

OMAKOTITALON AUTOMAATTINEN ILMANVAIHTO

Arttu Autio

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2014

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) Autio, Arttu	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 25.3.2014
	Sivumäärä 35	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkajulkaisulupa myönnetty (x)
Työn nimi OMAKOTITALON AUTOMAATTINEN ILMANVAIHTO		
Koulutusohjelma Automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Selosmaa, Seppo		
Toimeksiantaja(t) ProSolve Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana oli ProSolve Oy, jonka tuottaa erilaisia konesuunnittelu-, kiinteistö- ja 3D-skannauspalveluita.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä ohjelma Siemens s7-1200 ohjelmoitavalle logiikalle, jolla ohjataan omakotitalon ilmanvaihtoa automaattisesti. Ohjelmalla on tarkoitus ohjata ilmanvaihdon päätelaitteita sekä ilmanvaihtokoneen nopeutta talossa olevien hiilidioksidi- ja kosteusmittausten perusteella.</p> <p>Ohjattavia päätelaitteita tulee olemaan kahdeksan kappaletta ja niistä muodostetaan neljä ryhmää. Jokaisella ryhmällä vastataan yhden tilan ilmanvaihdon muuttamisesta. Ilmanvaihtoa kohdentaminen tehdään kohdentilan venttiilejä avaamalla ja sulkemalla venttiilejä muista tiloista. Venttiilien avaaminen tehdään porrastetusti.</p> <p>Ilmanvaihtokoneen nopeutta muutetaan tarpeen mukaan. Ilmanvaihtokoneen nopeutta nostetaan, jos pelkkä ilmavirtojen kohdentaminen ei riitä. Koneen tehoa lasketaan, jos asukkaat eivät ole paikalla tai jos ilmanvaihtoa voidaan laskea.</p> <p>Valmiilla ohjelmalla saadaan omakotitaloon ilmanvaihto, joka säätyy tarpeen mukaan. Tehokkaamman ilmanvaihdon luomiseksi ei tarvitse välttämättä lisätä ilmanvaihtokoneen nopeutta. Kun ilmanvaihtoa ohjataan tarpeen mukaan, säästetään energiaa. Ilmanvaihtokoneen energiankulutus vähenee eikä lämmitettyä ilmaa hukata tarpeettomasti ulkoilmaan.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Automaattinen ilmanvaihto, ilmanvaihdon kohdentaminen, ilmanvaihtojärjestelmä, kiinteistöautomaatio		
Muut tiedot		



Author(s) Autio, Arttu	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 25.3.2014
	Pages 35	Language Finnish
		Permission for web publication (x)
Title AUTOMATIC VENTILATION IN DETACHED HOUSE		
Degree Programme Automation Engineering		
Tutor(s) Selosmaa, Seppo		
Assigned by ProSolve Oy		
Abstract <p>The thesis was assigned by ProSolve Oy. ProSolve provides services in machine design, real estate and 3D-scanning.</p> <p>The purpose of the thesis was to create a program for Siemen's S7-1200 programmable logic which controls the ventilation of detached house automatically. The program controls valves and the speed of ventilation unit on the basis of carbon dioxide and humidity measurements.</p> <p>There will be eight controllable valves and they are divided in four groups. Ventilation in one area is controlled by one group. Air is guided in to the target area by opening valves in the target area and closing all the other valves. The valves are opened step by step.</p> <p>Speed of the ventilation unit is controlled according to the circumstances. If measurements indicate that ventilation is insufficient after repositioning of valves the speed of ventilation unit is raised. Speed is reduced if the occupants are not in the building or if ventilation could be reduced.</p> <p>The program controls ventilation in the detached house by need. Necessarily the speed of the ventilation unit does not have to be increased to reach more efficient ventilation. When the ventilation is controlled by need energy is saved. The ventilation unit's energy consumption is decreased and the heated air is not ventilated to outdoors for nothing.</p>		
Keywords Automatic ventilation, ventilation system, building automation		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1	LÄHTÖKOHDAT	4
1.1	Työn tilaaja	4
1.2	Työn lähtökohdat ja tavoitteet.....	4
2	SISÄILMA	5
2.1	Sisäilman tekijöitä.....	6
2.1.1	Kaasumaiset yhdisteet	6
2.1.2	Hiukkasmaiset epäpuhtaudet	7
2.1.3	Kosteus	8
2.1.4	Lämpötila.....	8
2.1.5	Radon	9
2.1.6	Valaistus	10
2.1.7	Melu	11
3	ILMANVAIHDON PERUSTEET	11
3.1	Ilmanvaihtojärjestelmät	12
3.1.1	Painovoimainen ilmanvaihto.....	12
3.1.2	Koneellinen poistoilmanvaihto	13
3.1.3	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto	13
3.2	Ilmanvaihdon suuruuden määrittäminen	14
3.3	Tarpeenmukainen ilmanvaihto	16
4	RAKENNUSAUTOMAATIO	16
4.1	Rakennusautomaation merkitys kiinteistössä.....	16
4.2	Rakennusautomaatiolle asetettavat tavoitteet	17
4.3	Rakenne	18
4.3.1	Valvomotaso.....	18
4.3.2	Alakeskustaso	19

	2
4.3.3 Kenttälaitetaso	22
5 KOHTEEN JA JÄRJESTELMÄN ESITTELY	24
5.1 Kohteen esittely.....	24
5.2 Järjestelmän osat.....	24
5.2.1 Logiikka ja osat	24
5.2.2 Mittaukset	25
5.2.3 Ilmanvaihtokone.....	26
5.2.4 Ohjattava päätelaite.....	26
5.2.5 Käyttöliittymä	27
6 JÄRJESTELMÄN TOIMINTAPERIAATE.....	27
6.1 Automaattinen ilmanvaihto	28
6.1.1 Ilmanvaihdon tehostaminen mittauksen perusteella.....	29
6.1.2 Ilmanvaihdon vähentäminen mittauksen perusteella	30
6.1.3 Hallinta käyttöliittymästä	30
6.2 Ilmanvaihtokoneen manuaaliohjaus	31
7 POHDINTA	31
LÄHTEET	33
LIITTEET	32
Liite 1. Käyttöliittymän sivu ilmanvaihto	32
Liite 2. Käyttöliittymän sivu ilmanvaihdon manuaaliohjaukset	33
Liite 3. Käyttöliittymän sivu ilmanvaihdon automaattisten ohjausten valvonta	34
Liite 4. Käyttöliittymän sivu venttiilien perusasennot.....	35

KUVIOT

KUVIO 1. Rakennusmääräyskokoelman D2 ohjeavot ilmavirtojen mitoitukselle (RakMk D2 2012, 25.)	15
KUVIO 2. Siemens S7-1200 ohjelmoitavan logiikan CPU. (Siemens n.d.)	25
KUVIO 3. Thermokonin WRF04 Co2 VV huonelämpötilan ja hiilidioksidimäärän mittalähetin. (Room sensor n.d.)	26
KUVIO 4. Firgelli L-12 karamoottori. (L-12 series n.d.).....	27

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Säädettävien ilmanvaihtoventtiilien ryhmät.....	28
---	----

1 LÄHTÖKOHDAT

1.1 Työn tilaaja

Toimeksiantajana työlle oli ProSolve Oy. Yritys on perustettu 2004 ja sen toimipisteet ovat Jyväskylässä ja Kotkassa, joista Jyväskylä on päätoimipaikka. Henkilöstömäärä on noin 30. Yritys tarjoaa erilaisia asiantuntija-, suunnittelu-, mittaus-, skannaus- ja mallinnuspalveluita. (ProSolve n.d)

Yritys jakautuu kolmeen osaan toimialojen mukaan

- ProLine – konesuunnittelupalvelut
- ProKipa – kiinteistöpalvelut
- ProDigit – 3D-skannauspalvelut

1.2 Työn lähtökohdat ja tavoitteet

Sisäilmaongelmat ovat olleet nykyään paljon esillä. Kuitenkin ilmanvaihdon tehostamisesta aiheutuu kuluja, jotka haluttaisiin pitää mahdollisimman pieninä. Varsinkin koneellisessa ilmanvaihdossa pelkkä ilmanvaihtokoneen tehon nostaminen aiheuttaa turhia kuluja, koska kaikkien tilojen ilmanvaihtoa ei välttämättä tarvitse tehostaa. Ilmanvaihdon tarpeenmukainen lisääminen ja kohdentaminen vähentäisivät näitä kustannuksia. Ilman vaihtuvuutta tietyssä tilassa voitaisiin tehostaa kohdentamalla ilmanvaihtoa. Ilmanvaihtokoneen tehoa ei tarvitsisi nostaa, jos tarvittavan ilman saamiseksi vähennetään sen menoa tyhjiin tiloihin ja ohjataan se menemään tiloihin, joissa ilmanvaihtoa pitää tehostaa. Esimerkiksi toimistotiloissa ohjataan enemmän ilmaa niihin tiloihin, joissa työskennellään, vähentämällä ilman menoa tiloihin, joissa ei työskennellä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä omakotitaloon automaattinen ilmanvaihto, joka säätyy talossa olevien lämpötilan, hiilidioksidin määrän ja kosteuden mittausten perusteella. Talossa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, jonka puhaltimien

tehoa voidaan ohjata ohjelmoitavalla logiikalla. Ilmanvaihtokanavien päätelaitteista osa vaihdetaan ohjattaviksi, jotta niiden avautumista ja sulkeutumista voidaan säätää. Ilmanvaihdon tehostaminen tietyssä huoneessa tehdään pääsääntöisesti kohdentamalla, mutta tarvittaessa myös ilmanvaihtokonetta ohjaamalla.

Tavoitteena on saada talon ilmanvaihto kokonaan automaattiseksi, siten että asukkaan ei tarvitse sitä itse ohjata. Kun ilmanvaihtokoneen nopeutta muutetaan manuaalisesti, saattaa se unohtua asetetulle nopeudelle pitkäksiin aikaa. Esimerkiksi jos halutaan laskea ilmanvaihdon tehoa lomamatkan ajaksi, ei sitä välttämättä muisteta laittaa taas oikealle teholle, kun palataan kotiin. Ilmanvaihdon kohdentamisella saadaan aikaan myös energiansäästöä, koska aina ei tarvitse nostaa ilmanvaihtokoneen tehoa riittävän ilman vaihtuvuuden saamiseksi.

2 SISÄILMA

Ihminen hengittää vuorokaudessa noin 15 000 litraa ilmaa ja tästä merkittävä osa on sisäilmaa, koska nykyään sisätiloissa oleskellaan lähes 90 % ajasta. Tästä syystä sisäilman laatu vaikuttaa merkittävästi ihmisen hyvinvointiin. Sisäilma vaikuttaa terveyden lisäksi myös työtehoon ja viihtyvyyteen. (Sisäilmaopas 2011, 3.)

Huonolle sisäilmalle altistuminen voi aiheuttaa terveyshaittoja. Näistä merkittävimmät ovat erilaiset hengitystie- ja silmäoireet. Aluksi oireet ilmentyvät vain silloin, kun altistuu huonolle sisäilmalle, mutta myöhemmin ihminen voi herkistyä niin, että oireita tulee muistakin rakennuksista tai jopa hajusteista. Terveyshaittojen syinä voivat olla rakennuksessa oleva home, bakteerit tai kosteus. Monesti sisäilmasta tulevien oireiden syyksi mainitaankin juuri ne. Kuitenkin oireet voivat johtua riittämättömästä ilmanvaihdosta tai erilaisista ilman epäpuhtauksista. Jokaisessa rakennuksessa, jossa ihmiset oireilevat ei välttämättä ole hometta, bakteereja tai kosteutta. (Sisäilmaopas 2011, 3-4.)

Huonon sisäilman vaikutukset ovat yksilöllisiä. Samat olosuhteet eivät aiheuta kaikkissa ihmisissä samanlaista reagoitua. Varsinkin allergikot voivat olla herkempiä sisäil-

maongelmille, kuin muut ihmiset. Herkistyneet ihmiset voivat saada oireita, vaikka epäpuhtauksien pitoisuudet ovat alle ohjearvojen. Tästä syystä viihtyvyyden kannalta olisi hyvä, että sisäilman laatua voitaisiin säätää tarpeen mukaan. Toiset sietävät huonoa sisäilmaa muiden olosuhteiden ollessa hyvät. Työpaikan huonoa sisäilmaa siedetään paremmin palkan ja työilmapiirin ollessa kunnossa. Tämä voi aiheuttaa sen, että sisäilmaongelmaan ei puututa ja työntekijöiden terveys kärsii. Useimmiten epäpuhtaudet aistitaan tuntemuksien tai hajujen perusteella, mutta terveydelle haitallinen pitoisuus voi ylittyä ennen kuin ihminen sen aistii. Joitakin epäpuhtauksia ihminen ei havaitse lainkaan. Tästä syystä sisäilman laatua olisi hyvä valvoa ihmisten aistien lisäksi antureilla. (Seppänen & Seppänen 1996, 11–13)

Lahtisen, Lappalaisen ja Reijulan mukaan huonosta sisäilmasta aiheutuvat kulut ovat arviolta 1 – 1,5 mrd. euroa vuosittain. Kulut aiheutuvat tutkimuksista, sairauspoissaoloista, hoidosta, lääkityksestä sekä alentuneesta tai menetetyistä työkyvystä. Kuluihin voi sisältyä jopa kuolemaan johtavia sairauksia. Sisäilmaongelmat rasittavat ihmisten lisäksi siis myös kansantaloutta merkittävästi. Näiden aiemmin mainittujen kuluerien vähentämiseksi ja ihmisten terveyden parantamiseksi joudutaan useita rakennuksia korjaamaan ja niiden ilmanvaihtojärjestelmät voidaan joutua uusimaan. (Lahtinen, Lappalainen & Reijula 2005, 6-7.)

2.1 Sisäilman tekijöitä

2.1.1 Kaasumaiset yhdisteet

Hajuton sisäilma koetaan monesti puhtaammaksi ja on täten osa hyvää sisäilmaa. Sisäilman hajun lähde voi olla rakenteissa, rakennus- tai sisustusmateriaaleissa, ihmisissä tai ulkoilmassa. Rakennus- ja sisustusmateriaaleista tulee haihtuvia orgaanisyhdisteitä eli VOC-päästöjä. Ihmisistä itsestään ja ihmisten toiminnasta erittyy myös erilaisia hajuja. Home tai kosteusvaurio voi erittää myös epämiellyttävää hajua ilmaan. Näiden hajujen pidempiaikainen ilmeneminen sisäilmassa voi olla merkki sisäilmaongelmasta. Ilmanvaihto on mitoitettu riittämättömäksi tai se ei toimi täydellä

teholla. Ilmanvaihdon aiheuttaessa rakennukseen suuren alipaineen saattaa olla, että sisäilmaan ”imetään” likaista ilmaa kuivista viemäreistä. (Sisäilmaopas 2011, 10.)

Ihmisen hengitys ja aineenvaihdunta tuottaa epäpuhtauksia ilmaan. Ihmisestä tulevien epäpuhauksien indikaattorina voidaan pitää hiilidioksidin määrää ilmassa. Liiallinen hiilidioksidi hengitysilmassa voi saada ilman tuntumaan tunkkaiselta. Terveystieteiden vaatimukset täyttävän ilman hiilidioksidimäärä ei saisi olla yli 1500 ppm. Yli 1200 ppm määrä hiilidioksidia saattaa saada ilman tuntumaan tunkkaiselta. Seppäsen ja Seppäsen mukaan hiilidioksidin raja-arvot perustuvat siihen, että ihminen tuottaa hajuja verrattain saman määrän kuin hiilidioksidia. Ilmanvaihdon suunnitteluvaiheessa saatetaan käyttää ihmismäärään perustuvaa laskentaa puhtaan ilman tarpeen laskennassa. Yhtä ihmistä kohden tilaan on tuotava 4 l/s puhdasta ulkoilmaa, jotta hiilidioksidin määrä ei ylitä arvoa 1500 ppm. (Asumisterveysohje 2003, 22.)

2.1.2 Hiukkasmaiset epäpuhtaudet

Hiukkasmaisia epäpuhtauksia ovat pöly, erilaiset epäorgaaniset kuidut, asbesti, mikrobit ja allergeenit. Silloin kun hiukkaset ovat kooltaan niin pieniä, että ne leijuvat ilmassa, voivat ne kulkeutua ihmisen hengitysteihin. Osa saattaa aiheuttaa pelkkää ärsytystä mutta osa, varsinkin asbesti, voivat olla terveydelle haitallista. (Hiukkasmaiset epäpuhtaudet n.d.)

Mikrobeille ei yleensä anneta raja-arvoa, koska pitoisuudet voivat vaihdella voimakkaasti ajan, paikan, olosuhteiden ja mikrobilajin mukaan. Mikrobipitoisuuden alhainen taso ei merkitse sitä, että rakennuksessa ei voisi olla home- tai lahovauriota. Huoneilman mikrobitasoa voidaan kuitenkin verrata ulkoilman mikrobitasoon. Jos huoneilmassa on suurempi määrä mikrobeja ja ne ovat ulkoilmaston lajistosta poikkeavia, voi se olla merkki homevauriosta. (Seppänen & Seppänen 1996, 13.)

Tupakointi on yksi merkittävä sisäilman saastuttaja. Se sisältää ihmisen terveydelle haitallisia aineita. Haitalliset aineet leviävät ilmaan tupakoidessa, joten tupakointia on tästä syystä rajoitettu lainsäädännöllä. Maaliskuussa 2000 voimaan astuneessa tupakkalaissa ympäristön tupakansavu määriteltiin syöpää aiheuttavaksi aineeksi.

Ympäristön tupakansavu aiheuttaa vuosittain noin 50 keuhkosityöpää ja 200 sydäninfarktia tupakoimattomille ihmisille. (Korhonen & Lintunen 2003, 31.)

2.1.3 Kosteus

Asumuksen ilman suhteellisen kosteuden tulisi olla noin 20 – 60 % (Asumisterveysohje 2003). Suhteellinen kosteus tarkoittaa sitä prosenttimäärää vesihöyrystä, mitä voi olla tietyssä lämpötilassa tiivistymättä vedeksi. Yli 45 % suhteellisella kosteudella on vaikutus pölypunkkien lisääntymiseen. Suhteellisen kosteuden ollessa 70 – 80 % kosteusolot ovat edulliset homesienten kasvulle. Yli 90 % pitkäaikainen kosteus voi aiheuttaa lahoamista. Liian kuiva ilma taas ihminen voi kokea limakalvojen, silmien tai ihon kuivumista. Sisäilman kosteuteen vaikuttaa ihmisten lukumäärän ja sään lisäksi esimerkiksi ruuanlaitto, pyykkien kuivaaminen tai suihkussa käynti. Sisäilman kosteus voi aiheuttaa ongelmia varsinkin kosteissa tiloissa ja niiden tilojen ilmanvaihdon on oltava riittävä kosteuden poistamiseksi. Liiallinen kosteus voi siirtyä rakenteisiin ja aiheuttaa siellä homekasvustoa. (Fysikaaliset tekijät n.d.)

2.1.4 Lämpötila

Liian viileä tai lämmin ilma kuormittaa kehoa ja voi aiheuttaa terveydellistä haittaa. Liian lämpimän ilman vakavimmat terveydelle haitalliset vaikutukset ovat lämpöhalvaus, lämpöuupumus ja riskiryhmillä sydänkohtaus. Viileä ilma taas voi aiheuttaa kehon liiallista jäähtymistä. Kehon liiallinen jäähtyminen voi riskiryhmällä aiheutua jo kylmässä huoneessa oleskelusta, eikä vaadi välttämättä pakkasta. (Seppänen & Seppänen 1996, 15.)

Asuin- ja toimistorakennuksissa on harvinaista, että sisäilman lämpötila aiheuttaisi terveydelle haittaa. Kuitenkin sopimattomana lämpötila voi aiheuttaa joillekin oireilua ja epämukavuutta. Oireet vaihtelevat sen mukaan, että onko sisäilma liian lämmin vai liian viileä. Liian suuri sisäilman lämpötila saa sisäilman tuntumaan kuivemmalta kosteuden pysyessä samana. Välillisesti liian suuri lämpötila huonontaa sisäilmaa, koska se lisää rakennusmateriaalien epäpuhtauksien tuottoa. Liian viileä sisäil-

ma lisää vedontunnetta ja huonontaa sorminäppäryyttä. (Seppänen & Seppänen 1996, 15.)

”Oleskeluvyöhykkeen huonelämpötilan lämmityskauden suunnitteluarvona käytetään yleensä lämpötilaa 21 °C. Oleskeluvyöhykkeen huonelämpötilan kesäkauden suunnitteluarvona käytetään yleensä lämpötilaa 23 °C” (RakMk 2012.)

Lämpötilan kokeminen on yksilöllistä, mutta edellä mainitut sisäilman lämpötilat ovat miellyttäviä suurimmalle osalle. Kuitenkin viihtyvyyttä huonontavat suuret lämpötilavaihtelut ja lämpöolojen paikalliset vaihtelut. Vaikka lämpötila olisikin keskimäärin oikea, voi sen nopea vaihtuminen aiheuttaa epämukavuutta. Tämä on huomioitava varsinkin lämpötilaa säätelevien laitteiden huojunnassa. 1,1 °C/h onkin suositeltava yläraja nopealle lämpötilan muuttumiselle. Paikalliset lämpötilaerot voivat aiheutua vedosta, lämmönsäteilystä, lämmittimistä ja jäähdyttimistä. Lämpötilaerojen syntyminen on otettava huomioon lämmittimien ja jäähdyttimien sijoittelussa. Pään ja nilkkojen välisen lämpötilaeron tulisi olla alle 3 °C viihtyvyyden takaamiseksi. (Seppänen & Seppänen 1996, 15.)

Lämpimään aikaan aurinko saattaa lämmittää sisäilmaa liikaa. Aurinko lämmittää sisätiloja varsinkin ikkunoista. Ikkunoita voi peittää verhoilla, markiiseilla tai lasiin tulevalla kalvolla. Mahdollisuuksien mukaan yöaikaan ilmanvaihdon tehostaminen voi vähentää sisätilojen liiallista lämpenemistä. (Sisäilmaopas 2011, 8.)

2.1.5 Radon

Radon on jalokaasu, jota voi erittyä maaperän huokosista, kalliosta, täytemaasta, mineraalipohjaisista materiaaleista kuten betoni ja kevytbetoni tai radonpitoisesta porakaivovedestä. Maaperän radonpitoisuuteen vaikuttaa sen uraanipitoisuus. Ne alueet, joilla maaperän uraanipitoisuus on suurempi, esiintyy asunnoissa suurempia radonpitoisuuksia. Maaperän karheus ja läpäisevyys vaikuttaa myös radonsäteilyn määrään. (Perustietoa radonista n.d.)

Maaperästä radon kulkeutuu ilman mukana talon alapohjan raoista asuntoon. Ilma kulkeutuu taloon sisä- ja ulkoilman välisen lämpötilaeron takia. Samoin kuin paino-

voimaisessa ilmanvaihdossa myös radonpitoisen ilman virtaaminen sisätiloihin lisääntyy talviaikana. Radioaktiivisena kaasuna se säteilee ympäristöönsä ja suomalaisissa kodeissa oleva radon aiheuttaa noin puolet suomalaisten saamasta säteilyannoksesta. Radonista tuleva säteily on terveydelle haitallista ja voi aiheuttaa esimerkiksi keuhkosityöpää. (Perustietoa radonista n.d.)

Arvelan ja Reisbackan (2008, 83) mukaan ilmanvaihdolla voidaan radonin määrää sisäilmassa vähentää 10 – 40 %. Radonpitoisuutta voidaan vähentää ilmanvaihtoa tehostamalla tai vähentämällä rakennuksen sisätilan alipaineisuutta ulkoilmaan nähden. Alipaine lisää radonpitoisen ilman kulkeutumista alapohjan raoista (Mts. 80).

2.1.6 Valaistus

Valaistus nykypäivänä on iso osa asumismukavuutta. Valaistuksen oikeanlaisella toteutuksella voidaan lisätä hyvinvointia, parantaa vireyttä ja tehostaa työskentelyä. Valaistuksella on iso merkitys myös sisätilojen viihtyvyydessä. Nykypäivänä jo rakennusvaiheessa kiinnitetään enemmän huomiota tulevaan valaistukseen. Aiemmin on saatettu huoneen keskelle tehdä yksi paikka valaisimelle ja siihen asennettiin myöhemmin 60 W hehkulamppu. Tällainen valaistus saattaa olla riittämätön, koska ihmisen näkökyky alkaa heiketä 20 ikävuoden jälkeen ja 40 ikävuoden jälkeen se heikenee jo huomattavasti. Näön heikkenemisen vaikutuksia voidaan vähentää riittävällä valaistuksella. (Valaistuksen merkitys n.d.)

Auringon valossa ihminen havaitsee kaikki värit eli valo on jatkuvaspektinen. Tällaista valoa ei voida keinotekoisesti vielä tuottaa, mutta jatkuvaspektriset lamput pääsevät lähimmäksi. Jatkuvaspektrisiä lamppeja ovat LED-, halogeeni – ja hehkulamput. Kodissa on suositeltavaa käyttää sellaisia valonlähteitä, jotka vastaavat mahdollisimman hyvin päivänvaloa. (Valon laatu. n.d.)

Valon värilämpötila ilmaisee, miten lämpimältä valo näyttää. Se mitataan Kelvin asteina. Lämpimäksi valoksi luetaan keltaisen ja oranssin värinen valo, jonka värilämpötila-arvo on kelvineinä 2500. Toinen ääripää on 10 000 kelviniä, väriltään violetti. Värilämpötilan valinta sisätiloihin on suurilta osin makuasia. Vireyttä vaativissa tehtävissä on suositeltu käytettäväksi viileitä kuten 4000 – 5000 K värisävyjä. Sinistä aallonpi-

tuutta sisältävässä valossa osa ihmisistä lukee nopeammin ja se vähentää myös nopeammin unihormonin erittämistä. (Valon laatu n.d.)

2.1.7 Melu

Sisäilmaa luokitellessa melu lasketaan osaksi sisäilmaa. Meluun reagointi on yksilöllistä ja sama ihminen voi reagoida samaan meluun eri tavalla riippuen ajankohdasta ja ympäristöstä. Unta tai lepoa voi häiritä jatkuva 25 – 35 dB tasoinen melu. Muuten sen tasoiseen meluun ei välttämättä kiinnitetä edes huomiota. Tästä johtuen ilmanvaihto ei saa pitää liian suurta ääntä. Ilmanvaihtokanavissa ääni kulkeutuu helposti ja voi moninkertaistua. Asuinhuoneistossa melutason ohjearvo päivällä on 35 dB ja yöllä 30dB. Keittiötiloissa ohjearvo on 40 dB päivällä ja yöllä. (Asumisterveysohje 2003, 30–31.)

3 ILMANVAIHDON PERUSTEET

Ilmanvaihdon tehtävänä on poistaa sisäilmasta epäpuhtauksia, kosteutta ja liiallista lämpöä. Rakennuksesta poistetaan ilmaa, jonka mukana poistuvat syntyneet epäpuhtaudet. Näitä epäpuhtauksia tulee esimerkiksi rakennuksen rakenteista ja sisällä olevista ihmisistä. Poistetun ilman tilalle tuodaan puhtaampaa ilmaa. Mitä puhtaampaa korvaava ilma on, sen parempi. (Ilmanvaihdon perusteet n.d.)

Ilmanvaihdon perustana ovat rakennuksen paine-erojen hallinta. Ilma siirtyminen tapahtuu aina suuremmasta paineesta pienempään paineeseen. Ilmavirtojen liikettä hallitaan tulo- ja poistoilmalaitteiden sijoittelulla. Tuloilma sijoitetaan yleensä niihin tiloihin, missä tarvitaan puhdasta ilmaa esimerkiksi makuuhuoneisiin tai työskentelytiloihin. Poistoilma sijoitetaan yleensä sellaisiin tiloihin, joissa syntyy epäpuhtauksia. Täten epäpuhtaudet poistetaan jo niiden syntysijoilla, eivätkä ne leviä muihin tiloihin. Poistoilman sijoituskohteina ovat yleensä keittiöt, pesutilat ja vessat. Puhdas tuloilma

virtaa siirtoilmana niihin tiloihin, joista ilmaa poistetaan. (Ilmanvaihdon perusteet n.d.)

3.1 Ilmanvaihtojärjestelmät

Ilmanvaihtojärjestelmien erittely perustuu niiden toimintaperiaatteeseen. Keskeisin ero on ilmanvaihtokoneen osuus järjestelmässä.

3.1.1 Painovoimainen ilmanvaihto

Suomessa painovoimainen ilmanvaihto on lähes kaikissa asunnoissa, jotka on rakennettu ennen 1960-lukua. Järjestelmä perustuu sisä- ja ulkoilman väliseen paineroon, joka aiheutuu lämpötilan ja tuulen vaikutuksesta. Sisällä oleva lämmin ilma nousee katonrajassa olevaan poistoilmakanavaan ja sitä kautta ulos. Korvaava ilma tulee yleensä seinässä tai ikkunan reunassa olevasta venttiilistä tai seinien raoista. Tästä ilmiöstä johtuen painovoimainen ilmanvaihto on tehokkaimmillaan silloin, kun lämpötilaerot ovat suurimmillaan eli talvella. Kesällä pienestä lämpötilaerosta johtuen ilmanvaihdon teho on lähes olematon. (Terveellisen rakennuksen ilmanvaihto 2002, 6.)

Talvella tehostuva ilmanvaihto voi aiheuttaa sisätiloissa vedontunnetta. Tämän takia korvausilmanlähteitä kuten ovia, ikkunoita, vanhoja hormoneja ja venttiileitä on peitetty tai tiivistetty. Tällöin ilmanvaihto menettää tehoaan, eikä ilman vaihtuvuus ole välttämättä riittävä. Riittämätön ilmanvaihto saattaa aiheuttaa hometta, kosteiden tilojen hidasta kuivumista, kosteuden kulkeutumista välipohjaan ja hajujen leviämistä tilasta toiseen. (Lukander 2010.)

Uusiin rakennuksiin tehdään painovoimainen ilmanvaihto todella harvoin. Johtuen siitä, että riittävän ilmanvaihdon saaminen ja ilmanvaihdon tehostaminen voi olla hankalaa. Kuitenkin järjestelmän etu on sen kustannuksissa. Koska järjestelmä ei tarvitse ilmanvaihtokonetta, ovat sen kustannukset pienemmät. Järjestelmään voidaan lisätä liesituuletin keittiötilojen kohdepoistoon. (Terveellisen rakennuksen ilmanvaihto 2002, 6.)

3.1.2 Koneellinen poistoilmanvaihto

1960-luvulta lähtien painovoimaista ilmanvaihdon tilalla on asuntoihin tehty koneellinen poistoilmanvaihto. Poistoilmakoneena toimii yleensä katolle sijoitettu huipputuuletin. Koneen poistaman ilman tilalle ilmaa tulee korvausilmaa venttiileistä tai ikkunanraoista. Ilmanvaihdon tehon määrittää poistoilmakoneen ohjaus. Ilman vaihtuvuuteen kuitenkin vaikuttaa myös korvausilman saanti. Poistoilmakoneen ohjaus omakoti- ja rivitaloissa on yleensä liesikuvussa. (Terveellisen rakennuksen ilmanvaihto 2002, 6-7.)

Koneellisen poistoilmanvaihdon ongelmana on sen mahdollisesti tuottama suuri alipaine rakennuksen sisälle. Voimakas alipaine voi aiheuttaa sisäilmaongelmia, kun korvausilma tulee rakennuksen rakenteista, eikä korvausilmaventtiileistä. Korvausilma venttiileistäkin saattaa tuottaa vetoisuuden tunteen, eikä tulevaa ilmaa välttämättä suodateta. Koneellisessa poistoilmanvaihdossa harvemmin otetaan lämpöä talteen poistetusta ilmasta. Tämän takia lämpöenergiaa menee hukkaan, mikä lisää lämmityskustannuksia. (Ilmanvaihdon energiakorjaus 2013.)

3.1.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa tuloilman ja poistoilman siirrosta vastaa ilmanvaihtokone. Poistettavasta ilmasta otetaan lämpöä talteen peltilamelleihin, joilla lämmitetään tulevaa ilmaa. Tämä vähentää energiahäviöitä poistoilmassa ja tuloilmassa ei ole vedon tuntua, koska se on lämpimämpää. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on nykyisillä laitteilla 50 – 80 %. Prosentti kertoo, kuinka paljon poistoilman lämmöstä saadaan talteen. Kun ilmanvaihtoa hallitaan kokonaan koneellisesti, on sen tarkoituksenmukainen ohjaus helpompaa. Ilmanvaihtoa saadaan helposti tehostettua tai vähennettyä tarpeen mukaan nostamalla tai laskemalla ilmanvaihtokoneen nopeutta. (Ilmanvaihdon energiakorjaus 2013.)

Ilmanvaihdon kokonaan koneellistaminen kuitenkin aiheuttaa sen, että ilmanvaihtokoneen on oltava aina päällä. Esimerkiksi toimistoissa se saatetaan kuitenkin sulkea

yön ajaksi. Tällöin on ilmanvaihto käynnistettävä 2-3 tuntia ennen ihmisten saapumista, jotta ilma kerkeää puhdistua. Asutuissa tiloissa on ilmanvaihtokoneen oltava koko ajan vähintään mitoitetulla tasolla, kun asukkaat ovat sisätiloissa. Tämä tarkoittaa, että varsinkin yöaikaan ei ilmanvaihdosta saa kuulua kovaa ääntä. (Ilmanvaihdon perusteet n.d.)

Koneellisessa ilmanvaihdossa ilma suodatetaan ja suodatinten vaihtamisella on vaikutus sisäilmaan. Jos suodatinta ei vaihdeta riittävän usein, ilman virtaaminen saattaa heiketä ja suodattimesta voi levitä ilmaan hajuja. (Ilmanvaihdon perusteet n.d.)

3.2 Ilmanvaihdon suuruuden määrittäminen

Ilmanvaihtojärjestelmien suunnitteluun vaikuttaa rakentamismääräyskokoelman osa D2, jossa on annettu ohjearvoja ilmavirtojen suuruudelle eri tiloissa. Yleensä ilmanvaihdon mitoitus lasketaan poistoilmavirtojen perusteella (Ks. kuvio 1.) siten, että ilma vaihtuu tilassa vähintään yhden kerran kahdessa tunnissa. Ulkoilmavirrat soviteetaan siten, että ne ovat vähintään ohjearvon mukaiset. Ulkoilmavirtojen sovittamisessa käytetään ensisijaisesti henkilöperusteista laskemista ja jos sille ei ole riittäviä perusteita lasketaan ne huoneen pinta alan mukaan (RakMk D2 2012, luku 3.2.2.1). (RakMk D2 2012, 25.)

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/m ²	Poistoilma- virta dm ³ /s	Äänitaso L _{A,eq,T} / L _{A,max} dB	Ilman nopeus takvi m/s	Huom!
Asuinitilat:	6					
Asuinhuoneet		0,5		28 / 33 *	0,20	*C1 määräys
Keittiö		#S	8 #A	33 / 38 *	0,20	*C1 määräys
- käyttöajan tehostus		#S	25	33 / 38	0,20	
Vaatehuone, varasto		#S	3	33 / 38		
Kylpyhuone		#S	10 #B	38 / 43	0,20	
- käyttöajan tehostus		#S	15	38 / 43	0,20	
WC		#S	7 #B	33 / 38		
- käyttöajan tehostus		#S	10	33 / 38		
Kodinhuoltohuone		#S	8	33 / 38	0,30	
- käyttöajan tehostus		#S	15	33 / 38	0,30	
Huoneistos sauna		2 #C	2/m ² #C	33 / 38		
Yhteistilat:						
Porrashuone		0,5 l/h	0,5 l/h	38 / 43		
Varastot		0,35	0,35 /m ²	43 / 48		
Kylmäkellari (myös asunto- kylmiö, jos pinta-ala > 4m ²)		0,2	0,2 / m ²	43 / 48		
Pukuhuone		2	2 / m ²	33 / 38	0,20	
Pesuhuone		3	3 / m ²	43 / 48	0,20	
Saunan löylyhuone		2	2 / m ²	33 / 38		
Talopesula		1	1 / m ²	43 / 48		
Kuivaushuone		2 #D	2 / m ² #D	43 / 48		
Askarteluhuone, kerho huone		1 #E	1 / m ² #E	33 / 38	0,20	

A Ohjearvo, kun liesikuvun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa on liesikuvun ohjearvo 20 dm³/s.

B Ohjearvo, kun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa ilmavirran ohjearvo on käyttöajan tehostuksen mukainen.

C Kuitenkin vähintään 6 dm³/s. Saunan ilmavirtaa ei oteta huomioon laskettaessa asunon ilmanvaihtokerrointa, jos saunan ulkoilmavirta on yhtä suuri kuin poistoilmavirta.

D Voidaan mitoittaa pienemmäksi kun käytetään ilmankuivaainta.

E Edeellyttää tuuletusmahdollisuutta; muuten 1,5 (dm³/s)/m².

S

KUVIO 1. Rakennusmääräyskokoelman D2 ohjearvot ilmavirtojen mitoitukselle (RakMk D2 2012, 25.)

Ilmanvaihtoa on voitava ohjata kuormituksen ja ilman laadun mukaan käyttötilannetta vastaavaksi. Käyttöajan tehostetun ilmavirran on oltava vähintään 30 % suurempi kuin käyttöajan ilmavirta. Yleensä toteutuksena on vähintään liesikuvun tehostettu ilmavirtaus. Ilmanvaihdon tehoa voidaan myös laskea käyttöajan ulkopuolella, jos kosteudenpoistolle ei ole tarvetta. Ilmavirtaa voidaan pienentää korkeintaan 60 % käyttöajan ilmavirrasta. (RakMk D2 2012, 10.)

Ilmanvaihtoa ei kannata mitoittaa kaikkien epäpuhtauksien poistamiseen. Se ei ole taloudellisesti kannattavaa, eikä sillä välttämättä päästä silti haluttuun tulokseen. Epäpuhtauksien torjunnassa tärkeämpää on poistaa tai rajoittaa epäpuhtauslähteitä. (Seppänen & Seppänen 1996, 26.)

3.3 Tarpeenmukainen ilmanvaihto

Tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla tarkoitetaan sellaista ilmanvaihtojärjestelmää, joka säätyy ilmanvaihdon tarpeen mukaan. Perinteisin esimerkki on suuri rakennus, joka on käytössä säännöllisesti. Silloin kun rakennuksessa ei ole ihmisiä, sen ilmanvaihto laitetaan kokonaan pois päältä tai sitä pienennetään. Ilmanvaihto käynnistetään muutamaa tuntia ennen ensimmäisten ihmisten saapumista.

Ilmanvaihdon tarpeenmukaista ohjausta voidaan tehdä myös kohdentamalla ilmavirtoja. Rakennuksessa, jossa on paljon toimistoja, voidaan ilmavirrat kohdentaa vain niihin tiloihin, jotka ovat sillä hetkellä käytössä.

Merkittävimmät edut tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla ovat laadukkaampi sisäilma ja energiansäästö. Ilmanvaihdon kohdentaminen antaa enemmän kapasiteettia käytettävien tilojen ilmanvaihtoon. Energiatehokkuus ilmenee varsinkin ilmanvaihtokoneen energiankulutuksessa. Ilmanvaihtokoneen tehostaminen ja tehon vähentäminen tarpeen mukaan tuo säästöjä varsinkin suurien ilmanvaihtokoneiden energiankulutuksessa.

4 RAKENNUSAUTOMAATIO

4.1 Rakennusautomaation merkitys kiinteistössä

Rakennusautomaatiojärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, jolla hallitaan rakennuksen olosuhteita valvonnan perusteella. Se voi sisältää rakennusten lvi-, valaistus-, tietoliikenne-, kulunvalvonta- ja turvallisuusjärjestelmät kiinteistöstä riippuen. Rakennusautomaation merkitys on kasvanut merkittävästi 1990-luvulta lähtien kiinteistöjen omistajien keskuudessa, koska kiinteistöjen hallintaa helpottaa järjestelmästä saatavat tiedot ja sillä tehtävät ohjaukset. Yhtenä merkittävänä tekijänä on tilojen, kulutuksen ja huoltotarpeiden reaaliaikainen seuranta. Hyvin suunnitellulla automaa-

tiojärjestelmällä saadaan myös kiinteistön käyttökustannuksia laskettua. (Piikkilä 2001, 29-33.)

4.2 Rakennusautomaatiolle asetettavat tavoitteet

Kiinteistön rakennusautomaatiolle asetettavat tekniset tavoitteet riippuvat kiinteistön tilojen käyttötarkoituksesta ja halutusta säädettävyyden tasosta sekä omistajan ja ylläpitäjän kiinteistöstrategiasta. Esimerkiksi varaston ja suuren toimistorakennuksen automaatiojärjestelmällä on hyvinkin erilaiset tekniset tavoitteet. (Piikkilä 2001, 31–35.)

Suunniteltaessa teknisiä tavoitteita on otettava huomioon järjestelmän haluttu toiminnallisuus ja tulevat käyttäjät. Järjestelmän toiminnallisuudella tarkoitetaan esimerkiksi tilojen lämpötilan, ilmanvaihdon tai valaistuksen valvomista, säätämistä ja ohjausta. Käyttäjälle merkittäviä asioita ovat toimintavarmuus ja helppokäyttöisyys. Käyttäjällä ei välttämättä ole automaatioalan koulutusta, joten järjestelmän selkeydellä ja helppokäyttöisyydellä varmistetaan, että kaikki ominaisuudet ovat käytössä. Toimintavarmuuden ei tarvitse olla samaa tasoa kuin teollisuuden prosesseissa, mutta kuitenkin hyvä. (Mts. 31–35.)

Kiinteistön automaatiojärjestelmän 10–15 vuoden elinkaaritavoite on yksi rakennusosien lyhyimmistä. Tämä johtuu enemmänkin elektroniikka- ja tietoliikennealan nopeasta kehityksestä, kuin siitä että laitteisto ei kestäisi. Kehitys tuo koko ajan uusia ominaisuuksia automaatiojärjestelmiin, jotka ei välttämättä ole käytettävissä vanhoissa järjestelmissä. Tämä järjestelmien vanheneminen on otettava suunnitteluvaiheessa huomioon. Anturit ja lähettimet ovat mahdollisesti toimintakuntoisia pidemmän ajan, mutta niiden sopivuus uuteen järjestelmään on otettava huomioon niitä valittaessa. Järjestelmän hankintavaiheessa on muutenkin hyvä ottaa huomioon myös tulevaisuuden tarpeet. Järjestelmätuki, varaosien saatavuus, järjestelmän eri sukupolvien yhteensopivuus, komponenttien laatu, päivitykset, joustavuus ja järjestelmän avoimuus ovat merkittävässä roolissa järjestelmän käyttöajan kustannuksien määrässä. Suunnitteluvaiheessa säästetty 0,5 % valintavaiheessa voi aiheuttaa kymmenien prosenttien ylimääräiset vuotuiset kustannukset. (Mts. 31–32.)

4.3 Rakenne

Rakennusautomaatiojärjestelmä koostuu yleensä neljästä hierarkkisesta tasosta.

1. Valvomotaso, jolla hallitaan järjestelmää
2. Alakeskustaso, jolla toiminnot toteutetaan
3. Kenttälaitetaso, joka sisältää mittaus- ja kenttälaitteet sekä
4. Väyläratkaisut

Valvomotason yläpuolella voi olla myös hallintajärjestelmätaso, jolla kiinteistön automaatiojärjestelmä voidaan liittää toisiin tietojärjestelmiin. Alakeskustason alapuolella voi olla myös vyöhykesäädintaso. Vyöhykesäädintasolla tarkoitetaan säädintä, jolla hallitaan määrättyä alaa tai tilaa kiinteistössä. (Piikkilä 2001, 89)

4.3.1 Valvomotaso

Valvomotason tärkeimpinä tehtävinä on toimia käyttöliittymänä käyttäjän ja prosessin välillä. Valvomotasolla voi olla yhtä prosessia kohden useampi valvomo. Kuitenkin yksi valvomo on yleensä päävalvomo, jolla voidaan hallita koko järjestelmää ja muut valvomot saattavat olla vain prosessin osien hallintaa varten. Esimerkiksi suuressa rakennuksessa yhdellä valvomolla voidaan hallita koko rakennusta ja sivuvalvomolla hallitaan jotain rakennuksen osaa. Hälytykset voidaan valvomoiden lisäksi siirtää matkapuhelimiin. Tällainen hälytyksensiirto voidaan tehdä esimerkiksi huoltoyhtiölle tai kiinteistöstä vastaavalle henkilölle. (Piikkilä 2001, 90–91.)

Käyttöliittymä sisältää kaikki tarvittavat järjestelmän osat, joita tarvitaan järjestelmän kanssa kommunikointiin. Tärkein käyttöliittymä järjestelmässä on valvomo. Prosessin hälytys-, mittaus-, ohjaus- ja säätöinformaatio tuodaan valvomon avulla käyttäjän tietoon ja valvomon kautta voidaan tehdä ohjauksia, kuten tilojen vaihtoa tai asetusarvojen muuttamista. Nykyään valvomot ovat usein selainpohjaisia, joilla mahdollisesta etävalvonta ja – käyttö. Selainpohjaisiin valvomoihin voidaan ottaa yhteys Internetin kautta, mistä tahansa. Etäkäytettävät valvomot vaativat kunnollisen tietoturvan mahdollisia haittaohjelmia vastaan. (Mts. 113–114.)

Valvomo on tärkein työkalu prosessin hallinnassa, joten valvomonäytön suunnittelussa on otettava huomioon myös tuleva käyttäjä. Informaatiomäärien ollessa suuria korostuu valvomon selkeys, loogisuus ja helppokäyttöisyys. Näiden ominaisuuksien puute tekee valvomosta helposti vaikeaselkoisen ja järjestelmän ominaisuuksien hyödyntäminen kärsii. Helppokäyttöinen valvomo vähentää ohjaus- ja tulkintavirheitä eikä välttämättä vaadi rinnalleen käyttöohjeita. Nämä ominaisuudet tulevat kyseeseen silloin, kun valvomon tulevalla käyttäjällä ei ole alan koulutusta. (Mts. 114.)

Valvomoiden hallintaan voidaan liittää myös käyttöoikeuksien rajaaminen. Kaikki käyttäjät eivät välttämättä tarvitse valvomon kaikkia ominaisuuksia. Esimerkiksi vain tietyt henkilöt saavat muuttaa asetusarvoja ja toiset voivat tarkastella vain tiloja ja mittauksia. Valvomoon voidaan jokaiselle käyttäjälle tehdä tunnukset ja tunnuksiin liittää tietyt käyttöoikeudet. Valvomoon kirjaututtaessa käyttäjän oikeudet tarkistetaan ja valvomonäyttö voi olla häneltä osittain peitossa. (Mts. 115.)

4.3.2 Alakeskustaso

4.3.2.1 Keskitetyt järjestelmät

Alakeskukset ovat prosessin toimeenpaneva osa. Alakeskuksiksi luetaan yleensä ohjelmoitavat logiikat ja erilaiset säätimet. Alakeskuksiin liitetään kaikki kenttälaitteet ja kenttälaitteiden tilan tai mittauksen lukeminen ja niiden ohjaaminen tehdään alakeskuksella. Alakeskuksien ja kenttälaitteiden välinen tiedonsiirto voi olla langatonta, mutta useimmiten tiedonsiirto on tehty kaapeloinnilla. Tästä alakeskuksien lukumäärä ja sijoittelu perustuu monesti kenttälaitteiden kaapelointiin. Vianhaun, huollon ja kaapeloinnin helpottamiseksi alakeskukset sijoitetaan yleensä mahdollisimman lähelle niitä kenttälaitteita, jotka siihen kytketään. Jokaiselle tilalle tai suuremmalle toiminnolle voi siis olla oma alakeskus. Esimerkkinä toimisto, jossa on jokaisella tilalla oma huonesäädin ja kaikki huonesäätimet on kytketty yhteen isoon automaatiojärjestelmään. (Piikkilä 2001, 91–93)

Tyypillisimmät rakenteet alakeskuksille ovat hajautettu, modulaarinen tai kiinteäpistemääräinen. Hajautetulla alakeskuksella tarkoitetaan väylässä olevia moduuleja, joihin toiminnot on hajautettu. Tällöin moduulit voidaan sijoittaa mahdollisimman lähelle kytkettävää kenttälaitetta. Modulaarinen alakeskus muodostetaan korttihakeroon tai moduulipohjiin tarvittavista I/O korteista ja moduuleista. Prosessoriin ja toisiinsa ne kytketään sisäisellä tiedonsiirtoväylällä ja kytkeminen tapahtuu usein pistokeliitännällä. Kiinteäpistemääräinen alakeskus sisältää vain yhden elektroniikkakortin, jossa on tietty määrä I/O pisteitä. I/O-pisteiden tyyppi voi olla muutettavissa tai ennalta määrätty. (Mts. 100)

Alakeskuksiin voidaan liittää myös paikallinäyttö tai – valvomo. Näiden lisäksi on alakeskukseen mahdollista liittää myös erillisiä taustaohjelmia. Taustaohjelmilla voidaan esimerkiksi kerätä historiatietoja tai liittyä huolto- ja kunnossapito-ohjelmistoon. Historiatietojen avulla nähdään järjestelmän pitkäaikaiset vaikutukset rakennuksen olosuhteisiin ja voidaan siten määrittää mahdolliset muutostarpeet. Liittyessään huolto-ohjelmistoon voi alakeskukselta saada automaattisesti hälytyksen huolto- tai kunnossapitotarpeesta. (Mts. 105–106)

Keskitettyssä järjestelmässä jokainen kenttälaitte kytketään alakeskukseen erikseen, mikä tarkoittaa paljon kaapelointityötä ja paljon kaapeleita. Tästä aiheutuu helposti kaapelointivirheitä. Keskitettyt järjestelmät ovatkin nykyään enemmän järjestelmän osia silloin, kun ohjauksen kohde on alakeskuksen lähetyvillä. (Saha 2005, 12.)

4.3.2.2 Hajautetut järjestelmät

Nykyään rakennusautomaatiossa yleistyy järjestelmien hajauttaminen. Hajauttaminen voi koskea koko järjestelmää tai vain osaa siitä. Tällöin puhutaan osittain keskitystä järjestelmästä, osittain hajautetusta järjestelmästä ja hajautetusta järjestelmästä. Keskeisenä erona näiden välillä on väylätekniikan hyödyntäminen, alakeskusten määrä ja väylään liitettävien laitteiden määrä. Järjestelmien hajauttaminen onnistuu nykyään paremmin, koska erilaisia kenttäväyliä on useita ja useiden eri valmistajien laitteita voidaan liittää samaan väylään. Verrattuna siihen, että aiemmin järjestelmä oli tehtävä yhden valmistajan laitteistolla.

Puolikeskitetty järjestelmä on ensimmäinen hajautuksen aste. Tässä järjestelmässä alakeskukset on kytketty väylään ja ne voivat lähettää toisilleen tietoja. Kuitenkin kenttälaitteet kytketään jokainen erikseen alakeskukseen, mutta tässä järjestelmässä kaikki alakeskukset voidaan viedä mahdollisimman lähelle siihen kytkettäviä kenttälaitteita. Väylän avulla saadaan tietoa alakeskusten vikaantumisesta, mutta kenttälaitteiden vikaantumisesta tietoa ei saada. (Saha 2005, 12)

Puolihajautetun ja puolikeskitetyn järjestelmän ero on lähinnä yhden alakeskuksen I/O määrissä. Puolihajautetussa järjestelmässä alakeskukseen liitetään vain muutamia kenttälaitteita esimerkiksi yhden huoneen kenttälaitteet. Puolikeskitetyssä taas voidaan alakeskukseen liittää esimerkiksi yhden kerroksen kenttälaitteet. Molemmat järjestelmät saattavat sisältää muutamia kenttälaitteita, jotka on liitetty väylään. (Mts. 13–14)

Hajautetussa järjestelmässä kaikki tai ainakin suurin osa kenttälaitteista on liitetty väylään. Rakennuksessa on kenttäväylän runkolinja, johon kenttälaitteet liitetään. Kenttälaitteet liitetään siis väylän solmukohtaan eikä alakeskukseen. Tämä vähentää merkittävästi kaapelointityötä ja kaapelien määrää. (Mts. 14–15)

Yleisimmät väyläprotokollat rakennusautomaatiossa ovat BACnet, ModBus, TCP/IP, KNX/EIB, DALI, M-Bus ja Lon.

4.3.2.3 Ohjelmat

Rakennusautomaation perinteiset ohjelmat ovat aika-, säätö- vai tapahtumaohjelmat. Aikaohjelmat suoritetaan kellonajan tai kalenteriajan perusteella, säätöohjelmilla pyritään pitämään jokin prosessin osa asetusarvossa ja tapahtumaohjelmilla tehdään esimerkiksi pakko-ohjauksia. Aikaohjelmana voidaan tehdä esimerkiksi kalenterin mukaisina työpäivinä perusilmanvaihdon tehostus. Säätöohjelmalla voi olla esimerkiksi lämpötilan pitäminen asetusarvossa säätöventtiilin avulla. Tapahtumaohjelma on esimerkiksi palohälytyksen jälkeinen palo ovien sulkeminen. Tämän tyyppiset ohjelmien suoritusperusteet ovat tuttuja myös teollisuusympäristössä. (Mts. 102–103)

Järjestelmä saattaa sisältää myös toimintaperiaatteesta riippuen erilaisia energian säästöön liittyviä ohjelmia. Näistä esimerkkeinä ovat energianhallintaohjelmat, entalpiaohjaus ja huipputehon rajoitus. Energianhallintaohjelmilla pyritään optimoimaan rakennuksen jäähdytys tai lämmitys käyttöjaksojen aikana. Toiminta perustuu sisä- ja ulkolämpötilojen muutoksiin sekä rakennuksen rakenteista ja massasta riippuvaan muutoshitauteen. Entalpiaohjauksessa optimoidaan ulkoilman ja kiertoilman määrä ilmanvaihdossa, jotta jäähdytykseen tarvitaan mahdollisimman vähän energiaa tai että lämpöenergiaa hukataan mahdollisimman vähän. Huipputehon rajoituksella pyritään minimoimaan rakennukselta perittävää huipputehomaksua. Rajoittaminen perustuu kokonaiskuormitukselle asetettuun raja-arvoon, jotta huipputeho pysyisi mahdollisimman pienenä. Oma ohjelma voidaan tehdä myös erilaisten virhetilanteiden kuten sähkökatkojen varalle. Muuten virhetilanteen jälkeen kaikki aiemmin käynnissä olleet laitteet käynnistyvät heti sillä tasolla, jolla ne olivat ennen virhetilannetta. Tämä saattaa aiheuttaa vahingollista liikakuormitusta, joten erillisellä käynnistysohjelmalla halutaan tehdä käynnistäminen hallitusti. (Mts. 103–105)

4.3.3 Kenttälaitetaso

Kenttälaitteiksi luetaan kaikki laitteet, joiden avulla saadaan tietoa prosessista tai tehdään ohjauksia. Kenttälaitteet jaotellaan antureihin ja toimilaitteisiin. Niitä ovat esimerkiksi säätöventtiilit, säätöpellit ja mittalähettimet.

4.3.3.1 Anturit ja kytkimet

Anturit jaotellaan toimintaperiaatteen mukaan aktiivisiin, passiivisiin tai väylään liitettäviin. Passiivinen toimilaitte ei tarvitse erillistä jännitteensyöttöä vaan mittausarvo saadaan termoparin tai vastusanturin avulla. Termoparimittaus perustuu mitattavaan suureeseen verrannollisen jännitteen generoimiseen. Vastusmittaus perustuu vastusanturin muuttuvaan resistanssiin. Aktiivinen anturi tekee muunnoksen mittavasta suureesta sähköiseksi signaaliksi mittausosassa. Mittausosasta viesti siirtyy lähettimen avulla eteenpäin joko 4-20 mA tai 0-10V signaalina. Sähköinen signaali on skaalattu määrätylle mitta-alueelle. Aktiivinen anturi tarvitsee erillisen jännitteensyötön.

Väylään liitettävät kenttälaitteet eivät välttämättä tarvitse alakeskusta, jotta sen tiedot voidaan lukea. Väylään liitettävistä antureista voidaan saada mallista riippuen mittausravon lisäksi erilaisia tila- tai virhetietoja. (Piikkilä 2001, 107.)

Eniten käytetyt mittaukset rakennusautomaatiossa ovat lämpötilamittaukset, ilmanvaihtokanavien paine-eromittaukset, ilmanvirtausmittaukset, kosteudenmittaukset, ilmanlaadun mittaukset ja energiamittaukset. Suurta osaa mittauksista käytetään rakennuksen olosuhteiden mittaukseen ja säätämiseen. Kuitenkin esimerkiksi energiamittauksilla on suuri merkitys myös energian säästämässä. (Mts. 108.)

Rajakytkimiä voidaan käyttää silloin, jos suureesta ei tarvita reaaliaikaista mittaustietoa. Rajakytkimet palauttavat 24 V signaalin tai katkaisevat sen suureen ylittäessä raja-arvon. Tämänäyttöisiä kytkimiä käytetään esimerkiksi ilmanvaihtokoneen suodattimen valvonnassa. Paine-eron noustessa yli raja-arvon kytkimeltä tuleva signaali muuttuu ja silloin tiedetään suodattimen olevan vaihdon tarpeessa.

4.3.3.2 Toimilaitteet

Toimilaitteet jaotellaan toimintaperiaatteensa perusteella portaattomasti ohjattaviin, 3-piste ohjattaviin ja päälle/pois ohjattaviin. Portaattomasti ohjattaville toimilaitteille ohjausviesti on yleensä 0-10 V, mutta nykyään valmistajilta saa yleensä myös 4-20 mA ohjausviestillä toimivia laitteita. Yleisimpiä portaattomasti ohjattavia laitteita ovat vesilinjojen säätöventtiilit ja ilmanvaihtokanavien säätöpellit. 3- pisteohjauksessa ohjausviestinä toimii yleensä 24 V signaali. Toimilaitteen asento määräytyy siitä, mihin johtimeen jännite tuodaan. Jos jännitettä ei tuoda lainkaan, palaa toimilaitte perusasentoonsa. 3-pisteohjausta käytetään esimerkiksi ilmanvaihdon säätö- ja sulkupeltien toimilaitteissa. Auki/kiinni toimilaitteet toimivat myös 24 V signaalilla. Tila vaihdetaan ohjausviestin ollessa joko 24 V tai 0 V. Tällaisia toimilaitteita ovat esimerkiksi magneettiventtiilit. (Piikkilä 2001, 108)

Väyläohjattujen toimilaitteiden ohjaaminen tapahtuu digitaalisilla viesteillä. Viestin sisältö riippuu käytettävästä protokollasta. Protokollan tyypistä riippuen viesti kohdennetaan viestissä olevalla kenttälaitteen osoitteella tai kaikki toimilaitteet vas-

taanottavat viestin. Jos viesti menee kaikille laitteille, tiedot kohdistuvat oikealle laitteelle viestissä olevan tunnisteiden mukaan.

5 KOHTEEN JA JÄRJESTELMÄN ESITTELY

5.1 Kohteen esittely

Kohteena on Jyväskylän Vesankaan rakennettu omakotitalo. Ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Kohteessa on keskitetty automaatiojärjestelmä, jolla valvotaan sisäilman laatua, turvallisuutta ja ohjataan ilmanvaihtoa.

5.2 Järjestelmän osat

5.2.1 Logiikka ja osat

Automaattisen ilmanvaihdon ohjaukset tehdään Siemensin S7-1200 logiikalla. Logiikassa on seitsemän laajennusmoduulia. Neljä niistä on tyypiltään 4 AI/2 AO ja kaksi ovat tyypiltään 4 AO. Seitsemäs laajennusmoduuli on logiikan Ethernet-kytkin.

Logiikka soveltui tehtävään hyvin, koska se on laajennettavissa tarpeen mukaan. Jos järjestelmään halutaan lisätä mittauksia tai ohjattavia päätelaitteita, voidaan analogiamäärää lisätä lisämoduuleilla virtalähteen asettamat rajoitukset huomioiden. Lisäarvoa toi myös sisäinen webserver, joka mahdollisti käyttöliittymän tekemisen ilman HMI-paneelia.

Logiikan ohjelman tehtiin TIAPortal-ohjelmistolla. Yhteen ohjelmaan on yhdistetty logiikkaohjelmointi ja käyttöliittymäsuunnittelu. Käytössä olleessa ohjelmassa oli Step 7 Basic ja WinCC Basic. Kuitenkin vain Step 7 oli käytössä tässä työssä.



KUVIO 2. Siemens S7-1200 ohjelmoitavan logiikan CPU. (Siemens n.d.)

5.2.2 Mittaukset

Talossa valvotaan antureilla lämpötilaa, hiilidioksidin määrää ja ilmankosteutta. Lämpötilaa ja hiilidioksidin määrää mittaavat anturit ovat samassa lähettimessä. Nämä lähettimet ovat makuuhuoneissa, olohuoneessa ja kirjastossa. Ilmankosteutta mitataan pesuhuoneesta ja kodinhoituhuoneesta.

Järjestelmässä olevat lähettimet ovat Thermokonin valmistamia. Lämpötilaa ja hiilidioksidin määrää mittaavat laitteet ovat malliltaan WRF04 CO2 VV. Kosteutta mittaavat laitteet ovat malliltaan FTW04VV. VV lyhenne molemmissa laitetunnuksissa tarkoittaa, että siinä on aktiivilähetin ja lähetin antaa jänniteviestin 0-10V. Kosteutta mittaavat mittalähettimet ovat ulkonäöltään melkein samanlaiset kuviossa 2 esitellyn mittalähettimen kanssa.



KUVIO 3. Thermokonin WRF04 Co2 VV huonelämpötilan ja hiilidioksidimäärän mittalähetin. (Room sensor n.d.)

5.2.3 Ilmanvaihtokone

Ilmanvaihtokoneena talossa on Vallox Digit2 SE VKL. Laitetunnuksen VKL tarkoittaa, että siinä oleva jälkilämmityspatteri on VKL-vesipatteri. SE tarkoittaa sähköistä etulämmityspatteria. Ilmanvaihtokoneessa on tulo- ja poistoilmapuhaltimet. (Käyttö-, huolto- ja tekniset ohjeet 2012, 1.)

Ilmanvaihtokoneesta on valittavissa kahdeksan eri nopeutta. Nopeuden valinnan voi tehdä ohjauspaneelistä tai jänniteviestillä 0-10V. Jänniteviesti muuttaa koneen peruspuhallinnopeutta. Peruspuhallinnopeus tarkoittaa sitä nopeutta, jolla kone vähintäänkin pyörii. Nopeus ei lukitu, vaan sitä voidaan muuttaa ja tehostusta vaativa nopeudenohjaus astuu voimaan. (Käyttö-, huolto- ja tekniset ohjeet 2012, 2.)

5.2.4 Ohjattava päätelaite

Päätelaitteen lautasta ohjataan Firgelli L-12 karamoottorilla ja ohjausviestinä on 4-20 mA signaali. Päätelaite rakennetaan itse, koska sopivaa kaupallista laitetta ei löytynyt.



KUVIO 4. Firgelli L-12 karamoottori. (L-12 series n.d.)

5.2.5 Käyttöliittymä

Järjestelmään on tehty aiemmin käyttöliittymä logiikan omalle webserverille. Tähän käyttöliittymään tehtiin ilmanvaihdon ohjaukseen tarvittavat lisäsivut. Käyttöliittymä on tehty HTML 4.01-ohjelmointikielellä ja käyttäjä saa siihen yhteyden älylaitteella tai tietokoneella ottamalla yhteyden logiikan IP-osoitteeseen.

6 JÄRJESTELMÄN TOIMINTAPERIAATE

Automaattisen ilmanvaihdon ohjaaminen perustuu talossa oleviin hiilidioksidin ja suhteellisen kosteuden mittauksiin. Hiilidioksidimittausten perusteella hallitaan makuuhuoneiden, kirjaston ja olohuone/keittiötilan ilman laatua. Suhteellisen kosteuden perusteella hallitaan ilmanlaatua pesuhuoneessa ja kodinhoituhuoneessa.

Noin puolet talossa olevista venttiileistä vaihdetaan logiikalla ohjattaviksi. Niitä asennetaan yhteensä kahdeksan kappaletta. Säädettävistä venttiileistä muodostetaan ryhmät ja jokaista ryhmää ohjataan erikseen. Jokaiseen ryhmään kuuluu yksi tai useampi tuloilmaventtiili sekä poistiventtiili. Keittiön venttiili kuuluu ainoana kahteen eri ryhmään. Taulukossa yksi näkyy jokaisen venttiilin ryhmä ja positio.

TAULUKKO 1. Säädettyjen ilmanvaihtoventtiilien ryhmät

FV	Sijainti	tyyppi	Ryhmä
1	Makuuhuone 12,5	tulo	1
2	Makuuhuone 18,2	tulo	2
3	Kirjasto	tulo	3
4	Olohuone, keski	tulo	4
5	Olohuone, ruokailu	tulo	4
6	Kodinhuoltohuone	poisto	1
7	Pesuhuone	poisto	3
8	Keittiö	poisto	2,4

6.1 Automaattinen ilmanvaihto

Jokaiselle yksittäiselle ohjattavalle venttiilille määritetään perusasento millimetreissä käyttöliittymästä. Venttiilin perusasento tarkoittaa venttiilin avautumaa silloin, kun ilmanvaihtoon ei tehdä muutoksia. Jokainen venttiili ohjataan perusasentoonsa aina automaattisen ilmanvaihdon käynnistyksen ja sulkemisen yhteydessä. Venttiilit palautuvat perusasentoon myös aina, kun ilmanvaihdon tehostaminen lopetetaan.

Ilmanvaihtokoneen perusnopeus on taso neljä, jolloin rakennuksen ilma vaihtuu yhden kerran kahdessa tunnissa. Automaattisen ilmanvaihdon ollessa käynnissä ilmanvaihtokoneen nopeus on neljä, jos ilmanvaihto ei vaadi muutosta. Kun ilmanvaihdon automaattiohjaus suljetaan, asetetaan ilmanvaihtokoneen nopeudeksi taso neljä.

Järjestelmässä olevien palovaroittimien hälytys vaikuttaa myös ilmanvaihtoon. Ohjattavat venttiilit suljetaan ja ilmanvaihtokoneen nopeudeksi asetetaan taso yksi. Tarkoituksena on vähentää mahdollisessa tulipalotilanteessa tulipalon hapensaantia.

6.1.1 Ilmanvaihdon tehostaminen mittauksen perusteella

Automaattisen ilmanvaihdon perustana oleville mittauksille on asetettu raja-arvot, joiden ylittyminen käynnistää ilmanvaihdon ohjauksen. Hiilidioksidin raja-arvoksi on asetettu 700 ppm ja suhteellisen kosteuden raja-arvo on 45 %. Raja-arvot ovat kuitenkin muutettavissa, jos järjestelmän toiminta niin vaatii. Molempien suureiden mittauksille on määritetty myös arvo, joka ilmaisee sen onko pitoisuus koholla.

Raja-arvon ollessa ylitettynä viiden minuutin ajan käynnistyy ilmanvaihdon ohjauksen ensimmäinen vaihe. Ensimmäisessä vaiheessa kohdennetaan ilmanvaihtoa siihen tilaan, jossa raja-arvo on ylittynyt. Tämä tehdään siten että tilaan liittyvän venttiili-ryhmän avautumaksi asetetaan noin 75 %. Ryhmään kuuluvien tulo- ja poistoilma-venttiilien avautuman suurentaminen lisää ilmanvaihtoa kyseisessä tilassa.

Toinen vaihe käynnistyy raja-arvon ollessa ylitettynä 35 minuuttia. Toisessa vaiheessa ilmanvaihdon kohdentamista tehostetaan. Kohdetilaan liittyvän ryhmän venttiilit avataan kokonaan ja muiden venttiilien avautumaksi asetetaan noin 5 % niissä tiloissa, joissa pitoisuus ei ole koholla. Jos venttiilejä supistettaisiin sellaisissa tiloissa, joissa pitoisuus on koholla, saattaisi pitoisuus pienen ajan kuluessa ylittää raja-arvon.

Kun toinen vaihe on ollut käynnissä 30 minuuttia, käynnistyy kolmas ja viimeinen vaihe. Viimeisessä vaiheessa tehostetaan ilmanvaihtokoneen tehoa. Ilmavaihtokoneen nopeudeksi asetetaan taso viisi 30 minuuttia kolmannen vaiheen käynnistymisestä. Seuraavan 30 minuutin päästä asetetaan puhaltimen nopeudeksi taso 6. Nopeuden ohjaaminen on rajoitettu tasoon kuusi, mutta se voidaan muuttaa järjestelmän toiminnan niin vaatiessa.

Jos ilmanvaihdon tehostuksen aikana ylittyy yksi tai useampi raja-arvo, myös niihin tiloihin vaikuttavien venttiilien avautuma muutetaan joko 75 % tai 100 % vaiheen mukaan. Tehostus on aina hallitseva ohjaus, vaikka venttiilien avautumaa olisikin jo supistettu. Tehostus ei ole hallitseva palohälytystilanteessa.

Raja-arvon ollessa alitettuna viisi minuuttia palautuvat venttiilit perusasentoon ja ilmanvaihtokoneen nopeudeksi asetetaan taso neljä.

Jos järjestelmän tilaksi on asetettu poissaolotila, automaattisen ilmanvaihdon toiminta on toiminnallisuudeltaan samanlainen. Kuitenkin erona on, että ilmanvaihtokoneen perusnopeus on taso kolme eikä taso neljä.

6.1.2 Ilmanvaihdon vähentäminen mittauksen perusteella

Ilmanvaihtokoneen nopeutta voidaan laskea, jos mittausten mukaan ilmanvaihdon ei tarvitse olla perustasolla. Tilan ollessa kotona lasketaan ilmanvaihtokoneen nopeus tasolle kolme, jos mikään mittaus ei ole ollut koholla tunnin aikana. Tilan ollessa poissa lasketaan ilmanvaihtokoneen nopeus tasolle kaksi, jos mikään mittaus ei ole ollut koholla puoleen tuntiin. Taso kaksi täyttää vielä rakennusmääräyskokoelman D2 poissaoloajan ilmanvaihdolle määritetyn korkeintaan 60 % laskun.

Ilmanvaihtokoneen nopeuden laskemisella on tarkoitus saada aikaan energiansäästöä. Ilmanvaihtokoneen nopeuden laskeminen yhdellä tasolla vähentää sen sähkönkulutusta 10–15 W.

6.1.3 Hallinta käyttöliittymästä

Automaattista ilmanvaihtoa hallitaan käyttöliittymästä. Sen käynnistäminen ja sammuttaminen tehdään Ilmanvaihto-sivulta. Ohjauksen tila näkyy ohjauspainikkeiden yläpuolella. Automaattiohjaus asettuu päälle aina, kun järjestelmän tilaksi asetetaan kotona, poissa, ulko-ovien valvonta kotona tai ulko-ovien valvonta poissa. Jos ilmanvaihtokoneen manuaaliohjaus käynnistetään, sammuu automaattiohjaus automaattisesti, jotta ilmanvaihtokoneelle ei tulisi päällekkäisiä ohjauksia.

Automaattiohjauksien valvontaa varten on oma sivunsa. Sivulta näkee ilmanvaihtokoneelle ohjatun nopeuden ja jokaisen venttiilin avautuman. Venttiilien avautumat on ilmoitettu millimetreinä.

Käyttöliittymässä on erikseen sivu venttiileiden perusasennon määrittämiseksi. Jokaiselle venttiilille määritetään erikseen perusasento millimetreinä. Sivulta näkee myös venttiilille asetetun perusasennon millimetreinä.

6.2 Ilmanvaihtokoneen manuaaliohjaus

Ilmanvaihtokonetta voidaan ohjata manuaalisesti käyttöliittymästä. Käyttöliittymässä ilmaistaan led-valolla onko manuaaliohjaus päällä vai pois. Manuaaliohjaus käynnistetään ja sammutetaan erikseen. Kuitenkin automaattiohjauksen käynnistyessä manuaaliohjaus sammuu. Ilmanvaihtokoneen ohjaus tehdään erilliseltä manuaaliohjauksen hallintasivulta.

Manuaaliohjaus on rajoitettu siten, että nopeuden asettaminen toimii vain nopeuksille 2-8. Rajoituksen tarkoituksena on varmistaa, että käyttäjä ei voi epähuomiossa asettaa ilmanvaihtokoneelle liian pientä nopeutta. Alimmainen nopeustaso on riittämätön, vaikka talossa ei olisi sisällä yhtään ihmistä. Jos ohjaus ei ole välillä 2–8, asetetaan ilmanvaihtokoneen nopeudeksi taso neljä.

Manuaaliohjauksen hallintasivulla on nopeuden asettamista varten ikkuna, johon haluttu nopeus syötetään. Sen alapuolella näytetään, mikä nopeus ilmanvaihtokoneelle on ohjattu.

Hallintasivulta voidaan asettaa päälle myös saunatila. Saunatilan asettaminen päälle tehostaa ilmanvaihtokoneen tehoa nostamalla sen nopeuden tasolle kuusi. Asetus on päällä kaksi tuntia ja asettuu pois päältä automaattisesti. Kun saunatila asettuu pois päältä, ilmanvaihtokoneen nopeudeksi asetetaan automaattisesti taso neljä. Ohjauksen tila ilmaistaan led-valolla.

7 POHDINTA

Nykypäivänä ilmanvaihto- ja sisäilmaongelmat ovat paljon esillä. Ilmanvaihdon tarpeenmukainen ohjaaminen on lisääntynyt todella paljon viime vuosien aikana. Tässä työssä tehdyllä ohjelmalla saadaan ilmavirtoja tehostettua tarvittavissa tiloissa myös ilman ilmanvaihtokoneen tehostamista. Ilmanvaihtokoneen nopeutta lisättäessä tehostetaan ilmanvaihtoa myös niissä tiloissa, joissa ei ilmanvaihdon lisäämistarvetta

ole. Varsinkin lämmityskauden aikana hukataan tarpeettomasti jo lämmitettyä ilmaa sekä ilmanvaihtokoneen tehontarve nousee.

Pelkkiä päätelaitteiden avautumia muutettaessa käytetään hyödyksi perusilmanvaihdon ilmavirtaukset mahdollisimman tehokkaasti. Kohdistettaessa ilmavirtaukset niihin tiloihin, joissa kuormitusta esiintyy, pelkkä perusilmanvaihto saattaa riittää hyvän sisäilman säilyttämiseksi.

Järjestelmällä saadaan vähennettyä inhimillisen virheen vaikutusta ilmanvaihtoon. Ilmanvaihtuventtiilien säätäminen johonkin muuhun asentoon, kun mitä on suunniteltu, saattaa muuttaa ilmavirtauksia koko asunnossa. Ohjattavien venttiilien avulla ilmanvaihtoa saadaan tarpeen mukaan kohdennettua tarvittaviin tiloihin, vaikka perusasetus olisikin väärin asetettu. Jos järjestelmässä olevien ohjattavien venttiilien perusasetus on väärin, sen huomaa siitä, että järjestelmä joutuu jatkuvasti tehostamaan jonkun tilan ilmanvaihtoa.

Ilmanvaihtokoneen nopeuden säätäminen manuaalisesti saattaa vaikuttaa myös ilmanvaihdon ja sisäilman laatuun. Koneen tehoa saatetaan laskea, kun asunnosta poistutaan, mutta tehoa ei muisteta nostaa palattaessa. Tällöin kotona ollessa ilmanvaihto ei ole riittävä. Kun ilmanvaihtokoneen nopeutta säädetään kuormituksen mukaan, se pienenee automaattisesti poistuttaessa ja lisääntyy palattaessa.

Työssä tarvittavista ohjattavista päätelaitteista ei löytynyt sopivaa kaupallista versiota, joten ne joudutaan rakentamaan itse. Moottorit joudutaan tilaamaan ulkomailta ja siitä syystä päätelaitteita ei tämän työn kirjoittamisvaiheessa saatu rakennettua. Päätelaitteiden puuttumisen takia ei ohjelman testaamisesta saada tietoa ennen työn kirjallisen osuuden palauttamista.

Järjestelmän kehittämiseksi siihen pitäisi lisätä ilmanvirtausmittaukset ja paine-ero mittaukset. Ilmanvirtausmittauksen avulla voitaisiin ilmavirtojen määrää hallita paremmin sekä varmistua siitä, että korvausilma- ja poistoilmavirtaukset ovat riittävät. Paine-erojen hallinta on erittäin tärkeää, jotta välttyttäisiin liiallisilta ali- tai ylipaineilta. Paine-ero mittauksen avulla voitaisiin myös varmistua siitä, että ilma virtaa aina oikeaan suuntaan. Paine-ero mittauksen voisi lisätä myös rakennuksen ulkovaipan yli. Tällöin voitaisiin vaikuttaa talon paine-eroon ulkoilmaan nähden.

LÄHTEET

Arvela, H & Reisbacka, H. 2008. Asuntojen radonkorjaaminen. Raportti STUK-A229. Säteilyturvakeskus. Viitattu 16.1.2014.

http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/tiivistelmat/a_sarja/fi_FI/stuk-a229/files/81692144986424130/default/stuk-a229.pdf

Asumisterveysohje. 2003. Sosiaali- ja terveysministeriön opas. Viitattu 15.1.2014.

http://www.finlex.fi/pdf/normit/14951-asumisterveysohje_pdf.pdf

Fysikaaliset tekijät. n.d. Sisäilmayhdistyksen Internet-sivusto. Viitattu 15.1.2014.

<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/sisailmasto/fysikaaliset-tekijat/>

Hiukkasmaiset epäpuhtaudet. n.d. Sisäilmayhdistyksen Internet-sivut. 16.1.2014.

<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/sisailmasto/hiukkasmaiset-epapuhtaudet/>

Ilmanvaihdon energiakorjaus. 2013. Energiakorjauksen tekninen kortti 10. Viitattu 15.1.2014.

http://www.energiakorjaus.info/pages/kortit/Pientalo_10_Ilmanvaihto_2013_02_01.pdf

Ilmanvaihdon perusteet. n.d. Sisäilmayhdistyksen Internet-sivusto. Viitattu 15.1.2014.

<http://www.sisailmayhdistys.fi/paasivuista-toinen/ilmanvaihdon-perusteet/>

Korhonen, M & Lintunen, M. 2003. Hyvä sisäilma. Oy Like Kustannus Ltd. Viitattu 21.1.2014.

Käyttö-, huolto- ja tekniset ohjeet. 2012. Ilmanvaihtokoneen ohjekirja. Viitattu 15.1.2014.

L-12 series. n.d. Fircellin Internet-sivut. Viitattu 25.3.2014.

<http://www.fircelli.com/products.php>

Lahtinen, M., Lappalainen, S & Reijula K. 2005. Sisäilman hyväksi. Työterveyslaitos. Viitattu 21.1.2014.

Lukander, M. 2010. Painovoimaisen ilmanvaihdon tehostaminen omakotitalossa, artikkeli. Viitattu 15.1.2014.

http://www.rakennusperinto.fi/Hoito/Korjaus_artikkelit/fi_FI/Painovoimaisen_ilmanvaihdon_tehostaminen_omakotitalossa/

Ndir co2 sensing technology. n.d. Application note TSI-037. Viitattu 14.1.2014.

http://www.tsi.com/uploadedFiles/Site_Root/Products/Literature/Application_Notes/TSI-037.pdf

Perustietoa radonista. n.d. Säteilyturvakeskuksen Internet-sivusto. Viitattu 16.1.2014.

http://www.stuk.fi/sateily-ymparistossa/radon/fi_FI/mita_radon_on/

Piikkilä, V päätoimittaja. 2001. Rakennusautomaatiojärjestelmät. Sähköinfo Oy. 2 painos. Viitattu 3.1.2014.

ProSolve. n.d. PowerPoint esitys yrityksestä. Viitattu 5.3.2014.

RakMk D2. 2012. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö, rakennetun ympäristön osasto. Viitattu 16.1.2014.

http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf

Saha, H. 2005. Johdatus väylätekniikkaan. Artikkelit Fluid Finland 3-2005. Viitattu 6.2.2014. <http://www.canopen.fi/artikkelit/Johdanto.pdf>

Seppänen, M & Seppänen, O. 1996. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Sisäilmayhdistys. Viitattu 27.1.2014.

Siemens. n.d. Conrad Internet-kaupan kotisivut. Viitattu 25.3.2014.

<http://www.conrad.com/ce/en/product/197494/Siemens-6ES7214-1HE30-0XB0-SIMATIC-S7-1200-CPU-1214C-Compact-CPU-DCDCRelay-14-DI-10-DO-2-AI-50Kb>

Sisäilmaopas. 2011. Hengitys ja allergia- ja astmaliiton julkaisema opas. Viitattu 15.1.2014.

Säteri, J. 2008. Sisäilmaluokitus 2008:n esittely. Viitattu 15.1.2014.

<http://whm12.louhi.net/~sisailma/wp-content/uploads/2013/03/sisailmastoluokitus2008-esittely.pdf>

Terveellisen rakennuksen ilmanvaihto. 2002. Hengityslitto Heli ry:n opas. Viitattu 15.1.2014.

Valaistuksen merkitys. n.d. Kodin valaistuksen Internet-opas. Viitattu 17.1.2014.

<http://www.kodinvalaistus.fi/valaistuksen-merkitys/>

Valon laatu. n.d. Kodin valaistuksen Internet-opas. Viitattu 17.1.2014.

<http://www.kodinvalaistus.fi/tietoa-sivustosta/>

Room Co2 Sensor. n.d. Thermokonin Internet-sivut. Viitattu 25.3.2014.

<http://www.thermokon.de/EN/mixed-gas--co2/wrf04-co2--room-co2-sensor.html>

LIITTEET

Liite 1. Käyttöliittymän sivu ilmanvaihto

The screenshot shows the 'ILMANVAIHTO' (Ventilation) control interface. At the top left, the 'Solve Pro' logo is visible, along with the user name 'admin' and a 'Log out' button. A vertical navigation menu on the left contains the following items: ETUSIVU, OHJAUKSET, ILMANVAIHTO, OVET JA LIIKET, MITTAUKSET, and DATALOG. The main content area is titled 'ILMANVAIHTO' and features two primary control sections: 'MANUAALIOHJAUS' (Manual Control) and 'AUTOMAATTIOHJAUS' (Automatic Control). Each section has a status indicator (a red dot for manual and a green dot for automatic) and two buttons labeled 'Päälle' (On) and 'Pois' (Off). Below these are links for 'MANUAALIOHJAUKSET', 'AUTOMAATTIOHJAUKSIEN VALVONTA', and 'VENTTIILIEN PERUSASENTOJEN HALLINTA'.

Liite 2. Käyttöliittymän sivu ilmanvaihdon manuaaliohjaukset

www.prosolve.fi Solve Pro admin Log out

- [ETUSIVU](#)
- [OHJAUKSET](#)
- [ILMANVAIHTO](#)
- [OVET JA LIIKET](#)
- [MITTAUKSET](#)
- [DATALOG](#)

ILMANVAIHDON MANUAALIOHJAUKSET

Syötä haluttu ilmanvaihtokoneen nopeus 2-8

Aseta

Manuaaliohjauksen tila:
4

SAUNATILA

Päälle

Liite 3. Käyttöliittymän sivu ilmanvaihdon automaattisten ohjausten valvonta

www.prosolve.fi Solve Pro admin Log out

[ETUSIVU](#)
[OHJAUKSET](#)
[ILMANVAIHTO](#)
[OVET JA LIIKKET](#)
[MITTAUKSET](#)
[DATALOG](#)

ILMANVAIHDON AUTOMAATTIOHJAUKSEN VALVONTA

ILMANVAIHTOKONEELLE OHJATTU NOPEUS
3

ILMANVAIHTOVENTTILIIEN AVAUTUMAT

HUONE	VENTTILIN AVAUTUMA (mm)
MAKUuhuONE 12.5	9.999548
MAKUuhuONE 18.2	9.999548
KIRJASTO	9.999548
OH KESKI(CO2)	9.999548
OH RUOKAILU	9.999548
KODINHOITOHUONE	9.999548
PESUHUONE	9.999548
KEITTIÖ	9.999548

Liite 4. Käyttöliittymän sivu venttiilien perusasennot

www.prosolve.fi Solve Pro admin Log out

- [ETUSIVU](#)
- [OHJAUKSET](#)
- [ILMANVAIHTO](#)
- [OVET JA LIIKET](#)
- [MITTAUKSET](#)
- [DATALOG](#)

VENTTILIIEN PERUSASENNOT		
VENTTIILI	PERUSASENTO NYT (mm)	PERUSASENNON SYÖTTÄMINEN (mm)
MAKUHUONE 12.5	10	<input type="text"/>
MAKUHUONE 18.2	10	<input type="text"/>
KIRJASTO	10	<input type="text"/>
OLOHUONE KESKI	10	<input type="text"/>
OLOHUONE RUOKAILU	10	<input type="text"/>
KODINHOITOHUONE	10	<input type="text"/>
PESUHUONE	10	<input type="text"/>
KEITTIÖ	10	<input type="text"/>