämpötilakeskiarvot kuukausittain asiakaskohdetta lähimpänä olevalta havainnointiasemalta.



KUVIO 1. Kohteen kaukolämpöenergian kulutus prosentteina verrattuna suurimpaan kulutukseen.



KUVIO 2. Lämpötilakeskiarvot vuonna 2023 (Ilmatieteenlaitos n.d.)

4.3 Automaatio

Tällä hetkellä kohteessa on käytössä Siemensin Desigo-järjestelmä, joka on otettu käyttöön vuonna 2011. Tuolloin urakan yhteydessä on uusittu kaikki automaation säätökaaviot, joiden mukaan järjestelmä uusitaan jatkossakin ainakin

osittain. Automaation mittaus- ja toimilaitteita on tarvittaessa huollettu sekä vaihdettu niiden rikkouduttua. Järjestelmän jotkin osat kaipaavat päivitystä, sillä osa niistä on 90-luvulta. Järjestelmän suorituskyky ei ole tätä päivää, sillä se on hidas reagoimaan, eikä sen tarkka säätö ole enää mahdollista.

Rakennusautomaatio koostuu neljästä valvonta-alakeskuksesta, joiden lisäksi järjestelmässä on neljä moduulikoteloja ja kuusi relekoteloja eri puolilla rakennusta. Automaatiolla ohjataan rakennuksen ilmanvaihtoa, lämmitysjärjestelmää ja ulkovalaistusta. Lisäksi automaatioon tulee erillishälytyksiä muun muassa sprinklerijärjestelmän häiriöistä.

Ilmanvaihtokoneiden teho-ohjaukset on suoritettu aikaohjelmin, lukuun ottamatta ilmanvaihtokoneita 13 ja 16, joiden ohjauksiin on yhdistetty myös hiilidioksiditehostus. Kaikkien koneiden tuloilman lämpötilasäätö on poistoilmakompensointi säätöinen. Poistoilmanvaihtokoneilta ja kiertoilmakoneilta kiinteistön automaatioon tulee ainoastaan lämpöreiden laukeamishälytykset.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa hotelli kiinteistön ilmanvaihdon ja sen automaation toimintaa sekä antaa parannusehdotuksia näiden järjestelmien energiatehokkuuden parantamiseksi. Työn alussa ilmanvaihto rajattiin lämmöntalteenottoon, joka on kohteella vähäistä.

Kiinteistön ilmanvaihdon tulo- ja poistoilmakoneiden hajautetut sijainnit estävät pyörivien ja levylämmönsiirtimien käytön lämmöntalteenotossa. Niitä voidaan käyttää ainoastaan järjestelmissä, joissa koneet on sijoitettu vierekkäin tai päällekkäin. Tästä syystä ainoa sopiva lämmöntalteenottojärjestelmä kohteen ilmanvaihtokoneisiin on nestekiertoinen lämmöntalteenotto. LTO:n lisääminen pienentäisi kohteen kaukolämpöenergian kulutusta, sillä järjestelmä käyttää hyödykseen poistoilmasta saatavaa lämpöenergiaa tuoden sen tuloilmaan. Lämmöntalteenotto ohjataan automaation avulla ensimmäisenä portaana toimimaan ennen lämmityspattereita, jolloin kaukolämpöenergiaa lämmitykseen käyttävien pattereiden käytöntarve pienenee väli- ja lämmityskausina.

Kohteelle vuonna 2011 tehdyt automaatio suunnitelmat eivät täysin vastaa rakennuksen tarpeenmukaista ilmanvaihdon ohjausta. Tästä syystä tulevan automaatio saneerauksen yhteydessä ilmanvaihdon ohjaukseen tulisi lisätä tilojen hiilidioksidipitoisuuden perustuvaa teho-ohjausta lämpötilaohjauksen rinnalle. Lisäksi automaatioon suositellaan lisäämään älykäs lämmityksenohjausjärjestelmä, joka on Fidelixin järjestelmään liitettävä EcoSmart. Sen avulla kaukolämmitysenergian kulutusta saataisiin pienennettyä, sillä järjestelmä säätää lämmityspiirien menoveden lämpötilat optimaaliseksi kohteen oman lämmitystarpeen mukaan.

Ilmanvaihtolaitteistojärjestelmissä on muita osioita, joita kannattaisi kartoittaa ja mahdollisesti parantaa. Näitä on esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmien tulo- ja poistoilma puhaltimet, jotka suurimmassa osassa koneista on kaksinopeustoimitukset. Lisäksi poistoilmanvaihto- ja kiertoilmakoneilta olisi perusteltua tuoda puhaltimien tilatiedot, jotta saadaan tietoa laitteiden toiminnasta.

LÄHTEET

Eurooppalainen ilmastolaki 30.6.2021/1119. Viitattu 15.4.2024. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32021R1119>

Energiatehokkuusdirektiivi 2023/1791. Viitattu 15.4.2024. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AJOL_2023_231_R_0001

Fidelix Oy. 2023. Fidelix palvelut. Smarter buildings for healthier future. Luento-materiaali.

Fidelix Oy. n.d. Fidelix. EcoSmart. Viitattu 3.5.2024 <https://www.fidelix.com/fi/kiinteston-elinkaari/ecosmart/>

Harju, P. 2008. Ilmastointitekniikan oppikirja 1. 7.painos. Kouvola: Penan tietopus Ky

Helvis Oy. 2023. Rakennusautomaation energiatehokkuus. Viitattu 9.4.2024. <https://helvis.fi/rakennusautomaation-energiatehokkuus/>

Helvis Oy. 2022. Rakennusautomaation hyödyt kiinteistölle. Viitattu 6.3.2024. <https://helvis.fi/rakennusautomaation-hyodyt-kiinteistolle/>

Hengitysliitto ry. 2021. Kodin sisäilmasto ja ilmanvaihto. Viitattu 21.2.2024 https://www.hengitysliitto.fi/wp-content/uploads/2021/08/IlmanvaihtoOpas_fi_2021_saavutettava.pdf

Ilmatieteenlaitos. n.d. Kuukausitilastot. Verkkosivu. Viitattu 27.3.2023. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/kuukausitilastot>

Klingenberg. n.d. Rotary Heat Exchanger. Purge Sector. Viitattu 11.5.2024. <http://www.klingenburg-usa.com/products/rotary-heat-exchangers/rotors-for-heating-ventilation-and-air-conditioning-systems-hvac/purge-sector/>

Kääriäinen, A. 2024. LTO, LTO-kylmätalteenottojen ja IV-koneiden peltikoulutus. Luento 26.1.2024. Fidelix Oy. Tampere.

Sandberg, E. 2014. Ilmastointitekniikka. Osa 1, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Perustietoa ilmastointitekniikasta rakentamisen ja rakennusten käytön asiantuntijoille. 7. painos. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy.

Seppänen, O. 1988. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Kustannuspaikka tuntematon: LVI-kustannus Oy

Seppänen, O. & Seppänen, M. 2007. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. 4. painos. Espoo: SIY Sisäilmatieto Oy.

Sisäilmayhdistys ry. n.d. Sisäilmasto. Viitattu 13.3.2024 <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto>

Somero T. Elinkaaripalveluiden osastopäällikkö. Varausjärjestelmän integraatio automaatiojärjestelmään. sähköpostiviesti 26.4.2024.

Suomäki, J. & Vepsäläinen, S. 2023. Talotekniikan automaatio – Käyttäjän opas. 7., uud. painos. Helsinki: Kiinteistömedia Oy ja kirjailijat

Tuomainen, M. 2020. Ilmanvaihdon vaikutus energiankäyttöön. Viitattu 18.4.2024. https://finvac.org/wp-content/uploads/2020/06/12_Tuomainen_Ilmanvaihdon_vaikutus_energiankayttoon_v2_2019_10_08.pdf

Lassila, A-P. 2014. Sisäilman laadun parantaminen. olosuhteiden tasaaminen tilojen välillä. Luettu 22.1.2024. https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/116715/lassila_sisailman_laadun_parantaminen.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Talotekniikkainfo. 2021. Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas, päivitetty 7.6.2021. Talotekninen teollisuus ja kauppa ry. <https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas>

Työ- ja elinkeinoministeriö. n.d. Energiatehokkuus. <https://tem.fi/energiatehokkuus>

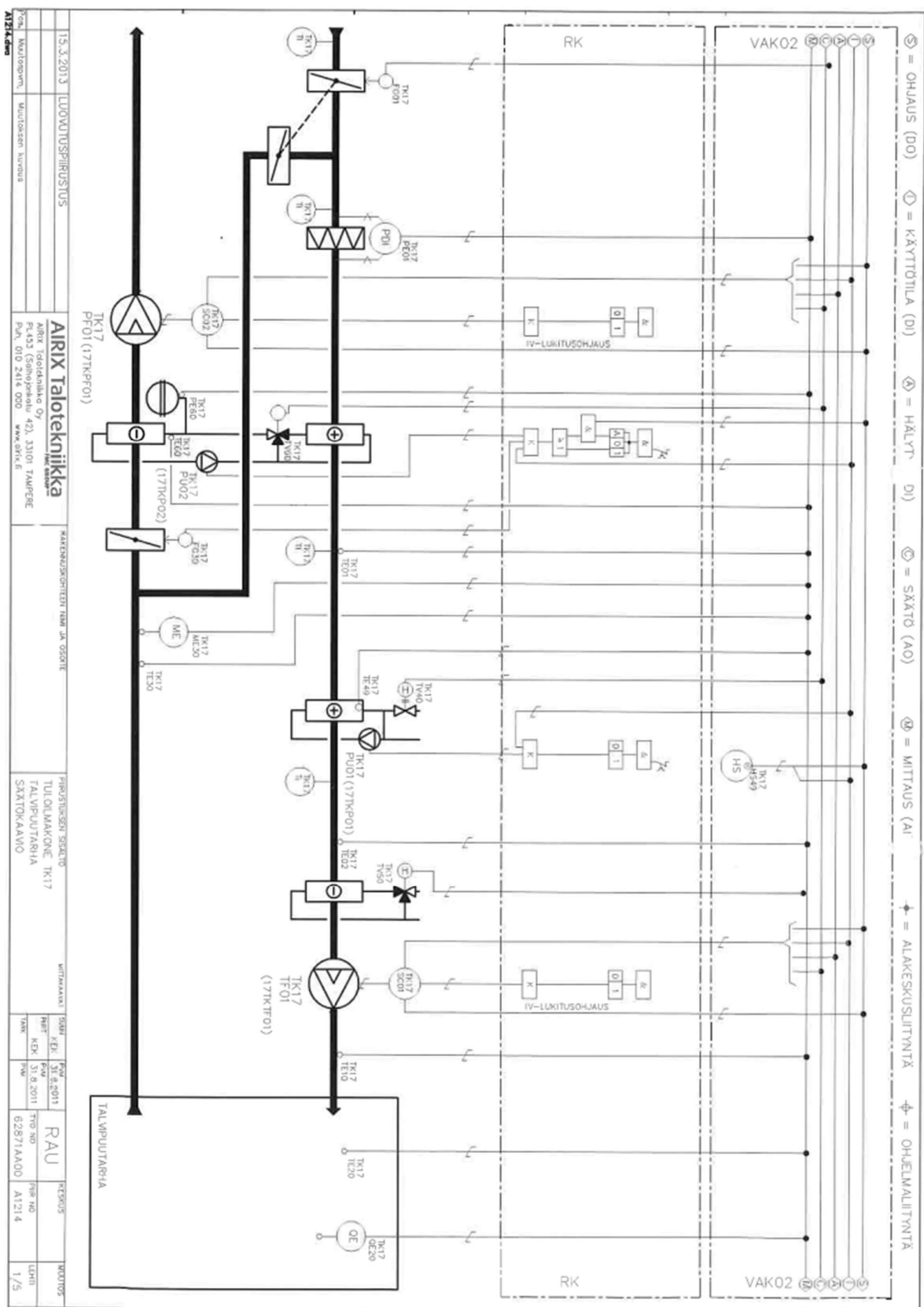
Swegon. n.d.a. Levylämmönsiirtimet. Viitattu 7.3.2024 <https://www.swegon.com/fi/oppaat/tekniikat/erilaiset-lammonsiirintyytit/plate-heat-exchangers/>

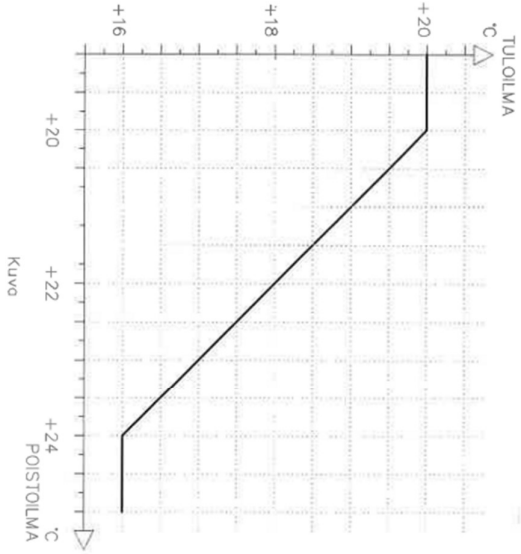
Swegon. n.d.b. Lämmön talteenotto ilmanvaihdossa. Viitattu 6.3.2024 <https://www.swegon.com/fi/oppaat/tekniikat/erilaiset-lammonsiirintyytit/>

Swegon. n.d.c. Nestekiertoinen lämmöntalteenotto. Viitattu 6.3.2024 <https://www.swegon.com/fi/oppaat/tekniikat/erilaiset-lammonsiirintyytit/>

LIITTEET

Liite 1. Tuloilmakoneen TK17 säätökaavio





JOKAISELLE SÄÄDÖLLE OHJELMOIDAN OMA SÄÄTÖKÄYRÄ.

15.3.2013	LUVUTUSPIIRUSTUS	AIRIX Talotekniikka		RAKENNUSKOHTEN NIMI JA OSOITE	PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	MITTAAMINEN	SOVIKOKO	TYÖN PÄIVÄ	RAU	KESKUS	MUUTOS
		AIRIX Talotekniikka Oy			TULOILMAKONE TK17		1000	2011			
		P.O. Box 453 (Sahajärvenkatu 42), 33101 TAMPERE			TALVIPUUTARHA		1000	2011			
		Puh. 010 214 000 www.airix.fi			SÄÄTÖKAAVIO		1000	2011	62871AA00	A1214	5/5
Pöyd. Muutospvm.	Muutoksen kuvaus										