

Mohamed Osman

Keskitetyn ja hajautetun ilmanvaihtojärjestelmän vertailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari, LVI (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

28.10.2014

Tekijä Otsikko	Mohamed Osman Keskitetyn ja hajautetun ilmanvaihtojärjestelmän vertailu
Sivumäärä Aika	30 sivua + 4 liitettä 28.10.2014
Tutkinto	rakennusmestari, LVI (AMK)
Koulutusohjelma	rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikka
Ohjaajat	lehtori Jyrki Viranko aluepäällikkö Raimo Pöntys
<p>Tässä opinnäytetyössä vertailtiin hajautetun ilmanvaihtojärjestelmien ja keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmien ominaisuuksia ja eroja. Erityisesti tässä työssä perehdyttiin yhteen hajautetun ilmanvaihtojärjestelmien muotoon, jota ei määräyksien takia Suomessa saa toteuttaa ollenkaan.</p> <p>Yritän perehtyä erilaisiin tapoihin toteuttaa ilmanvaihto rakennuksissa ja minkä takia kyseisen järjestelmän asentaminen on Suomessa kielletty ja millä perusteilla. Entä jos sen onkin kannattava ja toimiva systeemi? Voidaanko määräyksien muuttamista edes harkita.</p> <p>Tarkoituksena on tuoda esille tanskalaisen firman tarjoamia IV-järjestelmiä, sekä niiden ominaisuuksia muihin järjestelmiin verrattuna ja tätä kautta herättää kiinnostusta ja tietoisuutta järjestelmää kohtaan. Materiaalina minulla oli käytössä Airmasterin kotisivut ja työnantajani kautta saamani materiaali.</p>	
Avainsanat	keskitetty ilmanvaihto, hajautettu ilmanvaihto, Airmaster

Author Title Number of Pages Date	Mohamed Osman Comparison between centralized and decentralized ventilation systems 30 pages + 4 appendices 28 October 2014
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	HVAC Engineering
Instructors	Jyrki Viranko, Senior Lecturer Raimo Pöntys, Regional Manager
<p>The aim of this Bachelor's thesis was to compare the features of centralized and decentralized ventilation systems, focusing on the differences between how the systems work. In particular, this study examined one decentralized ventilation system which cannot be installed in Finland due to the regulations.</p> <p>The thesis explored the different ways to implement the ventilation in buildings, and tried to establish why the particular ventilation system is not accepted in Finland and on what basis. The viability and workability of system was studied. Furthermore, the possibility to change The National Building Code of Finland, more specifically the part D2 on Indoor climate and ventilation of buildings, was looked into.</p> <p>The comparison indicated clearly that if the largest construction companies and design agencies in Finland were interested in the system and did some research and total estimations on the system, it could have potential in Finland too.</p> <p>This final year project can be used when different ventilation systems are compared</p>	
Keywords	centralized ventilation, decentralized ventilation, Airmaster

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Ilmanvaihto yleisesti	2
3	Erilaiset ilmanvaihtojärjestelmät	3
	3.1.1 Painovoimainen ilmanvaihto	3
	3.1.2 Koneellinen poistoilmanvaihto	4
	3.1.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto	6
	3.2 Uudet energiamääräykset	7
	3.3 Hajautettu ilmanvaihto	8
	3.4 Keskitetty ilmanvaihto	9
	3.5 IMS	10
4	Airmaster	12
	4.1 Airmasterin tilakohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän ominaisuudet	13
	4.1.1 Asennus	13
	4.1.2 Huolto sekä ohjaus ja valvontajärjestelmä	15
	4.1.3 Tuotteet	17
	4.1.4 Ilmanlaatu	19
5	Haastattelu	21
6	Yhteenveto	24
	Lähteet	25

Liitteet

- Liite 1. Airmasterin tekemä laskelma
- Liite 2. Esimerkki tuotteen ominaisuudet
- Liite 3. Kuvia
- Liite 4. Toteutus wc:hen ja liesikupuun

Lyhenteet

D2	Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet D2 SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA 2003
EMC	Electromagnetic Compatibility = sähkömagneettinen yhteensopivuus
IMS	Ilmanääränsäädin
IV	Ilmanvaihto
LTO	Lämmöntalteenotto
PPM	Parts per million = suhdeyksikkö, joka kertoo, kuinka monta miljoonasosaa jokin on jostakin

1 Johdanto

Opinnäytetyöni aiheena ovat keskitetyn ja hajautetun ilmanvaihdon vertailu, erityisesti perehdyn yhteen hajautetun ilmanvaihtojärjestelmien muotoon, joka on aika tuntematon Suomessa. Perehdyin tanskalaiseen Airmasterin nimisen yrityksen asuntokohtaiseen ilmanvaihtojärjestelmään ja vertailen sen ominaisuuksia Suomessa käytettäviin järjestelmiin.

Kyseisen järjestelmän asentaminen on Suomen rakentamismääräyksien vastainen ja tässä opinnäytetyössä yritän perehtyä ja tutkia järjestelmän ominaisuuksien kautta sen mahdollisuutta saada jalansijaa Suomeen.

Tämä työ on tehty toimeksiantona ISS Palvelut Oy:n Kiinteistön Ylläpitopalveluiden puolelle, jossa olen ollut lv-työnjohtoharjoittelijana viime toukokuusta lähtien. ISS-konserni on kansainvälinen kiinteistö- ja toimitilapalveluja tuottava yritys, jolla on maailman laajuisesti yli 530 000 henkilöä töissä. ISS-konsernin pääkonttori sijaitsee Tanskassa. ISS palvelut Oy suomalainen yritys ja osa ISS-konsernia.

ISS Palvelut Oy on Suomen kolmanneksi suurin yksittäinen työnantaja ja henkilöstöä noin 12 000. Pääkonttori on Vantaan Myyrmäessä, jossa työskentelen pääsääntöisesti.

2 Ilmanvaihto yleisesti

Ilmanvaihto on tärkeä osa rakennusta, ja sen tarkoituksena on ylläpitää sisätilojen laadukasta ja puhdasta ilmaa. Ilmanvaihto pitää sisäilman happipitoisena ja epäpuhtauspitoisuuksiltaan pienenä, sekä hajuttomana. Hyvä sisäilma parantaa huomattavasti viihtyvyyttä, vähentää sairastumisia ja sillä on selkeästi parantava vaikutus työntehokkuuteen. Pelkästään vaihtuva ilma ei ole ratkaisu, vaan sisäilman laatuun vaikuttaa yhtä paljon ilman lämpötila. Ihanne työskentely lämpötila on 21 °C. Työkyky ja keskittyminen laskevat, jos ilman sisälämpötila laskee tai nousee 21 °C asteesta.

(1, s. 3; 2, s. 14-15)

Asuinrakennusten ilmanvaihto järjestetään tuomalla ulkoilmaa sisätiloihin kuten makuuhuoneisiin ja olohuoneisiin ja vastaavasti ilma poistetaan tiloista, joissa syntyy epäpuhtauksia, kuten wc:stä, keittiöstä, vaatehuoneesta ja kylpyhuoneesta. (3)

Ilmanvaihdon tulisi toimia jatkuvasti vähintäänkin miniteholla, jotta rakennus- ja sisustusmateriaaleista vapautuvat epäpuhtaudet poistuisivat. Oleskelutiloissa ilman olisi hyvä vaihtua kerran kahdessa tunnissa.

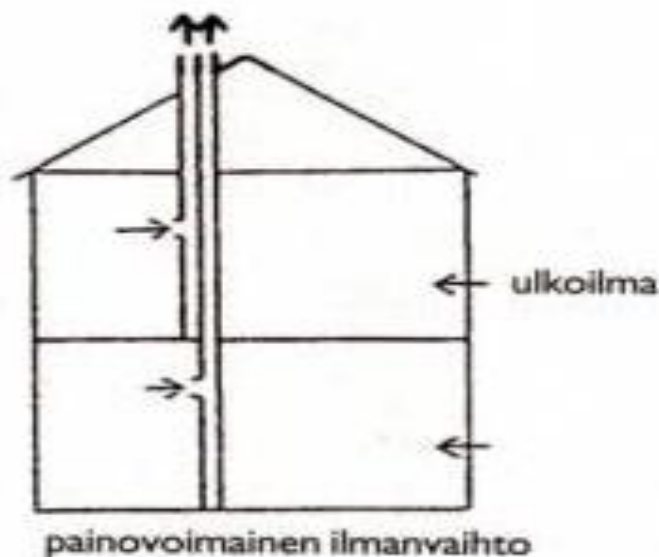
Ilmanvaihto perustuu paine-eroihin, jotka saadaan aikaan joko puhaltimilla (koneellinen ilmanvaihto) tai lämpötilaeron ja tuulen yhteisvaikutuksella (painovoimainen ilmanvaihto). Jos tuloilma kostutetaan tai jäähdytetään, kyseessä on ilmastointi. (3)

3 Erilaiset ilmanvaihtojärjestelmät

Ilmanvaihtojärjestelmiä on olemassa monta erilaista, mutta niiden kaikkien tarkoitus on aina sama eli pyrkiä poistamaan sisäilmasta epäpuhtauksia ja tuoda tilalle puhdasta korvausilmaa. Tämä hoidetaan joko painovoimaisesti (painovoimainen ilmanvaihto), osittain koneellisesti (koneellinen poistoilmanvaihto) tai kokonaan koneellisesti (koneellinen poisto- ja tulojärjestelmä). (1, s. 207.)

3.1.1 Painovoimainen ilmanvaihto

Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä (kuva 1) on ensimmäinen ja yleisin ilmanvaihtotapa. Se on lähes kaikissa vanhemmissa asunnoissa 1960-luvulle asti. Painovoimainen ilmanvaihto on täysin luonnollinen tapa toteuttaa ilmanvaihtuvuutta, ja se perustuu ilman lämpötilaeroista syntyneisiin tiheyseroihin ulko- ja sisäilman välillä. Kun asunnon sisällä on lämmintä, alkaa silloin lämmin ilma nousta ylöspäin ja siirtyä hormia pitkin kohti viileämpää ulkoilmaa. Tällä tavalla toimii poistoilmanvaihto ja vastaavasti tuloilma tuodaan asuntoon korvausilmana rakennuksen ulkovaipan vuotokohdista kuten ikkunatiivisteet, tai ulkovaippaan asennettujen korvausilmaventtiileiden kautta.



Kuva 1. Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä (5, s.7)

Painovoimaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä jokaisesta poistoilmaventtiilistä johdetaan oma hormi katolle. Tässä järjestelmässä ilmanvirtausta voidaan säätää muutamalla sisäilman lämpötilaa ja hormien korkeutta. Pidemmässä hormeissa ilma virtaa paremmin. Toinen keino tehostaa ilmanvirtausta on ovien ja ikkunoiden avaaminen.

Painovoimaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä on syytä ottaa huomioon ilman virtausnopeudet hormeissa, jotka jäävät yleensä pieniksi. Jokaisesta poistoilma-venttiilistä on johdettava oma hormi vesikaton yläpuolelle. Hormien pitäisi olla mahdollisimman suorina ja mutkattomia eikä niitä saisi yhdistää toisiinsa. Hormien yhdistämisessä vaarana se, että ilma siirtyisi huoneistoista toiseen tuoden hajuhaittoja. Paloturvallisuus syiden vuoksi tämä ei ole sallittua.

Järjestelmän huono puoli on se, että jos ei synny tarvittavaa lämpötilaeroa, ilma lakkaa virtaamasta. Tämä ilmiö on yleinen kesäisin, jolloin sisä- ja ulkoilma ovat lähes saman lämpöiset. Päinvastainen ilmiö tapahtuu, jos tuulee kovaa, jolloin rakennuksessa syntyy hallitsematonta lävitsevuotoa. Ilmanvaihdon jäädessä puutteelliseksi vaarana ovat kosteusvauriot sekä ilman virtaaminen väärään suuntaan hormeissa. (1, s. 209-2014; 4)

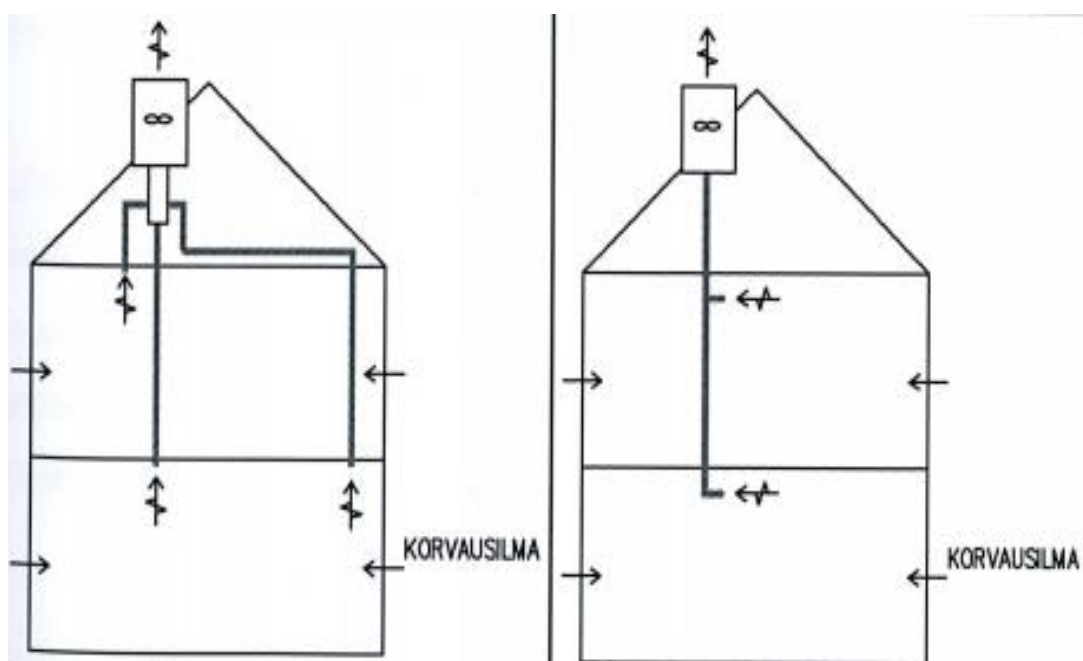
3.1.2 Koneellinen poistoilmanvaihto

Koneellinen poistoilmanvaihto on todella yleinen ilmanvaihtojärjestelmä asuinkerrostoissa. Järjestelmä yleistyi 70-luvulla, jolloin se valittiin suurimpaan osaan rakennettaviin asuinkerrostaloihin

Koneellisessa poistoilmanvaihdossa ilmanvirtausta on tehostettu koneellisella poistopuhaltimella (kuva 2), joka yleensä sijoitetaan ullakolle tai vesikatolle. Poistohormeja voidaan viedä ullakolle tai vesikatolle erillisinä kanavina, missä ne kootaan taas yhdeksi kanavaksi ennen puhaltimelle kytkemistä. Toinen tapa toteuttaa koneellinen poistoilmanvaihto on käyttää päällekkäisten huoneiden poistoilmoille yhteistä nousukanavaa puhaltimelle asti. Tunnetaan paremmin nimellä yhteiskanavajärjestelmä (kuva 2). Kuitenkin edellytyksenä on, että huoneiden poistoilmaventtiilit soveltuvat samalla palonrajoittimiksi. Tällä tavalla mahdollinen tulipalo ei leviä nousuhormia pitkin toiseen asuntoon. (1, s. 209-2014; 4)

Puhaltimen avulla koneellinen poistoilma on toimintavarmempi kuin painovoimainen ilmanvaihto, sillä järjestelmä ei ole säiden armoilla. Toinen hyöty verrattuna painovoimaiseen ilmanvaihtoon koneellinen poisto vie vähemmän tilaa rakennuksesta.

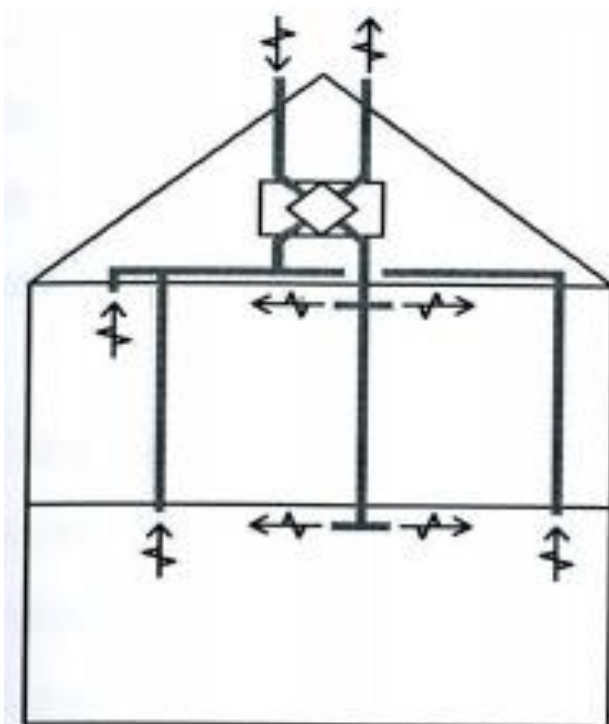
Järjestelmän heikkoja puolia ovat esimerkiksi raittiin ilman tuonti asuntoon, koska se perustuu vuotoilmanvaihtoon kuten painovoimainenkin. Jos rakennuksen ulkovaipassa ei ole riittävästi vuotoilmapaikkoja, saattaa korvausilma tulla asuntoon porraskäytävän kautta, jolloin ilma ei ole kovin raikasta. Sisälle tuleva korvausilma ei ole lämmitettyä, ja saattaa aiheuttaa vedon tunnetta asunnossa. (1, s. 215; 4)



Kuva 2. Koneellinen poisto (5, s.8)

3.1.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto

Kaikista ilmanvaihto järjestelmistä koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto on uusin ja ominaisuuksiltaan nykyisiä energianmääräyksiä parhaiten toteuttava järjestelmä. Tämä järjestelmä on yleistynyt viimeisten vuosikymmenten aikana todella paljon (kuva 3).



Kuva 3. Koneellinen tulo- ja poisto (5, s.10)

Koneellisessa tulo- ja poistoilmavaihdossa koneelle tuodaan raitisilma ulkoa, jonka jälkeen se lämmitetään LTO-laitteen ja jälkilämmityspatterin avulla haluttuun lämpötilaan. Lämmitetty tuloilma puhalletaan D2:n mukaisesti (5, s. 14) asuintiloihin. Poistoilma imetään WC:stä, kylpyhuoneesta ja keittiöstä ja sen jälkeen se johdetaan kanavia pitkiin takaisin IV-koneelle. Tämän prosessin aikana poistoilmasta otetaan lämpöä talteen LTO-laitteen avulla tuloilman lämmittämiseksi. LTO-laitteen jälkeen poistoilma johdetaan jäteilmakanavia pitkin vesikatolta ulos.

LTO-koneen etuna verrattuna pelkään koneelliseen poistoon tai painovoimaiseen ilmanvaihtojärjestelmiin on, ettei korvausilma tarvitse tuoda sisälle rakennuksen vaipan läpi. Näin ollen rakennus voidaan tehdä tiiviiksi. Korvausilma tuodaan nyt suoraan IV-koneen kautta rakennukseen. LTO-laitteen hyötyihin kuuluu myös lämmitykseen tarvittavan energian säästö.

Juuri energian säästömahdollisuuksien takia tämä järjestelmä on yleistynyt niin paljon. Nykyään melkein kaikissa pientaloissa käytetään tätä järjestelmää, ja uusien energiansäästö määräyksien takia se on lähes välttämätön.

3.2 Uudet energiamääräykset

Uusin suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 tuli voimaan lokakuussa 2013 ja korvasi vuoden 1987 D2:n. Uuteen D2:een on lisätty uutena asiana ilmanvaihdon energiatehokkuutta käsittelevä luku.

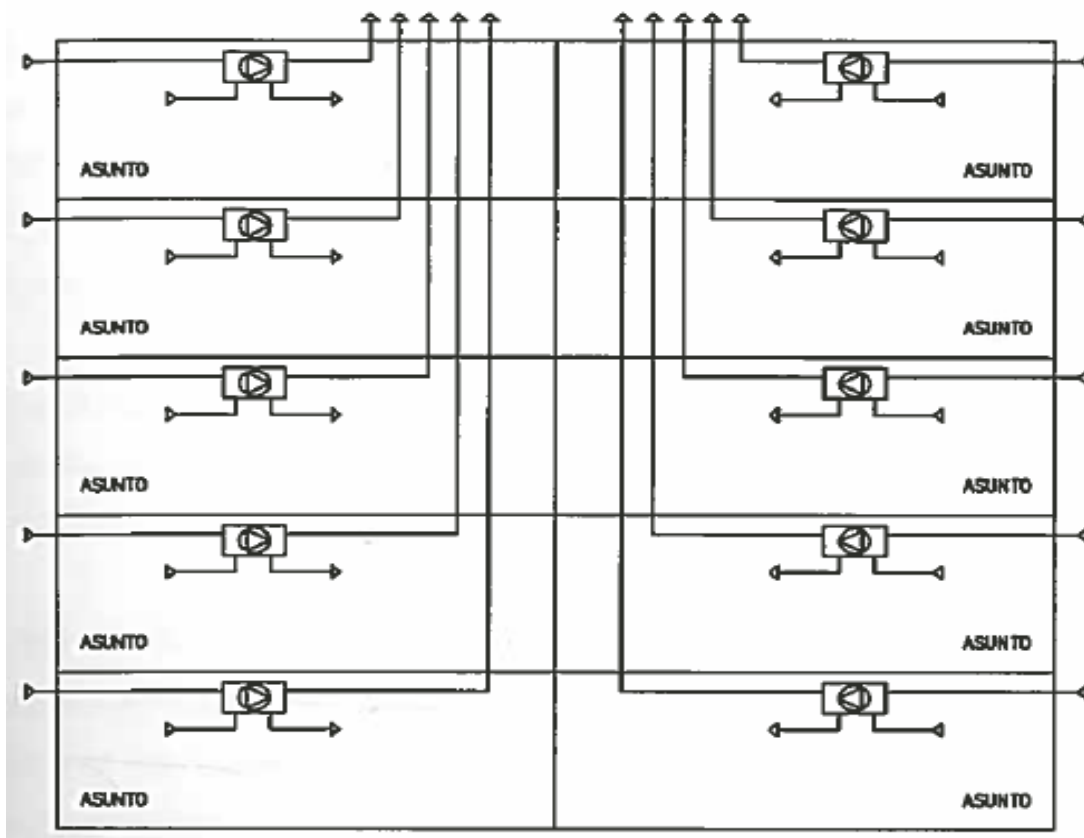
Tässä luvussa on annettu ohjeita mm. tehokkaaseen energiankäyttöön ilmanvaihtolaitteiden toiminta-alueiden ja toiminta-aikojen ryhmittelyllä, sekä kanavien ja kammioden lämmöneristämällä. Myös koneellisten tulo- ja poistoilman järjestelmille on annettu tarkat ohjeet koskien IV-laitteiden ominaissähkötehoa. (5, s. 10)

Uudessa D2:ssa kerrotaan myös, että ilmanvaihdon poistoilmasta on otettava talteen sellainen lämpömäärä, joka vastaa vähintään 30 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä. 30 %:n lämpömääräsäästö käytännössä määrää sen, että ilmanvaihtojärjestelmä on varustettava LTO- laitteella (koneellinen tulo- ja poistoilma).

Vastaavaan säästöön voidaan tuki päästä parantamalla rakennuksen vaipan lämmöneristystä (painovoimainen ja koneellinen poistoilma), mutta tällöin eristepaksuudet kasvavat kohtuuttomasti. (5, s. 11; 6, s 11)

3.3 Hajautettu ilmanvaihto

Tilakohtainen eli hajautettu ilmanvaihtojärjestelmä tarkoittaa, että tilan tai asunnon pyörittävän koneen vaikutusalue on juuri se tila (kuva 4). Rakennuksen jokaista huonetta varten on oma ilmanvaihtokone, joka hoitaa kyseisen huoneen ilmanvaihdon. Käytän itse esimerkki tilana luokkahuonetta, mutta se voi olla mikä tahansa tila.



Kuva 4. Hajautettu ilmanvaihtojärjestelmä (5, s.12)

Järjestelmä toimii siten, että ulkoilma tuodaan koneelle kanavilla luokan ulkoseinästä, jonka jälkeen se lämmitetään LTO-laitteen ja jälkilämmityspatterin avulla haluttuun lämpötilaan. Tämän jälkeen ulkoilma muuttuu luokan tuloilmaksi. Tulo- ja poistoilmanjako tehdään normaalisti D2:n mukaan. Poistokanava johdetaan ilmanvaihtokoneelle, jonka sisällä poistoilmasta kerätään LTO:n avulla lämpöä tuloilman lämmittämisen hyödyntämiseksi. Tämän prosessin jälkeen poistoilma johdetaan jäteilmänä ulos rakennuksesta. (5, s.13)

Hajautetun ilmanvaihtojärjestelmän merkittävänä etuina pidetään hyvää säätömahdollisuutta ja pientä tilantarvetta. Koneesta voidaan johtaa asukkaan käyttöön kytkin, jonka avulla voidaan säätää puhaltimen pyörimisnopeutta ja sitä kautta ilmanmääriä. Näin ollen ilmavirtoja voidaan hallita paremmin, mikä taas tarkoittaa energian säästämistä.

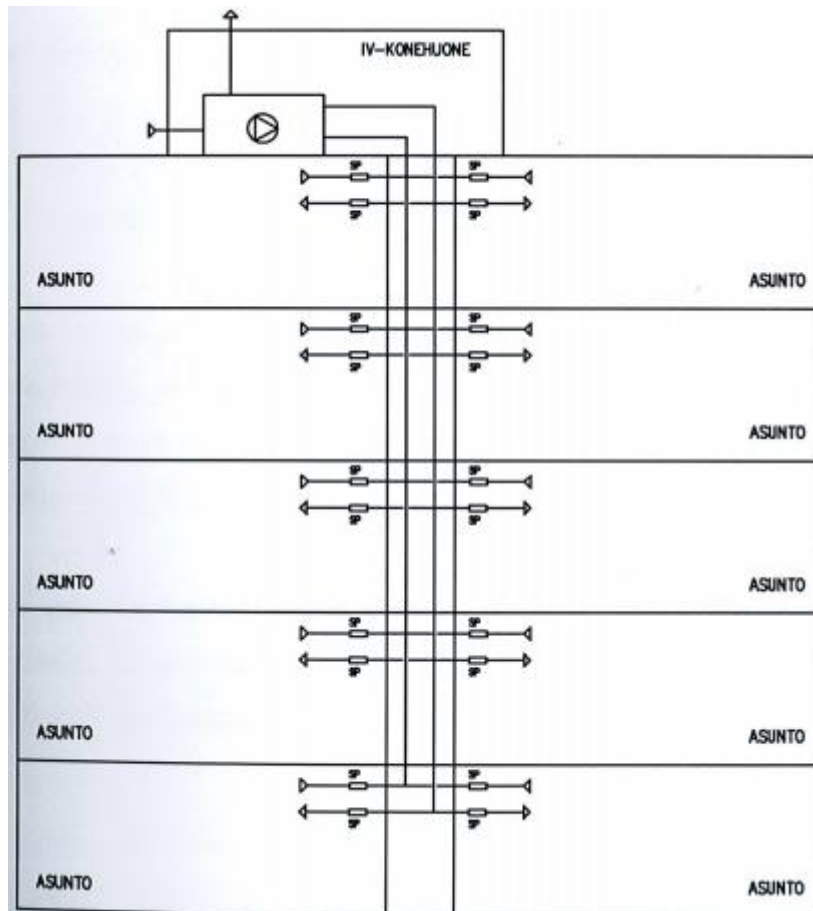
Kyseiset luokka/huoneistokohtaiset koneet voidaan asentaa esimerkiksi alakaton taakse piiloon, jolloin niiden tilantarve on pieni. Tällä tavalla saadaan säästettyä rakennuksen hankekustannuksissa arvokkaita neliöitä, sillä koneen vaatima tila ei ole suuri.

Kuten kuvassa näkyy järjestelmä vie enemmän hormitilaa kuin mitä sen mainostajat antavat ymmärtää, että se säästäisi valtavasti hormitilaa verrattuna keskitettyyn ilmanvaihtoon. Jokaisesta koneesta on johdettava oma jäteilmakanava katolle. (5, s.13)

3.4 Keskitetty ilmanvaihto

Keskitetyssä ilmanvaihdossa rakennukseen on sijoitettu yksi keskusilmanvaihtokone, joka palvelee ja pyörittää kaikkien rakennuksessa olevien tilojen ilmanvaihtoa (kuva 5). Rakennuksen mallista riippuen konetta varten rakennettu konehuone voi sijaita melkein missä vain. Kaikista yleisimmät paikat konehuoneelle ovat kuitenkin rakennuksen vesikatko tai ullakko.

Rakennuksen ilmanvaihtoa pyörittävä keskuskone valitaan kaikkien tilojen ilmavirtojen summan avulla. Toinen valintaan vaikuttava tekijä on kanavistojen painehäviöt. Ilma tuodaan sisälle kanavilla nousuhormeja pitkin, josta lähtevät haarakanavat menevät tiloihin. Haarakanaviin on asennettava säätöpellit, joilla voidaan hallita tilan tulo- ja poistoilmojen oikea määrä.



Kuva 5. Keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä (5, s.14)

Tässä järjestelmässä selvittää yleensä kahdella nousukanavalla, joista sitten kaikki muut kanavat haaroitetaan. (5, s.14)

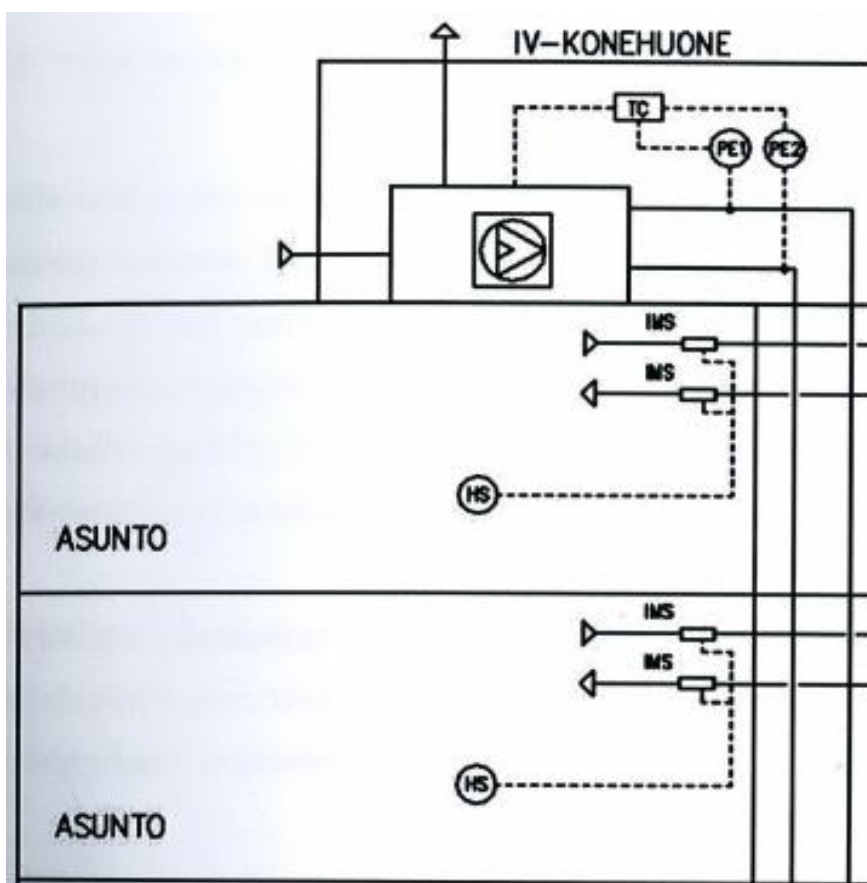
3.5 IMS

IMS:n eli ilmamääräsäädin on säätöpelti, jonka avulla voidaan keskitetyssä ilmanvaihdossa vaikuttaa milloin ja kuinka paljon ilmanvaihtoa tarvitaan tiettyyn tilaan. Jokainen tila, joka on keskitetyn ilmanvaihtokoneen vaikutusalueella voidaan varustaa omalla IMS-pelliillä (kuva 6).

Ilmamääräsäädin on varustettu pienellä moottorilla, jolla ohjataan peltiä. Moottoriin voidaan kaapeloida käsikytkin, joka avulla tilan käyttäjä voi säätää tilan ilmanvaihtoa.

Ilmamääräsäätimien toiminta perustuu siihen, että runkokanavissa on tietty vakiopaine. Ja kun asukas haluaa esimerkiksi tehostaa ilmanvaihtoa, hän vääntää käsikytimestä lisää tehoa ja käsikytkin ohjaa ilmamääräsäädintä suuremmalle. Tämän seurauksena nousurungoissa vakiopaine laskee, jolloin runkokanavissa sijaitsevat paine-eromittarit havaitsevat paineen muutoksen. Havaitun muutoksen tieto lähtee säädinyksikköön, josta se jatkaa matkaansa taajuusmuuntajalle. Taajuusmuuttaja lisää kierroksia portaattomasti pyörivään puhaltimeen, näin ollen puhaltimen tuottama teho lähtee kasvamaan. Puhaltimen tehon kasvun myötä runkokanavien paine palaa takaisin vakiopainealueelle.

Vakiopaineen palattua runkokanavissa asukkaan säätämästä IMS-pelistä alkaa tulla tehokkaampi ilmanvaihto huoneeseen.

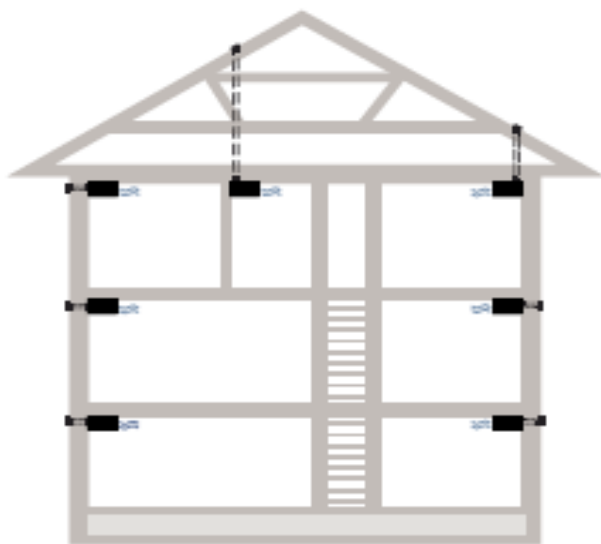


Kuva 6. Ilmamääräsäätimen toimintaperiaate (5, s.16)

4 Airmaster

Opinnäytetyöni tarkastelee tanskalaisen Airmaster-yhtiön valmistamia asuntokohtaisia ilmanvaihtojärjestelmiä ja näiden järjestelmien mahdollista jalansijaa Suomen ilmanvaihtomarkkinoilla.

Airmaster on kahden miehen vuonna 1991 perustama tanskalainen ilmanvaihtojärjestelmiin erikoistunut yhtiö. Airmaster tarjoaa kalliiden ja energiaa tuhlaavien kanavoitujen järjestelmien tilalle uudenaikaisia lähes kanavattomia (kuva 7), energiatehokkaita ja joustavia end-to-end-ratkaisuja, jotka eivät tuhlaa paljon energiaa. (7, s.5)



Kuva 7. Airmasterin kanavaton ilmanvaihtojärjestelmä. (7, s.12)

Korkea suorituskyky, älykäs valvonta ja alhainen melutaso tekevät Airmasterin tuotteista varteenotettavan vaihtoehdon. Yhtiön työntekijöistä yli 10 % keskittyy tuotteiden kehittämiseen ja dokumentointiin. Airmaster on ollut mukana erilaisissa tutkimuksissa ja hankkeissa, joissa kehitetään uusien tilakohtaisten ilmanvaihtojärjestelmien ratkaisuja tulevaisuudelle. Yhtiö tekee yhteistyötä yliopistojen kanssa, kuten University of Aalborg ja Tanskan teknillinen yliopisto. (7, s.5)

Airmasterin tuotteet ovat standardoituja ja EMC-testattuja. (7)

4.1 Airmasterin tilakohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän ominaisuudet

Airmasterin tuotteita voi räätälöidä sopimaan kaikenlaisiin ja tyyppisiin rakennuksiin. Ilmanvaihtoyksiköt voidaan asentaa, siten että rakennuksen palo-osastot pysyvät ennallaan eivätkä mene ristiin ja näin ollen palopeltejä ei tarvita. Tämä säästää aikaa ja rahaa.

Tuotteet ovat täysin automatisoituja, ja energiaa ei mene hukkaan vaan yksikkö käyttää energiaa vain tarvittavan ilmanlaadun saavuttamiseksi. (7, s.14)

4.1.1 Asennus

Ilmanvaihtokone on helppoa ja nopeaa asentaa, eli tavanomaisessa käytössä oleva huone ei häirinnyt pitkäksi aikaa. Muutaman tunnin pääsy huoneeseen riittää ja laite on asennettu ja käyttövalmis. Asennus on saumatonta, ei vaadi erikoistyökaluja ja kustannukset alhaisia. Kuvat 8-11 esittävät asentamista vaiheittain. (8, s.12-13)



Kuva 8. Vaihe 1. Yksikkö tuodaan kohteeseen.



Kuva 9. Vaihe 2. Reikien poraus.



Vaihe 3. Kehyksien kiinnitys seinään



Kuva 10. Vaihe 4. Paikalleen laittaminen.



Vaihe 5. Paneelien asentaminen.



Kuva 11. Vaihe 6. Käyttövalmis yksikkö.

4.1.2 Huolto sekä ohjaus ja valvontajärjestelmä

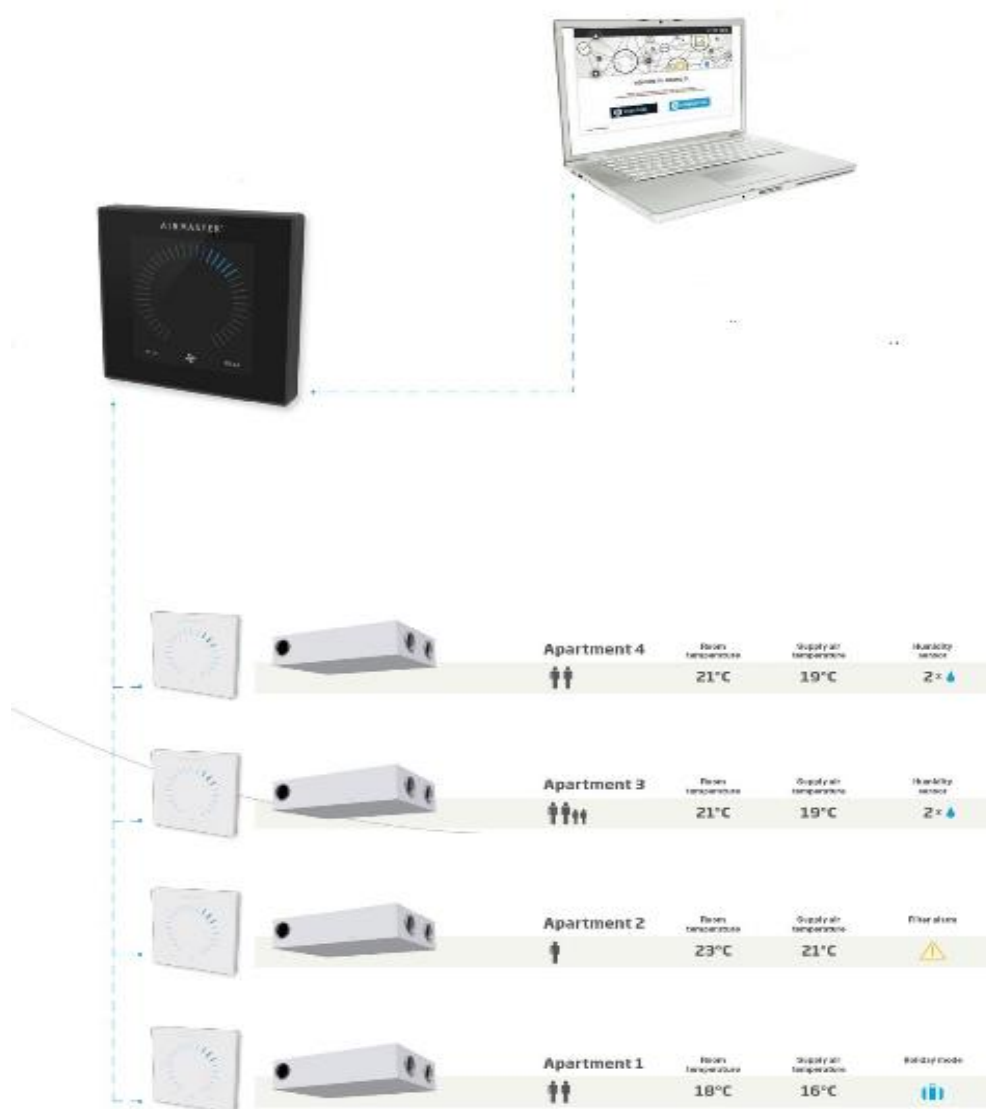
Ilmanvaihtolaitteiden huolto on nopea ja helppo suorittaa ilman erikoistyökaluja. Yksikön suodatin vaihdetaan kerran vuodessa, ja se sijaitsee koneen pohjassa ja siihen käsiksi pääseminen ja vaihtaminen on tehty helpoksi (kuva 12). Avataan luukku ja vaihdetaan vanhan suodattimen tilalle uusi. Huolto ja ylläpito tehdään käsikirjan mukaisesti, jossa on Airmasterin ohjeita ja suosituksia. (8, s.13; 9, s.7)



Kuva 12. Yksikön pohja (suodattimen vaihto) (9, s.7)

Airmasterin ilmapuhdistuslaitteita ohjataan älykkään ja täysin automaattisen valvontajärjestelmän Airlinjin (kuva 13) avulla laite on käynnissä heti asennuksen jälkeen, koska kaikki perustoiminnot ovat esiohjelmoituja tehtaalla. Kun laite on asennettu, täysautomaattinen ilmanvaihto voi alkaa. Ohjausjärjestelmän avulla laitetta voidaan ohjata yksilöllisten tarpeiden mukaisesti kuten lämmitys, jäähdytys, kosteus, CO₂ ja liikkeen tunnistin. (9, s, 14)

Järjestelmän voi myös liittää verkkoon, jonka avulla sitä voidaan seurata ja ohjata tietokoneen kautta. Yhdestä tietokoneesta voidaan ohjata monta yksikköä samanaikaisesti. Airmasterin valvontajärjestelmien avulla käyttäjä on aina ajan tasalla talonsa ilmastointi asioista ja pystyy vaikuttamaan siihen helposti. Ohjelma ilmoittaa, milloin on suodattimen vaihtoaika ja milloin käyttäjän ilmalle asettamat arvot ylittyvät (8, s, 15).












Kuva 13. Ohjaus ja valvontajärjestelmä (8, s, 14-15).

4.1.3 Tuotteet

Airmasterilla on kolme erilaista ilmanvaihtoyksikköä ja jäähdytysmoduuli, jotka tarjoavat paljon eri asennusvaihtoehtoja, suorituskykyä ja toimintaa. Tuotteiden huomaamaton ja tilaa säästävä muotoilu tekee niistä helposti sopeutuvaisia mihin tahansa huoneeseen.

Airmaster-koneita on suunniteltu siten, että erilaiset älykkäät säätimet ohjaavat ja säästävät ilmamääriä sellaisten tekijöiden mukaisesti, kuin lämpötila, CO₂, kosteus, aktiivisuustaso ja ihmisten määrä.

Tuotteissaan Airmaster käyttää korkealaatuisia komponentteja, joiden avulla saavutetaan hiljainen tehokkaalla lämmöntalteenotolla ja pienellä energiankulutuksella toimiva ilmanvaihtojärjestelmä. Airmasterin tuotteet sopivat sekä uusiin rakennuksiin, että linjasaneerauksiin. Yksiköitä voidaan siirtää tilasta toiseen tai jopa vuokrata eteenpäin, kiitos yksinkertaisen uudelleenohjelmointi ominaisuuden. IV-koneita on seinälle, katolle tai lattialle asennettavia malleja (kuva 14). (10, s. 4-10).

CV series	Version	Capacity	Size L x H x D		
CV 80	R	30 dBA	1170 x 275 x 560 mm		
	L	80 m ³ /h			
CV 200	R	50 Pa external pressure drop, 1000 SFPW/(m ³ /h)	1222 x 303 x 861 mm		
	L				250 m ³ /h
	C				273 m ³ /h 285 m ³ /h
1338 x 303 x 683 mm					
AM series	Version	Capacity 30/35 dBA	Size L x H x D		
AM100	H	75/100 m ³ /h	1170 x 246 x 569 mm		Cooling module optional
	V				
AM300	H	240/300 m ³ /h	1274 x 333 x 578 mm		Cooling module optional
	V				
AM500	H	430/550 m ³ /h	1600 x 439 x 779 mm		Cooling module optional
	V				
AM800	H	650/725 m ³ /h	1910 x 474 x 916 mm		Cooling module optional
	V				
AM900	H	690/830 m ³ /h	800 x 2323 x 588 mm		
AM1200	H	1050/1310 m ³ /h	2427 x 2098 x 496 mm		
DV series	Version	Capacity 50 Pa external pressure drop, 1000 SFPW/(m ³ /h)	Size L x H x D		
DV 1000	H	1011 m ³ /h	1498 x 424 x 1384 mm 1512 x 501 x 1385 mm		Cooling module optional
	S				

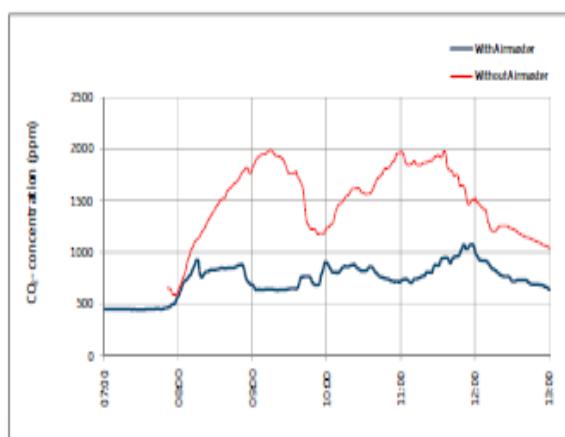
Kuva 14. Tuotteet (10, s.19)

4.1.4 Ilmanlaatu

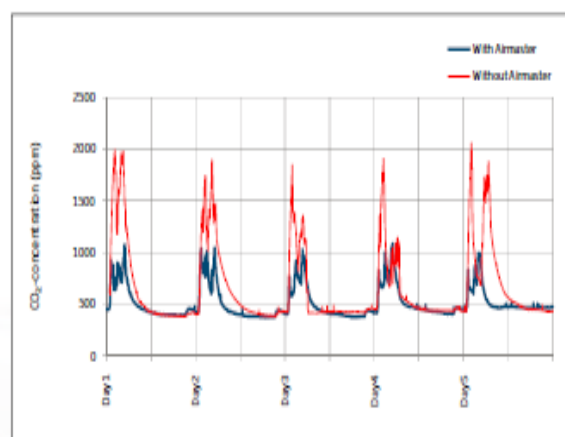
Rakennukset rakennetaan yhä tiiviimmiksi, mutta samalla rakenteiden pitäisi hengittää, jotta kosteus ja epäpuhtaudet haihtuisivat pois. Tämä kuulostaa ristiriitaiselta, mutta käytännössä se tarkoittaa, että rakennusten pitäisi olla tiiviitä lämmitysenergian säästämiseksi, mutta samalla hengittäviä. Tärkeintä on se, ettei rakennus ”hengitä” satunnaisesti vaan hallitusti.

Ihminen viettää aikansa noin 90 % sisätiloissa, ja kaikkien sisätilojen ilma ei ole hyvällä tasolla. Tämä saattaa monesti johtua rakenteiden sisältämästä kosteudesta tai muista epäpuhtauksista, jotka aiheuttavat ihmisille terveydellisiä sekä taloudellisia ongelmia. Huonosta sisäilmasta voi olla vakavia seurauksia, ja yhä useampi ihminen diagnosoidaan allergikoksi tai astmaatikoksi. Tämän vuoksi sisäilman laatu pitäisi olla jokaiselle prioriteetti. (7, s.7-11)

CO₂ eli hiilidioksidi on yksi yleisimmistä huonon sisäilman tekijöistä, jos sitä on liikaa. Liiallinen CO₂-pitoisuus ilmassa aiheuttaa päänsärkyä, huimausta, väsymystä, levottomuutta, pistelyä varpaissa ja sormissa, hengitysvaikeuksia ja verenpaineen nousua. seuraavat kuvat (15a ja 15b) näyttävät erään koulun luokahuoneesta otetuista mittauksista Airmasterilla ja ilman. (7, s.7-11)



Kuva 15. Luokan CO₂ mittaus (yksi päivä).



Kuva 15b. Luokan CO₂ mittaus (viikko).

Kuvassa 15a on mittaukset yhdestä koulupäivästä ja kuvassa 15b on kokonaisesta kouluviikosta. Sininen viiva kertoo CO₂-arvoista Airmaster ilmanvaihtolaite päällä ja punainen sammutettuna. Tulokset näyttävät, että ilman ilmanvaihtoa luokkahuoneen CO₂-arvo nousee jopa yli 2000 ppm yhdessä tunnissa. Tässä pitoisuudessa ihmisten päätä alkaa särkeä, nukuttaa ja pahoin voinnin oireita alkaa ilmetä. Hyvän sisäilman ppm-pitoisuus on välillä 400-1000. (7, s.7-11)

Kun vertaa, kuinka paljon ihmiset viettävät aikaa kouluissa, päiväkodeissa ja työpaikoilla, tämä on hälyttävää. (7, s.7-11)

Pölypunkit ja home ovat sisäilman laatua huonontavia tekijöitä. Pölypunkit ovat läpimitaltaan 0,1-0,6 mm ja niitä ei voi nähdä paljaalla silmällä. Ne viihtyvät kosteissa olosuhteissa ja syövät ihmisten kuolleita ihonsoluja, homehiukkasia ja siitepölyä. Pölypunkit eivät selviä, jos ilman suhteellinen kosteus on tarpeeksi alhainen.

Home on taas tyypillinen ilmiö rakennuksissa, joissa on puutteellinen ilmanvaihto. Home on todella yleinen ongelma rakennuksissa, ja se aiheuttaa sekä terveydellisiä että taloudellisia ongelmia.

Airmasterin hajautettulla ilmanvaihdolla, lämmöntalteenotolla ja automaattisella ilmanvaihtojärjestelmällä sisäilmaongelmia ei pitäisi syntyä. (7, s.11)



Kuva 16. Yksikön toimintaperiaate (10, s.7)

5 Haastattelu

Asiantuntijan näkemys Airmasterin ilmanvaihtojärjestelmästä on mielestäni todella tärkeä ja hänen kauttaan voisi tulla esille asioita, joita en välttämättä itse mainitsisi muuten. Sen takia koin, että haastatteluosio olisi hyvä olla tässä opinnäytetyössä.

Haastattelin todella kokenutta ja paljon rakentamista nähnyttä LVI-diplomi-insinööriä Erkki-Olavi Sainiota. Päätyökseen Sainio toimii tällä hetkellä lehtorina Ammattikorkeakoulussa Metropolia, mutta hän on toiminut pitkään LVI-suunnittelijana, vastaavana ja valvojana. Esitin hänelle kysymyksiä ja hän vastasi niihin Suomen rakentamismääräyksien ja lainsäädännön kannalta. Kysymykset olivat seuraavanlaisia.

- Kuinka tärkeänä pidät energia-asioita rakentamisessa?
- Mitä mieltä olet sisäilman olosuhteesta Suomessa?
- IV-tuotteiden kustannustehokkuus ja energiansäästö?
- Hajautetun ilmanvaihdon mahdollisuudet koulurakennuksiin?
- Miten näet käytön ja huollon kohdennettavuuden?
- Voisiko D2:een tulla muutos, jos tällainen järjestelmä olisi kannattavaa?
- Miten Airmasterin tapainen ratkaisu otettaisiin vastaan?
- Kyseisen järjestelmän muunneltavuus?
- Huoltokustannukset huoneittain, sekä niiden hallinta?

Sainio pitää energia-asioita todella tärkeänä rakentamisessa, varsinkin lämmöntalteenottamista poistoilmasta. Poistoilmasta otettu lämpö käytetään hyväksi tuloilman lämmitämisessä. Sisäilman olosuhteista Sainio ei ole niinkään huolissaan. Hänen mielestään sisäilma on Suomessa hyvällä tasolla, esimerkiksi toimistorakennuksissa on ilman suodattamista, lämmittämistä sekä jäähdyttämistä. Asuntorakennuksissa ja kouluissa sisäilman lämpötila saattaa kesäisin nousta sallitun rajan yli, mutta uusimpien määräysten avulla näihinkin rakennuksiin pitäisi tulla ilman viilennystä.

Selailtuaan Airmasterin tuotteita läpi Sainio toteaa, että järjestelmä säästää paljon kanavistokustannuksissa ja toinen positiivinen asia on, ettei järjestelmässä synny painehäviöitä, kun ei ole kanavia. Hyötysuhde näyttää paremmalta kuin keskitetyssä ilmanvaihtojärjestelmässä. Huollot voidaan tehdä tilakohtaisesti Sainio sanoo.

Ilmanjako yhdestä paikasta näyttää epäilyttävältä, ja toinen huoli on toiminnan tasaisuus ja vedottomuus. Ainakin ne asiat tulevat nopeasti mieleen järjestelmän huonoista puolista, Sainio toteaa. Tietenkin järjestelmän suurin ongelma on, että se on Suomen määräyksien vastainen asennustapa (D2). Jäteilmaa ei saa puhaltaa seinästä ulos, Sainio jatkaa.

Kysyin Sainiolta, jos tätä järjestelmää on käytetty muualla Euroopassa, miksi jäteilman seinästä ulos puhaltaminen tuottaa ongelmia? Hän vastasi, että jos saadaan kaksi asiaa tutkittua, asia voisi olla eri. Jäteilma ei saa tulla takaisin huoneilmaan tuoden mukanaan hajut ja epäpuhtaudet. Jäteilma ei saa myöskään tiivistyä ulkoseinien pinnalle, mikä aiheuttaa ongelmia ulkoseinälle.

Sainio huomautti, että asiasta on keskusteltu rakennusvalvonnassa eri yritysten pyynnöstä, mutta asiaan ei ole tullut muutosta. Isojen rakennusfirmojen pitäisi tutkia asiaa, ja voi ollakin, ettei yllä mainittuja kahta asiaa esiinny.

Jos saadaan tutkittua ja vakuutettua, että kyseinen järjestelmä on kokonaiskustannukseltaan, energiakulutukseltaan ja ominaisuuksiltaan järkevä ratkaisu, uskon sen herättävän kiinnostusta. Tämän jälkeen määräyksien muuttamisesta voitaisiin keskustella ja jopa muuttaa, Sainio vastaa.

Sainio ei näe ongelmana, että Airmasterin tapainen järjestelmä voitaisi toteuttaa koulu-
rakennuksissakin. (11)

6 Yhteenveto

Tämän työn tarkoituksena oli tuoda esille eri ilmanvaihtojärjestelmien ominaisuuksia ja eroavaisuuksia ja erityisesti perehtyä sellaiseen ilmanvaihtomuotoon, joka on aika tuntematon Suomessa. Jokaisella järjestelmällä on hyvät ja huonot puolensa, mutta valinnan nykyään ratkaisevat määräyksien ja lakien täyttyminen, sekä tietysti hinta.

Tarkemmin tarkasteltavani hajautettu ilmanvaihtomuoto on tanskalaisen Airmaster nimisen yrityksen valmistamia ilmanvaihtojärjestelmiä. Työn tarkoituksena ei ole tutkia järjestelmää perinpohjaisesti, vaan tuoda esille, että tällainen tapakin on olemassa ja hiukan tuoda esille sen ominaisuuksia. Ominaisuuksiltaan huolimatta tätä järjestelmää ei voi asentaa Suomessa, sillä sen asennustapa on Suomen rakentamismääräyskoelman D2 osan vastainen. D2:sen mukaan rakennuksen jäteilma pitää viedä kanavia pitkin katolta ulos, kun taas Airmasterin järjestelmässä jäteilma puhalletaan seinästä ulos. (kuva 7)

Nyt päästäänkin siihen, että jos Suomen suurimmat rakennusyrietykset ja suunnittelu-toimistot lähtisivät tutkimaan seinältä ulos puhalleltavan jäteilman aiheuttamia jälkitoimenpiteitä ja kustannusarviota ja vertaisivat järjestelmän muihin kokonaiskustannuksiin, sillä voisi olla mahdollisuutensa Suomessakin. Tätä järjestelmää on käytetty monen Euroopan maan kouluissa, sairaaloissa, ja muissa rakennuksissa ja havaittu toimivaksi ja kannattavaksi vaihtoehdoksi. Varsinkin mitä vähemmän tiloja rakennus sisältää. Vertailun nimessä liitteessä 1 on laskettu kuuden luokkahuoneen ilmanvaihtoarvot keskitetyllä ilmanvaihdolla ja Airmasterilla.

Tämän työn suurin haaste oli tiedon löytäminen kyseisestä järjestelmästä. Varsinkin suomenkielisen tiedon saaminen oli ongelma ja sen takia jouduin kääntämään lähes kaikki englannin kielestä suomeksi. Uskon kuitenkin onnistuneeni hyvin vähäisestä materiaalista huolimatta.

Tätä opinnäytetyötä voidaan esimerkiksi käyttää hyväksi erilaisia ilmanvaihtojärjestelmiä tutkittaessa ja vertailtaessa.

Lähteet

- 1 Seppänen, Olli. 1996. Ilmastointi-tekniikka ja sisäilmasto. Kirjapaino kiitorata oy. Helsinki 1996.
- 2 Korkala – Salminen. 1997. Kiinteistön ilmastoinnin hoito ja huolto. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus.
- 3 Energiatehokas ilmanvaihto. Verkkolähde. Motiva.
http://www.motiva.fi/files/3180/Energiatehokas_ilmanvaihto.pdf. Luettu 7.10.2014
- 4 Terveellisen rakennuksen ilmanvaihto. 2002. Verkkodokumentti. Sisäilma.
<http://www.sisailma.info/tiedostot/Oppaat/Ilmanvaihto%202002.pdf>. Luettu 10.10.2014.
- 5 Ryyppö Pasi. 2005. Keskitetyn ja asuntokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän vertailu asuinkerrostalossa. Opinnäytetyö, EVTEK AMK
- 6 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2010. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa D2. Helsinki. Ympäristöministeriö.
- 7 Decentralised ventilation. Verkkolähde. Airmaster. 2014.
<http://ipaper.ipapercms.dk/Airmaster/Decentralisedventilation/DecentralisedventilationUK/>. Luettu 16.10.2014.
- 8 Ventilation in balance, Modular buildings. 2014. Denmark. Airmaster. 2014.
- 9 Ventilation in balance, Decentral Domestic Ventilation. Verkkolähde. Airmaster. 2014. <http://ipaper.ipapercms.dk/Airmaster/Domestic/DomesticUK/>. Luettu 18.10.2014
- 10 Ventilation in balance, Ventilation and indoor climate. Verkkolähde. Airmaster. 2014. <http://ipaper.ipapercms.dk/Airmaster/Modularbuildings/ModularbuildingsUK/> Luettu 15.10.2014
- 11 Sainio Erkki-Olavi. 2014. Lehtori. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Haastattelu syksy. 2014

Liite 1. Airmasterin tekemä laskelma

Aars, 2. June 2014

Estimation of energy consumption (6 x AMP 800)

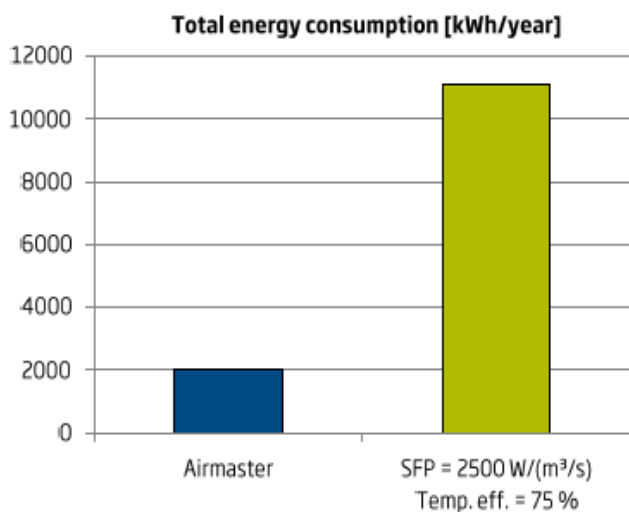
The present document contains the results of an energy calculation based on a ventilation solution with 6 x AMP 800 air handling units with one in each classroom. The air handling units are able to deliver up to 650 m³/h each at 30 dB(A) (total airflow 3900 m³/h). In the estimation of the energy consumption it is assumed that the air handling units delivers max capacity between 8 a.m. and 4 p.m.

The energy consumption is divided into an electricity consumption and heating consumption. The electricity consumption is calculated as the amount of energy used by the fans and the control system. The heating consumption is estimated as a function of the airflow and the temperature difference between the desired inlet temperature and the calculated temperature of the supply air after it has passed the heat exchanger.

Weather data for Helsinki (Finland) gives information about the outdoor temperature on an hourly basis for 365 days. This data is used in order to calculate the temperature of the supply air after it has passed the heat exchanger. Subsequently, a simple correction of the energy consumption is performed in order to take the operating time of 220 days into account

The result show a comparison between 6 x Airmaster decentralized units and a central unit with the same airflow. For the central unit the heat loss from the channels from the inlet and extraction is taking in consideration. The heat loss is assumed as 1 °C for both the inlet and extraction so the inlet temperature should be heated 1 °C more than for the decentralized unit and the extraction temperature is at 21 °C.

	Airmaster	SFP = 2.500 W/(m³/s) Temp. eff. = 75 %
Energy consumption		
Heating consumption [kWh/year]	730	6335
Electricity consumption [kWh/year]	1302	4767
Total consumption [kWh/year]	2032	11102



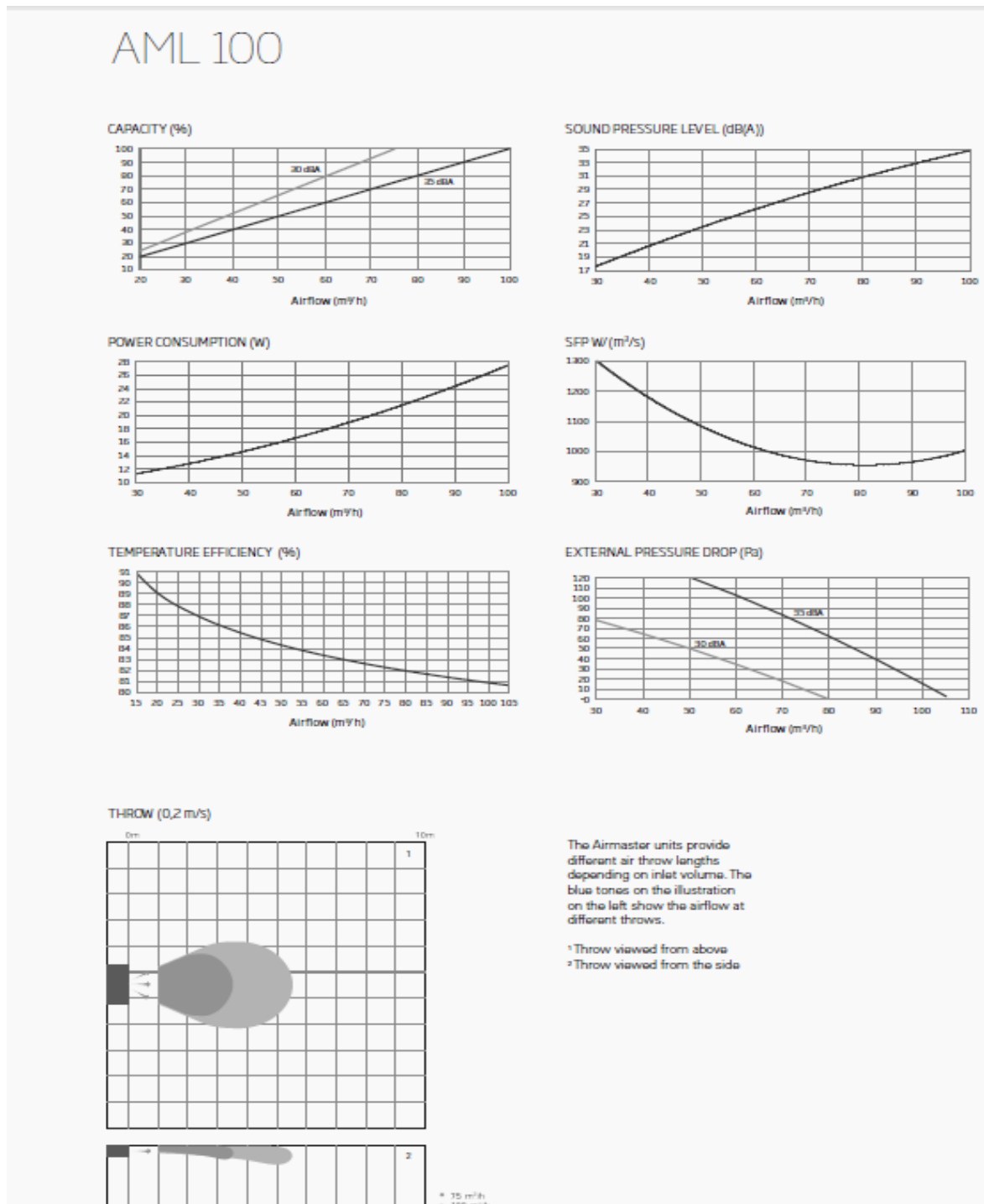
Calculation assumptions

Operating time:	220 days per year 08:00 - 16:00 (8 a.m. - 4 p.m.)
Desired inlet temperature:	19.0 °C
Room temperature:	22.0 °C
Density, air:	1.205 kg/m ³
Specific heat capacity, air:	1007 J / (kg · K)
Weather data:	Helsinki, Finland (weather data source: U.S. Department of Energy - Energy Efficiency & Renewable Energy)
Air handling unit:	AMP 800
Airflow:	650 m ³ /h per unit
Specific Fan Power (SFP):	683 W/(m ³ /s) per unit
Temperature efficiency (EN 308):	84,6 % per unit
Air handling unit:	Alternative unit
Airflow:	3900 m ³ /h
Specific Fan Power (SFP):	2500 W/(m ³ /s)
Temperature efficiency (EN 308):	75 %

Remarks

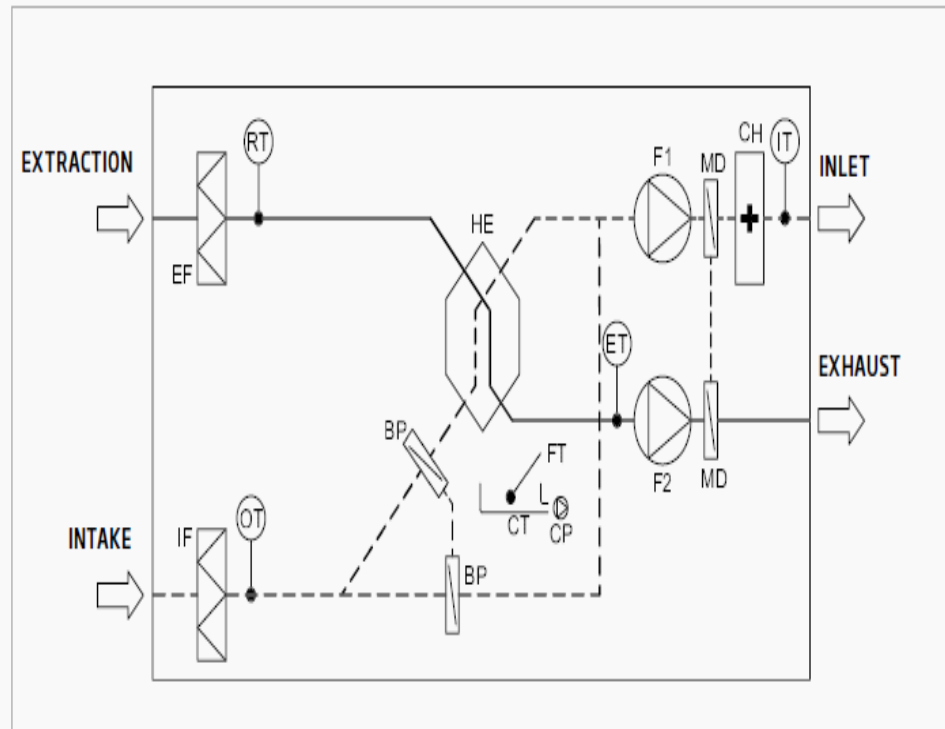
The preceding estimations are performed by the use of simplified calculation procedures and assumptions. For that reason the results should only be considered as guidance and can differ from the energy consumption occurring in practice.

Liite 2. Esimerkki tuotteen ominaisuudet



AML 100 yksikön ominaisuudet

SCHEMATIC DIAGRAM - LEFT



Name of component

F1	Inlet fan	HE	Countercurrent heat exchanger	ET	Exhaust temperature sensor
F2	Exhaust fan	CT	Condensate tray	CH	Comfort heating surface
IF	Fresh air filter	CP	Condensate pump	IT	Inlet temperature sensor
EF	Exhaust air filter	FT	Float		
MD	Main damper (motorised)	RT/FL	Room temperature sensor/flow sensor		
BP	Bypass damper	OT	Outdoor temperature sensor		

AML 100

Liite 3. Kuvia



Classrooms at further education college - Denmark



University hospital - Denmark



Primary school · UK



University College · Denmark

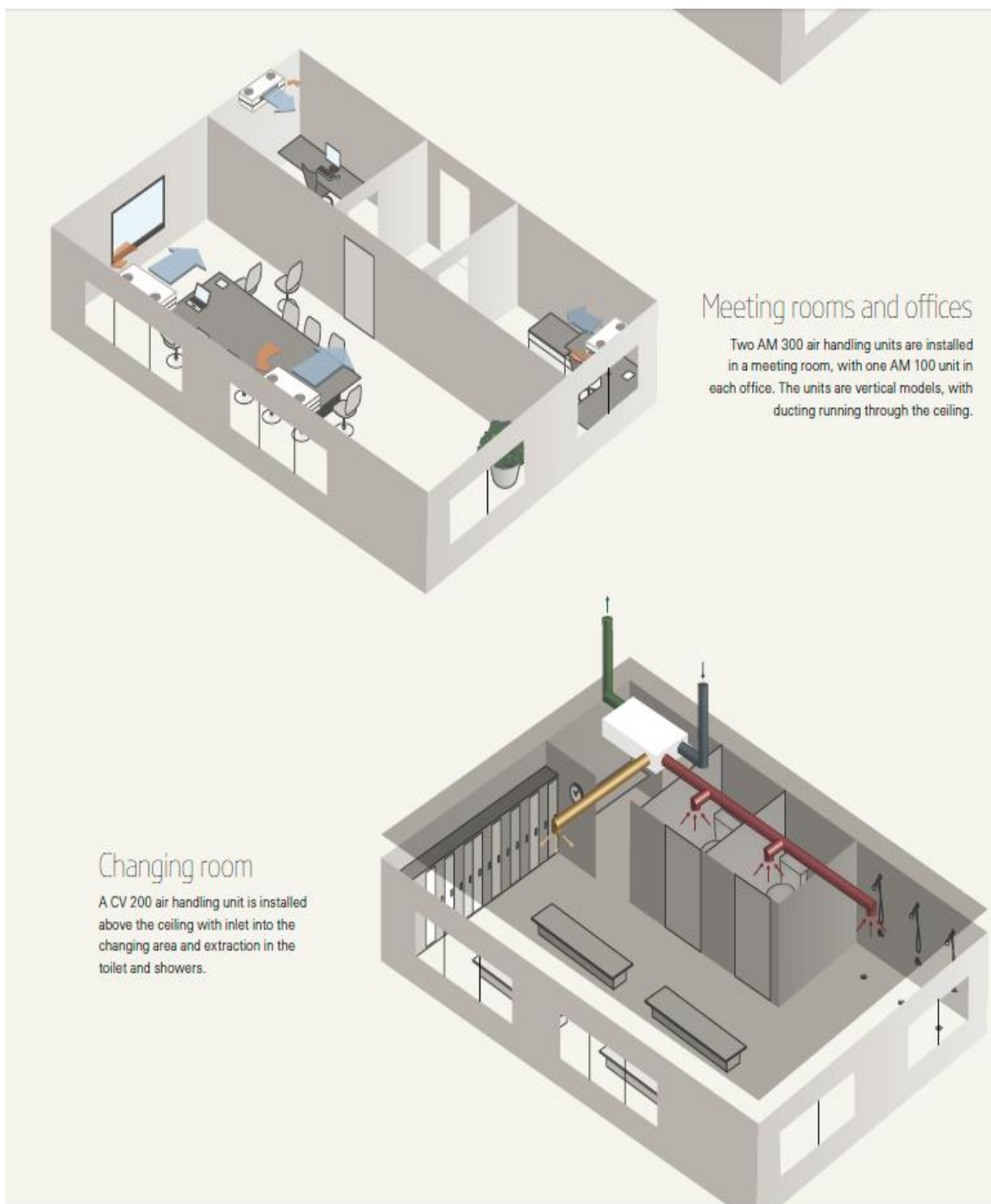


Secondary school · Germany



Secondary school · Switzerland

Liite 4. Toteutus wc:hen ja liesikupuun



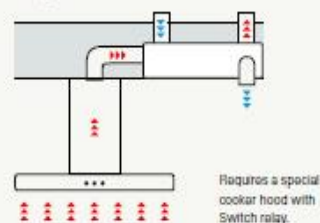
Airmaster-ilmanvaihto toteutettuna kylpyhuoneeseen ja wc:hen



Air humidity in the home should be between 30 and 60% for the optimum and healthy indoor climate.

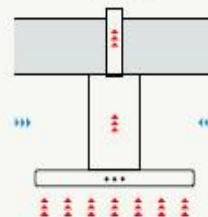
1 Cooker hood connected via the air handling unit

- + Heat recovery from extracted air.
- + Replacement air passed through the air handling unit.
- Cooker hood will have reduced suction.
- Can require more frequent air handling unit filter change.



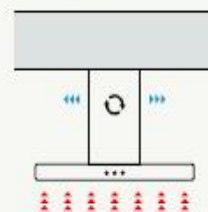
2 Cooker hood extract to outdoors

- + No influence on air handling unit operation or service.
- + Longer service life for air handling unit filters.
- + Replacement air supplied from windows, vents in the facade or air handling unit.
- No heat recovery from extraction.
- A heating surface is necessary in the unit if replacement air is supplied by some other means.



3 Cooker hood with carbon filter

- + Removes unhealthy particles.
- + Leaves humidity problems in the air handling unit.
- + Replacement air supplied from cooker hood when recirculation is used.
- This setup should not be used according to the Danish Building Rules.



Airmaster liesikuvun toimintamalli