Teemu Ruuska

Ilmanvaihtokoneiden ohjausjärjestelmien toimitusvaihtoehdot

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

24.10.2021

Tiivistelmä

Tekijä:	Teemu Ruuska
Otsikko:	Ilmanvaihtokoneiden ohjausjärjestelmien toimitustavat
Sivumäärä:	35 sivua + 2 liitettä
Aika:	24.10.2021
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat:	Lehtori Arja Ristola Sovellusasiantuntija Jouko Yliollitervo

---

Tämän insinöörityön aiheena oli ilmanvaihtokoneiden ohjausjärjestelmät ja niiden toimitusvaihtoehdot. Ilmanvaihtokoneet toimitetaan rakennustyömaalle perinteisesti ilman automaatiolaitteita. Rakennustyömaalla koneisiin asennetaan kaapelit ja automaatiolaitteet, joilla kone saadaan toimivaksi. Tilaajan rakennusorganisaatio toimittaa silloin myös ohjelmistot koneen ohjaamiseen. Toimintavalmiissa ilmanvaihtokoneessa sähkö- ja automaatiolaitteet sekä ohjelmistot sisältyvät konetoimitukseen. Insinöörityön tavoitteena oli verrata toimitusvaihtoehtojen työvaiheita ja kustannuksia, sekä tutkia ohjausjärjestelmien vaikutusta koneiden toimintaan.

Insinöörityössä tutustuttiin ilmanvaihtokoneen rakenteeseen ja niiden ohjausjärjestelmien toimitusvaihtoehtoihin, sekä vähähiilisen rakentamisen tavoitteisiin. Ohjausjärjestelmän vaikutusta ilmanvaihtokoneen energiakustannuksiin ja kasvihuonepäästöihin tutkittiin laskemalla tuloilman lämpötilan muutoksen vaikutus energiankulutukseen. Ilmanvaihtokoneen puhallinmoottoreiden sähköenergian käyttökustannuksia tutkittiin laskemalla elinkaarikustannukset esimerkin avulla. Toimintavalmiin ilmanvaihtokoneen ohjausjärjestelmän kustannuksia verrattiin perinteisellä toimitustavalla toteutettuihin rakennushankkeisiin.

Ohjausjärjestelmän vaikutusta ilmanvaihtokoneen energiatehokkuuteen tutkimalla havaittiin, että kahden asteen muutos tuloilman lämpötilassa voi nostaa koneen kasvihuonepäästöjä 1742 gCO2 käyttötuntia kohden. Toimitustapojen kustannusvertailussa havaittiin, että toimintavalmis ilmanvaihtokone säästää investointikustannuksia noin 35 % perinteiseen toimitustapaan verrattuna. Tehtaalla asennetut sähkö- ja automaatiolaitteet vähentävät rakennustyömaalla tarvittavia asennus- ja valvontatöitä. Laitteiden toiminta on testattu ennen toimittamista rakennustyömaalle, jolloin takuuaikana ei tarvitse tehdä laitteistoon tai ohjelmiin muutoksia.

Avainsanat: energiatehokkuus, ilmastonmuutos, ilmanvaihto

Abstract

Author:	Teemu Ruuska
Title:	Delivery Options for Air Handling Unit Control Systems
Number of Pages:	35 pages + 2 appendices
Date:	24 October 2021
Degree:	Bachelor of Engineering
Degree Programme:	Electrical and automation engineering
Professional Major:	Electrical power engineering
Supervisors:	Arja Ristola, Senior Lecturer
	Jouko Yliollitervo, Application Specialist

This thesis concerns the control systems of air handling units and their delivery options. Air handling units are usually delivered to the construction site without automation equipment. Cables and automation equipment for air handling units are usually installed at the construction site. The customer's construction organization also supplies software for controlling the units. Air handling units can also be delivered with factory fitted control system. The aim of this thesis work was to compare the work steps and costs of the delivery options, and to study the effect of control systems on the operation of air handling units.

In this thesis, the structure of an air handling unit, the delivery options of their control systems, and the goals of low-carbon construction industry are introduced. The effect of control systems on the energy costs and greenhouse gas emissions of air handling units was studied by calculating the effect of the change in the supply air temperature on energy consumption. The electric energy operating costs of ventilation fan motors were investigated by calculating the life cycle costs using an example. The costs of a plug and play air handling unit control system were compared to construction projects carried out using the traditional delivery method.

It was found that a two-degree change in the supply air temperature according to the example can increase the greenhouse gas emissions of the unit by 1742 gCO2 per hour of operation. In a cost comparison of delivery methods, it was found that a plug and play air handling unit saves about 35% in investment costs compared to the traditional delivery method. Factory-installed electrical and automation equipment reduces the installation and monitoring work required on a construction site. The operation of the equipment has been tested before delivery to the construction site, so that no changes to the hardware or software are required during the warranty period.

Keywords: energy efficiency, climate change, ventilation

Sisällys

Lyhenteet

1 Johdanto 1

2 Ilmaston lämpeneminen ja rakennusten energiatehokkuus 2

3 Sisäilman laatu ja asetukset 3

4 Ilmanvaihtokoneen rakenne 4

4.1 Puhallinmoottorit 6
4.2 Ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenotto 9
4.2.1 Pyörivä lämmöntalteenotto 10
4.2.2 Levylämmöntalteenotto 11
4.2.3 Nestekiertoinen lämmöntalteenotto 13
4.3 Ilmanvaihtokoneiden ilmanlämmittimet ja jäähdyttimet 15

5 Ilmanvaihtokoneiden energiatehokkuus 16

5.1 Ilmanvaihtokoneen elinkaarikustannukset 16
5.2 Asetusarvojen vaikutus energiatehokkuuteen 18

6 Ilmanvaihtokoneiden perinteinen toimitustapa 21

7 Toimintavalmis ilmanvaihtokone 22

7.1 Toimintavalmiin ilmanvaihtokoneen ohjelmointi 22
7.2 Toimintavalmiin ilmanvaihtokoneen käyttöönotto 24

8 Toimitustapojen vertailu 25

9 Yhteenveto 31

Lähteet 33

Liitteet

Liite 1: Toimintakaavio ja toimitusrajat (levylämmöntalteenotto)

Liite 2: Toimintakaavio ja toimitusrajat (pyörivä lämmöntalteenotto)

Lyhenteet

AC: *Alternating Current*. Vaihtosähkö.

EC: *Electronically Commutated*. Elektronisesti kommutoitu.

LTO: Lämmöntalteenotto.

1 Johdanto

Maapallon luonnonvaroista noin puolet käytetään rakennuksissa ja rakentamisessa (1). Rakentamisen ja rakennusten energiankulutuksen osuus Suomen koko energiankulutuksesta on noin 40 % (2). Rakennusten osuus energiankäytöstä on jopa suurempi kuin liikenteen. Ilmanvaihtokoneissa energiaa kuluttavat puhallinmoottorit ja ilmavirran lämmittäminen sekä jäähdytys. Niiden osuus Suomen energiankäytöstä on noin 10–15 %. Rakennusten energiankulutukseen vaikuttavat erityisesti tilojen lämmityksen, jäähdytyksen ja ilmanvaihdon talotekniset järjestelmät. Taloteknisillä ratkaisuilla rakennusten käyttämää energiaa voidaan vähentää ja niiden ympäristövaikutuksia parantaa ilman suuria kustannuksia. Ilmanvaihdon energiatehokkuutta parantamalla vähennetään rakennusten energiakustannuksia ja kasvihuonepäästöjä. Rakennustyömaalla päästöjä voidaan vähentää käyttämällä talotekniikassa laitekokoonpanoja, jotka vähentävät työmaalla tarvittavia töitä ja työmaaliikennettä.

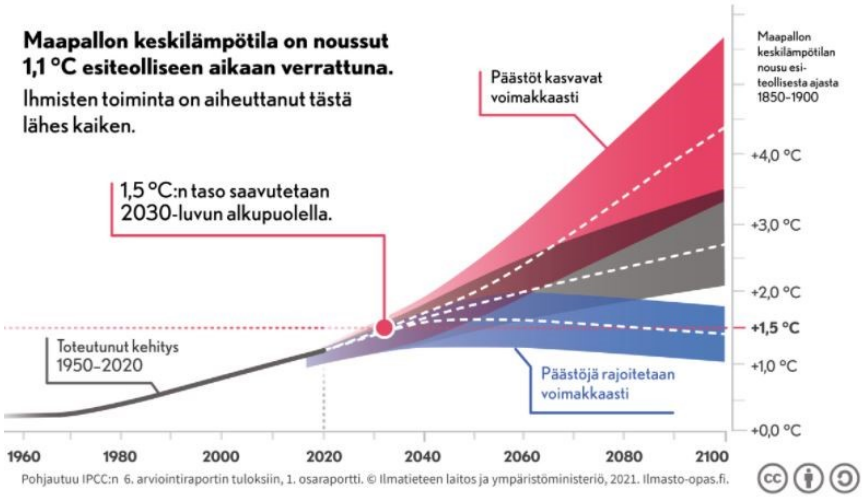
Ihmiset viettävät sisätiloissa suuren osan ajastaan. Sisätiloissa hengitettävää ilmaa kutsutaan sisäilmaksi, jossa saattaa olla eri lähteistä peräisin olevia kaasumaisia ja hiukkasmaisia epäpuhtauksia. Sisäilman laadulla on suuri merkitys tilojen viihtyvyyteen ja terveysturvallisuuteen. Taloudellisesti sisäilman laadulla on vaikutusta sairaspoissaolokustannuksiin ja työn tuottavuuteen.

Tämä insinöörityö käsittelee ilmanvaihtokoneiden laiteratkaisuja, energiatehokkuutta ja niitä koskevia asetuksia. Ilmanvaihtokoneet toimitetaan perinteisesti ilman sähkö- ja automaatiolaitteita ja rakennetaan useasta työmaalle toimitetusta osasta. Vaihtoehtona on tilata ilmanvaihtokone toimintavalmiina sähkö- ja automaatiolaitteilla varustettuna. Työssä verrataan toimintavalmiin ilmanvaihtokoneen eroja perinteiseen toimitustapaan. Insinöörityön tavoitteena on tutkia toimitusvaihtoehtojen kustannuksia ja toimintavalmiiden ilmanvaihtokoneiden vaikutusta ilmanvaihtojärjestelmien rakentamiseen.

2 Ilmaston lämpeneminen ja rakennusten energiatehokkuus

Kasvihuonekaasuja on ilmakehässä luontaisesti, mutta ihmisen toiminta lisää niitä merkittävästi, minkä seurauksena maapallon ilmasto lämpenee. Ilmakehässä esiintyy luonnostaan kasvihuonekaasuja, joista tärkeimmät ovat vesihöyry (H_2O), hiilidioksidi (CO_2), metaani (CH_4), typpioksiduuli (N_2O) ja otsoni (O_3). Hiilidioksidi on kasvihuonekaasu, joka aiheuttaa eniten ilmaston lämpenemistä. (3.)

Maapallon keskilämpötila on noussut 1,1 astetta esiteolliseen aikaan verrattuna. Lämpötilan nousu on kiihtynyt merkittävästi viimeisen 40 vuoden aikana (Kuva1) (4).



Kuva 1. Maapallon keskilämpötilan tilasto ja ennuste 2021 (4). Maapallon keskilämpötilan nousu esiteolliseen aikaan verrattuna johtuu pääosin ihmisten toiminnasta. Päästöjä vähentämällä lämpenemistä voidaan hidastaa.

Hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (IPCC) julkaiseman ”Sixth Assessment Report, AR6” -raportin mukaan 1,5 asteen lämpenemisen taso saavutetaan 2030-luvun alkupuolella. Ilmakehän hiilidioksidipitoisuus on nyt korkeammalla tasolla kuin kahteen miljoonaan vuoteen. Ilmaston lämpenemisen hidastamiseksi tarvitaan välittömiä päästövähennyksiä globaalisti. (5.) Euroopan unionin tavoite on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä vähintään 80 %:lla vuoteen

2050 mennessä verrattuna vuoden 1990 tasoon. Rakennukset ovat suurin yksittäinen kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttaja Euroopassa. (6.)

Vähähiilisellä rakentamisella pyritään vähentämään rakennuksista aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä. Suomessa rakennusten koko elinkaaren päästöille ei ole voimassa olevia säädöksiä. Vuonna 2017 osana valtionhallinnon ilmasto- ja energiastrategiaa ympäristöministeriö teetti vähähiilisen rakentamisen tiekartan. Ympäristöministeriön tavoitteena on, että rakennusten hiilijalanjälkeä koskeva lainsäädäntö astuu voimaan 2020-luvun puoliväliin mennessä. (7.)

3 Sisäilman laatu ja asetukset

Rakennusten sisäilman laatuun vaikuttavat ihmisen tuottaman hiilidioksidin lisäksi erilaiset kemialliset ja hiukkasmaiset epäpuhtaudet, joita kulkeutuu rakennuksiin maaperästä sekä rakennus- ja sisustusmateriaaleista, ruuanlaitosta, tupakoinnista ja puiden poltosta. Rakennusmateriaaleista haihtuu erityisesti erilaisia kaasumaisia haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC). Formaldehydi (CH_2O) on voimakkaasti ärsyttävä kaasu. Formaldehydiä vapautuu sisäilmaan rakennusmateriaaleista, huonekaluista ja tupakoinnista. (8.)

Sisäilmaan kulkeutuu epäpuhtauksia myös ulkoilmasta. Ulkoilman epäpuhtauksia tuottaa liikenteen, energiantuotannon ja teollisuuden päästöt etenkin kaupunkialueilla. Euroopassa ihmiset viettävät jopa 90 % ajastaan sisätiloissa. (9.) Suurin osa ihmisten hengittämästä ilmasta on siis sisäilmaa. Sisäilman laadulla on merkittävä vaikutus rakennusten viihtyvyyteen ja ihmisten terveyteen. Hyvä sisäilma edellyttää oikein mitoitettua toimivaa ilmanvaihtoa ja vähäpäästöisten rakennusmateriaalien käyttöä.

Rakennusten ilmanvaihdon suunnittelu ja toteutus on tehtävä niin, että sisätiloissa saavutetaan kaikissa tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveellinen ja turvallinen sisäilma. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmasta ja ilmanvaihdosta (1009/2017) astui voimaan vuoden 2018 alussa. Asetuksella on määritetty uusien rakennusten sisäilmaa ja ilmanvaihtoa

koskevat määritykset. Rakennusten sisäilman laadun on oltava vähintään asetuksessa annettujen raja-arvojen mukaisia. Ulkoilmaa on tuotava riittävästi rakennukseen ja sisäilmasta on poistettava terveydelle haitallisia aineita, liiallista kosteutta, haittaavia hajuja ja epäpuhtauksia.

Sisäilman laadun tarkkailussa käytetään yleisesti hiilidioksidipitoisuuden mittausta. Korkea hiilidioksidipitoisuus indikoi aistitun ilman laatua, ja kun ihmiset ovat tiloissa pääasiallinen hiilidioksidin lähde pitoisuutta mittaamalla havaitaan muutokset tilojen ihmismäärässä. Säätämällä ilmanvaihtoa hiilidioksidipitoisuuden mukaan varmistetaan hyvä sisäilma ja säästetään energiaa, kun tilojen henkilömäärä on pieni.

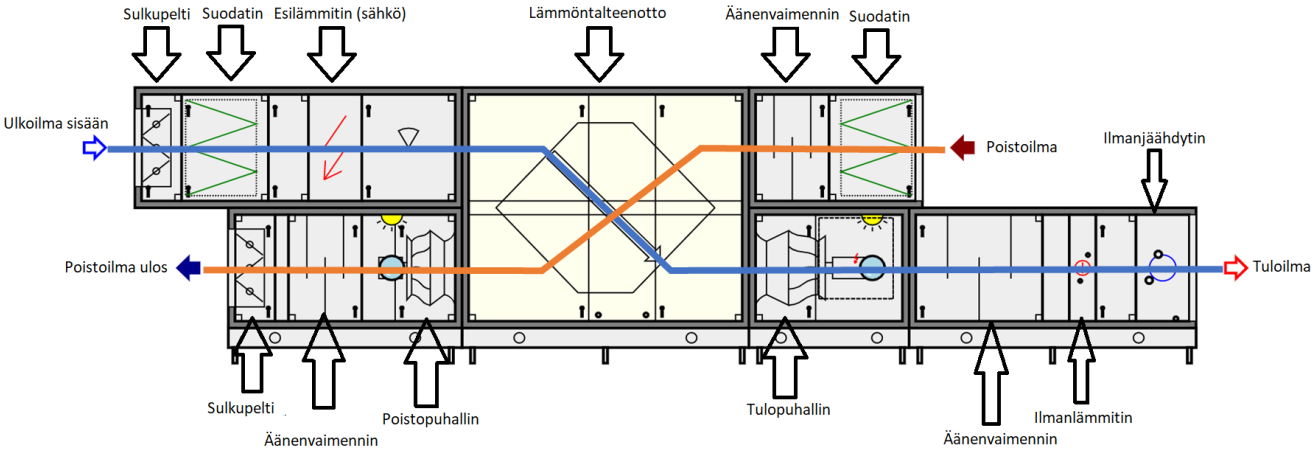
4 Ilmanvaihtokoneen rakenne

Koneellisessa ilmanvaihdossa ulkoilmaa tuodaan rakennuksen sisätiloihin ja epäpuhdasta ilmaa poistetaan puhallinmoottoreiden ja ilmanvaihtokanaviston kautta. Puhdasta ilmaa tuodaan sisätiloihin hengitettäväksi ja se lämmitetään tai jäähdytetään oikeaan lämpötilaan.

Ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilmamoottoreilla tuotetaan tarvittava paineenkorotus halutun ilmavirran aikaansaamiseksi. Puhallinmoottoreiden lisäksi ilmanvaihtokoneen tärkeimpiä osia ovat sulkupellit, suodattimet, lämmöntalteenottolaitteet, ilmanlämmittimet ja ilmanjäähdyttimet. Sulkupelleillä estetään ilman pääsy ilmanvaihtokoneelle, kun kone pysäytetään. Ulkoilmasta suodatetaan epäpuhtauksia ja ilmansaasteita sekä poistoilmasta sisäilman epäpuhtauksia suodattimilla.

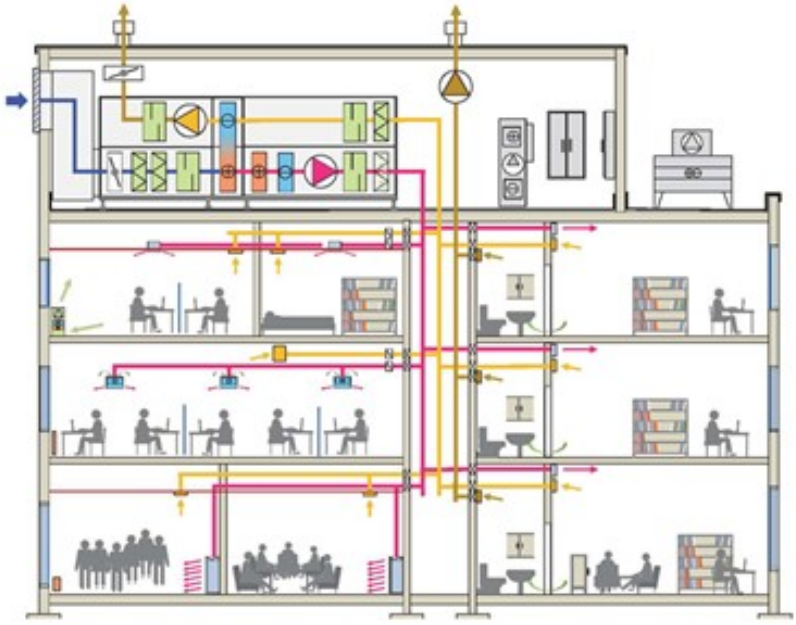
Ilmanvaihtokonetta, joka rakennetaan yhdistämällä erilaisia modulaarisia osia, kutsutaan modulaariseksi ilmanvaihtokoneeksi. Esimerkiksi lämmöntalteenotto, äänenvaimennin, ja puhallinosat ovat oma moduulinsa. Moduulit rakennetaan tehdaslinjastoilla ja tilattua konetta varten yhdistetään eri linjastoilla tuotetut moduulit. Valitsemalla erilaisia moduuleja ja vaihtamalla niiden järjestystä ilmanvaihtokoneen kokoonpano voidaan muokata rakennuskohteeseen sopivaksi.

(10.) Modulaarisen ilmanvaihtokoneen rakenne on kuvattu kuvassa 2. Kuvan kone on varustettu lämmöntalteenotolla, suodattimilla, sähköisellä esilämmittimellä, ilmanlämmittimellä ja ilmanjäähdyttimellä.



Kuva 2. Modulaarisen ilmanvaihtokoneen rakenne.

Ilmanvaihtokoneen ilmanotto ulkoilmasta tulee sijoittaa niin, että se sijaitsee mahdollisimman puhtaan ilman läheisyydessä. Rakennuksen ilmavirtojen on virrattava puhtaasta tilasta sisäilmaltaan likaisempaan tilaan, kuten asuinhuoneesta wc-tilaan. Ilmanvaihtokone sijaitsee yleensä erillisessä ilmanvaihtokonehuoneessa, josta ilma siirretään ilmanvaihtokanaviston avulla tiloihin (kuva 3).

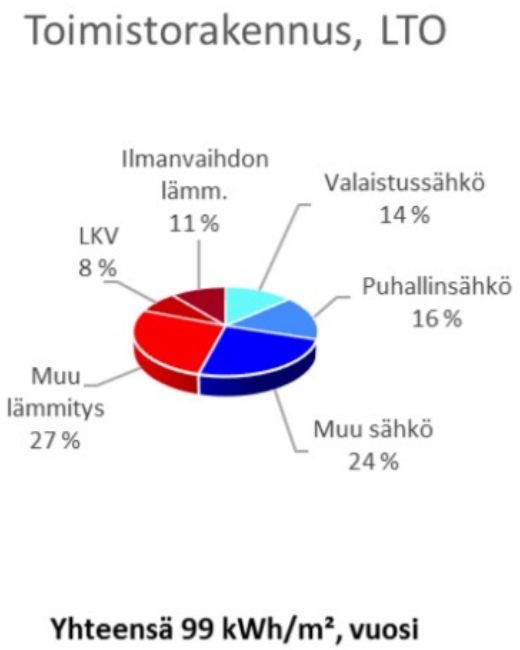


Kuva 3. Konehuoneessa sijaitsevasta ilmanvaihtokoneesta ilma kuljetetaan ilmanvaihtokanavistossa rakennuksen eri tiloihin. Kuvassa tuloilmakanavat punaisella ja poistoilmakanavat keltaisella värillä. (11.)

Rakennusten tulo- ja poistoilmavirrat on suunniteltava tasapainoon, jotta alipaineen vuoksi sisäilmaan ei siirry epäpuhtauksia ulkoilmasta, maaperästä tai vaurioituneista materiaaleista. Ylipaineistusta on vältettävä, jotta ei synny rakenteita vaurioittavaa kosteusrasitusta.

4.1 Puhallinmoottorit

Ilmanvaihtokoneen tärkeimmät komponentit ovat puhallinmoottorit. Moottoreilla tuotetaan ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilmavirrat. Ilmanvaihtokoneen ja ilmanvaihtojärjestelmän kanaviston komponentit aiheuttavat vastusta ilmavirralle. Puhallinmoottoreilla tuotetaan painetta, jotta ilmavirta liikkuu järjestelmän kaikkien vastusta aiheuttavien komponenttien läpi rakennuksen eri osiin ja sieltä pois. Kuvassa 4 on esitetty energiankulutuksen jakautuminen tyypillisessä toimistorakennuksessa. Ilmanvaihdon puhallinmoottoreiden osuus on 16 % tyypillisen toimistorakennuksen energiankulutuksesta.



Kuva 4. Tyypillisen toimistorakennuksen energiankulutuksen jakautuminen. (12).

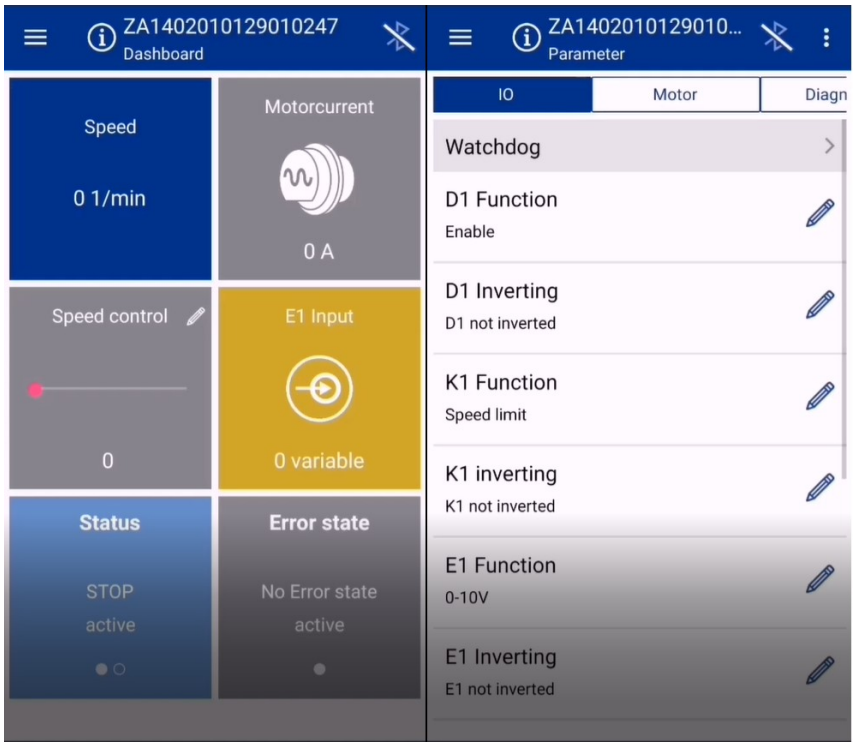
Moottoreiden hyötysuhde vaikuttaa ilmanvaihtokoneen sähköenergian kulutukseen. Energiatehokkuusvaatimusten mukaisesti sähkömoottorit on ilmanvaihtokoneissa varustettava moninopeusohjauksella tai taajuusmuuttajalla. Ilmanvaihtokoneiden moottoreita ohjataan eri nopeuksilla tarvittavan ilmanvaihtotilanteen mukaisesti. Sähkömoottoreiden hyötysuhde on parhaimmillaan niiden nimellispyörimisnopeudella, ja kun nopeutta lasketaan tai lisätään nimellispyörimisnopeudesta, niiden hyötysuhde laskee. Ilmanvaihtokoneissa on pääosin siirrytty oikosulkumoottoreista EC-moottoreihin, joiden nimitys tulee englannin kielen sanoista electronically commutated. EC-moottori on hiiliharjaton tasavirtamoottori, jonka ohjauselektroniikka sijaitsee moottorin liitinkotelossa, joten erillistä taajuusmuuttajaa ei tarvita. Ohjauselektroniikka koostuu tasasuuntaussillasta, välipiiristä ja elektronisesta ohjauksesta.

Käyttämällä useita EC-moottoreita rinnakkain voidaan toteuttaa puhallinseinä (kuva 5). Suurissa ilmanvaihtokoneissa puhallinseinällä tuotetaan tasaisempi ilmavirta kuin yhdellä suurella moottorilla. Useampi pienikokoinen puhallin on helpompi asentaa ja huoltaa. Yhden puhaltimen vikaantuessa muiden

moottoreiden nopeutta nostamalla puhallinseinällä tuotetaan tarvittava ilmavirta myös vikatilanteessa. Perinteiseen yhden puhallinmoottorin toteutukseen verrattuna puhallinseinä vähentää järjestelmän kustannuksia ja säästää tilaa suurilla ilmamäärillä. Puhallinseinä voidaan asentaa myös vanhaan ilmanvaihtokoneeseen, jolloin energiatehokkuus parantuu myös mekaanisten häviöiden vähentyessä, kun AC-moottori ja hihnavälitteinen puhallin vaihdetaan puhallinseinään.

Kuva 5. Puhallinseinässä on useita EC-moottoreita, jotka toimivat rinnakkain. Kuvassa vanha ilmanvaihtokone, jossa AC-moottori on korvattu puhallinseinällä.

EC-moottorin ulkoisessa ohjauspiirissä käytetään yleisesti 0–10 V:n nopeusohjetta tai Modbus-tiedonsiirtoa. Modbus on sarjaliikenneprotokolla, joka on yleisesti käytössä rakennusautomaatiojärjestelmien tiedonsiirrossa. Modbus-tiedonsiirron avulla moottorin ohjauselektroniikalta luetaan tietoja sen toiminnasta. Tiedonsiirron avulla voidaan lukea esimerkiksi moottorin virta, jännite, teho, pyörimisnopeus ja IGBT-lämpötila. Bluetooth sovittimen avulla moottorin toiminta on seurattavissa älypuhelimen sovelluksella (kuva 6) avulla langattomasti.



Kuva 6. Kuvakaappaus älypuhelin sovelluksesta, jolla voidaan langattomasti seurata moottorin toimintaa ja muuttaa asetuksia.

Sovelluksella voi helposti muuttaa moottorin asetuksia, kuten esimerkiksi pyörimisnopeuden raja-arvoja ja K1-releen toimintaa. Sovellus on ilmainen eikä moottorin Bluetooth-sovittimen lisäksi tarvita muita lisälaitteita langattomaan kommunikointiin.

4.2 Ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenotto

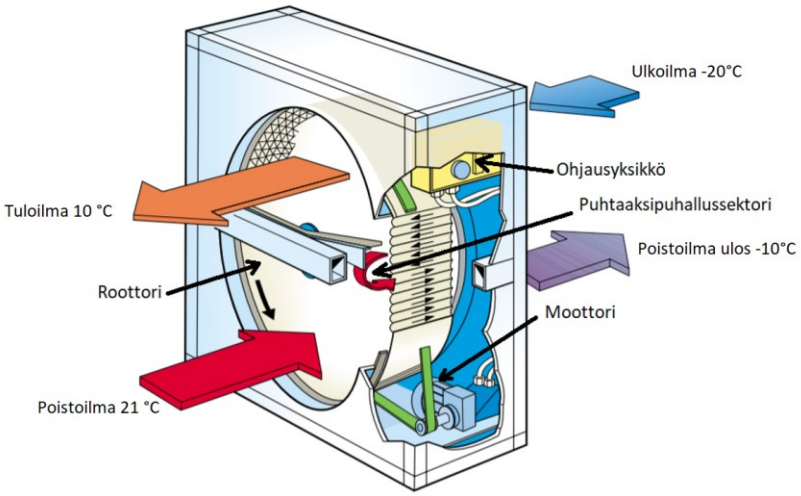
Suurimman osan vuodesta ulkoilman lämpötila poikkeaa ilmanvaihtojärjestelmän vaatimasta tuloilman lämpötila-asetuksesta. Tuloilman lämpötilan asetusarvo on muutamia asteita viileämpää kuin haluttu huonelämpötila. Esimerkiksi 21 asteen huonelämpötilassa tuloilman lämpötilan asetusarvo on noin 17 astetta. Kun ulkoilman lämpötila poikkeaa tuloilman asetusarvosta, ilmaa täytyy joko lämmittää tai jäähdyttää halutun lämpötilan aikaansaamiseksi.

Lämmityksen energiankäytön minimoimiseksi ilmanvaihtokone on varustettava energian talteenottojärjestelmällä, joka tunnetaan yleisesti lämmöntalteenottona. Energia-tehokkuusasetus N:o 1253/2014 määrittää lämmöntalteenoton pakolliseksi kaikissa ilmanvaihtokoneissa, jotka on varustettu sekä poisto- että tulopuhaltimella tai -puhaltimilla. (13.)

Lämmöntalteenotto (LTO) perustuu termodynamiikkaan. Sisätiloista poistettavasta ilmasta siirretään lämpöenergiaa sisälle virtaavaan ulkoilmaan lämmöntalteenottojärjestelmien avulla. Kun ulkoilma on kylmempää kuin poistoilma lämmöntalteenotolla lämmitetään tuloilmaa poistoilman lämmitysenergialla. Kesällä kun ulkoilma on lämpimämpää kuin poistoilma lämmöntalteenottojärjestelmällä jäähdytetään tuloilmaa poistoilmalla. Ilmanvaihtokoneissa käytetään yleisesti kolmea erilaista lämmöntalteenottotapaa.

4.2.1 Pyörivä lämmöntalteenotto

Pyörivässä lämmöntalteenotto perustuu varaavaan massaan. Sisäilman lämpö siirtyy kiekkomaiseen lämmönvaihtimeen eli niin sanottuun LTO-roottoriin. LTO-roottorin (kuva 7) valmistusmateriaalina käytetään yleensä alumiinia. Ilma virtaa roottorin läpi pienistä virtauskanavista. Roottori pyörii niin, että puolet pinta-alasta on aina tuloilmavirrassa ja toinen puolikas poistoilmavirrassa. Poistoilmavirran lämpö siirtyy roottorimateriaaliin ja roottorin pyöriessä puolikkaan kierroksen lämpö siirtyy kylmään tuloilmavirtaan. Epäpuhtauksia sisältävän poistoilman siirtymistä tuloilmaan estetään puhdistussektorilla, jossa on suora yhteys ulkoilman ja poistoilman välillä. Poistoilman alipaineen avulla ulkoilmalla huuhdellaan virtauskanavat ennen niiden siirtymistä tuloilmavirtaan.

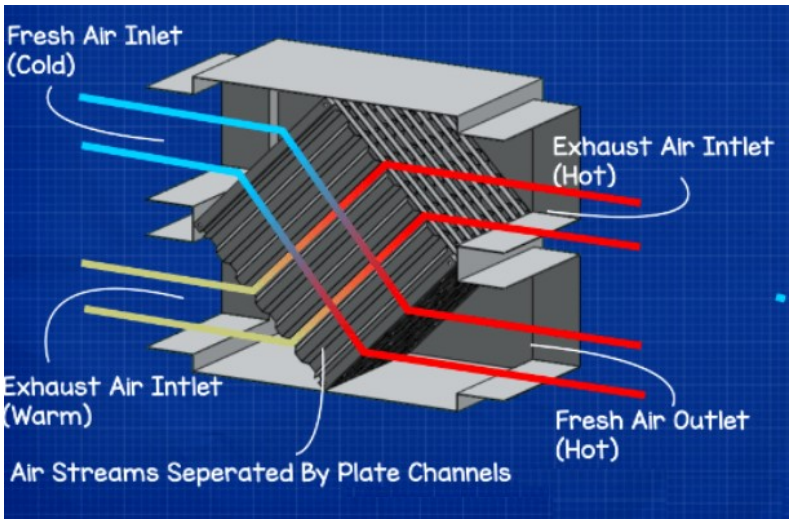


Kuva 7. Pyörivä lämmöntalteenotto.

Pyörivässä lämmöntalteenotossa poistoilman voimakkaat hajut voivat puhdistussektorista huolimatta siirtyä roottorin pintojen adsorption välityksellä tuloilmaan. Pyörivä lämmöntalteenotto voi siirtää myös kosteutta tulo- ja poistoilmavirtojen välillä. Kosteudensiirtymistä voidaan vähentää ei-hygroskooppisilla lämmöntalteenottolaitteilla. Talvella ulkolämpötilan ollessa matala poistoilman kosteussisältö tiivistyy roottoriin ja jäätyy, jos roottorin kierroksen keskilämpötila on alle 0 °C. Muodostunut huurre täytyy poistaa ja se tehdään yleensä hidastamalla pyörimisnopeutta roottorin keskilämpötilan nostamiseksi. Pyörivällä lämmöntalteenotolla voidaan saavuttaa jopa 90 %:n hyötysuhde. Pyörivä lämmöntalteenotto soveltuu moniin erilaisiin tiloihin, ja se on yleisin käytetty lämmöntalteenottotapa ilmanvaihtokoneissa. Osa poistoilman epäpuhtauksista kulkeutuu pyörivässä lämmöntalteenotossa tuloilmaan. Tiloissa, joista poistetaan hyvin likaista ilmaa sitä ei voida käyttää. Tällaisia tiloja on paljon esimerkiksi sairaaloissa ja teollisuudessa.

4.2.2 Levylämmöntalteenotto

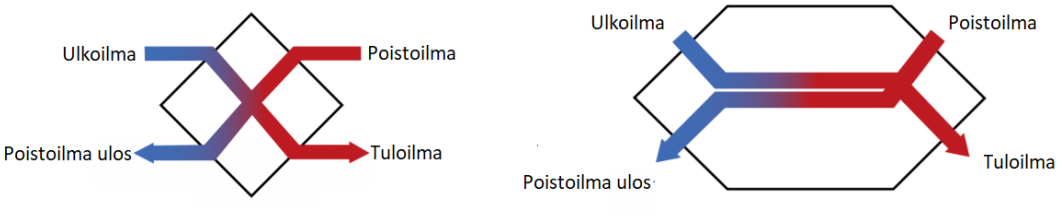
Levylämmöntalteenotossa (kuva 8) tulo- ja poistoilma kulkevat ristikkäin ohuiden levyjen välissä, ja poistettavasta ilmasta siirtyy lämpöä levyjen läpi tuloilmaan.



Kuva 8. Levylämmöntalteenoton rakenne. Tuloilma ja poistoilma kulkevat toisistaan erotettuna ja lämpö siirtyy alumiinisten levyjen läpi poistoilmasta tuloilmaan (14).

Levyt valmistetaan hyvin lämpöä johtavasta materiaalista ja yleisin käytetty materiaali on alumiini. Poistoilman sisältämä kosteus ei levylämmöntalteenotossa siirry tuloilmapuolelle, vaan se poistuu ulkoilmaan. Talvella poistoilman lämpötila laskee alle 0 °C lämmöntalteenoton jälkeen. Silloin poistoilmasta lämmöntalteenoton pinnalle kondensoitunut vesi huurtuu ja alkaa muodostaa jäätä. Huurteensulatusta varten lohkojen sulkupeltejä ohjataan kiinni ja tarvittaessa lämmöntalteenottoa osittain ohitetaan huurteen sulattamiseksi. Huurteensulatustilanteessa lämmöntalteenoton hyötysuhde laskee, ja usein tarvitaan esilämmitin lämmittämään ulkoilma tiettyyn lämpötilaan (esim. –18 °C). Huurteensulatus on talvella välttämätöntä, jotta jäätä ei muodostu koneen sisään estämään ilmavirran kulkua. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen toteutumiseksi huurteenestoon toiminnat on optimoitava laitevalmistajan toimesta. Huurteenpoistoa varten levylämmöntalteenotto jaetaan moottoritoimisten sulkupeltien avulla lohkoihin. Lohkopeltien ja ohituksen avulla voidaan myös säätää lämmöntalteenoton tehoa tarpeen mukaan. Levylämmöntalteenotot jaotellaan kahteen eri tyyppiin eli ristivirta- ja vastavirtalevylämmöntalteenottoihin niiden rakenteen perusteella.

Vastavirtalevylämmöntalteenotossa ilmavirrat kulkevat pidemmän matkan rinnakkain vastakkaisiin suuntiin (kuva 9). Lämmöntalteenoton hyötysuhde on vastavirtarakenteessa parempi kuin ristivirtalevylämmöntalteenotossa. Esimerkiksi FläktGroupin Recuterm-ristivirtalevylämmöntalteenoton hyötysuhde on enintään 73 % ja vastavirtalevylämmönsiirtimen 85 %.

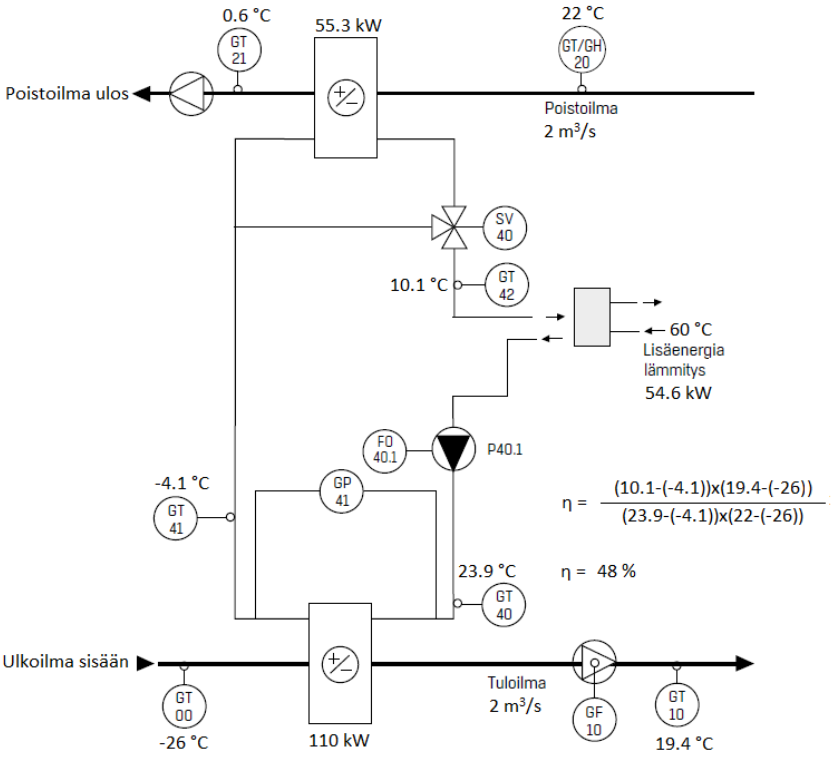


Kuva 9. Ilmavirtojen kulkureitit levylämmöntalteenotossa. Vasemmalla ristivirtalevylämmöntalteenotto ja oikealla vastavirtalevylämmöntalteenotto.

4.2.3 Nestekiertoinen lämmöntalteenotto

Nestekiertoisessa lämmöntalteenottojärjestelmässä poistoilmasta siirretään lämpöä tuloilmaan väliaineen avulla ja ilmavirrat on täysin erotettu toisistaan. Nestettä kierrätetään pumpulla tulo- ja poistoilmassa olevien lämmönsiirrinten välillä. Vesi ei sellaisenaan sovellu nestekiertoisen lämmöntalteenottojärjestelmän väliaineeksi, koska talvella nesteen lämpötila laskee alle 0 °C. Veteen on lisättävä jäätymisenestoainetta kuten etyleeniglykolia.

FläktGroupin nestekiertoisessa Econet-lämmöntalteenottojärjestelmässä käytetään 30–35 % vesietyleeniglykoliseosta ja siinä on kierrosohjattu pumppu, jonka avulla nestevirtaa säädetään nestelämpötilojen ja ilmanvaihtokoneen ilmamäärän mukaan. Kuvassa 10 on kuvattu Econet-järjestelmän toiminta. Kuvan tilanteessa tuloilman lämmittämiseen tarvitaan lämpöenergiaa 110 kW ja poistoilmasta otetaan lämpöenergiaa talteen 55,3 kW.



Kuva 10. Econet-lämmöntalteenottojärjestelmän toimintakaavio. Pumpulla P40.1 kierrätetään nestettä tulo- ja poistoilmassa olevien lämmönsiirrinten välillä. Nestettä lämmitetään poistoilman lämpöenergian lisäksi lisäenergia-lämmönsiirtimellä, jonka lämmönlähde on yleensä kaukolämpö.

Pienten lämpötilaerojen ansiosta Econet-järjestelmä on yhteensopiva uusiutuvien energianlähteiden, kuten maalämpöjärjestelmien ja maaviileäjärjestelmien kanssa. Maalämpöpiiri voidaan mitoittaa esimerkiksi 55 asteen menoveden lämpötilalle ja 30 asteen paluulämpötilalle. Perinteiseen 70/40-verkostoon verrattuna se pienentää kustannuksia, kun maalämpöjärjestelmällä ei tarvitse tuottaa korkeita lämpötiloja.

Econet-lämmöntalteenottojärjestelmällä saavutetaan 80 %:n lämmöntalteenoton hyötysuhde, ja ilmavirtojen täydellisen toisistaan eristämisen ansiosta tuloilmavirtaan ei siirry hajuja, bakteereita, viruksia tai muita epäpuhtauksia poistoilmavirrasta. Perinteisiin nestekiertoisiin lämmöntalteenottojärjestelmiin verrattuna

Econet-järjestelmän energiatehokkuus on parempi, koska järjestelmä optimoi nestevirtausta muuttuvien ilmamäärien mukaisesti.

Lämmöntalteenoton lämpötilahyötysuhde on tuloilman lämpenemisen suhde poistoilman ja ulkoilman väliseen lämpötilaerotukseen. Tuloilman lämpötilahyötysuhteeseen vaikuttaa lämmöntalteenottolaitteen rakenteen lisäksi tulo- ja poistoilmavirtojen suhde. Econet-järjestelmän hyötysuhdelaskennassa on huomioitava, että nestepiiriin siirretään lämmitysenergiaa lämmöntalteenoton lisäksi lämmönsiirtimellä (kaava1). Kuvan 11 esimerkkitilanteessa Econet-järjestelmällä poistoilmasta siirretyllä lämmitysenergialla saavutetaan vielä –26 asteen ulkolämpötilassakin noin 50 %:n lämpötilahyötysuhde.

(1)

$$\eta = \frac{(T_6 - T_5) \times (T_1 - T_2)}{(T_4 - T_5) \times (T_3 - T_2)}$$

T_1 on ulkoilman lämpötila, °C
T_2 on tuloilman lämpötila, °C
T_3 on poistoilman lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen, °C
T_4 on nesteen lämpötila ennen tuloilmanlämmitintä, °C
T_5 on nesteen lämpötila tuloilmanlämmittimen jälkeen, °C
T_6 on nesteen lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen, °C

4.3 Ilmanvaihtokoneiden ilmanlämmittimet ja jäähdyttimet

Lämmöntalteenottojärjestelmillä ei voida kokonaan kattaa tuloilman lämmittämiseen ja jäähdytykseen tarvittavaa energiaa. Talvella ulkoilman ollessa kylmää tarvitaan lisäksi lämmitysenergiaa ja kesällä kuumina päivinä jäähdytysenergiaa. Ilmanvaihtokoneet varustetaan ilmanlämmittimillä ja jäähdyttimillä, joiden väliaineena käytetään yleensä vettä, joten ne on varustettava jäätymisenestotoiminnolla. Lämmitysenergianlähteenä kaupunkialueilla on yleensä kaukolämpö.

5 Ilmanvaihtokoneiden energiatehokkuus

5.1 Ilmanvaihtokoneen elinkaarikustannukset

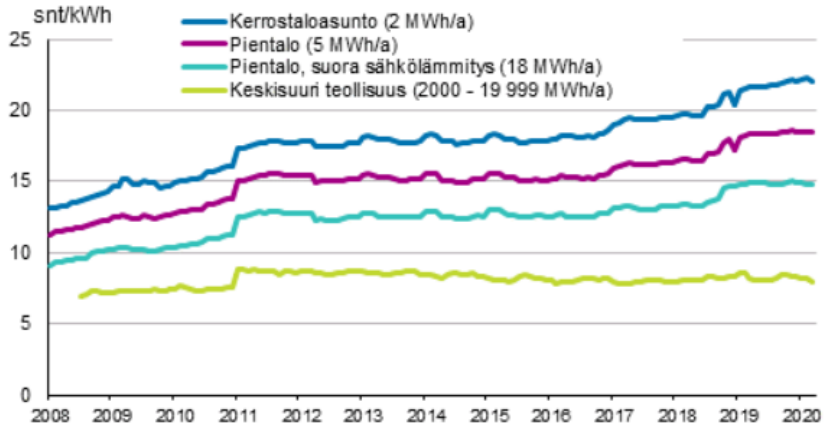
Ilmanvaihtokoneiden elinkaarikustannuksista suurin osa muodostuu laitteen energian käytöstä. Ilmanvaihdon energiankulutus tyypillisessä toimistorakennuksessa on 27 % rakennuksen kokonaisenergiankulutuksesta (12).

Toimistorakennuksissa ja oppilaitoksissa ilmanvaihtojärjestelmän ulkoilmavirtauksen minimi on 6 l/s henkilöä kohden ja vähimmäisilmamäärä 0,35 l/s rakennuksen neliömetriä kohden. Rakennuksen käyttöajan ulkopuolella ulkoilmavirran on keskimäärin oltava vähintään 0,15 l/s neliömetriä kohden (15). Asuinrakennuksissa on lisäksi asuntokohtaiset ja huonekohtaiset minimiarvot ulkoilmavirtauksille. Koko asunnon ulkoilmavirran on oltava vähintään 18 l/s. Esimerkiksi 25 m^2 yksiössä 0,35 l/s neliömetriä kohden 8,75 l/s ei ole riittävä, joten määräävästi kriteeriksi tulee asunnon vähimmäisulkoilmavirta 18 l/s. Asuntojen keittiöiden ilmanvaihto on tehostustilanteessa oltava tehostettavissa 30 % käyttöajan ilmanvaihtoa suuremmaksi. (16.)

Suurissa rakennuksissa, kuten toimistorakennuksissa ja oppilaitoksissa ilmanvaihtojärjestelmässä on useita erikokoisia ilmanvaihtokoneita. Ravintolatiloille, toimistotiloille, sosiaalitiloille ja yleisille tiloille on omat ilmanvaihtokoneet. Ilmanvaihtokoneille suunnitellaan tuloilmavirtaukset niiden vaikutusalueiden mukaisesti. Esimerkiksi suuressa 40 000 neliömetrin toimistorakennuksessa, jossa on useita kymmeniä ilmanvaihtokoneita voi suurin kone tuottaa 6 m^3/s ilmavirran ja pienin 1 m^3/s ilmavirran.

Ilmanvaihtokoneen puhallinmoottoreiden sähköenergiankulutus tyypillisessä asuinkerrostalon tai toimistotalon ilmanvaihtokoneessa, jolla tuotetaan 2 m^3/s tulo- ja poistoilmavirtaus ja jonka puhallinmoottoreiden yhteenlaskettu teho on 2,8 kW, vuotuinen sähköenergiankäyttö on 24 528 kWh/a (2,8 kW * 24 h * 365). Sähkön hintana on käytetty 16 snt/kWh. Hinta perustuu Lumo Energia Oyj:n 6,2 snt/kWh sopimushintaan (17) ja sähkön siirron keskihintaan 10,17 snt/kWh

Helen Sähköverkko Oy:n alueella (18). Vuotuinen sähköenergiakustannus ilmanvaihtokoneen puhallinmoottoreille on 16 snt/kWh hinnalla 3 924 euroa. Ilmanvaihtokoneen 20 vuoden elinkaaren aikana puhallinmoottoreiden sähköenergiankustannus esimerkkitapauksessa on 78 480 euroa, kun ilmanvaihtokoneen käyttöaika on 24 tuntia vuorokaudessa ja tulo- ja poistoilmamäärä on 2 m^3/s. Laskelmassa ei ole huomioitu korkotasoa tai sähköenergiakustannusten hinnanmuutoksia elinkaaren aikana. Sähköenergian hintahistorian perusteella on todennäköistä, että sähköenergian hinta edelleen nousee ja lisää ilmanvaihtojärjestelmien käyttökustannuksia. Kuvassa 12 on sähköenergian hinnan tilastotiedot vuosien 2008 ja 2020 väliltä. (19.)

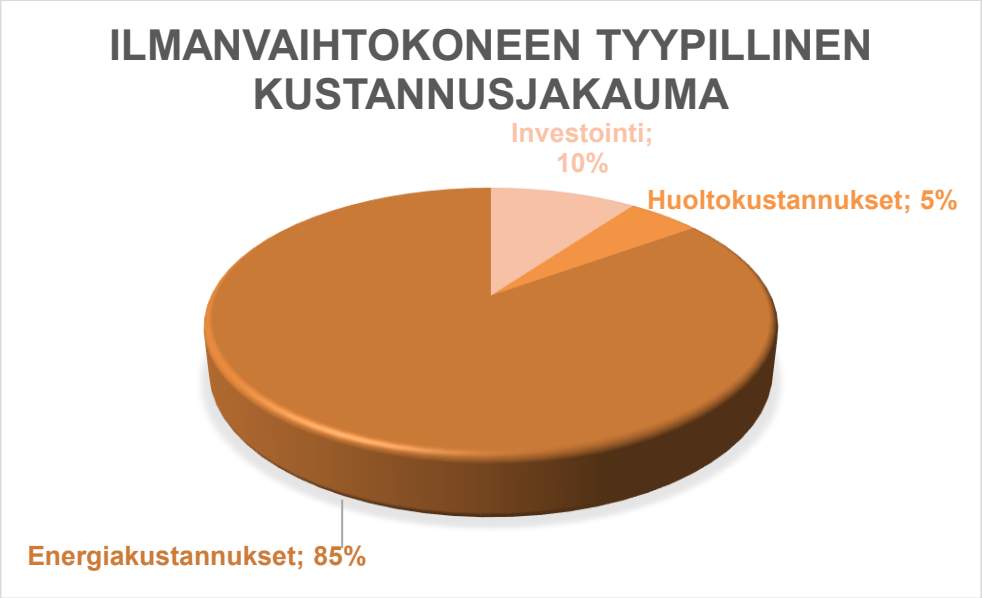


Hinnat sisältävät sähköenergian, siirtomaksun ja verot. Lähde: Energiavirasto, Tilastokeskus.

Kuva 12. Tilastokeskuksen tiedot sähköenergian hintakehityksestä (19).

Energian hinnan nousulla on suuri vaikutus elinkaarikustannuksiin: jos vuosittainen energian hinnan nousu on 2 %, on 20 vuoden elinkaaren aikainen sähköenergiakustannus 95 342 euroa. Puhallinmoottoreiden ja automaatiolaitteiden sähköenergian kulutuksen lisäksi ilmanvaihtokoneen tuloilman lämmitys- ja jäähdytysenergian käytöstä muodostuvat kulut vastaavat yhteensä noin 85 %:a (Kuva 13) ilmanvaihtokoneen elinkaarikustannuksista.

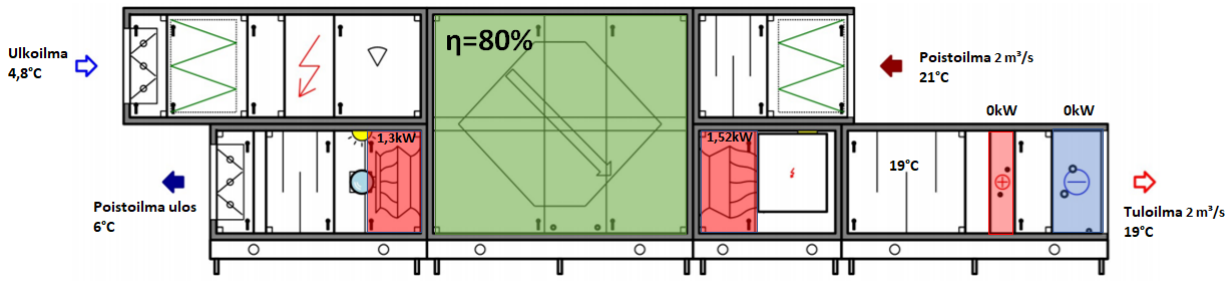
Ilmanvaihtokoneen puhallinmoottoreiden energiankulutuksen kannalta on tärkeää, että ilmanvaihtoa säädetään tarpeen mukaan. Tilojen läsnäolotunnistimien, kulunvalvonnan tietojen tai hiilidioksidipitoisuuden mukaan ilmanvaihtoa voidaan säätää ja vähentää energiankulutusta.



Kuva 13. Ilmanvaihtokoneen tyypillinen kustannusjakauma.

5.2 Asetusarvojen vaikutus energiatehokkuuteen

Tehokkaalla ja toimivalla lämmöntalteenottojärjestelmällä saavutetaan merkittäviä säästöjä ilmanvaihtokoneen elinkaaren energiankulutuksessa. Ilmatieteenlaitoksen tilastojen mukaan vuoden 2020 keskilämpötila oli Suomessa noin 4,8 astetta (20). Tehokkaalla lämmöntalteenottojärjestelmällä varustetulla ilmanvaihtokoneella 4,8 asteen ulkoilma lämmitetään 19 asteen lämpötilaan poistoilman lämmitysenergialla (kuva 14).



Kuva 14. Tehokkaan lämmöntalteenoton toiminta.

Esimerkin mukaisessa tilanteessa energiaa kuluttavat ainoastaan puhallinmoottorit. Lämmöntalteenoton laskelmissa käytetään yleensä valmistajan ilmoittamaa hyötysuhdetta. Lämmöntalteenoton hyötysuhde lasketaan kaavalla 2.

(2)

$$\eta = \frac{(T_1 - T_2)}{(T_3 - T_4)}$$

T_1 on tuloilman lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen, °C
T_2 on poistoilman lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen, °C
T_3 on poistoilman lämpötila, °C
T_4 on ulkoilman lämpötila, °C

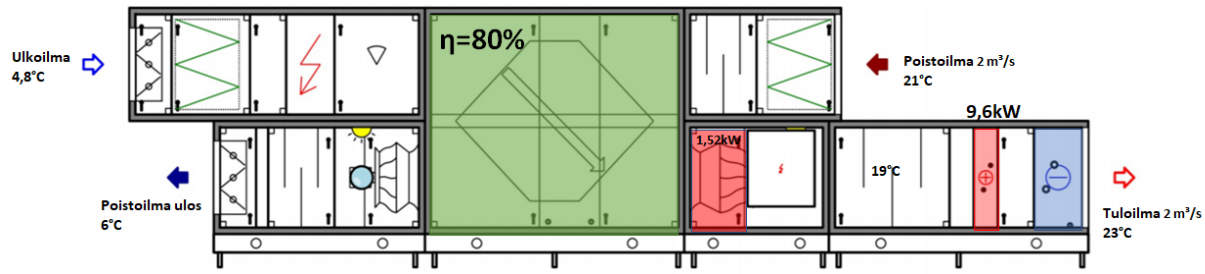
Tehokkaan lämmöntalteenoton lisäksi ilmanvaihtokoneen ilmanlämmittämisen energiankulutukseen vaikuttavat järjestelmän asetusarvot. Esimerkin mukaisessa tilanteessa ulkolämpötilan ollessa 4,8 astetta on lämmöntalteenoton jälkeinen ilmanlämpötila 19 astetta. Käyttämällä järjestelmässä tuloilman asetusarvona 19 asteen sijaan 23 astetta nousee ilmanvaihtokoneen lämmitysenergian tarve. Ilman lämmittämiseen tarvittava teho lasketaan kaavan 3 mukaan. Esimerkin mukaisessa tilanteessa ilman lämmittämiseksi lämmöntalteenoton jälkeen tarvitaan 9,6 kW:n lämmitysteho (kuva 15).

(3)

$$P = q_{vi} \times pi \times c_{pi} \times (T_1 - T_2)$$

P on ilmanlämmittimen teho, kW
q_{vi} on ilman tilavuusvirta, m^3/s
ρi on ilman tiheys, kg/m^3
c_{pi} on ilman ominaislämpökapasiteetti, kJ/kg, 1,0 kj/kg
T_1 on ilman lämpötila ilmanlämmittimen jälkeen, °C
T_2 on ilman lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen, °C

P = 2 m^3/s x 1,2 kg/m^3 x 1,0 kJ/kg x (23-19) = 9,6 kW



Kuva 15. Virheelliset asetusarvot nostavat lämmitysenergian kulutusta.

Kaukolämmön hankinnan ominaispäästöt vuonna 2019 olivat 136,6 gCO_2/kWh. (21). Helen Oy:n alueella kaukolämmön päästöt vuonna 2020 olivat 182 gCO2/kWh (22), johtuen kivihiilen suuresta osuudesta lämmöntuotannossa. Korkeamman tuloilmalämpötilan asetusarvon aiheuttama ylimääräinen hiilidioksidipäästö Helen Oy:n alueella on 1742 gCO_2 (182 gCO_2 * 9,6kW) käyttötuntia kohden. Asetusarvojen energiatehokkuus eri olosuhteissa on varmistettavissa tarkastelemalla koneen toiminnasta kerättyä dataa, kun kone on liitetty etävalvontaan.

Ulkolämpötilakompensoinnilla voidaan muuttaa tuloilman lämpötila-asetusta myös sääolosuhteiden mukaisesti. Energiansäästön lisäksi sillä parannetaan sisäilman olosuhteiden mukavuutta, kun tuloilman lämpötilaa muutetaan matalammaksi tai korkeammaksi riippuen ulkolämpötilasta.

6 Ilmanvaihtokoneiden perinteinen toimitustapa

Perinteisesti ilmanvaihtokoneen toimitukseen ei ole kuulunut puhallinmoottoreiden lisäksi muita sähkö- ja automaatiolaitteita. Puhallinmoottoreita ohjaavien taajuusmuuttajienkin toimitus kuuluu usein muuhun kuin ilmanvaihtokoneen toimitukseen, esimerkiksi sähkö- tai rakennusautomaatiourakkaan. Perinteisillä toimitusrajoilla toimittaessa ilmanvaihtokone on rakennustyömaalle toimitettaessa vielä täysin ilman ilmanvaihtokoneeseen tarvittavien sähkö- ja automaatiolaitteiden ohjelmointia, asennusta ja kytkentää. Nämä työt ja laitehankinnat ovat perinteisesti kuuluneet rakennuttajan rakennusorganisaatiolle.

Kun ilmanvaihtourakoitsija on saanut koneasennukset ja siihen liittyvät ilmanvaihtokanavat asennettua, alkaa rakennustyömaalla koneen varustaminen. Urakoiden kilpailutuksen jälkeen valittu rakennusautomaatiourakoitsija tekee LVIA-suunnitelmien mukaiset ohjelmoinnit ja laitehankinnat ilmanvaihtourakoitsijan toimittamaan koneeseen. Rakennusautomaatiourakoitsija asentaa ja toimittaa LVIA-suunnitelmissa määritetyt automaatiolaitteet. Tämän jälkeen sähköurakoitsija toimittaa rakennustyömaalle rakennusautomaatiourakoitsijan määritysten mukaiset kaapelit. Kaapeleiden asennusta varten ilmanvaihtokoneen ja automaation keskusyksikön välille asennetaan tarvittavat kaapelireitit. Koneeseen tehdään työmaalla läpivientejä kaapelireittejä varten. Kun kaapelireitit on asennettu, sähköurakoitsija asentaa kaapelit. Kaapeleiden asennustöiden jälkeen rakennusautomaatiourakoitsija kytkee kaapelit laitteille ja automaation keskusyksikölle.

Kun kaikki asennus- ja kytkentätyöt ovat valmiit, tehdään urakoitsijoiden toimesta yhteiskoekäyttö ennen tilaajan toimintakokeita. Toimintakokeissa varmistetaan, että ilmanvaihtokoneen laitetoimitus ja ohjelmointi vastaa rakennushankkeen LVIA-suunnitelmia.

Perinteisessä toimitustavassa ilmanvaihtokoneen osat ja asennustyöt sisältyvät useaan eri urakkaan. Kokonaisvastuuta ilmanvaihtokoneen toiminnasta ei silloin ole yhdelläkään laitetoimittajalla tai urakoitsijalla. Mahdolliset vikatilanteet

aiheuttavat usein ylimääräistä työtä ja selvittelyä, koska vian ilmaantuessa on ensin selvitettävä, minkä urakan takuuvastuuseen vika kuuluu. Esimerkiksi jos havaitaan toimintahäiriö puhallinmoottorin toiminnassa ja hanke on toteutettu perinteisillä toimitusrajoilla, takuuajan korjaus sisältyy johonkin kolmesta eri urakasta. Puhallinmoottori ja taajuusmuuttaja on voinut sisältyä ilmanvaihtourakkaan, ohjaus rakennusautomaatiourakkaan ja kaapelointi sähköurakkaan. Usean eri urakoitsijan töiden aikataulutus ja takuuvastuiden epäselvyydet aiheuttavat viiveitä korjausaikoihin.

7 Toimintavalmis ilmanvaihtokone

Toimintavalmiilla ilmanvaihtokoneella tarkoitetaan konetta, johon on asennettu sähkö- ja automaatiolaitteet jo tehtaalla. Toimintavalmiin ilmanvaihtokoneen automaatiojärjestelmän ohjelmisto on konetoimittajan tekemä ja testaama. Toimintavalmiin ilmanvaihtokoneen asennus on nopeampaa ja vaatii vähemmän työvaiheita rakennustyömaalla, kuin perinteinen ilman sähkö- ja automaatiolaitteita toimitettu kone.

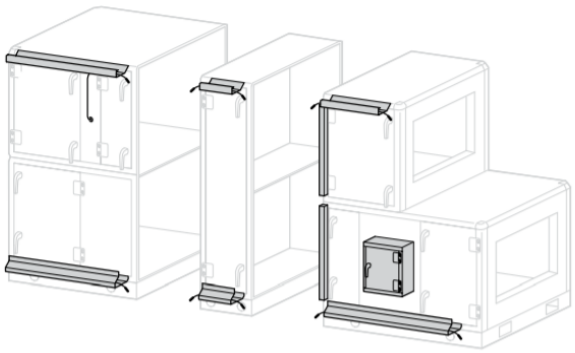
7.1 Toimintavalmiin ilmanvaihtokoneen ohjelmointi

Toimintavalmiin ilmanvaihtokoneen automaatiojärjestelmän ohjelmisto muodostuu ohjelmistokirjaston osista. Ohjelmistokirjastoon on tehty valmiit ohjelmat eri toiminnoille, kuten lämmöntalteenotolle ja tuloilman lämpötilan säädölle. Ilmanvaihtokoneen ohjelma luodaan yhdistämällä ohjelmistokirjaston osia. Ohjelmistokirjaston osien valinta tehdään ohjelmallisesti ilmanvaihtokoneen valintaohjelmassa tehtyjen valintojen mukaisesti. Esimerkiksi pyörivällä lämmöntalteenotolla varustetussa ilmanvaihtokoneessa on erilainen ohjelmisto, kuin koneessa, jossa on nestekiertoinen lämmöntalteenotto. Modulaarisissa koneissa on useita eri kokoonpanovaihtoehtoja, joten myös ohjelmistovaihtoehtoja tarvitaan paljon.

Toimintavalmiissa ilmanvaihtokoneessa (kuva16) ohjauskeskus on integroitu ilmanvaihtokoneeseen. Ohjauskeskuksessa sijaitsevaan automaatiojärjestelmän säätimeen ladataan ohjelmisto tehtaalla.

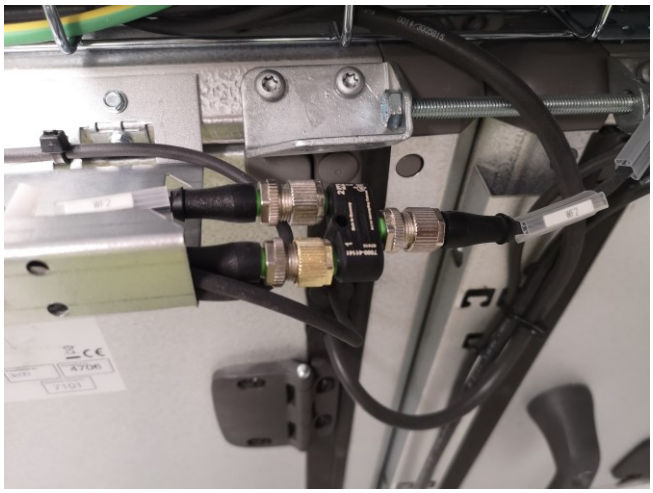
Kuva 16. Toimintavalmis ilmanvaihtokone. Ohjauskeskus on integroitu ilmanvaihtokoneeseen. Käyttöpaneelilla hallitaan koneen toimintoja ja asetusarvoja.

Kun ilmanvaihtokone toimitetaan sähkö- ja automaatiolaitteilla varustettuna suurin osa koneen tarvitsemista laitteista ja kaapeleista asennetaan koneeseen jo tehtaalla. Suuret koneet toimitetaan yleensä lohkoina (kuva17), joten lohkojen väliset tiedonsiirtokaapelit varustetaan pikaliittimillä ja liitetään yhteen rakennustyömaalla.



Kuva 17. Lohkoina toimitetun koneen rakenne. Kuvassa ilmanvaihtokone kolmessa lohkossa. Vasemmalla poistoilmapuhallinmoottorin ja ulkoilmaliitännän lohko, keskellä lämmöntalteenoton lohko, ja oikealla tuloilmapuhallinmoottorin ja poistoilmaliitännän lohko sekä ohjauskeskus.

Lämpötila- ja ilmanpaineanturit asennetaan ja kaapeloidaan koneen sisään, jolloin ne ovat suojassa kuljetuksen ja asennuksen aikana. Pikaliittimillä varustetuilla kaapeleilla (kuva 18) vältetään virheellisten sähkökytkentöjen mahdollisuus.



Kuva 18. Pikaliittimillä kytkentöjen tekeminen on nopeaa, ja virheellisten kytkentöjen tekeminen on estetty. Liittimet sopivat toisiinsa vain yhdessä asennossa.

Pikaliittimien kytkennän ja koneen ulkopuolisten laitteiden sekä sähkönsyötön kytkennän jälkeen ilmanvaihtokone on valmis käyttöönottoon.

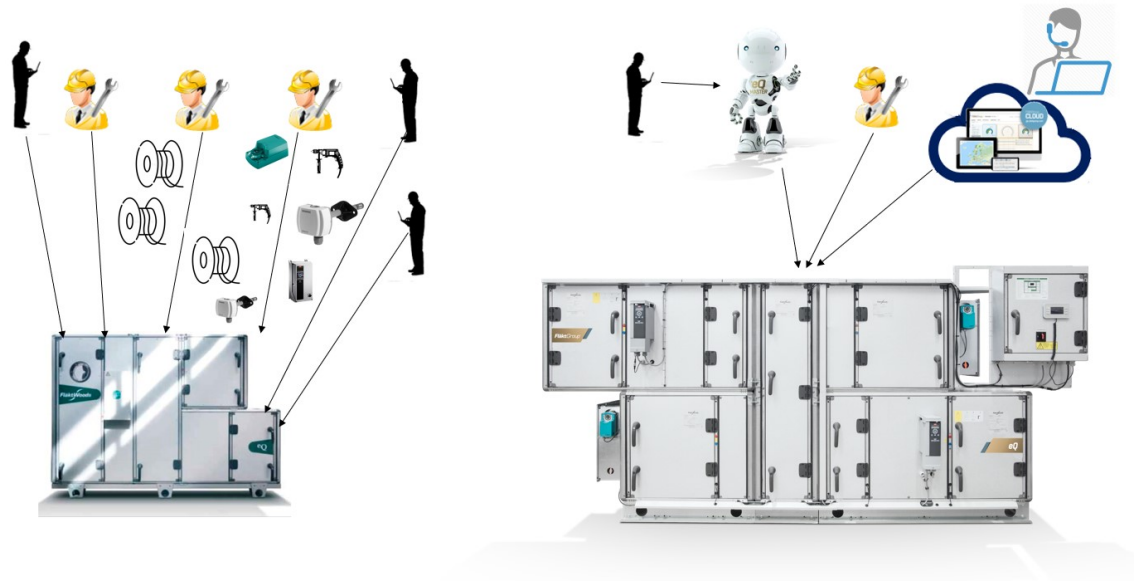
7.2 Toimintavalmiin ilmanvaihtokoneen käyttöönotto

Toimintavalmiin ilmanvaihtokoneen käyttöönotto on rakennustyömaalla nopeaa, koska ohjelmistot on testattu valmiiksi. Suurin osa laiteasennuksista ja kytkennöistä on tarkastettu jo tehtaalla. Ennen koneen käynnistämistä tarkastetaan, että koneeseen on asennettu suodattimet ja varmistetaan ettei koneen sisään ole jäänyt ylimääräistä tavaraa esimerkiksi konehuoneasennuksista. Koneelle kytketään sähkönsyöttö, joka on mitoitettu koneen tehotietojen mukaisesti. Kun koneeseen on kytketty käyttöjännite, tarkastetaan että kaikki mittaustiedot anturelta siirtyvät automaatiojärjestelmään. Venttiilien toimilaitteet, lämmöntalteenoton laitteet ja sulkupeltien toiminta tarkastetaan. Tarkastuksessa varmistetaan, että kaikki pikaliittimellä varustetut kaapelit on kytketty ja tiedonsiirto toimii

kaikilta laitteilta. Tarkastuksen jälkeen säätimeen asetetaan halutut asetusarvot ja kone voidaan ottaa käyttöön ja liittää internet-yhteydellä laitevalmistajan etäpalveluun.

8 Toimitustapojen vertailu

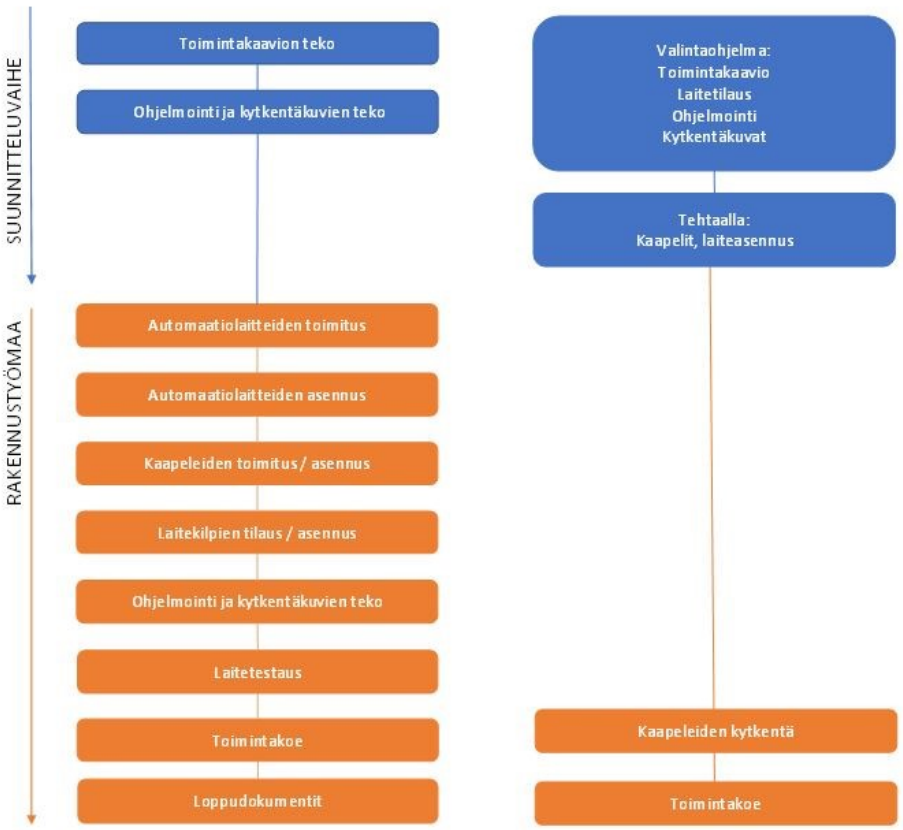
Toimintavalmis ilmanvaihtokone vähentää rakennustyömailla tehtäviä asennus- ja valvontatöitä. Kuvassa 19 on kuvattu eri toimitusvaihtoehtoja rakennustyömaan näkökulmasta. Perinteisellä toimitustavalla toimitettuun ilmanvaihtokoneeseen on tehtävä rakennustyömaalla laiteasennuksia ja tarkastuksia, jotka toimintavalmiiseen ilmanvaihtokoneeseen tehdään jo tehtaalla.



Kuva 19. Rakennustyömaan näkökulmasta toimintavalmis ilmanvaihtokone on valmis kokonaisuus. Vasemmalla perinteinen toimitus ja oikealla toimintavalmis.

Toimintavalmis ilmanvaihtokone vähentää työmaalla tehtäviä työvaiheita. Ohjelmointi- ja dokumentaatio ilmanvaihtokoneelle on valmis, kun ilmanvaihtokone on tilattu ja sen valmistus alkaa. Automaatiolaitteiden asennus- ja kaapelointi tehdään tehtaalla, ja koneen toimituksen jälkeen rakennustyömaalla pikaliitin kaapeleiden kytkennän jälkeen kone on valmis käyttöön. Kuvassa 20 on esitetty

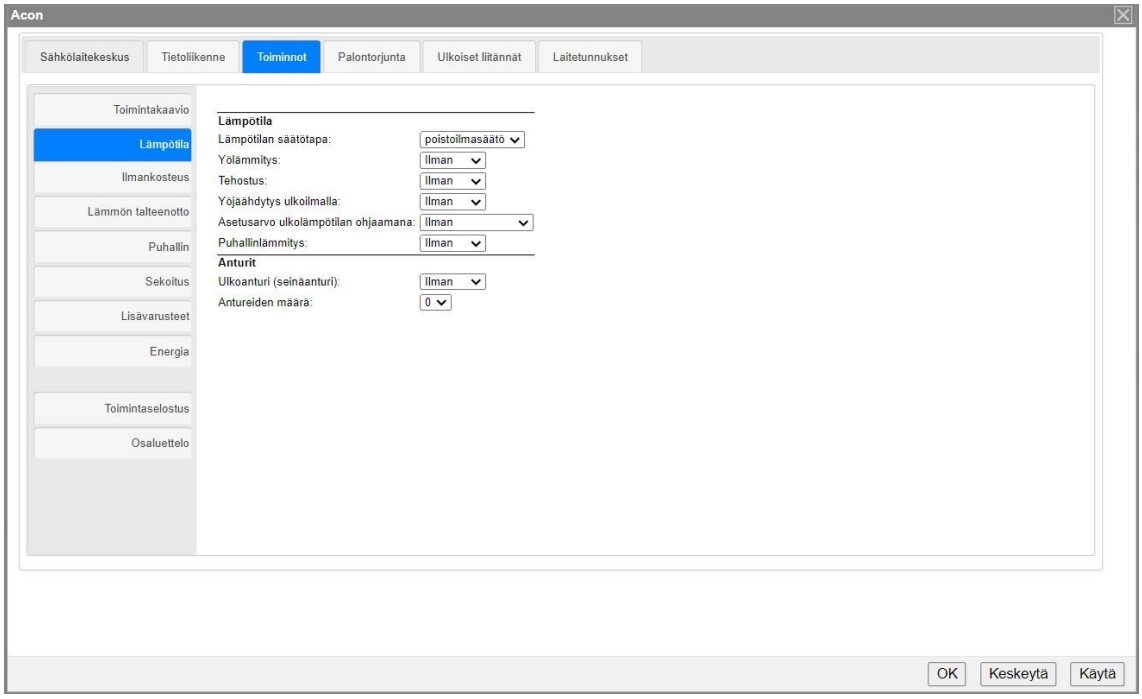
työvaiheiden eroja eri toimitustavoissa.



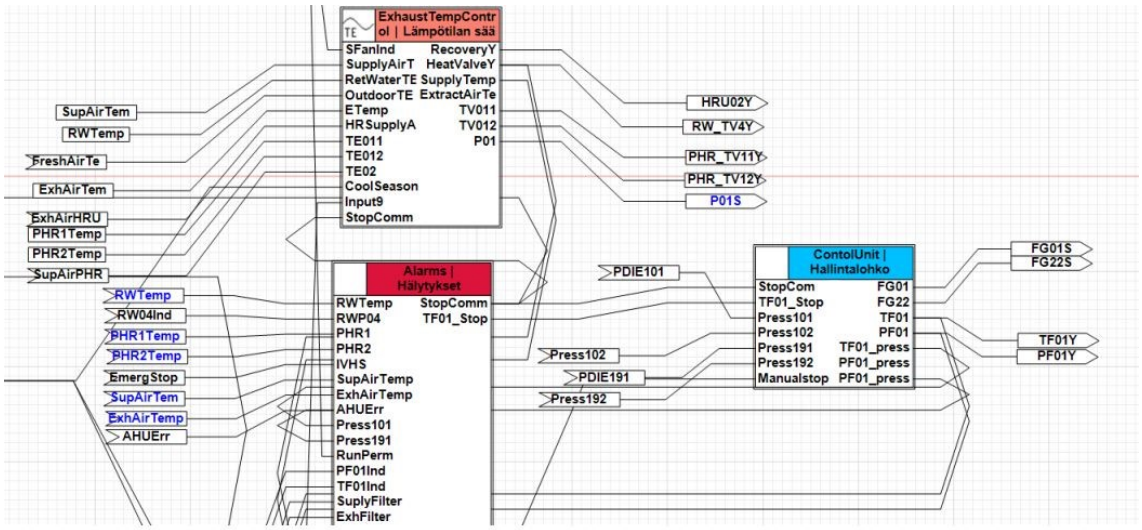
Kuva 20. Toimitustapojen työvaihevertailu, vasemmalla perinteinen toimitus ja oikealla toimintavalmis.

Perinteisessä toimitustavassa korostuu jo suunnitteluvaiheessa eri suunnittelijoiden rajapintojen epäselvyys, joka lisää riskejä ilmanvaihtojärjestelmien suunnitteluvirheille. Suunnitteluvaiheessa ei yleensä ole tiedossa kaikkia laitetoimittajia ja urakoitsijoita. Eri urakoitsijoiden toimittamien laitteiden yhteensopivuus on silloin tarkastettava rakennusaikana. Toimintavalmis ilmanvaihtokone on kokonaisuus, jonka yhteensopivuuden tarkastaminen on yksinkertaisempaa. Perinteisessä toimitustavassa eri urakoitsijoiden ja laitetoimittajien täytyy vaihtaa paljon tietoa eri komponenteista. Antureiden, toimilaitteiden, puhallinmoottoreiden ja tiedonsiirtokaapeleiden yhteensopivuus on varmistettava. Lopullinen kokoonpano on toimintavalmiissa ilmanvaihtokoneessa aina testattu, mutta perinteisessä toimitustavassa testaus on tehtävä rakennus- ja takuuaikana.

Toimintavalmiiden ilmanvaihtokoneiden ohjelmointi on keskitettyä ja toiminnat on testattu ja varmistettu laitekokoonpanolle sopivaksi. Ohjelmien valitseminen valintaohjelmassa ei vaadi ohjelmointitaitoa. Esimerkiksi tuloilman lämpötilan säätötapa valitaan alavetovalikon vaihtoehdoista. Poistoilmasäätö-valinnalla tuloilman lämpötilaa säädetään poistoilman lämpötilan mukaisesti ja huonesäätövalinnalla huonelämpötilan mukaisesti. Ilmanvaihtokoneeseen tehtaalla ladattava ohjelmisto ottaa valintaohjelmassa tehdyt valinnat huomioon ja muokkaa automaattisesti ilmanvaihtokoneen ohjelmistoa. Kuvassa 21 on kuvattu toimintavalmiin ilmanvaihtokoneen ohjelmien valintaa valintaohjelmassa. Perinteisessä ohjelmointitavassa toimintojen valinta tehdään ohjelmoimalla. Ohjelmoimalla on valintoja tekevän käyttäjän osattava säätimessä käytettyä ohjelmointikieltä. Kuvassa 22 on kuvattu osio ilmanvaihtokoneen ohjelmasta, joka on tehty perinteisellä tavalla visuaalisella ohjelmointikielellä.



Kuva 21. Toimintavalmiin ilmanvaihtokoneen ohjelmallisten toimintojen valinta. Kuvakaappaus valintaohjelmasta. Alavetovalikoiden valinnat muokkaavat automaattisesti ilmanvaihtokoneeseen ladattavan ohjelmiston.



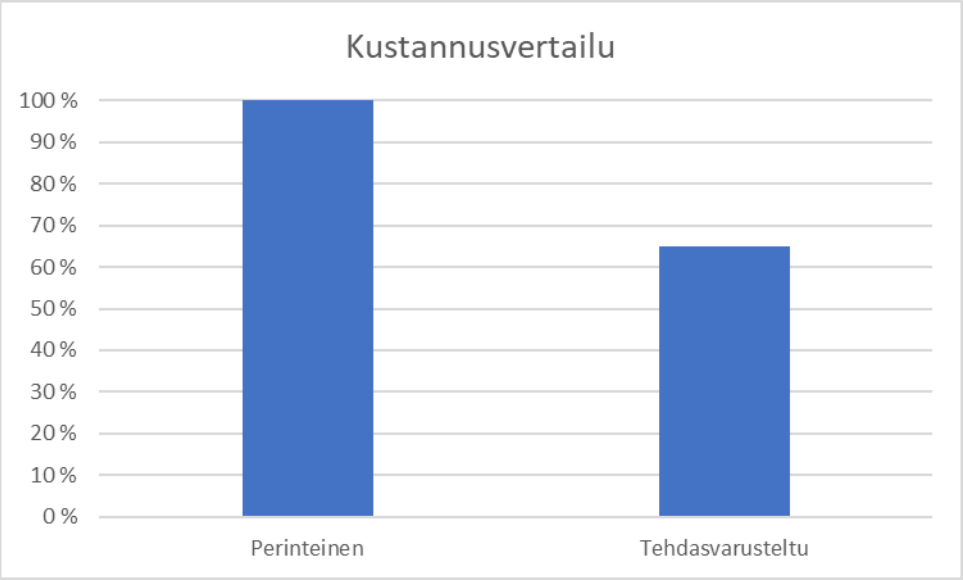
Kuva 22. Ilmanvaihtokoneen perinteinen ohjelmointitapa vaatii ohjelmointiosaamista. Toimintojen muuttaminen on tehtävä ohjelmaa muokkaamalla. Kuvassa kuvakaappaus tuloilman lämpötilan säätöön, puhallinmoottoreiden ohjaamiseen ja vikahälytysten toimintaan tehdystä ohjelmasta.

Toimintavalmiin ilmanvaihtokoneen dokumentaatio saadaan siirrettyä kiinteistön omistajien huoltokirjamateriaaleihin tehokkaasti. Sähkö- ja automaatiolaitteistojen kytkentäkuvat tehdään jo valintaohjelmassa tehtyjen valintojen mukaisesti tehtaan kokoonpanokuviksi. Loppudokumentaatiota varten kiinteistönomistajan huoltokirjaan siirrettäviä tietoja varten ei tarvitse kerätä tietoja eri urakoitsijoilta rakennustyömaalla toteutetuista töistä ja laitevalinnoista. Tekniikan avulla jokainen kone ja siinä käytetyt materiaalit sekä komponentit ovat jäljitettävissä tietokannasta.

Toimintavalmiiden ilmanvaihtokoneiden toimituksiin laitevalmistajat järjestävät FAT-testejä (FAT factory acceptance test, tehdastesti toimittajan tai valmistajan tiloissa). Suurissa projekteissa se on tehokas tapa varmistaa laitteiden yhteensopivuus rakennuttajan järjestelmiin. Testeillä osoitetaan, että ohjelmistot ja laitteet täyttävät niille asetetut vaatimukset.

Investointikuluissa tehtaalla varusteltu ilmanvaihtokone säästää työmaakuluissa erityisesti asennus-, kaapelointi- ja projektinjohtokuluissa. Vertailussa käytetyt tarjoukset sisälsivät kahdenkymmenen perinteisellä toimitustavalla toimitetun

ilmanvaihtokoneen sähkö- ja automaatiolaitteiden kaapelointi- ja kytkentätyöt. Kustannusvertailu (kuva 23) on tehty ilmanvaihtokoneiden sähkö- ja automaatiolaitteiden laitekustannuksista sekä työkustannuksista.



Kuva 23. Ilmanvaihtokoneen sähkö- ja automaatiolaitteiden kustannusvertailu.

Tehtaalla varustetun ilmanvaihtokoneen sähkö- ja automaatiolaitteiden kustannukset on arvioitu yleisimmän konekoon ja kokoonpanon mukaisesti. Kustannusvertailun perusteella ilmanvaihtokoneen sähkö- ja automaatiolaitteiden integroiminen koneeseen tehtaalla säästää investointikustannuksissa noin 35 %. Tehtaalla varustettujen modulaaristen ilmanvaihtokoneiden toimintakaavio- ja toimitusrajaesimerkit on esitetty insinöörityön liitteissä. Liitteessä 1 on esitetty vastavirtalevylämmönsiirtimellä ja liitteessä 2 pyörivällä lämmönsiirtimellä varustettujen koneiden toiminta ja toimitusrajat.

Ilmanvaihtokoneiden tuotantoprosessia on kehitetty niin, että asiakkaan tekemät valinnat voidaan räätälöidä kustannustehokkaasti. Perinteisissä ratkaisuissa kustannuksia säästetään usein vähentämällä laitteita. Esimerkiksi ilmanvaihdon ilmavirtaa seurataan rakennusautomaatiojärjestelmistä harvoin, vaikka vain sillä tiedolla voidaan varmistua toimivasta ilmanvaihdosta (23). Tehtaalla

asennettavan anturin ja kaapeloinnin sekä ohjelmoinnin kustannus on niin pieni, että toimintavalmiissa ilmanvaihtokoneissa toiminto on yleensä vakiona.

Perinteisessä toimitustavassa ilmanvaihtokoneelle tehdään rakennuksen valmistuttua toimintakoe. Toimintakokeessa tarkastetaan, että toiminnat vastaavat suunnitelmia. Toimintakokeen tulokset ovat kuitenkin aina riippuvaisia vallitsevista ulkoilman ja sisäilman lämpötilasta sekä kosteudesta, joten esimerkiksi kesällä toteutettu toimintakoe ei vastaa talviajan toimintoja. Eri toimintoja simuloidaan toimintakokeissa, mutta se ei täysin vastaa laitteiston testausta eri olosuhteissa. Toimintavalmiit ilmanvaihtokoneet testataan laboratoriossa, jossa koneen toiminta saadaan testattua eri olosuhteissa. Toimintavalmiin ilmanvaihtokoneen laitteiden ja ohjelmistojen toiminta on testattu jo ennen laitteen rakentamista asiakkaalle. Perinteisessä toimitustavassa laitteistot toteutetaan kohdekohtaisesti, joten eri laitteiden yhteensopivuuksia kaikissa olosuhteissa ei ole testattu ennen rakennuksen käyttöönottoa.

Etäkäyttöpalvelut vähentävät matkustusta, kun toimintahäiriöiden selvittäminen ja asetusarvojen muutokset tehdään etänä. Etäkäyttöpalvelulla Ilmanvaihtokoneista voidaan siirtää tuotekehitykseen tietoa laitteiden toiminnasta erilaisissa olosuhteissa. Kerättyä dataa voidaan siten hyödyntää paremmin tuotekehitykseen ja tehostaa ilmanvaihtokoneiden energiatehokkuusratkaisujen kehittämistä. Kun ilmanvaihtokone toimitetaan valmiina testattuna kokonaisuutena, tekoälytoimintojen ja oppivien algoritmien hyödyntäminen tehostuu. Kun laitevalmistajat saavat kerättyä enemmän dataa, tietokantojen avulla tehtävät ennakoivat huoltotoimenpiteet ja energiankulutuksen hallinnan ohjelmistot kehittyvät nopeammin kerätyn datan avulla. Kun tietokannassa on riittävästi tietoa esimerkiksi puhallinmoottoreiden toiminnoista eri olosuhteissa, voidaan havaittujen poikkeamien avulla tehdä tarvittavia huoltotoimenpiteitä jo ennen kuin laite vioittuu ja aiheuttaa toimintahäiriöitä ilmanvaihtoon. Ilmanvaihtokoneiden energiatehokkuuden seuranta ja määräaikaistarkastuksia varten kerättävä data on laitekokoonpanoja hyödynnettäessä käytettävissä heti laitteiston käyttöönotosta, kun ilmanvaihtokone liitetään laitevalmistajan tietokantaan.

9 Yhteenveto

Insinöörityön tavoitteena oli tutkia ilmanvaihtokoneiden toimitustapojen kustannuksia ja vaikutusta ilmanvaihtojärjestelmien rakennustöihin. Kustannusvertailu tehtiin vertaamalla toimintavalmiin ilmanvaihtokoneen sähkö- ja automaatiolaitteiden kustannusta perinteiseen toimitustapaan. Sähkö- ja automaatiolaitteiden kustannuksena perinteisessä toimitustavassa käytettiin keskiarvoa kahdenkymmenen ilmanvaihtokoneen kustannuksista. Ilmanvaihtokoneen sähkö- ja automaatiolaitteiden työvaiheet jaettiin insinöörityössä osiin ja tehtiin vertailu työmaalla tapahtuvien työvaiheiden eroihin. Talotekniikan esivalmistusta hyödynnetään Suomessa vielä vähän ja talotekniikan hankinnoissa kustannusvertailu tehdään yleensä vain investointikustannusten osalta. Insinöörityössä tutkittiin ilmanvaihtokoneiden elinkaarikustannuksia tavoitteena havainnollistaa niiden merkitystä.

Ilmanvaihtokoneiden automaatiojärjestelmien toimintojen vaikutusta energiatehokkuuteen tutkittiin tässä insinöörityössä laskemalla tuloilman lämpötilan muutoksen vaikutuksia energiakustannuksiin ja päästöihin. Puhallinmoottoreiden sähköenergiakustannukset laskettiin ilmanvaihtokoneelle, jolla tuotetaan 2 m^3/s tulo- ja poistoilmavirtaus. Toimintavalmiiden ilmavaihtokoneiden hankinnan ja suunnittelutyön tueksi insinöörityössä tehtiin esimerkit toimintakaavioista.

Rakennusten ilmanvaihtojärjestelmien energiankäytöstä aiheutuu paljon kustannuksia ja kasvihuonepäästöjä. Ympäristöministeriö valmistelee lainsäädäntöä rakennusten vähähiilisyyden ohjauksesta, ja se astuu voimaan vuoteen 2025 mennessä. Lainsäädäntöä tarvitaan ohjaamaan talotekniikan energiatehokkuuden määräaikaistarkastuksia ja seurantaa. Rakennusten elinkaaren aikaisten olosuhteiden ja energiatehokkuuden varmistaminen on ratkaisevaa rakennusten kasvihuonepäästöjen hallitsemiseksi.

Seuraava askel valmiista laitekokoonpanoista tulee olemaan kerätyn datan hyödyntäminen koneoppimisen sovelluksiin. Tekoälyjärjestelmät ja digitaaliset ratkaisut edistävät kiinteistöjen energiatehokkuutta kustannustehokkaasti.

Energiaa voidaan säästää ja käyttää joustavasti niin, että laadukkaasta sisäilmasta ei tingitä.

Lähteet

1 Rakentamisen kiertotalous. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <https://ym.fi/rakentamisen-kiertotalous>. Luettu 27.8.2021.

2 Rakentaminen ja rakennukset. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kestavat_julkiset_hankinnat/tietopankki/rakentaminen_ja_rakennukset>. Päivitetty 10.8.2020. Luettu 27.8.2021.

3 Kasvihuonekaasut lämmittävät. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/3a576a6e-bec5-44bc-a01d-11497ebdc441/kasvihuonekaasut-lammittavat.html>. Luettu 27.8.2021.

4 Kuudes arviointiraportti. 2021. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/kuudes-arviointiraportti>. Luettu 10.9.2021.

5 IPCC_AR6_WGI_Full_Report. 2021. Verkkoaineisto. IPCC The Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>. Luettu 8.8.2021.

6 Energy performance of buildings directive. 2019. Verkkoaineisto. European Commission. Päivitetty 12.7.2021. Luettu 14.7.2021.

7 Vähähiilisen rakentamisen tiekartta. 2017. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <https://ym.fi/vahahiilisen-rakentamisen-tiekartta>. Luettu 28.5.2021.

8 Sisäilman epäpuhtaudet ja hajut. Verkkoaineisto. Hengitysliitto. <https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/sisailman-laatu/sisailman-epapuhtaudet-ja-hajut/>. Luettu 12.7.2021.

9 Indoor air pollution: new EU research reveals higher risks than previously thought. 2003. Verkkoaineisto. European Commission. <https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_03_1278>. Luettu 28.5.2021.

10 Eurovent guidebook air handling units. 2018. Verkkoaineisto. Eurovent. <https://eurovent.eu/sites/default/files/field/file/2018-10-30%20-%20Eurovent%20-%20AHU%20Guidebook%20-%20First%20Edition%20-%20EN%20-%20Web_0.pdf>. Luettu 27.5.2021.

11 Sisäilmauutiset 2014. Verkkoaineisto. Sisäilmauutiset. <https://www.sisailmauutiset.fi/tutkimus/ilmanvaihdon-ja-ilmastoinnin-suunnitteluun/attachment/sisailmauutiset-1-2014_page_29/ >. Luettu 28.5.2021.

12 Ilmanvaihdon mitoituksen perusteet. 2017. Verkkoaineisto. FINVAC ry. <http://www.ym.fi/download/noname/%7B59DC42F9-7C8A-4CBE-817E-1E2DBB67E02E%7D/133706>. Luettu 31.5.2021.

13 Energiatehokkuuslaki. 2014. 1429/30.12.2014.

14 Ducted plate heat exchanger Recuperator working principle. Verkkoaineisto. The Engineering Mindset. <https://theengineeringmindset.com/hvac-heat-exchangers-explained/ducted-plate-heat-exchanger-recuperator-working-principle/>. Luettu 20.9.2021.

15 Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa. Verkkoaineisto. FINVAC ry. <https://finvac.org/wp-content/uploads/2020/06/Opas_ilmanvaihdon_mitoitukseen_muissa_kuin_asuinrakennuksissa_2019b.pdf>. Luettu 16.7.2021.

16 Opas asuinrakennusten ilmanvaihdon mitoitukseen. 2019. FINVAC ry. Verkkoaineisto. <https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Opas-asuinrakennusten-ilmanvaihdon-mitoitukseen_2019-C28A5C3D_0A1B_4504_98BB_14D9C1820FE9-144725.pdf/338c293d-f4b5-514b-d6d9-1ddc0dc225f0/Opas-asuinrakennusten-ilmanvaihdon-mitoitukseen_2019-C28A5C3D_0A1B_4504_98BB_14D9C1820FE9-144725.pdf?t=1603260100069>. Luettu 6.7.2021

17 Määräaikaiset sähkösopimukset yrityksille ja taloyhtiöille. Verkkoaineisto. Lumo Energia Oyj. <https://www.lumoenergia.fi/yritykselle/maaraaikaiset-sopimukset/>. Luettu 23.9.2021.

18 Sähkön siirron verkonhaltijakohtaiset keskihinnat 2019 eteen päin. Verkkoaineisto. Energiavirasto. <https://energiavirasto.fi/documents/11120570/0/kaikkisiirtohinnat+2019_11+alkaen.xlsx/83b8e301-b1e5-983c-0d1e-c6b98f3d8947?t=1632376194555>. Luettu 15.9.2021.

19 Energian hinnat 2020 4. vuosineljännes. 2020. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <https://www.stat.fi/til/ehi/2020/04/ehi_2020_04_2021-03-11_kuv_005_fi.html>. Luettu 20.8.2021

20 Vuoden 2020 sää. Verkkoaineisto. Ilmatieteenlaitos. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/vuosi-2020>. Luettu 20.6.2021.

21 Kaukolämpötilasto 2019. 2019. Verkkoaineisto. Energiateollisuus ry. <https://energia.fi/files/5384/Kaukolampotilasto_2019.pdf>. Luettu 20.6.2021.

22 Energian ominaispäästöt. 2020. Verkkoaineisto. Helen Oy. <https://www.helen.fi/helen-oy/energia/energiantuotanto/sahkon-ja-lammon-ominaispaastot>. Luettu 20.6.2021.

23 Sisäilman laadun hallinta rakennushankkeen eri vaiheissa. 2017. Verkkoaineisto. Rakennusteollisuus RT ry. <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ajankohtaista/ajankohtaista-liitteet/2018/vtt-s-06675-17-rt-sisailman-laadun-hallinta-191217.pdf>. Luettu 6.7.2021.

24 Häkkinen Tarja, Kuittinen Matti, Suomela Miia. 2020. Kohti vähähiilistä rakentamista: opas arviointiin ja suunnitteluun. Rakennustieto.

25 EVIA'S EU Manifesto good indoor air quality is a basic human right. Verkkoaineisto. EVIA. <https://www.evia.eu/wp-content/uploads/EVIA-EU-MANIFESTO-2019.pdf>. Luettu 29.3.2021.

26 Suomen kasvihuonekaasupäästöt 2019. 2019. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <https://www.stat.fi/til/khki/2019/khki_2019_2020-05-28_kat_001_fi.html>. Päivitetty 28.5.2020. Luettu 15.7.2021.

27 RECUTERM vastavirtalevylämmönsiirrin. Verkkoaineisto. FläktGroup. <https://www.flaktgroup.com/fi/products/ilmankasittelykoneet/energiantalteenottoratkaisut/recuterm-vastavirtalevylammonsiirrin/>. Luettu 29.3.2021.

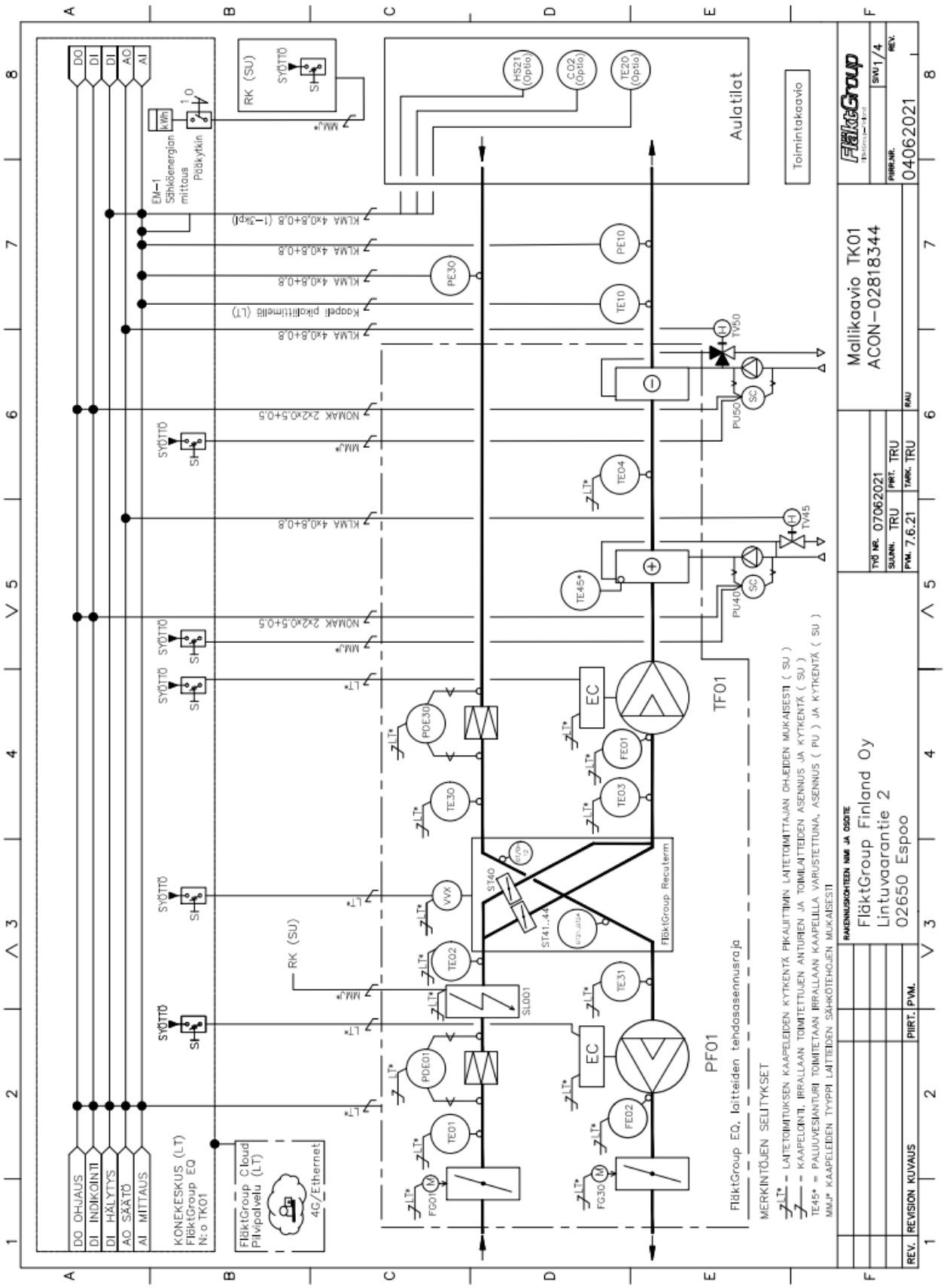
28 EU komission asetus N:o 1253/2014. 2014.

29 Yhteenveto toimialojen vähähiilitiekartoista. 2020. Verkkoaineisto. Työ- ja elinkeinoministeriö. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162494/TEM_2020_52.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Luettu 27.5.2021.

30 Vähähiilinen rakentaminen. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <https://ym.fi/vahahiilinen-rakentaminen>. Luettu 27.5.2021.

31 Vähähiilisen rakentamisen vuosiwebinaari 20.4.2021. 2021. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <https://elinkaarilaskenta.fi/>. Luettu 10.9.2021.

Toimintakaavio ja toimitusrajat (levylämmöntalteenotto)



TOIMINTASELOSTUS

1. Koneen käynnistys ja pysäytys

Ilmanvaihtokone käynnistyy ja pysähtyy säätökeskukseen asetellun aikaohjelman mukaan.
Säätökeskus ohjaa lämmöntalteenoton 100 % teholle ilmanvaihtokoneen käynnistyessä.

Seuraavat pellit aukeavat, ennen kuin tulopuhallin/poistopuhallin käynnistyy ja sulkeutuvat kun puhaltimet pysähtyvät:
- Ulkoilmapelti
- Jäteilmapelti

Seuraavat pellit sulkeutuvat sähkökatkon aikana:
- Ulkoilmapelti
- Jäteilmapelti

2. Lämpötilan säätö

Lämmitystarpeen kasvaessa säätökeskus ohjaa lämmityssekvenssiä seuraavassa järjestyksessä:
- Lämmöntalteenoton levylämmönsiirrin
- Lämmityspatteri

Jäähdytystarpeen kasvaessa säätökeskus ohjaa jäähdytyssekvenssiä seuraavassa järjestyksessä:
- Jäähdytyksen talteenotto levylämmönsiirtimellä, jos poistoilmalämpötila matalmpi kuin ulkolämpötila.
- Jäähdytyspatteri

Säätökeskus ohjaa lämmityspatterin tehoa venttiilimoottorin avulla.
Säätökeskus ohjaa jäähdytyspatterin tehoa venttiilimoottorin avulla.
Säätökeskus pitää poistoilman lämpötilan vakiona asetetun asetusarvon mukaisesti säätämällä tuloilman lämpötilaa.
Tuloilman lämpötila–anturi rajoittaa tuloilman minimi– ja maksimilämpötilaa.
varten, jos poistoilman lämpötila on matalampi kuin ulkoilman lämpötila.
- Säätökeskus ohjaa levylämmönsiirrintä erillisen huurteensulatuskeskuksen avulla.

Ulkolämpötilakompensointi. Lämpötilan asetusarvoa suurennetaan/pienennetään 4–pisteisen kompensointikäyrän mukaan ulkolämpötilan funktiona.
– Lämmönsiirtimen hyötysuhde (Tuloilman lämpötila lämmönsiirtimen jälkeen – ulkolämpötila) / (Poistoilman lämpötila – ulkolämpötila)
Lämmityspatterin jäätymissuojaus:
– Paluuveden lämpötila–anturi
Kun lämmityspotteri on jäätymisvaarassa, kone pysähtyy.
Kun lämmityspotteri on jäätymisvaarassa, sen venttiilimoottori ohjataan avautumaan. Jos jäätymisvaara jatkuu, kone pysähtyy.
Kun kone pysähtyy, lämmityspatterin paluuveden lämpötila pidetään vakiona 20 ° C:ssa.
Lämmityspatterin kiertovesipumpun toimintaa hoitaa ohjausyksikkö ja pumppu on toiminnassa, jos on lämmitystarve tai jos paluuveden lämpötila laskee alle 12° C:teen (Aseteltava raja–arvo).
Säätökeskus ohjaa jäähdytyspatteri 1 kiertopumppua. Pumppu käy, kun on jäähdytystarvetta. Muuna aikana pumppua ohjataan verryttelykäytöllä.

3. Puhaltimien säätö

Tuloilmapainetta ylläpidetään operatiivisen ohjearvon mukaan nopeudella ohjattavan tuloilmapuhaltimen avulla.
Tuloilmavirtaustieto säätimelle.
Poistoilman paine pidetään toiminnallisen ohjearvon mukaisesti nopeussäädetyn poistoilmapuhaltimen avulla.
Poistoilmavirtaustieto säätimelle.
Virtauksen mittaus säädetään ilman tiheyden perusteella mittaamalla lämpötila vastaavan puhaltimen vieressä.

4. Suodattimien valvonta

- Tuloilmasuodattimen painehäviön raja–arvo
- Poistoilmasuodattimen painehäviön raja–arvo

5. Huurteenesto

Kun ulkolämpötila on alle –8 ° C, sisäinen ohjausyksikkö rajoittaa talteenottoa siten, että ohituspelti avautuu asteittain, kun tarvitaan huurteensulatusta.
Tämä ei vaikuta lämmönsiirtimen otsapinnalla oleviin peltiehin.
Kun jäteilman lämpötila–antureiden alin lämpötila on alle + 2 ° C ja alle 1 K poistoilman lämpötilan ja kasteuden perusteella lasketun kastepisteen yläpuolella, sisäänrakennettu ohjausyksikkö ohjaa yhtö tai kahta lämmönvaihtimen peltiä kerrallaan sulkeutumaan.
Ohjauskeskus säätää esilämmittimen tehoa siten, että ilman lämpötila esilämmittimen jälkeen ei laske alle –22 ° C. Esilämmitin on varustettu ylikuumenemissuojalla sekä virtausvahdilla.

6. Hälytykset

- Käsikäyttötila
- Lämmöntalteenotto häiriö
- Ristiriita kiertopumppu, lämmityspatteri
- Ristiriita kiertopumppu, jäähdytyspatteri
- Vikatila, lämmöntalteenotto
- Säätövirhe tuloilmapuhallin
- Säätövirhe poistoilmapuhallin
- Vika nopeussäädetyssä tuloilmapuhaltimessa
- Vika nopeussäädetyssä poistoilmapuhaltimessa
- Palohälytys
- Manuaalinen ja automaattinen ylikuumenemissuoja, Esilämmitin
- Jäätymissuoja, lämmityspatteri
- Tuloilmasuodattimen painehäviö
- Poistoilmasuodattimen painehäviö
- Hälytys alhainen hyötysuhde
- Lämpötila–anturivika

7. Energiamittaukset

- Konekeskuksen kokonaissähköenergian mittaus
- Puhaltimien ominaissähköteho, SFP
- Lämmöntalteenoton kokonaisenergia
- Lämmityksen kokonaisenergiankulutus
- Jäähdytyksen kokonaisenergiankulutus

8. Väylä rajapinnat

- Konekeskus varustetaan Modbus RTU sovittimella rakennusautomaation väyläliitosta varten. Konekeskuksen ja rakennusautomaation välinen kaapelointi rakennusautomaatiourakoitsijan ohjeiden mukaisesti.

9. Pilvipalvelu (Tietoturvallinen etäyhteys)

- Palvelun tulee tallentaa jatkuvasti vähintään yhden (1) vuoden tiedot laitteen toiminnasta, esittää aktiiviset hälytykset ja hälytyshistoria, toimintatiedot ja toimintakaavio. Pilvipalvelun historiatietojen avulla tulee voida analysoida laitteen toimintaa ja tiedot tulee voida siirtää ulos palvelusta esim. csv–muodossa. Mobiiliyhteyttä käytettäessä tulee varmistaa, että asennuspaikalla on mobiiliverkko kattavuus. Käytettäessä internetyhteyttä LAN–yhteyden kautta palomuurissa tulee sallia http–kommunikointi (portti 443). Toimitukseen sisältyy kohden (2) vuoden palvelusopimus.

REV.	REVISION KUVAUS	PIIRT.	PVM.

RAKENNUSKOHTEEN NIMI JA OSOITE
FläktGroup Finland Oy
Lintuvaarantie 2
02650 Espoo

TYÖ NR. 07062021
SUUNN. TRU PIRT. TRU
PVM. 7.6.21 TARK. TRU

Mallikaavio TK01
ACON–02818344

FläktGroup

SIVU 2/4
PIIRR.NR. 04062021 REV.

MODBUS REKISTERIT eQ FLÄKT V3.3X

COIL STATUS

0x0011 Emergency Stop input, 0=Off 1=On
0x0015 Fire alarm, 0=Off 1=On

INPUT REGISTERS, Read-Only

3x0001 General status,unsigned word
- BR0 = Alarm class danger (A)
- BR1 = Alarm class critical (A)
- BR2 = Alarm class low (B)
- BR3 = Alarm class warning (C)
- BR4 =
- BR5 = Manual control active
- BR6 = Summer mode
- BR7 =
- BR8 = Preheating, Heating 1 reg
- BR9 = Preheating, Heating 2 reg
- BR10 =
- BR11 = Act ctrl mode temp, room
- BR12 = Act ctrl mode temp, extract
- BR13 = Act ctrl mode temp, supply
- BR14 = Act ctrl mode hum, room
- BR15 = Act ctrl mode hum, supply

3x0017 Actual operating mode, unsigned word
- 0=Off
- 1=On/Comfort
- 2=Economy
- 3=Nig
- 4=Oasis
- 5=Nightcooling
- 6=Unoccupied (Temperature start)
- 7=Nightpurge (Test temperature)
- 8=Firedamper test
- 9=Fire
- 10=Stop
- 11=Overrun
- 12=Startup

3x0018 Actual fan step, unsigned word
- 0=Off
- 1=Stage1
- 2=Stage2
- 3=Stage3

3x0019 Manual operation (steps), unsigned word
- 0=Auto
- 1=Off
- 2=Stage1
- 3=Stage2
- 4=Stage3

3x0022 Actual time switch program, unsigned word (steps/temperature)
- 0=Auto
- 1=Off
- 2=Eco St1
- 3=Comf St1
- 4=Eco St2
- 5=Comf St2
- 6=Eco St3
- 7=Comf St3

3x0025 Outdoor air damper command, unsigned word
- 0=Off
- 1=On

3x0026 Exhaust air damper command, unsigned word
- 0=Off
- 1=On

3x0029 Supply fan output signal, 0-100%, unsigned word
3x0031 Exhaust fan output signal, 0-100%, unsigned word
3x0033 Cooling output signal, 0-100%, unsigned word
3x0036 Heat recovery output signal, 0-100%, unsigned word
3x0040 Heating output signal 0 -100%,unsigned word

3x0072 (TE01) Outdoor air temperature, signed word (factor 10)
3x0073 (TE10) Supply air temperature, signed word (factor 10)
3x0074 (TE45) Heating 1 frost temperature, signed word (factor 10)
3x0075 (TE20) Actual room temperature, signed word (factor 10)
3x0076 (TE30) Extract air temperature, signed word (factor 10)
3x0078 (TE03) Heat recovery supply air temp, signed word (factor 10)
3x0095 Supply air flow, l/s
3x0096 Exhaust air flow, l/s
3x0097 Supply air pressure, Pa
3x0098 Exhaust air pressure, Pa
3x0104 Actual heating setpoint,
Main (depending on actual control mode) ° C signed word (factor 10)
3x0106 Actual supply heating setpoint
(when use of cascade control) ° C signed word (factor 10)
3x0107 Actual supply cooling setpoint
(when use of cascade control) ° C signed word (factor 10)
3x0112 Actual supply fan setpoint
3x0113 Actual exhaust fan setpoint
3x0117 Heat recovery efficiency %
3x0125 POE01, Outdoor air filter sensor, Pa signed word (factor 10)
3x0126 POE30, Extract air filter sensor, Pa signed word (factor 10)
3x0195 (TE31) Exhaust density temperature, signed word (factor 10)
3x0281 Supply fan 1 Power kW, (Ziehl Abegg), signed word (factor 10)
3x0282 Supply fan energy kWh, (Ziehl Abegg), signed word (factor 10)
Note that this is the energy for both supply fans when configured for 2 fans
3x0284 Supply fan 1 Alarm warning, unsigned word
3x0306 Exhaust fan 1 Power kW, (Ziehl Abegg), signed word (factor 10)
3x0307 Exhaust fan energy kWh, (Ziehl Abegg) signed word (factor 10)
Note that this is the energy for both exhaust fans when configured for 2 fans
3x0309 Exhaust fan 1 Alarm warning, unsigned word
3x0335 (TE04) Temperature after Heating 1, signed word (factor 10)
3x0437 The current SFP value of the unit kW/(m3/s) signed word (factor 10)
3x0481 Plate heat exchanger - Overheating protection
0=OK 1=Fault
3x0482 Plate heat exchanger - Summary alarm relay
0=OK 1=Fault
3x0489 Plate heat exchanger - Actual Running Mode 0-12, unsigned word
3x0493 Supply fan 2 Alarm warning, unsigned word
3x0495 Supply fan 2 Power kW, (Ziehl Abegg), signed word (factor 10)
3x0502 Exhaust fan 2 Alarm warning, unsigned word
3x0504 Exhaust fan 2 Power kW, (Ziehl Abegg), signed word (factor 10)

INPUT STATES, Read-Only

1x0001 Alarm class Danger alarm (A) status, signed word
0=Normal 1=Alarm
1x0002 Alarm class Critical alarm (A) status, signed word
0=Normal 1=Alarm
1x0003 Alarm class Low alarm (B) status, signed word
0=Normal 1=Alarm
1x0004 Alarm class Warning alarm (C) status, signed word
0=Normal 1=Alarm
1x0005 Manual mode, signed word
0=Auto 1=Manual
1x0011 Emergency stop input, signed word
0=Off 1=On
1x0026 Fan alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0027 Supply fan alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0028 Supply fan feedback alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0029 Supply fan deviation, signed word
Alarm 0=Ok 1=Alarm
1x0030 Exhaust fan alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0031 Exhaust fan feedback, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0032 Exhaust fan deviation Alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0035 Cooling 1 pump alarm
0=Ok 1=Alarm
1x0040 Heat recovery alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0044 Heat recovery efficiency alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0045 Heating 1 pump alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0047 Heating 1 frost monitor, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0057 Supply air temperature deviation, signed word
0=Passive 1=Active
1x0058 Extract/Room air temperature deviation, signed word
0=Passive 1=Active
1x0071 Outdoor filter alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0072 Extract filter alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0073 Fire alarm alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0074 Supply air temperature fire alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0075 Extract air temperature fire alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0077 Manual mode alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0099 Heat recovery frost pressure alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm

HOLDING REGISTERS

4x0005 BMS TSP steps, unsigned word
0=Auto
1=Off
2=Stage 1
3=Stage 2
4=Stage 3
4x0006 BMS TSP steps/temperature, unsigned word
0=Auto
1=Off
2=Eco St1
3=ComfSt1
4=Eco St2
5=Comf St2
6=EcoSt3
7=Comf St3
4x0022 Comfort heating setpoint, unsigned word
4x0036 Supply temperature min setpoint, ° C signed word (factor 10)
(Cascade room/extract control) Low limit
4x0037 Supply temperature max setpoint, ° C signed word (factor 10)
(Cascade room/extract control) Low limit
4x0050 Supply fan step 1 setpoint, unsigned word
%, Pa or l/s depending on configuration
4x0051 Supply fan step 2 setpoint, unsigned word
%, Pa or l/s depending on configuration
4x0052 Supply fan step 3 setpoint, unsigned word
%, Pa or l/s depending on configuration
4x0053 Supply fan max force setpoint, unsigned word
%, Pa or l/s depending on configuration
4x0054 Exhaust fan step 1 setpoint, unsigned word
%, Pa or l/s depending on configuration
4x0055 Exhaust fan step 2 setpoint, unsigned word
%, Pa or l/s depending on configuration
4x0056 Exhaust fan step 3 setpoint, unsigned word
%, Pa or l/s depending on configuration

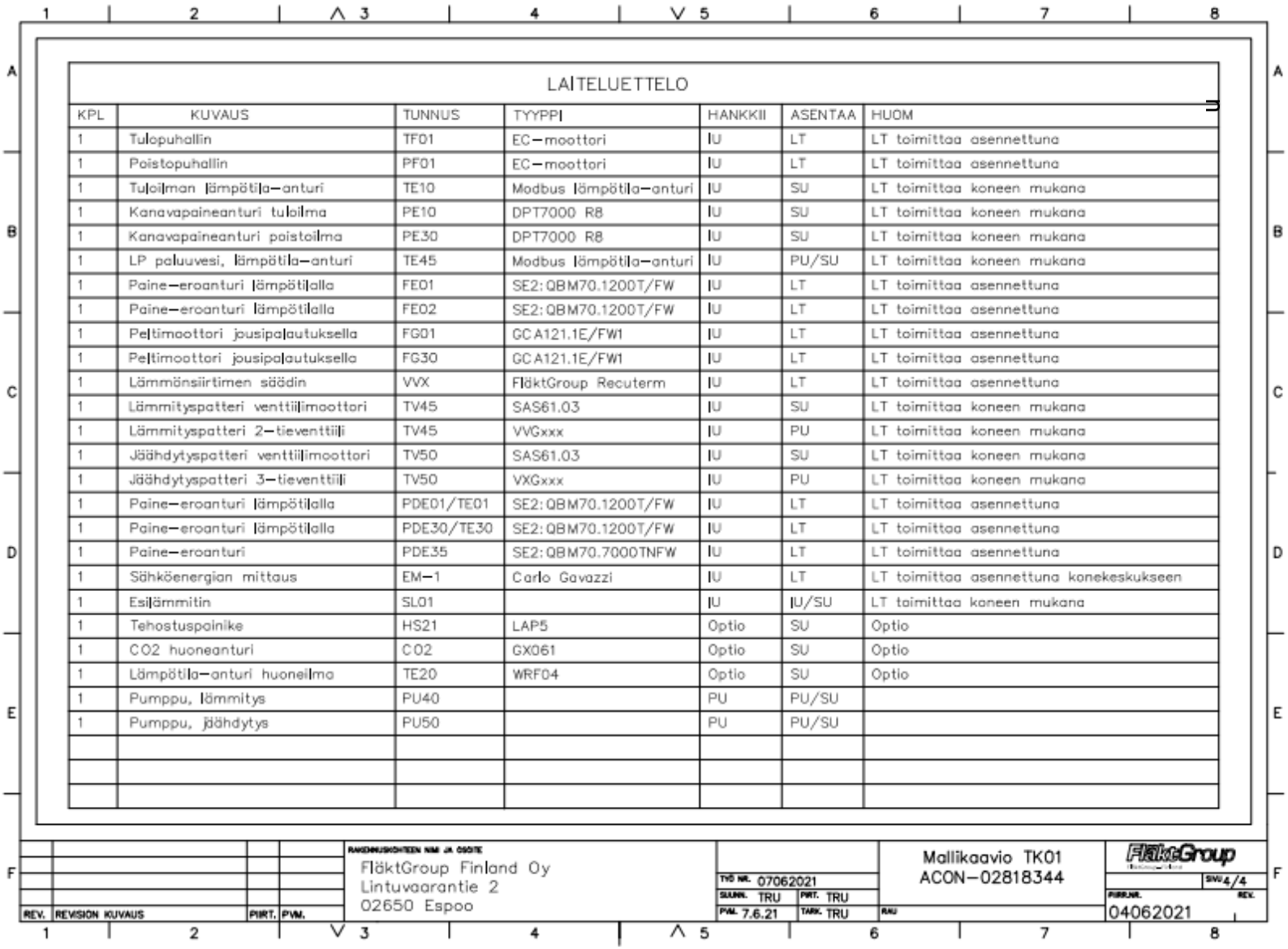
REV.	REVISION KUVAUS	PIIRT.	PVM.

RAKENNUSOSOITTEEN NIMI JA OSOITE
FläktGroup Finland Oy
Lintuvaarantie 2
02650 Espoo

TYÖ NR. 07062021	
SUUNN. TRU	PIRT. TRU
PVM. 7.6.21	TARK. TRU

Mallikaavio TK01
ACON-02818344

FläktGroup
SIVU 3/4
PIIRUNR. 04062021 REV.



LAITELUETTELO

KPL	KUVAUS	TUNNUS	TYYPPI	HANKKII	ASENTAA	HUOM
1	Tulopuhallin	TF01	EC-moottori	IU	LT	LT toimittaa asennettuna
1	Poistopuhallin	PF01	EC-moottori	IU	LT	LT toimittaa asennettuna
1	Tuloilman lämpötila-anturi	TE10	Modbus lämpötila-anturi	IU	SU	LT toimittaa koneen mukana
1	Kanavapaineanturi tuloilma	PE10	DPT7000 R8	IU	SU	LT toimittaa koneen mukana
1	Kanavapaineanturi poistoilma	PE30	DPT7000 R8	IU	SU	LT toimittaa koneen mukana
1	LP paluuvesi, lämpötila-anturi	TE45	Modbus lämpötila-anturi	IU	PU/SU	LT toimittaa koneen mukana
1	Paine-eroanturi lämpötilalla	FE01	SE2:QBM70.1200T/FW	IU	LT	LT toimittaa asennettuna
1	Paine-eroanturi lämpötilalla	FE02	SE2:QBM70.1200T/FW	IU	LT	LT toimittaa asennettuna
1	Peltimoottori jousipalautuksella	FG01	GCA121.1E/FW1	IU	LT	LT toimittaa asennettuna
1	Peltimoottori jousipalautuksella	FG30	GCA121.1E/FW1	IU	LT	LT toimittaa asennettuna
1	Lämmönsiirtimen säädin	VVX	FläktGroup Recuterm	IU	LT	LT toimittaa asennettuna
1	Lämmityspatteri venttiilimoottori	TV45	SAS61.03	IU	SU	LT toimittaa koneen mukana
1	Lämmityspatteri 2-tieventtiili	TV45	VVGxxx	IU	PU	LT toimittaa koneen mukana
1	Jäähdytyspatteri venttiilimoottori	TV50	SAS61.03	IU	SU	LT toimittaa koneen mukana
1	Jäähdytyspatteri 3-tieventtiili	TV50	VXGxxx	IU	PU	LT toimittaa koneen mukana
1	Paine-eroanturi lämpötilalla	PDE01/TE01	SE2:QBM70.1200T/FW	IU	LT	LT toimittaa asennettuna
1	Paine-eroanturi lämpötilalla	PDE30/TE30	SE2:QBM70.1200T/FW	IU	LT	LT toimittaa asennettuna
1	Paine-eroanturi	PDE35	SE2:QBM70.7000TNFW	IU	LT	LT toimittaa asennettuna
1	Sähköenergian mittaus	EM-1	Carlo Gavazzi	IU	LT	LT toimittaa asennettuna konekeskukseen
1	Esilämmitin	SL01		IU	IU/SU	LT toimittaa koneen mukana
1	Tehostuspainike	HS21	LAP5	Optio	SU	Optio
1	CO2 huoneanturi	CO2	GX061	Optio	SU	Optio
1	Lämpötila-anturi huoneilma	TE20	WRF04	Optio	SU	Optio
1	Pumppu, lämmitys	PU40		PU	PU/SU	
1	Pumppu, jäähdytys	PU50		PU	PU/SU	

REV.	REVISION KUVAUS	PIIRT.	PVM.

RAKENNUSKOHTEEN NIMI JA OSOITE
FläktGroup Finland Oy
Lintuvaarantie 2
02650 Espoo

TYÖ NR. 07062021
SUUNN. TRU PIRT. TRU
PVM. 7.6.21 TARK. TRU

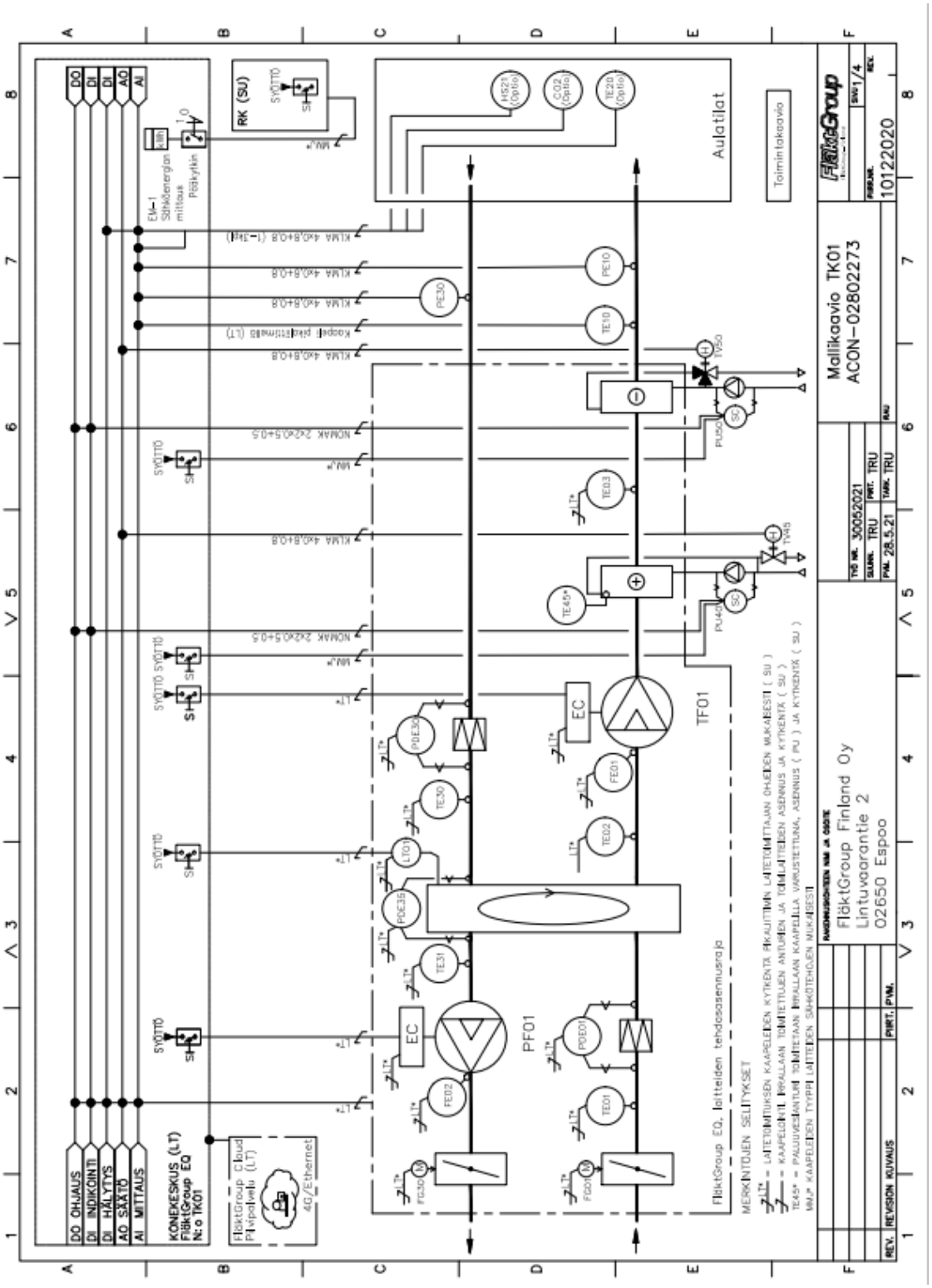
Mallikaavio TK01
ACON-02818344

RAU

FläktGroup

SIVU 4/4
PIIRUNR. 04062021 REV.

Toimintakaavio ja toimitusrajat (pyörivä lämmöntalteenotto)



TOIMINTASELOSTUS

1. Koneen käynnistys ja pysäytys

Ilmanvaihtokone käynnistyy ja pysähtyy säätökeskukseen asetellun aikaohjelman mukaan.
Säätökeskus ohjaa lämmöntalteenoton 100 % teholle ilmanvaihtokoneen käynnistyessä.

Seuraavat pellit aukeavat, ennen kuin tulopuhallin/poistopuhallin käynnistyy ja sulkeutuvat kun puhaltimet pysähtyvät:
- Ulkoilmapelti
- Jätеilmapelti

Seuraavat pellit sulkeutuvat sähkökatkon aikana:
- Ulkoilmapelti
- Jätеilmapelti

2. Lämpötilan säätö

Lämmitystarpeen kasvaessa säätökeskus ohjaa lämmityssekvenssiä seuraavassa järjestyksessä:
- Lämmöntalteenoton lämmönsiirrin
- Lämmityspatteri

Jäähdytystarpeen kasvaessa säätökeskus ohjaa jäähdytyssekvenssiä seuraavassa järjestyksessä:
- Jäähdytyksen talteenotto lämmönsiirtimellä, jos poistoilmalämpötila matalmpi kuin ulkolämpötila.
- Jäähdytyspatteri

Säätökeskus ohjaa lämmityspatterin tehoa venttiilimoottorin avulla.
Säätökeskus ohjaa jäähdytyspatterin tehoa venttiilimoottorin avulla.
Säätökeskus ohjaa pyörivää lämmönsiirrintä lämmönsiirtimessä olevan pyörimisnopeussäätimen avulla.
Säätökeskus pitää poistoilman lämpötilan vakiona asetetun asetusarvon mukaisesti säätämällä tuloilman lämpötiloa.
Tuloilman lämpötila-anturi rajoittaa tuloilman minimi- ja maksimilämpötiloa.
varten, jos poistoilman lämpötila on matalampi kuin ulkoilman lämpötila.
Ulkolämpötilakompensointi. Lämpötilan asetusarvoa suurennetaan/pienennetään 4-pisteisen kompensointikäyrän mukaan ulkolämpötilan funktiona.
- Lämmönsiirtimen hyötysuhde (Tuloilman lämpötila lämmönsiirtimen jälkeen - ulkolämpötila) / (Poistoilman lämpötila - ulkolämpötila)

Lämmityspatterin jäätymissuojaus:
- Paluuveden lämpötila-anturi

Kun lämmityspatteri on jäätymisvaarassa, kone pysähtyy.
Kun lämmityspatteri on jäätymisvaarassa, sen venttiilimoottori ohjataan avautumaan. Jos jäätymisvaara jatkuu, kone pysähtyy.
Kun kone pysähtyy, lämmityspatterin paluuveden lämpötila pidetään vakiona 20 ° C:ssa.
Lämmityspatterin kiertovesipumpun toimintaa hoitaa ohjausyksikkö ja pumppu on toiminnassa, jos on lämmitystarve tai jos paluuveden lämpötila laskee alle 12° C:teen (Aseteltava raja-arvo).
Säätökeskus ohjaa jäähdytyspatteri 1 kiertopumppua. Pumppu käy, kun on jäähdytystarvetta. Muuna aikana pumppua ohjataan verryttelykäytöllä.

3. Puhaltimien säätö

Tuloilmapainetta ylläpidetään operatiivisen ohjearvon mukaan nopeudella ohjattavan tuloilmapuhaltimen avulla.
Tuloilmavirtaustieto säätimelle.
Poistoilman paine pidetään toiminnallisen ohjearvon mukaisesti nopeussäädetyn poistoilmapuhaltimen avulla.
Poistoilmavirtaustieto säätimelle.
Virtauksen mittaus säädetään ilman tiheyden perusteella mittaamalla lämpötila vastaavan puhaltimen vieressä.

4. Suodattimien valvonta

- Tuloilmasuodattimen painehäviön raja-arvo
- Poistoilmasuodattimen painehäviön raja-arvo

5. Huurteenesto

Kun pyörivän lämmönsiirtimen paine-ero ylittää asetellun raja-arvon, talteenottoa rajoitetaan.

6. Hälytykset

- Käsikäyttötila
- Lämmöntalteenotto häiriö
- Ristiriita kiertopumppu, lämmityspatteri
- Ristiriita kiertopumppu, jäähdytyspatteri
- Vikatila, lämmöntalteenotto
- Säätövirhe tuloilmapuhallin
- Säätövirhe poistoilmapuhallin
- Vika nopeussäädetyssä tuloilmapuhaltimessa
- Vika nopeussäädetyssä poistoilmapuhaltimesso
- Jäätymissuoja, lämmityspatteri
- Tuloilmasuodattimen painehäviö
- Poistoilmasuodattimen painehäviö
- Hälytys alhainen hyötysuhde
- Lämpötila-anturivika

7. Energiamittaukset

- Konekeskuksen kokonaissähköenergian mittaus
- Puhaltimien ominaissähköteho, SFP
- Lämmöntalteenoton kokonaisenergia
- Lämmityksen kokonaisenergiankulutus
- Jäähdytyksen kokonaisenergiankulutus

8. Väylä rajapinnat

- Konekeskus varustetaan Modbus RTU sovittimella rakennusautomaation väylälliitosta varten. Konekeskuksen ja rakennusautomaation välinen kaapelointi rakennusautomaatiourakoitsijan ohjeiden mukaisesti.

9. Pilvipalvelu (Tietoturvallinen etäyhteys)

- Palvelun tulee tallentaa jatkuvasti vähintään yhden (1) vuoden tiedot laitteen toiminnasta, esittää aktiiviset hälytykset ja hälytyshistoria, toimintatiedot ja toimintakaavio. Pilvipalvelun historiatietojen avulla tulee voida analysoida laitteen toimintaa ja tiedot tulee voida siirtää ulos palvelusta esim. csv-muodossa. Mobiiliyhteyttä käytettäessä tulee varmistaa, että asennuspaikalla on mobiiliverkko kattavuus. Toimitukseen sisältyy kahden (2) vuoden palvelusopimus.

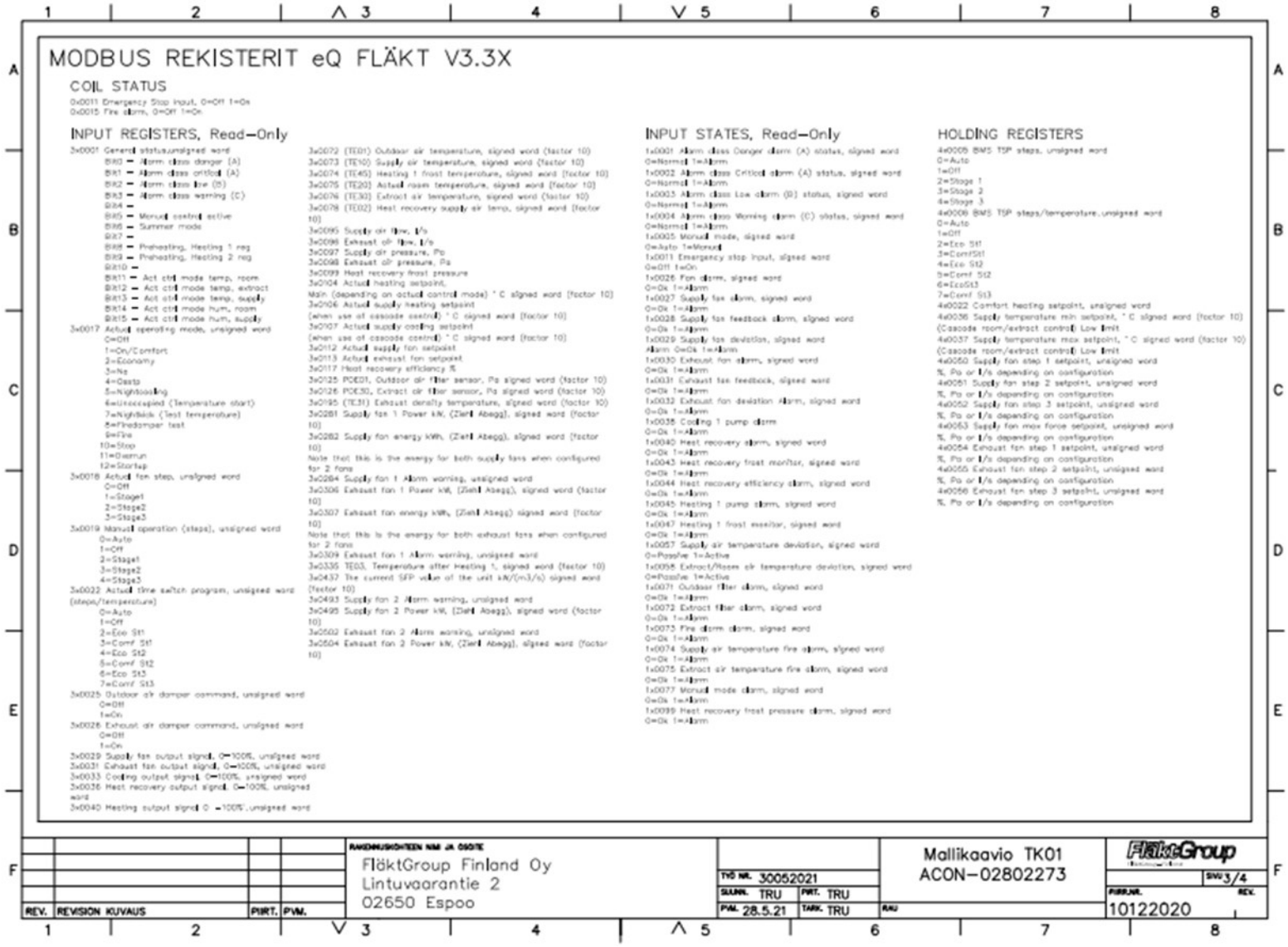
REV.	REVISION KUVAUS	PIIRT.	PVM.

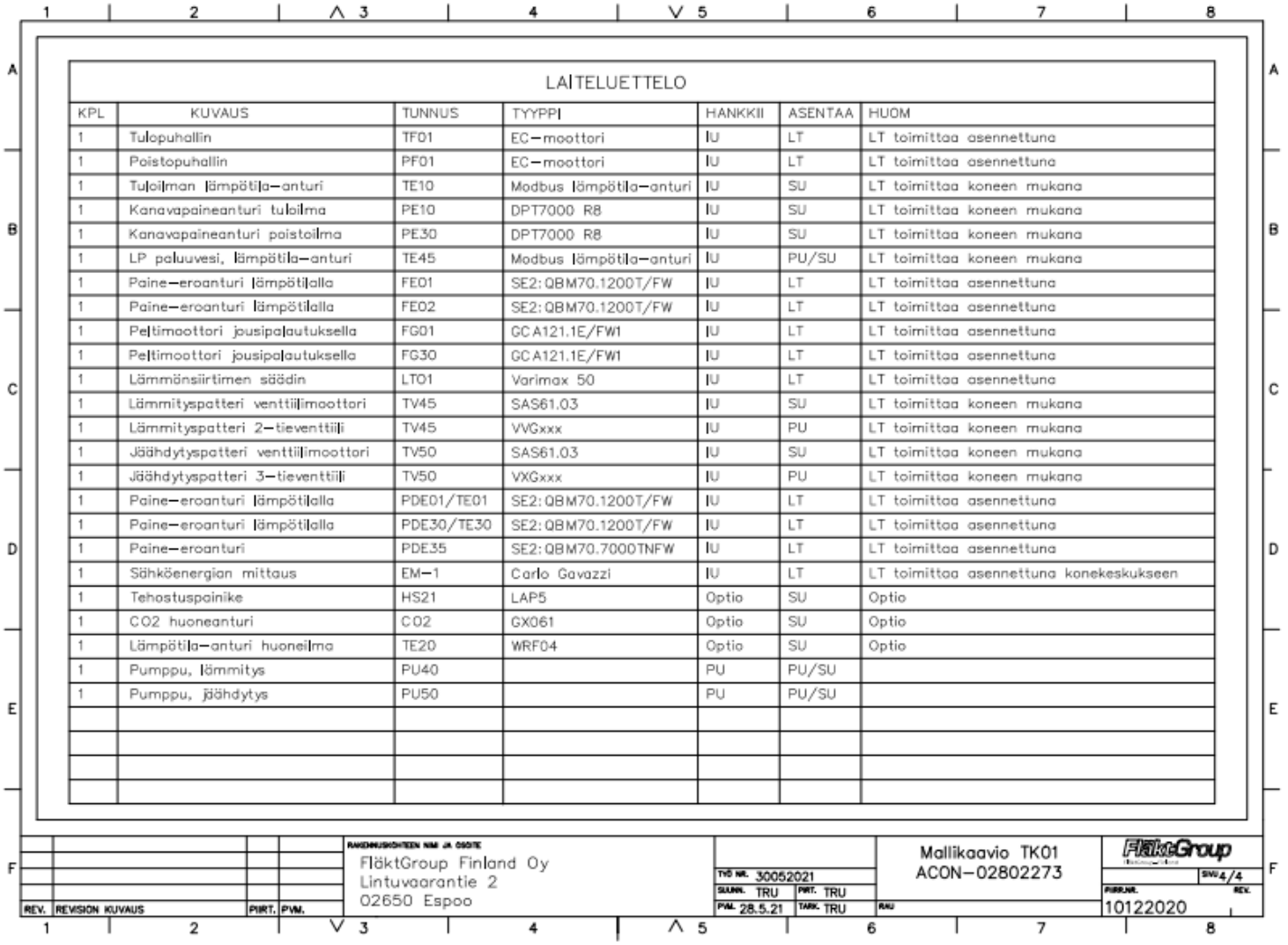
RAKENNUSKOHTEEN NIMI JA OSOITE
FläktGroup Finland Oy
Lintuvaarantie 2
02650 Espoo

TYÖ NR. 30052021
SUUNN. TRU PIRT. TRU
PVM. 28.5.21 TARK. TRU RAU

Mallikaavio TK01
ACON-02802273

FläktGroup
SIVU 2/4
PIIRR.NR. 10122020 REV.


MODBUS REKISTERIT eQ FLÄKT V3.3X
COIL STATUS
0x0011 Emergency Stop input, 0=Off 1=On
0x0015 Fire alarm, 0=Off 1=On
INPUT REGISTERS, Read-Only
3x0001 General status,unsigned word
Bit0 = Alarm class danger (A)
Bit1 = Alarm class critical (A)
Bit2 = Alarm class low (B)
Bit3 = Alarm class warning (C)
Bit4 =
Bit5 = Manual control active
Bit6 = Summer mode
Bit7 =
Bit8 = Preheating, Heating 1 reg
Bit9 = Preheating, Heating 2 reg
Bit10 =
Bit11 = Act ctrl mode temp, room
Bit12 = Act ctrl mode temp, extract
Bit13 = Act ctrl mode temp, supply
Bit14 = Act ctrl mode hum, room
Bit15 = Act ctrl mode hum, supply
3x0017 Actual operating mode, unsigned word
0=Off
1=On/Comfort
2=Economy
3=Na
4=Oasis
5=Nightcooling
6=Unoccupied (Temperature start)
7=NightBlock (Test temperature)
8=Firedamper test
9=Fire
10=Stop
11=Overrun
12=Startup
3x0018 Actual fan step, unsigned word
0=Off
1=Stage1
2=Stage2
3=Stage3
3x0019 Manual operation (steps), unsigned word
0=Auto
1=Off
2=Stage1
3=Stage2
4=Stage3
3x0022 Actual time switch program, unsigned word (steps/temperature)
0=Auto
1=Off
2=Eco St1
3=Comf St1
4=Eco St2
5=Comf St2
6=Eco St3
7=Comf St3
3x0025 Outdoor air damper command, unsigned word
0=Off
1=On
3x0026 Exhaust air damper command, unsigned word
0=Off
1=On
3x0029 Supply fan output signal, 0-100%, unsigned word
3x0031 Exhaust fan output signal, 0-100%, unsigned word
3x0033 Cooling output signal, 0-100%, unsigned word
3x0036 Heat recovery output signal, 0-100%, unsigned word
3x0040 Heating output signal 0 -100%',unsigned word
3x0072 (TE01) Outdoor air temperature, signed word (factor 10)
3x0073 (TE10) Supply air temperature, signed word (factor 10)
3x0074 (TE45) Heating 1 frost temperature, signed word (factor 10)
3x0075 (TE20) Actual room temperature, signed word (factor 10)
3x0076 (TE30) Extract air temperature, signed word (factor 10)
3x0078 (TE02) Heat recovery supply air temp, signed word (factor 10)
3x0095 Supply air flow, l/s
3x0096 Exhaust air flow, l/s
3x0097 Supply air pressure, Pa
3x0098 Exhaust air pressure, Pa
3x0099 Heat recovery frost pressure
3x0104 Actual heating setpoint,
Main (depending on actual control mode) * C signed word (factor 10)
3x0106 Actual supply heating setpoint
(when use of cascade control) * C signed word (factor 10)
3x0107 Actual supply cooling setpoint
(when use of cascade control) * C signed word (factor 10)
3x0112 Actual supply fan setpoint
3x0113 Actual exhaust fan setpoint
3x0117 Heat recovery efficiency %
3x0125 PDE01, Outdoor air filter sensor, Pa signed word (factor 10)
3x0126 PDE30, Extract air filter sensor, Pa signed word (factor 10)
3x0195 (TE31) Exhaust density temperature, signed word (factor 10)
3x0281 Supply fan 1 Power kW, (Ziehl Abegg), signed word (factor 10)
3x0282 Supply fan energy kWh, (Ziehl Abegg), signed word (factor 10)
Note that this is the energy for both supply fans when configured for 2 fans
3x0284 Supply fan 1 Alarm warning, unsigned word
3x0306 Exhaust fan 1 Power kW, (Ziehl Abegg), signed word (factor 10)
3x0307 Exhaust fan energy kWh, (Ziehl Abegg) signed word (factor 10)
Note that this is the energy for both exhaust fans when configured for 2 fans
3x0309 Exhaust fan 1 Alarm warning, unsigned word
3x0335 TE03, Temperature after Heating 1, signed word (factor 10)
3x0432 The current SFP value of the unit kW/(m3/s) signed word (factor 10)
3x0493 Supply fan 2 Alarm warning, unsigned word
3x0495 Supply fan 2 Power kW, (Ziehl Abegg), signed word (factor 10)
3x0502 Exhaust fan 2 Alarm warning, unsigned word
3x0504 Exhaust fan 2 Power kW, (Ziehl Abegg), signed word (factor 10)
INPUT STATES, Read-Only
1x0001 Alarm class Danger alarm (A) status, signed word
0=Normal 1=Alarm
1x0002 Alarm class Critical alarm (A) status, signed word
0=Normal 1=Alarm
1x0003 Alarm class Low alarm (B) status, signed word
0=Normal 1=Alarm
1x0004 Alarm class Warning alarm (C) status, signed word
0=Normal 1=Alarm
1x0005 Manual mode, signed word
0=Auto 1=Manual
1x0011 Emergency stop input, signed word
0=Off 1=On
1x0026 Fan alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0027 Supply fan alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0028 Supply fan feedback alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0029 Supply fan deviation, signed word
Alarm 0=Ok 1=Alarm
1x0030 Exhaust fan alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0031 Exhaust fan feedback, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0033 Exhaust fan deviation Alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0038 Cooling 1 pump alarm
0=Ok 1=Alarm
1x0040 Heat recovery alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0043 Heat recovery frost monitor, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0044 Heat recovery efficiency alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0045 Heating 1 pump alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0047 Heating 1 frost essellor, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0057 Supply air temperature deviation, signed word
0=Passive 1=Active
1x0058 Extract/Room air temperature deviation, signed word
0=Passive 1=Active
1x0071 Outdoor filter alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0072 Extract filter alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0073 Fire alarm alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0074 Supply air temperature fire alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0075 Extract air temperature fire alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0077 Manual mode alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
1x0099 Heat recovery frost pressure alarm, signed word
0=Ok 1=Alarm
HOLDING REGISTERS
4x0005 BMS TSP steps, unsigned word
0=Auto
1=Off
2=Stage 1
3=Stage 2
4=Stage 3
4x0006 BMS TSP steps/temperature,unsigned word
0=Auto
1=Off
2=Eco St1
3=ComfSt1
4=Eco St2
5=Comf St2
6=EcoSt3
7=Comf St3
4x0022 Comfort heating setpoint, unsigned word
4x0036 Supply temperature min setpoint, * C signed word (factor 10)
(Cascade room/extract control) Low limit
4x0037 Supply temperature max setpoint, * C signed word (factor 10)
(Cascade room/extract control) Low limit
4x0050 Supply fan step 1 setpoint, unsigned word
%, Pa or l/s depending on configuration
4x0051 Supply fan step 2 setpoint, unsigned word
%, Pa or l/s depending on configuration
4x0052 Supply fan step 3 setpoint, unsigned word
%, Pa or l/s depending on configuration
4x0053 Supply fan max force setpoint, unsigned word
%, Pa or l/s depending on configuration
4x0054 Exhaust fan step 1 setpoint, unsigned word
%, Pa or l/s depending on configuration
4x0055 Exhaust fan step 2 setpoint, unsigned word
%, Pa or l/s depending on configuration
4x0056 Exhaust fan step 3 setpoint, unsigned word
%, Pa or l/s depending on configuration
REV.
REVISION KUVAUS
PIIRT.
PVM.
RAKENNUSOIKEEN NIM JA OSOITE
FläktGroup Finland Oy
Lintuvaarantie 2
02650 Espoo
TYÖ NR. 30052021
SUUNN. TRU
PIIRT. TRU
PVM. 28.5.21
TARK. TRU
HYV.
Mallikaavio TK01
ACON-02802273
FläktGroup
SIVU 3/4
PIIRIN NR.
10122020
REV.



LAITELUETTELO

KPL	KUVAUS	TUNNUS	TYYPPI	HANKKII	ASENTAA	HUOM
1	Tulopuhallin	TF01	EC-moottori	IU	LT	LT toimittaa asennettuna
1	Poistopuhallin	PF01	EC-moottori	IU	LT	LT toimittaa asennettuna
1	Tuloilman lämpötila-anturi	TE10	Modbus lämpötila-anturi	IU	SU	LT toimittaa koneen mukana
1	Kanavapaineanturi tuloilma	PE10	DPT7000 R8	IU	SU	LT toimittaa koneen mukana
1	Kanavapaineanturi poistoilma	PE30	DPT7000 R8	IU	SU	LT toimittaa koneen mukana
1	LP paluuvesi, lämpötila-anturi	TE45	Modbus lämpötila-anturi	IU	PU/SU	LT toimittaa koneen mukana
1	Paine-eroanturi lämpötilalla	FE01	SE2: QBM70.1200T/FW	IU	LT	LT toimittaa asennettuna
1	Paine-eroanturi lämpötilalla	FE02	SE2: QBM70.1200T/FW	IU	LT	LT toimittaa asennettuna
1	Peltimoottori jousipalautuksella	FG01	GCA121.1E/FW1	IU	LT	LT toimittaa asennettuna
1	Peltimoottori jousipalautuksella	FG30	GCA121.1E/FW1	IU	LT	LT toimittaa asennettuna
1	Lämmönsiirtimen säädin	LT01	Varimax 50	IU	LT	LT toimittaa asennettuna
1	Lämmityspatteri venttiilimoottori	TV45	SAS61.03	IU	SU	LT toimittaa koneen mukana
1	Lämmityspatteri 2-tieventtiili	TV45	VVGxxx	IU	PU	LT toimittaa koneen mukana
1	Jäähdytyspatteri venttiilimoottori	TV50	SAS61.03	IU	SU	LT toimittaa koneen mukana
1	Jäähdytyspatteri 3-tieventtiili	TV50	VXGxxx	IU	PU	LT toimittaa koneen mukana
1	Paine-eroanturi lämpötilalla	PDE01/TE01	SE2: QBM70.1200T/FW	IU	LT	LT toimittaa asennettuna
1	Paine-eroanturi lämpötilalla	PDE30/TE30	SE2: QBM70.1200T/FW	IU	LT	LT toimittaa asennettuna
1	Paine-eroanturi	PDE35	SE2: QBM70.7000TNFW	IU	LT	LT toimittaa asennettuna
1	Sähköenergian mittaus	EM-1	Carlo Gavazzi	IU	LT	LT toimittaa asennettuna konekeskukseen
1	Tehostuspainike	HS21	LAP5	Optio	SU	Optio
1	CO2 huoneanturi	CO2	GX061	Optio	SU	Optio
1	Lämpötila-anturi huoneilma	TE20	WRF04	Optio	SU	Optio
1	Pumppu, lämmitys	PU40		PU	PU/SU	
1	Pumppu, jäähdytys	PU50		PU	PU/SU	

REV. | REVISION KUVAUS | PIIRT. | PVM.

RAKENNUSKOHTEEN NIMI JA OSOITE
FläktGroup Finland Oy
Lintuvaarantie 2
02650 Espoo

TYÖ NR. 30052021
SUUNN. TRU | PIRT. TRU
PVM. 28.5.21 | TARK. TRU

Mallikaavio TK01
ACON-02802273

FläktGroup
SIVU 4/4
PIIRUNR. 10122020 | REV.