



# Painovoimaisen ilmanvaihdon tehostamissuunnitelma omako- titaloon

Case: Omakotitalo Lopella

Lindholm Arttu

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2019

Talotekniikan koulutus  
Sähköinen talotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikka  
Sähköinen talotekniikka

LINDHOLM, ARTTU:

Painovoimaisen ilmanvaihdon tehostamissuunnitelma omakotitaloon

Opinnäytetyö 49 sivua, joista liitteitä 5 sivua  
Huhtikuu 2019

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia tiivistetty suunnitelma erilaisista ratkaisuista, joilla voidaan tehostaa omakotitalon painovoimaista ilmanvaihtoa. Työn kohderakennuksena oli vuonna 1933 rakennettu omakotitalo. Työssä tarkastellaan, kuinka eri ratkaisut vaikuttavat rakennukseen, käyttäjiin, sisäilmaan ja energiatehokkuuteen sekä mitä pitää ottaa huomioon päivittäessä vanhan rakennuksen ilmanvaihdossa.

Työn teoriaosuudessa kerrotaan ilmanvaihdon perusteista ja siitä, miten eri ilmanvaihtojärjestelmät toimivat. Työssä esitellään yleisesti omakotitalon automaation toimintaa sekä miten ilmanvaihtoa voidaan käsitellä automaattisesti. Lisäksi esitellään tyypillisimpiä painovoimaisen ilmanvaihdon tehostuksen järjestelmiä ja jonkin verran laitteita.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia eri parannusvaihtoehtojen hyötyjä ja haittoja ja tuoda esille, miten ne oikein suunniteltuna ja toteutettuna voisivat tuoda käyttäjälle hänen toivomansa olosuhteet.

Opinnäytetyössä havaittiin, että ilmanvaihtotekniikka vaikuttaa suuresti sisäilmaongelmien syntyyn. Onneksi vaikuttaviin puutteisiin on nykypäivänä keksitty monenlaisia eri parannusjärjestelmiä, joista käyttäjä voi valita tarpeisiinsa ja toiveisiinsa sopivan vaihtoehdon.

## **ABSTRACT**

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

LINDHOLM, ARTTU:

A plan for improving natural ventilation in a detached house

Bachelor's thesis 49 pages, appendices 5 pages

April 2019

---

The purpose of the thesis was to develop a condensed plan for detached house, to find out which different solutions can be used to improve natural ventilation in detached house. The target building was a detached house built in 1933. The work examines how the different solutions affect the building, users, indoor air and energy efficiency, and what needs to be taken into consideration when updating the ventilation of old building.

The theory of thesis explains the basics of ventilation and how different kind of ventilation systems work. Introducing the basic operation of detached house automation and how ventilation can be handled automatically. Also presenting most typical systems to improve natural ventilation and some equipment.

The aim of the bachelor's thesis was to investigate the pros and cons of the various improvement options and to show how properly planned and implemented could bring user the conditions he wants.

The most important observations where in the thesis, that ventilation technology is very often the factor in the development of indoor air problems. Luckily, these deficiencies have been invented today by a wide range of improvement systems, from which the user can choose the option appropriate to their needs and desires.

---

Key words: ventilation, natural ventilation, automation, improvement of natural ventilation, indoor air quality

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	OMAKOTITALON ILMANVAIHTO .....	7
2.1	Ilmanvaihdon tarpeellisuus.....	7
2.1.1	Ilmanvaihdon perusteet .....	7
2.1.2	Ilmanvaihdon määrittäminen .....	8
2.2	Ilmanvaihtojärjestelmät .....	10
2.2.1	Painovoimainen ilmanvaihto .....	10
2.2.2	Koneellinen poistoilmanvaihto .....	13
2.2.3	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto .....	14
2.2.4	Hybridi ilmanvaihto .....	16
3	TALOTEKNIIKAN AUTOMAATIO .....	17
3.1	Mitä automaatiolla tarkoitetaan? .....	17
3.2	Automaatiojärjestelmän rakenne.....	18
3.2.1	Kellokytkimet .....	18
3.2.2	Yksikkösäätimet.....	18
3.2.3	Suljetut järjestelmät .....	19
3.2.4	Avoimet järjestelmät .....	19
3.3	Automaation toiminnot .....	19
3.3.1	Mittaus.....	20
3.4	Automaation ohjaukset.....	20
3.4.1	Toiminnan ohjaus .....	20
3.4.2	Häiriötilanneohjaus.....	21
3.4.3	Lukitukset ja pakko-ohjaukset .....	21
4	ILMANVAIHDON AUTOMAATIO .....	22
4.1	Ilmanvaihtojärjestelmät .....	22
4.1.1	Koneellinen poistoilmanvaihto .....	22
4.1.2	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto .....	23
4.1.3	Lämmön talteenotolla varustettu ilmanvaihtojärjestelmä ....	23
4.2	Ilmanvaihdon säätöjä ja ohjauksia .....	25
4.2.1	Vakioarvosäätö.....	25
4.2.2	Poistoilmaohjattu säätö .....	25
4.2.3	Jälkilämmitys .....	26

4.2.4 Hiilidioksidipitoisuuden tai kanavapaineisiin perustuva säätö .....	26
5 KOHTEEN ESITTELY .....	28
5.1 Esitiedot .....	28
5.2 Käyttäjät ja toiveet .....	31
5.3 Mittaukset .....	31
5.3.1 Hiilidioksidipitoisuus .....	32
5.3.2 Tulokset .....	32
6 ILMANVAIHDON PARANNUSVAIHTOEHDOT .....	35
6.1 Painovoimaisen ilmanvaihdon tehostaminen .....	35
6.1.1 Mekaaninen hormi-imuri .....	36
6.1.2 Koneellinen poistoilmanvaihto .....	37
6.1.3 Erilliset poistopuhaltimet .....	38
6.1.4 Lämmöntalteenotolla varustettu korvausilmapuhallin .....	38
6.1.5 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto .....	39
7 POHDINTA .....	41
LÄHTEET .....	43
LIITTEET .....	45
Liite 1. Kohteen korvausilmaventtiilit .....	45
Liite 2. Kohteen poistohormit .....	48
Liite 3. Omakotitalon tehostamissuunnitelman toimintaperiaate .....	49

## 1 JOHDANTO

Ilmanvaihdon osalta asuinrakennukset muodostavat melko yhtenäisen ryhmän, jossa ilmanvaihtotapa ja siihen liittyvät ongelmat vaihtelevat usein rakentamivuoden mukaan. Ilmanvaihto voidaan toteuttaa joko painovoimaisella- tai koneellisella ilmanvaihdolla. Vanhoissa rakennuksissa on ilmanvaihtojärjestelmänä pääasiassa painovoimainen ilmanvaihto, jonka keskeinen ongelma on erityisesti liian suuri ja vaihteleva ilmanvaihto. Ilma jakaantuu yleensä myös huoneiden välillä epätasaisesti. Koneellisen poistoilmajärjestelmän ongelmina pidetään usein heikkoa korvausilman saantia ja epäpuhtauksien tuomaa paine-eroa. Usein asukkaat myös sulkevat korvausilmaventtiilit niistä virtaavan kylmän ilman aiheuttaman vedontunteen vuoksi. Korkea melutaso voi myös tulla syyksi sammuttaa koneellinen poistojärjestelmä. Edellä kuvatut ongelmat on pyritty poistamaan parantamalla asuinrakennuksen vaippaa tiiviimmäksi, jolloin ilmanvaihtojärjestelmää voidaan tehostaa nykyaikaisilla toiminnoilla ja laitteilla. Vanha ilmanvaihtojärjestelmä voidaan myös muuttaa kokonaan koneelliseksi tulo- ja poistojärjestelmäksi.

Opinnäytetyön tarkoituksena on laatia suunnitelma erilaisista ratkaisuksista, joilla voidaan tehostaa omakotitalon painovoimaista ilmanvaihtoa. Työn kohderakennuksena on Lopella sijaitseva vanha omakotitalo, johon toivotaan muutoksia ilmanvaihtoon. Opinnäytetyön tavoitteena onkin tutkia ilmanvaihdon eri parannusvaihtoehtoja ja tuoda esille, miten ne oikein suunniteltuna ja toteutettuna voisivat tuoda käyttäjälle hänen toivomansa olosuhteet. Työssä tuodaan esille, miten eri ratkaisut vaikuttavat rakennukseen, käyttäjiin, sisäilmaan ja energiatehokkuuteen sekä mitä asioita pitää ottaa huomioon päivittäessä vanhan rakennuksen ilmanvaihtoa.

Työn teoriaosuudessa on kerrottu ilmanvaihdon perusteista ja siitä, miten eri ilmanvaihtojärjestelmät toimivat. Työssä on esitelty yleisesti talotekniikan automaation toimintaa sekä miten ilmanvaihtoa voidaan käsitellä automaattisesti. Lisäksi on tuotu esille tyypillisimpiä painovoimaisen ilmanvaihdon tehostuksen järjestelmiä ja laitteita, menemättä kuitenkaan liian syvälle järjestelmien teknisiin yksityiskohtiin.

## 2 OMAKOTITALON ILMANVAIHTO

### 2.1 Ilmanvaihdon tarpeellisuus

#### 2.1.1 Ilmanvaihdon perusteet

Ilmanvaihdon tarkoituksena on poistaa asunnosta ja muiden oleskelutilojen sisäilmasta epäpuhtauksia, kosteutta ja liiallista lämpöä sekä samalla huolehtia puhtaan korvausilman saannista. Ilmanvaihdon tarve ihmisen hapentarpeen tyydyttämiseksi on vain murto-osa halutusta kokonaisilmanvaihtomäärästä. Tämän vuoksi elimistö voi paremmin, mitä puhtaampaa tämä ilma on. (Sisäilmayhdistys ry.)

Epäpuhtauksia syntyy rakennuksessa jatkuvasti, joten ilmanvaihdonkin on suotavaa olla aina päällä. Muuten epäpuhtauspitoisuudet nousevat korkeiksi ja epäpuhtaudet pääsevät varastoitumaan esim. pintamateriaaleihin. Tämän myötä, kun ilmanvaihto laitetaan takaisin päälle, pintamateriaaleista varastoituneet epäpuhtaudet siirtyvät takaisin ilmaan. Näin ollen epäpuhtauspitoisuudet voivat nousta haitalliselle tasolle. Epäpuhtaudet ovat suotavaa poistaa syntysijoillaan, ennen kuin ne ehtivät levitä ympäröiviin tiloihin. Syntysijoja ovat esimerkiksi astianpesukone, märkätilat sekä liesi, erityisesti kodinhoitotilat. (Valvira, 2016.)

Rakennuksen ilmanvaihto vaikuttaa suoraan tai hetkellisesti niihin tekijöihin, jotka aiheuttavat terveyshaittaa asunnossa tai muussa oleskelutilassa. Sisäilmassa sijaitsevat epäpuhtaudet ovat yleisesti kemiallisia yhdisteitä, ja ihmisen altistuminen niille riippuu kolmesta eri tekijästä: epäpuhtauspäästöistä, ilmanvaihdosta ja altistujasta. Altistusaikaa ei yleensä voida vähentää asunnossa. Materiaaleja, joista vapautuu sisäilmaan epäpuhtauksia asunnossa tai muussa oleskelutilassa, voidaan näitä materiaaleja poistaa tai vaihtaa ja mahdollisesti tehostaa ilmanvaihtoa. Ilmanvaihdon tehostaminen on yleensä ainoa käytettävissä oleva menetelmä, jolla saadaan ihmisen aineenvaihdunnasta ja toiminnoista johtuvia sisäilman epäpuhtauksia vähennettyä. Ilmanvaihto, joka on suunniteltu tai toteutettu

väärin saattaa aiheuttaa terveyshaittaa. Seurauksia riittämättömästä ilmanvaihdosta tuo tunkkaisuuden tunnetta, päänsärkyä, väsymystä ja keskittymiskyvyn alenemista. (Valvira 2016.)

Ilmanvaihdon tulee toimia siten, että raikasta ilmaa tuodaan oleskelutiloihin, eli makuu-, olo- ja työhuoneisiin. Ellei makuuhuoneisiin saada jostain syystä tuloilmaa, on tällöin pidettävä väliovi aina auki, jos mahdollista. Ilmaa poistetaan niin sanotuissa likaisissa tiloissa, eli keittiössä, WC:ssä, pesutiloissa ja vaatehuoneessa. Ilma siis virtaa puhtaista tiloista likaisiin tiloihin. Lisäksi ilmanvaihdon tulee olla tehostettavissa tarpeen mukaan. (Sisäilmayhdistys ry.)

Tämän vuoksi ilmanvaihdon suodattimilla on suuri rooli ilmanlaatuun. Ilmansuodatin puhdistaa ja suodattaa ilmastointijärjestelmissä sisään tulevan ilman terveydelle haitallisia epäpuhtauksia kuten hiekkaa, siitepölyä, hometta ja bakteereita. Suodattimia tulee tarkkailla säännöllisesti ja ne tulee vaihtaa vähintään kaksi kertaa vuodessa. Päältäpäin on mahdotonta sanoa esim. onko hienosuodatin vielä käyttökunnossa vai ei. Tämän vuoksi suodattimen vaihtaminen uuteen on lähtökohtaisesti ainoa oikea vaihtoehto, kun halutaan olla varmoja, että tuloilma kulkee suodattimen läpi suunnitellusti. Lisäksi likaiset tuloilman suodattimet voivat aiheuttaa erittäin merkittävän alipaineen asuntoon ja lisäävät ilman virtaamista rakenteiden läpi. Likaisista suodattimista saattaa myös itsessään tulla epäpuhtauksien lähde. (Opas ilmanvaihdosta, 2016.)

### **2.1.2 Ilmanvaihdon määrittäminen**

Ilmanvaihdon suunnitteluun on laadittu rakentamismääräyskokoelman osa D2, joka pitää sisällään ohje- ja tarvearvioita ilmavirtojen suuruuksille eri tiloissa. (ks. kuvio 1). Rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan voidaan mitoittaa asunnolle ja muille asuintiloille tarvittava ilmanvaihtuvuus, sekä ilmanvaihtuvuuskerroin. Määräyksillä saadaan varmistettua, että ilma vaihtuu jokaisessa huoneessa riittävästi, kun niissä oleskellaan. Kokoelman avulla saadaan myös määriteltyä kaikille asuinkehteille riittävät ilmanvaihdon mitoitukset. (RakMk D2, 2012.)



Asunnon ja muiden oleskelutilojen ilmanvaihdon pitäisi toimia ainakin alkuperäisissä suunnitelmissa tai muutoksissa esitetyllä tavalla. Jos suunnitelmia ei ole saatavilla, ilmanvaihdon toimivuuden arvioinnissa voidaan käyttää rakennusaiкана voimassa olleiden rakentamismääräysten ohjearvoja. Asunnon oleskelutilojen tyypillisenä suunnittelumääräyksenä ulkoilmavirralle on  $6 \text{ dm}^3/\text{s}$  henkilöä kohden. Vanhoissa rakennuksissa, joissa käytetään painovoimaista ilmanvaihtoa tai muuta ilmanvaihtojärjestelmää, jota ei ole suunniteltu  $6 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{hlö}$  vaatimuksen mukaisesti, voidaan kuitenkin sallia ilmanvaihto, joka on vähintään  $4 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{hlö}$ . Näin ollen on kuitenkin huolehdittava siitä, että terveyshaittoja ei synny kosteuslisan, lämpökuorman tai epäpuhtauksien näkökulmasta. Ilmanvaihdon tulee toimia, vaikka huoneisto olisi tilapäisesti tyhjiällä. Asunnon ilmanvaihdon lisääminen tilapäisesti vähimmäismäärää ( $0,5 \text{ l/h}$ ) suuremmaksi on tarpeen, kun asunnossa esimerkiksi laitetaan ruokaa, saunotaan, kuivataan pyykkiä, siivotaan tai tiloissa oleskelee suuri määrä ihmisiä. (Valvira, 2016: 20.)

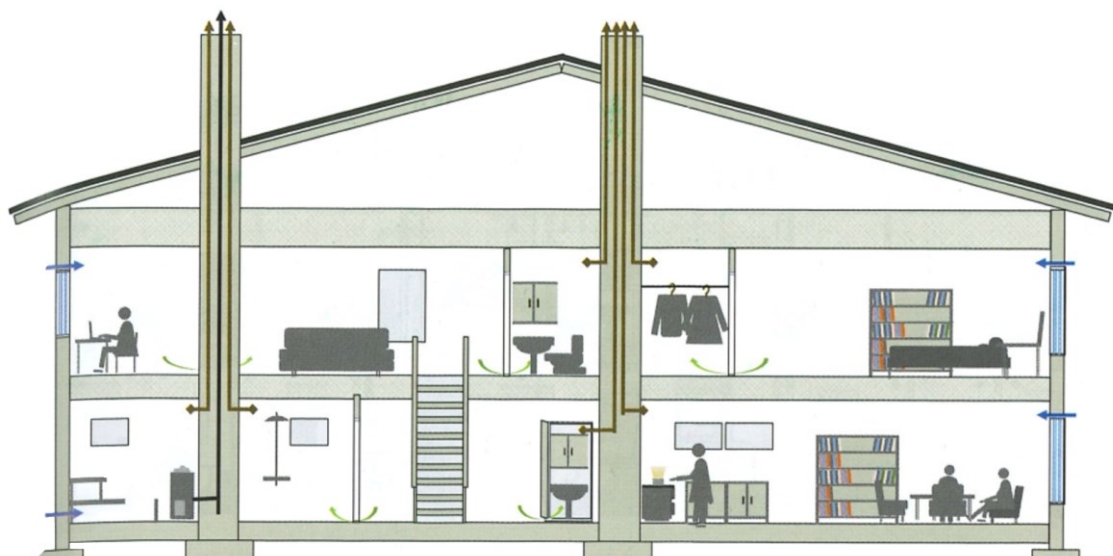
Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilmavirta ( $\text{dm}^3/\text{s}/\text{hlö}$ )	Ulkoilmavirta ( $\text{dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ )	Poistoilmavirta $\text{dm}^3/\text{s}$	Äänitaso $L_{A,eq,T}/L_{A,max}$ dB	Ilman nopeus talvi m/s	Huom!
Asuintilat:	6					
Asuinhuoneet		0,5		28 / 33 *	0,20	*C1 määräys
Keittiö		#S	8 #A	33 / 38 *	0,20	*C1 määräys
- käyttäjän tehostus		#S	25	33 / 38	0,20	
Vaatehuone, varasto		#S	3	33 / 38		
Kylpyhuone		#S	10 #B	38 / 43	0,20	
- käyttäjän tehostus		#S	15	38 / 43	0,20	
WC		#S	7 #B	33 / 38		
- käyttäjän tehostus		#S	10	33 / 38		
Kodinhuoltohuone		#S	8	33 / 38	0,30	
- käyttäjän tehostus		#S	15	33 / 38	0,30	
Huoneistos sauna		2 #C	$2/\text{m}^2$ #C	33 / 38		
Yhteistilat:						
Porrashuone		0,5 l/h	0,5 l/h	38 / 43		
Varastot		0,35	$0,35/\text{m}^2$	43 / 48		
Kylmäkellari (myös asuntokylmiö, jos pinta-ala $> 4\text{m}^2$ )		0,2	$0,2/\text{m}^2$	43 / 48		
Pukuhuone		2	$2/\text{m}^2$	33 / 38	0,20	
Pesuhuone		3	$3/\text{m}^2$	43 / 48	0,20	
Saunan löylyhuone		2	$2/\text{m}^2$	33 / 38		
Talopesula		1	$1/\text{m}^2$	43 / 48		
Kuivaushuone		2 #D	$2/\text{m}^2$ #D	43 / 48		
Askarteluhuone, kerho huone		1 #E	$1/\text{m}^2$ #E	33 / 38	0,20	
# A Ohjearvo, kun liesikuvun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa on liesikuvun ohjearvo $20 \text{ dm}^3/\text{s}$ . # B Ohjearvo, kun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa ilmavirran ohjearvo on käyttäjän tehostuksen mukainen. # C Kuitenkin vähintään $6 \text{ dm}^3/\text{s}$ . Saunan ilmavirtaa ei oteta huomioon laskettaessa asunnon ilmanvaihokerrointa, jos saunan ulkoilmavirta on yhtä suuri kuin poistoilmavirta. # D Voidaan mitoittaa pienemmäksi kun käytetään ilmankuivainta. # E Edellyttää tuuletusmahdollisuutta; muuten $1,5 (\text{dm}^3/\text{s})/\text{m}^2$ . # S Ulkoilmavirta korvataan yleensä asuinhuoneista johdettavalla siirtoilmavirralla.						

KUVIO 1. Rakennusmääräyskokoelman D2 ohje- ja tarvearvot ilmanvaihdolle (RakMk D2, 2012: 25)

## 2.2 Ilmanvaihtojärjestelmät

### 2.2.1 Painovoimainen ilmanvaihto

1960-luvun asunnoissa lähes kaikissa oli käytössä painovoimainen ilmanvaihto. Painovoimainen ilmanvaihto on luonnonlakeihin perustuva ratkaisu. Järjestelmää kutsutaankin myös luonnolliseksi ilmanvaihdoksi johtuen englanninkielisestä käännöksestä ”*natural ventilation*”, suomen kielessä painovoimainen kuvaa sopivammin ”luonnonvoimiin perustuvaa” järjestelmää, varsinkin kun tuulen vaikutusta Suomessa ei ole erityisesti hyödynnetty. Lämmin ilma nousee ylös ja viileä laskeutuu alas. Sen käyttövoimana on veto, joka syntyy sisä- ja ulkoilman lämpötilojen erosta. Tämän johdosta ilmanvaihdon toiminta on erityisesti riippuvainen säätekijöistä. Talvisin järjestelmä voi tuntua toimivan liiankin hyvin, joka tuo vedon tunnetta ja Ilmanvaihtojärjestelmän kautta pääsee kulkemaan turhan paljon energiaa hukkaan. Kesäisin onkin vaara, että sisätiloissa ilma vaihtuu lainkaan. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että sisä- ja ulkotilan välillä ei ole paine-eroa. On myös mahdollista, että ilmanvirtaus vaihtaa jopa suuntaa, jos paine-ero on liian pieni. Tällöin mahdollisesta poistokanavasta tulee tuloilmakanava. On siis yleistä, että vanhojen rakennusten venttiilit on teipattu umpeen vedontunteen vuoksi. Vaaraksi voi syntyä kesäaikaan, että kosteus nousee liian korkeaksi, jos ilmanvaihto jää liian alhaiseksi. Olisikin suotavaa, että ilmanvaihtoa tehostettaisiin mahdollisesti ikkunatuuletuksella. (Opas ilmanvaihdosta, 2016: 5.)



Kuva 1. Omakotitalon painovoimaisen ilmanvaihdon periaatekuva. (Sandberg, Esa, 2016: 115.)

Painovoimainen ilmanvaihto toimii hyvin, jos korvaus- ja poistoilmareitit ovat kunnossa. Tuloilmaa ei saisi tukkia. Jos tuloilma tukitaan, sisälle tulee korvausilmaa jopa seinien tai lattioiden liitoskohdista tai käyttämättömistä pistorasioista. (Ala-Prinkkilä, 2018.) (kuva 1)

Painovoimainen ilmanvaihto ei toimi koko ajan samalla tavalla, koska se saa käyttövoimansa sisä- ja ulkoilman lämpötilaeroista ja tuulesta. Tällöin ilmavirta vaihtelee sääolosuhteiden, vuorokauden ja vuoden mittaan. Tämän vuoksi laskennallinen vaatimuksenmukaisuuden osoittaminen ja käyttöönoton yhteydessä tehtävä mittaaminen on vaikeampaa kuin koneellisissa järjestelmissä. Painovoimaisella ilmanvaihdolla varustettu rakennus pitää myös suunnitella kokonaisuutena ja mittauksen tavoitteena olevan ilmavirran ylläpitäminen edellyttää painovoimaisessa ilmanvaihdossa venttiilien säätämistä vaihtelevan ulkolämpötilan ja tuulen mukaan. Painovoimaiseen ilmanvaihtoon ei voi vielä nykyisin toteuttaa lämmön talteenottoa. Ulkoilman suodattaminen ja äänenvaimennus ovat koneellista ilmanvaihtoa rajatummalla. (Kuuluvainen, Lindberg, Lylykangas, Mikkola, Sainio & Vuolle, 2018.)

Ilmanvaihtoratkaisut ovat viime vuosisadan puolenvälin jälkeen muuttuneet kaikissa rakennustyypeissä. Tähän on vaikuttanut se, että poistoilmahormeja läm-

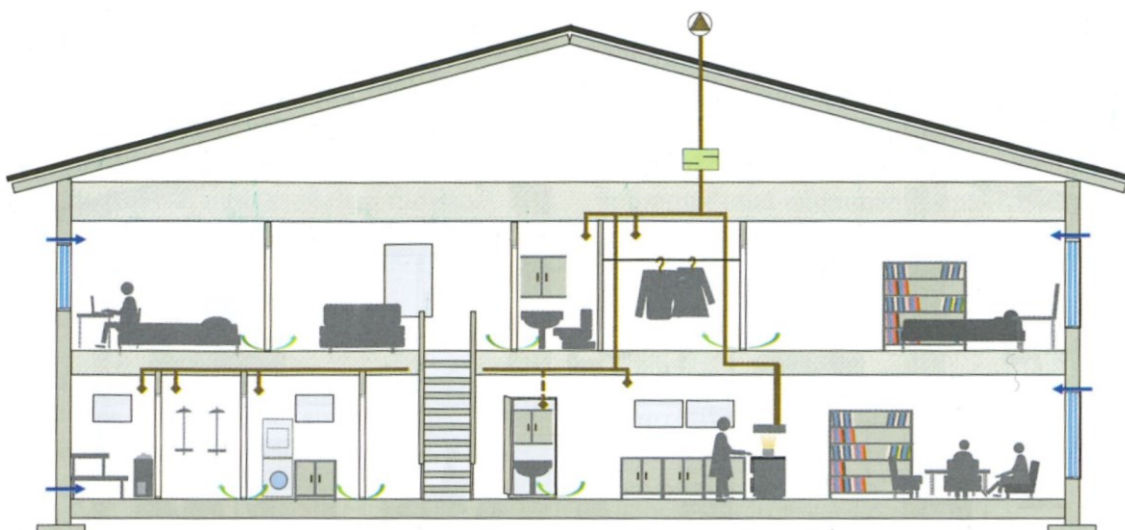
mittäviä tulisijoja rakennetaan ja käytetään vähemmän ja ne toimivat harvoin rakennuksen päälämmitysmuotona. Vedeneristettyjen tilojen määrä ja kosteuskuorma märkätiloissa on kasvanut. Sähkölaitteiden määrän lisääntyminen aiheuttaa lämpökuormaa. Myös erilliset allergiat ja yliherkkyydet ovat lisääntyneet ja liikenne kuormittaa ulkoilmaa. Lisäksi ilmanvaihtoon ja sisäilmastoon liittyvät vaatimukset ovat muuttuneet. (Kuuluvainen ym. 2018.)

Luonnollista ilmanvaihtoa rakennuksissa ei suositella käytettäväksi erittäin kuumassa tai kosteassa ilmastossa. Luonnollisessa ilmastoinnissa pitää huomioida tuuliolosuhteet, joihin vaikuttaa maisemointi, kohdetta ympäröivät rakennukset ja muu arkkitehtuuri. Tällaiset tekijät voivat vaikuttaa tuulen liikkeeseen. Yksinkertaisimmillaan ilmanvaihto voidaan järjestää niin, että on yksi aukko, jonka kautta tuulen avulla ilma virtaa sisään ja ulos. Tässä asetelmassa ilmanvaihdonnopeudet ovat alhaisimmat. Toisaalta kaksi aukkoa, jotka on tehty samalla seinällä korkealle ja matalalle, on tehokkaampi ilmanvaihto. Tätäkin tehokkaampi ilmanvaihto on, jos aukot on sijoitettu vastakkaisille seinille. Kuumilla ilmoilla rakennuksen lämpötilaa voidaan laskea yöllä tapahtuvan tuuletuksen avulla. (Schultz 2009.) Myös Kaila (2016) suosittelee yöllä tapahtuvaa tuuletuksella lämpimillä ilmoilla. Tällöin ikkunat kannattaa sulkea päiväksi, kuten Välimeren maissa tehdään.

Yhdysvaltalainen Schultz 2009 luettelee artikkelissaan luonnollisen ilmanvaihdon haittapuolia, joita ovat rakennukseen kantautuva melu, kuten liikenteen aiheuttama ääni, ilmanvaihdon kautta rakennuksen sisätiloihin tulevat ilmansaasteet ja terrorismin torjunnan vaikeudet. Tämän vuoksi luonnollinen ilmanvaihto olisi hyvä yhdistää mekaaniseen ilmanvaihtoon. Tätä artikkelin kirjoittaja kuvaa Mixed-mode -käsitteellä, jossa luonnolliseen ilmanvaihtoon yhdistetään esimerkiksi jäähdytyslaitteita varsinkin kuumilla asuntoalueilla. Korkealle sijoitettujen ikkunoiden, kattojen avaaminen, tuuletusaukot, rullaverhot, ja muut aurinkosuojalaitteet artikkelin kirjoittaja suosittelee integroitavaksi automaattiseen järjestelmään.

## 2.2.2 Koneellinen poistoilmanvaihto

1960-luvun puolivälissä alettiin suunnitella koneellista poistoilmanvaihtojärjestelmää ja se oli vielä yleistä 1970-luvullakin. Kyseistä järjestelmää on asennettu vuosisadan vaiheesta asti. Siinä yleensä keittiö, pesuhuone, WC-tila, vaatehuone ja sauna varustettiin poistoilmaventtiilillä, jonka kautta poistoilma johdettiin vesikatolla asennetulle tarpeen mukaisesti ohjattavalle huippuimurille (kuva 2). Äänen vaimennus on ollut usein vaatimatonta huippuimurille ja tämän johdosta imurin melu osoittautuu häiritseväksi. Kytkinohjaus on yleensä keittiön liesikuvussa, josta ilmanvirtausta voidaan tehostaa tai pienentää. Poistoilmaventtiilit ovat ns. yhteiskanavaventtiileitä, joiden avulla tilojen ilmavirrat on helppo säätää oikeiksi. Näin ollen ainoaksi läpivienniksi vesikaton läpi oli huippuimurin putki. Tärkeä osa järjestelmää ovat oviraot, joiden kautta ilma pääsee siirtymään puhtaista tiloista kohti poistokohteiden tiloja. (Sandberg, 2016: 115.)



Kuva 2. Omakotitalon koneellisen poistoilmanvaihdon periaatekuva. (Sandberg, Esa, 2016: 116.)

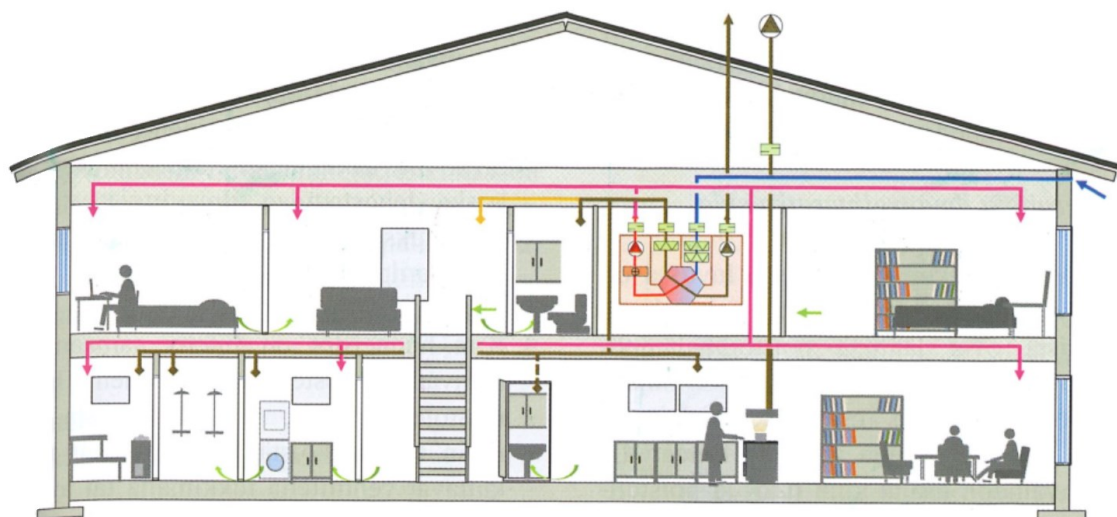
Poistoilman avulla rakennukseen aiheutetaan alipaine, jonka avulla ulkoilma (korvausilma) tulee epäpuhtauksineen epätiivisiin rakennuksen vaipan läpi sieltä, mistä on helpoin reitti, kuten painovoimaisessakin järjestelmässä, tai tuulisella ilmalla enemmän tuulen suunnan puolelta. Tämän johdosta osaan rakennuksista on asennettu ulkoilmaventtiilit (korvausilmaventtiilit). Näiden venttiilien kautta ilma johdetaan makuuhuoneisiin, olohuoneeseen ja keittiöön. Etenkin rakennuksissa,

joita on myöhemmin lisälämpöeristetty ja tiivistetty on näin tehty. Venttiileissä saattaa olla myös vaatimaton suodatus. (Sandberg, 2016: 116.)

Järjestelmään ei voida kytkeä lämmöntalteenottoa, jonka tarkoituksena on hyödyntää rakennuksen poistettavan ilman sisältämää lämpöenergiaa. Vedon vaikutusta ei voi välttää, kun talvella kylmä ilma tulee lämmittämättömänä korvausilmaventtiilistä. Usein tuleekin pidettyä aina auki sen huoneen venttiileitä, jossa ei ole ihmisiä. Vedon pienentämiseksi on kehitetty erilaisia ratkaisuja, kuten ulkoilmaikkuna, jossa talvella ilma hieman lämpimää ennen sisään tuloa ja raitisilmaventtiileitä, jotka säätyvät automaattisesti ulkolämpötilan mukaan. Toimintaperiaate perustuu lämpölaajenemiseen, jossa termostaatti itsestään säättää venttiiliä ja sähköä ei tällöin tarvita. (Sandberg, 2016: 116.)

### **2.2.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto**

Omakotitalot 1980-luvulta 2010-luvulle varustetaan nykyisin lähes aina koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä. Järjestelmässä tulo- sekä poistoilma puhalletaan sisään koneellisesti (kuva 3). Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon avulla saadaan parhaiten varmistettua tasainen ilmanvaihtuvuus nykyisten tiivien rakennusten johdosta. Myös tässä järjestelmässä, kuin vastaavasti muissakin, tulee varmistaa ilman siirtyminen tilojen välillä siirtoilmareittien kautta. Järjestelmässä kannattaakin panostaa oikean kokoiseen ilmanvaihtokoneeseen ja äänenvaimennukseen. (Opas ilmanvaihdosta, 2016: 7.)



Kuva 3. Omakotitalon koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon periaatekuva. (Sandberg, Esa 2016: 119.)

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmässä tuloilma tuodaan puhtaisiin tiloihin, kuten makuu- ja olohuoneisiin. Ilmaa poistetaan pääasiassa likaisemmista tiloista, joissa pääasiassa syntyy epäpuhtauksia, kuten keittiöstä, WC:stä, pesu- ja kylpyhuoneesta sekä vaatehuoneesta. Kun ilmanvaihto on toteutettu kokonaan koneellisesti, se mahdollistaa sisään puhallettavan ilman lämmittämisen. Ilman lämmittämiseen käytetään poistoilmasta kerättyä lämpöenergiaa, eli konetta voidaan pitää myös energiatehokkaana. Järjestelmän etu on myös tehokas tuloilman suodatus ennen sen jakelua rakennuksen sisälle. Suodattimilla voidaan ehkäistä tehokkaasti esimerkiksi katu- ja siitepölyjä. (Opas ilmanvaihdosta, 2016: 7.)

Järjestelmään on useissa koneissa mahdollisuus liittää lisäksi vähän kierrätystä, eli ilmaa, joka johdatetaan takaisin samaan tilaan. Useimmiten kierrätys lisää puhaltimien kierrosnopeutta ja siten melutasoa. Kierrätysilmaa on harvoin otettu käyttöön. Keittiön liesikupua ei yleensä omakotitaloissa yhdistetä ilmanvaihtokoneeseen, vaan ilma poistetaan ruoanlaiton aikana erillisellä huippuimurilla tai sitten liesikuvun tilalla on liesituuletin. Joissakin pienemmissä järjestelmissä voi olla mahdollista, että liesikupu on liitetty ilmanvaihtokoneeseen. Järjestelmien erona on lähinnä melu, joka saadaan huippuimuritapauksessa poistettua äänenvaimentimella. Melun takia monet pitävätkin liesituuletinta tehokkaampana ratkaisuna, vaikka ilmavirta on yhtä suuri. (Sandberg, 2016: 118.)

## 2.2.4 Hybridi ilmanvaihto

Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmään voidaan asentaa erillinen puhallin. Se voidaan käynnistää erillisellä ohjauksella, jotta saadaan aikaan riittävän ilmanvaihdon edellyttämä ilmavirta. Tämä on hybridi-ilmanvaihto ja tätä kutsutaan myös puhallinavusteiseksi painovoimaiseksi ilmanvaihdoksi. Määräyksellisesti hybridi-ilmanvaihtoa käsitellään painovoimaisena ilmanvaihtona. (Kuuluvainen ym. 2018.)

Toinen vaihtoehto hybridi-ilmanvaihdoksi on kahden järjestelmän yhdistelmä. Tällöin samassa rakennuksessa voidaan käyttää painovoimaista ja koneellista ilmanvaihtoa hallitusti. Näitä kahta järjestelmää ei voida kuitenkaan yhdistää siten, että ilman virtaussuunnat huonetilojen välillä ja kanavistoissa muuttuvat ilmavirtoja ohjattaessa. Näin ollen pesuhuonetiloissa voi olla koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmön talteenotolla ja muissa tiloissa painovoimainen ilmanvaihto. Samassa asunnossa muiden huonetilojen jakaminen painovoimaisen ja koneellisen ilmanvaihdon alueisiin ei ole helppoa, koska alueiden välisen välioven tulisi olla tiivis ja käytön aikana pääsääntöisesti suljettuna. (Kuuluvainen ym. 2018.)



### 3 TALOTEKNIIKAN AUTOMAATIO

#### 3.1 Mitä automaatiolla tarkoitetaan?

Automaatiolla tarkoitetaan itsestään tapahtuvaa, mutta samalla käyttäjän ennalta määrittelemää toimintaa. Automaatiossa on kyse teknisten toimintojen ohjaamisesta ilman ihmisen jatkuvaa läsnäoloa. Kokonaisuudessaan automaation tavoitteena on ohjata ja valvoa siten, että kiinteistössä saavutetaan hyvä sisäilmasto mahdollisimman pienellä energiankulutuksella. Automaatiojärjestelmä oikein suunniteltuna on helppokäyttöinen ja helposti kunnossapidettävä. Se mahdollistaa keskeiset vaatimukset turvallisuuden, käytettävyyden ja elinkaarikustannusten minimoinnin kannalta. (Automaatioväylä, 2018: 8.)

Automaatiota käytettäessä on ymmärrettävä, että kaikki vaikuttavat kaikkeen. Onkin hyvin haasteellista saada aikaan tarpeenmukainen ilmanvaihtuvuus, koska se vaatii hyvää tasapainottelua säätöjen ja ohjausten kanssa. Koko talotekniikassa tämä onkin suuri haaste. Valitettavan usein käyttäjien ja jopa kiinteistönhoitajien on vaikea ymmärtää, miten suuren vaikutuksen pienenkin muutoksen tekeminen aiheuttaa. Muuttamalla yhtä toimintaa, sen vaikutus kertaantuu myös muihin osiin. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 15.)

Kiinteistöön yleensä asennetaan isot määrät automaatioon liitettäviä laitteita ja mikäli laitteita ei kytketä toimimaan siten, että ne ottaisivat toisen toisensa huomioon, menetetään mahdollisuus energiatehokkaaseen toimintaan. Myös samoin voi käydä, jos automaatiota ajetaan tehtaan perussäädöillä. Kiinteistön ominaisuuksia ei ole näin ollen otettu millään lailla huomioon. On siis erittäin tärkeää, että niin sanotun talotekniikan virittäminen on tehty oikein. Se edellyttää huolellista perehtymistä liitettyihin laitteistoihin ja kiinteistön ominaisuuksien huomiointiin. Periaatteena on siis pyrkiä rakentamaan talon toiminnallisuudet standardin mukaisesti laitteiden sisäisesti, jolloin talossa ei ole mitään yksittäistä laitetta, jonka vikaantuminen voisi lamaannuttaa talon. Laitteiden valinnassa ja toiminnallisuuden toteutuksessa kannattaakin ottaa huomioon standardien mukaisuus. Talon elinkaari tulee näin ollen olemaan pidempi kuin yksittäisten laitteiden kokonaisuus. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 15.)

Automaation avulla voidaan sisäilmasto pitää käyttäjille mahdollisimman ihanteellisena ja energiataloudellisena. Automaatiolla voidaan ohjata ja valvoa energian- ja vedenkulutusta sekä monien laitteistojen toimintaa. On lukematon määrä ohjattavia ja säädettäviä laitteistoja, joilla voidaan huolehtia kiinteistöjen päivittäisistä toiminnoista. Taloautomaatiota voidaan pitää järkisijoituksena myös vanhempiin taloihin. Perinteisissä kiinteistöissä yleisimpiä automaation avulla ohjattavia järjestelmiä ovat: valaistusjärjestelmät, ilmastointijärjestelmät, sähköjärjestelmät, vei- ja viemärijärjestelmät, lämmitysjärjestelmät. Lisäksi on saatettu liittää: palohälytys ja sammutusjärjestelmät, murtohälytysjärjestelmät tai muuta erikoistekniikkaa. (Motiva, 2019.)

## **3.2 Automaatiojärjestelmän rakenne**

### **3.2.1 Kellokytkimet**

Automaatio voidaan toteuttaa yksinkertaisimmillaan käyttämällä analogisia tai digitaalisia kellokytkimiä. Kellokytkimien toimintaperiaate on yksinkertaisesti toimia kytkimenä, jonka sulkeutumis- tai avautumisaika voidaan ohjelmoida. Ne ovat edelleen laajalti käytössä muun muassa ovilukitusten, valaistuksen ja saunojen ohjauksissa. Nykyajan kellokytkimet voivatkin jo sisältää sisään rakennetun bluethoot-yhteyden. Sen ansiosta voidaan ohjelmoida entistä helpommin suoraan mobiililaitteelta. (UTU automation Oy.)

### **3.2.2 Yksikkösäätimet**

Yksikkösäädin on nimensä mukaisesti yhden toiminnan ohjaamiseen tarkoitettu säätölaite. Yksikkösäätimiä on analogisina sekä digitaalisina. Säätimessä termostaatti ohjaa esimerkiksi jakotukin toimilaitteohjainta. Toinen esimerkki on jäähdytyksestä, jossa jäähdytyksen puhaltimen nopeus ohjataan suoraan tällä samalla termostaatilla ja jäähdytyksen ohjaimen sisäinen logiikka ohjaa myös kiertovesipumppua sekä magneettiventtiiliä. Samalla periaatteella voi toimia valaistuk-

senohjaus, ilmanvaihtokoneen ohjaus, sekä talon tilanneohjaukset. Nykyisiin monipuolisiin yksikkösäätimiin voidaan liittää lisäksi kiertopumpun pysähdys- ja käynnistystoimintoja, menoveden lämpötilan rajoituksia sekä erilaisia hälytyksiä. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 13.)

### **3.2.3 Suljetut järjestelmät**

DDC-järjestelmä - Direct Digital Control - koostuu valvonta- ja ohjausohjelmat sisältävästä tietokoneesta sekä yhdestä tai useammasta valvonta-alakeskuksesta (VAK:sta). Varsinaiset kenttälaitteet on kytketty näihin alakeskuksiin, joita järjestelmä ohjaa ja tarkkailee. Järjestelmä voi sisältää useiden tuhansien kenttälaitteiden säätö-, mittaus- ja ohjauspisteet, jotka voivat olla hajautettuina eri rakennuksiin. Kaikki ohjaustoimenpiteet tehdään edelleen kuten yksikkösäätimissä, mutta laitteisto on laajempi. Suljettujen järjestelmien laajentaminen on hankalaa ja kallista suuren työmäärän ja tehtävän vaatiman erikoisosaamisen takia. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 13–14.)

### **3.2.4 Avoimet järjestelmät**

Avoimet automaatiojärjestelmät koostuvat ohjausväylillä yhteen liitetystä laitteista ja niissä ei ole erillisiä alakeskuksia, vaan kenttälaitteet, moottoriventtiilit ja anturit muodostavat solmun eli moduulin. Näitä moduuleja voidaan lisätä järjestelmään lähes rajattomasti. Moduulit liitetään kiinteistön tietoväylään. Näin ne toimivat itsenäisinä yksikköinä. Moduulit voivat toimia myös suoraan keskenään ja välittää tietoja ja ohjelmakäskyjä toisilleen ilman keskusvalvomon puuttumista tähän. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 13–14.)

## **3.3 Automaation toiminnot**

Talotekniikan automaation toiminta perustuu säätöön, mittaukseen, ohjaukseen ja hälytyksiin sekä raportointiin. Osa näistä toimenpiteistä tehdään yksittäisinä

toimintoina, mutta useimmiten käytetään useampaa toimintoa yhdessä. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 25.)

### **3.3.1 Mittaus**

Automaatiossa mittaaminen tapahtuu aina mittausanturilla, jonka tehtävänä on kertoa tietokoneella sähköisessä muodossa esimerkiksi, kuinka lämmintä tai valoisaa on tai kuinka paljon painetta mittauskohdassa on. Antureilla mitattavia suureita kiinteistöautomaatiossa ovat esimerkiksi lämpötila, paine, kosteus, virtaus (ilma, neste), valoisuus, kaasut (hiilidioksidi, savukaasu), jännite, virta, valaistus, ääni ja liike. Antureilla mitattu arvo kuvaa aina sen hetkistä tilannetta ja mittauksessa tulee aina huomioida mahdollisuus mittauspoikkeamaan eli mittausvirheeseen. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 25–26.)

## **3.4 Automaation ohjaukset**

### **3.4.1 Toiminnan ohjaus**

Yleisimpiä ovat aikaohjaukset, joiden avulla voidaan ohjata kiinteistön toimintoja ja laitteistoja. Ohjaus on kiinteistöautomaatiossa yleensä ON/OFF-tyyppinen päällä/pois -ohjaus. Tyypillisiä ohjauksen kohteita ovat esimerkiksi ovien lukitukset, pumppujen ja puhaltimien käyntiajat sekä valaistuksen ohjaukset. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 27.)

Jos kiinteistön tilojen käyttö vaihtelee paljon, käyttöaikojen ohjaus on aikaohjelmilla usein työlästä jatkuvasti muuttuvien aikojen vuoksi. Näissä tapauksissa on hyvä käyttää läsnäoloon perustuvia ohjauksia. Tällaisia ovat tiloissa olevat liiketunnistimet ja ilmanlaatuun perustuvat hiilidioksidimittaukset. (Motiva, 2019.)

Aikaohjauksien tarkoituksena on ohjata kiinteistön talotekniikkaa niin, ettei laitteistoja ja energiaa käytetä turhaa. Energiankulutus lisääntyy huomattavasti, jos laitteita käytetään esimerkiksi muutama tunti ylimääräisesti tai laitteita käytetään

turhan tehokkaasti. Toisaalta aikaohjausten yhteydessä on huolehdittava myös siitä, ettei käyttöaikojen rajoituksilla vaaranneta kiinteistön hyvää sisäilmastoa, rakenteiden kuntoa tai käyttäjien terveyttä. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 27.)

### **3.4.2 Häiriötilanneohjaus**

Automaatiojärjestelmää voidaan hyödyntää myös erilaisissa talotekniikan laitteistojen häiriö- ja hätätilanteissa. Häiriötilanteen varalta voidaan ilmanvaihtokoneille asettaa pysäytystoiminto, jos on odotettavissa esimerkiksi laitteiston rikkoutuminen tai laitteiston vikatila. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 29.)

Laitteille voidaan asettaa myös käynnistymisviive häiriötilanteen poistumisen varalle. Tämän tavoitteena on estää laitteiden käynnistyminen, ennen kuin häiriön seurannaisvaikutukset ovat poistuneet. Käynnistymisviiveen käyttö ja laitteiden eriaikainen käynnistyminen on tärkeää erityisesti suurissa kiinteistöissä laajojen sähkökatkosten jälkeen. Kaikkien kiinteistön laitteiden yhtäaikainen käynnistyminen aiheuttaisi todennäköisesti sähköverkkoon suuren virtapiikin. Tämä saattaa aiheuttaa uuden ongelmatilanteen pää- ja noususulakkeiden palamisen vuoksi. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 29.)

### **3.4.3 Lukitukset ja pakko-ohjaukset**

Lukitusten ohjauksen ja pakko-ohjausten tarkoituksena on vähentää laitteistojen rikkoontumista tai vahinkojen syntymistä ja näin estää laitteistojen vääränlainen toiminta. Ilmanvaihtokoneen poistopuhallin voidaan esimerkiksi pakottaa toimimaan aina, kun tuloilmapuhallin on käynnissä. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 30.)

Lukituksia ja pakko-ohjauksia tehdään fyysisinä liitoksina sähköjohtimilla ja releillä sekä ohjelmallisesti valvontaohjelmassa. Turvallisuuteen liittyvät lukitukset tehdään sähkökeskuksissa, sillä ohjelmalliset lukitukset ovat mahdollisten käyttö- tai ohjelmistovirheiden vuoksi epäluotettavia. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 30.)

## 4 ILMANVAIHDON AUTOMAATIO

### 4.1 Ilmanvaihtojärjestelmät

Suurin osa automaatiojärjestelmän liityntäpisteistä ja toiminnoista liittyy ilmastoinnin säätöön, ohjaukseen ja valvontaan. Ilmanvaihtojärjestelmien automaatio vaihtelee riippuen siitä, millaisia laitteistoja kiinteistölle on asennettu ja miten niitä halutaan hyödyntää. Ilmanvaihtojärjestelmiin on usein asennettu erilaisia automatiikalla ohjattavia komponentteja, joilla kaikilla on oma roolinsa. Perinteisin ilmanvaihtomenetelmä on painovoimainen ilmanvaihto, joka perustuu sisä- ja ulkoilman lämpötilaerojen aikaansaamaan ilman liikkeeseen. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa ei voida hyödyntää varsinaisesti automaatiota. Seuraavissa luvuissa kuvataan automaatiojärjestelmien rakennetta ja toimintoja nimenomaan ilmanvaihdon kannalta. (Seppänen, Olli, 2004: 266.)

Automaatiolla ohjattavia ilmanvaihtojärjestelmiä ovat koneellinen poistoilmanvaihto, koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto sekä koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmön talteenotolla. Näiden lisäksi on olemassa erilaisia ilmanvaihtojärjestelmien yhdistelmiä, joita kutsutaan usein hybridijärjestelmiksi.

#### 4.1.1 Koneellinen poistoilmanvaihto

Yksinkertaisin koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä toteutetaan asentamalla kiinteistöön poistoilmapuhallin ja sille tarvittavat kanavistot. Tällaisen koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän ohjaaminen automatiikalla on yleensä yksinkertaista. Poistoilmapuhaltimelle annetaan käsky käydä joko puoliteholla tai täysteholla tarpeen tai ajastinkellon ohjaamana. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 78.)

Poistokoneen ohjaus ajoitetaan niin, että likaisimpaan aikaan eli aikaan, jolloin tehdään ruokaa ja käytetään suihkua eniten, käytetään suurinta nopeutta ja muuna aikana kone käy puolinopeudella. Myös kylmänä aikana kone käy aina puoliteholla. Yleensä poistoilmanvaihtojärjestelmiin ei asenneta antureita mittaa-

maan kanavassa olevan ilman lämpötilaa tai virtaamaa. Tuloilma otetaan esimerkiksi "vuotoilmana" rakenteissa olevista tuloaukoista tai erikseen asennettavista tuloilmaventtiileistä. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 78.)

#### **4.1.2 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto**

Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto eroaa koneellisesta poistoilmajärjestelmästä siltä osin, että myös sisään puhallettavan ilman määrä ja lämpötilaa voidaan ohjata, koska tuloilmalle on asennettu omat kanavat ja lämmityspatterit. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto edellyttää automatiikalta pidemmälle vietyjä ratkaisuja. Minimissään järjestelmää voidaan ohjata vain päällä/pois-ohjauksella. Monipuolisemmissa järjestelmissä voidaan ohjata puhallustehoa joko valmiiksi asennettujen kierrosnopeuksien mukaan valittuna tai portaattomasti taajuusmuuttajan avulla. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 79.)

#### **4.1.3 Lämmön talteenotolla varustettu ilmanvaihtojärjestelmä**

Ilmanvaihtojärjestelmä voi olla varustettu lämmön talteenotolla. Ulkoa otettu ilma kulkeutuu lämmön talteenottolaitteen (LTO) läpi tuloilmapuhaltimeen ja sieltä edelleen tuloilmana huoneeseen. Huoneesta poistettava ilma ohjautuu LTO:n läpi poistoilmapuhaltimeen ja jäteilmana takaisin ulos. Järjestelmässä on usein kaksi puhallinta, joiden toimintaa voidaan ohjata automatiikalla. Puhaltimet voivat olla yksi- tai kaksinopeuspuhaltimia. Uusiin kohteisiin asennetaan pääosin taajuusmuuttajalla ohjattuja puhaltimia. Näiden nopeus on säädettävissä portaattomasti. Yksinopeuspuhaltimien tila voidaan näyttää KÄY- tai SEIS-tekstillä ja kaksinopeuspuhaltimen kohdalla käytetään yleensä merkintöjä SEIS, 1/1 tai ½. Taajuusmuuttajalla varustetuissa puhaltimissa näyttöön tulee kierrosnopeutta kuvaava prosenttiluku 0-100%. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 80–81.)

Järjestelmään voidaan lisätä ulkoilmapellit, joiden tarkoituksena on estää ilman kulkeutuminen kanaviin ja sisätiloihin silloin, kun ilmanvaihtokone ei ole käytössä. Ulkoilmapellit ovat useimmiten itsestään sulkeutuvia. Ne menevät kiinni, kun ilmanvaihtokone ei ole käytössä. Peltien tulee kuitenkin avautua välittömästi, kun

ilmanvaihtokone käynnistyy. Tätä varten niihin usein asennetaan avautumisen mahdollistavat peltimoottorit. Ulkoilmapeltien ohjauksessa ei ole tarvetta asettaa mitään asentosäätöä, vaan ne ovat kokonaan auki tai kokonaan kiinni. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 81.)

Myös suodattimet ovat osa ilmanvaihtojärjestelmää. Niiden tarkoituksena on estää ulkoa ja sisältä tulevien epäpuhtauksien pääsy ilmanvaihtojärjestelmään. Suodattimien toimintaa tulisi tarkkailla, ja sen vuoksi niiden yhteyteen asennetaan usein ilmanpainetta mittaavat anturit. Paine-eroanturi mittaa ilmanpainetta suodattimen molemmin puolin ja hälyttää, mikäli ilman kulkeminen suodattimessa estyy. Suodattimia on erilaisia ja niiden erottelukyky vaihtelee. Automaatiikan kannalta on tärkeää, että suodattimien suodatusluokkaa vaihdettaessa, tulee myös suodattimen painehälytysrajaa muuttaa suodatinta vastaavaksi. (Opas ilmanvaihdosta, 2016.)

Lämmöntalteenottolaitteiden toiminnan tarkkailuun käytetään ilmanvaihtokanan ilmanpaineeseen perustuvaa mittausta. Lämmöntalteenotolla varustetut järjestelmät voivat häiriintyä likaantumisen vuoksi tai ne voivat tukkeutua kylmän ja lämpimän ilman vaikutuksesta. Tällöin ne huurtuvat umpeen. Lämmöntalteenotokennon toimintaa tulisi voida säädellä siten, että talteenotto on mahdollisimman tehokkaasti käytössä kylmillä ilmoilla, mutta sen voi lämpimillä ilmoilla kytkeä pois päältä. Kovilla pakkasilla tarvitaan yleensä lisäksi myös ilman lämmitystä. Tämän voi hoitaa sähköllä toimiva tai vesikiertoinen jälkilämmityspatteri. Vesikiertoisen jälkilämmityspatterin toiminnan tarkkailu on erittäin tärkeää, koska siihen liittyy monia toisiinsa vaikuttavia säätö- ja hälytystoimenpiteitä. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 83–84.)

Jotta ilmanvaihtolaitteisto toimisi oikein ja tehokkaasti, tarvitaan lisäksi vielä useita lämpötilamittauksia. Nämä mittaukset ovat säätötoiminnan kannalta kaikkein olennaisimpia ja ne kertovat ilmanvaihtojärjestelmän toiminnasta paljon. Jos tarkoituksena on rakentaa huomattavasti monipuolisempi ilmastointijärjestelmä, riittää periaatteessa, kun järjestelmään lisätään ilmaa jäähdyttävä jäähdytyspatteri ja automaatiikkaan sitä ohjaavat toiminnot. Tämän lisäksi perusilmanvaihtojärjestelmää voidaan laajentaa tarpeen mukaan useilla erilaisilla mittaus- ja ohjaus-



toiminnoilla. Ilmanvaihdon ohjauksessa on pääosin käytössä lämpötiloihin perustuva ohjaus. Toisaalta ensisijaisena ohjausmenetelmänä voi olla myös ilmankosteus, ilmamäärä tai kaikkien näiden yhdistelmä. (Seppänen, Olli, 2004: 264.)

## **4.2 Ilmanvaihdon säätöjä ja ohjauksia**

Ilmanvaihtoa säädellään ja ohjataan monipuolisesti. Ohjauksen mieltäminen voi kuitenkin olla vaikeampaa, koska ilma ei ole käsin kosketeltavissa ja sen liikkumista on vaikeampaa havainnoida kuin esimerkiksi lämpöä johtavan veden liikumista. Tämän lisäksi ilmanvaihdossa on käytössä useita eri laitekokonaisuuksia, joilla kaikilla on omat erityispiirteensä.

### **4.2.1 Vakioarvosäätö**

Yksinkertaisin ilmanvaihdon ohjausmenetelmä on vakioarvosäätö. Tämä perustuu yksinomaan huoneeseen tuotavan tuloilman lämpötilamittaukseen ja sen ohjaukseen. Vakioarvosäädössä tarvitaan vain yksi asetusarvo huoneisiin puhallettavalle lämpimälle ilmalle. Samoin mittaus tapahtuu ainoastaan tuloilmakanavan lämpötilaa mittaamalla. Vakioarvosäädön huonona puolena on se, ettei siinä oteta ollenkaan huomioon huoneissa jo olevaa lämpötilaa. Näin mahdollisuutta energiansäästöön tätä kautta ei ole olemassa. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 85.)

### **4.2.2 Poistoilmaohjattu säätö**

Toinen ilmanvaihdon ohjausmenetelmä on huonelämpötilan mukaan ohjattu tuloilman lämmitys. Tällöin poistoilmaohjattu säätö perustuu poistoilmakanavan lämpötilamittaukseen, jonka perusteella automatiikka säätää huoneisiin puhallettavan tuloilman lämpötilaa tarpeen mukaan. Jos poistoilma on asetusarvoa (huoneen toivottua lämpötilaa) lämpimämpää, puhalletaan huoneisiin viileämpää ilmaa ja päinvastoin. Ilmanvaihtojärjestelmä varustetaan tuloilman lämpötilan vähimmäis- ja enimmäisrajoituksella. Näin vältetään mahdolliselta veto-ongelmalta ja liian kylmän ilman ohjaamiselta huoneisiin. Tällainen säätötapa pyrkii jatkuvasti

pitämään huoneissa olevan lämpötilan tarkasti asetusarvossa. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 86.)

### **4.2.3 Jälkilämmitys**

Monesti pelkkä ilmanvaihto ei riitä, vaan myös sisään puhallettavan ilman lämpötilaa halutaan säätää. Tämän vuoksi ilmanvaihtojärjestelmiin on liitetty sisäänpuhallusilman lämmitysmahdollisuus. Tämä voidaan toteuttaa tulokanavaan asennetulla sähköisellä lämmitysvastuksella tai vaihtoehtoisesti vesikiertoisella lämmityspatterilla. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 86–87.)

Sähköisen lämmitysvastuksen ohjaus on yksinkertaista, koska se perustuu lämmitysvastuksen kytkemiseen päälle aina, kun sisään puhallettava ilma on liian kylmää. Sähköistä jälkilämmitystä käytetään yleensä vain pienissä ilmanvaihtokoneissa. Vesikiertoisen lämmityspatterin kohdalla pitää järjestelmään lisätä huomattavasti enemmän automatiikkaa. Tällöin lämmityspattereissa kiertävän veden lämpötilaa pitää mitata, sen kierrättämiseen tarvitaan kiertovesipumppu ja patterin mahdollisen jäätyksen estämiseksi joudutaan järjestelmään asentamaan jäätymissuojatermostaatti. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 86–87.)

Asuntoon puhallettavan tuloilman oikean lämpötila on hyvin henkilökohtainen asia. Toteutetaanpa lämmitys kummalla tavalla tahansa, tulee jälkilämmityksen määrää säätää. Tuloilman lämpötila on suositeltavaa pitää niin alhaisena kuin mahdollista, mutta kuitenkin ilman, että tuntuu vetoiselta. Tällöin säätäminen edellyttää lämpötila-anturin asentamista tuloilmakanavaan. Tämän lisäksi tarvitaan säätökeskus, johon voidaan asettaa tuloilmalle haluttu asetusarvo. (Vallox.)

### **4.2.4 Hiilidioksidipitoisuuden tai kanavapaineisiin perustuva säätö**

Hiilidioksidipitoisuuden säätö (CO<sup>2</sup> –säätö) on tullut ilmanvaihdon ohjaukseen energiatehokkuuden mukana. Tässä tavoitteena on säätää tilojen ilmanvaihdon määrä täsmälleen siellä olevan toiminnan mukaisesti. Tässä ilmanvaihdon määrä

ja nopeus muuttuvat tiloissa olevien ihmisten aiheuttaman epäpuhtauden mukaan. Oikein toteutettuna tällainen hiilidioksidipitoisuuteen perustuva säätö on todella hyvä ja optimaalinen tiloissa olevien ihmisten kannalta. Toisaalta tämän säätömuodon käytännön toteutuksissa on esiintynyt suuria puutteita. Esimerkiksi anturit ovat olleet väärässä paikassa tai niiden määrässä on säästely. Näin tuloksena on ollut riittämätön ilmanvaihto, kun hiilidioksidipitoisuuksia ei ole saatu mitattua riittävän tarkasti. Ongelmana on ollut myös hiilidioksidipitoisuuksien määrittely eli se, missä suhteessa ilmanvaihdon tulisi kasvaa hiilidioksidipitoisuuteen verrattuna. Lisäksi vain hiilidioksidipitoisuuteen perustuva ohjaus ei huomioi tiloissa olevan lämpö- ja kosteuskuorman vaikutusta. (Suomäki, Vepsäläinen, 2018: 87.)

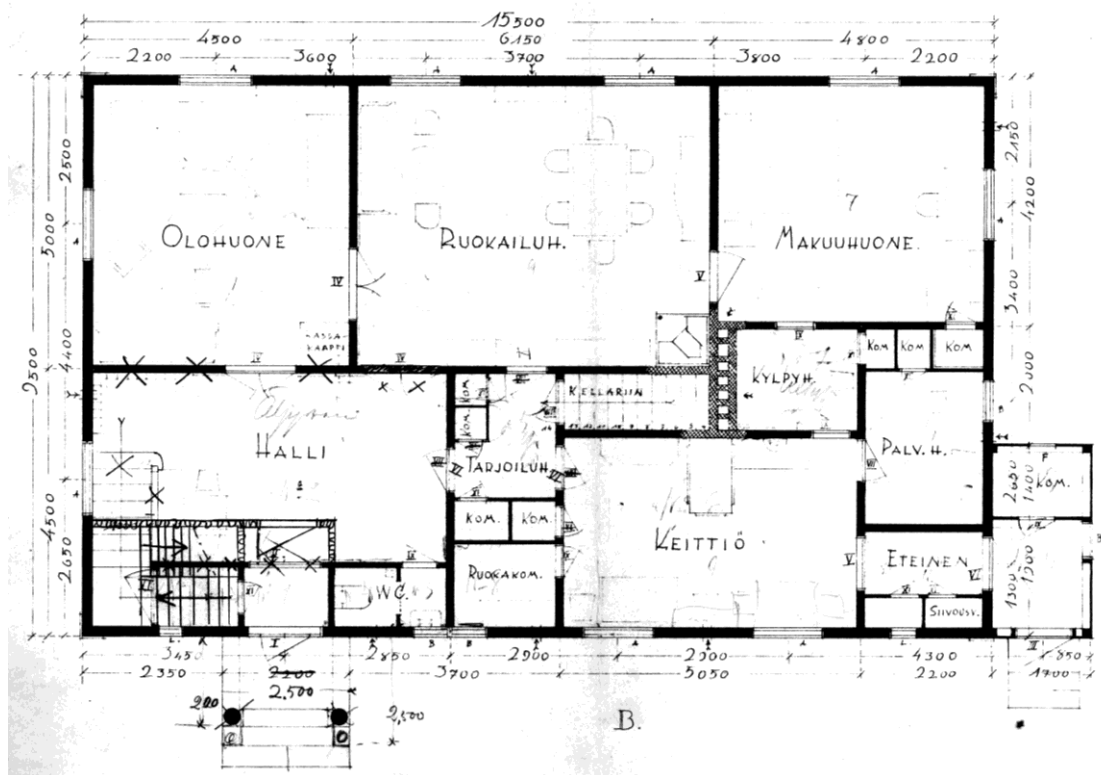
## 5 KOHTEEN ESITTELY

### 5.1 Esitiedot

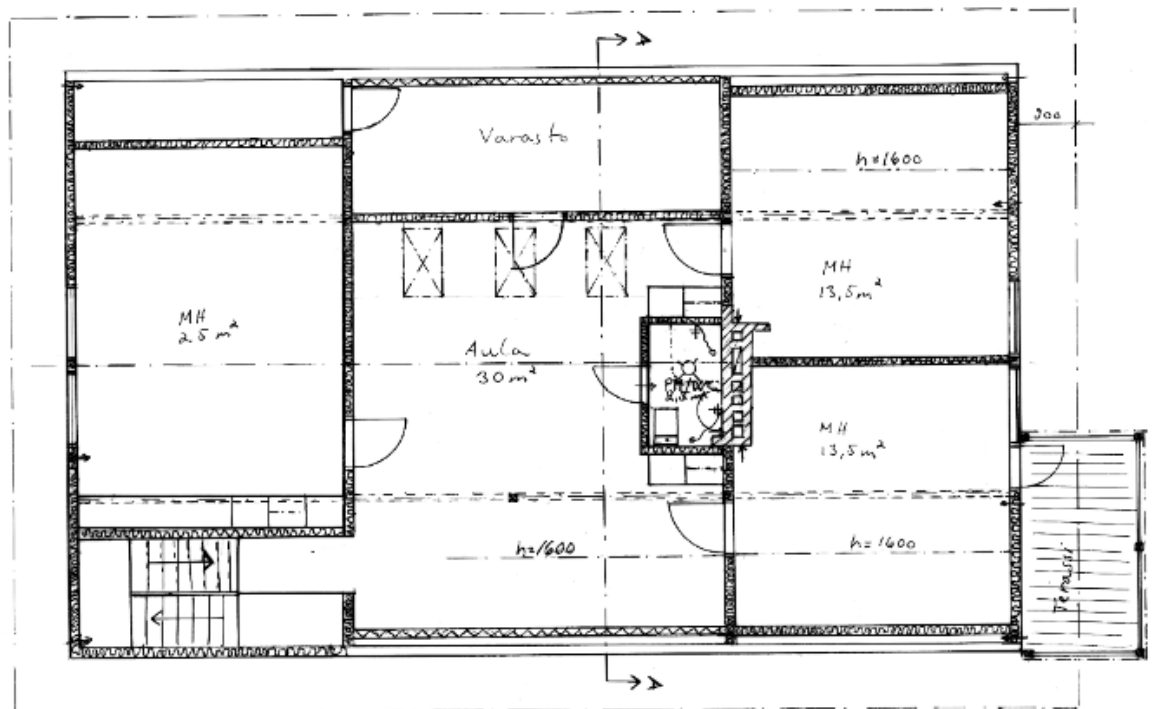
Omakotitalo on rakennettu vuonna 1933, jolloin rakennus oli vielä kaksikerroksinen ja lämmitysmuotona toimi puukeskus- sekä patterilämmitys. Vuonna 1954 taloa kohtasi tulipalo, jossa koko yläkerta tuhoutui. Tulipalon jälkeen talo muutettiin puolitoistakerroksiseksi ja samalla keskikerroksen huonetilat korjattiin (ks. kuva 4). 70-luvun alussa rakennettiin yläkerran isompi makuuhuone (ks. kuva 5).

Keittiöremontti toteutettiin vuonna 2004, jolloin samalla uusittiin kalusteet ja lattiat. Yläkerran aula ja kaksi muuta makuuhuonetta rakennettiin vuonna 2006-2007, jossa talon pinta-ala kasvoi n. 90 neliötä lisää. Kellarin (ks. kuva 6) laajennus toteutettiin vuonna 2008, missä kellariin rakennettiin myös sauna sekä pesu- ja pukuhuone. Samassa yhteydessä remontoitiin keskikerroksen kylpyhuone. Vuonna 2018 tehtiin keskikerroksen kylpyhuoneen saneeraus viemäripuodon takia, jolloin vaihdettiin kylpyammeen tilalle liukuovellinen suihkukaappi. Kokonaisuudessaan rakennuksen pinta-ala on nykyään 229 m<sup>2</sup>.

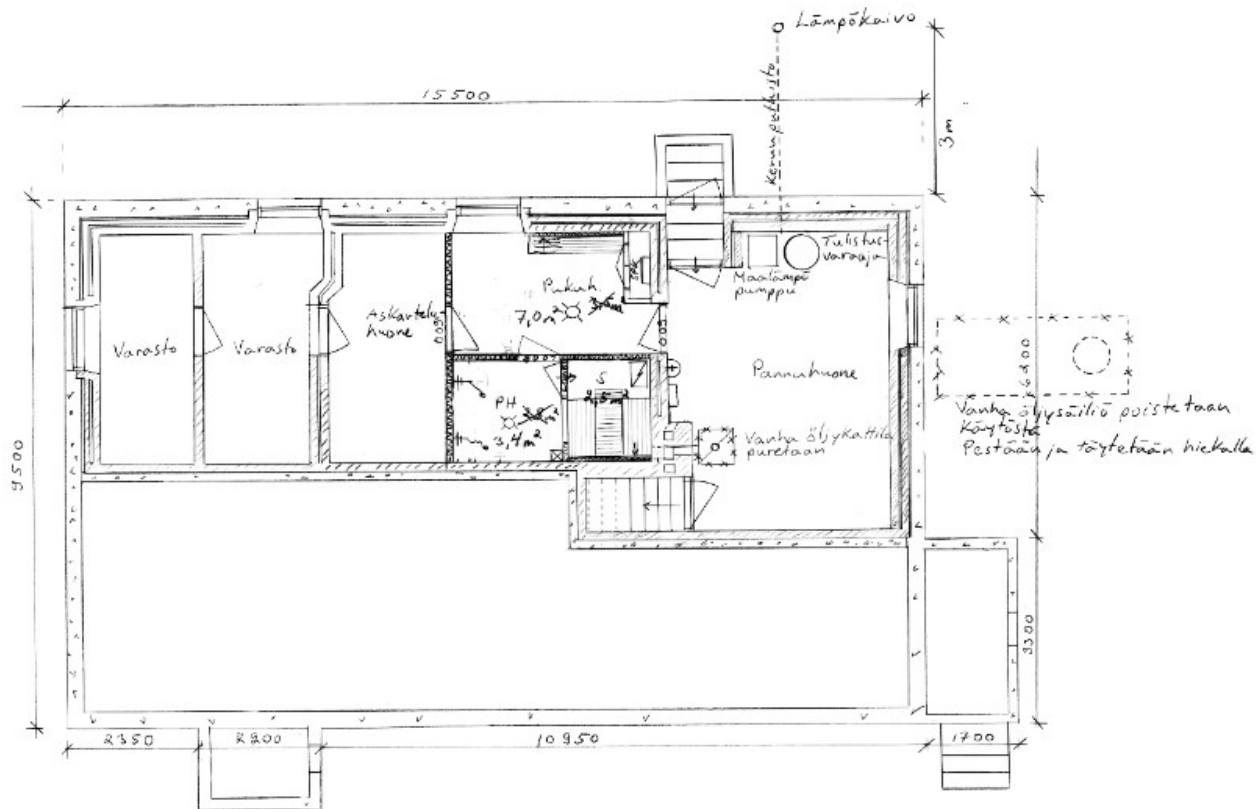
Lämmitysjärjestelmistä puukeskuslämmitys vaihdettiin vuonna 1963 öljyyn. Kattila uusittiin 2001. Öljykeskuslämmitys muutettiin vuonna 2011 maalämmöksi, jonka yhteydessä pannuhuoneen laatoitukset ja panelointi uusittiin.



Kuva 4. Keskikerroksen pohjapiirustus.



Kuva 5. Yläkerran pohjapiirustus.



Kuva 6. Kellarin pohjapiirustus.

Rakennuksen ilmanvaihtona toimii painovoimainen ilmanvaihto. Korvausilmaventtiilit on sijoitettu keskikerroksessa olohuoneeseen, ruokasaliin, makuuhuoneeseen sekä keittiöön (Liite 1). Yläkerrassa korvausilmaventtiilit sijaitsevat jokaisessa makuuhuoneessa. Rakennuksen poistoilmaventtiilit (suljettavat ritilät) keskikerroksessa löytyvät makuuhuoneesta, kylpyhuoneesta ja ruokasalista (liite 2). Yläkerrassa on kaikissa makuuhuoneissa poistoilmaventtiilit. Poistoilmaventtiilit on liitetty tulisijan hormiin.

Keskikerroksen WC tiloissa on suora poisto ulos, räystäään alle ulkoseinässä. Kylpyhuoneeseen yläkerrassa on lisätty erillinen poistopuhallin, joka on johdettu eristetyllä putkella vesikatolle. Kyseinen puhallin kytkeytyy päälle valojen syttyessä kylpyhuoneeseen.

Kellarissa korvausilma saadaan pannuhuoneen tuulikaapin kautta, josta korvausilma johdatetaan pesuhuoneeseen ja saunaan ovirakoja pitkin. Poistoilmaventtiili on saunan yläosassa, joka on yhteydessä hormiin.

Keittiöremontin yhteydessä 2004 keittiön poistoilmaventtiiliin on liitetty kuvullinen liesituuletin.

## 5.2 Käyttäjät ja toiveet

Omakotitalossa asuu pariskunta ja koira. Pariskunnasta toinen on eläkeläinen, joten hän on suurimmaksi osaksi kotona ja toinen henkilö käy päivittäin töissä. Talossa käy paljon vieraita ja usein myös lapsenlapsia perheineen.

Talossa asuva eläkeläinen on rakennusalan ammattilainen ja tämän takia hän on kiinnostunut talotekniikkaan liittyvistä asioista. Toinen asukas on ammatiltaan kotitalousopettaja, joten talossa tehdään paljon ruokaa ja leivotaan. Keittiössä touthutaan siis suhteellisen usein.

Talon painovoimaisen ilmanvaihdon yksi suurimmista puutteista oli käyttäjien mukaan korvausilman saanti. Käyttäjät kertoivat pitävänsä viileinä aikoina talon vanhoja korvausilmaventtiileitä kokonaan kiinni. Venttiileistä virtasi liian kylmää ilmaa huoneistoihin, joka toi suurta vedon tunnetta ja näin ollen myös lämmitysenergiaa pääsi hukkaan. Ilmanvaihtoa voidaankin pitää tällöin lähes olemattomana. Näistä syistä käyttäjät halusivatkin muutosta omakotitalon ilmanvaihtoon. Asukkaat toivoisivat, että parannusvaihtoehto toisi parannusta talon ilmanlaatuun, vedontunteeseen ja näin ollen energiatehokkuuteen. Toivomuksena on myös saada tasainen lämpötila jokaiseen huonetilaan.

## 5.3 Mittaukset

Talon ilmanvaihdon mittaukset suoritettiin Netatmo Personal Weather Station -mittausmenetelmällä. Laite toimii ilmaston seurantalaitteena, joka tarkkailee sekä sisä- että ulkoilmaa. Järjestelmä koostuu kolmesta sisäyksiköstä ja yhdestä ulkoyksiköstä. Myös erillisiä lisävarusteita saa liitettyä kokonaisuuteen, kuten sade- ja tuulimittareita. Netatmolla saadaan mitattua ilman lämpötilaa, kosteutta, hiilidi-

oksidin määrää sekä sisätiloissa myös ilmanpainetta ja äänenvoimakkuutta. Mittaustulokset tallentuvat järjestelmän omaan pilvipalveluun langattoman verkon avulla. (Netatmo n.d.)

### 5.3.1 Hiilidioksidipitoisuus

Mittauksien avulla haluttiin selvittää talon ilmanvaihdon riittävyys muun muassa hiilidioksidipitoisuutta mittaamalla. Sisäilman hiilidioksidi on pääasiassa peräisin ihmisestä ja se lasketaan sisäilman epäpuhtaudeksi. Liiallinen hiilidioksidi kertoo huonosta ilmanvaihdosta ja sitä kautta sisäilmaan kertyvistä epäpuhtauksista. Kun hiilidioksidipitoisuus nousee riittävän korkeaksi, se alkaa vaikuttaa ihmiseen nostaten hengitystiheyttä ja aiheuttaen tunkkaisuuden tunteen, väsymystä, päänsärkyä ja työtehon alenemista. (Sisäilmayhdistys ry.) Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja ylittyy tavanomaisissa sääoloissa ja huonetilan käyttöaikana, jos pitoisuus on  $2100 \text{ mg/m}^3$  (1150 ppm) suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus. (STM 2015: Asumisterveysasetus.) Hiilidioksidipitoisuus kasvaa usein korkeaksi makuuhuoneessa yön aikana. Tällöin syynä on riittämätön ilmanvaihto. Hyvänä nyrkkisääntönä voidaan pitää Suomessa toimenpiderajana hiilidioksidille noin 1500 ppm:n tasoa. Tätä korkeammassa lukemissa on syytä ryhtyä toimenpiteisiin hiilidioksidipitoisuuden alentamiseksi, eli tehostaa ilmanvaihtoa.

### 5.3.2 Tulokset

Mittauspaikoiksi valittiin keskikerroksen olohuone, makuuhuone ja keittiö. Mittauksen ajanjaksoksi asetettiin viikko ja se aloitettiin 1.4.2019 kello 7:00 ja päättyi 8.4.2019 kello 7:00. Lämpötila sisällä mittauksen aikana oli keskimäärin 21-23°C astetta ja ulkona nollan asteen tienoilla. Mittaukset suoritettiin painovoimaisen ilmanvaihdon kannalta ihanne aikaan, koska painovoimainen ilmanvaihto toimii parhaimmillaan viileillä ilmoilla. Kokonaisen totuuden saisikin lämpimillä keleillä selville, koska painovoimainen ilmanvaihto toimii tällöin kaikkein puutteellisimmin. Tämän takia hiilidioksidipitoisuutta olisi hyvä mitata vielä pidemmällä aikavälillä.



Alla olevista tuloksista huomataan, että hiilidioksidipitoisuudet ovat poikkeuksellisen hyvät (KUVIO 2, 3 ja 4), vaikka kyseisessä kohteessa on painovoimainen ilmanvaihto. Omakotitalossa asuva rakennusalan ihminen on selvästi tietoinen, miten vanhaa omakotitaloa pitää tuulettaa.

Makuuhuone, jossa yleisimmin öisin pitoisuudet nousevat korkeimmilleen, ei tämän mittauksen perusteella selviä mitään suurempia ongelmia (KUVIO 2.). Käyttäjät sanoivat pitävänsä makuuhuoneen ovia auki myös yö aikoina, joten ilma on tällöin päässyt liikkumaan vapaammin ja hiilidioksidipitoisuudet ovat pysyneet matalina.



KUVIO 2. Makuuhuoneen hiilidioksidipitoisuudet.

Mittaustuloksista huomataan, että keittiössä (KUVIO 3) on talon suurimmat hiilidioksidipitoisuudet. Tuloksista nähdäänkin, pitoisuuksien nousevan vain hetkellisesti ja tämä johtuu siitä, että tähän aikaan on valmistettu ruokaa.



KUVIO 3. Keittiön hiilidioksidipitoisuudet.

Talon asukkaita on vain kaksi, joten olohuoneen hiilidioksidipitoisuudet, eivät ole myöskään korkeat (KUVIO 4.). Mittauksen loppuosassa nähdäänkin suurimmat lukemat. Tällöin talossa oli asukkaiden lapsenlapset perheineen. Kokonaisuudessaan mittaustuloksista selviää että, missään vaiheessa ei olla ylitetty sosiaali- ja terveysministeriön asettamia suosituksia.



KUVIO 4. Olohuoneen hiilidioksidipitoisuudet.



kokonaisuutta ei ole mietitty toimivaksi. Aina kannattaa myös varmistaa, että valitut ratkaisut soveltuvat Suomen olosuhteisiin. Muutostyöhön ryhtyessä, tulee siis aina selvittää, tarvitseeko tuleva muutos viranomaislupia. Seuraavissa luvuissa on esitelty tarkemmin eri ratkaisuja, joilla voidaan mahdollisesti tehostaa painovoimaista ilmanvaihtoa omakotitaloissa.

### **6.1.1 Mekaaninen hormi-imuri**

Yleinen tapa tehostaa painovoimaista ilmanvaihtoa on talon katolta ja sen voi toteuttaa mekaanisella hormi-imurilla, joka toimii täysin sähköttömästi. Painovoimainen ilmanvaihto tarvitsee toimiakseen poistohormin, mikä vetää käytetyn ilman ulos. Hormin oma veto ei aina riitä, jolloin mekaaninen, tuulella toimiva hormi-imuri on tehokas ratkaisu. Imuri kiinnitetään katolla sijaitsevaan hormiin tai piippuun. Mahdolliset vierekkäiset iv-hormit voidaan yhdistää kokoojakammiolla, joka vaatii vain yhden, mutta suuremman imurin, minkä tehosta molemmat hormit hyötyvät. Tasakattoisessa talossa hormi-imuri pitäisi asentaa poistohormin päälle sellaiselle korkeudelle, että siihen osuu tuuli mahdollisimman monesta suunnasta. (Allergia-apu.)

Suomessa hormi-imurin toiminta-alue lasketaan tuulenvoimakkuudella 3-4 m/s. Tuuli ylittää harvoin 5 m/s vuorokauden keskiarvona syysmyrskyjä lukuun ottamatta. Kun tuulen nopeus on n. 3-5 m/s, hormi-imuri parantaa painovoimaisen hormin ylöspäin suuntautuvaa ilmamäärää keskimäärin 20 – 30 % riippuen imurin koosta. Imurin koko vaikuttaa myös ilmamäärään. Isompi-ikäinen imuri liikuttaa hiukan enemmän ilmaa ylöspäin. Talvella painovoimainen hormi on parhaimmillaan. Kun ulkoilma on kylmää, asunnon lämmin ilma pyrkii nousemaan ylöspäin ja poistuu hormista tehokkaasti ulos aikaansaaden asuntoon alipainetta. Kesällä ulkoilma ja sisäilma ovat usein saman lämpöisiä, joten lämpötilaeron parantava vaikutus hormin toimintaan lakkaa. Hormi vetää huonommin, ja asunnon ilma poistuu hitaammin poistoventtiileistä. Hormi-imurin tehostava vaikutus poistohormin virtaukseen on siis kesällä erityisen tervetullutta. (Rakentaja.fi, 2017.)

Hormi-imuria asennettaessa onkin tärkeää huolehtia suunnitelmallisesta korvausilman saannista, koska hormi-imurin synnyttämä alipaine voi pahimmillaan

aiheuttaa suuriakin ongelmia talon rakenteisiin. Voimakas alipaine esimerkiksi imaisee epäpuhtauksia talon rakenteista ja johtaa ne sisälle huoneilmaan. Pahimmassa tapauksessa nämä epäpuhtaudet voivat olla terveydelle haitallisia. Pitääkin siis muistaa, että ilmaa ei voida poistaa enempää kuin mitä sitä saadaan tilalle. (Allergia-apu.)

### **6.1.2 Koneellinen poistoilmanvaihto**

Vastaavasti kuin tuulen voimalla toimiva hormi-imuri, hormia voidaan myös tehostaa otsikon mukaisesti koneellisesti. Tällöin tehostustapana on huippuimuri. Huippuimuri asennetaan vastaavasti hormin yläosaan. Huippuimuria usein ohjataan käsin tai ajastimella. Tällä on kuitenkin asukkaita työllistävä vaikutus, sillä asukkaat joutuvat itse säätämään ilmanvaihtoa, jolloin myös epäpuhtaudet voivat kerääntyä rakennukseen ja energiakulut kasvavat.

Huippuimuria voidaan myös ohjata automaattisesti. Huoneisiin asentaa anturit, jotka mittaavat huoneilman pitoisuuksia, kuten ilman suhteellista kosteutta (RH) ja hiilidioksiditasoa (CO<sub>2</sub>). Ohjausyksikkö näin ollen säätää anturien lähettämän tiedon perusteella vesikatolla olevan huippuimurin tehoa ja varmistaa hyvän ilmanlaadun ja sen, että ilmanvaihto ei kuluta ylimääräistä energiaa. (Vilpe.)

Automaattisen järjestelmän ohjausyksikkö asennetaan paikkaan, josta sen on helppo kaapeloida yhteen huippuimurin kanssa. Kosteusanturi asennetaan tilaan, jossa kertyy helposti kosteutta, esimerkiksi keittiössä ja kylpytiloissa. Hiilidioksidiantureilla taas varmistetaan raikas hengitysilma ja anturit olisikin hyvä asentaa, jossa sitä eniten tarvitaan, esimerkiksi makuuhuoneet ja olohuoneet. (Vilpe.)

Järjestelmän käyttöpaneeli asennetaan huoneeseen, jossa sitä on helppo hallita, mutta kuitenkin asiattomilta ulottumattomissa. Käyttöpaneelista löytyy kotona-, poissa, tehostus- ja automaattinen-toiminto. Kotona-toiminto on tarkoitettu olosuhteisiin, joissa sisäilmalaadun ylläpitäminen edellyttää jatkuvaa tasaista ilmanvaihtoa. Poissa-toimintoa käytetään, kun talossa ei henkilökuormitusta. Tehos-

tus-toimintoa käytetään esimerkiksi asunnon viilentämiseen kesäisin, tai kun talossa on normaalia enemmän ihmisiä. Automaattinen-toiminto ylläpitää perusilmanvaihtoa ja säättää tehoa itsenäisesti kosteus- ja hiilidioksidianturien antamien tietojen mukaan. (Vilpe.)

Samaan tapaan kuin tuulenoimalla toimiva hormi-imuri, kannattaa muistaa, että korvausilmaventtiileitä tulee olla riittävästi, ettei haitallista alipainetta synny. Energiatehokkuuden kannalta tavalliset korvausilmaventtiilit olisi hyvä vaihtaa ns. älykkäisiin venttiileihin, jotka säätyvät portaattomasti termostaatin avulla.

### **6.1.3 Erilliset poistopuhaltimet**

Erilliset poistopuhaltimet on tarkoitettu painovoimaisen- tai koneellisen poistoilmanvaihdon tehostamiseen. Erityisesti tehostusta on tarvittu kosteissa tiloissa, esimerkiksi wc, kylpyhuone, suihku tai pesutuvissa. Perinteisemmät 3-5W pienpuhaltimet on varusteltu liike-/valotunnistimella, kosteussäätimellä tai jälkikytkinajalla. Poistopuhaltimet ovat tänä päivänä myös hiljaisia 17-30dB, joten puhaltimia voi pitää toiminnassa jatkuvasti, peruskäyntinopeudella ja näin varmistaa riittävän ilmanvaihdon sekä raikkaan ja terveellisen sisäilman. Puhaltimet voidaan usein asentaa helposti jo olemassa oleviin poistohormeihin tai kanaviin. Asennusvaiheessa tulee aina huomioida kanavan tiiveys. (Pax.)

Kyseisiä puhaltimia on myös mahdollisuus saada mobiiliohjattuina. Mobiiliohjauksen avulla puhaltimien ohjausta ja toimintoja on näin ollen helpompi säätää ja ajastaa. Myös tämä erillispoisto tarvitsee korvausilman hallitusti, ettei siitä tule em. haittoja. (Pax.)

### **6.1.4 Lämmöntalteenotolla varustettu korvausilmapuhallin**

Korvausilmaventtiili voidaan varustaa puhaltimella ja lämmöntalteenotolla. Tällöin sitä kutsutaan lämmöntalteenotolla varustetuksi korvausilmapuhaltimeksi. Kyseessä on talon ulkoseinän läpi asennettavasta laitteesta ja sitä voidaan kut-

sua periaatteessa myös pieneksi huonekohtaiseksi IV-koneeksi lämmöntalteenotolla. Pienten lämmöntalteenotolla varustettujen ilmanvaihtoventtiileiden lämmöntalteenoton hyötysuhteet ovat aivan isompienkin koneiden tasolla. Laite vaatii halkaisijaltaan noin 100-160mm reiän, joten se voidaan asentaa vanhan talon vanhoihin korvausilmaventtiileihin. Tarpeenmukainen eristys ja tiiveys on huomioitava, kun laitetta asennetaan vanhan korvausilmaventtiin tilalle. Laitteessa on koristepaneelilla varustettu suojaava sisäinen ritilä, kasetti, ilmakanava ja suojaavan ulkoinen ilmanvaihtoritilä. Kasetti on laitteen tärkein toiminnallinen osa. Se koostuu puhaltimesta, lämmönvaihtimesta ja suodattimesta. Suodatin on suunniteltu suodattamaan pölyä ja vieraita esineitä joutumasta lämmönvaihtimeen ja puhaltimeen. (Flexit, 2017.)

Kyseisiä ilmapuhtauslaitteita voi ohjata automaatiolla. Laite tai laitteet kytketään langattomaan lähiverkkoon. Ohjaustapana toimii tällöin kauko-ohjain, käyttöpaneeli tai mobiilisovellus. Järjestelmään voidaan näin ollen asettaa erilaisia toimintoja. Esimerkiksi, jos laitteita asennetaan taloon enemmän kuin yksi, on mahdollista asettaa eri yksiköt toimimaan poisto- tai tulo puhaltimena. (Flexit, 2017.)

Lämmöntalteenotto toimii kyseisessä laitteessa kahdessa eri ”syklissä”. Tämä tarkoittaa, että talon molemmat puhaltimet vaihtavat pyörimissuuntaa joka 70 sekunti. Ensimmäisessä syklissä lämmin ilma imetään pois huoneesta. Ilman virratessa lämmönvaihtimen läpi se luovuttaa lämpöä ja kosteutta lämmönvaihtimelle ja tuottaa lämpöenergiaa. Kun keraaminen lämmönvaihtin on 70 sekunnin kuluttua lämmennyt, yksikkö siirtyy tuloilmatilaan. Toisessa syklissä ulkoa saatu raitis ilma siirretään keraamisen lämmönvaihtimen läpi, joka kerää kosteuden ja lämmittää ilman. Ilmanvaihtojärjestelmän etuina voidaan tämän lisäksi pitää, että siihen on mahdollista kytkeä kaikenlaisia ulkoisia säätimiä, joissa on tavallinen avoin (NO-kontakti), esimerkiksi hiilidioksidiantureita, releitä jne. (Flexit, 2017.)

### **6.1.5 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto**

Kun vanhojen talojen eristystä ja tiiveyttä korjataan vastaamaan nykyajan asumisvaatimuksia, myös ilmamäärän tarve lisääntyy. Tällöin painovoimainen ilmanvaihto voidaan vaihtaa koneellisen tulo- ja poistojärjestelmään. Järjestelmä on

melko työläs ja kallis asentaa jälkikäteen vanhaan rakennukseen verrattuna muihin parannusjärjestelmiin. IV-kone tulee tarvitsemaan ilmakanaviston laitteineen koko taloon. On hyvä selvittää, onko mahdollista hyödyntää talon vanhan ilmanvaihtojärjestelmän reittejä ja hormeja. Tuloilmalle että jäteilmalle tulee asentaa omat kanavat ja on tällöin huomioitava mahdolliset kanavaneristykset. Uusien kanavien asennusten myötä täytyy varmistua siitä, ettei asuintiloista tule liian matalia uusien laitteiden ja katossa kulkevien kanavistojen vuoksi. Monimutkaisen järjestelmän käyttö ja hoito vaatii huomattavasti enemmän osaamista ja viitseliäisyyttä. Virheet ja laiminlyönnit asennusvaiheessa pilaavat helposti sisäilman laadun ja lisäävät rakennuksen kosteusvaurioiden riskiä. Täysin koneellisen järjestelmän meluhaitat tulee myös ottaa huomioon.

Ilmanvaihtokonetta valittaessa on oleellista mitoittaa kone kodin tarpeiden mukaisesti. Ilmanvaihtokoneen on normaalioloissa pystyttävä säädösten mukaan vaihtamaan asunnon laskennallinen ilmatilavuus kerran kahdessa tunnissa noin puolella teholla. Mitoituksessa täytyy ottaa myös huomioon, että kanavistot ja siihen liittyvät laitteet ovat suunnitelmien mukaan säädetty. Tällöin ilmavirrat ja eri tilojen väliset painesuhteet pysyvät hallinnassa. Ilmanvaihtokone tulee sijoittaa lämpimimpään, vähintään +10°C -asteiseen sisätilaan. Sijoituspaikkoja ovat esimerkiksi tekninen tila, lämmin varasto tai kodinhoitohuone. Koneen ääni ei saa häiritä ja laitteen huolto pitää olla vaivatonta. Paikan valinnassa kannattaa kiinnittää huomiota myös siihen, että koneeseen tulee useita sähköliitännöitä. (Vallox.)

Täysin koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän ohjaukseen on tarjolla useita eri vaihtoehtoja. Käsisäädöistä täysin automaattiseen ilmanvaihdon ohjaukseen. Esimerkiksi kosteus- ja hiilidioksidiantureiden avulla saadaan aikaan älykäs kotona/poissa/tehostusautomaatiikka, jolloin ilmanvaihdon määrä säädetään ilmanlaadun ja hiilidioksidikuorman perusteella. Myös jälkilämmitys voidaan liittää. Jälkilämmitys toteutetaan usein tulokanavaan asennetulla sähköisellä lämmitysvastuksella tai vesikiertoisella lämmityspatterilla. Jälkilämmityksen ohjaus perustuu kytkemällä lämmitysvastus tai patteri aina päälle, kun sisään puhallettava ilma on liian kylmää. Koneellisen ilmanvaihdon automaation järjestelmän säädöistä ja toimunnoista tarkemmin otsikossa neljä. (Vallox.)



## 7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia suunnitelma erilaisista ratkaisuista, joilla voidaan yleensä tehostaa omakotitalon painovoimaista ilmanvaihtoa ja työn tavoitteena oli antaa Lopella sijaitsevalle omakotitalon käyttäjälle erilaisia ratkaisuja, joilla hän voi mahdollisesti tehostaa omakotitalonsa painovoimaista ilmanvaihtoa. Tämän vuoksi opinnäytetyössä annetaan yleiskäsitys ilmanvaihdon toiminnasta ja sen automatisoinnista. Työssä kerrotaan eri ratkaisuista ja laitteista, joilla ilmanvaihtoa voidaan tehostaa, menemättä kuitenkaan liian syväälle järjestelmien teknisiin yksityiskohtiin. Ilmanvaihto on jo yksistään erittäin laaja aihe, joten kaikkien asioiden sisällyttäminen tähän työhön ei ollut tarkoituksenmukaista.

Mikäli päädytään muuttamaan omakotitalojen vanhaa ilmanvaihtojärjestelmää, on järjestelmä valittava aina tapauskohtaisesti. Ilmanvaihdon perusparannus perustuu siihen, että sen tehostus uusilla toiminnoilla, laitteilla tai varusteilla tuo lisäarvoa sisäilman laadulle, asumisviihtyvyydelle ja samalla energiakustannukset pienenevät.

Keskeistä oli miettiä, minkälaisella järjestelmällä voitaisiin parantaa työssä huomioitua omakotitaloa. Kohde esiteltiin kappaleessa viisi. Näiden tulosten ja käyttäjien toiveet huomioon ottaen, sekä kappaleessa kuusi esitettyjen parannusvaihtojen perusteella päädyttiin kyseiseen omakotitaloon suosittelemaan tehostustavaksi hormi-imuri ja vanhojen korvausilmaventtiilien(kippiventtiilien) tilalle uusia suodattimilla varustettuja korvausventtiileitä. Korvausilmaventtiilit voitaisiin vielä toteuttaa termostaattiventtiileillä. Suositeltavaa olisi myös asentaa keskikerroksen WC-tilaan erillinen poistopuhallin(pax), jota ohjattaisiin automaation avulla. Tällä ratkaisulla varmistettaisiin, ettei ilmavirrat toimisi väärinpäin kyseisessä tilassa. Parannusidea havainnollistettu liitteessä kolme.

Asukkaat olivatkin toivoneet parannusta energiatehokkuuteen ja vedon tunteen vähenemiseen. Tämä parannusvaihto olisi kaikkeinärkevin ratkaisu, koska mitausten perusteella ei selvinnyt mitään suurempia ongelmia sisäilmalaadun suhteen. Talon nykyisen järjestelmän pohjalta ei jouduttaisi myöskään tekemään suuria rakennemuutoksia. Kyseisessä parannusvaihtoehdossa kuitenkin täytyy ottaa

huomioon, että vuoteen mahtuu aina muutamia tuulettomia hetkiä ja päiviä, jolloin ilmanvaihtoa täytyy hoitaa avaamalla ikkunat.

Koska ilmanlaadun mittaukset oli suoritettu suhteellisen ihanteelliseen aikaan painovoimaisen ilmanvaihdon kannalta, ei voida tällöin kokonaan poissulkea tarvetta muuttaa järjestelmää koneelliseksi. Olisi siis hyvä saada tuloksia myös kesäajalta, jotta saataisiin varmuus siitä, riittääkö pelkästään tuulen voimalla toimiva hormi-imuri ja uudet korvausilmaventtiilit parannusvaihtoehdoksi. Koneellinen järjestelmä olisi varsin harkittava vaihtoehto. Tällöin järjestelmää voitaisiin ohjata automaatiolla.

Opinnäytetyötä tehdessä opin, miten suuri määrä erilaisia ilmanvaihtoa parantavia järjestelmiä nykypäivänä on ja mitä kaikkea täytyy ottaa huomioon kyseistä ilmanvaihtojärjestelmää valittaessa. Järjestelmää suunnitellessa onkin hyvä muistaa, että toteutusvaiheessa tapahtuvat muutokset ja asennusvirheet voivat muuttaa olennaisesti koko lopputulosta.

## LÄHTEET

Allergia-apu. Tuulivoimainen vedonparantaja katolle. Luettu 06.04.2019. <https://www.allergia-apu.fi/tuulen-voimalla-toimiva-vedonparantaja>

Ala-Prinkkilä, M. 2018. Hyvä sisäilma kuuluu kaikille. Suomen kiinteistölehti 2018:1, 44-45. Luettu 17.3.2019. [https://view.creator.taiqa.com/sites/all/files/public\\_files/documents/kiinteisto-lehti/39af9ebe068b012e00e046bdfc2f9674/document.pdf](https://view.creator.taiqa.com/sites/all/files/public_files/documents/kiinteisto-lehti/39af9ebe068b012e00e046bdfc2f9674/document.pdf)

Automaatioväylä. 2018. Automaation historia, nykytila ja tulevaisuus. Luettu 21.03.2019. [https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1380/automaatio\\_ennen\\_nyt\\_ja\\_tulevaisuudessa\\_av\\_artikkelisarja\\_2018.pdf](https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1380/automaatio_ennen_nyt_ja_tulevaisuudessa_av_artikkelisarja_2018.pdf)

Automaatioväylä. 2018. Smart factory 2018. Luettu 21.03.2019. <http://www.automaatiovayla.fi/verkkolehti/verkkolehti20185edcrfv/index.html#/article/34/page/1-1>

FLEXIT. 2017. Asennus- ja käyttöopas. Roomie one wifi. Luettu 09.04.2019. [https://www.flexit.no/globalassets/catalog/documents/24723\\_man\\_116028fi.pdf](https://www.flexit.no/globalassets/catalog/documents/24723_man_116028fi.pdf)

Kaila, P. 2016. Alipaine vai ylipaine? Uusimaa 13.8.2016. Luettu 17.3.2019. <https://www.uusimaa.fi/blogi/420557-alipaine-vai-ylipaine>

Kuuluvainen, L., Lindberg, B-R., Lylykangas, K., Mikkola, J., Sainio, J. & Vuolle, M. 2018. Painovoimainen ilmanvaihto opas. Ympäristöministeriö. Suomen kulttuurirahasto. <https://sulvi.fi/wp-content/uploads/2018/08/Painovoimaisen-ilmanvaihdon-opas.pdf>

Netatmo (n.d.). Netatmo specifications. Luettu 26.3.2019. <https://www.netatmo.com/product/weather/weatherstation/specifications>

Motiva. 2019. Koti ja asuminen/hyvä arki kotona/taloautomaatio. Luettu 13.04.2019. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/hyva\\_arki\\_kotona/taloautomaatio](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/hyva_arki_kotona/taloautomaatio)

Opas ilmanvaihdosta. 2016. Verkkodokumentti. Hengitysliitto. <http://www.hometalkoot.fi/file/15934.pdf>. Luettu 28.2.2019.

PAX, ventilation. Luettu 08.04.2019. <https://pax.se/ventilation>

Rakennusvalvonta, Oulu. 2019. Painovoimaisen ilmanvaihdon tehostaminen ja käyttö. Ohjekortit. Luettu 26.03.2019.

Rakentaja.fi. 2010. Hormien kunnostus. Luettu 06.04.2019. [https://www.rakentaja.fi/artikkelit/7218/hormien\\_kunnostus.htm](https://www.rakentaja.fi/artikkelit/7218/hormien_kunnostus.htm)

Rakentaja.fi. 2017. Ilmanvaihdon tehostamiseen löytyy myös mekaanisia ratkaisuja. Luettu 06.04.2019. [https://www.rakentaja.fi/artikkelit/14510/ilmanvaihdon\\_tehostamiseen\\_loytyy\\_myos\\_mekaanisia\\_ratkaisuja.htm](https://www.rakentaja.fi/artikkelit/14510/ilmanvaihdon_tehostamiseen_loytyy_myos_mekaanisia_ratkaisuja.htm).

Sandberg, Esa. 2016. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, ilmastointiteknikka osa 1. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy.

Schultz, C. 2009. Natural Ventilation Basics. Engineered Systems 2009: October 1, 26 - 31. <http://web.b.ebscohost.com.ezproxy.tur-kuamk.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=6&sid=b287abd3-341c-409c-985c-dc85c651b494%40pdc-v-sessmgr06>

Seppänen, Olli. 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. Talotekniikka-Julkaisut Oy. Suomen LVI-liitto. Forssan Kirjapaino Oy, Forssa.

Sisäilma. Sisäilma-asiat & sisäilmaongelmat. Hiilidioksidi. Hengityслиitto. Luettu 05.04.2019. <https://www.hengityслиitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat/kaasumaiset-epapuhautudet/hiilidioksidi>.

Suomäki Jorma, Vepsäläinen Sami. 2018. Talotekniikan automaatio, käyttäjän opas. Kiinteistöalan Kustannus Oy ja kirjailijat.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus. 2015. Asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimukset. Luettu 02.04.2019. <https://stm.fi/documents/1271139/1408010/Asumisterveysasetus/>

Sisäilmayhdistys ry – puolueetonta tietoa sisäilmasta. Luettu 1.3.2019. <http://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Ilmanvaihdon-perusteet>

UTU automation Oy. 2018. Kellokytkimet ja ajastimet. <https://www.utu.eu/komponentit/kellokytkimet-ja-ajastimet>

Vallox, 10 vinkkiä hyvän ilmanvaihdon suunnitteluun. Vallox Oy. Luettu 09.04.2019. [https://www.vallox.com/tietoa\\_ilmanvaihdosta/10\\_vinkkia\\_hyvan\\_ilmanvaihdon\\_suunnitteluun.html](https://www.vallox.com/tietoa_ilmanvaihdosta/10_vinkkia_hyvan_ilmanvaihdon_suunnitteluun.html)

Valvira, Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto. 26.2.2016. [https://www.valvira.fi/ymparistoverveys/terveydensuojelu/asumisterveys/fysikaaliset\\_olosuhteet](https://www.valvira.fi/ymparistoverveys/terveydensuojelu/asumisterveys/fysikaaliset_olosuhteet)

Valvira, Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto 25.4.2016. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa 1. <https://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Asumisterveysasetuksen+soveltamisohje/ac8d5e16-97be-456c-9c9c-ce8560f2092e>

Vilpe, innovative and easy. Huippuimurin ohjaus tarpeenmukaiseen ilmanvaihtoon. Luettu 08.04.2019. <http://www.vilpe.com/fi/ratkaisut/eco-ideal.html>

**LIITTEET**

Liite 1. Kohteen korvausilmaventtiilit.

1(3)



Keittiö 125x125.



Alakerran makuuhuone 125x125.



Olohuone 125x125.



Ruokasali 200x200.



Yläkerran jokainen makuuhuone sisältää venttiilin 75x75.

## Liite 2. Kohteen poistohormit



Olohuone ja vastaavat ritilät myös ruokasalissa, kylpyhuoneessa ja makuuhuoneessa. Poistohormit myös yläkerran kahdessa makuuhuoneessa.



Liite 3. Omakotitalon tehostamissuunnitelman toimintaperiaate

